

PROCEEDINGS BOOK

รายงานสืบเนื่อง

การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์
เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 8
“นวัตกรรมและปัญญาประดิษฐ์
เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงบริบททางสังคม”

THE 8th NATIONAL CONFERENCE ON SCIENCE,
TECHNOLOGY AND INNOVATION: “INNOVATION AND
ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO SUPPORT CHANGING
SOCIAL CONTEXT”

15 สิงหาคม 2568

ณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร





รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ
(Proceedings Book)

การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 8
“นวัตกรรมและปัญญาประดิษฐ์เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงบริบททางสังคม”

The 8th National Conference on Science, Technology and Innovation:
Innovation and Artificial Intelligence to Support Changing Social Context

ณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
วันที่ 15 สิงหาคม 2568
จัดการประชุมแบบ On-site และ Online ผ่าน ZOOM Cloud Meetings

พิมพ์เมื่อ : กันยายน 2568
กองบรรณาธิการ : ฝ่ายวิชาการและวิจัย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

© ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สารจากคณบดี



คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เป็นคณะที่มีบทบาทสำคัญในการสร้างงานวิจัย เทคโนโลยีและนวัตกรรม อันจะนำมาสู่การพัฒนาคุณภาพการศึกษาและงานวิจัย ให้ได้มาซึ่งองค์ความรู้ และนวัตกรรมที่สามารถตอบสนองความต้องการของประชาชนและประเทศชาติ สามารถพัฒนาต่อยอด นำไปใช้ประโยชน์แก้ไขปัญหาได้อย่างแท้จริง เราตระหนักถึงความสำคัญของงานวิจัย ทั้งงานวิจัยเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ งานวิจัยและพัฒนาเพื่อสร้างนวัตกรรม และงานวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียน

การสอน โดยส่งเสริมและสนับสนุนการสร้างงานวิจัยของคณาจารย์ บุคลากร และนักศึกษาของคณะ ให้ผลิตผลงานวิจัยที่มีคุณภาพ มีประโยชน์ และสามารถพัฒนาผลงานวิจัยให้มีความก้าวหน้า มุ่งสู่ความเป็นเลิศทางวิชาการในศาสตร์แขนงต่าง ๆ ในโลกยุคใหม่ที่เทคโนโลยีเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะปัญญาประดิษฐ์ และนวัตกรรมดิจิทัล ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในทุกมิติของชีวิตไม่ว่าจะเป็นการศึกษา การแพทย์ เศรษฐกิจ หรือแม้แต่ความสัมพันธ์ทางสังคม สิ่งเหล่านี้ล้วนสะท้อนถึงความจำเป็นที่ทุกคนต้องเรียนรู้ ปรับตัว และใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีอย่างรู้เท่าทัน บนพื้นฐานของจริยธรรม ความรับผิดชอบ และความเป็นมนุษย์ เรากำลังก้าวเข้าสู่ยุคที่ข้อมูลขับเคลื่อนการตัดสินใจ เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือหลักในการพัฒนา และนวัตกรรมคือกุญแจสำคัญของการแก้ปัญหาในบริบทที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา การจัดการประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 8 “นวัตกรรมและปัญญาประดิษฐ์เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงบริบททางสังคม” The 8th National Conference on Science, Technology and Innovation: “Innovation and Artificial Intelligence to Support Changing Social Context” มุ่งเน้นให้เกิดการบูรณาการองค์ความรู้จากหลากหลายสาขาวิชา ทั้งด้านวิทยาศาสตร์พื้นฐาน วิทยาศาสตร์ประยุกต์ วิศวกรรม เทคโนโลยีดิจิทัล ตลอดจนการใช้ปัญญาประดิษฐ์ ตอบโจทย์ความท้าทายทางสังคม ไม่ว่าจะเป็นการเปลี่ยนแปลงทางสิ่งแวดล้อม โครงสร้างประชากร หรือความเหลื่อมล้ำทางเศรษฐกิจ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่า การประชุมวิชาการระดับชาติครั้งนี้ จะเป็นเวทีในการแลกเปลี่ยนและเผยแพร่ผลงานทางวิชาการของนิสิต นักศึกษา อาจารย์ นักวิชาการ นักวิจัย และบุคคลทั่วไป เพื่อสร้างสรรค์งานวิจัยและนวัตกรรม จนเป็นเครือข่ายงานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ ตลอดจนสามารถพัฒนาประเทศชาติต่อไป



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เพ็ญภา สุวรรณบำรุง)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

คณะกรรมการ

กรรมการบรรณาธิการ

ผศ.เพ็ญนภา สุวรรณบำรุง	บรรณาธิการ
ผศ.ดร.สุขจิตร ตั้งเจริญ	กรรมการ
ดร.คณาวุฒิ อินทร์แก้ว	กรรมการ
ผศ.ดร.ชวนี สุภีรัตน์	กรรมการและเลขานุการ

กรรมการพิจารณาบทความ

ดร.ธีรพล วงศ์สอาดสกุล	มหาวิทยาลัยกรุงเทพ
ผศ.ดร.สันทัต พิทักษ์วงศาภรณ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
ผศ.ดร.สุดาร์ตน์ นิจสุนกิจ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน
ดร.ธนสิน นำไพศาล	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.ธเนศ จิตต์สุภาพรรณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผศ.ดร.วิลาสินี ปิยะจิตร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผศ.ดร.สิทธิพงศ์ มหาธนบดี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผศ.ดร.มณฑล นาวงษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.จุฑามาศ บุญรัตน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
ผศ.ดร.วานิช นิลนนท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.ดร.สุธิดา พิทักษ์วินัย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.ดร.สุธิษา ละเซชั่น	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.เกษม เจนวนิไลศิลป์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.ชัยยง ศิริพรมงคลชัย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.ปิติพร มโนคุ่น	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.ภัทรมาศ เทียมเงิน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

ดร.ปกรณ์ ชุมรม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ดร.แม็ค บุญเพ็ญศิลป์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ดร.วาศินี ประดับศรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
ผศ.ดร.ดาริกา แย้มรับบุญ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.ดร.วรินทร์ พูนไพบูลย์พัฒน์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.ดร.วันวิสา เจนรุ่งโรจน์สกุล	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ดร.พิพัฒน์ จันทรประดิษฐ์	มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์
ผศ.ดร.บำรุงศักดิ์ เพื่อนอารีย์	มหาวิทยาลัยบูรพา
รศ.ดร.วริศรา ปาริชาติกานนท์	มหาวิทยาลัยมหิดล
ผศ.ดร.วรรัตน์ วงเกีย	มหาวิทยาลัยมหิดล
ดร.ศิริศักดิ์ ศศิวรรณพงศ์	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ดร.กฤษณะ พวงระย้า	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
ผศ.ดร.รัฐพล พรหมสะอาด	มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต
ผศ.ดร.ดวงจันทร์ แก้วกพาน	มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
ผศ.ชีสาพัชร ชูทอง	มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
ผศ.ดร.พิจิตรา จอมศรี	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
ผศ.ดร.ดุสิตวิทย์ ปรางชุมพล	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
ผศ.ดร.อรรถสิทธิ์ สีนนา	มหาวิทยาลัยรามคำแหง
ดร.ธัญธรณ์ วราพงศ์พิศาล	มหาวิทยาลัยรามคำแหง
อ.วิชญ์ ทวีทรัพย์	มหาวิทยาลัยรังสิต
รศ.ดร.วนิดา ลิ้มมัน	มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
ผศ.ดร.กาญจนา ภัทรวาวัฒน์	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ดร.ชนากานต์ จรเสถียร	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ดร.อิทธิราชย์ เรืองรงค์	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ผศ.ดร.บุญรอด ขาติยานนท์	โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศิลปากร

รศ.ดร.กรรณิการ์ ม่วงชู	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
รศ.ดร.กฤษฎา เสือเอี่ยม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
รศ.ดร.ยุพาพิน อติกานต์กุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
รศ.ดร.วิไลวรรณ สีนะกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผศ.ดร.กัลทิมา เขาวนชาญชัยกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผศ.ดร.กิตติยศ ตั้งสัจจวงศ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผศ.ดร.เกรียงไกร เหลืองอำพล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผศ.ดร.ชวนิ สุภรัตน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผศ.ดร.ชาญวิทย์ ปราบพัตย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผศ.ดร.ณัฐพงศ์ พันธนะ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผศ.ดร.ณิศรา สุทธิสังข์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผศ.ดร.ดวงฤทัย นิคมรัฐ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผศ.ดร.บุรุษกร อยู่สุข	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผศ.ดร.ปิยธิดา พันธนะ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผศ.ดร.เพชรรัตน์ เวฬุคามกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผศ.ดร.มนตรี บุญเรืองเศษ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผศ.ดร.เมธิญาณินท์ คำขาว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผศ.ดร.ยุพาพิน อติกานต์กุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผศ.ดร.วรรณุช ดีละมัน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผศ.ดร.วรวิทย์ จันทร์สุวรรณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผศ.ดร.วรินทร์ บุญยะโรจน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผศ.ดร.วราวุฒิ พุทธิให้	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผศ.ดร.วัชรพันธ์ สุขเกิด	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผศ.ดร.วีรวรรณ จันทะทรัพย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผศ.ดร.ศุภชัย หลักคำ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ผศ.ดร.สรสุธี บัวพล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผศ.ดร.สิริรัตน์ พานิช	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผศ.ดร.สุขจิตร ตั้งเจริญ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผศ.ดร.สุนิสา สายอุปราชา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผศ.ดร.อุดมเดชา พลเยี่ยม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผศ.นิภาพร ปัญญา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ดร.คณาวุฒิ อินทร์แก้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ดร.จินตพัฒน์ นทีวัฒนา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ดร.จิระศักดิ์ ธาระจักร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ดร.ชัชวาล ศรีภักดี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ดร.ณัฐติญา ไชติยากุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ดร.ธิดาวรรร คล้ายศรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ดร.นฤดี สมมิตรปรีชา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ดร.นริศรา นาคเมธี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ดร.พลกฤษณ์ คุ้มกล้า	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ดร.พิชญ์ชาญ ศรีเจริญ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ดร.ภัทริกา สูงสมบัติ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ดร.ภูมิรัตน์ นวรัตน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ดร.เมธิกา พ่วงแสง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ดร.วรภักย์ นิธิอารยภาคย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ดร.สกุลบุตร เอกวิทยานิพนธ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ดร.อำนาจ ชินพงษ์พานิช	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
อ.วีรวัฒน์ เชี่ยวปัญญาพันธ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
อ.สุทธิพงษ์ จำรูญรัตน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

กรรมการดำเนินงาน

ผศ.ดร.สุขจิตร ตั้งเจริญ	ผศ.ดร.ขวณิ สุภรัตน์	ดร.คณาวุฒิ อินทร์แก้ว
นางศุภานัน ปิ่นเจริญ	นางสาวอัจฉรา เฉลิมเกียรติ	นางสาวนุสบา เทียงทัศน์
นางสาวปัทสนิษฐ์ ธนาสิริกรพัฒน์	นายณัฐกานต์ สุขสมร	นายวชิรพันธุ์ พริ้งพงษ์
นางสาวณัฐชนก สุขสำราญ	นางสาวชลิตา อินสระโร	นางสาวเยาวภา เทวะผลิน
นางพัทธาณี วรดิษฐ์	นางสาวภัทรภัคร จอมแก้ว	นางสาวศิริพร บัวสีตัน
นางสาวอรรณพ มุกนนท์	นางสาวสายรุ้ง แก้วน้อย	นายวรวิทย์ สาสิงห์
นายอนันต์ศักดิ์ อุษณะประหาส	นายสมัคร นาคเกษม	นายธรรมบุญ ศรีลิโก

กำหนดการ

การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 8
“นวัตกรรมและปัญญาประดิษฐ์เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงบริบททางสังคม”

The 8th National Conference on Science, Technology and Innovation: “Innovation and Artificial Intelligence to Support Changing Social Context”

วันศุกร์ที่ 15 สิงหาคม 2568

ณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

จัดการประชุมแบบ On-site และ Online ผ่าน ZOOM Cloud Meetings

เวลา	กิจกรรม	
08.30 – 08.45 น.	ลงทะเบียนเข้าร่วมงาน	
08.45 – 09.00 น.	พิธีเปิดโครงการสัปดาห์วันวิทยาศาสตร์ และการประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 8 โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์กุลยศ สุวันทโรจน์ ผู้ช่วยอธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	
09.00 – 11.00 น.	บรรยายหัวข้อพิเศษ เรื่อง “นวัตกรรมและปัญญาประดิษฐ์เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงบริบททางสังคม” โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปกป้อง ส่องเมือง	
11.00 – 12.00 น.	นำเสนอผลงานวิจัยภาคบรรยาย (Oral presentation)	นำเสนอผลงานวิจัยภาคโปสเตอร์ (Poster presentation)
12.00 – 13.00 น.	พักรับประทานอาหารกลางวัน	
13.00 – 16.00 น.	นำเสนอผลงานวิจัยภาคบรรยาย (Oral presentation)	นำเสนอผลงานวิจัยภาคโปสเตอร์ (Poster presentation)
16.00 – 16.30 น.	พิธีมอบรางวัลการนำเสนอผลงานวิจัย และพิธีปิด โดย คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	

หมายเหตุ ผลงานวิจัยภาคโปสเตอร์จะถูกนำเสนอที่เว็บไซต์ <https://sci.rmutp.ac.th/nconsci8/>

ตารางการนำเสนอผลงานวิจัย

การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 8

“นวัตกรรมและปัญญาประดิษฐ์เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงบริบททางสังคม”

The 8th National Conference on Science, Technology and Innovation:
Innovation and Artificial Intelligence to Support Changing Social Context

วันศุกร์ที่ 15 สิงหาคม 2568

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ภาคบรรยาย (Oral presentation) On-site => ณ ห้องประชุมราชพฤกษ์ภิรมย์ ชั้น 2

Session A1

ประธาน: อาจารย์ ดร.เมธิกา พ่วงแสง

รองประธาน: รองศาสตราจารย์ ดร.กรรณิการ์ ม่วงชู

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณิศา สุทธิสังข์

Time	ID	Name	Title
11.00 – 11.15 น.	TH1024	วรรณิสา สุขสวัสดิ์	ความต้องการใช้ข้อมูลสารสนเทศเพื่อการบริหารงานกิจการนักเรียนของสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรี
11.15 – 11.30 น.	TH1025	กันต์ฤทัย รัชตปวุฒิ	องค์ประกอบภาวะผู้นำแบบประชาธิปไตยของผู้บริหารสถานศึกษา
11.30 – 11.45 น.	TH1026	ยุวดี ญาณสิทธิ์	ภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรี
11.45 – 12.00 น.	TH1027	อัครเดช เจริญสุข	ภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารสถานศึกษา สังกัดสำนักงานส่งเสริมการเรียนรู้ประจำจังหวัดสระแก้ว
13.00 – 13.15 น.	TH1028	วริศรา แก้วพรม	องค์ประกอบภาวะผู้นำเชิงนวัตกรรมของผู้บริหารสถานศึกษา
13.15 – 13.30 น.	TH1034	หัสบดีนทร์ พรหมงาม	ภาวะผู้นำเชิงพฤติกรรมของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานการศึกษา กรุงเทพมหานคร

ตารางการนำเสนอผลงานวิจัย

การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 8

“นวัตกรรมและปัญญาประดิษฐ์เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงบริบททางสังคม”

The 8th National Conference on Science, Technology and Innovation:
Innovation and Artificial Intelligence to Support Changing Social Context

วันศุกร์ที่ 15 สิงหาคม 2568

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ภาคบรรยาย (Oral presentation) On-site => ณ ห้องประชุมดอกคูณ ชั้น 2

Session A2

ประธาน: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีรวัฒน์ จันทะทรัพย์

รองประธาน: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยธิดา พันธนะ

อาจารย์ ดร.จิระศักดิ์ ธาระจักร์

Time	ID	Name	Title
11.00 – 11.15 น.	TH1016	กมลวรรณ สมบัติบุญ	การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผลิตขวดค้ำยันผนังหลอดเลือดโคโรนารีในประเทศไทย
11.15 – 11.30 น.	TH1023	เสกฐาภูมิ เกียรติศักดิ์โสภณ	โมเดลระบบบริหารจัดการงานบำรุงรักษาด้วยคอมพิวเตอร์สำหรับนำไปโปรแกรมบริหารจัดการเครื่องมือแพทย์ RMC Plus ไปใช้ในโรงพยาบาลภาครัฐของประเทศไทย
11.30 – 11.45 น.	TH2011	อาคม ปาสีโล	การสร้างและพัฒนาอุปกรณ์ช่วยถอดล้อรถยนต์ประสิทธิภาพสูงสำหรับศูนย์บริการยานยนต์
11.45 – 12.00 น.	TH2047	ทิพย์รัตน์ จันทร์สิงห์	เครื่องวัดขนาดพื้นที่แสดงผลผ่านแอปพลิเคชัน

Session A3

ประธาน: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณุช ดีละมัน

รองประธาน: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติยศ ตั้งสัจจวงศ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุนิสา สายอุปราข

Time	ID	Name	Title
13.00 – 13.15 น.	TH1039	สิริภัทร สอนบาลี	การคาดการณ์ปริมาณน้ำท่า โดยใช้ปริมาณน้ำฝนจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก CMCC-ESM2 ภายใต้สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจก ในอนาคต บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่ม จ.เชียงใหม่
13.15 – 13.30 น.	TH1040	ชนาภา พลเสน	การคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในอนาคตโดยใช้ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐาน(SPI) ภายใต้แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยห้วยทับทัน
13.30 – 13.45 น.	TH1041	พัฒนฉัตร ช่วยชม	การประเมินมูลค่าความเสียหายของการสูญเสียดินในรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน ที่แตกต่างกัน บริเวณลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่มตอนบน จังหวัดเชียงใหม่

ตารางการนำเสนอผลงานวิจัย

การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 8

“นวัตกรรมและปัญญาประดิษฐ์เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงบริบททางสังคม”

The 8th National Conference on Science, Technology and Innovation:
Innovation and Artificial Intelligence to Support Changing Social Context

วันศุกร์ที่ 15 สิงหาคม 2568

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ภาคบรรยาย (Oral presentation) Online => Zoom Meeting

Session B1

ประธาน: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัชรพันธ์ สุขเกิด

รองประธาน: อาจารย์ ดร.พลกฤษณ์ คุ่มกล้า อาจารย์สุทธิพงษ์ จำรูญรัตน์

Time	ID	Name	Title
11.00 – 11.15 น.	TH1018	ณัฐพงศ์ ยাত্রา	การออกแบบเครื่องมือพิเศษติดรแบ็คโฮสำหรับตัดกิ่งไม้
11.15 – 11.30 น.	TH1029	สุชาติ ตะฐา	การเพิ่มประสิทธิภาพการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องฉีดขึ้นรูป บุทข้อต่อความเร็วคงที่
11.30 – 11.45 น.	TH2016	หทัยนุช จันทรชัยภูมิ	ตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้
11.45 – 12.00 น.	TH2037	ฐาปกรณ์ นิลวิสุทธิกุล	การศึกษาประสิทธิภาพของการคัดเศษปลากระดูกโดยใช้รูตะแกรง ต่างกัน

Session B2

ประธาน: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกรียงไกร เหลืองอำพล

รองประธาน: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เมธิญาณินท์ คำขาว อาจารย์ ดร.ณัฐธัญญา ไชติยากุล

Time	ID	Name	Title
13.00 – 13.15 น.	TH1030	ธนกร ปิ่นสุข	การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนเว็บสำหรับการยืม-คืนอุปกรณ์ : กรณีศึกษาสาขาวิชาวิทยาการคำนวณและเทคโนโลยีดิจิทัล มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิม พระเกียรติ
13.15 – 13.30 น.	TH1033	มณียา อุทรักษ์	ระบบจองที่จอดรถ : กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระ เกียรติ
13.30 – 13.45 น.	TH2010	นริศรา นาคเมธี	ระบบค้นหาข้อมูลคู่มือนักศึกษาด้วยการค้นหาเชิงความหมาย
13.45 – 14.00 น.	TH2039	กฤษฎา บุญมีวิเศษ	การออกแบบและพัฒนาระบบถุงมือฟื้นฟูสมรรถภาพมืออัจฉริยะที่ ผสานเทคโนโลยีติดตามผลผ่านแอปพลิเคชัน สำหรับผู้ป่วย อัมพาตครึ่งซีก

ตารางการนำเสนอผลงานวิจัย

การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 8

“นวัตกรรมและปัญญาประดิษฐ์เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงบริบททางสังคม”

The 8th National Conference on Science, Technology and Innovation:
Innovation and Artificial Intelligence to Support Changing Social Context

วันศุกร์ที่ 15 สิงหาคม 2568

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ภาคบรรยาย (Oral presentation) Online => Zoom Meeting

Session B3

ประธาน: รองศาสตราจารย์ ดร.กรรณิการ์ ม่วงชู

รองประธาน: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยธิดา พันธนะ

อาจารย์ ดร.อำนาจ ชินพงษ์พานิช

Time	ID	Name	Title
14.15 – 14.30 น.	TH2019	วลัยลักษณ์ พันต่าย	การศึกษาความเป็นไปได้ของผลิตภัณฑ์แผ่นอบกรอบจากไข่ผ่ากับกระเจียวเขียว
14.30 – 14.45 น.	TH1020	เจลินันท์ ปันนันท	เกณฑ์การประเมินวัฒนธรรมความปลอดภัยในการดูแลผู้ป่วยของเภสัชกรโรงพยาบาล: การทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ
14.45 – 15.00 น.	TH2029	พิมพ์ชนา ฮกทา	การพัฒนานวัตกรรมการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคุณค่า ในศตวรรษที่ 21: การประยุกต์ใช้เทคนิค “ย้อนอดีตคิดถึงอนาคต”
15.00 – 15.15 น.	TH2035	อรุณรัตน์ นาคราช	การพัฒนารูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ภาษาไทยตามแนวคิดสมองเป็นฐาน (BBL) ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค CIRC เพื่อพัฒนาความสามารถในการอ่านจับใจความสำคัญ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

ตารางการนำเสนอผลงานวิจัย

การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 8

“นวัตกรรมและปัญญาประดิษฐ์เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงบริบททางสังคม”

The 8th National Conference on Science, Technology and Innovation:
Innovation and Artificial Intelligence to Support Changing Social Context

วันศุกร์ที่ 15 สิงหาคม 2568

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ภาคโปสเตอร์ (Poster presentation)

ID	Name	Title
TH1012	มาศรัตน์ ปริญญานท์	การจำแนกกลุ่มลักษณะการชักประวัติผู้ป่วยของนักศึกษาพยาบาลโดยใช้แท็บเล็ตด้วยเทคนิคการจับกลุ่มข้อมูลแบบค่าเฉลี่ย k
TH1036	พรรณราย งามวงศ์	ซูบชั่นพีชทรายสำหรับสุนัขจากฟักทอง ออกไก่ และไข่ผ่า
TH2006	วีรวรรณ จันทะทรัพย์	แดชบอร์ดข้อมูลเชิงวิเคราะห์สำหรับที่พักนักศึกษา
TH2007	วีรวรรณ จันทะทรัพย์	การวิเคราะห์ความคิดเห็นด้วยแบบจำลองภาษาขนาดใหญ่
TH2008	วีรวรรณ จันทะทรัพย์	การจำแนกอาการของการติดเชื้อในปอดโดยใช้การเรียนรู้เชิงลึก
TH2012	ปรานอม ขาวเมฆ	องค์ประกอบทางเคมีของฝักกระเจียบเขียว
TH2013	หฤทัย ฐานันท์	การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผักพื้นบ้านไทย
TH2014	กฤษณา โลหารก	การพัฒนาแบบแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ SPAER เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหา เรื่องอะตอมและสมบัติของธาตุ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
TH2018	วรัญญา เพชรเมณี	การทวนสอบวิธีทดสอบหาปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในตัวอย่างน้ำบริสุทธิ์ และน้ำยาไตเทียมสำหรับการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม
TH2023	กฤษฎีศิริ โปะะกฤษณะ	การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างการฉีดโบทูลินัมทอกซินเอเข้าใต้ผิวหนังร่วมกับยาทารักษาสิ่วมาตรฐานเทียบกับยาทารักษาสิ่วมาตรฐานเพียงอย่างเดียวในการรักษาสิ่วบริเวณคางในวัยผู้ใหญ่
TH2027	ณัฐติญา ไซติยากุล	การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันระบบจองห้อง self study กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
TH2031	มานิตา กัณทภา	การวิเคราะห์หาสารที่มีฤทธิ์การต่อต้านอนุมูลอิสระของดอกดาวกระจายภายใต้สภาวะความเครียดจากความแล้ง
TH2032	ณิศรา สุทธิสังข์	การจราจรที่คับคั่งกับมุมมองเชิงกราฟเบื้องต้น
TH2034	ยุพาพิน อติกานต์กุล	การศึกษาตัวแบบความน่าจะเป็นของอุณหภูมิในภาคใต้ของประเทศไทย

ตารางการนำเสนอผลงานวิจัย

การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 8

“นวัตกรรมและปัญญาประดิษฐ์เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงบริบททางสังคม”

The 8th National Conference on Science, Technology and Innovation:
Innovation and Artificial Intelligence to Support Changing Social Context

วันศุกร์ที่ 15 สิงหาคม 2568

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ภาคโปสเตอร์ (Poster presentation)

ID	Name	Title
TH2036	สุพิศ ศีบัว	การพัฒนาหลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติม “รักัญขง รักัญขง” เพื่อส่งเสริมทักษะอาชีพของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5
TH2038	รัชกฤษ ปัทมโสภาสกุล	การพัฒนาวัสดุดูดซับจากลูกทุกวาง เพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์มาสก์หน้า
TH2040	ไพศาล การถาง	Quantum-Enhanced Lattice Boltzmann Method for Predicting Treatment Efficacy in Colorectal Cancer Organoids: A Novel Computational Framework Integrating Fluid Dynamics, Drug Transport, and Quantum Deep Learning
TH2041	ไพศาล การถาง	Quantum-Inspired Monte Carlo Methods Enhance Three-Dimensional Multi-Cellular Simulation of Tumor Growth and Angiogenesis: A Comprehensive Computational Framework Integrating Cellular Potts Models and Deep Learning Analytics
TH2042	ปัทมา ชุมณี	การประยุกต์ใช้แนวคิดสึนในการพัฒนาปฏิบัติการชีวเคมี ในหัวข้อพีเอช บัฟเฟอร์ และการไทเทรต
TH2045	ดวงฤทัย นิคมรัฐ	ต้นแบบแผ่นเจลเพคตินและสารสกัดสมุนไพรเพื่อการฟื้นฟูผิวที่ยั่งยืน และปลอดภัยจากธรรมชาติ
TH2046	นิภาพร ปัญญา	เว็บไซต์หาเพื่อนร่วมทาง กรณีศึกษาจังหวัดชลบุรี
TH2048	ปิยธิดา พันธนะ	ARL estimation for MEWMA statistics of seasonal autoregressive observations
TH2049	วิศิษฐ์ รัตนนิมิต	การสร้างและวัดประสิทธิภาพเว็บแอปพลิเคชันแชทบอทปัญญาประดิษฐ์เพื่อเป็นผู้ช่วยในการเรียนเขียนโปรแกรมขั้นพื้นฐาน
TH2050	วีรวรรณ จันทะทรัพย์	การจำแนกประเภทเอกสารด้วยปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์

หมายเหตุ บทความวิจัยภาคโปสเตอร์เผยแพร่บนเว็บไซต์ <https://sci.rmup.ac.th/nconsci8/>

สารบัญ

	หน้า
สารจากคณบดี	ก
คณะกรรมการ	ข
กำหนดการ	ช
ตารางการนำเสนอผลงาน	ซ
สารบัญ	๗
บทความวิจัย (ชื่อเรื่อง/ชื่อผู้วิจัย)	
1. การจำแนกกลุ่มลักษณะการชักประวัติผู้ป่วยของนักศึกษาพยาบาลโดยใช้ แบบทดสอบด้วยเทคนิคการจับกลุ่มข้อมูลแบบค่าเฉลี่ย k	1
มาศรัตน์ ปريانนท์, วาทีณี น้อยเพียร และ ศุภวรรณ ธนภาพรังสรรค์	
2. การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผลิตขวดค้ำย่นผนังหลอดเลือดโคโรนารี ในประเทศไทย	12
กมลวรรณ สมบัติบุญ, ศนิ บุญญกุล, สุธี ไตรวิวัฒน์วงศ์ และ นริศชา ต่อสุทธิกันก	
3. การออกแบบเครื่องมือพิเศษติดรเบ็กโฮสำหรับตัดกิ่งไม้	29
ณัฐพงศ์ ยาดรา, คมสันต์ ชโนศวรรย์, โชคชัย อลงกรณ์ทักษิณ และ คณศ จุลสุคนธ์	
4. เกณฑ์การประเมินวัฒนธรรมความปลอดภัยในการดูแลผู้ป่วยของเภสัชกรโรงพยาบาล: การทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ	39
เจลินันท์ ปันนันท์ และ ศุภชัย อินสุข	
5. แบบจำลองการนำโปรแกรมบริหารจัดการเครื่องมือแพทย์ RMC Plus ไปใช้ ในโรงพยาบาลภาครัฐของประเทศไทย	59
เสฏฐวุฒิ เกียรติศักดิ์โสภณ, พิชิตพล โชติกุลนันท์, อนันต์ศักดิ์ วงศ์คำแหง และ อนุชิต นิรภัย	
6. ความต้องการใช้ข้อมูลสารสนเทศเพื่อการบริหารงานกิจการนักเรียนของสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรี	73
วรรณิสา สุขสวัสดิ์, สุทธิพร บุญส่ง และ พิมลพรรณ เพชรสมบัติ	
7. องค์ประกอบภาวะผู้นำแบบประชาธิปไตยของผู้บริหารสถานศึกษา	82
กันต์ฤทัย รัชตปวุฒิ และ พิมลพรรณ เพชรสมบัติ	
8. ภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา มัธยมศึกษาสระบุรี	92
ยุวดี ญาณสิทธิ์, สุทธิพร บุญส่ง และ พิมลพรรณ เพชรสมบัติ	

สารบัญ (ต่อ)

บทความวิจัย (ชื่อเรื่อง/ชื่อผู้วิจัย)	หน้า
9. ภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารสถานศึกษา สังกัดสำนักงานส่งเสริมการเรียนรู้ ประจำจังหวัดสระแก้ว อัครเดช เจริญสุข, สุทธิพร บุญส่ง และ พิมลพรรณ เพชรสมบัติ	107
10. องค์ประกอบภาวะผู้นำเชิงนวัตกรรมของผู้บริหารสถานศึกษา วิศรา แก้วพรม, สุทธิพร บุญส่ง และ พิมลพรรณ เพชรสมบัติ	119
11. การเพิ่มประสิทธิภาพการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องฉีดขึ้นรูปพหุข้อต่อความเร็วคงที่ สุชาติ ตะฐา, ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล และ สหรัตน์ วงศ์ริยะ	130
12. การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนเว็บสำหรับการยืม-คืนอุปกรณ์ : กรณีศึกษา สาขาวิชาวิทยาการคำนวณและเทคโนโลยีดิจิทัล มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ สุกัลป์ ชัยปัญญารักษ์, ธนกร ปิ่นสุข, สุธีรา พึ่งสวัสดิ์ และ นฤติ บุรณะจรรยากุล	138
13. ระบบจองที่จอดรถ : กรณีศึกษามหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ มนียา อุทรักษ, กนกวรรณ แสงศาสตร์, นฤติ บุรณะจรรยากุล และ สุธีรา พึ่งสวัสดิ์	150
14. ภาวะผู้นำเชิงพฤติกรรมของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานการศึกษากรุงเทพมหานคร หัสตินันท์ พรหมงาม, สุทธิพร บุญส่ง และ พิมลพรรณ เพชรสมบัติ	163
15. ซุปชันฟริชทรายสำหรับสุนัขจากฟักทอง ออกไก่ และไข่ผ่า พรรณราย งามวงศ์ และ สมมาตร เรืองสังข์	174
16. การคาดการณ์ปริมาณน้ำท่า โดยใช้ปริมาณน้ำฝนจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก CMCC-ESM2 ภายใต้สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจก ในอนาคต บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่ม จ.เชียงใหม่ สิริภัทร สอนบาลี, วินัส ต่วนเครือ และ ยุทธพงษ์ ศิริมังคละ	180
17. การคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในอนาคตโดยใช้ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐาน (SPI) ภายใต้แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยห้วยทับทัน ชนาภา พลเสน, วินัส ต่วนเครือ และ ยุทธพงษ์ ศิริมังคละ	194
18. การประเมินมูลค่าความเสียหายของการสูญเสียดินในรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ แตกต่างกัน บริเวณลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่มตอนบน จังหวัดเชียงใหม่ พัฒนฉัตร ช่วยชม, วินัส ต่วนเครือ และ ยุทธพงษ์ ศิริมังคละ	208
19. แดชบอร์ดข้อมูลเชิงวิเคราะห์สำหรับที่פקนักศึกษา ปิยะนัฐ ศรีวัน, อติรุจ ปานอุบล, และ วีรวรรณ จันทะทรัพย์	224

สารบัญ (ต่อ)

บทความวิจัย (ชื่อเรื่อง/ชื่อผู้วิจัย)	หน้า
20. การวิเคราะห์ความคิดเห็นด้วยแบบจำลองภาษาขนาดใหญ่ วีระนุช วุฒิ, กวินภัคร อินทร์โพธิ์ และ วีรวรรณ จันทะทรัพย์	237
21. การจำแนกอาการของการติดเชื้อในปอดโดยใช้การเรียนรู้เชิงลึก คณาธิป เนาววิโน, ศรัณย์ ผุดผ่อง และ วีรวรรณ จันทะทรัพย์	249
22. ระบบค้นหาข้อมูลคู่มือนักศึกษาด้วยการค้นหาเชิงความหมาย ชัชคม พิบุลธนาวิช, พงศธร ศรีพันธ์, ชนานุวัตร ฉายศรี และ นริศรา นาคเมธี	261
23. การสร้างและพัฒนาอุปกรณ์ช่วยจัดการล้อรถยนต์เพื่อลดภาระทางกายภาพ สำหรับ ศูนย์บริการยานยนต์ อาคม ปาสีโล และ จตุรงค์ อ่อนสาร	279
24. องค์ประกอบทางเคมีของฝักระเจียบเขียว ปรานอม ขาวเมฆ และ หฤทัย สุวานันท์	286
25. การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของ ผักพื้นบ้านไทย หฤทัย สุวานันท์ และ ปรานอม ขาวเมฆ	297
26. การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ SPAER เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการ แก้ปัญหา เรื่องอะตอมและสมบัติของธาตุ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กฤษฎณา โลหการก	303
27. ตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้ หทัยนุช จันทรชัยภูมิ, นริศว์ รัตนวัย, ชินวัตร แท่งแก้ว และ จิรนนท์ ทุมจันดา	312
28. การทวนสอบวิธีทดสอบหาปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในตัวอย่างน้ำบริสุทธิ์ และน้ำยา ไตเทียมสำหรับการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม วรัญญา เพชรมณี และ ชนิตา แซ่คั่ว	323
29. การศึกษาความเป็นไปได้ของผลิตภัณฑ์แผ่นอบกรอบจากไข่ผำกับกระเจียบเขียว วลัยลักษณ์ พันต่าย และ ปานทิพย์ บุญส่ง	334
30. การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างการฉีดโบทูลินัมทอกซินเอเข้าใต้ผิวหนังร่วมกับ ยาทารักษาสิวมาตรฐานเทียบกับยาทารักษาสิวมาตรฐานเพียงอย่างเดียวในการรักษาสิว บริเวณคางในวัยผู้ใหญ่ กฤษฎ์สิริ โปะชะกฤษณะ และ อานนท์ ไพจิตรโรจนา	348

สารบัญ (ต่อ)

บทความวิจัย (ชื่อเรื่อง/ชื่อผู้วิจัย)	หน้า
31. การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันระบบจองห้อง self study กรณีศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ธีรภัทร เพ็ญฟู, ธนพจน์ สุระเรืองโรจน์, ณัฐติญา ไขติยากุล และ เซวงคักดี คงเกิด	369
32. การพัฒนานวัตกรรมจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคุณค่าในศตวรรษที่ 21: การประยุกต์ใช้เทคนิค “ย้อนอดีต คิดถึงอนาคต” สรพงศ์ เบญจศรี, นันทรัตน์ พงษ์พาพิทักษ์ และ พิมพ์นา ฮกทา	377
33. การวิเคราะห์หาสารที่มีฤทธิ์การต่อต้านอนุมูลอิสระของดอกดาวกระจายภายใต้สภาวะความเครียดจากความแล้ง กุลยา โพธิ์ทอง, ศิวกร พันดี, สุเมธ ชมภูธวัช, ดวงกมล บุญบำรุง และ มานิตา กันทภา	384
34. การจราจรที่คับคั่งกับมุมมองเชิงกราฟเบื้องต้น ณิศรา สุทธิสังข์ และ วรวิวัฒน์ วิเศษสิงห์	392
35. การศึกษาตัวแบบความน่าจะเป็นของอุณหภูมิในภาคใต้ของประเทศไทย ณิศรา สุทธิสังข์, ธัญญา อำนวยวัฒนะกุล, วรวิวัฒน์ วิเศษสิงห์, อัญชนา ชัตติยะวงศ์ และ ยุพาพิน อดิกานต์กุล	399
36. การพัฒนารูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ภาษาไทยตามแนวคิดสมองเป็นฐาน (BBL) ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค CIRC เพื่อพัฒนาความสามารถในการอ่านจับใจความสำคัญ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 อรุณรัตน์ นาคราช	406
37. การพัฒนาหลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติม “รู้จักชง รักกันชง” เพื่อส่งเสริมทักษะอาชีพของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 สุพิศ ศรีบัว	422
38. การศึกษาประสิทธิภาพของการคัดเศษปลากระดูกโดยใช้รูตะแกรงต่างกัน ฐาปกรณ์ นิลวิสุทธิกุล และ นิดา แซ่จ้อง	431
39. การพัฒนาวัสดุดูดซับจากลูกहुกวาง เพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์มาสก์หน้า รัชกฤษ ปัทมโสภาสกุล และ อรจิรา อารักษ์สกุลวงศ์	441
40. การออกแบบและพัฒนาระบบถุงมือฟื้นฟูสมรรถภาพมืออัจฉริยะที่ผสานเทคโนโลยีติดตามผลผ่านแอปพลิเคชัน สำหรับผู้ป่วยอัมพาตครึ่งซีก กฤษฎา บุญมีวิเศษ, สยาม ประจตุหะศรี, นภณัฐ รัตนกร, นราวิทย์ กิจเจริญ, สุวัลยา ศิริศิลป์ และ อัษฎาวุธ เพชรพรรณ	450

สารบัญ (ต่อ)

บทความวิจัย (ชื่อเรื่อง/ชื่อผู้วิจัย)	หน้า
41. Quantum-Enhanced Lattice Boltzmann Method for Predicting Treatment Efficacy in Colorectal Cancer Organoids: A Novel Computational Framework Integrating Fluid Dynamics, Drug Transport, and Quantum Deep Learning Paisan Kanthang, Varinthorn Boonyaroj, and Sirichai Saramanus	459
42. Quantum-Inspired Monte Carlo Methods Enhance Three-Dimensional Multi-Cellular Simulation of Tumor Growth and Angiogenesis: A Comprehensive Computational Framework Integrating Cellular Potts Models and Deep Learning Analytics Paisan Kanthang, Varinthorn Boonyaroj, and Sirichai Saramanus	478
43. การประยุกต์ใช้แนวคิดสลินในการพัฒนาปฏิบัติการชีวเคมีในหัวข้อพีเอช บัฟเฟอร์ และการไทเทรต ปัทมา ชูมณี	491
44. ต้นแบบแผ่นเจลเพคตินและสารสกัดสมุนไพรเพื่อการฟื้นฟูผิวที่ยั่งยืน และปลอดภัย จากธรรมชาติ ดวงฤทัย นิคมรัฐ, ชารีย์ จินดาสิริมณี, ธัญพิชชา รุ่งภักดีสวัสดิ์, ปุณยศรี เล้าประเสริฐ, นิภาพร ปัญญา, ภทริกา สูงสมบัติ และ กฤษดา เสือเอี่ยม	502
45. เว็บไซต์หาเพื่อนร่วมทาง กรณีศึกษาจังหวัดชลบุรี สุวิจักขณ์ สุขเสน, วัชรินทร์ ศรีโหมด, สัณญา วิศาลสิงห์, นิภาพร ปัญญา, ภัสสร สิงห์ธรรม, ธิดาวรรณ คล้ายศรี, อุดมเดช พูลเยี่ยม, ธนาพร บุญชู, อัญชญา ขัตติยะวงศ์ และ ดวงฤทัย นิคมรัฐ	517
46. เครื่องวัดพื้นที่แสดงผลบนสมาร์ตโฟนแอปพลิเคชัน ศิริสิทธิ์ ท้าวพา, นันทณัฐ สมใจวงศ์, ภาคย์ พงษ์พันธ์เกษม และ ทิพย์รัตน์ จันทร์สิงห์	526
47. ARL estimation for MEWMA statistics of seasonal autoregressive Observations Piyatida Phanthuna, Chawanee Suphirat, Sunisa Saiuparad, and Nattapong Phanthuna	534
48. การสร้างและวัดประสิทธิภาพเว็บแอปพลิเคชันแชทบอทปัญญาประดิษฐ์เพื่อเป็นผู้ช่วย ในการเรียนเขียนโปรแกรมขั้นพื้นฐาน วิศร รัตนนิมิต, กิตติธัญญา บุญยกุลศิริ, ปัญญาสิทธิ์ วัฒนกุล, และ วาทีณี นัยเพียร	543
49. การจำแนกประเภทเอกสารด้วยปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ พงศกร บัวคำ, จารุเดช แก้วนสิกร และ วีรวรรณ จันทนะทรัพย์	552

การจำแนกกลุ่มลักษณะการซักประวัติผู้ป่วยของนักศึกษาพยาบาลโดยใช้แชทบอท ด้วยเทคนิคการจับกลุ่มข้อมูลแบบค่าเฉลี่ย k

Classification of Nursing Students' History-Taking Patterns via Chatbot Simulation: A K-Means Clustering Approach

มาศรัตน์ ปริญานนท์^{1*} วาทีนี นัยเพียร¹ และ ศุภวรรณ ธนภาพรังสรรค์²

¹ ภาควิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

² คณะพยาบาลศาสตร์ วิทยาลัยพยาบาลเซนต์หลุยส์

*E-mail: masarat.p@email.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อจำแนกนักศึกษาพยาบาลจากพฤติกรรมการซักประวัติผู้ป่วยผ่านแชทบอท โดยใช้เทคนิค K-Means Clustering ข้อมูลบทสนทนาของนักศึกษา 18 คน ถูกประเมินทักษะ 7 ด้านด้วยแชทบอทที่พัฒนามาบน ChatGPT และวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม RapidMiner Studio โดยใช้ Elbow Method กำหนดจำนวนกลุ่ม ผลลัพธ์พบว่า จำแนกได้ 3 กลุ่มชัดเจน ได้แก่ กลุ่มที่มีคะแนนต่ำในเกือบทุกด้าน กลุ่มที่มีคะแนนสูงในเกือบทุกด้าน และกลุ่มที่มีความเชี่ยวชาญด้านข้อมูลแต่ยังต้องปรับปรุงด้านการแสดงความเข้าใจผู้ป่วย ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปพัฒนาแนวทางเรียนรู้เฉพาะกลุ่มได้อย่างมีประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้มีข้อจำกัดเรื่องจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่น้อย ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความทั่วไปของผลลัพธ์

คำสำคัญ: แชทบอท การจับกลุ่มข้อมูลแบบค่าเฉลี่ย k การซักประวัติผู้ป่วย การจำแนกกลุ่ม การเรียนรู้แบบปรับเหมาะ

Abstract

This study aims to classify nursing students based on their patients' history-taking behaviors through chatbots using the K-Means Clustering technique. Conversational data from 18 students was assessed across seven skill domains by a chatbot developed on ChatGPT and analyzed with RapidMiner Studio software. The Elbow Method was used to determine the number of clusters. The results revealed three distinct groups: a group with low scores in almost all aspects, a group with high scores in nearly all aspects, and a group proficient in data-gathering but requiring improvement in demonstrating patient empathy. The data obtained can be used to develop effective group-specific learning approaches. A limitation of this research is the small sample size, which may affect the generalizability of the results.

Keywords: Chatbot, K-Means, Patient History-Taking, Clustering, Adaptive Learning

1. บทนำ

การซักประวัติผู้ป่วยเป็นทักษะพื้นฐานที่สำคัญในวิชาชีพพยาบาล ซึ่งต้องอาศัยทั้งความรู้ ความสามารถในการสื่อสาร และการเข้าใจผู้ป่วย การนำเทคโนโลยีเทหอบทมาจำลองสถานการณ์เพื่อฝึกทักษะนี้ ช่วยให้นักศึกษาสามารถฝึกซ้อมในบริบทที่ปลอดภัย ยืดหยุ่น และไม่กดดัน ส่งเสริมการเรียนรู้เชิงรุก และลดความเครียดเมื่อต้องพบเจอผู้ป่วยจริง [1] การสื่อสารที่มีประสิทธิภาพเป็นสิ่งสำคัญในการสัมภาษณ์ประวัติสุขภาพ นักศึกษาพยาบาลต้องฝึกฟังอย่างกระตือรือร้น การสื่อสารที่เห็นอกเห็นใจ และความเข้าใจทางวัฒนธรรม เพื่อรวบรวมข้อมูลผู้ป่วยที่ถูกต้อง [2] การวิจัยแสดงให้เห็นว่าการฝึกรอบด้วยการจำลอง ช่วยให้นักเรียนสามารถฝึกการสื่อสารในสภาพแวดล้อมที่มีการควบคุม และสนับสนุนให้ได้รับการปรับปรุงทักษะผ่านข้อเสนอแนะ [3] ความแม่นยำในการรวบรวมข้อมูลเป็นอีกสิ่งหนึ่งที่สำคัญ นักศึกษาพยาบาลจะต้องสามารถรวบรวมข้อมูลที่ครอบคลุมและเกี่ยวข้องในด้านต่าง ๆ เช่น ประวัติสุขภาพของผู้ป่วย ประวัติสุขภาพในอดีต ประวัติความเจ็บป่วยภายในครอบครัว ตลอดจนปัจจัยด้านวิถีชีวิตและสังคม การใช้ผู้ป่วยมาตรฐาน (standardized patient) และการจำลองสถานการณ์ทางคลินิกที่สมจริงและหลากหลาย ช่วยปรับปรุงความสามารถของนักศึกษา ในการรวบรวมข้อมูลที่ถูกต้อง จากการให้นักศึกษาสามารถทบทวนและได้รับข้อเสนอแนะจากเพื่อนและอาจารย์ [4,5] นอกจากนี้แล้ว นักศึกษาพยาบาลต้องสามารถสร้างการมีส่วนร่วมของผู้ป่วย ในลักษณะที่ส่งเสริมความไว้วางใจและความร่วมมือ จากการวิจัยของ Lee et al. [6] ได้ระบุรูปแบบปฏิสัมพันธ์ระหว่างพยาบาลกับผู้ป่วย ในหลายรูปแบบที่แตกต่างกัน พบว่ารูปแบบ “อำนวยความสะดวก” ซึ่งเป็นลักษณะการปรับสมดุลทางจิตสังคมและชีวการแพทย์ มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการปรับปรุงความพึงพอใจของผู้ป่วย

ทักษะการซักประวัติผู้ป่วยของนักศึกษาแต่ละคนมีลักษณะที่ต่างกัน การวิเคราะห์และจำแนกกลุ่มนักศึกษาตามลักษณะการตอบสนองต่อการฝึกซ้อม จึงเป็นประโยชน์ในการวางแผนการเรียนรู้เฉพาะกลุ่ม การศึกษานี้มีแนวคิดหลัก 4 ด้าน ได้แก่ 1) การใช้ปัญญาประดิษฐ์ (AI) เพื่อการเรียนรู้และประเมินผลแบบอัตโนมัติ โดยใช้เทคโนโลยี Large Language Model (LLM) และ Natural Language Processing (NLP) เพื่อวิเคราะห์บทสนทนาและให้ข้อเสนอแนะอย่างสม่ำเสมอได้ทันที [7], 2) การเรียนรู้พื้นฐานสมรรถนะ (hard skills) และ soft skills เช่น การแสดงความเห็นอกเห็นใจ (empathy) และการสื่อสาร ซึ่งมีความสำคัญต่อการดูแลผู้ป่วย [8], 3) การจัดกลุ่มข้อมูลทางการศึกษา โดยใช้เทคนิคการจับกลุ่มข้อมูลแบบค่าเฉลี่ย k (K-Means Clustering) เพื่อจำแนกกลุ่มผู้เรียนตามลักษณะพฤติกรรม [9], และ 4) แนวคิดการเรียนรู้แบบปรับเหมาะ (adaptive learning) ที่ออกแบบกิจกรรมตามความสามารถเฉพาะกลุ่มเพื่อเสริมทักษะที่จำเป็น [10,11]

การใช้เทคนิคการจับกลุ่มข้อมูลแบบ K-Means Clustering เพื่อระบุรูปแบบการซักประวัติของนักศึกษาพยาบาล เป็นวิธีการที่ช่วยให้การจำแนกกลุ่มมีความละเอียด และสะท้อนความแตกต่างที่แท้จริงของผู้เรียน K-Means เป็นอัลกอริทึมหนึ่งของการเรียนรู้ด้วยเครื่อง (machine learning) จัดอยู่ในกลุ่มการเรียนรู้แบบไม่ต้องสอน (unsupervised learning) การใช้เทคนิค K-Means จัดกลุ่มนักศึกษาตามประสิทธิภาพการสื่อสาร ความแม่นยำในการรวบรวมข้อมูล และทักษะด้าน soft skills ช่วยให้สามารถเข้าใจจุดแข็งและจุดอ่อนของนักศึกษาในแต่ละกลุ่ม นำมาซึ่งแนวทางการปรับแต่งวิธีการเรียนรู้ให้เหมาะสม และปรับปรุงผลการฝึกสัมภาษณ์ผ่านเทหอบทโดยภาพรวมให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น [12]

ด้วยความก้าวหน้าของเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ ที่มีความสามารถในการโต้ตอบที่เป็นธรรมชาติมากขึ้น เข้าใจบริบทที่ซับซ้อน และสามารถสร้างเนื้อหาที่มีคุณภาพสูงได้หลากหลายรูปแบบ เทหอบทในงานวิจัยนี้จึงไม่เพียงแต่จำลองสถานการณ์ผู้ป่วยเท่านั้น แต่ยังมิบทบาทในการประเมินผลการซักประวัติของนักศึกษาโดยอัตโนมัติ ระบบ AI ได้รับการออกแบบด้วยคำสั่ง (prompt) ให้สามารถวิเคราะห์เนื้อหาการโต้ตอบของนักศึกษาผ่านอัลกอริทึมการประมวลผลภาษาธรรมชาติ และให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนด การประเมินโดย AI ช่วยลดความลำเอียงของผู้ประเมิน ลดเวลาการทำงาน และเพิ่มความสม่ำเสมอในการวัดผล [7,13]

อย่างไรก็ตาม จากการสำรวจยังไม่พบงานวิจัยที่นำแชทบอทมาใช้ เพื่อจำแนกกลุ่มพฤติกรรมการสัมภาษณ์ประวัติสุขภาพในนักศึกษาพยาบาลไทยโดยตรง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงช่องว่างขององค์ความรู้ในประเด็นนี้ การวิจัยนี้มุ่งเน้นการใช้เทคนิค K-Means Clustering เพื่อจำแนกกลุ่มนักศึกษาพยาบาลตามลักษณะพฤติกรรม เนื่องจากจะช่วยให้ผู้สอนเข้าใจถึงแนวโน้มและรูปแบบการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับนักศึกษาในแต่ละกลุ่มได้ดียิ่งขึ้น สามารถนำไปพัฒนาหลักสูตรการเรียนการสอนที่มีความยืดหยุ่นและปรับเปลี่ยนได้ เพื่อให้มั่นใจว่านักศึกษาจะได้รับประสบการณ์การเรียนรู้ที่ดีที่สุด และพร้อมที่จะเผชิญกับสถานการณ์จริงในทางพยาบาลอย่างมั่นใจและมีประสิทธิภาพ

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 2.1 เพื่อจำแนกกลุ่มนักศึกษาพยาบาลตามลักษณะของการซักประวัติสุขภาพผ่านแชทบอท
- 2.2 เพื่อวิเคราะห์ผลลัพธ์ของการจำแนกกลุ่ม และเสนอแนะแนวทางการเรียนรู้แบบปรับเหมาะ

3. วิธีการวิจัย

3.1 รูปแบบวิจัย

การวิจัยเชิงปริมาณ โดยใช้การวิเคราะห์แบบจัดกลุ่ม (clustering analysis) เพื่อจำแนกกลุ่มนักศึกษาพยาบาลตามลักษณะของการซักประวัติผู้ป่วยผ่านแชทบอท โดยใช้เทคนิค K-Means Clustering เพื่อค้นหารูปแบบของกลุ่มที่มีลักษณะเฉพาะในด้านทักษะที่แตกต่างกัน

3.2 กลุ่มตัวอย่าง

ในการวิจัยครั้งนี้กลุ่มตัวอย่างคือ นักศึกษาพยาบาลชั้นปีที่ 1 คณะพยาบาลศาสตร์ วิทยาลัยเซนต์หลุยส์ ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาการพยาบาลเบื้องต้น จำนวน 18 คน โดยเป็นการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (simple sampling) จากนักศึกษาที่เข้าร่วมโดยสมัครใจ นักศึกษาทุกคนได้รับมอบหมายให้ฝึกทักษะการสัมภาษณ์ประวัติสุขภาพผ่านแชทบอท ในช่วงเวลา 1 อาทิตย์

3.3 เครื่องมือวิจัย

3.3.1 แชทบอทที่พัฒนาด้วย ChatGPT platform

เป็นเครื่องมือหลักในการฝึกสัมภาษณ์ ในส่วนของ Prompt ที่ใช้กับแชทบอท มี 2 รูปแบบ คือ Prompt ที่สร้างสถานการณ์ผู้ป่วยจำลอง 3 อาการที่แตกต่างกัน ได้แก่ ไข้ตัวร้อน ไอ หายใจเหนื่อย และภาวะหัวใจขาดเลือด และสรุปประเมินผลเบื้องต้น ให้คะแนน 0-10 และ Prompt ที่ใช้ประเมินทักษะ 7 ด้าน คะแนน 1-5 ซึ่งเป็นคะแนนที่ใช้ในการวิเคราะห์จริง

3.3.2 ชุดคะแนนจากการประเมินโดยแชทบอท

การเก็บรวบรวมข้อมูล โดยให้นักศึกษาแต่ละคนทำการโต้ตอบกับแชทบอท ในบริบทของการสัมภาษณ์ประวัติสุขภาพทั้ง 3 สถานการณ์อย่างน้อย 1 ครั้ง ซึ่งบทสนทนาดังกล่าวจะถูกบันทึกโดยอัตโนมัติ และจัดเก็บในรูปแบบข้อความอย่างเป็นระบบ นักศึกษาจะถูกประเมินจากบทสนทนาใน 7 หัวข้อโดยระบบแชทบอท AI เกณฑ์ประเมินนี้พัฒนาขึ้นโดยอ้างอิงจากแนวทางการประเมินทักษะทางคลินิกในนักศึกษาพยาบาลและแพทย์ ซึ่งครอบคลุมทั้ง soft skills และ hard skills [8,14] รายละเอียดเกณฑ์ประเมินดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แบบประเมินทักษะ 7 ด้าน ตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้

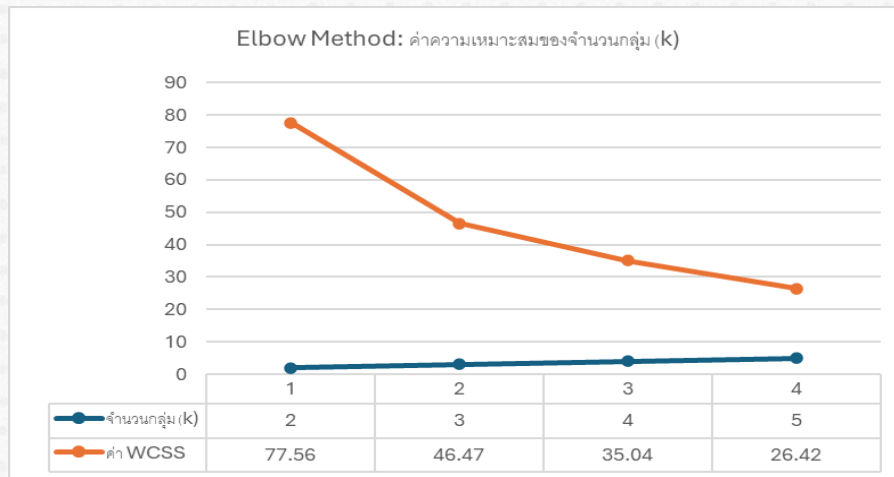
หัวข้อประเมิน	ประเภททักษะ	5 = ดีเยี่ยม	4 = ดี	3 = พอใช้ได้	2 = ควรปรับปรุง บางส่วน	1 = ต้อง ปรับปรุง
1. การทักทายและแนะนำตัว	Soft Skill	ทักทาย แนะนำตัว สร้างสัมพันธ สร้งสัมพันธ์	ทักทาย แนะนำตัว เหมาะสมกับ บุคคลทั่วไป	ทักทาย แนะนำตัว ใช้คำพื้นบ้าน ทั่วไป	ทักทาย ไม่แนะนำตัว พื้นบ้าน	ไม่ทักทาย ไม่แนะนำตัว
2. การใช้ภาษาสุภาพ	Soft Skill	สุภาพและ นุ่มนวล มีมารยาท	สุภาพ เหมาะสมมี กาลเทศะ	ใช้ภาษาเป็น ทางการ	ใช้ภาษาพูด ทั่วไปแบบ พื้นบ้าน	ไม่สุภาพ หยาดคาย
3. การตั้งคำถาม	Hard Skill	ครบถ้วนตรง ประเด็น มีเหตุผล	ครอบคลุม ประเด็นส่วน ใหญ่	มีคำถามสำคัญ บางส่วน	คำถามสับสน วกวน	คำถามไม่ตรง ประเด็น
4. ความครบถ้วนของข้อมูล	Hard Skill	ครบถ้วนเนื้อหา สาระทั้งหมด	ครบถ้วนเนื้อหา สาระเกือบ ทั้งหมด	ข้อมูลเกินครึ่ง ของเนื้อหา	ข้อมูลไม่ถึงครึ่ง ของเนื้อหา สำคัญ	ข้อมูลไม่ เพียงพอ
5. การติดตามอาการ	Hard Skill	ครอบคลุม อาการทั้งหมด ที่เป็นเหตุและ ผลกับอาการ ของโรค	ติดตามต่อเนื่อง ในประเด็น สำคัญ	บางประเด็นที่ ควรติดตามแต่ ไม่ครบถ้วน	ติดตาม เล็กน้อย	ไม่ติดตามเลย
6. การแสดงความเข้าใจผู้ป่วย	Soft Skill	มีค่าแสดงถึง ความเห็นอก เห็นใจและ สร้างความ ไว้วางใจ	มีค่าแสดง ความรู้สึก จริงใจ เห็นใจ ผู้ป่วย	มีค่าแสดงความ เข้าใจระดับ ปานกลาง	มีค่าพูดบางคำ แสดงความรู้สึ กบางส่วน	ไม่มีค่าพูดแสดง ท่าทีเข้าใจ
7. การสรุปประเด็นสำคัญ	Soft/Hard Skill	สรุปครบถ้วน อย่างเข้าใจ พร้อมมี คำแนะนำ	สรุปครบถ้วน เข้าใจได้	สรุปบางส่วนไม่ ครบถ้วน	สรุปสั้นแต่ไม่ ชัดเจน	ไม่สรุปเลย

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลคะแนนจากการประเมินทักษะสัมภาระของนักศึกษาถูกนำมาวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค K-Means Clustering ตามขั้นตอนต่อไปนี้

3.4.1 การตรวจสอบจำนวนกลุ่มที่เหมาะสม

เพื่อหาจำนวนกลุ่มที่เหมาะสมในการจำแนกนักศึกษาพยาบาล งานวิจัยนี้ใช้วิธี Elbow Method เพียงวิธีเดียว เนื่องจากข้อมูลจำนวนน้อย และผลการวิเคราะห์ตรงกับที่คาดการณ์ไว้ โดยคำนวณค่า Within-Cluster Sum of Squares (WCSS) จากผลรวมของระยะห่าง (Euclidean Distance) ระหว่างข้อมูลแต่ละจุดกับจุดศูนย์กลางกลุ่ม (Centroid) แล้วทำซ้ำในค่า k ตั้งแต่ 2 ถึง 5 ผลการวิเคราะห์พบว่า k = 3 เป็นค่าที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากเป็นจุดที่ค่า WCSS เริ่มลดลง ช้าลง ดังแสดงในแผนภูมิที่ 1



แผนภูมิที่ 1 ค่าความเหมาะสมของจำนวนกลุ่มในการทำ K-Means Clustering

3.4.2 การทำ K-Means Clustering

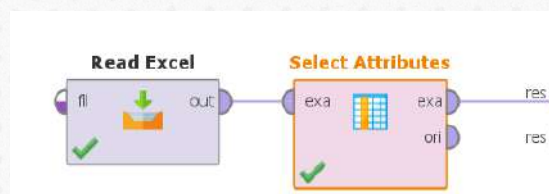
การวิจัยนี้ใช้ โปรแกรม RapidMiner Studio 2024.0.3 โดยข้อมูลคะแนนที่ได้จากการประเมินทักษะถูกนำเข้าเพื่อดำเนินการวิเคราะห์จำแนกกลุ่ม โดยมีขั้นตอนดังนี้:

3.4.2.1 การตรวจสอบคุณภาพข้อมูลเบื้องต้น

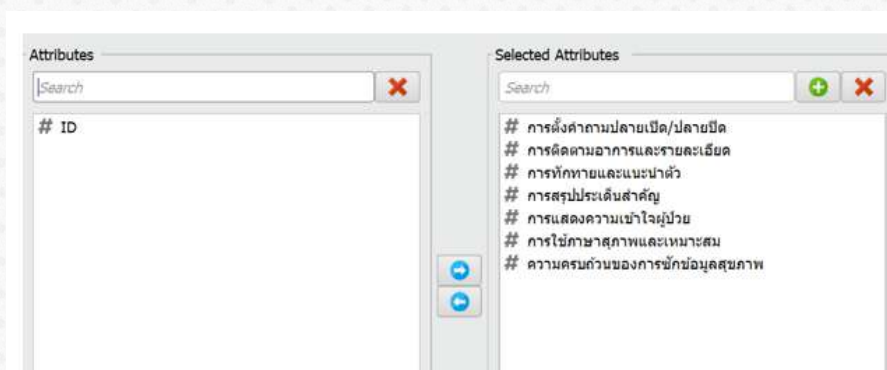
ข้อมูลถูกจัดเก็บในรูปแบบตาราง ประกอบด้วย 7 หัวข้อหลัก ก่อนทำการวิเคราะห์ มีการตรวจสอบค่าข้อมูลสูญหาย (Missing Values) และ ค่าผิดปกติ (Outliers) เพื่อให้แน่ใจว่าข้อมูลมีความสมบูรณ์และถูกต้อง

3.4.2.2 การนำเข้าข้อมูล

ใช้คำสั่ง Read Excel และ Select Attributes เลือกเฉพาะตัวแปรที่เป็นคะแนน รายละเอียดดังแสดงในภาพที่ 1-3



ภาพที่ 1 ใช้คำสั่ง read excel และ select attributes



ภาพที่ 2 หน้าต่างแสดง attributes ที่เลือก

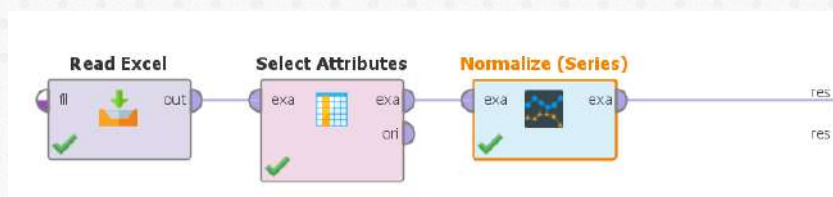
ExampleSet (Select Attributes)							
Open in Turbo Prep Auto Model Interactive Analysis							
Row No.	การทักทายและเน	การใช้ภาษาพูด	การส่งคำถามป	ความครบถ้วนขอ	การคัดลอกอักข	การแสดงความเ	การสรุปประเด็น
1	3	5	4	3.500	4	3.500	2.500
2	3	5	4	4	4	3.500	2.500
3	2	5	3	3	4	2	2
4	3	5	4	4	3.500	3	2.500
5	3.500	5	4.500	4	4	3.500	2.500
6	3	5	3	4	4	2	1
7	4	4	3	3	3	2	1
8	2	5	4	5	5	2	2
9	1	5	4	4	5	2	1
10	1	4	3	4	4	1	1
11	1	5	3	3	4	1	1
12	2	4	4	5	5	2	1
13	2	4	4	5	5	2	1

ExampleSet (18 examples, 0 special attributes, 7 regular attributes)

ภาพที่ 3 ตารางข้อมูลคะแนนการซักประวัติของนักศึกษา

3.4.2.3 การทำมาตรฐานข้อมูล (Normalization)

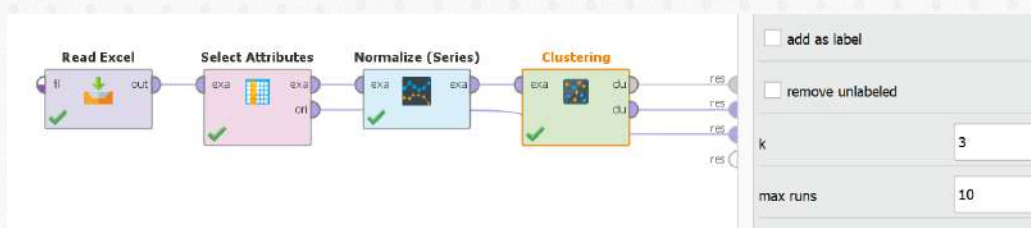
ใช้ Z-score Normalization เพื่อปรับค่าคะแนนให้ทุกตัวแปรมีน้ำหนักเท่ากัน โดยใช้คำสั่ง Normalize ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การทำให้ข้อมูลมีมาตรฐานด้วยคำสั่ง Normalize

3.4.2.4 การวิเคราะห์ด้วย K-Means Clustering

โดยใช้ Operator K-Means ตั้งค่าจำนวนกลุ่ม (k) ตามที่ได้จาก Elbow Method ซึ่งผลลัพธ์ชี้ว่าควรใช้ $k = 3$ นำข้อมูลที่ผ่านมาการมาตรฐานแล้วเข้าสู่กระบวนการจัดกลุ่มด้วย K-Means Clustering อัลกอริทึมจะทำการหาค้นศูนย์กลาง (centroid) เริ่มต้น และจัดกลุ่มตัวอย่างให้ใกล้กับศูนย์กลางนั้นที่สุด ปรับค่า Centroid ข้างานค่าศูนย์กลางคงที่ และได้กลุ่มที่มีลักษณะเฉพาะใกล้เคียงกันมากที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 การวิเคราะห์ K-Means โดยตั้งค่า $k=3$

3.4.3 การวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะของแต่ละกลุ่มจากค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

เพื่อให้การจำแนกกลุ่มมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น งานวิจัยนี้ได้นำสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD) ของคะแนนในแต่ละกลุ่มมาประมวลวิเคราะห์ เพื่อเปรียบเทียบลักษณะเฉพาะของกลุ่มที่ได้จาก K-Means Clustering และเพื่อแสดงความแตกต่างของกลุ่มในเชิงพฤติกรรมการสัมภาษณ์ รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยคะแนนและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean $\pm$ SD) ของแต่ละกลุ่ม

หัวข้อประเมิน	Cluster 0	Cluster 1	Cluster 2
1. การทักทายและแนะนำตัว	4.33 $\pm$ 0.52	4.67 $\pm$ 0.52	2.14 $\pm$ 0.38
2. การใช้ภาษาสุภาพ	4.50 $\pm$ 0.55	4.83 $\pm$ 0.41	2.29 $\pm$ 0.49
3. การตั้งคำถาม	4.17 $\pm$ 0.41	4.33 $\pm$ 0.52	2.14 $\pm$ 0.69
4. ความครบถ้วนของข้อมูล	4.17 $\pm$ 0.41	4.50 $\pm$ 0.55	2.00 $\pm$ 0.58
5. การติดตามอาการ	4.17 $\pm$ 0.41	4.50 $\pm$ 0.55	2.14 $\pm$ 0.38
6. การแสดงความเข้าใจผู้ป่วย	4.50 $\pm$ 0.55	4.67 $\pm$ 0.52	2.14 $\pm$ 0.38
7. การสรุปประเด็นสำคัญ	4.17 $\pm$ 0.41	4.50 $\pm$ 0.55	2.00 $\pm$ 0.58

4. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการวิเคราะห์ข้อมูลบทสนทนาของนักศึกษาพยาบาลกับระบบแชทบอทจำนวน 18 คน โดยใช้เทคนิค K-Means Clustering และ ค่า $k = 3$ ได้ผลลัพธ์ดังนี้:

4.1 การกระจายตัวของกลุ่ม (แผนภูมิที่ 2)

ในแต่ละกลุ่มมีจำนวนตัวอย่างและลักษณะดังต่อไปนี้

Cluster 0: 5 คน มีความโดดเด่นด้านข้อมูล แต่ยังคงต้องปรับปรุงทักษะด้าน soft skills อยู่บ้าง

Cluster 1: 8 คน มีคะแนนสูงและสมดุลในเกือบทุกด้าน

Cluster 2: 5 คน มีคะแนนต่ำในเกือบทุกด้าน



แผนภูมิที่ 2 แผนภูมิแสดงค่ากลาง (Centroid) ของคุณลักษณะแต่ละด้าน เพื่อเปรียบเทียบลักษณะของนักศึกษาทั้ง 3 กลุ่ม

4.2 ลักษณะเฉพาะของแต่ละกลุ่มจากค่า Centroid (ภาพที่ 6)

Cluster 0: กลุ่มนี้มีจุดเด่นในด้าน ความครบถ้วนของข้อมูล และ การติดตามอาการ ซึ่งสะท้อนถึงทักษะเชิงเทคนิค (hard skill) ที่ดี อย่างไรก็ตาม ยังอาจต้องมีการพัฒนา soft skill เพิ่มเติมบางด้าน เช่น การแสดงความเข้าใจผู้ป่วยและการสรุปประเด็นสำคัญ

Cluster 1: เป็นกลุ่มที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงและสมดุลในเกือบทุกด้าน โดยเฉพาะด้าน soft skill เช่น การแสดงความเข้าใจผู้ป่วย แสดงถึงความพร้อมในการสื่อสารและการดูแลผู้ป่วยอย่างเหมาะสม กลุ่มนี้เหมาะสำหรับการเรียนรู้เชิงลึกและเป็นต้นแบบให้เพื่อนร่วมชั้น

Cluster 2: มีคะแนนเฉลี่ยในระดับต่ำในหลายด้าน โดยเฉพาะการตั้งคำถาม ความครบถ้วนของข้อมูล และการเข้าใจผู้ป่วย ซึ่งเป็น soft skill สำคัญ กลุ่มนี้ควรได้รับการฝึกเสริมทักษะเฉพาะทางเพื่อพัฒนาความสามารถเชิงปฏิบัติ

Attribute	cluster_0	cluster_1	cluster_2
การทักทายและแนะนำตัว	-0.757	0.720	-0.396
การใช้ภาษาสุภาพและเหมาะสม	-0.699	0.603	-0.265
การตั้งคำถามปลายเปิด/ปลายปิด	0.508	0.634	-1.523
ความครบถ้วนของการซักข้อมูลสุขภาพ	0.914	0.067	-1.021
การติดตามอาการและรายละเอียด	1.117	-0.236	-0.739
การแสดงความเข้าใจผู้ป่วย	-0.527	0.975	-1.033
การสรุปประเด็นสำคัญ	-0.741	0.926	-0.741

ภาพที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ยคะแนนจาก Centroid ของแต่ละ Cluster

เมื่อพิจารณาผลการจัดกลุ่มด้วย K-Means Clustering ซึ่งอิงจากตำแหน่งของ centroid ที่คำนวณจากข้อมูล normalized พบว่ากลุ่มแต่ละกลุ่มมีลักษณะเฉพาะที่แตกต่างกัน โดยสามารถวิเคราะห์เพิ่มเติมโดยใช้ค่า Mean $\pm$ SD (ตารางที่ 2) ของคะแนนจริงในแต่ละหัวข้อ เพื่ออธิบายลักษณะเชิงพฤติกรรมของกลุ่มได้ดังนี้:

Cluster 0: เป็นกลุ่มที่มีศักยภาพในด้าน hard skill โดยเฉพาะ ความครบถ้วนของข้อมูล (4.17 ± 0.41) และ การติดตามอาการ (4.17 ± 0.41) ซึ่งสอดคล้องกับค่า centroid ที่มีค่าเป็นบวกในตัวแปรเหล่านี้ แสดงถึงการมีทักษะเชิงเทคนิคที่ดี อย่างไรก็ตาม กลุ่มนี้มีค่า centroid ติดลบในตัวแปร soft skill เช่น การแสดงความเข้าใจผู้ป่วย และการสรุปประเด็นสำคัญ ซึ่งตรงกับค่าเฉลี่ยที่ไม่สูงมากนัก (4.50 ± 0.55 และ 4.17 ± 0.41) แสดงถึงความจำเป็นในการส่งเสริมทักษะด้านการสื่อสารและความเข้าใจบริบทของผู้ป่วย

Cluster 1: เป็นกลุ่มที่มีค่า centroid สูงในทุกตัวแปร และมีค่าเฉลี่ยจริงที่สูงอย่างสม่ำเสมอ เช่น การใช้ภาษาสุภาพ (4.83 ± 0.41), การแสดงความเข้าใจผู้ป่วย (4.67 ± 0.52), และ การสรุปประเด็นสำคัญ (4.50 ± 0.55) แสดงถึงความสมดุลของทักษะทั้งด้าน soft และ hard skill ซึ่งบ่งชี้ว่ากลุ่มนี้อาจมีศักยภาพในการเป็นผู้นำหรือแบบอย่างในการฝึกปฏิบัติ

Cluster 2: มีค่า centroid ติดลบในเกือบทุกตัวแปร โดยเฉพาะการตั้งคำถาม (-1.523) และ ความครบถ้วนของข้อมูลสุขภาพ (-1.021) ซึ่งสอดคล้องกับค่าเฉลี่ยจริงที่ต่ำที่สุด (2.14 ± 0.69 และ 2.00 ± 0.58 ตามลำดับ) แสดงถึงข้อจำกัดทั้งในด้านการรวบรวมข้อมูลและการสื่อสารเชิงเข้าใจ จึงควรได้รับการสนับสนุนด้วยแนวทางฝึกเสริมที่เน้นความเข้าใจพื้นฐานและความมั่นใจในการสื่อสารกับผู้ป่วย

จากการวิเคราะห์ดังกล่าว พบว่ามีความหลากหลายทั้งในด้านความสามารถเชิงข้อมูล (hard skill) และทักษะด้านการสื่อสารและมนุษยสัมพันธ์ (soft skill) ซึ่งมีเพียง Cluster 1 เท่านั้นที่มีความสามารถครบทั้ง 2 ด้าน ในขณะที่ Cluster 0 และ 2 ยังต้องปรับปรุงทักษะด้าน soft skills โดยเฉพาะการแสดง empathy ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งในทุกมิติของ

การพยาบาล ดังเช่นงานวิจัยของ Cannity K, et al. ในปี 2021 ระบุว่า พยาบาลที่มีทักษะการสื่อสารและ empathy สูงจะสามารถวินิจฉัยปัญหาของผู้ป่วยได้แม่นยำ และลดความเครียดของผู้ป่วยได้อย่างมีนัยสำคัญ ($p < .001$) [15] สอดคล้องกับการศึกษาของ Butler [2] พบว่าวิธีการซักประวัติผู้ป่วยอย่างครอบคลุม เป็นส่วนสำคัญของกระบวนการวินิจฉัยโรคและการจัดการสุขภาพ โดยเฉพาะความสำคัญของการสื่อสารที่ดี เช่น การรับฟังอย่างตั้งใจและความเข้าใจ ช่วยส่งเสริมการมีส่วนร่วมของผู้ป่วยในการดูแลสุขภาพของตนเอง

ในด้านของ Hard Skills พบว่านักศึกษาในกลุ่ม Cluster 0 มีค่า Centroid สูงที่สุด แม้ว่าทักษะทางเทคนิค เช่น การเก็บข้อมูลสุขภาพ และการติดตามอาการ จะเป็นพื้นฐานที่สำคัญ แต่การพึ่งพาทักษะเหล่านี้เพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอ การศึกษาแสดงให้เห็นว่านักศึกษาที่เน้นการเก็บข้อมูลเชิงลึก แต่ขาดการสื่อสารที่เหมาะสม อาจไม่สามารถสร้างความไว้วางใจจากผู้ป่วยได้ [8] การใช้เทคโนโลยีอย่างชาญฉลาดช่วยให้นักศึกษาสามารถฝึกฝน Hard Skills ได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ควรเสริมการฝึกทักษะ soft skills ผ่านการโต้ตอบที่เน้นบริบททางอารมณ์ เพื่อให้การฝึกซ้อมใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงมากยิ่งขึ้น [16]

ผลลัพธ์จากการจัดกลุ่มนี้สนับสนุนความเชื่อมโยงกับการเรียนรู้แบบปรับเหมาะเฉพาะกลุ่ม ดังเช่น Cluster 0 และ Cluster 2 มีจุดอ่อนในด้าน Soft Skills โดยเฉพาะ การแสดง empathy และการสรุปประเด็นสำคัญ ซึ่งสะท้อนถึงความจำเป็นในการพัฒนาทักษะนี้อย่างเร่งด่วน เพื่อเตรียมความพร้อมให้สามารถปฏิบัติงานในสถานการณ์จริงที่มีความซับซ้อนได้ งานวิจัยพบว่า การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับลักษณะเฉพาะของผู้เรียนแต่ละกลุ่ม จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการพัฒนา soft skills และ hard skills ได้อย่างยั่งยืน [10] รวมทั้งการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีแบบ AI ที่สามารถปรับเนื้อหาและระดับความยากตามศักยภาพของผู้เรียนในแต่ละกลุ่ม จะส่งผลต่อความสามารถของนักศึกษาพยาบาลในระยะยาว [17] โดยเฉพาะ Cluster 2 กลุ่มนี้ต้องได้รับการสนับสนุนในการฝึกฝนทั้งด้านทักษะเชิงเทคนิค และการพัฒนาทักษะทางสังคม แนวทางการเรียนรู้แบบปรับเหมาะสำหรับกลุ่มนี้ จึงควรมีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบเข้มข้น และติดตามผลอย่างใกล้ชิด

5. บทสรุป

แชทบอท AI สามารถใช้เป็นเครื่องมือช่วยฝึกสัมภาษณ์และประเมินพฤติกรรมของนักศึกษาออกมาเป็นตัวชี้วัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการฝึกฝนทั้งด้านเทคนิคและทักษะเชิงอารมณ์อย่างสมดุล การใช้เทคนิค K-Means Clustering แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ตามค่าเฉลี่ยจาก Centroid แต่ละกลุ่ม แสดงให้เห็นว่านักศึกษาพยาบาลมีลักษณะการซักประวัติที่แตกต่างกัน โดยบางกลุ่มเน้นการเก็บข้อมูลทางคลินิก ขณะที่บางกลุ่มมีทักษะการสื่อสารที่ดี การวิเคราะห์กลุ่มผ่าน K-Means จึงเป็นแนวทางที่มีศักยภาพในการประเมินทักษะของนักศึกษาเชิงลึก และส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (active learning) ได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

การศึกษานี้มีข้อจำกัดในจำนวนของกลุ่มตัวอย่างที่น้อย ดังนั้นแนวทางการศึกษาต่อไปควรมีการศึกษาเพิ่มเติมด้วยกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ ขยายขอบเขตของกลุ่มตัวอย่างให้หลากหลายมากขึ้น เพื่อเพิ่มความแม่นยำของการจำแนกกลุ่ม

ข้อเสนอแนะจากงานวิจัย

1. การออกแบบโปรแกรมฝึกอบรมหรือแนวทางการเรียนรู้แบบจำเพาะกลุ่ม เพื่อพัฒนาทักษะที่แต่ละกลุ่มยังขาด
2. การพัฒนาแชทบอทให้มีความฉลาดยิ่งขึ้นโดยเฉพาะด้านอารมณ์ความรู้สึก เพื่อนำมาใช้เป็นเครื่องมือช่วยฝึกปฏิบัติ ทำการประเมินและให้ feedback เชิงรูปธรรมกับนักศึกษา
3. การขยายขนาดกลุ่มตัวอย่างในอนาคตเพื่อเพิ่มความแม่นยำของการจำแนกกลุ่ม และสามารถใช้อัตราประเมินคุณภาพกลุ่มแบบอื่นร่วมด้วย เช่น Silhouette Score หรือ Davies–Bouldin Index

การพิจารณาด้านจริยธรรมและการใช้ AI

การใช้แชทบอทและ AI ในการประเมินนักศึกษาดำเนินการภายใต้แนวทางจริยธรรมทางการวิจัย โดยไม่มีการเปิดเผยข้อมูลส่วนบุคคลของนักศึกษา และ AI ถูกใช้เฉพาะเพื่อการฝึกซ้อมและประเมินผลเชิงการเรียนรู้ในบริบทที่ควบคุมได้เพื่อให้สอดคล้องกับแนวปฏิบัติการใช้เทคโนโลยีอย่างมีความรับผิดชอบ

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะพยาบาลศาสตร์ วิทยาลัยเซนต์หลุยส์ สำหรับการสนับสนุนด้านทรัพยากรและการอนุมัติการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] T. Malamou, V. Plevri, S. Kalami, Nursing history as a fundamental element of nursing assessment and nurses' communication skills in effectively taking a nursing history. *Hellenic Journal of Nursing Science*. 15(2)(2022) 40–50.
- [2] S. Butler, How to take a comprehensive patient history. *Emergency Nurse*. 33(2)(2025) 16–20.
- [3] L. Gutiérrez-Puertas, V V. Márquez-Hernández, V. Gutiérrez-Puertas, G. Granados-Gámez, G. Aguilera-Manrique, Educational Interventions for Nursing Students to Develop Communication Skills with Patients: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health*. 17(7)(2020) 2241.
- [4] X. Zhang, D. Zeng, X. Wang, Y. Fu, Y. Han, M. He, X. Chen, D. Pu, Analysis of virtual standardized patients for assessing clinical fundamental skills of medical students: a prospective study. *BMC Med Educ*. 24(1)(2024) 981.
- [5] ธนพล สิงคะปะ, กรองกาญจน์ บุญครอง, สิริรัตน์ แก้วเกตุ และ รุจภา เพชรเจริญ. ความคิดเห็นของนิสิตแพทย์ต่อรูปแบบการฝึกซักประวัติผู้ป่วยจำลองในโครงการปฐมนิเทศ นิสิตแพทย์ ศูนย์แพทยศาสตรศึกษาชั้นคลินิก โรงพยาบาลสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราช. *บูรพาเวชสาร*. 6(1)(2562) 24-34.
- [6] HJ. Lee, BM. Park, MJ. Shin, DY. Kim, Therapeutic Communication Experiences of Nurses Caring for Patients with Hematology. *Healthcare*. 10(12)(2022) 2403.
- [7] Y. Fang, RD. Roscoe, DS. McNamara, Handbook of Artificial Intelligence in Education. du Boulay B, Mitrovic A, Yacef K, editors. Edward Elgar Publishing, 2023, 485–504.
- [8] T. Jamaludin, MS. Nurumal, SH. Mohamad Sukeri, MK. Che Hasan, K K. Win, W. Noviani, Undergraduate Nursing and Healthcare Students' Perception of Soft Skills Assessment in OSCE: A Systematic Review. *INTERNATIONAL JOURNAL OF CARE SCHOLARS*. 7(3)(2024) 145–76.
- [9] R. Vankayalapati, K. B. Ghutugade, R. Vannapuram, B. P. S. Prasanna, K-Means Algorithm for Clustering of Learners Performance Levels Using Machine Learning Techniques. *Revue d'Intelligence Artificielle*, 35(1)(2021) 99–104. doi: 10.18280/ria.350112.
- [10] SF. Chen, YW. Fang, MH. Wang, TF. Wang, Effects of an adaptive education program on the learning, mental health and work intentions of new graduate nurses. *International Journal Environ Res Public Health*. 18(11)(2021).

- [11] BL. Andersen, RL. Jørmø, AM. Nortvig, Blending Adaptive Learning Technology into Nursing Education: A Scoping Review. *CONTEMPORARY EDUCATIONAL TECHNOLOGY* (14)(2022) 333.
- [12] S. Shukla, Enhancing Healthcare Insights, Exploring Diverse Use-Cases with K-means Clustering. *International Journal of Management IT and Engineering*. 13(2023) 60–68.
- [13] L. Yan, S. Greiff, Z. Teuber, and D. Gašević, (August 2024). Promises and challenges of generative artificial intelligence for human learning. Available: <http://arxiv.org/abs/2408.12143>.
- [14] N. Ramazanzadeh, A. Ghahramanian, V. Zamanzadeh, L. Valizadeh, S. Ghaffarifars, Development and psychometric testing of a clinical reasoning rubric based on the nursing process. *BMC Med Educ*. 23(1)(2023) 98.
- [15] K. M. Cannity, S. C. Banerjee, S. Hichenberg, A. D. Leon-Nastasi, F. Howell, N. Coyle, T. Zaider, P. A. Parker, Acceptability and efficacy of a communication skills training for nursing students: Building empathy and discussing complex situations. *Nurse Educ Pract*, 50(2021) 102928.
doi: 10.1016/j.nepr.2020.102928.
- [16] M. Co, T. H. John Yuen, H. H. Cheung, Using clinical history taking chatbot mobile app for clinical bedside teachings – A prospective case control study. *Heliyon*. 8(6)(2022) e09751.
doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e09751.
- [17] R. Sajja, Y. Sermet, M. Cikmaz, D. Cwiertny, I. Demir, Artificial Intelligence-Enabled Intelligent Assistant for Personalized and Adaptive Learning in Higher Education. *Information*. 15(10)(2024) 596.
doi: 10.3390/info15100596.

การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผลิตขดลวดค้ำยันผนังหลอดเลือดโคโรนารีในประเทศไทย

A Study on Factors Influencing the Production of Coronary Artery Stent in Thailand

กมลวรรณ สมบัติบุญ^{1*} ศนิ บุญญกุล¹ สุธิ ไตรวิวัฒน์วงศ์¹ และ นริศชา ต่อสุทธิกัน¹

¹ ภาควิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์ วิทยาลัยวิศวกรรมชีวการแพทย์ มหาวิทยาลัยรังสิต

*E-mail: Kamonwan.s64@rsu.ac.th

บทคัดย่อ

ขดลวดค้ำยันผนังหลอดเลือดโคโรนารีเป็นเครื่องมือแพทย์ที่มีบทบาทสำคัญในการขยายหลอดเลือดโคโรนารีที่ตีบตัน แม้ว่าความต้องการขดลวดค้ำยันผนังหลอดเลือดโคโรนารีในไทยจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่ยังไม่มียุติการผลิตขดลวดค้ำยันผนังหลอดเลือดโคโรนารีในไทย งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบสมมติฐานที่ว่า ปัจจัยสำคัญ 6 ประการที่มีอิทธิพลต่อการผลิตขดลวดค้ำยันผนังหลอดเลือดโคโรนารีในไทยมากน้อยเพียงใด โดยใช้แบบสอบถามแจกจ่ายให้กับผู้ผลิตเครื่องมือแพทย์จำนวน 30 ราย ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผลิตขดลวดค้ำยันผนังหลอดเลือดโคโรนารีในไทยเรียงลำดับจากมีอิทธิพลมากที่สุดไปอย่างน้อยที่สุด ได้แก่ มาตรฐาน งบประมาณ กระบวนการผลิต การออกแบบ วัสดุ และบุคคล ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า การผลิตขดลวดค้ำยันผนังหลอดเลือดโคโรนารีในไทยให้ประสบความสำเร็จควรให้ความสำคัญอย่างยิ่งกับการปฏิบัติตามมาตรฐาน พร้อมทั้งให้ความสำคัญกับปัจจัยสำคัญที่เหลืออีก 5 ประการเพื่อสนับสนุนการผลิตในประเทศให้สำเร็จได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: เครื่องมือแพทย์ ขดลวดค้ำยันผนังหลอดเลือดโคโรนารี โรคหลอดเลือดโคโรนารี

Abstract

Coronary artery stents are medical devices that play a critical role in expanding stenotic coronary arteries. Although the demand for coronary artery stents in Thailand has been steadily increasing, the country currently lacks domestic manufacturers. This research aims to assess the influence of 6 key factors on the production of coronary artery stents in Thailand. A questionnaire was distributed to 30 medical device manufacturers in Thailand. The results revealed that the most influential factors, in descending order, are standards, budget, manufacturing process, design, materials, and personnel. These findings suggest that successful production of coronary artery stents in Thailand should prioritize compliance with standards, while also addressing other key factors to support effective domestic manufacturing.

Keywords: Medical device, Coronary artery stent, Coronary artery disease

1. บทนำ

โรคหลอดเลือดโคโรนารี (Coronary artery disease) เป็นสาเหตุหลักของการเจ็บป่วยและการเสียชีวิตทั่วโลก เกิดขึ้นเมื่อหลอดเลือดโคโรนารีซึ่งเป็นหลอดเลือดแดงที่นำเลือดไปเลี้ยงหัวใจเกิดการตีตันเนื่องจากการสะสมของคราบพลัค (Plaque) ส่งผลให้เลือดไหลเวียนไปเลี้ยงหัวใจได้น้อยลงจนอาจทำให้เกิดอาการต่าง ๆ เช่น อาการเจ็บหน้าอกหรือหัวใจล้มเหลวได้ สาเหตุของการเกิดโรคหลอดเลือดโคโรนารีมีหลายประการ ได้แก่ การออกกำลังกายไม่เพียงพอ การรับประทานอาหารไม่มีประโยชน์ ความเครียด การสูบบุหรี่ [1,2] และอายุที่เพิ่มขึ้น [3] ซึ่งจะเห็นได้ว่ารูปแบบการดำเนินชีวิตของคนไทยในปัจจุบันมีความสัมพันธ์กับปัจจัยเสี่ยงที่ก่อให้เกิดโรคหลอดเลือดโคโรนารี เช่น การเคลื่อนไหวร่างกายในชีวิตประจำวันที่ลดลง การนิยมรับประทานอาหารแปรรูปซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการต่ำ ความเครียดที่เพิ่มขึ้น การสูบบุหรี่ [4] และประชากรผู้สูงอายุที่มีจำนวนเพิ่มขึ้น [5] ดังนั้น สภาวะของคนไทยในปัจจุบันอาจนำไปสู่การเกิดโรคหลอดเลือดโคโรนารีตามมาได้

ขดลวดค้ำยันผนังหลอดเลือดโคโรนารี (Coronary artery stent) เป็นเครื่องมือแพทย์แบบฝังในร่างกาย (Implantable medical device) ที่มีบทบาทสำคัญในการรักษาโรคหลอดเลือดโคโรนารี มีลักษณะเป็นท่อตาข่ายขนาดเล็กที่ได้รับการออกแบบอย่างพิถีพิถันเพื่อให้สามารถใส่เข้าไปขยายหลอดเลือดโคโรนารีที่ตีตันจนทำให้เลือดไหลเวียนไปเลี้ยงหัวใจได้อีกครั้ง [6] ถึงแม้ว่าความต้องการขดลวดค้ำยันผนังหลอดเลือดโคโรนารีในไทยจะเพิ่มขึ้นเนื่องด้วยผู้ป่วยโรคหลอดเลือดโคโรนารีในไทยมีจำนวนมากขึ้น [7] และมีการสนับสนุนจากนโยบายไทยแลนด์ 4.0 ของรัฐบาลซึ่งส่งเสริมให้ไทยสามารถผลิตเครื่องมือแพทย์เองได้ เพื่อลดการพึ่งพาการนำเข้า เพิ่มการเข้าถึงการดูแลสุขภาพ และดึงดูดนักท่องเที่ยวเชิงการแพทย์ [8] อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันยังไม่มีผู้ผลิตขดลวดค้ำยันผนังหลอดเลือดโคโรนารีในไทย [9]

การผลิตขดลวดค้ำยันผนังหลอดเลือดโคโรนารีซึ่งถือเป็นการนำกระบวนการผลิตและเทคโนโลยีใหม่มาใช้ภายในองค์กรนั้นต้องอาศัยปัจจัยสำคัญ 6 ประการ ได้แก่ ปัจจัยด้านการออกแบบ ปัจจัยด้านวัสดุ ปัจจัยด้านกระบวนการผลิต ปัจจัยด้านมาตรฐาน ปัจจัยด้านบุคคล และปัจจัยด้านงบประมาณ ปัจจัยเหล่านี้ร่วมกันกำหนดความสำเร็จในการนำกระบวนการผลิตและเทคโนโลยีใหม่มาใช้ในองค์กร การออกแบบขดลวดค้ำยันผนังหลอดเลือดโคโรนารีที่มีประสิทธิภาพช่วยให้มั่นใจได้ว่าผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติเชิงกลที่เหมาะสม เช่น ความยืดหยุ่น (Flexibility) หรือความแข็งแรงแนวรัศมี (Radial strength) และมีความเข้ากันได้ระหว่างรูปร่างของผลิตภัณฑ์กับกายวิภาคของเส้นเลือดมนุษย์ การเลือกวัสดุที่เหมาะสมช่วยรับประกันความเข้ากันได้ทางชีวภาพ (Biocompatibility) และการมีคุณสมบัติทางกายภาพที่จำเป็น เช่น การมองเห็นได้ภายใต้รังสีเอกซ์ (Visibility) นอกจากนี้ การใช้เทคโนโลยีการผลิตขั้นสูง เช่น การตัดด้วยเลเซอร์ การขัดผิวด้วยไฟฟ้า (Electropolishing) ช่วยให้กระบวนการผลิตมีความแม่นยำสูง ส่งผลให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์และผลลัพธ์ของการรักษาดีขึ้น อีกทั้ง การปฏิบัติตามมาตรฐานอย่างเคร่งครัดจำเป็นอย่างยิ่งต่อการอนุมัติผลิตภัณฑ์ของหน่วยงานกำกับดูแล สำหรับความพร้อมของบุคลากรต่อการนำกระบวนการผลิตและเทคโนโลยีใหม่มาใช้ในองค์กรและทรัพยากรทางการเงินที่เพียงพอจะช่วยสนับสนุนให้กระบวนการผลิตขดลวดค้ำยันผนังหลอดเลือดโคโรนารีมีประสิทธิภาพ [10-15]

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาเกี่ยวกับความมีอิทธิพลของปัจจัยที่ส่งผลต่อการผลิตขดลวดค้ำยันผนังหลอดเลือดโคโรนารีในไทย โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ข้อมูลเชิงลึกอันมีค่าแก่ผู้ประกอบการที่สนใจผลิตขดลวดค้ำยันผนังหลอดเลือดโคโรนารีในไทยด้วย การแสดงให้เห็นถึงระดับความมีอิทธิพลของแต่ละปัจจัยที่ส่งผลให้การผลิตขดลวดค้ำยันผนังหลอดเลือดโคโรนารีในไทยประสบความสำเร็จ อีกทั้ง คาดการณ์ว่าผลการศึกษาครั้งนี้จะช่วยเพิ่มขีดความสามารถของอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องมือแพทย์ในไทยที่มีความเสี่ยงสูงและต้องอาศัยเทคโนโลยีขั้นสูงในการผลิต โดยการชี้ให้ผู้กำหนดนโยบาย นักลงทุนหรือผู้ประกอบการเล็งเห็นถึงความสำคัญกับแต่ละปัจจัยที่มีอิทธิพล เพื่อวางรากฐานที่มั่นคงสำหรับการผลิตเครื่องมือแพทย์ในประเทศให้ประสบความสำเร็จ

2. วิธีการวิจัย

2.1 รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative research) โดยใช้แบบสอบถามออนไลน์ (Online questionnaire) ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นจากทฤษฎีและการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นเครื่องมือสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัย

2.2 ประชากร

แม้ว่าจะมีสถานประกอบการผลิตเครื่องมือแพทย์ที่จดทะเบียนแล้วในไทยจำนวน 933 แห่ง [16] แต่ไม่สามารถระบุจำนวนที่แน่นอนของบุคลากรในสถานประกอบการดังกล่าวที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการให้ข้อมูลเกี่ยวกับการผลิตเครื่องมือแพทย์ได้ พนักงานทุกคนในสถานประกอบการผลิตเครื่องมือแพทย์ไม่ได้มีความรู้อย่างครอบคลุมเกี่ยวกับการผลิตเครื่องมือแพทย์ โดยอาจดำรงอยู่ในตำแหน่งต่าง ๆ เช่น พนักงานสายการผลิต (Production line worker) เจ้าหน้าที่ฝ่ายธุรการ (Administrative staff) และเจ้าหน้าที่ซัพพอร์ต (Support personnel) ซึ่งอาจไม่มีความเชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเครื่องมือแพทย์ เช่น การวิจัยและพัฒนา การรับรองคุณภาพ และการปฏิบัติตามมาตรฐาน [17]

ด้วยเหตุนี้ ประชากรที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งเน้นเฉพาะผู้เชี่ยวชาญที่มีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงและมีความรู้อย่างครอบคลุมเกี่ยวกับการผลิตเครื่องมือแพทย์ เพื่อให้มั่นใจว่าข้อมูลที่รวบรวมได้จากงานวิจัยครั้งนี้สะท้อนมุมมองของการผลิตตลอดห่วงโซ่มูลค่าของผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์ในประเทศไทยจากผู้ที่มีคุณสมบัติเหมาะสม บุคลากรเหล่านี้ ได้แก่

2.2.1 ผู้เชี่ยวชาญด้านการวิจัยและพัฒนาเครื่องมือแพทย์

ได้แก่ วิศวกรวิจัยและพัฒนา วิศวกรชีวการแพทย์ วิศวกรวัสดุ หรือผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์

2.2.2 ผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตเครื่องมือแพทย์

ได้แก่ วิศวกรกระบวนการผลิต ผู้จัดการฝ่ายผลิต หรือวิศวกรประกันคุณภาพ

2.2.3 ผู้บริหารระดับสูงและผู้มีอำนาจตัดสินใจ

ได้แก่ ประธานเจ้าหน้าที่ฝ่ายปฏิบัติการ (Chief Operating Officers: COO) กรรมการผู้จัดการฝ่ายผลิต (Directors of manufacturing) ประธานเจ้าหน้าที่ฝ่ายบริหาร (Chief Executive Officers: CEOs) หรือผู้บริหารระดับสูง (Senior executives)

2.3 กลุ่มตัวอย่าง

เนื่องจากไม่สามารถระบุจำนวนประชากรที่แน่นอนได้และจำนวนผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้รอบคอบเกี่ยวกับการผลิตเครื่องมือแพทย์มีจำนวนจำกัด จึงกำหนดให้ขนาดกลุ่มตัวอย่างสำหรับงานวิจัยครั้งนี้คือ 30 คน โดยจำนวนนี้สอดคล้องกับรายงานของ Hair, et al. [18] ซึ่งแนะนำว่าควรมีผู้ตอบแบบสอบถามอย่างน้อย 30 คนสำหรับการสำรวจในประชากรขนาดเล็กและมีความเฉพาะเจาะจงสูง เมื่อพิจารณาจากอัตราการตอบกลับของแบบสอบถามออนไลน์ที่คาดว่าจะอยู่ที่ประมาณ 20% [19] ผู้วิจัยจึงมุ่งหมายในการแจกแบบสอบถามออนไลน์ให้กับบริษัทผลิตเครื่องมือแพทย์จำนวน 150 แห่ง ด้วยการสุ่มตัวอย่างแบบง่ายไม่คืนที่ โดยฟังก์ชัน =RAND() ในไมโครซอฟท์ เอกซ์เซล (Microsoft Excel) จะถูกใช้เพื่อสร้างตัวเลขสุ่มระหว่าง 0 ถึง 1 ให้แก่บริษัทผลิตเครื่องมือแพทย์ 933 แห่ง จากนั้น จึงเรียงลำดับตัวเลขสุ่มเหล่านี้จากจำนวนมากไปน้อย แล้วเลือกบริษัท 150 ลำดับแรกเพื่อแจกจ่ายแบบสอบถามออนไลน์

2.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลสำหรับการวิจัยครั้งนี้คือ แบบสอบถามออนไลน์ที่ใช้สำรวจความคิดเห็นของผู้ผลิตเครื่องมือแพทย์เกี่ยวกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผลิตตลอดห่วงโซ่มูลค่าของผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์ โดยแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม เป็นแบบสอบถามแบบปลายปิดและปลายเปิด มีจำนวน 7 ข้อ ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษาขั้นสูงสุด บทบาทเกี่ยวกับการผลิตเครื่องมือแพทย์ ประสบการณ์ทำงาน ความสนใจในการผลิตชุดลดความเสี่ยงหาลอดเลือดโคโรนาไวรัส และประเภทเครื่องมือแพทย์ที่ผลิต

ส่วนที่ 2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผลิตชุดลดความเสี่ยงหาลอดเลือดโคโรนาไวรัสในไทย มีจำนวน 44 ข้อ ได้แก่ ปัจจัยด้านการออกแบบจำนวน 4 ข้อ ปัจจัยด้านวัสดุจำนวน 4 ข้อ ปัจจัยด้านกระบวนการผลิตจำนวน 4 ข้อ ปัจจัยด้านมาตรฐานจำนวน 8 ข้อ ปัจจัยด้านบุคคลจำนวน 20 ข้อ และปัจจัยด้านงบประมาณจำนวน 4 ข้อ โดยลักษณะของแบบสอบถามเป็นรูปแบบมาตรวัดประเมินค่า (Rating scale) แบบลิเคิร์ตสเกล (Likert's scale) ที่มีระดับการให้คะแนน 5 ระดับ โดยกำหนดเกณฑ์ของการให้คะแนน ดังนี้

ระดับที่ 5 หมายถึง มีอิทธิพลมากที่สุด

ระดับที่ 4 หมายถึง มีอิทธิพลมาก

ระดับที่ 3 หมายถึง มีอิทธิพลปานกลาง

ระดับที่ 2 หมายถึง มีอิทธิพลน้อย

ระดับที่ 1 หมายถึง มีอิทธิพลน้อยที่สุด

ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม มีจำนวน 1 ข้อ เป็นคำถามปลายเปิดที่ให้อิสระในการแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผลิตชุดลดความเสี่ยงหาลอดเลือดโคโรนาไวรัสในไทย

2.5 การตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบสอบถามสำหรับงานวิจัยครั้งนี้ได้รับการตรวจสอบความเที่ยงตรง (Validity) เพื่อให้แน่ใจว่าคำถามมีความครอบคลุมและเป็นตัวแทนของสิ่งที่ต้องการวัดอย่างเพียงพอ ตรวจสอบโดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างคำถามรายข้อกับวัตถุประสงค์การวิจัย (Index of Item Objective Congruence: IOC) ซึ่งได้รับการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ผลการประเมินแสดงให้เห็นว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องสำหรับคำถามแต่ละข้ออยู่ในช่วง 0.67 – 1.00 ซึ่งถือว่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบสอบถามอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ [20] นอกจากนี้ แบบสอบถามสำหรับงานวิจัยครั้งนี้ยังได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ของมหาวิทยาลัยรังสิต หมายเลขอนุมัติ RSU-ERB2025/077.2803 เพื่อปฏิบัติตามหลักจริยธรรมและป้องกันความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นกับผู้ตอบแบบสอบถาม

2.6 การเข้าถึงกลุ่มตัวอย่าง

หน่วยงานที่ได้รับคัดเลือกให้เข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้ได้รับการเชิญชวนอย่างเป็นทางการให้ตอบแบบสอบถามออนไลน์ผ่านจดหมายขออนุญาตเก็บข้อมูล โดยสามารถเข้าถึงแบบสอบถามออนไลน์ได้ด้วยรหัสคิวอาร์ (QR code) ที่แนบไปกับจดหมายขออนุญาตเก็บข้อมูล

จดหมายขออนุญาตเก็บข้อมูลพร้อมกับรหัสคิวอาร์แบบสอบถามออนไลน์ได้ถูกจัดส่งผ่านช่องทางต่าง ๆ ตามความต้องการของแต่ละหน่วยงาน ได้แก่ ไปรษณีย์ อีเมลล์ และแอปพลิเคชันไลน์ เพื่ออำนวยความสะดวกในการเข้าถึงแบบสอบถามออนไลน์แก่ผู้ตอบแบบสอบถาม

2.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่รวบรวมได้จากแบบสอบถามออนไลน์ถูกนำมาวิเคราะห์ผลด้วยวิธีการทางสถิติ ดังนี้

2.7.1 สถิติเชิงพรรณนา

ใช้วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษาขั้นสูงสุด บทบาทเกี่ยวกับการผลิตเครื่องมือแพทย์ ประสบการณ์ทำงาน ความสนใจในการผลิตชุดลดความเสี่ยงหาลอดเลือดโคโรนาไวรัส และประเภทเครื่องมือแพทย์ที่ผลิต ด้วยค่าสถิติการแจกแจงความถี่ (Frequency) ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD)

อีกทั้ง ใช้สถิติพรรณนาในการวิเคราะห์ข้อมูลของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผลิตขวดค้ายันผนังหลอดเลือดโคโรนารีในไทยด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยค่าเฉลี่ยที่ได้จะถูกนำมาเทียบกับเกณฑ์การแปลความหมาย [21] ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.21 – 5.00 หมายถึง มีอิทธิพลมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.41 – 4.20 หมายถึง มีอิทธิพลมาก

ค่าเฉลี่ย 2.61 – 3.40 หมายถึง มีอิทธิพลปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.81 – 2.60 หมายถึง มีอิทธิพลน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.80 หมายถึง มีอิทธิพลน้อยที่สุด

2.7.2 สถิติเชิงอนุมาน

ใช้วิเคราะห์ข้อมูลของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผลิตขวดค้ายันผนังหลอดเลือดโคโรนารีในไทย ดังนี้

2.7.2.1 การวิเคราะห์การกระจายของข้อมูล

เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างมีจำนวนน้อยกว่า 50 หน่วยตัวอย่าง การแจกแจงข้อมูลจึงได้รับการประเมินด้วยการทดสอบ Shapiro – Wilk อย่างไรก็ตาม เนื่องด้วยหากทดสอบด้วย Shapiro – Wilk เพียงอย่างเดียวจะเป็นเพียงการบ่งชี้ว่าข้อมูลมีการเบี่ยงเบนไปจากการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ โดยไม่ได้พิจารณาถึงความเบ้และความโด่งของข้อมูล ดังนั้น เพื่อเพิ่มความแม่นยำของการประเมินการแจกแจงข้อมูล งานวิจัยครั้งนี้จึงได้พิจารณาคะแนน Z สัมบูรณ์ของความเบ้ (Absolute z-score for skewness) และคะแนน Z สัมบูรณ์ของความโด่ง (Absolute z-score for kurtosis) ร่วมด้วย โดยหากคะแนน Z สัมบูรณ์ของความเบ้หรือความโด่งมีค่าน้อยกว่า 1.96 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จะถือว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ [22]

ตารางที่ 1 คะแนน Z สัมบูรณ์ของความเบ้ คะแนน Z สัมบูรณ์ของความโด่ง และการแจกแจงข้อมูลของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผลิตขวดค้ายันผนังหลอดเลือดโคโรนารีในไทย

ปัจจัย	คะแนน Z สัมบูรณ์ ของความเบ้	คะแนน Z สัมบูรณ์ ของความโด่ง	การแจกแจงข้อมูล
ด้านการออกแบบ	0.24	1.08	ปกติ
ด้านวัสดุ	0.79	1.33	ปกติ
ด้านกระบวนการผลิต	0.31	1.28	ปกติ
ด้านมาตรฐาน	1.71	0.24	ปกติ
ด้านบุคคล	0.13	1.73	ปกติ
ด้านงบประมาณ	0.06	0.11	ปกติ

2.7.2.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย

จากผลการวิเคราะห์การกระจายตัวของข้อมูลซึ่งพบว่าแต่ละปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผลิตขวดค้ายันผนังหลอดเลือดโคโรนารีมีการแจกแจงแบบปกติ ดังนั้น จึงใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันเพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย [23] โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (r) จะอยู่ในช่วง -1 ถึง +1 ซึ่งบ่งชี้ทิศทางความสัมพันธ์ได้ดังนี้ [24]

ค่า r เป็นบวก แสดงความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน (เมื่อค่าตัวแปรหนึ่งเพิ่มขึ้น ค่าอีกตัวแปรจะเพิ่มขึ้น)

ค่า r เป็นลบ แสดงความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้าม (เมื่อค่าตัวแปรหนึ่งเพิ่มขึ้น ค่าอีกตัวแปรจะลดลง)

ค่า r เป็นศูนย์ แสดงถึงความไม่สัมพันธ์กัน (ไม่ว่าค่าของตัวแปรหนึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร ก็ไม่ส่งผลต่อค่าของอีกตัวแปรหนึ่ง)

โดยเกณฑ์การแปลความหมายค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน มีดังนี้

ตารางที่ 2 เกณฑ์การแปลความหมายค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)	แปลผล
0.80 – 1.00	มีความสัมพันธ์ระดับสูงมาก
0.60 – 0.79	มีความสัมพันธ์ระดับสูง
0.40 – 0.59	มีความสัมพันธ์ระดับปานกลาง
0.20 – 0.39	มีความสัมพันธ์ระดับต่ำ
0.00 – 0.19	มีความสัมพันธ์ระดับต่ำมาก

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

งานวิจัยครั้งนี้มีจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด 30 คน จากตารางที่ 3 แสดงข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 30 คน ส่วนใหญ่เป็นเพศชายร้อยละ 63.3 และเพศหญิงร้อยละ 36.7 อายุเฉลี่ยเท่ากับ 31.73 (SD 5.91) ปี และมีการศึกษาระดับปริญญาตรีร้อยละ 96.7 ด้านประสบการณ์การทำงาน ผู้ตอบแบบสอบถามมีประสบการณ์การทำงานเฉลี่ยเท่ากับ 6.0 (SD 5.78) ปี โดยตำแหน่งงานที่พบมากที่สุดคือ วิศวกรกระบวนการการผลิตร้อยละ 33.3 รองลงมาเป็น วิศวกรวิจัยและพัฒนาร้อยละ 23.3 และวิศวกรชีวการแพทย์ร้อยละ 16.7 ตามลำดับ ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ทำงานในหน่วยงานที่ผลิตสายสวน (Catheter) ร้อยละ 26.7 รองลงมาคือ เชื้อฉีดยา ฝ้ายพันแผล/พลาสติก อย่างละร้อยละ 13.3 และชุดตรวจโรค เลนส์แว่นตา อย่างละร้อยละ 10.0 โดยผู้ตอบแบบสอบถามทุกคนไม่สนใจผลิตขวดดักย่นผนังหลอดเลือดโคโรนารี

ตารางที่ 3 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ($n = 30$)

ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม	จำนวน	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	19	63.3
หญิง	11	36.7
อายุ (ปี), Mean (SD)	31.73 (5.91)	
ระดับการศึกษาสูงสุด		
ปริญญาตรี	29	96.7
ปริญญาโท	1	3.3
บทบาทเกี่ยวกับการผลิตเครื่องมือแพทย์		
วิศวกรกระบวนการผลิต	10	33.3
วิศวกรวิจัยและพัฒนา	7	23.3
วิศวกรชีวการแพทย์	5	16.7
วิศวกรวัสดุ	4	13.3

ตารางที่ 3 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม (n = 30) (ต่อ)

ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม	จำนวน	ร้อยละ
วิศวกรประกันคุณภาพ	2	6.7
ผู้จัดการฝ่ายผลิต	1	3.3
ประธานเจ้าหน้าที่ฝ่ายบริหาร	1	3.3
ประสบการณ์การทำงาน (ปี), Mean (SD)	6.0 (5.78)	
ความสนใจในการผลิตขวดค้ำยันผนังหลอดเลือดโคโรนารี		
สนใจ	0	0.0
ไม่สนใจ	30	100.0
ประเภทเครื่องมือแพทย์ที่ผลิต		
สายสวน (Catheter)	8	26.7
เข็มฉีดยา	4	13.3
ผ้าพันแผล/พลาสติกเตอร์	4	13.3
ชุดตรวจโรค	3	10.0
เลนส์แว่นตา	3	10.0
ชุดสายน้ำเกลือ	2	6.7
ถุงมือทางการแพทย์	2	6.7
เครื่องมือเกี่ยวกับทันตกรรม	2	6.7
อื่น ๆ	7	23.3

3.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผลิตขวดค้ำย่นผนังหลอดเลือดโคโรนารีในไทย

จากตารางที่ 4 แสดงข้อมูลปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผลิตขวดค้ำย่นผนังหลอดเลือดโคโรนารีในไทย พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผลิตขวดค้ำย่นผนังหลอดเลือดโคโรนารีที่มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด ได้แก่ ด้านมาตรฐานมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.40 (SD 0.45) คะแนน อยู่ในระดับมีอิทธิพลมากที่สุด รองลงมาเป็นด้านงบประมาณมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.18 (SD 0.49) คะแนน อยู่ในระดับมีอิทธิพลมาก ด้านกระบวนการผลิตมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.94 (SD 0.72) คะแนน อยู่ในระดับมีอิทธิพลมาก ด้านการออกแบบมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.88 (SD 0.86) คะแนน อยู่ในระดับมีอิทธิพลมาก ด้านวัสดุมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.79 (SD 0.69) คะแนน อยู่ในระดับมีอิทธิพลมาก และด้านบุคคลมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.76 (SD 0.35) คะแนน อยู่ในระดับมีอิทธิพลมาก ตามลำดับ

ตารางที่ 4 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผลิตขวดค้ำย่นผนังหลอดเลือดโคโรนารีในไทย (n = 30)

ข้อความถาม	Mean (SD)	ระดับอิทธิพล
ด้านการออกแบบ	3.88 (0.86)	มาก
1. ท่านคิดว่าการออกแบบส่งผลต่อความหลากหลายของรูปร่างขวดค้ำย่นผนังหลอดเลือดโคโรนารี	3.87 (0.90)	มาก
2. ท่านคิดว่าการออกแบบส่งผลต่อความยืดหยุ่น (Flexibility) ของขวดค้ำย่นผนังหลอดเลือดโคโรนารี	3.83 (0.91)	มาก
3. ท่านคิดว่าการออกแบบส่งผลต่อความแข็งแรงรัศมี (Radial strength) ของขวดค้ำย่นผนังหลอดเลือดโคโรนารี	3.77 (1.01)	มาก
4. ท่านคิดว่าความต้องการของผู้ป่วยส่งผลต่อการออกแบบของขวดค้ำย่นผนังหลอดเลือดโคโรนารี	4.07 (0.98)	มาก
ด้านวัสดุ	3.79 (0.69)	มาก
1. ท่านคิดว่าคุณสมบัติความเข้ากันได้ทางชีวภาพ (Biocompatibility) ของขวดค้ำย่นผนังหลอดเลือดโคโรนารีส่งผลต่อการเกิดลิ่มเลือดภายในหลอดเลือด	4.50 (0.68)	มากที่สุด
2. ท่านคิดว่าการมองเห็นขวดค้ำย่นผนังหลอดเลือดโคโรนารีได้ภายใต้เครื่องเอกซเรย์ (Visibility) ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการฝังขวดค้ำย่นผนังหลอดเลือดโคโรนารีภายในหลอดเลือด	3.80 (0.96)	มาก
3. ท่านคิดว่าพอลิเมอร์ (Polymer) ที่ใช้ในขวดค้ำย่นผนังหลอดเลือดโคโรนารีส่งผลต่อการปลดปล่อยยาไปยังบริเวณที่ตีบตัน	3.60 (0.89)	มาก
4. ท่านคิดว่ายาต้านการแบ่งเซลล์ (Antiproliferative drug) ส่งผลต่ออัตราการตีบตันซ้ำภายในหลอดเลือดโคโรนารี	3.27 (0.91)	ปานกลาง
ด้านกระบวนการผลิต	3.94 (0.72)	มาก
1. ท่านคิดว่าการออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer Aided Design: CAD) ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการผลิตขวดค้ำย่นผนังหลอดเลือดโคโรนารี	3.83 (0.85)	มาก
2. ท่านคิดว่าการตัดโลหะด้วยเลเซอร์ (Laser Cutting) ส่งผลต่อความแม่นยำในการผลิตขวดค้ำย่นผนังหลอดเลือดโคโรนารี	3.93 (0.87)	มาก
3. ท่านคิดว่าการขัดผิวโลหะด้วยไฟฟ้า (Electropolishing) ส่งผลต่อความทนทานต่อการกัดกร่อนของขวดค้ำย่นผนังหลอดเลือดโคโรนารี	3.93 (0.91)	มาก
4. ท่านคิดว่าการฆ่าเชื้อด้วยแก๊สเอทิลีนออกไซด์ (Ethylene oxide sterilization) ส่งผลต่อคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในขวดค้ำย่นผนังหลอดเลือดโคโรนารี	4.07 (0.94)	มาก

ตารางที่ 4 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผลิตขวดค้ายันผนังหลอดเลือดโคโรนารีในไทย (n = 30) (ต่อ)

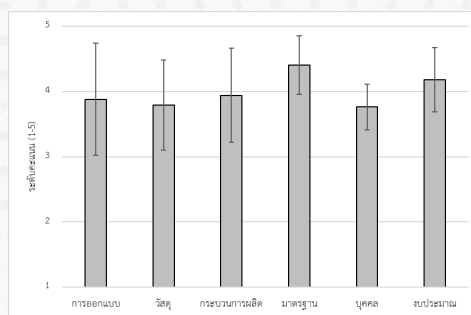
ข้อความ	Mean (SD)	ระดับอิทธิพล
ด้านมาตรฐาน	4.40 (0.45)	มากที่สุด
1. ท่านคิดว่าการนำเสนอข้อมูลของขวดค้ายันผนังหลอดเลือดโคโรนารีผ่านแบบฟอร์มการยื่นเรื่องทั่วไป (Common Submission Dossier Template: CSDT) ส่งผลต่อความรวดเร็วในการอนุมัติวางขายขวดค้ายันผนังหลอดเลือดโคโรนารี	3.80 (0.99)	มาก
2. ท่านคิดว่าผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการทดลอง (Laboratory) ส่งผลต่อการอนุมัติวางขายขวดค้ายันผนังหลอดเลือดโคโรนารี	4.37 (0.72)	มากที่สุด
3. ท่านคิดว่าผลการทดสอบทางคลินิก (Clinical trial) ส่งผลต่อการอนุมัติวางขายขวดค้ายันผนังหลอดเลือดโคโรนารี	4.67 (0.55)	มากที่สุด
4. ท่านคิดว่าการปฏิบัติตามมาตรฐาน ISO 13485 ส่งผลต่อการควบคุมคุณภาพของกระบวนการผลิตขวดค้ายันผนังหลอดเลือดโคโรนารี	4.80 (0.41)	มากที่สุด
5. ท่านคิดว่าการปฏิบัติตามมาตรฐาน ISO 14971 ส่งผลต่อการควบคุมความเสี่ยงในกระบวนการผลิตขวดค้ายันผนังหลอดเลือดโคโรนารี	4.73 (0.52)	มากที่สุด
6. ท่านคิดว่าการปฏิบัติตามมาตรฐาน ISO 25539 ส่งผลต่อประสิทธิภาพและความปลอดภัยของขวดค้ายันผนังหลอดเลือดโคโรนารี	4.27 (0.64)	มากที่สุด
7. ท่านคิดว่าการปฏิบัติตามมาตรฐานสากลส่งผลต่อการลดข้อผิดพลาดในกระบวนการผลิตขวดค้ายันผนังหลอดเลือดโคโรนารี	4.57 (0.68)	มากที่สุด
8. ท่านคิดว่าการรายงานเหตุการณ์อันไม่พึงประสงค์ (Adverse event) ที่เกิดจากการใช้ขวดค้ายันผนังหลอดเลือดโคโรนารีส่งผลต่อการเรียกคืนผลิตภัณฑ์	4.00 (0.83)	มาก
ด้านบุคคล	3.76 (0.35)	มาก
1. ท่านคิดว่าทักษะความเป็นผู้นำของผู้บริหารส่งผลต่อความสำเร็จในการนำเทคโนโลยีมาใช้ในองค์กร	4.47 (0.63)	มากที่สุด
2. ท่านคิดว่าความมุ่งมั่นของผู้บริหารในการนำเทคโนโลยีมาใช้ในองค์กรส่งผลต่อการจัดสรรงบประมาณในองค์กร	4.33 (0.61)	มากที่สุด
3. ท่านคิดว่าการฝึกอบรมพนักงานส่งผลต่อประสิทธิภาพในการนำเทคโนโลยีมาใช้ในองค์กร	4.13 (0.73)	มาก
4. ท่านคิดว่าการติดต่อประสานงานกับหน่วยงานกำกับดูแลส่งผลต่อการปฏิบัติตามมาตรฐานของกระบวนการผลิต	4.17 (0.79)	มาก
5. ท่านคิดว่าความหลากหลายของทักษะแรงงานส่งผลต่อการปรับตัวขององค์กรเข้ากับกระบวนการผลิตใหม่	3.70 (0.70)	มาก
6. ท่านคิดว่าการจ้างพนักงานชั่วคราวส่งผลต่อการตอบสนองขององค์กรต่อความต้องการของตลาดที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว	3.13 (0.90)	ปานกลาง

ตารางที่ 4 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผลิตขวดค้ายันฉนวนห่อหลอดเลือดโครนารีในไทย (n = 30) (ต่อ)

ข้อคำถาม	Mean (SD)	ระดับอิทธิพล
7. ท่านคิดว่าการฝึกอบรมทักษะที่หลากหลายให้แก่พนักงานส่งผลต่อความสามารถในการปรับตัวของพนักงานเข้ากับกระบวนการผลิตใหม่	3.67 (0.66)	มาก
8. ท่านคิดว่าการทำงานล่วงเวลาของพนักงานส่งผลต่อการจัดการกับความต้องการในการผลิตที่ผันผวน	3.07 (1.05)	ปานกลาง
9. ท่านคิดว่าการร่วมมือข้ามสายงานภายในองค์กรส่งผลต่อความสามารถของพนักงานในการปรับตัวเข้ากับกระบวนการผลิตใหม่	3.70 (0.70)	มาก
10. ท่านคิดว่าการทำงานร่วมกันระหว่างทีมการผลิตและทีมการตลาดส่งผลต่อประสิทธิภาพในการผลิตโดยรวม	3.90 (0.71)	มาก
11. ท่านคิดว่าการออกแบบจากทีมออกแบบและการผลิตจากทีมผลิตที่สอดคล้องกันส่งผลต่อระยะเวลาในการนำผลิตภัณฑ์ออกสู่ท้องตลาด	3.97 (0.77)	มาก
12. ท่านคิดว่าการวิจัยร่วมกับเครือข่ายนานาชาติส่งผลต่อประสิทธิภาพในการออกแบบผลิตภัณฑ์	3.50 (0.73)	มาก
13. ท่านคิดว่าบทบาทของซัพพลายเออร์ส่งผลต่อความสำเร็จในการนำเทคโนโลยีมาใช้ในองค์กร	3.43 (0.68)	มาก
14. ท่านคิดว่าความรู้ที่ถ่ายทอดมาจากซัพพลายเออร์ส่งผลต่อการบูรณาการเทคโนโลยีใหม่เข้ากับระบบดั้งเดิมในองค์กร	3.63 (0.67)	มาก
15. ท่านคิดว่าความรู้ด้านเทคนิคที่ถ่ายทอดมาจากซัพพลายเออร์ส่งผลต่อความเข้าใจเทคโนโลยีที่ซับซ้อนขององค์กร	3.53 (0.82)	มาก
16. ท่านคิดว่าความรู้ด้านเทคนิคที่ถ่ายทอดมาจากซัพพลายเออร์ส่งผลต่อความสามารถขององค์กรในการรักษาการแข่งขันในอุตสาหกรรม	3.50 (0.63)	มาก
17. ท่านคิดว่าความร่วมมือกับซัพพลายเออร์ส่งผลต่อความสามารถขององค์กรในการนำเทคโนโลยีมาใช้ให้มีประสิทธิภาพ	3.50 (0.68)	มาก
18. ท่านคิดว่าความร่วมมือระหว่างองค์กรกับซัพพลายเออร์ส่งผลต่อความราบรื่นในการนำกระบวนการผลิตใหม่มาใช้ในองค์กร	3.83 (0.79)	มาก
19. ท่านคิดว่าความสัมพันธ์ระหว่างองค์กรกับซัพพลายเออร์ส่งผลต่อการจัดหาวัสดุที่เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์	4.00 (0.83)	มาก
20. ท่านคิดว่าความสัมพันธ์ระหว่างองค์กรกับซัพพลายเออร์ส่งผลต่อการจัดหาสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิตภัณฑ์	4.10 (0.89)	มาก

ตารางที่ 4 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผลิตขวดค้ายันผนังหลอดเลือดโคโรนารีในไทย (n = 30) (ต่อ)

ข้อความถาม	Mean (SD)	ระดับอิทธิพล
ด้านงบประมาณ	4.18 (0.49)	มาก
1. ท่านคิดว่าทรัพยากรทางการเงินส่งผลต่อความสามารถขององค์กรในการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการกระบวนการผลิตขวดค้ายันผนังหลอดเลือดโคโรนารี	4.37 (0.62)	มากที่สุด
2. ท่านคิดว่าความสามารถในการลงทุนกับอุปกรณ์ที่มีความแม่นยำสูงส่งผลต่อประสิทธิภาพในการผลิตขวดค้ายันผนังหลอดเลือดโคโรนารี	4.40 (0.68)	มากที่สุด
3. ท่านคิดว่าการลงทุนทางการเงินในการฝึกอบรมพนักงานส่งผลต่อประสิทธิภาพในการผลิตขวดค้ายันผนังหลอดเลือดโคโรนารี	4.20 (0.71)	มาก
4. ท่านคิดว่าการสนับสนุนด้านงบประมาณจากรัฐบาลส่งผลต่อการส่งเสริมการวิจัยและพัฒนาขวดค้ายันผนังหลอดเลือดโคโรนารี	3.73 (1.05)	มาก



ภาพที่ 1 คะแนนเฉลี่ยของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผลิตขวดค้ายันผนังหลอดเลือดโคโรนารีในไทย

3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผลิตขวดค้ายันผนังหลอดเลือดโคโรนารีในไทย

จากตารางที่ 5 แสดงการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผลิตขวดค้ายันผนังหลอดเลือดโคโรนารีพบว่า ปัจจัยด้านการออกแบบกับด้านกระบวนการผลิตมีความสัมพันธ์กันในทิศทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($r=0.701$, $P<0.001$) หรือกล่าวได้ว่า หากปัจจัยด้านการออกแบบเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ปัจจัยด้านกระบวนการผลิตเพิ่มขึ้นตาม ในทางตรงข้ามหากปัจจัยด้านการออกแบบลดลงจะส่งผลให้ปัจจัยด้านกระบวนการผลิตลดลงตาม

ปัจจัยด้านวัสดุกับด้านกระบวนการผลิตมีความสัมพันธ์กันในทิศทางบวกระดับปานกลางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($r=0.526$, $P=0.003$) หรือกล่าวได้ว่า หากปัจจัยด้านวัสดุเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ปัจจัยด้านกระบวนการผลิตเพิ่มขึ้นตาม ในทางตรงข้ามหากปัจจัยด้านวัสดุลดลงจะส่งผลให้ปัจจัยด้านกระบวนการผลิตลดลงตาม

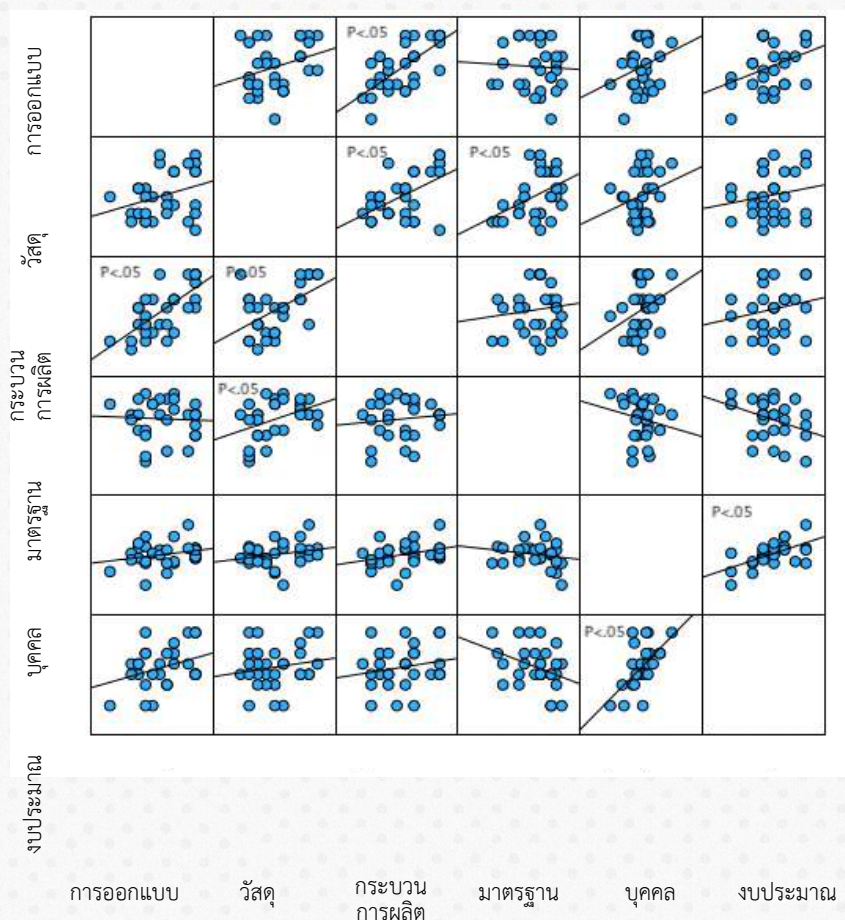
ปัจจัยด้านวัสดุกับด้านมาตรฐานมีความสัมพันธ์กันในทิศทางบวกระดับปานกลางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($r=0.421$, $P=0.020$) หรือกล่าวได้ว่า หากปัจจัยด้านวัสดุเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ปัจจัยด้านมาตรฐานเพิ่มขึ้นตาม ในทางตรงข้ามหากปัจจัยด้านวัสดุลดลงจะส่งผลให้ปัจจัยด้านมาตรฐานลดลงตาม

ปัจจัยด้านบุคลากรกับด้านงบประมาณมีความสัมพันธ์กันในทิศทางบวกระดับปานกลางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($r=0.595$, $P<0.001$) หรือกล่าวได้ว่า หากปัจจัยด้านบุคลากรเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ปัจจัยด้านงบประมาณเพิ่มขึ้นตาม ในทางตรงข้ามหากปัจจัยด้านบุคลากรลดลงจะส่งผลให้ปัจจัยด้านงบประมาณลดลงตาม

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผลิตขวดค้ายันฉนวนห่อเลือดโควิดโรนารีนไทย (n=30) โดยใช้สถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (r)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
(1) ด้านการออกแบบ	-	r=.310 (P=.095)	r=.701 (P<.001*)	r=-.050 (P=.792)	r=.253 (P=.178)	r=.343 (P=.063)
(2) ด้านวัสดุ		-	r=.526 (P=.003*)	r=.421 (P=.020*)	r=.246 (P=.191)	r=.176 (P=.351)
(3) ด้านกระบวนการผลิต			-	r=.123 (P=.516)	r=.324 (P=.080)	r=.196 (P=.300)
(4) ด้านมาตรฐาน				-	r=-.184 (P=.330)	r=-.367 (P=.064)
(5) ด้านบุคคล					-	r=.595 (P<.001*)
(6) ด้านงบประมาณ						-

* มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($\alpha=0.05$)



ภาพที่ 2 เมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผลิตขวดค้ายันฉนวนห่อเลือดโควิดโรนารีนไทยทั้ง 6 ปัจจัย

3.4 อภิปรายผลการศึกษา

ผลการวิจัยเกี่ยวกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผลิตขวดค้ำย่นผนังหลอดเลือดโคโรนารีในไทยสามารถอภิปรายได้ดังนี้

3.4.1 ความสำคัญของปัจจัยด้านมาตรฐานและงบประมาณ

จากผลการวิจัยซึ่งแสดงคะแนนเฉลี่ยที่สูงสำหรับปัจจัยด้านมาตรฐานและงบประมาณ ผลลัพธ์นี้เน้นย้ำถึงบทบาทสำคัญของมาตรฐานและงบประมาณในการผลิตขวดค้ำย่นผนังหลอดเลือดโคโรนารีในไทยให้ประสบความสำเร็จ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานแสดงกลยุทธ์ของการผลิตเครื่องมือแพทย์ [25] ที่กล่าวว่า การปฏิบัติตามมาตรฐานสากล เช่น ISO 13485 และ ISO 14971 มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการควบคุมคุณภาพและการจัดการความเสี่ยงของการผลิต นอกจากนี้ การจัดสรรงบประมาณอย่างเหมาะสมมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อความสามารถในการลงทุนเพื่อนำเทคโนโลยีขั้นสูงมาใช้ในการจัดการลงทุนด้านการวิจัยและพัฒนา และการลงทุนในการพัฒนาบุคลากรในองค์กร เช่น การส่งพนักงานไปฝึกอบรมที่ต่างประเทศ

3.4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านการออกแบบกับด้านกระบวนการผลิต

จากผลการวิจัยซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ในทิศทางบวกระดับสูงระหว่างปัจจัยด้านการออกแบบกับกระบวนการผลิต สามารถบ่งชี้ได้ว่าปัจจัยทั้ง 2 มีความเชื่อมโยงกันอย่างมาก การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของปัจจัยหนึ่งจะส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของอีกปัจจัยหนึ่ง ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับแนวทางการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้วยวิศวกรรมแบบคู่ขนาน (Concurrent engineering) [26] ซึ่งกล่าวว่าการร่วมมือกันระหว่างทีมออกแบบและทีมผลิตตั้งแต่ช่วงเริ่มต้นของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ช่วยให้สามารถระบุและแก้ไขปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้ก่อนจะทำการผลิตจริง ซึ่งจะช่วยลดเวลาในการนำผลิตภัณฑ์ออกสู่ท้องตลาด ลดต้นทุนการผลิต และลดข้อผิดพลาดในการออกแบบและการผลิตให้เหลือน้อยที่สุด

3.4.3 คุณสมบัติหลักของวัสดุ

จากผลการวิจัยที่แสดงให้เห็นว่าความเข้ากันได้ทางชีวภาพและการมองเห็นได้ภายใต้รังสีเอกซ์เป็นคุณสมบัติสำคัญของวัสดุที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพและความปลอดภัยของการใช้ขวดค้ำย่นผนังหลอดเลือดโคโรนารีภายในร่างกาย คุณสมบัติเหล่านี้เป็นไปตามข้อกำหนดด้านกฎระเบียบที่เข้มงวดสำหรับการผลิตเครื่องมือแพทย์ที่ฝังในร่างกาย [27,28] ซึ่งเน้นย้ำถึงความสำคัญของการเลือกใช้วัสดุที่มีความเข้ากันได้ทางชีวภาพสูงและมีความที่รังสีที่เหมาะสม ความเข้ากันได้ทางชีวภาพเป็นคุณสมบัติสำคัญในการลดปฏิกิริยาที่ไม่พึงประสงค์เมื่อใช้เครื่องมือแพทย์ภายในร่างกาย ในขณะที่การมองเห็นได้ภายใต้รังสีเอกซ์ช่วยให้สามารถกำหนดตำแหน่งการใส่อุปกรณ์ภายในร่างกายและติดตามผลการใช้งานได้อย่างแม่นยำ คุณสมบัติเหล่านี้ไม่เพียงแต่ส่งผลต่อประสิทธิภาพและความปลอดภัยของการรักษาเท่านั้น แต่ยังส่งเสริมให้ได้รับการอนุมัติจากหน่วยงานกำกับดูแลเพื่อนำผลิตภัณฑ์ออกสู่ท้องตลาดอีกด้วย

3.4.4 ประสิทธิภาพการผลิตที่ขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยี

ผลการวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า กระบวนการผลิต ได้แก่ การฆ่าเชื้อด้วยแก๊สเอธิลีนออกไซด์ การตัดด้วยเลเซอร์ การขัดผิวด้วยไฟฟ้า และการออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์ มีบทบาทสำคัญต่อความสำเร็จในการผลิตขวดค้ำย่นผนังหลอดเลือดโคโรนารี ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับรายงานเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการผลิตเครื่องมือแพทย์ [29-32] ซึ่งกล่าวว่า การฆ่าเชื้อด้วยแก๊สเอธิลีนออกไซด์เป็นวิธีการฆ่าเชื้อที่นิยมใช้มากที่สุดเพื่อควบคุมการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในเครื่องมือแพทย์ การตัดด้วยเลเซอร์ช่วยให้สามารถตัดชิ้นงานขนาดเล็กให้มีขนาดละเอียดอย่างมีประสิทธิภาพ การขัดผิวโลหะด้วยไฟฟ้าช่วยเพิ่มความเรียบเนียนของพื้นผิวโลหะอันนำไปสู่การลดความเสี่ยงของการเกิดลิ่มเลือดในผู้ป่วยด้วยการปรับปรุงคุณสมบัติความเข้ากันได้ทางชีวภาพ และการออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยให้สร้างแบบจำลองเสมือนจริงที่มีความซับซ้อนซึ่งช่วยให้สามารถออกแบบและจำลองรายละเอียดต่าง ๆ ของชิ้นงานก่อนทำการผลิตจริงได้ เมื่อนำเทคโนโลยีเหล่านี้มารวมกันจะส่งผลให้ประสิทธิภาพและความแม่นยำในการผลิตดีขึ้น

3.4.5 ความเป็นผู้นำ ความมุ่งมั่น และการประสานงานกับหน่วยงานกำกับดูแล

จากผลการวิจัยซึ่งแสดงให้เห็นว่าทักษะความเป็นผู้นำและความมุ่งมั่นของผู้บริหาร รวมถึงการติดต่อประสานงานระหว่างองค์กรกับหน่วยงานกำกับดูแล มีบทบาทสำคัญต่อความสำเร็จในการนำกระบวนการผลิตขวดค้ำย่นผนังหลอดเลือดโคโรนารีมาใช้ในองค์กร ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับรายงานเกี่ยวกับบทบาทของผู้บริหารในอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องมือแพทย์ [33,34] ซึ่งกล่าวว่า ความเป็นผู้นำที่มีประสิทธิภาพและความมุ่งมั่นของผู้บริหารเป็นสิ่งจำเป็นในการขับเคลื่อนการเปลี่ยนแปลงขององค์กร การจัดสรรทรัพยากร และการส่งเสริมสภาพแวดล้อมที่เอื้อให้พนักงานมีส่วนร่วมในการพัฒนาองค์กรให้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ ผลการวิจัยครั้งนี้ยังสอดคล้องกับรายงานเกี่ยวกับการปฏิบัติตามกฎระเบียบการผลิตเครื่องมือแพทย์ [35] ซึ่งรายงานว่าการประสานงานอย่างจริงจังระหว่างผู้ผลิตเครื่องมือแพทย์กับหน่วยงานกำกับดูแลมีความจำเป็นอย่างมากเพื่อให้มั่นใจว่าทุกขั้นตอนของกระบวนการผลิตตั้งแต่การออกแบบไปจนถึงการฆ่าเชื้อเป็นไปตามกฎระเบียบการผลิตเครื่องมือแพทย์ โดยการสื่อสารและการประสานงานที่ชัดเจนระหว่างผู้ผลิตและหน่วยงานกำกับดูแลยังช่วยให้กระบวนการอนุมัติราบรื่นขึ้นเนื่องจากสามารถลดความเสี่ยงของการไม่ปฏิบัติตามกฎระเบียบของการผลิตได้

3.4.6 การขาดความสนใจในการผลิตขวดค้ำย่นผนังหลอดเลือดโคโรนารี

ผลการวิจัยครั้งนี้เผยให้เห็นว่าไม่มีผู้ตอบแบบสอบถามรายใดแสดงความสนใจในการผลิตขวดค้ำย่นผนังหลอดเลือดโคโรนารีในไทย การขาดความสนใจนี้อาจเกิดขึ้นจากความเสี่ยงด้านการลงทุน แรงงานที่มีทักษะเพียงพออยู่อย่างจำกัด หรือแรงจูงใจทางเศรษฐกิจที่ไม่เพียงพอ [36] การแก้ไขปัญหาเหล่านี้ด้วยนโยบายที่ชัดเจนของรัฐบาลในการสนับสนุนการผลิตเครื่องมือแพทย์ในประเทศ โปรแกรมพัฒนากำลังคน และแรงจูงใจทางเศรษฐกิจที่เหมาะสม อาจช่วยเพิ่มศักยภาพของอุตสาหกรรมเครื่องมือแพทย์ในไทยและเพิ่มความสามารถในการแข่งขันกับตลาดโลกได้ [37]

3.4.7 ข้อจำกัดของงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยครั้งนี้เผชิญกับความท้าทายในการเข้าถึงกลุ่มตัวอย่าง โดยมีสาเหตุหลักมาจากข้อจำกัดในการเปิดเผยข้อมูลของผู้ผลิตเครื่องมือแพทย์และการขาดความสนใจหรือความคุ้นเคยกับการผลิตขวดค้ำย่นผนังหลอดเลือดโคโรนารี ดังนั้น งานวิจัยครั้งนี้จึงดำเนินการด้วยขนาดกลุ่มตัวอย่างขั้นต่ำที่ยอมรับได้ ซึ่งทำให้เกิดข้อจำกัดเกี่ยวกับความครอบคลุมของผลการวิจัย ดังนั้น สำหรับการวิจัยในอนาคต การเพิ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่างให้มากขึ้นจะเป็นประโยชน์อย่างมาก เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างที่มากขึ้นจะช่วยให้เข้าใจปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผลิตขวดค้ำย่นผนังหลอดเลือดโคโรนารีในไทยได้อย่างครอบคลุมมากขึ้นซึ่งได้มาจากกลุ่มตัวแทนผู้ผลิตเครื่องมือแพทย์ที่มีจำนวนมากขึ้น

นอกจากนี้ เนื่องด้วยงานวิจัยครั้งนี้มีกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ($n=30$) และมีจุดประสงค์หลักเพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผลิตขวดค้ำย่นผนังหลอดเลือดโคโรนารี จึงใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันเป็นวิธีการทางสถิติ โดยหากการวิจัยในอนาคตมีกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ขึ้น การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor analysis) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างชุดปัจจัย จะช่วยให้ค้นพบความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ชัดเจนมากขึ้น

4. บทสรุป

อุตสาหกรรมเครื่องมือแพทย์ในไทยกำลังเติบโต แต่การผลิตเครื่องมือแพทย์ขั้นสูงในประเทศ เช่น ขวดค้ำย่นผนังหลอดเลือดโคโรนารี ยังคงมีจำกัด การวิจัยครั้งนี้ได้ระบุปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผลิตขวดค้ำย่นผนังหลอดเลือดโคโรนารีในไทย โดยจัดอันดับจากปัจจัยที่มีอิทธิพลมากที่สุดไปยังน้อยที่สุด ได้แก่ มาตรฐาน งบประมาณ กระบวนการผลิต การออกแบบ วัสดุ และบุคคล ตามลำดับ ดังนั้น ผู้ประกอบการที่สนใจผลิตขวดค้ำย่นผนังหลอดเลือดโคโรนารีในไทยควรให้ความสำคัญอย่างยิ่งต่อการปฏิบัติตามมาตรฐานสากล เช่น ISO 13485 และ ISO 14971 เนื่องจากพบว่าเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลมากที่สุด สำหรับปัจจัยที่เหลืออีก 5 ประการ ได้แก่ งบประมาณ กระบวนการผลิต การออกแบบ วัสดุ และบุคคล ปัจจัยเหล่านี้ก็ควรได้รับการให้ความสำคัญจากผู้ประกอบการเช่นกันเนื่องจากเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลมากต่อความสำเร็จในการผลิต

นอกจากนี้ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้วยสหสัมพันธ์ของเพียร์สันเผยให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยหลายประการ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ความสัมพันธ์กันในทิศทางบวกระดับสูงระหว่างปัจจัยด้านการออกแบบกับกระบวนการผลิต ซึ่งเน้นย้ำถึงความจำเป็นของการทำงานร่วมกันระหว่างทีมออกแบบกับทีมผลิต อีกทั้ง ยังพบความสัมพันธ์ในทิศทางบวกระดับปานกลางระหว่างปัจจัยด้านวัสดุกับกระบวนการผลิต ปัจจัยด้านวัสดุกับมาตรฐาน และปัจจัยด้านบุคคลกับงบประมาณ ความสัมพันธ์เหล่านี้แสดงให้เห็นถึงความเชื่อมโยงที่สำคัญระหว่างปัจจัยที่ผู้ผลิตควรพิจารณาเพื่อให้เกิดการผลิตมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยสรุปแล้ว ผลการวิจัยครั้งนี้สามารถใช้เป็นรากฐานอันมีค่าสำหรับการเพิ่มขีดความสามารถของไทยในการผลิตขดลวดค้ายันผนังหลอดเลือดโคโรนารี และให้ข้อมูลเชิงลึกแก่ผู้กำหนดนโยบาย นักลงทุน และผู้ประกอบการที่ต้องการเข้าสู่อุตสาหกรรมการผลิตขดลวดค้ายันผนังหลอดเลือดโคโรนารี

5. กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอแสดงความขอบคุณอย่างสุดซึ้งต่อทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการสนับสนุนให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ศนิ บุญกุล และดร.อนุชิต นิรภัย ที่กรุณาให้ความเอาใจใส่ช่วยเหลือและคอยให้คำปรึกษาแนะนำ เป็นอย่างดีตลอดระยะเวลาทำวิจัย ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.นิลวรรณ อยู่ภักดี ที่กรุณาใช้เวลาอันมีค่าเพื่อให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางที่ชัดเจนสำหรับการดำเนินการวิจัย ขอขอบพระคุณ คุณสุธี ไตรวิวัฒน์วงศ์ และคุณนริศรา ต่อสุทธิกนก ที่สละเวลาอันมีค่าเพื่อชี้แนะมุมมองที่ลึกซึ้งเกี่ยวกับการผลิตเครื่องมือแพทย์ในไทยและให้ความช่วยเหลือเรื่องการประสานงานกับผู้ตอบแบบสอบถาม ขอขอบพระคุณคุณหัตถชัย สันติเจริญเลิศ คุณสุชนา คุณรัตน์ และคุณเสฏฐวุฒิ เกียรติศักดิ์โสภณ ที่ให้คำแนะนำอันมีค่าต่อการพัฒนาเครื่องมือวิจัย ขอขอบพระคุณคณาจารย์และขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ภาควิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์ มหาวิทยาลัยรังสิต ขอขอบคุณนางสาวสุรัสวดี สุตระกูล สำหรับคำปรึกษาและความช่วยเหลืออย่างสม่ำเสมอ และเหนือสิ่งอื่นใด ขอขอบพระคุณครอบครัวของข้าพเจ้าที่เป็นผู้อยู่เบื้องหลังและเป็นกำลังใจสำคัญสำหรับความสำเร็จในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Centers for Disease Control and Prevention. (5 May 2024). Coronary artery disease (CAD). U.S. Department of health and human services. Available: <https://www.cdc.gov/heart-disease/about/coronary-artery-disease.html>.
- [2] Institute of Medicine (US) Committee on Social Security Cardiovascular Disability Criteria. Cardiovascular disability: Updating the Social Security listings. National Academies Press, Washington, DC, 2010.
- [3] J.C. Wang, M. Bennett, Aging and atherosclerosis: Mechanisms, functional consequences, and potential therapeutics for Cellular Senescence. *Circulation Research*. 111(2012) 245–259.
- [4] มูลนิธิหัวใจแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์. (ม.ป.ป.).ชีวิตเร่รับกับนิสัยของการบริโภคอาหารที่เปลี่ยนไป. สืบค้นจาก <https://www.thaiheartfound.org/Article/Detail/140081>.
- [5] สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข. (ม.ป.ป.). สถิติสาธารณสุข. สืบค้นจาก <https://spd.moph.go.th/public-health-statistics/>.
- [6] National Heart, Lung, and Blood Institute. (30 November 2023). Stents What Are Stents?. Available: <https://www.nhlbi.nih.gov/health/stents>.

- [7] อินทรา ยมาภัย, ธนพร บุชบัวโล, และทรงยศ พิลาสันต์. การกำหนดแนวทางที่เหมาะสมสำหรับการจัดซื้อจัดหาสายสวนเพื่อการขยายหลอดเลือดโคโรนารีด้วยบอลลูนและขดลวดค้ำยันผนังหลอดเลือดโคโรนารีสำหรับกองทุนหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ. โครงการประเมินเทคโนโลยีและนโยบายด้านสุขภาพ (HITAP) กระทรวงสาธารณสุข. 2559
- [8] สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. (2565). แผนปฏิบัติการด้านการขับเคลื่อนการพัฒนาประเทศไทยด้วยโมเดลเศรษฐกิจ BCG พ.ศ. 2564-2570. สืบค้นจาก <https://waa.inter.nstda.or.th/stks/pub/bcg/BCG-Action-Plan-2564-2570-256502-02.pdf>.
- [9] Medical Devices Intelligence Unit. (n.d.). Medical device company list. Available: <http://medicaldevices.oie.go.th/CompanyList.aspx?tid=1&id=2>.
- [10] M.C.M.O. Nemoto, E.P.G. Vasconcellos, R. Nelson, The adoption of new technology: Conceptual model and application. *Journal of Technology Management & Innovation*. 5(4)(2010) 95-107.
- [11] R. Mishra, A comparative evaluation of manufacturing flexibility adoption in SMEs and large firms in India. *Journal of Manufacturing Technology Management*. 27(5)(2016) 730–762.
- [12] A. Kapoor, N. Jepson, N. W. Bressloff, P. H. Loh, T. Ray, S. Beier, The road to the ideal stent: A review of stent design optimisation methods, findings, and opportunities. *Materials & Design*. 237(2024) 112556.
- [13] G. Mani, M.D. Feldman, D. Patel, C.M. Agrawal, Coronary stents: A materials perspective. *Biomaterials*. 28(9)(2007) 1689–1710.
- [14] Y. Zheng and H. Yang, Manufacturing of cardiovascular stents. In C. Wen. *Metallic Biomaterials Processing and Medical Device Manufacturing*, Woodhead Publishing, 2020.
- [15] U.S. Food and Drug Administration. (1 April 2018). The device development process. Available: <https://www.fda.gov/patients/learn-about-drug-and-device-approvals/device-development-process>.
- [16] ศูนย์ความเป็นเลิศด้านชีววิทยาศาสตร์ (องค์การมหาชน). (13 มิถุนายน 2565). ข้อมูลผู้ผลิตเครื่องมือแพทย์. สืบค้นจาก https://data.tcels.or.th/dataset/tcels_01_65.
- [17] S. Manetti, E. Lettieri, M.Z. Ni, Development and validation of medical device key evidence tool ('MeDKET'): An evidence-based framework to explain success in selected European and US companies. *PLOS ONE*. 18(7)(2023) e0288126.
- [18] J.F. Hair, W.C. Black, B. J. Babin, R. E. Anderson. *Multivariate data analysis*. 7th Ed., Pearson Education, New Jersey, 2010.
- [19] J.E. Fincham, Response rates and responsiveness for surveys, standards, and the journal. *American Journal of Pharmaceutical Education*. 72(2)(2008) 43.
- [20] R.J. Rovinelli and R. K. Hambleton. (April 1976). On the use of content specialists in the assessment of criterion-referenced test item validity. Available: <https://scispace.com/pdf/on-the-use-of-content-specialists-in-the-assessment-of-4ym9syx9ph.pdf>.
- [21] บุญชม ศรีสะอาด. การวิจัยเบื้องต้น. โรงพิมพ์สุวีริยาสาส์น, กรุงเทพฯ. 2554.
- [22] H.Y. Kim, Statistical notes for clinical researchers: assessing normal distribution (2) using skewness and kurtosis. *Restorative Dentistry & Endodontics*. 38(2013) 52–54.

- [23] P. Schober, C. Boer, L.A. Schwarte, Correlation coefficients: Appropriate use and interpretation. *Anesthesia & Analgesia*. 126(5)(2018) 1763–1768.
- [24] N. Meghanathan, Assortativity analysis of real-world network graphs based on centrality metrics. *Computer and Information Science*. 9(3)(2016) 7.
- [25] DeviceLab. (18 September 2024). Critical market entry strategy for medical device development. Available: <https://www.devicelab.com/blog/critical-market-entry-strategy-for-medical-device-development>.
- [26] Indeed Editorial Team. (5 June 2025). What is concurrent engineering in product development?. Available: <https://uk.indeed.com/career-advice/career-development/concurrent-engineering>.
- [27] T.M. Jeewandara, S.G. Wise, M.K.C. NG, Biocompatibility of coronary stents. *Materials (Basel)*. 7(2)(2014) 769-786.
- [28] Medtronic. (n.d.). RADIOPACITY: The importance of stent visibility in PCI. Available: https://cvsales.hmpglobal.com/sites/default/files/2019-04/tip%20in%20March%20JIC_0.pdf.
- [29] Neway precision works. (n.d.). Medical device manufacturing: How laser cutting ensures precision and reliability. Available: <https://www.newayprecision.com/fr/study-cases/medical-device-manufacturing-how-laser-cutting-ensures-precision-and-reliability>.
- [30] New England Electropolishing. (n.d.). Electropolishing medical devices. Available: <https://neelectropolishing.com/electropolishing-medical-devices/>.
- [31] S. Lee. (11 June 2025). The future of medical manufacturing: CAD/CAM innovations. Available: <https://www.numberanalytics.com/blog/future-cad-cam-medical-manufacturing>.
- [32] R. Verma, The impact of ethylene oxide sterilization on medical devices. *International Journal of Medical Science and Clinical Research Review*. 7(3)(2024) 561-563.
- [33] Features Desk. (12 October 2023). The critical role of leadership in the medical technology industry. Available: <https://www.htworld.co.uk/insight/opinion/the-critical-role-of-leadership-in-the-medical-technology-industry-fear23/>.
- [34] JRG Partners. (20 February 2025). The most in-demand executive roles in medical device industry for 2025. Available: <https://www.jrgpartners.com/executive-roles-in-medical-device-industry/>.
- [35] Rebexa Group. (30 July 2024). From concept to compliance: Regulatory affairs for medical devices. Available: <https://rebexa.com/concept-to-regulatory-compliance-medical-devices/2057/>.
- [36] N. Tunpaiboon. (12 September 2023). Industry outlook: Medical devices 2023–2025. Available: <https://www.krungsri.com/en/research/industry/industry-outlook/other-industries/medical-devices/io/medical-devices-2023-2025>.
- [37] DKSH. (21 January 2025). Navigating Thailand's healthcare sector: DKSH and FrontierView map opportunities and challenges in new whitepaper. Available: <https://www.dksh.com/global-en/home/media/news/navigating-thailand-s-healthcare-sector-dksh-and-frontierview-map-opportunities-and-challenges-in-new-whitepaper>.

การออกแบบเครื่องมือพิเศษติดรถแบ็กโฮสำหรับตัดกิ่งไม้

Design of a Special Tool Attached to a Backhoe for Tree Branch Cutting

ณัฐพงศ์ ยাত্রา^{1*} คมสันต์ ชโนศวรรย์¹ โชคชัย อลงกรณ์ทักษิณ¹ และ คณิศ จุลสุคนธ์¹

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์เครื่องกล ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

*E-mail: s6402011630016@email.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและวิเคราะห์เครื่องมือพิเศษสำหรับติดตั้งกับรถแบ็กโฮเพื่อใช้ในการตัดกิ่งไม้ โดยเน้นให้มีความปลอดภัย แข็งแรง ถอดประกอบง่าย และเหมาะสมกับการใช้งานภาคสนาม เริ่มจากการออกแบบต้นแบบทั้งแบบ 2 มิติและ 3 มิติ พร้อมปรับปรุงตามคำแนะนำของอาจารย์และผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นพัฒนาให้อุปกรณ์สามารถถอดประกอบได้โดยเปลี่ยนการเชื่อมเป็นการยึดด้วยโบลต์และนัท พร้อมเสริมความแข็งแรงให้กับชิ้นส่วนที่ต้องรับแรง เช่น ETT-SB ซึ่งมีแนวโน้มบดงจากการใช้งาน มีการวิเคราะห์ด้วยวิธี Finite Element Analysis (FEA) เพื่อจำลองสถานการณ์การใช้งาน พบว่าในกรณีการยกอุปกรณ์จากรถแบ็กโฮ ค่าความปลอดภัย Factor of safety (FOS) อยู่ในเกณฑ์ปลอดภัย ส่วนกรณีใบมีดกระแทกหินมี FOS ต่ำกว่าเกณฑ์ แสดงถึงความจำเป็นในการปรับปรุงวัสดุหรือรูปทรงใบมีด ส่วนกรณีอื่น เช่น การรั้งจากเถาวัลย์ จุดยึดใบมีด เพลหรือรอยเชื่อม มีค่าความปลอดภัยเพียงพอ การประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ 7 คน ให้คะแนนเฉลี่ย 3.84 จาก 5.00 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.82 จัดอยู่ในระดับดี โดยเฉพาะด้านความน่าสนใจในการพัฒนาต่อ ได้คะแนนเฉลี่ย 4.42 สะท้อนถึงคุณภาพการออกแบบที่มีความพร้อมทั้งด้านประสิทธิภาพ ความปลอดภัย และศักยภาพในการผลิตใช้งานจริง

คำสำคัญ : เครื่องมือพิเศษติดรถแบ็กโฮสำหรับตัดกิ่งไม้ ตัดกิ่งไม้

Abstract

This study aimed to design and analyze a special tool to be attached to a backhoe for cutting tree branches, focusing on safety, strength, ease of assembly, and suitability for field use. The process began with 2D and 3D prototype designs, followed by refinements based on expert and instructor feedback. To improve disassembly, welded joints were replaced with bolt-and-nut connections, and load-bearing parts like the ETT-SB component were reinforced due to bending risks during use. Finite Element Analysis (FEA) was used to simulate real-world applications. When lifting the equipment with the backhoe, the Factor of Safety (FOS) was within a safe range. However, in scenarios where the blade struck a rock, the FOS dropped below the safety threshold, indicating the need to improve the blade's material or geometry. Other cases, such as tension from vines and stress on blade joints, shafts, or welds, showed sufficient safety levels. An expert evaluation by seven professionals yielded an average score of 3.84 out

of 5.00, with a standard deviation of 0.82, indicating a good level of quality. The aspect of potential for further development received a high average score of 4.42, highlighting the design's promise in terms of performance, safety, and practical usability.

Keywords: special tree branch cutting attachment for excavators, Tree branch

1. บทนำ

ในปัจจุบันการทำอุตสาหกรรมการผลิตและการก่อสร้าง เช่น การการขุดดิน การไถพรวน การตัดแต่งพุ่มไม้ และการรื้อถอนต้นไม้เพื่อจัดการกับพื้นที่ที่รกร้างพื้นที่ที่อาจจะเป็นป่ารวมทั้งพื้นที่ที่เคยปลูกพืชอื่นหรือป่าอื่น ๆ ในปัจจุบันมีปัญหาแบบนี้เยอะขึ้นเรื่อย ๆ เพราะมีการนำพื้นที่เหล่านี้ไปทำการเกษตรและสร้างอาคารบ้านเรือนมากขึ้นในทุก ๆ ปีเพื่อเพิ่มประโยชน์และสร้างมูลค่าให้กับที่ดินเหล่านี้มากขึ้น จึงต้องมีการรื้อถอนและจัดการกับพื้นที่ให้มีสภาพที่พร้อมใช้งานได้ ซึ่งในการจัดการกับพื้นที่เหล่านี้ค่อนข้างใช้แรงและกำลังมากจนทำให้เกิดการวิจัยของมณฑล กวางงวโรภาส [1] ได้ออกแบบและสร้างเครื่องตัดแต่งกิ่งไม้ผลที่ทำงานด้วยระบบนิวแมติกส์จำนวน 3 แบบ ได้แก่ แบบกรรไกรขอกเกี่ยวด้ามยาว แบบกรรไกรขอกเกี่ยวด้ามสั้น และแบบกรรไกรธรรมดา โดยแต่ละแบบสามารถตัดกิ่งมะม่วงที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางได้สูงสุด 30, 35 และ 27 มิลลิเมตรตามลำดับ โครงสร้างหลักใช้เหล็กกล่องเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร เป็นด้ามจับและเป็นจุดยึดกลไกต่าง ๆ ประกอบด้วยชุดใบมีดตัดจากกรรไกรแต่งกิ่งคุณภาพสูงในท้องตลาด กระบอกลมที่ทำงานภายใต้แรงดัน 8-9 บาร์ และวาล์วบังคับทิศทางชนิด 5/2 เพื่อกระตุ้นกลไกกระตุกใบมีดผ่านลวดสลิง ช่วยเพิ่มแรงตัดและประสิทธิภาพในการทำงาน แหล่งจ่ายลมประกอบด้วยเครื่องยนต์เบนซินขนาด 5 แรงม้า ขับปั๊มลมแบบลูกสูบ จ่ายลมเข้าแทงก์ขนาด 120 ลิตร อัตราการจ่ายลม 303 ลิตร/นาที ระบบทั้งหมดติดตั้งบนรถเกษตรเพื่อสะดวกต่อการใช้งานภาคสนาม กิ่งที่ตัดมีรอยเรียบและเข้าเพียงเล็กน้อยความเร็วเฉลี่ยในการตัดกิ่งภายในต้นเดียวกันอยู่ที่ประมาณ 2 วินาที/กิ่ง นอกจากนี้ยังได้พัฒนาเครื่องตัดกิ่งแบบเลื่อยวงเดือนขนาดใบเลื่อย 10 นิ้ว ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ลมจากแหล่งจ่ายเดียวกัน เหมาะสำหรับตัดกิ่งขนาดเล็กกว่า 5 มิลลิเมตร เช่น กิ่งต้นเข็ม โดยมีความเร็วในการตัดประมาณ 40 วินาทีต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ช่วยลดระยะเวลาที่ใช้ในการจัดการ ทำให้ไม่เกิดความล่าช้าในการทำงานทำให้การทำงานทันต่อความต้องการ ดังที่ ธนาวัฒน์ ทิพย์ชิต และคณะ [2] ได้ศึกษาพัฒนาเครื่องมือตัดแต่งกิ่งแบบมอเตอร์เกียร์ทดกำลังเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและทุเรียนคุณภาพเครื่องมือตัดแต่งกิ่งแบบมอเตอร์เกียร์ทดกำลังมี 2 แบบคือแบบเลื่อยวงเดือน และเลื่อยชัก ทั้งสองแบบ มีน้ำหนักเบา ด้ามจับเป็นอะลูมิเนียมสามารถยึดและหัดได้ยาว 4.5 เมตร ทำงานได้คล่องตัวเพราะใช้แบตเตอรี่ ขนาดเล็ก 5 แอมแปร์ 2 ลูกเป็นแหล่งพลังงานซึ่งมีน้ำหนักเบาสามารถสะพายได้ หรือใช้แบตเตอรี่รถยนต์กับ รถเข็นซึ่งจะทำงานได้นานขึ้น เครื่องตัดแต่งกิ่งทั้งสองแบบมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน แบบเลื่อยวงเดือนเหมาะ สำหรับตัดกิ่งไม้ขนาดเล็กถึงขนาด 2 นิ้ว กิ่งไม้ขนาดเล็กสามารถตัดได้เร็ว ส่วนเลื่อยชักเหมาะกับการตัดกิ่งไม้ ขนาด 1-4 นิ้ว และที่กิ่งไม้ขนาด 2 นิ้ว เครื่องตัดแต่งกิ่งแบบมอเตอร์เกียร์ทดกำลังทั้งสองแบบมีคุณสมบัติ และสามารถทำงานได้ตรงตาม วัตถุประสงค์ที่วางได้ทุกประการ จึงมีการนำอุปกรณ์เทคโนโลยีสมัยใหม่มาช่วยในการทำงานเพื่อลดระยะเวลาในการทำงานให้ทันต่อความต้องการและไม่เสียแรงงานในการทำงานมาก อุปกรณ์นั้นคือเครื่องมือพิเศษติดรถแบ็กโฮสำหรับตัดกิ่งไม้ ซึ่งรู้จักกันในอุปกรณ์ต่อพ่วงคุณภาพสูงเหมาะสำหรับการติดตั้งบนรถชุดและรถดักแบบมีล้อเลื่อน มีคุณสมบัติในการทำงานหลายประการ เช่น การตัดแต่ง พุ่มไม้และกิ่งไม้ การรื้อถอนต้นไม้ การขุดดิน การขุดดิน และการไถดิน เป็นต้น ธนศ มหัทธนาลัย [3] พบว่าการก่อสร้างโดยรวมมี แนวโน้มขยายตัว 4.5-5.0% ในปี 2564 และ 5.0-5.5% ในปี 2565-2566 ซึ่งมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ โดยการก่อสร้างจะต้องเริ่มต้นจากการจัดการกับพื้นที่ เช่น การถางป่า การขุดต่อ การปรับปรุง พื้นที่เพื่อให้เป็นไป ตามผังที่วางไว้ โดยเพื่อความสะดวกสบาย และสามารถลดแรงงาน ทั้งยังช่วยลดระยะเวลาใน การทำงาน จึงมีการนำเครื่องมือพิเศษติดรถแบ็กโฮสำหรับตัดกิ่งไม้ มาใช้ในการทำงาน

และจากข้อมูลจากสำนักงานสถิติแห่งชาติ กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจ และสังคม พบว่าประเทศไทยมีการก่อสร้างที่หลากหลาย เช่น บ้านเดี่ยว บ้านแฝด บ้านแถว ตึกแถว อาคารชุด ภัตตาคาร อาคารสำนักงาน โรงแรม โรงงาน เป็นต้น มีทั้งการก่อสร้างขึ้นมาใหม่ การต่อเติมหรือ ดัดแปลง รวมไปถึง การลดหรือการทำลายเพื่อนำพื้นที่ไปใช้งานตามความต้องการ ซึ่งวิจัยกรุงศรี [4] รายงานภาพโดยรวมจะมีแนวโน้มการก่อสร้างที่เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ และนอกจากนี้วิจัยกรุงศรีมีการรายงานสถานการณ์ในปัจจุบัน อุตสาหกรรมก่อสร้างของไทยยังมีการขยายฐานลูกค้าไปยังต่างประเทศ โดยเฉพาะในกลุ่มประเทศเพื่อนบ้าน เช่น กัมพูชา สปป.ลาว เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบันมีการจัดการกับพื้นที่รกร้าง หรือรื้อถอนสิ่งก่อสร้างและ ต้นไม้พุ่มไม้เพื่อใช้ในการเกษตรกรรม หรือการติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ช่วยอำนวยความสะดวก เช่น ป้ายจราจร ป้ายโฆษณา รวมทั้งการสร้างถนนในพื้นที่ต่างจังหวัด และพื้นที่ชลบท โดยจากการรายงานสถานการณ์ของไทยรัฐออนไลน์ พบว่ามีการดำเนินการของ ทช. ร่วมกับโครงการพระราชดำริ และโครงการหลวงตั้งแต่ปี 2555 ในแผนดำเนินงาน ระหว่างปี 2563-2565 มีโครงการสร้างถนน ทช. เข้าสู่โครงการทั้งสิ้น 40 โครงการ เพื่ออำนวยความสะดวกและลดการเกิดอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นได้ โดยพื้นที่เหล่านี้ต้องมีการจัดการกับพื้นที่ให้พร้อมใช้งานก่อนจึงจะสามารถก่อสร้างได้ โดยการจัดการ เช่น การสร้างถนน จะต้องเริ่มจากการขุดดินและรื้อถอนเอาวัสดุหรือสิ่งที่ไม่ต้องการ เช่น ต้นไม้ พุ่มไม้ ขอนไม้ กองขยะ ออกจากดินก่อน เพื่อให้ได้คันทางตามรูปแบบ โดยถ้าใช้แรงงานคนในการรื้อถอน ขุดดินจะใช้เวลาค่อนข้างนาน อีกทั้งยังใช้แรงมาก และอาจจะก่อให้เกิดอันตรายในการทำงานได้ ไชยพล มงคล และคณะ [5] ได้ศึกษาการทดสอบสมรรถนะเครื่องพรวนจอบหมุนที่ใช้ใบมีดจอบหมุนต่างชนิดสำหรับรถแทรกเตอร์ผลการทดสอบสมรรถนะการไถพรวนดินของเครื่องพรวนจอบหมุน เพื่อศึกษาผลกระทบเนื่องจากรูปร่าง ใบมีดจอบหมุนต้นแบบเปรียบเทียบกับรูปร่างใบมีดจอบหมุนยุโรปรูปตัวซีซึ่งเป็นใบมีดที่เกษตรกรใช้กันอย่างแพร่หลายพบว่าการออกแบบส่วนปลายใบมีด (scoop surface) เป็นสาเหตุก่อให้เกิดแรงต้านส่งผลให้ใบมีดจอบหมุนต้นแบบไถดินได้ลึกน้อยกว่าใบมีดจอบหมุนยุโรปรูปตัวซีและยังเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลไปยังเปอร์เซ็นต์การสิ้นเปลือง เพื่อให้เกิดความสะดวกสบาย ลดแรงงาน ลดระยะเวลา และลด การเกิดอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นจึงทำให้มีผู้ใช้ เครื่องมือพิเศษติดรถแบ็กโฮสำหรับตัดกิ่งไม้เพิ่มมากขึ้น บริษัท ทีซี บราเธอร์ แพนค จำกัด ตั้งอยู่ที่ สำนักงาน เลขที่129 หมู่ที่ 3 ตำบลกลางแดด อำเภอเมืองนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์ เป็นบริษัทที่จัดจำหน่ายเครื่องจักรหนักและอุปกรณ์อะไหล่ มอเตอร์ และขายส่งเครื่องจักรและอุปกรณ์อื่น ๆ รวมทั้งเครื่องมือพิเศษติดรถแบ็กโฮสำหรับตัดกิ่งไม้ที่สามารถขุดดิน ตัดแต่งพุ่มไม้ และรื้อถอนต้นไม้ได้ จากปัญหาหลัก ที่พบ ได้แก่ กิ่งไม้อยู่ในตำแหน่งสูง เข้าถึงยาก ทำให้การตัดไม่ปลอดภัย หนัามีความสูงมาก ใช้เวลานาน และต้องใช้แรงงานจำนวนมาก ซึ่งทำให้เกิดความเหนื่อยล้าและไม่คุ้มค่าต่อการลงทุนแรงงาน จากความสำคัญและที่มาของปัญหาดังกล่าวทำให้ผู้ศึกษามีความสนใจที่จะสร้างแบบเครื่องมือพิเศษติดรถแบ็กโฮสำหรับตัดกิ่งไม้โดยมีบริษัท ทีซี บราเธอร์ แพนค จำกัด ให้ความสะดวกรวดเร็วในการผลิต ทำให้ทำงานใช้ระยะเวลาน้อยลง ตรงตามความต้องการ และทำแบบเครื่องออกมาได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2. วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและพัฒนาเครื่องมือตัดกิ่งไม้ติดตั้งบนรถแบ็กโฮ โดยเริ่มจากการศึกษาข้อมูลทฤษฎีและการใช้งานจริง จากนั้นออกแบบชิ้นส่วนและโครงสร้างด้วยโปรแกรม SolidWorks พร้อมวิเคราะห์ความแข็งแรงด้วย SolidWorks Simulation เพื่อให้เครื่องมือมีความทนทานและเหมาะสมกับการใช้งานจริง มีการออกแบบให้ชิ้นส่วนถอดประกอบง่ายเพื่อสะดวกต่อการซ่อมบำรุง และทดสอบแบบจำลองด้วยการจำลองการทำงานในสถานการณ์จริง จากนั้นเก็บความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญเพื่อนำมาปรับปรุงแบบ ก่อนสรุปผลและเสนอข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาต่อไป

2.1 การศึกษาหาข้อมูลเพื่อสร้างขั้นตอนการออกแบบและสร้างเครื่องมือ

2.1.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลเบื้องต้น (Primary Research)

ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น

- เครื่องมือกลเกษตร, การออกแบบกลไกส่งกำลัง, เทคโนโลยีตัดไม้
- ศึกษาการเสียรูปของวัสดุ เช่น เหล็กกล้า (Steel), การเชื่อม, และวัสดุที่ใช้รับแรง
- เข้าพบผู้เชี่ยวชาญหรือบริษัทที่ใช้รถแบ็กโฮในงานตัดต้นไม้ เช่น องค์กรป่าไม้ เทศบาล หรือบริษัทรับจ้างตัดต้นไม้ เพื่อสัมภาษณ์เกี่ยวกับข้อจำกัดของเครื่องมือเดิม

2.1.2 การเก็บข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Research)

2.1.2.1 การฝึกงานในสายการผลิต

- สถานที่: บริษัท ทีซี บราเธอร์ส แพค จำกัด
- ช่วงเวลา: 15 พ.ย. – 17 ธ.ค. 2564
- จุดประสงค์: ศึกษาปัญหาหน้างานจริง, ความต้องการของผู้ใช้งาน, ลักษณะการใช้งานเครื่องจักรจริง
- ผลลัพธ์: พบว่ามีปัญหาเรื่องการสั่นสะเทือน, การเคลื่อนย้ายยาก และการบำรุงรักษาไม่สะดวก

2.1.2.2 ฝึกงานในฝ่ายซ่อมบำรุง

- ช่วงเวลา: 3 – 27 พ.ย. 2566
- จุดประสงค์: เข้าใจการทำงานของระบบส่งกำลัง, มอเตอร์ไฟฟ้า, มอเตอร์ไฮดรอลิก
- เครื่องจักรที่ศึกษา: เครื่องกลึง, เครื่องตัด CNC, เครื่องเชื่อม MIG-TIG
- ผลลัพธ์: เข้าใจการเลือกขนาดเพลลา, แบริ่ง และระบบขับเคลื่อนที่เหมาะสมกับแรงต้านจากกิ่งไม้

2.1.2.3 ฝึกงานฤดูร้อนลงพื้นที่จริง

- ช่วงเวลา: 17 เม.ย. – 2 มิ.ย. 2567
- จุดประสงค์: ลงพื้นที่หน้างานจริงที่ใช้รถแบ็กโฮตัดกิ่งไม้, วิเคราะห์แรงต้าน, ลักษณะการติดตั้ง, ความยืดหยุ่นในการใช้งาน
- ผลลัพธ์: ข้อมูลช่วยในการวางโครงสร้างเครื่องมือที่ถอดประกอบได้ และมีมุมการตัดที่เหมาะสม

2.2 การออกแบบเครื่องมือพิเศษตัดรถแบ็กโฮสำหรับตัดกิ่งไม้

2.2.1 ออกแบบระบบส่งกำลัง

- คำนวณขนาด Pulley ที่เหมาะสม
- คำนวณระยะศูนย์กลางของ Pulley เพื่อให้ได้รอบหมุนเหมาะสมสำหรับการหมุนใบมีด
- ออกแบบ 3D แบบ Pulley ด้วยโปรแกรม SolidWorks

2.2.2 ออกแบบสายพาน

- คำนวณความยาวและจำนวนสายพานโดยใช้สูตรระยะ pitch ของ pulley
- ออกแบบการวางสายพานในแนวระนาบเพื่อป้องกันการเบี่ยงเบนของแรง

2.2.3 คำนวณความแข็งแรงของเพลลา (Shaft Strength)

- ใช้สูตรแรงดัดและแรงเฉือน
- ตรวจสอบค่าความปลอดภัย (Safety Factor)
- เลือกวัสดุเป็น S45C หรือ ST-52 ตามความเหมาะสมกับแรงเฉือนสูง

2.2.4 การวิเคราะห์แรงโมเมนต์ตรัม (Torque)

- คำนวณแรงจากมอเตอร์ที่ส่งต่อมายังเพลลา
- วิเคราะห์ค่า Torque ที่ใบมีดต้องใช้เพื่อการตัดไม้เส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 20 มม.

2.2.5 การคำนวณอายุการใช้งานแบร้ง

- เลือกแบร้งตามมาตรฐาน ISO
- ใช้สูตร L10 life คำนวณอายุการใช้งานที่ 90% reliability

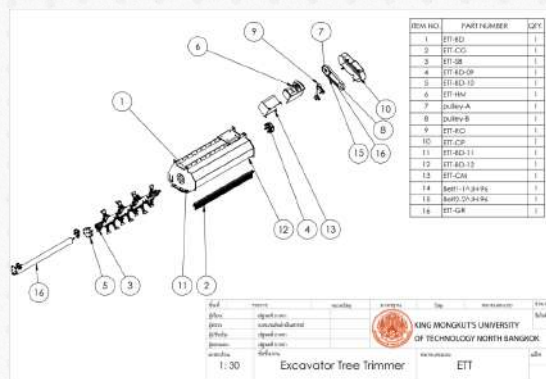
2.2.6 ความแข็งแรงของรอยเชื่อม

- วิเคราะห์บริเวณที่เชื่อมติดกับมอเตอร์
- ใช้การวิเคราะห์ Finite Element (FEA) ดูความเค้น (Stress Concentration)

2.2.7 การคำนวณแรงจากมอเตอร์ไฮดรอลิก

- วิเคราะห์แรงที่ใบมีดได้รับจากแรงดันของระบบไฮดรอลิก
- ออกแบบใบมีดให้หมุนทวนเข็มนาฬิกาตามแรงส่ง

2.2.8 เขียนแบบรวม (Assembly Drawing)

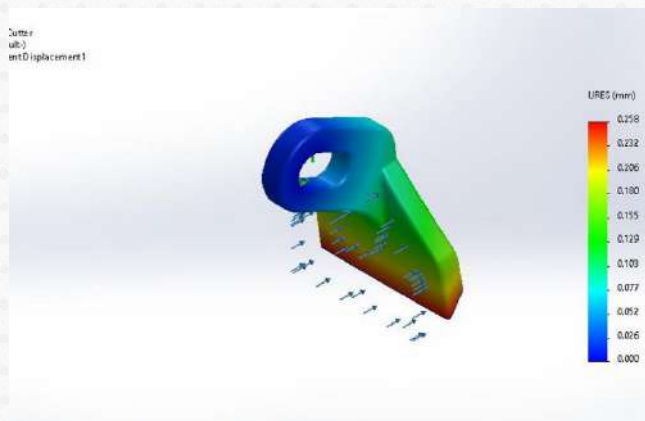


ภาพที่ 1 Assembly Drawing

- แสดงการเคลื่อนที่ของเพลลา-ใบมีด-สายพาน
- ประกอบภาพระบบไฮดรอลิกแบบชัดเจน

2.2.9 การ Simulation

2.2.9.1 Simulation ตัวหัวเครื่องมือพิเศษติดรถแบ็กโฮสำหรับตัดกิ่งไม้ในขณะยกจากรถแบ็กโฮ



ภาพที่ 2 ผลการ Simulation Displacement Analysis (การกระจัด) ของ ใบมีดของเครื่องมือพิเศษติดรถแบ็กโฮ
สำหรับตัดกิ่งไม้ในกรณีติดกระแทกกับก้อนหินขนาดใหญ่

- วิเคราะห์จุดรับแรงและการกระจายแรง

พบว่าจุดรับแรงหลักอยู่ที่ข้อต่อแขนแบ็กโฮและจุดเชื่อมต่อตัวหัว ต้องรองรับแรงเฉือนและแรงดึง
พร้อมกัน แรงจากการตัดส่งผ่านจุดหมุนในแนวตั้งและเฉียง

- วิเคราะห์ด้วย Static Analysis และ Motion Simulation

โครงสร้างรับแรงได้สูงสุด 2,500 N โดยไม่เสียรูป ส่วนการเคลื่อนไหวพบแรงสั่นที่จุดยึด ควร
เสริมระบบกันสั่นหรือลดน้ำหนักเครื่องมือเพื่อเสถียรภาพขณะใช้งาน

2.2.9.2 Simulation ใบมีดและเพลลา

- วิเคราะห์จุดรับแรง, ความเร็วรอบ, และการสั่นของระบบตัด
- วิเคราะห์ด้วย Static Analysis และ Fatigue Test

2.2.9.3 Simulation รอยเชื่อม

- วิเคราะห์บริเวณรอยเชื่อมด้วย Stress Analysis
- ตรวจสอบการเสียรูป (Deformation) ที่เกิดขึ้นเมื่อรับแรงด้านสูง

2.3 การออกแบบแบบถอด-ประกอบได้

2.3.1 วิเคราะห์ปัญหา

- เดิมออกแบบเป็นชิ้นเดียว ทำให้ขนย้ายและซ่อมยาก
- ปรับใหม่เป็น Modular Design โดยมีจุดเชื่อมด้วยสลักเกลียว

2.3.2 การถอดประกอบ

- วิเคราะห์จุดเสียรูปของชิ้นส่วน เช่น เพลลา หรือใบมีด
- ใช้ Simulation วิเคราะห์จุด ETT-SB ว่ารับแรงมากที่สุด ต้องออกแบบให้ถอดเปลี่ยนได้ง่าย

2.4 การประเมินประสิทธิภาพ

- ออกแบบใบประเมินประสิทธิภาพเครื่องมือพิเศษติดรถแบ็กโฮสำหรับตัดกิ่งไม้
- ตรวจสอบแบบโดยอาจารย์ที่ปรึกษา

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ผลการประเมินผู้เชี่ยวชาญ

ผลวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่า ผลการประเมินการออกแบบเครื่องมือพิเศษติดรถแบ็กโฮสำหรับตัดกิ่งไม้ต้นแบบ ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 ท่าน มีความคิดเห็นว่าการออกแบบเครื่องมือพิเศษติดรถแบ็กโฮสำหรับตัดกิ่งไม้มีคุณภาพรวม 3.84 ซึ่งอยู่ในระดับคุณภาพดี ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.82 ประเด็นความคิดเห็นทั้ง 13 ข้อที่ใช้ในการประเมินคุณภาพของแบบเครื่องมือพิเศษติดรถแบ็กโฮสำหรับตัดกิ่งไม้ มีที่มาจากหลักการออกแบบทางวิศวกรรมควบคู่กับความต้องการในการใช้งานจริงในภาคสนาม โดยผู้วิจัยได้พิจารณาคุณลักษณะสำคัญของเครื่องมือในมิติต่าง ๆ ทั้งด้านความปลอดภัย ความแข็งแรง ความสะดวกในการใช้งานและบำรุงรักษา ตลอดจนความเหมาะสมในการผลิตและการพัฒนาในอนาคต

ตารางที่ 1 การประเมินการออกแบบเครื่องมือพิเศษติดรถแบ็กโฮสำหรับตัดกิ่งไม้

ประเด็นความคิดเห็น	ความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ							$\bar{x}$	S.D.	ระดับ คุณภาพ
	คนที่									
	1	2	3	4	5	6	7			
1. แบบของเครื่องมือพิเศษติดรถแบ็กโฮ สำหรับตัดกิ่งไม้มีความปลอดภัยในการใช้งาน	3	4	3	3	5	4	4	3.71	0.76	ดี
2. แบบของเครื่องมือพิเศษติดรถแบ็กโฮ สำหรับตัดกิ่งไม้มีความสวยงาม	4	3	4	3	5	4	5	4	0.82	ดี
3. แบบของเครื่องมือพิเศษติดรถแบ็กโฮ สำหรับตัดกิ่งไม้มีความสะดวกต่อการใช้งาน	4	4	4	4	5	4	4	4	0.58	ดี
4. แบบของเครื่องมือพิเศษติดรถแบ็กโฮ สำหรับตัดกิ่งไม้มีความแข็งแรงทนทานต่อการ ใช้งาน	3	4	3	4	5	4	4	3.85	0.69	ดี
5.แบบของเครื่องมือพิเศษติดรถแบ็กโฮ สำหรับตัดกิ่งไม้มีความสะดวกต่อการผลิต	3	3	3	2	5	3	5	3.42	1.13	ปานกลาง
6.แบบของเครื่องมือพิเศษติดรถแบ็กโฮ สำหรับตัดกิ่งไม้สามารถบำรุงรักษาง่าย	3	4	3	3	5	3	4	3.71	0.76	ดี
7.แบบของเครื่องมือพิเศษติดรถแบ็กโฮ สำหรับตัดกิ่งไม้มีความน่าสนใจที่จะนำไป พัฒนาต่อ	4	5	5	3	5	5	5	4.42	0.79	ดี
8. แบบของเครื่องมือพิเศษติดรถแบ็กโฮ สำหรับตัดกิ่งไม้ออกแบบเพื่อแก้ไขปัญหาที่ เกิดขึ้น	4	4	4	4	5	4	4	4	0.58	ดี
9. แบบของเครื่องมือพิเศษติดรถแบ็กโฮ สำหรับตัดกิ่งไม้มีความถูกต้องตามหลักการ เขียนแบบ	3	3	3	2	5	3	5	3.57	0.98	ดี

ตารางที่ 1 การประเมินการออกแบบเครื่องมือพิเศษติดรถแบ็กโฮสำหรับตัดกิ่งไม้ (ต่อ)

ประเด็นความคิดเห็น	ความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ							$\bar{x}$	S.D.	ระดับ คุณภาพ
	คนที่									
	1	2	3	4	5	6	7			
10. แบบของเครื่องมือพิเศษติดรถแบ็คโฮ สำหรับตัดกิ่งไม้สามารถถอด-ประกอบได้ง่าย สะดวกต่อการเคลื่อนย้ายและบำรุงรักษา	3	4	3	3	5	3	4	3.57	0.79	ดี
11. แบบของเครื่องมือพิเศษติดรถแบ็คโฮ สำหรับตัดกิ่งไม้มีการปรับปรุงชิ้นส่วนที่รับแรง เช่น ETT-SB ให้มีความแข็งแรงและทนต่อ แรงบิดงอ	3	4	3	3	5	4	5	3.85	0.9	ดี
12. แบบของเครื่องมือพิเศษติดรถแบ็คโฮ สำหรับตัดกิ่งไม้มีความยืดหยุ่นในการ ปรับเปลี่ยนหรือต่อเติมให้เหมาะสมกับงาน ลักษณะต่าง ๆ	4	3	4	3	5	4	5	4	0.82	ดี
13. แบบของเครื่องมือพิเศษติดรถแบ็คโฮ สำหรับตัดกิ่งไม้ได้รับการพัฒนาโดยอิงจาก ข้อมูลการจำลองแรง (Simulation) ซึ่งช่วย เพิ่มความแม่นยำในการออกแบบ	3	3	3	2	5	5	5	3.85	1.07	ดี
เฉลี่ย								3.84	0.82	ดี

4. บทสรุป

4.1 อภิปรายผล

จากผลการประเมินการออกแบบเครื่องมือพิเศษติดรถแบ็กโฮสำหรับตัดกิ่งไม้ต้นแบบโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า เครื่องมีคุณภาพรวมอยู่ในระดับดี โดยได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.84 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.82 ซึ่งผลลัพธ์ดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของศุภกานต์ กัณฑ์เพชร และอดิชาติ นามวงศ์ [6] ที่ศึกษาเรื่อง เครื่องตัดใบส่วนชุดดิน โดยพบว่าการเก็บข้อมูลหรือขั้นตอนการดำเนินงานคล้ายคลึงกันโดยผลเลยออกมาดีเหมือนกันและพบว่าการออกแบบเครื่องมือให้เหมาะสมกับลักษณะงานโดยเน้นความแข็งแรง ทนทาน และใช้งานง่าย จะส่งผลให้เครื่องมือมีคุณภาพสูงและได้รับการยอมรับจากผู้ใช้งานนอกจากนี้ ยังสอดคล้องกับแนวทางการออกแบบเครื่องมือพิเศษตามหลักการของ Ulrich และ Eppinger [7] ที่เน้นว่า การออกแบบผลิตภัณฑ์ควรคำนึงถึงความสะดวกในการใช้งาน (usability) และความสะดวกในการซ่อมบำรุง (serviceability) เพื่อยืดอายุการใช้งานของเครื่องมือ รวมทั้งการปรับปรุงให้เหมาะสมกับการผลิตจริง (design for manufacturability) ซึ่งช่วยเพิ่มคุณภาพโดยรวมของเครื่องมืออีกด้วย

4.2 ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ

จากการประเมินการออกแบบเครื่องมือพิเศษติดรถแบ็กโฮสำหรับตัดกิ่งไม้ต้นแบบ โดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 3.84 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดี โดยมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.82 ในขณะที่ผลการประเมินเครื่องมือพิเศษติดรถแบ็กโฮสำหรับตัดกิ่งไม้แบบถอด-ประกอบได้ พบว่ามีคะแนนเฉลี่ยคือ 3.57 อยู่ในเกณฑ์ดี เช่นกัน และมีค่าส่วนเบี่ยงเบน

มาตรฐานเท่ากับ 0.79 จากผลการประเมินดังกล่าว สะท้อนให้เห็นว่าเครื่องมือพิเศษติดรถแบ็กโฮสำหรับตัดกิ่งไม้แบบถอด-ประกอบได้มีคุณภาพที่ดีกว่า เนื่องจากรูปแบบการออกแบบที่สามารถถอดและประกอบได้ช่วยให้สะดวกต่อการบำรุงรักษา และการเคลื่อนย้าย ในขณะที่เครื่องมือต้นแบบที่มีการเชื่อมติดแน่นรอบตัวเครื่องมือมีข้อจำกัดในด้านความสะดวกในการซ่อมบำรุงและการขนย้าย

4.3 ข้อเสนอแนะ

4.3.1 ข้อเสนอแนะการนำผลวิจัยไปใช้

4.3.1.1 การออกแบบเครื่องมือพิเศษติดรถแบ็กโฮสำหรับตัดกิ่งไม้ต้นแบบควรออกแบบให้มีการบำรุงรักษาได้ง่าย ปลอดภัย และสะดวกต่อการใช้งานและง่ายต่อการผลิต

4.3.1.2 การ Simulation ตัวหัวเครื่องมือพิเศษติดรถแบ็กโฮสำหรับตัดกิ่งไม้โดยรวม ตัวหัวสร้างแข็งแรงกว่าที่จำเป็น อาจมีโอกาสในการปรับปรุงการออกแบบเพื่อลดน้ำหนัก ลดต้นทุน หรือเพิ่มประสิทธิภาพวัสดุให้เหมาะสมมากขึ้น

4.3.1.3 การ Simulation ใบมีดและเพลลาของเครื่องมือพิเศษติดรถแบ็กโฮสำหรับตัดกิ่งไม้โมเดลปัจจุบันมีความเสี่ยงสูงต่อการเสียหาย จำเป็นต้องปรับปรุงการออกแบบเพื่อให้สามารถรับแรงได้อย่างปลอดภัยมากขึ้น

4.3.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

4.3.2.1 สร้างเครื่องมือพิเศษติดรถแบ็กโฮสำหรับตัดกิ่งไม้ต้นแบบ

4.3.2.2 ข้อจำกัดและในเรื่องการเดินทาง เวลา และอุปกรณ์ เนื่องจากต้องทำการสร้าง เครื่องมือพิเศษติดรถแบ็กโฮสำหรับตัดกิ่งไม้ต้นแบบที่บริษัท ทีซี บราเธอร์ส แพค จำกัด [8] ซึ่งตั้งอยู่ที่จังหวัดนครสวรรค์ ทำให้ต้องมีการติดต่อกับทางฝ่ายผลิตอยู่เสมอและควรกำหนดระยะเวลาในการปฏิบัติงานให้มีเวลาในการปฏิบัติงานมากขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

บทความฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยจากความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของอาจารย์โชคชัย อลงกรณ์ทักษิณ, ดร.คมสันต์ ชโนศวรรย์ และ ดร.คณศ จุลสุครุฑ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์และขอขอบคุณ นายวรพล โตสิริภัทร ผู้จัดการบริษัท ทีซี บราเธอร์ส แพค จำกัด (สำนักงานใหญ่) ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการวิจัยมาโดยตลอด ขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านซึ่งได้คำแนะนำ และชี้ข้อบกพร่องต่าง ๆ รวมทั้งตรวจสอบ แก้ไขเพื่อให้เกิดความสมบูรณ์ และถูกต้องมากขึ้น ขอขอบคุณสำนักหอสมุดกลาง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือที่เอื้อเฟื้อหนังสือและข้อมูลในการทำปริญญานิพนธ์ครั้งนี้ สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ขอขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงตลอดจน ครอบครัวที่อยู่ให้กำลังใจและสนับสนุนต่อคณะผู้จัดทำอย่างมั่นคงและสม่ำเสมอจนทำให้งานปริญญานิพนธ์นี้ สำเร็จไปด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] มงคล กวางวโรภาส. การวิจัยและพัฒนาเครื่องกลไกที่ใช้ตัดแต่งกิ่งไม้ผลชนิดทำงานด้วยระบบนิวแมติกส์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สถาบันวิจัยและพัฒนา, กรุงเทพฯ. 2540.
- [2] ธนาวัฒน์ ทิพย์ชิต และคณะ. ได้ศึกษาพัฒนาเครื่องมือตัดแต่งกิ่งแบบมอเตอร์เกียร์ทดกำลังเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและทุเรียนคุณภาพ. กรมวิชาการเกษตร. 2561.
- [3] ธเนศ มหัทธนาลัย. (21 ธันวาคม 2564). แนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรม ปี 2564–2566 ธุรกิจรับเหมาก่อสร้าง. สืบค้นจาก <https://www.krungsri.com/th/research/industry/industry-outlook/construction-construction-materials/construction-contractors/io/io-construction-contractor-21>.

- [4] พุทธชาติ ลุนคำ. (23 ธันวาคม 2564). แนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรม ปี 2567-2569: ธุรกิจวัสดุก่อสร้าง. สืบค้นจาก <https://www.krungsri.com/th/research/industry/industry-outlook/construction-construction-materials/construction-contractors/io/construction-contractor-2024-2026>.
- [5] ไชยพล มงคล, ศิริศักดิ์ เชิดเกียรติพล และ ัญญา นิยมภา. การทดสอบสมรรถนะเครื่องพรวนจอบหมุนที่ใช้ใบมีดจอบหมุนต่างชนิดสำหรับรถแทรกเตอร์. รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9: วิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, นครปฐม, 2555. 25-32.
- [6] ศุภกานต์ กันตพีร์ และ อติชาติ นามวงศ์. เครื่องตัดใบส่วนขุดดิน. สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาครุศาสตร์ เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ. 2566.
- [7] K. T. Ulrich and S. D. Eppinger. Product Design and Development, พิมพ์ครั้งที่ 6, McGraw-Hill Education: สหรัฐอเมริกา, 2016.
- [8] บริษัท ทีซี บราเธอร์ส แพล จำกัด. (9 มิถุนายน 2565). Auger-ส่วนเจาะดิน. สืบค้นจาก <https://www.tc-brothers.com/augers>

เกณฑ์การประเมินวัฒนธรรมความปลอดภัยในการดูแลผู้ป่วยของเภสัชกรโรงพยาบาล: การทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ

Patient Safety Culture Assessment Criteria for Hospital Pharmacist: A Systematic Review

เจสินันท์ ปันนันท์¹ และ ศุภชัย อินสุข^{2*}

¹ นิสิตปริญญาโท หลักสูตรเภสัชศาสตรมหาบัณฑิต (เภสัชกรรมชุมชน) คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

² ภาควิชาเภสัชกรรมปฏิบัติ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

*E-mail: suppachaii@nu.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ เป็นการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบเพื่อรวบรวมข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างและพัฒนาแบบประเมินวัฒนธรรมความปลอดภัยในการดูแลผู้ป่วย ทั้งในบริบทของบุคลากรโรงพยาบาล และเภสัชกร มีจุดประสงค์ของการสืบค้นคือ เพื่อค้นหาประเด็นที่ใช้ในการประเมินวัฒนธรรมความปลอดภัยในการดูแลผู้ป่วยของเภสัชกรโรงพยาบาล โดยสืบค้นใน 4 ฐานข้อมูล ได้แก่ CENTRAL, Medline ผ่าน platform PubMed, ScienceDirect และ Scopus ใช้คำค้น “patient safety culture” “patient safety climate” “hospital” “pharmacy” “rating scale” “framework” เป็นต้น มีการคัดเลือกงานวิจัยเพื่อใช้ในการศึกษาตามแนวทางหลักการของ PRISMA อีกทั้งยังมีการใช้แบบสกัดข้อมูลที่ออกแบบขึ้นโดยอิงตามกรอบงาน PICO จากการศึกษา 2,817 บทความ มีการศึกษาจำนวน 100 บทความที่ตรงตามเกณฑ์การคัดเข้า และมีการจัดกลุ่มตามความคล้ายคลึงกันของแบบประเมิน เหลือคำถาม 48 ข้อ จัดเป็น 7 โดเมน ได้แก่ การทำงานเป็นทีมในหน่วยงาน หัวหน้างาน การสื่อสาร patient counselling ระดับความปลอดภัยในการดูแลผู้ป่วย (patient safety grade) โรงพยาบาล และจำนวนและความถี่ของรายงาน อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้ควรมีการประเมินคุณภาพของการศึกษาที่ผ่านการคัดเข้า เพื่อลดความคลาดเคลื่อนจากอคติในขั้นตอนงานวิจัยต่าง ๆ

คำสำคัญ: เกณฑ์การประเมิน วัฒนธรรมความปลอดภัยในการดูแลผู้ป่วย เภสัชกรโรงพยาบาล การทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ

Abstract

This study is a systematic review to collect data and research on the creation and development of a patient safety culture assessment in both the context of hospital personnel and pharmacists. The purpose of the search was to find the issues used in assessing the patient safety culture of hospital pharmacists. By conducting in 4 databases: CENTRAL, Medline via the PubMed platform, ScienceDirect, and Scopus. The search terms were “patient safety culture,” “patient safety climate,” “hospital,” “pharmacy,” “rating scale,” “framework,” etc. The research was selected for the study according to the PRISMA

principles. In addition, a data extraction form designed based on the PICO framework was used. From 2,817 studies, 100 articles met the inclusion criteria. And it is grouped according to the similarity of the assessment, leaving 48 questions, organized into 7 domains: teamwork in the department, supervisors, communication, patient counseling, patient safety grade, hospital, and number and frequency of reports. However, the risk of bias assessment of the included studies should be assessed in this study to reduce biases at various research stages.

Keywords: Assessment criteria, Patient Safety Culture, Hospital Pharmacist, Systematic review

1. บทนำ

วัฒนธรรมเป็นแบบแผน ความเชื่อ ค่านิยม ทศนคติ บรรทัดฐานและข้อตกลงเบื้องต้นที่เข้าใจกันโดยไม่ต้องอธิบาย และเป็นกระบวนการที่มีอิทธิพลต่อการที่บุคคลมีพฤติกรรมแสดงออกและการทำงานร่วมกัน และวัฒนธรรมความปลอดภัยขององค์กร (Safety culture of an organization) หมายถึง การที่บุคลากรในองค์กรมีการตระหนักและเฝ้าระวังเกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ ที่มีแนวโน้มว่าอาจเกิดความผิดพลาดอย่างต่อเนื่อง โดยทั้งบุคลากรและองค์กรสามารถระบุความผิดพลาด เรียนรู้จากสิ่งที่เกิดขึ้นและจัดการกระทำเพื่อแก้ไขให้ถูกต้อง [1] การสร้างความตระหนักต่อวัฒนธรรมความปลอดภัยเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับระบบอุตสาหกรรมด้านการบริการสุขภาพและเป็นองค์ประกอบที่สำคัญและจำเป็นต่อการปรับปรุงความปลอดภัยในการดูแลผู้ป่วยจึงเป็นสิ่งที่ท้าทายที่ต้องมีการเปลี่ยนทั้งแนวคิดและวัฒนธรรม

วัฒนธรรมความปลอดภัยในการดูแลผู้ป่วย (patient safety culture) เป็นผลผลิตของค่านิยม ทศนคติ การรับรู้ความสามารถ และรูปแบบพฤติกรรมของกลุ่มและบุคคลที่เป็นตัวกำหนดความมุ่งมั่น รูปแบบ และความเชี่ยวชาญในการจัดการความปลอดภัยในการดูแลผู้ป่วยด้านการบริการสุขภาพ [2] ทั้งนี้วัฒนธรรมความปลอดภัยในการดูแลผู้ป่วยเป็นส่วนหนึ่งของวัฒนธรรมองค์กรที่ต้องการความเป็นเอกลักษณ์และมีการปฏิบัติเป็นแนวทางเดียวกันว่าบุคลากรจะทำงานในระดับหน่วยงาน หรือองค์กรที่แตกต่างกัน โดยมีเป้าหมายให้ผู้ป่วยได้รับความปลอดภัยในการดูแลรักษา ซึ่งเป็นเป้าหมายสูงสุดขององค์กร [3] และยังเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อความปลอดภัยผู้ป่วย ที่เน้นความปลอดภัยให้กับผู้ป่วย เพื่อให้เกิดความปลอดภัย ลดความผิดพลาดทางการแพทย์ วัฒนธรรมความปลอดภัยที่เข้มแข็งจะช่วยให้การลดอันตรายต่อผู้ป่วยโดยจะช่วยกำจัดความเสี่ยง (risks) และอันตรายที่สามารถป้องกันได้ (preventable harm) ได้ และยังมีช่วยเสริมสร้างสภาพแวดล้อมการทำงานที่ปลอดภัยสำหรับบุคลากรทางการแพทย์อีกด้วย ความสำคัญอย่างยิ่งต่อการจัดหาสภาพแวดล้อมการทำงานที่ปลอดภัยสำหรับบุคลากรทางการแพทย์อีกด้วย [4- 5] นอกจากนี้วัฒนธรรมความปลอดภัยในสถานบริการด้านสุขภาพ ยังมีความสัมพันธ์โดยตรงกับคุณภาพของการดูแลผู้ป่วย และช่วยลดจำนวนเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ ระยะเวลาในการพักรักษาตัวในโรงพยาบาลและการเสียชีวิต อีกทั้งเพิ่มระดับความพึงพอใจและลดภาวะเครียดในกลุ่มบุคลากรทางการแพทย์ด้วย อย่างไรก็ตามก่อนที่จะดำเนินการใด ๆ ที่ส่งเสริมวัฒนธรรมความปลอดภัยในสถาบัน จะต้องได้รับการประเมินและทำความเข้าใจก่อน โดยค้นหาวิธีที่ดีที่สุดในการประเมินวัฒนธรรมด้านความปลอดภัย โดยพิจารณาจากวิสัยทัศน์ ภารกิจ และวัตถุประสงค์ อย่างไรก็ตาม การวัดวัฒนธรรมความปลอดภัยในสถานบริการสุขภาพโดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือสำคัญในการประเมินคุณภาพการดูแลที่มอบให้ผู้ป่วย และสามารถทำได้ก่อนและหลังการดำเนินการตามมาตรการ เช่น การฝึกอบรมเจ้าหน้าที่และกิจกรรมที่สามารถลดความเครียดของผู้เชี่ยวชาญได้ [5]

การใช้แบบประเมินเพื่อวัดวัฒนธรรมความปลอดภัยในการดูแลผู้ป่วย สำหรับบุคลากรโรงพยาบาลอย่างแพร่หลาย แต่ยังไม่พบแบบประเมินสำหรับเภสัชกรโรงพยาบาลในประเทศไทย โดยแบบประเมินวัฒนธรรมความปลอดภัยในการดูแลผู้ป่วยของบุคลากรในสถานบริการด้านสุขภาพต่าง ๆ ที่ใช้อย่างแพร่หลายในประเทศไทย คือ แบบสำรวจ Hospital Survey on

Patient Safety Culture (HSOPS) ที่พัฒนาโดย Agency for Healthcare Research and Quality (AHRQ) ซึ่งเป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบการวิจัยระบบสุขภาพของสหรัฐอเมริกา ซึ่งทางสถาบันรับรองคุณภาพสถานพยาบาล (สรพ.) ได้รับอนุญาตให้แปลเป็นภาษาไทย เพื่อใช้เป็นเครื่องมือพัฒนาคุณภาพที่ใช้ประเมินวัฒนธรรมความปลอดภัยของโรงพยาบาล ที่สามารถดำเนินการได้เองตามบริบทจากการมีส่วนร่วมในการตอบแบบสำรวจของบุคลากรโรงพยาบาลทุกระดับ และนำมาประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูลในมิติมุมมอง ซึ่งผู้บริหารสามารถนำข้อมูลผลลัพท์นั้น ไปสู่การวางแผนพัฒนาองค์กร ส่งเสริมวัฒนธรรมความปลอดภัยในองค์กรได้ [6] แต่แบบประเมินนี้เป็นบริบทภาพรวมของบุคลากรโรงพยาบาล ไม่ได้เจาะจงถึงบทบาทของเภสัชกรโดยตรง

ทั้งนี้ AHRQ ยังมีการพัฒนาแบบประเมินวัฒนธรรมความปลอดภัยในการดูแลผู้ป่วยสำหรับเภสัชกร คือแบบประเมิน Community Pharmacy Survey on Patient Safety [7] แต่เป็นบริบทของเภสัชกรร้านยา จึงไม่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับเภสัชกรในประเทศไทยได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงงานวิจัยนี้เพื่อค้นหาหัวข้อหรือโดเมนในการสร้างแบบประเมินวัฒนธรรมความปลอดภัยในการดูแลผู้ป่วย สำหรับเภสัชกรโรงพยาบาลในประเทศไทย

วัตถุประสงค์

เพื่อค้นหาหัวข้อในการสร้างแบบประเมินวัฒนธรรมความปลอดภัยในการดูแลผู้ป่วย สำหรับเภสัชกรโรงพยาบาลในประเทศไทย

2. วิธีการวิจัย

2.1 กลยุทธ์การสืบค้นและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1.1 ฐานข้อมูลที่ใช้ในการค้นหา

ผู้วิจัยได้ทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบในการรวบรวมข้อมูล โดยสืบค้นจาก 4 ฐานข้อมูล ได้แก่

1. CENTRAL (Cochrane Central Register of Controlled Trials) 2. Medline ผ่าน platform PubMed 3. ScienceDirect และ 4. Scopus นอกจากนี้ยังสืบค้นงานวิจัยที่ไม่ได้รับการตีพิมพ์จาก ClinicalTrials.gov (www.clinicaltrials.gov) และ The International Clinical Trials Registry Platform (<https://trialsearch.who.int>) เนื่องจากทาง AHRQ ได้มีการพัฒนา Hospital Survey on Patient Safety Culture (HSOPS) ในเดือน พฤศจิกายน ค.ศ. 2004 ดังนั้นจึงกำหนดการสืบค้นงานวิจัยที่ตีพิมพ์ตั้งแต่ พฤศจิกายน ค.ศ. 2004 ถึง สิงหาคม ค.ศ. 2024

2.1.2 คำสำคัญและ search strategy

กำหนด search strategy ใช้คำค้น 3 กลุ่ม และแต่ละกลุ่มเชื่อมด้วย AND ได้แก่ 1. (“patient safety culture” OR “patient safety climate”) 2. (hospital OR pharmacy OR “health system”) 3. (“rating scale” OR assess* OR evaluat* OR checklist OR “Content analysis” OR framework)

2.2 เกณฑ์การคัดเลือกงานวิจัย

เกณฑ์การคัดเข้างานวิจัย คือ 1. เป็นงานวิจัยเกี่ยวกับการประเมินวัฒนธรรมความปลอดภัยในการดูแลผู้ป่วยทั้งหมด 2. การประเมินวัฒนธรรมความปลอดภัย มีกลุ่มเป้าหมายเป็นบุคลากรโรงพยาบาล หรือเภสัชกร 3. บทความใช้ภาษาอังกฤษในการตีพิมพ์เท่านั้น สำหรับเกณฑ์การคัดออก ได้แก่ 1. ใช้แบบประเมินวัฒนธรรมความปลอดภัยในการดูแลผู้ป่วยของงานวิจัยอื่น โดยแปลมาจากแบบประเมินอื่น และ 2. เป็นบทความที่ไม่ใช่ original article

2.3 การสืบค้นและคัดเลือกงานวิจัย

การศึกษานี้ใช้การสืบค้นและคัดเลือกงานวิจัยตามหลักการ Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses (PRISMA) flow diagram [8] ดำเนินการพิจารณาการศึกษาตามเกณฑ์การคัดเลือกงานวิจัย โดยผู้วิจัย 2 ท่านอย่างเป็นอิสระต่อกัน

ขั้นตอนแรก ทำการคัดกรองการศึกษา โดยพิจารณาจากชื่อเรื่องและบทคัดย่อ หากตรงกันกับเกณฑ์การคัดเลือกงานวิจัย (เป็นการศึกษาที่มีการออกแบบ และ/หรือ ทดสอบแบบประเมินวัฒนธรรมความปลอดภัยในการดูแลผู้ป่วย และมีกลุ่มเป้าหมายเป็นบุคลากรโรงพยาบาล และ/หรือ เภสัชกร) จะถูกคัดเลือกเข้ามา หากบทคัดย่อมีข้อมูลไม่เพียงพอจะถูกคัดออก โดยหากได้ผลไม่ตรงกันจะมีการนำข้อมูลมาทบทวนใหม่และอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปร่วมกัน

2.4 การวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูล

การศึกษานี้ใช้แบบสกัดข้อมูลที่ผู้วิจัยออกแบบขึ้นโดยอิงตามกรอบงาน PICO[9] โดยมีหัวข้อ รูปแบบการศึกษา กลุ่มเป้าหมาย และเครื่องมือที่ใช้ประเมินวัฒนธรรมความปลอดภัยในการดูแลผู้ป่วย การสกัดข้อมูลของงานวิจัยที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกทั้งหมดทำโดยผู้วิจัย 2 ท่าน หากได้ผลไม่ตรงกันจะต้องทบทวนใหม่และอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปร่วมกัน หรือมีการสอบถามจากผู้ตรวจสอบท่านอื่น จากนั้นวิเคราะห์เพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับประเด็นหรือมิติในการประเมินวัฒนธรรมความปลอดภัยในการดูแลผู้ป่วย สำหรับเภสัชกรโรงพยาบาลในประเทศไทย เพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาแบบประเมิน Patient Safety Culture for Hospital Pharmacist version 1

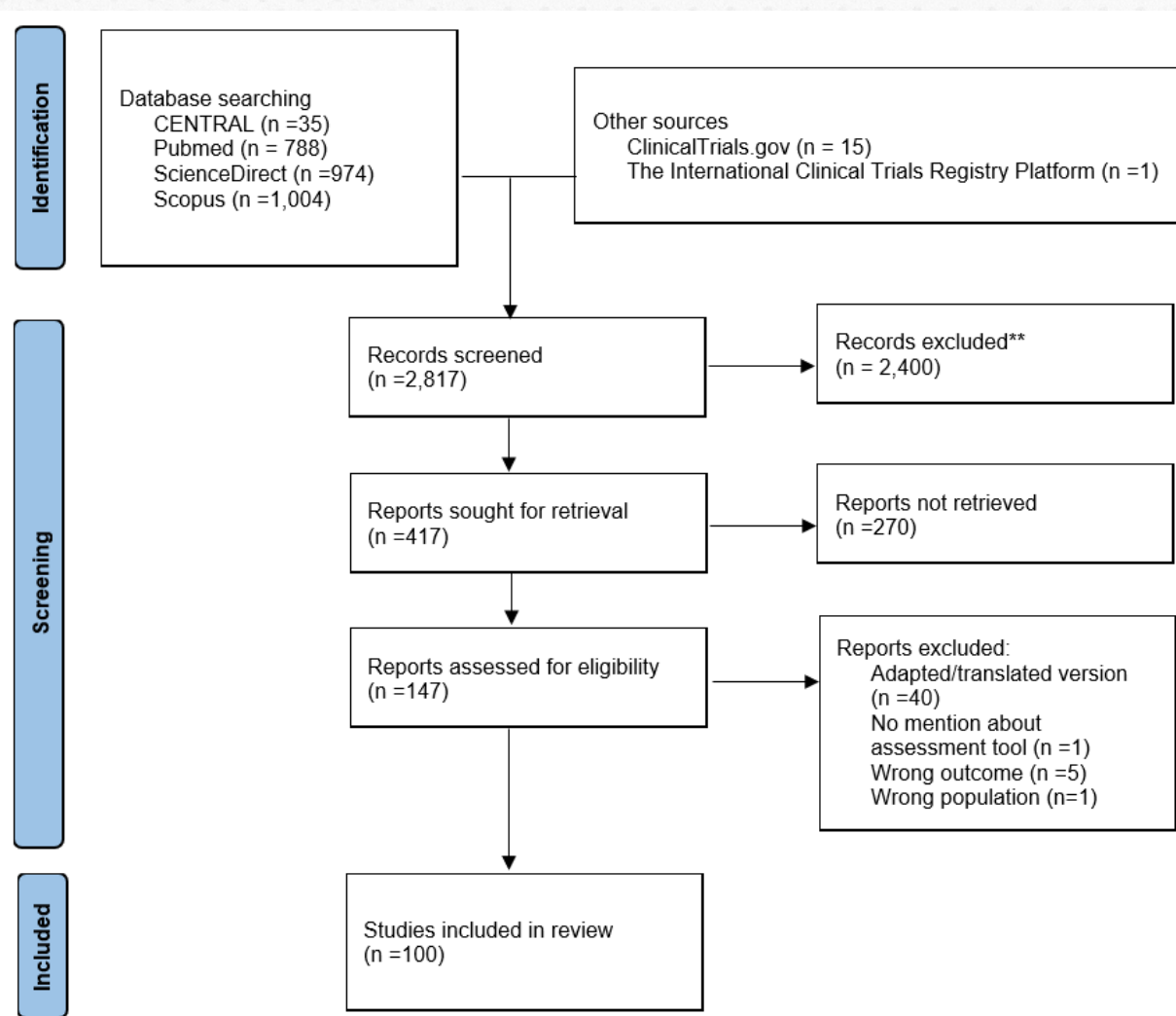
2.5 การจัดกลุ่ม

การประเมินคุณภาพที่สกัดมาจากการศึกษาโดยผู้วิจัย 2 คน โดย การประเมินคุณภาพที่ใช้ในแต่ละการศึกษา จะถูกจัดกลุ่มตามความคล้ายคลึงกันของการประเมิน ซึ่งจะทำให้ได้เกณฑ์การประเมิน และจะถูกจัดกลุ่มเป็นโดเมนคุณภาพเดียวกัน หากไม่ตรงกันจะนำมาทบทวนและอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปร่วมกัน

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 การค้นหาและคัดเลือกการศึกษา

ภาพที่ 1 เป็นแผนผังกระบวนการ PRISMA แสดงผลการคัดเลือกการศึกษาที่ระบุในฐานข้อมูลแต่ละแห่งและจำนวนงานวิจัยที่คัดออก มีการสืบค้นการศึกษาได้ทั้งหมด 2,817 บทความ จากนั้นมีการตรวจสอบการศึกษาซ้ำ รวมถึงคัดกรองจากชื่อเรื่องและบทคัดย่อแล้ว เหลือการศึกษาที่ต้องตรวจสอบบทความฉบับเต็ม 417 บทความ โดยได้บทความฉบับเต็มจำนวน 147 บทความ และทำการคัดเข้าการศึกษาตามเกณฑ์ได้การศึกษาที่ตรงตามเกณฑ์คุณสมบัติจำนวน 100 บทความ ดังแสดงในตารางที่ 1



ภาพที่ 1 PRISMA FLOW DIAGRAM แสดงผลการคัดเลือกงานวิจัยเพื่อใช้ในการศึกษา

ตารางที่ 1 งานวิจัยที่ผ่านการคัดเลือกจากการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ

การศึกษา	กลุ่มเป้าหมาย	รูปแบบการศึกษา	แบบประเมิน
Ansari SP., et al.[10]; Alshammari F., et al.[11]; Hannah KL., et al[12]; Alahmadi HA.[13]; Ziarukh S.and Sabir A.[14]; Alenezi A., et al.[15]; Profit J, et al.[16]; Alex Kim RJ.,et al[17]; Raziani Y.,et al[18]; Lima de Andrade LE,et al[19]; Gambashidze N, et al[20]; Mehralian G, et al[21]; Fassarella CS, et al[22]; Salem M, et al[23]; Abreu IM, et al[24]; Hurtado- Arenas P, et al.[25]; Aljaffary A, et al[26]; Algethami F., et al[27]; Segura-García MT, et al[28]; Pedrosó AC,	Healthcare professionals	CS	HSOPSC

ตารางที่ 2 งานวิจัยที่ผ่านการคัดเลือกจากการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ (ต่อ)

การศึกษา	กลุ่มเป้าหมาย	รูปแบบการศึกษา	แบบประเมิน
et al[29]; Oliveira FDS, et al[30]; Carvalho Lemos G, et al[31]; Silva SCD, et al[32]; Fujita S, et al[33]; Fuseini AKJ, et al[34]; Bashir H, et al[35]; Rawas H. and Abou Hashish EA [36]; Poku CA, et al[37]; Abuosi AA, et al[38]; Adamson L, et al[39]; Ventura MWS, et al[40]; Notaro KAM, et al[41]; Schmidt M, et al[42]; Teles M. and Kaya S.[43]; Afework A.,et al[44]; Vifladt A, et al[45]; Wu Y., et al[46]; Amarneh BH. and Nobani FA[47]; Yesilyaprak T and Korkmaz FD[48]			
Alkafh D. and Alonazi W.[49]; Bonds RL[50]	Healthcare professionals	DESC	HSOPSC
Hamid S, et al[51]; Granel-Giménez N, et al[52]	Healthcare professionals	ANA	HSOPSC
Hezbollahi NB., et al.[53]	Physicians	CS	HSOPSC
Sivanandy P., et al.[54]; Khatri SA.,et al.[55]	Pharmacists, Pharmacy staff	CS	HSOPSC
Oliveira I, et al[56]	Dental professionals	CS	HSOPSC
Abrishami R., et al.[57]; Adams-Pizarro I., et al.[58]; Johnson J.,et al[59]; Al-Surimi K., et al[60]	Nurses, Healthcare professionals	EXP	HSOPSC
Rotta ALO., et al.[61]; Batalha E., et al.[62]; Al-Awa B., et al.[63]; Ma’Mari QA.,et al.[64]; Ribeliene J., et al.[65]; Bahrami MA,et al[66]; Chen IC,et al[67]; Alrasheadi BA,et al[68]; Alrasheeday AM, et al[69]; Al-Dossary RN[70]; Hameed S., et al[71]; Alsulami A, et al[72]; Bartoničková D, et al[73]; Farzi S, et al[74]; Brás CPC, et al[75]; Zhong X, et al[76]; Sanchis DZ, et al[77]; Pedroni VS, et al[78]; Ebrahimabadi M, et al[79]; Pousette A, et al[80]	Nurses	CS	HSOPSC
Weaver SJ, et al[81]; Nicácio MC[82]	Nurses	ANA	HSOPSC
Moghri J.,et al[83]; Ribeiro AC, et al[84]; Karademirler Y. and Manav G.[85]; Richter JP, et al[86]	Nurses	DESC	HSOPSC
Juliasih NN, et al[87]; Nthumba PM, et al[88]	Nurses	OBS	HSOPSC

ตารางที่ 3 งานวิจัยที่ผ่านการคัดเลือกจากการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ (ต่อ)

การศึกษา	กลุ่มเป้าหมาย	รูปแบบการศึกษา	แบบประเมิน
Okafor CH.,et al.[89]; Shahian DM, et al[90]	Radiology health workers	CS	HSOPSC
Omid L., et al.[91]; Azyabi A., et al.[92]; Alsaleh FM., et al.[93]; Rawlings JE., et al.[94]; Abdurabuh A.,et al.[95]; Al-Surimi K, et al[96];	Pharmacy staff	CS	PSOPSC
Aboneh EA.,et al.[97]; Granel N, et al.[98]; Kolankiewicz ACB, et al[99]; Al-Mandhari A, et al[100]; Kolankiewicz ACB,et al[101]; Toso GL, et al[102]; Al-Khalifa KS.,et al[103]; Tang NH, et al[104]	Nurses, pharmacists, healthcare professionals	CS, OBS, DESC	SAQ
Banaszak-Holl J.,et al.[105]; Davoodi R, et al[106]	Nursing home staff, Healthcare professionals	CS	Unknown
Draganović S. and Offermanns G.[107]	Healthcare professionals	CS	A-PaSKI
Kosydar-Bochenek J, et al[108]	Pharmacists	CS	EMS-SAQ

หมายเหตุ

- CS: Cross-sectional, EXP: Experimental, OBS: Observational, DESC: Descriptive, ANA: Analytical
- HSOPSC: Hospital Survey on Patient Safety Culture
- PSOPSC: Pharmacy Survey on Patient Safety Culture
- SAQ: Safety Attitude Questionnaire
- A-PaSKI: Austrian Patient Safety Climate Inventory
- EMS-SAQ: Emergency Medical Services Safety Attitudes Questionnaire

ลักษณะของการศึกษาที่คัดเข้า

ลักษณะทั่วไปของการศึกษาที่ผ่านการคัดค้านำเสนอในตารางที่ 2 ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาแบบสังเกต 96 บทความ และส่วนใหญ่ใช้แบบประเมิน Hospital Survey on Patient Safety Culture (HSOPSC) จำนวน 83 บทความ (ร้อยละ 83) โดยมี 1 บทความที่ใช้ 2 แบบประเมิน กลุ่มเป้าหมายของการศึกษาส่วนใหญ่เป็นบุคลากรทางการแพทย์ที่ไม่ได้เจาะจงวิชาชีพใด 53 บทความ (ร้อยละ 53) รองลงมาเป็นพยาบาล 36 บทความ

ตารางที่ 4 แสดงลักษณะของการศึกษาที่ผ่านการคัดเลือก

หัวข้อ	จำนวนการศึกษา (n=100)
Study design	
Observational study	96
Experimental study	4
Target populations	
Healthcare professionals	53
Nurses	36
Radiology health workers	2
Pharmacists	2
Community pharmacists	2
Physicians	1
Pharmacy staff	1
Dental professionals	1
Pharmacy department staff	1
Nursing home staff	1
Assessment tool	
Hospital Survey on Patient Safety Culture (HSOPSC)	83*
Safety Attitude Questionnaire (SAQ)	9*
Pharmacy Survey on Patient Safety Culture (PSOPSC)	5
unknown assessment tool	2
Austrian Patient Safety Climate Inventory (A-PaSKI)	1
Emergency Medical Services Safety Attitudes Questionnaire (EMS-SAQ)	1

*หมายเหตุ: 1 บทความที่ใช้แบบประเมิน 2 อย่าง

การจัดกลุ่มของแบบประเมิน patient safety culture

แบบประเมินวัฒนธรรมความปลอดภัยของผู้ป่วยในสถานพยาบาลที่ใช้กันอย่างแพร่หลายมากที่สุด คือ Hospital Survey on Patient Safety Culture (HSOPSC) อย่างไรก็ตามแบบประเมินที่มีกลุ่มเป้าหมายเฉพาะเจาะจงกับเภสัชกร คือ Pharmacy Survey on Patient Safety Culture (PSOPSC) จึงมีการจัดกลุ่มตามความคล้ายคลึงกันของแบบประเมินเหลือคำถาม 48 ข้อ จัดเป็น 7 โดเมน ดังตารางที่ 3 ได้แก่ การทำงานเป็นทีมในหน่วยงาน หัวหน้างาน การสื่อสาร Patient counselling ระดับความปลอดภัยในการดูแลผู้ป่วย (Patient Safety Grade) โรงพยาบาล และจำนวนและความถี่ของรายงาน โดยโดเมน “การทำงานเป็นทีมในหน่วยงาน” เป็นโดเมนที่พบมากที่สุดในการประเมินวัฒนธรรมความปลอดภัยในการดูแลผู้ป่วย ทั้งนี้แบบประเมินที่ไม่ได้นำมาจัดเป็นโดเมนใด ๆ เนื่องจากมีการศึกษาที่กล่าวถึง คือแบบประเมิน Austrian Patient Safety Climate Inventory (A-PaSKI) และ Emergency Medical Services Safety Attitudes Questionnaire (EMS-SAQ) เพียงอย่างละ 1 การศึกษา

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบโดเมนของแบบประเมิน

Hospital Survey on Patient Safety Culture (HSOPSC)	Pharmacy Survey on Patient Safety Culture (PSOPSC)	Patient Safety Culture for Hospital Pharmacist version 1
Teamwork	Teamwork	พื้นที่ปฏิบัติงาน/หน่วยงานของท่าน
Staffing, Work Pressure, and Pace	Staffing, Work Pressure, and Pace	
Communication Openness/about mistakes/response	Communication Openness/about mistakes/response	communications
-	Patient Counseling	patient counselling
Organizational Learning	Organizational Learning	โรงพยาบาลของท่าน
Continuous Improvement	Continuous Improvement	
-	Overall Perceptions of Patient Safety	Patient safety grade
Supervisor, Manager, or Clinical Leader Support for Patient Safety	-	หัวหน้างานของท่าน
Reporting Patient Safety Events	-	จำนวนรายงาน

สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล

ได้แบบประเมินวัฒนธรรมความปลอดภัยในการดูแลผู้ป่วยทั้งหมด 7 โดเมน ได้แก่ การทำงานเป็นทีมในหน่วยงาน หัวหน้างาน การสื่อสาร patient counselling ระดับความปลอดภัยในการดูแลผู้ป่วย (patient safety grade) โรงพยาบาล และจำนวนและความถี่ของรายงาน โดยมีคำถามรวมทั้ง 48 คำถาม อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ยังขาดกระบวนการประเมินคุณภาพการศึกษา เพื่อลดความคลาดเคลื่อนจากปัญหาอคติจากการออกแบบวิจัย หรือการรายงานผล โดยในการศึกษาครั้งนี้ บทความส่วนใหญ่เป็นการศึกษารูปแบบ Cross-sectional study เครื่องมือที่ใช้ประเมินคุณภาพที่สามารถใช้ได้ ได้แก่ The Critical Appraisal Skills Programme (CASP) checklist, The National Institutes of Health (NIH) quality assessment tool, The Joanna Briggs Institute (JBI) critical appraisal checklist และ Appraisal tool for Cross-Sectional Studies (AXIS) tool เป็นต้น [109]

4. บทสรุป

จากการทบทวนข้อมูลในบทความนี้ ได้โดเมนของการประเมินวัฒนธรรมความปลอดภัยในการดูแลผู้ป่วยของเภสัชกรโรงพยาบาล จำนวน 7 โดเมน โดยควรใช้โดเมนเหล่านี้ในกระบวนการพัฒนาประเมินวัฒนธรรมความปลอดภัยในการดูแลผู้ป่วยของเภสัชกรโรงพยาบาลในประเทศไทย อย่างไรก็ตามควรมีการประเมินคุณภาพของการศึกษาที่ผ่านการคัดเข้าเพื่อลดความคลาดเคลื่อนจากอคติในขั้นตอนงานวิจัยต่าง ๆ

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] วิธนา จีระแพทย์ และ เกรียงศักดิ์ จีระแพทย์. การบริหารความปลอดภัยของผู้ป่วย แนวคิด กระบวนการแนวปฏิบัติความปลอดภัยทางคลินิก. บริษัทอีเลฟเว่นคัลเลอร์ส. กรุงเทพมหานคร. 2550.

- [2] *What Is Patient Safety Culture?. Content last reviewed June 2024. Agency for Healthcare Research and Quality, Rockville, MD. (March, 2022).* <https://www.ahrq.gov/sops/about/patient-safety-culture.html>
- [3] Kirk S, P. D., Claridge T, Esmail A, Marshall M. (2007). Patient safety culture in primary care: developing a theoretical framework for practical use. *Qual Saf Health Care*, 16(4), 313-320. doi: 10.1136/qshc.2006.018366. PMID: 17693682; PMCID: PMC2464946.
- [4] Organization, W. H. (2021). *Global patient safety action plan 2021–2030: towards eliminating Avoidable harm in health care. Geneva.*
<https://scholar.google.com/scholar?q=World+Health+Organization+.++Global+patient+safety+action+plan+2021%E2%80%932030:+towards+eliminating+Avoidable+harm+in+health+care+.++Geneva+,.++2021+.+>
- [5] Carvalho, R., Bates, D. W., Syrowatka, A., Almeida, I., Sousa, L., Goncalves, J., Oliveira, N., Gama, M., & Alencar, A. P. (2023). Factors determining safety culture in hospitals: a scoping review. *BMJ Open Qual*, 12(4). <https://doi.org/10.1136/bmj-oq-2023-002310>
- [6] สถาบันรับรองคุณภาพสถานพยาบาล (องค์การมหาชน). (1 มีนาคม 2567). การสร้างวัฒนธรรมความปลอดภัยและประเมินวัฒนธรรมความปลอดภัย *Hospital Safety Culture Survey Online*. สืบค้นจาก <https://www.ha.or.th/TH/Contents/ระบบการสำรวจวัฒนธรรมความปลอดภัยของโรงพยาบาลออนไลน์>.
- [7] Aboneh, E. A., Look, K. A., Stone, J. A., Lester, C. A., & Chui, M. A. (2016). Psychometric properties of the AHRQ Community Pharmacy Survey on Patient Safety Culture: a factor analysis. *BMJ Qual Saf*, 25(5), 355-363. <https://doi.org/10.1136/bmjqs-2015-004001>
- [8] Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gotzsche, P. C., Ioannidis, J. P., Clarke, M., Devereaux, P. J., Kleijnen, J., & Moher, D. (2009). The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *Journal of Clinical Epidemiology*, 62(10), e1-34. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2009.06.006>
- [9] Murad, M. H., Montori, V. M., Ioannidis, J. P., Jaeschke, R., Devereaux, P. J., Prasad, K., Neumann, I., Carrasco-Labra, A., Agoritsas, T., Hatala, R., Meade, M. O., Wyer, P., Cook, D. J., & Guyatt, G. (2014). How to read a systematic review and meta-analysis and apply the results to patient care: users' guides to the medical literature. *JAMA*, 312(2), 171-179. <https://doi.org/10.1001/jama.2014.5559>
- [10] Ansari, S. P., Rayfield, M. E., Wallis, V. A., Jardine, J. E., Morris, E. P., & Prosser-Snellings, E. (2020). A Safety Evaluation of the Impact of Maternity-Orientated Human Factors Training on Safety Culture in a Tertiary Maternity Unit. *J Patient Saf*, 16(4), e359-e366. <https://doi.org/10.1097/pts.0000000000000609>
- [11] Alshammari, F., Pasay-an, E., Alboliteeh, M., Alshammari, M. H., Susanto, T., Villareal, S., Indonto, M. C. L., & Gonzales, F. (2019). A survey of hospital healthcare professionals' perceptions toward patient safety culture in Saudi Arabia. *International Journal of Africa Nursing Sciences*, 11, 100149. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijans.2019.100149>

- [12] Hannah, K. L., Schade, C. P., Lomely, D. R., Ruddick, P., & Bellamy, G. R. (2008). *Advances in Patient Safety Hospital Administrative Staff vs. Nursing Staff Responses to the AHRQ Hospital Survey on Patient Safety Culture*. Agency for Healthcare Research and Quality (US).
- [13] Alahmadi, H. A. (2010). Assessment of patient safety culture in Saudi Arabian hospitals. *Qual Saf Health Care*, 19(5), e17. <https://doi.org/10.1136/qshc.2009.033258>
- [14] Ziarukh, S., & Sabir, A. (2023). Burnout and patient safety culture assessment in a secondary care hospital [Article]. *Pakistan Journal of Medical Sciences*, 40(2), S58-S63. [https://doi.org/10.12669/pjms.40.2\(ICON\).8970](https://doi.org/10.12669/pjms.40.2(ICON).8970)
- [15] Alenezi, A., Pandaan, R. P. M., Almazan, J. U., Pandaan, I. N., Casison, F. S., & Cruz, J. P. (2019). Clinical practitioners' perception of the dimensions of patient safety culture in a government hospital: A one-sample correlational survey. *Journal of Clinical Nursing*, 28(23-24), 4496-4503. <https://doi.org/10.1111/jocn.15038>
- [16] Profit, J., Lee, H. C., Sharek, P. J., Kan, P., Nisbet, C. C., Thomas, E. J., Etchegaray, J. M., & Sexton, B. (2016). Comparing NICU teamwork and safety climate across two commonly used survey instruments. *BMJ Qual Saf*, 25(12), 954-961. <https://doi.org/10.1136/bmjqs-2014-003924>
- [17] Alex Kim, R. J., Chin, Z. H., Sharlyn, P., Priscilla, B., & Josephine, S. (2019). Hospital survey on patient safety culture in Sarawak General Hospital: A cross sectional study. *Medical Journal of Malaysia*, 74(5), 385-388.
- [18] Raziani, Y., Nazari, A., & Raziani, S. (2024). Impact of Covid-19 on patient safety culture in hospital wards: A comparative study. *International Journal of Africa Nursing Sciences*, 20, 100687. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijans.2024.100687>
- [19] Lima de Andrade, L. E., Saturno-Hernández, P. J., Mendes de Melo, L. O., & da Silva Gama, Z. A. (2022). Improvements in Patient Safety Structures and Culture following Implementation of a National Public Program: An Observational Study in Three Brazilian Hospitals. *Portuguese Journal of Public Health*, 40(2), 81-90. <https://doi.org/10.1159/000525147>
- [20] Gambashidze, N., Hammer, A., Wagner, A., Rieger, M. A., Brösterhaus, M., Van Vegten, A., & Manser, T. (2021). Influence of Gender, Profession, and Managerial Function on Clinicians' Perceptions of Patient Safety Culture: A Cross-National Cross-Sectional Study. *J Patient Saf*, 17(4), e280-e287. <https://doi.org/10.1097/pts.0000000000000585>
- [21] Mehralian, G., Yusefi, A. R., Ahmadinejad, P., Bahmaei, J., & Bordbar, S. (2024). Investigating the Professional Commitment and its Correlation with Patient Safety Culture and Patient Identification Errors: Evidence from a Cross-Sectional Study from Nurses' Perspectives. *The Open Public Health Journal*, 17. <https://doi.org/https://doi.org/10.2174/0118749445292305240416101923>
- [22] Fassarella, C. S., Silva, L. D. D., Camerini, F. G., & Figueiredo, M. (2019). Nurse safety culture in the services of a university hospital. *Revista Brasileira de Enfermagem*, 72(3), 767-773. <https://doi.org/10.1590/0034-7167-2018-0376>

- [23] Salem, M., Labib, J., Mahmoud, A., & Shalaby, S. (2019). Nurses' Perceptions of Patient Safety Culture in Intensive Care Units: A Cross-Sectional Study. *Open Access Maced J Med Sci*, 7(21), 3667-3672. <https://doi.org/10.3889/oamjms.2019.737>
- [24] Abreu, I. M., Rocha, R. C., Avelino, F., Guimarães, D. B. O., Nogueira, L. T., & Madeira, M. Z. A. (2019). Patient safety culture at a surgical center: the nursing perception. *Revista Gaúcha de Enfermagem*, 40(spe), e20180198. <https://doi.org/10.1590/1983-1447.2019.20180198> (Cultura de segurança do paciente em centro cirúrgico: visão da enfermagem.)
- [25] Hurtado-Arenas, P., Guevara, M. R., & González-Chordá, V. M. (2024). Patient Safety Culture from a Nursing Perspective in a Chilean Hospital [Article]. *Nursing Reports*, 14(2), 1439-1451. <https://doi.org/10.3390/nursrep14020108>
- [26] Aljaffary, A., Al Yaqub, F., Al Madani, R., Aldossary, H., & Alumran, A. (2021). Patient Safety Culture in a Teaching Hospital in Eastern Province of Saudi Arabia: Assessment and Opportunities for Improvement. *Risk Management and Healthcare Policy*, 14, 3783-3795. <https://doi.org/10.2147/rmhps.313368>
- [27] Algethami, F., Alasmari, A. S., Alessa, M. K., Alhamid, A. A., Ateeq, M. K., Alsulami, H., Elmorsy, S. A., & Alruwaili, S. F. (2024). Patient safety culture in a tertiary care hospital in Makkah, Saudi Arabia, a cross-sectional study. *BMC Health Services Research*, 24(1), 883. <https://doi.org/10.1186/s12913-024-11310-7>
- [28] Segura-García, M. T., Castro Vida, M. Á., García-Martin, M., Álvarez-Ossorio-García de Soria, R., Cortés-Rodríguez, A. E., & López-Rodríguez, M. M. (2023). Patient Safety Culture in a Tertiary Hospital: A Cross-Sectional Study [Article]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(3), Article 2329. <https://doi.org/10.3390/ijerph20032329>
- [29] Pedroso, A. C., Fernandes, F. P., Tuma, P., Vernal, S., Pellizzari, M., Seisdedos, M. G., Prieto, C., Wilckens, B. O., Villamizar, O. J. S., Olaya, L. A. C., Delgado, P., & Cendoroglo Neto, M. (2023). Patient safety culture in South America: a cross-sectional study. *BMJ Open Qual*, 12(4). <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2023-002362>
- [30] Oliveira, F. D. S., Pessoa, R. A., Campêlo, C. L., & Cavalcante, L. P. (2024). Patient safety culture in the Operating Room of an emergency hospital in Amazonas: perspectives from the healthcare team. *Rev Col Bras Cir*, 51, e20243743. <https://doi.org/10.1590/0100-6991e-20243743-en>
- [31] de Carvalho Lemos, G., da Mata, L. R. F., Ribeiro, H. C. T. C., Menezes, A. C., de Sousa Penha, C., Valadares, R. M. C., & Castro, M. S. R. (2022). PATIENT SAFETY CULTURE IN THREE HOSPITAL INSTITUTIONS: NURSING TEAM PERSPECTIVE [Article]. *Revista Baiana de Enfermagem*, 36, Article e43393. <https://doi.org/10.18471/rbe.v36.43393>
- [32] da Silva, S. C., Morais, B. X., Munhoz, O. L., Ongaro, J. D., Urbanetto, J. S., & Magnago, T. S. B. S. (2021). Patient safety culture, missed nursing care and its reasons in obstetrics* [Article]. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, 29, Article e3461. <https://doi.org/10.1590/1518-8345.4855.3461>

- [33] Fujita, S., Wu, Y., Iida, S., Nagai, Y., Shimamori, Y., & Hasegawa, T. (2019). Patient safety management systems, activities and work environments related to hospital-level patient safety culture: A cross-sectional study [Article]. *Medicine (United States)*, 98(50), Article e18352. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000018352>
- [34] Fuseini, A. K. J., Teixeira da Costa, E. I. M., Matos, F. A. S. D., Merino-Godoy, M. D. L. A., & Nave, F. (2023). Patient-Safety Culture among Emergency and Critical Care Nurses in a Maternal and Child Department [Article]. *Healthcare (Switzerland)*, 11(20), Article 2770. <https://doi.org/10.3390/healthcare11202770>
- [35] Bashir, H., Barkatullah, M., Raza, A., Mushtaq, M., Khan, K. S., Saber, A., & Ahmad, S. (2024). Practices Used to Improve Patient Safety Culture Among Healthcare Professionals in a Tertiary Care Hospital. *Glob J Qual Saf Healthc*, 7(1), 9-14. <https://doi.org/10.36401/jqsh-23-10>
- [36] Rawas, H., & Abou Hashish, E. A. (2023). Predictors and outcomes of patient safety culture at King Abdulaziz Medical City, Jeddah, Saudi Arabia. A nursing perspective [Article]. *BMC Nursing*, 22(1), Article 229. <https://doi.org/10.1186/s12912-023-01391-w>
- [37] Poku, C. A., Attafuah, P. Y. A., Anaba, E. A., Abor, P. A., Nketiah-Amponsah, E., & Abuosi, A. A. (2023). Response to patient safety incidents in healthcare settings in Ghana: the role of teamwork, communication openness, and handoffs [Article]. *BMC Health Services Research*, 23(1), Article 1072. <https://doi.org/10.1186/s12913-023-10000-0>
- [38] Abuosi, A. A., Poku, C. A., Attafuah, P. Y. A., Anaba, E. A., Abor, P. A., Setordji, A., & Nketiah-Amponsah, E. (2022). Safety culture and adverse event reporting in Ghanaian healthcare facilities: Implications for patient safety. *PloS One*, 17(10), e0275606. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0275606>
- [39] Adamson, L., Beldham-Collins, R., Sykes, J., & Thwaites, D. (2022). Safety culture and incident learning systems in radiation oncology: Staff perceptions across Australia and New Zealand. *Journal of Medical Imaging and Radiation Oncology*, 66(2), 299-309. <https://doi.org/10.1111/1754-9485.13335>
- [40] Ventura, M. W. S., Façanha, A. P. M., Néri, E. D. R., Diógenes, M. S., & Lopes, E. M. (2022). Safety culture in the Neonatal Intensive Care Unit: contributions from the multiprofessional team [Article]. *Revista Brasileira de Saude Materno Infantil*, 22(2), 311-322. <https://doi.org/10.1590/1806-9304202200020007>
- [41] Notaro, K. A. M., Corrêa, A. R., Tomazoni, A., Rocha, P. K., & Manzo, B. F. (2019). Safety culture of multidisciplinary teams from neonatal intensive care units of public hospitals [Article]. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, 27, Article e3167. <https://doi.org/10.1590/1518-8345.2849-3167>
- [42] Schmidt, M., Lambert, S. I., Klasen, M., Sandmeyer, B., Lazarovici, M., Jahns, F., Trefz, L. C., Hempel, G., & Sopka, S. (2022). Safety management in times of crisis: Lessons learned from a nationwide status-analysis on German intensive care units during the COVID-19 pandemic. *Front Med (Lausanne)*, 9, 988746. <https://doi.org/10.3389/fmed.2022.988746>

- [43] Teleş, M., & Kaya, S. (2019). Staff perceptions of patient safety culture in general surgery departments in Turkey [Article]. *African Health Sciences*, 19(2), 2208-2218. <https://doi.org/10.4314/ahs.v19i2.46>
- [44] Afework, A., Tamene, A., Tesfaye, A., Tafa, A., & Gemed, S. (2023). Status and Factors Affecting Patient Safety Culture at Dilla University Teaching Hospital: A Mixed-Method Cross-Sectional Study. *Risk Management and Healthcare Policy*, 16, 1157-1169. <https://doi.org/10.2147/rmhp.S419990>
- [45] Vifladt, A., Simonsen, B. O., Lydersen, S., & Farup, P. G. (2016). The association between patient safety culture and burnout and sense of coherence: A cross-sectional study in restructured and not restructured intensive care units. *Intensive and Critical Care Nursing*, 36, 26-34. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.iccn.2016.03.004>
- [46] Wu, Y., Fujita, S., Seto, K., Ito, S., Matsumoto, K., Huang, C. C., & Hasegawa, T. (2013). The impact of nurse working hours on patient safety culture: a cross-national survey including Japan, the United States and Chinese Taiwan using the Hospital Survey on Patient Safety Culture. *BMC Health Services Research*, 13, 394. <https://doi.org/10.1186/1472-6963-13-394>
- [47] Amarneh, B. H., & Al Nobani, F. (2022). The influence of physician-nurse collaboration on patient safety culture. *Heliyon*, 8(9), e10649. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10649>
- [48] Yesilyaprak, T., & Demir Korkmaz, F. (2023). The relationship between surgical intensive care unit nurses' patient safety culture and adverse events. *Nursing in Critical Care*, 28(1), 63-71. <https://doi.org/10.1111/nicc.12611>
- [49] Alkahf, D., & Alonazi, W. (2024). Exploring the safety reporting culture among healthcare practitioners in Saudi hospitals: a comprehensive 2022 national study. *BMC Health Services Research*, 24(1), 769. <https://doi.org/10.1186/s12913-024-11160-3>
- [50] Bonds, R. L. (2018). SBAR tool implementation to advance communication, teamwork, and the perception of patient safety culture [Article]. *Creative Nursing*, 24(2), 116-123. <https://doi.org/10.1891/1078-4535.24.2.116>
- [51] Hamid, S., Joyce, F., Burza, A., Yang, B., Le, A., Saleh, A., & Poston, R. S. (2021). OR and ICU teams 'running in parallel' at the end of cardiothoracic surgery improves perceptions of handoff safety [Article]. *BMJ Open Quality*, 10(1), Article e001001. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-001001>
- [52] Granel-Giménez, N., Palmieri, P. A., Watson-Badia, C. E., Gómez-Ibáñez, R., Leyva-Moral, J. M., & Bernabeu-Tamayo, M. D. (2022). Patient Safety Culture in European Hospitals: A Comparative Mixed Methods Study [Article]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(2), Article 939. <https://doi.org/10.3390/ijerph19020939>
- [53] Hebballi, N. B., Kilcullen, M. P., Broussard, M., Ottosen, M. J., Thomas, E. J., Salas, E., & Tsao, K. (2024). Attending physicians and trainees' perspective of patient safety culture in operating room: A mixed methods study. *Journal of Pediatric Surgery Open*, 7, 100152. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.yjps.2024.100152>

- [54] Sivanandy, P., Maharajan, M. K., Rajiah, K., Wei, T. T., Loon, T. W., & Yee, L. C. (2016). Evaluation of patient safety culture among Malaysian retail pharmacists: results of a self-reported survey. *Patient Prefer Adherence*, 10, 1317-1325. <https://doi.org/10.2147/ppa.S111537>
- [55] Khatri, S. A., Ahmad, R., Osama, M., Khan, K., Khan, M. A., Ishaqui, A., & Kumar, N. (2024). Exploring Patient Safety Culture: A Study of Community Pharmacies in Karachi, Pakistan. *Cureus*, 16(1), e52135. <https://doi.org/10.7759/cureus.52135>
- [56] Oliveira, I., Costeira, C., Pereira Sousa, J., & Santos, C. (2024). Patient Safety Culture in the Context of Critical Care: An Observational Study. *Nurs Rep*, 14(3), 1792-1806. <https://doi.org/10.3390/nursrep14030133>
- [57] Abrishami, R., Golestani, K., Ranjbar, M. F., Abarghouie, M. H. G., & Ghadami, A. (2024). A survey on the effects of patient safety training programs based on SBAR and FMEA techniques on the level of self-efficacy and observance of patient safety culture in Iran hospital, Shiraz in 2022-2023 [Article]. *Journal of Education and Health Promotion*, 13(1), 66. https://doi.org/10.4103/jehp.jehp_194_23
- [58] Adams-Pizarro, I., Walker, Z., Robinson, J., Kelly, S., & Toth, M. (2008). Advances in Patient Safety Using the AHRQ Hospital Survey on Patient Safety Culture as an Intervention Tool for Regional Clinical Improvement Collaboratives. In K. Henriksen, J. B. Battles, M. A. Keyes, & M. L. Grady (Eds.), *Advances in Patient Safety: New Directions and Alternative Approaches (Vol. 2: Culture and Redesign)*. Agency for Healthcare Research and Quality (US).
- [59] Johnson, J., Latif, A., Randive, B., Kadam, A., Rajput, U., Kinikar, A., Malshe, N., Lalwani, S., Parikh, T. B., Vaidya, U., Malwade, S., Agarkhedkar, S., Curlless, M. S., Coffin, S. E., Smith, R. M., Westercamp, M., Colantuoni, E., Robinson, M. L., Mave, V.,...Milestone, A. M. (2022). Implementation of the Comprehensive Unit-Based Safety Program to Improve Infection Prevention and Control Practices in Four Neonatal Intensive Care Units in Pune, India [Article]. *Frontiers in Pediatrics*, 9, Article 794637. <https://doi.org/10.3389/fped.2021.794637>
- [60] Al-Surimi, K., Najjar, S., Al Quidaihi, A., & Masuadi, E. (2021). The Impact of a National Accreditation Program on Patient Safety Culture in a Tertiary Hospital: Pre- and Post-Evaluation Study. *Glob J Qual Saf Healthc*, 4(1), 18-26. <https://doi.org/10.36401/jqsh-20-30>
- [61] Rotta, A. L. O., Souza, L. P., Carvalho, M., Silva, A. P. D., Bandeira, A. G., & Urbanetto, J. S. (2022). Analysis of the convergence of the Safety Attitudes Questionnaire and the Hospital Survey on Patient Safety Culture. *Revista Brasileira de Enfermagem*, 76(1), e20210379. <https://doi.org/10.1590/0034-7167-2021-0379>
- [62] Batalha, E. M. S. D. S., Borges, E. M. D. N., & Melleiro, M. M. (2024). Association between patient safety culture and professional quality of life among nursing professionals [Article]. *Revista da Escola de Enfermagem da U S P*, 58, e20230359. <https://doi.org/10.1590/1980-220X-REEUSP-2023-0359en>
- [63] Al-Awa, B., Al Mazrooa, A., Rayes, O., El Hati, T., Devreux, I., Al-Noury, K., Habib, H., & El-Deek, B. S. (2012). Benchmarking the post-accreditation patient safety culture at King Abdulaziz University Hospital. *Annals of Saudi Medicine*, 32(2), 143-150. <https://doi.org/10.5144/0256-4947.2012.143>

- [64] Al Ma'Mari, Q., Al Omari, O., & Sharour, L. A. (2022). Exploring Frequency of Event Reporting as Perceived by Intensive Care Unit Nurses in the Sultanate of Oman A quality improvement project [Article]. *Sultan Qaboos University Medical Journal*, 22(1), 28-36.
<https://doi.org/10.18295/squmj.4.2021.055>
- [65] Ribelienė, J., Macijauskienė, J., Tamelienė, R., Kudrevičienė, A., Nedzelskienė, I., & Blaževičienė, A. (2022). Factors Relating to a Safety Culture in the University Perinatal Center: The Nurses' and Midwives' Perspective. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(16). <https://doi.org/10.3390/ijerph19169845>
- [66] Bahrami, M. A., Chalak, M., Montazeralfaraj, R., & Dehghani Tafti, A. (2014). Iranian nurses' perception of patient safety culture. *Iran Red Crescent Med J*, 16(4), e11894.
<https://doi.org/10.5812/ircmj.11894>
- [67] Chen, I. C., & Li, H. H. (2010). Measuring patient safety culture in Taiwan using the Hospital Survey on Patient Safety Culture (HSOPSC) [Article]. *BMC Health Services Research*, 10, Article 152.
<https://doi.org/10.1186/1472-6963-10-152>
- [68] Alrasheadi, B. A., Alamri, M. S., Aljohani, K. A., Al-Dossary, R., Albaqawi, H., Alharbi, J., Hosis, K. A., Aljohani, M. S., Almadani, N., Falatah, R., Alotaibi, J. S., & Almazan, J. U. (2022). Nurses' Perception of Safety Culture in Medical-Surgical Units in Hospitals in Saudi Arabia. *Medicina (Kaunas, Lithuania)*, 58(7). <https://doi.org/10.3390/medicina58070897>
- [69] Alrasheeday, A. M., Alkubati, S. A., Alqalah, T. A. H., Alrubaiee, G. G., Pasay-An, E., Alshammari, B., Abdullah, S. O., & Loutfy, A. (2024). Nurses' perceptions of patient safety culture and adverse events in Hail City, Saudi Arabia: A cross-sectional approach to improving healthcare safety [Article]. *BMJ Open*, 14(9), Article e084741. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2024-084741>
- [70] Al-Dossary, R. N. (2023). Nurses' Perceptions of the Clinical Decision Support System Effect on Patient Safety [Article]. *Safety*, 9(4), Article 86. <https://doi.org/10.3390/safety9040086>
- [71] Hameed, S., Humayun, A., Yaqoob, M., & Rehm, M. H. (2023). Patient Safety Culture: A Healthcare Provider's Prospect. *Cureus*, 15(12), e49989. <https://doi.org/10.7759/cureus.49989>
- [72] Alsulami, A., A'Aqoulah, A., & Almutairi, N. (2022). Patient safety culture awareness among healthcare providers in a tertiary hospital in Riyadh, Saudi Arabia. *Frontiers in public health*, 10, 953393.
<https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.953393>
- [73] Bartoničková, D., Kalánková, D., Mikšová, Z., Žiaková, K., & Mazalová, L. (2019). Patient safety culture from a nursing point of view in a broader context [Article]. *Kontakt*, 21(2), 121-127.
<https://doi.org/10.32725/kont.2018.008>
- [74] Farzi, S., Moladoost, A., Bahrami, M., Farzi, S., & Etminani, R. (2017). Patient Safety Culture in Intensive Care Units from the Perspective of Nurses: A Cross-Sectional Study. *Iranian Journal of Nursing and Midwifery Research*, 22(5), 372-376. https://doi.org/10.4103/ijnmr.IJNMR_150_16

- [75] Brás, C. P. C., Ferreira, M. M. C., de Figueiredo, M. D. C. A. B., & Duarte, J. C. (2023). Patient safety culture in nurses' clinical practice [Article]. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, 31, Article e3837. <https://doi.org/10.1590/1518-8345.6231.3837>
- [76] Zhong, X., Song, Y., Dennis, C., Slovensky, D. J., Wei, L. Y., Chen, J., & Ji, J. (2019). Patient safety culture in Peking University Cancer Hospital in China: Baseline assessment and comparative analysis for quality improvement [Article]. *BMC Health Services Research*, 19(1), Article 1008. <https://doi.org/10.1186/s12913-019-4837-z>
- [77] Sanchis, D. Z., Haddad, M., Giroto, E., & Silva, A. M. R. (2020). Patient safety culture: perception of nursing professionals in high complexity institutions. *Revista Brasileira de Enfermagem*, 73(5), e20190174. <https://doi.org/10.1590/0034-7167-2019-0174>
- [78] Pedroni, V. S., Gouveia, H. G., Vieira, L. B., Wegner, W., Oliveira, A. C. S., Santos, M. C. D., & Carlotto, F. D. (2020). Patient safety culture in the maternal-child area of a university hospital. *Revista Gaúcha de Enfermagem*, 41(spe), e20190171. <https://doi.org/10.1590/1983-1447.2020.20190171>
- [79] Ebrahimabadi, M., Karimy, M., Poorcheraghi, H., Salahshoor, V. N., Fournier, A., & Abedi, A. (2022). Research Paper: Perspectives of Teaching Hospitals' Medical Staff of the Dimensions of Patient Safety Culture [Article]. *Journal of Client-Centered Nursing Care*, 8(1), 15-22. <https://doi.org/10.32598/JCCNC.8.1.277.4>
- [80] Pousette, A., Larsman, P., Eklöf, M., & Törner, M. (2017). The relationship between patient safety climate and occupational safety climate in healthcare - A multi-level investigation. *J Safety Res*, 61, 187-198. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2017.02.020>
- [81] Weaver, S. J., Weeks, K., Pham, J. C., & Pronovost, P. J. (2014). On the CUSP: Stop BSI: Evaluating the relationship between central line-associated bloodstream infection rate and patient safety climate profile. *American Journal of Infection Control*, 42(10, Supplement), S203-S208. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ajic.2014.05.020>
- [82] Nicácio, M. C., Pereira, A. L. F., Neto, M. O., de Almeida, L. F., & Penna, L. H. G. (2020). WOMEN'S SAFETY CULTURE IN CHILDBIRTH AND RELATED INSTITUTIONAL FACTORS [Article]. *Texto e Contexto Enfermagem*, 29, Article e20190264. <https://doi.org/10.1590/1980-265X-TCE-2019-0264>
- [83] Moghri, J., Akbari Sari, A., Yousefi, M., Zahmatkesh, H., Ranjbar Ezzatabadi, M., Hamouzadeh, P., Rezaei, S., & Sadeghifar, J. (2013). Is Scores Derived from the Most Internationally Applied Patient Safety Culture Assessment Tool Correct? *Iranian Journal of Public Health*, 42(9), 1058-1066.
- [84] Ribeiro, A. C., Nogueira, P. C., Rizzato Tronchin, D. M., Rossato, V., & Serpa, L. F. (2019). Patient safety culture: Perception of nurses in a cardiopneumology reference center [Article]. *Texto e Contexto Enfermagem*, 28, Article e20180118. <https://doi.org/10.1590/1980-265X-TCE-2018-0118>
- [85] Karademirler, Y., & Manav, G. (2020). Perceptions and factors affecting patient safety culture of employees in pediatric services [Article]. *Journal of Pediatric Research*, 7(4), 301-308. <https://doi.org/10.4274/JPR.GALENOS.2019.77699>

- [86] Richter, J. P., McAlearney, A. S., & Pennell, M. L. (2016). The influence of organizational factors on patient safety: Examining successful handoffs in health care. *Health Care Management Review*, 41(1), 32-41. <https://doi.org/10.1097/hmr.0000000000000033>
- [87] Juliasih, N. N., Dhamanti, I., Semita, I. N., Wartinarsih, M., Mahmudah, M., & Yakub, F. (2023). Patient Safety Culture, Infection Prevention, and Patient Safety in the Operating Room: Health Workers' Perspective [Article]. *Risk Management and Healthcare Policy*, 16, 1731-1738. <https://doi.org/10.2147/RMHP.S425760>
- [88] Nthumba, P. M., Mwangi, C., & Odhiambo, M. (2024). Patient safety in a rural sub-Saharan Africa hospital: A 7-year experience at the AIC Kijabe Hospital, Kenya. *PLOS Glob Public Health*, 4(11), e0003919. <https://doi.org/10.1371/journal.pgph.0003919>
- [89] Okafor, C. H., Ugwu, A. C., & Okon, I. E. (2018). Effects of Patient Safety Culture on Patient Satisfaction With Radiological Services in Nigerian Radiodiagnostic Practice. *J Patient Exp*, 5(4), 267-271. <https://doi.org/10.1177/2374373518755500>
- [90] Shahian, D. M., Liu, X., Rossi, L. P., Mort, E. A., & Normand, S. T. (2018). Safety Culture and Mortality after Acute Myocardial Infarction: A Study of Medicare Beneficiaries at 171 Hospitals. *Health Services Research*, 53(2), 608-631. <https://doi.org/10.1111/1475-6773.12725>
- [91] Omid, L., Akbari, R., Hadavandi, E., & Zareid, E. (2019). An intelligent algorithm for assessing patient safety culture and adverse events voluntary reporting using PCA and ANFIS [Article]. *International Journal of Risk and Safety in Medicine*, 30(1), 45-58. <https://doi.org/10.3233/JRS-180036>
- [92] Azyabi, A., Karwowski, W., Hancock, P., Wan, T. T. H., & Elshennawy, A. (2022). Assessing Patient Safety Culture in United States Hospitals. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(4). <https://doi.org/10.3390/ijerph19042353>
- [93] Alsaleh, F. M., Abahussain, E. A., Altabaa, H. H., Al-Bazzaz, M. F., & Almandil, N. B. (2018). Assessment of patient safety culture: a nationwide survey of community pharmacists in Kuwait. *BMC Health Services Research*, 18(1), 884. <https://doi.org/10.1186/s12913-018-3662-0>
- [94] Rawlings, J. E., Herner, S. J., Delate, T., Palmer, K. E., & Swartzendruber, K. A. (2018). Assessment of Pharmacy Department Patient Safety Culture with the Use of Validated Work Environment Survey Indices. *The Permanente journal*, 22, 17-070. <https://doi.org/10.7812/tpj/17-070>
- [95] Abdurabuh, A., Hamid, M. D., Che Hassan, C. R., & Fatani, M. I. (2024). Evaluating the Impact of Hospital Accreditation on Patient Safety Culture in Saudi Arabia Healthcare Facilities. *J Multidiscip Healthc*, 17, 5021-5033. <https://doi.org/10.2147/jmdh.S480496>
- [96] Al-Surimi, K., Alwabel, A. M., Bawazir, A., & Shaheen, N. A. (2021). Road towards promoting patient safety practices among hospital pharmacists: Hospital-based baseline patient safety culture assessment cross-sectional survey. *Medicine (Baltimore)*, 100(2), e23670. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000023670>

- [97] Aboneh, E. A., Stone, J. A., Lester, C. A., & Chui, M. A. (2020). Evaluation of Patient Safety Culture in Community Pharmacies. *J Patient Saf*, 16(1), e18-e24.
<https://doi.org/10.1097/pts.0000000000000245>
- [98] Granel, N., Manresa-Domínguez, J. M., Watson, C. E., Gómez-Ibáñez, R., & Bernabeu-Tamayo, M. D. (2020). Nurses' perceptions of patient safety culture: A mixed-methods study [Article]. *BMC Health Services Research*, 20(1), Article 584. <https://doi.org/10.1186/s12913-020-05441-w>
- [99] Kolankiewicz, A. C. B., Loro, M. M., Schmidt, C. R., Dos Santos, F. P., Bandeira, V. A. C., & De Souza Magnago, T. S. B. (2017). Patient safety climate among nursing staff: Contributing factors [Article]. *ACTA Paulista de Enfermagem*, 30(5), 531-537. <https://doi.org/10.1590/1982-0194201700076>
- [100] Al-Mandhari, A., Al-Zakwani, I., Al-Kindi, M., Tawilah, J., Dorvlo, A. S., & Al-Adawi, S. (2014). Patient safety culture assessment in oman. *Oman Medical Journal*, 29(4), 264-270.
<https://doi.org/10.5001/omj.2014.70>
- [101] Kolankiewicz, A. C. B., Schmidt, C. R., Carvalho, R., Spies, J., Dal Pai, S., & Lorenzini, E. (2020). Patient safety culture from the perspective of all the workers of a general hospital. *Revista Gaúcha de Enfermagem*, 41, e20190177. <https://doi.org/10.1590/1983-1447.2020.20190177>
- [102] Toso, G. L., Golle, L., Magnago, T. S., Herr, G. E., Loro, M. M., Aozane, F., & Kolankiewicz, A. C. (2016). Patient safety culture in hospitals within the nursing perspective. *Revista Gaúcha de Enfermagem*, 37(4), e58662. <https://doi.org/10.1590/1983-1447.2016.04.58662> (Cultura de segurança do paciente em instituições hospitalares na perspectiva da enfermagem.)
- [103] Al-Khalifa, K. S., Shahin, S. Y., AlSharief, M., Asiri, A., AlYousef, Y., & Nazir, M. (2024). Patient safety culture perceptions among dentists in the eastern region of Saudi Arabia. *BMC Oral Health*, 24(1), 826. <https://doi.org/10.1186/s12903-024-04610-1>
- [104] Tang, N. H., Tsai, S. F., Liou, J. H., Lai, Y. H., Liu, S. A., Sheu, W. H., & Wu, C. L. (2020). The Association between the Participation of Quality Control Circle and Patient Safety Culture. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(23).
<https://doi.org/10.3390/ijerph17238872>
- [105] Banaszak-Holl, J., Reichert, H., Todd Greene, M., Mody, L., Wald, H. L., Crnich, C., McNamara, S. E., & Meddings, J. (2017). Do Safety Culture Scores in Nursing Homes Depend on Job Role and Ownership? Results from a National Survey. *Journal of the American Geriatrics Society*, 65(10), 2244-2250. <https://doi.org/10.1111/jgs.15030>
- [106] Davoodi, R., Shabestari, M. M., Takbiri, A., Soltanifar, A., Sabouri, G., Rahmani, S., & Moghiman, T. (2013). Patient safety culture based on medical staff attitudes in Khorasan Razavi Hospitals, northeastern Iran [Article]. *Iranian Journal of Public Health*, 42(11), 1292-1298.
<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84888095047&partnerID=40&md5=35a5c5574a3b980428228434688fa8ae>

- [107] Draganović, Š., & Offermanns, G. (2022). Patient safety culture in Austria and recommendations of evidence-based instruments for improving patient safety [Article]. *PloS One*, 17(10 October), Article e0274805. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0274805>
- [108] Kosydar-Bochenek, J., Religa, D., Knap, M., Czop, M., Knap, B., Mędrzycka-Dąbrowska, W., & Krupa, S. (2023). Safety climate perceived by pre-hospital emergency care personnel—an international cross-sectional study [Article]. *Frontiers in Public Health*, 11, Article 1192315. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1192315>
- [109] ชีรพล ทิพย์พะยอม. (2566). การสกัดข้อมูลและการประเมินคุณภาพการศึกษา (อ. ห. แ. อ. นันทนาติศัย, Ed.). สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

แบบจำลองการนำโปรแกรมบริหารจัดการเครื่องมือแพทย์ RMC Plus ไปใช้ ในโรงพยาบาลภาครัฐของประเทศไทย

CMMS Adoption Model of RMC Plus in Thai Public Hospitals

เสฏฐวุฒิ เกียรติศักดิ์โสภณ^{1*} พิชิตพล โชติกุลนันท์¹ อนันต์ศักดิ์ วงศ์คำแหง¹ และ อนุชิต นิรภัย¹

¹วิทยาลัยวิศวกรรมชีวการแพทย์ มหาวิทยาลัยรังสิต

*E-mail: Setthawut.kiat@gmail.com

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันประเทศไทยมีการใช้งานโปรแกรมบริหารจัดการเครื่องมือแพทย์ในโรงพยาบาลภาครัฐเป็นสิ่งที่จำเป็นทำให้กองวิศวกรรมการแพทย์จัดทำโปรแกรมชื่อว่า “RMC Plus” เพื่อให้โรงพยาบาลภาครัฐนำไปใช้งาน แต่ยังไม่เป็นที่ยอมรับอย่างแพร่หลาย การศึกษานี้จึงนำเสนอแบบจำลองการนำโปรแกรมบริหารจัดการเครื่องมือแพทย์ (RMC Plus) ไปใช้ในโรงพยาบาลภาครัฐของประเทศไทย โดยนำรวมจุดเด่นจาก Technology Acceptance Model (TAM), Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) และ Health Technology Assessment (HTA) สุ่มกรอบแนวคิดเดียวกันที่ประกอบด้วย 10 ปัจจัย มีกลุ่มตัวอย่างที่ได้มาจากการทำแบบสอบถามผ่านทางออนไลน์เป็นเจ้าหน้าที่ในโรงพยาบาลรัฐที่มีประสบการณ์เกี่ยวกับการทำงานด้านงานเครื่องมือทางการแพทย์ทั้งหมด 150 คนจากการตอบแบบสอบถาม Likert 5 ระดับ และนำมาวิเคราะห์ด้วย SmartPLS4 ผลของแบบจำลองแสดงให้เห็นว่า 8 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการยอมรับอย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่ มาตรฐานมีอิทธิพลสูงสุด รองลงมาเป็น ความน่าเชื่อถือ สิ่งอำนวยความสะดวก ความคุ้มค่าราคา ความสอดคล้องกับงาน เศรษฐศาสตร์ การรับรู้ถึงความง่าย และประโยชน์ ส่วนอิทธิพลทางสังคมและนโยบายไม่ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญ งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าแรงผลักดันในการยอมรับ CMMS ในโรงพยาบาลภาครัฐ คือ ความสอดคล้องกับมาตรฐาน กับ ความน่าเชื่อถือของระบบ มีมากกว่าแรงกดดันทางสังคมหรือแม้แต่ นโยบาย ทำให้หน่วยงานที่ดูแลความยุ่งยากระดับความสอดคล้องกับมาตรฐาน พัฒนากลไกการประกันคุณภาพข้อมูล และการจัดสรรทรัพยากรและเครื่องมือสนับสนุนเพื่อลดภาระด้านต้นทุนและความพยายามของผู้ใช้งาน จะช่วยเร่งให้การใช้งาน RMC Plus ได้ทั่วประเทศอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: Technology Acceptance Model (TAM), Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT), Health Technology Assessment (HTA), Computerized Maintenance Management System (CMMS), RMC Plus

Abstract

Although the use of a computerized medical equipment management program is essential for public hospitals in Thailand, the 'RMC Plus' program, developed by the Medical Engineering Division for this purpose, has not yet achieved widespread adoption. This study introduces an adoption model for the implementation of the RMC Plus medical equipment management program in public hospitals in

Thailand. It amalgamates essential principles from the Technology Acceptance Model (TAM), the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT), and Health Technology Assessment (HTA) into a cohesive conceptual framework comprising 10 variables. The sample group comprised 150 personnel from public institutions with expertise in medical equipment management. Data were gathered via an online 5-point Likert scale questionnaire and processed utilizing SmartPLS 4. The model findings reveal that eight factors significantly affect technology acceptance, with Standard exerting the greatest influence, followed by Perceived reliability, Facilitating conditions, Price value, Job relevance, Economics, Effort expectancy, and Performance expectancy. Conversely, Social influence and Policy support exhibited no statistically significant impacts. This study illustrates that the primary motivators for the adoption of CMMS in public hospitals are adherence to standards and system reliability, surpassing social pressure and policy-level mandates. Consequently, the pertinent agencies ought to prioritize enhancing standard compliance, establishing data quality assurance methods, and devoting resources and support tools to mitigate user cost burdens and efforts. These measures will facilitate the rapid and sustained implementation of RMC Plus across the nation.

Keywords: Technology Acceptance Model (TAM), Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT), Health Technology Assessment (HTA), Computerized Maintenance Management System (CMMS), RMC Plus

1. บทนำ

ในช่วงที่ผ่านมา ระบบสาธารณสุขทั่วโลกเผชิญกับความท้าทายสำคัญ ทั้งจากการระบาดของโรคอุบัติใหม่ เช่น โควิด-19 และข้อจำกัดด้านทรัพยากรที่สวนทางกับความต้องการบริการสุขภาพที่เพิ่มขึ้น การพัฒนาคุณภาพ ความปลอดภัย และความครอบคลุมของระบบบริการสุขภาพจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง องค์การอนามัยโลก (World Health Organization: WHO) เน้นย้ำว่าระบบสุขภาพที่แข็งแกร่งต้องมีการบริหารจัดการทรัพยากรทางการแพทย์อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อความปลอดภัยและความพร้อมในการให้บริการ โดยเฉพาะในประเทศกำลังพัฒนาที่มีข้อจำกัดด้านบุคลากรและงบประมาณ การนำเครื่องมือหรือเทคโนโลยีมาสนับสนุนการบริหารจัดการภายในโรงพยาบาลอย่างเป็นระบบจึงจำเป็นอย่างยิ่ง [1]

เครื่องมือแพทย์เป็นองค์ประกอบสำคัญในการขับเคลื่อนบริการสุขภาพที่มีคุณภาพและปลอดภัย เป็นกลไกหลักในการวินิจฉัย รักษา และฟื้นฟูผู้ป่วย การมีเครื่องมือแพทย์ที่ปลอดภัยและพร้อมใช้งานอย่างต่อเนื่องส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพระบบบริการสุขภาพ อย่างไรก็ตาม สถานพยาบาลจำนวนมากยังประสบปัญหาในการบริหารจัดการเครื่องมือแพทย์ เช่น การขาดข้อมูลครุภัณฑ์ที่เป็นระบบ การละเลยการบำรุงรักษาตามรอบเวลา และการขาดแคลนบุคลากร WHO แนะนำว่าการบริหารจัดการเครื่องมือแพทย์ควรครอบคลุมตั้งแต่การจัดหา การติดตั้ง การใช้งาน การบำรุงรักษา ไปจนถึงการจำหน่าย โดยใช้ระบบที่มีประสิทธิภาพ เช่น ระบบบริหารจัดการการบำรุงรักษาด้วยคอมพิวเตอร์ (Computerized Maintenance Management System: CMMS) [2]

CMMS เป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยแก้ปัญหาด้านการบริหารจัดการเครื่องมือแพทย์ และได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางทั่วโลก CMMS ช่วยจัดเก็บข้อมูลครุภัณฑ์ การวางแผน ติดตามการตรวจสอบและบำรุงรักษาเชิงป้องกัน และการจัดการอะไหล่ได้อย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้เครื่องมือแพทย์พร้อมใช้งานต่อเนื่อง ลดความเสี่ยงจากการชำรุด WHO ยังแนะนำว่าการนำ CMMS มาใช้ในโรงพยาบาลควรออกแบบให้เหมาะสมกับบริบทและทรัพยากร

ของโรงพยาบาล โดยเฉพาะในประเทศกำลังพัฒนาที่ต้องคำนึงถึงปัจจัยด้านต้นทุน การใช้งานง่าย และการบำรุงรักษาที่ไม่ซับซ้อน [3]

ในประเทศไทย กระทรวงสาธารณสุข โดยกรมสนับสนุนบริการสุขภาพ ได้กำหนด "มาตรฐานระบบบริการสุขภาพ พ.ศ. 2564" ซึ่งครอบคลุมการจัดหา ติดตั้ง การใช้งาน การบำรุงรักษา การตรวจสอบและบำรุงรักษาเชิงป้องกัน การซ่อมแซม และการจำหน่ายเครื่องมือแพทย์ กำหนดให้สถานพยาบาลจัดทำกระบวนการเหล่านี้อย่างเป็นระบบ [4] เพื่อให้เครื่องมือแพทย์พร้อมใช้งาน ปลอดภัย และเป็นไปตามมาตรฐานสากล แม้จะมีมาตรฐานและแนวทางปฏิบัติ แต่สถานพยาบาลขนาดเล็กจำนวนมากยังขาดระบบบริหารจัดการเครื่องมือแพทย์ที่จัดการข้อมูลได้อย่างครบวงจร ดังนั้น กองวิศวกรรมการแพทย์ร่วมกับศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (National Electronics and Computer Technology Center: NECTEC) จึงพัฒนาระบบบริหารจัดการเครื่องมือแพทย์ออนไลน์ ชื่อว่า "RMC Plus" ซึ่งเป็นระบบ CMMS ที่ออกแบบมาให้สอดคล้องกับมาตรฐานระบบบริการสุขภาพ ใช้งานง่าย และไม่มีค่าใช้จ่ายสำหรับโรงพยาบาลรัฐ เพื่อสนับสนุนการปฏิบัติตามมาตรฐานอย่างมีประสิทธิภาพ

แม้ RMC Plus จะตอบสนองบริบทโรงพยาบาลภาครัฐไทย ทั้งด้านฟังก์ชันการใช้งานที่ครอบคลุม การเข้าถึงที่สะดวก และไม่มีค่าใช้จ่าย ทั้งนี้กองวิศวกรรมการแพทย์มีการจัดอบรมการใช้งานและส่งเสริมการใช้งาน แต่การนำไปใช้งานจริงทั่วประเทศยังไม่ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลาย ซึ่งบ่งบอกถึงความหลากหลายในการยอมรับเทคโนโลยีจากผู้ใช้งาน การทำความเข้าใจปัจจัยที่ส่งผลต่อการยอมรับ RMC Plus จึงสำคัญต่อการพัฒนา ปรับปรุง และขยายผลการใช้งาน โดยเฉพาะเมื่อมองตามกรอบแนวคิดการประเมินเทคโนโลยีด้านสุขภาพ (Health Technology Assessment: HTA) การศึกษาความยอมรับของผู้ใช้งานเป็นองค์ประกอบหนึ่งของการประเมินผลกระทบของเทคโนโลยี งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับการใช้งาน RMC Plus โดยประยุกต์ใช้แนวคิดจาก Technology Acceptance Model (TAM) และ Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) เพื่อให้ได้ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับการนำโปรแกรมบริหารจัดการเครื่องมือแพทย์ (RMC Plus) ไปใช้ในโรงพยาบาลภาครัฐของประเทศไทย

2. วัตถุประสงค์งานวิจัย

เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับการใช้งานโปรแกรมบริหารจัดการเครื่องมือแพทย์ (RMC Plus) ในโรงพยาบาลภายใต้สังกัดกระทรวงสาธารณสุข

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

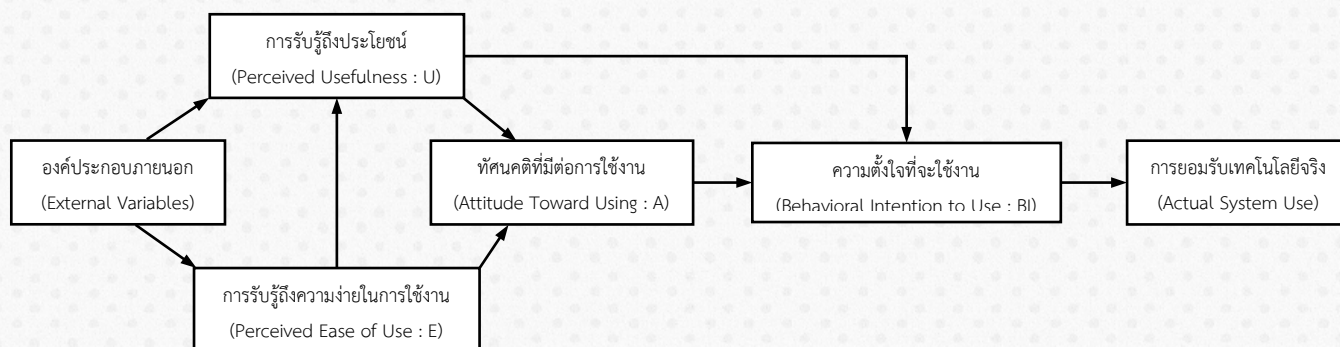
ในยุคที่ระบบสาธารณสุขกำลังเปลี่ยนผ่านสู่ดิจิทัล การยอมรับเทคโนโลยีใหม่ ๆ โดยบุคลากรสาธารณสุขจึงเป็นสิ่งสำคัญต่อการพัฒนาและการให้บริการที่มีประสิทธิภาพ โปรแกรม RMC Plus เป็นหนึ่งในเครื่องมือสารสนเทศที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการครุภัณฑ์ทางการแพทย์ อย่างไรก็ตาม การส่งเสริมและสนับสนุนจากภาครัฐในการนำระบบนี้ไปใช้จริงในโรงพยาบาลยังคงเผชิญความท้าทายด้านพฤติกรรมผู้ใช้งาน บริบทองค์กร และนโยบายต่าง ๆ

เพื่อทำความเข้าใจองค์ประกอบที่ส่งผลต่อการยอมรับ RMC Plus งานวิจัยนี้จึงสร้างกรอบแนวคิดที่ผสมผสาน 3 ทฤษฎีหลัก ได้แก่ Technology Acceptance Model (TAM), Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) และ Health Technology Assessment (HTA) แต่ละทฤษฎีครอบคลุมมิติที่แตกต่างกัน ทั้งด้านพฤติกรรมส่วนบุคคล การสนับสนุนจากองค์กร และผลกระทบจากนโยบาย จากแนวคิดนี้ งานวิจัยได้ระบุ 10 ปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ อิทธิพลทางสังคม การใช้งานง่าย ประสิทธิภาพ คุณค่าของราคา ความเกี่ยวข้องกับงาน สิ่งอำนวยความสะดวก เศรษฐศาสตร์ มาตรฐาน ความน่าเชื่อถือ และนโยบาย ปัจจัยเหล่านี้ได้มาจากรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและการใช้งานจริงของ RMC Plus โดยแบ่งเป็น 3 หมวด คือ เทคโนโลยี องค์กร และภาครัฐ

3.1 ทฤษฎีการยอมรับเทคโนโลยี (Technology Acceptance Model: TAM)

ทฤษฎีการยอมรับเทคโนโลยี (Technology Acceptance Model: TAM) พัฒนาโดย Davis (1989) โดยมีพื้นฐานมาจาก Theory of Reasoned Action (TRA) เพื่ออธิบายและคาดการณ์พฤติกรรมของผู้ใช้งานเทคโนโลยีสารสนเทศ ซึ่ง TAM มุ่งเน้นการวิเคราะห์พฤติกรรมจากเจตนา (intention) ที่จะกระทำการสิ่งหนึ่งตามการรับรู้ของบุคคล โดยปัจจัยหลักใน TAM คือ Perceived Usefulness (PU) ที่เป็นการรับรู้ว่าคุณประโยชน์จะเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน และ Perceived Ease of Use (PEOU) ที่การรับรู้ถึงการใช้งานเทคโนโลยีที่ง่ายและไม่ซับซ้อน ทั้งสองปัจจัยมีผลต่อทัศนคติของผู้ใช้ และส่งผลต่อไปยัง Behavioral Intention เป็นปัจจัยที่ทำนายพฤติกรรมการใช้งานเทคโนโลยีได้อย่างแม่นยำ [5,6]

ตลอดหลายปีที่ผ่านมา TAM ได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้กันอย่างแพร่หลายในหลากหลายสาขา โดยเฉพาะในสาขาสุขภาพ เช่น งานวิจัยของ Kim และ Park ในปี 2012 [7] ได้พัฒนาแบบจำลอง HITAM โดยการผสมผสาน TAM เข้ากับ Health Belief Model เพื่อที่จะศึกษาเจตนาการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศด้านสุขภาพในกลุ่มผู้บริโภคทั่วไป นอกจากนี้ Ketikidis (2012) [8] ได้ประยุกต์ใช้ TAM2 ในการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการยอมรับระบบ HIT ในกลุ่มบุคลากรทางการแพทย์ และพบว่า Perceived Ease of Use มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการใช้งาน ในบริบทของงานวิจัยนี้ TAM มีบทบาทในการวางรากฐานทางทฤษฎีสำหรับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้ของผู้ใช้งานในระดับบุคคล โดยเฉพาะบุคลากรทางการแพทย์ที่ใช้ระบบบริหารจัดการเครื่องมือแพทย์ เช่น ประสิทธิภาพที่คาดหวัง (Performance Expectancy), การใช้งานง่าย (Effort Expectancy), ความสอดคล้องกับงาน (Job Relevance), และ ความน่าเชื่อถือของระบบ (Perceived Reliability)



ภาพที่ 1 ทฤษฎีการยอมรับเทคโนโลยี (Technology Acceptance Model: TAM) [5]

3.2 ทฤษฎีการยอมรับและการใช้เทคโนโลยีแบบรวม (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology: UTAUT)

ทฤษฎีการยอมรับและการใช้เทคโนโลยีแบบรวม (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology: UTAUT) พัฒนาโดย Venkatesh ในปี 2003 [9] โดยสังเคราะห์แบบจำลองเดิมกว่าแปดทฤษฎี (เช่น TAM, TRA, TPB, DOI) เพื่อสร้างกรอบแนวคิดแบบบูรณาการที่สามารถอธิบายพฤติกรรมการยอมรับเทคโนโลยีหลากหลายบริบท โดยเฉพาะในภาคองค์กร โดย UTAUT ประกอบไปด้วย 4 ปัจจัย ได้แก่

Performance Expectancy (PE): การรับรู้ว่าคุณประโยชน์จะเพิ่มประสิทธิภาพและผลสัมฤทธิ์ในการทำงาน เช่น โปรแกรม RMC Plus ช่วยบริหารจัดการเครื่องมือแพทย์ได้เป็นระบบมากขึ้น

Effort Expectancy (EE): การรับรู้ว่าคุณใช้งานง่าย ไม่ต้องใช้ความพยายามมากในการเรียนรู้ หรือสามารถใช้งานได้ไม่ยาก เช่น การใช้งานผ่านเว็บเบราว์เซอร์

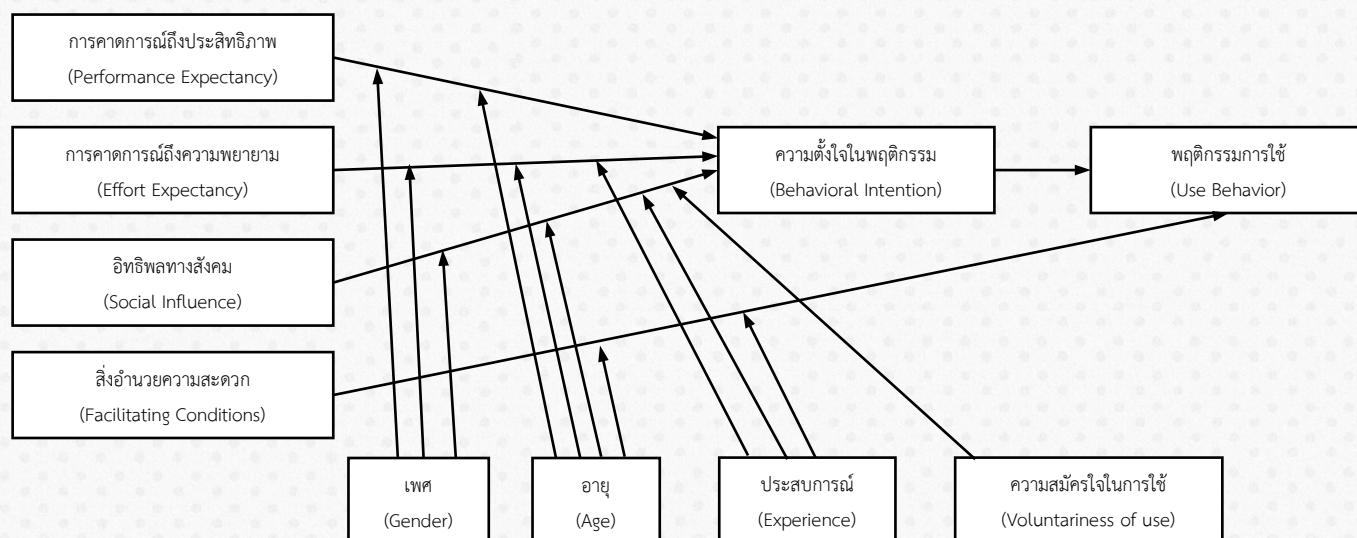
Social Influence (SI): อิทธิพลจากบุคคลอื่นที่ส่งผลต่อการตัดสินใจใช้เทคโนโลยี เช่น บุคลากรในโรงพยาบาลหรือโรงพยาบาลใกล้เคียง

Facilitating Conditions (FC): การรับรู้ว่ามีโครงสร้างและสิ่งอำนวยความสะดวกเพียงพอต่อการใช้งานระบบ เช่น คอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์ที่จำเป็น

ทั้ง 4 ปัจจัยนี้มีผลต่อ เจตนาการใช้งาน (Behavioral Intention) และพฤติกรรมการใช้งานจริง (Use Behavior)

ในปี 2012 Venkatesh [10] พัฒนา UTAUT2 โดยเพิ่มปัจจัยที่เกี่ยวกับ Price Value, Hedonic Motivation และ Habit เพื่อให้เข้ากับบริบทของผู้บริโภคทั่วไป ทำให้แบบจำลองมีความยืดหยุ่นมากขึ้นในการประยุกต์ใช้กับเทคโนโลยีที่ไม่ได้จำกัดสำหรับภาคองค์กร และในบริบทของเทคโนโลยีสุขภาพ งานวิจัยของ Alam ปี 2020 [11] ศึกษาปัจจัยการยอมรับบริการ mHealth ในบังกลาเทศ โดยเพิ่ม Perceived Reliability และ Price Value และพบว่า Performance Expectancy, Social Influence และ Facilitating Conditions ส่งผลต่อเจตนาการใช้งานอย่างมีนัยสำคัญ

ในงานวิจัยนี้ ปัจจัยจาก UTAUT เช่น Performance Expectancy, Effort Expectancy, Social Influence, Facilities Conditions และ Price Value ถูกนำมาใช้เป็นปัจจัยหลักในกรอบแนวคิด เพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมของบุคลากรโรงพยาบาลต่อการยอมรับ RMC Plus ทั้งในด้านความง่ายในการใช้งาน การสนับสนุนทางสังคม และความคุ้มค่า



ภาพที่ 2 ทฤษฎีการยอมรับและการใช้เทคโนโลยีแบบรวม
(Unified Theory of Acceptance and Use of Technology: UTAUT) [9]

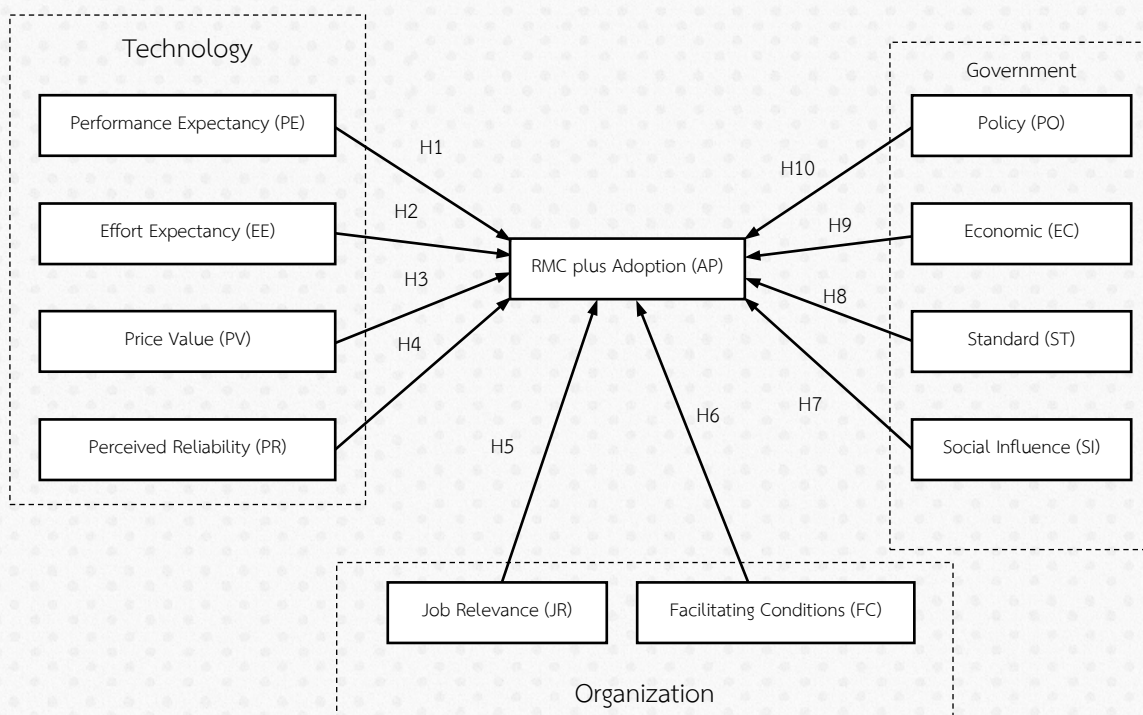
3.3 Health Technology Assessment (HTA)

Health Technology Assessment (HTA) เป็นแนวคิดเชิงระบบที่ใช้ประเมินคุณค่าและผลกระทบของเทคโนโลยีด้านสุขภาพในมิติต่าง ๆ ก่อนนำไปใช้ในระบับนโยบาย ครอบคลุมยา เวชภัณฑ์ อุปกรณ์ เครื่องมือแพทย์ ระบบสารสนเทศ และแนวทางเวชปฏิบัติ [12] นอกจากนี้ HTA ไม่เพียงประเมินด้านคลินิกหรือเทคนิค แต่ยังรวมถึงผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ โครงสร้างองค์กร จริยธรรม กฎหมาย และผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย [13] ซึ่งองค์ประกอบสำคัญในกระบวนการ HTA ถูกกำหนดในแบบจำลอง HTA Core Model® ซึ่งพัฒนาโดย EUnetHTA โดยแบ่งการประเมินเป็น 9 มิติ เช่น effectiveness, safety, cost-effectiveness, organizational impact, social/legal aspects [14]

ในบริบทของโปรแกรม RMC Plus ซึ่งเป็นระบบสารสนเทศด้านสุขภาพสำหรับบริหารจัดการเครื่องมือแพทย์ในโรงพยาบาล โดย HTA สามารถใช้เป็นกรอบวิเคราะห์ผลกระทบจากการใช้งานได้ เช่น ผลกระทบด้านต้นทุนและงบประมาณ (economic impact), การจัดซื้อจัดหาและการบริหารมาตรฐาน (standard and procurement policy) และนโยบายสนับสนุนจากภาครัฐ (policy environment) ซึ่งทั้งหมดนี้ส่งผลต่อการยอมรับและการใช้งานจริงของระบบในระดับโรงพยาบาล ในงานวิจัยนี้ แนวคิด HTA ถูกนำมาใช้เพื่อรับรองปัจจัยในระดับนโยบาย ได้แก่ Economic, Standard, Perceived Reliability และ Policy ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในบริบทของการตัดสินใจระดับนโยบาย และการดำเนินงานของหน่วยงานบริการสุขภาพ โดยเฉพาะในโรงพยาบาลภาครัฐที่อยู่ภายใต้ข้อกำหนด

4. การพัฒนาแบบจำลองการวิจัยและสมมติฐานในการวิจัย

จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยต่าง ๆ ผู้วิจัยได้นำกรอบแนวคิดจากสามทฤษฎีหลัก ได้แก่ Technology Acceptance Model (TAM), Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) และ Health Technology Assessment (HTA) มาผสมผสานปัจจัยที่เกี่ยวข้องเข้าด้วยกันเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับการใช้งานระบบบริหารจัดการเครื่องมือแพทย์ RMC Plus ในโรงพยาบาลภาครัฐ โดยจากการวิเคราะห์เชิงทฤษฎีและสำรวจบริบทการใช้งานจริง ทำให้พบว่าปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการยอมรับเทคโนโลยี ในระดับบุคคล องค์กร และระบบสาธารณสุข มีด้วยกัน 10 ปัจจัย ตามแบบจำลองที่แสดงในภาพที่ 3 ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มหลัก ได้แก่ ปัจจัยด้านเทคโนโลยี, ปัจจัยด้านองค์กร และปัจจัยด้านภาครัฐ ดังนี้



ภาพที่ 3 กรอบแนวคิดการวิจัย

4.1 ความคาดหวังด้านประสิทธิภาพ (Performance Expectancy: PE)

ความคาดหวังด้านประสิทธิภาพ (Performance Expectancy: PE) คือการรับรู้ว่าคุณสมบัติของเทคโนโลยีจะช่วยเพิ่มผลสัมฤทธิ์และประสิทธิภาพของงานได้มากกว่าการไม่ใช้งาน ผู้ใช้งานที่มีการรับรู้ได้ถึงประโยชน์ที่ได้จากเทคโนโลยีใหม่ และสามารถนำไปใช้งานในชีวิตประจำวันได้ จะมีแรงจูงใจในการใช้งานมากขึ้น [5,9,15] การใช้ระบบสารสนเทศที่ช่วยให้

ผู้ใช้งานบรรลุการปฏิบัติงานได้ เป็นสิ่งที่ PE นิยามถึง [9] แนวโน้มการใช้งานเทคโนโลยีใหม่จะสูงขึ้นเมื่อผู้ใช้รับรู้ได้ว่าเทคโนโลยีช่วยให้บริการสุขภาพสะดวก รวดเร็ว และมีคุณภาพมากขึ้น [11] ดังนั้น เราจึงตั้งสมมติฐานต่อไปนี้:

H1: Performance Expectancy มีผลต่อการนำไปโปรแกรมบริหารจัดการเครื่องมือแพทย์ RMC Plus ไปใช้

4.2 การใช้งานง่าย (Effort Expectancy: EE)

การรับรู้ว่ายานเทคโนโลยีนั้นใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อน และไม่ต้องใช้ความพยายามมากในการเรียนรู้ จะช่วยเพิ่มค่า EE สูงขึ้น [16] EE คือตัวบ่งชี้ความง่ายในการใช้งานระบบ [9] โดยทั่วไป EE มีอิทธิพลต่อการใช้งานเทคโนโลยี โดยเฉพาะในกลุ่มผู้ใช้ที่มีทักษะดิจิทัลหลากหลาย [11] เทคโนโลยีที่สะดวกและใช้งานง่ายให้ผู้ใช้รู้สึกเข้าถึงได้ง่ายขึ้น [17,18] ดังนั้น เราจึงตั้งสมมติฐานดังต่อไปนี้:

H2: Effort Expectancy มีผลต่อการนำไปโปรแกรมบริหารจัดการเครื่องมือแพทย์ RMC Plus ไปใช้

4.3 คุณค่าด้านราคา (Price Value: PV)

คุณค่าด้านราคา (Price Value) คือการรับรู้ถึงความคุ้มค่าระหว่างต้นทุนที่จ่ายกับประโยชน์ที่ได้รับ ซึ่งหมายถึงมูลค่าที่ดีที่สุดและระดับราคาที่ยอมรับได้สำหรับเงินที่จ่ายไป [19] โดยทั่วไป PV เกิดจากการเปรียบเทียบผลประโยชน์ที่รับรู้ของแอปพลิเคชันกับต้นทุนทางการเงินในการใช้งาน [10] และในปี 2009 Steele แสดงให้เห็นว่าต้นทุนอาจเป็นตัวกำหนดที่สำคัญที่สุดที่ส่งผลต่อการนำเทคโนโลยีมาใช้ นอกจากนี้ ราคาและมูลค่ามีอิทธิพลอย่างมากและเป็นไปในทางบวก [17] โดยเฉพาะในกลุ่มประเทศกำลังพัฒนา ที่มีทรัพยากรอย่างจำกัด PV ส่งผลต่อการตัดสินใจใช้เทคโนโลยี [11] ดังนั้น เราจึงตั้งสมมติฐานดังต่อไปนี้:

H3: Price Value มีผลต่อการนำไปโปรแกรมบริหารจัดการเครื่องมือแพทย์ RMC Plus ไปใช้

4.4 ความน่าเชื่อถือของระบบ (Perceived Reliability: PR)

ความน่าเชื่อถือของระบบ (Perceived Reliability) คือการรับรู้ถึงความน่าเชื่อถือ ความเสถียร และความถูกต้องของระบบ ซึ่งผู้บริโภครู้สึกว่าเทคโนโลยีใหม่จะทำงานอย่างสม่ำเสมอและแม่นยำ [20] ข้อกังวลหลักของผู้บริโภคเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ออนไลน์มักเป็นเรื่องความน่าเชื่อถือ ความถูกต้อง ความเป็นส่วนตัว และความปลอดภัย [17] การศึกษาจำนวนมากระบุว่า PR ส่งผลต่อความตั้งใจของผู้ใช้ในการนำบริการที่ใช้เทคโนโลยีมาใช้ [21] ดังนั้น เราจึงตั้งสมมติฐานดังต่อไปนี้:

H4: Perceived Reliability มีผลต่อการนำไปโปรแกรมบริหารจัดการเครื่องมือแพทย์ RMC Plus ไปใช้

4.5 Job Relevance

การรับรู้ว่ายานเทคโนโลยีนั้นสอดคล้องกับงานที่รับผิดชอบนั้นทำให้ ระดับที่ผู้ใช้รับรู้ว่ายานเทคโนโลยีมีความสอดคล้องและจำเป็นต่อการปฏิบัติงานของตน [6] ดังนั้น เราจึงตั้งสมมติฐานดังต่อไปนี้:

H5: Job Relevance มีผลต่อการนำไปโปรแกรมบริหารจัดการเครื่องมือแพทย์ RMC Plus ไปใช้

4.6 สิ่งอำนวยความสะดวก (Facilitating Conditions: FC)

สิ่งอำนวยความสะดวก (Facilitating Conditions) คือการรับรู้ว่ามีทรัพยากร ระบบสนับสนุน หรือ โครงสร้างพื้นฐานที่พร้อมต่อการใช้งานระบบ ซึ่งทำให้บุคคลเชื่อว่าองค์กรมีโครงสร้างทางเทคนิคที่รองรับการใช้งาน [9] การส่งเสริมความเชื่อที่เอื้ออำนวยต่อการใช้เทคโนโลยีสุขภาพขึ้นอยู่กับการสนับสนุนขององค์กร [22] แม้ว่าผู้ใช้งานมีเจตนา แต่หากขาดเครื่องมือหรือการสนับสนุนที่เหมาะสมก็จะไม่เกิดการใช้งานจริง ทำให้ FC มีความสำคัญต่อการยอมรับเทคโนโลยี ดังนั้น เราจึงตั้งสมมติฐานดังต่อไปนี้:

H6: Facilitating Conditions มีผลต่อการนำไปโปรแกรมบริหารจัดการเครื่องมือแพทย์ RMC Plus ไปใช้

4.7 อิทธิพลทางสังคม (Social Influence: SI)

อิทธิพลจากบุคคลหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง มีผลต่อการตัดสินใจของคนรอบตัว โดยที่พฤติกรรมของคนรอบตัว ไม่ว่าจะเป็นเพื่อน เพื่อนร่วมงาน ครอบครัว คนรู้จักมักจะส่งผลต่อการตัดสินใจว่าจะทำอะไร ซึ่งในทางการยอมรับเทคโนโลยี

ข้อมูลของการทำงานหรือพฤติกรรมของคนรอบตัวมีผลต่อการตัดสินใจ [15,23] และถ้าหากบุคคลที่เป็นคนสำคัญของเราใช้ระบบหรือเทคโนโลยีใหม่ จะทำให้เราตัดสินใจที่จะใช้ง่ายขึ้น [9,24] นอกจากเพื่อน ๆ จะมีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีไม่ว่าจะเชิงบวกหรือเชิงลบแล้ว ผู้ดูแลมืออาชีพ และสมาชิกในครอบครัว ก็มีผลด้วยเช่นกัน [25] และในงานของ Alam [11] พบว่า SI มีผลอย่างมาก ต่อการตัดสินใจใช้งานเทคโนโลยี จากเพื่อนร่วมงาน ผู้บริหาร ดังนั้น เราจึงตั้งสมมติฐานต่อไปนี้:

H7: Social Influence มีผลต่อการนำไปโปรแกรมบริหารจัดการเครื่องมือแพทย์ RMC Plus ไปใช้

4.8 การสอดคล้องมาตรฐาน (Standard: ST)

การรับรู้ว่าจะสอดคล้องกับมาตรฐานที่หน่วยงานกำกับกำหนด มีผลทำให้มาตรฐานเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้โรงพยาบาลจะนำเทคโนโลยีการบริหารจัดการเครื่องมือแพทย์มาใช้งานจริง [4] และการที่เทคโนโลยีใหม่จะมีการนำไปใช้งานจริง ในส่วนของการประเมินเทคโนโลยีต้องได้รับการรับรองในส่วนของมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ [14] ดังนั้น เราจึงตั้งสมมติฐานต่อไปนี้:

H8: Standard มีผลต่อการนำไปโปรแกรมบริหารจัดการเครื่องมือแพทย์ RMC Plus ไปใช้

4.9 ข้อจำกัดงบประมาณ (Economics: EC)

การรับรู้ถึงผลกระทบด้านงบประมาณ ค่าใช้จ่าย และความสามารถในการลงทุน นั้นมีความสำคัญกับการยอมรับเทคโนโลยี โดยในการประเมินเทคโนโลยีจะให้ความสำคัญกับการดูแลงบประมาณและค่าใช้จ่ายภาพรวมที่จะส่งผลต่อการนำเทคโนโลยีเข้าไปใช้ [14] และในด้านเศรษฐศาสตร์นั้น ผลกระทบด้านงบประมาณจะมีผลในเชิงระบบมากพอสมควร [26] ซึ่งปัจจัยด้านเศรษฐกิจมีผลสูงในการส่งผลต่อการยอมรับเทคโนโลยี โดยเฉพาะการฝึกอบรมและต้นทุนที่ต้องใช้ [27] ดังนั้น เราจึงตั้งสมมติฐานต่อไปนี้:

H9: Economic มีผลต่อการนำไปโปรแกรมบริหารจัดการเครื่องมือแพทย์ RMC Plus ไปใช้

4.10 นโยบาย (Policy: PO)

การรับรู้ถึงการสนับสนุนของนโยบายภาครัฐหรือข้อบังคับที่ส่งผลต่อการตัดสินใจใช้งาน เป็นส่วนหนึ่งของการที่เทคโนโลยีต้องได้รับการสนับสนุนในระดับนโยบาย เพื่อความยั่งยืนในการใช้งาน [26] ดังนั้น เราจึงตั้งสมมติฐานต่อไปนี้:

H10: Policy มีผลต่อการนำไปโปรแกรมบริหารจัดการเครื่องมือแพทย์ RMC Plus ไปใช้

5. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับการใช้งานโปรแกรมบริหารจัดการเครื่องมือแพทย์ RMC Plus ในโรงพยาบาลภาครัฐของประเทศไทย งานวิจัยนี้มีการเก็บข้อมูลโดยใช้ แบบสอบถาม (Questionnaire) ซึ่งได้จากการศึกษาเอกสารและทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง และปรับให้เหมาะกับบริบทของโรงพยาบาลในประเทศไทย

5.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรเป้าหมายของงานวิจัยนี้ คือ บุคลากรในโรงพยาบาลภาครัฐภายใต้สังกัดกระทรวงสาธารณสุข จำนวน 776 แห่ง ในกลุ่มโรงพยาบาลชุมชน ที่มีความรับผิดชอบหรือมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับงานด้านเครื่องมือแพทย์ในโรงพยาบาล และมีการใช้งานหรือประสบการณ์เกี่ยวกับโปรแกรม RMC Plus โดยเฉพาะในกลุ่มผู้ใช้งานที่อยู่ในหน่วยงานวิศวกรรมการแพทย์งานไอที เจ้าหน้าที่เครื่องมือแพทย์ หรือเจ้าหน้าที่แผนกต่าง ๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับระบบ

การเลือกกลุ่มตัวอย่างใช้วิธีการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมที่นิยมใช้ในงานวิจัยเชิงปริมาณเพื่อคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างจากจำนวนประชากรที่ทราบแน่ชัด ซึ่งใช้ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% และค่าความคาดเคลื่อนที่ยอมรับได้อยู่ที่ 5% ทั้งนี้ในงานวิจัยนี้ได้กลุ่มตัวอย่าง 150 คน

5.2 เครื่องมือในการวิจัย

เครื่องมือหลักที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็น แบบสอบถามที่แบ่งออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่

5.2.1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม เช่น เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ ตำแหน่ง และประสบการณ์การทำงาน

5.2.2 ข้อคำถามที่วัดปัจจัยด้านเทคโนโลยี ได้แก่ Performance Expectancy (PE), Effort Expectancy (EE), Price Value (PV), Perceived Reliability (PR)

5.2.3 ข้อคำถามที่วัดปัจจัยด้านองค์กร: Job Relevance (JR), Facilitating Conditions (FC)

5.2.4 ข้อคำถามที่วัดปัจจัยด้านภาครัฐ: Social Influence (SI), Economic (EC), Standard (ST), Policy (PO)

โดยในแต่ละคำถามใช้มาตราส่วนประมาณค่าแบบ Likert 5 ระดับ ได้แก่ 5 หมายถึง มีอิทธิพลมากที่สุด 4 หมายถึง มีอิทธิพลมาก 3 หมายถึง มีอิทธิพลปานกลาง 2 หมายถึง มีอิทธิพลต่ำ 1 หมายถึง มีอิทธิพลต่ำที่สุด

5.3 ความถูกต้องและความน่าเชื่อถือ

แบบสอบถามได้ออกแบบข้อคำถามและผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยผู้เชี่ยวชาญ และได้ทำการขอจริยธรรมในมนุษย์จากสำนักงานจริยธรรมการวิจัย มหาวิทยาลัยรังสิต และได้ปรับปรุงตามข้อเสนอให้เหมาะสมกับบริบทของโรงพยาบาลภาครัฐในประเทศไทย โดยการตรวจสอบความเชื่อมั่น (Reliability) ที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นภายในด้วยสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha) โดยได้ค่าที่ 0.70

5.4 ขั้นตอนการรวบรวมข้อมูล

การเก็บข้อมูลนั้น ผู้วิจัยเก็บข้อมูลโดยการแจกแบบสอบถามในรูปแบบออนไลน์ให้กับกลุ่มตัวอย่างตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยมีการชี้แจงวัตถุประสงค์ของงานวิจัย การรักษาความลับ และความสมัครใจในการช่วยตอบแบบสอบถาม พร้อมจัดเก็บข้อมูลโดยไม่ระบุชื่อและรักษาความลับของผู้ตอบแบบสอบถามเรียบร้อยแล้ว

6. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ข้อมูลประชากรของผู้ที่ตอบแบบสอบถามที่แสดงในตารางที่ 1 พบว่ามีผู้ตอบแบบสอบถามเป็นเพศชายและหญิงในจำนวนที่เท่ากัน คือ 75 คน โดยที่จำนวนผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมดอยู่ที่ 150 คน ซึ่งช่วงอายุที่มีสัดส่วนมากที่สุดคือ ช่วงอายุ 46 – 55 ปี จำนวน 65 คน (43.3%) และช่วงอายุต่ำกว่า 25 ปี มีเพียง 5 คน (3.3%) และในด้านการศึกษาของผู้ตอบแบบสอบถามโดยส่วนใหญ่ในจำนวนสองในสามเป็นผู้ที่จบการศึกษาในระดับปริญญาตรี (66.7%) และมุมมองในส่วนของอาชีพ 60% ของผู้ตอบแบบสอบถามจะเป็นการจ้างงานแบบชั่วคราว โดยอยู่ในตำแหน่งในอัตราส่วนที่ต่างกันพอสมควร ประกอบไปด้วย พยาบาล 55 คน เป็นจำนวนที่มากที่สุด ซึ่งส่วนใหญ่ทำงานในสายทางการแพทย์ และผู้ตอบแบบสอบถามนั้นเป็นเจ้าหน้าที่ในโรงพยาบาลรัฐที่มีประสบการณ์เกี่ยวกับการทำงานด้านงานเครื่องมือทางการแพทย์ทั้งหมด

ตารางที่ 1 ข้อมูลผู้ตอบแบบสอบถาม (n=150)

ตัวแปร	จำนวน	ร้อยละ	ตัวแปร	จำนวน	ร้อยละ
เพศ			สถานภาพการจ้างงาน		
ชาย	75	50.00	ข้าราชการ	90	60.00
หญิง	75	50.00	พนักงานราชการ	10	6.70
อายุ			พนักงานกระทรวง	35	23.30
18-25	5	3.30	ลูกจ้างประจำ	5	3.30
26-35	35	23.30	อื่น ๆ	10	6.70

ตารางที่ 1 ข้อมูลผู้ตอบแบบสอบถาม (n=150) (ต่อ)

ตัวแปร	จำนวน	ร้อยละ	ตัวแปร	จำนวน	ร้อยละ
36-45	35	23.30	ตำแหน่ง		
46-55	65	43.30	พยาบาล	55	36.70
>55	5	6.70	วิศวกรชีวการแพทย์	20	13.30
ระดับการศึกษา			ช่างเทคนิค	30	20.00
ต่ำกว่าปริญญาตรี	15	10.00	แพทย์	5	3.30
ปริญญาตรี	100	66.70	อื่น ๆ	40	26.70
ปริญญาโท	30	20.00			
ปริญญาเอก	5	3.30			

ตารางที่ 2 ค่าความเที่ยงตรงและความน่าเชื่อถือ

ปัจจัย	Cronbach's alpha	Composite reliability (rho_a)	Composite reliability (rho_c)	Average variance extracted (AVE)
AP	0.784	0.814	0.873	0.699
EC	0.829	0.983	0.892	0.736
EE	0.881	1.030	0.914	0.726
FC	0.833	0.858	0.879	0.595
JR	0.903	0.907	0.939	0.837
PE	0.865	0.893	0.907	0.711
PO	0.795	0.817	0.880	0.710
PR	0.700	0.767	0.809	0.520
PV	0.858	0.858	0.914	0.779
SI	0.727	0.733	0.821	0.536
ST	0.903	0.912	0.940	0.839

6.1 Measurement model

การวิเคราะห์แบบจำลองทางการวัด ในตัวแปรทั้ง 10 ตัวนั้นแสดงค่า Cronbach's alpha ในตารางที่ 2 โดยที่ค่า α อยู่ระหว่าง 0.700 – 0.903 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่ 0.700 [28] จึงบอกได้ว่า กลุ่มข้อคำถามภายในแต่ละตัวแปรมีความสอดคล้องกันอย่างเพียงพอ ซึ่งสนับสนุนจากค่า Composite Reliability และ Average Variance Extracted เกินเกณฑ์ขั้นต่ำที่ 0.700 และ 0.500 ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบสมมติฐาน

Hypothesis	Relationship	Original sample (O)	Sample mean (M)	Standard deviation (STDEV)	T statistics (O/STDEV)	P values
H1	PE -> AP	-0.227	-0.218	0.112	2.025	0.043*
H2	EE -> AP	-0.193	-0.172	0.086	2.241	0.025*
H3	PV -> AP	0.204	0.203	0.088	2.326	0.020*
H4	PR -> AP	0.362	0.348	0.080	4.504	0.000***
H5	JR -> AP	0.156	0.151	0.071	2.203	0.028*
H6	FC -> AP	0.318	0.310	0.069	4.588	0.000***
H7	SI -> AP	-0.135	-0.132	0.075	1.806	0.071
H8	ST -> AP	0.674	0.668	0.083	8.079	0.000***
H9	EC -> AP	-0.159	-0.163	0.068	2.352	0.019*
H10	PO -> AP	-0.147	-0.126	0.086	1.702	0.089

* P values < 0.05 ** P values < 0.01 *** P values < 0.001

6.2 Structural model

Smart PLS 4 ถูกใช้ในการทดสอบสมมติฐานเพื่อประเมินนัยสำคัญของ path-coefficient ระหว่างปัจจัยทั้ง 10 กับความตั้งใจยอมรับระบบ (Adoption: AP) โดยผลลัพธ์ PLS ของการทดสอบสมมติฐานแสดงอยู่ในตารางที่ 3 ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่าง 8 ปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการยอมรับระบบ คือ มาตรฐาน (ST), ความน่าเชื่อถือของระบบ (PR), สิ่งอำนวยความสะดวก (FC), คุณค่าด้านราคา (PV), ความเกี่ยวข้องกับงาน (JR), ข้อจำกัดงบประมาณ (EC), ความพยายามที่คาดหวัง (EE) และประสิทธิภาพที่คาดหวัง (PE) โดยมีค่า t อยู่ในช่วง 2.03 – 8.08 และมีค่า p < 0.05 ในทางตรงข้ามกัน อิทธิพลทางสังคม (SI) และนโยบายสนับสนุน (PO) แสดงค่า t = 1.81 และ 1.70 ตามลำดับ (p > 0.05) แสดงให้เห็นว่าทั้งสองไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการยอมรับระบบนี้

ผลจากการวิเคราะห์บ่งบอกได้ว่า มาตรฐาน (ST) เป็นปัจจัยที่มีนัยสำคัญสูงสุดที่มีผลมาจากข้อกำหนดด้านมาตรฐานของกรมสนับสนุนบริการสุขภาพ และแนวทางจาก WHO ในเรื่องของ CMMS ทำให้มองว่าการใช้ CMMS จึงได้การยอมรับการใช้งาน ส่วนความน่าเชื่อถือของระบบ (PR) และ สิ่งอำนวยความสะดวก (FC) แสดงให้เห็นว่าสถานพยาบาลให้ความสำคัญกับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมด้าน IT ที่สนับสนุนการใช้งานทั้งด้านโครงสร้าง ทีมสนับสนุนและอื่น ๆ มีผลอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้การตัดสินใจใช้งานระบบที่มาจากความเกี่ยวข้องกับงาน (JR), ความพยายามที่คาดหวัง (EE) และประสิทธิภาพที่คาดหวัง (PE) มีนัยสำคัญต่อการยอมรับระบบ ซึ่งยืนยันว่าการรับรู้ของผู้ใช้ยังคงเป็นหัวใจหลักโดยเฉพาะอย่างยิ่งนัยสำคัญของ EE ซึ่งแตกต่างจากงานของ Alam [11] ที่พบว่าปัจจัยนี้ไม่มีผล นอกจากนี้ถ้าบุคลากรรับรู้ถึงคุณค่าด้านราคา (PV) รวมถึงผลกระทบจาก ข้อจำกัดงบประมาณ (EC) ที่มีนัยสำคัญ ซึ่งผลของ PV ก็ขัดแย้งกับงานของ Alam เช่นกัน โดยที่ความต่างของปัจจัยทั้ง EE และ PV อาจอธิบายได้ว่า ในสภาพแวดล้อมการทำงานจริงของโรงพยาบาล ความง่ายและความคุ้มค่าด้านต้นทุนเป็นสิ่งที่บุคลากรให้ความสำคัญต่างจากกลุ่มผู้ใช้บริการสุขภาพทั่วไป

7. บทสรุป

ผลการวิจัยนี้ได้ยืนยันว่ามีปัจจัยที่มีผลต่อการนำโปรแกรมบริหารจัดการเครื่องมือแพทย์ RMC Plus ไปใช้ในโรงพยาบาลภาครัฐของประเทศไทย โดยปัจจัยที่มีอิทธิพลสูงสุด คือ การสอดคล้องมาตรฐาน (ST) ซึ่งต่อยอดความสำคัญของการประเมินเทคโนโลยีสุขภาพ (HTA) แสดงให้เห็นว่าโรงพยาบาลจะยอมรับการใช้ CMMS ก็ต่อเมื่อระบบสามารถตอบข้อกำหนดหรือมาตรฐาน ควบคู่ไปกับปัจจัยจาก UTAUT ที่ว่าด้วยความน่าเชื่อถือของระบบ (PR) และสิ่งอำนวยความสะดวก (FC) ภายในองค์กร และในขณะเดียวกันปัจจัยพื้นฐานจากทฤษฎีการยอมรับจากทั้ง TAM และ UTAUT ไม่ว่าจะเป็นคุณค่าด้านราคา (PV) ความเกี่ยวข้องกับงาน (JR) ความพยายามที่คาดหวัง (EE) ประสิทธิภาพที่คาดหวัง (PE) นอกจากนี้ ปัจจัยด้านข้อจำกัดงบประมาณ (EC) ซึ่งมาจากกรอบของ HTA ก็เป็นอีกหนึ่งเงื่อนไขสำคัญที่ต้องพิจารณา ซึ่งในทางตรงกันข้าม อิทธิพลทางสังคม (SI) และประกาศเจตนายกส่วนกลาง (PO) ยังไม่เพียงพอต่อการจูงใจผู้ใช้ในปัจจุบัน ผลลัพธ์เหล่านี้ชี้ให้เห็นว่าการจะนำโปรแกรมบริหารจัดการเครื่องมือแพทย์ RMC Plus ไปใช้ในโรงพยาบาลภาครัฐ ต้องให้มีการส่งเสริมการใช้งานให้สอดคล้องกับมาตรฐานระบบบริการสุขภาพที่เพิ่มมากขึ้น และเสริมให้ส่วนโครงสร้างพื้นฐานสำหรับโรงพยาบาลในฝั่งผู้พัฒนาต้องสร้างความน่าเชื่อถือของโปรแกรมและออกแบบตามบทบาทผู้ใช้เพื่อลดภาระการเรียนรู้และช่องว่างทางทรัพยากร อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้มีข้อจำกัดในด้านการเข้าถึงกลุ่มตัวอย่าง เนื่องจากภาระงานของเจ้าหน้าที่หน่วยงานและความไม่สะดวกทำให้การเก็บข้อมูลผ่านแบบสอบถามอาจจะยังไม่สามารถสะท้อนถึงข้อมูลเชิงลึกได้เต็มที่ โดยในอนาคตงานวิจัยควรศึกษาใช้งานจริงจากการใช้งานจริงในโรงพยาบาล เช่น การสัมภาษณ์เชิงลึก เพื่อยืนยันสายสัมพันธ์จากเจตนาไปสู่ผลประโยชน์ตามที่แบบจำลองคาดการณ์ไว้

8. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รศ. ว่าที่ ร.ต. ดร. พิชิตพล โชติกุลนันท์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ซึ่งได้ให้ข้อเสนอแนะทางวิชาการ อำนวยความสะดวกในการดำเนินงานวิจัย และติดตามความก้าวหน้าอย่างใกล้ชิดตลอดระยะเวลาการศึกษา ตลอดจน ดร. อนุชิต นิธิภัย และ ผศ.อนันตศักดิ์ วงศ์คำแหง อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ให้คำแนะนำด้านระเบียบวิธีวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูลอย่างเข้มข้น ส่งผลให้งานวิจัยมีความครบถ้วนและถูกต้องยิ่งขึ้น

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนข้อมูลเชิงเทคนิคและการสาธิตระบบจาก ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) ทีมผู้พัฒนาโปรแกรม RMC Plus รวมถึงความร่วมมือด้านสถานที่เก็บข้อมูลและเอกสารอ้างอิงจาก กองวิศวกรรมการแพทย์ กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ ซึ่งเอื้อเพื่อประสานงานกับโรงพยาบาลภาครัฐเป็นอย่างดี

ท้ายที่สุด ผู้วิจัยขอขอบคุณครอบครัว เพื่อนร่วมวิจัย และทุกหน่วยงานที่ไม่เอียนนาม ที่มอบกำลังใจและสนับสนุนทรัพยากรในทุกมิติ จนทำให้งานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จสมบูรณ์ตามเป้าหมาย

9. เอกสารอ้างอิง

- [1] World Health Organization. (2011). Introduction to medical equipment inventory management. WHO Medical Device Technical Series. Available: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/44561/9789241501392-eng.pdf?sequence=1>.
- [2] World Health Organization. (2011). Medical equipment maintenance programme overview. WHO Medical Device Technical Series. Available: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/44587/9789241501538-eng.pdf?sequence=1>.

- [3] World Health Organization. (2003). Computerized maintenance management system. WHO Medical Device Technical Series. Available: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/44567/9789241501415-eng.pdf?sequence=1>.
- [4] กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ. (2564). มาตรฐานระบบบริการด้านสุขภาพ พ.ศ. 2564. สืบค้นจาก <https://ricd.go.th/webth2/wp-content/uploads/2021/06/Health-Service-System-Standards-Year-64.pdf>.
- [5] F. D. Davis. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*. 13(1989) 319-340.
- [6] V. Venkatesh and F. D. Davis. A theoretical extension of the technology acceptance model: Four longitudinal field studies. *Management Science*. 46(2000) 186-204.
- [7] J. Kim and H.-A. Park. Development of a health information technology acceptance model using consumers' health behavior intention. *Journal of Medical Internet Research*. 14(2012) e133.
- [8] P. H. Ketikidis, T. Dimitrovski, L. Lazuras, and P. A. Bath. Acceptance of health information technology in health professionals: An application of the revised technology acceptance model. *Health Informatics Journal*. 18(2012) 124-134.
- [9] V. Venkatesh, M. G. Morris, G. B. Davis, and F. D. Davis. User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly*. 27(2003) 425-478.
- [10] V. Venkatesh, J. Y. Thong, and X. Xu. Consumer acceptance and use of information technology: Extending the unified theory of acceptance and use of technology. *MIS Quarterly*. 36(2012) 157-178.
- [11] M. Z. Alam, M. R. Hoque, W. Hu, and Z. Barua. Factors influencing the adoption of mHealth services in a developing country: A patient-centric study. *International Journal of Information Management*. 50(2020) 128-143.
- [12] World Health Organization. (2015). Health technology assessment of medical devices. WHO Medical Device Technical Series. Available: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/44564/9789241501361-eng.pdf?sequence=1>.
- [13] M. F. Drummond, J. S. Schwartz, B. Jönsson, B. R. Luce, P. J. Neumann, U. Siebert, and S. D. Sullivan. Key principles for the improved conduct of health technology assessments for resource allocation decisions. *Int. J. Technol. Assess. Health Care*. 24(2008) 244-258.
- [14] Ludwig Boltzmann Institute for Health Technology Assessment. (2016). Health technology assessments on medical devices in Europe: Final report (LBI-HTA Rapid Assessment No. 012). Available: https://eprints.aihta.at/1108/1/Rapid_Assessment_012.pdf.
- [15] A. A. Alalwan, Y. K. Dwivedi, and M. D. Williams. Customers' intention and adoption of telebanking in Jordan. *Information Systems Management*. 33(2016) 154-178.
- [16] C. K. Or, B. T. Karsh, D. J. Severtson, L. J. Burke, R. L. Brown, and P. F. Brennan. Factors affecting home care patients' acceptance of a web-based interactive self-management technology. *J. Am. Med. Inform. Assoc.* 18(2011) 51-59.

- [17] A. A. Alalwan, Y. K. Dwivedi, and N. P. Rana. Factors influencing adoption of mobile banking by Jordanian bank customers: Extending UTAUT2 with trust. *International Journal of Information Management*. 37(2017) 99-110.
- [18] M. A. Shareef, Y. K. Dwivedi, V. Kumar, and U. Kumar. Content design of advertisement for consumer exposure: Mobile marketing through short messaging service. *International Journal of Information Management*. 37(2017) 257-268.
- [19] J. C. Sweeney and G. N. Soutar. Consumer perceived value: The development of a multiple item scale. *Journal of Retailing*. 77(2001) 203-220.
- [20] E. J. Lee, J. Lee, and D. Eastwood. A two-step estimation of consumer adoption of technology-based service innovations. *The Journal of Consumer Affairs*. 37(2003) 256-282.
- [21] T. B. Warrington, N. J. Abgrab, and H. M. Caldwell. Building trust to develop competitive advantage in e-business relationships. *Competitiveness Review an International Business Journal Incorporating Journal of Global Competitiveness*. 10(2000) 160-168.
- [22] R. Steele, A. Lo, C. Secombe, and Y. K. Wong. Elderly persons' perception and acceptance of using wireless sensor networks to assist healthcare. *International Journal of Medical Informatics*. 78(2009) 788-801.
- [23] N. Rana, Y. Dwivedi, B. Lal, M. Williams, and M. Clement. Citizens' adoption of an electronic government system: Towards a unified view. *Information Systems Frontiers*. 19(2017) 549-568.
- [24] M. F. Chen and N. P. Lin. Incorporation of health consciousness into the technology readiness and acceptance model to predict app download and usage intentions. *Internet Research*. 28(2015) 351-373.
- [25] E. J. Porter and L. H. Ganong. Considering the use of a personal emergency response system: An experience of frail, older women. *Care Management Journals*. 3(2002) 192-198.
- [26] HTAi and INAHTA Joint Task Group. A new definition of health technology assessment: A bipartisan perspective from the global HTA community. *Int. J. Technol. Assess. Health Care*. 36(2020) 400-403.
- [27] R. Zhang, Y. Tang, L. Wang, and Z. Wang. Factors Influencing BIM Adoption for Construction Enterprises in China. *Advances in Civil Engineering*. 2020(2020) 8848965.
- [28] J. F. Hair, J. J. Risher, M. Sarstedt, and C. M. Ringle. When to Use and How to Report the Results of PLS-SEM. *European Business Review*. 31(2019) 2-24.

ความต้องการใช้ข้อมูลสารสนเทศเพื่อการบริหารงานกิจการนักเรียนของสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรี

Information requirements for student affairs management of schools under the Secondary Educational Area Office Saraburi

วรรณิสา สุขสวัสดิ์^{1*} สุทธิพร บุญส่ง¹ และ พิมลพรรณ เพชรสมบัติ^{1*}

¹ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

*E-mail: pimolpun_p@rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

บทความวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความต้องการใช้ข้อมูลสารสนเทศเพื่อการบริหารงานกิจการนักเรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรี โดยมีผู้ให้ข้อมูลสำคัญ จำนวน 5 คน ซึ่งได้จากการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นแบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง เกี่ยวกับความต้องการใช้ข้อมูลสารสนเทศเพื่อการบริหารงานกิจการนักเรียนของสถานศึกษา ข้อมูลที่ได้ถูกนำมาวิเคราะห์โดยใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัยพบว่าความต้องการสารสนเทศเพื่อการบริหารงานกิจการนักเรียนของสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรี ประกอบด้วย 7 ด้านดังนี้ 1) ข้อมูลพื้นฐานของผู้เรียน 2) พฤติกรรม 3) การคัดกรองนักเรียน 4) ความสามารถพิเศษ 5) การเรียนและผลสัมฤทธิ์ 6) สุขภาพและสุขภาวะ 7) การแนะแนวและการศึกษาต่อ ทั้งนี้ข้อมูลทั้ง 7 ด้านที่ได้จากผลการวิจัยสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบบริหารจัดการนักเรียนอัจฉริยะที่ขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่ เช่น ปัญญาประดิษฐ์และการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ ซึ่งจะช่วยสนับสนุนการวางแผนดูแลผู้เรียนอย่างแม่นยำ และเสริมศักยภาพการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ของผู้บริหารสถานศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การบริหารงานกิจการนักเรียน ความต้องการใช้ข้อมูลสารสนเทศ สถานศึกษา

Abstract

This research article aimed to investigate the information requirements for student affairs management of schools under the Saraburi Secondary Educational Area Office. The key informants included five people derived from purposive sampling. The instrument was a structured interview form related to the information requirements for student affairs management of schools. To analyze the data, the researcher conducted content analysis for the qualitative study. The findings revealed that the Saraburi Secondary Educational Area Office's student affairs management information requirements for schools included seven dimensions: 1) student basic information, 2) behavior, 3) student assessment, 4) particular skills, 5) learning and achievement, 6) health and well-being, and 7) direction and further education. These seven dimensions identified in the findings can serve as a foundational framework for

developing an intelligent student management system powered by modern technologies such as Artificial Intelligence (AI) and Big Data Analytics. This system would enhance the precision of student monitoring and support data-driven strategic decision-making by school administrators, leading to more effective and holistic educational management.

Keywords: Student Affairs Management, Information requirements, School

1. บทนำ

การจัดการศึกษาในยุคดิจิทัล การบริหารกิจการนักเรียน ได้กลายเป็นภารกิจที่มีความสำคัญยิ่ง เนื่องจากเป็นกลไกที่เชื่อมโยงโดยตรงกับการพัฒนาผู้เรียนในทุกมิติ ทั้งด้านวิชาการ พฤติกรรม คุณธรรม จริยธรรม สุขภาวะ และการเตรียมความพร้อมสู่ชีวิตในสังคม ซึ่งทั้งหมดล้วนมีผลต่อคุณภาพชีวิตของผู้เรียนในระยะยาว [1-5] การบริหารกิจการนักเรียนอย่างมีระบบจึงไม่เพียงแต่ช่วยให้โรงเรียนมีสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนรู้ แต่ยังช่วยให้ครูสามารถเข้าถึงนักเรียน เข้าใจปัญหา และวางแผนดูแลได้อย่างเหมาะสม นำไปสู่การพัฒนาแบบองค์รวมและสอดคล้องกับเจตนารมณ์ของพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ ที่เน้นความเสมอภาคและคุณภาพการศึกษาอย่างยั่งยืน เมื่อพิจารณาถึงความซับซ้อนและหลากหลายของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกิจการนักเรียน ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลพื้นฐาน พฤติกรรม ผลการเรียนรู้ สุขภาพ ความสามารถพิเศษ หรือแนวทางการศึกษาต่อ ย่อมทำให้สถานศึกษาต้องการระบบที่สามารถรวบรวม วิเคราะห์ และใช้ประโยชน์จากข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น การศึกษาความต้องการใช้ข้อมูลสารสนเทศเพื่อการบริหารงานกิจการนักเรียน จึงเป็นแนวทางที่ตอบโจทย์โดยเฉพาะในบริบทของสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรี ที่ให้ความสำคัญกับการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มศักยภาพในการวางแผน ติดตาม และประเมินผลการดำเนินงานของโรงเรียนในสังกัด ทั้งนี้ระบบสารสนเทศยุคใหม่มิได้เป็นเพียงเครื่องมือจัดเก็บข้อมูลเท่านั้น หากแต่เป็นเครื่องมือเชิงกลยุทธ์ที่ช่วยให้ผู้บริหารสามารถตัดสินใจเชิงรุก วางแผนอย่างเป็นระบบ และประสานความร่วมมือกับภาคส่วนต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อันจะนำไปสู่การพัฒนาคุณภาพนักเรียนและระบบการศึกษาของพื้นที่อย่างแท้จริง

สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรี ซึ่งมีวิสัยทัศน์มุ่งสู่การเป็นองค์กรมาตรฐานและทันสมัย ได้ตระหนักถึงความจำเป็นเร่งด่วนของการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อใช้ในการบริหารจัดการงานกิจการนักเรียนอย่างเป็นระบบ มีประสิทธิภาพ และสอดคล้องกับแนวทางการบริหารในยุคดิจิทัล โดยเฉพาะในด้านความรวดเร็ว โปร่งใส ความแม่นยำ และการบูรณาการข้อมูลเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ของผู้บริหารสถานศึกษา ทั้งนี้ ระบบเดิมที่มีอยู่ยังคงประสบปัญหาหลายประการ เช่น การจัดเก็บข้อมูลแบบแยกส่วน ความไม่สอดคล้องของข้อมูลระหว่างฝ่าย และการใช้เครื่องมือพื้นฐานที่ไม่เอื้อต่อการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึกเป็นต้น ส่งผลให้กระบวนการบริหารขาดประสิทธิภาพและความต่อเนื่อง ซึ่งไม่สามารถตอบสนองต่อความต้องการของบริบทการศึกษาในปัจจุบันได้อย่างเหมาะสม [6] การพัฒนาระบบสารสนเทศที่มีคุณภาพ จึงกลายเป็นแนวทางสำคัญในการยกระดับการบริหารจัดการงานกิจการนักเรียนให้สามารถตอบสนองต่อสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ลดความซ้ำซ้อนของข้อมูล และเชื่อมโยงข้อมูลจากหลายแหล่งได้อย่างเป็นระบบ ส่งเสริมให้การตัดสินใจของผู้บริหารมีความถูกต้อง ทันเวลา และแม่นยำยิ่งขึ้น อีกทั้งระบบดังกล่าวยังมีบทบาทสำคัญในการจัดเก็บข้อมูลนักเรียนอย่างครบถ้วนและเป็นปัจจุบัน ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีคุณค่าในการวิเคราะห์พฤติกรรม ความต้องการ ความเสี่ยง และศักยภาพเฉพาะบุคคล เพื่อให้สามารถวางแผนช่วยเหลือและพัฒนานักเรียนได้ตรงจุด ตลอดจนสร้างความสัมพันธ์ที่แน่นแฟ้น ระหว่างโรงเรียน ผู้ปกครอง และชุมชน การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อบริหารกิจการนักเรียนจึงมิได้มีเป้าหมายเพียงเพื่อปรับปรุงการดำเนินงานภายในโรงเรียนเท่านั้น หากแต่ยังเป็นเครื่องมือเชิงกลยุทธ์ที่ช่วยเพิ่มความคล่องตัวในการบริหาร รองรับการประเมินตามมาตรฐานคุณภาพการศึกษา และยกระดับขีดความสามารถของสถานศึกษา

ในภาพรวม ไม่ว่าจะเป็นด้านการให้บริการนักเรียน การส่งเสริมความเสมอภาคทางการศึกษา หรือการพัฒนาศักยภาพผู้เรียนอย่างทั่วถึง อันจะนำไปสู่การยกระดับคุณภาพการศึกษาของพื้นที่อย่างมั่นคงและยั่งยืนในระยะยาว

จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาความต้องการใช้ข้อมูลสารสนเทศเพื่อการบริหารงานกิจการนักเรียนของสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรี เพื่อให้สามารถนำข้อมูลสารสนเทศมาใช้ในการสนับสนุนการวางแผน ตัดสินใจ และดำเนินงานบริหารกิจการนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากยิ่งขึ้น อันจะช่วยเสริมสร้างระบบการบริหารจัดการที่เป็นระบบระเบียบ เชื่อมโยงข้อมูลระหว่างหน่วยงานได้อย่างมีมาตรฐาน และตอบสนองต่อความต้องการในการพัฒนาคุณภาพผู้เรียนและการศึกษาของพื้นที่ได้อย่างแท้จริง

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาความต้องการใช้ข้อมูลสารสนเทศเพื่อการบริหารงานกิจการนักเรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรี

3. วิธีการวิจัย

3.1 การวิจัยเชิงคุณภาพ

วิธีการดำเนินการวิจัยฉบับนี้จะใช้วิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) เพื่อศึกษาความต้องการใช้ข้อมูลสารสนเทศเพื่อการบริหารงานกิจการนักเรียนของสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรี

3.2 ผู้ให้ข้อมูล

กลุ่มผู้ให้ข้อมูลสำคัญในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วยผู้บริหารและบุคลากรที่มีบทบาทสำคัญในการบริหารจัดการงานกิจการนักเรียนในสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรี จำนวนทั้งสิ้น 5 คน ประกอบด้วย

3.2.1 ผู้อำนวยการโรงเรียน จำนวน 2 คน ซึ่งมีประสบการณ์ในการบริหารสถานศึกษาระดับมัธยมศึกษาไม่น้อยกว่า 5 ปี และมีบทบาทโดยตรงในการกำหนดนโยบายและวางแผนการดำเนินงานของโรงเรียน

3.2.2 รองผู้อำนวยการกลุ่มกิจการนักเรียน จำนวน 1 คน ซึ่งรับผิดชอบงานด้านพฤติกรรมนักเรียน ระบบดูแลช่วยเหลือ และกิจกรรมส่งเสริมคุณธรรมจริยธรรม

3.2.3 รองผู้อำนวยการกลุ่มวิชาการ จำนวน 1 คน ซึ่งมีหน้าที่ในการบูรณาการข้อมูลนักเรียนร่วมกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพื่อใช้ในการวางแผนและพัฒนาหลักสูตร

3.2.4 ผู้ดูแลระบบสารสนเทศของโรงเรียน จำนวน 1 คน ซึ่งมีหน้าที่ดูแลการจัดเก็บ จัดการ และวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศของนักเรียนด้วยเทคโนโลยีที่ใช้อยู่ในโรงเรียน

3.3 เครื่องมือการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับความต้องการใช้ข้อมูลสารสนเทศเพื่อการบริหารงานกิจการนักเรียนของสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรี ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ให้สัมภาษณ์ เช่น ชื่อ - นามสกุล ตำแหน่ง ประสบการณ์ทำงาน สถานที่ทำงาน วันเวลาที่สัมภาษณ์ เป็นต้น

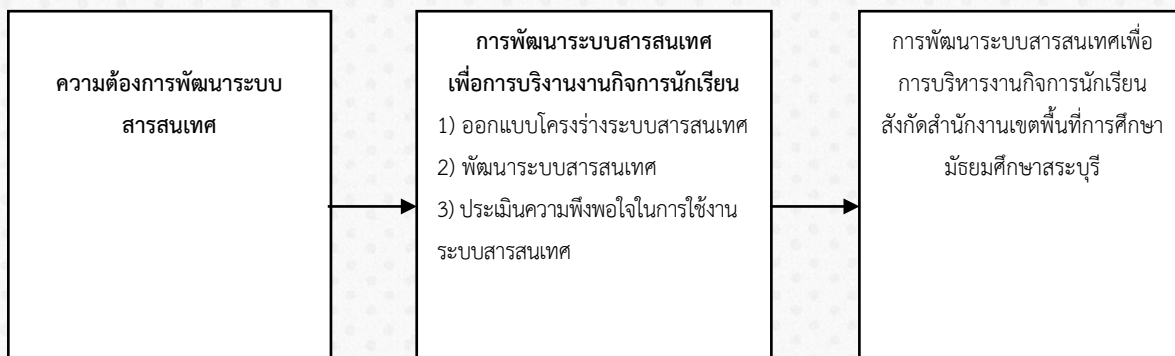
ส่วนที่ 2 ข้อมูลการเกริ่นนำ เพื่ออธิบายวัตถุประสงค์ของการสัมภาษณ์ และการสร้างความเข้าใจและให้ผู้ตอบแบบสัมภาษณ์เห็นถึงความสำคัญของข้อมูลที่ให้สัมภาษณ์

ส่วนที่ 3 ข้อมูลประเด็นคำถามในการสัมภาษณ์ ประกอบด้วยคำถามหลัก 6 ข้อ ครอบคลุมเนื้อหาเกี่ยวกับประเภทของข้อมูลที่จำเป็นในการบริหารจัดการงานกิจการนักเรียน ฟังก์ชันที่ควรมีในระบบสารสนเทศ รายละเอียดของข้อมูล

ด้านคุณภาพชีวิตและพฤติกรรมนักเรียน ข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการบริหารงานกิจการนักเรียน การเชื่อมโยงข้อมูลกับฝ่ายงานอื่น และปัจจัยที่ส่งผลต่อความคุ้มค่าและประสิทธิผลของระบบ

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากแบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างได้รับการวิเคราะห์ด้วยวิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) โดยผู้วิจัยดำเนินการจำแนกประเด็นตามกรอบแนวคิดที่กำหนดไว้ และจัดกลุ่มข้อมูลที่มีลักษณะสอดคล้องกัน



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

4. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 ผลการวิจัย

ผลการดำเนินงานวิจัยเรื่อง ความต้องการการใช้ข้อมูลสารสนเทศเพื่อบริการงานกิจการนักเรียนของสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรี พบว่าการบริหารงานกิจการนักเรียน ถือเป็นองค์ประกอบสำคัญในการจัดการศึกษาในระดับสถานศึกษา โดยเฉพาะในบริบทของสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรี ซึ่งมีนโยบายมุ่งเน้นการพัฒนาคุณภาพของผู้เรียนควบคู่กับการพัฒนาระบบข้อมูลสารสนเทศที่ทันสมัย สะท้อนถึงแนวโน้มของการนำเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามามีบทบาทในการสนับสนุนการบริหารจัดการในทุกมิติของสถานศึกษา ผู้บริหาร ครู และเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลที่ถูกต้อง ครบถ้วน และทันต่อเวลา เพื่อนำมาใช้ในการวางแผน ดูแล ป้องกัน และพัฒนาผู้เรียนได้อย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ ซึ่งระบบสารสนเทศที่ได้รับการพัฒนาในครั้งนี้ จัดเก็บข้อมูลที่ครอบคลุมทั้ง 7 ด้านได้แก่

1) ข้อมูลพื้นฐานของผู้เรียน เป็นข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการระบุตัวตนของนักเรียน เช่น ชื่อ-สกุล เลขประจำตัวนักเรียน วันเดือนปีเกิด ชั้นเรียน ห้องเรียน ข้อมูลผู้ปกครอง ที่อยู่ และเบอร์ติดต่อ เป็นต้น ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จำเป็นต่อการลงทะเบียน การจัดการเอกสารราชการ และการประสานงานกับผู้ปกครองอย่างมีประสิทธิภาพ ตามแนวทางการดำเนินงานกิจการนักเรียนในสถานศึกษาของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) พ.ศ. 2565 ได้กำหนดให้สถานศึกษาดำเนินการเก็บข้อมูลนักเรียนอย่างครบถ้วน ถูกต้อง และทันสมัยอยู่เสมอ เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลสำคัญในระบบสารสนเทศที่สนับสนุนการบริหารจัดการกิจการนักเรียนอย่างเป็นระบบ [7] และสอดคล้องกับจิระวดี สินทร [8] ได้ทำการวิจัยเรื่องการบริหารระบบข้อมูลสารสนเทศเพื่อการจัดการที่ยั่งยืนของโรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดสำนักคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน พบว่าโรงเรียนควรให้ความสำคัญกับการจัดเก็บข้อมูลนักเรียนให้ถูกต้อง ครบถ้วน และทันสมัย โดยเฉพาะข้อมูลพื้นฐาน เช่น ชื่อ-สกุล เลขประจำตัว วันเกิด ชั้นเรียน และข้อมูลผู้ปกครอง เป็นต้น ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญในการบริหารงานทะเบียน การประสานงานกับผู้ปกครอง และการติดตามพฤติกรรมนักเรียนอย่างมีประสิทธิภาพ การมีระบบสารสนเทศที่ดีจะช่วยให้ผู้บริหารสามารถวางแผน ประเมินผล และติดตามการดำเนินงานได้อย่างแม่นยำและรวดเร็ว โดยเฉพาะในงานกิจการนักเรียนที่เกี่ยวข้องกับ

การดูแลพฤติกรรมและส่งเสริมคุณธรรม จริยธรรมของผู้เรียน อีกทั้งควรกำหนดแนวปฏิบัติที่ชัดเจนในการจัดเก็บและใช้ข้อมูล เพื่อความยั่งยืนและรองรับการพัฒนาในยุคดิจิทัลอย่างแท้จริง

2) พฤติกรรม ครอบคลุมพฤติกรรมการมาเรียน ขาด ลา มาสาย การกระทำผิดวินัย การเข้าร่วมกิจกรรมพัฒนา และบันทึกการให้คำปรึกษาหรือการเยี่ยมบ้าน ข้อมูลเหล่านี้ช่วยให้ครูสามารถวางแผนการดูแลและติดตามนักเรียนรายบุคคล ได้อย่างเหมาะสม เพราะพฤติกรรมสะท้อนพัฒนาการด้านวินัย คุณธรรม ความพร้อมในการเรียนรู้ และระบบดูแลช่วยเหลือ นักเรียนของ สพฐ. และแนวคิดด้านการพัฒนา EQ [7] และสอดคล้องกับงานวิจัยของผดุงศักดิ์ ระภาณสิทธิ์ [9] ได้ทำการวิจัย ในเรื่องแนวทางการบริหารกิจการนักเรียนในสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาปทุมธานี พบว่า การบริหารกิจการนักเรียนที่มีประสิทธิภาพควรใช้ข้อมูลพฤติกรรมของนักเรียนอย่างครอบคลุม เช่น การมาเรียน ขาด ลา มาสาย การกระทำผิดวินัย การเข้าร่วมกิจกรรม และการให้คำปรึกษาเป็นต้น เพื่อวางแผนดูแลรายบุคคลได้อย่างเหมาะสม สอดคล้องกับแนวทางของ สพฐ. ที่เน้นระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน และการพัฒนา EQ รวมถึงคุณธรรม จริยธรรมของผู้เรียน อย่างเป็นระบบ

3) การคัดกรองนักเรียน เป็นข้อมูลที่ได้จากการประเมินความเสี่ยง เช่น สถานะทางเศรษฐกิจ สภาพครอบครัว ปัญหาทางอารมณ์ หรือพฤติกรรมเสี่ยง โดยใช้แบบสอบถาม แบบคัดกรอง หรือรายงานจากครูที่ปรึกษาเป็นต้น เพื่อให้ สามารถวางแผนช่วยเหลือเชิงระบบได้ เนื่องจากการคัดกรองทำให้สามารถจำแนกนักเรียนที่ต้องการความช่วยเหลือเป็นพิเศษ ได้ตั้งแต่ต้นทาง จนถึงนโยบายของกระทรวงศึกษาธิการในเรื่องการป้องกันปัญหานักเรียนแบบบูรณาการ [7] สอดคล้องกับ งานวิจัยของสุระสิทธิ์ ดอนสีดา [10] ได้ทำการวิจัยในเรื่องการบริหารกิจการนักเรียนของสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่ การศึกษามัธยมศึกษาอุดรธานี พบว่าการบริหารกิจการนักเรียนควรเน้นการจัดระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนอย่างต่อเนื่อง โดยใช้ข้อมูลจากการคัดกรอง เช่น สถานะทางเศรษฐกิจ ปัญหาครอบครัว และพฤติกรรมเสี่ยง เพื่อจำแนกนักเรียนที่ต้องการ ความช่วยเหลือเป็นพิเศษ พร้อมส่งเสริมความร่วมมือระหว่างครูที่ปรึกษา ครูแนะแนว ผู้ปกครอง และหน่วยงานภายนอก เป็นต้น รวมถึงจัดตั้งศูนย์ให้คำปรึกษาและระบบเฝ้าระวังพฤติกรรมเสี่ยงภายในโรงเรียน ทั้งนี้ การคัดกรองและจัดการข้อมูล ความเสี่ยงถือเป็นกลไกสำคัญที่ช่วยให้การบริหารกิจการนักเรียนมีประสิทธิภาพ ที่เน้นการป้องกันและช่วยเหลือ

4) ความสามารถพิเศษ ครอบคลุมถึงความสามารถด้านกีฬา ดนตรี ศิลปะ ผู้นำ การสื่อสาร หรือความถนัด เฉพาะทาง โดยเก็บข้อมูลจากการเข้าร่วมกิจกรรม การได้รับรางวัล แบบวัดพหุปัญญา หรือความเห็นของครูผู้สอน เพื่อส่งเสริมศักยภาพของนักเรียนรายบุคคล เพราะผู้เรียนแต่ละคนมีจุดเด่นต่างกัน การจัดเก็บข้อมูลนี้จึงช่วยให้โรงเรียน สามารถพัฒนาเด็กตามศักยภาพ และสอดคล้องกับแนวคิดพหุปัญญา (Multiple Intelligences) ของ Howard Gardner ที่ได้รับการส่งเสริมในหลักสูตรแกนกลาง [11] สอดคล้องกับงานวิจัยของณัฐพร หลากสุขลม [5] ได้ทำการวิจัยในเรื่อง แนวทางการบริหารกิจการนักเรียนในสถานศึกษา สังกัดสำนักเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา นครสวรรค์ พบว่าการบริหาร กิจการนักเรียนควรมุ่งเน้นการพัฒนาแบบองค์รวม โดยเฉพาะการส่งเสริมศักยภาพเฉพาะตัวของนักเรียนแต่ละคน ผ่านกิจกรรมที่หลากหลาย เช่น กีฬา ดนตรี ศิลปะ และความเป็นผู้นำเป็นต้น พร้อมจัดระบบเก็บข้อมูลความสามารถพิเศษ ของนักเรียนอย่างเป็นระบบ เน้นความสำคัญของการจัดการศึกษาที่สอดคล้องกับแนวคิดพหุปัญญาของ Gardner ซึ่งเชื่อว่า ผู้เรียนมีความฉลาดหลากหลายด้าน โรงเรียนจึงควรเป็นพื้นที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ค้นหาและพัฒนาศักยภาพเฉพาะตน อย่างเหมาะสมและต่อเนื่อง เพื่อให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีคุณภาพตามแนวทางการศึกษาสมัยใหม่

5) การเรียนและผลสัมฤทธิ์ ข้อมูลด้านการเรียนและผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษา ประกอบด้วยคะแนนรายวิชา คะแนนสอบกลางภาค-ปลายภาค เกรดเฉลี่ย (GPA) ผลการประเมินระดับชาติ เช่น การประเมินผลนักเรียนระดับชาติ (NT), การทดสอบระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) รวมถึงผลการประเมินตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดตามหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐานเป็นต้น ข้อมูลเหล่านี้มีความสำคัญในการวางแผนการจัดการเรียนรู้ การพัฒนาหลักสูตร การบริหาร จัดการชั้นเรียน และการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในแต่ละช่วงชั้นอย่างมีระบบ และแนวทางการประกัน

คุณภาพภายในสถานศึกษา และสนับสนุนการรายงานผลต่อสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาและต้นสังกัด เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจเชิงนโยบายในการพัฒนาคุณภาพผู้เรียน [7] สอดคล้องกับงานวิจัยของสุรพัชร เกตุรัตน์ [13] ได้ทำการวิจัยในเรื่องการบริหารกิจการนักเรียนของโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการราชบุรี พบว่าการบริหารกิจการนักเรียนอย่างมีประสิทธิภาพควรใช้ข้อมูลด้านการเรียนและผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาอย่างเป็นระบบ เช่น คะแนนรายวิชา GPA และผลสอบระดับชาติ (NT, O-NET) เพื่อวางแผนการจัดการเรียนรู้ การพัฒนาหลักสูตร และประเมินคุณภาพภายในสถานศึกษาเป็นต้น ข้อมูลเหล่านี้ยังเป็นเครื่องมือสำคัญในการจัดทำรายงานส่งต่อหน่วยงานต้นสังกัดเพื่อใช้ในการกำหนดนโยบายยกระดับคุณภาพผู้เรียน การจัดเก็บข้อมูลผลสัมฤทธิ์อย่างถูกต้อง ทันสมัย และใช้ในการพัฒนาผู้เรียนอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

6) สุขภาพและสภาวะ เช่น น้ำหนัก ส่วนสูง โรคประจำตัว ประวัติการรับวัคซีน แบบบันทึกสุขภาพจากครูพยาบาล และพฤติกรรมสุขภาพทั่วไปเป็นต้น ข้อมูลเหล่านี้จำเป็นต่อการดูแลด้านร่างกายและจิตใจของผู้เรียน เพราะสุขภาพเป็นพื้นฐานสำคัญต่อการเรียนรู้ ตามแนวทางของกระทรวงสาธารณสุขที่เน้นการส่งเสริมสุขภาพในโรงเรียน [14] และสอดคล้องกับงานวิจัยของอรรถชัย กาหลง [15] ได้ทำการวิจัยในเรื่องรูปแบบการบริหารกิจการนักเรียนในสถานศึกษาขั้นพื้นฐานสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษานครปฐม พบว่าการบริหารกิจการนักเรียนที่มีคุณภาพควรมีระบบเก็บข้อมูลสุขภาพนักเรียนอย่างต่อเนื่อง เช่น น้ำหนัก ส่วนสูง โรคประจำตัว ประวัติการรับวัคซีน และพฤติกรรมสุขภาพเป็นต้น เพื่อวางแผนดูแลและป้องกันปัญหาสุขภาพเฉพาะราย โดยเฉพาะในกลุ่มเสี่ยง และการดูแลสุขภาพควรเป็นส่วนหนึ่งของการจัดการศึกษาแบบองค์รวม โดยบูรณาการแนวทางจากกระทรวงสาธารณสุข เช่น การคัดกรองภาวะโภชนาการ และส่งเสริมสุขภาพเชิงบวกเป็นต้น เพื่อให้ผู้เรียนมีสภาวะพร้อมต่อการเรียนรู้

7) การแนะแนวและการศึกษาต่อ เช่น แบบสอบถามความสนใจอาชีพ ผลแบบทดสอบความถนัด บันทึกการให้คำปรึกษาด้านการเรียน และข้อมูลเป้าหมายการศึกษาต่อของนักเรียนเป็นต้น เพื่อให้ครูแนะแนวสามารถวางแผนสนับสนุนได้ตรงตามศักยภาพและความต้องการ เพราะเป็นข้อมูลสำคัญในการเตรียมความพร้อมให้ผู้เรียนมีเป้าหมายที่ชัดเจนในอนาคตของกลุ่มงานแนะแนว และนโยบายพัฒนาทักษะอาชีพในศตวรรษที่ 21 [7] สอดคล้องกับงานวิจัยของภาวดี มหาวงศ์, สมพร พรหมทอง และ ภัททิรา ศรีทอง [16] ได้ทำการวิจัยเรื่องการศึกษาความต้องการจำเป็นของบริการแนะแนวในนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 39 (พิษณุโลก อุตรดิตถ์) พบว่านักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายมีความต้องการรับบริการแนะแนวในระดับ “มาก” โดยเฉพาะด้านทุนการศึกษา แนะนำอาชีพที่ตรงกับความถนัด และการให้คำปรึกษารายบุคคล เพื่อช่วยค้นหาเป้าหมายชีวิตได้ชัดเจนขึ้น นอกจากนี้ ยังต้องการกิจกรรมแนะแนวที่สะท้อนศักยภาพตนเอง เช่น แบบสอบถามความสนใจและการเตรียมตัวสู่ระดับอุดมศึกษา และ ระบบแนะแนวควรสอดคล้องกับบริบทศตวรรษที่ 21 เป็นต้น โดยช่วยให้นักเรียนรู้จักตนเอง เข้าใจโลกอาชีพ และสามารถวางแผนอนาคตอย่างมั่นใจและมีเป้าหมาย

4.2 สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยสรุปได้ว่า การบริหารงานกิจการนักเรียนในสถานศึกษามีความจำเป็นต้องพึ่งพากระบวนการสารสนเทศที่มีความถูกต้อง ครบถ้วน และทันสมัย เพื่อสนับสนุนการวางแผน การดูแล การป้องกัน และการพัฒนาผู้เรียนอย่างเป็นระบบ โดยระบบสารสนเทศควรครอบคลุมข้อมูลสำคัญ 7 ด้าน ได้แก่ ข้อมูลพื้นฐานของผู้เรียนซึ่งเป็นรากฐานในการบริหารจัดการ ข้อมูลพฤติกรรมที่สะท้อนวินัยและคุณธรรม ข้อมูลการคัดกรองเพื่อระบุและช่วยเหลือนักเรียนรายกรณี ข้อมูลความสามารถพิเศษเพื่อส่งเสริมศักยภาพเฉพาะตัว ข้อมูลด้านการเรียนและผลสัมฤทธิ์เพื่อประเมินและพัฒนาคุณภาพการศึกษา ข้อมูลสุขภาพและสภาวะที่ส่งเสริมการเรียนรู้อย่างยั่งยืน และข้อมูลด้านแนะแนวเพื่อการวางแผนอนาคตที่ชัดเจน ทั้งนี้ การบริหารจัดการควรอิงอยู่บนฐานข้อมูลที่เชื่อมโยง มีระบบ และสามารถนำไปใช้ได้จริงในการพัฒนาผู้เรียนอย่างรอบด้านและยั่งยืน

4.3 อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัย เรื่องความต้องการใช้ข้อมูลสารสนเทศ เพื่อการบริหารงานกิจการนักเรียนของสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรี ผู้วิจัยนำมาอภิปรายผล ดังนี้

1) ข้อมูลพื้นฐานของผู้เรียน ข้อมูลพื้นฐานถือเป็นรากฐานสำคัญในการบริหารจัดการด้านทะเบียนนักเรียน การจัดการเอกสารราชการ และการประสานงานกับผู้ปกครองอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าการมีระบบสารสนเทศที่สามารถจัดเก็บข้อมูลพื้นฐานได้อย่างถูกต้อง ครบถ้วน และทันสมัย จะช่วยให้ผู้บริหารสามารถดำเนินงานได้อย่างเป็นระบบ สอดคล้องกับแนวทางของ สพฐ. (2565) และสนับสนุนข้อค้นพบของจิระวดี สินทร [8] ที่เน้นย้ำถึงบทบาทของข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนและติดตามพฤติกรรมนักเรียนอย่างมีประสิทธิภาพ

2) ข้อมูลพฤติกรรมนักเรียน ข้อมูลพฤติกรรม เช่น การมาเรียน ขาด ลา มาสาย และการกระทำผิดวินัย เป็นต้น มีความสำคัญในการสะท้อนพัฒนาการด้าน EQ วินัย และคุณธรรมของผู้เรียน ข้อมูลเหล่านี้มีส่วนช่วยในการวางแผนดูแลนักเรียนรายบุคคล สอดคล้องกับแนวนโยบายระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนของ สพฐ. และผลการวิจัยของผดุงศักดิ์ ธารานันท์ [9] ที่ชี้ให้เห็นว่าการใช้ข้อมูลพฤติกรรมอย่างครอบคลุมสามารถเสริมสร้างความเป็นระบบในการบริหารกิจการนักเรียน

3) ข้อมูลการคัดกรองนักเรียน การคัดกรองนักเรียนโดยใช้ข้อมูลด้านเศรษฐกิจ ครอบครัวย และพฤติกรรมเสี่ยง เป็นกลไกสำคัญในการวางแผนการช่วยเหลืออย่างตรงจุด การใช้ข้อมูลดังกล่าวสามารถช่วยแยกแยะนักเรียนกลุ่มเสี่ยง และวางแผนการดูแลแบบบูรณาการร่วมกับหน่วยงานภายนอกได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตรงกับแนวคิดของสุรสิทธิ์ ดอนสีดา [10] ที่เสนอให้การบริหารงานกิจการนักเรียนเน้นความต่อเนื่องและความร่วมมือเชิงระบบ

4) ข้อมูลความสามารถพิเศษ การจัดเก็บข้อมูลความสามารถพิเศษสะท้อนแนวคิดการพัฒนาแบบองค์รวม โดยใช้แนวทางของ [11] ในการส่งเสริมศักยภาพเฉพาะด้านของผู้เรียน ทั้งด้านกีฬา ดนตรี ศิลปะ และผู้นำ ซึ่งเป็นแนวทางที่ตรงกับข้อเสนอของณัฐพร หลากสุขธม [5] ที่มุ่งเน้นการบริหารกิจการนักเรียนผ่านการส่งเสริมศักยภาพเฉพาะตน เพื่อการพัฒนาผู้เรียนอย่างเหมาะสมและยั่งยืน

5) ข้อมูลด้านการเรียนและผลสัมฤทธิ์การจัดเก็บข้อมูลผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษา เช่น คะแนนสอบ GPA และผลสอบระดับชาติ เป็นพื้นฐานของการวางแผนจัดการเรียนรู้และการประกันคุณภาพภายในสถานศึกษาเป็นต้น ข้อมูลดังกล่าวยังใช้ในการตัดสินใจเชิงนโยบาย โดยสนับสนุนข้อค้นพบของสุรพัชร เกตุรัตน์ [13] ที่เสนอว่าการใช้ข้อมูลผลสัมฤทธิ์อย่างเป็นระบบสามารถยกระดับคุณภาพผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6) ข้อมูลสุขภาพและสภาวะสุขภาพของผู้เรียนเป็นพื้นฐานสำคัญที่ส่งผลต่อการเรียนรู้ การจัดเก็บข้อมูลสุขภาพ เช่น น้ำหนัก ส่วนสูง โรคประจำตัว และประวัติการรับวัคซีน เป็นต้น เป็นข้อมูลที่ใช้ในการวางแผนดูแลป้องกันปัญหาสุขภาพเฉพาะราย ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางของกระทรวงสาธารณสุข และสนับสนุนงานวิจัยของอรุณชัย กาหลง [15] ที่เห็นว่าการมีสุขภาพดีในโรงเรียนควรบูรณาการกับระบบการบริหารกิจการนักเรียนอย่างเป็นระบบ

7) ข้อมูลด้านการแนะแนวและการศึกษาต่อการจัดเก็บข้อมูลด้านแนะแนว เช่น ความสนใจอาชีพ ความถนัด และเป้าหมายการเรียนรู้ เป็นข้อมูลที่ช่วยครูแนะแนววางแผนสนับสนุนนักเรียนให้ค้นพบตนเองและกำหนดเป้าหมายชีวิตอย่างเหมาะสมเป็นต้น สอดคล้องกับผลการวิจัยของภาวิดา มหาวงค์ และคณะ [16] ที่เน้นการแนะแนวรายบุคคลและการเตรียมความพร้อมสู่การศึกษาต่อในศตวรรษที่ 21

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงให้เห็นว่าการบริหารงานกิจการนักเรียนในสถานศึกษาไม่สามารถดำเนินการแบบแยกส่วนหรือพึ่งพาข้อมูลเพียงด้านใดด้านหนึ่งได้ หากแต่จำเป็นต้องมีระบบสารสนเทศที่เชื่อมโยงข้อมูลอย่างเป็นองค์รวม ครอบคลุมทุกมิติของผู้เรียน ทั้งในด้านข้อมูลพื้นฐาน พฤติกรรม สุขภาพ ผลการเรียนรู้ และการแนะแนว เพื่อให้การดูแลและพัฒนาเป็นไปอย่างถูกต้อง ตรงจุด และต่อเนื่อง ทั้งนี้ การบูรณาการข้อมูลจากหลายแหล่งจะช่วยให้ครูและผู้บริหารสามารถวางแผนและตัดสินใจได้อย่างแม่นยำมากยิ่งขึ้น ลดความคลาดเคลื่อนในการดูแลนักเรียน และส่งเสริมการพัฒนา

ผู้เรียนอย่างมีคุณภาพในทุกมิติ นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังสะท้อนให้เห็นถึงความจำเป็นในการพัฒนา วัฒนธรรมการใช้ข้อมูล (data-driven culture) ในสถานศึกษา ซึ่งไม่เพียงแต่ต้องมีระบบที่ดีเท่านั้น แต่ยังต้องอาศัยความร่วมมือของบุคลากรทุกฝ่าย ในการจัดเก็บ ใช้ และพัฒนาข้อมูลอย่างต่อเนื่อง โดยมีเป้าหมายเพื่อพัฒนานักเรียนอย่างรอบด้านตามเจตนารมณ์ของการจัดการศึกษาในศตวรรษที่ 21 อย่างแท้จริง

5. บทสรุป

สรุปผลการวิจัยเรื่อง ความต้องการใช้ข้อมูลสารสนเทศเพื่อการบริหารงานกิจการนักเรียนของสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรี ผู้วิจัยขอเสนอผลตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

1) ผลจากการวิจัยวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความต้องการใช้ข้อมูลสารสนเทศเพื่อการบริหารงานกิจการนักเรียน สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรี พบว่ากลุ่มตัวอย่าง เสนอแนวทางการบริหารงานกิจการเรียนของสถานศึกษา ไว้ครอบคลุม 7 ด้าน ดังนี้ 1) ข้อมูลพื้นฐานของผู้เรียน 2) พฤติกรรม 3) การคัดกรองนักเรียน 4) ความสามารถพิเศษ 5) การเรียน และผลสัมฤทธิ์ 6) สุขภาพและสุขภาพ 7) การแนะแนวและการศึกษาต่อ ทั้งนี้ แนวทางที่ได้จากการวิจัยสามารถนำไปใช้เป็นพื้นฐานในการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารงานกิจการนักเรียนในสถานศึกษาอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะการออกแบบระบบฐานข้อมูลที่ครอบคลุมทุกมิติของผู้เรียน การวางแผนการจัดเก็บข้อมูลให้ทันสมัย เชื่อมโยงได้ทุกฝ่าย และสามารถนำมาใช้สนับสนุนการตัดสินใจเชิงนโยบาย การดูแลช่วยเหลือนักเรียนรายบุคคล และการติดตามผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน ในภาพรวมของสถานศึกษา นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังมีคุณูปการสำคัญต่อผู้บริหารสถานศึกษา โดยช่วยให้มีกรอบแนวคิดที่ชัดเจนในการประเมินและพัฒนาระบบข้อมูลสารสนเทศของสถานศึกษาตนเองให้มีความครอบคลุม สอดคล้องกับบริบท และสามารถนำข้อมูลไปใช้ในการวางแผน ตัดสินใจ และประเมินผลการดำเนินงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งแนวทางที่ได้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการอบรมบุคลากรด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ การจัดทำคู่มือการใช้ข้อมูลในเชิงบริหาร และการประเมินผลเชิงระบบในระดับโรงเรียนและเขตพื้นที่การศึกษาอย่างเป็นรูปธรรม อย่างไรก็ตาม การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารงานกิจการนักเรียนจำเป็นต้องคำนึงถึงประเด็นด้านจริยธรรมและกฎหมายที่เกี่ยวข้อง โดยเฉพาะการปฏิบัติตามพระราชบัญญัติคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล พ.ศ. 2562 (PDPA) [16, 17] ซึ่งกำหนดให้หน่วยงานการศึกษาในฐานะผู้ควบคุมข้อมูลส่วนบุคคล ต้องดำเนินการจัดเก็บ ประมวลผล และใช้ข้อมูลด้วยความระมัดระวัง โปร่งใส และอยู่ภายใต้หลักจริยธรรมทางการบริหารจัดการศึกษา การกำหนดสิทธิ์การเข้าถึงข้อมูลตามบทบาทหน้าที่ การรักษาความลับของข้อมูล ตลอดจนการวางมาตรการป้องกันการเข้าถึงโดยไม่ได้รับอนุญาต ถือเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ต้องบูรณาการเข้าสู่กระบวนการออกแบบระบบสารสนเทศ เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างจริงในบริบทสถานศึกษาอย่างปลอดภัย เชื่อถือได้ และยั่งยืน ทั้งในระดับโรงเรียนและระดับนโยบาย

6. กิตติกรรมประกาศ

บทความฉบับนี้สำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์ได้ด้วยความเมตตากรุณาเป็นอย่างสูงจาก รองศาสตราจารย์ ดร.สุทธิพร บุญส่ง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และรองศาสตราจารย์ ดร.พิมลพรรณ เพชรสมบัติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษาคำแนะนำและข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] J. B. Carroll and M. A. Gillen, Student discipline and classroom management. Charles C Thomas Publisher, 1987.
- [2] D. Carter. Student affairs administration: A guide to the profession. American College Personnel Association, 1973.
- [3] P. Hersey, K. H. Blanchard, and D. E. Johnson. Management of organizational behavior: Leading human resources, 8th Ed. Prentice Hall, 2001.
- [4] เจนจิรา ชูประเสริฐ. การบริหารกิจการนักเรียนในสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา นครราชสีมา เขต 5. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา. 12(1)(2558) 45–56.
- [5] ณัฐพร หลากสุขถม. แนวทางการดำเนินงานกิจการนักเรียนของโรงเรียนในจังหวัดอ่างทอง สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา มัธยมศึกษา เขต 5. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์. 2560.
- [6] สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรี. (11 กุมภาพันธ์ 2567). นโยบายในการพัฒนาระบบข้อมูลสารสนเทศเพื่อ การบริหารจัดการศึกษา. สืบค้นจาก <https://www.sssb.go.th>.
- [7] สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. แนวทางการดำเนินงานกิจการนักเรียนในสถานศึกษา. กระทรวงศึกษาธิการ. 2565.
- [8] จิระวดี สินทร. การบริหารระบบข้อมูลสารสนเทศเพื่อการจัดการที่ยั่งยืนของโรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดสำนักงาน คณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. วารสารร้อยแก่นสารศึกษา. 2565.
- [9] ผดุงศักดิ์ ธารานุกูลสิทธิ์. แนวทางการบริหารกิจการนักเรียนในสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา ปทุมธานี. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. 2566.
- [10] สุรสิทธิ์ ดอนสีดา. การบริหารกิจการนักเรียนของสถานศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาอุดรธานี. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี. 2565.
- [11] H. Gardner. Multiple intelligences: The theory in practice. Basic Books, 1993.
- [12] สุรพัชร เกตุรัตน์. การบริหารกิจการนักเรียนของโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการราชบุรี. วารสารการบริหาร การศึกษา มหาวิทยาลัยศิลปากร. 2561.
- [13] กระทรวงสาธารณสุข. แนวทางการดำเนินงานโรงเรียนส่งเสริมสุขภาพระดับเพชร. สำนักสุขาภิบาลอาหารและน้ำ. 2560.
- [14] อรรถชัย กาหลง. รูปแบบการบริหารกิจการนักเรียนในสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา มัธยมศึกษา นครปฐม. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม. 2564.
- [15] ภาวิดา มหาวงศ์, สมพร พรหมทอง, และ ภัทธิตา ศรีทอง. การศึกษาความต้องการจำเป็นของบริการแนะแนวในนักเรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 39 (พิษณุโลก-อุตรดิตถ์). มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่. 2564.
- [16] พระราชบัญญัติคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล พ.ศ. 2562. ราชกิจจานุเบกษา, เล่ม 136 ตอนที่ 69 ก, หน้า 1–18, 27 พฤษภาคม 2562.
- [17] สำนักงานคณะกรรมการคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล. (22 กรกฎาคม 2567). พระราชบัญญัติคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล พ.ศ. 2562. สืบค้นจาก <https://www.pdpa.go.th>.

องค์ประกอบภาวะผู้นำแบบประชาธิปไตยของผู้บริหารสถานศึกษา COMPONENTS OF DEMOCRATIC LEADERSHIP OF SCHOOL ADMINISTRATORS

กัณฑ์ทัย รัชตปวุฒิ¹ และ พิมลพรรณ เพชรสมบัติ^{1*}

¹ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

*E-mail: pimolpun_p@rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาองค์ประกอบภาวะผู้นำแบบประชาธิปไตยของผู้บริหารสถานศึกษา ผู้ให้ข้อมูลสำคัญ ได้แก่ ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 คน เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ แบบบันทึกการสนทนากลุ่ม การวิเคราะห์ข้อมูล โดยการวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) ผลการวิจัยพบว่า องค์ประกอบภาวะผู้นำแบบประชาธิปไตยของผู้บริหารสถานศึกษามี 5 องค์ประกอบ ประกอบไปด้วย 1) การรับฟังความคิดเห็น 2) การใช้แรงจูงใจในการบริหาร 3) การทำงานเป็นทีม 4) การกระตุ้นให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ 5) การมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ การศึกษาองค์ประกอบภาวะผู้นำแบบประชาธิปไตยของผู้บริหารสถานศึกษาในครั้งนี้ สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาภาวะผู้นำของผู้บริหารสถานศึกษาให้มีลักษณะที่ส่งเสริมการบริหารแบบมีส่วนร่วม เพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการศึกษา สร้างบรรยากาศการทำงานที่เอื้อต่อการเรียนรู้ และส่งเสริมความร่วมมือระหว่างผู้บริหาร ครู บุคลากรทางการศึกษา และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกฝ่าย อันจะนำไปสู่การพัฒนาคุณภาพของสถานศึกษาในภาพรวมอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: องค์ประกอบ ภาวะผู้นำแบบประชาธิปไตย ผู้บริหารสถานศึกษา

Abstract

This article aims to investigate the components of democratic leadership among school administrators. Five experts served as key informants, and data were collected using a focus group discussion record. Content analysis was employed for data analysis. The research findings reveal that there are five key components of democratic leadership in school administrators: 1) listening to opinions, 2) using motivational strategies in management, 3) teamwork, 4) stimulating creativity, and 5) participation in decision-making. The results of this study can be used as a guideline for developing school administrators' leadership in ways that promote participatory management, enhance the effectiveness of educational administration, and create a work environment conducive to learning. Furthermore, it encourages collaboration among administrators, teachers, educational personnel, and all stakeholders, which will lead to the sustainable development of overall school quality.

Keywords: Components, Democratic Leadership, School administrator

1. บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

ภาวะผู้นำของผู้บริหารสถานศึกษาในยุคการศึกษาปัจจุบันนี้ เป็นทักษะที่มาจากศักยภาพ ภายในตัวของผู้บริหารสถานศึกษาและมีความสำคัญยิ่งสำหรับการปฏิบัติหน้าที่ในฐานะผู้รับ นโยบายมาสู่การปฏิบัติโดยผู้บริหารสถานศึกษา ต้องมีการปรับใช้ภาวะผู้นำให้มีความสอดคล้องกับ สถานการณ์ และความรู้ความสามารถของครูและบุคลากรในสถานศึกษา ซึ่งภาวะผู้นำที่ผู้บริหาร สถานศึกษาควรจะมีเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการบริหารงานผู้นำให้มีประสิทธิภาพ 4 ประการ ได้แก่ 1) ภาวะผู้นำที่แท้จริง (Authenticity Leadership) 2) ภาวะ ผู้นำการเปลี่ยนแปลง (Transformational Leadership) 3) ภาวะผู้นำเชิงสร้างสรรค์ (Creative Leadership) และ 4) ภาวะผู้นำเชิงนวัตกรรม (Innovative Leadership) โดยรายละเอียดของ ภาวะผู้นำที่แท้จริง (Authenticity Leadership) เป็นสิ่งที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งสำหรับ ผู้บริหารสถานศึกษาในการบริหารสถานศึกษา เพื่อขับเคลื่อนสถานศึกษาในยุคการศึกษาปัจจุบัน ให้ประสบความสำเร็จ ทั้งนี้ ภาวะผู้นำที่แท้จริงเป็นรากฐานที่สำคัญที่จะพัฒนาไปสู่ภาวะผู้นำใน ลักษณะอื่นได้เนื่องจากผู้นำที่แท้จริงเกิดจากการเป็นตัวของตัวเองอย่างแท้จริง ซึ่งการค้นพบตัวตน ที่แท้จริงจึงเป็นสิ่งสำคัญที่สุดในการสร้างภาวะผู้นำ ประกอบกับผู้นำที่มีภาวะผู้นำที่แท้จริง จะมี พฤติกรรมที่สอดคล้องกับค่านิยมและความเชื่อภายในของตนอันจะสร้างความเชื่อถือความเคารพ และความไวใจจากผู้ตามมุ่งเน้นให้ผู้ตามสามารถแสดงความคิดเห็นที่แตกต่างมีความโปร่งใสและสร้างความสัมพันธ์แบบร่วมมือร่วมใจ (Collaborative) [1]

ภาวะผู้นำแบบประชาธิปไตย มักจะอนุญาตให้ผู้ใต้บังคับบัญชาออกความคิดเห็น และร่วมกำหนดแนวทาง ในการดำเนินการ แนวทางนี้จะช่วยให้ผู้ใต้บังคับบัญชามีความพึงพอใจในการทำงานมากขึ้น ช่วยให้มีโอกาสได้ฝึกทักษะมากขึ้น และยังเพิ่มความรู้สึกว่าสามารถกำหนดชีวิตตนเองได้มากขึ้น ซึ่งมักจะส่งผลดีมากกว่าใช้เงินเป็นแรงจูงใจเพียงอย่างเดียว ภาวะผู้นำแบบประชาธิปไตยจะยังมีประสิทธิภาพ มากขึ้นหากเป้าหมายหลักของงานคือความร่วมมือ ไม่ใช่ความว่องไว หรือปริมาณของงานที่ทำเสร็จ [2] และภาวะผู้นำแบบประชาธิปไตยใช้การตัดสินใจของกลุ่มหรือผู้ตาม ให้มีส่วนร่วมในการตัดสินใจ รับฟังความคิดเห็นส่วนรวม ทำงานเป็นทีม มีการสื่อสารแบบสองทางทำให้เพิ่มผลผลิตและความพึงพอใจในการทำงาน [3] การพัฒนาบุคลากรครูในสถานศึกษาต้องพัฒนาไปในหลายด้าน ประกอบด้วยการพัฒนาหลักสูตรและการสอน การพัฒนา กระบวนการเรียนรู้ การวัดผลและประเมินผลการเรียน งานวิจัยและพัฒนาคุณภาพการศึกษา งานพัฒนาสื่อและเทคโนโลยี นวัตกรรม งานพัฒนาแหล่งเรียนรู้ งานส่งเสริมและประสานความร่วมมือ ซึ่งสอดคล้องกับการพัฒนาครูในศตวรรษที่ 21 ด้านการจัดการเรียนรู้สอดคล้องตามแนวคิดทฤษฎีองค์การแห่งการเรียนรู้ (Learning Organization: LO) ที่เชื่อว่าการเรียนรู้ เป็นทีม (Team Learning) ผ่านการพูดคุย (Dialogue) และการอภิปราย (Discussion) เพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้กันของบุคคล ในองค์กรจะพัฒนาบุคคลเป็นบุคคลแห่งการเรียนรู้ และนำไปสู่การเป็นองค์การแห่งการเรียนรู้ต่อไป [4] ซึ่งผู้บริหารสถานศึกษา คือ ผู้นำหลักในองค์กรที่จะนำไปสู่การประสบผลสำเร็จในการช่วยพัฒนาบุคลากรครู ให้บุคลากรมีส่วนร่วม ในกระบวนการตัดสินใจร่วมกัน เป็นกระบวนการบริหารแบบประชาธิปไตย และประชาธิปไตยนั้นยังก่อให้เกิดความสงบสุข เนื่องจากการเป็นที่ยอมรับฟังเสียงข้างมากแต่เคารพในเสียงข้างน้อย ซึ่งทำให้เกิดความเสมอภาค และการเคารพสิทธิซึ่งกัน และกัน ทุกคนมีสิทธิและเสรีภาพเท่าเทียมกัน และมีส่วนร่วมในทำกิจกรรมต่าง ๆ อย่างสร้างสรรค์ อันจะส่งผลให้องค์กร ประสบความสำเร็จ จึงทำให้ประเทศไทยจำเป็นต้องปฏิรูประบบการศึกษาให้เป็นประชาธิปไตยเพื่อให้การบริหารจัดการศึกษา ไทยเป็นไปอย่างมีคุณภาพ ภาวะผู้นำแบบประชาธิปไตยจึงเป็นสิ่งสำคัญในการนำมาใช้ในการบริหารสถานศึกษาเพื่อให้เกิด ประสิทธิภาพในองค์กร ดังนั้นผู้บริหารที่มีหน้าที่ดำเนินการบริหารการจัดการศึกษาควรเป็นผู้นำแบบประชาธิปไตย [5]

จากที่กล่าวมาข้างต้นนี้ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาองค์ประกอบภาวะผู้นำแบบประชาธิปไตยของ ผู้บริหารสถานศึกษา เพื่อนำข้อมูลสารสนเทศไปปรับใช้ในการพัฒนาการบริหารงานให้กับสถานศึกษา ได้อย่างมี ประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากยิ่งขึ้นต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาองค์ประกอบภาวะผู้นำแบบประชาธิปไตยของผู้บริหารสถานศึกษา

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา

ภาวะผู้นำแบบประชาธิปไตยของผู้บริหารสถานศึกษา 5 องค์ประกอบ ดังนี้

- 1) การรับฟังความคิดเห็น
- 2) การใช้แรงจูงใจในการบริหาร
- 3) การทำงานเป็นทีม
- 4) การกระตุ้นให้เกิดความคิดสร้างสรรค์
- 5) การมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ

2. วิธีการวิจัย

2.1 วิธีการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัยฉบับนี้จะใช้วิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) โดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) และสังเคราะห์ข้อมูลเป็นความเรียง

2.2 กลุ่มผู้ให้ข้อมูล

ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 คน ซึ่งเป็นผู้ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญทางการศึกษาและการวิจัยทางการบริหารการศึกษา ใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง โดยมีเกณฑ์การคัดเลือก คือ เป็นผู้อำนวยการสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา หรือรองผู้อำนวยการสำนักงานเขตพื้นที่ประถมศึกษา และผู้บริหารสถานศึกษา จากสถานศึกษาที่มีผลการประเมินคุณภาพ การศึกษาของสำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (องค์การมหาชน) มีเกณฑ์การประเมินอยู่ในระดับดี ขึ้นไป ผู้บริหารสถานศึกษามีประสบการณ์มากกว่า 5 ปี โรงเรียนพระราชดำริ โรงเรียนพระราชทานหรือโรงเรียนที่ได้รับเลือก เป็นโรงเรียนคุณภาพ โรงเรียนคุณธรรม โรงเรียนสีขาว

2.3 เครื่องมือการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แบบบันทึกการสนทนากลุ่ม (Focus Group Discussion Record Form) ซึ่งผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นเพื่อใช้เก็บรวบรวมข้อมูลจากการสนทนากลุ่มของผู้ให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง โดยเครื่องมือฉบับนี้ จัดทำขึ้นตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยและกรอบแนวคิดที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกที่ครอบคลุมประเด็นที่ต้องการศึกษา

แบบบันทึกการสนทนากลุ่ม ประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มสนทนา เช่น วัน เวลา สถานที่ ผู้เข้าร่วมสนทนา จำนวนคน และบทบาทหน้าที่

ส่วนที่ 2 คำถามชี้นำในการสนทนา (Guiding Questions) ซึ่งออกแบบตามประเด็นการศึกษาเพื่อกระตุ้นให้ผู้เข้าร่วมได้แสดงความคิดเห็นอย่างเปิดเผยและหลากหลาย

ส่วนที่ 3 แบบบันทึกเนื้อหาการสนทนา โดยผู้วิจัยหรือผู้ช่วยวิจัยใช้บันทึกถ้อยคำ ข้อคิดเห็น ประเด็นสำคัญ

2.4. การรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้จากการสำรวจศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง วิเคราะห์ สังเคราะห์ แนวคิด ทฤษฎีเกี่ยวกับองค์ประกอบภาวะผู้นำแบบประชาธิปไตยของผู้บริหารสถานศึกษา และการสนทนากลุ่มนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis)

2.5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากผลการเก็บรวบรวมข้อมูลองค์ประกอบภาวะผู้นำแบบประชาธิปไตยของผู้บริหารสถานศึกษา ผู้วิจัยได้นำแนวคิดจากของนักวิชาการและนักวิจัย ประกอบด้วย S. Shinde [6]; The National Society of Leadership and Success [7]; K. Cherry [8]; S. Laoyan [9]; J. DeBell [10]; C. Ashbridge [11] และ P. A. Woods [12] โดยใช้เกณฑ์สังเคราะห์ที่มีความถี่ตั้งแต่ระดับ 3 ขึ้นไป ตามความคิดข้างต้นจะต้องประกอบ ซึ่งผู้วิจัยได้นำไปรวมกันกับองค์ประกอบที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน ได้แก่ 1) การรับฟังความคิดเห็น 2) การใช้แรงจูงใจในการบริหาร 3) การทำงานเป็นทีม 4) การกระตุ้นให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ 5) การมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 สรุปผลวิเคราะห์และสังเคราะห์องค์ประกอบภาวะผู้นำแบบประชาธิปไตยของผู้บริหารสถานศึกษา

องค์ประกอบภาวะผู้นำแบบประชาธิปไตย ของผู้บริหารสถานศึกษา	องค์ประกอบย่อย
1) การรับฟังความคิดเห็น	1) การยอมรับฟังความคิดเห็นของบุคลากร 2) การเปิดโอกาสให้บุคลากรแสดงความคิดเห็นในการปฏิบัติงานด้านต่าง ๆ 3) การสนับสนุนให้มีการแสดงความคิดเห็นอย่างเต็มความสามารถ 4) การมอบอำนาจในการตัดสินใจ 5) การเปิดโอกาสแลกเปลี่ยนความรู้ทักษะของบุคลากร 6) การยอมรับการตัดสินใจในการปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมาย
2) การใช้แรงจูงใจในการบริหาร	1) การเสริมแรงจูงใจในการปฏิบัติงาน 2) การยกย่องชมเชยจากผลการปฏิบัติงาน 3) การจัดสภาพแวดล้อมในการทำงานที่ดี 4) การมีความพร้อมของเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำงาน 5) การสนับสนุนให้บุคลากรมีความก้าวหน้าในหน้าที่การงาน 6) การส่งเสริมให้บุคลากรมีการพัฒนาความรู้ความสามารถ 7) การให้โอกาสในการพิจารณาเลื่อนขั้นหรือเงินเดือนเพิ่มอย่างเหมาะสมและยุติธรรม 8) การมอบสวัสดิการต่าง ๆ อย่างเหมาะสมตามสิทธิที่พึงได้
3) การทำงานเป็นทีม	1) การทำงานร่วมกับบุคลากรให้บรรลุตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ 2) การยอมรับการตัดสินใจแบบมีส่วนร่วมของทีม 3) การวางแผนจัดรูปแบบของทีมให้มีความชัดเจนต่อภารกิจงาน 4) การช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพของทีมในการทำงาน 5) สร้างบรรยากาศการทำงานร่วมกัน 6) เสริมสร้างความสามัคคีของสมาชิกในการทำงาน 7) สมาชิกเกิดความพึงพอใจในการทำงานร่วมกัน 8) การร่วมกันแก้ไขปัญหาต่าง ๆ เพื่อพัฒนาองค์กรบรรลุวัตถุประสงค์

ตารางที่ 1 สรุปผลวิเคราะห์และสังเคราะห์องค์ประกอบภาวะผู้นำแบบประชาธิปไตยของผู้บริหารสถานศึกษา (ต่อ)

องค์ประกอบภาวะผู้นำแบบประชาธิปไตย ของผู้บริหารสถานศึกษา	องค์ประกอบย่อย
4.การกระตุ้นให้เกิดความคิดสร้างสรรค์	1) การสร้างบรรยากาศที่บุคลากรรู้สึกปลอดภัยในการแสดงความคิดเห็น 2) การสนับสนุนให้แสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ 3) การส่งเสริมสนับสนุนให้บุคลากรมีความสามารถในการคิดค้นสิ่งใหม่ ๆ 4) การส่งเสริมพัฒนาแนวคิดที่แปลกใหม่ ผลิตภัณฑ์และนวัตกรรมอย่างต่อเนื่อง 5) การกระตุ้นให้บุคลากรคิดหาแนวทางมาปรับใช้ในการแก้ไขปัญหาอย่างสร้างสรรค์ 6) การส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์เพื่อพัฒนาองค์กรให้มีความเจริญก้าวหน้า
5) การมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ	1) การเปิดโอกาสให้บุคลากรมีส่วนร่วมในการตัดสินใจในการวางนโยบาย การดำเนินงานของสถานศึกษา 2) ร่วมกันกำหนดแผนงานโครงการ/กิจกรรมการดำเนินงาน 3) ส่วนร่วมในการตัดสินใจเลือกแนวทางปฏิบัติการในด้านต่าง ๆ 4) ส่วนร่วมในการกำกับติดตามผลการดำเนินงาน 5) ส่วนร่วมในการประเมินผลการดำเนินงานของสถานศึกษาให้มีประสิทธิภาพ

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

3.1 ผลการวิจัย

ผลการศึกษาองค์ประกอบภาวะผู้นำแบบประชาธิปไตยของผู้บริหารสถานศึกษา 5 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การรับฟังความคิดเห็น 2) การใช้แรงจูงใจในการบริหาร 3) การทำงานเป็นทีม 4) การกระตุ้นให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ 5) การมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

องค์ประกอบที่ 1 การรับฟังความคิดเห็น หมายถึง การยอมรับฟังความคิดเห็นของบุคลากรเปิดโอกาสให้บุคลากรแสดงความคิดเห็นในการปฏิบัติงานด้านต่าง ๆ สนับสนุนให้มีการแสดงความคิดเห็นอย่างเต็มความสามารถมอบอำนาจในการตัดสินใจ เปิดโอกาสแลกเปลี่ยนความรู้ทักษะของบุคลากร และยอมรับการตัดสินใจในการปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมาย

องค์ประกอบที่ 2 การใช้แรงจูงใจในการบริหาร หมายถึง การเสริมแรงจูงใจในการปฏิบัติงานยกย่องชมเชยจากผลการปฏิบัติงาน จัดสภาพแวดล้อมในการทำงานที่ดี มีความพร้อมของเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำงาน สนับสนุนให้บุคลากรมีความก้าวหน้าในหน้าที่การงาน ส่งเสริมให้บุคลากรมีการพัฒนาความรู้ความสามารถอยู่เสมอ ให้ออกโอกาสในการพิจารณาเลื่อนขั้นหรือเงินเดือนเพิ่มอย่างเหมาะสมและยุติธรรม มอบสวัสดิการต่าง ๆ อย่างเหมาะสมตามสิทธิที่พึงได้

องค์ประกอบที่ 3 การทำงานเป็นทีม หมายถึง การทำงานร่วมกับบุคลากรให้บรรลุตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ยอมรับการตัดสินใจแบบมีส่วนร่วมของทีม มีการวางแผนจัดรูปแบบของทีมงานให้มีความชัดเจนเหมาะสมต่อการปฏิบัติงานช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพของทีมงานในการทำงาน สร้างบรรยากาศการทำงานร่วมกัน เสริมสร้างความสามัคคีของสมาชิก

ในการทำงาน สมาชิกเกิดความพึงพอใจในการทำงานร่วมกัน และร่วมกันแก้ไขปัญหาต่าง ๆ เพื่อพัฒนาองค์กรบรรลุวัตถุประสงค์อย่างมีประสิทธิภาพ

องค์ประกอบที่ 4 การกระตุ้นให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง การสร้างบรรยากาศที่บุคลากรรู้สึกปลอดภัยในการแสดงความคิดเห็น สนับสนุนให้แสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ ส่งเสริมสนับสนุนให้บุคลากรมีความสามารถในการคิดค้นสิ่งใหม่ ๆ ส่งเสริมพัฒนาแนวคิดที่แปลกใหม่ ผลิตภัณฑ์และนวัตกรรมอย่างต่อเนื่อง กระตุ้นให้บุคลากรคิดหาแนวทางมาปรับใช้ในการแก้ไขปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์เพื่อพัฒนาองค์กรให้มีความเจริญก้าวหน้า

องค์ประกอบที่ 5 การมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ หมายถึง การเปิดโอกาสให้บุคลากรมีส่วนร่วมในการตัดสินใจในการวางนโยบายการดำเนินงานของสถานศึกษา ร่วมกันกำหนดแผนงานโครงการ/กิจกรรมการดำเนินงาน มีส่วนร่วมในการตัดสินใจเลือกแนวทางปฏิบัติการในด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการในสถานศึกษาทั้ง 4 ฝ่าย มีส่วนร่วมในการกำกับติดตามผลการดำเนินงานอย่างต่อเนื่อง มีส่วนร่วมในการประเมินผลการดำเนินงานของสถานศึกษาให้มีประสิทธิภาพ และเปิดโอกาสให้ทุกฝ่ายรับรู้ผลประโยชน์ร่วมกัน

3.2 สรุปผลการวิจัย

องค์ประกอบภาวะผู้นำแบบประชาธิปไตยของผู้บริหารสถานศึกษา มี 5 องค์ประกอบ ดังนี้ 1) การรับฟังความคิดเห็น 2) การใช้แรงจูงใจในการบริหาร 3) การทำงานเป็นทีม 4) การกระตุ้นให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ 5) การมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ



ภาพที่ 1 องค์ประกอบภาวะผู้นำแบบประชาธิปไตยของผู้บริหารสถานศึกษา

3.3 อภิปรายผล

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบภาวะผู้นำแบบประชาธิปไตยของผู้บริหารสถานศึกษา มีประเด็นสำคัญที่ผู้วิจัยนำมาอภิปรายผล ดังนี้

องค์ประกอบที่ 1 การรับฟังความคิดเห็น ประกอบด้วย ยอมรับฟังความคิดเห็นของบุคลากรเปิดโอกาสให้บุคลากรแสดงความคิดเห็นในการปฏิบัติงานด้านต่าง ๆ สนับสนุนให้มีการแสดงความคิดเห็นอย่างเต็มความสามารถ มอบอำนาจในการตัดสินใจ เปิดโอกาสแลกเปลี่ยนความรู้ทักษะของบุคลากร และยอมรับการตัดสินใจในการปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมาย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ ผู้บริหารสถานศึกษามีการยอมรับฟังความคิดเห็นของบุคลากรโดยเปิดโอกาสให้บุคลากรแสดงความคิดเห็นในการปฏิบัติงานด้านต่าง ๆ มอบอำนาจในการตัดสินใจให้กับผู้ร่วมงาน และเปิดโอกาสแลกเปลี่ยนความรู้ทักษะของบุคลากร ทั้งนี้ยังยอมรับการตัดสินใจในการปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมาย สอดคล้องกับ ศิริพร ดวงศรี [13] กล่าวว่า การรับฟังความคิดเห็นผู้ใต้บังคับบัญชา เป็นพฤติกรรมของผู้บริหารที่ยอมรับฟังความคิดเห็น เปิดโอกาสให้ครูผู้สอนได้แสดงความคิดเห็นและตัดสินใจในการปฏิบัติงานด้านต่าง ๆ สอดคล้องกับ Laoyan [9] กล่าวว่า การรับฟังความคิดเห็น

เป็นการยอมรับความคิดเห็นเพื่อระดมความคิด ซึ่งบุคคลต่าง ๆ จะแบ่งปันไอเดียของตนเป็นประจำ สิ่งนี้ทำให้สมาชิกในทีมสามารถทำงานร่วมกันเพื่อคิดค้นโซลูชันที่สร้างสรรค์ และทำให้ผู้นำสามารถใช้ความเชี่ยวชาญของสมาชิกในทีมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

องค์ประกอบที่ 2 การใช้แรงจูงใจในการบริหาร ประกอบด้วย การเสริมแรงจูงใจในการปฏิบัติงาน ยกย่องชมเชยจากผลการปฏิบัติงาน จัดสภาพแวดล้อมในการทำงานที่ดี มีความพร้อมของเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำงาน สนับสนุนให้บุคลากรมีความก้าวหน้าในหน้าที่การงาน ส่งเสริมให้บุคลากรมีการพัฒนาความรู้ความสามารถอยู่เสมอ ให้โอกาสในการพิจารณาเลื่อนขั้นหรือเงินเดือนเพิ่มอย่างเหมาะสมและยุติธรรม มอบสวัสดิการต่าง ๆ อย่างเหมาะสมตามสิทธิที่พึงได้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ ผู้บริหารสถานศึกษามีการเสริมแรงจูงใจในการปฏิบัติงาน มีการยกย่องชมเชยบุคลากรจากผลการปฏิบัติงาน มีการจัดสภาพแวดล้อมในการทำงาน ให้มีความพร้อมของเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำงาน มีการสนับสนุนให้บุคลากรมีความก้าวหน้าในหน้าที่การงาน ส่งเสริมให้บุคลากรมีการพัฒนาความรู้ความสามารถอยู่เสมอ ทั้งนี้ยังให้โอกาสในการพิจารณาเลื่อนขั้นหรือเงินเดือนเพิ่มอย่างเหมาะสมและยุติธรรม พร้อมมอบสวัสดิการต่าง ๆ อย่างเหมาะสมตามสิทธิที่พึงได้ สอดคล้องกับ ศิริพร ดวงศรี [13] กล่าวว่า การใช้แรงจูงใจในการบริหารงาน ผู้บริหารนำเอาความมั่นคงในหน้าที่การงาน ความก้าวหน้าในหน้าที่การงาน การมีโอกาสนในการเลื่อนขั้นเงินเดือน การมีโอกาสนในการพัฒนาความรู้ความสามารถ การให้รางวัล การยกย่องชมเชย การเสริมแรง และสวัสดิการมาเป็นแรงผลักดันครูผู้สอนให้ความร่วมมือและเต็มใจในการปฏิบัติงาน เพื่อบรรลุจุดมุ่งหมายหรือเป้าหมายขององค์การ สอดคล้องกับ ลลิตา สิริพิชรนันท์ [14] กล่าวว่า การใช้แรงจูงใจในการบริหารงาน คือ การสร้างจูงใจในการปฏิบัติงาน ผู้บริหารองค์การ ผู้บังคับบัญชา หัวหน้างานจึงจำเป็นต้องเข้าใจแรงกระตุ้นจากภายในและภายนอกของพนักงานแต่ละคน เพราะแต่ละคนอาจมีแรงกระตุ้นจากภายในและภายนอกที่แตกต่างกัน องค์การจึงต้องเข้าใจในพนักงานแต่ละคน และวางหลักการจูงใจอย่างเหมาะสมและสมดุล นอกจากเพียงการจ่ายค่าตอบแทนตามผลงาน (Performance-based pay) และการให้รางวัลตอบแทนในรูปของตัวเงิน (Monetary Incentives) เท่านั้น แต่ต้องสร้างแรงจูงใจให้พนักงานอยากร่วมอยู่กับองค์กร องค์กรมีสภาพแวดล้อมในการทำงานที่ดี และมีสังคมการทำงานที่ดี มีความสุขในการทำงาน ซึ่งการสร้างแรงจูงใจที่ดีจะทำให้องค์กรได้รับประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยทางตรงพนักงานก็จะมีความมุ่งมั่นกับผลงาน องค์กรก็จะได้พนักงานที่พร้อมเรียนรู้และพัฒนาตนเองอยู่ตลอดเวลา ในขณะที่เกิดการสร้างภาพลักษณ์ที่ดีให้แก่องค์กร (Corporate image) ในทางอ้อม

องค์ประกอบที่ 3 การทำงานเป็นทีม ประกอบด้วย การทำงานร่วมกับบุคลากรให้บรรลุตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ ยอมรับการตัดสินใจแบบมีส่วนร่วมของทีม มีการวางแผนจัดรูปแบบของทีมให้มีความชัดเจนเหมาะสมต่อภารกิจงาน ช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพของทีมในการทำงาน สร้างบรรยากาศการทำงานร่วมกัน เสริมสร้างความสามัคคีของสมาชิกในการทำงาน สมาชิกเกิดความพึงพอใจในการทำงานร่วมกัน และร่วมกันแก้ไขปัญหาต่าง ๆ เพื่อพัฒนาองค์กรบรรลุวัตถุประสงค์อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ ผู้บริหารสถานศึกษามีการทำงานร่วมกับบุคลากรให้บรรลุตามเป้าหมาย มีการยอมรับการตัดสินใจแบบมีส่วนร่วมของทีม มีการวางแผนจัดรูปแบบของทีมให้มีความชัดเจน สร้างบรรยากาศการทำงานร่วมกัน สมาชิกเกิดความพึงพอใจในการทำงานร่วมกัน และร่วมกันแก้ไขปัญหาต่าง ๆ เพื่อพัฒนาองค์กร สอดคล้องกับ พิมลพรรณ เพชรสมบัติ [15] กล่าวว่า การทำงานเป็นทีม (Teamwork) การกระทำกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งที่มี การวางแผนไว้ล่วงหน้า เพื่อช่วยในการปรับปรุงประสิทธิภาพของทีมในการทำงาน และปรับปรุงความสามารถของทีมงานในการแก้ปัญหาอันเกิดจากการทำงานร่วมกันเป็นทีม รวมทั้งเสริมสร้างความสามัคคีของสมาชิกในการทำงานให้ได้ผลดีและมีประสิทธิภาพ พร้อมทั้งสมาชิกในทีมงานเกิดความพึงพอใจในการทำงานร่วมกัน สอดคล้องกับ ทรงธรรม สร้อยยานะ [16] กล่าวว่า การทำงานเป็นทีม คือ การมีส่วนร่วมของสมาชิกทีมงานที่มีวัตถุประสงค์ มีเป้าหมาย และกระบวนการการทำงานที่มีทิศทางเดียวกันเน้นการสร้างความสัมพันธ์การยอมรับการตัดสินใจแบบมีส่วนร่วม มีความเป็นเอกภาพน้ำหนึ่งใจเดียวกันมีความรับผิดชอบต่อกิจกรรมที่สำคัญขององค์การในรูปแบบทีมงานมีความชัดเจนของวัตถุประสงค์การทำงาน สร้างบรรยากาศการทำงานที่ดี มีส่วนร่วม

ในการทำงาน รับฟังปัญหาซึ่งกันและกันเพื่อให้การทำงานเป็นทีมประสบความสำเร็จหาข้อยุติเกี่ยวกับปัญหาต่าง ๆ ยอมรับและเต็มใจที่จะปฏิบัติตามมติ ของทีมงานมีการสื่อสารที่จริงใจเชื่อมั่นและไว้วางใจซึ่งกันและกัน มีการมอบหมายงานที่ชัดเจน ตรงกับความรู้ความสามารถของสมาชิกในทีม มีการประเมินผลตรวจสอบการปฏิบัติงานอยู่ในระดับใด และมีอะไรเป็นอุปสรรคต่อประสิทธิภาพของงานรับฟังและยอมรับข้อเสนอแนะเพื่อการเปลี่ยนแปลงสิ่งใหม่

องค์ประกอบที่ 4 การกระตุ้นให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ ประกอบด้วย การสร้างบรรยากาศที่บุคลากรรู้สึกปลอดภัยในการแสดงความคิดเห็น สนับสนุนให้แสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ ส่งเสริมสนับสนุนให้บุคลากรมีความสามารถในการคิดค้นสิ่งใหม่ ๆ ส่งเสริมพัฒนาแนวคิดที่แปลกใหม่ ผลิตรายและนวัตกรรมอย่างต่อเนื่อง กระตุ้นให้บุคลากรคิดหาแนวทางมาปรับใช้ในการแก้ไขปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์เพื่อพัฒนาองค์กรให้มีความเจริญก้าวหน้า ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ ผู้บริหารสถานศึกษามีการสร้างบรรยากาศที่บุคลากรในสถานศึกษารู้สึกปลอดภัยในการแสดงความคิดเห็น มีการสนับสนุนให้แสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ มีการส่งเสริมสนับสนุนให้บุคลากรมีความสามารถในการคิดค้นสิ่งใหม่ ๆ ส่งเสริมให้บุคลากรพัฒนาแนวคิดที่แปลกใหม่ สามารถผลิตสื่อนวัตกรรมอย่างต่อเนื่อง มีการกระตุ้นให้บุคลากรคิดหาแนวทางมาปรับใช้ในการแก้ไขปัญหาอย่างสร้างสรรค์ สอดคล้องกับ ภัทรสุดา อธิชาญวิทย์ [17] กล่าวว่า การกระตุ้นให้มีความคิดริเริ่มในการทำงานมีความคิดสร้างสรรค์ ส่งเสริมจัดการเรียนรู้ ประยุกต์ใช้ความรู้และประสบการณ์ให้เกิดประโยชน์หลาย ๆ ด้าน ซึ่งมีประโยชน์ต่อการแก้ปัญหา ทำให้เกิดความคิดหลากหลายเพื่อนำไปบรรลุเป้าหมายตามที่ตั้งไว้ได้อย่างรวดเร็ว สอดคล้องกับ ศิริพร ดวงศรี [13] กล่าวว่า การกระตุ้นให้ผู้ได้บังคับบัญชาเกิดความคิดเชิงสร้างสรรค์ ผู้บริหารกระตุ้นให้ครูผู้สอนคิดเพื่อหาวิธีการใหม่ ๆ มาใช้ในการปฏิบัติงาน คิดหาแนวทางใหม่ ๆ ในการแก้ไขปัญหาอย่างสร้างสรรค์ คิดสร้างสรรค์ผลงานใหม่ ๆ และคิดหาวิธีการพัฒนาองค์กรให้มีคุณภาพและทันสมัยอยู่เสมอ

องค์ประกอบที่ 5 การมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ ประกอบด้วย การเปิดโอกาสให้บุคลากรมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ ในการวางแผนนโยบายการดำเนินงานของสถานศึกษา ร่วมกันกำหนดแผนงานโครงการ/กิจกรรมการดำเนินงาน มีส่วนร่วมในการตัดสินใจเลือกแนวทางปฏิบัติการในด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการในสถานศึกษาทั้ง 4 ฝ่าย มีส่วนร่วมในการกำกับติดตามผลการดำเนินงานอย่างต่อเนื่อง มีส่วนร่วมในการประเมินผลการดำเนินงานของสถานศึกษาให้มีประสิทธิภาพ และเปิดโอกาสให้ทุกฝ่ายรับรู้ผลประโยชน์ร่วมกัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ ผู้บริหารสถานศึกษาเปิดโอกาสให้บุคลากรมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ ในการวางแผนนโยบายของสถานศึกษา ส่งเสริมร่วมกันกำหนดแผนงานโครงการ/กิจกรรมการดำเนินงาน มีส่วนร่วมในการตัดสินใจเลือกแนวทางปฏิบัติการในด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการในสถานศึกษาทั้ง 4 ฝ่าย เปิดโอกาสให้บุคลากรมีส่วนร่วมในการกำกับติดตามผลการดำเนินงานของสถานศึกษา มีส่วนร่วมในการประเมินผลการดำเนินงานของสถานศึกษาให้มีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับ ลัดดาวัลย์ สมตน [18] กล่าวว่า การมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ หมายถึง ผู้บริหารส่งเสริมให้ครูมีส่วนร่วมในการค้นหาปัญหา และสาเหตุของปัญหา ตลอดจนจัดลำดับความสำคัญของปัญหา ครูมีส่วนร่วมในการกำหนดนโยบาย ขั้นตอนการปฏิบัติงานของโรงเรียนตัดสินใจโดยใช้ความคิดเห็นของกลุ่ม สอดคล้องกับ คมกฤษ ประการะสังข์ [19] กล่าวว่า การมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ หมายถึง การที่บุคลากรได้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการร่วมประชุมปรึกษาหารือโดยให้มีส่วนร่วมตัดสินใจในการวางแผนและร่วมตัดสินใจในการกำหนดเป้าหมายของการทำงาน

4. ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาวิจัย เรื่อง ภาวะผู้นำแบบประชาธิปไตยของผู้บริหารสถานศึกษา มีข้อเสนอแนะดังนี้

4.1 ข้อเสนอแนะการนำผลการวิจัยไปใช้

ผู้บริหารสถานศึกษาควรนำองค์ประกอบภาวะผู้นำแบบประชาธิปไตยของผู้บริหารสถานศึกษา ไปปรับใช้ในด้านการบริหารสถานศึกษา เพื่อให้เกิดความสามัคคีร่วมแรงร่วมใจในการบริหารสถานศึกษา และพัฒนาคุณภาพการศึกษาตามเป้าหมายที่วางไว้ อีกทั้งยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้สอดคล้องกับบริบทของสถานการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.2 ข้อเสนอแนะเพื่อทำวิจัยครั้งต่อไปได้

ควรทำการวิจัยที่เกี่ยวกับแนวทางการพัฒนาภาวะผู้นำแบบประชาธิปไตยของผู้บริหารสถานศึกษา เพื่อใช้ในการบริหารสถานศึกษาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

บทความฉบับนี้สำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์ได้ด้วยความเมตตากรุณาเป็นอย่างสูงจาก รองศาสตราจารย์ดร. พิมลพรรณ เพชรสมบัติ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่กรุณาให้คำปรึกษาคำแนะนำและข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] นิพนธ์ ภู่งลับ. รูปแบบภาวะผู้นำใ้บริการของผู้บริหารสถานศึกษา สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยปทุมธานี. 13(2564) 368-384.
- [2] N. Bhatti. The impact of autocratic and democratic leadership style on job satisfaction. *International Business Research*. 5(2012) 192–201.
- [3] วิโรจน์ สารรัตน์. ภาวะผู้นำ: ทฤษฎีและนันทศนะร่วมสมัยปัจจุบัน. โรงพิมพ์ทิพย์วิสุทธิ, กรุงเทพฯ. 2557.
- [4] P. M. Senge. *The Fifth Discipline: The Art and Practice of the Learning Organization*. New York, NY: Currency Doubleday, 1990.
- [5] ดารารัตน์ ขจรกิจดำรง. ภาวะผู้นำแบบประชาธิปไตยของผู้บริหารกับการพัฒนาบุคลากรครูในโรงเรียนอำเภอเมืองเพชรบูรณ์ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาเพชรบูรณ์ เขต 1. วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย. 17(2566) 85-97.
- [6] S. Shinde (6 April 2023). What is Democratic Leadership? How Does it Drive Success in an Organization. Available: <https://emeritus.org/blog/leadership-what-is-democratic-leadership/#types-of-democratic-leadership>
- [7] The National Society of Leadership and Success. (15 June 2022). Key Characteristics of Democratic Leadership. Available: <https://www.nsls.org/blog/key-characteristics-of-democratic-leadership>
- [8] K. Cherry. (19 June 2024). Is Democratic Leadership the Best Style of Leadership? When and how to use democratic leadership effectively. Available: <https://www.verywellmind.com/what-is-democratic-leadership-2795315>
- [9] S. Laoyan. (18 January 2025) Democratic leadership style: What you need to know. Available: <https://asana.com/resources/democratic-leadership-style>
- [10] J. DeBell. Democratic leadership. *Dental Assistants*, 88(2019) 6–7.
- [11] C. Ashbridge. Democratic citizenship, critical literacy and educational policy in England: A conceptual paradox. *Cambridge Journal of Education*, 52(2020).
- [12] P. A. Woods. *Democratic Leadership*. New York, NY: Oxford University Press, 2019.
- [13] ศิริพร ดวงศรี. แนวทางในการพัฒนาภาวะผู้นำแบบประชาธิปไตยของผู้บริหารโรงเรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาอุดรธานี เขต 3. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี. 2561.

- [14] ลลิตา สิริพัชรนันท์. การจูงใจพนักงานในองค์กรสำหรับการจัดการสมัยใหม่. วารสารนวัตกรรมการบริหารและการจัดการ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์. 11(2566) 127-136.
- [15] พิมลพรรณ เพชรสมบัติ. ผู้บริหารกับการทำงานเป็นทีม. วารสารครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์. 4(2564) 1-7.
- [16] ทรงธรรม สร้อยยานะ. ภาวะผู้นำแบบประชาธิปไตยของผู้บริหารสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาเชียงราย เขต 3. การค้นคว้าอิสระปริญญาโทมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยพะเยา. 2564.
- [17] ภัทรสุดา อธิชาญวิทย์. แนวทางการพัฒนาภาวะผู้นำการเรียนรู้ของผู้บริหารสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสุรินทร์ เขต 3. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์. 2565.
- [18] ลัดดาวัลย์ สมตน. ความสัมพันธ์ระหว่างภาวะผู้นำแบบมีส่วนร่วมกับการประกันคุณภาพการศึกษาของโรงเรียนขนาดเล็ก สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสระบุรี เขต 1. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. 2561.
- [19] คมกฤษ ประการะสังข์. ภาวะผู้นำแบบผู้รับใช้ของผู้บริหารสถานศึกษาที่ส่งผลต่อการบริหารแบบมีส่วนร่วมในการบริหารงานของสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาชลบุรี เขต 1. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์. 2560.

ภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรี

TRANSFORMATIONAL LEADERSHIPS OF SCHOOL ADMINISTRATORS UNDER THE SARABURI SECONDARY EDUCATIONAL AREA OFFICE

ยุวดี ญาณสิทธิ์¹ สุทธิพร บุญส่ง¹ และ พิมลพรรณ เพชรสมบัติ^{1*}

¹ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

*E-mail: pimolpun_p@rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรีกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ครู สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา ปีการศึกษา 2567 จำนวน 297 คน โดยการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบสอบถามแบบมาตราวัดประมาณค่า 5 ระดับ มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .975 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่าภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา สระบุรี โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ด้านการมีอิทธิพลอย่างมีอุดมการณ์มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาเป็นด้านการสร้างแรงบันดาลใจ และด้านการคำนึงถึงความเป็นปัจเจกบุคคล มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด

คำสำคัญ: ภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลง ผู้บริหารสถานศึกษา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรี

Abstract

This research aimed to investigate the transformational leadership of school administrators of the Saraburi Secondary Education Area Office. Employing stratified sampling, the research sample consisted of 297 teachers in the schools under the Saraburi Secondary Education Area Office. The instrument was a five-scale questionnaire with a reliability of .975. The researcher conducted statistics consisting of mean and standard deviation. The results showed that the Saraburi Secondary Education Area Office's school administrators demonstrated an overall high degree of transformational leadership. "Ideological influence" earned the highest mean score when all areas were taken into account. "Inspiration" received the second-highest rating. The mean score for "consideration of individuality" remained the lowest.

Keywords: Transformational Leadership, School Administrator, Saraburi Secondary Education Area Office

1. บทนำ

แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 - 2579 ระบุว่าระบบการศึกษายังมีปัญหาหลายประการนับตั้งแต่คุณภาพของคนไทยในทุกช่วงวัย ปัญหาคุณภาพและมาตรฐานในการจัดการศึกษาทุกระดับจุดอ่อนของระบบการศึกษากการพัฒนาบุคลากร ด้านวิทยาศาสตร์ ภาษาอังกฤษ เทคโนโลยี และการบริหารการจัดการศึกษาของสถานศึกษาที่ยังไม่เหมาะสม ขาดความคล่องตัวมีความเหลื่อมล้ำในด้านโอกาสและความเสมอภาคทางการศึกษารวมทั้งปัญหาด้านคุณธรรมจริยธรรม การขาดความตระหนักถึงความสำคัญของการมีวินัยความซื่อสัตย์สุจริต และการมีจิตสาธารณะของคนไทยส่วนใหญ่ ส่งผลกระทบต่อระบบการศึกษาที่ต้องปรับเปลี่ยนให้สนองและรองรับความท้าทายดังกล่าวเพื่อให้สอดคล้องกับการปฏิรูปการศึกษา ผู้บริหารเป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญที่จะนำพาผู้ใต้บังคับบัญชาและสถานศึกษาให้มีประสิทธิภาพอันดีผู้บริหารจะต้องเป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถทั้งด้านประสบการณ์ทางตรงประสบการณ์ทางอ้อมในด้านการบริหารงานต่าง ๆ ซึ่งผู้บริหารเหล่านี้ต้องมีภาวะความเป็นผู้นำ [1]

ภาวะผู้นำเป็นคุณลักษณะที่สำคัญของบุคคลซึ่งมีบทบาทในการชี้นำทิศทางและเป็นแรงผลักดันให้ผู้อื่นสามารถดำเนินงานได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งในระดับบุคคล กลุ่ม องค์กร ไปจนถึงระดับประเทศผู้นำที่ดีไม่เพียงแต่ต้องมีวิสัยทัศน์ แต่ยังต้องมีความสามารถในการสื่อสาร ตัดสินใจ และประสานงานกับผู้อื่นเพื่อให้บรรลุเป้าหมายร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพในยุคที่การเปลี่ยนแปลงเป็นสิ่งหลีกเลี่ยงไม่ได้ ภาวะผู้นำแบบเดิมอาจไม่เพียงพออีกต่อไปสิ่งที่องค์กรและสังคมต้องการมากขึ้นคือ “ภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลง” (Transformational Leadership) ซึ่งเป็นภาวะผู้นำที่เน้นการสร้างการเปลี่ยนแปลงเชิงบวกทั้งในระดับบุคคลและองค์กรผู้นำในลักษณะนี้ไม่เพียงแต่ปรับตัวให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลงแต่ยังเป็นผู้ริเริ่มสร้างแรงบันดาลใจและนำพาผู้อื่นให้ก้าวข้ามความท้าทายได้อย่างสร้างสรรค์ซึ่งผู้นำการเปลี่ยนแปลงเป็นคุณลักษณะที่มีความสำคัญ ในการทำงานอันจะก่อให้เกิดผลสำเร็จขององค์กรซึ่งภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงจะนำองค์กรไปสู่การเปลี่ยนแปลงและมีศักยภาพ ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าภาวะผู้นำที่ผู้บริหารสามารถแสดงออกถึงบทบาทให้บุคลากรเห็นได้ชัดเจน อาทิมองเห็นคุณค่าของมนุษย์ และเคารพศักดิ์ศรีความเป็นมนุษย์แสดงความฉลาดในการจัดการให้เกิดความเรียบร้อยมีการสื่อสารที่เป็นธรรมชาติ และมีประสิทธิภาพรู้จักใช้ความมีอิทธิพลต่อคนอื่นมีมนุษยสัมพันธ์ที่แสดงออกจากความรู้สึกภายในได้อย่างเป็นธรรมชาติ เป็นต้นผู้บริหารจึงต้องมีความรู้ ในหลักการบริหารและหลักการปฏิบัติงานอย่างมีประสิทธิภาพซึ่งผู้บริหารองค์กรการศึกษา ในปัจจุบันต้องสามารถตอบคำถามเกี่ยวกับวิธีการ ขั้นตอน วัตถุประสงค์ และทิศทางที่เกี่ยวข้องกับประเด็นการศึกษาได้ ทั้งนี้เพื่อการประยุกต์ปรับใช้ให้เข้ากับองค์กรและระบบขององค์กรผู้บริหารองค์กรที่มีภาวะผู้นำที่ดีพึงมีความรู้ด้านเทคนิค และวิธีการปฏิบัติต่อบุคลากรขององค์กรบุคคลภายนอกและหน่วยงานหรือองค์กรอื่น ๆ ได้เป็นอย่างดีในทุกสถานการณ์หากมองในด้านการศึกษสถานศึกษาเป็นหน่วยงานที่สำคัญที่สุดเป็นหน่วยงานที่ต้องปฏิบัติในการจัดการศึกษาเพื่อเป็นฐานในการแก้ปัญหาของชาติซึ่งประเทศชาติจะประสบผลสำเร็จหรือล้มเหลวจึงขึ้นอยู่กับบทบาทภาวะความเป็นผู้นำของผู้บริหารสถานศึกษาในการพัฒนาองค์กรให้มีความพร้อมในการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นได้ทุกเมื่อหากผู้บริหารขาดภาวะผู้นำที่มีประสิทธิภาพแล้วย่อมส่งผลทำให้คุณภาพทางการศึกษาตกต่ำลงรวมถึงประสิทธิภาพในการทำงานของบุคลากรทางการศึกษาที่อาจไม่มีประสิทธิภาพ [2]

ภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงเป็นกระบวนการที่ผู้นำมีอิทธิพลต่อผู้ร่วมงานและผู้ตามโดยเปลี่ยนแปลงความพยายามของผู้ร่วมงานและผู้ตามให้สูงขึ้นกว่าความพยายามที่คาดหวังพัฒนาความสามารถของผู้ร่วมงานและผู้ตามไปสู่ระดับที่สูงขึ้นและมีศักยภาพมากขึ้นทำให้เกิดการตระหนักรู้ในการกิจและวิสัยทัศน์ของทีมและขององค์กรสามารถจูงใจให้ผู้ร่วมงานและผู้ตามมองให้ไกลเกินกว่าความสนใจของพวกเขาไปสู่ประโยชน์ของกลุ่มองค์กรหรือสังคมซึ่งกระบวนการที่ผู้นำมีอิทธิพลต่อผู้ร่วมงานหรือผู้ตามนี้จะกระทำโดยผ่านองค์ประกอบพฤติกรรมเฉพาะ 4 ประการหรือที่เรียกว่า “4I’s” (Four I’s) คือการมีอิทธิพลอย่างมีอุดมการณ์ การสร้างแรงบันดาลใจ การกระตุ้นทางปัญญา และการคำนึงถึงความเป็นปัจเจกบุคคล [3]

สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรีจัดการประชุมสัมมนาแลกเปลี่ยนเรียนรู้และนำเสนอผลงานนวัตกรรมด้านการจัดการเรียนรู้และด้านการบริหารระดับสทวิทยเขตสนับสนุนให้ผู้บริหารและครูนำเสนอผลงานวิธีปฏิบัติที่เป็นเลิศ

(Best Practice) และนวัตกรรม (Innovation) อย่างไรก็ตามเมื่อศึกษารายงานผลการดำเนินงานประจำปีงบประมาณ 2566 แล้วพบว่าผู้บริหารสถานศึกษาและครูสร้างนวัตกรรมประชุมสัมมนาแลกเปลี่ยนเรียนรู้และนำเสนอนวัตกรรมด้านการจัดการเรียนรู้และด้านการบริหารได้รับรางวัลมากมายแต่ผลสัมฤทธิ์จากผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน(O-NET) ที่ยังไม่บรรลุตามเป้าหมายมีนักเรียนที่สอบได้คะแนนเฉลี่ยมากกว่าร้อยละ 50 ไม่ถึงร้อยละ 10 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมดและความสามารถของผู้บริหารในการเป็นผู้นำการเปลี่ยนแปลงมีความแตกต่างกันอย่างมากขึ้นอยู่กับทัศนคติประสิทธิภาพบริบทของสถานศึกษา และจะเห็นได้จากสถิติจำนวนนักเรียนบางแห่งมีแนวโน้มลดลงซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงปัญหาการบริหารงานของผู้บริหารสถานศึกษา ดังนั้นผู้บริหารสถานศึกษาจึงต้องมีภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงหากผู้บริหารสถานศึกษา มีวิสัยทัศน์แบบเดิมไม่มีการเปลี่ยนแปลงการพัฒนาสถานศึกษาให้เปลี่ยนแปลงไปในทางสร้างสรรค์และประสบผลสำเร็จคงเป็นไปได้ยาก [4]

จากสภาพความเป็นมาและปัญหาดังกล่าวจะเห็นได้ว่าผู้บริหารสถานศึกษามีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงการศึกษาผู้บริหารสถานศึกษาต้องได้รับการสร้างความเข้มแข็งในการเป็นผู้นำการเปลี่ยนแปลงจากเหตุผลและสภาพปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาแนวทางการพัฒนาภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรีเพื่อเป็นแนวทางพัฒนาผู้บริหารสถานศึกษาให้มีภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อการปฏิบัติหน้าที่ของผู้บริหารสถานศึกษาและครูผู้สอนในสถานศึกษาเพื่อนำผลการศึกษามาเป็นแนวทางในการบริหารโรงเรียนและพัฒนาการทำงานให้ประสบผลสำเร็จและเพื่อเป็นการพัฒนาสถานศึกษาให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดต่อไป

2. วิธีการวิจัย

2.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ครูผู้สอนในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรี ปีการศึกษา 2567 จำนวน 1,295 คน จำนวน 21 โรงเรียน ได้แก่ โรงเรียนขนาดกลาง ขนาดใหญ่ และขนาดใหญ่พิเศษ [5]

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ครูผู้สอนในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรี ปีการศึกษา 2567 โดยกำหนดกลุ่มตัวอย่างจากตารางสำรวจ Krejcie & Morgan (1970) ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างเป็นครู จำนวน 297 คน โดยใช้วิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้นภูมิ (Stratified Random Sampling) ซึ่งใช้ขนาดสถานศึกษาเป็นเกณฑ์ในการแบ่งขนาดกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ โรงเรียนขนาดกลาง ขนาดใหญ่ และขนาดใหญ่พิเศษ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นแบบสอบถามแบบวัดค่า 5 ระดับ ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์ (IOC) อยู่ระหว่าง 0.80 – 1.00 มีค่าความเชื่อมั่นของครอนบาชเท่ากับ .975 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 1 จำนวนประชากรและกลุ่มตัวอย่างตามขนาดโรงเรียน ในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรี

ขนาดสถานศึกษา	จำนวนประชากร (N)	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง (n)
ขนาดกลาง	253	58
ขนาดใหญ่	192	44
ขนาดใหญ่พิเศษ	850	195
รวม	1,295	297

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบสอบถาม (Questionnaire) โดยผู้วิจัยได้สร้างและพัฒนาขึ้นภายใต้กรอบแนวคิดและทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย

ตอนที่ 1 แบบสอบถามเกี่ยวกับภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรีเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) แบ่งเป็น 5 ระดับตามมาตรารวดของพินลพรรณเพชรสมบัติ [6] โดยเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละระดับมีความหมาย ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง ภาวะผู้นำทางการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษาอยู่ในระดับมากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง ภาวะผู้นำทางการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษา อยู่ในระดับมาก

ระดับ 3 หมายถึง ภาวะผู้นำทางการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษา อยู่ในระดับปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง ภาวะผู้นำทางการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษา อยู่ในระดับน้อย

ระดับ 1 หมายถึง ภาวะผู้นำทางการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษา อยู่ในระดับน้อยที่สุด

2.3 การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแบบสอบถาม โดยแบ่งเป็น 7 ขั้นตอน ดังนี้
ขั้นที่ 1 ศึกษาค้นคว้าเอกสาร ตำรา แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษา โดยรวบรวมข้อมูลมาใช้เป็นกรอบหรือเป็นแนวทางในการสร้างแบบสอบถาม

ขั้นที่ 2 สร้างแบบสอบถามให้ครอบคลุมวัตถุประสงค์ของการวิจัยและตัวแปรทุกตัวตามกรอบแนวคิด และขอบเขตของการวิจัย

ขั้นที่ 3 เสนอแบบสอบถาม ฉบับร่าง ต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความครอบคลุมด้านเนื้อหาที่ต้องการวัด

ขั้นที่ 4 ปรับปรุงแก้ไขแบบสอบถาม ตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์แล้วจึงนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบพิจารณาความเหมาะสมในประเด็นของความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (content validity) ซึ่งผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ได้ตรวจสอบคุณภาพในด้านความเที่ยงตรงของเนื้อหาด้วยวิธีการหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (index of item objective congruence: IOC) ซึ่งค่า IOC ที่ได้ 0.93 ตามกำหนดเกณฑ์ในการตรวจสอบพิจารณาข้อคำถาม ดังนี้

ให้คะแนน +1 ผู้เชี่ยวชาญเห็นใจคำถามนั้นสอดคล้องกับวัตถุประสงค์

ให้คะแนน 0 ผู้เชี่ยวชาญไม่แน่ใจว่าคำถามนั้นสอดคล้องกับวัตถุประสงค์

ให้คะแนน - 1 ผู้เชี่ยวชาญแน่ใจว่าคำถามนั้นไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ โดยใช้สูตรค่า IOC ดังนี้

$$IOC = \frac{\sum R}{n}$$

เมื่อ IOC แทน ความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์กับแบบทดสอบ

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนจากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

n แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

เกณฑ์การพิจารณาเลือกข้อคำถาม โดยพิจารณาจากข้อคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป ถ้าข้อคำถามใดมีค่าดัชนีความสอดคล้องต่ำกว่า 0.50 ต้องนำไปปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

ขั้นที่ 5 ปรับปรุงแก้ไขแบบสอบถามทั้งฉบับเป็นครั้งสุดท้าย ภายใต้คำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ขั้นที่ 6 นำเครื่องมือที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้ (Try out) กับครูผู้สอนในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรี ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คนเพื่อตรวจสอบความชัดเจนของปัญหา และหลังจากนั้นนำไปหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยวิธีหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha coefficient) ของ Cronbach (1990) ซึ่งมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .975

ขั้นที่ 7 นำแบบสอบถามที่ปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วมาจัดทำเครื่องมือฉบับสมบูรณ์แล้วนำไปใช้ในการวิจัยเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างต่อไป

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

3.1 ผลการวิจัย

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรี สามารถสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 2 ผลระดับภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรี ในภาพรวม

ภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลง	ภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษา			
	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	แปลผล	อันดับ
1. ด้านการกระตุ้นทางปัญญา	3.89	0.92	มาก	3
2. ด้านการสร้างแรงบันดาลใจ	3.90	0.92	มาก	2
3. ด้านการมีอิทธิพลอย่างมีอุดมการณ์	3.93	0.94	มาก	1
4. ด้านการคำนึงถึงความเป็นปัจเจกบุคคล	3.87	0.94	มาก	5
5. ด้านการสร้างวิสัยทัศน์	3.88	0.98	มาก	4
รวม	3.89	0.94	มาก	

จากตารางที่ 2 พบว่า ภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา มัธยมศึกษาสระบุรี ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=3.89$, S.D.=0.94) และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่าด้านการมีอิทธิพล อย่างมีอุดมการณ์ มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{X}=3.93$, S.D.=0.94) รองลงมา คือ ด้านการสร้างแรงบันดาลใจ ($\bar{X}=3.90$, S.D.=0.92) และด้านการคำนึงถึงความเป็นปัจเจกบุคคล มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด ($\bar{X}=3.87$, S.D.=0.94)

ตารางที่ 3 ผลระดับภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรี
ด้านการกระตุ้นทางปัญญา

ด้านการกระตุ้นทางปัญญา	ภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษา			
	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	แปลผล	อันดับ
1. ผู้บริหารสถานศึกษากระตุ้นให้ผู้ร่วมงานตระหนักถึงปัญหาและส่งเสริมความสามารถในการแก้ไขปัญหาของผู้ร่วมงาน	3.97	0.90	มาก	2
2. ผู้บริหารสถานศึกษาส่งเสริมให้ผู้ร่วมงานรู้จักผลผลิตคณันนวัตกรรมใหม่ ๆ กระตุ้นให้ผู้ร่วมงานมีความใฝ่รู้มากขึ้น	3.94	0.91	มาก	4
3. ผู้บริหารสถานศึกษาส่งเสริมให้ผู้ร่วมงานหาทางออกของปัญหาที่เกิดขึ้นและบอกถึงปัญหาที่ทางสถานศึกษากำลังเผชิญอยู่เกิดความคิดสร้างสรรค์และวิธีการใหม่ ๆ ในการแก้ปัญหา	3.78	0.92	มาก	7
4. ผู้บริหารสถานศึกษาส่งเสริมสนับสนุนให้ผู้ร่วมงานได้พัฒนางานโดยกระบวนการวิจัยในการพัฒนาการเรียนการสอนและคุณภาพของนักเรียน	3.79	1.01	มาก	6
5. ผู้บริหารสถานศึกษามีการแจ้งข่าวสารความเปลี่ยนแปลงทางการศึกษาและเหตุการณ์ต่าง ๆ ให้ผู้ร่วมงานทราบอย่างสม่ำเสมอ	3.95	0.94	มาก	3
6. ผู้บริหารสถานศึกษามอบหมายงานใหม่ ๆ ที่ท้าทายความสามารถให้ผู้ร่วมงาน	3.86	0.89	มาก	5
7. ผู้บริหารสถานศึกษาเปิดโอกาสให้ผู้ร่วมงานแสดงความสามารถโดยใช้ความรู้ ความสามารถของตนเองได้อย่างเต็มที่	3.98	0.87	มาก	1
รวม	3.89	0.92	มาก	

จากตารางที่ 3 พบว่า ภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรี ด้านการกระตุ้นทางปัญญาอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}=3.89$, S.D.=0.92) และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ผู้บริหารสถานศึกษาเปิดโอกาสให้ผู้ร่วมงานแสดงความสามารถโดยใช้ความรู้ ความสามารถของตนเองได้อย่างเต็มที่ มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{x}=3.98$, S.D.=0.87) รองลงมา คือผู้บริหารสถานศึกษากระตุ้นให้ผู้ร่วมงานตระหนักถึงปัญหาและส่งเสริมความสามารถในการแก้ไขปัญหาของผู้ร่วมงาน ($\bar{x}=3.97$, S.D.=0.90) และผู้บริหารสถานศึกษาส่งเสริมให้ผู้ร่วมงานหาทางออกของปัญหาที่เกิดขึ้นและบอกถึงปัญหาที่ทางสถานศึกษากำลังเผชิญอยู่เกิดความคิดสร้างสรรค์และวิธีการใหม่ ๆ ในการแก้ปัญหา มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด ($\bar{x}=3.78$, S.D.=0.92)

ตารางที่ 4 ผลระดับภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรี
ด้านการสร้างแรงบันดาลใจ

ด้านการสร้างแรงบันดาลใจ	ภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษา			
	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	แปลผล	อันดับ
1. ผู้บริหารสถานศึกษาส่งเสริมผู้ร่วมงานปฏิบัติงานให้บรรลุเป้าหมายกระตุ้นให้ผู้ร่วมงานปฏิบัติงานด้วยความกระตือรือร้น	3.99	0.93	มาก	1
2. ผู้บริหารสถานศึกษาส่งเสริมผู้ร่วมงานให้ตั้งใจต่อเป้าหมายและวิสัยทัศน์ร่วมกันทำให้ผู้ร่วมงานมุ่งมั่นสนใจต่อวิธีการที่จะทำให้งานประสบความสำเร็จตามเป้าหมาย	3.95	0.93	มาก	2
3. ผู้บริหารสถานศึกษาจูงใจผู้ร่วมงานให้ปฏิบัติงานบรรลุเกินเป้าหมายที่กำหนดไว้	3.79	0.91	มาก	7
4. ผู้บริหารสถานศึกษาสนับสนุนให้กำลังใจและยกระดับความคาดหวังต่อผู้ร่วมงานมองข้ามผลประโยชน์ของตนเพื่อวิสัยทัศน์และภารกิจขององค์กร	3.91	0.96	มาก	5
5. ผู้บริหารสถานศึกษาสื่อสารให้ทราบถึงความคาดหวังที่มีต่อผู้ร่วมงานและทำให้ผู้ร่วมงานสัมผัสกับภาพทั้งดงามในอนาคตขององค์กร	3.87	0.91	มาก	6
6. ผู้บริหารสถานศึกษามีความรับผิดชอบงานขององค์กรและเอาใจใส่การปฏิบัติงานของผู้ร่วมงานอย่างสม่ำเสมอ	3.93	0.91	มาก	3
7. ผู้บริหารสถานศึกษาเสริมแรงทางบวกให้กับผู้ร่วมงาน ให้ความกล้าหาญ ทำในสิ่งที่ถูกต้องตามกรอบปฏิบัติงานที่ดี	3.92	0.93	มาก	4
รวม	3.90	0.92	มาก	

จากตารางที่ 4 พบว่า ภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรี ด้านการสร้างแรงบันดาลใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=3.90$, S.D.=0.92) และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ผู้บริหารสถานศึกษาส่งเสริมผู้ร่วมงานปฏิบัติงานให้บรรลุเป้าหมายกระตุ้นให้ผู้ร่วมงานปฏิบัติงานด้วยความกระตือรือร้น มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ($\bar{X}=3.99$, S.D.=0.93) รองลงมา คือ ผู้บริหารสถานศึกษาส่งเสริมผู้ร่วมงานให้ตั้งใจต่อเป้าหมายและวิสัยทัศน์ร่วมกันทำให้ผู้ร่วมงานมุ่งมั่นสนใจต่อวิธีการที่จะทำให้งานประสบความสำเร็จตามเป้าหมาย ($\bar{X}=3.95$, S.D.=0.93) และผู้บริหารสถานศึกษาจูงใจผู้ร่วมงานให้ปฏิบัติงานบรรลุเกินเป้าหมายที่กำหนดไว้ มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด ($\bar{X}=3.79$, S.D.=0.91)

ตารางที่ 5 ผลระดับภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรี
ด้านการมีอิทธิพลอย่างมีอุดมการณ์

ด้านการมีอิทธิพลอย่างมีอุดมการณ์	ภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษา			
	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	แปลผล	อันดับ
1. ผู้บริหารสถานศึกษามีเป้าหมายในการทำงานอย่างชัดเจน	4.06	0.93	มาก	1
2. ผู้บริหารสถานศึกษาประพฤติตัวเป็นแบบอย่างที่ดีที่แสดงให้เห็นว่าเป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถในการบริหารงาน	3.93	0.90	มาก	4
3. ผู้บริหารสถานศึกษาปฏิบัติต่อผู้ร่วมงานด้วยความยุติธรรม มีลักษณะเป็นมิตรกับผู้ร่วมงานทุกคน	3.94	0.92	มาก	3
4. ผู้บริหารสถานศึกษากระตุ้นให้ผู้ร่วมงานอุทิศตนทำงานเพื่อประโยชน์ของส่วนรวม	3.85	0.98	มาก	8
5. ผู้บริหารสถานศึกษาสนใจผู้ร่วมงานเชื่อฟังและปฏิบัติตามคำแนะนำ	3.82	1.00	มาก	9
6. ผู้บริหารสถานศึกษาสนใจผู้ร่วมงานรู้สึกผูกพันกับสถานศึกษาเกิดความเคารพนับถืออย่างจริงใจ	3.90	0.92	มาก	7
7. ผู้บริหารสถานศึกษาใช้อำนาจอย่างเป็นธรรมและมีความยุติธรรมให้เกียรติผู้ร่วมงานและปฏิบัติอย่างเท่าเทียมกับทุกคนทำงานอย่างเป็นระบบ	3.92	0.96	มาก	5
8. ผู้บริหารสถานศึกษามีการประชุมหรือเตรียมความพร้อมก่อนการทำงาน	3.91	0.92	มาก	6
9. ผู้บริหารสถานศึกษาสามารถควบคุมอารมณ์ของตนเองได้อย่างเหมาะสม ใช้เหตุผล มีคุณธรรม จริยธรรม ซื่อสัตย์สุจริตเห็นแก่ประโยชน์ส่วนรวมมากกว่าประโยชน์ส่วนตน	4.04	0.95	มาก	2
รวม	3.93	0.94	มาก	

จากตารางที่ 5 พบว่า ภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรี ด้านการมีอิทธิพลอย่างมีอุดมการณ์อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=3.93$, $S.D.=0.94$) และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่าผู้บริหารสถานศึกษามีเป้าหมายในการทำงานอย่างชัดเจน มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ($\bar{X}=4.06$, $S.D.=0.93$) รองลงมา คือ ผู้บริหารสถานศึกษาสามารถควบคุมอารมณ์ของตนเองได้อย่างเหมาะสม ใช้เหตุผล มีคุณธรรม จริยธรรม ซื่อสัตย์สุจริตเห็นแก่ประโยชน์ส่วนรวมมากกว่าประโยชน์ส่วนตน ($\bar{X}=4.04$, $S.D.=0.95$) และผู้บริหารสถานศึกษาสนใจผู้ร่วมงานเชื่อฟังและปฏิบัติตามคำแนะนำ มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด ($\bar{X}=3.82$, $S.D.=1.00$)

ตารางที่ 6 ผลระดับภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรี
ด้านการคำนึงถึงความเป็นปัจเจกบุคคล

ด้านการคำนึงถึงความเป็นปัจเจกบุคคล	ภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษา			
	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	แปลผล	อันดับ
1. ผู้บริหารสถานศึกษาเข้าใจและยอมรับความแตกต่างของแต่ละบุคคล	3.91	0.95	มาก	2
2. ผู้บริหารสถานศึกษายอมรับฟังความคิดเห็นและสามารถให้คำปรึกษาในแนวทางที่สร้างสรรค์แก่ผู้ร่วมงานได้อย่างเท่าเทียมกัน	3.83	0.95	มาก	6
3. ผู้บริหารสถานศึกษาทราบถึงศักยภาพและความสามารถของผู้ร่วมงานแต่ละบุคคลทำให้ผู้ร่วมงานรู้สึกมีคุณค่าและมีความสำคัญเอาใจใส่ดูแลผู้ร่วมงานแต่ละคนอย่างทั่วถึง	3.84	0.94	มาก	5
4. ผู้บริหารสถานศึกษารับฟังความคิดเห็นของผู้ร่วมงานปฏิบัติต่อผู้ร่วมงานโดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล พัฒนาศักยภาพของผู้ร่วมงานให้มีมาตรฐานสูงขึ้น	3.87	0.93	มาก	4
5. ผู้บริหารสถานศึกษาเปิดโอกาสให้ผู้ร่วมงานเรียนรู้สิ่งใหม่ที่ท้าทายความสามารถให้ผู้ร่วมงานใช้ความสามารถพิเศษอย่างเต็มที่	3.86	0.96	มาก	3
6. ผู้บริหารสถานศึกษามีปฏิสัมพันธ์ที่ดีกับผู้ร่วมงานอย่างเสมอภาคสร้างบรรยากาศในการทำงานที่ดีและให้การสนับสนุนความต้องการของผู้ร่วมงาน	3.92	0.93	มาก	1
รวม	3.87	0.94	มาก	

จากตารางที่ 6 พบว่า ภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรี ด้านการคำนึงถึงความเป็นปัจเจกบุคคลอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}=3.87$, S.D.=0.94) และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ผู้บริหารสถานศึกษามีปฏิสัมพันธ์ที่ดีกับผู้ร่วมงานอย่างเสมอภาคสร้างบรรยากาศในการทำงานที่ดี และให้การสนับสนุนความต้องการของผู้ร่วมงาน มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{x}=3.92$, S.D.=0.93) รองลงมา คือ ผู้บริหารสถานศึกษาเข้าใจและยอมรับความแตกต่างของแต่ละบุคคล ($\bar{x}=3.91$, S.D.=0.95) และผู้บริหารสถานศึกษายอมรับฟังความคิดเห็นและสามารถให้คำปรึกษาในแนวทางที่สร้างสรรค์แก่ผู้ร่วมงานได้อย่างเท่าเทียมกัน มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด ($\bar{x}=3.83$, S.D.= 0.95)

ตารางที่ 7 ผลระดับภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรี ด้านการสร้างวิสัยทัศน์

ด้านการสร้างวิสัยทัศน์	ภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษา			
	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	แปลผล	อันดับ
1. ผู้บริหารสถานศึกษามีความเป็นผู้นำมีการกำหนดวิสัยทัศน์ของโรงเรียนจากการมีส่วนร่วมของทุกฝ่าย	4.00	1.01	มาก	1
2. ผู้บริหารสถานศึกษาสร้างภาพในอนาคตที่จะเกิดขึ้นกับโรงเรียนได้อย่างชัดเจนที่สอดคล้องกับวิสัยทัศน์มีการวิเคราะห์สภาพการณ์ทั้งภายในและภายนอกองค์กร	3.86	0.98	มาก	7
3. ผู้บริหารสถานศึกษาสามารถอธิบาย และโน้มน้าวทำให้บุคลากรในองค์กรเข้าใจและยอมรับวิสัยทัศน์ที่สร้างขึ้น	3.87	0.97	มาก	5
4. ผู้บริหารสถานศึกษาส่งเสริมสนับสนุนให้ครูและบุคลากรที่เกี่ยวข้องได้มีส่วนร่วมในการปฏิบัติตามวิสัยทัศน์ของสถานศึกษา	3.88	0.96	มาก	4
5. ผู้บริหารสถานศึกษามีอิสระในการเลือกแนวทางการเรียนรู้ของตนเอง	3.84	0.98	มาก	9
6. ผู้บริหารสถานศึกษาเป็นผู้นำที่น่ายกย่องเคารพนับถือ	3.86	1.01	มาก	6
7. ผู้บริหารสถานศึกษามีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ทำให้ผู้อื่นเกิดความภูมิใจเมื่อได้ร่วมงานด้วย	3.85	1.00	มาก	8
8. ผู้บริหารสถานศึกษามีการนำวิสัยทัศน์ไปปฏิบัติมีการกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบ	3.80	0.99	มาก	10
9. จัดทำปฏิทินการปฏิบัติงาน จัดเตรียมข้อมูลสร้างความเข้าใจในบทบาทหน้าที่ของผู้มีส่วนร่วมระดมความคิดของทุกฝ่าย และทุกฝ่ายปฏิบัติตามกลยุทธ์ของสถานศึกษาที่วางไว้	3.98	0.96	มาก	2
10. ผู้บริหารสถานศึกษามีความเชื่อมั่นและยึดมั่นในวิสัยทัศน์ของโรงเรียนที่จะพัฒนาสู่อนาคต และเปลี่ยนแปลงในทางที่ดีขึ้น	3.92	0.94	มาก	3
รวม	3.88	0.98	มาก	

จากตารางที่ 7 พบว่า ภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรี ด้านการสร้างวิสัยทัศน์อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=3.88$, S.D.=0.98) และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่าผู้บริหารสถานศึกษามีความเป็นผู้นำมีการกำหนดวิสัยทัศน์ของโรงเรียนจากการมีส่วนร่วมของทุกฝ่าย มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{X}=4.00$, S.D.=1.01) รองลงมา คือ จัดทำปฏิทินการปฏิบัติงาน จัดเตรียมข้อมูลสร้างความเข้าใจในบทบาทหน้าที่ของผู้มีส่วนร่วมระดม

ความคิดของทุกฝ่าย และทุกฝ่ายปฏิบัติตามกลยุทธ์ของสถานศึกษาที่วางไว้ด้านการสร้างแรงบันดาลใจ ($\bar{X}=3.98$, $S.D.=0.96$) และผู้บริหารสถานศึกษามีการนำวิสัยทัศน์ไปปฏิบัติมีการกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบ มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด ($\bar{X}=3.80$, $S.D.=0.99$)

3.2 อภิปรายผล

ผลการวิจัยที่ค้นพบจากภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรี สามารถนำมาอภิปรายผลตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยได้ดังนี้

ภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรี ในภาพรวมอยู่ในระดับมากเมื่อพิจารณาารายด้าน พบว่า อยู่ในระดับมากเมื่อพิจารณาารายด้านโดยเรียงตามลำดับจากค่าเฉลี่ยมากไปหาน้อย ได้แก่ด้านการมีอิทธิพลอย่างมีอุดมการณ์ ด้านการสร้างแรงบันดาลใจ ด้านการสร้างวิสัยทัศน์ ด้านการกระตุ้นทางปัญญา และด้านการคำนึงถึงปัจเจกบุคคล ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ทั้งนี้อาจเป็นเพราะผู้บริหารสถานศึกษาและครูสร้างนวัตกรรมประชุมสัมมนาแลกเปลี่ยนเรียนรู้และนำเสนอนวัตกรรมด้านการจัดการเรียนรู้ และด้านการบริหารได้รับรางวัลมากมาย และมีการติดตามผลสัมฤทธิ์จากผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินั้นพื้นฐานผู้บริหารสถานศึกษายอมรับฟังความคิดเห็นและสามารถให้คำปรึกษาในแนวทางที่สร้างสรรค์แก่ผู้ร่วมงานได้อย่างเท่าเทียมกันและทราบถึงศักยภาพและความสามารถของผู้ร่วมงานแต่ละบุคคลและกระตุ้นผู้ใต้บังคับบัญชาให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพัฒนาในการทำงานที่ดีขึ้น โดยจะใช้ความรู้ทักษะความสามารถและประสบการณ์ทำให้ผู้ร่วมงานไว้วางใจส่งเสริมความสามารถในการแก้ไขปัญหาของผู้ร่วมงานส่งเสริมให้ผู้ร่วมงานรู้จักผลผลิตคิดค้นนวัตกรรมใหม่ ๆ เปิดโอกาสให้ผู้ร่วมงานเรียนรู้สิ่งใหม่ที่ทำหยาความสามารถให้ผู้ร่วมงานใช้ความสามารถพิเศษอย่างเต็มที่ปฏิสัมพันธ์ที่ดีกับผู้ร่วมงานอย่างเสมอภาคสร้างบรรยากาศในการทำงานที่ดีและให้การสนับสนุนความต้องการของผู้ร่วมงานจึงทำให้ผู้บริหารสถานศึกษามีภาวะผู้นำผู้นำการเปลี่ยนแปลงอยู่ในระดับมากทุกด้าน สอดคล้องกับงานวิจัยของรัตตินันท์ บุญกล้า [7] ได้ทำการวิจัยเรื่องการศึกษาภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 18 ผลการวิจัยพบว่า 1) ภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 18 โดยรวมและรายด้านอยู่ในระดับมาก และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของณัฐสิทธิ์ วราวิสิต [8] ได้ทำการวิจัยเรื่องแนวทางการพัฒนาภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาบุรีรัมย์ เขต 2 ผลการวิจัยพบว่า 1) ภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาบุรีรัมย์ เขต 2 โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ซึ่งสามารถอภิปรายรายด้านได้ดังนี้

ด้านการมีอิทธิพลอย่างมีอุดมการณ์ จากการศึกษาโดยรวมและรายข้ออยู่ในระดับมาก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในการบริหารสถานศึกษาของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรี ปฏิบัติต่อผู้ร่วมงานด้วยความยุติธรรม มีลักษณะเป็นมิตรกับผู้ร่วมงานทุกคนจึงให้ผู้ร่วมงานเชื่อฟังและปฏิบัติตามคำแนะนำใช้อำนาจอย่างเป็นธรรมและมีความยุติธรรมให้เกียรติผู้ร่วมงานและปฏิบัติอย่างเท่าเทียมกับทุกคนทำงานอย่างเป็นระบบใช้เหตุผลมีคุณธรรม จริยธรรม ซื่อสัตย์สุจริตเห็นแก่ประโยชน์ส่วนรวมมากกว่าประโยชน์ส่วนตน สอดคล้องกับงานวิจัยของเกศสุตา วรรณสินธ์ [9] ได้ทำการวิจัยเรื่องภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 27 พบว่าด้านการมีอิทธิพลอย่างมีอุดมการณ์ โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของฉัตรปรียา แจ่มนาถ [10] ได้ทำการวิจัยเรื่องแนวทางการพัฒนาภาวะ ผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยม พบว่าด้านการมีอิทธิพลอย่างมีอุดมการณ์โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก

ด้านการสร้างแรงบันดาลใจ จากการศึกษาโดยรวมและรายข้ออยู่ในระดับมาก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในการบริหารสถานศึกษาของผู้บริหารสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรีส่งเสริมผู้ร่วมงานปฏิบัติงานให้บรรลุเป้าหมายกระตุ้นให้ผู้ร่วมงานปฏิบัติงานด้วยความกระตือรือร้นส่งเสริมผู้ร่วมงานให้ตั้งใจต่อเป้าหมายและวิสัยทัศน์ร่วมกันทำให้ผู้ร่วมงานมุ่งความสนใจต่อวิธีการที่จะทำให้งานประสบความสำเร็จตามเป้าหมายสนับสนุนให้กำลังใจ

และยกระดับความคาดหวังต่อผู้ร่วมงานมองข้ามผลประโยชน์ของตนเพื่อภารกิจขององค์กรสอดคล้องกับงานวิจัยของชุดิกายูจน์ ทักโลวา [11] ได้ทำการวิจัยเรื่องแนวทางการพัฒนาภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 21 พบว่าด้านการสร้างแรงบันดาลใจโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของจันทร์ศม ภูติอริวัฒน์ [12] ได้ทำการวิจัยเรื่องภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษากับแรงจูงใจในการทำงานของครูที่ส่งผลต่อจิตวิญญาณความเป็นครูโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษากรุงเทพมหานคร เขต 2 พบว่าด้านการสร้างแรงบันดาลใจโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก

ด้านการสร้างวิสัยทัศน์ จากการศึกษาโดยรวมและรายข้ออยู่ในระดับมาก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในการบริหารสถานศึกษาของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรี มีความเป็นผู้นำมีการกำหนดวิสัยทัศน์ของโรงเรียนจากการมีส่วนร่วมของทุกฝ่ายสร้างภาพในอนาคตที่จะเกิดขึ้นกับโรงเรียนได้อย่างชัดเจนที่สอดคล้องกับวิสัยทัศน์มีการวิเคราะห์สภาพการณ์ทั้งภายในและภายนอกองค์กรเป็นผู้นำที่น่ายกย่องเคารพนับถือมีความเชื่อมั่นและยึดมั่นในวิสัยทัศน์ของโรงเรียนที่จะพัฒนาสู่อนาคต และเปลี่ยนแปลงในทางที่ดีขึ้นสอดคล้องกับงานวิจัยของอภิสร่า มุ่งมาตร [13] ได้ทำการวิจัยเรื่องปัจจัยที่ส่งผลต่อภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 21 พบว่าด้านการสร้างวิสัยทัศน์โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของอัจฉรา แจ่มใส [14] ได้ทำการวิจัยเรื่องแนวทางการพัฒนาภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงในยุคดิจิทัลของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาบุรีรัมย์ เขต 2 พบว่าด้านการสร้างวิสัยทัศน์โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก

ด้านการกระตุ้นทางปัญญา จากการศึกษาโดยรวมและรายข้ออยู่ในระดับมาก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในการบริหารสถานศึกษาของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรี กระตุ้นให้ผู้ร่วมงานตระหนักถึงปัญหาและส่งเสริมความสามารถในการแก้ไขปัญหาของผู้ร่วมงานส่งเสริมให้ผู้ร่วมงานรู้จักผลลิตคิดค้นนวัตกรรมใหม่ ๆ กระตุ้นให้ผู้ร่วมงานมีความใฝ่รู้มากขึ้นและมอบหมายงานใหม่ ๆ ที่ท้าทายความสามารถให้ผู้ร่วมงานเปิดโอกาสให้ผู้ร่วมงานแสดงความสามารถโดยใช้ความรู้ความสามารถของตนเองได้อย่างเต็มที่ สอดคล้องกับงานวิจัยของสุวัฒน์ จุลสุวรรณ [15] ได้ทำการวิจัยเรื่องการศึกษาภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษาตามความคิดเห็นของครู สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่าด้านการกระตุ้นทางปัญญาภาพรวมอยู่ในระดับมาก และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของวิภาดา พินแพทย์ [16] ได้ทำการวิจัยเรื่องภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษาในโรงเรียนสหวิทยาเขตศรีบูรพาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 7 พบว่าด้านการกระตุ้นทางปัญญาภาพรวมอยู่ในระดับมาก

ด้านการคำนึงถึงปัจเจกบุคคล จากการศึกษาโดยรวมและรายข้ออยู่ในระดับมาก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในการบริหารสถานศึกษาของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรี ยอมรับฟังความคิดเห็นและสามารถให้คำปรึกษาในแนวทางที่สร้างสรรค์แก่ผู้ร่วมงานได้อย่างเท่าเทียมกันทราบถึงศักยภาพและความสามารถของผู้ร่วมงานแต่ละบุคคลทำให้ผู้ร่วมงานรู้สึกมีคุณค่าและมีความสำคัญเอาใจใส่ดูแลผู้ร่วมงานแต่ละคนอย่างทั่วถึงรับฟังความคิดเห็นของผู้ร่วมงานปฏิบัติต่อผู้ร่วมงานโดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลพัฒนาศักยภาพของผู้ร่วมงานให้มีมาตรฐานสูงขึ้นเปิดโอกาสให้ผู้ร่วมงานเรียนรู้สิ่งใหม่ท้าทายความสามารถให้ผู้ร่วมงานใช้ความสามารถพิเศษอย่างเต็มที่ สอดคล้องกับงานวิจัยของธนวัฒน์ กองแก้ว [17] ได้ทำการวิจัยเรื่องภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาพิษณุโลกอุดรดิตถ์ พบว่า ด้านการคำนึงถึงปัจเจกบุคคลภาพรวมอยู่ในระดับมาก และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของวสิน แสงหัวช้าง [18] ได้ทำการวิจัยเรื่องภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษาในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครราชสีมา เขต 1 พบว่า ด้านการคำนึงถึงปัจเจกบุคคลภาพรวมอยู่ในระดับมาก

4. สรุปผล

ภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรีโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณารายด้านพบว่าด้านการมีอิทธิพลอย่างมีอุดมการณ์มีค่าเฉลี่ยสูงสุดรองลงมาเป็นด้านการสร้างแรงบันดาลใจ และด้านการคำนึงถึงความเป็นปัจเจกบุคคล มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด

ด้านการมีอิทธิพลอย่างมีอุดมการณ์ ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่าผู้บริหารสถานศึกษามีเป้าหมายในการทำงานอย่างชัดเจนมีค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมา คือผู้บริหารสถานศึกษาสามารถควบคุมอารมณ์ของตนเองได้อย่างเหมาะสม ใช้เหตุผล มีคุณธรรม จริยธรรม ซื่อสัตย์สุจริตเห็นแก่ประโยชน์ส่วนรวมมากกว่าประโยชน์ส่วนตน และผู้บริหารสถานศึกษาจูงใจผู้ร่วมงานเชื่อฟังและปฏิบัติตามคำแนะนำ มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด

ด้านการสร้างแรงบันดาลใจ ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่าผู้บริหารสถานศึกษาส่งเสริมผู้ร่วมงานปฏิบัติงานให้บรรลุเป้าหมายกระตุ้นให้ผู้ร่วมงานปฏิบัติงานด้วยความกระตือรือร้น มีค่าเฉลี่ยสูงสุดรองลงมา คือ ผู้บริหารสถานศึกษาส่งเสริมผู้ร่วมงานให้ตั้งใจต่อเป้าหมายและวิสัยทัศน์ร่วมกันทำให้ผู้ร่วมงานมุ่งความสนใจต่อวิธีการที่จะทำงานประสบความสำเร็จตามเป้าหมายและผู้บริหารสถานศึกษาจูงใจผู้ร่วมงานให้ปฏิบัติงานบรรลุเกินเป้าหมายที่กำหนดไว้ มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด

ด้านการสร้างวิสัยทัศน์ ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่าผู้บริหารสถานศึกษามีความเป็นผู้นำมีการกำหนดวิสัยทัศน์ของโรงเรียนจากการมีส่วนร่วมของทุกฝ่าย มีค่าเฉลี่ยสูงสุดรองลงมา คือ จัดทำปฏิทินการปฏิบัติงาน จัดเตรียมข้อมูลสร้างความเข้าใจในบทบาทหน้าที่ของผู้มีส่วนร่วมระดมความคิดของทุกฝ่าย และทุกฝ่ายปฏิบัติตามกลยุทธ์ของสถานศึกษาที่วางไว้ด้านการสร้างแรงบันดาลใจ และผู้บริหารสถานศึกษามีการนำวิสัยทัศน์ไปปฏิบัติมีการกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบ มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด

ด้านการกระตุ้นทางปัญญา ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่าผู้บริหารสถานศึกษาเปิดโอกาสให้ผู้ร่วมงานแสดงความสามารถโดยใช้ความรู้ ความสามารถของตนเองได้อย่างเต็มที่ มีค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมา คือ ผู้บริหารสถานศึกษากระตุ้นให้ผู้ร่วมงานตระหนักถึงปัญหาและส่งเสริมความสามารถในการแก้ไขปัญหาของผู้ร่วมงาน และผู้บริหารสถานศึกษาส่งเสริมให้ผู้ร่วมงานหาทางออกของปัญหาที่เกิดขึ้นและบอกถึงปัญหาที่ทางสถานศึกษากำลังเผชิญอยู่เกิดความคิดสร้างสรรค์และวิธีการใหม่ ๆ ในการแก้ปัญหา มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด

ด้านการคำนึงถึงปัจเจกบุคคล ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ผู้บริหารสถานศึกษามีปฏิสัมพันธ์ที่ดีกับผู้ร่วมงานอย่างเสมอภาคสร้างบรรยากาศในการทำงานที่ดีและให้การสนับสนุนความต้องการของผู้ร่วมงาน มีค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมา คือ ผู้บริหารสถานศึกษาเข้าใจและยอมรับความแตกต่างของแต่ละบุคคล และผู้บริหารสถานศึกษายอมรับฟังความคิดเห็นและสามารถให้คำปรึกษาในแนวทางที่สร้างสรรค์แก่ผู้ร่วมงานได้อย่างเท่าเทียมกัน มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด

4.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

ด้านการมีอิทธิพลอย่างมีอุดมการณ์ ผู้บริหารสถานศึกษาควรเน้นการกำหนดเป้าหมายการทำงานที่ชัดเจนและถ่ายทอดให้ผู้ใต้บังคับบัญชาเข้าใจเพื่อสร้างทิศทางการทำงานร่วมกันอย่างเป็นระบบและควรส่งเสริมการควบคุมอารมณ์การใช้เหตุผลและยึดมั่นในคุณธรรม จริยธรรม โดยเฉพาะความซื่อสัตย์และการเห็นแก่ประโยชน์ส่วนรวมเสริมทักษะด้านการจูงใจ เช่น การสื่อสารสร้างแรงศรัทธาและการเป็นแบบอย่างที่ดีเพื่อให้ผู้ร่วมงานคล้อยตามคำแนะนำและนโยบายอย่างมีพลัง

ด้านการสร้างแรงบันดาลใจ ผู้บริหารสถานศึกษาควรสนับสนุนให้ผู้ร่วมงานมีความกระตือรือร้นในการทำงานและสร้างระบบจูงใจให้เกิดการทำงานที่มุ่งเป้าหมายร่วมกัน ส่งเสริมให้ทีมงานมองเห็นความสำคัญของเป้าหมายและวิสัยทัศน์ขององค์กรร่วมกันอย่างต่อเนื่อง พัฒนาทักษะการเป็นผู้นำที่สามารถสร้างแรงบันดาลใจให้บุคลากรทำผลงานได้เกินกว่าเป้าหมายที่กำหนดไว้

ด้านการสร้างวิสัยทัศน์ ผู้บริหารสถานศึกษาควรเน้นการเปิดโอกาสให้ทุกฝ่ายมีส่วนร่วมในการกำหนดวิสัยทัศน์ เพื่อสร้างความเป็นเจ้าของร่วมกันในองค์กรและจัดทำปฏิทินการปฏิบัติงานที่ชัดเจนรวมถึงการวางระบบติดตามเพื่อให้การขับเคลื่อนวิสัยทัศน์เกิดขึ้นอย่างเป็นรูปธรรมควรเน้นการกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบให้ชัดเจน และมีการนำวิสัยทัศน์ไปปฏิบัติอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้แผนยุทธศาสตร์หยุดอยู่แค่บนเอกสาร

ด้านการกระตุ้นทางปัญญา ผู้บริหารสถานศึกษาควรเปิดพื้นที่ให้ผู้ร่วมงานได้แสดงศักยภาพ และใช้ความสามารถในการดำเนินงานอย่างเต็มที่สนับสนุนกิจกรรมหรือการอบรมที่ช่วยให้ผู้ร่วมงานสามารถตระหนักและพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาส่งเสริมให้เกิดวัฒนธรรมการคิดเชิงสร้างสรรค์ โดยนำเสนอปัญหาที่แท้จริงของสถานศึกษา พร้อมส่งเสริมการคิดค้นวิธีแก้ปัญหาใหม่ ๆ ที่เหมาะสมกับบริบทของโรงเรียน

ด้านการคำนึงถึงปัจเจกบุคคล ผู้บริหารสถานศึกษาควรเสริมสร้างปฏิสัมพันธ์ที่ดีในทีมงาน และสร้างบรรยากาศในการทำงานที่เอื้อต่อความเท่าเทียมและความร่วมมือพัฒนาแนวทางการบริหารที่ยอมรับความหลากหลายของบุคลากร และให้การสนับสนุนที่ตรงตามความต้องการของแต่ละบุคคลเสริมสร้างทักษะในการรับฟังอย่างลึกซึ้ง และให้คำปรึกษาที่สร้างสรรค์แก่ผู้ร่วมงานอย่างเป็นธรรม

5. กิตติกรรมประกาศ

บทความฉบับนี้สำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์ได้ด้วยความเมตตากรุณาเป็นอย่างสูงจากรองศาสตราจารย์ดร.สุทธิพร บุญส่ง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักและ รองศาสตราจารย์ ดร.พิมลพรรณ เพชรสมบัติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษาคำแนะนำและข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560–2579. โรงพิมพ์พรทิพย์กราฟฟิค, กรุงเทพฯ. 2560.
- [2] ไชยา ภาวะบุตร. ภาวะผู้นำทางวิชาการ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560). มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร. 2560.
- [3] รัตติกรณ์ จงวิศาล. ภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารโรงเรียนกับแรงจูงใจในการทำงานของครู. วิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 2544.
- [4] สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรี. (17 กุมภาพันธ์ 2566). ข้อมูลพื้นฐาน. สืบค้นจาก <https://sssb.go.th/>.
- [5] สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรี. (10 พฤศจิกายน 2567). ข้อมูลสารสนเทศข้าราชการครูและบุคลากรทางการศึกษา. สืบค้นจาก <https://shorturl.asia/N19pr>
- [6] พิมลพรรณ เพชรสมบัติ. การวิจัยทางการบริหารการศึกษา. กรุงเทพฯ. ทริปปี้ด เอ็ดดูเคชั่น. 2561.
- [7] รัตตินันท์ บุญกล้า. การศึกษาภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 18. งานนิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิตชลบุรี มหาวิทยาลัยบูรพา. 2561.
- [8] ณัฐสิทธิ์ วราวิกลิต. แนวทางการพัฒนาภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาบุรีรัมย์ เขต 2. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา. 2567.
- [9] เกศสุดา วรรณสินธ์. ภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 27. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. 2562.

- [10] ฉัตรปรียา แจ่มนาค. แนวทางการพัฒนาภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาปราชญ์บุรี นครนายก. วิทยานิพนธ์วิทยาลัครูสุริยเทพ มหาวิทยาลัยรังสิต. 2567.
- [11] ชุตติกาญจน์ ทักโลวา. แนวทางการพัฒนาภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 21.วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี. 2563.
- [12] จันทรมณ์ ภูติอริยวัฒน์. ภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษากับแรงจูงใจในการทำงานของครูที่ส่งผลต่อจิตวิญญาณความเป็นครูโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษากรุงเทพมหานคร เขต 2. วิทยานิพนธ์. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 2560.
- [13] อภิสร มุ่งมาตร. ปัจจัยที่ส่งผลต่อภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 21. วิทยานิพนธ์มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร. 2564.
- [14] อัจฉรา แจ่มใส. แนวทางการพัฒนาภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงในยุคดิจิทัลของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาบุรีรัมย์ เขต 2. วิทยานิพนธ์ ครุศาสตรมหาบัณฑิตสุรินทร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์. 2567.
- [15] สุวัฒน์ จุลสุวรรณ. การศึกษาภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษาตามความคิดเห็นของครู สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. วิทยานิพนธ์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม 2563.
- [16] วิกานดา พิณแพทย์. ภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษาในโรงเรียนสหวิทยาเขตศรีบูรพาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 7. วิทยานิพนธ์มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช. 2565.
- [17] ธนวัฒน์ กองแก้ว. ภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา พิษณุโลกอุดรดิตถ์. 2565.
- [18] วสิน แสงหัวช้าง. ภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษาในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา นครราชสีมา เขต 1. วิทยานิพนธ์วิทยาลัยนครราชสีมา. 2566.

**ภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารสถานศึกษา
สังกัดสำนักงานส่งเสริมการเรียนรู้ประจำจังหวัดสระแก้ว**
**ACADEMIC LEADERSHIPS OF SCHOOL ADMINISTRATORS UNDER THE SAKAEO
PROVINCIAL OFFICE OF LEARNING ENCOURAGEMENT**

อัครเดช เจริญสุข¹ สุทธิพร บุญส่ง¹ และ พิมลพรรณ เพชรสมบัติ^{1*}

¹ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

*E-mail: Pimolpun_p@rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานส่งเสริมการเรียนรู้ประจำจังหวัดสระแก้ว ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ผู้บริหารสถานศึกษา และบุคลากรในสถานศึกษาสังกัดสำนักงานส่งเสริมการเรียนรู้จังหวัดสระแก้ว จำนวน 124 คน การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ โดยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบสอบถามแบบมาตราวัดประมาณค่า 5 ระดับ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ได้ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์ (IOC) อยู่ระหว่าง 0.80 – 1.00 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า ภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานส่งเสริมการเรียนรู้ประจำจังหวัดสระแก้ว โดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ด้านการนิเทศการสอน มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าผู้บริหารมีบทบาทสำคัญในการกำกับ ติดตาม และส่งเสริมการจัดการเรียนรู้อย่างมีระบบและต่อเนื่อง รวมทั้งส่งเสริมการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ระหว่างครูภายในสถานศึกษา รองลงมาคือ ด้านการกำหนดวิสัยทัศน์ทางการศึกษา ผู้บริหารร่วมกับผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการกำหนดเป้าหมาย พันธกิจ และทิศทางการพัฒนาสถานศึกษาอย่างชัดเจน เพื่อนำไปสู่การวางแผนเชิงยุทธศาสตร์อย่างเป็นรูปธรรม อันดับที่ 3 คือ ด้านการบริหารจัดการหลักสูตร อยู่ในระดับมาก ผู้บริหารมีแนวทางชัดเจนในการส่งเสริมคุณภาพหลักสูตร สนับสนุนการพัฒนาครู และเน้นผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาเป็นสำคัญ และด้านการส่งเสริมบรรยากาศทางวิชาการ มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับด้านอื่น แต่ยังคงอยู่ในระดับมากเมื่อพิจารณาตามเกณฑ์การประเมินที่กำหนด ผู้บริหารมีบทบาทในการจัดสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนรู้ ส่งเสริมการมีส่วนร่วมของครูและนักศึกษา และสนับสนุนการแสดงศักยภาพทางวิชาการในรูปแบบที่หลากหลาย

คำสำคัญ: ผู้นำทางวิชาการ ผู้บริหารสถานศึกษา สำนักงานส่งเสริมการเรียนรู้

Abstract

This research aimed to investigate the academic leadership of school administrators under the Sakaao Provincial Office of Learning Encouragement. The population used in this research comprised 124 school administrators and educational personnel affiliated with the Sakaao Provincial Office of Learning

Encouragement. This study employed a quantitative research approach utilizing a survey research methodology. The research instrument consisted of a five-point rating scale questionnaire. The research instrument underwent content validity verification, yielding an Index of Item-Objective Congruence (IOC) ranging from 0.80 to 1.00. Data analysis employed descriptive statistics including means and standard deviations. The research findings revealed that the academic leadership of school administrators under the Sakaeo Provincial Office of Learning Encouragement demonstrated an overall high level of performance. Upon examining individual dimensions, instructional supervision obtained the highest mean score, reflecting that administrators play a crucial role in systematically and continuously monitoring, tracking, and promoting learning management, as well as facilitating knowledge exchange among teachers within educational institutions. The second highest dimension was establishing educational vision, where administrators collaborate with stakeholders to clearly define goals, missions, and institutional development directions, leading to concrete strategic planning. The third dimension was curriculum management, which remained at a high level, with administrators demonstrating clear approaches to enhancing curriculum quality, supporting teacher development, and emphasizing student academic achievement as a priority. The dimension of promoting academic atmosphere scored the lowest mean compared to other dimensions, yet still maintained a high level according to the established assessment criteria. Administrators play a role in creating learning-conducive environments, promoting teacher and student participation, and supporting diverse forms of academic potential demonstration..

Keywords: Academic Leadership, School Administrator, Office of Learning Encouragement

1. บทนำ

ภาวะผู้นำทางวิชาการ (Academic Leadership) ถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพการศึกษาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา ผู้บริหารสถานศึกษาที่มีภาวะผู้นำทางวิชาการสูงจะส่งผลให้สถานศึกษามีประสิทธิผลและนักศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น [1] และภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารสถานศึกษาเป็นคุณลักษณะที่แสดงถึงความสามารถในการนำและการบริหารจัดการงานวิชาการ ซึ่งเป็นงานหลักของสถานศึกษาที่มุ่งเน้นพัฒนานักศึกษาให้มีคุณภาพตามมาตรฐานการศึกษา โดยผู้บริหารที่มีภาวะผู้นำทางวิชาการสามารถกำหนดวิสัยทัศน์ พันธกิจ และเป้าหมายของสถานศึกษาที่เน้นด้านวิชาการ พัฒนาหลักสูตรและการเรียนการสอน สร้างบรรยากาศทางวิชาการที่เอื้อต่อการเรียนรู้ และนิเทศ ติดตาม ประเมินผลการจัดการเรียนการสอนของครูอย่างเป็นระบบ [2] ในยุคการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในศตวรรษ ที่ 21 บทบาทของผู้บริหารสถานศึกษาในฐานะผู้นำทางวิชาการยิ่งทวีความสำคัญมากขึ้น ดังที่สถานศึกษาในสังกัดสำนักงานส่งเสริมการเรียนรู้ประจำจังหวัดสระแก้ว กำลังเผชิญกับความท้าทายหลายประการภายหลังการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจากสำนักงานส่งเสริมการศึกษานอกระบบและการศึกษาตามอัธยาศัย (กศน.) เป็นสำนักงานส่งเสริมการเรียนรู้ (สกร.) [3] ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุรเดช อุ่นเรือน และ นวรัตน์ ไชยมณี [4] ได้ศึกษาภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารสถานศึกษา สังกัดสำนักงานส่งเสริมการเรียนรู้ จังหวัดยะลา พบว่า ภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารสถานศึกษา สังกัดสำนักงานส่งเสริมการเรียนรู้จังหวัดยะลา ภาพรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสามารถและการมีส่วนร่วมในการบริหารการศึกษาเป็นอย่างดี และยังพบว่าแนวทางการพัฒนาภาวะผู้นำทางวิชาการที่เสนอแนะ ได้แก่ การร่วมมือระหว่างผู้บริหารและครูในการกำหนดวิสัยทัศน์และเป้าหมายของสถานศึกษา การใช้ข้อมูล

จากผลการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในการพัฒนาหลักสูตร การออกแบบเครื่องมือการนิเทศที่เหมาะสมการสร้าง
ช่องทางการสื่อสารที่ระหว่างผู้ปกครองและสถานศึกษา การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่หลากหลายและทันสมัยตามแนว
Active Learning

สำนักงานส่งเสริมการเรียนรู้ประจำจังหวัดสระแก้วได้สำรวจสถานศึกษาภายในสังกัดพบว่าปัญหาสำคัญที่ส่งผล
กระทบต่อคุณภาพการจัดการศึกษามีหลายประการ โดยเฉพาะผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาจากการทดสอบ
ทางการศึกษาระดับชาติ ด้านการศึกษานอกระบบโรงเรียน (N-NET) ในปีการศึกษา 2566 ยังคงต่ำกว่าค่าเฉลี่ยระดับประเทศ
ในหลายสาระความรู้ [5] นอกจากนี้ ปัญหาการขาดแคลนครูที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านยังเป็นอุปสรรคสำคัญ โดยเฉพาะ
ในศูนย์การเรียนรู้ขนาดเล็กและศูนย์การเรียนรู้ที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ห่างไกล ส่งผลให้ครูต้องรับผิดชอบการสอนหลายสาระความรู้
ซึ่งกระทบต่อคุณภาพการจัดการเรียน การสอนโดยตรง ความเหลื่อมล้ำทางการศึกษาระหว่างศูนย์การเรียนรู้ในเขตเมือง
และศูนย์การเรียนรู้ในชนบท ยังคงเป็นปัญหาที่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน ทั้งในด้านทรัพยากร สื่อ อุปกรณ์การเรียนการสอน
และการเข้าถึงเทคโนโลยี จังหวัดสระแก้วในฐานะจังหวัดชายแดนยังมีปัญหาเฉพาะที่ท้าทายการจัดการศึกษา เช่น นักศึกษา
ไม่มีสัญชาติไทย การย้ายถิ่นของผู้ปกครองตามฤดูกาล ปัญหาความยากจน และความแตกต่างทางภาษาและวัฒนธรรม
ซึ่งสถานศึกษาต้องปรับตัวเพื่อรองรับความหลากหลายดังกล่าว ในขณะที่เดียวกันการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงจาก กศน.
เป็น สกร. [3] ยังส่งผลให้ผู้บริหารสถานศึกษาและครูต้องปรับเปลี่ยนวิธีการทำงานและวัฒนธรรมองค์กรอย่างรวดเร็ว เพื่อให้
สอดคล้องกับโครงสร้าง บทบาท และภารกิจใหม่ที่เน้นการส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิต จากการศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับการ
การบริหารงานวิชาการของผู้บริหารสถานศึกษาในสังกัดสำนักงานส่งเสริมการเรียนรู้จังหวัดสระแก้ว พบประเด็นที่น่าสนใจว่า
ผู้บริหารสถานศึกษาส่วนใหญ่ยังให้ความสำคัญกับงานบริหารทั่วไปมากกว่างานวิชาการ ขาดการนิเทศ ติดตาม
และประเมินผลการจัดการเรียนการสอนอย่างเป็นระบบ อีกทั้งยังขาดทักษะในการบริหารจัดการหลักสูตรและการพัฒนา
การเรียนการสอนที่สอดคล้องกับความต้องการในศตวรรษที่ 21 สอดคล้องกับผลการสำรวจความต้องการพัฒนาของผู้บริหาร
สถานศึกษาในสังกัดสำนักงานส่งเสริมการเรียนรู้ประจำจังหวัดสระแก้ว พบว่าผู้บริหารส่วนใหญ่มีความต้องการพัฒนาตนเอง
ด้านภาวะผู้นำทางวิชาการ โดยเฉพาะในประเด็นการบริหารจัดการหลักสูตรและการจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักศึกษาเป็นสำคัญ
การบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอน และการสร้างชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ [5]

จากปัญหาของสถานศึกษาในสังกัดสำนักงานส่งเสริมการเรียนรู้ประจำจังหวัดสระแก้วดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจ
ที่จะศึกษาภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร สังกัดสำนักงานส่งเสริมการเรียนรู้ประจำจังหวัดสระแก้ว ครั้งนี้จะเป็นประโยชน์
อย่างยิ่งต่อการกำหนดนโยบายและแนวทางการพัฒนาผู้บริหารสถานศึกษาให้มีภาวะผู้นำทางวิชาการที่เข้มแข็ง สามารถ
ขับเคลื่อนการจัดการศึกษาที่มีคุณภาพ เท่าเทียม และตอบสนองต่อความต้องการที่หลากหลายของนักศึกษาและชุมชน
ในจังหวัดสระแก้ว อันจะนำไปสู่การยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาและประสิทธิผลของสถานศึกษาในภาพรวม
นอกจากนี้ ยังสามารถใช้เป็นกรณีศึกษาสำหรับการขับเคลื่อนนโยบาย ซึ่งอาจนำไปประยุกต์ใช้ในบริบทอื่นที่มีลักษณะ
ใกล้เคียงกันได้ต่อไป

2. วิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ผู้บริหารสถานศึกษา และครูใน
สถานศึกษาสังกัดสำนักงานส่งเสริมการเรียนรู้ประจำจังหวัดสระแก้ว ทั้งหมด 124 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้
เป็นแบบสอบถามแบบวัดค่า 5 ระดับ ตรวจสอบพิจารณาความเหมาะสมในประเด็นของความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา
(content validity) โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์ (IOC)
อยู่ระหว่าง 0.80 – 1.00 ข้อมูลและสถิติที่ใช้ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค (index of item objective congruence: IOC) โดยเสนอแบบสอบถาม ฉบับร่าง ต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความครอบคลุม ด้านเนื้อหาที่ต้องการวัด ปรับปรุงแก้ไขแบบสอบถาม ตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ แล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบประเมินพิจารณาความเหมาะสมในประเด็นของความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (content validity) ซึ่งผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ได้ตรวจสอบประเมินคุณภาพในด้านความเที่ยงตรงของเนื้อหา ด้วยวิธีการหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค (index of item objective congruence: IOC) โดยกำหนดเกณฑ์ ในการตรวจพิจารณาข้อคำถาม ดังนี้

- ให้คะแนน +1 ผู้เชี่ยวชาญแน่ใจว่าคำถามนั้นสอดคล้องกับวัตถุประสงค
 - ให้คะแนน 0 ผู้เชี่ยวชาญไม่แน่ใจว่าคำถามนั้นสอดคล้องกับวัตถุประสงค
 - ให้คะแนน - 1 ผู้เชี่ยวชาญแน่ใจว่าคำถามนั้นไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค
- โดยใช้สูตรค่า IOC ดังนี้

$$IOC = \sum R/n$$

เมื่อ IOC แทน ความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงคกับแบบทดสอบ
 $\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนจากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด
 n แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

เกณฑ์การพิจารณาเลือกข้อคำถาม โดยพิจารณาจากข้อคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป ถ้าข้อคำถามใดมีค่าดัชนีความสอดคล้องต่ำกว่า 0.50 ต้องนำไปปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ ผลปรากฏว่า แบบสอบถามมีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง (IOC) 0.80 - 1.00 หมายความว่าแบบสอบถามมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ที่ใช้ได้ทุกข้อ

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารสถานศึกษา สังกัดสำนักงานส่งเสริมการเรียนรู้ ประจำจังหวัดสระแก้ว สามารถสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารสถานศึกษา สังกัดสำนักงานส่งเสริมการเรียนรู้ ประจำจังหวัดสระแก้ว โดยภาพรวม

ภาวะผู้นำทางวิชาการ	ภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารสถานศึกษา			
	μ	σ	แปลผล	อันดับที่
ด้านการนิเทศการสอน	4.00	0.80	มาก	1
ด้านการส่งเสริมบรรยากาศทางวิชาการ	3.91	0.88	มาก	4
ด้านการกำหนดวิสัยทัศน์ทางการศึกษา	3.95	0.88	มาก	2
ด้านการบริหารจัดการหลักสูตร	3.94	0.89	มาก	3
รวม	3.95	0.83	มาก	

จากตารางที่ 1 พบว่า ภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานส่งเสริมการเรียนรู้ประจำจังหวัดสระแก้ว ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\mu = 3.95$, $\sigma = 0.83$) และเมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ด้านการนิเทศการสอน มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\mu = 4.00$, $\sigma = 0.80$) รองลงมาคือ ด้านการกำหนดวิสัยทัศน์ทางการศึกษา ($\mu = 3.95$, $\sigma = 0.88$) อันดับที่ 3 คือด้านการบริหารจัดการหลักสูตร ($\mu = 3.94$, $\sigma = 0.89$) และด้านการส่งเสริมบรรยากาศทางวิชาการ มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด ($\mu = 3.91$, $\sigma = 0.88$)

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานส่งเสริมการเรียนรู้ประจำจังหวัดสระแก้ว รายด้าน ด้านการนิเทศการสอน

ด้านการนิเทศการสอน	ภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารสถานศึกษา			
	μ	σ	แปลผล	อันดับที่
1.ผู้บริหารสถานศึกษาจัดให้มีระบบนิเทศงานวิชาการและการจัดการเรียนรู้	4.12	0.62	มาก	1
2.ผู้บริหารสถานศึกษา ให้ความรู้ คำแนะนำแก่บุคลากรด้านวิชาการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพ	4.01	0.83	มาก	2
3.ผู้บริหารสถานศึกษา กำกับส่งเสริม นิเทศติดตามการจัดการเรียนการสอนอย่างใกล้ชิด	3.97	0.81	มาก	4
4.ผู้บริหารสถานศึกษา มีการกำหนดแผน ติดตาม ประเมินผลการจัดการเรียนการสอนของครูด้วยวิธีการที่หลากหลาย	3.98	0.81	มาก	3
5.ผู้บริหารสถานศึกษา ส่งเสริมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ประสบการณ์การสอนระหว่างครูภายในสถานศึกษาเพื่อพัฒนางานวิชาการ	3.91	0.95	มาก	5
รวม	4.00	0.80	มาก	

จากตารางที่ 2 พบว่า ภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานส่งเสริมการเรียนรู้ประจำจังหวัดสระแก้ว ด้านการนิเทศการสอน อยู่ในระดับมาก ($\mu = 4.00$, $\sigma = 0.80$) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือผู้บริหารสถานศึกษาจัดให้มีระบบนิเทศงานวิชาการและการจัดการเรียนรู้ ($\mu = 4.12$, $\sigma = 0.62$) รองลงมาคือผู้บริหารสถานศึกษา ให้ความรู้ คำแนะนำแก่บุคลากรด้านวิชาการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพ ($\mu = 4.01$, $\sigma = 0.83$) และข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ ผู้บริหารสถานศึกษาส่งเสริมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ประสบการณ์การสอนระหว่างครูภายในสถานศึกษาเพื่อพัฒนางานวิชาการ ($\mu = 3.91$, $\sigma = 0.95$)

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานส่งเสริมการเรียนรู้ประจำจังหวัดสระแก้ว รายด้าน ด้านการส่งเสริมบรรยากาศทางวิชาการ

ด้านการส่งเสริมบรรยากาศทางวิชาการ	ภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารสถานศึกษา			
	μ	σ	แปลผล	อันดับที่
1. ผู้บริหารสถานศึกษา ส่งเสริมการจัดการสถานศึกษาให้เอื้อต่อการจัดการเรียนการสอนทั้งภายในและภายนอกสถานศึกษา	3.93	0.86	มาก	2
2. ผู้บริหารสถานศึกษา กำหนดการประชุม และประชาสัมพันธ์ผลงานทางวิชาการเพื่อเป็นการส่งเสริมบรรยากาศทางวิชาการในสถานศึกษา	3.94	0.88	มาก	1
3. ผู้บริหารสถานศึกษา รับฟังความคิดเห็นของนักศึกษาและครู พร้อมทั้งร่วมมือกับครูผู้สอนเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษา	3.90	0.87	มาก	4
4. ผู้บริหารสถานศึกษา ส่งเสริมการสร้างสิ่งแวดล้อมทางวิชาการโดยการส่งเสริมการแข่งขันทักษะทางวิชาการ	3.92	0.90	มาก	3
5. ผู้บริหารสถานศึกษา ได้มีการจัดเตรียมข้อมูลและอุปกรณ์ในการพัฒนางานวิชาการ	3.87	0.91	มาก	5
รวม	3.91	0.88	มาก	

จากตารางที่ 3 พบว่า ภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานส่งเสริมการเรียนรู้ประจำจังหวัดสระแก้ว ด้านการส่งเสริมบรรยากาศทางวิชาการ โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\mu = 3.91$, $\sigma = 0.88$) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ผู้บริหารสถานศึกษากำหนดการประชุม และประชาสัมพันธ์ผลงานทางวิชาการเพื่อเป็นการส่งเสริมบรรยากาศทางวิชาการในสถานศึกษา ($\mu = 3.94$, $\sigma = 0.88$) รองลงมาคือ ผู้บริหารสถานศึกษาส่งเสริมการจัดการสถานศึกษาให้เอื้อต่อการจัดการเรียนการสอนทั้งภายในและภายนอกสถานศึกษา ($\mu = 3.93$, $\sigma = 0.86$) และข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ ผู้บริหารสถานศึกษาได้มีการจัดเตรียมข้อมูลและอุปกรณ์ในการพัฒนางานวิชาการ ($\mu = 3.87$, $\sigma = 0.91$)

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานส่งเสริมการเรียนรู้ประจำจังหวัดสระแก้ว รายด้าน ด้านการกำหนดวิสัยทัศน์ทางการศึกษา

ด้านการกำหนดวิสัยทัศน์ทางการศึกษา	ภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารสถานศึกษา			
	μ	σ	แปลผล	อันดับที่
1. ผู้บริหารสถานศึกษา ประชุมร่วมกันกับผู้มีส่วนเกี่ยวข้องเพื่อกำหนดวิสัยทัศน์ เป้าหมาย และพันธกิจของสถานศึกษาที่ชัดเจน	4.00	0.86	มาก	2
2. ผู้บริหารสถานศึกษา นำวิสัยทัศน์ เป้าหมาย และพันธกิจ ไปใช้วางแผนยุทธศาสตร์เพื่อพัฒนางานวิชาการของสถานศึกษา	3.90	0.90	มาก	5
3. ผู้บริหารสถานศึกษา สื่อสารทำความเข้าใจกับคณะครู เกี่ยวกับวิสัยทัศน์ เป้าหมาย และพันธกิจ ของโรงเรียน	3.96	0.86	มาก	3
4. ผู้บริหารสถานศึกษา จัดให้มีการวัดและประเมินผลความก้าวหน้าในการนำวิสัยทัศน์ เป้าหมาย และพันธกิจสู่การปฏิบัติอย่างชัดเจน	3.90	0.87	มาก	4
5. ผู้บริหารสถานศึกษา เน้นความเป็นเลิศทางวิชาการของโรงเรียน เพื่อส่งผลต่อผลสำเร็จของนักศึกษา	4.02	0.89	มาก	1
รวม	3.95	0.88	มาก	

จากตารางที่ 4 พบว่า ภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานส่งเสริมการเรียนรู้ประจำจังหวัดสระแก้ว ด้านการกำหนดวิสัยทัศน์ทางการศึกษา โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\mu = 3.95$, $\sigma = 0.88$) เมื่อพิจารณารายข้อพบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่สุด คือ ผู้บริหารสถานศึกษา เน้นความเป็นเลิศทางวิชาการของโรงเรียน เพื่อส่งผลต่อผลสำเร็จของนักศึกษา ($\mu = 4.02$, $\sigma = 0.89$) รองลงมาคือ ผู้บริหารสถานศึกษาประชุมร่วมกันกับผู้มีส่วนเกี่ยวข้องเพื่อกำหนดวิสัยทัศน์ เป้าหมาย และพันธกิจของสถานศึกษาที่ชัดเจน ($\mu = 4.00$, $\sigma = 0.86$) และข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ ผู้บริหารสถานศึกษา นำวิสัยทัศน์ เป้าหมาย และพันธกิจ ไปใช้วางแผนยุทธศาสตร์เพื่อพัฒนางานวิชาการของสถานศึกษา ($\mu = 3.90$, $\sigma = 0.90$)

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานส่งเสริมการเรียนรู้ประจำจังหวัดสระแก้ว รายด้าน ด้านการบริหารจัดการหลักสูตร

ด้านการบริหารจัดการหลักสูตร	ภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารสถานศึกษา			
	μ	σ	แปลผล	อันดับที่
1. ผู้บริหารสถานศึกษา ผู้บริหารสถานศึกษาส่งเสริมและสนับสนุนการพัฒนาหลักสูตรอย่างจริงจัง	3.95	0.88	มาก	3
2. ผู้บริหารสถานศึกษา ส่งเสริมให้ครูได้รับการพัฒนาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักศึกษาเป็นสำคัญเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	3.96	0.93	มาก	2

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานส่งเสริมการเรียนรู้ประจำจังหวัดสระแก้ว รายด้าน ด้านการบริหารจัดการหลักสูตร (ต่อ)

ด้านการบริหารจัดการหลักสูตร	ภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารสถานศึกษา			
	μ	σ	แปลผล	อันดับที่
3. ผู้บริหารสถานศึกษา เน้นหลักสูตรที่ส่งเสริมความเป็นเลิศทางด้านวิชาการเพื่อส่งผลต่อผลสำเร็จของนักศึกษา	3.90	0.90	มาก	4
4. ผู้บริหารสถานศึกษา มีการสอบถามและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นของครูผู้สอนเกี่ยวกับการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานทางวิชาการและการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อปรับปรุงคุณภาพอย่างต่อเนื่อง	3.88	0.89	มาก	5
5. ผู้บริหารสถานศึกษา กำหนดมาตรฐานการปฏิบัติงานของครู และมุ่งเน้นให้จัดกิจกรรมเพื่อส่งเสริมให้นักศึกษابรรลุผลตามมาตรฐานการศึกษา	4.02	0.86	มาก	1
รวม	3.94	0.89	มาก	

จากตารางที่ 5 พบว่า ภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานส่งเสริมการเรียนรู้ประจำจังหวัดสระแก้ว ด้านการบริหารจัดการหลักสูตร โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\mu = 3.94$, $\sigma = 0.89$) เมื่อพิจารณารายข้อพบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ผู้บริหารสถานศึกษากำหนดมาตรฐานการปฏิบัติงานของครู และมุ่งเน้นให้จัดกิจกรรมเพื่อส่งเสริมให้นักศึกษابรรลุผลตามมาตรฐานการศึกษา ($\mu = 4.02$, $\sigma = 0.86$) รองลงมาคือ ผู้บริหารสถานศึกษาส่งเสริมให้ครูได้รับการพัฒนาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักศึกษาเป็นสำคัญเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ($\mu = 3.96$, $\sigma = 0.93$) ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ ผู้บริหารสถานศึกษามีการสอบถามและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นของครูผู้สอนเกี่ยวกับการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานทางวิชาการและการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อปรับปรุงคุณภาพอย่างต่อเนื่อง ($\mu = 3.88$, $\sigma = 0.89$)

อภิปรายผล

ผลการวิเคราะห์ภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานส่งเสริมการเรียนรู้ประจำจังหวัดสระแก้ว สามารถนำมาอภิปรายผลตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยได้ดังนี้

จากผลการวิจัยพบว่าภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารสถานศึกษา สังกัดสำนักงานส่งเสริมการเรียนรู้ประจำจังหวัดสระแก้วในภาพรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก และพบว่าด้านกาหนดทิศทางการศึกษา และด้านการส่งเสริมบรรยากาศทางวิชาการ มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด รองลงมาคือ ด้านการกำหนดวิสัยทัศน์ทางการศึกษา และด้านการส่งเสริมบรรยากาศทางวิชาการ มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด จากผลการวิเคราะห์พบว่าผู้บริหารสถานศึกษาจัดให้มีระบบนิเทศงานวิชาการและการจัดการเรียนรู้ เน้นความเป็นเลิศทางวิชาการของโรงเรียน เพื่อส่งผลต่อผลสำเร็จ มีการกำหนดมาตรฐานการปฏิบัติงานของครู และมุ่งเน้นให้จัดกิจกรรมเพื่อส่งเสริมให้นักศึกษابรรลุผลตามมาตรฐานการศึกษา และส่งเสริมการจัดการสถานศึกษาให้เอื้อต่อการจัดการเรียนการสอนทั้งภายในและภายนอกสถานศึกษา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุรเดช อุ่นเรือน และ นวรัตน์ ไชยมณี [4] ได้ศึกษาเรื่องภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารสถานศึกษา สังกัดสำนักงานส่งเสริมการเรียนรู้ จังหวัดยะลา พบว่า ภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารสถานศึกษา สังกัดสำนักงานส่งเสริมการเรียนรู้จังหวัดยะลา ภาพรวมอยู่ในระดับมาก และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ดาโอะ บาฮี [6] ได้ศึกษา

ภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารสถานศึกษาในศตวรรษที่ 21 สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษายะลา เขต 2 พบว่า ภาพรวมอยู่ในระดับมาก

ด้านการนิเทศการสอน ในภาพรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก จากผลการวิเคราะห์พบว่า ผู้บริหารสถานศึกษาจัดให้มีระบบนิเทศงานวิชาการและการจัดการเรียนรู้ ผู้บริหารสถานศึกษา มีการให้ความรู้ คำแนะนำแก่บุคลากรด้านวิชาการ เพื่อพัฒนาการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพ กำกับส่งเสริม นิเทศติดตามการจัดการเรียนการสอนอย่างใกล้ชิด มีการกำหนดแผน ติดตาม ประเมินผลการจัดการเรียนการสอนของครูด้วยวิธีการที่หลากหลาย และส่งเสริมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ประสิทธิภาพ การสอนระหว่างครูภายในสถานศึกษาเพื่อพัฒนางานวิชาการ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เพียงตะวัน อีระสาร และอมรทิพย์ เจริญ [7] ได้ศึกษาเรื่องผลการบริหารงานด้านวิชาการของผู้บริหารศูนย์การศึกษานอกระบบและการศึกษาตามอัธยาศัยอำเภอ ของสำนักงานส่งเสริมการศึกษานอกระบบและการศึกษาตามอัธยาศัยจังหวัดอุดรธานี พบว่า ด้านการนิเทศการสอน อยู่ในระดับมาก และสอดคล้องกับงานวิจัยของ นันทน์ภัส ประหยัด [8] ได้ศึกษาเรื่องภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร โรงเรียนเอกชนในจังหวัดขอนแก่น พบว่า ด้านการนิเทศการสอน อยู่ในระดับมาก

ด้านการกำหนดวิสัยทัศน์ทางการศึกษา โดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก จากผลการวิเคราะห์พบว่า ผู้บริหาร สถานศึกษาเน้นความเป็นเลิศทางวิชาการของโรงเรียน เพื่อส่งผลต่อผลสำเร็จของ สถานศึกษามีการประชุมร่วมกันกับผู้มีส่วน เกี่ยวข้องเพื่อกำหนดวิสัยทัศน์ เป้าหมาย และพันธกิจของสถานศึกษาที่ชัดเจน และมีการนำวิสัยทัศน์ เป้าหมาย และพันธกิจ ไปใช้วางแผนยุทธศาสตร์เพื่อพัฒนางานวิชาการของสถานศึกษา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พุฒินันท์ แสงศิริวัฒน์ และพิมลพรรณ เพชรสมบัติ [9] ได้ศึกษาเรื่องภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่ การศึกษาประถมศึกษาปทุมธานี เขต 1 พบว่า ด้านการกำหนดวิสัยทัศน์ทางการศึกษา อยู่ในระดับมาก และสอดคล้องกับ งานวิจัยของ อภิสิทธิ์ วงษ์ประดิษฐ์ [10] ได้ศึกษาเรื่องแนวทางการพัฒนาภาวะผู้นำทางวิชาการตามหลักอิทธิบาท 4 ของผู้บริหาร โรงเรียนขนาดเล็ก สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา ประถมศึกษานครสวรรค์ เขต 1 พบว่า ด้านการกำหนด วิสัยทัศน์ทางการศึกษา อยู่ในระดับมาก

ด้านการบริหารจัดการหลักสูตร โดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก จากผลการวิเคราะห์พบว่า ผู้บริหาร สถานศึกษามีการกำหนดมาตรฐานการปฏิบัติงานของครู และมุ่งเน้นให้จัดกิจกรรมเพื่อส่งเสริมให้นักศึกษาบรรลุผลตาม มาตรฐานการศึกษา มีการส่งเสริมให้ครูได้รับการพัฒนาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักศึกษาเป็นสำคัญเพื่อพัฒนา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เน้นหลักสูตรที่ส่งเสริมความเป็นเลิศทางด้านวิชาการเพื่อส่งผลต่อผลสำเร็จของนักศึกษา มีการสอบถามและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นของครูผู้สอนเกี่ยวกับการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานทางวิชาการและการจัดกิจกรรม การเรียนการสอนเพื่อปรับปรุงคุณภาพอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สรียณ์อร บุษมี, พิมพ์ประภา อมรกิจภิญญ์ และธินันท์ ณ สุนทร [11] ได้ศึกษาเรื่ององค์ประกอบและตัวบ่งชี้ภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้อำนวยการศูนย์การศึกษานอกระบบและการศึกษาตามอัธยาศัยอำเภอ สังกัดสำนักงานส่งเสริมการศึกษานอกระบบและการศึกษาตามอัธยาศัย พบว่า การบริหารจัดการหลักสูตร อยู่ในระดับมาก และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ธาราทิพย์ สอนหัด [12] ได้ศึกษาเรื่องภาวะผู้นำ ทางวิชาการของผู้บริหารสถานศึกษาที่ส่งผลต่อชุมชนการเรียนรู้ทางวิชาการในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา ประถมศึกษาปราจีนบุรี เขต 1 พบว่า การบริหารจัดการหลักสูตร อยู่ในระดับมาก

ด้านการส่งเสริมบรรยากาศทางวิชาการ ในภาพรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก จากผลการวิเคราะห์พบว่า ผู้บริหาร สถานศึกษา มีการส่งเสริมการจัดการสถานศึกษาให้เอื้อต่อการจัดการเรียนการสอนทั้งภายในและภายนอกสถานศึกษา กำหนดการประชุม และประชาสัมพันธ์ผลงานทางวิชาการเพื่อเป็นการส่งเสริมบรรยากาศทางวิชาการในสถานศึกษา รับฟัง ความคิดเห็นของนักศึกษาและครู พร้อมทั้งร่วมมือกับครูผู้สอนเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษา ส่งเสริมการสร้าง สิ่งแวดล้อมทางวิชาการโดยการส่งเสริมการแข่งขันทักษะทางวิชาการ และมีการจัดเตรียมข้อมูลและอุปกรณ์ในการพัฒนา งานวิชาการ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พุฒินันท์ แสงศิริวัฒน์ และ พิมลพรรณ เพชรสมบัติ [9] ได้ศึกษาเรื่อง ภาวะผู้นำทาง

วิชาการของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาปทุมธานี เขต 1 พบว่า ด้านการส่งเสริมบรรยากาศทางวิชาการ อยู่ในระดับมาก และสอดคล้องกับงานวิจัยของ พัชรา เพ็ชรดี [13] ได้ศึกษาเรื่องแนวทางการพัฒนาภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารสถานศึกษา สังกัดสำนักงานส่งเสริมการศึกษานอกระบบและการศึกษาตามอัธยาศัย จังหวัดศรีสะเกษ พบว่า ด้านการส่งเสริมบรรยากาศทางวิชาการ อยู่ในระดับมาก

4. บทสรุป

ภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานส่งเสริมการเรียนรู้ประจำจังหวัดสระแก้ว ผลการวิจัยในภาพรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านการนิเทศการสอน มีค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมา คือ ด้านการกำหนดวิสัยทัศน์ทางการศึกษา อันดับที่ 3 คือด้านการบริหารจัดการหลักสูตร และด้านการส่งเสริมบรรยากาศทางวิชาการ มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด

ด้านการนิเทศการสอน ในภาพรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ผู้บริหารสถานศึกษาจัดให้มีระบบนิเทศงานวิชาการและการจัดการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยสูงสุด และผู้บริหารสถานศึกษาส่งเสริมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ประสบการณ์การสอนระหว่างครูภายในสถานศึกษาเพื่อพัฒนางานวิชาการมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด

ด้านการกำหนดวิสัยทัศน์ทางการศึกษา โดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณารายเป็นข้อพบว่า ผู้บริหารสถานศึกษานำความเป็นเลิศทางวิชาการของโรงเรียน เพื่อส่งผลต่อผลสำเร็จของนักศึกษา มีค่าเฉลี่ยสูงสุด และผู้บริหารสถานศึกษา นำวิสัยทัศน์ เป้าหมาย และพันธกิจ ไปใช้วางแผนยุทธศาสตร์เพื่อพัฒนางานวิชาการของสถานศึกษา มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด

ด้านการบริหารจัดการหลักสูตร โดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณารายข้อพบว่า ผู้บริหารสถานศึกษามีการกำหนดมาตรฐานการปฏิบัติงานของครู และมุ่งเน้นให้จัดกิจกรรมเพื่อส่งเสริมให้นักศึกษابرลุผลตามมาตรฐานการศึกษามีค่าเฉลี่ยสูงสุด และผู้บริหารสถานศึกษามีการสอบถามและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นของครูผู้สอนเกี่ยวกับการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานทางวิชาการและการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อปรับปรุงคุณภาพอย่างต่อเนื่อง มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด

ด้านการส่งเสริมบรรยากาศทางวิชาการ ในภาพรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ผู้บริหารสถานศึกษากำหนดการประชุม และประชาสัมพันธ์ผลงานทางวิชาการเพื่อเป็นการส่งเสริมบรรยากาศทางวิชาการในสถานศึกษา มีค่าเฉลี่ยสูงสุด และผู้บริหารสถานศึกษาได้มีการจัดเตรียมข้อมูลและอุปกรณ์ในการพัฒนางานวิชาการ มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด

จากผลการวิจัยเรื่องภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานส่งเสริมการเรียนรู้ประจำจังหวัดสระแก้ว สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในหลายด้าน ทั้งในระดับสถานศึกษาและระดับนโยบายเพื่อส่งเสริมคุณภาพการจัดการศึกษาอย่างยั่งยืน ดังนี้

ด้านการนิเทศการสอน สามารถนำผลการวิจัย ไปใช้เพื่อมุ่งเน้นการส่งเสริมบทบาทของผู้บริหารในการเป็นผู้นำทางวิชาการที่เน้นการพัฒนาครูอย่างต่อเนื่อง เช่น การจัดระบบนิเทศแบบมีส่วนร่วม การวางแผนร่วมกับครู และการติดตามผลการสอนอย่างเป็นระบบ เพื่อพัฒนาการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ด้านการกำหนดวิสัยทัศน์ทางการศึกษา สามารถนำผลการวิจัย ไปใช้ในการกำหนดและถ่ายทอดวิสัยทัศน์ที่ชัดเจนครอบคลุม และสอดคล้องกับบริบทของโรงเรียน รวมถึงส่งเสริมให้ครูและบุคลากรทางการศึกษาเข้าใจและมีส่วนร่วมในการขับเคลื่อนวิสัยทัศน์นั้นสู่การปฏิบัติอย่างเป็นรูปธรรม เพื่อบรรลุเป้าหมายทางวิชาการอย่างมีทิศทางร่วมกัน

ด้านการบริหารหลักสูตร สามารถนำผลการวิจัยไปปรับใช้เพื่อส่งเสริมให้ผู้บริหารมีบทบาทในการจัดกระบวนการบริหารหลักสูตรอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเน้นการมีส่วนร่วมของครูในการวางแผน ออกแบบ จัดทำ และประเมินหลักสูตร เพื่อให้หลักสูตรมีความยืดหยุ่น ทันสมัย และตอบสนองต่อความต้องการของนักศึกษาและบริบทของชุมชน

ด้านการส่งเสริมบรรยากาศทางวิชาการ สามารถนำผลการวิจัยไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาแผนงานหรือกิจกรรมที่เสริมสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่เอื้อต่อการพัฒนาวิชาการ เช่น การจัดหาทรัพยากรทางการศึกษา การส่งเสริมกิจกรรมทางวิชาการ และการสร้างแรงจูงใจให้แก่ครูและนักศึกษา

นอกจากนี้ หน่วยงานต้นสังกัดสามารถใช้ผลการวิจัยนี้เป็นข้อมูลประกอบการจัดกิจกรรมพัฒนาผู้บริหารสถานศึกษา เช่น การอบรมเชิงปฏิบัติการ การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างผู้บริหาร หรือการจัดทำคู่มือการเสริมสร้างภาวะผู้นำทางวิชาการ เพื่อให้การพัฒนาศักยภาพของผู้บริหารมีทิศทางและต่อเนื่อง

5. กิตติกรรมประกาศ

บทความฉบับนี้สำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์ได้ด้วยความเมตตากรุณาเป็นอย่างสูงจาก รองศาสตราจารย์ ดร.สุทธิพร บุญส่ง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักและ รองศาสตราจารย์ ดร.พิมลพรรณ เพชรสมบัติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำและข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] P. Hallinger and J. Murphy. (2012). Assessing and developing instructional leadership in schools. Springer. Available: <https://doi.org/10.1007/s11092-013-9179-5>.
- [2] วิโรจน์ สารรัตน์. การวิจัยทางการบริหารการศึกษา: แนวคิดและกรณีศึกษา. ทิพย์วิสุทธิ, กรุงเทพฯ. 2561.
- [3] พระราชบัญญัติส่งเสริมการเรียนรู้ พ.ศ.2566. ราชกิจจานุเบกษา, เล่ม 140 ตอนที่ 20 ก, หน้า 60, 2566.
- [4] สุรเดช อุ่นเรือน และ นวรัตน์ ไชยมภู. ภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารสถานศึกษา สังกัดสำนักงานส่งเสริมการเรียนรู้ จังหวัดยะลา. วารสารวิชาการสถาบันพัฒนาพระวิทยากร, 8(1)(2568) 358-369.
- [5] สำนักงานส่งเสริมการเรียนรู้ประจำจังหวัดสระแก้ว. แผนการส่งเสริมการเรียนรู้ประจำจังหวัดสระแก้ว พ.ศ. 2568-2570 (ฉบับปรับปรุง). 2567.
- [6] ดาโอ บาฮี. ภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารสถานศึกษาในศตวรรษที่ 21 สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา ประถมศึกษายะลา เขต 2. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. 2566.
- [7] เพียงตะวัน อธิสาร และ อมรทิพย์ เจริญ. การบริหารงานด้านวิชาการของผู้บริหารศูนย์การศึกษานอกระบบและการศึกษาตามอัธยาศัยอำเภอ ของสำนักงานส่งเสริมการศึกษานอกระบบและการศึกษาตามอัธยาศัยจังหวัดอุดรธานี. วารสารวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร. 3(3)(2566) 75-90.
- [8] นันทน์ภัส ประหยัด. ภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารโรงเรียนเอกชนในจังหวัดขอนแก่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยมหาจุฬาราชวิทยาลัย. 2565.
- [9] พุฒินันท์ แสงศิริวัฒน์ และพิมลพรรณ เพชรสมบัติ. ภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาปทุมธานี เขต 1. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. 2564.
- [10] อภิสิทธิ์ วงษ์ประดิษฐ์. แนวทางการพัฒนาภาวะผู้นำทางวิชาการตามหลักอิทธิบาท ๔ ของผู้บริหาร โรงเรียนขนาดเล็ก สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา ประถมศึกษานครสวรรค์ เขต ๑. วิทยานิพนธ์หลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพุทธบริหารการศึกษามหาบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย. 2564.

- [11] สร้อยนอร์ บุญมี, พิมพ์ประภา อมรกิจภิญญ์ และ ธนินาฏ ณ สุนทร. องค์ประกอบและตัวบ่งชี้ภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้อำนวยการศูนย์การศึกษานอกระบบ และการศึกษาตามอัธยาศัยอำเภอ สังกัดสำนักงานส่งเสริมการศึกษานอกระบบและการศึกษาตามอัธยาศัย. วารสาร มจร. สังคมศาสตร์ปริทรรศน์, 12(4)(2566).
- [12] ธราทิพย์ สอนหัด. ภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารสถานศึกษาที่ส่งผลต่อชุมชนการเรียนรู้ทางวิชาการในโรงเรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา ประถมศึกษาปราจีนบุรี เขต 1. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการการศึกษา วิทยาลัยครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต. 2564.
- [13] พัชรา เพ็ชรดี. แนวทางการพัฒนาภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารสถานศึกษา สังกัดสำนักงานส่งเสริมการศึกษานอกระบบและการศึกษาตามอัธยาศัย จังหวัดศรีสะเกษ. วิทยานิพนธ์หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารการศึกษา คณะกรรมการบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์. 2566.

องค์ประกอบภาวะผู้นำเชิงนวัตกรรมของผู้บริหารสถานศึกษา COMPONENTS OF INNOVATIVE LEADERSHIP OF SCHOOL ADMINISTRATORS

วิศรา แก้วพรม¹ สุทธิพร บุญส่ง¹ และ พิมลพรรณ เพชรสมบัติ^{1*}

¹มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

*E-mail: pimolpun_p@rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาองค์ประกอบภาวะผู้นำเชิงนวัตกรรมของผู้บริหารสถานศึกษา ผู้ให้ข้อมูลสำคัญได้แก่ ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 คน เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ แบบบันทึกการสนทนากลุ่ม การวิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) ผลการวิจัยพบว่า ภาวะผู้นำเชิงนวัตกรรมของผู้บริหารสถานศึกษา ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การมีวิสัยทัศน์ 2) ความกล้าเสี่ยง 3) การสร้างแรงจูงใจ 4) การมีกลยุทธ์ และ 5) การทำงานเป็นทีม การศึกษาองค์ประกอบภาวะผู้นำเชิงนวัตกรรมของผู้บริหารสถานศึกษาในครั้งนี้ สามารถนำแนวทางไปพัฒนาศักยภาพของผู้บริหารสถานศึกษาให้มีภาวะผู้นำเชิงนวัตกรรมเพื่อตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของโลกยุคใหม่ โดยเน้นการสร้างสรรคนวัตกรรมในกระบวนการบริหารจัดการ และส่งเสริมวัฒนธรรมการทำงานที่เปิดกว้างและสนับสนุนการคิดริเริ่ม ภาวะผู้นำเชิงนวัตกรรมนี้ยังสามารถช่วยยกระดับคุณภาพการศึกษา ซึ่งจะส่งผลต่อการบริหารจัดการให้เกิดประสิทธิภาพต่อสถานศึกษาได้ในที่สุด

คำสำคัญ : ผู้บริหารสถานศึกษา ภาวะผู้นำเชิงนวัตกรรม องค์ประกอบ

Abstract

The purpose of this research article was to examine the components of creative leadership exhibited by school administrators. Five experts were among the key informants. A focus group form used as the instrument. The researcher conducted content analysis to examine the data. The results showed that school administrators' innovative leadership was constructed up of five components: 1) vision, 2) risk-taking, 3) motivation, 4) strategy, and 5) teamwork. The study of the components of innovative leadership among school administrators provides a framework for developing their leadership potential to meet the demands of a rapidly changing world. It emphasizes the creation of innovation in administrative processes and the promotion of an open work culture that supports initiative and creative thinking. This type of leadership can help enhance the quality of education and ultimately lead to more efficient and effective school management.

Keywords: School Administrator, Innovative Leadership, Component

1. บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

ปัจจุบันสังคมไทยเคลื่อนตัวสู่การเปลี่ยนแปลงของโลกศตวรรษที่ 21 ตั้งแต่แนวโน้มประชากรที่ก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ ความขัดแย้งทางการเมืองระหว่างประเทศ การเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจ การเปลี่ยนแปลงทางสังคม แนวโน้มภัยพิบัติทางธรรมชาติที่รุนแรงขึ้นและความก้าวหน้าของเทคโนโลยีและสารสนเทศที่ทำให้โลกทั้งโลกเชื่อมโยงและสื่อสารถึงกันได้อย่างรวดเร็ว จากการที่สภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วเรต่างก็ต้องเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตไปด้วย ซึ่งมีคนเรียกสั้น ๆ ว่าผันผวน ไม่แน่นอน ซับซ้อน และคลุมเครือไม่ชัดเจนที่ส่งผลกระทบทำให้ประเทศไทยต้องปรับเปลี่ยนนโยบายให้เท่าทันกระแสการเปลี่ยนแปลงเพื่อให้สามารถยืนหยัดอยู่ได้ในสังคมโลก [1] ดังนั้น การบริหารองค์กรในปัจจุบันต้องมีการปรับเปลี่ยนวิธีการ เพราะองค์กรในปัจจุบันต้องพบกับการแข่งขันที่สูงทำให้องค์กรต้องเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง ดังนั้น นวัตกรรมเทคโนโลยีจึงเป็นสิ่งจำเป็นของการบริหารองค์กรในยุคปัจจุบันเป็นอย่างยิ่ง [2]

การศึกษามีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาประเทศ เป็นเครื่องมือในการพัฒนาคนให้เป็นมนุษย์ที่มีคุณภาพ มีความสามารถเต็มศักยภาพ ดังนั้นการศึกษาจึงมีการปฏิรูปให้เป็นการศึกษา 4.0 โดยมุ่งเน้นการผลิตและพัฒนากำลังคน การวิจัย และนวัตกรรมเพื่อสร้างขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์เป็นกลไกที่สำคัญในการนำประเทศเข้าสู่สังคมโลกในศตวรรษที่ 21 ตามทิศทางยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี และการพัฒนาประเทศสู่ประเทศไทย 4.0 [3] นวัตกรรมเป็นการนำเอาแนวคิดหรือความคิดที่สร้างสรรค์ไปสู่การทำให้เกิดผลผลิต หรือวิธีการทำงานที่เป็นประโยชน์ที่ดีขึ้นกว่าเดิมไม่ว่าจะเป็นการคิดค้น และพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ หรือวิธีการทำงานใหม่ที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น นวัตกรรมไม่ใช่เพียงแค่การทำสิ่งที่แตกต่างไปจากเดิมเท่านั้น แต่หมายถึงสิ่งที่ทำให้เกิดผลกระทบในด้านบวกแก่องค์กรและสังคม การคิดสร้างสรรค์เพียงอย่างเดียวไม่ก่อให้เกิดนวัตกรรมภายในองค์กรได้แต่ต้องมีการนำไปสู่การปฏิบัติเพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อองค์กร [4] สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานมีบทบาทสำคัญในการจัดการศึกษาจึงจำเป็นต้องพัฒนาคุณภาพการศึกษาอย่างเป็นระบบ และให้ความสำคัญในทุกระดับตั้งแต่ระดับ มีการปรับเปลี่ยนหลักสูตรและกระบวนการเรียนการสอนเพื่อก้าวสู่วิถีแห่งยุคสมัยใหม่ เพื่อให้ประเทศมีความสามารถในการแข่งขันพัฒนาคนให้ดี เก่ง มีคุณภาพ มีทักษะที่จำเป็นและมุ่งพัฒนาทักษะขั้นสูงสู่การเป็นนวัตกรรมเพื่อคิดค้นนวัตกรรม [5]

แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 – 2579 ได้กำหนดยุทธศาสตร์สอดคล้องกับการเข้าสู่ยุคนวัตกรรมว่าด้วยการจัดการศึกษาในยุทธศาสตร์ที่ 2 การผลิตและพัฒนากำลังคน การวิจัย และนวัตกรรมเพื่อสร้างขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ และในยุทธศาสตร์ที่ 3 การพัฒนาศักยภาพคนทุกช่วงวัยและการสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ โดยมีแนวทางการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 นอกจากนั้นจัดระบบการให้บริการข้อมูลสื่อและนวัตกรรมการเรียนรู้ผ่านระบบเทคโนโลยีดิจิทัลที่ผู้เรียนและผู้ให้บริการทุกกลุ่มเป้าหมายสามารถเข้าถึงและใช้ประโยชน์ได้ตามวัตถุประสงค์ [6] รัฐต้องส่งเสริมและสนับสนุนให้มีการผลิตหนังสือทางวิชาการ สื่อสิ่งพิมพ์อื่น วัสดุอุปกรณ์และเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา โดยเร่งรัดพัฒนาขีดความสามารถในการผลิตจัดให้มีเงินสนับสนุนการผลิต และให้แรงจูงใจแก่ผู้ผลิตและพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา โดยให้มีการแข่งขันโดยเสรีและมาตรา 65 กำหนดให้มีการพัฒนาบุคลากรทั้งด้านผู้ผลิตและผู้ใช้เทคโนโลยีเพื่อการศึกษา เพื่อให้มีความรู้ ความสามารถ และทักษะในการผลิต รวมทั้งการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม มีคุณภาพ และประสิทธิภาพ หากมีการดำเนินการตามแนวคิดดังกล่าวจะทำให้เกิดนวัตกรรมที่สามารถนำมาใช้กับการบริหารและการจัดการศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ [7]

ผู้บริหารสถานศึกษาเป็นผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงต่อสร้างแรงผลักดันที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในสถานศึกษา จึงมีความจำเป็นที่จะต้องเป็นบุคคลที่มีความพร้อมและเปิดกว้างในการยอมรับและนำนวัตกรรมมาสู่การบริหารสถานศึกษาสามารถค้นพบแนวทางในการดำเนินการใหม่ ๆ เน้นสัมพันธภาพของกลุ่มบุคลากรที่มีคุณภาพ และมีความ ไว้วางใจในสมาชิกภายในองค์กร รวมทั้งใช้กระบวนการของการสร้างสรรค์บริบททางนวัตกรรมเพื่อการขับเคลื่อนให้บุคลากรสามารถสร้าง

นวัตกรรมในการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลผลิตและการให้บริการอย่างสร้างสรรค์ สอดคล้องกับวิสัยของ ปณตดา บุญโสภณ [8] ได้ศึกษาเรื่อง แนวทางการพัฒนาภาวะผู้นำเชิงนวัตกรรมของผู้บริหารสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา ประถมศึกษาขอนแก่น เขต 3 ผลการวิจัยพบว่า แนวทางการพัฒนาภาวะผู้นำเชิงนวัตกรรมของผู้บริหารสถานศึกษา ได้แก่ 1) ด้านการมีความคิดสร้างสรรค์นวัตกรรม มีแนวทางในการที่ผู้บริหารสถานศึกษาต้องทำความเข้าใจปัญหาที่พบเจอและวางเป้าหมายในการแก้ปัญหา โดยอาศัยความร่วมมือจากทุกคนในองค์กร ผู้บริหารสถานศึกษาต้องส่งเสริม สนับสนุน รับฟังความคิดเห็นและเปิดโอกาสให้ครูและบุคลากรได้มีอิสระทางความคิด ยินดีและเต็มใจรับฟังโดยไม่มีอคติ สนับสนุนให้ครูและบุคลากรเกิดความคิดสร้างสรรค์ผลงานเชิงนวัตกรรมในสถานศึกษา และผู้บริหารสถานศึกษาต้องพัฒนาตนเองอยู่เสมอเพื่อให้มีวิสัยทัศน์และเป้าหมายด้านการพัฒนาวัตกรรมการเรียนการสอนอย่างชัดเจน 2) ด้านการสร้างบรรยากาศแห่งนวัตกรรม มีแนวทางในการที่ผู้บริหารต้องจัดหาทรัพยากรให้เพียงพอต่อความต้องการ ปรับปรุงเทคโนโลยีให้ทันสมัยและพร้อมใช้งานอยู่เสมอ ส่งเสริมให้ครูผู้สอนเห็นถึงความสำคัญของการใช้เทคโนโลยีเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน ผู้บริหารต้องตระหนักถึงความจำเป็นและประสิทธิภาพ ประสิทธิผลของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการบริหารจัดการ และผู้บริหารสถานศึกษาต้องกำหนดเป้าหมายและตัวชี้วัดที่ชัดเจน โดยเปิดโอกาสให้ครูและบุคลากรได้ร่วมกันในการสร้างสรรค์นวัตกรรมให้มีความสำคัญกับครูและบุคลากร 3) ด้านการมีกลยุทธ์เชิงนวัตกรรมมีแนวทางในการที่ผู้บริหารสถานศึกษาต้องศึกษานโยบายเข้าใจการเปลี่ยนแปลง โดยมีการกำหนดวิสัยทัศน์ พันธกิจ เป้าหมายในการพัฒนานวัตกรรมร่วมกัน สร้างแนวทางการปฏิบัติที่ชัดเจน เพื่อนำหน่วยงานก้าวสู่การพัฒนาวัตกรรมการเรียนการสอน ผู้บริหารสถานศึกษาต้องวิเคราะห์โดยใช้กระบวนการ SWOT กำหนดวิสัยทัศน์ ทิศทางเชิงกลยุทธ์ และพันธกิจโดยให้บุคลากรมีส่วนร่วมในการดำเนินการเพื่อให้เกิดความชัดเจนทั้งในระยะสั้นและระยะยาว นำแผนและกลยุทธ์ไปปฏิบัติ ควบคุมและประเมินผล วิเคราะห์หาข้อบกพร่องเพื่อนำไปปรับปรุงกลยุทธ์ต่อไป และผู้บริหารสถานศึกษาต้องควบคุมและการประเมินกลยุทธ์ โดยวิเคราะห์ร่วมกันทั้งปัญหาและอุปสรรค ทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพเปรียบเทียบผลการปฏิบัติงานกับมาตรฐานที่ตั้งไว้ เพื่อให้ผลการปฏิบัติงานที่ตรงตามแผนที่ตั้งไว้หรือต้องปรับเปลี่ยนให้เข้าสถานการณ์ปัจจุบัน 4) ด้านการมีวิสัยทัศน์เพื่อการเปลี่ยนแปลงมีแนวทางในการที่ผู้บริหารสถานศึกษาต้องเป็นคนใฝ่รู้ และเข้าใจถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น คาดการณ์สิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคต วางแผนรับมือกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นโดยมีส่วนร่วมจากเพื่อนร่วมงานทุกคน ผู้บริหารสถานศึกษาต้องเป็นแบบอย่างที่ดีในการรู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลง และผู้บริหารสถานศึกษาต้องมีการประชุมและวางแผนเพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานได้รับรู้และเข้าใจแนวทาง พร้อมทั้งเป็นตัวอย่างในการปฏิบัติตน และ 5) ด้านการทำงานเป็นทีมและมีส่วนร่วมมีแนวทางในการที่ผู้บริหารสถานศึกษาต้องเป็นนักสื่อสารที่ดี และเป็นผู้ฟังที่จริงใจ ให้ความสำคัญกับความคิดเห็น พร้อมทั้งเปิดโอกาสให้ทุกคนได้แสดงความคิดเห็น และเปิดใจรับฟังความคิดเห็นของครูและบุคลากรอย่างเท่าเทียมกัน ให้เกียรติและเคารพในบทบาทของเพื่อนร่วมงานเพื่อให้ทุกคนรู้ว่าตนเองเป็นคนสำคัญขององค์กรในสร้างสรรค์ผลงานนวัตกรรมที่เป็นประโยชน์ในการพัฒนาการเรียนการสอน และผู้บริหารสถานศึกษาต้องเปิดโอกาสให้ครูและบุคลากรมีส่วนร่วมในการคิด วางแผนให้ความสำคัญกับทุกคนในองค์กร ให้ความสำคัญและยอมรับ เพื่อสร้างความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันของบุคลากร รวมถึงมีการทำกิจกรรมที่เสริมสร้างความสามารถความสามัคคี

ดังนั้น ภาวะผู้นำเชิงนวัตกรรมจึงมีความสำคัญกับผู้บริหารสถานศึกษาซึ่งจะส่งผลให้สามารถปฏิบัติงานได้อย่างเป็นระบบตรงตามแบบแผนอย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้วัตกรรมการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพแม้จะต้องเผชิญกับสถานการณ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงของโลก ซึ่งผู้บริหารสถานศึกษาเป็นผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงต่อการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในสถานศึกษาจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้บริหารจะต้องมีภาวะผู้นำ ในฐานะผู้นำยุคใหม่ซึ่งต้องเป็นผู้นำในด้านนวัตกรรมและมีความเป็นผู้นำเชิงนวัตกรรมเพื่อนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมในการบริหารจัดการในยุคของเทคโนโลยี เพื่อสร้างความได้เปรียบและก้าวข้ามผ่านโลกของการแข่งขันมุ่งสู่ความมั่นคงของสถานศึกษาอย่างยั่งยืน [9] และสามารถกำหนดทิศทางขององค์กรอย่างมีกลยุทธ์เชิงนวัตกรรม สร้างแรงกระตุ้นให้บุคลากรในสถานศึกษาเกิดการร่วมมือและมีความเชื่อใจกัน นอกจากนี้ยัง

มองเห็นเป้าหมายที่เป็นรูปธรรมโดยการที่ผู้บริหารสถานศึกษามีภาวะผู้นำเชิงนวัตกรรมนั้นจะสามารถสร้างแรงบันดาลใจให้บุคลากรได้ [10]

จากความเป็นมาและความสำคัญดังกล่าวข้างต้นของการวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษา องค์ประกอบภาวะผู้นำเชิงนวัตกรรมของผู้บริหารสถานศึกษา เพื่อนำมาปรับใช้ในการบริหารงานของสถานศึกษาในสังกัด ให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากยิ่งขึ้นต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาองค์ประกอบภาวะผู้นำเชิงนวัตกรรมของผู้บริหารสถานศึกษา

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา

ภาวะผู้นำเชิงนวัตกรรมสำหรับผู้บริหารสถานศึกษาประกอบไปด้วย 5 องค์ประกอบ ดังนี้

- 1) การมีวิสัยทัศน์
- 2) ความกล้าเสี่ยง
- 3) การสร้างแรงจูงใจ
- 4) การมีกลยุทธ์
- 5) การทำงานเป็นทีม

2. วิธีการวิจัย

2.1 วิธีการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัยฉบับนี้จะใช้วิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) โดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) และสังเคราะห์ข้อมูลเป็นความเรียง

2.2 กลุ่มผู้ให้ข้อมูล

ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 คน ซึ่งเป็นผู้ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญทางการศึกษาและการวิจัยทางการบริหารการศึกษา ใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง โดยมีเกณฑ์การคัดเลือก คือ เป็นผู้บริหารสถานศึกษาที่มีนวัตกรรมเป็นของสถานศึกษาตนเอง มีประสบการณ์ 10 ปีขึ้นไป และมีผลงานการบริหารสถานศึกษา 1 อย่าง ได้แก่ สถานศึกษาสีขาว โรงเรียนคุณธรรม หรือโรงเรียนคุณภาพประจำตำบล

2.3. เครื่องมือการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แบบบันทึกการสนทนากลุ่ม (Focus Group Discussion Record Form) ซึ่งผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นเพื่อใช้เก็บรวบรวมข้อมูลจากการสนทนากลุ่มของผู้ให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง โดยเครื่องมือฉบับนี้จัดทำขึ้นตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยและกรอบแนวคิดที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกที่ครอบคลุมประเด็นที่ต้องการศึกษา แบบบันทึกการสนทนากลุ่ม ประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มสนทนา เช่น วัน เวลา สถานที่ ผู้เข้าร่วมสนทนา จำนวนคน และบทบาทหน้าที่

ส่วนที่ 2 คำถามชี้นำในการสนทนา (Guiding Questions) ซึ่งออกแบบตามประเด็นการศึกษาเพื่อกระตุ้นให้ผู้เข้าร่วมได้แสดงความคิดเห็นอย่างเปิดเผยและหลากหลาย

ส่วนที่ 3 แบบบันทึกเนื้อหาการสนทนา โดยผู้วิจัยหรือผู้ช่วยวิจัยใช้บันทึกถ้อยคำ ข้อคิดเห็น ประเด็น สำคัญ

2.4. การรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามตามลำดับ ดังนี้

2.4.1 ผู้วิจัยนำหนังสือขอความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล จากงานบัณฑิตศึกษาคณะครุศาสตร์ อดุสากรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ถึงผู้อำนวยการสถานศึกษาที่เป็นกลุ่มผู้ให้ข้อมูล เพื่อขออนุญาตเก็บ รวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์

2.4.2 ผู้วิจัยดำเนินการสัมภาษณ์ผู้บริหารผู้บริหารสถานศึกษา ที่มีประสบการณ์ในการบริหารสถานศึกษา ไม่น้อยกว่า 10 ปี บริหารสถานศึกษาที่มีนวัตกรรมของสถานศึกษา มีผลงานการบริหารสถานศึกษา ได้แก่ สถานศึกษาสีขาว โรงเรียนคุณธรรม และโรงเรียนคุณภาพประจำตำบล จำนวน 4 คน โดยเลือกแบบเจาะจง

2.4.3 ผู้วิจัยนำแบบสนทนากลุ่มที่ได้มาตรวจสอบความถูกต้องสมบูรณ์ จากนั้นจึงนำแบบ สัมภาษณ์ที่มีความถูกต้องครบถ้วนมาจัดเรียงข้อมูล เพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) และสังเคราะห์ ข้อมูลเป็นความเรียง

2.5. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตารางที่ 1 ผลการศึกษาองค์ประกอบภาวะผู้นำเชิงนวัตกรรมของผู้บริหารสถานศึกษา

องค์ประกอบภาวะผู้นำเชิงนวัตกรรมของ ผู้บริหารสถานศึกษา	องค์ประกอบย่อย
1) การมีวิสัยทัศน์	1) มองเห็นภาพอนาคตที่ชัดเจนและเป็นไปได้ 2) การกำหนดทิศทาง 3) แนวทางการดำเนินงาน 4) ความทันสมัย 5) การเปลี่ยนแปลง 6) นำพาสถานศึกษาไปสู่นวัตกรรมสร้างสรรค์ 7) การตั้งเป้าหมายระยะยาว 8) เข้าใจแนวทางการทำงาน
2) ความกล้าเสี่ยง	1) กล้าทำงานที่ท้าทาย 2) รับผิดชอบต่อผลที่เกิดขึ้นจากการตัดสินใจหรือการกระทำของตน 3) ความกล้าทดลองทำสิ่งใหม่ 4) คิดนอกกรอบ 5) กล้าเผชิญต่อการเปลี่ยนแปลง 6) การตัดสินใจภายใต้สถานะที่ไม่แน่นอน 7) กล้าเสี่ยงในการเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงาน 8) กล้าเสี่ยงในสิ่งที่สำคัญเพื่อประโยชน์ส่วนรวม
3) การสร้างแรงจูงใจ	1) แรงผลักดัน 2) แรงกระตุ้น 3) ปฏิบัติงานด้วยความตั้งใจ เต็มใจ 4) มีความสุขในการปฏิบัติงาน

องค์ประกอบภาวะผู้นำเชิงนวัตกรรมของ ผู้บริหารสถานศึกษา	องค์ประกอบย่อย
	5) พึงพอใจที่จะปฏิบัติงาน 6) การยอมรับนับถือและชื่นชมในผลงาน 7) ความสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมงาน 8) ให้ความสำคัญและรับฟังความคิดเห็นของบุคลากรทุกคนอย่างเท่าเทียม
4) การมีกลยุทธ์	1) การวางแผน 2) การรับมือกับเหตุการณ์ที่ไม่คาดคิด 3) การช่วยส่งเสริมศักยภาพในการบริหารจัดการ 4) ปรับตัวเข้ากับสถานการณ์ที่มีการเปลี่ยนแปลง 5) สามารถตีความข้อมูลที่ซับซ้อนและขัดแย้งกันให้ถูกต้อง 6) การสังเคราะห์ข้อมูล 7) การแสวงหาข้อมูลเชิงลึก 8) การประเมินผลการดำเนินงานเพื่อนำองค์กรไปสู่ความสำเร็จ
5) การทำงานเป็นทีม	1) ส่งเสริมให้ทำงานร่วมกัน 2) ร่วมคิดกันวางแผน 3) ร่วมกันแก้ปัญหา 4) กล้าทดลองทำสิ่งใหม่ 5) ร่วมกันสร้างสรรค์นวัตกรรมที่เป็นประโยชน์ 6) มีความสามัคคี 7) มีเป้าหมายเดียวกัน

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ผลการวิจัย

การศึกษาองค์ประกอบภาวะผู้นำเชิงนวัตกรรมของผู้บริหารสถานศึกษา ผู้วิจัยค้นพบองค์ประกอบภาวะผู้นำเชิงนวัตกรรมของผู้บริหารสถานศึกษาออกมาเป็น 5 องค์ประกอบ ดังนี้ 1) การมีวิสัยทัศน์ 2) ความกล้าเสี่ยง 3) การสร้างแรงจูงใจ 4) การมีกลยุทธ์ และ 5) การทำงานเป็นทีม ซึ่งมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

องค์ประกอบที่ 1 การมีวิสัยทัศน์ ประกอบด้วย มองเห็นภาพอนาคตที่ชัดเจนและเป็นไปได้ การกำหนดทิศทาง แนวทางการดำเนินงาน ความทันสมัย การเปลี่ยนแปลง นำพาสถานศึกษาไปสู่นวัตกรรมสร้างสรรค์ การตั้งเป้าหมายระยะยาว เข้าใจแนวทางการทำงาน

องค์ประกอบที่ 2 ความกล้าเสี่ยง ประกอบด้วย กล้าทำงานที่ท้าทาย รับผิดชอบต่อผลที่เกิดขึ้นจากการตัดสินใจ หรือการกระทำของตน กล้าทดลองทำสิ่งใหม่ คิดนอกกรอบ ความกล้าเผชิญต่อการเปลี่ยนแปลง การตัดสินใจภายใต้สภาวะที่ไม่แน่นอน กล้าเสี่ยงในการเปลี่ยนเปลี่ยนวิธีการทำงาน กล้าเสี่ยงในสิ่งที่สำคัญเพื่อประโยชน์ส่วนรวม

องค์ประกอบที่ 3 การสร้างแรงจูงใจ ประกอบด้วย แรงผลักดัน แรงกระตุ้น ปฏิบัติงานด้วยความตั้งใจ เต็มใจ มีความสุขในการปฏิบัติงาน พึงพอใจที่จะปฏิบัติงาน การยอมรับนับถือและชื่นชมในผลงาน ความสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมงาน ให้ความสำคัญและรับฟังความคิดเห็นของบุคลากรทุกคนอย่างเท่าเทียม

องค์ประกอบที่ 4 การมีกลยุทธ์ ประกอบด้วย . การวางแผน การรับมือกับเหตุการณ์ที่ไม่คาดคิด การช่วยส่งเสริมศักยภาพในการบริหารจัดการ ปรับตัวเข้ากับสถานการณ์ที่มีการเปลี่ยนแปลง สามารถตีความข้อมูลที่ซับซ้อนและขัดแย้งกันให้ถูกต้อง การสังเคราะห์ข้อมูล การแสวงหาข้อมูลเชิงลึก การประเมินผลการดำเนินงานเพื่อนำองค์กรไปสู่ความสำเร็จ

องค์ประกอบที่ 5 การทำงานเป็นทีม ประกอบด้วย ส่งเสริมให้ทำงานร่วมกัน ร่วมคิดกันวางแผน รวมกันแก้ปัญหาทดลองทำสิ่งใหม่ ร่วมกันสร้างสรรค์นวัตกรรมที่เป็นประโยชน์ มีความสามัคคี มีเป้าหมายเดียวกัน

3.2 สรุปผลการทดลอง

ผู้บริหารสถานศึกษาจะต้องมีภาวะผู้นำเชิงนวัตกรรมซึ่งเป็นทักษะสำคัญในการก้าวสู่ความสำเร็จของการเป็นผู้บริหารสถานศึกษาในสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลง ผู้บริหารจะต้องพัฒนาตนเองสู่ผู้นำที่ครองตน ครองคน และครองงานได้เป็นอย่างดี จึงต้องอาศัยการบริหารจัดการสมัยใหม่ที่มีทั้งศาสตร์และศิลป์ในการบริหารจัดการ จึงต้องอาศัยผู้บริหารที่มีเทคนิคการบริหารจัดการสมัยใหม่ โดยเฉพาะภาวะผู้นำเชิงนวัตกรรมเพื่อนำมาขับเคลื่อนองค์กรไปสู่ทิศทางที่สอดคล้องกับสถานการณ์ปัจจุบันซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบภาวะผู้นำเชิงนวัตกรรมของผู้บริหารสถานศึกษา มี 5 องค์ประกอบ ดังนี้ 1) การมีวิสัยทัศน์ 2) ความกล้าเสี่ยง 3) การสร้างแรงจูงใจ 4) การมีกลยุทธ์ และ 5) การทำงานเป็นทีม ผู้บริหารสถานศึกษาที่มีภาวะผู้นำเชิงนวัตกรรมดังกล่าวจะกลายเป็นตัวชี้วัดความสำเร็จและคุณภาพการบริหารจัดการคุณภาพของบุคลากรและสถานศึกษา ซึ่งจะส่งผลต่อการบริหารจัดการให้เกิดประสิทธิภาพต่อสถานศึกษาได้ในที่สุด



ภาพที่ 1 องค์ประกอบภาวะผู้นำเชิงนวัตกรรมของผู้บริหารสถานศึกษา

3.3 อภิปรายผล

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบภาวะผู้นำเชิงนวัตกรรมของผู้บริหารสถานศึกษา มีประเด็นสำคัญที่ผู้วิจัยนำมาอภิปรายผลดังนี้

องค์ประกอบที่ 1 การมีวิสัยทัศน์ ประกอบด้วย มองเห็นภาพอนาคตที่ชัดเจนและเป็นไปได้ การกำหนดทิศทางแนวทางการดำเนินงาน ความทันสมัย การเปลี่ยนแปลง นำพาสถานศึกษาไปสู่นวัตกรรมสร้างสรรค์ การตั้งเป้าหมายระยะยาว เข้าใจแนวทางการทำงาน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะผู้บริหารสถานศึกษา ที่มีวิสัยทัศน์ย่อมมองเห็นภาพอนาคตอย่างชัดเจน และเป็นไปได้ พร้อมกำหนดทิศทางและแนวทางการดำเนินงานอย่างเป็นระบบ สอดคล้องกับบริบทแห่งการเปลี่ยนแปลงในโลกยุคใหม่ มีความทันสมัย นำพาสถานศึกษาไปสู่นวัตกรรมที่สร้างสรรค์ มุ่งมั่นสู่เป้าหมายระยะยาว และเข้าใจแนวทางการทำงาน

อย่างลึกซึ้ง เพื่อการพัฒนาที่มั่นคงและยั่งยืน สอดคล้องกับ พระมหาประยูร อีรวโร (ตระการ) [11] กล่าวว่า วิสัยทัศน์ หมายถึง ภาพแห่งอนาคตขององค์กรซึ่งได้มาจากสติปัญญา ความคิด โดยภาพนั้นตั้งอยู่บนพื้นฐานของความจริง มีความเป็นไปได้ เกิดความอยากปฏิบัติตามสอดคล้องกับเป้าหมายและภาระหน้าที่ขององค์กร อันจะทำให้องค์กรมีสภาพดีกว่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน เมื่อพิจารณาจากความหมายของวิสัยทัศน์จะเห็นว่า วิสัยทัศน์มีลักษณะเป็นภาพ สถานศึกษาไม่สามารถที่จะสร้างภาพด้วยตนเองได้ แต่จะมองเห็นอนาคต ขององค์กรผ่านผู้บริหารสถานศึกษาว่าจะกำหนดทิศทางและแนวทางการดำเนินงานของสถานศึกษาอย่างไรจึงจะเหมาะสม ดังนั้นวิสัยทัศน์หมายถึงวิสัยทัศน์ของผู้บริหารสถานศึกษา ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นที่ผู้บริหารสถานศึกษาทุกคนจะต้องมีเพื่อนำการเปลี่ยนแปลง มาสู่สถานศึกษาให้บรรลุเป้าหมายที่ต้องการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในท่ามกลางกระแสการเปลี่ยนแปลงที่เป็นพลวัตรเช่นในปัจจุบัน และสอดคล้องกับ วิบูลย์ จุง [12] กล่าวว่า การมีวิสัยทัศน์ หมายถึง การตั้งเป้าหมายระยะยาวขององค์กร โดยมีความสำคัญคือใช้เป็นเครื่องมือในการกำหนดทิศทางขององค์กรทำให้องค์กรมีจุดมุ่งหมายในการดำเนินงานที่ชัดเจน

องค์ประกอบที่ 2 ความกล้าเสี่ยง ประกอบด้วย ความกล้าทำงานที่ท้าทาย รับผิดชอบต่อผลที่เกิดขึ้นจากการตัดสินใจหรือการกระทำของตน กล้าทดลองทำสิ่งใหม่ คิดนอกกรอบ กล้าเผชิญต่อการเปลี่ยนแปลง การตัดสินใจภายใต้สภาวะที่ไม่แน่นอน กล้าเสี่ยงในการเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงาน กล้าเสี่ยงในสิ่งที่สำคัญเพื่อประโยชน์ส่วนรวม ทั้งนี้อาจเป็นเพราะผู้บริหารสถานศึกษา ที่กล้ารับมือกับงานที่ท้าทาย พร้อมทั้งรับผิดชอบต่อผลลัพธ์ที่เกิดจากการตัดสินใจและการกระทำของตน กล้าคิด กล้าทำสิ่งใหม่อย่างสร้างสรรค์ คิดนอกกรอบเดิม กล้าเผชิญกับการเปลี่ยนแปลง และสามารถตัดสินใจภายใต้สภาวะที่ไม่แน่นอนได้อย่างมีวิจารณญาณ ไม่หวั่นต่อความเสี่ยงในการปรับเปลี่ยนวิธีการทำงาน หากสิ่งนั้นจะนำไปสู่ประโยชน์ส่วนรวมที่สำคัญและยั่งยืน สอดคล้องกับ คณิน คำแพง [13] กล่าวว่า ความกล้าเสี่ยงต่อนวัตกรรม หมายถึง พฤติกรรมการปฏิบัติตนของผู้บริหารสถานศึกษา ซึ่งแสดงออกถึงการมีความกล้าทำงานที่ท้าทายมีความรับผิดชอบต่อผลที่จะเกิดขึ้นจากการตัดสินใจหรือจากการกระทำของตน และสอดคล้องกับ กุลชลี จงเจริญ [14] กล่าวไว้ว่า การกล้าเสี่ยงและกล้าคิดในสิ่งปฏิบัติได้ หมายถึง การที่ผู้บริหารสถานศึกษามีความสามารถในการแสดงความสามารถและกล้าคิดกับความคิดที่คิดนอกกรอบที่สามารถปฏิบัติได้จริงโดยอยู่บนพื้นฐานของข้อมูลและการศึกษาวิจัย สนับสนุน มีความกล้าเผชิญปัญหาและกล้าเผชิญต่อการเปลี่ยนแปลงที่ท้าทายและกล้าคิดและตัดสินใจอย่างสร้างสรรค์รวมทั้งมีความกล้ายอมรับความเสี่ยงด้วยนวัตกรรมและความคิดใหม่ ๆ และกล้ายอมรับในความผิดพลาดของตน

องค์ประกอบที่ 3 การสร้างแรงจูงใจ ประกอบด้วย แรงผลักดัน แรงกระตุ้น ปฏิบัติงานด้วยความตั้งใจ เต็มใจ มีความสุขในการปฏิบัติงาน พึงพอใจที่จะปฏิบัติงาน การยอมรับนับถือและชื่นชมในผลงาน ความสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมงานให้ความสำคัญและรับฟังความคิดเห็นของบุคลากรทุกคนอย่างเท่าเทียม ทั้งนี้อาจเป็นเพราะผู้บริหารสถานศึกษาที่มีแรงผลักดันภายในและแรงกระตุ้นจากภายนอกที่ส่งเสริมให้บุคลากรปฏิบัติงานด้วยความตั้งใจ เต็มใจ และมีความสุขในการทำงาน จะทำให้บุคลากรรู้สึกพึงพอใจในหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย พร้อมทั้งเกิดความภาคภูมิใจเมื่อผลงานได้รับการยอมรับและชื่นชมจากผู้อื่น นอกจากนี้ ความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างเพื่อนร่วมงาน การให้ความสำคัญและเปิดโอกาสให้บุคลากรทุกคนได้แสดงความคิดเห็นอย่างเท่าเทียมกัน ล้วนเป็นองค์ประกอบที่ส่งเสริมบรรยากาศการทำงานที่สร้างสรรค์ และเพิ่มพูนแรงจูงใจได้อย่างยั่งยืน สอดคล้องกับ นิษานันท์ วรรณกุล [15] ได้สรุปไว้ว่า แรงจูงใจ หมายถึง ปัจจัยที่ทำให้ผู้นั้นปฏิบัติงานด้วยความตั้งใจ เต็มใจ พร้อมใจ และพึงพอใจที่จะปฏิบัติงานตามที่ได้รับมอบหมายให้บรรลุเป้าหมายขององค์กรได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยนอกจากนี้ยังช่วยส่งผลให้บุคคลมีความต้องการในการปฏิบัติงาน พยายามปฏิบัติงานให้บรรลุวัตถุประสงค์และเป้าหมายอย่างสุดความสามารถ โดยประกอบด้วยความยินดีและความเต็มใจของบุคคลที่จะทุ่มเทความพยายามอย่างสุดความสามารถ เพื่อให้การปฏิบัติงานบรรลุเป้าหมาย บุคคลที่มีแรงจูงใจจะแสดงออกมาในรูปพฤติกรรมที่มีความกระตือรือร้น มีทิศทางที่เด่นชัดและไม่ย่อท้อเมื่อเผชิญอุปสรรคหรือปัญหา เป็นปัจจัยที่ผลักดันให้บุคคลแสดงพฤติกรรมอย่างใดอย่างหนึ่งออกมาเพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่วางไว้ และสอดคล้องกับ เสนาะ ดียาวัว [16] กล่าวว่า แรงจูงใจ คือ แรงผลักดันแรงกระตุ้น

ที่เกิดจากความต้องการที่จะได้รับการตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้นที่องค์กรจัดให้ ซึ่งก่อให้เกิดพฤติกรรมในการทำงาน ซึ่งสิ่งสนองเหล่านี้จะประกอบไปด้วยปัจจัยแห่งความต้องการพื้นฐาน ได้แก่ ความสำเร็จในการทำงาน ความเจริญเติบโตในการทำงาน ปัจจัยสุขอนามัย นโยบาย และการบริหารงานขององค์กรค่าจ้างเงินเดือนที่ได้รับความสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมงาน สภาพการทำงาน ความสัมพันธ์กับผู้บังคับบัญชาและความมั่นคงในการทำงาน

องค์ประกอบที่ 4 การมีกลยุทธ์ ประกอบด้วย การวางแผน การรับมือกับเหตุการณ์ที่ไม่คาดคิด การช่วยส่งเสริมศักยภาพในการบริหารจัดการ ปรับตัวเข้ากับสถานการณ์ที่มีการเปลี่ยนแปลง สามารถตีความข้อมูลที่ซับซ้อนและขัดแย้งกันให้ถูกต้อง การสังเคราะห์ข้อมูล การแสวงหาข้อมูลเชิงลึก การประเมินผลการดำเนินงานเพื่อนำองค์กรไปสู่ความสำเร็จ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะผู้บริหารสถานศึกษา ที่มีการวางแผนเป็นจะช่วยให้องค์กรสามารถรับมือกับสถานการณ์ที่ไม่คาดคิดได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังเป็นเครื่องมือในการส่งเสริมศักยภาพด้านการบริหารจัดการ ช่วยให้สามารถปรับตัวเข้ากับการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้อย่างยืดหยุ่นและทันทั่วทั้ง การวางแผนที่ดีต้องอาศัยความสามารถในการตีความข้อมูลที่ซับซ้อนและขัดแย้งกันอย่างถูกต้อง การสังเคราะห์ข้อมูลอย่างมีระบบ การแสวงหาข้อมูลเชิงลึกเพื่อนำมาใช้ประกอบการตัดสินใจ และการประเมินผลการดำเนินงานอย่างต่อเนื่อง ซึ่งล้วนเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยขับเคลื่อนองค์กรไปสู่ความสำเร็จอย่างยั่งยืน สอดคล้องกับ พรศักดิ์ อรุณชัยรัตน์ [17] กล่าวว่า กลยุทธ์มีความสำคัญในการขับเคลื่อนองค์กร กลยุทธ์การบริหารสถานศึกษาในยุคปกติใหม่ต้องประกอบด้วยปัจจัยหลายด้าน การวางแผนกลยุทธ์เป็นการวางกรอบในการดำเนินงานเพื่อนำไปสู่การปฏิบัติเป็นเครื่องมือที่ใช้กับการประเมินตามแผน มีความสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้และเป็นการช่วยส่งเสริมศักยภาพในการบริหารจัดการบนสถานการณ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงสูง การวางแผนกลยุทธ์มีความสำคัญซึ่งในยุคที่โลกปรับเปลี่ยนการปรับสู่ความปกติใหม่ (New Normal) ผู้บริหารต้องตั้งเป้าหมายสร้างแรงบันดาลใจรวมทั้งกระบวนการในการทำงานเป็นการเดินทางสู่องค์กรในรูปแบบใหม่ การกำหนดกลยุทธ์จึงสำคัญเพื่อเป็นการรับมือกับเหตุการณ์ที่ไม่คาดคิด และไม่คิดว่าจะเกิดเมื่อโลกก้าวเข้าสู่ภาวะถดถอยหรือการล่มสลายในบางสิ่งบางอย่าง และสอดคล้องกับ P. J. H. Schoemaker [18] กล่าวว่า การมีกลยุทธ์ หมายถึง การที่ผู้นำสามารถตีความข้อมูลที่มีความซับซ้อนและขัดแย้งกันให้ถูกต้องได้ การสังเคราะห์ข้อมูล การแสวงหาข้อมูลเชิงลึกใหม่ มองหาข้อมูลที่ขาดหายไป มีการสังเกตและการวิเคราะห์ข้อมูล

องค์ประกอบที่ 5 การทำงานเป็นทีม ประกอบด้วย ส่งเสริมให้ทำงานร่วมกัน ร่วมกันคิดวางแผน ร่วมกันแก้ปัญหา กล่าวทดลองทำสิ่งใหม่ ร่วมกันสร้างสรรค์นวัตกรรมที่เป็นประโยชน์ มีความสามัคคี มีเป้าหมายเดียวกัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะผู้บริหารสถานศึกษา ที่มุ่งเน้นการส่งเสริมให้สมาชิกทำงานร่วมกันอย่างใกล้ชิด ร่วมกันคิด วางแผน และแก้ไขปัญหาอย่างสร้างสรรค์จะทำให้การทำงานเป็นทีมประสบผลสำเร็จมากขึ้น รวมถึงการเปิดโอกาสให้กล้าทดลองสิ่งใหม่ ๆ และร่วมกันพัฒนานวัตกรรมที่เป็นประโยชน์ต่อองค์กรและสังคม การทำงานเป็นทีมยังช่วยลดหลอมความสามัคคี สร้างความผูกพันและหล่อเลี้ยงจิตสำนึกในการทำงานเพื่อเป้าหมายเดียวกันอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน สอดคล้องกับ เมธี ตั้งสิริพัฒนา [19] กล่าวว่า การมีส่วนร่วมและทำงานเป็นทีมเชิงนวัตกรรม หมายถึง การเป็นผู้บริหารสถานศึกษาที่เปิดโอกาสให้ครูเข้ามามีส่วนร่วมกันคิดวางแผนและทำงานเป็นทีมโดยมีเป้าหมายร่วมกัน ในการแก้ไขและพัฒนาประสิทธิภาพและประสิทธิผลของสถานศึกษา สนับสนุนให้ครูได้ร่วมกันสร้างสรรค์นวัตกรรมที่เป็นประโยชน์ต่อสถานศึกษารวมทั้งนำครูออกไปร่วมงานกับหน่วยงานภายนอกอย่างเต็มความสามารถ และสอดคล้องกับ สิทธิศักดิ์ เพ็ชรยิ้ม [20] ได้ให้ความหมายของการทำงานเป็นทีมไว้ว่า เป็นความสามารถของผู้บริหารโรงเรียน ครูผู้สอน และบุคลากรทางการศึกษาในโรงเรียนที่จะใช้ศิลปะ อำนาจหน้าที่หรืออิทธิพลในการโน้มน้าวใจบุคคล ชักจูงหรือชี้แนะ ปลุกฝังศรัทธาให้สามารถทำงานเป็นกลุ่ม มีการวางแผนการทำงานร่วมกัน การกำหนดบทบาทหน้าที่ในการรับผิดชอบใช้ทรัพยากรร่วมกัน ประสานความรู้ มีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิด มีความสามัคคี มีเป้าหมายเดียวกัน และสามารถนำพาองค์กรไปสู่ความสำเร็จได้

4. ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาวิจัย เรื่อง องค์ประกอบภาวะผู้นำเชิงนวัตกรรมของผู้บริหารสถานศึกษา มีข้อเสนอแนะดังนี้

4.1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

ผู้บริหารสถานศึกษาควรนำองค์ประกอบภาวะผู้นำเชิงนวัตกรรมของผู้บริหารสถานศึกษา ไปปรับใช้ในการบริหารสถานศึกษา เพื่อให้เกิดภาวะผู้นำเชิงนวัตกรรมแก่ผู้บริหารสถานศึกษาซึ่งเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งในยุคการเปลี่ยนแปลง และนำไปพัฒนาคุณภาพการศึกษาตามเป้าหมายที่วางไว้ อีกทั้งยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้สอดคล้องกับบริบทของสถานการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.2. ข้อเสนอแนะเพื่อทำวิจัยครั้งต่อไป

ควรทำการวิจัยเกี่ยวกับแนวทางการพัฒนาภาวะผู้นำเชิงนวัตกรรมของผู้บริหารสถานศึกษา เพื่อใช้ในการบริหารสถานศึกษาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

บทความฉบับนี้สำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์ได้ด้วยความเมตตากรุณาเป็นอย่างสูงจากรองศาสตราจารย์ ดร.พิมลพรรณ เพชรสมบัติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาคำแนะนำและข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. รูปแบบการพัฒนาความสามารถในการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ของครูโดยใช้ชุมชนแห่งการเรียนรู้เชิงวิชาชีพในการศึกษาชั้นเรียนและการชี้แนะโดยพี่เลี้ยงของมหาวิทยาลัย. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารสถานศึกษา มหาวิทยาลัยนเรศวร. 2564.
- [2] พงษ์เสถียร เหลืองลงกต. นวัตกรรมการจัดการภาครัฐ. บริษัท ทริบเพิล กรุ๊ป จำกัด, กรุงเทพฯ. 2565.
- [3] สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. มาตรฐานการศึกษาของชาติ พ.ศ.2561. บริษัท 21 เซ็นจูรี จำกัด, กรุงเทพฯ. 2562.
- [4] ชัยเสฏฐ์ พรหมศรี. ภาวะผู้นำยุคใหม่องค์การยุคใหม่ (Organizational Leadership). ธรรมมกลการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 2561.
- [5] สำนักพัฒนานวัตกรรมการจัดการศึกษา. แนวการพัฒนาโรงเรียนนวัตกรรมพัฒนาผู้เรียนสู่การเป็นนวัตกรรมของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. : ม.ป.ท., กรุงเทพฯ. 2564.
- [6] สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2560 -2579. สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, กรุงเทพฯ. 2560.
- [7] สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545. พรึกหวานกราฟฟิค, กรุงเทพมหานคร. 2545.
- [8] ปนัดดา บุญโสภณ. แนวทางการพัฒนาภาวะผู้นำเชิงนวัตกรรมของผู้บริหารสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาขอนแก่น เขต 3. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารสถานศึกษา วิทยาลัยบัณฑิตเอเชีย. 2566.
- [9] แพรลภา พจนารถ. ภาวะผู้นำเชิงนวัตกรรมเพื่อความสำเร็จในการแข่งขันขององค์กรในศตวรรษที่ 21. วารสารวิทยาการจัดการปริทัศน์, 22(2020) 241-257.
- [10] A. Loader (26 January 2025). Why should you show innovative leadership. Available: <http://blogcastle.co/innovative>.

- [11] พระมหาประยูร ชีรวโร (ตระการ). (2565). วิสัยทัศน์ของผู้บริหารสถานศึกษาสู่ความเป็นเลิศ. วารสารบรรณการศึกษ และมนุษยสังคมศาสตร์ มจร. 23(2022).
- [12] วิบูลย์ จุง. (26 มกราคม 2568). การกำหนดวิสัยทัศน์. สืบค้นจาก <https://sites.google.com/site/>.
- [13] คณิน คำแพง. โมเดลภาวะผู้นำของผู้บริหารสถานศึกษาที่ส่งผลต่อประสิทธิผลของโรงเรียนประถมศึกษาในจังหวัด ขอนแก่น : โมเดลแข่งขันภาวะผู้นำเชิงนวัตกรรมและภาวะผู้นำแบบดิจิทัล. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารสถานศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2563.
- [14] กุลชลี จงเจริญ. ภาวะผู้นำเชิงนวัตกรรม. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช, นนทบุรี. 2562.
- [15] นิชานันท์ วรรณกุล. อิทธิพลของแรงจูงใจในการปฏิบัติงานที่ส่งผลต่อประสิทธิผลการปฏิบัติงานของข้าราชการส่วน ท้องถิ่นในเขตจังหวัดสกลนคร. วิทยานิพนธ์รัฐประศาสนศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร. 2564.
- [16] เสนาะ ดิยาวาร์. (26 มกราคม 2568). แรงจูงใจกับความสำเร็จในงาน. สืบค้นจาก <http://www.swk.ac.th/stech/picturesupload1/LANG52.pdf>.
- [17] พรศักดิ์ อรรถชัยรัตน์. New Normal. โอเคบี, กรุงเทพฯ: (2563)
- [18] P. J. H. Schoemaker, S. Krupp, and S. Howland (10 January 2025). Strategic Leadership: The Essential Skills. Available: <https://hbr.org/2013/01/strategic-leadership-the-essential-skills>.
- [19] เมธี ตั้งสิริพัฒนา. การศึกษาภาวะผู้นำเชิงนวัตกรรมของผู้บริหารสถานศึกษาที่ส่งผลต่อความเป็นพลเมืองดิจิทัลของครู สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษากรุงเทพมหานคร เขต 1. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 2564.
- [20] สิทธิศักดิ์ เพ็ชรยิ้ม. การทำงานเป็นทีมที่ส่งผลต่อประสิทธิผลของโรงเรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 22. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร. 2563.

การเพิ่มประสิทธิภาพการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องฉีดขึ้นรูปบูทข้อต่อความเร็วคงที่ Optimization of Preventive Maintenance for Injection Molding Machines Used in the Production of Constant Velocity Joint Boots

สุชาติ ตะฐา^{1*} ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล¹ และ สหรัตน์ วงศ์ริยะ¹

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

*E-mail: suchart-t@mutp.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องฉีดขึ้นรูปในกระบวนการผลิตบูทข้อต่อความเร็วคงที่ (CV Joint Boot) เนื่องจากปัญหาเครื่องจักรหยุด (Breakdown) การขัดข้องของเครื่องจักรมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพโดยรวมของกระบวนการผลิต การใช้แผนภูมิพาเรโต เพื่อจัดลำดับความสำคัญของปัญหาที่ส่งผลต่อการหยุดทำงาน และการวิเคราะห์ปัญหาเพื่อหาสาเหตุด้วย แผนภูมิเหตุและผล เพื่อหาสาเหตุขัดข้องของเครื่องจักร ผลการวิเคราะห์พบสาเหตุและหาแนวทางแก้ไขปัญหที่สำคัญ และนำไปปฏิบัติการผลิต ผลการดำเนินการพบว่า เครื่องจักรมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยอัตราความพร้อมใช้งาน (Availability) เพิ่มขึ้นจาก 98.83% เป็น 99.86% (เพิ่มขึ้น 1.03%) ระยะเวลาเฉลี่ยก่อนเกิดการขัดข้อง (MTBF) เพิ่มขึ้นจาก 20,903.33 นาที เป็น 105,075 นาที (เพิ่มขึ้น 402.40%) และระยะเวลาเฉลี่ยในการซ่อม (MTTR) ลดลงจาก 201.25 นาที เป็น 20 นาที (ลดลง 90.06%) ผลการวิเคราะห์และจัดการปัจจัยที่มีผลต่อการขัดข้องของเครื่องจักรสามารถนำไปปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิต และเป็นแนวทางประยุกต์ใช้กับเครื่องจักรและกระบวนการอื่นในอุตสาหกรรมต่อไป

คำสำคัญ: เครื่องฉีดขึ้นรูป บูทข้อต่อความเร็วคงที่ ประสิทธิภาพเครื่องจักร การหยุดทำงานของเครื่องจักร

Abstract

This research aims to enhance the efficiency of the injection molding machine used in the production of constant velocity (CV) joint boots, addressing the issue of machine breakdowns that significantly affect the overall production efficiency. A Pareto chart was employed to prioritize the primary causes of machine downtime, followed by a cause-and-effect diagram analysis to identify root causes of the malfunctions. Based on the analysis, key issues were identified, and appropriate corrective measures were implemented in the production process. As a result, machine performance showed significant improvement. The availability rate increased from 98.83% to 99.86% (an improvement of 1.03%). The mean time between failures (MTBF) rose from 20,903.33 minutes to 105,075 minutes (a 402.40% increase), while the mean time to repair (MTTR) decreased from 201.25 minutes to 20 minutes (a reduction of 90.06%). Based on the analysis and management of factors contributing to machine

malfunctions, the findings can be utilized to enhance the efficiency of the production process. Furthermore, they serve as a practical guideline for applying similar improvements to other machinery and processes in various manufacturing industries.

Keywords: Injection molding machine, CV Joint Boot, equipment efficiency, machine

1. บทนำ

ในปัจจุบัน อุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ โดยเฉพาะชิ้นส่วนที่มีความสำคัญต่อระบบส่งกำลัง เช่น ยางหุ้มเพลาขับ (CVJ Boot) มีการแข่งขันอย่างเข้มข้นในด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ยางหุ้มเพลาขับมีหน้าที่สำคัญในการป้องกันไม่ให้ฝุ่นละอองหรือสิ่งสกปรกเข้าสู่ระบบจากรีลล้อของหัวเพลาขับ อีกทั้งยังคงความยืดหยุ่นไว้เพื่อรองรับแรงเคลื่อนไหวขณะใช้งาน หากเกิดการฉีกขาด ย่อมส่งผลให้จารบีสูญเสียประสิทธิภาพในการหล่อลื่น ซึ่งอาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อระบบส่งกำลังตามมาได้ จากข้อมูลของบริษัทผู้ผลิตยางหุ้มเพลาขับแห่งหนึ่งในประเทศไทย พบว่ามียอดการผลิตเฉลี่ย 60,528 ชิ้นต่อเดือน [1] โดยใช้ระบบการผลิตแบบต่อเนื่องที่อาศัยเครื่องจักรเป็นหลัก ดังนั้น การหยุดทำงานของเครื่องจักรโดยไม่คาดคิดย่อมส่งผลกระทบต่อคุณภาพและประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต การบำรุงรักษาเชิงป้องกันจึงกลายเป็นกลยุทธ์สำคัญในการลดความเสี่ยงจากปัญหาดังกล่าว เพื่อรักษาความต่อเนื่องของกระบวนการผลิตและลดต้นทุนที่ไม่จำเป็น

การศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาหลายฉบับได้ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการบำรุงรักษาเชิงป้องกันในการยืดอายุการใช้งานของเครื่องจักรและลดความเสี่ยงของการหยุดทำงาน [2] ที่เน้นการใช้ระบบบำรุงรักษาเชิงป้องกันเพื่อลดอัตราการเสียหายของอุปกรณ์ และพบว่าช่วยลดต้นทุนในการซ่อมบำรุงอย่างมีนัยสำคัญ [3] ได้ศึกษาการลดเวลาสูญเสียของเครื่องจักร CNC Machining Center โดยการวิเคราะห์ข้อมูลการผลิตเพื่อวางแผนการบำรุงรักษาให้สอดคล้องกับสภาพการใช้งานจริง [4] ที่ได้พัฒนาระบบการจัดการตารางบำรุงรักษาเชิงป้องกันในอุตสาหกรรมรีเลย์ ซึ่งช่วยลดอัตราการเสียหายของเครื่องจักรอย่างมีประสิทธิภาพ [5,6] ต่างก็ชี้ให้เห็นถึงประโยชน์ของการบำรุงรักษาเครื่องจักรในกระบวนการผลิต CNC ต่อการลดเวลาหยุดผลิตและการเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ

โครงการวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรในกระบวนการผลิตยางหุ้มเพลาขับ โดยมุ่งเน้นการประยุกต์ใช้แนวทางการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน เพื่อวิเคราะห์สาเหตุของการหยุดทำงานของเครื่องจักรในสายการผลิต ประเมินความเหมาะสมของระบบการบำรุงรักษาที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน และพัฒนาแนวทางการบำรุงรักษาที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น เพื่อลดโอกาสการเกิดความขัดข้องและเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตในภาพรวม

2. วิธีการวิจัย (Research Methodology)

2.1 วิธีการเก็บข้อมูล

การศึกษานี้ดำเนินการเก็บข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพจากการปฏิบัติงานจริงของเครื่องฉีดขึ้นรูป บูทข้อต่อความเร็วคงที่ โดยช่วงเวลาเก็บข้อมูลครอบคลุมระหว่างเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2566 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2567 แหล่งข้อมูลประกอบด้วย:

- รายงานการหยุดทำงานของเครื่องจักร (Downtime Records)
- รายงานการซ่อมบำรุงจากฝ่ายซ่อมบำรุง (Maintenance Logs)
- แบบสอบถามความคิดเห็นของพนักงานเกี่ยวกับการตรวจสอบ การฝึกอบรม และการใช้ระบบควบคุม
- เอกสารวิธีปฏิบัติงาน (Work Instruction: WI) และบันทึกการฝึกอบรม (Training Records)
- ฐานข้อมูลอะไหล่สำรอง เช่น รายการอะไหล่ ระดับการสำรอง และข้อมูลจากระบบ RFID

การรวบรวมข้อมูลจากหลายแหล่งสนับสนุนความครอบคลุมของการวิเคราะห์ พร้อมลดอคติจากการเก็บข้อมูลในระยะสั้น

2.2 วิธีการวิเคราะห์ปัญหา

การวิเคราะห์สาเหตุของการหยุดเครื่องจักรใช้เครื่องมือคุณภาพที่ได้รับการยอมรับในภาคอุตสาหกรรม ได้แก่:

- แผนภูมิพาเรโต (Pareto Chart) เพื่อจำแนกสาเหตุหลักของปัญหาโดยอาศัยหลักการ 80/20
- แผนภูมิก้างปลา (Fishbone Diagram) วิเคราะห์รากของปัญหาภายใต้หัวข้อ "คน-เครื่องจักร-วิธีการ-วัสดุ"
- การเปรียบเทียบค่าดัชนีเชิงสถิติ MTBF, MTTR และ Availability โดยใช้ข้อมูลก่อนและหลังการปรับปรุง พร้อมสูตรมาตรฐาน ดังนี้

ตารางที่ 1 ตัวชี้วัดประสิทธิภาพของเครื่องจักร

ตัวชี้วัด	คำอธิบาย	สูตรการคำนวณ
MTBF	ระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการขัดข้อง	$MTBF = \text{เวลาเครื่องเดินทั้งหมด} / \text{จำนวนครั้งที่หยุด}$
MTTR	ระยะเวลาเฉลี่ยในการซ่อมแต่ละครั้ง	$MTTR = \text{เวลาหยุดรวม} / \text{จำนวนครั้งที่หยุด}$
Availability (%)	ความสามารถในการใช้งานเครื่องจักร	$Availability = MTBF / (MTBF + MTTR) \times 100$

การวิเคราะห์ดังกล่าวช่วยประเมินผลกระทบของการปรับปรุงเชิงเทคนิคอย่างเป็นระบบ

2.3 วิธีการออกแบบแนวทางการปรับปรุง

การปรับปรุงถูกออกแบบโดยอิงจากผลการวิเคราะห์ร่วมกับการประชุมของฝ่ายที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ฝ่ายผลิต ฝ่ายซ่อมบำรุง และฝ่ายวิศวกรรม โดยมีขั้นตอนดังนี้:

- การใช้ผลการวิเคราะห์จากแผนภูมิพาเรโตและแผนภูมิก้างปลาเป็นฐานในการพัฒนามาตรการแก้ไข
 - การดำเนินการประชุมร่วมกันเพื่อกำหนดแนวทางการแก้ไขในเชิงสหวิชาชีพ
 - การนำแนวทางไปปฏิบัติจริง พร้อมบันทึกผล วิเคราะห์ผลลัพธ์ และสรุปผลการวิจัย
- แนวทางการปรับปรุงถูกจัดกลุ่มตามหัวข้อสำคัญ ได้แก่:
- การตรวจสอบเครื่องจักร: ปรับเปลี่ยนจากการตรวจสอบเชิงรับเป็นเชิงป้องกัน
 - การฝึกอบรมพนักงาน: เสริมเนื้อหาด้านระบบไฟฟ้า, PLC, Sensor และการควบคุมผ่าน HMI
 - การบริหารอะไหล่สำรอง: นำระบบ MRP และ RFID มาวิเคราะห์ชนิด ปริมาณ และระดับความสำคัญ
 - การจัดทำ WI ใหม่: พัฒนาให้มีขั้นตอนที่ชัดเจนพร้อมภาพประกอบ เพื่อเพิ่มความเข้าใจและลดความคลาดเคลื่อนในการปฏิบัติงาน

3. ผลการวิจัย (Results)

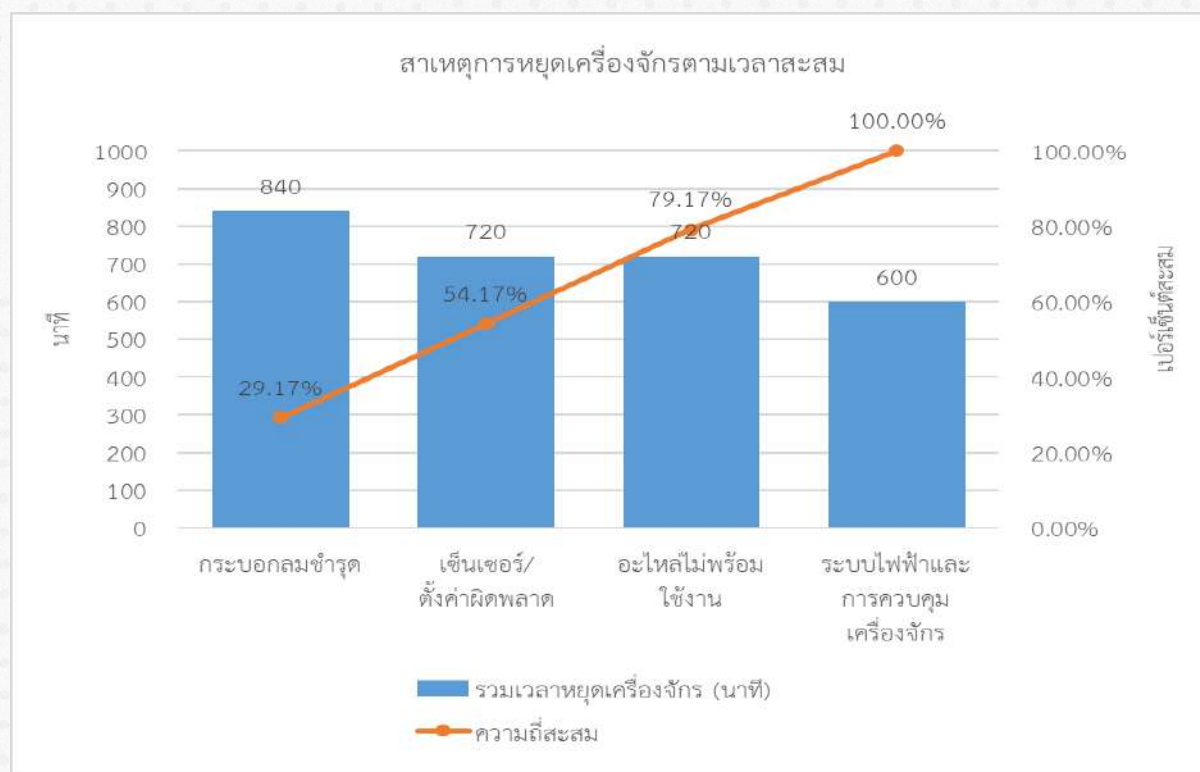
3.1 ผลการเก็บข้อมูล

การรวบรวมข้อมูลช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2566 ถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2567 ครอบคลุมเครื่องจักรในระบบการผลิต ได้แก่ PRESS BLOWER, CHILLER, DRYER, MIXING และ AUTO LOADER พบว่าเครื่องจักร PRESS BLOWER เป็นเครื่องหลักที่มีการหยุดใช้งานมากที่สุด โดยมี ระยะเวลาหยุดเครื่องรวม 2,880 นาที จากทั้งหมด 3,600 นาที และมีความถี่ในการหยุดเครื่อง 12 ครั้งจากทั้งหมด 16 ครั้งในระบบ สาเหตุของการหยุดเครื่อง PRESS BLOWER สามารถจำแนกเป็น 4 ปัจจัยหลัก แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สาเหตุหลักของการหยุดเครื่องจักรพร้อมความถี่และระยะเวลารวม

สาเหตุการหยุดเครื่อง	ความถี่การหยุด(ครั้ง)	ระยะเวลารวม (นาที)
เซ็นเซอร์ / การตั้งค่าผิดพลาด	5	720
ระบบไฟฟ้าและการควบคุมเครื่องจักร	2	600
กระบอกลมชำรุด	4	840
อะไหล่ไม่พร้อมใช้งาน	1	720
รวม	12	2,880

เพื่อจัดลำดับความสำคัญของสาเหตุการหยุดเครื่องจักรตาม “เวลาที่เสียไป” จึงนำหลักการพาเรโต (Pareto Principle) มาใช้ วิเคราะห์พบว่า “กระบอกลมชำรุด” มีผลกระทบมากที่สุด และเมื่อรวมกับ “เซ็นเซอร์” และ “อะไหล่ไม่พร้อมใช้งาน” คิดเป็น 79.17% ของเวลาหยุดเครื่องทั้งหมด ซึ่งสอดคล้องกับหลักการว่า “ปัญหาส่วนน้อยก่อให้เกิดผลกระทบส่วนใหญ่” แสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงแผนภูมิพาเรโตของสาเหตุการหยุดเครื่องจักรตามเวลาสะสม

3.2 ผลการวิเคราะห์ปัญหา

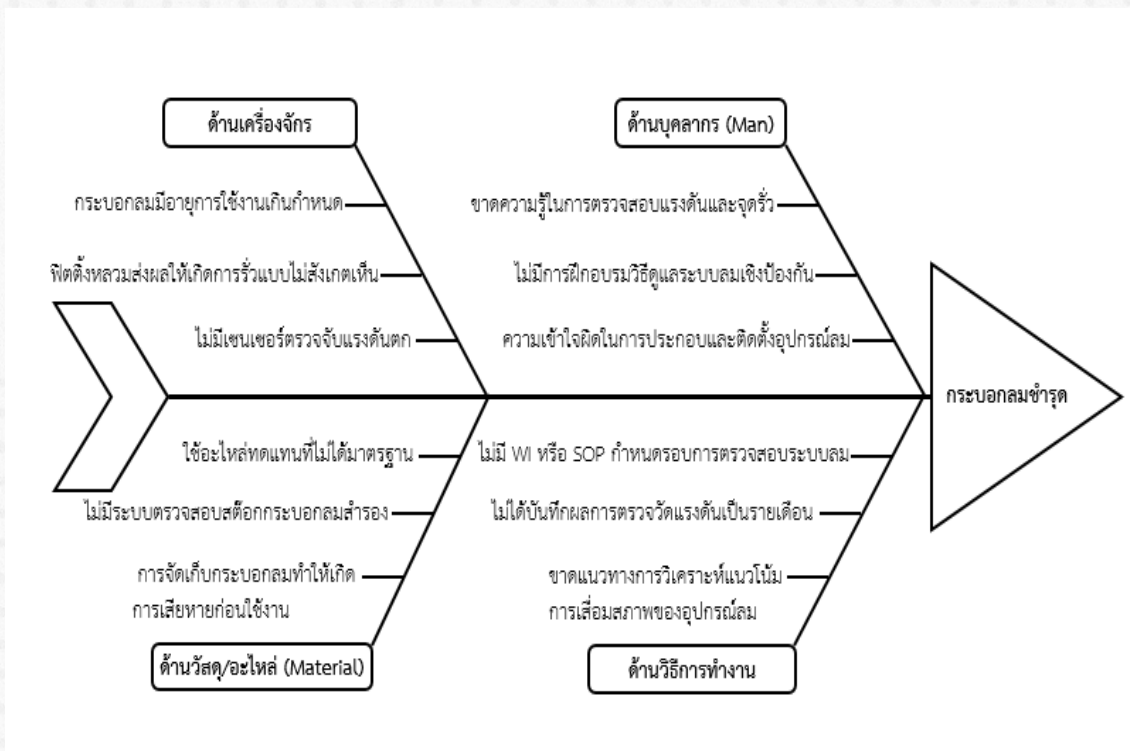
3.2.1 แผนภูมิพาเรโต (Pareto Chart)

แผนภูมินี้ใช้จำแนกสาเหตุหลักโดยวิเคราะห์ "ระยะเวลาหยุดเครื่องสะสม" เพื่อจัดลำดับตามความสำคัญ พบว่าปัญหาหลักมีเพียง 3 รายการที่คิดเป็นเกือบ 80% ของผลกระทบที่เกิดขึ้น สะท้อนถึงความจำเป็นในการจัดการกลุ่มสาเหตุเฉพาะนี้อย่างเร่งด่วน

3.2.2 แผนภูมิแก๊งปลา (Fishbone Diagram)

การวิเคราะห์เชิงลึกของปัญหา "กระบอกลมชำรุด" แสดงให้เห็นรากสาเหตุใน 4 มิติหลัก ดังนี้:

- **ด้านบุคลากร (Man):** ขาดความรู้เกี่ยวกับแรงดัน จุกรั่ว และการประกอบ/ติดตั้งอุปกรณ์ลม ไม่มีการฝึกอบรมเชิงป้องกัน
- **ด้านเครื่องจักร (Machine):** กระบอกลมมีอายุการใช้งานเกินกำหนด พิตติงหลวม ไม่มีเซ็นเซอร์ตรวจจับแรงดันตก
- **ด้านวิธีการทำงาน (Method):** ไม่มี WI หรือ SOP กำหนดรอบการตรวจสอบ ไม่บันทึกแรงดันรายเดือน ขาดการวิเคราะห์แนวโน้มการเสื่อมสภาพ
- **ด้านวัสดุ/อะไหล่ (Material):** ใช้อะไหล่ทดแทนไม่ได้มาตรฐาน ไม่มีระบบตรวจสอบสต็อกสำรอง เกิดความเสียหายจากการจัดเก็บ



ภาพที่ 2 แสดง Fishbone Diagram สำหรับปัญหากระบอกลมชำรุด

3.3 ผลการออกแบบแนวทางการปรับปรุง

ตารางที่ 3 แนวทางการปรับปรุงตามมิติเครื่องมือ Fishbone Diagram และผลลัพธ์ที่คาดหวัง

มิติ	แนวทางการปรับปรุง	ผลลัพธ์ที่คาดหวัง
บุคลากร (Man)	จัดฝึกอบรมการดูแลระบบ จัดทำคู่มือประกอบ การใช้งาน	เพิ่มความรู้ ลดข้อผิดพลาดด้าน การประกอบและตรวจสอบ
เครื่องจักร (Machine)	เปลี่ยนกระบอกลมตามรอบการใช้งาน ติดตั้งเซ็นเซอร์ แรงดันตก	ลดการหยุดแบบไม่คาดคิด เพิ่มค่า MTBF
วิธีการทำงาน (Method)	จัดทำ WI และ SOP พร้อมบันทึกแรงดัน วิเคราะห์ แนวโน้ม	ตรวจพบความเสี่ยงก่อนเกิดการขัดข้อง จริง
วัสดุ/อะไหล่ (Material)	คัดเลือกอะไหล่มาตรฐาน ใช้ RFID และ ABC Analysis บริหารคลัง	ลดค่า MTTR เพิ่มความพร้อมในการซ่อม บำรุง

แนวทางเหล่านี้สอดคล้องกับหลักการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) และสนับสนุนเป้าหมายด้านความพร้อมใช้งานของระบบเครื่องจักรอย่างยั่งยืน

อย่างไรก็ตาม แนวทางดังกล่าวอาจมีข้อจำกัดบางประการ อาทิ เช่น ต้องจัดเตรียมอะไหล่ที่มีค่าใช้จ่ายสูง หรือจำเป็นต้องมีบุคลากรที่มีทักษะเฉพาะทางในการปฏิบัติงาน

3.4 อภิปรายผล (Discussion)

3.4.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องจักรก่อนและหลังการปรับปรุง

การดำเนินโครงการปรับปรุงการบำรุงรักษาเชิงป้องกันส่งผลให้เครื่องจักรมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นอย่างชัดเจนในเชิงเทคนิค โดยสามารถเปรียบเทียบได้จาก **ดัชนีชี้วัดหลัก** ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของเครื่องจักรก่อนและหลังการปรับปรุง

ดัชนีชี้วัด	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	การเปลี่ยนแปลง (%)
Availability	98.83%	99.86%	+1.03%
MTBF (นาทีก)	20,903.33	105,075.00	+402.40%
MTTR (นาทีก)	201.25	20.00	-90.06%

- ค่า MTBF เพิ่มขึ้นมากกว่า 5 เท่า สะท้อนถึงความเสถียรของระบบที่สูงขึ้นหลังการปรับปรุง
- ค่า MTTR ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ แสดงถึงความสามารถในการซ่อมแซมที่รวดเร็วขึ้น
- ค่าการ Availability ที่สูงขึ้นเป็นเครื่องบ่งชี้ถึงความต่อเนื่องและความพร้อมของเครื่องจักรในการผลิต

3.4.2 การวิเคราะห์สาเหตุของการหยุดเครื่องโดยใช้หลักการพาเรโต (Pareto Principle)

ผลการวิเคราะห์สาเหตุการหยุดเครื่อง ก่อนการปรับปรุง ตามหลักการพาเรโตแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สาเหตุการหยุดเครื่องจักร พร้อมความถี่ ระยะเวลาหยุด และสัดส่วนของเวลาหยุดทั้งหมด

สาเหตุ	ความถี่ (ครั้ง)	เวลาหยุด (นาที)	สัดส่วนของเวลาหยุด (%)
เซ็นเซอร์ / ตั้งค่าผิดพลาด	5	720	25.00%
กระบอกลมชำรุด	4	840	29.17%
ระบบไฟฟ้าและความคุม	2	600	20.83%
อะไหล่ไม่พร้อมใช้งาน	1	720	25.00%
รวมทั้งหมด	12	2,880	100.00%

ผลการวิเคราะห์พบว่า สาเหตุหลัก 3 อันดับแรกคิดเป็น 79.17% ของเวลาหยุดเครื่องทั้งหมด ซึ่งสอดคล้องกับหลักพาเรโตที่ระบุว่า “สาเหตุส่วนน้อยก่อให้เกิดผลกระทบส่วนใหญ่”

3.4.3 ผลลัพธ์จากการปรับปรุงตามแผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram)

จากการวิเคราะห์รากสาเหตุของปัญหา “กระบอกลมชำรุด” โดยใช้ Fishbone Diagram พบว่าสามารถออกแบบมาตรการแก้ไขที่ครอบคลุมทั้ง 4 ด้านหลัก แสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 มาตรการปรับปรุงตามมิติของแผนภูมิก้างปลา และผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น

มิติการวิเคราะห์	มาตรการปรับปรุงที่ดำเนินการ	ผลลัพธ์ที่ได้
บุคลากร (Man)	จัดฝึกอบรมการตรวจสอบระบบลมและไฟติดตั้ง	ลดข้อผิดพลาดจากการใช้งานและติดตั้ง
เครื่องจักร (Machine)	ติดตั้งเซ็นเซอร์แรงดันอัตโนมัติ / เปลี่ยนอุปกรณ์ตามอายุ	ลดเหตุฉุกเฉิน เพิ่ม MTBF
วิธีการ (Method)	จัดทำ WI / SOP / บันทึกแรงดันเป็นประจำ	เพิ่มมาตรฐานการบำรุงรักษา
วัสดุ/อะไหล่ (Material)	จัดการคลังอะไหล่ด้วย RFID และวิเคราะห์ด้วย ABC	ลด MTTR เพิ่มความแม่นยำในการเบิกจ่าย

การดำเนินการเหล่านี้ช่วยให้ ความถี่ในการหยุดเครื่องลดลง และ เวลาการหยุดเฉลี่ยสั้นลง อย่างเห็นได้ชัดเจน

3.4.4 สรุปการอภิปราย

การเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุงแสดงให้เห็นว่า แนวทางการออกแบบเชิงระบบ โดยอิงจากข้อมูลจริง ทั้งในเชิงสถิติและคุณภาพ สามารถเสริมสร้างความเสถียรและประสิทธิภาพของเครื่องจักรในระบบผลิตได้อย่างเป็นรูปธรรม มีศักยภาพในการขยายผลไปยังสายการผลิตอื่น ๆ ที่มีลักษณะใกล้เคียงกันและสนับสนุน แนวทางการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) ที่ยั่งยืน

4. สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยนี้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ด้วยหลักพาเรโต พบว่า 3 สาเหตุหลัก ได้แก่ เซ็นเซอร์ผิดพลาด, กระบอกลมชำรุด, และอะไหล่ไม่พร้อมใช้งาน คิดเป็นกว่า 79% ของเวลาหยุดเครื่องทั้งหมด

การออกแบบแนวทางปรับปรุง ได้แก่ การจัดทำ WI, ผูกอบรมเจ้าหน้าที่ และการจัดการอะไหล่ด้วย RFID ส่งผลให้ดัชนีประสิทธิภาพของเครื่องจักรดีขึ้นชัดเจน

- **Availability** เพิ่มขึ้นจาก 98.83% เป็น 99.86%
- **MTBF** เพิ่มขึ้นกว่า 400%
- **MTTR** ลดลงกว่า 90% ช่วยลดต้นทุนในการซ่อมแซมแก้ไข เช่น ค่าแรง ค่าเสียโอกาสในการผลิต หรือ Downtime

แสดงให้เห็นว่าการปรับปรุงเชิงระบบตามรากสาเหตุสามารถลดความถี่และระยะเวลาการหยุดเครื่องได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถขยายผลสู่ระบบผลิตอื่นในโรงงานได้อย่างยั่งยืน

5. กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้การสนับสนุนทางวิชาการและโอกาสในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้

ข้าพเจ้าขอแสดงความขอบคุณเป็นอย่างยิ่งต่อ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้ให้คำแนะนำอย่างใกล้ชิดตลอดกระบวนการศึกษา รวมถึง เพื่อนร่วมงานและเจ้าหน้าที่ในสายการผลิต ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลและอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลภาคสนาม

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอขอบคุณ ครอบครัวและผู้ที่อยู่เบื้องหลังทุกท่าน ที่คอยให้กำลังใจ สนับสนุน และเป็นพลังสำคัญที่ช่วยให้การวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] บริษัทผู้ผลิตยางหุ้มเพลาลับ. จำนวนการผลิตยางหุ้มเพลาลับในปี 2567.
- [2] ดนัย สาหรัยทอง. การวิเคราะห์เหตุขัดข้องของเครื่องจักรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน กรณีศึกษา: โรงงานผลิตชิ้นส่วนรถจักรยานยนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2543
- [3] ประโยชน์ ยลวิลาศ. การนำระบบบำรุงรักษาเชิงป้องกันมาใช้เพื่อลดอัตราการเสียของอุปกรณ์ เชื่อมต่อในสายการผลิต กล้องถ่ายภาพดิจิทัล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาการจัดการทางวิศวกรรม. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต. 2555
- [4] สุกชัย เป้าอุฬาล. การลดเวลาสูญเสียของเครื่องจักร CNC Machining Center ด้วยวิธีการบำรุงรักษาโดยมุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลาง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาการจัดการงานวิศวกรรม. นครปฐม: มหาวิทยาลัยศิลปากร. 2556
- [5] เกษม รุ่งเรือง. การวางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องจักรในอุตสาหกรรมรีเลย์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต. 2552
- [6] กิตติพิชญ์ มนต์ขลัง. การบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องจักรซีเอ็นซีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในสายการผลิต. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาการจัดการทางวิศวกรรม. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต. 2563

**การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนเว็บสำหรับการยืม-คืนอุปกรณ์ : กรณีศึกษา
สาขาวิชาวิทยาการคำนวณและเทคโนโลยีดิจิทัล มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ**
**Development of a Web Application for Equipment Borrowing and Returning:
A Case Study of the Department of Computing and Digital Technology,
Huachiew Chalermprakiet University**

สุกัลป์ ชัยปิยวุฒิรักษ์¹ ธนกร ปิ่นสุข¹ สุธีรา พึ่งสวัสดิ์^{2*} และนฤติ บุรณะจรรยากุล²

¹ สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

² สาขาวิชาวิทยาการคำนวณและเทคโนโลยีดิจิทัล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

*E-mail: aj-tarn@hotmail.com

บทคัดย่อ

การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนเว็บสำหรับการยืม-คืนอุปกรณ์ กรณีศึกษาสาขาวิชาวิทยาการคำนวณและเทคโนโลยีดิจิทัล มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ มีวัตถุประสงค์เพื่ออำนวยความสะดวกในการจัดการข้อมูลการยืม-คืนอุปกรณ์ การเรียนการสอน ลดความซ้ำซ้อนในการทำงานของเจ้าหน้าที่ เพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการแก่ผู้ใช้งาน ระบบที่พัฒนารองรับการใช้งานผ่านเว็บแอปพลิเคชัน ผ่านฟังก์ชันหลัก ได้แก่ การค้นหาอุปกรณ์ การส่งคำขอยืม การจองล่วงหน้า การจัดการข้อมูลอุปกรณ์ และระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติ ระบบพัฒนาด้วยเฟรมเวิร์ก Next.js และ MySQL ในการจัดเก็บข้อมูล ผลการทดลองใช้งานพบว่า ระบบสามารถนำไปใช้งานจริงได้ตรงตามความต้องการขององค์กร โดยผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้เกี่ยวกับการยืม-คืนอุปกรณ์อยู่ในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ย ($\bar{X} = 4.62$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D. = 0.51$) ซึ่งระบบที่พัฒนามีความสะดวกต่อการใช้งาน ข้อมูลมีความชัดเจน สามารถตอบสนองความต้องการได้ในระดับดี ส่งผลให้ระบบสามารถนำไปใช้งานจริงในบริบทของการจัดการอุปกรณ์ และมีศักยภาพในการพัฒนาต่อยอดเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในหน่วยงานอื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ระบบยืม-คืน โปรแกรมประยุกต์บนเว็บ อุปกรณ์คอมพิวเตอร์

Abstract

The objective of the Department of Computing and Digital Technology's Development of a Web Application for Equipment Borrowing and Returning: A Case Study of Huachiew Chalermprakiet University is to improve the efficiency of service delivery for users, reduce redundancy in administrative tasks, and simplify the management of teaching equipment borrowing, returning data. The system that has been developed is a web application that includes essential functionalities such as equipment search, borrowing request submission, advance reservation, equipment data management, and an automated notification system. MySQL for the database and the Next.js framework were used in the system's development. The experimental results indicate that the system can be effectively implemented to

satisfy the organization's requirements. The user satisfaction evaluation for equipment borrowing and returning scored the highest among all criteria, with a mean of 4.62 and a standard deviation of 0.51. The system was discovered to be user-friendly, with responsive functionality and clear information that effectively satisfies user needs. Consequently, the system can be practically applied in equipment management contexts and has the potential to be further developed and adapted for use in other departments or organizations with efficiency.

Keywords: Borrowing and Returning System, Web Application, Computer Equipment

1. บทนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีสารสนเทศมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาระบบบริหารจัดการภายในองค์กร โดยเฉพาะในสถานศึกษา ซึ่งมีกระบวนการดำเนินงานที่ต้องอาศัยความถูกต้อง รวดเร็ว สามารถติดตามข้อมูลย้อนหลังได้อย่างมีประสิทธิภาพ [1] หนึ่งในภารกิจสำคัญของฝ่ายสนับสนุนการเรียนการสอน คือการจัดการอุปกรณ์การเรียนการสอนที่ต้องให้บริการแก่คณาจารย์และนักศึกษา โดยเฉพาะกระบวนการยืม-คืนอุปกรณ์ที่ยังมีการดำเนินงานด้วยวิธีการบันทึกข้อมูลแบบดั้งเดิม เช่น การใช้กระดาษ หรือไฟล์เอกสาร ซึ่งเสี่ยงต่อความผิดพลาด การสูญหายของข้อมูล ยากต่อการติดตามสถานะการยืม-คืนอุปกรณ์ [2]

การยืม-คืนอุปกรณ์สำหรับการเรียนการสอนในสาขาวิชาวิทยาการคำนวณและเทคโนโลยีดิจิทัล มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ ยังคงใช้วิธีการบันทึกข้อมูลด้วยกระดาษ จัดเก็บในรูปแบบแฟ้มเอกสาร ส่งผลให้เกิดปัญหาต่าง ๆ เช่น ข้อมูลสูญหาย การค้นหาอุปกรณ์ล่าช้า ไม่สามารถตรวจสอบสถานะการยืม-คืนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และการอนุมัติค่าขอยืมซ้ำซ้อน ซึ่งทำให้การบริหารจัดการไม่มีประสิทธิภาพ เกิดข้อผิดพลาดได้ง่าย ด้วยลักษณะการเรียนการสอนที่ใช้อุปกรณ์หลากหลาย เช่น กล้องเว็บแคม ไมโครโฟน อุปกรณ์ IoT และอุปกรณ์เครือข่ายคอมพิวเตอร์ จึงจำเป็นต้องมีระบบที่สามารถบริหารจัดการอุปกรณ์ได้อย่างเป็นระบบ ลดเวลาในการดำเนินการ เพิ่มความโปร่งใสในกระบวนการ

ปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการจัดเก็บข้อมูลต่าง ๆ เช่น ระบบสารสนเทศสำหรับการยืม-คืนอุปกรณ์เครื่องแก้วและครุภัณฑ์ห้องปฏิบัติการ [3] ซึ่งได้รับการพัฒนาในรูปแบบโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ เพื่อบริหารจัดการข้อมูลอุปกรณ์ดังกล่าว และระบบการยืม-คืนครุภัณฑ์ออนไลน์ [4] ซึ่งพัฒนาเป็นโปรแกรมประยุกต์บนเว็บด้วยแพลตฟอร์มคสสาร โดยมีฟังก์ชันแจ้งเตือนสถานะการยืม-คืนของอุปกรณ์ ทำให้ลดปัญหาของการยืมคืนครุภัณฑ์และติดตามสถานะได้อย่างรวดเร็ว

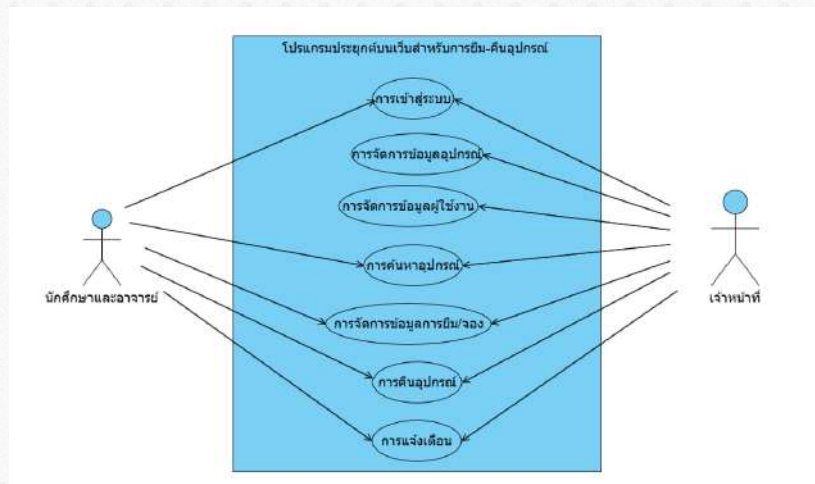
จากการศึกษาและปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงเสนอแนวทางการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนเว็บสำหรับการยืม-คืนอุปกรณ์ โดยรองรับฟังก์ชันสำคัญ เช่น การค้นหาอุปกรณ์ การส่งคำขอยืม การจองล่วงหน้า การจัดการข้อมูลอุปกรณ์ พร้อมระบบแจ้งเตือนผ่าน SMS และอีเมล เพื่อช่วยลดการลืมนัดหรือสูญหายของอุปกรณ์ ระบบนี้ช่วยลดข้อผิดพลาดจากการจัดการด้วยมือ เพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของเจ้าหน้าที่ ลดระยะเวลาดำเนินการ สนับสนุนการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังช่วยยกระดับประสิทธิภาพการใช้งานของนักศึกษา อาจารย์และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการให้ดียิ่งขึ้น

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

- 2.1.1 ศึกษาความเป็นไปได้ และกำหนดปัญหาของระบบ
- 2.1.2 วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในขั้นที่ 1 โดยวิเคราะห์ปัญหา และความต้องการของผู้ใช้งาน
- 2.1.3 วิเคราะห์และออกแบบระบบโดยทำการออกแบบสถาปัตยกรรมระบบ

นำข้อมูลความต้องการที่รวบรวมได้ มาทำการวิเคราะห์เพื่อให้ได้ความต้องการที่แท้จริง เพื่อใช้ในขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาโปรแกรม โดยในการวิเคราะห์จะนำเสนอด้วย Use Case Diagram เพื่อให้ทราบถึงขอบเขตของระบบโดยรวมฟังก์ชันการทำงาน แผนภาพแสดงข้อมูลการทำงานของอาจารย์ นักศึกษา และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ แสดงได้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 Use Case Diagram โปรแกรมประยุกต์บนเว็บสำหรับการยืม-คืนอุปกรณ์

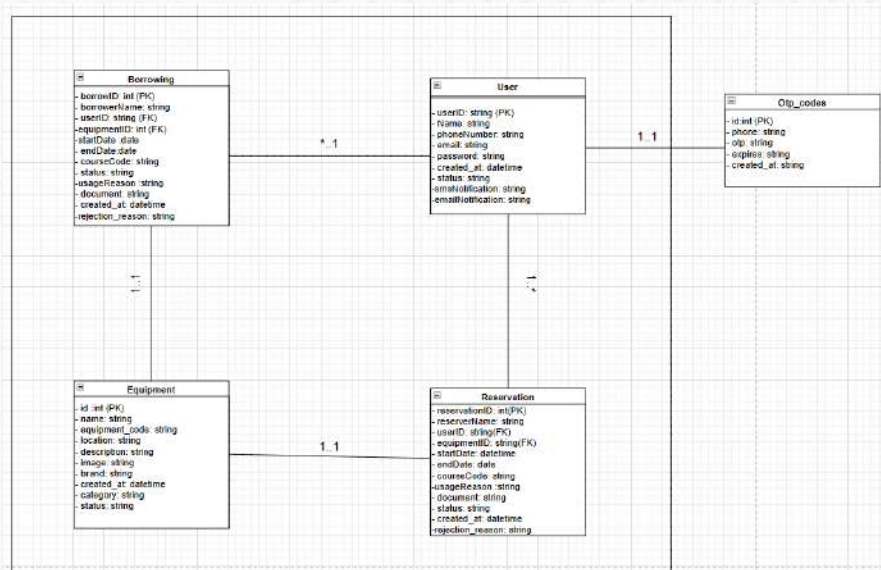
จากภาพที่ 1 แสดงโครงสร้างและการทำงานของโปรแกรมประยุกต์บนเว็บสำหรับการยืม-คืนอุปกรณ์ กรณีศึกษาสาขาวิชาวิทยาการคำนวณและเทคโนโลยีดิจิทัล มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ ซึ่งสามารถแบ่งผู้ใช้งานระบบออกเป็น 2 ประเภทหลัก ได้แก่ นักศึกษาและอาจารย์ และเจ้าหน้าที่ โดยการทำงานของระบบแบ่งออกเป็น 7 ส่วน (Use Case) ที่สำคัญ ดังนี้

- 1) การเข้าสู่ระบบ: นักศึกษา อาจารย์ และเจ้าหน้าที่ที่สามารถเข้าสู่ระบบด้วยข้อมูลบัญชีที่ลงทะเบียนไว้ โดยระบบจะตรวจสอบสิทธิ์ผ่าน NextAuth.js เพื่อความปลอดภัยของข้อมูล
- 2) การจัดการข้อมูลอุปกรณ์: เจ้าหน้าที่ที่สามารถเพิ่ม ลบ และแก้ไขข้อมูลอุปกรณ์ เช่น ชื่ออุปกรณ์ หมวดหมู่ ยี่ห้อ รุ่น และสถานะของอุปกรณ์
- 3) การจัดการข้อมูลผู้ใช้งาน: เจ้าหน้าที่สามารถจัดการข้อมูลของนักศึกษาและอาจารย์ เช่น การเพิ่มผู้ใช้ใหม่ แก้ไขข้อมูลส่วนตัว และลบข้อมูลผู้ใช้งาน
- 4) การค้นหาอุปกรณ์: นักศึกษาและอาจารย์สามารถค้นหาอุปกรณ์ที่ต้องการยืมได้ เช่น ค้นหาตามชื่ออุปกรณ์ หมวดหมู่ หรือสถานะของอุปกรณ์ เพื่อใช้ในการส่งคำขอยืมหรือจองอุปกรณ์ ขณะเดียวกันเจ้าหน้าที่สามารถใช้ฟังก์ชันนี้ในการตรวจสอบสถานะการใช้งาน ดูข้อมูลอุปกรณ์ที่กำลังถูกยืมหรือจอง รวมถึงใช้ในการจัดการข้อมูลอุปกรณ์เพิ่มเติมได้
- 5) การจัดการข้อมูลการยืมและการจองอุปกรณ์: นักศึกษาและอาจารย์สามารถยืมหรือจองอุปกรณ์ผ่านระบบ และเจ้าหน้าที่จะเป็นผู้อนุมัติหรือปฏิเสธคำขอยืมหรือจองตามความพร้อมใช้งานของอุปกรณ์

6) การคืนอุปกรณ์: เมื่อนักศึกษาและอาจารย์นำอุปกรณ์มาคืน เจ้าหน้าที่จะตรวจสอบสภาพอุปกรณ์ และหากไม่มีความเสียหายหรือสูญหาย ระบบจะอัปเดตสถานะของอุปกรณ์ให้พร้อมใช้งานอีกครั้ง

7) การแจ้งเตือน: ระบบจะใช้ Twilio API ส่งการแจ้งเตือนให้แก่นักศึกษาและอาจารย์ผ่านทาง SMS หรือ อีเมล เพื่อให้ทราบเหตุการณ์สำคัญ เช่น การยืนยัน OTP ในขั้นตอนสมัครรหัสผ่าน การอนุมัติหรือปฏิเสธคำขอยืมอุปกรณ์ การยืนยันการจอง และการกำหนดวันคืนอุปกรณ์ นอกจากนี้ ระบบยังสามารถส่งแจ้งเตือนเมื่ออุปกรณ์ใกล้ถึงกำหนดคืน หรือเมื่ออุปกรณ์ที่จองไว้พร้อมให้ยืม เพื่อช่วยให้ผู้ใช้งานไม่พลาดข้อมูลสำคัญ และป้องกันปัญหาการยืมเกินกำหนด

ในส่วนของการออกแบบฐานข้อมูลแสดงด้วยแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของคลาสต่าง ๆ ในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนเว็บสำหรับการยืม-คืนอุปกรณ์



ภาพที่ 2 Class Daigram โปรแกรมประยุกต์บนเว็บสำหรับการยืม-คืนอุปกรณ์

2.1.4 พัฒนาระบบและทดสอบระบบ

2.1.5 เก็บรวบรวมข้อมูล สรุป วิเคราะห์ และจัดทำคู่มือการใช้งานระบบ

2.2 เครื่องมือการวิจัย

แบบสอบถามความพึงพอใจการใช้งานโปรแกรมประยุกต์บนเว็บสำหรับการยืม-คืนอุปกรณ์

2.3 กลุ่มเป้าหมาย/ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ นักศึกษาและอาจารย์ จำนวน 30 คน และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ จำนวน 5 คน

2.4 สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความคิดเห็น แบบประเมินความพึงพอใจของระบบได้กำหนดเกณฑ์ตามวิธีของลิเคอร์ท (Likert's Scale) ของ Faye Anderson [5] โดยจะให้คะแนนในส่วนของแต่ละหัวข้อตามความเหมาะสมซึ่งมีลำดับตามความหมายของคะแนน เกณฑ์ประกอบด้วยมาตราส่วนประเมินค่าเชิงคุณภาพ 5 ระดับ (Rating Scale) ดังนี้

- ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 – 5.00 หมายความว่า ระดับมากที่สุด
- ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.51 – 4.50 หมายความว่า ระดับมาก
- ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.51 – 3.50 หมายความว่า ระดับปานกลาง
- ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.51 – 2.50 หมายความว่า ระดับน้อย
- ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.00 – 1.50 หมายความว่า ระดับน้อยที่สุด

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

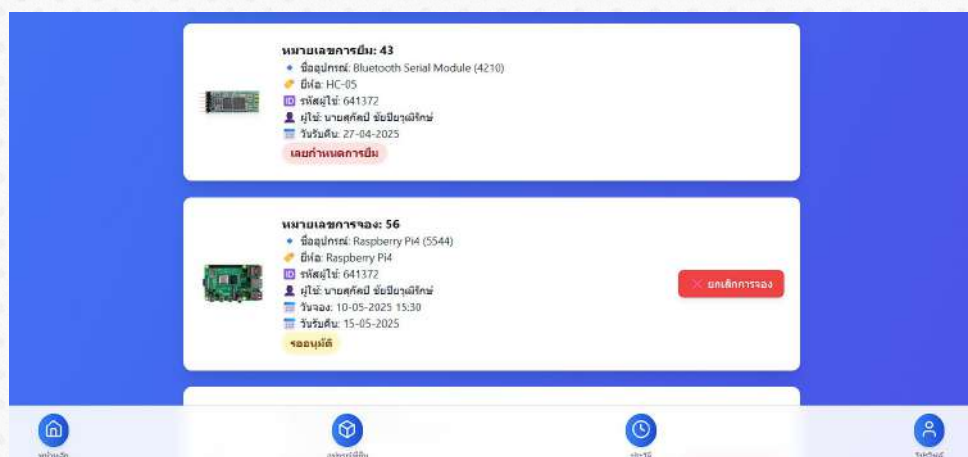
3.1 ผลการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนเว็บสำหรับการยืม-คืนอุปกรณ์ ภาควิชาสาขาวิทยาการคำนวณและเทคโนโลยีดิจิทัล มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนเว็บสำหรับการยืม-คืนอุปกรณ์ โดยนำข้อมูลจากการศึกษาการวิเคราะห์ออกแบบระบบมาพัฒนาเป็นเว็บแอปพลิเคชัน ในส่วนของนักศึกษาและอาจารย์ แสดงดังภาพที่ 1 ถึง 3



ภาพที่ 3 หน้าจอส่วนของการยืม หรือจองอุปกรณ์ล่วงหน้า

จากภาพที่ 3 หน้าจอการยืมหรือจองอุปกรณ์ล่วงหน้าเป็นส่วนที่ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกอุปกรณ์ที่ต้องการใช้งานล่วงหน้าได้ โดยมีระบบค้นหาและแสดงรายการอุปกรณ์ที่สามารถยืมหรือจอง พร้อมแสดงรายละเอียด เช่น ชื่ออุปกรณ์ รหัสอุปกรณ์ หมวดหมู่ และรายละเอียด ผู้ใช้สามารถเลือกช่วงวันที่ต้องการใช้งานผ่านปฏิทิน ตรวจสอบความพร้อมของอุปกรณ์ และกรอกแบบฟอร์มเพื่อยืนยันการยืมหรือจอง



ภาพที่ 4 หน้าจอแสดงสถานะการยืม หรือจองอุปกรณ์ล่วงหน้า

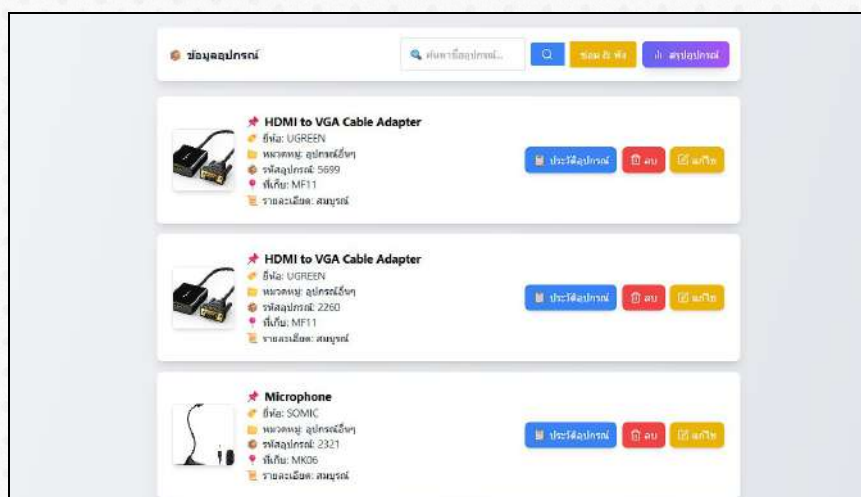
จากภาพที่ 4 เมื่อมีการยืมหรือจองอุปกรณ์ ระบบจะเปลี่ยนสถานะเป็น “รออนุมัติ” และส่งคำร้องแจ้งเตือนไปยังเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเพื่อดำเนินการอนุมัติ หากเจ้าหน้าที่อนุมัติหรือปฏิเสธ ระบบจะปรับสถานะเป็น “อนุมัติ” หรือ “ปฏิเสธ” โดยอัตโนมัติ ผู้ใช้สามารถยกเลิกรายการได้ด้วยตนเองภายหลัง ทั้งนี้ การคืนอุปกรณ์จะต้องผ่านการตรวจสอบโดยเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ เมื่อการตรวจสอบเสร็จสิ้น ระบบจะปรับสถานะเป็น “คืนแล้ว” หากผู้ใช้คืนอุปกรณ์ล่าช้ากว่ากำหนด ระบบจะแสดงสถานะเป็น “เลยกำหนดการยืม” และส่งการแจ้งเตือนผ่านอีเมลก่อนถึงวันครบกำหนด รวมถึงเมื่อเกินกำหนดแล้ว



ภาพที่ 5 หน้าจอแสดงข้อมูลประวัติการยืม-คืน

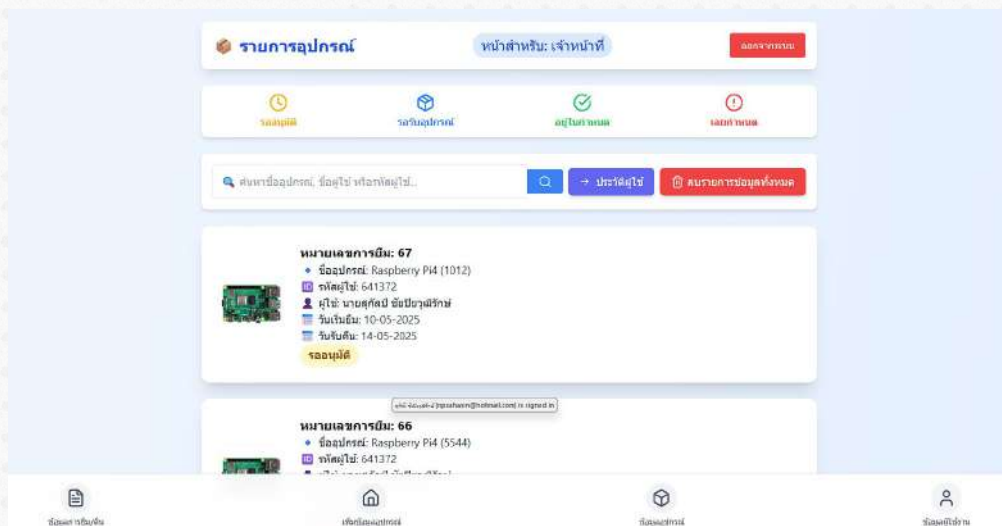
จากภาพที่ 5 นักศึกษาและอาจารย์สามารถเรียกดูข้อมูลรายการการยืม-คืนอุปกรณ์ของผู้ใช้งานแต่ละราย ประกอบด้วยข้อมูลสำคัญ เช่น ชื่ออุปกรณ์ รหัสอุปกรณ์ วันที่ยืม วันที่คืน สถานะการยืม-คืน และเหตุผล (หากถูกปฏิเสธ) ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบย้อนหลังการใช้งานอุปกรณ์ได้อย่างชัดเจน

ในส่วนของการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนเว็บสำหรับการยืม-คืนอุปกรณ์ของเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ แสดงดังภาพที่ 4 ถึง 6



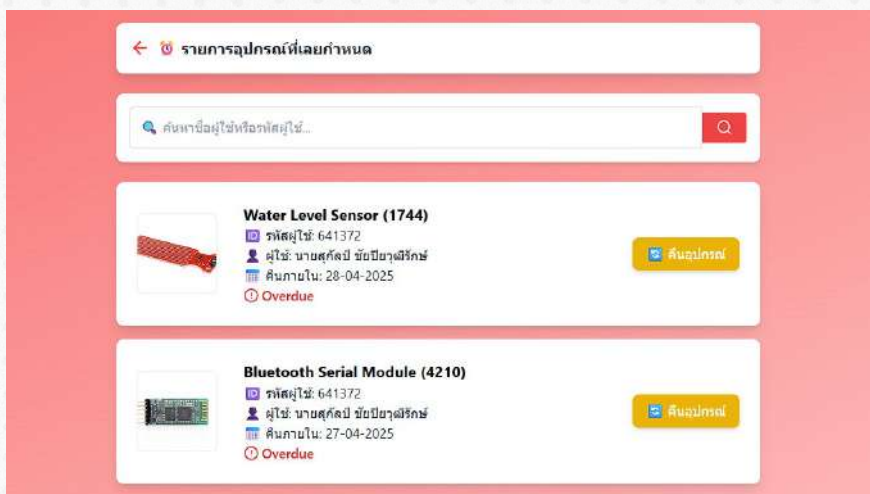
ภาพที่ 6 หน้าจอแสดงการจัดการข้อมูลอุปกรณ์ของเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ

จากภาพที่ 6 หน้าจอแสดงการจัดการข้อมูลอุปกรณ์ของเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยให้สามารถบริหารจัดการอุปกรณ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยระบบจะแสดงรายการอุปกรณ์ทั้งหมดพร้อมรายละเอียด เช่น รหัสอุปกรณ์ ชื่ออุปกรณ์ หมวดหมู่ ตำแหน่งที่เก็บ และสถานะ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการสามารถเพิ่ม แก้ไข หรือลบข้อมูลอุปกรณ์ได้ รวมถึงตรวจสอบสถานะการยืม-คืน และประวัติการใช้งานของแต่ละรายการ



ภาพที่ 7 หน้าจอแสดงข้อมูลสถานะการยืม-คืน อุปกรณ์ทั้งหมด

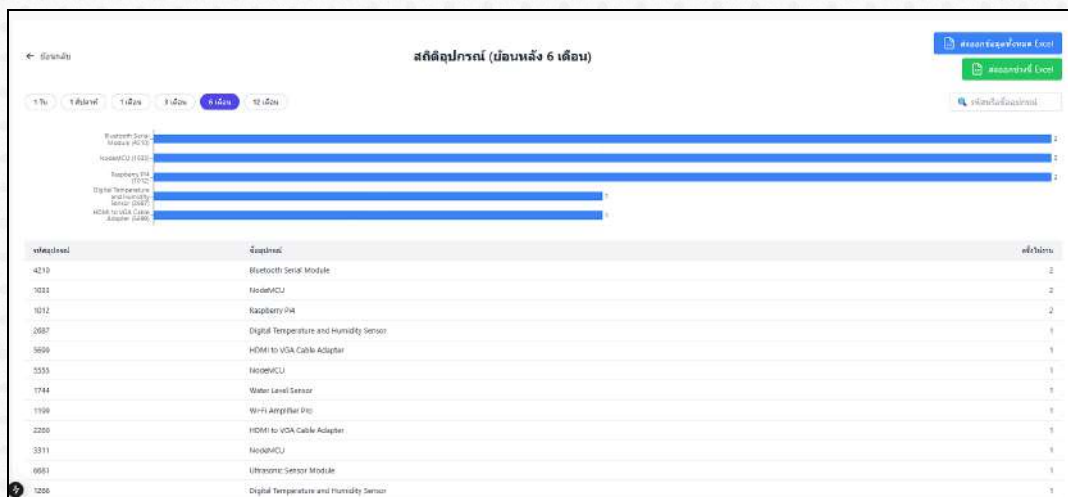
จากภาพที่ 7 ระบบมีการแจ้งเตือนคำร้องขอยืมหรือจองอุปกรณ์ เพื่อให้เจ้าหน้าที่สามารถอนุมัติหรือปฏิเสธได้ทันที รวมถึงตรวจสอบและยืนยันการคืนอุปกรณ์ผ่านหน้าจอนี้ได้โดยตรง พร้อมทั้งแสดงสถานะอุปกรณ์ที่เลยกำหนดหรืออยู่ระหว่างดำเนินการ เพื่อให้สามารถติดตามและจัดการได้อย่างเป็นระบบ



ภาพที่ 8 หน้าจอแสดงการคืนอุปกรณ์ที่เลยกำหนด

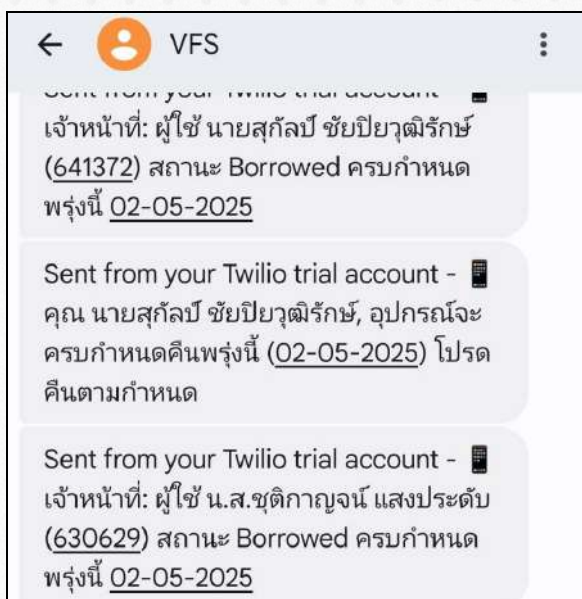
จากภาพที่ 8 หน้าจอแสดงการคืนอุปกรณ์ที่เลยกำหนดถูกออกแบบมาเพื่อให้เจ้าหน้าที่สามารถตรวจสอบรายการอุปกรณ์ที่ผู้ใช้นำมาคืนหลังจากวันครบกำหนดได้อย่างชัดเจน โดยระบบจะแสดงรายละเอียดของรายการ เช่น ชื่อผู้ยืม รหัสอุปกรณ์ วันที่ครบกำหนด และวันที่คืนจริง พร้อมคำนวณค่าปรับโดยอัตโนมัติตามระยะเวลาที่เกินกำหนด เจ้าหน้าที่สามารถ

ยืนยันการคืน บันทึกรายการชำระค่าปรับผ่านหน้าจอนี้ได้ทันที เพื่อความถูกต้อง โปร่งใสในการดำเนินงาน โดยจะทำการตรวจสอบสภาพอุปกรณ์ก่อนคืน ทำการเปลี่ยนสถานะหากเกิดการซ่อมบำรุง นอกจากนี้ยังมีส่วนการแสดงสถิติการยืม-คืน เช่น อุปกรณ์ยอดนิยม อุปกรณ์ชำรุดบ่อยที่สุด และ Dashboard วิเคราะห์พฤติกรรมการใช้งาน ซึ่งแสดงถึงจำนวนการยืมอุปกรณ์ ช่วงระยะเวลาที่มีการยืมอุปกรณ์ เพื่อช่วยการวางแผนจัดซื้อหรือบำรุงรักษา ดังภาพที่ 9

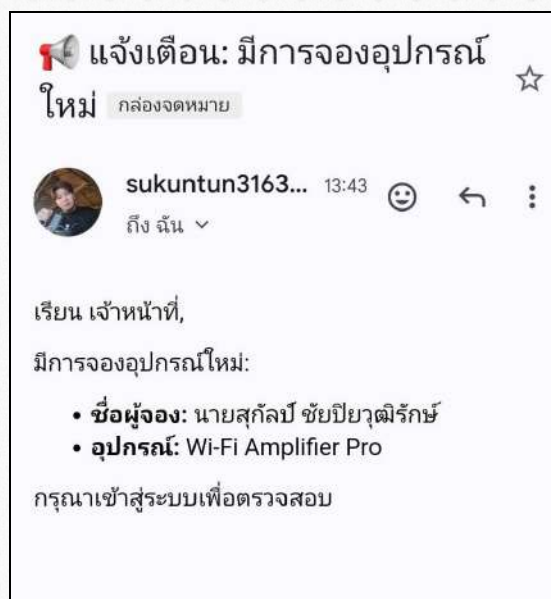


ภาพที่ 9 หน้าจอสถิติการยืมอุปกรณ์

ส่วนของการแจ้งเตือนอัตโนมัติเป็นส่วนแสดงรายการแจ้งเตือนที่ระบบส่งให้ผู้ใช้ทราบเกี่ยวกับสถานะของการยืมอุปกรณ์ เช่น การแจ้งเตือนล่วงหน้าก่อนถึงกำหนดคืน แจ้งเมื่อเกินกำหนด สำหรับนักศึกษาและอาจารย์ มีการแจ้งเตือนการส่งคำร้องขอยืมหรือจองอุปกรณ์ สำหรับเจ้าหน้าที่ ผ่านรูปแบบ SMS และอีเมล ดังภาพที่ 10



(ก)



(ข)

ภาพที่ 10 หน้าจอการแจ้งเตือนอัตโนมัติรูปแบบ SMS (ก) และอีเมล (ข)

3.2 ผลการทดลองใช้โปรแกรมประยุกต์บนเว็บสำหรับการยืม-คืนอุปกรณ์ กรณีศึกษาสาขาวิทยาการคำนวณและเทคโนโลยีดิจิทัล มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบใช้โปรแกรมประยุกต์บนเว็บสำหรับการยืม-คืนอุปกรณ์ กรณีศึกษาสาขาวิทยาการคำนวณและเทคโนโลยีดิจิทัล มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติที่พัฒนาขึ้น กับนักศึกษาและอาจารย์ จำนวน 30 คน โดยมีการทดลองใช้ระบบ พร้อมทั้งสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบ จากนั้นนำผลการเรียนรู้มาวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติพื้นฐานเทียบกับเกณฑ์และสรุปผล แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลความพึงพอใจการใช้งานโปรแกรมประยุกต์บนเว็บสำหรับการยืม-คืนอุปกรณ์ ของนักศึกษาและอาจารย์

รายการ	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. ด้านการออกแบบและการจัดรูปแบบ			
1.1 ความสวยงาม ความทันสมัย น่าสนใจ	4.10	0.74	มาก
1.2 ใช้งานง่ายและเข้าใจได้ไม่ซับซ้อน	4.60	0.70	มากที่สุด
1.3 ขนาดตัวอักษร สีอักษร และรูปแบบอักษร	4.50	0.53	มาก
1.4 มีความยืดหยุ่นในการแสดงผล	4.60	0.70	มากที่สุด
2. ด้านคุณภาพของเนื้อหา			
2.1 ความครบถ้วนของข้อมูลอุปกรณ์	4.40	0.52	มาก
2.2 ระบบแสดงสถานะการยืม-คืนอุปกรณ์	4.60	0.97	มากที่สุด
3. ด้านประโยชน์และการนำไปใช้			
3.1 ระบบช่วยให้การยืมอุปกรณ์สะดวกรวดเร็วมากขึ้น	4.50	0.82	มาก
3.2 ระบบลดขั้นตอนการติดต่อเจ้าหน้าที่โดยตรง	4.60	0.84	มากที่สุด
3.3 ระบบมีการแจ้งเตือนการคืนอุปกรณ์	4.40	0.48	มาก
3.4 ระบบมีการแจ้งเตือนผลลัพธ์การอนุมัติการยืมและ การจองอุปกรณ์	4.50	0.53	มาก
3.5 ความเชื่อถือในการใช้งาน	4.50	0.84	มาก
ค่าเฉลี่ยภาพรวมของระบบ	4.49	0.72	มาก

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาและอาจารย์ ต่อการใช้งานโปรแกรมประยุกต์บนเว็บสำหรับการยืม-คืนอุปกรณ์ กรณีศึกษาสาขาวิทยาการคำนวณและเทคโนโลยีดิจิทัล มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ พบว่า มีระดับความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ย ($\bar{X} = 4.49$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D. = 0.72) รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ใช้งานง่าย เข้าใจได้ไม่ซับซ้อน มีความยืดหยุ่นในการแสดงผล ระบบแสดงสถานะการยืม-คืนอุปกรณ์ แบบเรียลไทม์และระบบลดขั้นตอนการติดต่อเจ้าหน้าที่โดยตรง รองลงมาคือ ขนาดตัวอักษร สีอักษร รูปแบบอักษร ระบบช่วยให้การยืมอุปกรณ์สะดวกรวดเร็วมากขึ้น ระบบมีการแจ้งเตือนผลลัพธ์การอนุมัติการยืม การจองอุปกรณ์ และความเชื่อถือในการใช้งาน ตามลำดับ

ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบใช้โปรแกรมประยุกต์บนเว็บสำหรับการยืม-คืนอุปกรณ์ กรณีศึกษาสาขาวิทยาการคำนวณและเทคโนโลยีดิจิทัล มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ ที่พัฒนาขึ้นกับเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติ จำนวน 5 คน โดยมีการทดลองใช้ระบบ พร้อมทั้งสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบ จากนั้นนำผลการเรียนรู้มาวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติพื้นฐานเทียบกับเกณฑ์และสรุปผล แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลความพึงพอใจการใช้งานโปรแกรมประยุกต์บนเว็บสำหรับการยืม-คืนอุปกรณ์ ของเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติ

รายการ	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. ด้านการออกแบบและการจัดรูปแบบ			
1.1 ความสวยงาม ความทันสมัย น่าสนใจ	4.54	0.78	มากที่สุด
1.2 ใช้งานง่ายและเข้าใจได้ไม่ซับซ้อน	4.23	0.73	มาก
1.3 ขนาดตัวอักษร สีอักษร และรูปแบบอักษร	4.46	0.52	มาก
1.4 มีความยืดหยุ่นในการแสดงผล	4.54	0.78	มากที่สุด
2. ด้านคุณภาพของเนื้อหา			
2.1 ข้อมูลรายการอุปกรณ์มีความถูกต้อง ครบถ้วน	5.00	0.00	มากที่สุด
2.2 ข้อมูลผู้ยืมและรายการอุปกรณ์ครบถ้วน ใช้งาน ได้จริง	5.00	0.00	มากที่สุด
2.3 ข้อมูลการอนุมัติ/ปฏิเสธคำขอยืมชัดเจน ลด ข้อผิดพลาด	5.00	0.00	มากที่สุด
2.4 ข้อมูลประวัติและสถานะอุปกรณ์สามารถ ตรวจสอบย้อนหลังได้	4.50	0.71	มาก
2.5 ความถูกต้องของการคำนวณค่าปรับ	5.00	0.00	มากที่สุด
3. ด้านประโยชน์และการนำไปใช้			
3.1 ระบบช่วยลดความผิดพลาดในการจัดการ อุปกรณ์	5.00	0.00	มากที่สุด
3.2 ระบบช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของ เจ้าหน้าที่	5.00	0.00	มากที่สุด
3.3 ระบบช่วยลดระยะเวลาในการยืม-คืนอุปกรณ์	4.50	0.71	มาก
3.4 ระบบมีการแจ้งเตือนการขออนุมัติการยืมและ การจองอุปกรณ์	5.00	0.00	มากที่สุด
3.5 ความเชื่อถือในการใช้งาน	5.00	0.00	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยภาพรวมของระบบ	4.76	0.30	มากที่สุด

จากตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจของเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติ ต่อการใช้งานโปรแกรมประยุกต์บนเว็บสำหรับการยืม-คืนอุปกรณ์ พบว่า มีระดับความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ย ($\bar{X} = 4.76$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D. = 0.30$) รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ข้อมูลรายการอุปกรณ์มีความถูกต้อง ครบถ้วน ข้อมูลผู้ยืมและรายการ

อุปกรณ์ครบถ้วน ใช้งานได้จริง ข้อมูลการอนุมัติ/ปฏิเสธคำขอเยี่ยมชัดเจน ลดข้อผิดพลาด ความถูกต้องของการคำนวณค่าปรับระบบช่วยลดความผิดพลาดในการจัดการอุปกรณ์ ระบบช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของเจ้าหน้าที่ ระบบมีการแจ้งเตือนการขออนุมัติการเยี่ยม การจองอุปกรณ์ และความเชื่อถือในการใช้งาน ตามลำดับ

สรุปผลการดำเนินงานพบว่าการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนเว็บสำหรับการเยี่ยม-คืนอุปกรณ์ สามารถนำมาใช้ได้จริง ทั้งยังสนับสนุนการทำงานของเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการให้มีประสิทธิภาพการทำงานมากยิ่งขึ้น ลดความล่าช้าในการเยี่ยม-คืนอุปกรณ์ จากการประเมินผลความพึงพอใจจากผู้ทดลองใช้งานระบบ จำนวน 35 ราย พบว่า มีระดับความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ย ($\bar{X} = 4.62$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D. = 0.51$)

4. บทสรุป

4.1 โปรแกรมประยุกต์บนเว็บสำหรับการเยี่ยม-คืนอุปกรณ์ประกอบด้วยองค์ประกอบ 4 ส่วน ได้แก่ 1) การจัดการข้อมูล 2) การเยี่ยม-คืน จองอุปกรณ์ 3) การบันทึกประวัติการเยี่ยม-คืนอุปกรณ์ และ 4) การแจ้งเตือนอัตโนมัติ ผ่านรูปแบบ SMS และอีเมล จากความคิดเห็นของผู้ใช้งาน พบว่าระบบมีความเหมาะสมในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของอภิช โพทอง และคณะ [6] ซึ่งได้ศึกษาการพัฒนาเว็บสารสนเทศสำหรับการเยี่ยม-คืนวัสดุและครุภัณฑ์ โดยใช้ CodeIgniter Web Framework และภาษา PHP เชื่อมต่อกับฐานข้อมูล MySQL ระบบสามารถจัดการข้อมูลการเยี่ยม-คืนออกรายงานยอดคงเหลือ ติดตามสถานะของวัสดุครุภัณฑ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการประเมินพบว่าระบบมีประสิทธิภาพในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.68$, $S.D. = 0.23$) และผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X} = 4.11$, $S.D. = 0.46$) อย่างไรก็ตามระบบดังกล่าวยังไม่มีส่วนของการแจ้งเตือนอัตโนมัติ ซึ่งถือเป็นข้อแตกต่างที่สำคัญเมื่อเทียบกับระบบที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้

4.2 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานโปรแกรมประยุกต์บนเว็บสำหรับการเยี่ยม-คืนอุปกรณ์ พบว่าโดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ย ($\bar{X} = 4.62$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D. = 0.51$) ผู้ใช้งานสามารถใช้งานระบบได้จริง มีความรู้ความเข้าใจในการใช้งานระบบอย่างเหมาะสม ทั้งนี้มีสอดคล้องกับงานวิจัยของธันยรัศมี สุริจันทร์ และบังอร ละเอียดอง [7] ที่ได้ศึกษาการพัฒนาเว็บการเยี่ยม-คืนวัสดุครุภัณฑ์วิทยาศาสตร์ของสาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยใช้กระบวนการ SDLC (System Development Life Cycle) ในการพัฒนาและจัดทำเป็นเว็บแอปพลิเคชันด้วยภาษา PHP และฐานข้อมูล MySQL ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญพบว่า ระบบมีประสิทธิภาพในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.69$, $S.D. = 0.29$) ผู้ใช้มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุดเช่นกัน ($\bar{X} = 4.52$, $S.D. = 0.68$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบสามารถช่วยจัดการข้อมูลการเยี่ยม-คืนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเพิ่มคุณภาพการให้บริการได้อย่างดีเยี่ยม

4.3 ผลจากการดำเนินการวิจัยและการทดลองใช้งานระบบ พบว่าระบบสามารถใช้งานได้ตามขอบเขต กล่าวคือระบบสามารถจัดการข้อมูลการเยี่ยม-คืนอุปกรณ์ การค้นหาอุปกรณ์ การจัดการข้อมูลอุปกรณ์ และระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติผ่านรูปแบบ SMS และอีเมล ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ข้อจำกัดของระบบคือ ระบบจะไม่อนุญาตให้มีการจองซ้ำสำหรับอุปกรณ์นั้น จนกว่าการจองเดิมจะสิ้นสุดลง

ผู้วิจัยมีแนวทางในการพัฒนาต่อยอดในอนาคตได้แก่ การเพิ่มความสามารถในการรองรับการใช้งาน QR Code ที่ติดบนอุปกรณ์ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถสแกนเพื่อทำการรายการเยี่ยม-คืนผ่านโทรศัพท์มือถือได้โดยไม่ต้องเข้าสู่ระบบผ่านคอมพิวเตอร์ อีกทั้งยังเพิ่มฟังก์ชันการแจ้งเตือนผ่าน LINE Notify เพื่อเพิ่มความสะดวกในการใช้งานมากยิ่งขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ สาขาวิชาวิทยาการคำนวณและเทคโนโลยีดิจิทัล มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ ที่ให้ความร่วมมือในการจัดทำงานวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] กฤษฎาภรณ์ จันทร์ศรี และภรณ์ ศิริโชติ. การพัฒนาระบบสารสนเทศทรัพยากรมนุษย์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด. วารสารสารสนเทศศาสตร์. 35(2017) 55-73.
- [2] จาตุรนต์ กันทะธง, นัฐพล ปันสกุล, น้ำเงิน จันทรมณี, ศศิวิมล บุตรสีเขียว และ จิราพร ขำจันทร์. ประสิทธิภาพการประยุกต์ใช้แอปพลิเคชันสำหรับการพัฒนาระบบการยืม-คืน อุปกรณ์การศึกษา ในห้องปฏิบัติการผ่านระบบออนไลน์คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา. วารสารวิชาการ ปชมท. 12(2023) 152-162.
- [3] เกษร วรรณชัย สุไพลิน พิชัย และสกวรัตน์ ชิตทิต. ระบบสารสนเทศยืม-คืนอุปกรณ์เครื่องแก้วและครุภัณฑ์ ห้องปฏิบัติการ. รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการระดับชาติราชภัฏเลยวิชาการ ครั้งที่ 8, เลย, 2565. 655-662.
- [4] จิราศรณ์ ศรีปันเป้า และ ทนศักดิ์ จ้อยร้อย. ระบบการยืมคืนครุภัณฑ์ออนไลน์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำนักหอสมุด. 2565.
- [5] Faye Anderson. Likert Scale Data Linear Modeling. Independently Published, Chicago, 2020.
- [6] อธิป โพทอง, อธิรุทธ พัฒนกิจจา และณัฐพงศ์ สุทธิรักษ์. (2563). การพัฒนาระบบสารสนเทศยืม-คืนวัสดุและครุภัณฑ์ในสำนักงานคณะวิทยาศาสตร์. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 28(2020) 45-54.
- [7] ธนยศร์ม์ สุริจันทร์ และบังอร ละเอียตออง. การพัฒนาระบบการยืม-คืนวัสดุครุภัณฑ์วิทยาศาสตร์ของสาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. วารสารวิชาการการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ. 10(2024) 46-61.

ระบบจองที่จอดรถ : กรณีศึกษามหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

Parking reservation system : A Case Study of Huachiew Chalermprakiet University

มนียา อุทร์ักษ์¹ กนกวรรณ แสงศาสตร์¹ นฤดี บุณยะจรรยากุล^{2*} และ สุธีรา พิงส์สวัสดิ์²

¹ สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

² สาขาวิชาวิทยาการคำนวณและเทคโนโลยีดิจิทัล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

*E-mail: ninedear@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาระบบจองที่จอดรถภายในมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติในรูปแบบโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบจองที่จอดรถที่ช่วยให้บุคลากรสามารถเลือกที่จอดรถได้ด้วยตนเอง สืบค้นและตรวจสอบสถานะของการจองที่จอดรถ ผู้ดูแลระบบสามารถกำหนดพื้นที่จอดรถ ตรวจสอบและอนุมัติคำขอได้อย่างเป็นระบบ ระบบพัฒนาขึ้นโดยใช้ Bootstrap เป็นกรอบการทำงาน ใช้ Visual studio code ในการพัฒนาระบบ เขียนด้วยภาษา JavaScript และจัดการฐานข้อมูลโดยใช้ MySQL เมื่อนำระบบไปติดตั้งเพื่อทดสอบใช้งานจริง พบว่าระบบสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ขององค์กร กล่าวคือ ระบบแสดงข้อมูลที่ต้องการและครบถ้วน จากการสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้และผู้ดูแลระบบ จำนวน 15 คน พบว่า อยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.48 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.5 ระบบใช้งานง่าย ทำงานได้สะดวก รวดเร็ว และยังช่วยลดภาระงานด้านเอกสารของมหาวิทยาลัยได้อีกด้วย

คำสำคัญ: ระบบจองที่จอดรถ ระบบสารสนเทศ โปรแกรมประยุกต์บนเว็บ

Abstract

This research is the development of a parking reservation system for Huachiew Chalermprakiet university. It has been developed as a web application. The objective is to develop a application that allows user to select parking by themselves. Users can search and check the status of parking reservations. Administrators can assign parking spaces, check and approve requests. The application is developed by using Bootstrap framework. We used Visual Studio Code for developing of the application, JavaScript as coding language, MySQL for managing the database. During the implementation, the application's performances met all requirements and objectives. Moreover, the application received the positive feedbacks from all users; on the basis of ease of use and usefulness to their working procedures and greatly reduces paper usage in the division. 15 users satisfied at a good level with the mean score was 4.48 and Standard Deviation of 0.5.

Keywords: Parking reservation system, Information system, Web application

1. บทนำ

กองอาคารสถานที่ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ ก่อตั้งขึ้นในปี พ.ศ. 2535 เป็นหน่วยงานบริหารกลาง ที่สนับสนุนการเรียนการสอนของมหาวิทยาลัย โครงสร้างการบริหารงานประกอบด้วย แผนกผังแม่บทและซ่อมบำรุง แผนกบริการ แผนกยานพาหนะ และงานธุรการ โดยมีขอบเขตหน้าที่และความรับผิดชอบในการดำเนินงานตามแนวนโยบายการบริหาร ด้านการพัฒนากายภาพของมหาวิทยาลัย ตั้งแต่ขั้นตอนการสำรวจ ออกแบบและประมาณการงบประมาณงานก่อสร้าง การควบคุม ตรวจสอบ และติดตามผลการดำเนินงานโครงการก่อสร้างต่าง ๆ การดำเนินงานตามแนวนโยบายการวางผัง แม่บทของมหาวิทยาลัย โดยการกำหนดบทบาทการใช้อาคารสถานที่ให้สอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาทางการศึกษาให้มี อาคารสถานที่ใช้ร่วมกันอย่างเพียงพอและเป็นไปตามการรับรองมาตรฐานการศึกษา ให้บริการจัดสถานที่ในกิจกรรมต่าง ๆ รวมถึงจัดระบบการจราจรภายในมหาวิทยาลัย [1]

ปัจจุบัน การจองที่จอดรถภายในมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติมีการดำเนินการผ่านเอกสารและมีการติดต่อ ประสานงานเจ้าหน้าที่ผ่านโทรศัพท์ ซึ่งเป็นกระบวนการที่ยุ่งยากและใช้เวลานาน บุคลากรซึ่งเป็นผู้ใช้บริการที่ต้องการจอง ที่จอดรถจำเป็นต้องเขียนเอกสารคำร้องล่วงหน้า และต้องรอการยืนยันจากเจ้าหน้าที่ ซึ่งอาจก่อให้เกิดความล่าช้าและไม่ สะดวกในการจัดการข้อมูลการจอง นอกจากนี้ ยังอาจเกิดข้อผิดพลาดจากการจองซ้ำซ้อน เช่น มีผู้ใช้บริการยื่นเอกสาร จองพื้นที่จอดรถพร้อมกันหลายรายการแต่เจ้าหน้าที่จัดสรรพื้นที่จอดรถเดียวกันให้ หรือกรณีที่เอกสารสูญหาย ทำให้เกิด ปัญหาความไม่เป็นระเบียบและความไม่แน่นอนในการใช้พื้นที่จอดรถ

จากการศึกษาระบบเดิมพบว่ามีข้อจำกัดหลายประการ เช่น ไม่มีการระบุจุดจอดรถที่ชัดเจน ผู้ใช้บริการไม่สามารถ เลือกที่จอดรถเองได้ และไม่สามารถตรวจสอบจำนวนที่จอดรถที่ว่างได้แบบเรียลไทม์ นอกจากนี้ กระบวนการอนุมัติการจอง ยังต้องกระทำผ่านตัวบุคคล กล่าวคือ เจ้าหน้าที่จะต้องตรวจสอบว่ามีที่จอดรถว่างหรือไม่และพิจารณาคำขอจอง หากคำขอ จองได้รับการอนุมัติ เจ้าหน้าที่จะแจ้งไปที่พนักงานรักษาความปลอดภัยเพื่อดำเนินการล็อกช่องจอดรถดังกล่าวต่อไป แต่ถ้าเจ้าหน้าที่ไม่อนุมัติจะต้องมีการแจ้งเหตุผลให้บุคลากรผู้ส่งคำร้องทราบผ่านทางโทรศัพท์ ส่งผลให้เกิดความล่าช้า ในการดำเนินการจองที่จอดรถ และจากการศึกษาระบบบริหารลานจอดรถ (Parking management system) [2] ที่มีอยู่ใน ปัจจุบัน เช่น การพัฒนาแบบจำลองระบบค้นหาที่จอดรถ [3] และระบบตรวจสอบที่ว่างของช่องจอดรถยนต์ในโมเดลลานจอด ผ่านแอปพลิเคชันระบบแอนดรอยด์บนสมาร์ทโฟน [4] ช่วยในการอำนวยความสะดวกแก่ผู้ให้บริการในการหาพื้นที่จอดรถ ซึ่งระบบจะแสดงว่ามีพื้นที่จอดรถบริเวณไหนว่าง แล้วแสดงผลแจ้งผ่านแอปพลิเคชันแก่ผู้ให้บริการได้อย่างสะดวกรวดเร็ว พบว่าระบบสามารถจัดการและบริหารพื้นที่ลานจอดรถของหน่วยงานให้เกิดประโยชน์สูงสุด ช่วยอำนวยความสะดวกให้กับ ผู้มาติดต่อ โดยระบบจะทำงานร่วมกับอุปกรณ์ที่ทันสมัยและมีความแม่นยำสูง เช่น กล้องวงจรปิด IP network camera และเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก เป็นต้น

ดังนั้น การพัฒนาระบบจองที่จอดรถภายในมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติจึงเป็นแนวทางที่สามารถช่วยแก้ไข ปัญหาดังกล่าวได้อย่างเป็นระบบ โดยระบบนี้จะช่วยให้ผู้ใช้บริการสามารถระบุตำแหน่งที่จอดรถที่ต้องการได้จากแผนที่จัด แสดงพื้นที่จอดรถของมหาวิทยาลัย และตรวจสอบจำนวนที่จอดรถที่ว่างแบบเรียลไทม์ นอกจากนี้ เจ้าหน้าที่สามารถกำหนด จำนวนที่จอดรถในแต่ละพื้นที่ได้ตามสถานการณ์ เช่น วันที่มีการจัดกิจกรรมภายในมหาวิทยาลัยจะมีการปิดพื้นที่จอดรถ บางส่วน อีกทั้งเจ้าหน้าที่สามารถตรวจสอบและอนุมัติคำขอได้สะดวกขึ้น และลดภาระงานที่ต้องดำเนินการด้วยตนเอง

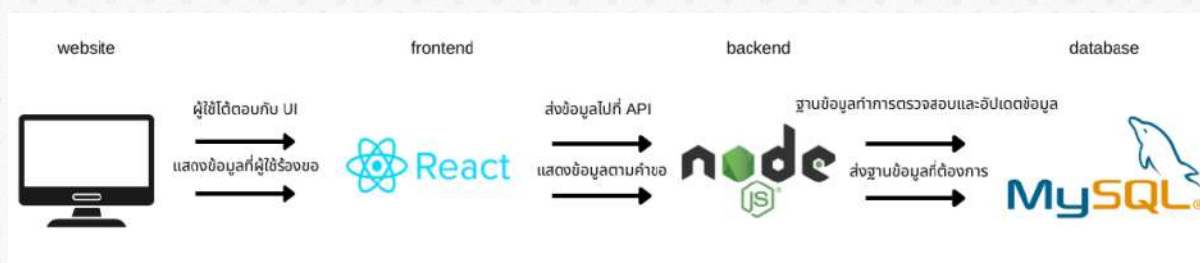
ระบบจองที่จอดรถภายในมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรตินี้จะช่วยให้การจองพื้นที่จอดรถภายในมหาวิทยาลัย หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และสะดวกมากขึ้น ทั้งสำหรับบุคลากรซึ่งเป็นผู้ใช้บริการและเจ้าหน้าที่ ผู้ดูแลระบบ เพิ่มความเป็นระเบียบเรียบร้อยของการใช้ที่จอดรถภายในมหาวิทยาลัย อีกทั้งยังสามารถนำข้อมูลที่ได้ไป วิเคราะห์แนวโน้มการใช้งานเพื่อปรับปรุงการจัดสรรพื้นที่จอดรถให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

การพัฒนาระบบจองที่จอดรถภายในมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ คณะผู้วิจัยอาศัยหลักวงจรชีวิตของการพัฒนาซอฟต์แวร์ หรือ SDLC (System Development Life Cycle) โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

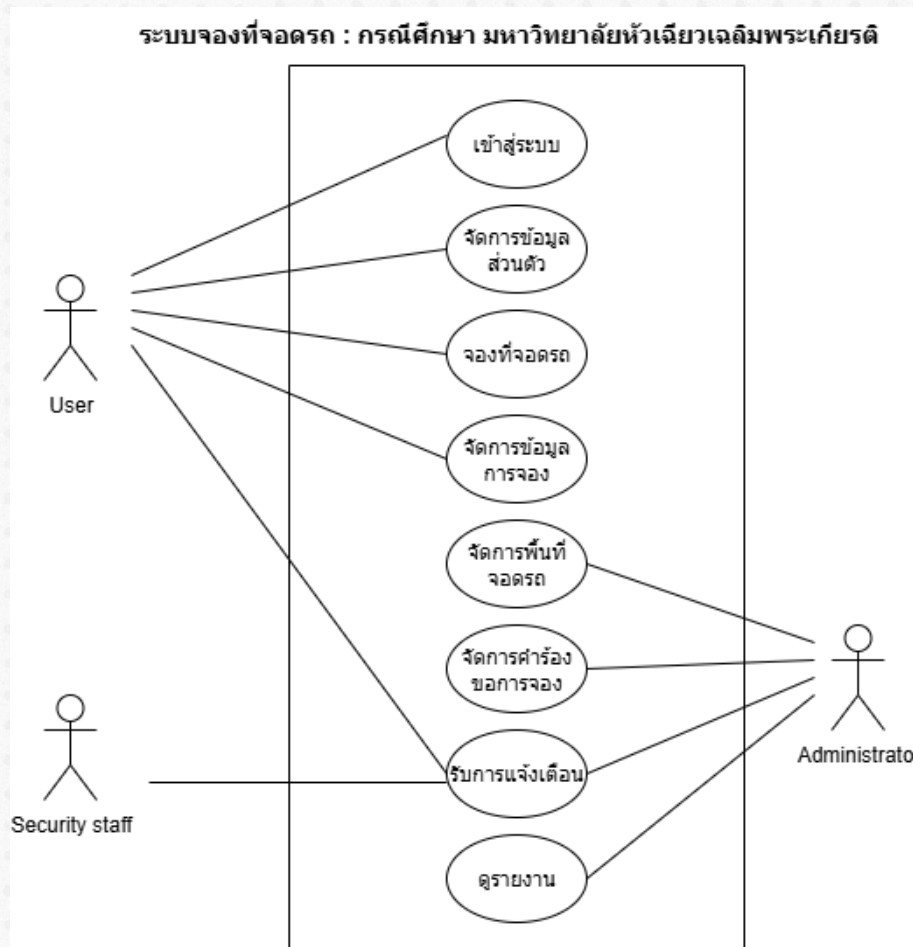
คณะผู้วิจัยได้รวบรวมความต้องการของผู้ใช้ มาวิเคราะห์และออกแบบระบบ ออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้ เพื่อให้การพัฒนาระบบมีประสิทธิภาพและครอบคลุมความต้องการของผู้ใช้ โครงสร้างภาพรวมของระบบจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การทำงานในส่วน Frontend จะแสดงหน้าใช้งานให้กับผู้ใช้บนเว็บไซต์ และการทำงานในส่วน Backend จะควบคุมการทำงานของระบบให้แก่ผู้ใช้ การทำงานของระบบอยู่ในรูปแบบ Client/Server โดยมี API (Application Program Interface) เป็นตัวกลางที่คอยตรวจสอบ Request และ Response ระหว่างลูกข่ายกับแม่ข่าย จากรายละเอียดการใช้งานระบบที่กล่าวมาข้างต้น สามารถแสดงลำดับขั้นตอนการทำงานในรูปแบบแผนภาพการออกแบบสถาปัตยกรรมระบบ (System architecture) ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนภาพการออกแบบสถาปัตยกรรมการทำงานของระบบจองที่จอดรถภายในมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

จากภาพที่ 1 สามารถอธิบายถึงกระบวนการทำงานต่าง ๆ ของระบบจองที่จอดรถภายในมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติเพื่อแสดงโครงสร้างความสัมพันธ์ของระบบกับผู้ใช้ได้ในรูปแบบ Use Case Diagram ดังภาพที่ 2 แสดงถึงฟังก์ชันและสมาชิกในระบบจองที่จอดรถภายในมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ โดยแบ่ง Use Case ได้ 8 ส่วน ดังนี้

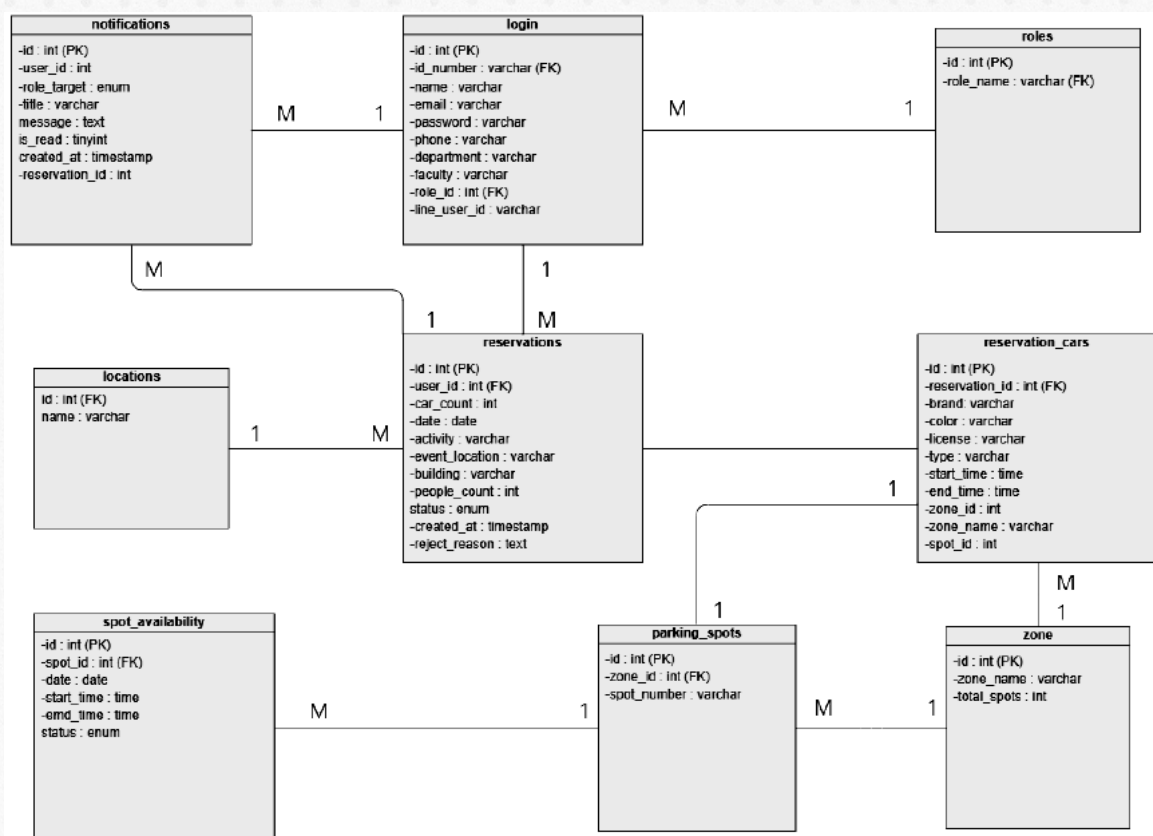
- 1) **การเข้าสู่ระบบ** บุคลากรทั้งหมด (ผู้ใช้ และเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบ) สามารถเข้าสู่ระบบด้วยรหัสประจำตัวบุคลากรและรหัสผ่าน เพื่อเข้าถึงระบบ
- 2) **การจัดการข้อมูลส่วนตัว** ผู้ใช้สามารถจัดการข้อมูลส่วนตัว เช่น แก้ไขข้อมูลส่วนบุคคล
- 3) **การจองที่จอดรถ** ผู้ใช้สามารถจองที่จอดรถ และกรอกข้อมูลเกี่ยวกับกิจกรรมที่จะดำเนินการจัดภายในมหาวิทยาลัย
- 4) **การจัดการข้อมูลการจอง** ผู้ใช้สามารถจัดการข้อมูลการจอง เช่น แก้ไขข้อมูลการจอง ยกเลิกการจอง
- 5) **การจัดการพื้นที่จอดรถ** เจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบสามารถเลือกเปิด-ปิดที่จอดรถได้ตามพื้นที่ (Zone)
- 6) **การจัดการคำร้องขอการจอง** เจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบสามารถจัดการคำร้องขอการจอง เช่น อนุมัติการจอง ไม่อนุมัติคำร้องขอ
- 7) **การรับการแจ้งเตือน** ผู้ใช้จะได้รับการแจ้งเตือนเมื่อการจองอนุมัติหรือไม่อนุมัติ เจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบจะได้รับการแจ้งเตือนเมื่อมีการจองใหม่เข้ามา พนักงานรักษาความปลอดภัยจะได้รับการแจ้งเตือนเมื่อการจองได้รับอนุมัติ
- 8) **การดูรายงาน** เจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบสามารถดูรายงานการจองในแต่ละเดือน สามารถออกเป็นเอกสารรายงาน



ภาพที่ 2 Use Case Diagram ของระบบจองที่จอดรถภายในมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

ในส่วนของการออกแบบฐานข้อมูลของระบบจองที่จอดรถภายในมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ นำเสนอด้วย Class Diagram แสดงดังภาพที่ 3 ระบบจองที่จอดรถภายในมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ สามารถอธิบายได้ดังนี้

- 1) คลาส Login จัดเก็บข้อมูลของบุคลากร ทั้งผู้ใช้และเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบ
- 2) คลาส Roles จัดเก็บบทบาทของบุคลากร
- 3) คลาส Zone จัดเก็บพื้นที่จอดรถและจำนวนที่จอดรถ
- 4) คลาส Parking_spots จัดเก็บที่จอดรถในแต่ละพื้นที่
- 5) คลาส Spot_availability จัดเก็บสถานะของตำแหน่งที่จอดรถ
- 6) คลาส Reservations จัดเก็บข้อมูลการจอง เช่น วันที่จอง ผู้จอง กิจกรรม สถานที่ จำนวนคนที่มาร่วมกิจกรรม
- 7) คลาส Reservation_cars จัดเก็บข้อมูลรถ เช่น ตำแหน่งที่จอดรถ ยี่ห้อ สี ทะเบียนรถ เวลาในการจอง
- 8) คลาส Locations จัดเก็บสถานที่ เช่น อาคารเรียนรวม
- 9) คลาส Notifications จัดเก็บข้อมูลการแจ้งเตือน เช่น ผู้ใช้ หัวข้อการแจ้งเตือน ข้อความแจ้งเตือน รหัสการจอง



ภาพที่ 3 Class Diagram ของระบบจองที่จอดรถภายในมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

2.2 การพัฒนาระบบ

คณะผู้วิจัยได้เลือกใช้ Bootstrap เป็นกรอบการทำงาน ซึ่งมีเครื่องมือที่กำหนดแต่ละขนาดของหน้าจอไว้เพื่อให้แสดงข้อมูลได้อย่างเหมาะสม ส่วนนี้เรียกว่า Breakpoints ซึ่งเป็นหนึ่งใน Layout ที่ส่วนมากจะนิยมใช้ในการพัฒนาเว็บไซต์แบบ Responsive ใช้ Visual studio code ในการพัฒนาระบบ เขียนด้วยภาษา JavaScript และจัดการฐานข้อมูลโดยใช้ MySQL ซึ่งโปรแกรมดังกล่าวสามารถทำงานร่วมกันได้เป็นอย่างดี

2.3 การทดสอบและประเมินผลโปรแกรม

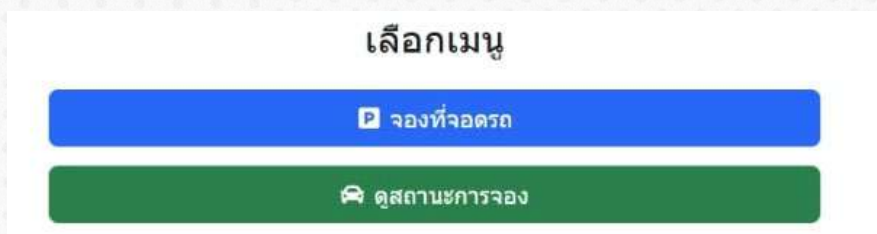
เพื่อทดสอบความถูกต้องของระบบก่อนนำไปใช้งานจริง และประเมินระบบเพื่อหาประสิทธิภาพของการทำงาน คณะผู้วิจัยได้ทดสอบการใช้งานระบบกับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อนำผลการทดสอบไปใช้เพื่อแก้ไขและปรับปรุงระบบให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยได้จัดทำแบบสอบถามความพึงพอใจการใช้งานระบบ สอบถามจากเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบ จำนวน 5 คน และผู้ใช้งานในมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ จำนวน 10 คน รวมทั้งสิ้น 15 คน แล้วจึงนำผลการประเมินมาวิเคราะห์โดยใช้หลักการสถิติโดยใช้การหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต และการวัดการกระจายของข้อมูลโดยใช้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

จากการดำเนินการตามขั้นตอนการวิจัย สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

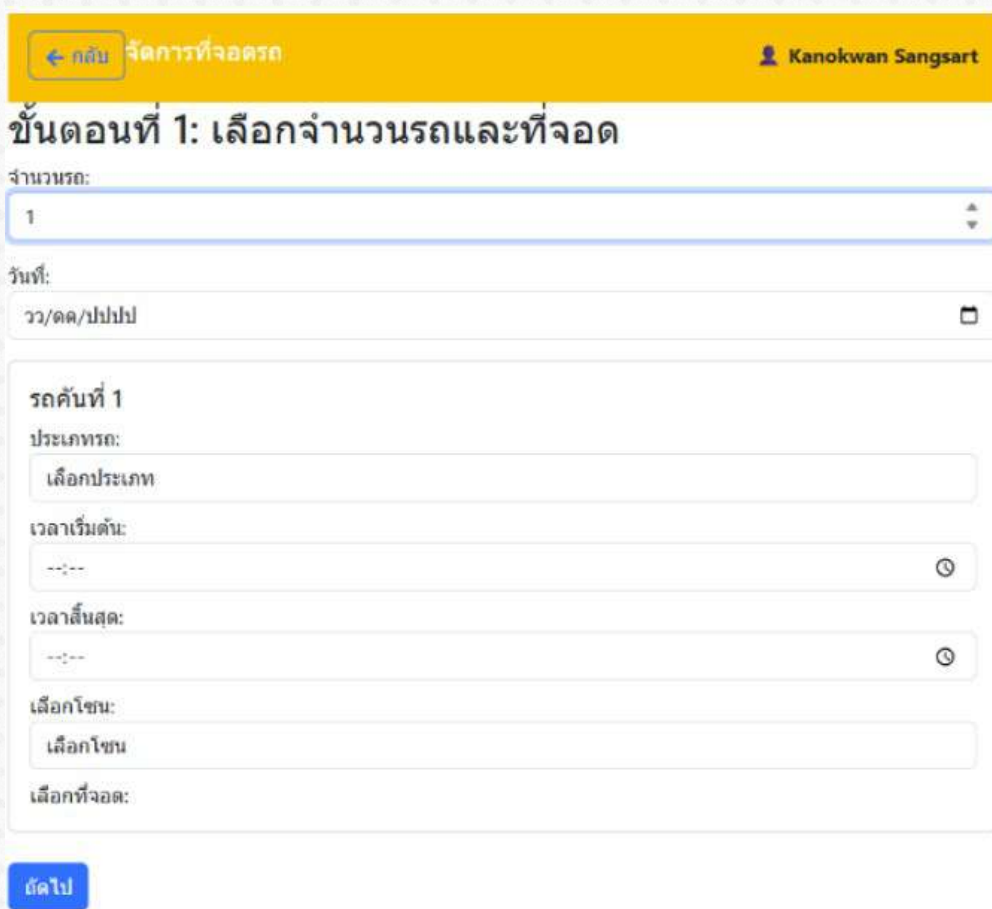
3.1 ผลการพัฒนาระบบ

ผู้ใช้งานสามารถเข้าทำงานในส่วนต่าง ๆ ของระบบผ่านหน้าจอเมนูหลัก ได้ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 หน้าจอเมนูหลักของผู้ใช้

จากภาพที่ 4 ผู้ใช้งานสามารถเข้าใช้งานระบบได้ 2 รูปแบบ คือ จองที่จอดรถ และ ดูสถานะการจอง เมื่อผู้ใช้งานคลิกปุ่มจองที่จอดรถ จะเข้าสู่หน้าจอสำหรับจองที่จอดรถ ดังแสดงในภาพที่ 5 และ 6 ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ 1) เลือกจำนวนรถและที่จอด 2) กรอกข้อมูลกิจกรรมและรถ และ 3) สรุปข้อมูลการจอง หากผู้ใช้งานคลิกปุ่ม ดูสถานะการจอง จะเข้าสู่หน้าจอตรวจสอบสถานะการจองของผู้ใช้ ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 5 หน้าจอสำหรับจองที่จอดรถ ขั้นตอนที่ 1 เลือกจำนวนรถและที่จอด

< กลับ
จัดการที่จอดรถ
Kanokwan Sangsart

ขั้นตอนที่ 2: กรอกข้อมูลกิจกรรมและรถ

ข้อมูลผู้ใช้
ชื่อ: Kanokwan Sangsart
อีเมล: kanokwansangsart@gmail.com
เบอร์โทร: 0988780972
แผนก: วิทยาการคอมพิวเตอร์
คณะ: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กิจกรรม
กรอกชื่อกิจกรรม

สถานที่จัดงาน
เลือกสถานที่

อาคาร/ชั้น/ห้อง

จำนวนคน

< กลับ
จัดการที่จอดรถ
Kanokwan Sangsart

ขั้นตอนที่ 3: สรุปข้อมูลการจอง

ข้อมูลผู้จอง
ชื่อ: Kanokwan Sangsart
อีเมล: kanokwansangsart@gmail.com
เบอร์โทร: 0988780972
แผนก: วิทยาการคอมพิวเตอร์
คณะ: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วันที่: 2025-05-30
กิจกรรม: ปฐมนิเทศ
สถานที่จัดงาน: อาคาร 2 - อาคารเรียนรวม
อาคาร/ชั้น/ห้อง: 410
จำนวนคน: 19

รายละเอียดรถ:
รถคันที่ 1
ประเภทรถ: รถยนต์
ยี่ห้อ: Suzuki
สี: สีแดง
ทะเบียน: กค7589 กรุงเทพมหานคร
เวลา: 10:00 - 12:00
โซน: ลานจอดรถวงเวียนหัวเลี้ยว
ที่จอด: 2

ยืนยันการจอง

ภาพที่ 6 หน้าจอสำหรับจองที่จอดรถ ขั้นตอนที่ 2 กรอกข้อมูลกิจกรรมและรถ และขั้นตอนที่ 3 สรุปข้อมูลการจอง

← กลับ ข้อมูลการจอง Kanokwan Sangsart							
หมายเลขการจอง	วันที่	รายละเอียดกิจกรรม	สถานที่จัดงาน	อาคาร	จำนวนรถ	สถานะ	ดูรายละเอียด
39	2025-05-28T17:00:00.000Z	ปฐมนิเทศ	อาคาร 2 - อาคารเรียนรวม	220	1	ยกเลิก	ดูรายละเอียด
40	2025-06-06T17:00:00.000Z	กีฬา	สนามกีฬา	-	2	อนุมัติ	ดูรายละเอียด
41	2025-05-19T17:00:00.000Z	ปัจฉิมนิเทศ	อาคาร 8 - อาคารหอประชุม	-	3	รออนุมัติ	ดูรายละเอียด

ภาพที่ 7 หน้าจอสำหรับตรวจสอบสถานะการจองของผู้ใช้

เจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบสามารถเข้าทำงานในส่วนต่าง ๆ ของระบบผ่านหน้าจอเมนูหลัก ได้ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 หน้าจอเมนูหลักของเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบ

จากภาพที่ 8 เจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบสามารถเข้าใช้งานระบบได้ 3 รูปแบบคือ ดูข้อมูลการจอง จัดการที่จอดรถ และ รายงานประจำเดือน เมื่อเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบคลิกปุ่ม ดูข้อมูลการจอง จะเข้าสู่หน้าจอแสดงรายการข้อมูลการจองที่จอดรถของผู้ใช้ ดังภาพที่ 9 เจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบสามารถเลือกดูข้อมูลการจองที่จอดรถได้โดยการคลิกปุ่ม ดูรายละเอียด จะปรากฏหน้าจอแสดงรายละเอียดการจอง เจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบสามารถอนุมัติการจองที่จอดรถของผู้ใช้ หากไม่อนุมัติจะต้องแจ้งเหตุผลที่ไม่อนุมัติให้ผู้เช่าทราบด้วย ดังภาพที่ 10

รายการจองที่จอดรถทั้งหมด						
ชื่อผู้จอง	วันที่	กิจกรรม	สถานที่	จำนวนรถ	สถานะ	ดูรายละเอียด
Kanokwan Sangsart	2025-05-19T17:00:00.000Z	ปัจฉิมนิเทศ	อาคาร 8 - อาคารหอประชุม	3	รออนุมัติ	ดูรายละเอียด
Kanokwan Sangsart	2025-06-06T17:00:00.000Z	กีฬา	สนามกีฬา	2	อนุมัติ	ดูรายละเอียด
Kanokwan Sangsart	2025-05-28T17:00:00.000Z	ปฐมนิเทศ	อาคาร 2 - อาคารเรียนรวม	1	ยกเลิก	ดูรายละเอียด

ภาพที่ 9 หน้าจอแสดงรายการข้อมูลการจองที่จอดรถของผู้ใช้

เหตุผลที่ไม่อนุมัติ

กรุณากรอกเหตุผล

ยกเลิก

ยืนยันไม่อนุมัติ

อาคาร/ห้อง: 2-429

จำนวนคน: 3

อีเมล: kanokwansangsart@gmail.com

แผนก: วิทยาการคอมพิวเตอร์

คณะ: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สถานะ: รออนุมัติ

รายละเอียดรถ:

คันที่ 1

ทะเบียน: พก4745 | ยี่ห้อ: toyota | สี: ขาว

ประเภทรถ: รถยนต์ | เวลา: 15:45:00 - 16:45:00

โซน: ลานจอดรถวงเวียนตัวเลียง | ที่จอด: P1-1

เปิด

อนุมัติ

ไม่อนุมัติ

ภาพที่ 10 หน้าจอระบุเหตุผลที่ไม่อนุมัติการจองที่จอดรถของผู้ใช้

จากภาพที่ 8 เมื่อเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบคลิกปุ่ม จัดการที่จอดรถ จะเข้าสู่หน้าจอแสดงการจัดการเปิด-ปิดที่จอดรถในแต่ละพื้นที่ (Zone) ดังภาพที่ 11 หากเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบ รายงานประจำเดือน จะเข้าสู่หน้าจอแสดงรายงานประจำเดือน ดังภาพที่ 12 ตามลำดับ



เลือกโซนที่จอดรถ:

ลานจอดรถวงเวียนตัวเลี้ยง

เลือกวันที่:

22/05/2025

☒ ที่จอดรถ P1-1 - เปิด0
☒ ที่จอดรถ P1-2 - เปิด0
☒ ที่จอดรถ P1-3 - เปิด0
☒ ที่จอดรถ P1-4 - เปิด0
☒ ที่จอดรถ P1-5 - เปิด0

ภาพที่ 11 หน้าจอการจัดการเปิด-ปิดที่จอดรถ



เลือก 5 2025 ดาวน์โหลด PDF ดาวน์โหลด Excel

#	วันที่	ผู้จอง	กิจกรรม	สถานที่	อาคาร	จำนวนรถ	สถานะ
1	2025-05-14T17:00:00.000Z	Kanokwan Sangsart		ds	ds	1	อนุมัติ
2	2025-05-25T17:00:00.000Z	Kanokwan Sangsart		ds	ds	1	อนุมัติ
3	2025-05-28T17:00:00.000Z	Kanokwan Sangsart	งานพิเศษ 2	อาคารเรียนรวม	2-101	1	อนุมัติ

ภาพที่ 12 หน้าจอแสดงรายงานประจำเดือน

3.2 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อระบบ

จากการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบจองที่จอดรถภายในมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติที่พัฒนาขึ้น ได้มีการนำไปทดลองใช้งานกับผู้ใช้งานและเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบ จำนวน 15 คน และมีการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจของระบบ ซึ่งได้กำหนดเกณฑ์ตามวิธีของไลเคอร์ท (Likert's scale) โดยจะให้คะแนนในแต่ละหัวข้อตามความเหมาะสมซึ่งมีลำดับตามความหมายของคะแนน เกณฑ์ประกอบด้วยมาตราส่วนประเมินค่า (Rating scale) เชิงคุณภาพ 5 ระดับ ดังนี้

4.51-5.00	มีความพึงพอใจในระดับดีมาก
3.51-4.50	มีความพึงพอใจในระดับดี
2.51-3.00	มีความพึงพอใจในระดับปานกลาง
1.51-2.50	มีความพึงพอใจในระดับน้อย
1.00-1.50	มีความพึงพอใจในระดับน้อยมาก

โดยแบ่งการประเมินออกเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย การประเมินในส่วนของผู้ใช้งานทั่วไป และการประเมินในส่วน
ของเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบ ซึ่งสามารถสรุปผลการดำเนินงานในแต่ละด้านได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ระดับความพึงพอใจในการใช้งานระบบจองที่จอดรถภายในมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. ส่วนของผู้ใช้งานทั่วไป			
1.1 ความครบถ้วนของฟังก์ชันการทำงาน	4.5	0.53	ดี
1.2 ความถูกต้องของข้อมูล	4.3	0.48	ดี
1.3 การจัดรูปแบบเข้าใจง่าย	4.4	0.51	ดี
1.4 ความสะดวกสบายในการใช้งาน	4.3	0.48	ดี
1.5 ภาพรวมของระบบ	4.3	0.48	ดี
ค่าเฉลี่ยส่วนของผู้ใช้งานทั่วไป	4.36	0.50	ดี
2. ส่วนของเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบ			
2.1 ความครบถ้วนของฟังก์ชันการทำงาน	4.6	0.55	ดีมาก
2.2 ความถูกต้องของข้อมูล	4.2	0.45	ดี
2.3 การจัดรูปแบบเข้าใจง่าย	4.8	0.45	ดีมาก
2.4 ความสะดวกสบายในการใช้งาน	4.6	0.55	ดีมาก
2.5 ความสะดวกในการอนุมัติรายการ	4.8	0.45	ดีมาก
2.6 ภาพรวมของระบบ	4.6	0.55	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยส่วนของเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบ	4.6	0.5	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยโดยรวม	4.48	0.50	ดี

จากตารางที่ 1 ในการสรุปผลการดำเนินงาน พบว่า ผลการประเมินความพึงพอใจในส่วนของผู้ใช้งานทั่วไป อยู่ใน
ระดับดี คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.36 ผลการประเมินความพึงพอใจในส่วนของเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบ อยู่ในระดับดีมาก คิดเป็น
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.60 ตามลำดับ จากการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ต่อระบบจองที่จอดรถภายในมหาวิทยาลัยหัวเฉียว
เฉลิมพระเกียรติผ่านระเบียบวิธีการทางสถิติเพื่อทำการหาค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมดพบว่า ค่าเฉลี่ยที่ได้เท่ากับ 4.48 ในค่าสเกล
5 ระดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.5 แสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมีความพึงพอใจของผู้ใช้โดยรวมอยู่ในระดับดี

ตารางที่ 2 สรุปรายงานการเบิกใช้วัสดุสิ้นเปลือง หมึกพิมพ์ และกระดาษ A4 ของกองอาคารสถานที่

รายการ	ยอดการเบิกใช้ตลอดปีการศึกษา 2566	ยอดการเบิกใช้ตลอดปีการศึกษา 2567
1. หมึกพิมพ์	3 ตลับ	2 ตลับ
2. กระดาษ A4	15 รีม	10 รีม

ตามที่มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติกำหนดนโยบายลดการใช้กระดาษ เน้นการใช้กระดาษ 2 ด้าน การส่งเอกสารระหว่างแผนกผ่านช่องทางอิเล็กทรอนิกส์ (E-mail หรือ LINE) และการประยุกต์ใช้แบบสอบถามออนไลน์ จากตารางที่ 2 กองอาคารสถานที่เบิกใช้วัสดุสิ้นเปลือง คิดเป็นร้อยละ 49.41 จากงบประมาณที่ได้รับจัดสรรในปีการศึกษา 2567 จากการสรุปข้อมูลยอดเบิกใช้วัสดุสิ้นเปลืองพบว่ามียอดการเบิกใช้หมึกพิมพ์และกระดาษ A4 เมื่อเปรียบเทียบกับปีการศึกษา 2566 มีแนวโน้มลดลง สามารถสรุปได้ว่าระบบจองที่จอดรถภายในมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ เป็นส่วนหนึ่งของมาตรการควบคุมปริมาณการใช้ให้เหมาะสมและเป็นไปตามงบประมาณที่ได้รับตลอดปีการศึกษา 2567 ของกองอาคารสถานที่

4. บทสรุป

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาระบบจองที่จอดรถภายในมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติในรูปแบบโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ ซึ่งมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ สามารถนำไปใช้งานได้จริงกับกองอาคารสถานที่ ซึ่งระบบที่พัฒนาขึ้นมีลักษณะที่สอดคล้องกับการพัฒนาระบบจองรถออนไลน์และบำรุงรักษา กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย [5] งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาฐานข้อมูลสำหรับระบบบริหารจัดการยานพาหนะและบำรุงรักษาของมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย เพื่อช่วยแก้ปัญหาในเรื่องของระบบการจอง การจัดการการใช้จ่ายยานพาหนะ และการเรียกดูรายงานต่าง ๆ ผู้ทำวิจัยได้ทำการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยการทดลองใช้งานของผู้ใช้งานจริงพบว่าระบบการจองรถออนไลน์มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับที่ดี

ผลจากการดำเนินการวิจัยและการทดลองใช้งานระบบ พบว่า ระบบสามารถใช้งานได้ตามขอบเขต กล่าวคือ มีการทำงานที่ครอบคลุมทุกหน้าที่หลักที่กองอาคารสถานที่ต้องการ และช่วยสนับสนุนการทำงานของมหาวิทยาลัย โดยที่บุคลากรภายในมหาวิทยาลัยได้รับประโยชน์จากระบบอย่างต่อเนื่อง โดยผู้ใช้สามารถตรวจสอบที่จอดรถที่ว่างและเลือกตำแหน่งที่จอดรถ กรอกรายละเอียดการจอง ยกเลิกการจอง และดูสถานะการจองได้ เจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบสามารถตรวจสอบและจัดการรายการจองทั้งหมด อนุมัติหรือปฏิเสธคำขอจองที่จอดรถพร้อมระบุเหตุผล และจัดการที่จอดในแต่ละพื้นที่ของมหาวิทยาลัย

จากการประเมินผลการดำเนินงานของผู้ใช้ระบบจองที่จอดรถภายในมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ ผู้ใช้ระบบได้ให้ข้อเสนอแนะอันเป็นแนวทางเพื่อปรับปรุงระบบในอนาคต กล่าวคือ ควรเพิ่มส่วนการแจ้งเตือนเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบในกรณีที่ผู้ใช้กรอกข้อมูลเพื่อจองที่จอดรถ เพื่อให้เจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบทราบก่อนการอนุมัติคำขอดังกล่าว และควรนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการที่จอดรถ ซึ่งสอดคล้องกับการพัฒนาระบบแนะนำที่จอดรถโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง [6] ซึ่งระบบช่วยให้ผู้ใช้สามารถหาที่จอดรถได้อย่างสะดวกผ่านทางสมาร์ทโฟน สามารถเห็นจำนวนช่องจอดที่ว่าง และตำแหน่งที่ว่างของแต่ละช่องจอดได้ ทำให้ลดเวลาในการวนหาที่จอดรถได้

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณอย่างสูงต่อกองอาคารสถานที่ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ ที่ให้ข้อมูลและคำแนะนำในการจัดทำระบบจองที่จอดรถภายในมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ. (24 มิถุนายน 2568). เกี่ยวกับเรา กองอาคารสถานที่. สืบค้นจาก https://building.hcu.ac.th/?page_id=139
- [2] บริษัท เอ็นเทค อินดัสเทรียล โซลูชั่น จำกัด. (24 มิถุนายน 2568). ระบบบริหารลานจอดรถ (Parking Management System). สืบค้นจาก <https://www.entech.co.th/smart-parking-ระบบจอดรถอัจฉริยะ/?lang=th>

- [3] เจริญ รุ่งกลิ่น และคณะ. การพัฒนาแบบจำลองระบบค้นหาที่จอดรถ. การประชุมมหาดไทยวิชาการระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 14, สงขลา, 2566. 630-642.
- [4] กัลยา ธนาสินธ์ และคณะ. ระบบตรวจสอบที่ว่างของช่องจอดรถยนต์ในโมเดลลานจอดผ่านแอปพลิเคชันระบบแอนดรอยด์บนสมาร์ตโฟน. วารสารก้าวหน้าทางโลกวิทยาศาสตร์ ปีที่ 20 ฉบับที่ 2, 2563. 35-50.
- [5] ชาญณรงค์ สุวิฑิตกุล, การพัฒนาระบบจองรถออนไลน์และบำรุงรักษา กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย. สืบค้นจาก <https://searchlib.utcc.ac.th/library/onlinethesis/300554.pdf>
- [6] เปรม อึ้งกวีชากุล และคณะ. การพัฒนาระบบแนะนำที่จอดรถโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง. วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ปีที่ 1 ฉบับที่ 4, 2566.

ภาวะผู้นำเชิงพฤติกรรมของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานการศึกษากรุงเทพมหานคร Behavioral Leadership of School Administrators under the Department of Education

หัสบดีนทร์ พรหมงาม^{1*} สุทธิพร บุญส่ง¹ และ พิมลพรรณ เพชรสมบัติ¹

¹ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

*Email: pimolpun_p@rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาภาวะผู้นำเชิงพฤติกรรมของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานการศึกษา กรุงเทพมหานคร กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ผู้บริหารและครูในสถานศึกษากรุงเทพมหานคร เขตสายไหม ปีการศึกษา 2567 จำนวน 234 คน โดยการสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบสอบถามแบบมาตรวัด ประเมินค่า 5 ระดับ มีความเชื่อมั่นเท่ากับ .987 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่า ภาวะผู้นำเชิงพฤติกรรมของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดกรุงเทพมหานคร โดยภาพรวมอยู่ในระดับ มาก โดยมีองค์ประกอบ ได้แก่ มุ่งเน้นงาน การตัดสินใจ เน้นความสัมพันธ์ การปรับตัว การเปลี่ยนแปลง

คำสำคัญ: ภาวะผู้นำเชิงพฤติกรรม ผู้บริหารสถานศึกษา กรุงเทพมหานคร

Abstract

This research aimed to investigate the behavioral leadership of school administrators under the Department of Education. Employing stratified sampling, the research sample consisted of 234 school administrators and teachers in the schools under the Bangkok Metropolitan Administration, Sai Mai District, in the academic year 2024. The instrument was a five-scale questionnaire with reliability of .987. The researcher conducted statistics consisting of mean and standard deviation.

The findings showed that school administrators under the Department of Education generally exhibited a high degree of behavioral leadership. Task focus, decision-making, relationship focus, adjustment, and change were the elements of behavioral leadership.

Keywords: Behavioral Leadership, School Administrators, Bangkok Metropolitan Administration

1. บทนำ

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2553 และ (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2562 มาตรา 10 ได้บัญญัติไว้ว่าการจัดการศึกษาต้องจัดให้บุคคลมีสิทธิและโอกาสเสมอกันในการรับ การศึกษาขั้นพื้นฐานไม่น้อยกว่า 12 ปี ที่รัฐต้องจัดให้อย่างทั่วถึงและมีคุณภาพโดยไม่เก็บค่าใช้จ่าย มาตรา 17 ได้บัญญัติไว้ว่า ให้มีการศึกษาภาคบังคับจำนวน 9 ปี โดยให้เด็กซึ่งมีอายุย่างเข้าปีที่ 7 เข้าเรียนในสถานศึกษาขั้นพื้นฐานจนอายุย่างเข้าปีที่ 16 เว้นแต่สอบได้ชั้นปีที่ 9 ของการศึกษาภาคบังคับ หลักเกณฑ์และวิธีการนับอายุให้เป็นไปตามที่กำหนดในกฎกระทรวง และในมาตรา 24 กล่าวถึงการจัดการกระบวนการเรียนรู้ให้สถานศึกษาและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องดำเนินการดังต่อไปนี้ จัดเนื้อหา สาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจและความถนัดของผู้เรียนโดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล ฝึกทักษะ กระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์ และการประยุกต์ความรู้มาใช้เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหา จัดกิจกรรม ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกการปฏิบัติให้ทำได้ คิดเป็น ทำเป็น รักการอ่านและเกิดการใฝ่รู้อย่างต่อเนื่อง จัดการเรียนการสอนโดยผสมผสานสาระความรู้ด้านต่าง ๆ อย่างได้สัดส่วนสมดุลกัน รวมทั้งปลูกฝังคุณธรรมค่านิยมที่ดีงาม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ไว้ในทุกวิชา ส่งเสริมสนับสนุนให้ผู้สอนสามารถจัดบรรยากาศ สภาพแวดล้อม สื่อการเรียน การสอน และอำนวยความสะดวกเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และมีความรอบรู้ [1]

การบริหารและการจัดการสถานศึกษาให้มีคุณภาพนั้น ผู้ที่มีบทบาทสำคัญคือผู้บริหารสถานศึกษาถือว่าเป็นผู้นำ ซึ่งผู้นำคือผู้ที่มีบทบาทสำคัญในการบริหารกิจกรรมต่าง ๆ ดังนั้นผู้บริหารสถานศึกษาต้องมีภาวะผู้นำ ซึ่งภาวะผู้นำเป็น กระบวนการสร้างและพัฒนการทำงานกับคนในสถานศึกษา เป็นการสร้างแรงจูงใจในการทำงานเป็นการใช้มนุษยสัมพันธ์ การสื่อสารระหว่างบุคคล เป็นการสร้างบรรยากาศต่อองค์การ เพื่อช่วยในการสร้างความเจริญก้าวหน้า และการพัฒนา สถานศึกษาและนำไปสู่เป้าหมาย จึงกล่าวได้ว่าผู้บริหารสถานศึกษาที่มีคุณภาพนั้นจำเป็นต้องอาศัยความรู้ความสามารถที่มี ภาวะผู้นำหากผู้บริหารขาดภาวะผู้นำก็จะส่งผลกระทบต่อสถานศึกษา ทั้งด้านชื่อเสียง ค่านิยมและผลสัมฤทธิ์โดยเฉพาะสังคม ปัจจุบันเป็นยุคดิจิทัลข้อมูลข่าวสารสามารถสื่อสารกันได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้นภาวะผู้นำจึงมีความสำคัญต่อการพัฒนาองค์การ เป็นอย่างยิ่ง ผู้นำในสถานศึกษาเป็นผู้ที่มีบทบาทต่อพฤติกรรมการทำงานของบุคลากรหรือผู้ใต้บังคับบัญชาและต่อผลสัมฤทธิ์ ของงานโดยรวมทั้งหมดขององค์การ ทั้งนี้เพราะผู้นำหรือผู้บริหารนั้นเป็นผู้ควบคุมดูแลและมีอิทธิพลต่อการดำเนินงาน ซึ่งทำให้ ผลการปฏิบัติงานประสบผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ขององค์การ [2]

โรงเรียนสังกัดกรุงเทพมหานคร แม้ภาพรวมคุณภาพการศึกษาจะถือว่าดี แต่ปัญหาการบริหารจัดการด้านการศึกษา โดยผู้บริหารยังคงสะท้อนความท้าทายหลายประการ โรงเรียนที่มีขนาดแตกต่างกันยังขาดความสอดคล้องในการจัดการ วิชาการ การพัฒนาครู และสภาพแวดล้อมทางกายภาพ ซึ่งส่งผลต่อมาตรฐานการเรียนรู้ ปัญหาโครงสร้างด้านงบประมาณ มีการใช้จ่ายที่ไม่สอดคล้องกับเป้าหมายการศึกษาขั้นพื้นฐาน คำนึงถึงต้นทุนสูงแต่ไม่เกิดประสิทธิผลในเชิงพัฒนาบุคลากร และวงจรการเรียนรู้ นอกจากนี้ การจัดการศึกษาพิเศษไม่มีแนวทางและมาตรการที่ชัดเจนในการรองรับเด็กที่มีความต้องการ เฉพาะ ซึ่งทำให้เกิดช่องว่างในการเข้าถึงโอกาสทางการศึกษาอย่างเท่าเทียมกัน ความท้าทายทั้งสามประการชี้ให้เห็นว่า ผู้บริหารโรงเรียนต้องมีภาวะผู้นำเชิงพฤติกรรมที่สามารถปรับปรุงคุณภาพวิชาการ จัดสรรงบประมาณอย่างมีประสิทธิภาพ และพัฒนาสิทธิเด็กพิเศษได้อย่างทั่วถึง [3]

ผู้วิจัยจึงให้ความสนใจที่จะศึกษาภาวะผู้นำเชิงพฤติกรรมของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดกรุงเทพมหานคร สำนักงาน เขตสายไหม เพื่อนำเสนอแนวทางที่สามารถช่วยยกระดับคุณภาพการบริหารสถานศึกษาและพัฒนาสภาพแวดล้อมในการทำงาน ของครูให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งจะเป็นโยบายต่อทั้งตัวบุคลากรทางการศึกษาและนักเรียนที่ได้รับการเรียนการสอน ภายใต้ระบบที่ดีขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาภาวะผู้นำเชิงพฤติกรรมของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานการศึกษากรุงเทพมหานคร

2. วิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ ผู้บริหารและครูในสถานศึกษาสังกัดสำนักงานการศึกษากรุงเทพมหานคร จำนวน 599 คน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ผู้บริหารและครูในสถานศึกษาสังกัดกรุงเทพมหานคร สำนักงานเขตสายไหม จำนวน 234 คน กำหนดขนาดตัวอย่างตามตาราง Krejcie and Morgan [4] จากการสุ่มแบบแบ่งชั้นภูมิ โดยใช้เกณฑ์การแบ่งตามจำนวนครูในแต่ละโรงเรียนจากทั้งหมด 9 โรงเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นแบบสอบถามแบบวัดค่า 5 ระดับ ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์ (IOC) อยู่ระหว่าง 0.80 – 1.00 มีค่าความเชื่อมั่นของครอนบาค เท่ากับ .987 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน[5]

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับภาวะผู้นำเชิงพฤติกรรมของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานการศึกษากรุงเทพมหานคร สามารถสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ภาวะผู้นำเชิงพฤติกรรมของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานการศึกษากรุงเทพมหานครโดยรวม

ภาวะผู้นำเชิงพฤติกรรม	n = 234		ระดับภาวะผู้นำ เชิงพฤติกรรม	อันดับที่
	$\bar{X}$	S.D.		
1. การตัดสินใจ (X_1)	4.32	0.85	มาก	2
2. เน้นความสัมพันธ์ (X_2)	4.24	0.96	มาก	3
3. มุ่งเน้นงาน (X_3)	4.36	0.79	มาก	1
4. การเปลี่ยนแปลง (X_4)	4.18	0.90	มาก	5
5. การปรับตัว (X_5)	4.19	0.94	มาก	4
รวม	4.26	0.89	มาก	

จากตารางที่ 1 พบว่า ภาวะผู้นำเชิงพฤติกรรมของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานการศึกษากรุงเทพมหานคร โดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=4.26$, S.D.=0.89) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านมุ่งเน้นงาน มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ($\bar{X}=4.36$, S.D.=0.79) รองลงมาคือ ด้านการตัดสินใจ ($\bar{X}=4.32$, S.D.=0.85) และด้านการเปลี่ยนแปลงมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด ($\bar{X}=4.18$, S.D.=0.90)

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ภาวะผู้นำเชิงพฤติกรรมของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานการศึกษากรุงเทพมหานครรายด้านด้านการตัดสินใจ

การตัดสินใจ	n = 234		ระดับการตัดสินใจ	อันดับที่
	$\bar{X}$	S.D.		
1. ผู้บริหารใช้ความรู้ ทักษะ ประสบการณ์ และความสามารถประเมินผลที่เหมาะสม	4.40	0.75	มาก	1
2. ผู้บริหารมีการใช้เหตุผลในการพิจารณาทางเลือกให้เกิดความสอดคล้องกับเป้าหมาย	4.28	0.81	มาก	4
3. ผู้บริหารมีความชัดเจนในแนวทางปฏิบัติงาน	4.35	0.84	มาก	2
4. ผู้บริหารสามารถแก้ไขปัญหาและขับเคลื่อนสถานศึกษาไปสู่ความสำเร็จ	4.30	0.85	มาก	3
5. ผู้บริหารมีการเปิดโอกาสให้ครูมีส่วนร่วมในการตัดสินใจเกี่ยวกับงานในสถานศึกษา	4.27	0.99	มาก	5
รวม	4.32	0.85	มาก	

จากตารางที่ 2 พบว่า ภาวะผู้นำเชิงพฤติกรรมของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานการศึกษากรุงเทพมหานครด้านการตัดสินใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=4.32$, S.D.=0.85) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ผู้บริหารใช้ความรู้ ทักษะ ประสบการณ์ และความสามารถประเมินผลที่เหมาะสม มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{X}=4.40$, S.D.=0.75) รองลงมาคือ ผู้บริหารมีความชัดเจนในแนวทางปฏิบัติงาน ($\bar{X}=4.35$, S.D.=0.84) และผู้บริหารมีการเปิดโอกาสให้ครูมีส่วนร่วมในการตัดสินใจเกี่ยวกับงานในสถานศึกษามีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด ($\bar{X}=4.27$, S.D.=0.99)

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ภาวะผู้นำเชิงพฤติกรรมของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานการศึกษากรุงเทพมหานครรายด้านด้านเน้นความสัมพันธ์

เน้นความสัมพันธ์	n = 234		ระดับเน้นความสัมพันธ์	อันดับที่
	$\bar{X}$	S.D.		
1. ผู้บริหารมีการติดต่อและปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	4.30	0.94	มาก	1
2. ผู้บริหารมีการส่งเสริมการสื่อสารที่เปิดกว้าง	4.29	0.96	มาก	2
3. ผู้บริหารมีการสร้างบรรยากาศที่เอื้อต่อความร่วมมือ	4.25	0.96	มาก	3
4. ผู้บริหารเพิ่มแรงจูงใจในการทำงานของครู	4.15	0.98	มาก	5
5. ผู้บริหารให้คำปรึกษา สนับสนุนในการปฏิบัติงาน	4.22	0.95	มาก	4
รวม	4.24	0.96	มาก	

จากตารางที่ 3 พบว่า ภาวะผู้นำเชิงพฤติกรรมของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานการศึกษากรุงเทพมหานคร ด้านเน้นความสัมพันธ์อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=4.24$, $S.D.=0.96$) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ผู้บริหารมีการติดต่อและปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคล มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{X}=4.30$, $S.D.=0.94$) รองลงมาคือ ผู้บริหารมีการส่งเสริมการสื่อสารที่เปิดกว้าง ($\bar{X}=4.29$, $S.D.=0.96$) และผู้บริหารเพิ่มแรงจูงใจในการทำงานของครูมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด ($\bar{X}=4.15$, $S.D.=0.98$)

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ภาวะผู้นำเชิงพฤติกรรมของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานการศึกษากรุงเทพมหานคร รายด้าน ด้านมุ่งเน้นงาน

มุ่งเน้นงาน	n=234		ระดับมุ่งเน้นงาน	อันดับที่
	$\bar{X}$	S.D.		
1. ผู้บริหารมีการกำหนดแนวทางปฏิบัติที่ชัดเจน	4.33	0.82	มาก	4
2. ผู้บริหารให้ความสำคัญกับเป้าหมายของสถานศึกษา	4.44	0.77	มาก	1
3. ผู้บริหารเน้นการออกคำสั่งในการปฏิบัติงาน	4.24	0.81	มาก	5
4. ผู้บริหารมีการควบคุมติดตามผลดำเนินงานอย่างมีระบบ	4.36	0.73	มาก	3
5. ผู้บริหารมีการกระตุ้นให้บุคลากรมีความมุ่งมั่นในการทำงาน	4.43	0.83	มาก	2
รวม	4.36	0.79	มาก	

จากตารางที่ 4 พบว่า ภาวะผู้นำเชิงพฤติกรรมของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานการศึกษากรุงเทพมหานคร ด้านมุ่งเน้นงานอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=4.36$, $S.D.=0.79$) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ผู้บริหารให้ความสำคัญกับเป้าหมายของสถานศึกษา มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{X}=4.44$, $S.D.=0.77$) รองลงมาคือ ผู้บริหารมีการกระตุ้นให้บุคลากรมีความมุ่งมั่นในการทำงาน ($\bar{X}=4.43$, $S.D.=0.83$) และผู้บริหารเน้นการออกคำสั่งในการปฏิบัติงานมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด ($\bar{X}=4.24$, $S.D.=0.81$)

จากตารางที่ 5 พบว่า ภาวะผู้นำเชิงพฤติกรรมของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานการศึกษากรุงเทพมหานคร ด้านการเปลี่ยนแปลงอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=4.18$, $S.D.=0.90$) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ผู้บริหารมีการส่งเสริมให้บุคลากรมีความคิดเชิงบวกในการพัฒนาตนเองมีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{X}=4.32$, $S.D.=0.91$) รองลงมาคือ ผู้บริหารมีบทบาทสำคัญในการกำหนดทิศทางและจูงใจผู้ร่วมงาน ($\bar{X}=4.19$, $S.D.=0.87$) และผู้บริหารมีการส่งเสริมการเรียนรู้จากอดีตและนำมาปรับปรุงแนวทางปฏิบัติให้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด ($\bar{X}=4.12$, $S.D.=0.91$)

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ภาวะผู้นำเชิงพฤติกรรมของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานการศึกษากรุงเทพมหานครรายด้านด้านการเปลี่ยนแปลง

การเปลี่ยนแปลง	n = 234		ระดับการเปลี่ยนแปลง	อันดับที่
	$\bar{X}$	S.D.		
1. ผู้บริหารมีบทบาทสำคัญในการกำหนดทิศทางและจิตใจผู้ร่วมงาน	4.19	0.87	มาก	2
2. ผู้บริหารมีการส่งเสริมการเรียนรู้จากอดีตและนำมาปรับปรุงแนวทางปฏิบัติให้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลง	4.12	0.91	มาก	5
3. ผู้บริหารเป็นต้นแบบที่ดี มีความคิดสร้างสรรค์	4.14	0.94	มาก	3
4. ผู้บริหารมีวิสัยทัศน์ในการผลักดันให้เกิดนวัตกรรม	4.13	0.86	มาก	4
5. ผู้บริหารมีการส่งเสริมให้บุคลากรมีความคิดเชิงบวกในการพัฒนาตนเอง	4.32	0.91	มาก	1
รวม	4.18	0.90	มาก	

จากตารางที่ 6 พบว่า ภาวะผู้นำเชิงพฤติกรรมของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานการศึกษากรุงเทพมหานครการปรับตัวอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=4.19$, S.D.=0.94) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ผู้บริหารมีการรับฟังความคิดเห็นจากผู้อื่นมีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{X}=4.25$, S.D.=1.06) รองลงมาคือ ผู้บริหารมีความสามารถในการตัดสินใจอย่างมีเหตุผล ($\bar{X}=4.21$, S.D.=1.00) และผู้บริหารมีการสร้างบรรยากาศในการส่งเสริมความร่วมมือและความคิดสร้างสรรค์มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด ($\bar{X}=4.16$, S.D.=0.91)

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ภาวะผู้นำเชิงพฤติกรรมของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานการศึกษากรุงเทพมหานครรายด้านด้านการปรับตัว

การปรับตัว	n = 234		ระดับการปรับตัว	อันดับที่
	$\bar{X}$	S.D.		
1. ผู้บริหารมีแนวทางปฏิบัติที่เหมาะสมกับบริบทและสถานการณ์	4.17	0.77	มาก	4
2. ผู้บริหารมีการรับฟังความคิดเห็นจากผู้อื่น	4.25	1.06	มาก	1
3. ผู้บริหารมีความสามารถในการแก้ไขปัญหาได้หลากหลายวิธี	4.18	0.95	มาก	3
4. ผู้บริหารมีความสามารถในการตัดสินใจอย่างมีเหตุผล	4.21	1.00	มาก	2
5. ผู้บริหารมีการสร้างบรรยากาศในการส่งเสริมความร่วมมือและความคิดสร้างสรรค์	4.16	0.91	มาก	5
รวม	4.19	0.94	มาก	

ดังนั้นภาวะผู้นำเชิงพฤติกรรมของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานการศึกษากรุงเทพมหานคร มีองค์ประกอบได้แก่ มุ่งเน้นงาน(X_3) การตัดสินใจ(X_1) เน้นความสัมพันธ์(X_2) การปรับตัว (X_5) การเปลี่ยนแปลง(X_4) ตามลำดับ

อภิปรายผล

ผลการวิเคราะห์ภาวะผู้นำเชิงพฤติกรรมของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานการศึกษากรุงเทพมหานคร สามารถนำมาอภิปรายผลตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยได้ดังนี้

จากผลการวิจัยพบว่าภาวะผู้นำเชิงพฤติกรรมของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานการศึกษากรุงเทพมหานคร อยู่ในระดับมากเมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านมุ่งเน้นงาน มีค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ ด้านการตัดสินใจ และด้านการเปลี่ยนแปลงมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ ผู้บริหารสถานศึกษาที่มีด้านมุ่งเน้นงานสะท้อนถึงความมุ่งมั่นของผู้บริหารในการกำหนดแนวทางการปฏิบัติอย่างชัดเจน มีการควบคุมและติดตามผลอย่างเป็นระบบ ตลอดจนกระตุ้นให้บุคลากรมุ่งเน้นความสำเร็จของงานตามเป้าหมายของสถานศึกษา ถือเป็นพฤติกรรมที่ส่งผลโดยตรงต่อผลสัมฤทธิ์ขององค์กรอย่างมีประสิทธิภาพ ประกอบกับการตัดสินใจ ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่แสดงถึงการใช้เหตุผล ความรู้ ทักษะ และประสบการณ์อย่างรอบด้าน โดยผู้บริหารสามารถเลือกแนวทางที่เหมาะสมและสอดคล้องกับเป้าหมายของสถานศึกษา รวมถึงเปิดโอกาสให้บุคลากรมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ ซึ่งเป็นการเสริมสร้างบรรยากาศของการมีส่วนร่วมและความโปร่งใสในองค์กร รวมถึงการเป็นผู้บริหารสถานศึกษาต้องสร้างความสัมพันธ์ที่ดีภายในองค์กร ส่งเสริมการสื่อสารที่เปิดกว้าง และให้การสนับสนุนอย่างจริงจัง ย่อมเป็นแรงผลักดันที่สำคัญในการสร้างขวัญกำลังใจและแรงจูงใจในการทำงานของครูและบุคลากรในสถานศึกษา จำเป็นต้องมีความสามารถในการยืดหยุ่น รับฟังความคิดเห็น และเลือกแนวทางการแก้ไขปัญหาที่หลากหลายเหมาะสมกับบริบทที่เปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ เพื่อสร้างความร่วมมือและความคิดสร้างสรรค์ในองค์กรอย่างยั่งยืน และพร้อมจะเปลี่ยนแปลงให้เท่าทันโลกยุคปัจจุบัน มีวิสัยทัศน์ และส่งเสริมให้เกิดนวัตกรรมและการพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่องภายในองค์กร สอดคล้องกับผลวิจัย กมลพัชร พงศ์เชียงใหม่ [6] ได้ศึกษาเรื่อง ภาวะผู้นำของผู้บริหารสถานศึกษาในศตวรรษที่ 21 ที่ส่งผลต่อแรงจูงใจในการปฏิบัติงานของครู สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา ประถมศึกษานครศรีธรรมราช เขต 2 พบว่าโดยรวมอยู่ในระดับมาก และสอดคล้องกับผลวิจัย อรพรรณ เทียนคันฉัตร [7] ได้ศึกษาเรื่อง ภาวะผู้นำเชิงพฤติกรรมของผู้บริหารสถานศึกษาที่ส่งผลต่อแรงจูงใจในการปฏิบัติงานของครู พบว่าโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก

ด้านมุ่งเน้นงานอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า ผู้บริหารสถานศึกษาที่มีภาวะผู้นำเชิงพฤติกรรมที่โดดเด่น จะให้ความสำคัญกับการกำหนดแนวทางปฏิบัติงานอย่างชัดเจน โดยมีการวางแผนและระบุขั้นตอนการดำเนินงานที่ครอบคลุมและเป็นระบบ เพื่อให้บุคลากรในสถานศึกษาสามารถปฏิบัติงานได้ตรงตามเป้าหมายที่กำหนดไว้อย่างมีประสิทธิภาพ เน้นการสื่อสารเป้าหมายของสถานศึกษาให้ชัดเจนและครอบคลุมทุกภาคส่วน เพื่อให้ครูและบุคลากรทุกคนสามารถเข้าใจทิศทางในการดำเนินงานร่วมกันอย่างมีเอกภาพ นอกจากนี้ ยังให้ความสำคัญกับการออกคำสั่งที่ชัดเจนและความเหมาะสมกับบริบทการทำงาน โดยใช้ภาวะผู้นำเพื่อขับเคลื่อนทีมไปสู่เป้าหมาย มีการควบคุมและติดตามผลการดำเนินงานอย่างต่อเนื่อง และเป็นระบบ ซึ่งช่วยให้สามารถประเมินความก้าวหน้าและปรับปรุงกระบวนการทำงานได้อย่างทันที่ อีกทั้งยังมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นให้บุคลากรมีความมุ่งมั่นในการทำงาน ด้วยการให้กำลังใจ ยอมรับในผลงาน และสนับสนุนให้เกิดการพัฒนาศักยภาพของแต่ละบุคคล ส่งผลให้การดำเนินงานของสถานศึกษาเป็นไปด้วยความราบรื่น และเกิดประสิทธิผลสูงสุด สอดคล้องกับผลวิจัย ปริญญช มูลมั่ง [8] ได้ศึกษาเรื่อง ภาวะผู้นำเชิงพฤติกรรมของผู้บริหารสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาเชียงราย เขต 2 พบว่า ด้านการมุ่งเน้นงานอยู่ในระดับมาก และสอดคล้องกับผลวิจัย จำรัส เชื้อนเพชร [9] ได้ศึกษาเรื่องภาวะผู้นำตามสถานการณ์ของผู้บริหารสถานศึกษาโรงเรียนขยายโอกาส กลุ่มอำเภอมะนัง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาเชียงราย เขต 3 พบว่า การมุ่งเน้นงานอยู่ระดับมาก

ด้านการตัดสินใจอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า ผู้บริหารสถานศึกษาที่มีประสิทธิภาพจะต้องสามารถใช้ความรู้ ทักษะ ประสบการณ์ และความสามารถอย่างรอบด้านในการประเมินสถานการณ์และตัดสินใจอย่างเหมาะสม โดยกระบวนการตัดสินใจของผู้บริหารนั้นไม่ใช่เพียงการเลือกทางใดทางหนึ่งแบบฉาบฉวย แต่เป็นการพิจารณาทางเลือกอย่างมีเหตุผล โดยคำนึงถึงเป้าหมายของสถานศึกษาเป็นหลัก ซึ่งจะช่วยให้แนวทางที่กำหนดไว้นั้นมีความชัดเจน เป็นไปในทิศทางเดียวกันทั้งระบบ นอกจากนี้ ผู้บริหารยังต้องแสดงบทบาทผู้นำในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างมีระบบ มีการวางแผนและแนวทางในการขับเคลื่อนงานอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อนำพาสถานศึกษาไปสู่ความสำเร็จตามเป้าหมายอย่างยั่งยืน อีกทั้งยังควรเปิดโอกาสให้ครูและบุคลากรทางการศึกษาได้มีส่วนร่วมในการตัดสินใจเกี่ยวกับงานภายในสถานศึกษา ซึ่งไม่เพียงแต่ช่วยเสริมสร้างความรู้สึกรับผิดชอบเป็นเจ้าขององค์กร แต่ยังส่งผลให้ครูเกิดแรงจูงใจในการทำงาน เกิดความร่วมมือ ร่วมคิด ร่วมทำ และร่วมพัฒนาไปพร้อมกันกับผู้บริหารอย่างมีพลังและความมุ่งมั่นในเป้าหมายเดียวกัน สอดคล้องกับผลวิจัย วราภรณ์ ต้นแสง [10] ได้ศึกษาเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างการใช้อำนาจกับการตัดสินใจของผู้บริหารสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษากาญจนบุรี เขต 2 พบว่าด้านการตัดสินใจอยู่ในระดับมาก และสอดคล้องกับผลวิจัย พระครูปลัดไกรสอน ธรรมรสี [11] ได้ศึกษาเรื่อง รูปแบบการตัดสินใจเชิงพุทธสำหรับผู้บริหารสถานศึกษาสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่าด้านการตัดสินใจอยู่ในระดับมาก

ด้านเน้นความสัมพันธ์อยู่ในระดับมาก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า ผู้บริหารสถานศึกษาที่มีภาวะผู้นำเชิงพฤติกรรมที่ดีมักให้ความสำคัญกับการติดต่อและปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลอย่างเหมาะสม โดยเปิดโอกาสให้ครูและบุคลากรในโรงเรียนได้สื่อสารและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันอย่างเสรี ซึ่งการส่งเสริมการสื่อสารที่เปิดกว้างนี้ช่วยสร้างความเข้าใจที่ดีภายในทีมงาน ลดความขัดแย้ง และทำให้การทำงานร่วมกันมีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนี้ ผู้บริหารยังมีบทบาทสำคัญในการสร้างบรรยากาศที่เอื้อต่อความร่วมมือภายในสถานศึกษา ด้วยการเป็นแบบอย่างที่ดีในการทำงานร่วมกับผู้อื่น สนับสนุนการมีส่วนร่วมและยอมรับความคิดเห็นที่หลากหลาย ผลจากการมีบรรยากาศการทำงานที่ดี เพิ่มแรงจูงใจในการทำงานของครูได้อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งจากการให้กำลังใจ ชื่นชมในความสำเร็จ และมอบหมายงานอย่างเหมาะสมตามความสามารถของแต่ละบุคคล ยิ่งไปกว่านั้นยังมีบทบาทเป็นที่ปรึกษาที่ไว้วางใจได้ ซึ่งสามารถให้คำแนะนำและการสนับสนุนที่จำเป็นในระหว่างกระบวนการปฏิบัติงาน ช่วยให้ครูสามารถพัฒนาตนเองได้อย่างต่อเนื่องและทำงานด้วยความมั่นใจ นำไปสู่การพัฒนาคุณภาพการเรียนการสอน และผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาของนักเรียนในที่สุด สอดคล้องกับผลวิจัย จิรนนท์ ขุนทอง [12] ได้ศึกษาเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างทักษะมนุษยสัมพันธ์ของผู้บริหารสถานศึกษากับการทำงานเป็นทีมของครูในสถานศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระแก้ว พบว่าด้านเน้นความสัมพันธ์อยู่ในระดับมาก และสอดคล้องกับผลวิจัย นิมาลิก ใบสะเมื้อ [13] ได้ศึกษาเรื่อง พฤติกรรมด้านมนุษยสัมพันธ์ของผู้บริหารสถานศึกษาในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาปัตตานี เขต 3 พบว่าด้านเน้นความสัมพันธ์อยู่ในระดับมาก

การปรับตัวอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า ผู้บริหารสถานศึกษาที่มีความสามารถในการปรับตัวตามบริบทและสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ ย่อมเป็นผู้ที่สามารถขับเคลื่อนองค์กรให้ก้าวหน้าได้อย่างยั่งยืน โดยผู้บริหารจะกำหนดแนวทางปฏิบัติที่เหมาะสม สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมของสถานศึกษาและความต้องการของครู บุคลากร และผู้เรียน รวมถึงเปิดใจรับฟังความคิดเห็นจากผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ ซึ่งสะท้อนถึงภาวะผู้นำที่ให้ความสำคัญกับการมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการ นอกจากนี้ ผู้บริหารยังมีความสามารถในการแก้ไขปัญหาได้หลากหลายวิธี โดยเลือกใช้กระบวนการตัดสินใจอย่างมีเหตุผล และพิจารณาทางเลือกที่เหมาะสมเพื่อให้ได้แนวทางที่ตอบโจทย์มากที่สุด สิ่งเหล่านี้ไม่เพียงช่วยให้สถานศึกษาสามารถดำเนินงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ยังช่วยสร้างบรรยากาศการทำงานที่เอื้อต่อความร่วมมือ เปิดโอกาสให้บุคลากรได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการเสนอแนวทางใหม่ ๆ ทำให้สถานศึกษาเป็นพื้นที่ของการเรียนรู้ เติบโต และปรับตัวอย่างต่อเนื่อง สอดคล้องกับผลวิจัย สุธิกานต์ บริเอก [14] ได้ศึกษาเรื่อง ภาวะผู้นำของผู้บริหารสถานศึกษาที่ส่งผลต่อการปฏิบัติงานของครูผู้สอนในโรงเรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 22 พบว่าด้านการปรับตัวอยู่ในระดับมาก

และสอดคล้องกับผลวิจัย สนธยา สมลิคุณ [15] ได้ศึกษาเรื่องภาวะผู้นำเชิงสร้างสรรค์ของผู้บริหารสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาขอนแก่น เขต 2 พบว่าด้านการปรับตัวอยู่ในระดับมาก

ด้านการเปลี่ยนแปลงอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า ผู้บริหารสถานศึกษามีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการกำหนดทิศทางขององค์กรและจูงใจให้ครูและบุคลากรในสถานศึกษามีแรงขับเคลื่อนในการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ โดยผู้บริหารจะใช้วิธีชักจูงในการวางแผนและเป้าหมายที่ชัดเจนเพื่อพัฒนาองค์กรให้ก้าวหน้า พร้อมทั้งส่งเสริมให้เกิดกระบวนการเรียนรู้จากอดีต นำบทเรียนและประสบการณ์ที่ได้รับมาปรับปรุงวิธีการดำเนินงานให้เหมาะสมกับสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ซึ่งช่วยให้สถานศึกษาสามารถยืนหยัดอยู่ได้อย่างยืดหยุ่นในทุกบริบท นอกจากนี้ ผู้บริหารยังเป็นต้นแบบที่ดีให้แก่ครูและบุคลากร ด้วยการแสดงออกถึงความคิดสร้างสรรค์ ความกล้าในการริเริ่มสิ่งใหม่ และการเป็นผู้นำที่สามารถสร้างแรงบันดาลใจให้ผู้อื่นมุ่งมั่นในการพัฒนาตนเอง ผู้บริหารจะส่งเสริมให้บุคลากรมีทัศนคติเชิงบวกในการเรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ อยู่เสมอ รวมถึงสนับสนุนแนวคิดด้านนวัตกรรมและการพัฒนางานอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้เกิดวัฒนธรรมองค์กรแห่งการเรียนรู้และการเปลี่ยนแปลง ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่นำไปสู่ความสำเร็จของสถานศึกษาในระยะยาว สอดคล้องกับผลวิจัย สมศักดิ์ ยางเปือก [16] ได้ศึกษาเรื่อง ภาวะผู้นำของผู้บริหารสถานศึกษาที่ส่งผลต่อแรงจูงใจในการปฏิบัติงานของครูในโรงเรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครพนม เขต 2 พบว่าด้านการเปลี่ยนแปลงอยู่ในระดับมาก และสอดคล้องกับผลวิจัย จิตติสรภาพ ไจอารีย์ [17] ได้ศึกษาเรื่อง การศึกษาภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษาโรงเรียนในกลุ่มเครือข่ายดอยสันติคีรี สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาเชียงราย เขต 3 พบว่าด้านการเปลี่ยนแปลงอยู่ในระดับมาก

4. บทสรุป

ภาวะผู้นำเชิงพฤติกรรมของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานการศึกษากรุงเทพมหานคร โดยรวมอยู่ในระดับมากเมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านมุ่งมั่นงาน มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่สูงสุด รองลงมาคือ ด้านการตัดสินใจ และด้านการเปลี่ยนแปลงมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด

ด้านมุ่งมั่นงานอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ผู้บริหารให้ความสำคัญกับเป้าหมายของสถานศึกษามีค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ ผู้บริหารมีการกระตุ้นให้บุคลากรมีความมุ่งมั่นในการทำงาน และผู้บริหารเน้นการออกคำสั่งในการปฏิบัติงานมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด

ด้านการตัดสินใจอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ผู้บริหารใช้ความรู้ ทักษะ ประสบการณ์และความสามารถประเมินผลที่เหมาะสม มีค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ ผู้บริหารมีความชัดเจนในแนวทางปฏิบัติงาน และผู้บริหารมีการเปิดโอกาสให้ครูมีส่วนร่วมในการตัดสินใจเกี่ยวกับงานในสถานศึกษามีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด

ด้านเน้นความสัมพันธ์อยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ผู้บริหารมีการติดต่อและปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคล มีค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ ผู้บริหารมีการส่งเสริมการสื่อสารที่เปิดกว้าง และผู้บริหารเพิ่มแรงจูงใจในการทำงานของครูมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด

การปรับตัวอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ผู้บริหารมีการรับฟังความคิดเห็นจากผู้อื่น มีค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ ผู้บริหารมีความสามารถในการตัดสินใจอย่างมีเหตุผล และผู้บริหารมีการสร้างบรรยากาศในการส่งเสริมความร่วมมือและความคิดสร้างสรรค์มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด

ด้านการเปลี่ยนแปลงอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ผู้บริหารมีการส่งเสริมให้บุคลากรมีความคิดเชิงบวกในการพัฒนาตนเองมีค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ ผู้บริหารมีบทบาทสำคัญในการกำหนดทิศทางและจูงใจผู้ร่วมงาน และผู้บริหารมีการส่งเสริมการเรียนรู้จากอดีตและนำมาปรับปรุงแนวทางปฏิบัติให้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด

5. กิตติกรรมประกาศ

บทความฉบับนี้สำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์ได้ด้วยความเมตตากรุณาเป็นอย่างสูงจากรองศาสตราจารย์ ดร.สุทธิพร บุญส่งอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.พิมลพรรณ เพชรสมบัติ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษาคำแนะนำและข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2562, ราชกิจจานุเบกษา, 2562.
- [2] จรูณี แก้วเอียน. เทคนิคการบริหารงานวิชาการในสถานศึกษา กลยุทธ์และแนวทางการปฏิบัติสำหรับผู้บริหารมืออาชีพ. ชานเมืองการพิมพ์, สงขลา, 2557.
- [3] สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ. (2556). สืบค้นจาก <https://ops.moe.go.th/>
- [4] R. V Krejcie, D. W. Morgan. Determining sample size for research activities. Educational and Psychological Measurement, 30(3)(1970), 607–610.
- [5] สำนักงานเขตสายไหม. ข้อมูลจำนวนครู ปี 2567. สืบค้นจาก <https://webportal.bangkok.go.th/saimai/coverpages>
- [6] กมลพัชร พงศ์เชียงใหม่. ภาวะผู้นำของผู้บริหารสถานศึกษาในศตวรรษที่ 21 ที่ส่งผลต่อแรงจูงใจในการปฏิบัติงานของครูสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา นครศรีธรรมราช เขต2. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2565.
- [7] อรพรรณ เทียนคันฉัตร. ภาวะผู้นำเชิงพฤติกรรมของผู้บริหารสถานศึกษาที่ส่งผลต่อแรงจูงใจในการปฏิบัติงานของครู. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี. 2560.
- [8] ปรียานุช มูลมั่ง. ภาวะผู้นำเชิงพฤติกรรมของผู้บริหารสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา เชียงราย เขต 2. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยพะเยา. 2565.
- [9] จำรัส เชื้อนเพชร. ภาวะผู้นำตามสถานการณ์ของผู้บริหารสถานศึกษาโรงเรียนขยายโอกาส กลุ่มอำเภอแม่สาย สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา เชียงรายเขต 3. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยพะเยา. 2566.
- [10] วราภรณ์ ต้นเสียง. พฤติกรรมการตัดสินใจของผู้บริหารสถานศึกษาตามทัศนะของครู โรงเรียนสังกัดองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยบูรพา. 2563.
- [11] พระครูปลัดไกรสอน ธรรมรส. รูปแบบการตัดสินใจเชิงพุทธสำหรับผู้บริหารสถานศึกษา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา มัธยมศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร. คุุณิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย. 2560.
- [12] จิรนนท์ ขุนทอง. ความสัมพันธ์ระหว่างทักษะมนุษยสัมพันธ์ของผู้บริหารสถานศึกษากับการทำงานเป็นทีมของครูในสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระแก้ว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. 2564.
- [13] นิมาลิกี ใบสะเม้าะ. พฤติกรรมด้านมนุษยสัมพันธ์ของผู้บริหารสถานศึกษาในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา ประถมศึกษาปัตตานี เขต 3. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. 2564.
- [14] สุธิกานต์ บริเอก. ภาวะผู้นำของผู้บริหารสถานศึกษาที่ส่งผลต่อการปฏิบัติงานของครูผู้สอนในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 22. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร. 2564.

- [15] สนธยา สมลิคุณ. ภาวะผู้นำเชิงสร้างสรรค์ของผู้บริหารสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาขอนแก่น เขต 2. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 2566.
- [16] สมศักดิ์ ยางเปือก. ภาวะผู้นำของผู้บริหารสถานศึกษาที่ส่งผลต่อแรงจูงใจในการปฏิบัติงานของครูในโรงเรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสุพรรณบุรี เขต 2. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุพรรณบุรี. 2566.
- [17] จิตติสรภาพ ใจอารีย์. การศึกษาภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษาโรงเรียนในกลุ่มเครือข่ายดอยสันทิศรี สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาเชียงราย เขต 3. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยพะเยา. 2564.

ซูปข้นฟรีซดรายสำหรับสุนัขจากฟักทอง ออกไก่ และไข่ผ่า Freeze-Dried Concentrated Soup for Dogs Made from Pumpkin, Chicken Breast and Wolffia

พรรณราย งามวงศ์^{1*} และ สมพร เรืองสังข์¹

¹มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

*E-mail: pannarai.ngam@vru.ac.th

บทคัดย่อ

ซูปข้นฟรีซดรายสำหรับสุนัขจากฟักทอง ออกไก่ และไข่ผ่า (*Wolffia globosa*) ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อเป็นอาหารสุนัข คุณภาพสูงจากวัตถุดิบธรรมชาติที่มีคุณค่าทางโภชนาการครบถ้วน ฟักทองอุดมด้วยเส้นใย วิตามิน A, C, E โพแทสเซียม และเหล็ก ซึ่งช่วยส่งเสริมระบบย่อยอาหาร สุขภาพผิว ขน และสายตา ส่วนออกไก่เป็นแหล่งโปรตีนไขมันต่ำที่ย่อยง่าย อุดมด้วยกรดอะมิโนจำเป็น วิตามิน B6, B3 และแร่ธาตุ เช่น เหล็ก สังกะสี ซีลีเนียม ซึ่งช่วยเสริมกล้ามเนื้อ ระบบภูมิคุ้มกัน และการซ่อมแซมเนื้อเยื่อ ส่วนไข่ผ่า ซึ่งเป็นพืชน้ำขนาดเล็ก มีโปรตีนสูงพร้อมกรดอะมิโนจำเป็นครบ วิตามิน B12, A, C, E, K แร่ธาตุ เช่น ธาตุเหล็ก แคลเซียม และกรดไขมันโอเมก้า-3 รวมถึงสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น ลูทีน ซีแซนทีน และ β -carotene ซึ่งสนับสนุนระบบประสาท ภูมิคุ้มกัน และโครงสร้างกระดูก กระบวนการผลิตประกอบด้วยการเตรียมวัตถุดิบเป็นซูปข้น และผ่านกระบวนการฟรีซดราย (freeze-dry) เพื่อให้คงคุณค่าอาหาร คงรูป สะดวกต่อการใช้ และยืดอายุการเก็บรักษา จากการทดลองความน่ากินของซูปข้นฟรีซดรายในสุนัข พบว่าร้อยละ 62.5 กินทันที ร้อยละ 18.75 ดมหรือสำรวจก่อนกิน และร้อยละ 18.75 ไม่กิน ซึ่งสะท้อนระดับการยอมรับที่น่าพอใจ ผลการศึกษานี้จึงเป็นฐานข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการปรับปรุงและพัฒนาผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ: ไข่ผ่า ฟักทอง สุนัข ออกไก่ ฟรีซดราย

Abstract

A freeze-dried concentrated soup for canine consumption, formulated from pumpkin, chicken breast, and Wolffia (*Wolffia globosa*), was developed to deliver comprehensive nutritional value using natural sources. Pumpkin contributes dietary fiber and antioxidants, including vitamins A, C, and E, along with potassium and iron, promoting gastrointestinal health, skin and coat vitality, and visual function. Chicken breast supplies lean, easily digestible protein rich in essential amino acids, vitamins B3 and B6, and trace minerals (iron, zinc, selenium), which support muscle synthesis, immune function, and tissue repair. Wolffia globosa, a minute aquatic plant, offers exceptionally high protein, complete essential amino acid profile, B-complex vitamins (notably B12), vitamin A, C, E, K, folate, calcium, iron, and omega 3 fatty acids; it is also abundant in antioxidants such as lutein, zeaxanthin, and β carotene, contributing to

neural, skeletal, and immunological health. The production process involved preparing a concentrated soup base followed by freeze-drying to preserve nutritional integrity, structural form, portability, and shelf stability. In a preliminary palatability trial, 62.5% of dogs consumed the product immediately, 18.75% investigated it prior to eating, and 18.75% declined consumption, indicating promising acceptance levels. These initial findings establish a foundation for further formula optimization and scaled commercialization.

Keywords: Wolffia, Pumpkin, Dogs, Chicken Breast, Freeze-Dry

1. บทนำ

ปัจจุบันผู้เลี้ยงสัตว์ให้ความสำคัญกับสุขภาพและโภชนาการของสัตว์มากขึ้น โดยเฉพาะการเลือกอาหารที่ใช้วัตถุดิบจากธรรมชาติ ปราศจากสารปรุงแต่งหรือสารกันเสีย อาหารแบบฟรียดราย (Freeze-dry) เป็นการนำวัตถุดิบประเภทเนื้อผลไม้ และผักมาทำให้แห้งด้วยการเยือกแข็ง โดยไม่เติมสารกันบูดและสืผสมอาหารใด ๆ จึงได้รับความนิยมเนื่องจากสามารถคงคุณค่าทางโภชนาการได้ใกล้เคียงของสด ไม่ก่อให้เกิดภูมิแพ้ ปลอดภัย เก็บได้นานและสะดวกในการนำไปบริโภค ในปี 2565 ตลาดอาหารสัตว์เลี้ยงฟรียดรายทั่วโลกมีมูลค่าอยู่ที่ 350 ล้านดอลลาร์สหรัฐ และคาดว่าจะสูงถึง 1,200 ล้านดอลลาร์สหรัฐ ในปี 2572 โดยมีอัตราการเติบโตรายปีเฉลี่ยไม่ต่ำกว่าร้อยละ 18.4 ช่วงปี 2566-2572 [1] โดยมีงานวิจัยพบว่าการใช้ฟักทองและอกไก่ช่วยเพิ่มโปรตีนและเนื้อสัมผัสที่เหมาะสมต่ออาหารสัตว์เลี้ยงอย่างมีนัยสำคัญ [2]

งานวิจัยด้านการนำไข่ฝามาเป็นอาหารสัตว์มีน้อย พบว่ามีการนำไข่ฝามาหรือน้ำผสมอาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับเลี้ยงปลาในอัตราส่วน 95:5 ทำให้ปลาที่มีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับ การเลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปเพียงอย่างเดียว [3] และมีการศึกษาพบว่าอาหารไก่ไข่สำเร็จรูปเสริมไข่ขาว 1% ไม่ส่งผลกระทบต่อสมรรถนะการผลิตไข่ แต่สามารถเพิ่มน้ำหนักไข่ทั้งฟองเท่ากับกลุ่มใช้อาหารสำเร็จรูปเพียงอย่างเดียว [4] การเสริมไข่ขาวหรือไข่ฝามาในอาหารสัตว์สำเร็จรูปจึงเป็นการลดต้นทุนการผลิตอาหารสัตว์ได้ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อ การเจริญเติบโตของสัตว์ งานวิจัยนี้มุ่งพัฒนาอาหารฟรียดรายสำหรับสุนัข โดยใช้ฟักทอง ซึ่งเป็นแหล่งของใยอาหาร ช่วยส่งเสริมการขับถ่าย ฟักทองมีสารกลุ่มแคโรทีนอยด์ (carotenoids) ได้แก่ เบต้าแคโรทีน ลูทีน ไลโคปีน แอลฟาแคโรทีน และซีแซนทีนที่บำรุงสายตาและเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ รวมถึงมีคาร์โบไฮเดรต และแร่ธาตุสูงด้วย นอกจากนี้ยังมีคุณค่าทางอาหาร คือ โปรตีน 3.74 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 1.34 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 2.90 เปอร์เซ็นต์ และคาร์โบไฮเดรต 78.77 เปอร์เซ็นต์ [5] ร่วมกับอกไก่ที่เป็นแหล่งโปรตีนคุณภาพสูง ไขมันต่ำ ย่อยง่าย เหมาะสำหรับสัตว์ที่ต้องการควบคุมน้ำหนักหรือมีระบบย่อยอาหารบอบบาง และไข่ไก่ ให้กรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วน รวมถึงไขมันดี วิตามิน B12 และแร่ธาตุหลายชนิด โดยเพิ่มไข่ฝามาเป็นแหล่งโปรตีน วิตามิน ใยอาหาร และกรดอะมิโนที่จำเป็น [6] ในรูปแบบของซุซัน

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ซุซันฟรียดรายจากฟักทอง อกไก่ และไข่ฝามาสำหรับสุนัข
2. เพื่อประเมินความน่ากินของซุซันฟรียดรายโดยสุนัข

3. วิธีการวิจัย

3.1 วัตถุดิบ ดัดแปลงจาก [2]

วัตถุดิบ	น้ำหนัก (กรัม)	อัตราส่วน (%)
อกไก่	2000	67.69%
ฟักทอง	60	20.30%
ไข่ผ่า	30	1.02%
ไข่ไก่	150	5.08%
น้ำ	175	5.92%

3.2 การเตรียมวัตถุดิบ

- 1) เตรียมฟักทอง โดยหั่นฟักทองเป็นชิ้นใหญ่ นำมานึ่งจนสุก แล้วบดให้ละเอียด เติมน้ำ 50 กรัม ระหว่างบดพักไว้ในหม้อ
- 2) เตรียมอกไก่ โดยการสับหยาบอกไก่ แล้วนึ่งจนสุก (ไม่ต้องปั่นหรือบด) จากนั้นเทใส่หม้อรวมกับฟักทองบด (จากข้อ 1)
- 3) เตรียมไข่ไก่ โดยตอกไข่ไก่ลงชาม ตีเบา ๆ ให้ไข่แดงกระจาย อย่าให้ขึ้นฟอง

3.3 การผสมวัตถุดิบ

- 1) นำหม้อผสมวัตถุดิบที่มีส่วนผสมฟักทองบดและไก่สับหยาบจากข้อ 2.2 ตั้งไฟกลาง ทยอยเติมน้ำที่เหลืออีก 125 กรัม คนส่วนผสมตลอดเวลา
- 2) เติมน้ำไข่ลงไปในหม้อผสมวัตถุดิบ
- 3) คนส่วนผสมจนไข่สุก ได้เนื้อฟูขึ้น

3.4 การขึ้นรูปและแปรรูปซูชิพรีชดราย

- 1) พักซูชิ (จากข้อ 2.3) ให้เย็น
- 2) อัดบล็อกโดยเทใส่พิมพ์ขนาดเล็ก (1x1 นิ้ว)
- 3) เข้าสู่กระบวนการ Freeze dry จนแห้งสนิท โดยใช้เครื่อง Freeze dry 1200 ลิตร ที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง

3.5 การทดสอบความน่ากิน (Palatability) ดัดแปลงจาก [7]

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ซูชิพรีชดรายสำหรับสุนัข โดยการทดสอบความน่ากิน (Palatability) ได้ดำเนินการโดยใช้สุนัขจำนวน 16 ตัว แบ่งออกเป็นสุนัขพันธุ์ไทยและสุนัขพันธุ์ต่างประเทศ มีน้ำหนักโดยประมาณ น้อยกว่าหรือเท่ากับ 10 กิโลกรัม และมากกว่า 10 กิโลกรัม ประเมินจากเกณฑ์ที่ใช้พิจารณาในการจำแนกพันธุ์เบื้องต้นจาก สีตา ขน ลักษณะใบหู การจำแนกน้ำหนักประเมินจากการเปรียบเทียบขนาดตัวสุนัขตัวอย่างกับสุนัขที่ทราบน้ำหนัก โดยทำการแจกผลิตภัณฑ์จำนวน 10 ก้อนต่อสุนัข 1 ตัว และใช้การสังเกตพฤติกรรมการกิน เช่น กินทันที ดมก่อนกิน หรือไม่กินเลย เพื่อประเมินความน่ากินของผลิตภัณฑ์

4. ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 การผลิตซูชิพรีชดรายสำหรับสุนัข

ซูชิพรีชดรายที่ได้จากส่วนผสมหลักของฟักทอง อกไก่ และไข่ผ่า ด้วยกระบวนการพรีชดรายมีลักษณะปรากฏคือ ก้อนทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าขรุขระสีเหลือง มีจุดสีเขียวขนาดเล็กของไข่แดงกระจายทั่วก้อน ก้อนซูชิรูปร่างสี่เหลี่ยมแต่มีบางส่วนร่วนหัก จับก้อนแข็งแต่สามารถฉีกแบ่งได้ ไม่มีความยืดหยุ่น ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ผลิตภัณฑ์ซูปชั่นพรีชดรายสำหรับสุนัขจากฟักทอง ออกไก่และไข่ผ่า

การทดสอบความน่ากินของซูปชั่นพรีชดรายสำหรับสุนัข

การทดสอบความน่ากินของซูปชั่นพรีชดราย พบว่า สุนัข 16 ตัว เป็นพันธุ์ไทย 14 ตัว พันธุ์ต่างประเทศ 2 ตัว ซึ่งมีน้ำหนักไม่เกิน 10 กิโลกรัม 6 ตัว และน้ำหนักมากกว่า 10 กิโลกรัม 10 ตัว ซึ่งในจำนวนสุนัขทั้งหมด 16 ตัวมีพฤติกรรมการกินซูปชั่นพรีชดรายคือ ไม่กิน 3 ตัว (ร้อยละ 18.75) ดมก่อนกิน 3 ตัว (ร้อยละ 18.75) และ กินทันที 10 ตัว (ร้อยละ 62.5) รายละเอียดพฤติกรรมการกินซูปชั่นพรีชดรายของสุนัขแต่ละตัวแสดงในตารางที่ 1 และตัวอย่างการทดสอบในภาพที่ 2

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบความน่ากินของซูปชั่นพรีชดรายโดยสุนัข

ลำดับสุนัข	พันธุ์	น้ำหนักโดยประมาณ	จำนวนซูปชั่นที่กิน (แจกตัวละ 10 ก้อน)	พฤติกรรมการกิน
1	ไทย	มากกว่า 10 กิโลกรัม	10	กินทันที
2	ต่างประเทศ	มากกว่า 10 กิโลกรัม	10	ดมก่อนกิน
3	ไทย	ประมาณ 10 กิโลกรัม	10	กินทันที
4	ไทย	มากกว่า 10 กิโลกรัม	10	กินทันที
5	ไทย	น้อยกว่า 10 กิโลกรัม	10	กินทันที
6	ต่างประเทศ	มากกว่า 10 กิโลกรัม	10	ดมก่อนกิน
7	ไทย	น้อยกว่า 10 กิโลกรัม	10	กินทันที
8	ไทย	มากกว่า 10 กิโลกรัม	10	กินทันที
9	ไทย	ประมาณ 10 กิโลกรัม	0	ไม่กิน
10	ไทย	น้อยกว่า 10 กิโลกรัม	10	กินทันที
11	ไทย	มากกว่า 10 กิโลกรัม	10	กินทันที
12	ไทย	มากกว่า 10 กิโลกรัม	10	กินทันที
13	ไทย	น้อยกว่า 10 กิโลกรัม	0	ไม่กิน
14	ไทย	มากกว่า 10 กิโลกรัม	10	กินทันที
15	ไทย	มากกว่า 10 กิโลกรัม	0	ไม่กิน
16	ไทย	มากกว่า 10 กิโลกรัม	10	ดมก่อนกิน



ภาพที่ 2 พฤติกรรมการกินซูปชันฟรีซดรายของสุนัข

อภิปรายผล

จากการประเมินพฤติกรรมการกินซูปชันฟรีซดรายของสุนัขจำนวน 16 ตัว พบว่า 62.5% มีพฤติกรรม “กินทันที” สะท้อนถึงความน่ากินและการยอมรับของผลิตภัณฑ์ในระดับดี ส่วนสุนัข 18.75% ดมก่อนกิน และอีก 18.75% ไม่กิน ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับพฤติกรรมเฉพาะตัวหรือความไม่คุ้นเคยกับลักษณะของอาหารใหม่ ผลการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่า ผลิตภัณฑ์ซูปชันฟรีซดรายที่พัฒนาขึ้นได้รับการตอบรับที่ดี โดยเฉพาะจากการไม่ใช้แป้งสาลี ทำให้ผลิตภัณฑ์ปลอดภัย ลดความเสี่ยงต่อการแพ้ และเหมาะสมสำหรับสัตว์เลี้ยงที่มีปัญหากระเพาะย่อยอาหาร อย่างไรก็ตาม การตัดแบ่งออกส่งผลให้เนื้อผลิตภัณฑ์ขึ้นรูปได้ยากขึ้น ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยการใช้ ไข่ไก่ เป็นตัวประสานเนื้อ และเติม ไข่ผง เพื่อเพิ่มโปรตีนจากพืช น้ำ ช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีคุณค่าทางโภชนาการมากขึ้น โดยไข่ผงมีกรดอะมิโนจำเป็นครบ โยอาหาร วิตามิน A, B12 และแร่ธาตุ เช่น เหล็ก สังกะสี แคลเซียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม อีกทั้งยังมี lutein และ zeaxanthin ที่ช่วยบำรุงสายตา [6]

นอกจากนี้ วัตถุดิบอื่น ๆ ที่มีบทบาทสำคัญ ได้แก่ ฟักทอง เพิ่มกากใยอาหาร ช่วยการขับถ่าย มีสารต้านอนุมูลอิสระ ออกไก่ เป็นโปรตีนหลักที่ย่อยง่ายและมีไขมันต่ำ ไข่ไก่ ช่วยให้เนื้อสัมผัสดีขึ้นและเพิ่มคุณค่าอาหาร ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์โดยรวมมีความสมดุลทางโภชนาการ เมื่อเปรียบเทียบกับงานของ [2] ซึ่งใช้แป้งสาลีเป็นส่วนประกอบหลักในการทำคูกี้สำหรับสุนัข โดยใช้วิธีการอบคูกี้ที่ 120°C 20 นาที และอบซ้ำที่ 70°C อีก 3-4 ชั่วโมง พบว่าผลิตภัณฑ์จากการอบอาจสูญเสียสารอาหารบางชนิดจากความร้อน ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ในงานวิจัยนี้ใช้กระบวนการฟรีซดรายซึ่งเป็นการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิต่ำกว่า 70°C เป็นเวลา 1-2 วัน ซึ่งกระบวนการนี้เริ่มต้นด้วยการแช่แข็งอาหาร จากนั้นลดความดันในสถานะสุญญากาศเพื่อให้เกิดการระเหิดของน้ำแข็ง (sublimation) ซึ่งเป็นการเปลี่ยนน้ำแข็งเป็นไอโดยไม่ผ่านสถานะของเหลว วิธีนี้ช่วยรักษาโครงสร้าง สี รสชาติ ปริมาณสารฟีนอลรวม วิตามินซี และสารอาหารอื่น ๆ ของผักและผลไม้ได้ดีกว่าการอบแห้งด้วยความร้อนแบบดั้งเดิม [8] ทำให้สารอาหารสำคัญโดยเฉพาะโปรตีน วิตามิน และสารต้านอนุมูลอิสระมีโอกาสคงอยู่ได้ดีกว่า และยืดอายุการเก็บรักษาได้โดยไม่ต้องใช้สารกันเสีย

4. บทสรุป

ผลิตภัณฑ์ซูปชันฟรีซดรายที่พัฒนาขึ้นมีสูตรคือ ออกไก่ ฟักทอง ไข่ผง ไข่ไก่ และน้ำ ในสัดส่วน 67.69, 20.30, 1.02, 5.08 และ 5.92 % ตามลำดับ ทำให้ได้ซูปชันมีลักษณะจับตัวเป็นก้อนสีเหลี่ยม ผิวขรุขระ มีจุดสีเขียวของไข่ผงกระจายทั่วไป ไม่ยืดหยุ่น ผักแบ่งได้ วัตถุดิบธรรมชาติที่หลากหลายในซูปชันส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ย่อยง่าย การผลิตด้วยกระบวนการฟรีซดรายยังคงคุณค่าสารอาหาร กลิ่น และสีของวัตถุดิบไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีแนวโน้มได้รับการยอมรับ

ในกลุ่มสุนัขส่วนใหญ่ ส่งเสริมการเจริญเติบโตของสุนัข และเหมาะสมกับสัตว์เลี้ยงที่มีปัญหาเกี่ยวกับการย่อยกลูเตนจากแป้ง
สาลี ผลิตภัณฑ์ชุมชนพืชไร่รายควรมีการพัฒนาเชิงพาณิชย์ในตลาดอาหารสัตว์เลี้ยงแนวอาหารสุขภาพที่มีการเติบโต
อย่างต่อเนื่อง

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยร่วมระหว่างคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
จังหวัดปทุมธานี และบริษัท เพ็ทอินโนฟู้ดส์ จำกัด

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ. (9 ตุลาคม 2566). ตลาดอาหารสัตว์เลี้ยงฟรีซไดร (Freeze-Dried) ของจีน.
สืบค้นจาก <https://www.ditp.go.th/wp-content/uploads/2023/10/REPORT-ข้าวเด่นประจำสัปดาห์-ประจำวัน-ที่-2-8-ตุลาคม-66-สศต.เฉิงตู.pdf>
- [2] อัญธิกา บุญเลา, ภพรนนท์ นาคฤทธิ์, ศศิลักษณ์ ไชยศรีสิริภทร, ทิพย์ระวี รัตมีพงศ์, อีรพงษ์ ใจชาญสุขกิจ, บดินทร์
วงศ์พรหม, และ อัจฉรา ขยัน. การเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของคุกกี้โฮมเมดสำหรับสุนัข. *Khon Kaen
Agriculture Journal Supplement* 2(2024) 199-206.
- [3] นิตยา เกตุแก้ว และ ลักษณะ อินนุ่น. ผลของอาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมกับไข่น้ำต่อการเจริญเติบโตของปลาอุกผสม.
รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการระดับชาติเทคโนโลยีและนวัตกรรมอาชีวศึกษา ครั้งที่ 6, กรุงเทพฯ, 2565.
97-105.
- [4] เบญญาภา สุรสอน, วิชชุดา ยินดี, กนกกาญจน์ ธิ์เร่งรัมย์, นันทา สมเป็น, วรพรัฏฐ์ ปัดภัย และ ณัฐวรณ สมนึก.
ผลการเสริมดอกดาวเรืองและไข่น้ำในอาหารต่อสมรรถนะการผลิตและคุณภาพไข่ของไก่ไข่. *Khon Kaen
Agriculture Journal Supplement* 2(2021) 680-684.
- [5] J. Pongjanta, A. Naulbunrang, S. Kawngdang, T. Manon, T. Thepjaikat. Utilization of pumpkin powder in
bakery products. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*. 28 Supplement 1(2016) 71-
79.
- [6] เมธา มีแต้ม และวิชุดา สงนวล. (2 สิงหาคม 2565). “ผำ” พืชจืดพื้นบ้าน อาหารแห่งอนาคตสู่วิกฤต ด้านอาหารและ
สิ่งแวดล้อม. สืบค้นจาก <https://science.mahidol.ac.th/simple-science/2022/08/02/wolffia/>.
- [7] ศลิขวรรณ แสงเอี่ยม, ศรีสุภา พงศ์ศรีรัตน์, และ เฉลิมพล เล็กเจริญสุข. การพัฒนาสูตรอาหารและการทดสอบ
ประสิทธิภาพอาหารสำหรับสุนัขป่วยพักฟื้น. *สัตวแพทยมหานครสาร* 12(2565) 1-10.
- [8] G. Li, Q. Wang, H. Zhou. Research on the Application of Vacuum Freeze-drying Technology for Food.
E3S Web of Conferences 370 (2023) 1-3.

การคาดการณ์ปริมาณน้ำท่า โดยใช้ปริมาณน้ำฝนจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก
CMCC-ESM2 ภายใต้สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจก
ในอนาคต บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่ม จ.เชียงใหม่
Runoff Prediction using Rainfall from the Global Climate Model CMCC-ESM2
under Future Representative Concentration Pathways (RCPs) in the
Mae Chaem Sub-watershed, Chiang Mai Province

สิรภัทร สอนบาลี^{1*} วินัส ต่วนเครือ¹ และ ยุทธพงษ์ ศิริมังคละ¹

¹ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

*E-mail: sirapat_sonb@ku.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ลักษณะและรูปแบบความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนกับน้ำท่าในอดีตระหว่างเดือนมกราคม ค.ศ. 2004 จนถึงเดือนธันวาคม ค.ศ. 2024 และคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในอนาคต (ในช่วงปี ค.ศ. 2004 ถึง 2024) โดยใช้ปริมาณน้ำฝนในอนาคตที่คาดการณ์จากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก CMCC-ESM2 ภายใต้สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในอนาคต บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่ม จ.เชียงใหม่ ผลการศึกษาพบว่า ในช่วงปี ค.ศ. 2004-2024 ปริมาณน้ำฝนรายเดือนเฉลี่ยมากที่สุดในเดือนกันยายนเท่ากับ 253.80 ล้าน ลบ.ม. ปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย เท่ากับ 1,078.94 มิลลิเมตร โดยพบว่าในช่วง 5 ปีหลัง ปริมาณน้ำฝนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนรูปแบบความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝน (x) กับปริมาณน้ำท่า (y) มีความสัมพันธ์ระดับปานกลาง โดยสมการที่ดีที่สุดสำหรับใช้คาดการณ์ปริมาณน้ำท่ารายเดือนและรายปีในอนาคต คือ $y = 19.695e^{0.0082x}$ ($R^2 = 0.3843$) และ $y = 92.394e^{0.0021x}$ ($R^2 = 0.5968$) ตามลำดับ ซึ่งเมื่อนำไปใช้คาดการณ์ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงปีค.ศ. 2040 ภายใต้ฉากทัศน์ SSP2-4.5 พบว่า ปริมาณน้ำฝนและน้ำท่าในอนาคตเฉลี่ยลดลงจากปัจจุบันคิดเป็นร้อยละ 9.26 และ 27.81 ตามลำดับ และภายใต้ฉากทัศน์ SSP5-8.5 พบว่าปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำท่าในอนาคตลดลง คิดเป็นร้อยละ 8.18 และ 26.02 ตามลำดับ สรุปได้ว่าปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำท่าในอนาคต 20 ปีข้างหน้า มีแนวโน้มลดลง แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่มมีความเปราะบางต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างมาก โดยเฉพาะในช่วงปลายฤดูฝนที่มีบทบาทสำคัญต่อการสะสมของน้ำต้นทุน หากปริมาณฝนลดลงในช่วงนี้จะส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำท่าทั้งปีอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: การคาดการณ์น้ำท่า ลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่ม การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

Abstract

This study aimed to analyze the characteristics and patterns of the historical relationship between rainfall and runoff from January 2004 to December 2024, and to forecast future average runoff (for the period 2004–2024) using projected rainfall data from the CMCC-ESM2 global climate model under future greenhouse gas concentration scenarios. The study area is the Mae Chaem sub-basin, Chiang Mai Province, Thailand. Results show that during 2004–2024, the highest average monthly rainfall occurred in September at 253.80 million cubic meters, with an average annual rainfall of 1,078.94 millimeters. An increasing rainfall trend was observed during the last five years of the study period. The relationship between rainfall (x) and runoff (y) was of moderate strength, with the best predictive equations for monthly and annual runoff being $y = 19.695e^{0.0082x}$ ($R^2 = 0.3843$) and $y = 92.394e^{0.0021x}$ ($R^2 = 0.5968$), respectively. Forecasting runoff for 2040 under the SSP2-4.5 scenario indicated decreases in future average rainfall and runoff of 9.26% and 27.81%, respectively, while under the SSP5-8.5 scenario, the reductions were 8.18% and 26.02%, respectively. In conclusion, both rainfall and runoff in the next 20 years are projected to decline, highlighting the high vulnerability of the Mae Chaem sub-basin to climate change, particularly during the late rainy season which plays a crucial role in water storage. Reduced rainfall during this critical period is expected to significantly impact annual runoff availability.

Keywords: runoff prediction, Mae Chaem sub-watershed, climate change

1. บทนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นปัญหาสำคัญของโลกที่เป็นปัญหาใหญ่ นับตั้งแต่อดีตบรรยากาศของโลกมีปริมาณก๊าซเรือนกระจก (greenhouse gases) ในชั้นบรรยากาศโลก ซึ่งเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์โดยตรง เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล การตัดไม้ทำลายป่า และการเกษตรแบบเข้มข้น ส่งผลทำให้ปริมาณก๊าซเรือนกระจก โดยเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน และไนตรัสออกไซด์เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ชั้นบรรยากาศดูดซับและกักเก็บรังสีความร้อนได้มากขึ้นกว่าธรรมชาติจะปรับตัวทัน จนเกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า “ภาวะโลกร้อน” จากรายงานของ IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) หรือ คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่จัดทำขึ้นเมื่อปี 2023 กล่าวว่า ภายในปี 2030-2035 มีแนวโน้มที่อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกจะสูงถึง 1.5 องศาเซลเซียส จากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศที่เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ ส่งผลกระทบต่อสภาพอากาศและสภาพอากาศสุดขั้วในหลายภูมิภาคทั่วโลก เกิดความเสียหายในวงกว้าง ทั้งระบบนิเวศ ปัญหาน้ำท่วมชายฝั่งและการขาดแคลนน้ำจืด สูญเสียแหล่งอาหารที่สำคัญของคนทั้งโลก นอกจากนี้ยังส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างหรือสัดส่วนของความชื้นในอากาศเป็นอย่างมาก ทำให้รูปแบบและลักษณะของฝนเปลี่ยนแปลงไป ส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำฝนและน้ำท่าทำให้มีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไปจากอดีต โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีลักษณะภูมิประเทศซับซ้อนและเปราะบางต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม เช่น พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ เป็นพื้นที่ต้นน้ำที่มีลักษณะสภาพภูมิประเทศเป็นพื้นที่ภูเขาสูงชัน และมีที่ราบระหว่างหุบเขา เมื่อเกิดฝนตกหนักติดต่อกันเป็นระยะเวลายาวนานในพื้นที่ต้นน้ำ เป็นผลให้ระดับน้ำและปริมาณน้ำในลุ่มสะสมเพิ่มตัวสูงขึ้นจนเกิดน้ำป่าไหลหลากเข้าท่วมพื้นที่ ทำให้ลุ่มน้ำแห่งนี้มีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนและน้ำท่า

ความเปลี่ยนแปลงดังกล่าวไม่เพียงส่งผลต่อความมั่นคงด้านทรัพยากรน้ำ แต่ยังเกี่ยวข้องกับปัญหาการจัดการน้ำในฤดูฝน และฤดูแล้ง ภัยพิบัติทางธรรมชาติ และการดำรงชีพของชุมชนที่ต้องพึ่งพาทรัพยากรน้ำในการเกษตรและการดำเนินชีวิต

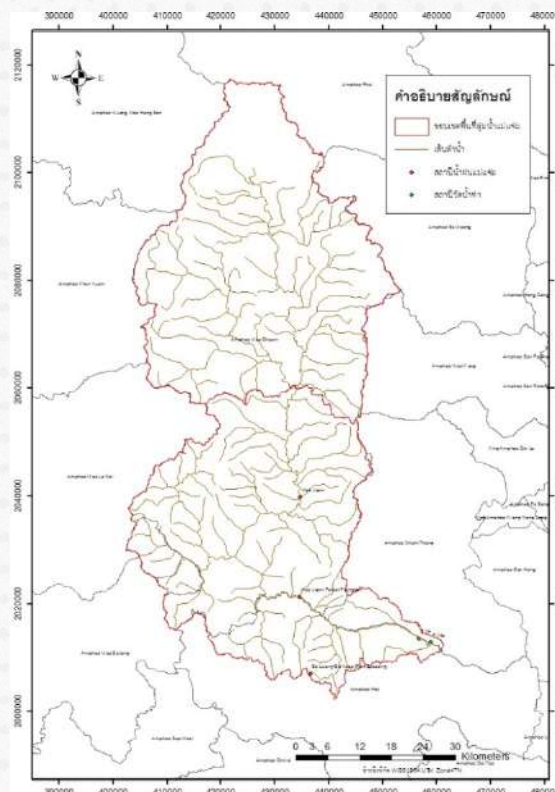
การศึกษาครั้งนี้จึงได้ทำการศึกษาลักษณะปริมาณน้ำฝนต่อปริมาณน้ำท่าในอดีต การคาดการณ์ในอนาคต จากแบบจำลองภูมิอากาศโลก (GCMs) จากฐานข้อมูล CMIP6 ถูกนำมาใช้คาดการณ์ตามสถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก การพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม (SSPs) เพื่อสามารถนำไปใช้ในการวางแผนจัดการพื้นที่ลุ่มน้ำให้มีประสิทธิภาพ เพื่อลดความเสียหายจากผลกระทบที่จะเกิดขึ้น ภายใต้ภาพจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตได้

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 พื้นที่ศึกษา

2.1.1 ที่ตั้งและอาณาเขต

พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่ม เป็นลำน้ำสาขาของกลุ่มน้ำปิงตอนบน มีขนาดพื้นที่ 3,835.14 ตารางกิโลเมตร หรือ 2,396,965 ไร่ พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่มประกอบด้วย ลำน้ำแม่แจ่มบริเวณต้นน้ำซึ่งเกิดจากห้วยแม่แจ่ม ห้วยแม่แจ่มน้อย และห้วยตอง ไหลรวมกับลำธารอื่น ๆ ทางทิศใต้ของบ้านแม่แจ่มหลวง ลักษณะการไหลของลำน้ำแม่แจ่ม ไหลลงจากทิศเหนือลงสู่ทิศใต้ รับน้ำจากลำธารที่ไหลจากลาดเขาด้านตะวันออกทางเทือกเขาถนนธงชัยกลาง และลาดเขาทางด้านทิศตะวันตกของเทือกเขาถนนธงชัยตะวันออก โดยประกอบด้วยแม่น้ำลำธารที่สำคัญในพื้นที่ลุ่มน้ำ คือ แม่น้ำเอะ แม่น้ำตะละ น้ำแม่สะงะ น้ำแม่ยอด น้ำแม่ปาน และห้วยแม่แดดหลวง โดยไหลผ่านอำเภอแม่แจ่ม ลงสู่แม่น้ำปิง ณ บ้านสบแจ่ม อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่ พื้นที่ส่วนใหญ่ของกลุ่มน้ำแม่แจ่ม อยู่ในอำเภอแม่แจ่ม อำเภอแม่ลาน้อย อำเภอฮอด และอำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ และอำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน (ภาพที่ 1)



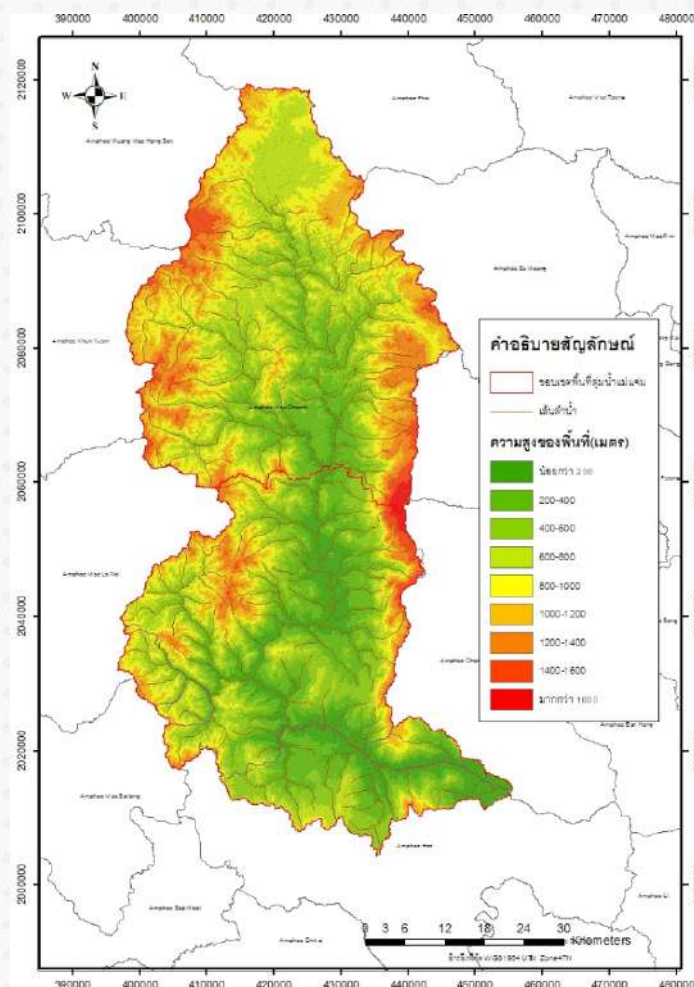
ภาพที่ 1 แผนที่แสดงที่ตั้ง และขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่ม
ที่มา : ดัดแปลงจากกรมอุตุณิยมวิทยา

2.1.2 ลักษณะภูมิอากาศ

ภูมิอากาศพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่ม แบ่งออกได้เป็น 3 ฤดู ได้แก่ - ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคม จนถึงเดือนตุลาคม โดยได้รับอิทธิพลจาก ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ - ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน ไปจนถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ โดยได้รับอิทธิพลจาก ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งพัดพาเอาความหนาวเย็นจากประเทศจีนลงมาปกคลุมประเทศไทยตอนบน - ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ ถึงกลางเดือนพฤษภาคม ซึ่งอยู่ภายใต้อิทธิพลของ ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และลมฝ่ายใต้ สภาพภูมิอากาศโดยทั่วไป อากาศมรสุมเมืองร้อน ช่วง พฤษภาคม - กันยายน มีฝนตกชุก ช่วงเดือนพฤศจิกายน - กุมภาพันธ์ มีอากาศหนาวและแห้งแล้ง อุณหภูมิประมาณ 9.7 องศา สูงสุดประมาณ 39.6 องศา

2.1.3 ลักษณะภูมิประเทศ

ลักษณะภูมิประเทศในพื้นที่ลุ่มน้ำประกอบด้วยภูเขาสันสลับซับซ้อน มีภูเขาสูงล้อมรอบพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยเทือกเขามีลักษณะการทอดตัวตามยาวในแนวเหนือใต้ เทือกเขาที่สำคัญ คือ เทือกเขาดนงชัยกลาง ซึ่งต่อมาจากเทือกเขาแดนลาวอยู่ทางด้านตะวันตกของลุ่มน้ำ เทือกเขาดนงชัยตะวันออกกลาง เป็นเทือกเขาที่มียอดเขาสูงที่สุดในประเทศไทย คือ ดอยอินทนนท์ มีระดับความสูงของยอดเขาจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 2,571 เมตร มีลำน้ำที่สำคัญคือ ลำน้ำแม่แจ่ม ซึ่งเป็นลำน้ำที่มีต้นกำเนิดมาจากห้วยแม่แจ่ม ห้วยแม่แจ่มน้อย และห้วยตอง (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 แผนที่สภาพภูมิประเทศ บริเวณลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่ม

ที่มา : ดัดแปลงจากกรมแผนที่ทหาร

2.2 การรวบรวมข้อมูล

รวบรวมข้อมูลหตุภูมิจากหน่วยงานต่าง ๆ ได้แก่ ข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีตรวจวัด, ข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากสถานีตรวจวัดน้ำท่า และข้อมูลปริมาณน้ำฝนเชิงพื้นที่จากแบบจำลองภูมิอากาศโลก (GCMs) จากฐานข้อมูล CMIP6 ภายใต้ฉากทัศน์ SSP2-4.5 และ SSP5-8.5

2.2.1 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนระหว่างปี ค.ศ. 2004 – 2024 โดยวิเคราะห์ค่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน รายฤดูกาล รายปี จากสถานีตรวจวัด ปริมาณน้ำฝนรายเดือนของกรมอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่ม จำนวน 3 สถานี (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ตำแหน่งสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำฝนของกรมอุตุนิยมวิทยา ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่ม

สถานีตรวจวัด	รหัสสถานี	ตำแหน่งสถานี	
		x	y
แม่แจ่ม	327007	434541	2039920
สถานีทดลองปลูกพันธุ์ไม้บ่อแก้ว อำเภอฮอด	327027	436544	2006722
สวนป่าแม่แจ่ม	327030	434477	2021112

ที่มา : ดัดแปลงจากกรมอุตุนิยมวิทยา

2.2.2 ข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายเดือนระหว่างปี ค.ศ. 2004-2024 โดยวิเคราะห์ค่าปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือน รายฤดูกาล รายปี จากสถานีวัดน้ำท่าของกรมชลประทานในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่ม จำนวน 2 สถานี (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ตำแหน่งสถานีวัดน้ำท่าของกรมชลประทาน ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่ม

สถานีตรวจวัด	รหัสสถานี	ตำแหน่งสถานี	
		X	Y
แก่งออบหลวง อ.ฮอด จ.เชียงใหม่	P1.4	456995	2013348
อ.ฮอด จ.เชียงใหม่	P1.4a	459223	2012598

ที่มา: ดัดแปลงจากกรมชลประทาน

2.2.3 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนเชิงพื้นที่ฐานข้อมูล CMIP6 จากผลิตภัณฑ์ WordClim เป็นชุดข้อมูลประเภท Reanalysis ของ CRU TS (Climate Research Unit Gridded Time Series) ที่ได้จากการรวบรวมสภาพอากาศและปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจอากาศทั่วโลกมาประมาณค่าเชิงพื้นที่เป็นข้อมูลกริด และทำการลดมาตราส่วน (Downscale) และปรับความเอนเอียง (Bias Correction) สำหรับใช้ในแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก (General Circulation Models, GCMs) ผลิตภัณฑ์ข้อมูล WorldClim ดาวน์โหลดจาก URL <https://worldclim.org/> เป็นข้อมูลฝนรายเดือนตั้งแต่ปี ค.ศ. 1994 - 2024 โดยแต่ละกริดมีความละเอียดเชิงพื้นที่ 2.5 min (ประมาณ 21 ตารางกิโลเมตร) หน่วยงานที่เผยแพร่ข้อมูลคือ Climatic Research Unit (CRU), University of East Anglia ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเป็นตัวแปรหลักในการคาดการณ์น้ำท่า เนื่องจากข้อมูลปริมาณน้ำฝนดังกล่าวได้มาจากแบบจำลองภูมิอากาศ

โลกภายใต้ฉากทัศน์การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจก (SSP) ซึ่งสะท้อนผลกระทบจากภาวะโลกร้อน เช่น การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ การเปลี่ยนแปลงของลมมรสุม และการระเหยน้ำในบรรยากาศ ส่งผลต่อรูปแบบและปริมาณน้ำฝนโดยตรง ซึ่งสามารถใช้เป็นตัวแทนในการวิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อทรัพยากรน้ำได้อย่างเหมาะสม โดยใช้ข้อมูลฝนรายเดือนระหว่างเดือนมกราคม ปี ค.ศ. 2004 และเดือนธันวาคม ปี ค.ศ. 2024 เป็น Baseline เพื่อเปรียบเทียบกับฝนรายเดือนเฉลี่ยในอนาคต 1 ช่วงปี ได้แก่ ค.ศ.2021-2040 ภายใต้ฉากทัศน์ (Scenario) SSP2-4.5 และ SSP5-8.5 โดย SSP2-4.5 เป็นสถานการณ์ที่โลกยังคงมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อเนื่อง แต่มีมาตรการควบคุมในระดับหนึ่งทำให้ผลกระทบด้านภูมิอากาศอยู่ในระดับกลาง ส่วน SSP5-8.5 เป็นสถานการณ์ที่หากโลกไม่มีมาตรการลดโลกร้อนและยังขับเคลื่อนด้วยน้ำมัน ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ จะนำไปสู่ผลกระทบทางภูมิอากาศรุนแรง

ผลิตภัณฑ์ WorldClim มีข้อมูลฝนรายเดือนในอนาคต 4 ช่วงปีจากภาพเหตุการณ์ CMIP6 โดยงานวิจัยนี้เลือกฉากทัศน์ (Scenario) SSP2-4.5 และ SSP5-8.5 มาใช้ในการศึกษาเนื่องจากเป็นภาพฉายอนาคตที่มีความเป็นไปได้มาก และเป็นภาพฉายอนาคตในสถานการณ์ที่เลวร้ายที่สุด โดยฉากทัศน์ (Scenario) นี้ ได้คัดเลือกแบบจำลอง GCMs คือ แบบจำลอง CMCC-ESM2 โดยเป็นแบบจำลองที่มีการศึกษาวิจัยในประเทศไทยและเป็นแบบจำลองที่ให้ค่า Outlier ต่ำสามารถใช้เพื่อศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในด้านต่าง ๆ เช่น น้ำท่วม, การเกษตร และสุขภาพ [1]

2.3 การตรวจสอบความถูกต้องข้อมูล

โดยการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลระหว่างข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีตรวจวัด และข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนเชิงพื้นที่ ฐานข้อมูล CMIP6 มีรายละเอียดขั้นตอนดังนี้

2.3.1 รวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนระหว่างเดือนมกราคม ปี ค.ศ. 2004 และเดือนธันวาคม ปี ค.ศ. 2024 จากสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำฝนของกรมอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม จำนวน 3 สถานี จากนั้นทำการตรวจสอบความสอดคล้องของข้อมูล และเติมข้อมูลที่ขาดหาย โดยพล็อตกราฟเปรียบเทียบปริมาณฝนสะสมรายเดือนของสถานีที่ต้องการตรวจสอบกับค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝนสะสมเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีใกล้เคียง

2.3.2 นำข้อมูลฝนรายเดือนเชิงพื้นที่ฐานข้อมูล CMIP6 จากผลิตภัณฑ์ WordClim ที่ได้จากการรวบรวมสภาพอากาศและปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนระหว่างเดือนมกราคม ปี ค.ศ. 2004 และเดือนธันวาคม ปี ค.ศ. 2024 จากสถานีตรวจอากาศทั่วโลกมาประมาณค่าเชิงพื้นที่ ประเมินเปรียบเทียบกับปริมาณฝนรายเดือนจากสถานีตรวจวัดของกรมอุตุนิยมวิทยา โดยวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน (Mean Error, ME) และค่าเปอร์เซ็นต์ความเอนเอียง (Percent Bias, PBIAS) ดังสมการที่ (1) และ (2)

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (D_i - G_i) \quad (1)$$

$$PBIAS = \frac{\sum_{i=1}^n (D_i - G_i)}{\sum_{i=1}^n G_i} \times 100\% \quad (2)$$

โดยที่	n	คือ จำนวนสถานีตรวจน้ำฝน
	D_i	คือ ปริมาณน้ำฝน เดือนที่ i จากชุดข้อมูล (Precipitation Dataset)
	G_i	คือ ปริมาณน้ำฝน เดือนที่ i จากสถานีตรวจวัดน้ำฝน (Rain gauge Station)

สำหรับค่า ME เป็นดัชนีสำหรับประเมินค่าความคลาดเคลื่อนของปริมาณน้ำฝนจากผลิตภัณฑ์ข้อมูลเชิงพื้นที่กับสถานีวัดน้ำฝน โดยค่า ME มีค่าเป็นบวก แสดงว่าผลิตภัณฑ์ข้อมูลเชิงพื้นที่ประเมินปริมาณน้ำฝนได้สูงกว่าความเป็นจริง

(Overestimate) แต่ถ้า ME มีค่าเป็นลบ แสดงว่าผลิตภัณฑ์ข้อมูลเชิงพื้นที่ประเมินปริมาณน้ำฝนได้ต่ำกว่าความเป็นจริง (Underestimate)

ส่วนค่า PBIAS เป็นดัชนีประเมินแนวโน้มโดยเฉลี่ยของความแตกต่างระหว่างปริมาณน้ำฝนจากข้อมูลเชิงพื้นที่กับสถานีตรวจวัดน้ำฝน หากมีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่าผลิตภัณฑ์ข้อมูลเชิงพื้นที่มีความน่าเชื่อถือ

ผลการตรวจสอบความสอดคล้องข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนสถานีและปริมาณน้ำฝนรายเดือนเชิงพื้นที่ พบว่าปริมาณน้ำฝนรายเดือนเชิงพื้นที่มีค่า ME เท่ากับ -3.69 มิลลิเมตรต่อเดือน และค่า PBIAS เท่ากับ -3.71% ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าแบบจำลองมีแนวโน้มประเมินค่าปริมาณฝนต่ำกว่าค่าที่สังเกตได้จริงเล็กน้อยโดยเฉลี่ยค่าดัชนีดังกล่าวยังอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ตามมาตรฐานการประเมินแบบจำลองเชิงอุทกวิทยา

2.4 การวิเคราะห์ลักษณะปริมาณน้ำฝนและน้ำท่าในอดีต บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่

2.4.1 วิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำฝน แสดงข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนเฉลี่ย ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุดของปริมาณน้ำฝนรายเดือน

2.4.2 วิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากสถานีวัดน้ำท่า สร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับน้ำท่า เพื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลง และความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนและน้ำท่า

2.5 การวิเคราะห์รูปแบบความสัมพันธ์ของปริมาณฝนและน้ำท่า และการสร้างสมการคาดการณ์น้ำท่าด้วยปริมาณฝนรายเดือนและรายปี จากแบบจำลอง GCMs (CMCC-ESM2)

การหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำท่าของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่ม ด้วยวิธีการ Scatter plot โดยทำการนำเอาข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน (แกน x) และปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนในอดีต (แกน y) ช่วงระหว่าง ค.ศ. 2004 - 2024 (21ปี) แล้วสร้างสมการที่เหมาะสมกับความสัมพันธ์ปริมาณน้ำฝนและน้ำท่า เพื่อใช้คาดการณ์น้ำท่าในอนาคต สร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลทั้งสอง โดยพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) ที่มากที่สุด

2.6 การคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าในอนาคต

การคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าในอนาคต ช่วงระยะเวลา ค.ศ. 2021-2040 (อีก 20 ปีข้างหน้า) โดยการนำเอาสมการที่เหมาะสมกับความสัมพันธ์ปริมาณน้ำฝนและน้ำท่าที่สุด (จากข้อ 2.5) ภายใต้สถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามฉากทัศน์ (Scenario) SSP2-4.5 และ SSP5-8.5 และสรุปความแตกต่างหรือแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงจากปัจจุบัน

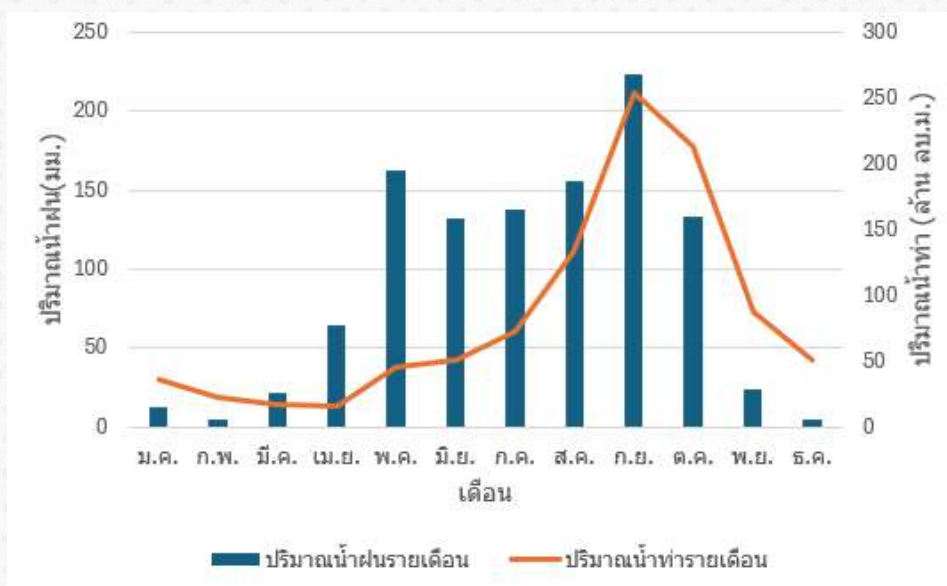
3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 การศึกษาลักษณะและปริมาณน้ำฝนและน้ำท่าในอดีต (ค.ศ. 2004-2024)

3.1.1 ความผันแปรของปริมาณน้ำฝนและน้ำท่ารายเดือน บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่ม

การวิเคราะห์ความผันแปรของปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนจากข้อมูลย้อนหลังในอดีต 20 ปี จากการศึกษาปริมาณน้ำฝนโดยใช้ข้อมูลน้ำฝนจากสถานีตรวจวัดน้ำฝนของกรมอุตุนิยมวิทยา ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2004-2024 พบว่าลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่มมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งปี 1078.94 มิลลิเมตร เป็นปริมาณน้ำฝนในช่วงน้ำหลาก เท่ากับ 945.45 มิลลิเมตร ช่วงแล้งฝน เท่ากับ 133.49 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละ 87.63 และ 14.12 ของปริมาณฝนทั้งปี ตามลำดับ โดยมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่ำสุดในเดือนธันวาคม เท่ากับ 4.78 มิลลิเมตร และสูงสุดในเดือนกันยายน เท่ากับ 223.35 มิลลิเมตร (ภาพที่ 3) เนื่องจากปัจจัยด้านภูมิอากาศในระดับภูมิภาคและลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่มเอง เดือนกันยายนอยู่ในช่วงปลายฤดูฝนของประเทศไทย ซึ่งยังคงอยู่ภายใต้อิทธิพลของมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ที่พัดพาความชื้นจากทะเลอันดามันเข้าสู่ภาคเหนือโดยตรง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่มซึ่งมีลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขาสูงชันและ

มีแนวทิศตะวันตกเฉียงใต้-ตะวันออกเฉียงเหนือสอดคล้องกับทิศทางลมมรสุม ส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์ ฝนภูเขา (Orographic Rainfall) กล่าวคือ เมื่อมวลอากาศขึ้นจากมรสุมเคลื่อนที่ผ่านแนวเขา จะถูกยกตัวสูงขึ้นจนกลั่นตัวเป็นเมฆและฝนตกหนักในพื้นที่ลาดเขาฝั่งรับลม งานวิจัยของ Koichiro Kuraji ซึ่งศึกษาในลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่มโดยตรง พบว่าอัตราปริมาณฝนมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับระดับความสูงของพื้นที่ กล่าวคือ พื้นที่ที่สูงกว่าจะมีปริมาณฝนมากกว่า และมักมีฝนตกชุกในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงกันยายน โดยเฉพาะกันยายนซึ่งมีการสะสมความชื้นต่อเนื่องจากเดือนก่อนหน้า ทำให้ฝนตกหนักและถี่มากขึ้นในทางตรงกันข้าม เดือนธันวาคมอยู่ในช่วงต้นฤดูหนาวซึ่งประเทศไทยได้รับอิทธิพลจาก ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ที่พัดพาอากาศเย็นและแห้งจากประเทศจีนลงมาปกคลุมบริเวณตอนบนของประเทศ ลมชนิดนี้ไม่มีความชื้นเพียงพอที่จะทำให้เกิดฝน อีกทั้งยังมีลักษณะเป็นลมเฉื่อยและอากาศนิ่ง ทำให้ไม่เอื้อต่อการยกตัวของมวลอากาศและการก่อตัวของเมฆฝน ภูมิประเทศของกลุ่มน้ำแม่แจ่มซึ่งตั้งอยู่ในบริเวณหุบเขาสูงและแคบ ก็ยิ่งลดโอกาสในการเกิดฝนในฤดูนี้ลงไป ส่งผลให้เดือนธันวาคมมีค่าฝนเฉลี่ยต่ำสุดของปีอย่างสม่ำเสมอ (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 ความผันแปรของปริมาณน้ำฝนและน้ำท่ารายเดือน บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่

ลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่ม มีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี เท่ากับ 1000.09 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยเป็นปริมาณน้ำท่าในช่วงน้ำหลาก เท่ากับ 769.92 ล้านลูกบาศก์เมตร และในช่วงแล้งฝน เท่ากับ 230.17 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยต่ำสุด ในเดือนเมษายน เท่ากับ 15.68 ล้านลูกบาศก์เมตร และเฉลี่ยสูงสุดในเดือนกันยายน เท่ากับ 253.80 ล้านลูกบาศก์เมตร เกิดจากลักษณะภูมิอากาศของภาคเหนือของประเทศไทยซึ่งอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมเขตร้อน (Tropical Monsoon Climate) ซึ่งแบ่งออกได้อย่างชัดเจนเป็นฤดูฝนและฤดูแล้ง โดยฤดูฝนจะอยู่ในช่วงพฤษภาคมถึงตุลาคม มีฝนตกหนาแน่นเนื่องจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่พัดพาความชื้นจากมหาสมุทรอินเดียขึ้นสู่ประเทศไทย เมื่อลมดังกล่าวกระทบกับแนวเทือกเขาทางภาคเหนือ ซึ่งมีลักษณะภูมิประเทศสูงชันและซับซ้อน จะก่อให้เกิดการยกตัวของมวลอากาศขึ้น (Orographic Lifting) และกลั่นตัวเป็นฝน [2] (ภาพที่ 3)

โดยเฉพาะในเดือนกันยายน ซึ่งเป็นช่วงปลายฤดูฝน พื้นที่ภาคเหนือมักได้รับอิทธิพลจาก ร่องมรสุม (Monsoon Trough) ที่พัดผ่านตอนบนของประเทศ ประกอบกับการเกิดพายุหมุนเขตร้อน เช่น ดีเปรสชันหรือไต้ฝุ่น ที่เคลื่อนตัวเข้ามาทางทะเลจีนใต้และประเทศเวียดนามตอนบน แล้วส่งผลกระทบต่อไปยังตอนเหนือในรูปแบบของฝนตกหนัก ทำให้มีการสะสมของน้ำฝนจำนวนมากและกลายเป็นน้ำท่าที่ไหลหลากลงลำน้ำในช่วงเวลาดังกล่าว [3]

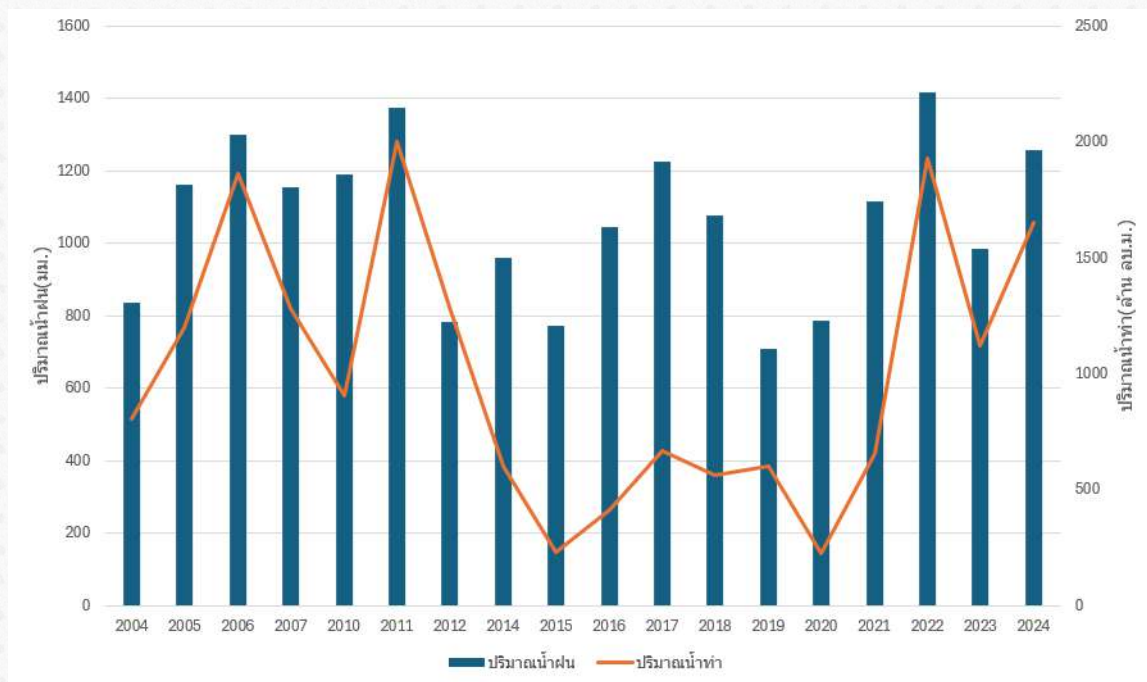
ในทางกลับกัน เดือนเมษายนซึ่งเป็นช่วงปลายฤดูแล้งเป็นเดือนที่มีอุณหภูมิสูงสุดของปีและแทบไม่มีฝนตก (เฉลี่ยเพียง 15–30 มม. ต่อเดือน) จึงไม่มีน้ำเติมจากฝน อีกทั้งการระเหยของน้ำในพื้นที่เก็บกักตามธรรมชาติก็มีค่าสูง ทำให้ปริมาณน้ำท่าที่เกิดจากการไหลบ่าผิวดินลดต่ำลงอย่างมาก น้ำในลำน้ำจึงอยู่ในระดับต่ำที่สุดในรอบปี (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ [4])

นอกจากนี้ ลักษณะทางกายภาพของกลุ่มน้ำแม่แจ่มซึ่งเป็นพื้นที่ภูเขาสูงสลับซับซ้อน มีลำห้วยสายสั้นและทางน้ำไหลลาดชัน ทำให้การตอบสนองของระบบน้ำต่อฝนมีความไวสูง กล่าวคือ เมื่อฝนตกน้ำท่าจะไหลลงสู่ลำน้ำหลักได้อย่างรวดเร็ว ในขณะที่เดือนที่ไม่มีฝนระบบไม่สามารถเก็บน้ำไว้ได้ดี จึงเห็นค่าความต่างระหว่างเดือนที่มีฝนมากและเดือนที่ไม่มีฝนอย่างชัดเจน [5]

3.1.2 ความผันแปรของปริมาณน้ำฝนและน้ำท่ารายปี บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่ม

จากข้อมูลปริมาณน้ำฝนสถานีตรวจวัดอากาศ จำนวน 3 สถานี ในช่วงเวลาระหว่างปีค.ศ. 2004-2024 พบว่า มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 1078.94 มิลลิเมตร โดยปีที่มีปริมาณน้ำฝนสูงสุด ได้แก่ ปี ค.ศ.2022 เท่ากับ 1416.78 มิลลิเมตร เมื่อเทียบกับค่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 20 ปี ปริมาณน้ำฝนมีการเพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 31.31 ปีที่มีปริมาณน้ำฝนต่ำสุด ได้แก่ ปี ค.ศ. 2019 โดยมีปริมาณน้ำฝนเท่ากับ 709.20 มิลลิเมตร โดยในปี ค.ศ. 2022 ซึ่งเป็นปีที่พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่ม มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุด เนื่องจากเกิดปรากฏการณ์ลานีญาที่ทำให้ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีกำลังแรงขึ้นและพัดพาความชื้นเข้าสู่ประเทศไทยมากขึ้น เกิดฝนตกชุกต่อเนื่องตลอดฤดูฝน ประกอบกับการที่พายุโซนร้อนหลายลูกเคลื่อนตัวผ่านภาคเหนือตอนบน ทำให้มีฝนสะสมจำนวนมากในระยะเวลาอันสั้น โดยเฉพาะพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่ม งานวิจัยของ Koichiro Kuraji และ Koji Dairaku พบว่าในแม่แจ่ม ปริมาณฝนเพิ่มขึ้นตามระดับความสูงของพื้นที่อย่างชัดเจน โดยบริเวณภูเขาสูงจะมีฝนตกชุกกว่าที่ราบหรือที่ลาดต่ำ ทำให้เมื่อมีพายุหรือฝนตกหนัก พื้นที่แม่แจ่มสามารถสะสมปริมาณน้ำฝนได้มากในระยะเวลาอันสั้น และลักษณะทางกายภาพของกลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่ม ซึ่งเป็นพื้นที่ภูเขาสูงชันซับซ้อน ประกอบด้วยลำห้วยสายสั้นและแคบทำให้ระบบการระบายน้ำตอบสนองต่อฝนอย่างรวดเร็ว พื้นที่เกษตรกรรมที่ตั้งอยู่ในแนวลาดเขาและตามเส้นทางน้ำธรรมชาติจึงมีความเปราะบางสูงต่อทั้งภาวะแห้งแล้งในปีที่ฝนน้อย และภัยน้ำหลากในปีที่ฝนมาก ทั้งนี้ ข้อมูลจากงานวิจัยของกรมพัฒนาที่ดิน ยังชี้ว่าความผันแปรของฝนในพื้นที่แม่แจ่มส่งผลโดยตรงต่อการพังทลายของดิน และความมั่นคงในการเพาะปลูก โดยเฉพาะพืชเชิงเดี่ยวอย่างข้าวโพดที่พึ่งพาฝนตามฤดูกาลเป็นหลัก [2] จังหวัดเชียงใหม่ มีช่วงน้ำหลากตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม มีระยะเวลา 6 เดือน และช่วงแล้งฝน ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน มีระยะเวลา 6 เดือน (ภาพที่ 4)

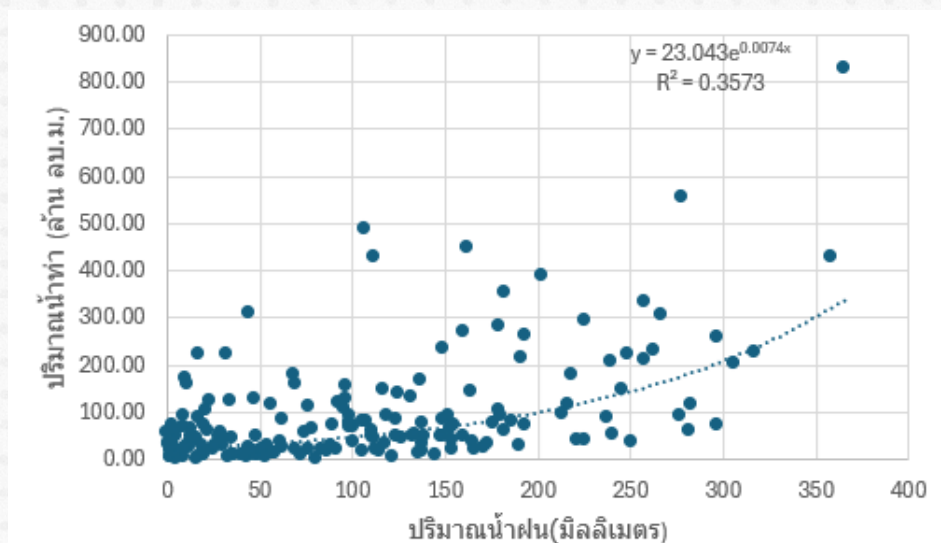
จากการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่ารายปีในช่วง ค.ศ. 2004–2024 ของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่ม พบว่าค่าเฉลี่ยรายปีอยู่ที่ 1,002.09 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยมีปีที่มีปริมาณน้ำท่าสูงสุด คือ ปีค.ศ. 2011 เท่ากับ 2,002.50 ล้านลูกบาศก์เมตร และต่ำสุดใน ปีค.ศ. 2020 เท่ากับ 227 ล้านลูกบาศก์เมตร แสดงให้เห็นถึงความแปรปรวนของปริมาณน้ำท่าที่ค่อนข้างสูงในแต่ละปี ความแปรปรวนดังกล่าวมีความเกี่ยวข้องกับลักษณะทางภูมิประเทศและการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่ม ซึ่งมีสภาพพื้นที่เป็นภูเขาสูงชัน มีการใช้ที่ดินในลักษณะเกษตรกรรมเชิงเดี่ยว โดยเฉพาะการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ลาดชัน ซึ่งส่งผลให้เกิดการพังทลายของดิน การสูญเสียพื้นที่ป่าไม้ และอัตราการไหลบ่าของน้ำผิวดินเพิ่มสูงขึ้น [6, 7] นอกจากนี้ ปรากฏการณ์ทางภูมิอากาศ เช่น เอลนีโญและลานีญา ก็มีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนในแต่ละปี โดยในปี 2011 ซึ่งมีปริมาณน้ำท่าสูงสุด สอดคล้องกับเหตุการณ์ฝนตกหนักต่อเนื่องและน้ำท่วมครั้งใหญ่ในประเทศไทย [8] ขณะที่ปี 2020 ซึ่งมีค่าต่ำสุด เกิดขึ้นในช่วงที่ประเทศไทยประสบกับภาวะฝนทิ้งช่วงและความแห้งแล้งรุนแรง



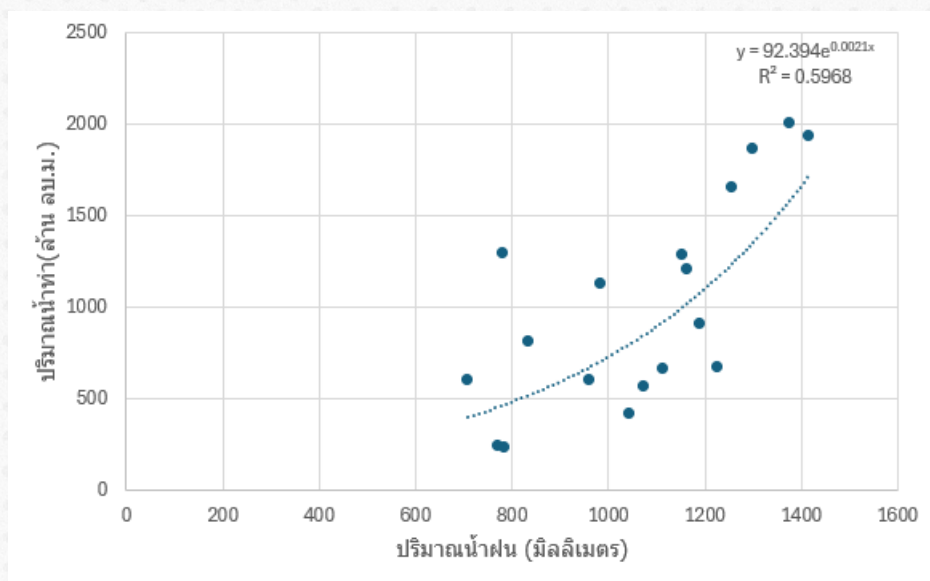
ภาพที่ 4 ความผันแปรของปริมาณน้ำฝนและน้ำท่ารายปี ตั้งแต่ปี ค.ศ.2004-2024 บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่ม จ.เชียงใหม่

3.2 สมการความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนและน้ำท่ารายเดือนและรายปี

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่มรายเดือน (ภาพที่ 5) สมการที่ได้คือ $y = 19.695e^{0.0082x}$ และมีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) เท่ากับ 0.3843 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองสามารถอธิบายแนวโน้มของความสัมพันธ์ระหว่างฝนกับน้ำท่าได้บางส่วน โดยเฉพาะเมื่อปริมาณน้ำฝนมีค่ามากกว่า 200 มิลลิเมตร น้ำท่าจะเพิ่มขึ้นตามกลไกของการไหลบ่าผิวดินซึ่งพบได้ในพื้นที่ภูเขาสูงชัน เช่น ลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่ม ส่วนการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่มรายปี (ภาพที่ 6) สมการที่ได้คือ $y = 92.394e^{0.0021x}$ และมีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) เท่ากับ 0.5968 แสดงให้เห็นว่าเมื่อปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำท่าจะเพิ่มขึ้นในอัตราเร่ง โดยเฉพาะในช่วงที่ปริมาณฝนสูง น้ำท่าจะเพิ่มขึ้นมากกว่าปกติอย่างชัดเจน



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่มรายเดือน



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำทำในกลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่มรายปี

3.3 การวิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝน-น้ำทำ จากค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝน-น้ำทำ ปี ค.ศ.2021-2040 ในอนาคต

การวิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝน-น้ำทำ จากค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝน-น้ำทำรายเดือน ปี ค.ศ.2021-2040 เพื่อทราบผลของการเปลี่ยนแปลงน้ำทำในอนาคต ภายใต้ฉากทัศน์ SSP2-4.5 และ SSP5-8.5 พบว่าปริมาณน้ำทำมีแนวโน้มลดลงในทั้งสองกรณี โดยเฉพาะในช่วงเดือนกันยายนและตุลาคม โดยใน SSP2-4.5 พบว่าปริมาณน้ำทำลดลงมากถึง 170.42 ล้านลูกบาศก์เมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 67.15 เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำทำเฉลี่ยในอดีต (ตารางที่ 3) ส่วน SSP5-8.5 มีค่าสูงสุดของการลดลงในเดือนเดียวกันอยู่ที่ 167.41 ล้านลูกบาศก์เมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 65.94 (ตารางที่ 4) แม้ว่าปริมาณน้ำฝนโดยรวมในบางเดือนจะเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในช่วงต้นฤดูฝน เช่น เมษายนถึงมิถุนายน แต่กลับไม่สอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของน้ำทำ สะท้อนให้เห็นถึงการสูญเสียฝนจากการระเหย การซึมลงใต้ดิน หรือจากโครงสร้างทางกายภาพของพื้นที่ที่ไม่เอื้อต่อการเกิดน้ำทำ นอกจากนี้ปริมาณฝนในเดือนกันยายนและตุลาคมที่ลดลงอย่างต่อเนื่องยังส่งผลโดยตรงต่อการสะสมของน้ำต้นทุนในเขื่อนหรือแหล่งน้ำธรรมชาติ ลักษณะดังกล่าวสะท้อนถึงความเสี่ยงที่เปลี่ยนแปลงที่มีผลต่อสมดุลน้ำภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ซึ่งสอดคล้องกับ [9] ที่ระบุว่าภูมิอากาศเขตอบอุ่นจะเย็นลงได้จะเผชิญกับฝนตกหนักในช่วงเวลาสั้นและฝนขาดช่วงในช่วงฤดูปกติ อันเป็นผลมาจากความแปรปรวนของภูมิอากาศที่เพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงลักษณะฝนเช่นนี้ส่งผลให้การจัดเก็บน้ำและการไหลบ่าผิวดินไม่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ลดทอนศักยภาพในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ

ตารางที่ 3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝน-น้ำท่ารายเดือน ฉากทัศน์ (Scenario) SSP2-4.5 ปี ค.ศ.2021-2040

เดือน	ฝนเชิงพื้นที่ (SSP245)	ปริมาณน้ำท่า (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ย ย้อนหลัง 20 ปี (ล้าน ลบ.ม.)(Q)	ΔQ	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย ย้อนหลัง 20 ปี (มม.)(R)	ΔR
ม.ค.	2.33	20.07	36.58	-16.51	12.95	-10.62
ก.พ.	9.33	21.26	22.39	-1.14	5.19	4.15
มี.ค.	17.00	22.64	17.67	4.96	21.53	-4.53
เม.ย.	84.00	39.21	15.68	23.53	64.74	19.26
พ.ค.	125.33	55.03	45.66	9.37	162.67	-37.34
มิ.ย.	112.67	49.60	50.92	-1.32	132.67	-20.00
ก.ค.	133.33	58.76	72.71	-13.95	137.77	-4.44
ส.ค.	176.00	83.37	133.31	-49.94	156.29	19.71
ก.ย.	176.00	83.37	253.80	-170.42	223.35	-47.35
ต.ค.	97.33	43.74	213.52	-169.78	132.70	-35.37
พ.ย.	36.33	26.52	86.97	-60.44	24.31	12.02
ธ.ค.	9.33	21.26	50.87	-29.62	4.78	4.55

ตารางที่ 4 ความเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝน-น้ำท่ารายเดือน ฉากทัศน์ (Scenario) SSP5-8.5 ปี ค.ศ.2021-2040

เดือน	ฝนเชิงพื้นที่ (SSP585)	ปริมาณน้ำท่า (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ย ย้อนหลัง 20 ปี (ล้าน ลบ.ม.)(Q)	ΔQ	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย ย้อนหลัง 20 ปี (มม.)(R)	ΔR
ม.ค.	2.33	20.07	36.58	-16.51	12.95	-10.62
ก.พ.	11.33	21.61	22.39	-0.78	5.19	6.15
มี.ค.	15.00	22.27	17.67	4.60	21.53	-6.53
เม.ย.	73.33	35.93	15.68	20.25	64.74	8.60
พ.ค.	154.00	69.61	45.66	23.95	162.67	-8.67
มิ.ย.	108.33	47.87	50.92	-3.05	132.67	-24.34
ก.ค.	132.67	58.44	72.71	-14.27	137.77	-5.11
ส.ค.	154.33	69.80	133.31	-63.51	156.29	-1.96
ก.ย.	180.33	86.39	253.80	-167.41	223.35	-43.01
ต.ค.	110.33	48.66	213.52	-164.86	132.70	-22.37
พ.ย.	40.33	27.41	86.97	-59.56	24.31	16.02
ธ.ค.	8.33	21.08	50.87	-29.79	4.78	3.55

การวิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝน-น้ำท่า จากค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝน-น้ำท่ารายปี ปี ค.ศ.2021-2040 ภายใต้ฉากทัศน์ SSP2-4.5 และ SSP5-8.5 พบว่า ฉากทัศน์ SSP2-4.5 คาดว่าปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีในอนาคตจะอยู่ที่ 721.95 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งลดลงจากค่าเฉลี่ยในอดีตอยู่ที่ 278.13 ล้านลูกบาศก์เมตร หรือลดลงคิดเป็นร้อยละ 27.81 ในขณะที่ปริมาณฝนเฉลี่ยในอนาคตอยู่ที่ 979 มิลลิเมตร ลดลงจากค่าเฉลี่ยย้อนหลัง 99.94 มิลลิเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 9.26 ในกรณีฉากทัศน์ SSP5-8.5 ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับสูง ปริมาณน้ำท่าในอนาคตคาดว่าจะอยู่ที่ 739.86 ล้านลูกบาศก์เมตร ลดลงจากค่าเฉลี่ยเดิมร้อยละ 26.02 และปริมาณฝนเฉลี่ยจะอยู่ที่ 990.67 มิลลิเมตร ลดลงร้อยละ 8.18 สาเหตุของแนวโน้มการลดลงดังกล่าวอาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของรูปแบบการกระจายตัวของฝนในเชิงพื้นที่ และเชิงเวลา รวมถึงความรุนแรงของเหตุการณ์ฝนสุดขั้ว (extreme rainfall events) ที่เพิ่มขึ้น แม้ปริมาณฝนรวมจะลดลงไม่มาก แต่ความแปรปรวนที่เพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณน้ำท่าที่ไหลสู่แหล่งน้ำลดลงอย่างมีนัยสำคัญ [10]

4. บทสรุป

การคาดการณ์ปริมาณน้ำท่า โดยทำการนำเอาข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน (แกน x) และปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนในอดีต (แกน y) ช่วงระหว่าง ค.ศ. 2004 - 2024 (20ปี) แล้วสร้างสมการที่เหมาะสมกับความสัมพันธ์ปริมาณน้ำฝนและน้ำท่า เพื่อใช้คาดการณ์น้ำท่าในอนาคต ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในอนาคต บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้ข้อมูลหัตถุภูมิศาสตร์ด้านอุตุนิยมวิทยา ระหว่างปี ค.ศ. 2004-2024

ลุ่มน้ำยมแม่แจ่มมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งปี เท่ากับ 1078.94 มิลลิเมตร เป็นปริมาณน้ำฝนในช่วงน้ำหลาก เท่ากับ 945.45 มิลลิเมตร ช่วงแล้งฝน เท่ากับ 133.49 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละ 87.63 และ 14.12 ของปริมาณฝนทั้งปี ตามลำดับ โดยมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่ำสุดในเดือนธันวาคม เท่ากับ 4.78 มิลลิเมตร และสูงสุดในเดือนกันยายน เท่ากับ 223.35 มิลลิเมตร ลุ่มน้ำยมแม่แจ่มมีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี เท่ากับ 1000.09 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยเป็นปริมาณน้ำท่าในช่วงน้ำหลาก เท่ากับ 769.92 ล้านลูกบาศก์เมตร และในช่วงแล้งฝน เท่ากับ 230.17 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยต่ำสุดในเดือนเมษายน เท่ากับ 15.68 ล้านลูกบาศก์เมตร และเฉลี่ยสูงสุดในเดือนกันยายน เท่ากับ 253.80 ล้านลูกบาศก์เมตร ส่วนปริมาณน้ำฝนรายปีพบว่าปีที่มีปริมาณน้ำฝนสูงสุด ได้แก่ ปี ค.ศ.2022 เท่ากับ 1416.78 มิลลิเมตร เมื่อเทียบกับค่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 20 ปี ปริมาณน้ำฝนมีการเพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 31.31 ปีที่มีปริมาณน้ำฝนต่ำสุด ได้แก่ ปี ค.ศ. 2019 โดยมีปริมาณน้ำฝนเท่ากับ 709.20 มิลลิเมตร ส่วนปริมาณน้ำท่ารายปี พบว่าค่าเฉลี่ยรายปีอยู่ที่ 1,002.09 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยมีปีที่มีปริมาณน้ำท่าสูงสุด คือ ปีค.ศ. 2011 เท่ากับ 2,002.50 ล้านลูกบาศก์เมตร และต่ำสุดใน ปี ค.ศ. 2020 เท่ากับ 227 ล้านลูกบาศก์เมตร

สมการที่ได้จากความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝน-น้ำท่ารายเดือน จากข้อมูล CMIP6 ช่วงปีค.ศ. 2004-2024 ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศตามฉากทัศน์ตัวแทนเศรษฐกิจและสังคมร่วม พบว่าความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝน-น้ำท่ารายเดือน สมการที่ได้คือ $y = 19.695e^{0.0082x}$ และมีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) เท่ากับ 0.3843 และความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝน-น้ำท่ารายปี พบว่าสมการที่ได้คือ $y = 92.394e^{0.0021x}$ และมีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) เท่ากับ 0.5968

การคาดการณ์ในอนาคตการวิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝน-น้ำท่า จากค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝน-น้ำท่า ปี ค.ศ.2021-2040 ภายใต้ฉากทัศน์ SSP2-4.5 และ SSP5-8.5 จากสมการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่ารายเดือน พบว่าปริมาณน้ำท่ามีแนวโน้มลดลงในทั้งสองกรณี โดยเฉพาะในช่วงเดือนกันยายนและตุลาคม โดยใน SSP2-4.5 พบว่าปริมาณน้ำท่าลดลง 170.42 ล้านลูกบาศก์เมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 67.15 ของค่าเฉลี่ยในอดีต ส่วน SSP5-8.5 มีค่าสูงสุดของการลดลงในเดือนเดียวกันอยู่ที่ 167.41 ล้านลูกบาศก์เมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 65.94 จากสมการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่ารายปี พบว่าฉากทัศน์ SSP2-4.5 คาดว่าปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีในอนาคตจะอยู่ที่ 721.95 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งลดลงจากค่าเฉลี่ยในอดีตอยู่ที่ 278.13 ล้านลูกบาศก์เมตร หรือลดลงคิดเป็นร้อยละ 27.81 ในขณะที่ปริมาณฝนเฉลี่ยในอนาคตอยู่ที่ 979 มิลลิเมตร ลดลงจากค่าเฉลี่ยย้อนหลัง 99.94 มิลลิเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 9.26 ในกรณีฉากทัศน์ SSP5-8.5 ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่ปล่อย

ก๊าซเรือนกระจกในระดับสูง ปริมาณน้ำทำในอนาคตคาดว่าจะอยู่ที่ 739.86 ล้านลูกบาศก์เมตร ลดลงจากค่าเฉลี่ยเดิมร้อยละ 26.02 และปริมาณฝนเฉลี่ยจะอยู่ที่ 990.67 มิลลิเมตร ลดลงร้อยละ 8.18

จากการศึกษาพบว่าในอนาคตภายใต้ฉากทัศน์ SSP2-4.5 และ SSP5-8.5 แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่ม มีความเปราะบางต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างมาก โดยเฉพาะในช่วงปลายฤดูฝนที่มีบทบาทสำคัญต่อการสะสมของน้ำต้นทุน หากปริมาณฝนลดลงในช่วงนี้จะส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำท่าทั้งปวงอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงควรมีการวางแผนทางในการปรับตัวและเตรียมความพร้อม โดยสามารถดำเนินการในหลายมิติ ได้แก่ การส่งเสริมการจัดการทรัพยากรน้ำอย่างยั่งยืน เช่น การเพิ่มความสามารถในการกักเก็บน้ำผ่านอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก ฝายชะลอน้ำ และการเก็บกักน้ำฝนในระดับครัวเรือน ตลอดจนการเพิ่มพื้นที่ชะลอการไหลของน้ำเพื่อเพิ่มการซึมซับน้ำลงสู่ใต้ดิน ด้านการเกษตรควรปรับเปลี่ยนรูปแบบการปลูกพืชให้เหมาะสมกับปริมาณน้ำที่ลดลง โดยเลือกปลูกพืชที่ใช้น้ำน้อย ทนแล้ง นอกจากนี้ควรมีการพัฒนากระบวนการวางแผนจัดสรรน้ำตามลำดับความสำคัญอย่างเหมาะสม พร้อมทั้งเสริมสร้างความรู้และความเข้าใจให้กับชุมชนในการจัดการน้ำ และสนับสนุนการวิจัยและนโยบายที่สอดคล้องกับบริบทของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระดับพื้นที่ เพื่อให้สามารถรับมือกับผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณแหล่งสนับสนุน กรมอุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ สนับสนุนข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือน และกรมชลประทาน อนุเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่ใช้ในการศึกษาดังตั้ง ค.ศ. 2004-2024

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Ketvara Sittichok. FUTURE RAINFALL CHARACTERISTIC UNDER AR6 CLIMATE CHANGE SCENARIOS, CASE STUDY OF PASAK RIVER BASIN, THAILAND. ENGINEERING FOR RURAL DEVELOPMENT. KASETSART UNIVERSITY, 25-27. 2022.
- [2] กรมพัฒนาที่ดิน. (25 พฤศจิกายน 2567). การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนสะสมบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2561-2563. สืบค้นจาก <https://e-library.idd.go.th/library/Research/Fulltext/bib10517.pdf>
- [3] กรมทรัพยากรน้ำ. (4 มกราคม 2568). รายงานประจำปี พ.ศ. 2564. สืบค้นจาก <https://dwr.go.th/uploads/file/infor/2022/Article-220427103130-A7ia.pdf>
- [4] สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ. (2565). สถานการณ์น้ำท่วม/ภัยแล้งโดยใช้เทคโนโลยีดาวเทียม. [รายงานออนไลน์].
- [5] Unesco-Ihp. Water Governance through Basin Organizations: A Water Facts and Findings Report. 2019.
- [6] Gistda. (5 ธันวาคม 2567). รายงานภาพถ่ายดาวเทียมพื้นที่เสื่อมโทรมจากการปลูกข้าวโพดในลุ่มน้ำแม่แจ่ม. สืบค้นจาก https://www.gistda.or.th/news_view.php?n_id=876
- [7] Recoftc. (5 ธันวาคม 2567.). ชุมชนกับการจัดการทรัพยากรในลุ่มน้ำแม่แจ่มอย่างยั่งยืน. สืบค้นจาก <https://www.recoftc.org/th/projects/maechaem>
- [8] Gistda. (28 พฤศจิกายน 2567). สถานการณ์น้ำท่วมใหญ่ ปี 2554. สืบค้นจาก <https://flood.gistda.or.th>
- [9] Ipcc. (22 พฤศจิกายน 2567). Climate Change: The Physical Science Basis. สืบค้นจาก <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- [10] Koichiro Kuraji. Altitudinal increase in rainfall in the Mae Chaem watershed, Thailand. *Journal of the Meteorological of Japan*, 79(2001) 353-363.

การคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในอนาคตโดยใช้ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐาน (SPI)
ภายใต้แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยห้วยทับทัน
Future Drought Risk Assessment Using the Standardized Precipitation
Index (SPI) Under Global Climate Change Scenarios in the Huai Thap Than
Sub-watershed

ชนาภา พลเสน^{1*} วีนัส ต่วนเครือ¹ และ ยุทธพงษ์ ศิริมังคละ¹

¹ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

*E-mail: Chanapa.ponl@ku.th

บทคัดย่อ

การคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งด้วยดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐาน (SPI) ในลุ่มน้ำย่อยห้วยทับทัน โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนในอดีต (ปี 2015–2016) จากสถานีตรวจวัดของกรมอุตุนิยมวิทยา และข้อมูลปริมาณน้ำฝนอนาคต (ปี 2021–2040) ที่ถูกคาดการณ์ภายใต้บริบทการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยเลือกใช้แบบจำลองภูมิอากาศโลก CMIP6 แบบจำลอง MRI ESM2-0 ภายใต้ฉากทัศน์ SSP2-4.5 และ SSP5-8.5 และประเมินค่าความแม่นยำ ด้วยสถิติ RMSE และ NSE ผลการศึกษาพบว่า ค่า SPI รายเดือนในปี 2015 และ 2016 บ่งชี้ภาวะแห้งแล้งชัดเจนในบางเดือน โดยเฉพาะพฤษภาคมและสิงหาคม ขณะที่ปริมาณน้ำฝนคาดการณ์ในอนาคตภายใต้ฉากทัศน์ SSP2-4.5 มีแนวโน้มฝนลดลงช่วงต้นฤดูฝนและเพิ่มขึ้นช่วงปลายฤดู ส่วน ฉากทัศน์ SSP5-8.5 ซึ่งเป็นกรณีสภาพภูมิอากาศรุนแรงที่สุด ปรากฏว่ามีปริมาณฝนเพิ่มขึ้นช่วงต้นฤดูและลดลงในเดือนกันยายน ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อช่วงเพาะปลูกของพืชที่ใช้น้ำฝน โดยเฉพาะข้าวนาปีที่ปลูกในฤดูฝน ผลการศึกษาชี้ให้เห็นถึงความเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนรายเดือนที่อาจกระทบต่อความมั่นคงทางอาหารเนื่องจากอาจส่งผลกระทบต่อความเสียหายของผลผลิตทางการเกษตรในอนาคต จึงควรกำหนดแผนในการตั้งรับปรับตัวทั้งด้านการบริหารจัดการน้ำและการปรับปรุงการเพาะปลูกให้เหมาะสมกับสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลง

คำสำคัญ: ดัชนี SPI ภัยแล้ง แบบจำลอง CMIP6 การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ลุ่มน้ำห้วยทับทัน

Abstract

Drought risk areas were projected using the Standardized Precipitation Index (SPI) in the Huai Thapthan sub-watershed by utilizing historical rainfall data (2015–2016) from meteorological stations of the Thai Meteorological Department and future rainfall data (2021–2040) projected under climate change scenarios. The projections employed the CMIP6 global climate model MRI ESM2 0 under the SSP2 4.5 and SSP5 8.5 scenarios. Model performance was evaluated using RMSE and NSE statistics. The results indicate that monthly SPI values in 2015 and 2016 clearly revealed drought conditions in certain months, particularly in May and August. For future projections under SSP2 4.5, rainfall is expected to decrease during the early rainy season and increase

toward the end of the season. In contrast, under the extreme climate scenario SSP5 8.5, rainfall is projected to increase in the early rainy season and decrease in September, which may affect the cropping period of rainfed crops, especially wet season rice. The study highlights potential changes in monthly rainfall that could impact food security due to possible damage to agricultural yields in the future. Therefore, it is essential to develop adaptive strategies for both water resource management and crop calendar adjustments to align with changing climatic conditions.

Keywords: SPI index, Drought, CMIP6 models, Climate change, Huai Thap Than sub-basin

1. บทนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบต่อภัยแล้ง โดยเฉพาะในภูมิภาคเขตร้อนอย่างเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งพึ่งพาปริมาณน้ำฝนเป็นแหล่งน้ำหลัก การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและการเปลี่ยนแปลงของรูปแบบฝนมีความสำคัญในการทำให้ง่ายต่อภัยแล้งที่ทวีความรุนแรงมากขึ้น งานศึกษาหลายชิ้น [1, 2] ชี้ให้เห็นว่าปริมาณฝนในฤดูฝนมีแนวโน้มลดลง ส่งผลต่อภาคการเกษตรและเพิ่มความเสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำ โดยเฉพาะเมื่อเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ ซึ่งในประเทศไทย โดยเฉพาะภาคตะวันออกเฉียงเหนือถือเป็นพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากภัยแล้งอย่างต่อเนื่องเนื่องจากพึ่งพาน้ำฝนเป็นแหล่งน้ำหลักในการเกษตร กลุ่มน้ำห้วยทับทัน ซึ่งตั้งอยู่ในพื้นที่ดังกล่าว มีลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบ ดินเป็นดินร่วนปนทรายที่มีความสามารถในการกักเก็บน้ำต่ำ และไม่มีแหล่งกักเก็บน้ำขนาดใหญ่รองรับ การไหลของน้ำในลำห้วยขึ้นอยู่กับปริมาณฝนโดยตรง ทำให้เกิดภาวะขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูแล้งอยู่บ่อยครั้ง ลักษณะดังกล่าวทำให้กลุ่มน้ำห้วยทับทันเป็นพื้นที่ที่มีความเปราะบางต่อผลกระทบจากภัยแล้ง ซึ่งอาจรุนแรงยิ่งขึ้นภายใต้สภาวะการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต

ในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนและค่าดัชนี SPI ทั้งในช่วงอดีต (ปี 2015–2016) และอนาคต (ปี 2021–2040) โดยดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐาน (SPI) เป็นเครื่องมือที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถคำนวณได้ง่าย และใช้เปรียบเทียบระดับความรุนแรงของภัยแล้งในพื้นที่ต่าง ๆ ได้ แม้จะมีข้อจำกัดจากการใช้ข้อมูลเฉพาะปริมาณฝน แต่ก็สามารถประยุกต์ใช้ร่วมกับข้อมูลคาดการณ์ในอนาคตจากแบบจำลองภูมิอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับการศึกษาเลือกข้อมูลจากแบบจำลองภูมิอากาศโลกจาก CMIP6 ซึ่งมีอยู่หลายแบบจำลอง โดยเลือกแบบจำลอง MRI-ESM2-0 ซึ่งมีความเหมาะสมกับภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ รวมทั้งพิจารณาภายใต้สถานการณ์เส้นทางการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมร่วม (Shared Socioeconomic Pathways: SSPs) ได้แก่ SSP2-4.5 ซึ่งสะท้อนเส้นทางการพัฒนาระดับปานกลางที่โลกกำลังดำเนินอยู่ และ SSP5-8.5 ซึ่งเป็นสถานการณ์เลวร้ายที่สุด โดยเน้นการพัฒนาโดยใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นหลัก การเปรียบเทียบทั้งสองสถานการณ์นี้มีเป้าหมายเพื่อประเมินแนวโน้มการเกิดภัยแล้งในพื้นที่ศึกษาภายใต้บริบทที่แตกต่างกันอย่างครอบคลุม

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 รวบรวมข้อมูล

โดยจะทำการรวบรวมข้อมูลทั้งข้อมูลเชิงพื้นที่ทั้งแบบเวกเตอร์ (vector) และแรสเตอร์ (raster) ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนเชิงพื้นที่ ขอบเขตลุ่มน้ำ ตำแหน่งสถานีตรวจวัดน้ำฝน ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ชุดดิน ข้อมูลเส้นชั้นความสูง และเส้นลำน้ำ นอกจากนี้ยังมีข้อมูลเชิงสถิติ ได้แก่ ข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีตรวจวัด และข้อมูลสถิติการเกิดภัยแล้ง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลและแหล่งที่มา

ลำดับ	ชื่อข้อมูล	รายละเอียดข้อมูล	แหล่งที่มา/หน่วยงาน
1	ปริมาณน้ำฝนตรวจวัดภาคพื้นดิน	ข้อมูลฝนรายเดือนจากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดินย้อนหลัง 30 ปี (1990-2020)	[3]
2	ปริมาณน้ำฝนเชิงพื้นที่	เป็นชุดข้อมูลประเภท Reanalysis ที่ได้รวบรวมข้อมูลสภาพอากาศและปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจอากาศทั่วโลกมาประมาณค่าเชิงพื้นที่เป็นข้อมูลกริด(Raster data) และทำการลดมาตราส่วน (Downscaling) และปรับความเอนเอียง (Bias Correction) โดยแต่ละกริดมีresolutionประมาณ 6 ตร.กม.	[4]
3	ข้อมูลขอบเขตลุ่มน้ำ	ข้อมูลรูปแบบเวกเตอร์ ประเภท polygon (shapefile)	[5]
4	ตำแหน่งสถานีตรวจวัดน้ำฝน	ข้อมูลรูปแบบเวกเตอร์ ประเภท point (shapefile)	[3]
5	ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ.2564	ข้อมูลรูปแบบเวกเตอร์ ประเภท polygon (shapefile)	[6]
6	ข้อมูลกลุ่มชุดดิน	ข้อมูลรูปแบบเวกเตอร์ ประเภท polygon (shapefile)	[7]

2.2 จัดเตรียมข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดิน และข้อมูลปริมาณน้ำฝนเชิงพื้นที่

การตรวจสอบจัดเรียงข้อมูลน้ำฝนของสถานีตรวจวัดภาคพื้นดิน ตั้งแต่ปี 1990-2024 โดยคำนวณปริมาณน้ำฝนรายเดือนและรายปี ใช้คำสั่ง pivot table ส่วนการจัดเตรียมข้อมูลน้ำฝนเชิงพื้นที่ Download ข้อมูลน้ำฝนเชิงพื้นที่รายเดือนขนาดความละเอียดเท่ากับ 6 ตารางกิโลเมตร ที่เว็บไซต์ <https://www.worldclim.org/data/monthlywth.html> ตั้งแต่ปี 1990-2024

2.3 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนรายเดือน รายฤดูกาล(ช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน)

การวิเคราะห์ลักษณะของฝนรายเดือน รายฤดูกาล และรายปีพิจารณาจาก ความสูงต่ำของปริมาณน้ำฝนช่วงการตกของฝนในแต่ละรายเดือน รายฤดูกาล และรายปี โดยการสร้างกราฟแสดงการกระจายข้อมูลปริมาณน้ำฝน และสร้างเส้นแนวโน้มของปริมาณน้ำฝนเป็นรายเดือน รายฤดูกาล และรายปี

2.4 ตรวจสอบข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดินและน้ำฝนเชิงพื้นที่

ใช้ค่าน้ำฝนจากกริดที่ตรงกันกับสถานีมาเปรียบเทียบ เพื่อวิเคราะห์ค่าความสอดคล้องของข้อมูล โดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Pearson's correlation coefficient, r) และค่าวิเคราะห์ค่าความเอนเอียงของข้อมูล โดยใช้เปอร์เซ็นต์ความเอนเอียง (Percent Bias, PBIAS) ดังสมการ (1) และสมการ (2)

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})(G_i - \bar{G})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (G_i - \bar{G})^2}} \quad (1)$$

$$PBIAS = \frac{\sum_{i=1}^n (D_i - G_i)}{\sum_{i=1}^n G_i} \times 100\% \quad (2)$$

- โดยที่ n คือ จำนวนสถานีตรวจวัดน้ำฝน
- Di คือ ปริมาณน้ำฝนจากชุดข้อมูลฝน (Precipitation Dataset) (mm.)
- Gi คือ ปริมาณน้ำฝนจากสถานีตรวจวัดน้ำฝน (Rain Gauge Station Dataset) (mm.)
- $\bar{D}$ คือ ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนจากชุดข้อมูลฝน (mm.)
- $\bar{G}$ คือ ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนจากสถานีตรวจวัดน้ำฝน (mm.)

จากการประเมินประสิทธิภาพของข้อมูลปริมาณฝนโดยใช้แบบจำลองเปรียบเทียบกับข้อมูลจริงใน 5 สถานี ได้แก่ สังขะ ศรีขรุขระ ลำปาง ลำพูน และเมืองจันทร์ พบว่าโดยรวมแบบจำลองสามารถอธิบายแนวโน้มของปริมาณฝนได้ดี โดยเฉพาะในช่วงข้อมูลทั้งปี (all) ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) อยู่ในช่วง 0.836 ถึง 0.869 แสดงถึงความสัมพันธ์ในระดับสูง อย่างไรก็ตาม เมื่อแยกตามฤดูกาล พบว่าในฤดูฝน (wet) ค่าความสัมพันธ์ลดลงเล็กน้อย ขณะที่ฤดูแล้ง (dry) ค่าความสัมพันธ์เพิ่มขึ้นในหลายสถานี โดยเฉพาะที่ลำปาง ($r = 0.801$) และศรีขรุขระ ($r = 0.783$)

ในด้านของ PBIAS ซึ่งใช้วัดความแตกต่างของปริมาณฝนจากแบบจำลองเมื่อเทียบกับข้อมูลจริง พบว่าแบบจำลองมีแนวโน้มที่จะประเมินค่าสูงเกินจริงในทุกสถานี โดยเฉพาะที่เมืองจันทร์ ซึ่งมีค่า PBIAS สูงมากในฤดูแล้งถึง 79.402 mm. ขณะที่สถานีศรีขรุขระให้ค่า PBIAS ต่ำที่สุดในทุกฤดู (2.132, 1.848 และ 4.012 mm. ตามลำดับ)

2.5 วิเคราะห์ค่า SPI เชิงพื้นที่ในอดีต

จากผลการศึกษาข้อ 2.3 ทำให้ทราบความผันแปรในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งอาจได้รับอิทธิพลจากสภาพพื้นที่ และปรากฏการณ์ El Nino และ La Nina โดยพบว่าในอดีตช่วงปี 2015-2016 เป็นปีที่เกิด เอลนีโญกำลังแรง (very strong El Nino) และ เอลนีโญกำลังอ่อน (weak El Nino) ติดกัน [8] ซึ่งส่งผลต่อการเกิดภัยแล้งในพื้นที่ดังนั้นก็เลือกวิเคราะห์ค่า SPI ในช่วงปี 2015-2016 โดยหาค่าเฉลี่ย (mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) จากข้อมูลปริมาณน้ำฝนเชิงพื้นที่ในช่วงปี 1990-2024 โดยใช้เครื่องมือ Cell statistics และคำนวณค่า SPI โดยใช้ Raster Calculator จากนั้นใส่ค่าตามสมการที่ (3)

$$SPI = \frac{x_{ij} - x_{im}}{\sigma} \quad (3)$$

- โดยที่ x_{ij} คือ ปริมาณน้ำฝนรายเดือนของกริดที่ต้องการวิเคราะห์ของเดือนที่ i
- x_{im} คือ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน 30 ปี ของเดือนที่ i
- σ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ย 30 ปี ของเดือนที่ i

2.6 เลือกแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกเพื่อใช้ในการคาดการณ์ SPI ในอนาคต

แบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก (Global Climate Models, GCMs) ภายใต้ CMIP6 มีอยู่หลายแบบจำลองด้วยกันดังนั้นก็จำเป็นต้องมีการเปรียบเทียบค่าสถิติปริมาณน้ำฝน ได้แก่ MRI-ESM2-0, EC-Earth3-Veg และ HadGEM3-GC31-LL เพื่อหาแบบจำลอง ที่จะใช้คาดการณ์ปริมาณน้ำฝนในอนาคตโดยใช้ค่าสถิติ Root Mean Square Error (RMSE), Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) ดังสมการที่ (4) และสมการที่ (5)

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2} \quad (4)$$

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \quad (5)$$

โดยที่ P_i คือ ค่าคาดการณ์ (Predicted)
 O_i คือ ค่าปริมาณน้ำฝนปัจจุบัน(2021-2024)
 $\bar{O}$ คือ ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนปัจจุบัน(2021-2024)
 n คือ จำนวนข้อมูล

MRI-ESM2-0 พัฒนาโดยสถาบัน Meteorological Research Institute ประเทศญี่ปุ่น เป็นแบบจำลอง Earth System Model ที่มีความสามารถในการจำลองวัฏจักรคาร์บอนและปฏิสัมพันธ์ระหว่างระบบภูมิอากาศกับชีวภูมิศาสตร์อย่างละเอียด [9]

EC-Earth3-Veg เป็นแบบจำลองที่พัฒนาโดยความร่วมมือของกลุ่มนักวิจัยจากยุโรป โดยมีการรวมแบบจำลองพืชพรรณแบบพลวัตเข้ากับระบบภูมิอากาศหลัก ทำให้สามารถวิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงพืชพรรณต่อวงจรคาร์บอนได้อย่างแม่นยำ [10]

HadGEM3-GC31-LL ซึ่งพัฒนาโดย UK Met Office Hadley Centre เป็นแบบจำลองที่ใช้ในการคาดการณ์ทั้งในระดับภูมิภาคและระดับโลก โดยมีการรวมระบบบรรยากาศ มหาสมุทร และน้ำแข็งเข้าไว้ด้วยกันอย่างครบถ้วน โดยรุ่น GC31-LL นี้มีความละเอียดในระดับต่ำ เหมาะกับการศึกษาในระยะยาวในพื้นที่ขนาดใหญ่ [11]

จากผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ RMSE และ NSE ของปริมาณฝนที่เกิดขึ้นในปัจจุบันเมื่อเปรียบเทียบกับค่าฝนคาดการณ์จากแบบจำลอง CMIP6 พบว่าแบบจำลอง MRI-ESM2-0 ให้ผลการประเมินที่ดีที่สุด โดยมีค่า RMSE เท่ากับ 33.72 และค่า NSE เท่ากับ 0.91 ดังแสดงในตารางที่ 4 ซึ่งสามารถพิจารณาได้ว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดี เนื่องจากค่า RMSE ที่ต่ำบ่งชี้ถึงค่าคลาดเคลื่อนที่น้อยระหว่างค่าคาดการณ์กับค่าจริง และค่า NSE ที่ใกล้ 1 แสดงถึงความสามารถของแบบจำลองในการอธิบายความแปรปรวนของข้อมูลได้ดี โดยเกณฑ์ของ Moriasi et al. [12] ระบุว่า ค่า NSE > 0.75 ถือว่าอยู่ในระดับ “ดีมาก” ขณะที่ค่า RMSE ที่ต่ำกว่า 40 mm ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้สำหรับการประเมินแบบจำลองทางอุทกวิทยา [13] ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่าแบบจำลอง MRI-ESM2-0 มีความเหมาะสมมากที่สุดในการใช้คาดการณ์ปริมาณฝนในพื้นที่ศึกษา

ตารางที่ 4 ค่าสถิติ RMSE และ NSE ของโมเดล CMIP6

	MRI-ESM2-0	EC-Earth3-Veg	HadGEM3-GC31-LL
RMSE	33.72	39.69	35.25
NSE	0.91	0.88	0.90

2.7 วิเคราะห์ค่า SPI ในอนาคต

เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศบนฐานของฉากทัศน์ตัวแทนเศรษฐกิจและสังคมร่วม (Shared Socioeconomic Pathways, SSPs) ได้ถูกนำมาใช้ในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนอุณหภูมิในอนาคต เนื่องจากมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการพัฒนาทางเศรษฐกิจสังคมที่ต่างกัน ทำให้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตต่างกันออกไปในแต่ละฉากทัศน์ โดยในการศึกษาครั้งนี้เลือกฉากทัศน์ SSP245 และ SSP585 ซึ่งฉากทัศน์ SSP245 หมายถึง “Middle of the Road” ซึ่งเป็นเส้นทางการพัฒนาที่โลกมีการควบคุมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับปานกลาง

โดยคาดว่าจะมีระดับการแผ่รังสี (Radiative Forcing) ราว 4.5 W/m^2 ภายในปี ค.ศ. 2100 ขณะที่ฉากทัศน์ SSP585 หรือ “Fossil-fueled Development” แสดงถึงโลกที่ยังคงพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นหลัก ส่งผลให้การปล่อยก๊าซเรือนกระจกอยู่ในระดับสูงมาก และอุณหภูมิเฉลี่ยผิวโลกอาจเพิ่มขึ้นมากกว่า 4 องศาเซลเซียสภายในสิ้นศตวรรษ [2] โดยจะคำนวณค่า Mean SD และ SPI แบบรายเดือน โดยใช้สูตร SPI จากสมการ (3)

2.8 สร้างแผนที่ภัยแล้งในอดีต และแผนที่เสี่ยงภัยแล้งในอนาคต

จากการวิเคราะห์ค่า SPI เชิงพื้นที่ในอดีตปี 2015-2016 จะได้ข้อมูลราสเตอร์ที่มีค่าระหว่าง -2 ถึง 2 นำมาจัดชั้นโดยใช้คำสั่ง Reclassify เพื่อแบ่งระดับชั้นความรุนแรงของภัยแล้ง และทำเช่นเดียวกันนี้กับข้อมูลของ SPI ในอนาคตภายใต้สถานการณ์ SSP2-4.5 และ SSP-5.85 (ช่วงปี 2021-2040)

ตารางที่ 3 เกณฑ์การแบ่งระดับความรุนแรงของดัชนี SPI

ค่าดัชนี SPI	ระดับความรุนแรงของภัยแล้ง
มากกว่า 2 ขึ้นไป	ชุ่มชื้นมาก
1.5 ถึง 1.99	ชุ่มชื้นปานกลาง
1 ถึง 1.49	ชุ่มชื้นเล็กน้อย
0.99 ถึง -0.99	ปกติ
-1.00 ถึง -1.49	ภัยแล้งเล็กน้อย
-1.50 ถึง -1.99	ภัยแล้งปานกลาง
ตั้งแต่ -2.00 ลงไป	ภัยแล้งมาก

ที่มา: McKee (1997)

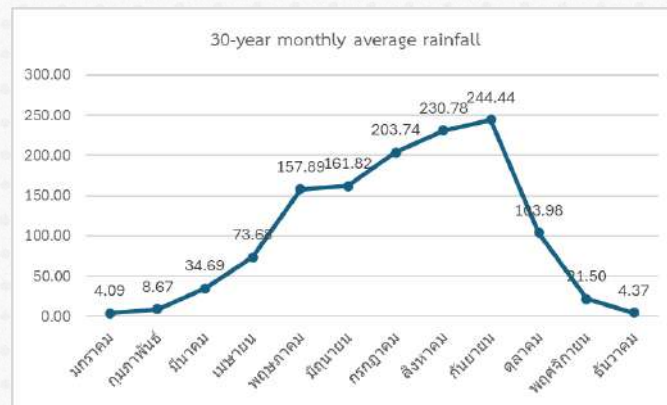
2.9 ค่าความแตกต่างของปริมาณน้ำฝนในแบบจำลอง

คำนวณค่าความแตกต่างของปริมาณน้ำฝนเชิงพื้นที่ในอนาคต (2021-2040) กับปริมาณน้ำฝนเชิงพื้นที่เฉลี่ย 30 ปี (1990-2020) เพื่อดูลักษณะการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝนแต่ละเดือนในอนาคต โดยใช้ Raster Calculator

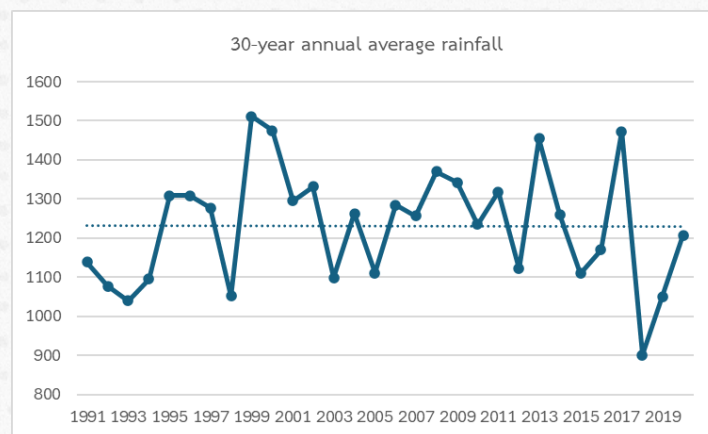
3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ลักษณะเฉพาะของฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยห้วยทับทัน

ในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยทับทันซึ่งตั้งอยู่ทางตอนล่างของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยมีลักษณะพื้นที่เป็นที่ราบลูกคลื่นสลับเนินเขาเตี้ย ๆ พื้นที่บางส่วนมีความลาดเอียงต่ำ ซึ่งข้อมูลฝนที่นำมาวิเคราะห์เป็นข้อมูลฝนเฉลี่ย 30 ปี (ค.ศ.1990-2020) และมีทั้งหมด 5 สถานีในลุ่มน้ำย่อยห้วยทับทัน พบว่า ปริมาณน้ำฝนรายเดือนเฉลี่ยมีค่าสูงสุดในเดือนกันยายน เท่ากับ 244.44 มิลลิเมตร และค่าต่ำสุดในเดือนมกราคม เท่ากับ 4.09 มิลลิเมตร ซึ่งพบว่าปริมาณฝนรวมในช่วงฤดูฝนเท่ากับ 1,102.65 มิลลิเมตร และในช่วงฤดูแล้งเท่ากับ 146.99 มิลลิเมตร (ภาพที่ 1) และยังพบว่าปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยประมาณ 1,249.64 มิลลิเมตร พบปริมาณน้ำฝนรายปีสูงสุดใน ปี ค.ศ.1999 และฝนต่ำสุดใน ปี ค.ศ.2018 ซึ่งน้อยกว่าฝนเฉลี่ยเท่ากับ 348.92 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 2



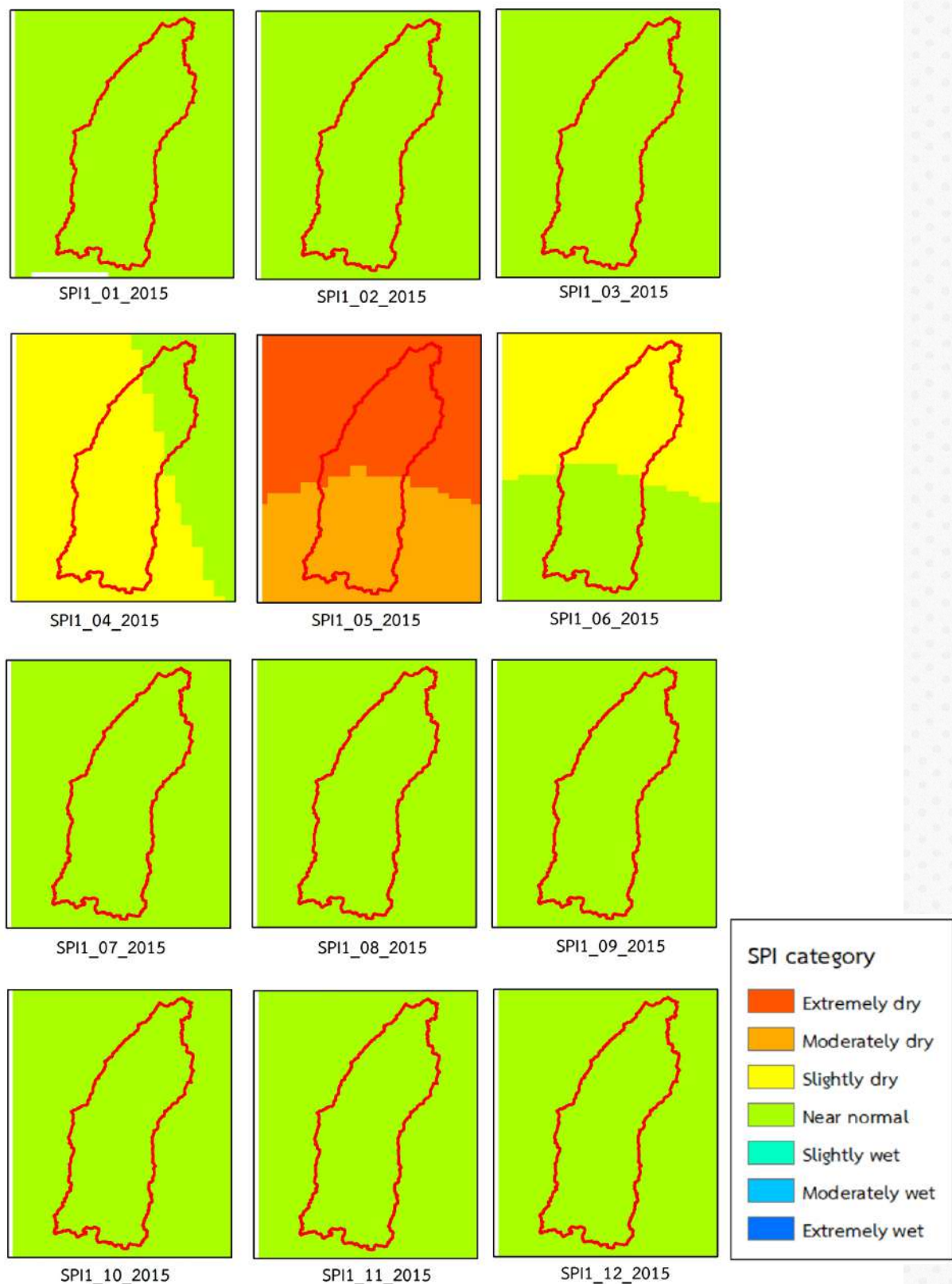
ภาพที่ 1 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน 30 ปี



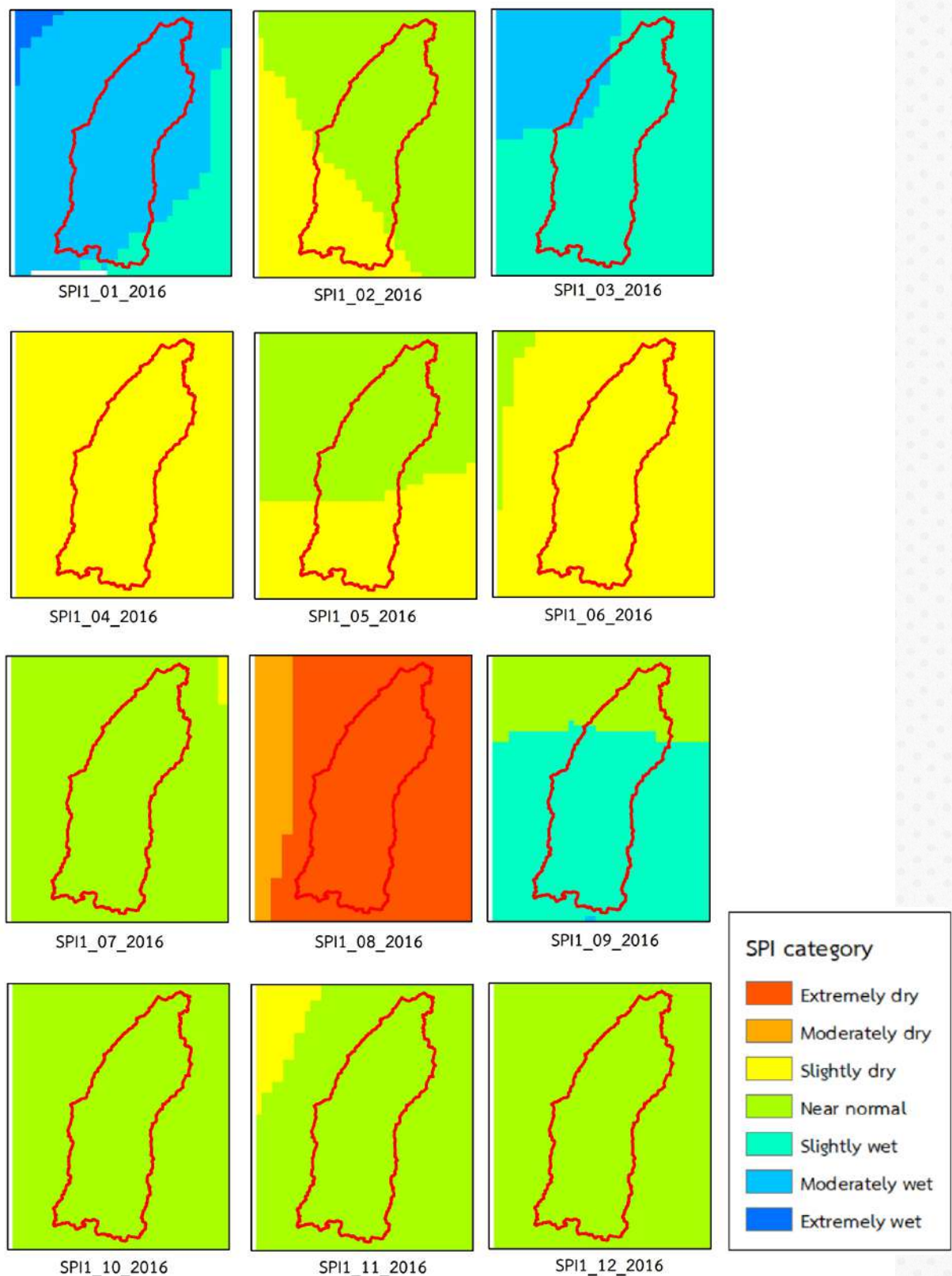
ภาพที่ 2 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี 30 ปี

3.2 ค่าดัชนี SPI เชิงพื้นที่ในอดีต

จากการวิเคราะห์ค่าดัชนี SPI เชิงพื้นที่ในอดีตปี 2015 และ 2016 พบว่า ปี 2015 ในเดือนพฤษภาคม มีภาวะแห้งแล้งมากบริเวณลุ่มน้ำตอนล่าง ส่วนในตอนกลางถึงตอนบนมีความแห้งแล้งปานกลาง จะสังเกตได้ว่ามีความแห้งแล้งต่อเนื่องเริ่มตั้งแต่เดือนเมษายนถึงเดือนมิถุนายน และแห้งแล้งสูงสุดในเดือนพฤษภาคม ส่วนเดือนอื่น ๆ ค่า SPI อยู่ในช่วงปกติ แต่กลับพบว่าในปี 2016 ซึ่งเป็นปีที่เกิดเอลนีโญกำลังแรง มีความแห้งแล้งมากในเดือนสิงหาคม และกระจายความแห้งแล้งเล็กน้อยตั้งแต่เดือนเมษายนถึงมิถุนายน อย่างไรก็ตาม พื้นที่ส่วนใหญ่ยังคงอยู่ในระดับค่าปกติ และมีการฟื้นตัวของสถานการณ์ฝนในช่วงปลายปี (ดังภาพที่ 3 และภาพที่ 4) แสดงให้เห็นถึงเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศที่มีผลกระทบต่อรูปแบบของฝนและภัยแล้งในลุ่มน้ำแห่งนี้อย่างต่อเนื่องในแต่ละปี ซึ่งช่วงเดือน พฤษภาคม - เดือนตุลาคม เป็นช่วงหน้าฝน ซึ่งพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยทับทันเป็นพื้นที่ที่มีความเข้มข้นด้านการปลูกข้าวอย่างมาก และส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรที่ต้องอาศัยน้ำฝนในการเพาะปลูก [14] และจะเห็นว่าปริมาณน้ำจำเป็นอย่างมากในการปลูกข้าว โดยเฉพาะช่วงปลายเดือนกรกฎาคม ถึงต้นเดือนสิงหาคม ที่เป็นช่วงเริ่มดำนา และช่วงเดือนสิงหาคม - กันยายน เพื่อการแตกกอของข้าว และช่วงปลายเดือนกันยายน ตั้งแต่ 23 กันยายน ถึงปลายตุลาคม สามารถทำเปียกสลับ-แห้งได้ เพื่อให้ข้าวสร้างดอกรวงและน้ำหนักรวมเมล็ด และประมาณสัปดาห์สุดท้ายของเดือนตุลาคม ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในช่วงหน้าฝนที่มีการทำการเกษตรควรเฝ้าระวังเรื่องของฝนทั้งช่วงในช่วงกลางฤดูฝนเนื่องจากอาจจะทำให้เกิดผลกระทบต่อพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ เช่น ข้าว เป็นต้น [15]



ภาพที่ 3 ระดับความรุนแรงของดัชนี SPI รายเดือน ในปี 2015



ภาพที่ 4 ระดับความรุนแรงของดัชนี SPI รายเดือน ในปี 2016

3.3 การคาดการณ์ค่าดัชนี SPI ในช่วง 2021-2040

การวิเคราะห์ค่าดัชนี SPI จากข้อมูลประมาณค่าปริมาณน้ำฝนของแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ภายใต้สถานการณ์ SSP2-4.5 และ SSP5-8.5 พบว่า ค่าดัชนี SPI ของทุกเดือนอยู่ในช่วงปกติทั้ง 2 สถานการณ์ แต่กลับพบว่าปริมาณน้ำฝนในอนาคตมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นและลดลง ในแต่ละเดือนทั้ง 2 สถานการณ์ (ภาพที่ 5 และ ภาพที่ 6) ในสถานการณ์ SSP2-4.5 เดือนมีนาคม พฤษภาคม กรกฎาคม สิงหาคม พบว่ามีปริมาณน้ำฝนลดลงจากค่าเฉลี่ยผิดปกติลดลงตั้งแต่ 1.14 ถึง 33.99 มิลลิเมตร และในเดือนกันยายน ตุลาคม พฤศจิกายน พบว่ามีปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้นจากค่าเฉลี่ยผิดปกติเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 0.6 ถึง 17 มิลลิเมตร ในสถานการณ์ SSP5-8.5 เดือนมิถุนายน กันยายน ตุลาคม พฤศจิกายน พบว่ามีปริมาณน้ำฝนลดลงจากค่าเฉลี่ยผิดปกติลดลงตั้งแต่ 1 ถึง 26 มิลลิเมตร และในเดือนพฤษภาคม กรกฎาคม สิงหาคม พบว่ามีปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้นจากค่าเฉลี่ยผิดปกติเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 8 ถึง 28 มิลลิเมตร

เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำฝนรายเดือนพบความเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน โดยเฉพาะในช่วงเดือนพฤษภาคม สิงหาคม และตุลาคม ซึ่งเป็นเดือนที่ในอดีต (ปี 2015–2016) เคยเกิดภาวะแห้งแล้งรุนแรง สะท้อนผ่านค่า SPI ที่ติดลบอย่างมาก เช่น เดือนพฤษภาคม ปี 2015 และเดือนสิงหาคม ปี 2016 ที่เกิดฝนทิ้งช่วงและค่าดัชนี SPI ต่ำกว่า -1.0 ในอนาคตภายใต้ SSP2-4.5 กลับพบว่าเดือนพฤษภาคมมีปริมาณฝนลดลงถึง 26-33.99 มิลลิเมตร ในขณะที่ใน SSP5-8.5 ที่ปริมาณฝนเพิ่มขึ้นถึง 26-34 มิลลิเมตร เมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยในอดีต ซึ่งแตกต่างจากปี 2016 ที่เกิดความแห้งแล้งรุนแรงในเดือนสิงหาคม ซึ่งฝนเพิ่มขึ้นใน SSP5-8.5 แต่ลดลงใน SSP2-4.5 สะท้อนถึงความแปรผกผันของความแตกต่างของปริมาณน้ำฝนรายเดือน การเปลี่ยนแปลงนี้ชี้ให้เห็นว่าหากสถานการณ์ในอนาคตดำเนินไปตามแนวทางของ SSP5-8.5 ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูง จะส่งผลให้ปริมาณน้ำฝนในช่วงฤดูฝนเพิ่มขึ้น และอาจเกิดฝนทิ้งช่วงได้ในเดือนกันยายนเนื่องจากปริมาณฝนเฉลี่ยลดลง ขณะที่หากดำเนินไปตามแนวทางของ SSP2-4.5 ซึ่งเป็นแนวทางการพัฒนาที่ยั่งยืนและมีการควบคุมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับปานกลาง ในช่วงฤดูฝนปริมาณฝนจะลดลงจากค่าเฉลี่ย แต่จะเพิ่มขึ้นตอนปลายฤดูฝน ดังนั้นอาจจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนปฏิทินของการเพาะปลูกตามสถานการณ์ต่าง ๆ

4. บทสรุป

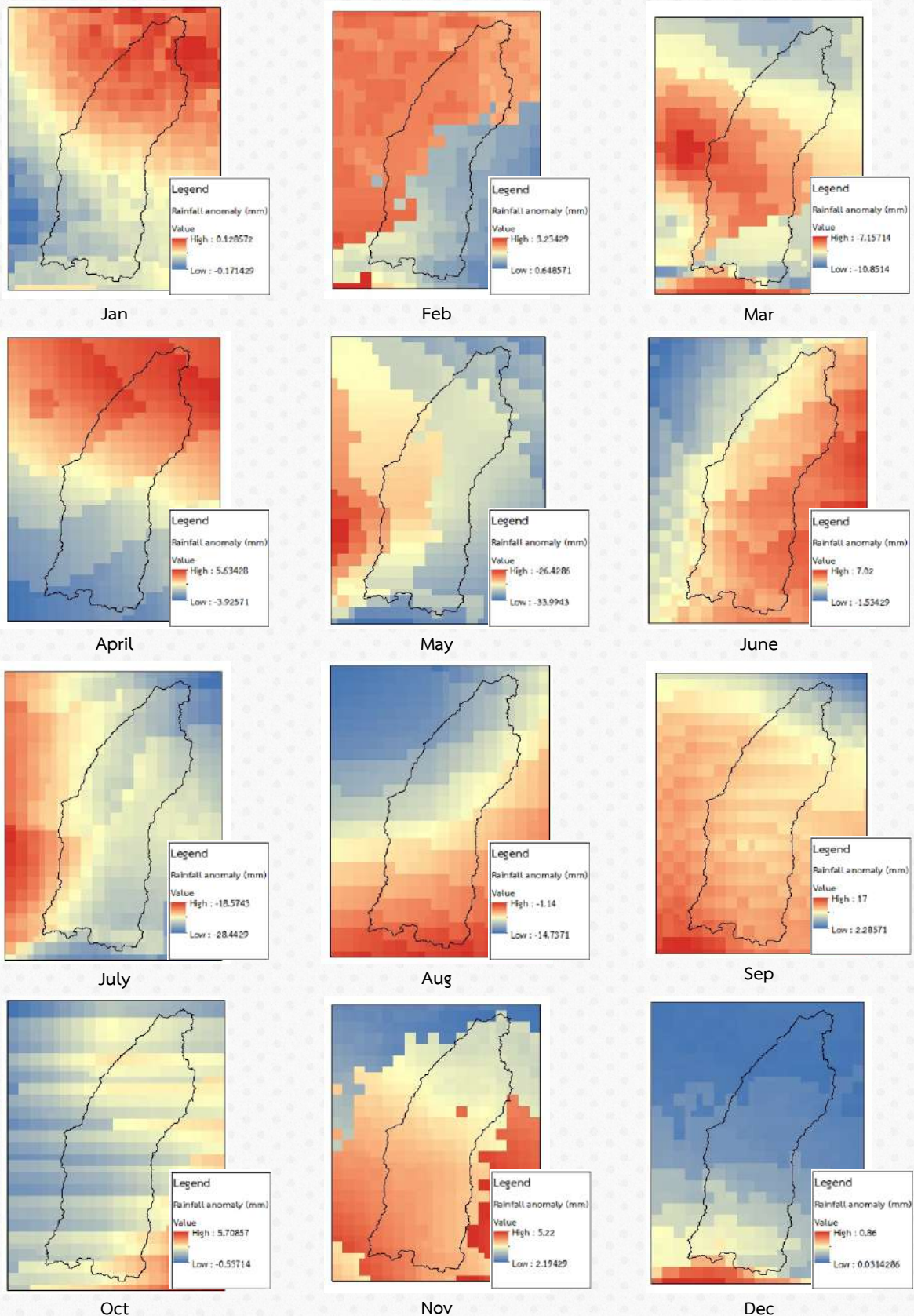
4.1 สรุปผลการดำเนินงาน

การศึกษานี้มุ่งวิเคราะห์สถานการณ์ภัยแล้งในกลุ่มน้ำย่อยห้วยทับทันโดยใช้ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐาน (SPI) ในช่วงอดีต และอนาคต เพื่อประเมินแนวโน้มความเสี่ยงด้านทรัพยากรน้ำในบริบทของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ข้อมูลที่ใช้ประกอบด้วยข้อมูลฝนที่วัดจริงจากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดิน ซึ่งลักษณะการตกของฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยทับทันมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีอยู่ที่ประมาณ 1,249.64 มม. โดยเดือนที่มีฝนมากที่สุดคือกันยายน (244.44 มม.) และน้อยที่สุดคือมกราคม (4.09 มม.) ปริมาณฝนรวมฤดูฝนสูงกว่าฤดูแล้งอย่างชัดเจน

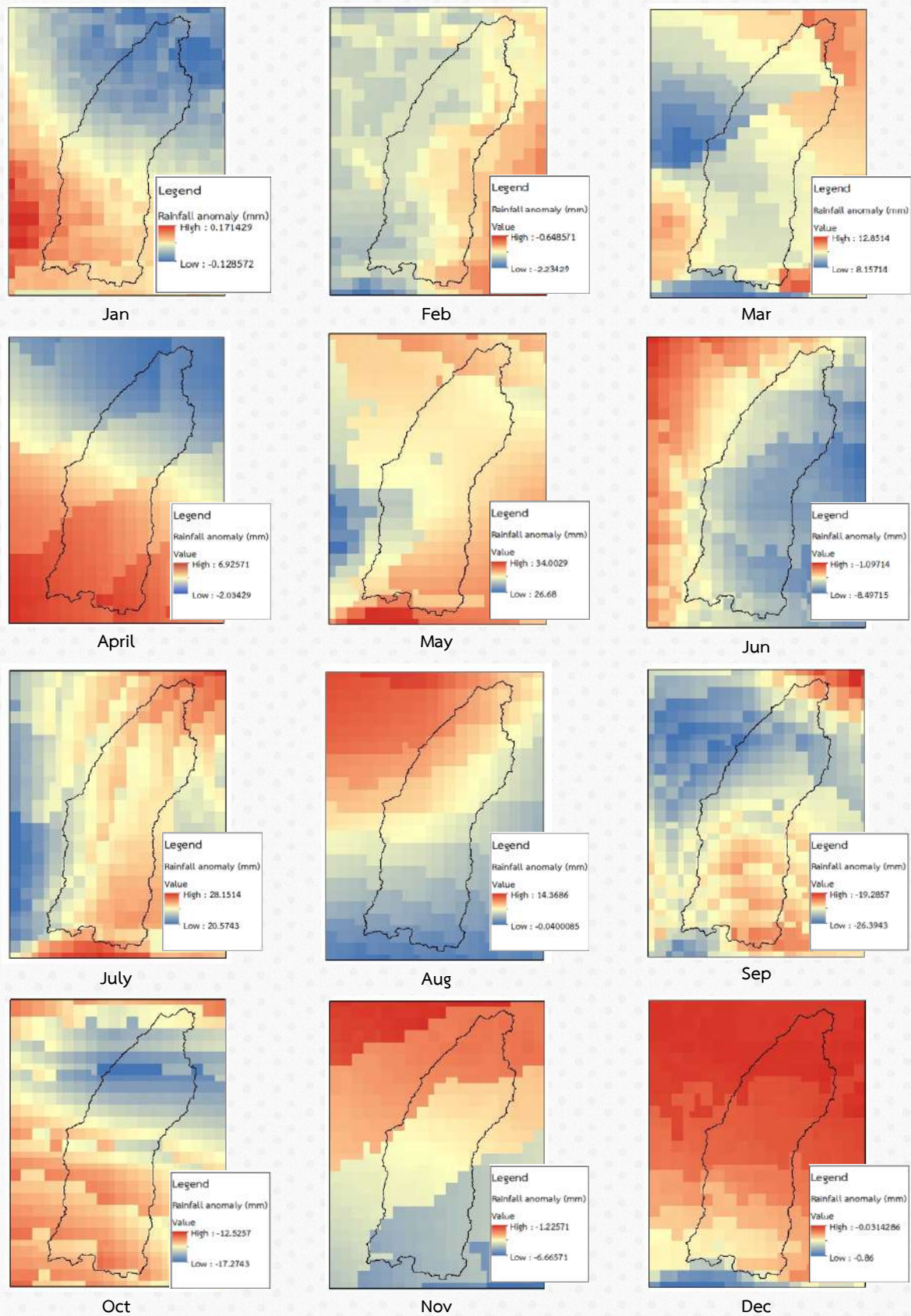
ผลการวิเคราะห์สถานการณ์ในอดีต (ปี 2015–2016) จากค่า SPI เชิงพื้นที่พบว่าในปี 2015 มีแนวโน้มภัยแล้งรุนแรง โดยเฉพาะช่วงปลายฤดูฝน (เดือนกันยายน) ซึ่งมีพื้นที่แสดงค่า SPI ติดลบอย่างชัดเจน ขณะที่ปี 2016 มีความแปรปรวนมากขึ้น โดยฝนตกมากในช่วงต้นปี แต่บางเดือนกลางปีมีลักษณะแห้งแล้ง ส่งผลให้ค่า SPI รายเดือนสลับระหว่างค่าปกติกับค่าติดลบ

ผลการคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนและค่าดัชนี SPI ในอนาคต SSP245 (แนวโน้มการพัฒนาอยู่ในระดับกลาง ไม่เร็วหรือช้า คล้ายกับการดำเนินนโยบายในปัจจุบัน) ในปี 2021-2040 ในช่วงหน้าแล้งปริมาณน้ำฝนมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย และในช่วงต้นฤดูฝนมีปริมาณน้ำฝนลดลง และเพิ่มขึ้นในช่วงปลายฤดูฝน ซึ่งจะตรงกันข้ามกับ SSP585 (พัฒนาเศรษฐกิจรวดเร็ว จากการพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิล แม้เทคโนโลยีจะก้าวหน้า แต่ส่งผลให้โลกร้อนรุนแรง) คือในช่วงต้นฤดูฝนจะมีปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้น แต่ในช่วงปลายฤดูฝนจะลดลง และลดลงมากที่สุดในเดือนกันยายนซึ่งเป็นเดือนที่ฝนแล้งทิ้งช่วงอยู่แล้วหากดำเนินไป

ในเส้นทางของ SP585 จะทำให้ฝนทั้งช่วงรุนแรงมากยิ่งขึ้น แต่ในช่วงต้นฤดูฝนมีฝนเพิ่มมากขึ้น อาจจะทำให้ต้องปรับเปลี่ยน
ปฏิทินการเพาะปลูกเพื่อให้เร็วยิ่งขึ้น



ภาพที่ 5 ค่าความแตกต่างของปริมาณน้ำฝนในอนาคตกับค่าเฉลี่ย 30 ปี ของ SSP2-4.5



ภาพที่ 6 ค่าความแตกต่างของปริมาณน้ำฝนในอนาคตกับค่าเฉลี่ย 30 ปี ของ SSP5-8.5

4.2 อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า แม้ SPI โดยรวมทั้งจากข้อมูลปัจจุบันและแบบจำลองอนาคตจะอยู่ในเกณฑ์ปกติในหลายเดือน แต่ความแปรปรวนรายเดือนกลับสะท้อนถึงภัยแล้งที่เกิดขึ้นจริงในบางช่วงเวลา โดยเฉพาะในปี 2015 ที่ประสบภัยแล้งรุนแรง และในปี 2016 ที่แม้ปริมาณฝนเฉลี่ยสูงขึ้น แต่กลับมีความแห้งแล้งเฉพาะจุดในบางเดือน ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะฝนกระจุก และฝนตกไม่สม่ำเสมอในภูมิภาคนี้ การเปลี่ยนแปลงของฝนเช่นนี้อาจส่งผลกระทบต่อรอบการเพาะปลูกที่มีความเสี่ยงเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยทับทันที่มีลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบและดินร่วนปนทรายที่กักเก็บน้ำได้น้อย

แบบจำลอง MRI-ESM2-0 สามารถนำไปใช้คาดการณ์แนวโน้มฝนในอนาคตได้อย่างน่าเชื่อถือ โดยเฉพาะในการจัดสรรน้ำเพื่อการเกษตรและบริหารแหล่งน้ำขนาดเล็กในพื้นที่ ขณะเดียวกัน ความแตกต่างของผลจาก SSP2-4.5 และ SSP5-8.5 ยังสะท้อนให้เห็นถึงความจำเป็นในการพิจารณาโยบายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ควบคู่กับการวางแผนการใช้น้ำอย่างยืดหยุ่น

ข้อเสนอแนะ สำหรับการศึกษาต่อไป คือ ควรบูรณาการปัจจัยอื่น เช่น อุณหภูมิ ความชื้นในดิน หรือดัชนี SPEI ควบคู่กับ SPI เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการประเมินผลกระทบภัยแล้ง อีกทั้งควรมีการจำลองข้อมูลในช่วงปีหลัง 2040 เพิ่มเติม เพื่อประเมินแนวโน้มระยะยาวในการวางแผนรับมือกับความเสี่ยงจากสภาพอากาศเปลี่ยนแปลงได้อย่างยั่งยืน

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจาก ผศ.ดร.วินัส ต่วนเครือ อาจารย์ที่ปรึกษา งานวิจัย และ ผศ.ดร.ยุทธพงษ์ ศิริมงคล ที่ปรึกษาร่วมที่ให้คำแนะนำปรึกษา ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ผู้วิจัย ตระหนักถึงความตั้งใจและทุ่มเทของอาจารย์และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง และขอขอบคุณกรมอุตุนิยมวิทยา ภาควิชาอุตุนิยมวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง (2567). ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสถานีรายวัน. สืบค้นจาก <https://ubonmet.tmd.go.th/>

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] W. Bank. (2016). Climate Change in ASEAN: Focused Actions for a Resilient Future – Key Messages. Available: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/23559>.
- [2] IPCC. (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Available: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- [3] ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง. (2567). ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสถานีรายวัน. สืบค้นจาก <https://ubonmet.tmd.go.th/>
- [4] worldclim. (2567). Available: <https://www.worldclim.org/>
- [5] สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ. (2567). ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำ. สืบค้นจาก http://www.onwr.go.th/?page_id=9893
- [6] กรมพัฒนาที่ดิน. (2567a). ข้อมูลการใช้ที่ดิน (Land Use). สืบค้นจาก <https://dinonline.ddd.go.th/>
- [7] กรมพัฒนาที่ดิน. (2567b). ข้อมูลชุดดิน (Soil Series). สืบค้นจาก <https://dinonline.ddd.go.th/>
- [8] NOAA. (2025). Cold & Warm Episodes by Season. *Historical El Nino / La Nina episodes (1950-present)*.
- [9] Yukimoto. (2019). The Meteorological Research Institute Earth System Model version 2.0, MRI-ESM2.0: Description and basic evaluation of the physical component. *Geoscientific Model Development*, 12(2727–2765). Available: <https://doi.org/10.5194/gmd-12-2727-2019>

- [10] Ralf Döscher. The EC-Earth3 Earth system model for the Coupled Model Intercomparison Project 6. *Geoscientific Model Development*. 15(2022) 2973–3020. <https://doi.org/10.5194/gmd-15-2973-2022>
- [11] M. B. Andrews, et al.. Historical simulations with HadGEM3-GC3.1 for CMIP6. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*. 12(9)(2020). <https://doi.org/10.1029/2019MS001739>.
- [12] D. N. Moriasi, J. G. Arnold, M. W. Van Liew, R. L. Bingner, R. D. Harmel, T. L. Veith, Model Evaluation Guidelines for Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulations. *Transactions of the ASABE*. 50(3)(2007) 885-900.
- [13] H. V. Gupta, S. Sorooshian, P. O. Yapo. Status of automatic calibration for hydrologic models: Comparison with multilevel expert calibration. *Journal of Hydrologic Engineering*. 4(2)(1999) 135-143.
- [14] สำนักงานสถิติจังหวัดสุรินทร์. (2561). รายงานสถิติพื้นฐานจังหวัดสุรินทร์ พ.ศ. 2561. สืบค้นจาก สำนักงานสถิติแห่งชาติ: https://surin.nso.go.th/reports-publications/download-document/%E0%B8%94%E0%B8%B2%E0%B8%A7%E0%B8%99%E0%B9%8C%E0%B9%82%E0%B8%AB%E0%B8%A5%E0%B8%94.html?path=report2561.pdf&utm_source=chatgpt.com
- [15] นวัตกรรมเกษตรเพื่ออนาคต. (2568). แนวทางการเกษตรสมัยใหม่ในยุคการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ. สืบค้นจาก สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน): <https://www.siamkubota.co.th/article/%E0%B9%80%E0%B8%84%E0%B8%A5%E0%B9%87%E0%B8%94%E0%B9%84%E0%B8%A1%E0%B9%88%E0%B8%A5%E0%B8%B1%E0%B8%9A>

การประเมินมูลค่าความเสียหายของการสูญเสียดินในรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน
ที่แตกต่างกัน บริเวณลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่มตอนบน จังหวัดเชียงใหม่
Estimating Soil loss Values Difference Land Use Patterns
in Mae Chaem Sub-watershed, Chiang Mai Province.

พัฒนฉัตร ช่วยชม^{1*} วีนัส ต่วนเครือ¹ และ ยุทธพงษ์ ศิริมังคละ¹

¹ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

*E-mail: Patthanachat.c@ku.th

บทคัดย่อ

การชะล้างพังทลายของดินเป็นปัญหาเชิงนิเวศและเศรษฐกิจที่สำคัญ โดยเฉพาะในพื้นที่ต้นน้ำที่มีความเปราะบาง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปริมาณการสูญเสียดินและมูลค่าความเสียหายทางเศรษฐศาสตร์จากการใช้ที่ดินในพื้นที่ ลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่มตอนบน จังหวัดเชียงใหม่ ภายใต้สองฉากทัศน์ ได้แก่ 1. การใช้ที่ดินปัจจุบันในปี พ.ศ. 2567 และ 2. การใช้ที่ดิน ตามแนวทางการกำหนดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ โดยใช้สมการ USLE ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ผลการศึกษาพบว่า ฉากทัศน์ที่ 1 มีการสูญเสียดินเฉลี่ย 2,699.93 ตัน/ไร่/ปี และความเสียหายทางเศรษฐศาสตร์เฉลี่ย 48,598.78 บาท/ไร่/ปี ส่วนฉากทัศน์ที่ 2 ลดการสูญเสียดินเหลือ 689.08 ตัน/ไร่/ปี และมูลค่าความเสียหายเหลือ 12,403.52 บาท/ไร่/ปี และพื้นที่ ที่เผชิญความรุนแรงของการพังทลายระดับ “รุนแรงมาก” ลดลง เหลือ 7.41% ขณะที่พื้นที่ระดับ “น้อยมาก” เพิ่มขึ้น 52.91% ผลการวิจัยแสดงถึงศักยภาพของการใช้ที่ดินที่เหมาะสมที่สามารถลดความรุนแรงของการสูญเสียดินได้

คำสำคัญ: การสูญเสียดิน ลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่มตอนบน มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์

Abstract

Soil erosion delivered a significant Challenges to ecological and economic, particularly within vulnerable upstream areas. This study aims to assess soil loss and its associated economic valuation resulting from different land use practices in the Upper Mae Chaem Sub-watershed, Chiang Mai Province, under two scenarios: 1. existing land use conditions as of the year 2024, and 2. land use base with the watershed classification. The Universal Soil Loss Equation (USLE) and Geographic Information System (GIS) were designed. Findings reveal that Scenario 1 results in an average soil loss of 2,699.93 tons per rai per year and an average economic valuation of 48,598.78 Thai Baht per rai per year. In comparison, Scenario 2, provided average soil loss of 689.08 tons per rai per year and economic valuation of 12,403.52 Thai Baht per rai per year, Of Furthermore, the proportion of area classified to “very severe” for erosion hazard decreases markedly to 7.41%, while the area under “very low” for erosion hazard increased to 52.91%. These results indicated the potential of appropriate land use which could be reduce the damage of soil loss.

Keywords: Soil loss, Mae Chaem Sub-watershed, Economic values

1. บทนำ

ปัญหาการชะล้างพังทลายของดินนับเป็นหนึ่งในประเด็นสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลกระทบอย่างรุนแรงต่อทรัพยากรธรรมชาติ ระบบนิเวศ และเศรษฐกิจของประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่มตอนบน จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งมีลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขาสูง มีความลาดชันมาก และมีความเปราะบางทางระบบนิเวศอย่างชัดเจน การใช้ประโยชน์ที่ดินในลักษณะที่ไม่สอดคล้องกับศักยภาพของพื้นที่ อาทิ การปลูกพืชเชิงเดี่ยว การเผาไร่หมุนเวียน และการใช้ปุ๋ยเคมีในปริมาณมาก ได้กลายเป็นปัจจัยสำคัญที่เร่งให้เกิดการชะล้างพังทลายของดินอย่างต่อเนื่อง ผลกระทบจากการสูญเสียหน้าดินไม่เพียงแต่ทำให้พื้นที่เพาะปลูกเสื่อมโทรมและประสิทธิภาพการผลิตทางการเกษตรลดลง แต่ยังส่งผลกระทบต่อโครงสร้างของดิน ความหลากหลายทางชีวภาพ และสร้างภาระทางเศรษฐกิจต่อเกษตรกรในพื้นที่ นอกจากนี้ การไหลบ่าของน้ำฝนซึ่งมีปริมาณรายปีสูงถึง 1,400 มิลลิเมตร ได้นำพาตะกอนและสารเคมีจากพื้นที่ต้นน้ำสู่พื้นที่ปลายน้ำ ส่งผลให้เกิดการตื้นเขินของลำน้ำ การเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำ และปัญหาคุณภาพน้ำที่กระทบต่อระบบนิเวศทางน้ำและกิจกรรมของมนุษย์ ปลายน้ำอย่างมีนัยสำคัญ ข้อมูลจากงานวิจัยของพงศธร และคณะ [1] ระบุว่า พื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่มมีการสูญเสียดินรวมเฉลี่ย 10,959,467 ตันต่อปี โดยเฉพาะในพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดซึ่งมีขนาดกว่า 116,416 ไร่ พบว่ามีการสูญเสียดินเฉลี่ยถึง 613,716 ตันต่อปี อีกทั้งพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงเกิน 35% อาทิ ตำบลบ้านทับและตำบลแจ่มหลวง ยังประสบปัญหาการสูญเสียดินปริมาณสูงถึง 50 – 70 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี ซึ่งเกินกว่าขีดความสามารถในการฟื้นตัวของดินตามธรรมชาติ (โดยเฉลี่ยประมาณ 2 ตันต่อไร่ต่อปี; กรมพัฒนาที่ดิน [2]) โดยหากมีการใช้ที่ดินตามสภาพปัจจุบันที่มีการพัฒนาทางศักยภาพและสังคมอย่างรวดเร็ว ย่อมส่งผลกระทบต่อการสูญเสียดินเป็นอย่างมาก ในการศึกษาครั้งนี้การประเมินปริมาณการสูญเสียดินใช้สมการสูญเสียดินสากล (Universal Soil Loss Equation: USLE) ซึ่งเป็นสมการมาตรฐานที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล โดยสมการนี้ประกอบด้วยปัจจัยหลัก 6 ตัว ได้แก่ ปัจจัยการชะล้างพังทลายของฝน (R), ปัจจัยความคงทนต่อการชะล้างของดิน (K), ปัจจัยความยาวและความลาดชันของพื้นที่ (LS), ปัจจัยการจัดการพืช (C) และปัจจัยมาตรการอนุรักษ์ดิน (P) ซึ่งช่วยให้สามารถประเมินปริมาณการสูญเสียดินในหน่วยตันต่อไร่ต่อปีได้อย่างแม่นยำ มาประยุกต์ใช้ในการรวบรวม วิเคราะห์ และจัดทำแผนที่เชิงพื้นที่ เพื่อแสดงการกระจายของปริมาณการชะล้างพังทลายของดินในระดับพื้นที่อย่างละเอียด ทำให้การวางแผนและการจัดการทรัพยากรดินและน้ำมีประสิทธิภาพสูงขึ้น การนำแผนที่การจัดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำตามมติคณะรัฐมนตรี (กรม.) มาใช้ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม มีการแบ่งชั้นคุณภาพออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ชั้น 1A สำหรับพื้นที่ต้นน้ำที่มีความลาดชันสูงมาก (มากกว่า 35%) ซึ่งต้องได้รับการอนุรักษ์อย่างเข้มงวดเพื่อปกป้องระบบนิเวศและรักษาคุณภาพน้ำ ชั้น 1B สำหรับพื้นที่ต้นน้ำที่มีความลาดชันปานกลาง (ประมาณ 15–35%) ซึ่งสามารถบริหารจัดการอย่างยั่งยืนโดยควบคุมกิจกรรมการใช้ที่ดินและมาตรการลดการชะล้างพังทลายของดิน และชั้น 2 สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีความลาดชันต่ำ (น้อยกว่า 15%) ซึ่งมีความเสี่ยงต่อการชะล้างพังทลายของดินน้อยกว่า และเหมาะสมสำหรับการพัฒนาและใช้ประโยชน์ภายใต้การควบคุมอย่างเหมาะสม การบูรณาการข้อมูลจากสมการ USLE ร่วมกับเทคโนโลยี GIS และการจัดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำดังกล่าว จะสนับสนุนการวางแผนและการจัดการเชิงพื้นที่ที่มีประสิทธิภาพ เพื่อส่งเสริมการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน ลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม และสนับสนุนการพัฒนาทางเศรษฐกิจในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่มอย่างสมดุล

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าการศึกษาที่ผ่านมาได้ให้ข้อมูลที่สำคัญเกี่ยวกับการชะล้างพังทลายของดินในระดับปริมาณ และเชิงพื้นที่แล้ว แต่ยังมีข้อจำกัดในด้านการวิเคราะห์ผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์อย่างครบถ้วน รวมถึงการจำลองสถานการณ์การใช้ที่ดินในอนาคตเพื่อติดตามและประเมินผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นในระยะยาว นอกจากนี้ ยังขาดการบูรณาการระหว่างการประเมินการสูญเสียดินและมาตรการอนุรักษ์ดินในบริบททางสังคมและเศรษฐกิจ เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจเชิงนโยบายอย่างรอบด้านและยั่งยืน

ดังนั้นจึงประเมินปริมาณการสูญเสียดินเชิงพื้นที่และมูลค่าความเสียหายทางเศรษฐศาสตร์ ภายใต้รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกันในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่มตอนบน โดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ร่วมกับการจำลอง

สถานการณ์ (Scenario Simulation) เพื่อกำหนดแนวทางการใช้ที่ดินที่เหมาะสม ทั้งในด้านการอนุรักษ์ดิน ความยั่งยืนทางนิเวศ และผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจ อันจะช่วยสนับสนุนการกำหนดนโยบายและการจัดการทรัพยากรดินเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืนในระยะยาว

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 การรวบรวมและเตรียมข้อมูล

การศึกษานี้ได้รวบรวมข้อมูลเชิงพื้นที่จากหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง โดยจัดเตรียมข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมต่อการวิเคราะห์ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) โดยมีการจัดเตรียมข้อมูลทั้งในรูปแบบข้อมูลราสเตอร์และข้อมูลเวกเตอร์ ความละเอียดของข้อมูลเท่ากับ 50 x 50 เมตร เพื่อให้ได้ค่าความแม่นยำเชิงพื้นที่สูงสุดในการคำนวณและแสดงผลเชิงพื้นที่ในกลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่มตอนบน จังหวัดเชียงใหม่ สำหรับข้อมูลราสเตอร์ประกอบด้วยแบบจำลองความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model: DEM) ซึ่งสร้างจากข้อมูลเส้นชั้นความสูง โดยใช้ระยะห่างระหว่างเส้น 20 เมตร กรมแผนที่ทหาร [3] และข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีที่ได้จากการแปลงข้อมูลเชิงจุดของสถานีน้ำฝน ทั้ง 5 แห่งในพื้นที่ศึกษาโดยใช้เทคนิคการประมาณค่าแบบผกผันระยะทางถ่วงน้ำหนัก (Inverse Distance Weighted: IDW) ในการสร้างพื้นผิวข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีของพื้นที่ศึกษา

สำหรับข้อมูลเวกเตอร์ ประกอบด้วยข้อมูลขอบเขตลุ่มน้ำ, เส้นชั้นความสูง, เส้นทางการไหลของน้ำ, การใช้ที่ดิน, กลุ่มชุดดิน, ขอบเขตการปกครอง, ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ [4, 5] และตำแหน่งสถานีน้ำฝน ข้อมูลดังกล่าวได้รับการปรับให้อยู่ในระบบพิกัดเดียวกัน และผ่านกระบวนการเชื่อมโยงตารางข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (Attribute Table) เพื่อรองรับการวิเคราะห์ค่าปัจจัยต่าง ๆ ตามสมการการสูญเสียดินสากล (USLE)

2.2 การวิเคราะห์ปัจจัยการชะล้างพังทลายของดิน

การประเมินการสูญเสียดินในพื้นที่ศึกษาใช้แบบจำลอง USLE (Universal Soil Loss Equation) โดยกรมการเกษตรประเทศสหรัฐอเมริกา (United States Department of Agriculture, USDA) และในปี ค.ศ. 1987 Wischmeier and Smith [1] ได้ปรับปรุงแก้ไขใหม่ โดยมีการพิจารณาจากปัจจัยหลักจำนวน 6 ปัจจัย ได้แก่ การชะล้างพังทลายของฝน (R), ความคงทนต่อการชะล้างพังทลายของดิน (K), ความยาวของความลาดเท (L), ค่าความลาดชัน (S), การจัดการพืชค่าปัจจัยการจัดการพืช (C) และมาตรการอนุรักษ์ดิน (P) รายละเอียดดังนี้

2.2.1 ค่าปัจจัยการชะล้างพังทลายของฝน (R-factor)

คำนวณจากปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี พ.ศ. 2566 อ้างอิงจากข้อมูลรายปีของสถานีน้ำฝนจำนวน 5 สถานี ซึ่งได้ดำเนินการเก็บรวบรวมโดยศูนย์อุทกวิทยาชลประทานภาคเหนือตอนบน กรมชลประทาน [6] เนื่องจากข้อมูลปี พ.ศ. 2567 ในช่วงเวลาที่ทำการวิเคราะห์ยังไม่มีข้อมูลน้ำฝนปี พ.ศ. 2567 อย่างสมบูรณ์ ข้อมูลปริมาณฝนที่ได้ (หน่วย: มิลลิเมตร) ถูกนำมาคำนวณค่าปัจจัย R โดยการประมาณค่าเชิงพื้นที่ด้วยเทคนิคการแทรกค่า Inverse Distance Weighting (IDW) ซึ่งเป็นวิธีการประมาณค่าถ่วงน้ำหนักตามระยะทาง จากนั้นนำผลลัพธ์ไปคำนวณค่า R ด้วยสมการของกรมพัฒนาที่ดิน [3] ซึ่งพัฒนาจากค่าดัชนี EI30 ที่เหมาะสมกับสภาพฝนของประเทศไทย โดยใช้สมการ

$$R = (0.4669X) - 12.1415$$

X = ค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี (มิลลิเมตรต่อปี)

2.2.2 ค่าความคงทนต่อการชะล้างพังทลายของดิน (K-factor)

เนื่องจากกรมพัฒนาที่ดินได้ศึกษาความคงทนต่อการชะล้างพังทลายของดินตามกลุ่มชุดดิน จึงนำข้อมูลกลุ่มชุดดินซึ่งระบุค่า K อ้างอิงจากข้อมูลกลุ่มชุดดินของกรมพัฒนาที่ดิน [2] ที่สอดคล้องกับลักษณะของชุดดินแต่ละประเภทค่าดังกล่าวถูกนำไปในตารางข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (Attribute table) และแปลงเป็นข้อมูลราสเตอร์เพื่อใช้วิเคราะห์ค่าปัจจัยความคงทนต่อการชะล้างพังทลายของดิน

2.2.3 ค่าปัจจัยความยาวและความลาดชันของพื้นที่ (LS-factor)

การคำนวณค่าปัจจัย LS อ้างอิงจาก Wischmeier *et al.* [7] ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านความยาวและความลาดชันของความลาด (Slope Length and Steepness) กับการสูญเสียดินจากแปลงทดลองที่ทำอย่างต่อเนื่องในสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย และระยะเวลานาน จนสามารถพัฒนาเป็นสมการเชิงคณิตศาสตร์เพื่อใช้คำนวณค่าปัจจัย LS-factor ในสมการการสูญเสียดินสากล (USLE/RUSLE) คำนวณได้จากแบบจำลองความสูงเชิงเลขสร้างแบบจำลองความสูงเชิงเลข (DEM) โดยกำหนดขนาด ช่องกริด เท่ากับ 50 x 50 เมตร จากนั้นนำแบบจำลองความสูงเชิงเลข (DEM) คำนวณทิศทางการไหลของน้ำ (Flow direction) เป็นการคำนวณทิศทางการไหลของน้ำจากเซลล์หนึ่งไปยังเซลล์หนึ่ง

L (Slope Length Factor) คือ ค่าความยาวของความลาดชัน ซึ่งได้จากการวัดระยะทางของการไหลของน้ำผิวดิน มีความสัมพันธ์โดยตรงกับการเกิดการชะล้างพังทลาย และ S (Slope Steepness Factor) คือ ค่าความลาดชันของพื้นที่ ซึ่งได้จากการแปลงข้อมูล DEM (Digital Elevation Model) เป็นค่าความลาดชันในรูปแบบร้อยละ การคำนวณ LS-factor ใช้สมการต่อไปนี้

$$L = (A / 22.13)^m$$

โดยที่ L คือ ค่าปัจจัยความยาวของความลาดเท ในสมการการสูญเสียดินสากล

A คือ ระยะทางตามแนวราบของพื้นที่ลาดชัน (ขนาดของกริด 50 x 50 เมตร)

22.13 คือ ความยาวของแปลงทดลองมาตรฐาน

m คือ ค่าความลาดชันที่แปรผันตาม slope ดังนี้

สำหรับพื้นที่ลาดชัน 0 – 1.0 % = 0.2

สำหรับพื้นที่ลาดชัน 1.1 – 3.0 % = 0.3

สำหรับพื้นที่ลาดชัน 3.1 – 5.0 % = 0.4

สำหรับพื้นที่ลาดชัน 5.1 – 21.0 % = 0.5

สำหรับพื้นที่ลาดชันมากกว่า 21.0 % = 0.7

S คือ ค่าปัจจัยความลาดชัน คำนวณจาก

สมการสำหรับ Slope < 9% $S = 0.065s^2 + 0.045s + 0.065s^2$

สมการสำหรับ Slope > 9% $S = 6.4 \sin (\tan(s/100)) 0.75 (\cos (\tan(s/100)))$

โดยที่ S คือ ค่าปัจจัยความลาดชัน

s คือ เปอร์เซ็นต์ความลาดชัน

2.2.4 ค่าปัจจัยการจัดการพืช และค่าปัจจัยมาตรการอนุรักษ์ดิน (CP-factor)

ประเมินจากประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษา ปี พ.ศ.2567 โดยอ้างอิงค่าการศึกษาจากแปลงทดลองของกรมพัฒนาที่ดิน (2543) [2] จากตารางการจัดการพืชและมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำต่อการชะล้างพังทลายของดิน (CP-factor) ในรายงานการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย กรมพัฒนาที่ดินได้จำแนกตามการใช้ที่ดินแต่ละภูมิภาค จึงพิจารณาการใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่มตอนบนพบว่ามีทั้งหมด 82 รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน แต่ได้มีการจัดกลุ่มใหม่โดยพิจารณาจากลักษณะของเรือนยอดและชนิดของพืช เนื่องจากเรือนยอดที่หนาแน่นสามารถลดแรงกระแทกของเม็ดฝนต่อผิวดิน ขณะที่รากพืชช่วยยึดเกาะหน้าดินและลดการไหลบ่าของน้ำผิวดิน ทำให้สามารถจัดกลุ่มการใช้ประโยชน์ที่ดินเหลือเพียง 18 ประเภทโดยการสร้าง field ใหม่เพื่อใส่ค่า C และ P ในตารางข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (Attribute table) และแปลงเป็นข้อมูลราสเตอร์ค่าปัจจัยการจัดการพืช และค่าปัจจัยมาตรการอนุรักษ์ดิน (CP-factor) แบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ ฉากทัศน์ที่ 1: การใช้ที่ดินปัจจุบันในปี พ.ศ. 2567 และ ฉากทัศน์ที่ 2: การใช้ที่ดินตามแนวทางการกำหนดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ

เหตุผลในการเลือกใช้ปัจจัย R, K, L, S, C และ P

การเลือกใช้ปัจจัย R, K, L, S, C และ P ในการวิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดินนั้นเป็นไปตามหลักการและงานวิจัยที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล รวมถึงความเหมาะสมกับสภาพพื้นที่จริงของการศึกษา ปัจจัย R ใช้ข้อมูลฝนจากสถานีวัดในพื้นที่ เพราะฝนเป็นปัจจัยสำคัญที่มีพลังงานก่อให้เกิดการชะล้างดิน โดยใช้เทคนิค IDW ในการประมาณค่าช่วยสะท้อนความแตกต่างของฝนในแต่ละพื้นที่อย่างแม่นยำ ปัจจัย K ใช้ค่าความคงทนจากกลุ่มชุดดินซึ่งสะท้อนสมบัติทางกายภาพของดินที่ส่งผลต่อการชะล้าง ปัจจัย LS คำนวณจากข้อมูลความสูงเชิงเลข (DEM) ซึ่งสามารถจับรายละเอียดความลาดชันและความยาวลาดเทของพื้นที่ได้อย่างแม่นยำ ส่งผลโดยตรงต่อความแรงของน้ำและการชะล้างดิน ส่วนปัจจัย C และ P ประเมินจากรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินจริงและมาตรการอนุรักษ์ที่มีอยู่ในพื้นที่ เพราะพืชและมาตรการอนุรักษ์ช่วยลดแรงกระแทกของฝนและการไหลบ่าของน้ำผิวดิน ทำให้สามารถประเมินการสูญเสียดินได้อย่างสมจริงและมีความน่าเชื่อถือสูง

2.3 การคำนวณปริมาณการสูญเสียดิน (USLE Model)

เมื่อจัดเตรียมข้อมูลทั้ง 6 ปัจจัยแล้ว จะนำข้อมูลราสเตอร์ของแต่ละปัจจัยมาซ้อนทับกันในระบบ GIS และคำนวณด้วยสมการ USLE ดังนี้

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P \quad (1)$$

โดยที่ A คือ การคาดคะเนปริมาณการสูญเสียดินต่อหน่วยพื้นที่ มีหน่วยเป็นตัน/เฮกตาร์/ปี

R คือ ค่าปัจจัยชะล้างพังทลายของฝน (Rainfall erosivity factor, R-factor) ตัวเลขแสดงถึงความสามารถของฝนในการกัดเซาะ หน่วยเป็น มิลลิเมตร-ตัน/เฮกตาร์/ปี

K คือ ค่าความคงทนต่อการชะล้างพังทลายของดิน ปริมาณการสูญเสียดินต่อหนึ่งหน่วยของ ดัชนีการชะล้างพังทลาย (Erosion index) สำหรับดินชนิดใดชนิดหนึ่งในลักษณะของหน้าดินที่ทำเป็นร่องไถ พรวนขึ้นลงติดต่อกันยาว 72.6 ฟุต (22.13 เมตร) บนพื้นที่ลาดชัน 9 เปอร์เซ็นต์

L คือ ค่าปัจจัยความยาวของความลาดเท (Slope length factor, L-factor) ปริมาณของดินที่สูญเสียจากแปลงปลูกพืชกับแปลงที่มีความยาวของความลาดเท 21.13 เมตร (72.6 ฟุต) หรือ 22.13 เมตร ซึ่งอยู่บนแนวความลาดเทอันเดียวกัน

S คือ ค่าปัจจัยของความลาดชัน (Slope gradient factor, S-factor) ค่าปริมาณของการสูญเสียดินจากแปลงที่ต้องการทราบ เปรียบเทียบกับแปลงมาตรฐานที่มีความลาดชัน 9 เปอร์เซ็นต์

C คือ ค่าปัจจัยการจัดการปลูกพืช (Cropping management factor, C-factor) ปริมาณของดินที่สูญเสียจากแปลงที่กำหนดการปลูกพืชด้วยวิธีการจำเพาะกับแปลงไถพรวนทั้งว่างเปล่า ซึ่งมีชนิดของดินและความลาดชันอย่างเดียวกันภายใต้สภาพฝนเดียวกัน

P คือ ค่าปัจจัยวิธีการอนุรักษ์ดิน (Practice management factor, P- factor) ปริมาณของดินที่สูญเสียจากวิธีการอนุรักษ์ดินกับการปลูกพืชเป็นขั้นบันได และการปลูกพืชตามความยาวความลาดเท

2.4 การจัดระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดิน

ค่าการสูญเสียดินที่ได้จากสมการ USLE จะถูกจัดแบ่งออกเป็น 5 ระดับความรุนแรงตาม (กรมพัฒนาที่ดิน, 2543) [2] เพื่อระบุพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูง ซึ่งจำเป็นต้องได้รับการจัดการหรือดำเนินมาตรการอนุรักษ์อย่างเร่งด่วน (แสดงดังตารางแสดง 1)

ตารางที่ 1 ระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดิน

ระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดิน	ปริมาณการการชะล้างพังทลายของดิน	
	ตัน/ไร่/ปี	ตัน/เฮกตาร์/ปี
1: น้อยมาก	0 – 2	0 – 12.5
2: น้อย	2 – 5	12.5 – 31.5
3: ปานกลาง	5 – 15	31.5 – 93.75
4: รุนแรง	15 – 20	93.75 – 125
5: รุนแรงมาก	มากกว่า 20	มากกว่า 125

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน [3]

2.5 การประเมินมูลค่าความเสียหายทางเศรษฐศาสตร์

เมื่อได้ปริมาณการสูญเสียดินทั้ง 2 ฉากทัศน์ คือ ฉากทัศน์ที่ 1: การใช้ที่ดินปัจจุบันในปี พ.ศ. 2567 และฉากทัศน์ที่ 2: การใช้ที่ดินตามแนวทางการกำหนดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำแล้วคำนวณมูลค่าความเสียหายทางเศรษฐศาสตร์โดยการแปลงหน่วยจาก "ตัน" เป็น "ลูกบาศก์เมตร" (ลบ.ม.) โดยใช้ค่าความหนาแน่นรวมของดินเฉลี่ย เท่ากับ 1.5 ตัน/ลบ.ม. จากนั้นคำนวณมูลค่าความเสียหายโดยใช้ราคาค่าชุดลอกร่องน้ำตามมาตรฐานงานโยธา (2566) (27 บาท/ลบ.ม.) ผ่านสมการดังนี้ [8]

$$TR = P \times Q$$

โดยที่

TR = มูลค่าความเสียหายทางเศรษฐศาสตร์ (บาท)

P = ราคาดินที่ชุดลอก (บาท/ลบ.ม.)

Q = ปริมาณดินที่สูญเสีย (ลบ.ม.)

3.ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ปริมาณการชะล้างพังทลายของดิน

3.1.1. ผลของฉากทัศน์ที่ 1: การใช้ที่ดินปัจจุบันในปี พ.ศ. 2567

ภายใต้ฉากทัศน์ที่ 1 ซึ่งสะท้อนสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2567 การประเมินปริมาณการสูญเสียดินในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่มตอนบน โดยประยุกต์ใช้สมการ USLE ร่วมกับการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ผ่านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) จากผลการวิเคราะห์ พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ประกอบด้วยดินร่วนทรายหรือดินร่วนปนทราย ซึ่งมีโครงสร้างหลวมและความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ ส่งผลให้น้ำฝนไหลผ่านผิวดินได้อย่างรวดเร็ว และมีพลังในการกัดเซาะสูง โดยเฉพาะบริเวณที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตรกรรม เช่น ไร่นา สวน การปลูกข้าวโพด และพืชไร่อื่น ๆ บนพื้นที่ลาดชัน โดยทั่วไปไม่มีการใช้มาตรการอนุรักษ์ดิน เช่น การทำขั้นบันไดหรือปลูกพืชคลุมดิน จึงยิ่งเร่งให้เกิดการชะล้างหน้าดินได้ง่าย

นอกจากนี้ยังพบว่าการถางป่าและเผาป่าเพื่อเตรียมพื้นที่เพาะปลูก ซึ่งเป็นการทำลายระบบรากพืชที่ช่วยยึดเกาะหน้าดิน ส่งผลให้เกิดความเสี่ยงสูงต่อการพังทลายของดิน โดยเฉพาะในช่วงฤดูมรสุมที่มีฝนตกหนักและพลังงานจากฝนสูงสุด

ผลวิจัยพบว่า พื้นที่ศึกษาเผชิญปัญหาการชะล้างพังทลายของดินในระดับที่น่าเป็นห่วง โดยค่าการสูญเสียดินเฉลี่ยอยู่ที่ 2,699.93 ตัน/ไร่/ปี มีค่าการสูญเสียดินสูงสุดถึง 44,894.98 ตัน/ไร่/ปี และค่าต่ำสุดที่ 1,041.01 ตัน/ไร่/ปี สำหรับพื้นที่ที่จัดอยู่ในระดับ “รุนแรงมาก” มีสัดส่วนสูงถึง 47.41% ของพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด สะท้อนถึงความวิกฤตของการจัดการทรัพยากรดินในพื้นที่ภูเขาสูงของภาคเหนืออย่างชัดเจน

การกระจายระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินแบ่งเป็น 5 ระดับ ได้แก่ น้อยมาก (22.75%) น้อย (12.28%) ปานกลาง (13.08%) รุนแรง (4.47%) และรุนแรงมาก (47.41%) ซึ่งความรุนแรงระดับ “รุนแรงมาก” นั้นสัมพันธ์อย่างชัดเจนกับลักษณะทางกายภาพและปัจจัยต่าง ๆ ในสมการ USLE ได้แก่ R (Rainfall erosivity factor), K (Soil erodibility factor), LS (Slope length and steepness factor), C (Cover-management factor) และ P (Support practice factor) ซึ่งล้วนส่งผลต่อระดับความเสี่ยงการชะล้างพังทลายของดินในแต่ละพื้นที่อย่างมีนัยสำคัญ

โดยปัจจัย R ซึ่งแสดงถึงพลังงานและความเข้มข้นของฝน มีบทบาทสำคัญเนื่องจากกลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนบนตั้งอยู่ในเขตอิทธิพลของมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ทำให้เกิดฝนตกหนักต่อเนื่องในฤดูฝน ข้อมูลจากศูนย์อุทกวิทยาลพพรภาคเหนือตอนบนระบุว่า ปริมาณฝนในฤดูฝนคิดเป็นมากกว่า 95% ของปริมาณฝนรายปี โดยบริเวณตอนกลางและตอนล่าง เช่น อำเภอแม่แจ่ม มีปริมาณฝนรายปี 1,249.5 มิลลิเมตร และค่า R-factor อยู่ในช่วง 568–582 หน่วย ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยของพื้นที่ภูเขาอื่นในภาคเหนือที่อยู่ในช่วง 300–500 หน่วย ความเข้มข้นและพลังงานของฝนที่ตกบนพื้นที่ลาดชันส่งผลให้แรงปะทะของน้ำสามารถทำลายโครงสร้างผิวดินได้โดยตรง ในส่วนของปัจจัย K ซึ่งสะท้อนความเปราะบางของดินต่อการกัดเซาะพบว่าพื้นที่ศึกษามีชุดดินหลากหลายถึง 14 กลุ่ม โดยมีค่า K อยู่ในช่วง 0.00–0.49 กลุ่มดินที่มีค่า K สูง เช่น ดินร่วนเหนียวในพื้นที่ลาดชันสูง และดินเหนียวที่มีการระบายน้ำต่ำ มีแนวโน้มสูญเสียหน้าดินได้ง่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่มีความชื้นสะสมในดินสูง ซึ่งทำให้โครงสร้างดินอ่อนแอและเปราะบางต่อการกัดเซาะของน้ำผิวดิน เช่น กลุ่มดินหมายเลข 62 ที่เป็นดินร่วนเหนียว มีการระบายน้ำปานกลาง แต่ตั้งอยู่บนพื้นที่ลาดชันสูง และได้รับปริมาณฝนสูง กลายเป็นจุดเสี่ยงสำคัญต่อการสูญเสียหน้าดิน ปัจจัย LS ซึ่งแสดงถึงความยาวและความชันของลาด การวิเคราะห์พื้นที่พบว่าลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนบนเป็นพื้นที่ที่เทือกเขาสูงสลับซับซ้อน มีความสูงลดหลั่นจากขอบลุ่มน้ำเข้าสู่ตอนกลาง ทำให้เกิดแนวลาดยาวต่อเนื่อง โดยเฉพาะบริเวณเชิงเขาและหุบเขาที่มีการใช้ประโยชน์ด้านการเกษตร ปัจจัย LS ในพื้นที่เหล่านี้มีค่าสูงมาก และร่วมกับค่า R และ K ส่งผลให้เกิดการสูญเสียดินในระดับ “รุนแรงมาก” เป็นระบบ โดยพื้นที่ที่มีความลาดชันมากกว่า 35% เป็นพื้นที่เสี่ยงสูงต่อการชะล้างพังทลายของดิน การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ยังพบว่า พื้นที่ที่มีค่า LS สูงจะมีค่าการสูญเสียดินเฉลี่ยสูงกว่าค่ากลางของกลุ่มน้ำหลายเท่าตัว ในด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน สะท้อนผ่านปัจจัย C และ P พบว่าการจัดการพื้นที่เกษตรกรรมยังขาดมาตรการ

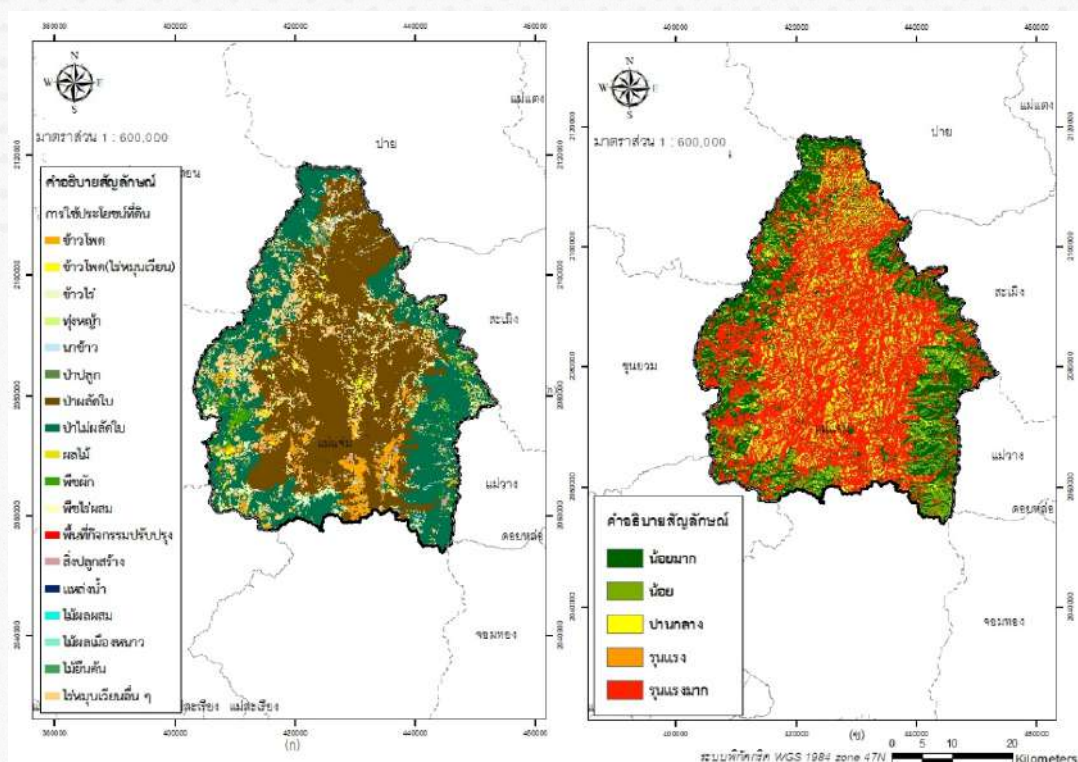
อนุรักษ์ดินที่ชัดเจน โดยเฉพาะการทำเกษตรบนภูเขาสูง เช่น การปลูกข้าวโพด ทั้งแบบถาวรและไร่หมุนเวียน รวมกว่า 74,723.25 ไร่ (6.1%) พืชไร่ผสม 24,459.99 ไร่ และไร่หมุนเวียนอื่น ๆ ที่มีพื้นที่กว่า 116,052.61 ไร่ (9.47%) ซึ่งส่วนใหญ่ตั้งอยู่บนพื้นที่ลาดชันสูง โดยไม่มีมาตรการป้องกันการชะล้าง เช่น คันดิน ขึ้นบันได หรือแนวหญ้ากั้นดิน ส่งผลให้ค่าปัจจัย C และ P สูง และกลายเป็นแหล่งสูญเสียหน้าดินหลักของกลุ่มน้ำ แม้พื้นที่ป่าธรรมชาติ เช่น ป่าผลัดใบและป่าไม่ผลัดใบ รวมกันกว่า 76% ของพื้นที่ทั้งหมด จะช่วยลดการชะล้างพังทลายได้ในทางทฤษฎี แต่ก็ไม่สามารถชดเชยผลกระทบจากพื้นที่เกษตรที่ตั้งอยู่ในจุดเสี่ยงสูงได้อย่างเพียงพอ

เมื่อพิจารณาพร้อมกับแผนที่การกระจายระดับความรุนแรง พบว่า พื้นที่ที่อยู่ในระดับ “น้อยมาก” และ “น้อย” ส่วนใหญ่กระจุกตัวอยู่ในบริเวณตอนล่างของพื้นที่ โดยเฉพาะในเขตตะวันตกเฉียงใต้และบางส่วนของฝั่งตะวันออก ซึ่งมีลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบลุ่มหรือเนินต่ำ ความสูงจากระดับน้ำทะเลไม่มาก และมีค่าความลาดชัน (slope) อยู่ในระดับต่ำ น้ำที่ไหลผ่านพื้นที่เหล่านี้จึงมีอัตราการไหลไม่สูง ลดโอกาสเกิดการกัดเซาะผิวดิน นอกจากนี้การใช้ประโยชน์ที่ดินในบริเวณนี้มักเป็นรูปแบบเกษตรกรรมที่มีระบบอนุรักษ์ดินในตัว เช่น นาข้าวในพื้นที่ลุ่ม, พื้นที่ชุ่มน้ำ, พื้นที่ปลูกพืชไร่ที่มีการหมุนเวียนพืชหรือใช้พืชคลุมดิน ซึ่งช่วยรักษาความชื้นของหน้าดินและลดแรงปะทะจากเม็ดฝน อีกทั้งการปลูกพืชยืนต้นหรือไม้ผลยังมีระบบรากลึกที่สามารถช่วยยึดหน้าดินและลดการพังทลายได้ดี โดยรวมแล้ว พื้นที่กลุ่มนี้มีทั้งสภาพภูมิประเทศและการจัดการใช้ที่ดินที่เหมาะสมต่อการรักษาเสถียรภาพของหน้าดิน ทำให้ความเสี่ยงต่อการชะล้างพังทลายของดินอยู่ในระดับต่ำถึงต่ำมาก ในทางตรงกันข้าม พื้นที่ที่อยู่ในระดับ “ปานกลาง” ไปจนถึง “รุนแรงมาก” จะกระจายอยู่ในเขตตอนกลางถึงตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่ ซึ่งมีลักษณะเป็นพื้นที่ภูเขาสูงและที่ราบเชิงเขา โดยเฉพาะบริเวณที่มีความสูงเกินกว่า 600 เมตรจากระดับน้ำทะเลและมีความลาดชันมากกว่า 20% ซึ่งถือว่าเป็น slope ที่ส่งผลต่อการพังทลายอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากความลาดชันสูงจะทำให้หน้าฝนที่ตกลงมามีความเร็วในการไหลเพิ่มขึ้น ส่งผลให้พลังในการกัดเซาะของน้ำมีมากขึ้น หากพื้นที่เหล่านี้ถูกใช้ในกิจกรรมที่เปิดหน้าดิน เช่น ไร่หมุนเวียน, ไร่ข้าวโพด, พืชผักล้มลุก หรือพืชไร่บนที่ลาดชัน ซึ่งมักมีระบบรากตื้น ไม่สามารถยึดเกาะหน้าดินได้ดี และมีช่องว่างระหว่างการปลูกที่ดินเปลือยไร้การปกคลุม ทำให้ดินผิวน้ำถูกชะล้างออกไปอย่างง่ายดาย นอกจากนี้ ยังมีกรณีที่พื้นที่ป่าเดิมถูกบุกรุกหรือกลายเป็นป่าเสื่อมโทรมจากกิจกรรมมนุษย์ เช่น การถางป่า การเผาป่า หรือทำไร่โดยไม่ปรับแนวตามแนวความลาดเอียงของพื้นที่ (contour farming) ซึ่งยังเป็นการเร่งให้เกิดการพังทลายของดินอย่างรุนแรง

โดยสรุปแล้ว ระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินในแต่ละพื้นที่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับ ปัจจัยหลัก 3 ประการ คือ ความลาดชันและระดับความสูงของภูมิประเทศ (slope และ elevation), ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน และการมีหรือขาดพืชปกคลุมรวมถึงมาตรการอนุรักษ์ดิน หากพื้นที่ใดมีภูมิประเทศลาดชันสูง ใช้ประโยชน์ในรูปแบบเกษตรเชิงเดี่ยวหรือไร่หมุนเวียนที่ไม่มีการจัดการดินที่เหมาะสม และมีพืชปกคลุมน้อยหรือไม่มีเลย พื้นที่นั้นจะตกอยู่ในกลุ่มที่มีความรุนแรงของการพังทลายของดินในระดับสูงถึงรุนแรงมาก ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ในระยะยาว รวมถึงปัญหาน้ำท่วมขัง ตะกอนทับถม และการเสื่อมโทรมของพื้นที่เกษตรกรรมได้ในอนาคต

ตารางที่ 2 แสดงพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่มตอนบน ปี พ.ศ.2567

การใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่		การใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่	
	ไร่	ร้อยละ		ไร่	ร้อยละ
ข้าวโพด	59,688.79	4.87	พืชไร่ผสม	24,459.99	2.00
ข้าวโพด(ไร่หมุนเวียน)	15,034.46	1.23	พื้นที่กิจกรรมปรับปรุง	79.32	0.01
ข้าวไร่	17,448.44	1.42	ไม้ผลผสม	1,035.23	0.08
ทุ่งหญ้า	3,721.69	0.30	ไม้ผลเมืองหนาว	670.03	0.05
นาข้าว	19,203.27	1.57	ไม้ยืนต้น	158.45	0.01
ป่าปลูก	3,191.56	0.26	พืชผัก	17,762.04	1.45
ป่าผลัดใบ	524,213.53	42.76	ไร่หมุนเวียนอื่น ๆ	116,052.61	9.47
ป่าไม่ผลัดใบ	40,7443.76	33.24	สิ่งปลูกสร้าง	10,907.57	0.89
ผลไม้	1,767.69	0.14	แหล่งน้ำ	3,049.49	0.25



ภาพที่ 1 การใช้ประโยชน์ที่ดินตามฉากทัศน์ที่ 1 (ก) ระดับชั้นความรุนแรงของฉากทัศน์ที่ 1 (ข)

3.1.2 ผลของฉากทัศน์ที่ 2: การใช้ที่ดินตามแนวทางการกำหนดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ

ภายใต้ฉากทัศน์ที่ 2 ซึ่งเป็นการประเมินผลลัพธ์ของการปรับเปลี่ยนการใช้ที่ดินให้สอดคล้องกับแนวนโยบายของมติคณะรัฐมนตรี (ครม.) ว่าด้วยการอนุรักษ์ลุ่มน้ำต้นน้ำ โดยเฉพาะในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่มตอนบน จังหวัดเชียงใหม่ที่กำหนดให้มีการจัดการพื้นที่ตามชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ 1A, 1B และชั้นที่ 2 ผลการวิเคราะห์โดยใช้สมการ USLE ร่วมกับการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ในระบบ GIS พบว่า การปรับใช้มาตรการเชิงพื้นที่ดังกล่าวช่วยลดระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลาย

ของดินได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในด้านของปัจจัยการจัดการและการใช้ที่ดิน ได้แก่ C-factor และ P-factor ขณะที่ปัจจัยทางธรรมชาติ ได้แก่ R, K และ LS-factor ยังคงมีค่าเท่าเดิมจากฉากทัศน์ที่ 1 โดยมีการสูญเสียดินเฉลี่ยลดลงเหลือเพียง 689.08 ตัน/ไร่/ปี โดยมีค่าสูงสุด 27,142.55 ตัน/ไร่/ปี และต่ำสุด 134.83 ตัน/ไร่/ปี นอกจากนี้ การจำแนกระดับความรุนแรงของการสูญเสียดินยังพบว่า พื้นที่ที่จัดอยู่ในระดับ “รุนแรงมาก” ลดลงเหลือเพียง 7.41% ของพื้นที่ทั้งหมด ขณะที่พื้นที่ในระดับ “น้อยมาก” เพิ่มขึ้นเป็น 52.91% ของลุ่มน้ำ สะท้อนถึงความสำเร็จของการจัดการพื้นที่ตามชั้นคุณภาพลุ่มน้ำในเชิงอนุรักษ์

การกระจายระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินแบ่งเป็น 5 ระดับ ได้แก่ น้อยมาก (52.91%) น้อย (24.42%) ปานกลาง (8.57%) รุนแรง (1.24%) และรุนแรงมาก (12.85%) ซึ่งความรุนแรงระดับ “รุนแรงมาก” นั้นสัมพันธ์อย่างชัดเจนกับลักษณะทางกายภาพและปัจจัยต่าง ๆ ในสมการ USLE ได้แก่ R (Rainfall erosivity factor), K (Soil erodibility factor), LS (Slope length and steepness factor), C (Cover-management factor) และ P (Support practice factor) ซึ่งล้วนส่งผลต่อระดับความเสี่ยงการชะล้างพังทลายของดินในแต่ละพื้นที่อย่างมีนัยสำคัญ

ในพื้นที่ลุ่มน้ำชั้นคุณภาพ 1A ซึ่งเดิมมีการใช้ประโยชน์ในรูปแบบไร่นา การปลูกข้าวโพด และสิ่งปลูกสร้างบนพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง ได้รับการฟื้นฟูระบบนิเวศการด้วยการปลูกป่าไม่ผลัดใบ ซึ่งมีโครงสร้างเรือนยอดแน่นหนา และระบบรากลึก ช่วยลดแรงปะทะของเม็ดฝนและยึดเกาะหน้าดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ การปรับเปลี่ยนนี้ส่งผลให้ค่าปัจจัย C-factor ลดลงอย่างเด่นชัด ขณะเดียวกัน รูปแบบการใช้ที่ดินที่เน้นความกลมกลืนกับธรรมชาติยังช่วยลดความจำเป็นในการพึ่งพามาตรการทางวิศวกรรม ส่งผลให้ค่าปัจจัย P ลดลงด้วยเช่นกัน แม้ว่าค่าความลาดชัน (LS) และค่าการชะล้างของฝน (R) ยังคงอยู่ในระดับสูงก็ตาม พื้นที่ลุ่มน้ำชั้นคุณภาพ 1B มีลักษณะการใช้ที่ดินและแนวทางการฟื้นฟูที่คล้ายคลึงกับพื้นที่ชั้น 1A แต่มีการปรับเปลี่ยนบางส่วนให้เป็นป่าผลัดใบแทนป่าไม่ผลัดใบ แม้ประสิทธิภาพในการควบคุมการชะล้างพังทลายของดิน ป่าผลัดใบจะต่ำกว่าป่าไม่ผลัดใบเล็กน้อย แต่ยังคงดีกว่าการใช้พื้นที่เพื่อเกษตรกรรมเชิงเดี่ยวบนพื้นที่ลาดชันอย่างมีนัยสำคัญ โดยพบว่าค่าปัจจัย C-factor และ P-factor ในพื้นที่ชั้น 1B มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง สะท้อนถึงผลลัพธ์เชิงบวกจากการฟื้นฟูพื้นที่ให้มีความเหมาะสมกับศักยภาพด้านระบบนิเวศ และสำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำชั้นคุณภาพที่ 2 ซึ่งเดิมใช้เพื่อการเกษตรกรรมแบบพืชล้มลุก เช่น กล้วยและข้าวโพด ซึ่งเป็นระบบการผลิตที่ส่งผลต่อการสูญเสียหน้าดินสูง จากการเปิดหน้าดินซ้ำซากและขาดพืชคลุมดินถาวร ได้รับการปรับเปลี่ยนไปสู่การปลูกไม้ยืนต้นที่เหมาะสมกับระบบนิเวศในพื้นที่ เช่น ไม้สัก ไม้ และไม้เศรษฐกิจผสมผสาน การใช้ไม้ยืนต้นเหล่านี้ช่วยลดค่าปัจจัย C-factor ได้อย่างมีประสิทธิภาพจากการร่มเงาของเรือนยอดและการพัฒนาโครงสร้างรากที่ช่วยยึดเกาะหน้าดิน ขณะเดียวกัน รูปแบบการจัดการพื้นที่ดังกล่าวยังช่วยลดค่าปัจจัย P-factor ผ่านการใช้ประโยชน์พื้นที่อย่างสอดคล้องกับสภาพแวดล้อม ลดความจำเป็นในการสร้างสิ่งก่อสร้างทางวิศวกรรมเพื่อควบคุมการชะล้างพังทลายของดิน (ดังตารางแสดงที่ 3)

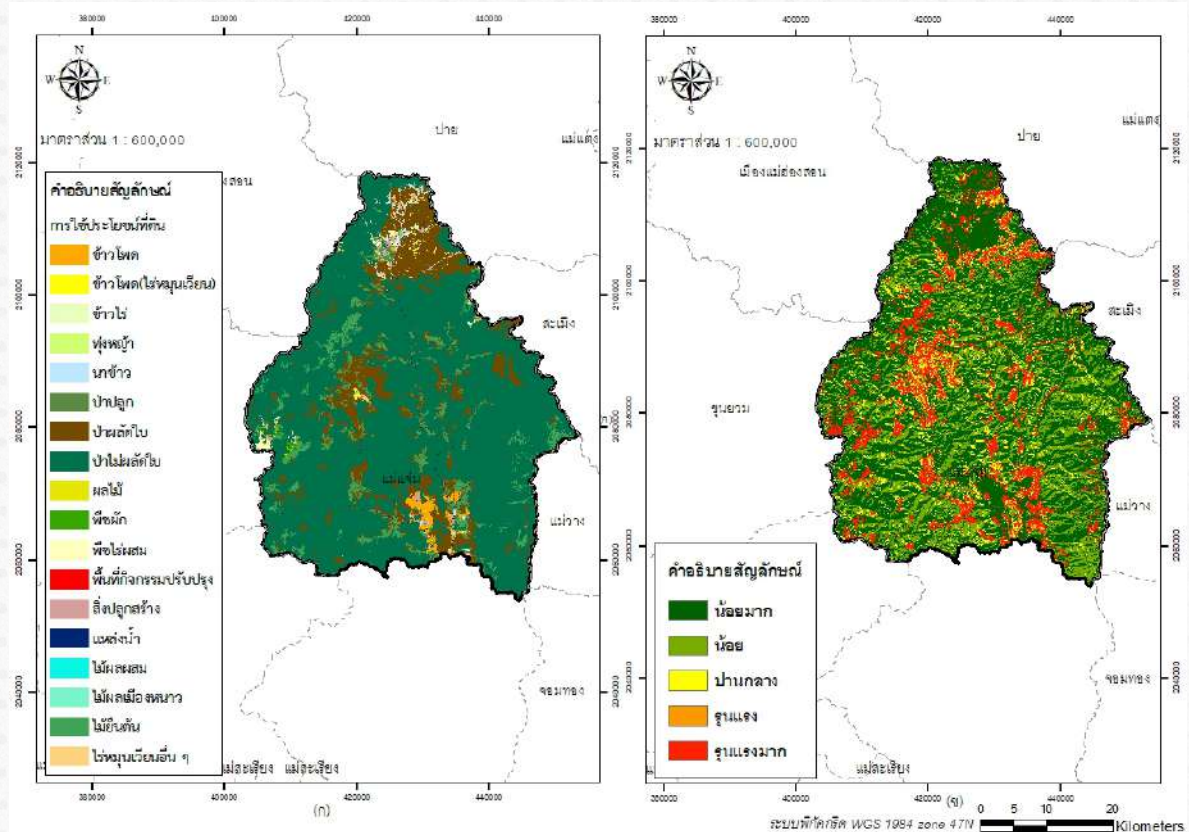
เมื่อพิจารณาร่วมกับแผนที่การกระจายระดับความรุนแรง พบว่าพื้นที่ที่อยู่ในระดับ “น้อยมาก” และ “น้อย” จะกระจุกตัวอยู่ในบริเวณตอนล่างของพื้นที่ โดยเฉพาะในเขตตะวันตกเฉียงใต้และฝั่งตะวันออกของแผนที่ ซึ่งลักษณะภูมิประเทศในบริเวณนี้เป็นที่ราบลุ่มหรือเนินต่ำ มีความสูงจากระดับน้ำทะเลต่ำกว่า 600 เมตร และมีความลาดชัน (slope) ต่ำกว่า 20% ดินในพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นดินร่วนเหนียวหรือดินที่มีโครงสร้างแน่นและสามารถอุ้มน้ำได้ดี เช่น ดินร่วนปนเหนียว ซึ่งช่วยลดการไหลของน้ำผิวดินและลดแรงกัดเซาะหน้าดินได้ การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่นี้ส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรรมแบบนาข้าวในที่ราบลุ่ม พื้นที่ชุ่มน้ำ รวมถึงการปลูกพืชไร่ที่มีการหมุนเวียนพืชหรือปลูกพืชคลุมดิน เช่น ถั่วลิสง และพืชยืนต้นหรือไม้ผลที่มีระบบรากลึก ซึ่งช่วยยึดเกาะหน้าดินและลดการพังทลายของดินได้ดี พืชเหล่านี้ช่วยสร้างความชุ่มชื้นและลดแรงปะทะของเม็ดฝนกับพื้นดินโดยตรง ทำให้ความเสี่ยงต่อการชะล้างหน้าดินในพื้นที่กลุ่มนี้อยู่ในระดับต่ำมาก ในส่วนพื้นที่ที่อยู่ในระดับ “ปานกลาง” จะกระจายตัวอยู่ในเขตตอนกลางของลุ่มน้ำแม่แจ่ม โดยลักษณะภูมิประเทศมีความสูงประมาณ 400-600 เมตร และมีความลาดชันระหว่าง 10-25% ซึ่งความลาดชันระดับนี้เริ่มทำให้น้ำฝนไหลด้วยความเร็วเพิ่มขึ้น ส่งผลให้แรงกัด

เขาดินมากขึ้น ดินในพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นดินร่วนเหนียวที่มีการระบายน้ำปานกลาง ทำให้น้ำดินเปราะบางและมีโอกาสถูกชะล้างเมื่อไม่มีพืชปกคลุม การใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรรมไร่นา พืชไร่ผสม และบางส่วนเป็นพื้นที่ป่าที่ถูกบุกรุกหรือแปรสภาพเป็นพื้นที่เกษตร ซึ่งบางช่วงเวลาหน้าดินจะเปลือยเปล่า ทำให้การกัดเซาะน้ำฝนมีโอกาสเกิดขึ้นมากขึ้น พื้นที่นี้จึงมีความเสี่ยงในการชะล้างดินระดับปานกลาง เนื่องจากปัจจัยภูมิประเทศและรูปแบบการใช้ประโยชน์ดินที่ยังขาดมาตรการอนุรักษ์ดินอย่างเพียงพอ และในพื้นที่ที่อยู่ในระดับ “รุนแรง” และ “รุนแรงมาก” ส่วนใหญ่อยู่ในบริเวณตอนกลางถึงตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่ ซึ่งเป็นพื้นที่ภูเขาสูง มีความสูงมากกว่า 600 เมตร และมีความลาดชันสูงกว่า 20% โดยเฉพาะพื้นที่ลาดชันชันมากกว่า 35% เช่น บริเวณเชิงเขาและแนวสันเขา

โดยสรุป ระดับความรุนแรงของการพังทลายดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนบนสัมพันธ์กับความสูงและความลาดชันของภูมิประเทศอย่างใกล้ชิด พื้นที่ที่เป็นที่ราบลุ่มหรือเนินต่ำมีความลาดชันต่ำและดินที่อุ้มน้ำดี รวมถึงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เหมาะสม จะทำให้พื้นที่เหล่านั้นมีความเสี่ยงต่ำต่อการพังทลายของดิน ขณะที่พื้นที่ภูเขาสูงที่มีความลาดชันสูง ดินหลวมและการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบไร่นาหรือเกษตรกรรมเปิดหน้าดินโดยไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดิน จะทำให้ความเสี่ยงในการชะล้างพังทลายของดินเพิ่มสูงขึ้นอย่างมาก และก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตอย่างรุนแรง

ตารางที่ 3 แสดงพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่มตอนบนฉากทัศน์ที่ 2

การใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่		การใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่	
	ไร่	ร้อยละ		ไร่	ร้อยละ
ข้าวโพด	13,888.75	1.13	พืชผัก	3,536.25	0.29
ข้าวโพด(ไร่นาผสม)	1,341.25	0.11	พืชไร่ผสม	4,763.13	0.39
ข้าวไร่	75.63	0.01	พื้นที่กิจกรรมปรับปรุง	33.13	0.00
ทุ่งหญ้า	443.13	0.04	ไม้ผลผสม	171.25	0.01
นาข้าว	6,910.63	0.56	ไม้ผลเมืองหนาว	175.00	0.01
ป่าปลูก	3,191.25	0.26	ไม้ยืนต้น	80,851.88	6.59
ป่าผลัดใบ	158,345.63	14.44	ไร่นาผสมอื่น ๆ	5,989.38	0.49
ป่าไม่ผลัดใบ	938,004.38	74.93	สิ่งปลูกสร้าง	4,803.13	0.39
ผลไม้	1,228.75	0.10	แหล่งน้ำ	3,049.38	0.25



ภาพที่ 2 การใช้ประโยชน์ที่ดินตามฉากทัศน์ที่ 2 (ก) ระดับชั้นความรุนแรงของฉากทัศน์ที่ 2 (ข)

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบระดับความรุนแรงทั้งสองฉากทัศน์

ฉากทัศน์ที่ 1			ฉากทัศน์ที่ 2		
การใช้ที่ดินปัจจุบันในปี พ.ศ. 2567			การใช้ที่ดินตามแนวทางการกำหนดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ		
ระดับ	พื้นที่ (ไร่)	พื้นที่ (ร้อยละ)	ระดับ	พื้นที่ (ไร่)	พื้นที่ (ร้อยละ)
1:น้อยมาก	278,284.38	22.75	1:น้อยมาก	647,248.44	52.91
2: น้อย	150,228.13	12.28	2: น้อย	298,773.44	24.42
3: ปานกลาง	159,954.69	13.08	3: ปานกลาง	104,862.50	8.57
4: รุนแรง	54,689.06	4.47	4: รุนแรง	15,218.75	1.24
5: รุนแรงมาก	579,904.69	47.41	5: รุนแรงมาก	157,129.69	12.85

3.2 มูลค่าของการสูญเสียดิน

3.2.1 ฉากทัศน์ที่ 1: การใช้ที่ดินปัจจุบันในปี พ.ศ. 2567

จากการประเมินภายใต้สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2567 ซึ่งพบว่ามีการใช้ที่ดินในรูปแบบที่ไม่เหมาะสมกับศักยภาพพื้นที่ เช่น การปลูกข้าวโพดในพื้นที่ลาดชัน พื้นที่ไร่หมุนเวียน และสิ่งปลูกสร้างในเขตลุ่มน้ำชั้นคุณภาพ 1A และ 1B ส่งผลให้มีการสูญเสียดินในระดับสูงมาก โดยมี ค่าเฉลี่ยการสูญเสียดินอยู่ที่ 2,699.93 ตัน/ไร่/ปี คิดเป็นมูลค่าความเสียหายเฉลี่ย 48,598.78 บาท/ไร่/ปี ซึ่งสะท้อนภาระต้นทุนระยะยาวต่อภาคเกษตรกรรมและสิ่งแวดล้อมได้อย่างชัดเจน

พื้นที่ที่มีค่าการสูญเสียดินสูงสุด พบว่าอยู่ที่ 44,894.98 ตัน/ไร่/ปี หรือเท่ากับ 808,109.71 บาท/ไร่/ปี ซึ่งส่วนใหญ่พบในพื้นที่ลาดชันสูงและมีการใช้ที่ดินไม่สอดคล้องกับข้อจำกัดของพื้นที่ เช่น ข้าวโพดเลื่อนลอยและพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยวที่ขาดพืชคลุมดิน ขณะที่พื้นที่ที่มีการสูญเสียน้อยที่สุดอยู่ที่ 1,041.01 ตัน/ไร่/ปี หรือคิดเป็น 18,738.13 บาท/ไร่/ปี ซึ่งมักเป็นพื้นที่ป่าธรรมชาติหรือพื้นที่ราบที่มีความลาดชันต่ำและมีพืชพรรณธรรมชาติช่วยป้องกันการชะล้างพังทลายของดินได้ดี

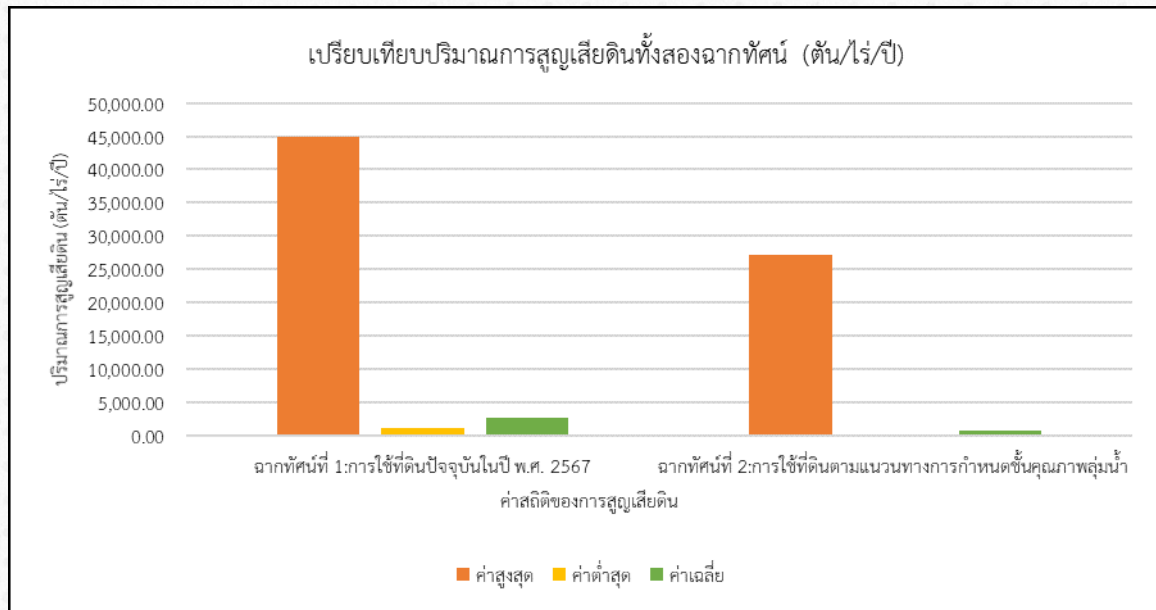
3.2.2 ฉากทัศน์ที่ 2: การใช้ที่ดินตามแนวทางการกำหนดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ

เมื่อมีการปรับเปลี่ยนการใช้ที่ดินโดยเฉพาะในเขตลุ่มน้ำชั้นคุณภาพ 1A และ 1B ให้กลับคืนเป็นป่าไม้ผลัดใบตามมติคณะรัฐมนตรี (ครม.) ซึ่งเป็นการจัดการเชิงพื้นที่เชิงอนุรักษ์ ทำให้การสูญเสียดินลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยค่าเฉลี่ยการสูญเสียดินลดลงเหลือเพียง 689.08 ตัน/ไร่/ปี คิดเป็น มูลค่าความเสียหายเฉลี่ยเพียง 12,403.52 บาท/ไร่/ปี หรือลดลงกว่า 74.5% เมื่อเทียบกับฉากทัศน์ที่ 1 ในรายละเอียด พื้นที่ที่มีการสูญเสียดินสูงสุดในฉากทัศน์นี้อยู่ที่ 27,142.55 ตัน/ไร่/ปี หรือคิดเป็นมูลค่า 488,565.86 บาท/ไร่/ปี ซึ่งแม้จะยังคงอยู่ในระดับสูง แต่ลดลงอย่างมากจากค่าความเสียหายในฉากทัศน์ก่อนหน้า ส่วนค่าต่ำสุดของการสูญเสียดินในฉากทัศน์นี้อยู่ที่ 134.83 ตัน/ไร่/ปี หรือคิดเป็น 2,427.01 บาท/ไร่/ปี ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ได้รับการฟื้นฟูหรือใช้ประโยชน์ที่ดินในรูปแบบที่เหมาะสมกับศักยภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำต้นน้ำ

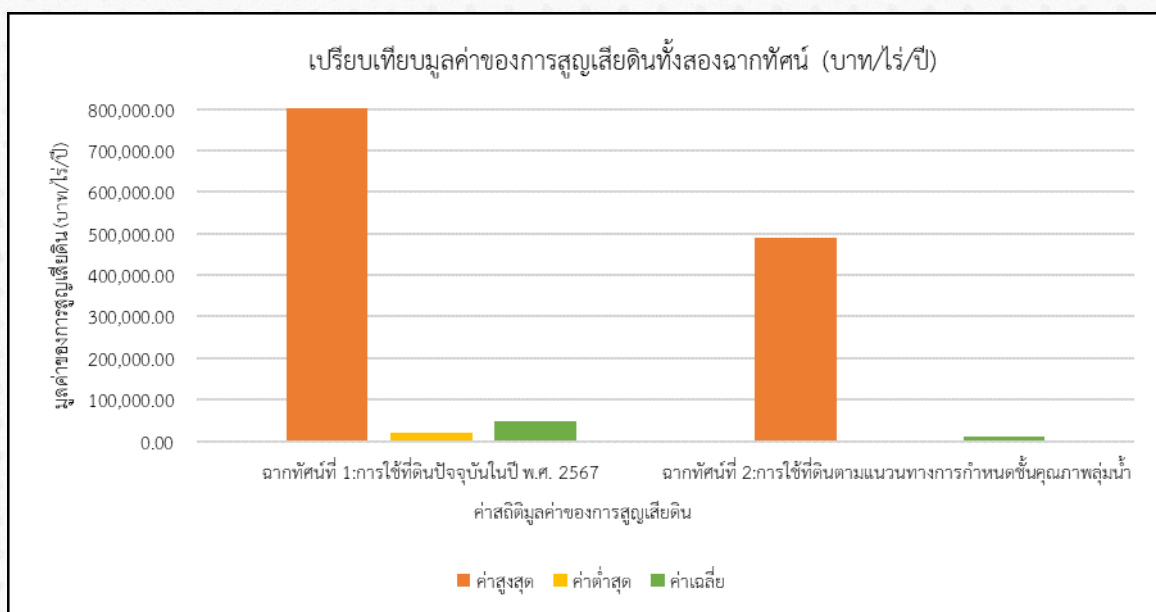
เมื่อเปรียบเทียบผลการประเมินการสูญเสียดินระหว่างฉากทัศน์ที่ 1 ซึ่งสะท้อนสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2567 กับฉากทัศน์ที่ 2 ซึ่งเป็นแนวทางการจัดการพื้นที่ตามมติคณะรัฐมนตรีว่าด้วยการอนุรักษ์ลุ่มน้ำต้นน้ำพบว่า การปรับเปลี่ยนรูปแบบการใช้ที่ดินให้เหมาะสมกับศักยภาพของพื้นที่สามารถลดการสูญเสียดินได้อย่างมีนัยสำคัญทั้งในเชิงปริมาณและเชิงเศรษฐศาสตร์ โดยในฉากทัศน์ที่ 1 มีค่าการสูญเสียดินเฉลี่ยอยู่ที่ 2,699.93 ตันต่อไร่ต่อปี คิดเป็นมูลค่าความเสียหายเฉลี่ย 48,598.78 บาทต่อไร่ต่อปี ขณะที่ในฉากทัศน์ที่ 2 ค่าการสูญเสียดินเฉลี่ยลดลงเหลือเพียง 689.08 ตันต่อไร่ต่อปี หรือคิดเป็นมูลค่า 12,403.52 บาทต่อไร่ต่อปี ซึ่งลดลงมากกว่า 74.5% หรือคิดเป็นอัตราการลดลงประมาณ 3.92 เท่าในระดับพื้นที่ที่มีการสูญเสียดินรุนแรงที่สุด ผลการประเมินในฉากทัศน์ที่ 1 พบค่าการสูญเสียดินสูงสุดอยู่ที่ 44,894.98 ตันต่อไร่ต่อปี หรือคิดเป็นมูลค่าความเสียหายสูงถึง 808,109.71 บาทต่อไร่ต่อปี ขณะที่ฉากทัศน์ที่ 2 ลดลงเหลือ 27,142.55 ตันต่อไร่ต่อปี หรือคิดเป็นมูลค่า 488,565.86 บาทต่อไร่ต่อปี ซึ่งแม้จะยังอยู่ในระดับสูงแต่ก็ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (ประมาณ 1.65 เท่า) ด้านพื้นที่ที่มีการสูญเสียดินต่ำที่สุด พบว่าฉากทัศน์ที่ 1 มีค่าต่ำสุดอยู่ที่ 1,041.01 ตันต่อไร่ต่อปี หรือประมาณ 18,738.13 บาทต่อไร่ต่อปี ขณะที่ฉากทัศน์ที่ 2 ลดลงเหลือเพียง 134.83 ตันต่อไร่ต่อปี หรือคิดเป็นมูลค่า 2,427.01 บาทต่อไร่ต่อปี ลดลงกว่า 7.7 เท่าผลการเปรียบเทียบเชิงระบบดังกล่าวชี้ให้เห็นอย่างชัดเจนว่า การวางแผนการใช้ที่ดินตามศักยภาพเชิงนิเวศ โดยอิงตามแนวนโยบายของภาครัฐ สามารถลดภาระต้นทุนทางเศรษฐกิจจากการสูญเสียดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ ไม่เพียงแต่ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพของพื้นที่ต้นน้ำให้กลับมามีเสถียรภาพในเชิงนิเวศ แต่ยังช่วยลดผลกระทบเชิงลูกโซ่ต่อพื้นที่ตอนล่างของลุ่มน้ำ เช่น การลดการสะสมของตะกอนในอ่างเก็บน้ำ การลดการตื่นเงินของแหล่งน้ำธรรมชาติ และการเพิ่มประสิทธิภาพในการกักเก็บน้ำในฤดูฝน (ดังตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบปริมาณการสูญเสียดินและมูลค่าของการสูญเสียดินทั้งสองฉากทัศน์

ฉากทัศน์ที่ 1			ฉากทัศน์ที่ 2		
การใช้ที่ดินปัจจุบันในปี พ.ศ. 2567			การใช้ที่ดินตามแนวทางการกำหนดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ		
ค่าทางสถิติ	ตัน/ไร่/ปี	บาท/ไร่/ปี	ค่าทางสถิติ	ตัน/ไร่/ปี	บาท/ไร่/ปี
ค่าสูงสุด	44,894.98	808,109.71	ค่าสูงสุด	27,142.55	488,565.86
ค่าต่ำสุด	1,041.01	18,738.13	ค่าต่ำสุด	134.83	2,427.01
ค่าเฉลี่ย	2,699.93	48,598.78	ค่าเฉลี่ย	689.08	12,403.52



ภาพที่ 3 เปรียบเทียบปริมาณการสูญเสียดินทั้งสองฉากทัศน์ (ตัน/ไร่/ปี)



ภาพที่ 4 เปรียบเทียบมูลค่าของการสูญเสียดินทั้งสองฉากทัศน์ (บาท/ไร่/ปี)

4. บทสรุป

จากการประเมินการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่มตอนบน จังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้สมการ USLE ร่วมกับการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ในระบบ GIS ภายใต้สองฉากทัศน์การใช้ประโยชน์ที่ดิน พบว่าในฉากทัศน์ที่ 1 ซึ่งสะท้อนสภาพการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2567 มีการใช้ที่ดินไม่เหมาะสมกับศักยภาพของพื้นที่ โดยเฉพาะการปลูกพืชล้มลุกในพื้นที่ลาดชัน และลุ่มน้ำชั้นคุณภาพสูง ส่งผลให้เกิดค่าการสูญเสียดินเฉลี่ยสูงถึง 2,699.93 ตันต่อไร่ต่อปี และก่อให้เกิดมูลค่าความเสียหายเฉลี่ย 48,598.78 บาทต่อไร่ต่อปี ในทางตรงกันข้าม ฉากทัศน์ที่ 2 ซึ่งจำลองการปรับเปลี่ยนการใช้ที่ดินตามมติคณะรัฐมนตรี

ได้แก่ การคืนพื้นที่ลุ่มน้ำชั้น 1A และ 1B ให้กลับเป็นป่าไม่ผลัดใบ และการส่งเสริมการปลูกไม้ยืนต้นในลุ่มน้ำชั้น 2 พบว่าการสูญเสียดินเฉลี่ยลดลงเหลือเพียง 689.08 ตันต่อไร่ต่อปี และมูลค่าความเสียหายเฉลี่ยลดลงเหลือ 12,403.52 บาทต่อไร่ต่อปี แสดงให้เห็นว่า ฉากทัศน์ที่ 2 สามารถลดการสูญเสียดินได้มากกว่า 74.5% และลดต้นทุนความเสียหายทางเศรษฐกิจได้ถึง 3.9 เท่า หรือราว 36,000 บาทต่อไร่ต่อปี นอกจากนี้ยังสามารถลดพื้นที่ที่มีระดับการชะล้างพังทลาย “รุนแรงมาก” จาก 47.41% เหลือเพียง 12.85% และเพิ่มพื้นที่ที่มีระดับ “น้อยมาก” ได้สูงถึง 52.91% ของพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด สะท้อนให้เห็นถึงความเหมาะสมและประสิทธิภาพของการใช้ที่ดินตามแนวนโยบายเชิงอนุรักษ์อย่างเป็นรูปธรรม ทั้งในด้านการลดการสูญเสียหน้าดิน ลดผลกระทบทางเศรษฐกิจ และการฟื้นฟูสมดุลทางนิเวศในพื้นที่ต้นน้ำอย่างยั่งยืน

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าสมการ USLE จะเป็นเครื่องมือมาตรฐานที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการประเมินการสูญเสียดิน แต่ยังมีข้อจำกัดสำคัญที่ควรคำนึง เช่น การไม่สามารถประเมินการพังทลายรูปแบบอื่นได้ (เช่น แบบร่องลึกหรือการพังทลายเชิงมวล) และการกำหนดค่าปัจจัยในลักษณะคงที่ซึ่งอาจไม่สะท้อนความเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลหรือพลวัตของระบบนิเวศในระยะยาว ดังนั้น การบูรณาการข้อมูลด้านกายภาพ เศรษฐกิจ สังคม และนโยบาย ผ่านระบบ GIS รวมถึงการใช้ข้อมูลจากแบบจำลองร่วมกับภูมิปัญญาของชุมชน จึงเป็นแนวทางที่ควรส่งเสริมเพื่อกำหนดนโยบายการจัดการลุ่มน้ำอย่างแม่นยำและยั่งยืนในอนาคต โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ต้นน้ำที่มีความเปราะบางทางทรัพยากร การใช้ที่ดินให้สอดคล้องกับศักยภาพและชั้นคุณภาพลุ่มน้ำจึงเป็นแนวทางสำคัญในการลดการสูญเสียหน้าดินอย่างมีนัยสำคัญ สร้างเสถียรภาพด้านทรัพยากรธรรมชาติ และยกระดับคุณภาพชีวิตของชุมชนอย่างยั่งยืน

5.กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้จะไม่อาจสำเร็จลุล่วงไปได้ หากปราศจากการสนับสนุนและคำแนะนำอันล้ำค่าจากหลายท่าน ก่อนอื่น ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วินัส ส่วนเครือ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุทธพงษ์ ศิริมงคล อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการวิจัยผู้เปี่ยมด้วยความรู้ความสามารถและประสบการณ์ ทั้งสองท่านได้ให้คำปรึกษาอย่างเป็นระบบ ตั้งแต่การวางแผนงานวิจัย การออกแบบกระบวนการศึกษา การวิเคราะห์ข้อมูล จนถึงการเขียนรายงานฉบับสมบูรณ์ด้วยความเอาใจใส่และความทุ่มเทที่ไม่เคยขาดตกบกพร่อง การสนับสนุนและการแนะนำอย่างใกล้ชิดของทั้งสองท่านถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยส่งเสริมและยกระดับคุณภาพของงานวิจัยฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์และน่าเชื่อถือในเชิงวิชาการ

นอกจากนี้ ข้าพเจ้ายังขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบและอาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้สละเวลาตรวจสอบและเสนอแนะข้อคิดเห็นอันทรงคุณค่า ซึ่งช่วยเสริมสร้างมิติทางความคิดและแนวทางในการพัฒนางานวิจัยให้มีความลึกซึ้งยิ่งขึ้น รวมถึงหน่วยงานราชการและองค์กรที่ให้การสนับสนุนด้านข้อมูลและทรัพยากรต่าง ๆ อย่างเต็มกำลัง ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้งานวิจัยนี้บรรลุผลตามวัตถุประสงค์

ขอขอบพระคุณครอบครัว ญาติ และเพื่อนร่วมงาน ที่คอยให้กำลังใจและสนับสนุนอย่างไม่มีเงื่อนไข ทั้งในด้านจิตใจและแรงบันดาลใจ ตลอดจนการช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ที่มีส่วนสำคัญต่อการดำเนินงานวิจัยนี้จนสำเร็จลุล่วง

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณทุกท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ไม่ว่าจะเป็นโดยตรงหรือโดยอ้อม ที่ได้อุทิศเวลาและความพยายามเพื่อสนับสนุนงานวิจัยฉบับนี้ ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลงานนี้จะก่อให้เกิดประโยชน์ทางวิชาการและสังคม ตลอดจนเป็นแนวทางสำหรับการศึกษาวิจัยในอนาคต

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] พงศ์ธร เพียรพิทักษ์, สมจินต์ วานิชเสถียร, วิชิตา อินทรศรี, ณรงค์เดช ฮองกุล, และ ธัญญชัย คำขำ. ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และการเผาไหม้ในพื้นที่เกษตรกรรม ต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน และการชะล้างพังทลายของดิน ในพื้นที่ปลูกข้าวโพด บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2564.
- [2] กรมพัฒนาที่ดิน. การชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2543. สืบค้นจาก <https://e-library.ddd.go.th/library/flip/bib1286f/bib1286f.html>.
- [3] กรมแผนที่ทหาร. (2567). ข้อมูลเส้นชั้นความสูง. สืบค้นจาก <https://www.rfapr.com>
- [4] กรมพัฒนาที่ดิน. สถานภาพทรัพยากรดินและที่ดินของประเทศไทย. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2558. สืบค้นจาก <https://e-library.ddd.go.th/library/flip/bib9456f/bib9456f.html>.
- [5] สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2567). แผนที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ. สืบค้นจาก <https://www.onep.go.th/open-data-watershed-class-map>
- [6] ศูนย์อุทกวิทยาชลประทานภาคเหนือตอนบนกรมชลประทาน. (2566). ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายปีและรายเดือน. สืบค้นจาก <https://www.hydro-1.net>
- [7] W.H. Wischmeier and D.D. Smith. *Predicting Rainfall Erosion Losses-a Guide to Conservation Planning*. Vol. 537, USDA Agric: Handbook, 1978.
- [8] โยธาไทย. บัญชีราคาค่าวัสดุก่อสร้างและค่าแรงงานประจำปี 2566. กรุงเทพฯ. 2566.

แดชบอร์ดข้อมูลเชิงวิเคราะห์สำหรับที่พักนักศึกษา Analytical Dashboard for Student Accommodation

ปิยะนัฐ ศรีวัน¹ อติรุจ ปานอุบล¹ และ วีรวรรณ จันทนะทรัพย์^{1*}

¹ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

*E-mail: veerawan.j@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันที่พักนักศึกษาเป็นองค์ประกอบสำคัญของระบบการศึกษาระดับอุดมศึกษา โดยไม่ได้ทำหน้าที่เป็นเพียงที่พักอาศัยสำหรับนักศึกษาที่มีภูมิลำเนาอยู่ห่างไกลจากมหาวิทยาลัยเท่านั้น แต่ยังเป็นพื้นที่ที่สนับสนุนการเรียนรู้แบบองค์รวม และการพัฒนาทักษะชีวิตของนักศึกษา การเข้าถึงข้อมูลที่ถูกต้องและครบถ้วนเกี่ยวกับที่พักมีความสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับนักศึกษาที่ต้องจากบ้านเกิดไปยังสภาพแวดล้อมใหม่ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแดชบอร์ดข้อมูลเชิงโต้ตอบสำหรับนำเสนอข้อมูลที่พักนักศึกษา โดยใช้เครื่องมือ Looker Studio ในการสร้างกระดานนำเสนอข้อมูลด้วยกราฟต่าง ๆ ที่สามารถนำเสนอข้อมูลได้อย่างชัดเจนและเข้าใจง่าย การศึกษาในครั้งนี้ใช้ข้อมูลที่พักนักศึกษาที่จัดเก็บโดยหน่วยงานกลางของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครเป็นกรณีศึกษา โดยมุ่งเน้นการออกแบบแดชบอร์ดที่สามารถสนับสนุนการตัดสินใจเลือกที่พักของนักศึกษา สำหรับประสิทธิภาพในการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อแดชบอร์ดที่พัฒนาขึ้นด้วยแบบสอบถามออนไลน์ และข้อมูลความคิดเห็นของผู้ใช้งานถูกนำมาวิเคราะห์โดยใช้ค่าสถิติพื้นฐาน

ผลการประเมินความพึงพอใจจนถึงระดับความพึงพอใจที่มาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.31 ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าแดชบอร์ดข้อมูลเชิงวิเคราะห์สำหรับที่พักนักศึกษาที่พัฒนาขึ้นเป็นเครื่องมือที่ทันสมัยและสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้มีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: แดชบอร์ดนำเสนอข้อมูลเชิงโต้ตอบ การนำเสนอข้อมูล ที่พักนักศึกษา

Abstract

Currently, student accommodation is a crucial component of the higher education system. It serves not only as a residence for students whose permanent homes are far from the university but also as a space that supports holistic learning and the development of life skills. Access to accurate and comprehensive information regarding accommodation is of paramount importance, particularly for students transitioning from their hometowns to a new environment. This research aims to develop an interactive data dashboard for visualizing student dormitory information. Looker Studio was employed to create data presentation boards with various visual graphs capable of presenting information clearly and understandably. This study uses student accommodation data collected by the central administrative unit of Rajamangala University of Technology Phra Nakhon as a case study, with a focus on designing

a dashboard that can support students' dormitory selection decisions. Efficiency was measured by assessing user satisfaction with the developed dashboard using an online questionnaire. User feedback was analyzed using basic statistical values.

The results of the satisfaction assessment indicated a high level of user satisfaction, with a mean score of 4.31, reflecting that the analytical dashboard for student accommodation is a modern tool capable of effectively meeting user needs.

Keywords: Interactive Dashboard, Data Visualization, Student Accommodation

1. บทนำ

ในประเทศไทยเป็นที่ยอมรับกันว่ามหาวิทยาลัยชั้นนำของการศึกษาเล่าเรียนในระดับอุดมศึกษาของประเทศอยู่ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร ปริมณฑล และในจังหวัดใหญ่ ๆ ของประเทศ โดยในทุก ๆ ปี นักเรียนที่จบการศึกษาในระดับชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 6 จากเขตพื้นที่ในต่างจังหวัดทั่วประเทศได้เดินทางเข้ามาศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษา หรือการเรียนในระดับมหาวิทยาลัยในมหาวิทยาลัยชั้นนำของประเทศที่มีตำแหน่งที่ตั้งในเขตเมืองใหญ่ของประเทศ จากการเดินทางเข้ามาศึกษาเล่าเรียนในพื้นที่ห่างไกลภูมิลาเนาเดิม ทำให้สถานที่สำคัญสำหรับการพักอาศัยที่เรียกว่า “หอพัก” ซึ่งมีความจำเป็นและสำคัญกับนักศึกษา ที่พักใกล้สถานศึกษาช่วยลดปัญหาเรื่องการเดินทาง ซึ่งสถาบันการศึกษาหรือมหาวิทยาลัยก็ตระหนักถึงปัญหาด้านที่พักอาศัยของนักศึกษาในกลุ่มนี้ [1, 2] บางมหาวิทยาลัยที่มีพื้นที่เพียงพอ กว้างขวางก็ได้จัดเตรียมที่พักของมหาวิทยาลัยให้แก่ นักศึกษาชั้นปีที่ 1 ของมหาวิทยาลัย ทั้งนี้ก็เพื่อการควบคุมดูแล ช่วยด้านการปรับตัวในสังคมเมือง และหล่อหลอมบุคลิกภาพของนักศึกษาที่ห่างไกลจากผู้ปกครองและภูมิลาเนาเดิม อาทิ หอพักมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ หอพักมหาวิทยาลัยรังสิต หอพักมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ หอพักมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ หอพักมหาวิทยาลัยหัวเฉียว เป็นต้น อย่างไรก็ตาม หอพักของมหาวิทยาลัยข้างต้นก็ยังมีไม่เพียงพอกับความต้องการของนักศึกษา ดังนั้นหอพักเอกชนที่มีตำแหน่งที่ตั้งใกล้กับมหาวิทยาลัยจึงเป็นทางเลือกและทางออกสำหรับนักศึกษาที่ต้องตัดสินใจเลือกเช่าพัก นอกจากนั้นสำหรับมหาวิทยาลัยขนาดเล็ก และไม่มีพื้นที่สำหรับสร้างหอพักให้แก่ นักศึกษาได้พักอยู่อาศัย ทางเลือกหอพักเอกชนก็เป็นทางเลือกด้วยเช่นกัน ด้วยเหตุนี้การจัดการข้อมูลเกี่ยวกับที่พักเอกชนที่ชัดเจน ถูกต้อง และสามารถเข้าถึงได้ง่าย จึงกลายเป็นสิ่งสำคัญในการสนับสนุนการตัดสินใจของนักศึกษาและผู้ปกครองในการเลือกที่พักที่เหมาะสมกับความต้องการและไลฟ์สไตล์ ปัจจุบันมหาวิทยาลัยในประเทศไทยได้มีการจัดเก็บข้อมูลและขึ้นทะเบียนหอพักหรือที่พักเอกชนไว้บริการให้แก่ นักศึกษาและผู้ปกครองแต่ลักษณะข้อมูลที่น่าเสนาอภัยขาดความเป็นระบบ การเข้าถึงได้ยาก และไม่สามารถตอบสนองต่อการเปรียบเทียบหรือวิเคราะห์เพื่อประกอบการตัดสินใจอย่างมีประสิทธิภาพ [3, 4] ปัจจุบันศาสตร์ด้านการนำเสนอข้อมูลด้วยภาพ (Data Visualization) คือ กระบวนการแสดงข้อมูลในรูปแบบของภาพ เช่น กราฟ แผนภูมิ แผนที่ หรือแดชบอร์ด ช่วยให้ผู้ใช้เข้าใจข้อมูลได้ง่ายขึ้น เห็นแนวโน้ม ความสัมพันธ์ หรือรูปแบบที่ซ่อนอยู่ในข้อมูลที่ซับซ้อน การแสดงภาพข้อมูลทำให้การตัดสินใจและการสื่อสารข้อมูลมีประสิทธิภาพมากขึ้น การประยุกต์ใช้งาน อาทิ ธุรกิจและการตลาด วิทยาศาสตร์และการวิจัย การแพทย์และสาธารณสุข ข้อมูลภาครัฐและนโยบายสาธารณะ อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สำหรับแนวโน้มในปัจจุบันของการนำเสนอข้อมูลด้วยภาพ ประกอบด้วย Real-time Visualization, Interactive Dashboards, AI-Driven Insights, Data Storytelling, AR/VR และ 3D Visualization เป็นต้น

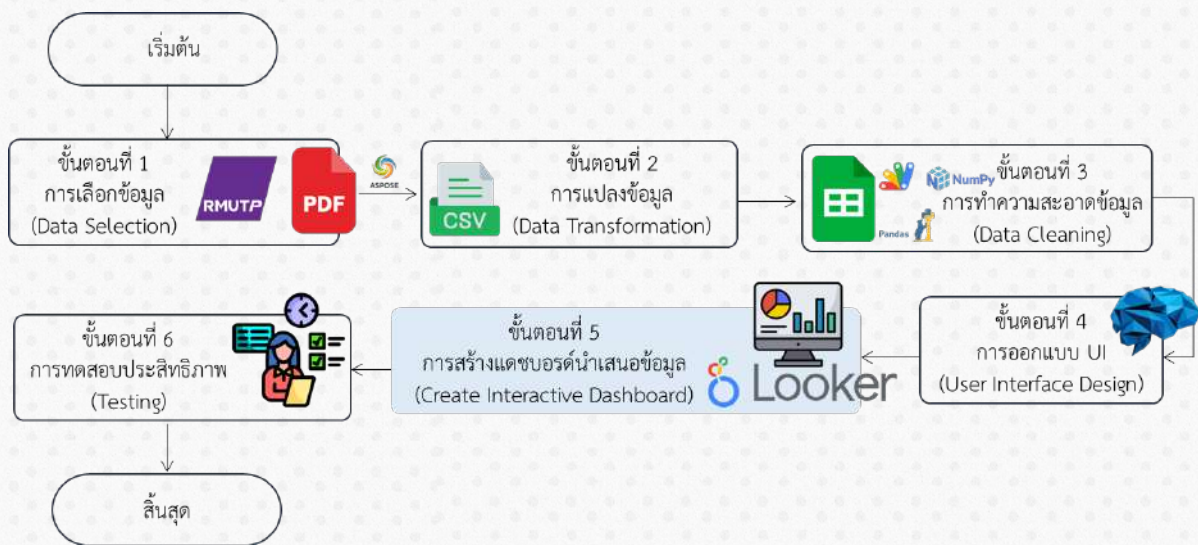
จากความต้องการและปัญหาการจัดการข้อมูลที่พักอย่างเป็นระบบ และความยากในการเข้าถึงข้อมูลของผู้ใช้งานข้างต้น คณะผู้วิจัยจึงนำเสนอเครื่องมือนำเสนอข้อมูลที่พักเอกชนโดยใช้ข้อมูลกรณีศึกษา ข้อมูลที่พักนักศึกษาที่จัดเก็บโดยหน่วยงานกลางของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร โดยนำเสนอข้อมูลในรูปแบบของแดชบอร์ดนำเสนอข้อมูล

เชิงโต้ตอบ (Interactive Dashboard) เครื่องมือแดชบอร์ดนำเสนอข้อมูลเชิงโต้ตอบจะช่วยให้สะดวกต่อการใช้งาน รวดเร็ว ง่ายต่อการค้นหาและเข้าถึงข้อมูล โดยเฉพาะตำแหน่งพิกัดของที่พักต่าง ๆ โดยมีจุดมุ่งหวังเพื่อช่วยผู้ปกครองและนักศึกษา ได้ใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจเลือกที่พักสำหรับพักอาศัยระหว่างศึกษาเล่าเรียน สำหรับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครเป็นมหาวิทยาลัยขนาดเล็กมีพื้นที่จำกัดจึงทำให้ไม่มีที่พักสำหรับนักศึกษาเป็นของมหาวิทยาลัยเอง ดังนั้นที่พักเอกชนที่มีตำแหน่งที่ตั้งใกล้มหาวิทยาลัยจึงเป็นทางเลือกของนักศึกษาของมหาวิทยาลัย สำหรับตำแหน่งที่ตั้งของมหาวิทยาลัยจัดแบ่งโครงสร้างออกเป็นพื้นที่ศูนย์จำนวน 4 ศูนย์ ประกอบด้วย (1) เทเวศร์ (2) โซติเวช โดยทั้งสองศูนย์ตั้งอยู่แขวงวรวิหารบาล เขตดุสิต (3) พณิชยการพระนคร มีตำแหน่งที่ตั้งในแขวงสวนจิตรลดา เขตดุสิต และ (4) พระนครเหนือ มีตำแหน่งที่ตั้งในแขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ โดยทางมหาวิทยาลัยได้จัดเตรียมข้อมูลที่พิกัดโดยรอบพื้นที่ศูนย์ทั้ง 4 ศูนย์ โดยอยู่ในภาระงานของกองพัฒนานักศึกษาของมหาวิทยาลัย อย่างไรก็ตามปัจจุบันข้อมูลที่พิกัดนักศึกษาที่จัดเก็บโดยหน่วยงานกลางของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครอยู่ในรูปแบบไฟล์เอกสาร PDF ซึ่งไม่สะดวกต่อการใช้งาน ค้นหา และการเข้าถึงข้อมูล

สำหรับการเรียบเรียงหัวข้อเนื้อหาในบทความนี้ประกอบด้วย 6 หัวข้อหลัก ดังนี้ (1) บทนำ (2) วิธีการดำเนินงานวิจัย (3) ผลการทดลองและอภิปรายผล (4) สรุปผลการวิจัย (5) กิตติกรรมประกาศ และหัวข้อสุดท้าย (6) เอกสารอ้างอิง รายละเอียดเนื้อหาในแต่ละหัวข้อมีดังนี้

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยพัฒนาแดชบอร์ดข้อมูลเชิงโต้ตอบนำเสนอข้อมูลที่พิกัดสำหรับนักศึกษาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เพื่อใช้เป็นเครื่องมือสำหรับนักศึกษาและผู้ปกครองใช้เป็นข้อมูลช่วยสนับสนุนการตัดสินใจเลือกที่พักสำหรับอยู่อาศัย ขณะศึกษาเล่าเรียน และให้สอดคล้องกับนโยบายมหาวิทยาลัยแห่งดิจิทัลอีกด้วย โดยนำศาสตร์ด้านการนำเสนอข้อมูลด้วยภาพ (Data Visualization) กับการนำเสนอข้อมูลด้วยแดชบอร์ดข้อมูลเชิงโต้ตอบ (Interactive Dashboard) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีการนำเสนอข้อมูลในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากแดชบอร์ดข้อมูลเชิงโต้ตอบช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถปฏิสัมพันธ์ (Interaction) กับหน้ากระดานข้อมูลที่นำเสนอแผนภูมิต่าง ๆ ได้ตามความต้องการด้วยความสามารถของตัวกรองหรือตัวควบคุมข้อมูล (Filter Control Data) เลือกใช้เครื่องมือ Looker Studio สร้างแดชบอร์ดข้อมูลร่วมกับการเขียนสคริปต์คำสั่งต่าง ๆ เครื่องมือ Looker Studio เดิมชื่อ Google Data Studio คือ เครื่องมือฟรีสำหรับการสร้างข้อมูลด้วยภาพ (Data Visualization) และการรายงานนำเสนอข้อมูลต่าง ๆ พัฒนาโดยบริษัท Google [5] ปัจจุบันมีงานวิจัยที่นำ Looker Studio มาใช้ในการนำเสนอข้อมูลจำนวนมาก [6-9] รายละเอียดโครงสร้างภาพรวมขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยแดชบอร์ดข้อมูลเชิงวิเคราะห์สำหรับที่พักนักศึกษาดังภาพที่ 1

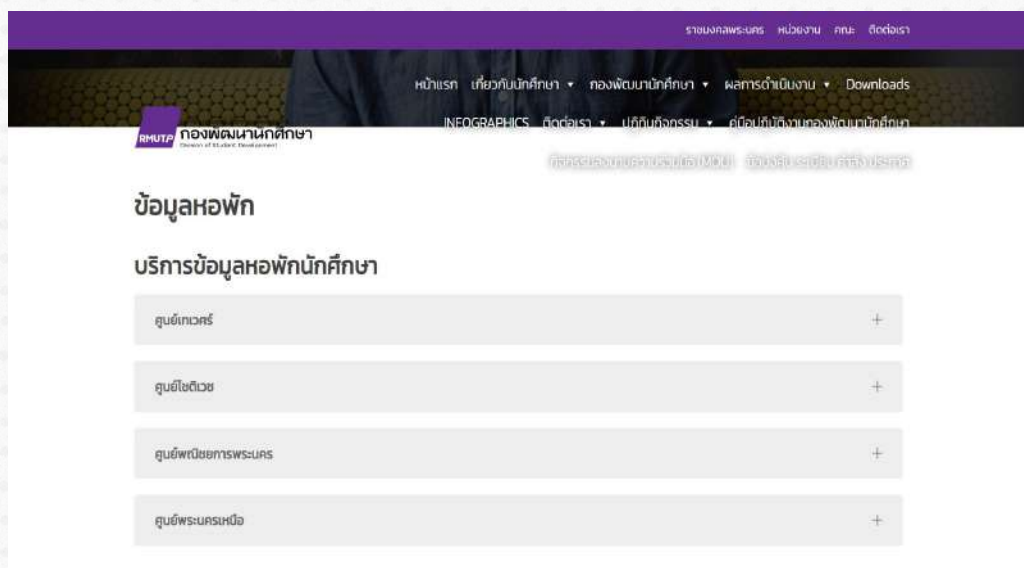


ภาพที่ 1 โครงสร้างกระบวนการดำเนินงานวิจัยแดชบอร์ดข้อมูลเชิงวิเคราะห์สำหรับที่פקนักศึกษา

จากภาพโครงสร้างกระบวนการดำเนินงานวิจัยข้างต้น สามารถอธิบายขั้นตอนการทำงานดังนี้

2.1 การเลือกข้อมูล (Data Selection)

คณะผู้วิจัยดำเนินการศึกษาข้อมูลที่พักนักศึกษาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ตามศูนย์ของมหาวิทยาลัยในปัจจุบันซึ่งประกอบด้วย 4 ศูนย์ คือ (1) ศูนย์เทเวศร์ดำเนินการเรียนการสอน 2 คณะและ 1 วิทยาลัย ประกอบด้วยคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน และวิทยาลัยบริหารแห่งรัฐ (2) ศูนย์โชติเวช ศูนย์นี้เปิดการเรียนการสอน 2 คณะ คือ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ และคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ (3) ศูนย์พัฒนการพระนคร ดำเนินการเรียนการสอนของคณะบริหารธุรกิจ คณะศิลปศาสตร์ และคณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น และ (4) ศูนย์พระนครเหนือ เปิดการเรียนการสอน 2 คณะ คือ คณะวิศวกรรมศาสตร์ และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาข้อมูลที่พักนักศึกษาที่ให้บริการนักศึกษาได้รวมพื้นที่ศูนย์ที่ใกล้เคียงไว้ด้วยกัน ดังนั้นจึงได้กำหนดพื้นที่ศูนย์สำหรับข้อมูลที่พักเพียง 3 ศูนย์ ประกอบด้วย ศูนย์เทเวศร์ ศูนย์พัฒนการพระนคร และศูนย์พระนครเหนือ โดยอ้างอิงข้อมูลบริการนักศึกษาจากหน่วยงานกองพัฒนานักศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เข้าถึงได้โดยลิงก์เว็บ <https://std.rmup.ac.th/dorm/> [10] ข้อมูล ณ วันที่ 24 กรกฎาคม 2566 รายละเอียดหน้าเว็บไซต์แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 หน้าเว็บเพจศูนย์กลางข้อมูลที่พักนักศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ข้อมูลที่พักนักศึกษาจัดเก็บโดยหน่วยงานกลางของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จำนวนทั้งสิ้น 70 รายการ จัดเก็บอยู่ในรูปแบบเอกสาร PDF รายละเอียดข้อมูลที่พักของหน่วยงานกองพัฒนานักศึกษา ประกอบด้วยข้อมูลจำนวน 10 มิติข้อมูล (ข้อมูลลำดับ ข้อมูลชื่อที่พัก ข้อมูลเบอร์โทรศัพท์ติดต่อ ข้อมูลที่ตั้ง ข้อมูลราคาต่อเดือน ข้อมูลค่าน้ำ ข้อมูลค่าไฟฟ้า ข้อมูลรายละเอียดสิ่งอำนวยความสะดวก ข้อมูลเงื่อนไขการทำสัญญา และข้อมูลมาตรการช่วยเหลือเนื่องด้วยสถานการณ์โรคระบาด COVID-19) คณะผู้วิจัยได้เลือกใช้ข้อมูลดังกล่าวในการดำเนินงานวิจัย ทั้งนี้เนื่องจากรายการที่พักเหล่านั้นได้รับการตรวจสอบจากหน่วยงานของมหาวิทยาลัยเรียบร้อยแล้ว

2.2 การแปลงข้อมูล (Data Transformation)

ไฟล์ข้อมูลที่พักนักศึกษาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครในรูปแบบ PDF ถูกนำมาแปลงให้อยู่ในรูปแบบตารางข้อมูล CSV ไฟล์ ด้วยการเขียนชุดคำสั่งภาษาไพธอน (Python Language) ทำงานร่วมกับไลบรารี Aspose.PDF ซึ่งเป็นไลบรารีสำหรับการจัดการไฟล์ PDF ที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรม โดยเฉพาะในภาษา .NET, Java, C++, และ Python โดยไลบรารีนี้พัฒนาโดยบริษัท Aspose ซึ่งไลบรารี Aspose.PDF สำหรับภาษาไพธอนสามารถดาวน์โหลดใช้งานได้จากลิงก์เว็บ <https://pypi.org/project/aspose-pdf/> [11]

2.3 การทำความสะอาดข้อมูล (Data Cleansing)

ข้อมูลที่พักศึกษาในรูปแบบ CSV ไฟล์ ถูกนำมาอัปโหลดไฟล์ CSV ขึ้นสู่แหล่งเก็บข้อมูลออนไลน์ โดยงานวิจัยนี้เลือกใช้ Google Drive เก็บชุดข้อมูลทั้งหมด จากนั้นดำเนินการแปลงข้อมูลเป็นไฟล์ Google Sheet ทั้งนี้ก็เพื่อสะดวกต่อการเชื่อมต่อกับเครื่องมือสร้างแดชบอร์ด คือ Looker Studio นอกจากนั้นการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบของ Google Sheet ยังช่วยสามารถทำงานร่วมกัน ข้อมูลสามารถปรับปรุงได้แบบเรียลไทม์ จากนั้นดำเนินการทำความสะอาดข้อมูลเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เหมาะสมกับการนำเสนอด้วยแดชบอร์ดข้อมูล เริ่มต้นจากสำรวจเพื่อแจกแจงข้อมูล (Parsing Data) การแก้ไขข้อมูลที่ผิดพลาด ทั้งในส่วนข้อมูลขาดหาย รูปแบบที่ผิดพลาด แยกข้อมูลออกจากมิติเดียวกัน การรวมข้อมูล (Blending data) และแทนค่าข้อมูล จากนั้นกำหนดรูปแบบข้อมูลให้สอดคล้องกัน (Standardizing Data) รวมถึงการสร้างมิติข้อมูลใหม่ เครื่องมือสำหรับทำความสะอาดข้อมูลพัฒนาด้วยคำสั่งภาษาไพธอนร่วมกับไลบรารีจัดการข้อมูล pandas และ Numpy เขียนชุดคำสั่งบนเครื่องมือ Colab รุ่น Pro ของบริษัท Google นอกจากนั้นยังมีส่วนการเขียนสคริปต์คำสั่งบน Google Sheet ด้วยการใช้ Apps Script เพื่อสร้างมิติข้อมูลระยะทางระหว่างที่พักกับศูนย์เรียน ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับช่วย

ตัดสินใจในการเลือกที่พักอาศัยของนักศึกษาและผู้ปกครอง โดยคำนวณจากการหาระยะห่างของที่พักแต่ละจุดและ ลองงิจุดของที่พัก และศูนย์ของมหาวิทยาลัย รายละเอียดชุดคำสั่งดังภาพที่ 3

```
const GOOGLEMAPS_DISTANCE = (origin, destination, mode = "driving") => {
  if (!origin || !destination) {
    throw new Error("No address specified!");
  }
  if (origin.map) {
    return origin.map(DISTANCE);
  }
  const key = ["distance", origin, destination, mode].join(",");
  const value = getCache(key);
  if (value !== null) return value;

  const { routes: [data] = [] } = Maps.newDirectionFinder()
    .setOrigin(origin)
    .setDestination(destination)
    .setMode(mode)
    .getDirections();
  if (!data) {
    throw new Error("No route found!");
  }
  const { legs: [{ distance: { text: distance } } = {}] = [] } = data;
  setCache(key, distance);
}
```

ภาพที่ 3 ชุดคำสั่ง Apps Script สร้างมิติข้อมูลข้อมูลระยะทางระหว่างที่พักกับศูนย์

คณะวิจัยจัดการกับข้อมูลตามวิธีการข้างต้น จนได้ชุดข้อมูลที่พนักศึกษศึกษา ประกอบด้วย มิติรายการข้อมูลต่าง ๆ ที่พร้อมนำไปสร้างแดชบอร์ด รายละเอียดข้อมูลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 พจนานุกรมข้อมูลที่พนักศึกษศึกษา-RMUTP

ลำดับ	ชื่อมิติข้อมูล	ชนิดข้อมูล
1.	ศูนย์	ตัวเลข
2.	ที่พักศูนย์	พิกัดทางภูมิศาสตร์ ละติจูด ลองจิจูด
3.	ชื่อที่พัก	ข้อความ
4.	พิกัดที่พัก	พิกัดทางภูมิศาสตร์ ละติจูด ลองจิจูด
5.	เบอร์โทรติดต่อ	ข้อความ
6.	เว็บไซต์ติดต่อ	ลิงก์ URL
7.	ภาพประกอบ	ลิงก์ ภาพ
8.	เลขที่ ถนน ซอย	ข้อความ
9.	ตำบล/แขวง	พิกัดทางภูมิศาสตร์ระดับ 3
10.	อำเภอ/เขต	พิกัดทางภูมิศาสตร์ระดับ 2
11.	จังหวัด	พิกัดทางภูมิศาสตร์ระดับ 1
12.	ราคารายเดือน	ข้อความ
13.	ค่าเช่าเริ่มต้น	ตัวเลข

ตารางที่ 1 เจรณนุกรมข้อมูลที่พักนัคคึกษา-RMUTP (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อมิติข้อมูล	ชนิดข้อมูล
14.	ค่าเช่าสูงสุด	ตัวเลข
15.	อัตราค่าน้ำ	ข้อความ
16.	อัตราค่าไฟฟ้า	ข้อความ
17.	เงื่อนไขการทำสัญญา	ข้อความ
18.	สิ่งอำนวยความสะดวก	ข้อความ
19.	มาตรการช่วยเหลือโรคระบาด	ข้อความ
20.	ระยะทางระหว่างที่พักกับศูนย์	ข้อความ

2.4 การออกแบบส่วนต่อประสาน (User Interface Design)

จากการเก็บรวบรวมข้อมูล คณะผู้วิจัยดำเนินการนำข้อมูลมาวิเคราะห์และออกแบบระบบงาน ด้วยวิธีการนำเสนอข้อมูลด้วยภาพ (Data Visualization) โดยใช้ซอฟต์แวร์ Looker Studio เข้ามาประยุกต์ใช้เพื่อสร้างสื่อนำเสนอข้อมูลที่พักนัคคึกษาในรูปแบบแดชบอร์ดเชิงโต้ตอบ เพื่อให้ได้เครื่องมือดิจิทัลช่วยให้ผู้ที่กำลังจะศึกษาต่อในระดับปริญญาตรีในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครได้เข้ามาหาสืบค้นข้อมูลที่พ้กได้ด้วยตัวเอง รายละเอียดหน้าส่วนต่อประสาน (UI) มีดังนี้

2.4.1 การออกแบบ UI หน้าหลักแดชบอร์ดข้อมูลเชิงวิเคราะห์สำหรับที่พักนัคคึกษา

สำหรับหน้าแดชบอร์ดข้อมูลเชิงวิเคราะห์สำหรับที่พักนัคคึกษา เป็นหน้า UI แรกของการนำเสนอข้อมูล คณะผู้วิจัยวิเคราะห์และออกแบบส่วนประกอบและรายละเอียดต่าง ๆ คือ (1) กำหนดธีมสีของมหาวิทยาลัย คือ สีม่วง (2) ภาพโลโก้ ประกอบด้วยภาพอาคารและสัญลักษณ์ของหน่วยงานกองพัฒนานักศึกษา (3) ภาพประกอบเกี่ยวกับข้อมูลที่พ้กนัคคึกษา (4) ส่วนแสดงข้อมูลวันที่และเวลาปัจจุบันที่นำเสนอข้อมูล (5) ส่วนหัวและส่วนท้ายรายงาน (6) ส่วนนำเสนอจำนวนที่พ้กทั้งหมด (7) ส่วนนำเสนอจำนวนที่พ้กรายศูนย์ และ (8) ส่วนการนำเสนอข้อมูลสำคัญของที่พัก ประกอบด้วย ภาพประกอบ ชื่อที่พัก เบอร์โทรติดต่อ ข้อมูลสิ่งอำนวยความสะดวก ราคาเช่าเริ่มต้น และราคาเช่าสูงสุด

2.4.2 การออกแบบ UI หน้ารายงานการสืบค้นข้อมูลที่พักนัคคึกษา

รายงานการสืบค้นข้อมูลที่พักนัคคึกษานำเสนอข้อมูลด้วยตัวกรองข้อมูล (Filter Control) คณะผู้วิจัยวิเคราะห์และออกแบบส่วนประกอบและรายละเอียดต่าง ๆ คือ (1) กำหนดธีมสีของมหาวิทยาลัย คือ สีม่วง (2) ภาพประกอบจำนวน 1 ภาพ (3) ส่วนแสดงข้อมูลวันที่และเวลาปัจจุบันที่นำเสนอข้อมูล (4) ส่วนหัวและส่วนท้ายรายงาน และ (5) ส่วนตัวกรอง ประกอบด้วย ตัวกรองค้นหาข้อมูลที่พ้กจากศูนย์ ตัวกรองข้อมูลค้นหาที่พักจากที่อยู่ตำบล/แขวง และตัวกรองค้นหาข้อมูลที่พ้กจากราคารายเดือน สำหรับส่วน (6) ข้อมูลที่พัก ประกอบด้วย ข้อมูลชื่อที่พัก ข้อมูลราคารายเดือน ข้อมูลระยะทางระหว่างศูนย์กับที่พัก ข้อมูลที่อยู่ของที่พัก ข้อมูลเบอร์โทรศัพท์ติดต่อ ข้อมูลเว็บไซต์ติดต่อ ข้อมูลอัตราค่าน้ำ ข้อมูลอัตรา ค่าไฟฟ้า ข้อมูลเงื่อนไขการทำสัญญา และข้อมูลพ้กิตำแหน่งของที่พัก

2.4.3 การออกแบบ UI หน้ารายงานข้อมูลพ้แนะนำที่พักให้ห้อง

นอกจากการนำเสนอข้อมูลที่พ้กด้วยแดชบอร์ดหน้าแรก และรายการสืบค้นข้อมูลที่พ้กหน้าที่สอง ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้แล้ว คณะผู้วิจัยยังได้เพิ่มส่วนของหน้ารายงานนำเสนอข้อมูลที่พ้กจากการแนะนำของรุ่นพี่ หรือนักศึกษาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครอีกจำนวน 1 หน้า โดยออกแบบให้รุ่นพี่แนะนำข้อมูลที่พ้กผ่านแบบฟอร์มบันทึกข้อมูลออนไลน์ Google Form และข้อมูลที่บันทึกจะถูกนำเสนอข้อมูลแบบออนไลน์ อย่างไรก็ตาม ข้อมูลดังกล่าวเป็นเพียงข้อเสนอแนะจากรุ่นพี่ ยังไม่มีการตรวจสอบจากหน่วยงานระดับมหาวิทยาลัย คณะผู้วิจัยมีความ

ตระหนักถึงคุณภาพ และความปลอดภัยของนักศึกษาเป็นหลัก จึงได้มีข้อความแจ้งรายละเอียดให้ผู้ใช้งานพิจารณาข้อมูลอย่างละเอียดและแจ้งว่าเป็นเพียงข้อมูลการแนะนำจากรุ่นที่เคยพักอาศัยเท่านั้น และหน่วยงานในระดับมหาวิทยาลัยยังไม่รับรองอีกด้วย สำหรับรายละเอียดข้อมูลที่น่าสนใจในหน้ารายงานที่แนะนำที่พิกให้ห้องมีรายละเอียดประกอบด้วย (1) ลิงก์เชื่อมต่อ Google Form (2) ตัวกรองควบคุมการนำเสนอข้อมูลจากข้อมูลข้อศูนย์ (3) ข้อมูลภาพประกอบของที่พิกหรือห้องพิก (4) ข้อมูลศูนย์ (5) ข้อมูลชื่อที่พิก (6) ข้อมูลเบอร์โทรศัพท์ติดต่อที่พิก (7) ข้อมูลที่อยู่ ตำแหน่งที่ตั้งของที่พิก และ (8) ช่วงราคาของที่พิก โดยในการนำเสนอข้อมูลอยู่ในรูปแบบเรียลไทม์

2.5 การสร้างแดชบอร์ดนำเสนอข้อมูล (Create Interactive Dashboard)

งานวิจัยนี้เลือกใช้ Looker Studio ของบริษัท Google เชื่อมต่อข้อมูลกับไฟล์ข้อมูลที่พิกด้วย Google Sheet สร้างแผนภูมิ กราฟต่าง ๆ นำเสนอข้อมูลตามที่ได้ออกแบบไว้ในขั้นตอน 2.4 ข้างต้น จำนวน 4 หน้าจอ ประกอบด้วย (1) แดชบอร์ดข้อมูลที่พิก (2) รายงานสืบค้นข้อมูลที่พิก (3) รายงานข้อมูลพิกแนะนำที่พิกให้ห้อง และ (4) ข้อมูลติดต่อผู้พัฒนา โดยพัฒนาบนเครื่องคอมพิวเตอร์พร้อมเชื่อมต่อเครือข่ายอินเทอร์เน็ต มีหน่วยประมวลผล Intel i5-9400F ความเร็ว 2.90 GHz หน่วยความจำ Ram 16 GB ทำงานบนระบบปฏิบัติการ Window 10 และใช้ Canva สร้างแบนเนอร์ ไอคอน และงานกราฟฟิกต่าง ๆ

2.6 การทดสอบประสิทธิภาพ (Testing)

งานวิจัยนี้ดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพแดชบอร์ดข้อมูลเชิงวิเคราะห์สำหรับที่พิกนักศึกษา แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย

ส่วนที่ 1 การทดสอบความพึงพอใจของผู้ใช้งาน กำหนดผู้ใช้งานเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มีความสนใจศึกษาต่อในระดับปริญญาตรีในคณะต่าง ๆ ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จำนวน 20 ราย โดยดำเนินการเผยแพร่ลิงก์ของแดชบอร์ดข้อมูลให้นักเรียนกลุ่มเป้าหมายได้ทดสอบการใช้งาน จากนั้นดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลความพึงพอใจของกลุ่มเป้าหมายที่มีต่อแดชบอร์ดข้อมูลเชิงวิเคราะห์สำหรับที่พิกนักศึกษา โดยใช้เครื่องมือแบบสอบถามออนไลน์ Google Form โดยมีประเด็นข้อคำถาม 2 ประเด็น ประกอบด้วย ความคิดเห็นเกี่ยวกับวิธีการใช้งานแดชบอร์ดข้อมูลที่พิก และความคิดเห็นเกี่ยวกับการออกแบบและการจัดรูปแบบของแดชบอร์ดข้อมูล โดยใช้มาตราส่วน (Rating Scale) ประเมินค่าคะแนน 5 ระดับ โดยเกณฑ์การยอมรับว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อแดชบอร์ดข้อมูลที่พัฒนาขึ้น โดยกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการให้ความหมายด้วยค่าเฉลี่ยเป็นรายช่วงและรายข้อมีรายละเอียดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 รายละเอียดเกณฑ์คะแนนและค่าเฉลี่ยรายช่วง

ระดับคะแนน	ความหมายระดับคะแนน	ค่าเฉลี่ยรายช่วง	แปลผลค่าเฉลี่ยรายช่วง
5	มากที่สุด	4.51 - 5.00	มากที่สุด
4	มาก	3.51 - 4.50	มาก
3	ปานกลาง	2.51 - 3.50	ปานกลาง
2	น้อย	1.51 - 2.50	น้อย
1	น้อยที่สุด	1.00 - 1.50	น้อยที่สุด

สำหรับสถิติที่ใช้ในการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานเป้าหมาย คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังสมการที่ (1) และสมการที่ (2) ตามลำดับ

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N} \quad (1)$$

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{(N - 1)}} \quad (2)$$

โดยที่ $\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต
 $S.D.$ คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 X_i คือ ข้อมูลแต่ละจำนวน
 N คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

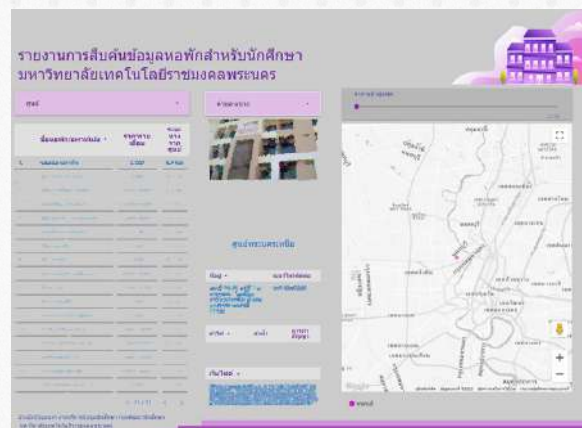
ส่วนที่ 2 การศึกษาความคิดเห็นจากผู้ทรงคุณวุฒิ เนื่องจากงานวิจัยนี้ดำเนินงานเกี่ยวกับงานบริการข้อมูลที่พักนักศึกษา วิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ซึ่งเป็นภาระงานของหน่วยงานกอนพัฒนาักศึกษา ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้จัดทำหนังสือเชิญผู้ทรงคุณวุฒิจากหน่วยงานกอนพัฒนาักศึกษา จำนวน 3 ท่าน เพื่อประเมินการใช้งานแดชบอร์ดข้อมูลเชิงวิเคราะห์สำหรับที่พักนักศึกษา และให้ความคิดเห็นที่มีต่อผลงานที่ได้พัฒนาขึ้น

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

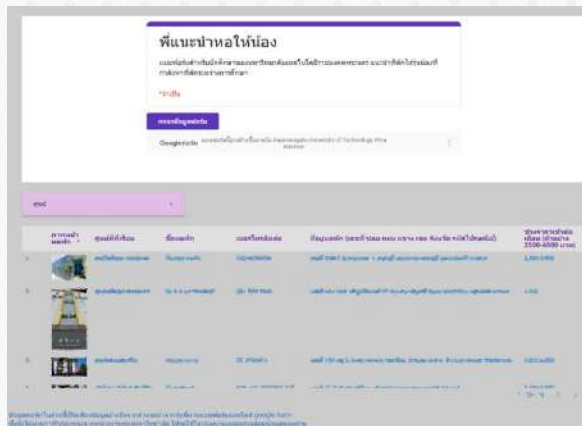
ผลการพัฒนาแดชบอร์ดข้อมูลเชิงวิเคราะห์สำหรับที่พักนักศึกษา วิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จำนวน 4 หน้าจอส่วนต่อประสาน (User Interface: UI) ใช้เครื่องมือ Looker Studio สำหรับสร้างแผนภูมิต่าง ๆ เชื่อมต่อกับข้อมูลที่พักนักศึกษาที่จัดเก็บในรูปแบบ Google Sheet ผลลัพธ์หน้าจอส่วนต่อประสานแดชบอร์ดข้อมูลเชิงวิเคราะห์สำหรับที่พักนักศึกษาดังภาพที่ 4 ถึง 7 ตามลำดับ



ภาพที่ 4 UI หน้าหลักของแดชบอร์ด



ภาพที่ 5 UI รายงานสืบค้นข้อมูลที่พัก



ภาพที่ 6 UI รายงานข้อมูลพัฒนาที่พักให้นักเรียน



ภาพที่ 7 UI ส่วนติดต่อผู้พัฒนาระบบ

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการนำเสนอข้อมูลของแดชบอร์ดที่พัฒนาก่อนหน้า ของผู้ใช้งานกลุ่มเป้าหมาย คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มีความสนใจศึกษาเล่าเรียนในระดับปริญญาตรีในคณะต่าง ๆ ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จำนวน 20 ราย โดยใช้แบบสอบถามออนไลน์ มีประเด็นข้อคำถาม 2 ประเด็นหลักคือ ประเด็นความคิดเห็นต่อการใช้งาน และประเด็นความสวยงามของแดชบอร์ดนำเสนอข้อมูล โดยประเด็นความคิดเห็นต่อการใช้งานมีคำถามจำนวน 4 ข้อ ประกอบด้วย (1) ความคิดเห็นต่อการเข้าถึงแดชบอร์ดนำเสนอข้อมูลง่ายเพียงใด (2) ความคิดเห็นต่อความซับซ้อนในการนำเสนอ (3) ความคิดเห็นต่อการใช้งานง่ายเพียงใด (4) ความคิดเห็นต่อการนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาประยุกต์ใช้ในการนำเสนอข้อมูล สำหรับประเด็นความคิดเห็นด้านความสวยงามมีข้อคำถามจำนวน 4 ข้อเช่นกัน ประกอบด้วย (1) ความสวยงามและเหมาะสมของหน้าแดชบอร์ด และรายงานต่าง ๆ (2) การจัดวางตำแหน่ง ลำดับ ขนาด ความเป็นระเบียบ (3) การใช้ สี ภาพกราฟฟิก มีความสวยงาม เหมาะสม และ (4) การนำเสนอเนื้อหาสอดคล้องสื่อสารความหมายในทิศทางเดียวกัน

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

ประเด็นคำถาม	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
1. ความคิดเห็นด้านการใช้งานแดชบอร์ดข้อมูล			
1.1 ระบบของแดชบอร์ดเข้าถึงได้ง่าย	4.20	0.52	มาก
1.2 ระบบของแดชบอร์ดไม่ยุ่งยากซับซ้อน	4.15	0.74	มาก
1.3 ขั้นตอนในการใช้แดชบอร์ดทำได้ง่าย	4.20	0.83	มาก
1.4 เทคโนโลยีมีความทันสมัยและสะดวกรวดเร็วต่อการใช้งาน	4.50	0.60	มากที่สุด
รวมด้านการใช้งาน	4.26	0.14	มาก
2. ความคิดเห็นด้านความสวยงาม เหมาะสม และน่าสนใจ	4.35	0.59	มาก
2.1 ความสวยงาม เหมาะสมของหน้าแดชบอร์ด และรายงานต่าง ๆ	4.25	0.72	มาก
2.2 การจัดวางตำแหน่ง ลำดับ ขนาด ความเป็นระเบียบ	4.45	0.69	มาก
2.3 การใช้สี ภาพกราฟฟิก มีความสวยงาม เหมาะสม	4.35	0.67	มาก
2.4 นำเสนอเนื้อหาสอดคล้องสื่อสารความหมายในทิศทางเดียวกัน	4.35	0.06	มาก
รวมด้านความสวยงาม	4.35	0.59	มาก
ภาพรวมของความคิดเห็น	4.31	0.60	มาก

ผลการเก็บรวบรวมข้อมูล และนำข้อมูลมาวิเคราะห์ค่าสถิติเบื้องต้น พบว่า ผู้ใช้งานเป้าหมายมีความพึงพอใจต่อการใช้งานแดชบอร์ดนำเสนอข้อมูลที่พักนักศึกษาระดับมากที่สุดค่าเฉลี่ย 4.31 รายละเอียดผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 3

สำหรับผลการศึกษาความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ ซึ่งเป็นบุคลากรจากกองพัฒนานักศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จำนวน 3 ท่าน พบว่า โดยภาพรวมแดชบอร์ดข้อมูลที่พักศึกษา มีการจัดการข้อมูลอย่างเป็นระบบ นำเสนอข้อมูลที่พักได้ชัดเจน และเป็นระเบียบ สามารถเรียกใช้งานและค้นหาข้อมูลได้ง่าย การใช้รูปภาพกราฟิก และแผนที่ของ Google Map ทำให้มีความน่าสนใจ และนำใช้งาน มีการแยกข้อมูลตามศูนย์ต่าง ๆ ฟังก์ชันคำนวณระยะทางบนแผนที่ และนำเสนอราคาเช่าทำให้ผู้ใช้งานได้รับข้อมูลเชิงเปรียบเทียบ และช่วยให้ง่ายต่อการตัดสินใจเป็นประโยชน์ต่อนักศึกษาและผู้ปกครอง โดยเฉพาะนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ได้ใช้เป็นข้อมูลสำหรับช่วยตัดสินใจในการเลือกที่พักสำหรับอยู่อาศัยขณะศึกษาเล่าเรียน นอกจากนี้ ยังมีข้อเสนอแนะสำหรับปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของแดชบอร์ดมากขึ้น ดังนั้นการจัดเก็บสถิติการสืบค้นและการเข้าใช้งานแดชบอร์ด เพิ่มภาพตัวอย่างประกอบในที่พักเพิ่มเติมเพื่อประกอบการตัดสินใจของนักศึกษามีฟังก์ชันอัปเดตข้อมูลที่พักในทุกปี เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ปัจจุบันในเรื่องราคาเช่า ค่าไฟ ค่าน้ำ เป็นต้นในส่วนหน้ารายละเอียดนำเสนอข้อมูลที่พักให้ห้องควรอยู่ในส่วนหลังบ้าน (Back End) และมีผู้ดูแลระบบ (Admin) ตรวจสอบหรือกลั่นกรองข้อมูลก่อนนำเสนอข้อมูล ทั้งนี้เพื่อป้องกันการเข้าถึง และตรวจสอบคุณภาพพื้นฐานของที่พักก่อนอีกด้วย นอกจากนี้ควรมีระบบหลังบ้านสำหรับผู้ดูแลระบบได้ปรับปรุงข้อมูลให้เป็นปัจจุบันอยู่เสมอ ซึ่งจากความคิดเห็นของผู้ใช้งานกลุ่มเป้าหมาย และความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิข้างต้น คณะผู้วิจัยดำเนินการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะทั้งในส่วนหลังบ้าน และหน้ารายงานนำเสนอข้อมูลที่พักให้ห้อง ทั้งนี้เพื่อให้สอดคล้องและตรงกับความต้องการของหน่วยงานผู้รับผิดชอบโดยตรง

4. บทสรุป

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการนำศาสตร์ด้านการนำเสนอข้อมูลด้วยภาพ (Data Visualization) มาประยุกต์ใช้ในการสร้างแดชบอร์ดข้อมูลเชิงวิเคราะห์สำหรับที่พักนักศึกษา กรณีศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ใช้เครื่องมือสร้างแดชบอร์ดด้วย Looker Studio ผลิตภัณฑ์ของ Google เขียนชุดคำสั่งภาษาไพธอนสำหรับจัดเตรียมข้อมูลที่พักนักศึกษา (Data Preparation) ร่วมกับไลบรารีต่าง ๆ ประกอบด้วย ไลบรารี Aspose.PDF สำหรับแปลงข้อมูลจากรูปแบบไฟล์ PDF เป็นไฟล์ CSV ใช้ไลบรารี NumPy และ pandas สำหรับจัดการข้อมูลให้มีความเหมาะสมกับการนำเสนอข้อมูล นอกจากนั้นยังใช้การเขียนสคริปต์คำสั่งด้วย Apps Script เพื่อสร้างมิติข้อมูลสำคัญสำหรับเปรียบเทียบระยะทาง จัดเก็บข้อมูลในรูปแบบ Google Sheet อย่างสมบูรณ์ ดำเนินการสร้างหน้าแดชบอร์ดและรายงานข้อมูลจำนวน 4 หน้า จากนั้นดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของแดชบอร์ดข้อมูลเชิงวิเคราะห์สำหรับที่พักนักศึกษากับผู้ใช้งานกลุ่มเป้าหมายจำนวน 20 ราย ผลการเก็บรวบรวม และวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้ใช้งานเป้าหมายด้วยค่าสถิติพื้นฐาน พบว่า ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจภาพรวมระดับมากที่สุดค่าเฉลี่ย 4.31 นอกจากนั้นคณะผู้วิจัยได้นำเสนอแดชบอร์ดนำเสนอข้อมูลที่พักนักศึกษากับผู้ทรงคุณวุฒิ ซึ่งเป็นบุคลากรจากกองพัฒนานักศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล เจ้าของข้อมูลที่พักนักศึกษา เพื่อขอความคิดเห็นและข้อเสนอแนะต่าง ๆ จำนวน 3 ท่าน จากความคิดเห็นและข้อเสนอแนะสำหรับปรับปรุงประสิทธิภาพแดชบอร์ดนำเสนอข้อมูลของผู้ทรงคุณวุฒิ พบว่า แดชบอร์ดนำเสนอข้อมูลที่พักนักศึกษาสามารถนำไปใช้ประโยชน์สำหรับนักศึกษา และผู้ปกครองใช้เป็นข้อมูลช่วยสนับสนุนการตัดสินใจเลือกที่พักอยู่อาศัยขณะศึกษาเล่าเรียนได้ คณะผู้วิจัยได้นำข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิมาปรับปรุงแก้ไขผลงานวิจัยจนแล้วเสร็จ นอกจากนั้นเมื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์กับเว็บไซต์ค้นหาที่พักอื่น ๆ มักให้บริการในลักษณะทั่วไป โดยเน้นที่การแสดงรายการที่พักตามพื้นที่ ราคา หรือสิ่งอำนวยความสะดวก แต่แดชบอร์ดที่พัฒนาขึ้นมีจุดเด่นด้านการเชื่อมโยงกับฐานข้อมูลของมหาวิทยาลัย การแสดงข้อมูลเชิงวิเคราะห์ และการบูรณาการกับระบบบริการนักศึกษาในส่วนจัดการข้อมูลที่พักที่ได้รับการตรวจสอบแล้วจากหน่วยงานกลางของ

มหาวิทยาลัย ทำให้สามารถให้ข้อมูลที่ถูกต้อง น่าเชื่อถือ และสนับสนุนการตัดสินใจได้ดีกว่า เหมาะสมต่อการนำไปใช้ในบริบทของการบริหารจัดการภายใต้นโยบายมหาวิทยาลัยดิจิทัลอย่างแท้จริง

คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดทำหนังสือส่งผลลัพธ์ของงานวิจัยไปยังกองพัฒนานักศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ผ่านหน่วยงานต้นสังกัดคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อให้สามารถนำผลงานดังกล่าวไปใช้ประโยชน์เชิงนโยบายและการดำเนินงานภายใต้กรอบนโยบายมหาวิทยาลัยดิจิทัล ปัจจุบันกองพัฒนานักศึกษาได้นำแดชบอร์ดสำหรับการนำเสนอข้อมูลที่พนักงานศึกษาไปใช้งานอย่างเป็นรูปธรรม และเผยแพร่ผ่านเว็บไซต์และการสแกนคิวอาร์โค้ดเพื่อให้เข้าถึงได้ง่ายสำหรับนักศึกษาและผู้ที่เกี่ยวข้อง

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิจากกองพัฒนานักศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้ความอนุเคราะห์ให้ความคิดเห็น และข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงผลงานวิจัย รวมทั้งการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ และขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหน่วยงานต้นสังกัดของคณะผู้วิจัย ที่ให้การสนับสนุนในการดำเนินงานวิจัย และเป็นหน่วยงานจัดการประชุมวิชาการ และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้การสนับสนุน งบประมาณ ในการนำเสนอบทความในงานประชุมวิชาการระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 8 ในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] E. T. Pascarella and Terenzini, P. T. How College Affects Students: A Third Decade of Research. *Jossey-Bass*. 2005.
- [2] อารยา ศรีบุญเรือง. การส่งเสริมทักษะชีวิตของนักศึกษาที่พักในที่พัก. *วารสารการพัฒนารวมชนและคุณภาพชีวิต*, 6(2) (2561) 123–134.
- [3] ประวิทย์ เชื้ออ่ำ. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกที่พักของนักศึกษามหาวิทยาลัยในเขตกรุงเทพมหานคร. *วารสารวิจัยและพัฒนา มจร.*, 44(3)(2564) 45–57.
- [4] ภริวิชัย ชัยมาลา และ สิริโณม พิเชษฐบุญเกียรติ. การพัฒนาทักษะชีวิตด้วยกิจกรรมสร้างสรรค์สำหรับนักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์ที่พักอาศัยในที่พักมหาวิทยาลัย. *วารสารสังคมศาสตร์วิชาการ*, 17(1)(2567) 67–81.
- [5] Looker Studio Overview. (2025). Available: <https://lookerstudio.google.com/overview>.
- [6] S., Padmamma, and M, G. (2023). Data visualization of e-journal collection of Kuvempu University Library using Google's Looker Studio. *ResearchGate*. สืบค้นจาก <https://www.researchgate.net/publication/375799707...>
- [7] Y. Akbar, H. S. Az-Zahra, K. Setiawan, R. Fajri, Implementation of the Naive Bayes Method in Looker Studio for data on the achievement of Great IDN in IDN Akhwat School. *Indonesian Journal of Multidisciplinary Science*. 3(11)(2024). <https://doi.org/10.55324/ijoms.v3i11.981>.
- [8] G. Oktafialfa, A. P. Wahyu, Implementation of business intelligence for analysis data of drug sales using exploratory data analysis (EDA) and visualization data using Looker Studio. *Syntax Literate Journal Ilmiah Indonesia*. 9(10)(2024) 5794–5802. <https://doi.org/10.36418/syntax-literate.v9i10.51669>
- [9] วรากร ไทยปรีชา และ คณิศ พันธุ์สวัสดิ์. การประยุกต์ใช้แดชบอร์ดสำหรับอุตสาหกรรมโดยเปรียบเทียบโปรแกรมที่ใช้ระหว่าง Google Data Studio และ Microsoft Power BI. *Journal of Management Science Research*, Surindra Rajabhat University, 7(3)(2023) 39–53.

- [10] กองพัฒนานักศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. (2023). ที่พักนักศึกษา. สืบค้นจาก <https://std.rmutp.ac.th/dorm/>
- [11] Aspose. (2025). Aspose.PDF for Python. สืบค้นจาก <https://pypi.org/project/aspose-pdf/>

การวิเคราะห์ความคิดเห็นด้วยแบบจำลองภาษาขนาดใหญ่ Sentiment Analysis using Large Language Models

วีระนุช วุฒิ¹ กวินภัคร อินทร์โพธิ์¹ และ วีรวรรณ จันทะทรัพย์^{1*}

¹ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

*E-mail: veerawan.j@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมและวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้บริโภคเครื่องสำอางจากแพลตฟอร์มดิจิทัลต่าง ๆ ได้แก่ Facebook, X และเว็บไซต์ โดยใช้เทคนิคการดึงข้อมูลจากเว็บไซต์ โดยดึงเนื้อหาความคิดเห็นของผู้ใช้มาวิเคราะห์ โดยสามารถรวบรวมข้อมูลความคิดเห็นได้ทั้งสิ้น 3,000 รายการ แบ่งเป็นความคิดเห็นเชิงบวกและความคิดเห็นเชิงลบอย่างละ 1,500 รายการ ข้อมูลที่รวบรวมได้ถูกนำมาผ่านกระบวนการประมวลผลภาษาธรรมชาติ (NLP) เพื่อทำความสะอาดและแปลงข้อความให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมต่อการวิเคราะห์ จากนั้นนำข้อมูลผ่านการปรับปรุงแล้วไปวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองภาษาขนาดใหญ่ที่มีชื่อว่า “WangchanBERTa” ซึ่งเป็นโมเดลปัญญาประดิษฐ์ที่พัฒนาขึ้นเฉพาะสำหรับการประมวลผลภาษาไทยเพื่อใช้ในการจำแนกความคิดเห็นของผู้บริโภค

ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า แบบจำลองดังกล่าวสามารถจำแนกความคิดเห็นได้อย่างถูกต้องในอัตราความแม่นยำสูงถึง 97% ผลการวิจัยชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ในการสนับสนุนการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึกจากผู้บริโภค และได้นำผลลัพธ์จากแบบจำลองไปพัฒนาเป็นเว็บแอปพลิเคชันต้นแบบ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือช่วยสนับสนุนธุรกิจเครื่องสำอางในการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ โดยเฉพาะด้านการวางแผนการตลาดที่ตอบสนองต่อความคิดเห็นและความต้องการของผู้บริโภค

คำสำคัญ: แบบจำลองภาษาขนาดใหญ่ การประมวลผลภาษาธรรมชาติ การวิเคราะห์ความคิดเห็น

Abstract

This research aims to collect and analyze consumer opinions on cosmetic products from various digital platforms, including Facebook, X, and online forums, by employing web scraping techniques to extract user-generated content. A total of 3,000 opinion entries were collected, consisting of 1,500 positive comments and 1,500 negative comments. The collected data were processed using Natural Language Processing (NLP) techniques to clean and transform the text into a format suitable for analysis. The refined data were then analyzed using a large language model called “WangchanBERTa” an artificial intelligence model specifically developed for processing the Thai language, in order to classify consumer opinions into positive and negative categories.

The analysis results indicate that the model is capable of accurately classifying opinions, achieving a high accuracy rate of 97%. The findings highlight the potential of artificial intelligence technology in supporting in-depth consumer data analysis. Based on the model's outcomes, a prototype web application was developed as a tool to assist the cosmetics business in making strategic decisions—particularly in marketing planning that effectively responds to consumer opinions and needs.

Keywords: Large Language Model, Natural Language Processing, Sentiment Analysis

1. บทนำ

ในยุคดิจิทัลที่เทคโนโลยีสารสนเทศมีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวัน แพลตฟอร์มออนไลน์ได้กลายเป็นช่องทางหลักที่ผู้บริโภคใช้แสดงความคิดเห็น แบ่งปันประสบการณ์ และสื่อสารความต้องการเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์และบริการต่าง ๆ อุตสาหกรรมเครื่องสำอางเป็นหนึ่งในกลุ่มธุรกิจที่ได้รับอิทธิพลจากความคิดเห็นของผู้บริโภคบนแพลตฟอร์มดิจิทัลอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะบนแพลตฟอร์มยอดนิยม เช่น Facebook, X และเว็บบอร์ดต่าง ๆ ซึ่งเป็นแหล่งข้อมูลที่สะท้อนทัศนคติ ความพึงพอใจ และข้อเสนอแนะของผู้ใช้ที่มีต่อผลิตภัณฑ์โดยตรงไปตรงมาและต่อเนื่อง การทำความเข้าใจความคิดเห็นของผู้บริโภคจากข้อมูลที่ไม่มีโครงสร้าง (Unstructured Data) บนสื่อออนไลน์จึงเป็นเครื่องมือสำคัญในการสนับสนุนการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ของธุรกิจเครื่องสำอาง อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์ข้อมูลภาษาไทยโดยเฉพาะจากความคิดเห็นในโลกออนไลน์ยังคงเป็นความท้าทาย เนื่องจากลักษณะของภาษาที่มีความหลากหลายและซับซ้อน รวมถึงการใช้ภาษาที่ไม่เป็นทางการ ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา มีงานวิจัยจำนวนมากที่ให้ความสนใจกับการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้บริโภคเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางบนแพลตฟอร์มออนไลน์ โดยเน้นการใช้เทคโนโลยีการประมวลผลภาษาธรรมชาติ (NLP) และการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) เพื่อจำแนกอารมณ์ความรู้สึก (Sentiment Classification) และทำความเข้าใจพฤติกรรมของผู้บริโภค ตัวอย่างเช่น งานวิจัยของ Park และคณะ [1] ได้วิเคราะห์ความคิดเห็นเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ดูแลผิวจากเว็บไซต์รีวิวของผู้บริโภค โดยใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องในการจำแนกความคิดเห็นเป็นหมวดหมู่ต่าง ๆ เพื่อระบุจุดเด่นและจุดด้อยของผลิตภัณฑ์จากมุมมองของผู้ใช้ นอกจากนี้ Yadav และ Vishwakarma [2] ยังได้เสนอแนวทางการใช้ศาสตร์การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) สำหรับการวิเคราะห์ความคิดเห็นเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ความงามบน X ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบหน่วยความจำระยะยาว-ระยะสั้น (Long Short-Term Memory: LSTM) ในการจับบริบทของภาษาที่ไม่เป็นทางการ สำหรับการจำแนกความคิดเห็นภาษาไทยผลงานวิจัยของ Phumeechanya และคณะ [3] ได้ศึกษาการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้บริโภคเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางโดยใช้เทคนิค NLP ร่วมกับขั้นตอนวิธีการจำแนกประเภท เช่น Naïve Bayes และ Support Vector Machine ซึ่งเป็นงานที่แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดังกล่าวกับภาษาไทย งานวิจัยเหล่านี้สะท้อนให้เห็นถึงแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นของการใช้เทคโนโลยี AI และ NLP ในการวิเคราะห์ข้อมูลความคิดเห็นของผู้บริโภคในอุตสาหกรรมความงาม

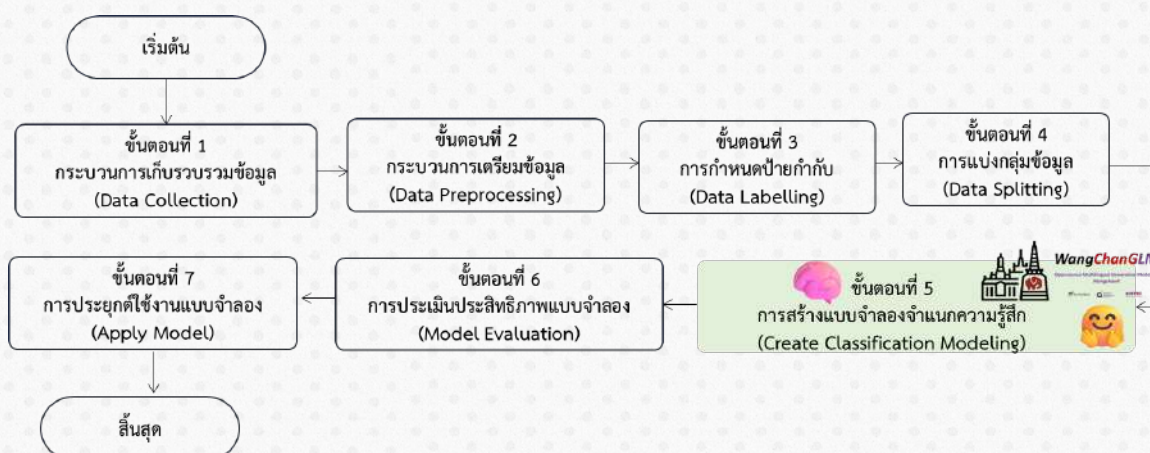
ปัจจุบันปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ (Generative AI: GEN AI) และแบบจำลองภาษาขนาดใหญ่ (Large Language Models: LLM) กำลังกลายเป็นเครื่องมือสำคัญในการประมวลผลข้อมูลจากผู้บริโภค โดยเฉพาะในการจำแนกความคิดเห็นที่มีอยู่ในสื่อออนไลน์ เช่น โซเชียลมีเดีย เว็บบอร์ด และการรีวิวผลิตภัณฑ์ เนื่องจากมีความสามารถในการทำความเข้าใจและจำแนกข้อมูลที่มีลักษณะเป็นข้อความได้อย่างแม่นยำและรวดเร็ว ตัวอย่าง GEN AI และ LLM ในการจำแนกความคิดเห็นของผู้บริโภค อาทิ GPT (Generative Pre-trained Transformer) หรือ BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) ซึ่งปัจจุบันแบบจำลองภาษาขนาดใหญ่ทั้งสองได้รับความนิยมในหมู่นักวิจัยที่นำมาใช้เป็นเครื่องมือสำหรับประมวลผลความคิดเห็นของผู้บริโภค เพื่อช่วยในการจำแนกความคิดเห็นเชิงบวกและเชิงลบ

รวมถึงการระบุความคิดเห็นที่เกี่ยวข้องกับปัญหาหรือคุณสมบัติที่สำคัญของผลิตภัณฑ์และบริการ สำหรับภาษาไทยการพัฒนาแบบจำลองภาษาขนาดใหญ่มีความท้าทายอย่างมาก โดยมีโมเดลหลายตัวที่ถูกออกแบบมาเพื่อรองรับการประมวลผลข้อมูลข้อความภาษาไทยในลักษณะต่าง ๆ เช่น การจำแนกความคิดเห็น การแปลภาษา หรือการวิเคราะห์ข้อมูลลำดับ โมเดลที่พัฒนาโดยนักวิจัยไทย เช่น Thai2Vec, T5-Thai, DeePavlov, ELECTRA-TH, BERT-TH และ WangchanBERTa ซึ่งเป็นหนึ่งในแบบจำลอง BERT ที่พัฒนาขึ้นสำหรับภาษาไทย โดยถูกฝึกด้วยข้อมูลขนาดใหญ่ของภาษาไทยมีเป้าหมายในการปรับปรุงการประมวลผลภาษาธรรมชาติในบริบทของภาษาไทยในงานด้านต่าง ๆ อาทิ การจำแนกอารมณ์ ความคิดเห็น หรือการตอบกลับอัตโนมัติ พัฒนาโดยวิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ และ VISTEC [4] ปัจจุบันมีงานวิจัยที่ใช้ WangchanBERTa สำหรับงานด้านต่าง ๆ เช่น การจำแนกความคิดเห็น การวิเคราะห์อารมณ์ และแปลภาษา เป็นต้น [5-10]

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมและวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้บริโภคเครื่องสำอางจากแพลตฟอร์มดิจิทัล ได้แก่ เฟซบุ๊ก แอปพลิเคชันเอ็กซ์ และเว็บบอร์ด โดยใช้เทคนิคการดึงข้อมูลจากเว็บไซต์ เพื่อดึงเนื้อหาความคิดเห็นของผู้ใช้มาวิเคราะห์ ด้วยการประยุกต์ใช้ศาสตร์การประมวลผลภาษาธรรมชาติ (NLP) ร่วมกับใช้แบบจำลองภาษาขนาดใหญ่ WangchanBERTa และนำผลลัพธ์จากแบบจำลองไปประยุกต์พัฒนาเป็นเว็บแอปพลิเคชันต้นแบบ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือช่วยสนับสนุนธุรกิจเครื่องสำอางในการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ โดยเฉพาะด้านการวางแผนการตลาดที่ตอบสนองต่อความคิดเห็นและความต้องการของผู้บริโภค

2. วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมและวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้บริโภคเครื่องสำอางจากแพลตฟอร์มดิจิทัล ได้แก่ เฟซบุ๊ก แอปพลิเคชันเอ็กซ์ และเว็บบอร์ด โดยใช้เทคนิคการดึงข้อมูลจากเว็บไซต์ (Web Scraping) เพื่อดึงเนื้อหาความคิดเห็นของผู้ใช้มาใช้ในการวิเคราะห์ ใช้ศาสตร์ด้านการประมวลผลภาษาธรรมชาติ (NLP) การทำความสะอาดข้อมูล (Data Cleaning) ตัดแบ่งคำ (Tokenization) ตัดคำฟุ่มเฟือย (Stop Word Removal) และเพิ่มคำศัพท์ใหม่ (Bag of Words: BOW) เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เหมาะสมและเพิ่มความแม่นยำให้กับแบบจำลองในการจำแนกความคิดเห็นของผู้บริโภคเครื่องสำอาง ดำเนินการติดป้ายเพื่อจัดประเภทความคิดเห็น ประกอบด้วย 2 ประเภท คือ ความคิดเห็นเชิงบวก (Positive) และความคิดเห็นเชิงลบ (Negative) ดำเนินการแบ่งข้อมูลที่ผ่านกระบวนการประมวลผลเบื้องต้นแล้วมาแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนสำหรับการเรียนรู้ (Training Dataset) กับแบบจำลองภาษาขนาดใหญ่ (LLM) สำหรับภาษาไทย WangchanBERTa และส่วนการทดสอบ (Testing Dataset) ดำเนินการฝึกสอน (Training Model) และดำเนินการทดสอบ (Testing Model) จากนั้นนำแบบจำลองที่ได้มาพัฒนาเป็นเว็บแอปพลิเคชันต้นแบบ โครงสร้างกระบวนการดำเนินงานวิจัยแสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนผังโครงสร้างกระบวนการดำเนินงานวิจัย

จากแผนภาพโครงสร้างกระบวนการดำเนินงานวิจัยข้างต้น สามารถอธิบายขั้นตอนการทำงานในแต่ละส่วนได้ดังนี้

2.1 กระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูล (Data Collection)

ในงานวิจัยนี้เก็บรวบรวมข้อมูลความคิดเห็นของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางจากแหล่งข้อมูลหลัก 3 แหล่ง ได้แก่ เฟซบุ๊ก (Facebook) แอปพลิเคชันเอ็กซ์ (X Application) และเว็บบอร์ด (Web board) ซึ่งเป็นแพลตฟอร์มสื่อสังคมออนไลน์ที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในประเทศไทย การเลือกใช้ข้อมูลจากทั้งสามแหล่งดังกล่าวมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้มุมมองที่หลากหลายและครอบคลุมพฤติกรรมการแสดงความคิดเห็นของผู้บริโภคในบริบทดิจิทัล โดย Facebook เป็นแพลตฟอร์มที่ผู้ใช้งานมักแสดงความคิดเห็นผ่านเพจผลิตภัณฑ์หรือกลุ่มผู้ใช้งาน ทำให้สามารถเข้าถึงความคิดเห็นที่มีความลึกและมีการโต้ตอบที่หลากหลาย ขณะที่แอปพลิเคชันเอ็กซ์ หรือชื่อเดิมคือ Twitter เป็นแหล่งข้อมูลที่สะท้อนความคิดเห็นในรูปแบบเรียลไทม์และเน้นความกระชับ ซึ่งเหมาะสำหรับการติดตามแนวโน้มและทัศนคติที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในสังคม ส่วน เว็บบอร์ด ถือเป็นพื้นที่ที่เปิดให้ผู้ใช้งานสามารถแสดงความคิดเห็นหรือแลกเปลี่ยนประสบการณ์อย่างเป็นอิสระ โดยเฉพาะในหัวข้อเฉพาะทาง เช่น ความงามหรือการดูแลผิวพรรณ จึงเป็นแหล่งข้อมูลที่มีเนื้อหาละเอียดและเชิงลึก การใช้แหล่งข้อมูลทั้ง 3 นี้ร่วมกันจึงช่วยเสริมความสมบูรณ์ในการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้บริโภค และเพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับผลการวิจัย โดยเก็บข้อมูลในช่วง มกราคม 2565 – ธันวาคม 2566 เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมแนวโน้มและพฤติกรรมของผู้บริโภคในระยะยาว โดยใช้เทคนิคการดึงข้อมูลจากหน้าเว็บ (Web Scraping) พัฒนาชุดคำสั่งด้วยภาษาไพธอน (Python Language) ร่วมกับไลบรารี Beautiful Soup และ Scrapy พัฒนาคำสั่งบนเครื่องมือและประมวลบนคลาวด์ (Cloud Computing) ของ Google Colab รุ่น Pro ซึ่งช่วยให้สามารถวิเคราะห์และจัดการข้อมูลขนาดใหญ่ได้อย่างสะดวก จัดเก็บข้อมูลในรูปแบบไฟล์ CSV เก็บรวบรวมข้อมูลทั้งสิ้น 3,000 รายการ กระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูลในงานวิจัยนี้ดำเนินการภายใต้หลักจริยธรรมการวิจัยมนุษย์ โดยหลีกเลี่ยงการละเมิดความเป็นส่วนตัวของผู้ใช้ และปกปิดข้อมูลส่วนบุคคลเพื่อรักษาความเป็นส่วนตัวของแหล่งข้อมูล ตัวอย่างข้อมูลความคิดเห็นที่เก็บรวบรวมแสดงดังภาพที่ 2

ใช้ดีมากกกกกกกเลยคะะะะ เล็บมาก (,,> <,,)♡♡♡♡♡♡
มีดีแค่กลิ่นหอมแต่ใช้แล้วสิวขึ้น พักก่อนน 🙄
คุณภาพดีมาก 😊 แต่ราคาแรงไปหน่อย 😞

ภาพที่ 2 ตัวอย่างข้อมูลความคิดเห็นของผู้บริโภคเครื่องสำอาง

2.2 กระบวนการเตรียมข้อมูล (Data Preprocessing)

เป็นขั้นตอนต่าง ๆ สำหรับเตรียมข้อมูลก่อนนำไปสกัดคุณลักษณะสำคัญของคำ เพื่อนำไปจำแนกประเภทความรู้สึก สำหรับงานวิจัยนี้ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก คือ การทำความสะอาดข้อมูล (Data Cleaning) การตัดแบ่งคำ (Tokenization) การตัดคำฟุ่มเฟือย หรือคำศัพท์ที่ไม่ผลต่อการจำแนก เช่น คำเชื่อม (Stop Word) และการเพิ่มคำศัพท์ใหม่หรือเพิ่มคำศัพท์ที่มีผลต่อการจำแนกลงในคลังคำศัพท์ (Bag of Word) รายละเอียดในแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

2.2.1 การทำความสะอาดข้อมูล (Data Cleaning) เป็นขั้นตอนสำคัญในการเตรียมข้อมูลก่อนการวิเคราะห์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อคัดกรองและปรับปรุงคุณภาพของข้อมูลให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ในการศึกษาข้อมูลความคิดเห็นของผู้บริโภคที่ได้จากแพลตฟอร์มออนไลน์ประกอบด้วยอักขระหลากหลายประเภท ได้แก่ ภาษาไทย ภาษาอังกฤษ ตัวเลข อักขระพิเศษ ช่องว่าง และสัญลักษณ์อิโมจิ แต่เนื่องจากงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการวิเคราะห์ข้อความภาษาไทย จึงกำหนดให้อักขระภาษาไทยเป็นข้อมูลที่พึงประสงค์ และดำเนินการตัดข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องออก ได้แก่ ตัวอักษรภาษาอังกฤษ ตัวเลข อักขระพิเศษ ช่องว่าง และอิโมจิ รวมถึงตัวเลขที่ใช้แสดงอารมณ์ เช่น "555" และอิโมจิแสดงความรู้สึก เช่น 😊, 😞,

♡ และ 🙌 เป็นต้น แม้ข้อมูลเหล่านี้อาจมีนัยทางอารมณ์ แต่ไม่สามารถตีความได้อย่างชัดเจน และไม่อยู่ภายใต้ขอบเขตของงานวิจัยเชิงข้อความนี้ การตัดข้อมูลดังกล่าวจึงมีเป้าหมายเพื่อเพิ่มความแม่นยำและลดความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์

2.2.2 การตัดแบ่งคำ (Tokenization) มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อตัดคำในข้อความเพื่อนำไปใช้ในการสร้างแบบจำลองทางภาษา คำศัพท์ที่ได้ทุกคำส่งผลต่อการจำแนก งานวิจัยนี้ใช้ คำสั่ง Tokenizer () จากไลบรารี PyThaiNLP [11] ซึ่งเป็นไลบรารีประมวลผลภาษาธรรมชาติข้อมูลภาษาไทย (Thai Natural Language Processing) ประกอบด้วยคลังคำศัพท์ (Corpus) และฟังก์ชันดำเนินการประมวลผลภาษาธรรมชาติ พัฒนาชุดคำสั่งด้วยภาษาไพธอนบนเครื่องมือ Google Colab

2.2.3 การตัดคำฟุ่มเฟือย (Stop Word) เป็นขั้นตอนสำหรับการจัดคำที่ไม่มีความหมายต่อการจำแนกความรู้สึก รายการความคิดเห็น อาทิ “ครับ”, “คับ”, “ค่ะ”, “จ้า” เป็นต้น งานวิจัยนี้เลือกใช้คลังคำศัพท์ฟุ่มเฟือยจาก PyThaiNLP ร่วมกับคลังคำศัพท์ที่คณะผู้วิจัยกำหนดขึ้นเนื่องจากคำศัพท์กลุ่มฟุ่มเฟือยที่เกิดขึ้นตามยุคสมัยจะไม่ปรากฏในคลังคำศัพท์ของ PyThaiNLP ดังนั้นในขั้นตอนการตัดคำจึงต้องเพิ่มคำศัพท์ฟุ่มเฟือยตามยุคสมัยลงในคลังคำศัพท์ด้วย อาทิ เช่น “แล้วว” “กก”, “ทั้งนี้” “จากกก” เป็นต้น

2.2.4 การเพิ่มคำศัพท์ใหม่ (Bag of Word; BOW) เป็นขั้นตอนที่มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจำแนก โดยการเพิ่มคำศัพท์ที่มีความหมายต่อการจำแนกความรู้สึก ทั้งนี้เนื่องจากคำศัพท์ใหม่ คำทับศัพท์ และวิธีการสะกดคำศัพท์ตามยุคสมัยของผู้คนที่ใช้ภาษามีการเปลี่ยนแปลงไป รวมทั้งคำศัพท์ที่สะกดผิด แต่คำศัพท์เหล่านั้นมีความหมายกับการจำแนก ดังนั้นการเพิ่มคำศัพท์ลงในคลังคำศัพท์จะเพิ่มประสิทธิภาพการตัดแบ่งคำ ตัวอย่างเปรียบเทียบผลลัพธ์ข้อความเมื่อผ่านการทำความสะอาดเตรียมข้อมูลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวอย่างข้อมูลความคิดเห็นต้นฉบับกับผลลัพธ์หลังผ่านกระบวนการเตรียมข้อมูล

ข้อมูลความคิดเห็นต้นฉบับ	ข้อมูลความคิดเห็นหลังผ่านกระบวนการเตรียมข้อมูล
ใช้ ดี มาก ๆ ๆ ๆ ๆ ๆ เลย ค่ะ ะ ะ เล็บ มาก (,,> <,,)♡♡♡♡♡♡ มีดีแคกลิ่นหอมแต่ใช้แล้วสิวขึ้น พักก่อน 🙌 คุณภาพดีมาก 😊 แต่ราคาแรงไปหน่อย 😞	ใช้ดีมากเลย เล็บมาก มีดีแคกลิ่นหอมแต่ใช้แล้วสิวขึ้น พักก่อน คุณภาพดีมาก แต่ราคาแรงไปหน่อย

2.3 การกำหนดป้ายกำกับ (Data Labelling)

การวิเคราะห์การจำแนกความรู้สึกเป็นการจำแนกแบบไบนารี (Binary Classification) กำหนดประเภทผลลัพธ์ออกเป็น 2 ประเภท คือ ความรู้สึกดีหรือความรู้สึกเชิงบวก (Positive) แทนป้ายด้วยหนึ่ง (1) และความรู้สึกไม่ดีหรือความรู้สึกเชิงลบ (Negative) แทนป้ายด้วยศูนย์ (0) งานวิจัยนี้ใช้วิธีการอ้างอิงจากคลังข้อความ (Corpus) คำเชิงบวก และคำเชิงลบจากแหล่งข้อมูล Kaggle อ้างอิงจากลิงก์ <https://www.kaggle.com/datasets/rtatman/thai-sentiment-analysis-toolkit> [12]

2.4 การแบ่งกลุ่มข้อมูล (Data Splitting)

ในการสร้างแบบจำลองเพื่อเรียนรู้และทำนายผล ผู้เขียนได้นำข้อมูลที่ผ่านกระบวนการสกัดคุณลักษณะเรียบร้อยแล้วซึ่งอยู่ในรูปแบบอาร์เรย์สองมิติที่มี 3,000 แถว 3 คอลัมน์ ข้อมูลถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ในอัตราส่วน 80 ต่อ 20 โดยแบ่งออกเป็นสำหรับการเรียนรู้ (Training Set) ร้อยละ 80 หรือ 2,400 แถว และข้อมูลสำหรับการทดสอบ (Test Set) ร้อยละ 20 หรือ 600 แถว

2.5 การสร้างแบบจำลองจำแนกความรู้สึก (Create Classification Modeling)

การสร้างแบบจำลองจำแนกความรู้สึกของผู้บริโภคเครื่องสำอาง คือ การนำข้อมูลส่วนสำหรับการเรียนรู้ (Training Set) ร้อยละ 80 หรือ 2,400 แถวข้างต้น มาสร้างแบบจำลองจำแนกความคิดเห็น (Sentiment Analysis) ที่แบ่งประเภท เป็นความคิดเห็นเชิงบวก (Positive) และเชิงลบ (Negative) โดยใช้สถาปัตยกรรมเทคโนโลยีทรานส์ฟอร์มเมอร์ จากไลบรารี Hugging Face ของบริษัทด้าน AI/NLP [13] โดย Hugging Face เป็นไลบรารีโอเพ่นซอร์สยอดนิยมที่ใช้สำหรับการประมวลผลภาษาธรรมชาติ (Natural Language Processing: NLP) สามารถปรับจูน (Fine-Tune) โมเดลได้ง่าย บนข้อมูลของตัวเอง ตัวอย่างแบบจำลองภาษาขนาดใหญ่ (LLM) ที่สามารถใช้สถาปัตยกรรมทรานส์ฟอร์มเมอร์ เช่น BERT, GPT, T5, RoBERTa และอีกมากมาย งานวิจัยนี้เลือกใช้แบบจำลองภาษาไทยขนาดใหญ่ WangchanBERTa พัฒนาชุดคำสั่ง ภาษาไพธอนเป็นส่วนเบื้องหลัง (Backend) ร่วมกับไลบรารี PyTorch [14] และ TensorFlow สำหรับ PyTorch คือ ไลบรารีโอเพ่นซอร์สสำหรับการสร้างและฝึกโมเดลการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) และการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) ที่พัฒนาโดย Facebook's AI Research Lab (FAIR) ซึ่งปัจจุบันได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในวงการวิจัย และอุตสาหกรรม โดยเฉพาะงานด้านปัญญาประดิษฐ์ เช่น คอมพิวเตอร์วิทัศน์ (Computer Vision) และการประมวลผล ภาษาธรรมชาติ (NLP) กระบวนการทำงานเริ่มต้นจากการสร้างป้ายกำกับ (Labeling) สำหรับข้อความที่ผ่านกระบวนการ จัดเตรียมข้อมูลแล้ว โดยใช้คำสำคัญที่ระบุไว้ในไฟล์ positive-sentiment-words.txt และ negative-sentiment-words.txt จากนั้นดำเนินการฝึกสอนแบบจำลองทรานส์ฟอร์มเมอร์ (Transformer) สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลความรู้สึก (Sentiment Analysis) โดยใช้ Hugging Face และ PyTorch กำหนดรอบการเรียนรู้ (Epoch) ในการฝึกสอนแบบจำลองที่เหมาะสม เท่ากับ 5 รอบ ทั้งนี้เพื่อให้แบบจำลองสามารถเรียนรู้รูปแบบของข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ พัฒนาชุดคำสั่ง ภาษาไพธอน บนเครื่อง Google Colab รายละเอียดชุดคำสั่งส่วนฝึกสอนแบบจำลองดังภาพที่ 3

```
#อ่านไฟล์คำสำคัญ
with open('positive-sentiment-words.txt', 'r', encoding='utf-8') as pos_file: positive_keywords = [line.strip() for line in pos_file.readlines()]
with open('negative-sentiment-words.txt', 'r', encoding='utf-8') as neg_file: negative_keywords = [line.strip() for line in neg_file.readlines()]
#ฟังก์ชันสร้างป้ายกำกับ
def assign_sentiment(text):
    if not isinstance(text, str):
        text = str(text)
    if any(word in text for word in positive_keywords):
        return 1 #ความคิดเห็นเชิงบวก
    elif any(word in text for word in negative_keywords):
        return 0 #ความคิดเห็นเชิงลบ
    else:
        return None #ไม่ระบุป้ายกำกับ
#เพิ่มคอลัมน์ 'label' ในข้อมูล
data['label'] = data['cleaned_review'].apply(assign_sentiment)
#ลบข้อมูลที่ไม่มีป้ายกำกับ
data = data.dropna(subset=['label'])
#ดูตัวอย่างข้อมูล
print(data[['cleaned_review', 'label']].head())
```

ภาพที่ 3 ชุดคำสั่งภาษาไพธอนส่วนการฝึกสอนแบบจำลอง

2.6 การประเมินประสิทธิภาพแบบจำลอง (Model Evaluation)

เป็นขั้นตอนการหาประสิทธิภาพการจำแนกความคิดเห็นของผู้บริโภคเครื่องสำอางจากแบบจำลองที่ได้ฝึกสอนในขั้นตอนที่ผ่านมา การทดสอบใช้ชุดข้อมูลทดสอบ (Testing Dataset) ร้อยละ 20 ของข้อมูลทั้งหมดหรือ 600 แถวที่ได้ดำเนินการแบ่งกลุ่มไว้ข้างต้น ดำเนินการเรียกใช้งานแบบจำลองภาษาขนาดใหญ่ WangchanBERTa โดยโหลดแบบจำลองและตัวตัดคำ (Tokenizer) ที่ฝึกมาแล้วจากนั้นใช้ฟังก์ชัน torch.no_grad() เพื่อปิดการคำนวณ Gradient อันเป็นการป้องกันการอัปเดตพารามิเตอร์ของแบบจำลองและส่งข้อมูลเข้าสู่แบบจำลอง เมื่อได้ค่า logits แล้ว ใช้ torch.argmax() เพื่อเลือกป้ายกำกับที่มีค่าความน่าจะเป็นสูงสุด (0 = เชิงลบ, 1 = เชิงบวก) จากนั้นแสดงผลลัพธ์ว่าแต่ละข้อความความคิดเห็นเป็นเชิงบวก (Positive) หรือเชิงลบ (Negative) รายละเอียดชุดคำสั่งภาษาไพธอนส่วนการเรียกใช้งาน WangchanBERTa สำหรับวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้บริโภคเครื่องสำอางรายละเอียดดังภาพที่ 4

```
import torch
from transformers import AutoTokenizer, AutoModelForSequenceClassification

# โหลดโมเดลและTokenizer ที่ฝึกมาแล้ว
model_path = "WangchanBERTa-sentiment-model"
tokenizer = AutoTokenizer.from_pretrained(model_path)
model = AutoModelForSequenceClassification.from_pretrained(model_path)

# ส่งข้อมูลเข้าสู่โมเดล
model.eval()
with torch.no_grad():
    outputs = model(**inputs)
    logits = outputs.logits

# แปลงผลลัพธ์เป็นป้ายกำกับ (0 = เชิงลบ, 1 = เชิงบวก)
predictions = torch.argmax(logits, dim=1).cpu().numpy()

# แสดงผลลัพธ์
for i, sentence in enumerate(test_sentences):
    label = "Positive" if predictions[i] == 1 else "Negative"
    print(f"ข้อความ: {sentence} -> ผลลัพธ์: {label}")
```

ภาพที่ 4 ชุดคำสั่งภาษาไพธอนส่วนการเรียกใช้งาน WangchanBERTa สำหรับวิเคราะห์ความคิดเห็น

งานวิจัยนี้ประเมินประสิทธิภาพการจำแนกความคิดเห็นของผู้บริโภคเครื่องสำอางของแบบจำลองผลลัพธ์ที่ได้ด้วยค่าประสิทธิภาพการจำแนกตัวชี้วัดมาตรฐาน เมทริกซ์ความสับสน (Confusion Matrix) ซึ่งเป็นตารางที่ใช้ประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองการจำแนกประเภท (Classification Model) โดยเฉพาะในปัญหาการจำแนกแบบสองคลาส (Binary Classification) โดยค่าประสิทธิภาพของเมทริกซ์สับสน ประกอบด้วย ค่าความถูกต้อง (Accuracy) ค่าความแม่นยำ (Precision) ค่าความครอบคลุม (Recall) ค่าความแม่นยำเชิงสมดุล (F1-Score) สูตรการคำนวณในแต่ละค่าประสิทธิภาพดังสมการที่ (1) - (4) ตามลำดับ

$$\text{Accuracy} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (1)$$

โดยที่	<i>TP</i>	คือ	ทำนายว่าเป็นความคิดเห็นบวก และข้อมูลจริงเป็นบวก (True Positive)
	<i>TN</i>	คือ	ทำนายว่าเป็นความคิดเห็นลบ และข้อมูลจริงเป็นลบ (True Negative)
	<i>FP</i>	คือ	ทำนายว่าเป็นความคิดเห็นบวก และข้อมูลจริงเป็นลบ (False Positive)
	<i>FN</i>	คือ	ทำนายว่าเป็นความคิดเห็นลบ และข้อมูลเป็นบวก (False Negative)

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP + FP} \quad (2)$$

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP + FN} \quad (3)$$

$$\text{F1-Score} = 2 \times \frac{\text{Precision} \times \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}} \quad (4)$$

2.7 การประยุกต์ใช้งานแบบจำลอง (Apply Model)

งานวิจัยนี้ดำเนินการประยุกต์ใช้งานแบบจำลองการจำแนกความรู้สึกของผู้บริโภคเครื่องสำอางในรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชัน สำหรับเครื่องมือพัฒนาใช้เฟรมเวิร์ก Flask ในการสร้าง API สำหรับวิเคราะห์ความรู้สึก (Sentiment Analysis) ร่วมกับแบบจำลองภาษาขนาดใหญ่ WangchanBERTa Sentiment Model ซึ่งเป็นโมเดลภาษาไทยที่ปรับแต่งโมเดล BERT ให้เหมาะกับภาษาไทย และเผยแพร่ผ่าน Hugging Face Transformers คณะผู้วิจัยดำเนินการออกแบบให้สามารถใช้งานบนหน้าเว็บ (User Interface: UI) ร่วมกับ API (POST Request) โดยผู้ใช้งานสามารถพิมพ์ความคิดเห็นและส่งข้อความเหล่านั้นเพื่อไปวิเคราะห์ความรู้สึกว่าเป็นเชิงบวก (Positive) หรือ เชิงลบ (Negative) ระบบจะแสดงผลลัพธ์การจำแนกด้วยค่าความถูกต้องร้อยละ (%) พร้อมแปลความหมาย

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้พัฒนาแบบจำลองจำแนกความรู้สึกของผู้บริโภคเครื่องสำอางโดยใช้เทคโนโลยีทรานส์ฟอเมอร์จาก Hugging Face Transformers ร่วมกับแบบจำลองภาษาไทยขนาดใหญ่ WangchanBERTa พัฒนาชุดคำสั่งด้วยภาษาไพธอนร่วมกับไลบรารีการเรียนรู้เชิงลึก PyTorch และไลบรารีอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องบนเครื่องมือ Google Colab โดยกำหนดพารามิเตอร์ที่สำคัญ ดังนี้ กำหนดฟังก์ชันออปติไมเซอร์ (Optimizer Function) เป็น AdamW (Adam with Weight Decay Fix) ทั้งนี้เพื่อลดปัญหา Overfitting และฟังก์ชันดังกล่าวนิยมใช้ใน Hugging Face Transformers กำหนดอัตราการเรียนรู้เท่ากับ 0.0002 เพื่อให้โมเดลเรียนรู้ได้อย่างเสถียร กำหนดรอบการเรียนรู้ (Epochs) เท่ากับ 5 รอบ และใช้ Batch Size เท่ากับ 16 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการประมวลผล รายละเอียดผลลัพธ์ค่าการสูญเสีย (Loss) ในแต่ละรอบการเรียนรู้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลลัพธ์ค่าความสูญเสีย (Loss) เฉลี่ยในแต่ละรอบการเรียนรู้

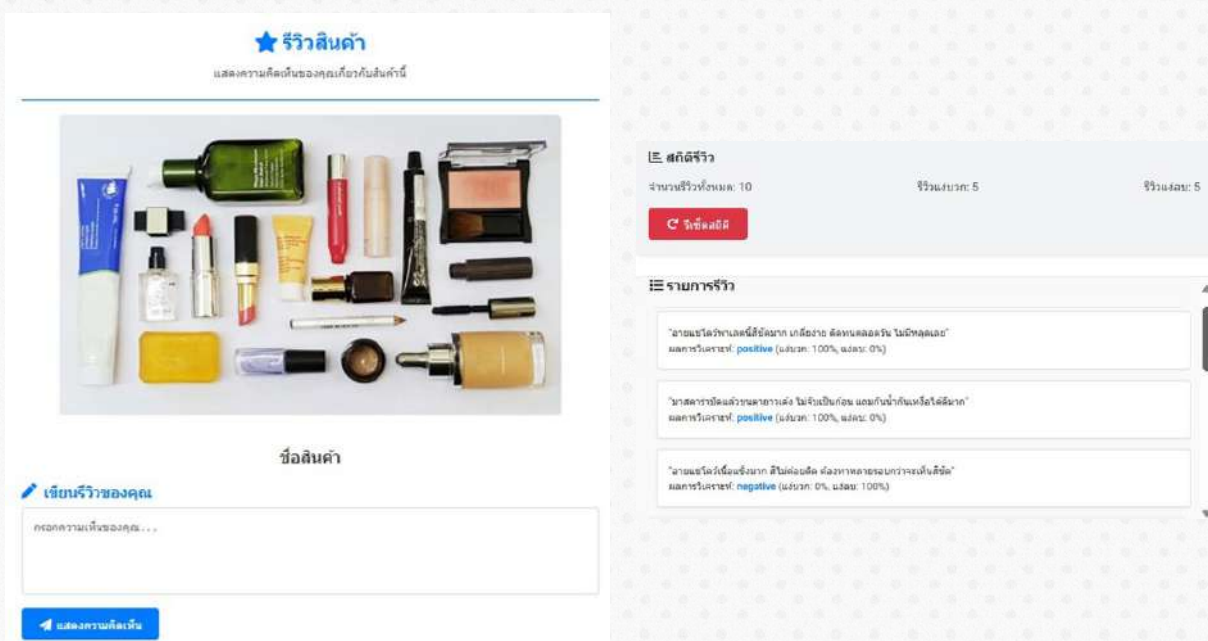
รอบการเรียนรู้ (Epoch)	ค่าความสูญเสีย (Loss) เฉลี่ย
1	0.3187
2	0.2714
3	0.2392
4	0.2109
5	0.1878

ในส่วนการทดสอบประสิทธิภาพแบบจำลองการจำแนกความรู้สึกของผู้บริโภคเครื่องสำอางกับชุดข้อมูลทดสอบจำนวน 600 ตัวอย่าง ซึ่งแบ่งเป็นความคิดเห็นเชิงบวกและเชิงลบอย่างละ 300 ตัวอย่าง วัดประสิทธิภาพด้วยค่าประสิทธิภาพประกอบด้วยค่าความแม่นยำ (Accuracy) ค่าความถูกต้อง (Precision) ค่า Recall และค่า F1-Score ผลการประเมินแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองมีค่าความถูกต้องเท่ากับ 97% ซึ่งสะท้อนถึงความสามารถของแบบจำลองในการจำแนกความคิดเห็นได้อย่างแม่นยำ รายละเอียดผลการทดสอบประสิทธิภาพดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 รายละเอียดผลลัพธ์ทดสอบประสิทธิภาพแบบจำลองจำแนกความรู้สึก

Class	Precision	Recall	F1-Score	Support
Negative	0.98	0.96	0.97	313
Positive	0.96	0.98	0.97	287

สำหรับการทดสอบเว็บแอปพลิเคชันส่วนประยุกต์ใช้งานแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นนั้นมุ่งเน้นไปที่ฟังก์ชันการทำงานประกอบด้วยฟังก์ชันหลัก ได้แก่ ฟังก์ชันการรับข้อความความคิดเห็นจากผู้ใช้งาน ฟังก์ชันประมวลผลข้อความความคิดเห็นผ่านแบบจำลอง และฟังก์ชันแสดงผลการจำแนกความคิดเห็น โดยการออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้งาน (User Interface: UI) เน้นการออกแบบที่เป็นมิตรกับผู้ใช้งานทั้งนี้เพื่อให้สะดวกต่อการใช้งาน การทำงานเริ่มต้นจากผู้ใช้งานบันทึกหรือกรอกความคิดเห็นของตนเองลงในช่องรับความคิดเห็น จากนั้นกดไปยังปุ่มคำสั่ง "แสดงความคิดเห็น" ระบบจะประมวลผลด้วยการส่งข้อความความคิดเห็นนั้นไปยังแบบจำลองการเรียนรู้ที่ได้พัฒนาขึ้น พร้อมนำผลลัพธ์การจำแนกความคิดเห็นกลับมาแสดงผลให้กับผู้ใช้งานผ่านรายการวิวัฒนาการ ผลลัพธ์การแสดงผลประกอบด้วย ข้อความความคิดเห็น ผลลัพธ์การวิเคราะห์จากแบบจำลองว่าเป็นความคิดเห็นเชิงบวก "positive" หรือความคิดเห็นเชิงลบ "negative" แปลความหมายเป็นภาษาไทยว่า "แง่บวก" หรือ "แง่ลบ" พร้อมแสดงค่าความถูกต้องเป็นร้อยละ (%) ผลการทดสอบการใช้งานส่วนต่อประสานผู้ใช้งาน และฟังก์ชันการทำงานหลัก พบว่า เว็บแอปพลิเคชันประยุกต์การใช้งานแบบจำลองจำแนกความคิดเห็นของผู้บริโภคสินค้าประเภทเครื่องสำอางสามารถทำงานได้สมบูรณ์ทุกฟังก์ชัน โดยมีระยะเวลาการตอบสนองผลลัพธ์ในการจำแนกความคิดเห็นเฉลี่ย 2 วินาที รายละเอียดหน้าจอส่วนต่อประสานผู้ใช้งานของเว็บแอปพลิเคชัน และผลลัพธ์การจำแนกความคิดเห็นผู้บริโภคเครื่องสำอางแสดงดังภาพที่ 5 (ก) และภาพที่ 5 (ข) ตามลำดับ



(ก) ส่วนต่อประสานผู้ใช้งานกรอกความคิดเห็น

(ข) ผลลัพธ์การจำแนกความคิดเห็น

ภาพที่ 5 ผลลัพธ์ส่วนการประยุกต์แบบจำลองในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน

จากผลการสร้างแบบจำลองการจำแนกความคิดเห็น ผลการทดสอบประสิทธิภาพการจำแนกของแบบจำลองที่พัฒนาขึ้น และผลการพัฒนาและทดสอบประสิทธิภาพเว็บแอปพลิเคชันส่วนประยุกต์ใช้งานแบบจำลองของงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าสามารถรองรับการใช้งานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในด้านความถูกต้องของการวิเคราะห์ และความเร็วในการตอบสนอง มีความสะดวกในการใช้งาน ซึ่งทำให้ระบบมีความพร้อมในการนำไปใช้งานจริงต่อไป

4. บทสรุป

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการนำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ (GEN AI) ด้วยการนำแบบจำลองภาษาขนาดใหญ่ (LLM) มาประยุกต์ใช้ในการสร้างแบบจำลองการจำแนกความคิดเห็นของผู้บริโภคสินค้าประเภทเครื่องสำอาง โดยมีจุดมุ่งหวังเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์เชิงลึกเกี่ยวกับความต้องการของลูกค้า และปรับปรุงสินค้าและบริการให้ตรงตามความต้องการของผู้บริโภคอย่างแท้จริง โดยมีกระบวนการดำเนินงานวิจัย 7 ขั้นตอนหลัก คือ (1) การเก็บรวบรวมข้อมูลซึ่งงานวิจัยนี้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแพลตฟอร์มดิจิทัล 3 แห่ง คือ เฟซบุ๊ก แอปพลิเคชันเอ็กซ์ และเว็บบอร์ด โดยใช้เทคนิคการดึงข้อมูลจากเว็บไซต์ (Web Scraping) รวมจำนวนทั้งสิ้น 3,000 รายการความคิดเห็น โดยแบ่งออกเป็นความคิดเห็นเชิงบวก และความคิดเห็นเชิงลบอย่างละ 1,500 รายการ จากนั้นนำข้อมูลความคิดเห็นที่เก็บรวบรวมได้มาผ่าน (2) กระบวนการจัดเตรียมข้อมูลด้วยการทำความสะอาดข้อมูล ตัดคำซ้ำ ตัดคำฟุ่มเฟือย เพิ่มคำศัพท์เฉพาะลงไป และแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมกับการเรียนรู้ของเครื่อง (3) ดำเนินการติดป้ายประเภทความคิดเห็น ซึ่งงานวิจัยนี้กำหนด 2 ประเภท คือ ความคิดเห็นเชิงบวก (Positive) และความคิดเห็นเชิงลบ (Negative) จากนั้น (4) แบ่งข้อมูลความคิดเห็นออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนการเรียนรู้สำหรับสร้างแบบจำลอง (Training Dataset) และส่วนการทดสอบประสิทธิภาพแบบจำลองที่สร้างขึ้น (Testing Dataset) โดยแบ่งในอัตราส่วน 80:20 จากนั้น (5) ดำเนินการสร้างแบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) โดยใช้สถาปัตยกรรม Transformer กับแบบจำลองภาษาขนาดใหญ่ (LLM) งานวิจัยนี้เลือกใช้แบบจำลองภาษาขนาดใหญ่ WangchanBERTa จนได้แบบจำลองจำแนกความคิดเห็น โดยการเรียนรู้ของแบบจำลองถูกประเมินจากค่าการสูญเสีย (Loss) ซึ่งลดลงอย่างต่อเนื่อง จาก 0.3187 ในรอบการเรียนรู้ (Epoch) แรก ไปจนถึง 0.1878 ในรอบการเรียนรู้สุดท้าย

(6) ดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพการจำแนกความคิดเห็นของแบบจำลองที่สร้างขึ้นด้วยชุดข้อมูลที่ได้แบ่งไว้ในส่วนของการทดสอบ ผลลัพธ์ประสิทธิภาพการจำแนกค่อนข้างสูงถึงร้อยละ 97 สำหรับอัตราความคลาดเคลื่อนในการจำแนก (Error Rate) ร้อยละ 3 ซึ่งเกิดจากปัจจัยหลักประกอบด้วย ข้อความเห็นที่มีลักษณะกำกวม (Ambiguity in Language) มีทั้งแง่บวกและลบอยู่ในประโยคเดียวกัน เช่น “ใช้ดีแต่แพงเกินไป” หรือ “หอมดีแต่รู้สึกเหนอะหนะ” เป็นต้น และข้อความภาษาที่เป็นทางการหรือสแลง ((Informal Language / Slang) ตัวอย่างเช่น คำย่อ ผู้ใช้งานในแพลตฟอร์มออนไลน์มักใช้ภาษาพูดสแลง หรือ คำย่อ เช่น “เร็วเวอร์”, “ปังไม่ไหว”, หรือ “ปังมากแม่” ซึ่งอาจไม่ปรากฏในชุดคำที่แบบจำลองได้เรียนรู้ ส่งผลให้ความเข้าใจของโมเดลคลาดเคลื่อน และเพื่อให้บรรลุเป้าหมายการใช้ประโยชน์ด้านการใช้งานจริงจากแบบจำลองที่สร้างขึ้น คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการ (7) พัฒนาเว็บแอปพลิเคชันประยุกต์ใช้งานแบบจำลอง โดยออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้ (UI) ให้มีความสะดวกสบายในการใช้งานมากยิ่งขึ้น โดยยึดหลักการออกแบบเพื่อเป็นมิตรกับผู้ใช้ ซึ่งผลการทดสอบฟังก์ชันบนหน้าเว็บแอปพลิเคชันพบว่าฟังก์ชันต่าง ๆ สามารถทำงานได้ครบถ้วนสมบูรณ์ นอกจากนี้แนวทางการดำเนินงานวิจัยนี้ยังมีความสามารถในการปรับตัวกับชุดข้อมูลที่แตกต่างกันได้ดี ซึ่งสามารถนำไปใช้ในงานวิเคราะห์ความคิดเห็นในหลากหลายบริบท เช่น การวิเคราะห์ความคิดเห็นของลูกค้า หรือการตรวจสอบรีวิวสินค้าประเภทอื่น ๆ ทั้งนี้อาจมีการปรับปรุงเพิ่มเติมโดยการเพิ่มชุดข้อมูลเพื่อเพิ่มความหลากหลายของข้อความ และนำเทคนิคการปรับแต่งแบบจำลอง (Fine-tuning) มาใช้เพื่อเพิ่มความแม่นยำและความสามารถในการจำแนกความคิดเห็นในสถานการณ์จริงให้ดียิ่งขึ้น จึงนับได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปใช้เป็นต้นแบบกับการวิเคราะห์ความคิดเห็นกับประเด็นที่มีลักษณะคล้ายกัน และยังสามารถนับได้ว่าเป็นเครื่องมือที่ทันสมัยสนับสนุน และรองรับกับการดำเนินธุรกิจในยุคดิจิทัลอีกด้วย

สำหรับแนวทางการพัฒนาต่อไปในอนาคต เพื่อเพิ่มศักยภาพของแบบจำลองในการวิเคราะห์ความคิดเห็นอย่างลึกซึ้งและสอดคล้องกับการใช้งานจริงในบริบททางธุรกิจ งานวิจัยในอนาคตสามารถพัฒนาเพิ่มเติมในประเด็นสำคัญ อาทิ การขยายประเภทความคิดเห็น จากเดิมที่แบ่งเป็นเพียงเชิงบวกและลบ อาจเพิ่มเติมประเภทความคิดเห็นเป็นกลาง (Neutral) หรือจัดจำแนกตามหัวข้อ เช่น คุณภาพสินค้า ราคา บริการ และบรรจภัณฑ์ เพื่อการวิเคราะห์เชิงประเด็น (Aspect-based Sentiment Analysis) พัฒนาให้รองรับภาษาที่ไม่เป็นทางการมากขึ้น เช่น คำสแลง คำย่อ หรือภาษาวัยรุ่น เพื่อให้โมเดลเข้าใจรูปแบบภาษาที่ใช้จริงในแพลตฟอร์มออนไลน์ได้ดียิ่งขึ้น ปรับใช้เทคนิค Few-shot และ Zero-shot Learning เพื่อลดข้อจำกัดด้านปริมาณข้อมูล โดยให้โมเดลสามารถเรียนรู้จากตัวอย่างจำนวนน้อย หรือใช้งานกับข้อมูลใหม่ที่ไม่เคยเห็นมาก่อน รวมทั้งพัฒนาให้ใช้งานบนแพลตฟอร์มมือถือ และประยุกต์ใช้งานจริงในระบบบริการลูกค้าแบบอัตโนมัติ เช่น ระบบแนะนำสินค้า ระบบตอบกลับอัตโนมัติเพื่อปรับความเข้าใจกับลูกค้า หรือระบบติดตามความพึงพอใจ เพื่อเพิ่มคุณค่าเชิงธุรกิจและยกระดับประสบการณ์ของผู้บริโภค

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหน่วยงานต้นสังกัดของคณะผู้วิจัย ที่ให้การสนับสนุนในการดำเนินงานวิจัย และเป็นหน่วยงานจัดการประชุมวิชาการ และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณ ในการนำเสนอบทความในงานประชุมวิชาการระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 8 ในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] H. Park, Y. Kim, O. Jeong, Social media analytics for cosmetic product reviews using opinion mining techniques. *Journal of Business Research*, 69(9) (2016) 3815–3820.
- [2] A. Yadav and D. K. Vishwakarma, Sentiment analysis of Twitter data using machine learning approaches for cosmetic products. *Procedia Computer Science*, 167 (2020) 1821–1828.
- [3] T. Phumeechanya, T. Intarakumthornchai and P. Chujai, Sentiment analysis on Thai cosmetic product reviews using machine learning techniques. In *Proceedings of the 18th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON)*, Thailand, 2020, pp. 789–792.
- [4] VISTEC-depa Thailand AI Research Institute, WangchanBERTa: A large-scale Thai language model. วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ในประเทศไทย, 15 มกราคม 2565. สืบค้นจาก <https://airesearch.in.th/releases/WangchanBERTa-pre-trained-thai-language-model/>
- [5] L. Lowphansirikul, C. Polpanumas, N. Jantrakulchai and S. Nutanong, WangchanBERTa: Pretraining transformer-based Thai Language Models, *arXiv preprint*, (2021). Available: <https://arxiv.org/abs/2101.09635>
- [6] A. Oncevay, D. Ataman, V. B. Niels, B. Haddow, A. Birch and J. Bjerva, Quantifying Synthesis and Fusion and their Impact on Machine Translation, *arXiv preprint*, (2022). Available: <https://arxiv.org/abs/2205.03369>
- [7] K. Pipatanakul, et al., Typhoon: Thai large language models, *arXiv preprint*, (2023). Available: <https://arxiv.org/abs/2312.13951>
- [8] W. Buaphet, C. Udomcharoenchaikit, P. Limkonchotiawat, A. Rutherford and S. Nutanong, Thai nested named entity Recognition Corpus. *Findings of the Association for Computational Linguistics: ACL 2022*, (2022) 1473–1486. doi: 10.18653/v1/2022.findings-acl.116
- [9] P. Phakmongkol and P. Vateekul, Enhance Text-to-Text Transfer Transformer with Generated Questions for Thai Question Answering. *Applied Sciences*, 11(20) (2021). doi: 10.3390/app112110267
- [10] K. Suraratchai and S. Phoomvuthisarn, Thai Language Sentiment Analysis with a Hybrid Method on WangchanBERTa-CNN-BiLSTM. *Journal of Information Science and Technology (JIST)*, 14(2) (2024) 1–11.
- [11] PyThaiNLP. PyThaiNLP. (6 May 2023). Available: <https://pythainlp.org/>
- [12] R. Tatman, Thai Sentiment Analysis Toolkit. (6 Sep 2017). Available: <https://www.kaggle.com/datasets/rtatman/thai-sentiment-analysis-toolkit>
- [13] Hugging Face, The AI community building the future. (25 Jan 2025). Available: <https://huggingface.co/>
- [14] Hugging Face, Transformers: State-of-the-art Machine Learning for PyTorch. (25 Jan 2025). Available: <https://huggingface.co/models>

การจำแนกอาการของการติดเชื้อในปอดโดยใช้การเรียนรู้เชิงลึก

Deep Learning-Based Classification for Symptoms of Pulmonary Infections

คณาธิป เนาว์โน¹ ศรัณย์ ผุดผ่อง¹ และ วีรวรรณ จันทะทรัพย์^{1*}¹ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

*E-mail: veerawan.j@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

การวินิจฉัยโรคปอดติดเชื้ออย่างรวดเร็วและแม่นยำเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยลดอัตราการเสียชีวิตและป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อโรค ปัจจุบันเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ถูกนำมาใช้ในการพัฒนาเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์โรคปอดติดเชื้อและนับเป็นเครื่องมือสำคัญในการช่วยบุคลากรทางการแพทย์ในการวิเคราะห์ภาพถ่ายทางการแพทย์ งานวิจัยมุ่งเน้นพัฒนาแบบจำลองจำแนกภาพเอกซเรย์ทรวงอกสำหรับวินิจฉัยโรคปอดติดเชื้อโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (CNN) เพื่อจำแนกปอดปกติและปอดติดเชื้อ โดยใช้ชุดข้อมูลภาพเอกซเรย์ทรวงอกจำนวน 8,480 ภาพ จากชุดข้อมูลเปิดสาธารณะจำนวน 2 ชุดข้อมูลบนแพลตฟอร์ม Kaggle ได้แก่ ชุดข้อมูล COVID-19 Radiography และชุดข้อมูล Chest X-Ray แบบจำลองที่ผ่านการเรียนรู้ถูกพัฒนาต่อยอดในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถอัปโหลดภาพเอกซเรย์ทรวงอกและรับผลการวินิจฉัยผ่านอินเทอร์เฟซที่ใช้งานง่ายและเป็นมิตรต่อผู้ใช้ พัฒนาระบบด้วยภาษาไพธอนและไลบรารีด้านการเรียนรู้เชิงลึก ดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของแบบจำลองด้วยภาพเอกซเรย์ทรวงอกจำนวน 40 ภาพ ประกอบด้วย ภาพเอกซเรย์ทรวงอกประเภทปอดปกติและปอดติดเชื้ออย่างละ 20 ภาพ

ผลการทดสอบพบว่าแบบจำลองสามารถจำแนกภาพบนเว็บแอปพลิเคชันได้อย่างถูกต้อง 100% จากการใช้งานจริง โดยสะท้อนถึงศักยภาพในการประยุกต์ใช้ เช่น เป็นสื่อการเรียนรู้ทางการแพทย์ หรือเครื่องมือสนับสนุนการวินิจฉัยในคลินิก

คำสำคัญ: การจำแนกภาพโรคปอดติดเชื้อ การเรียนรู้เชิงลึก

Abstract

The timely and precise diagnosis of pulmonary infections is essential for minimizing mortality rates and controlling the transmission of pathogens. Currently, artificial intelligence technology is being leveraged to develop advanced tools for analyzing pneumonia-infected lungs, playing a crucial role in assisting medical professionals with the interpretation of medical imaging. This project focuses on developing a chest X-ray classification model for diagnosing pneumonia-infected lungs using a convolutional neural network (CNN). The model is designed to distinguish between normal and pneumonia-infected lungs by leveraging a total of 8,480 chest X-ray images obtained from two publicly available datasets on the Kaggle platform: the *COVID-19 Radiography* dataset and the *Chest X-Ray* dataset. The trained model is subsequently developed into a web application, allowing users to upload chest X-ray images and obtain diagnostic results through an intuitive and user-friendly interface. The

system is developed using Python and deep learning libraries. The model's performance is evaluated using a test set of 40 chest X-ray images, comprising 20 images of normal lungs and 20 images of pneumonia-infected lungs.

The test results revealed that the model was able to classify images on the web application with 100% accuracy during real-world usage, reflecting its potential for practical applications such as medical education tools or clinical diagnostic support.

Keywords: Classification Pneumonia, Deep Learning

1. บทนำ

การติดเชื้อในปอด (Pulmonary Infections) ถือเป็นภาวะทางการแพทย์ที่พบได้บ่อยและเป็นสาเหตุสำคัญของการเสียชีวิตทั่วโลก โดยเฉพาะในกลุ่มผู้สูงอายุ เด็กเล็ก และผู้ป่วยที่มีภูมิคุ้มกันบกพร่อง การวินิจฉัยอาการติดเชื้อในปอดในระยะแรกเริ่มมีความสำคัญต่อการรักษาและลดอัตราการเสียชีวิต อย่างไรก็ตาม กระบวนการวินิจฉัยอาการในปัจจุบันยังคงพึ่งพาการตรวจร่างกาย การซักประวัติ และการแปลผลภาพถ่ายรังสีทรวงอก (Chest X-ray) ซึ่งอาจมีความคลาดเคลื่อนจากปัจจัยของผู้ตรวจหรือข้อจำกัดทางเทคนิค ด้วยความก้าวหน้าของเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) โดยเฉพาะเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning: DL) ได้เปิดโอกาสใหม่ในการพัฒนาแบบจำลองที่สามารถจำแนกและวินิจฉัยอาการจากข้อมูลภาพทางการแพทย์ได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพสูง งานวิจัยในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมาได้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network: CNN) ในการวิเคราะห์ภาพถ่ายรังสีทรวงอกเพื่อจำแนกโรคต่าง ๆ เช่น โรคปอดบวม (Pneumonia) วัณโรค (Tuberculosis) และโรค COVID-19 เป็นต้น ตัวอย่างผลงานวิจัย อาทิ ผลงานของ Rajpurkar และคณะ [1] ได้นำเสนอแบบจำลอง CheXNet ซึ่งใช้ CNN วิเคราะห์ภาพรังสีทรวงอกกว่า 100,000 ภาพจากฐานข้อมูล ChestX-ray14 และสามารถจำแนกโรคปอด 14 ชนิดได้อย่างมีประสิทธิภาพดีกว่าการวินิจฉัยจากภาพถ่ายรังสีแบบดั้งเดิม นอกจากนี้ยังมีผลงานของ Kermany และคณะ [2] ได้แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึกสามารถแยกแยะโรคปอดบวมจากภาพถ่าย X-ray ปอดของเด็กได้ด้วยความแม่นยำสูง อีกทั้งงานของ Stephen และคณะ [3] ยังได้ศึกษาแนวทางการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันด้วยสถาปัตยกรรม ResNet (Residual Network) และ DenseNet (Densely Connected Convolutional Network) ในการจำแนกอาการติดเชื้อในปอดโดยได้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับผู้เชี่ยวชาญ

ต่อมาการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการจำแนกอาการติดเชื้อในปอดในช่วงปี ค.ศ.2019-2023 ที่ผ่านมามีจำนวนมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากช่วงเวลานั้นโลกของเราได้รับผลกระทบจากการระบาดของ COVID-19 จึงทำให้มีนักวิจัยได้ทำการศึกษาและนำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) โดยเฉพาะศาสตร์ด้านการเรียนรู้เชิงลึกมาใช้ในการวินิจฉัยโรคติดเชื้อในปอดจากภาพเอกซเรย์ทรวงอก (Chest X-ray) และภาพ CT Scan เพื่อช่วยในการวินิจฉัยที่รวดเร็วและแม่นยำ ตัวอย่างเทคนิควิธีและงานผลงานวิจัยการนำปัญญาประดิษฐ์มาใช้ในการวิเคราะห์และการจำแนกอาการติดเชื้อในปอดจาก COVID-19 อาทิ การใช้เทคนิค Radiomics [4] ร่วมกับแบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึกด้วยสถาปัตยกรรม VGG-16, VGG-19 และ DenseNet-121 มาเพิ่มประสิทธิภาพในการจำแนกอาการติดเชื้อในปอดจากสาเหตุการติดเชื้อ หรือไม่ติดเชื้อจาก COVID-19 ซึ่งผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองปัญญาประดิษฐ์ที่ผสานกับ Radiomics มีความแม่นยำและทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลงานวิจัยที่ใช้เทคนิคการรวมหลายโมเดลของโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันเข้าด้วยกัน [5] แล้วร่วมกับโหวต (Voting-Based Ensemble) การเทคนิควิธี CXR-NET [6] โดยงานวิจัยนี้ออกแบบและพัฒนาเพื่อให้สามารถอธิบายผลลัพธ์การจำแนกอาการติดเชื้อในปอด โดยใช้โครงสร้าง Encoder-Decoder-Encoder ในการวิเคราะห์ภาพเอกซเรย์

ทรวงอกเพื่อวินิจฉัยโรคปอดบวมจาก COVID-19 จุดเด่นของโมเดลนี้คือความสามารถในการให้คำอธิบายเชิงภาพที่ชัดเจน ซึ่งช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือในการใช้งานจริงของบุคลากรทางการแพทย์ ผลงานวิจัยการใช้ CoroNet [7] ก็เป็นอีกหนึ่งตัวอย่างงานวิจัยที่นำโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (CNN) แบบสถาปัตยกรรม Xception โดยใช้เทคนิค Transfer Learning จาก ImageNet เพื่อจำแนกภาพเอกซเรย์ทรวงอกออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ COVID-19 ปอดบวมจากแบคทีเรีย ปอดบวมจากไวรัส และผู้ป่วยปกติ โมเดลนี้แสดงความแม่นยำสูงถึง 95% ในการจำแนก 3 ประเภท และ 89.6% สำหรับ 4 ประเภท อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะมีความพยายามในการประยุกต์ใช้โมเดลการเรียนรู้เชิงลึกกับการวินิจฉัยโรคทางปอด แม้จะมีความพยายามอย่างกว้างขวางในการประยุกต์ใช้โมเดลการเรียนรู้เชิงลึกเพื่อช่วยในการวินิจฉัยโรคระบบทางเดินหายใจจากภาพถ่ายเอกซเรย์ทรวงอก แต่ในปัจจุบันยังคงมีข้อจำกัดด้านเครื่องมือที่สามารถสื่อสารหรืออธิบายลักษณะของภาวะติดเชื้อในปอดจากภาพถ่ายเอกซเรย์ทรวงอกดังกล่าวให้บุคคลทั่วไปเข้าใจได้อย่างชัดเจนและมีประสิทธิภาพ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดพัฒนาแบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึกจำแนกอาการติดเชื้อในปอด และนำผลลัพธ์แบบจำลองที่ได้มาพัฒนาในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชันเพื่อใช้เป็นเครื่องมือให้ความรู้ และใช้ในการศึกษาลักษณะภาพเอกซเรย์ทรวงอกที่ติดเชื้อในปอดแก่บุคลากรทางการแพทย์ และบุคคลทั่วไปได้ศึกษาทำความเข้าใจได้ง่าย

สำหรับการเรียบเรียงหัวข้อเนื้อหาในบทความนี้ประกอบด้วย 6 หัวข้อหลัก ดังนี้ (1) บทนำ (2) วิธีการดำเนินงานวิจัย (3) ผลการทดลองและอภิปรายผล (4) สรุปผลการวิจัย (5) กิตติกรรมประกาศ และหัวข้อสุดท้าย (6) เอกสารอ้างอิง รายละเอียดเนื้อหาในแต่ละหัวข้อมีดังนี้

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

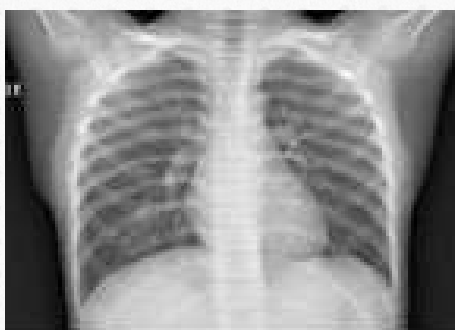
งานวิจัยนี้พัฒนาแบบจำลองสำหรับจำแนกอาการติดเชื้อในปอดจากภาพถ่ายเอกซเรย์ทรวงอก โดยใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) ด้วยศาสตร์การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning: DL) โดยเลือกใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network: CNN) โดยมีเป้าหมายเพื่อนำแบบจำลองการเรียนรู้สำหรับจำแนกอาการติดเชื้อในปอดไปสร้างเครื่องมือสำหรับผู้ใช้งานทั่วไปใช้ในการศึกษาลักษณะภาพถ่ายเอกซเรย์ทรวงอก โดยวิธีการดำเนินงานวิจัยเริ่มต้นจาก การจัดเตรียมข้อมูล (Data Preprocessing) งานวิจัยนี้เก็บรวบรวมข้อมูลภาพเอกซเรย์ปอดจากแหล่งข้อมูลเปิดบนแพลตฟอร์ม Kaggle ซึ่งเป็นเว็บไซต์ที่ให้บริการทรัพยากรด้านข้อมูลและเป็นชุมชนสำหรับนักวิทยาศาสตร์ข้อมูล (Data Scientists) รวมถึงนักพัฒนาด้านการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning: ML) และการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning: DL) แผนภาพรวมวิธีการดำเนินงานวิจัยแสดงดังภาพที่ 1



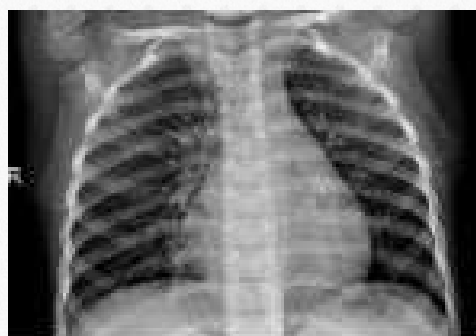
ภาพที่ 1 แผนผังภาพรวมวิธีการดำเนินงานวิจัย

2.1 การจัดเตรียมข้อมูล (Data Preprocessing)

ชุดข้อมูลที่ใช้ชื่อ “COVID-19 Radiography Database” และ “Chest X-Ray Images for Classification” ประกอบด้วยภาพถ่ายเอกซเรย์ทรวงอกของผู้ป่วยที่มีการติดเชื้อในปอด (Pneumonia) และ ผู้ที่มีปอดอยู่ในสภาวะปกติ (Normal) รวมจำนวนทั้งสิ้น 8,480 ภาพ [8] ตัวอย่างภาพเอกซเรย์ทรวงอกดังภาพที่ 2



(ก) ปอดสภาวะปกติ (Normal)

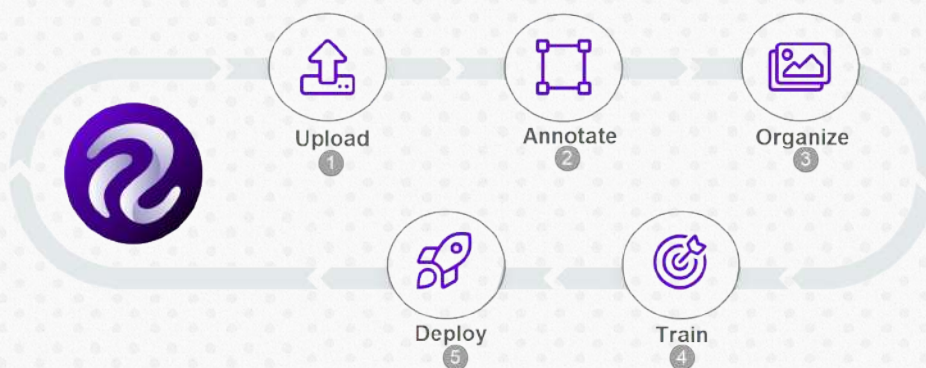


(ข) ปอดติดเชื้อ (Pneumonia)

ภาพที่ 2 ตัวอย่างภาพเอกซเรย์ทรวงอกจากชุดข้อมูลงานวิจัยนี้

2.2 การกำหนดป้ายกำกับและแบ่งข้อมูล (Labelling & Splitting Data)

ข้อมูลที่จัดเตรียมเข้าสู่เครื่องมือ Roboflow [9] ซึ่งเป็นแพลตฟอร์มที่ช่วยให้นักพัฒนาและนักวิจัยสามารถสร้าง ปรับแต่ง ฝึก และนำแบบจำลองปัญญาประดิษฐ์ (AI) ไปประยุกต์ใช้งานได้ง่ายขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งงานด้านคอมพิวเตอร์ วิทัศน์ (Computer Vision) อาทิ งานการตรวจจับวัตถุ (Object Detection) งานการจำแนกภาพ (Image Classification) และงานการแบ่งส่วนภาพ (Image Segmentation) เป็นต้น โดย Roboflow ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 5 ขั้นตอนหลัก คือ การอัปโหลดข้อมูล (Upload) การกำหนดป้ายกำกับ (Annotate) การจัดรูปแบบข้อมูล (Organize) การสร้างแบบจำลองด้วยการฝึกการเรียนรู้ (Train) และการนำแบบจำลองไปใช้งาน (Deploy) รายละเอียดโครงสร้างกระบวนการพัฒนาและใช้งานโมเดลการเรียนรู้ของเครื่องมือ Roboflow ดังภาพที่ 3

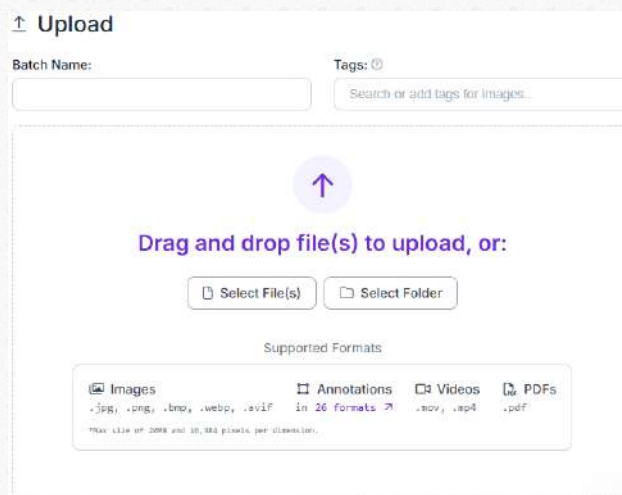


ภาพที่ 3 โครงสร้างกระบวนการพัฒนาและใช้งานโมเดลการเรียนรู้ของ Roboflow [9]

จากแผนผังภาพโครงสร้างกระบวนการพัฒนาและใช้งานโมเดลการเรียนรู้ของ Roboflow ข้างต้น งานวิจัยนี้ดำเนินการตามขั้นตอนหมายเลข 1-3 เท่านั้น ส่วนการฝึกสอน (หมายเลข 4) และพัฒนาโมเดลไปใช้งาน หมายเลข 5 จะไม่ทำในส่วนนี้ อธิบายรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนดังนี้

2.2.1 การอัปโหลดชุดข้อมูล (Upload Process)

เครื่องมือ Roboflow มีฟีเจอร์สำหรับให้ผู้ใช้งานอัปโหลดชุดข้อมูลเข้าสู่ระบบ สำหรับงานวิจัยนี้ดำเนินการอัปโหลดไฟล์ภาพถ่ายเอกซเรย์ปอดของผู้ป่วยที่มีการติดเชื้อในปอด (Pneumonia) และผู้ที่มีปอดอยู่ในสภาวะปกติ (Normal) อย่างละ 4,240 ภาพ รวมจำนวนทั้งสิ้น 8,480 ภาพ หน้าจอส่วนต่อประสานผู้ใช้ (User Interface: UI) ฟีเจอร์สำหรับอัปโหลดชุดข้อมูลของ Roboflow แสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ส่วนต่อประสานผู้ใช้งานสำหรับอัปโหลดไฟล์ชุดข้อมูลของ Roboflow

2.2.2 การกำหนดป้ายกำกับ (Labelling Data)

ขั้นตอนการกำหนดป้ายกำกับมีความสำคัญอย่างยิ่งในกระบวนการพัฒนาแบบจำลอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจำแนกประเภทภาพ (Image Classification) การกำหนดป้ายกำกับในงานวิจัยนี้ใช้ศาสตร์ปัญญาประดิษฐ์ (AI) ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (CNN) เพื่อให้สามารถเรียนรู้ และจำแนกประเภทของภาพเอกซเรย์ว่าติดเชื้อ หรือปกติ โดยการกำหนดป้ายกำกับหรือกำหนดคลาสให้กับข้อมูลแต่ละรายการของ Roboflow นั้นมีเครื่องมือสำหรับกำหนดคลาสหลายเครื่องมือ อาทิ การตีกรอบพื้นที่ (Bounding Boxes) และการตีกรอบตามขอบข้อมูล (Segmentation) พร้อมระบบจัดการป้ายกำกับหลายรูปแบบ คณะผู้วิจัยดำเนินการกำหนดป้ายกำกับออกเป็น 2 คลาส (Class) คือ ปกติ (Normal) และปอดติดเชื้อ (Pneumonia) ตัวอย่างหน้าต่างต่อประสานผู้ใช้งาน (User Interface: UI) พีเจอร์กำหนดป้ายกำกับ (Annotate) ของ Roboflow ภาพเอกซเรย์ทรวงอกของงานวิจัยนี้แสดงดังภาพที่ 5



Class = Normal

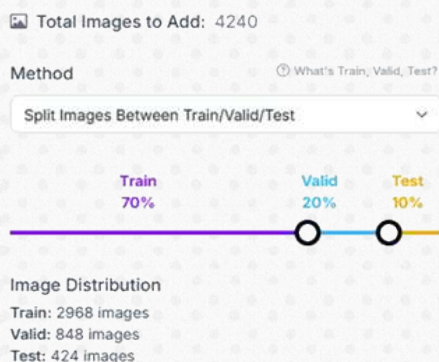
Class = Pneumonia

ภาพที่ 5 ตัวอย่าง UI ของ Roboflow ในการกำหนดป้ายกำกับ (Class) ของงานวิจัยนี้

2.2.3 การจัดรูปแบบข้อมูล (Organize)

เมื่อข้อมูลภาพเอกซเรย์ทรวงอกผ่านกระบวนการกำหนดป้ายกำกับเรียบร้อยแล้ว ข้อมูลเหล่านั้นจะถูกมาประมวลผลภาพเบื้องต้น (Image Preprocessing) โดยดำเนินการปรับขนาดภาพ 640x640 พิกเซล และนำมาแบ่งข้อมูลออกเป็น 3 ส่วน ประกอบด้วย ส่วนการสอนการเรียนรู้ (Training Dataset) ส่วนการตรวจสอบแบบจำลองการเรียนรู้

(Validation Dataset) และส่วนทดสอบประสิทธิภาพแบบจำลองการเรียนรู้ (Testing Dataset) โดยงานวิจัยนี้แบ่งข้อมูลภาพในอัตราส่วน 70:20:10 กล่าวคือแบ่งข้อมูลภาพถ่ายเอกซเรย์ทรวงอกสำหรับการสอนร้อยละ 70 สำหรับตรวจสอบร้อยละ 20 และสำหรับทดสอบร้อยละ 10 รายละเอียดหน้าจอ UI สำหรับการกำหนดอัตราส่วนแบ่งชุดข้อมูลของงานวิจัยนี้ รายละเอียดดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 หน้าจอ UI แบ่งข้อมูลด้วย Roboflow ของงานวิจัยนี้

2.3 การสร้างแบบจำลองจำแนกข้อมูล (Model Training)

ข้อมูลภาพเอกซเรย์ทรวงอกส่วนฝึกสอนการเรียนรู้จะถูกนำมาสร้างแบบจำลองการเรียนรู้เพื่อจำแนกว่าภาพเอกซเรย์ทรวงอกแต่ละภาพว่าเป็นภาพของปอดปกติ (Normal) หรือปอดติดเชื้อ (Pneumonia) งานวิจัยนี้เลือกวิธีการส่งออก (Export) ชุดข้อมูลไปดำเนินการสร้างแบบจำลอง โดยเครื่องมือ Roboflow ได้จัดเตรียมพีเจอรส์สำหรับการส่งออกข้อมูลไว้ นักพัฒนาระบบได้เลือกใช้ สำหรับงานวิจัยนี้เลือกใช้แบบ APIKey เข้าไปใช้งานผ่านเว็บไซต์ Kaggle [10] โดยเลือกใช้โมเดลการเรียนรู้เชิงลึกโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network: CNN) พัฒนาชุดคำสั่งด้วยภาษาไพธอน (Python Language) ร่วมกับไลบรารี PyTorch, TensorFlow และไลบรารีสำหรับการประมวลผลภาพดิจิทัล (Digital Image Processing) ที่เกี่ยวข้อง กำหนดไฮเปอร์พารามิเตอร์รอบการเรียนรู้ (Epoch) จำนวน 50 รอบ ขนาดชุดข้อมูล (Batch Size) เท่ากับ 32 และอัตราการเรียนรู้ (Learning Rate) เท่ากับ 0.001 ประมวลผลการทำงานบน GPU P100 รายละเอียดชุดคำสั่งภาษาไพธอนกำหนดโครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันดังภาพที่ 7

```
class CNNModel(nn.Module):
    def __init__(self):
        super(CNNModel, self).__init__()
        self.conv1 = nn.Conv2d(3, 16, kernel_size=3, stride=1, padding=1)
        self.pool = nn.MaxPool2d(kernel_size=2, stride=2, padding=0)
        self.conv2 = nn.Conv2d(16, 32, kernel_size=3, stride=1, padding=1)
        self.conv3 = nn.Conv2d(32, 64, kernel_size=3, stride=1, padding=1)
        self.conv4 = nn.Conv2d(64, 128, kernel_size=3, stride=1, padding=1)
        self.fc1 = nn.Sequential(
            nn.Linear(128 * 40 * 40, 256), nn.Dropout(0.5))
        self.fc2 = nn.Linear(256, 128)
        self.fc3 = nn.Linear(128, 2)
```

ภาพที่ 7 ชุดคำสั่งภาษาไพธอนกำหนดโครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมแบบ CNNs

2.4 การทดสอบประสิทธิภาพโมเดล (Model Evaluation)

จากนั้นดำเนินการหาประสิทธิภาพการจำแนกของแบบจำลองผลลัพธ์ด้วยชุดข้อมูลส่วนตรวจสอบ (Validate Dataset) หาประสิทธิภาพด้วยการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของค่าความสูญเสีย (Loss Value) ในแต่ละรอบการเรียนรู้ (Epoch) และใช้ชุดข้อมูลส่วนทดสอบ (Testing Dataset) ทดสอบประสิทธิภาพการจำแนกด้วยตัวชี้วัดมาตรฐานเมทริกซ์ความสับสน (Confusion Matrix) ประกอบด้วย ค่าความถูกต้อง (Accuracy) ค่าความแม่นยำ (Precision) ค่า Recall และ F1-Score สูตรการคำนวณในแต่ละค่าประสิทธิภาพนิยามดังสมการที่ (1) - (4) ตามลำดับ

$$\text{Accuracy} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (1)$$

โดยที่ TP คือ จำแนกปกติปกติ และเป็นปกติจริง
 TN คือ จำแนกปกติผิดเชื่อ และเป็นปกติผิดเชื่อจริง
 FP คือ จำแนกปกติปกติ และเป็นปกติผิดเชื่อ
 FN คือ จำแนกปกติผิดเชื่อ และเป็นปกติปกติ

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP + FP} \quad (2)$$

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP + FN} \quad (3)$$

$$\text{F1-Score} = 2 \times \frac{\text{Precision} \times \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}} \quad (4)$$

2.5 การนำแบบจำลองการเรียนรู้ไปใช้งาน (Model Deploy)

เป็นขั้นตอนการนำโมเดล หรือแบบจำลองการเรียนรู้สำหรับจำแนกภาพเอกซเรย์ทรวงอกว่าเป็นภาพของปกติ (Normal) หรือผิดปกติ (Pneumonia) ที่ได้จากขั้นตอนการฝึกสอนและเรียนรู้ข้างต้นไปพัฒนาต่อยอดในการใช้งานจริง สำหรับงานวิจัยนี้ดำเนินการนำแบบจำลองจำแนกภาพเอกซเรย์ทรวงอกมาทำงานบนเว็บแอปพลิเคชัน ทั้งนี้เพื่อให้ผู้ใช้งานทั่วไปสามารถใช้งานง่าย สะดวก สำหรับเครื่องมือในการพัฒนาใช้ Flask รุ่น 3.0.3 ร่วมกับไลบรารีจัดการข้อมูล numpy รุ่น 1.24.3

2.6 การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application Development)

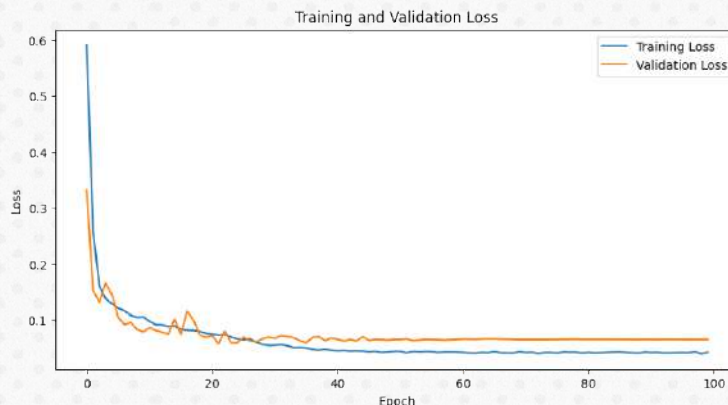
งานวิจัยนี้พัฒนาส่วนต่อประสานผู้ใช้งานในรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชัน เชื่อมต่อกับโมเดลปัญญาประดิษฐ์ผลลัพธ์ที่ได้ผ่าน API ออกแบบหน้าจอส่วนต่อประสาน (User Interface Design: UI ให้มีความง่ายต่อการใช้งาน ประกอบด้วยฟังก์ชันการทำงานหลัก 3 ฟังก์ชัน คือ ฟังก์ชันการอัปโหลดภาพถ่ายเอกซเรย์ทรวงอกขึ้นระบบ ฟังก์ชันส่งผลข้อมูลภาพไปยังโมเดลปัญญาประดิษฐ์เพื่อจำแนกปกติผิดเชื่อ หรือปกติ และฟังก์ชันแสดงผลการจำแนกของโมเดลให้ผู้ใช้งานทราบ โดยใช้ภาษา HTML พัฒนาส่วนต่อประสานผู้ใช้งาน

2.7 การทดสอบการใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application Testing)

ในส่วนนี้เป็นการทดสอบการใช้งานจริงโดยผู้ใช้งาน (User Testing) บนเว็บแอปพลิเคชันที่ได้พัฒนาขึ้น โดยดำเนินการทดสอบการทำงาน 3 ฟังก์ชันหลักข้างต้น และทดสอบผลการจำแนกกับภาพเอกซเรย์ทรวงอกจำนวน 40 ภาพ จากการสุ่มภาพจากอินเทอร์เน็ต ประกอบด้วยภาพปกติ และภาพผิดปกติอย่างละ 20 ภาพ

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการทดลองประสิทธิภาพการเรียนรู้ของแบบจำลองจำแนกภาพถ่ายเอกซเรย์ปอดว่าติดเชื้อ หรือปอดปกติ พิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงของค่าความสูญเสีย (Loss) ในแต่ละรอบการเรียนรู้ (Epochs) รายละเอียดดังกราฟภาพที่ 8



ภาพที่ 8 กราฟผลลัพธ์ประสิทธิภาพการเรียนรู้ของแบบจำลอง

จากกราฟผลลัพธ์ประสิทธิภาพการเรียนรู้ของแบบจำลองข้างต้น พบว่า เส้นสีน้ำเงิน (Training Loss) แสดงค่าความสูญเสียของชุดข้อมูลฝึกสอนมีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงแรกของการฝึกและค่อย ๆ ทรงตัวอยู่ในระดับต่ำเมื่อจำนวนรอบการเรียนรู้เพิ่มขึ้น ในขณะเดียวกันเส้นสีส้ม (Validation Loss) แสดงค่าความสูญเสียของชุดข้อมูลตรวจสอบก็มีแนวโน้มลดลงเช่นกัน และมีค่าใกล้เคียงกับเส้นสีน้ำเงินหลังจากผ่านช่วงแรกของการฝึกสอน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองสามารถเรียนรู้ข้อมูลได้ดีมีความสามารถในการนำความรู้ที่ได้ไปใช้กับข้อมูลใหม่โดยไม่มีปัญหา Overfitting แต่อย่างไรก็ตาม ค่าความสูญเสียของชุดตรวจสอบมีแนวโน้มคงที่และสูงกว่าค่าของชุดฝึกสอนเล็กน้อยหลังจากรอบการเรียนรู้ที่ 20 เป็นต้นไป ซึ่งเป็นปกติของแบบจำลองที่มีการเรียนรู้แบบการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning: DL) สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพการจำแนกด้วยชุดข้อมูลส่วนทดสอบ (Testing Dataset) วัดค่าประสิทธิภาพด้วยค่าประสิทธิภาพความถูกต้อง (Accuracy) ค่าความแม่นยำ (Precision) ค่า Recall และ F1-score พบว่า มีค่าในระดับสูง โดยเฉพาะค่า F1-score ที่ 0.96 ซึ่งหมายความว่าแบบจำลองมีความสามารถในการจำแนกประเภทของภาพได้อย่างถูกต้องทั้งปอดปกติ (Normal) และปอดติดเชื้อ (Pneumonia) โดยค่าความถูกต้องรวมของแบบจำลองอยู่ที่ร้อยละ 96 และการที่ค่าของความแม่นยำ และค่า Recall นั้นมีค่าใกล้เคียงกันแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองมีความสมดุลในการจำแนก

สำหรับผลการจำแนกภาพถ่ายเอกซเรย์ทรวงอกผลลัพธ์ไปพัฒนาในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชันเพื่อให้สามารถใช้งานจริง คณะผู้วิจัยดำเนินการออกแบบส่วนต่อประสานการใช้งานตามหลักการผู้ใช้เป็นศูนย์กลาง (User Center Design: UCD) ทั้งนี้เน้นที่การใช้งานง่าย ผู้ใช้งานมีความสะดวกสบายในการใช้งาน ผลลัพธ์ส่วนต่อประสานที่ออกแบบแสดงดังภาพที่ 9



(ก) หน้าจอหลักส่วนของเว็บแอปพลิเคชัน



(ข) ผลการจำแนกปอดปกติ



(ค) ผลการจำแนกปอดติดเชื้อ

ภาพที่ 9 หน้าจอส่วนต่อประสานผู้ใช้งานส่วนเว็บแอปพลิเคชัน

ดำเนินการทดสอบโดยใช้ชุดภาพถ่ายเอกซเรย์ทรวงอกจำนวน 40 ภาพ ซึ่งจัดแบ่งเป็นภาพปอดติดเชื้อและปอดปกติ อย่างละ 20 ภาพ โดยทำการทดสอบผ่านผู้ใช้งานทั่วไป ผลการทดสอบพบว่าฟังก์ชันการทำงานของเว็บแอปพลิเคชันสามารถทำงานได้ครบถ้วนสมบูรณ์ และแบบจำลองสามารถจำแนกภาพได้ถูกต้องทุกภาพ ด้วยค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยในการจำแนกร้อยละ 95.96 โดยแยกเป็นค่าความเชื่อมั่นร้อยละ 97.53 สำหรับภาพปอดปกติ และร้อยละ 94.38 สำหรับภาพปอดติดเชื้อ อย่างไรก็ตาม ค่าเฉลี่ยค่าความเชื่อมั่นในการจำแนกได้รับผลกระทบจากภาพเอกซเรย์ทรวงอกจำนวน 2 ภาพที่มีค่าความเชื่อมั่นต่ำกว่าระดับที่กำหนด ได้แก่ ภาพปอดปกติ 1 ภาพ ที่แบบจำลองจำแนกว่าเป็นปอดปกติด้วยค่าความเชื่อมั่นร้อยละ 64.92 และภาพปอดติดเชื้อ 1 ภาพ ที่แบบจำลองจำแนกว่าเป็นปอดติดเชื้อด้วยค่าความเชื่อมั่นร้อยละ 72.03 เมื่อนำภาพทั้งสองมาพิจารณา พบว่าภาพดังกล่าวมีค่าความสว่างสูงเกินไปส่งผลให้รายละเอียดภาพต่ำ ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าแม้คุณภาพของภาพบางส่วนจะไม่เอื้อต่อการวิเคราะห์เนื่องจากข้อจำกัดด้านความคมชัดและความสว่างที่ไม่เหมาะสม แต่แบบจำลองยังสามารถจำแนกผลได้อย่างถูกต้อง อันแสดงถึงความสามารถในการจำแนกกับข้อมูลที่มีคุณภาพต่ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากผลการสร้างแบบจำลองการจำแนกโรคติดเชื้อในปอดจากภาพถ่ายเอกซเรย์ทรวงอก ผลการทดสอบประสิทธิภาพการจำแนกของแบบจำลองที่พัฒนาขึ้น และผลการพัฒนาและทดสอบประสิทธิภาพเว็บแอปพลิเคชันส่วนประยุกต์ใช้งานแบบจำลองของงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าสามารถรองรับการใช้งานได้จริงอย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในด้านความถูกต้องของการวิเคราะห์ และความเร็วในการตอบสนอง มีความสะดวกในการใช้งาน ซึ่งทำให้ระบบมีความพร้อมในการนำไปใช้งานจริงต่อไป

4. บทสรุป

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการนำศาสตร์ด้านการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) กับข้อมูลภาพถ่ายเอกซเรย์ทรวงอกจากแหล่งข้อมูล Kaggle โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (CNN) พัฒนาด้วยเครื่องมือ Roboflow เขียนชุดคำสั่งด้วยภาษาไพธอน (Python Language) ร่วมกับไลบรารี PyTorch, TensorFlow และไลบรารีสำหรับการประมวลผลภาพดิจิทัล (Digital Image Processing) ที่เกี่ยวข้อง เพื่อสร้างแบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึกจำแนกภาพถ่ายเอกซเรย์ทรวงอกว่าเป็นปอดปกติ (Normal) หรือ ปอดติดเชื้อ (Pneumonia) ข้อมูลภาพถ่ายเอกซเรย์ทรวงอกจำนวนทั้งสิ้น 8,480 ภาพ ประกอบด้วยภาพเอกซเรย์ทรวงอกประเภทปอดปกติและปอดติดเชื้ออย่างละ 4,240 ภาพ ข้อมูลทั้งหมดถูกนำส่งเข้าสู่เครื่องมือ Roboflow

จากนั้นดำเนินการด้วยฟีเจอร์ต่าง ๆ ดังนี้ ฟีเจอร์กำหนดป้ายกำกับ (Annotate) งานวิจัยนี้กำหนดป้ายกำกับหรือคลาส 2 คลาส คือ ปอดปกติ (Normal) หรือ ปอดติดเชื้อ (Pneumonia) เมื่อดำเนินการกำหนดป้ายกำกับเสร็จสิ้นข้อมูลภาพถูกส่งเข้าสู่ฟีเจอร์ปรับขนาดภาพที่เหมาะสม 640x640 พิกเซล แบ่งข้อมูลออกเป็น 3 ส่วน ประกอบด้วย ชุดข้อมูลสำหรับฝึกสอน (Training Dataset) ร้อยละ 70 ชุดข้อมูลสำหรับตรวจสอบ (Validate Dataset) ร้อยละ 20 และชุดข้อมูลสำหรับทดสอบ (Testing Dataset) ร้อยละ 10 จากนั้นดำเนินการนำข้อมูลส่วนฝึกสอนป้อนเข้าสู่โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน และใช้ข้อมูลส่วนการตรวจสอบพิจารณาประสิทธิภาพการเรียนรู้ด้วยค่าการสูญเสีย (Loss Value) ดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพการจำแนกภาพเอกซเรย์ทรวงอกกับข้อมูลชุดการทดสอบวัดประสิทธิภาพด้วยตัวชี้วัดมาตรฐานเมตริกซ์ความสับสน (Confusion Matrix) ผลการทดลองพบว่าแบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึกมีความสามารถในการจำแนกได้ถูกต้องร้อยละ 96 และเพื่อให้ผลลัพธ์งานวิจัยใช้งานได้จริง คณะผู้วิจัยดำเนินการนำแบบจำลองผลลัพธ์ไปประยุกต์และใช้งานบนเว็บแอปพลิเคชัน โดยดำเนินการออกแบบให้ผู้ใช้งานใช้งานง่าย ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานบนเว็บแอปพลิเคชันพบว่าฟังก์ชันการทำงานครบถ้วนสมบูรณ์ และผลการทดสอบกับข้อมูลภาพถ่ายเอกซเรย์ทรวงอกจากแหล่งข้อมูลอินเทอร์เน็ตจำนวน 40 ภาพ ประกอบด้วยภาพเอกซเรย์ทรวงอกประเภทปอดปกติและปอดติดเชื้ออย่างละ 20 ภาพ ทดสอบการทำงานโดยผู้ใช้งานทั่วไป พบว่า แบบจำลองสามารถจำแนกได้ถูกต้องทุกภาพด้วยความเชื่อมั่นในการจำแนกเฉลี่ยร้อยละ 95.96 ทั้งนี้เนื่องจากมีภาพที่ใช้ทดสอบจำนวน 2 ภาพมีค่าความสว่างสูงเกินไป และนั่นหมายถึงแบบจำลองที่ได้จากงานวิจัยนี้มีความยืดหยุ่นกับข้อมูลภาพเอกซเรย์ทรวงอกที่มีความละเอียดต่ำได้ดี

สำหรับแนวทางการพัฒนาในอนาคต คณะผู้วิจัยเห็นว่าการขยายการใช้งานไปยังแพลตฟอร์มบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ (Mobile Platform) เป็นประเด็นที่มีความน่าสนใจ เนื่องจากปัจจุบันมีการใช้งานแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถืออย่างแพร่หลาย อีกประเด็นหนึ่งคือการพัฒนาควบคู่กับแบบจำลองภาษาขนาดใหญ่ (Large Language Model: LLM) ซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งของปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ (Generative Artificial Intelligence) เพื่อสนับสนุนการอธิบายผลการทำนายในเชิงการแพทย์ให้มีความชัดเจนและเข้าใจง่ายขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหน่วยงานต้นสังกัดของคณะผู้วิจัย ที่ให้การสนับสนุนในการดำเนินงานวิจัย และเป็นหน่วยงานจัดการประชุมวิชาการ และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณ ในการนำเสนอบทความในงานประชุมวิชาการระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 8 ในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] P. Rajpurkar, et al. (14 November 2017). CheXNet: Radiologist-Level Pneumonia Detection on Chest X-Rays with Deep Learning. <https://arxiv.org/abs/1711.05225>
- [2] D. S. Kermany, et al. Identifying medical diagnoses and treatable diseases by Image-Based Deep Learning. *Cell*. 172(5)(2018) 1122–1131. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2018.02.010>
- [3] O. Stephen, M. Sain, U. J. Maduh, D. Jeong. An efficient deep learning approach to pneumonia classification in healthcare. *Journal of Healthcare Engineering*. 2019; 2019: 1–7. <https://doi.org/10.1155/2019/4180949>
- [4] Z. Hu, Z. Yang, K. J. Lafata, F. Yin, C. Wang. A radiomics-boosted deep-learning model for COVID-19 and non-COVID-19 pneumonia classification using chest x-ray images. *Medical Physics*. 49(5)(2022) 3213–3222. <https://doi.org/10.1002/mp.15582>

- [5] D. Li, S. Li. An artificial intelligence deep learning platform achieves high diagnostic accuracy for Covid-19 pneumonia by reading chest X-ray images. *iScience*. 25(4)(2022) 104031.
<https://doi.org/10.1016/j.isci.2022.104031>
- [6] X. Zhang, et al. CXR-Net: a multitask deep learning network for explainable and accurate diagnosis of COVID-19 pneumonia from chest X-ray images. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*. 27(2)(2022) 980–991. <https://doi.org/10.1109/jbhi.2022.3220813>
- [7] A. I. Khan, J. L. Shah, M. M. Bhat. CoroNet: A deep neural network for detection and diagnosis of COVID-19 from chest x-ray images. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*. 196(2020) 105581. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2020.105581>
- [8] R. Tawsifur, C. Muhamma, K. Amith. (19 March 2022). COVID-19 Radiography Database.
<https://www.kaggle.com/datasets/tawsifurrahman/covid19-radiography-database>
- [9] Roboflow. (14 April 2025). Roboflow: Computer vision tools for developers and enterprises.
<https://roboflow.com/>
- [10] Kaggle. (2025). Kaggle: your home for data science. <https://www.kaggle.com/>

ระบบค้นหาข้อมูลคู่มือนักศึกษาด้วยการค้นหาเชิงความหมาย Semantic Search for Student Manual Book

ชัชคม พิบูลธนาวิช¹ พงศธร ศรีพันธ์¹ ชนานุวัตร ฉายศรี¹ และ นริศรา นาคเมธี^{1*}

¹ หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการข้อมูลและเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

*E-mail: narisara.n@mutp.ac.th

บทคัดย่อ

คู่มือศึกษามีบทบาทสำคัญในการให้ข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นต่อการปรับตัวและการดำเนินชีวิตในมหาวิทยาลัย แต่ปัญหาคือการค้นหาข้อมูลในคู่มือศึกษาในรูปแบบเอกสาร PDF อาศัยการค้นหาแบบคำหลัก (Keyword Search) ทำให้เกิดข้อจำกัดด้านประสิทธิภาพในการเข้าถึงข้อมูล นักศึกษาอาจไม่ทราบข้อมูลที่สำคัญ เช่น การผ่อนผันการเกณฑ์ทหาร การขอรับทุนการศึกษา การกู้ยืมเงินเพื่อการศึกษา หรือระเบียบการลงทะเบียนเรียน เนื่องจากนักศึกษาอาจให้คำค้นที่ไม่ตรงประเด็นหรือไม่ชัดเจนมากนัก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงพัฒนา ระบบค้นหาคู่มือศึกษาเชิงความหมายในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน โดยใช้แบบจำลองปัญญาประดิษฐ์เชิงลึกร่วมกับเทคนิค Sentence Transformers และ Cosine Similarity เพื่อทำความเข้าใจบริบทของข้อความที่ค้นหา ลดระยะเวลาในการสืบค้นข้อมูลที่ต้องการให้รวดเร็วยิ่งขึ้น

ระบบได้รับการพัฒนาในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน ประกอบด้วยสามส่วนหลัก ได้แก่ ส่วนติดต่อผู้ใช้งานที่ออกแบบมาเพื่อความสะดวกในการใช้งาน ส่วนประมวลผลหลักทำหน้าที่จัดการค้นหาเชิงความหมาย และส่วนจัดการฐานข้อมูล ที่รองรับการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบเวกเตอร์ ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยใช้ชุดคำถามที่รวบรวมจากนักศึกษา จำนวน 24 ราย และคณาจารย์ 2 ท่าน พบว่าระบบสามารถให้ผลลัพธ์การค้นหาที่มีความถูกต้องในระดับ 77%

คำสำคัญ: คู่มือนักศึกษา การค้นหาเชิงความหมาย การแทนค่าประโยคด้วยตัวเลข

Abstract

The student manual is important for providing essential information for university life, including guidance on adaptation, registration, daily living, and regulations. However, using PDF-format manuals often makes finding specific information slow and inefficient. This inefficiency occurs as a result of their reliance on keyword search, which only identifies exact word matches. Consequently, students might miss critical details, such as military deferment procedures, student loan applications, or course registration, particularly when their search terms lack precision. Therefore, this research focused on developing a Semantic Search System for student manuals, implemented as a web application. This system leverages deep learning models, specifically employing Sentence Transformers to comprehend the meaning of text

and Cosine Similarity to identify the most relevant information based on that semantic understanding, thereby reducing search time and enhancing information retrieval efficiency and accessibility.

The system was developed as a web application, comprising three main components: a user-friendly Frontend designed for convenient interaction, a Backend responsible for managing the semantic search process, and a Database that supports storing data in vector form. To evaluate its performance, the system was tested using a set of questions collected from 24 students and 2 faculty members. The results showed that the system achieved a search accuracy of 77%.

Keywords: Student Manual, Semantic Search, Sentence Transformers

1. บทนำ

คู่มือนักศึกษาเป็นเอกสารสำคัญยิ่งสำหรับนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ซึ่งกองพัฒนานักศึกษาได้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นแหล่งข้อมูลด้านการศึกษาและการบริการต่าง ๆ ภายในมหาวิทยาลัย เนื้อหาครอบคลุมส่วนสำคัญหลากหลายด้าน ได้แก่ (1) ข้อมูลด้านการศึกษา จากสำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียน อาทิ การลงทะเบียน การเพิ่ม-ถอนรายวิชา การวัดและประเมินผล และเกณฑ์การสำเร็จการศึกษา (2) ระบบสารสนเทศและการเข้าถึงทรัพยากรการเรียนรู้จากสำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ (3) บริการสวัสดิการนักศึกษา ข้อมูลทุนการศึกษา การผ่อนผันทหาร ข้อมูลหอพัก การประกันอุบัติเหตุ บริการให้คำปรึกษาทางจิตวิทยา และการจัดหางาน (4) ระเบียบวินัยและการแต่งกาย รวมถึงข้อบังคับ บทลงโทษ และ (5) กิจกรรมเสริมหลักสูตรและการพัฒนานักศึกษาผ่านระบบทรานสคริปต์กิจกรรม

คู่มือนักศึกษามีความเชื่อมโยงกับการใช้ชีวิตของนักศึกษาตลอดระยะเวลา 4 ปีในมหาวิทยาลัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงปีแรกที่นักศึกษาต้องปรับตัวเข้ากับระบบการศึกษาใหม่ การลงทะเบียนเรียน การเข้าร่วมกิจกรรม และการใช้บริการต่าง ๆ ของมหาวิทยาลัย ข้อมูลในคู่มือนี้นี้จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการช่วยให้นักศึกษาทราบถึงสิทธิ หน้าที่ และสวัสดิการที่พึงได้รับ รวมถึงแนวทางการแก้ไขปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ เช่น การรักษาสุขภาพการเป็นนักศึกษา การขอรับบริการด้านสุขภาพจิต การขอรับทุนการศึกษา หรือการอุทธรณ์ผลการเรียน

ปัจจุบันคู่มือนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครอยู่ในรูปแบบเอกสาร PDF ที่มีความยาวกว่า 58 หน้า ซึ่งประกอบด้วยทั้งข้อความ ภาพ และภาพอินโฟกราฟิก ส่งผลให้เกิดปัญหาในการค้นหาข้อมูลหลายประการ ได้แก่ (1) การเสียเวลาในการค้นหาข้อมูลผ่านเอกสารจำนวนมากและอาจพลาดข้อมูลสำคัญ (2) การค้นหาแบบคำหลัก (Keyword Search) ใน PDF ที่จำกัดอยู่ที่การพิมพ์คำค้นที่ต้องพิมพ์ให้ตรงกับคำที่ปรากฏในเอกสาร หากใช้คำค้นหาที่แตกต่างไปจะไม่พบข้อมูลที่ต้องการ (3) การไม่สามารถเชื่อมโยงข้อมูลที่เกี่ยวข้องกันเนื่องจากข้อมูลถูกจัดไว้คนละหมวดหมู่ส่วนของเอกสาร เช่น เรื่องการขอกู้ยืมเงินเพื่อการศึกษาที่อาจเกี่ยวข้องกับการรักษาระดับผลการเรียน และ (4) ความยากในการปรับปรุงข้อมูล ทำให้ข้อมูลอาจไม่เป็นปัจจุบัน ซึ่งมีผลทำให้นักศึกษาพลาดข้อมูลสำคัญที่มีการเปลี่ยนแปลง

Sontakke (2024) ใช้ การค้นหาเชิงความหมาย ปรับปรุงระบบถามตอบที่ต้องค้นหาคำตอบจากเอกสาร PDF โดยใช้วิธีแปลงเนื้อหาใน PDF แต่ละส่วนเป็นเวกเตอร์ที่มีมิติสูง โดยใช้แบบจำลองภาษาของ OpenAI ซึ่งเวกเตอร์เหล่านี้จะจับสาระสำคัญเชิงความหมายของเนื้อหาข้อความ ทำให้สามารถใช้เทคนิคการค้นหาขั้นสูงและอำนวยความสะดวกในการสรุปข้อมูลที่แม่นยำ และจัดเก็บเวกเตอร์เหล่านั้นในฐานข้อมูลเวกเตอร์ Faiss เมื่อผู้ใช้งานพิมพ์คำถามหรือข้อสงสัยเข้ามาในระบบระบบจะทำการแปลงคำถามเหล่านี้เป็นเวกเตอร์โดยใช้แบบจำลอง OpenAI ตัวเดียวกันที่ใช้สำหรับการสร้างเวกเตอร์เนื้อหาของ PDF จากนั้นระบบจะทำการจับคู่เวกเตอร์กับส่วนย่อยของ PDF ที่จัดเก็บใน Faiss โดยใช้เมตริกความคล้ายคลึงโคไซน์ (cosine similarity) เพื่อหาคำตอบที่เกี่ยวข้องกับบริบท [1]

เพื่อแก้ไขปัญหาในการค้นหาข้อมูลใน คู่มือนักศึกษาที่อยู่ในรูปแบบเอกสาร PDF คณะผู้วิจัยจึงได้พัฒนาระบบค้นหา คู่มือนักศึกษาด้วยการค้นหาเชิงความหมายในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน โดยนำปัญญาประดิษฐ์ที่ใช้เทคนิคการฝังข้อมูล (Embedding) จากแบบจำลอง Sentence Transformer-Paraphrase-Multilingual-Mpnet-Base-v2 จากเว็บไซต์ Hugging Face [2] มาประยุกต์ใช้กับการค้นหาเชิงความหมาย (Semantic Search) เพื่อแก้ปัญหาค้นหาที่ใช้ระยะเวลาในการค้นหา และเข้าถึงข้อมูลได้สะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น สอดคล้องกับวิสัยทัศน์ของมหาวิทยาลัยที่มุ่งสู่การเป็น "มหาวิทยาลัย แห่งเทคโนโลยีนวัตกรรมและการบูรณาการ"

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การค้นหาเชิงความหมาย (Semantic Search)

การค้นหาเชิงความหมาย (Semantic Search) เป็นการค้นหาที่มุ่งเน้นการทำความเข้าใจความหมายที่แท้จริง ของคำค้นหาของผู้ใช้ ซึ่งแตกต่างจากการค้นหาแบบดั้งเดิมที่อาศัยเพียงการจับคู่คำหลัก (Keyword Matching) ตามที่ Bast et al. อธิบายไว้ การค้นหาแบบดั้งเดิมจะจำกัดอยู่เพียงการค้นหาเอกสารหรือข้อความที่มีคำตรงกับคำที่ผู้ใช้ป้อน ซึ่งมีข้อจำกัดหลายประการในการตอบสนองความต้องการข้อมูลที่ซับซ้อน [3]

ในการพัฒนาระบบการค้นหาเชิงความหมายจำเป็นต้องพิจารณาองค์ประกอบสำคัญหลายส่วน ประการแรกคือ ประเภทของข้อมูลที่ใช้ในการค้นหา ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 ประเภทหลัก ได้แก่ ข้อมูลข้อความ (Text) ที่เขียนในรูปแบบ ภาษาธรรมชาติ (Natural Language) ฐานข้อมูลความรู้ (Knowledge Bases) ที่เก็บข้อมูลในรูปแบบที่มีโครงสร้าง และข้อมูลผสม (Combined Data) ที่เป็นการร่วมกันระหว่างข้อความและฐานข้อมูลความรู้ ในกรณีของคู่มือศึกษานั้น ข้อมูลมีทั้งเป็นข้อความ รูปภาพ และภาพอินโฟกราฟิก ซึ่งคณะผู้วิจัยต้องแยกเก็บข้อความไว้ในฐานข้อมูล แยกรูปภาพ และภาพอินโฟกราฟิกไว้ใน Image Storage ประการที่สองคือ รูปแบบการค้นหา (Search Paradigms) ซึ่งมี 3 รูปแบบหลัก ได้แก่ การค้นหาด้วยคำหลัก (Keyword Search) ที่ผู้ใช้ป้อนคำสำคัญสั้น ๆ การค้นหาแบบมีโครงสร้าง (Structured Search) ที่ใช้ภาษาสอบถามเฉพาะทางอย่าง SPARQL และการค้นหาด้วยภาษาธรรมชาติ (Natural Language Search) ที่ผู้ใช้ สามารถตั้งคำถามโดยใช้ประโยคปกติได้

ถึงแม้จะมีความท้าทายในการพัฒนาระบบการค้นหาเชิงความหมาย แต่การค้นหาเชิงความหมายก็มีข้อดีหลาย ประการ โดยเฉพาะด้านความยืดหยุ่นในการค้นหา ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องรู้คำสำคัญที่ตรงกับเอกสาร และสามารถค้นหาด้วย ภาษาธรรมชาติได้ รวมถึงระบบยังสามารถเข้าใจความหมายที่แท้จริงแม้จะใช้คำที่แตกต่างจากในเอกสาร นอกจากนี้ยังโดดเด่นด้านการประมวลผลที่สามารถเชื่อมโยงข้อมูลจากหลายส่วนเข้าด้วยกันเพื่อทำความเข้าใจบริบทและความสัมพันธ์ระหว่าง ข้อมูล ทำให้ผลลัพธ์จากการค้นหาตรงกับความต้องการของผู้ใช้

2.2 การแสดงตัวเข้ารหัสแบบสองทิศทางจาก Transformers

BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) คือ แบบจำลองการแทนความหมาย ภาษาที่ได้รับการพัฒนาขึ้นให้มีความสามารถในการทำความเข้าใจด้านภาษาธรรมชาติของคอมพิวเตอร์อย่างมีนัยสำคัญ [4] โดย BERT มีความแตกต่างจากแบบจำลองภาษาที่เคยถูกนำมาใช้งานก่อนหน้านี้ ที่ส่วนใหญ่มีข้อจำกัดในการประมวลผลข้อมูล แบบ "ทิศทางเดียว" (unidirectional) กล่าวคือ มีการประมวลผลข้อความจากซ้ายไปขวา หรือจากขวาไปซ้ายเพียงทิศทาง เดียว ข้อจำกัดนี้ส่งผลให้แบบจำลองไม่สามารถเข้าใจบริบทของคำได้อย่างสมบูรณ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานที่ต้องอาศัยข้อมูล จากทั้งบริบทซ้ายและขวา เช่น งานการตอบคำถาม ซึ่ง BERT ได้แก้ไขข้อจำกัดดังกล่าวโดยการนำแนวคิดแบบ bidirectional มาประยุกต์ใช้ ซึ่งหมายถึงการประมวลผลคำโดยพิจารณาบริบทจากทั้งคำที่อยู่ด้านซ้ายและด้านขวาร่วมกันในทุกชั้นของ โครงข่ายประสาทเทียม แนวทางนี้ทำให้ BERT มีความสามารถในการทำความเข้าใจภาษาในเชิงลึกมากยิ่งขึ้น

หลักการทำงานของ BERT แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนหลัก:

2.2.1 การ Pre-training

ในขั้นตอนนี้ BERT จะถูกฝึกด้วยชุดข้อมูลข้อความขนาดมหาศาลที่ไม่มีการระบุป้ายกำกับ (unlabeled text) โดยอาศัยเทคนิคหลักสองประการ ได้แก่ Masked Language Model (MLM) เทคนิคนี้มีลักษณะคล้ายกับการเติมคำในช่องว่าง โดย BERT จะทำการสุ่มปิดบัง (mask) คำบางคำในประโยค แล้วให้แบบจำลองทำนายคำที่ถูกปิดบังไปจากบริบทของคำที่เหลือ การดำเนินการนี้ส่งเสริมให้แบบจำลองเรียนรู้บริบทจากทั้งสองฝั่ง (ซ้ายและขวา) เพื่อให้สามารถทำนายคำที่ขาดหายไปได้อย่างถูกต้อง และเทคนิค Next Sentence Prediction (NSP) เพื่อให้ BERT สามารถทำความเข้าใจความสัมพันธ์เชิงตรรกะระหว่างประโยค เช่น ประโยคที่สองเป็นประโยคที่ต่อเนื่องจากประโยคแรกหรือไม่แบบจำลองจะถูกฝึกให้ทำนายว่าประโยค B เป็นประโยคที่ตามหลังประโยค A จริงหรือไม่ โดยมีโอกาส 50% ที่จะเป็ประโยคที่ต่อเนื่องกันจริง และ 50% ที่จะเป็ประโยคที่ถูกสุ่มขึ้นมา งานนี้มีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับภารกิจประมวลผลภาษาธรรมชาติ อาทิ การตอบคำถาม และการอนุมานภาษา

ชุดข้อมูลที่ใช้ในการ Pre-training ประกอบด้วย BooksCorpus (ประมาณ 800 ล้านคำ) และ Wikipedia ภาษาอังกฤษ (ประมาณ 2,500 ล้านคำ)

2.2.2 Fine-tuning (การปรับแต่งแบบจำลอง)

หลังจากการ Pre-training แบบจำลอง BERT ที่ผ่านการฝึกฝนมาอย่างดีจะถูกนำมา "ปรับแต่ง" (fine-tune) เพื่อให้สามารถปฏิบัติงานประมวลผลภาษาธรรมชาติ (NLP) เฉพาะทางได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตัวอย่างภารกิจดังกล่าว ได้แก่ การตอบคำถาม (Question Answering) ซึ่งแบบจำลอง BERT จะอ่านบทความและให้คำตอบที่เกี่ยวข้องกับคำถาม การจำแนกข้อความ (Text Classification) รวมถึงการวิเคราะห์ความรู้สึก (sentiment analysis)

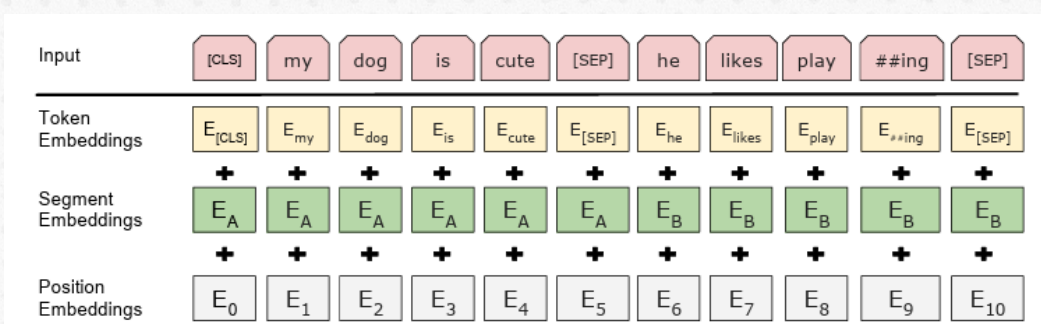
เพื่อให้ BERT สามารถเรียนรู้บริบทได้ทั้ง 2 ทิศทาง การตัดคำใน BERT จะมี Tokens พิเศษใส่เข้าไปใน Input 2 ตัว คือ [CLS] Token เพื่อใช้แทนตำแหน่งเริ่มต้นของข้อมูล

[SEP] Token คั่นกลางระหว่างประโยค เพื่อกำหนดขอบเขตระหว่างประโยคที่ 1 และ ประโยคที่ 2 จากนั้น Tokens โดยทั้ง 3 Embeddings จะนำมารวมกัน และป้อนให้กับโมเดลไปคำนวณในขั้นอื่น ๆ ต่อไป

ในการทำ Input Embeddings มี 3 ส่วน คือ Token Embeddings เป็น Trainable Parameters ซึ่งระหว่างการเทรนโมเดล Embedding ชั้นนี้จะค่อย ๆ ปรับตัวเอง เพื่อแทนข้อมูลในระดับคำของแต่ละ Token

Positional Embeddings เป็นเทคนิคเดียวกับที่ใช้ใน Transformer เพื่อเพิ่มข้อมูลเกี่ยวกับตำแหน่งของคำต่าง ๆ ให้กับโมเดล

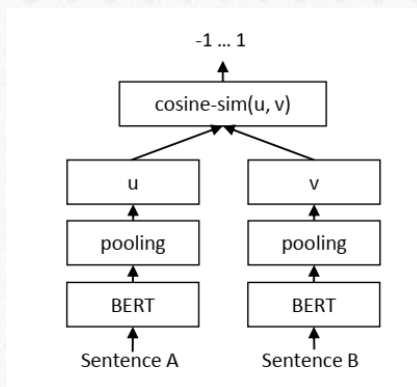
Segment Embeddings เป็น Embedding ที่เพิ่มเข้ามาใน BERT เพื่อช่วยให้โมเดลสามารถแยกแยะระหว่างประโยคที่ 1 และ ประโยคที่ 2 ที่อยู่ในข้อมูล เป็น Trainable Parameters เช่นเดียวกับ Token Embeddings โดยทั้ง 3 Embeddings จะนำมารวมกัน และป้อนให้กับโมเดลไปคำนวณในขั้นอื่น ๆ ต่อไป ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ข้อมูลค่าเวกเตอร์นำเข้าเพื่อฝึก BERT

2.3 แบบจำลอง Sentence-BERT (SBERT)

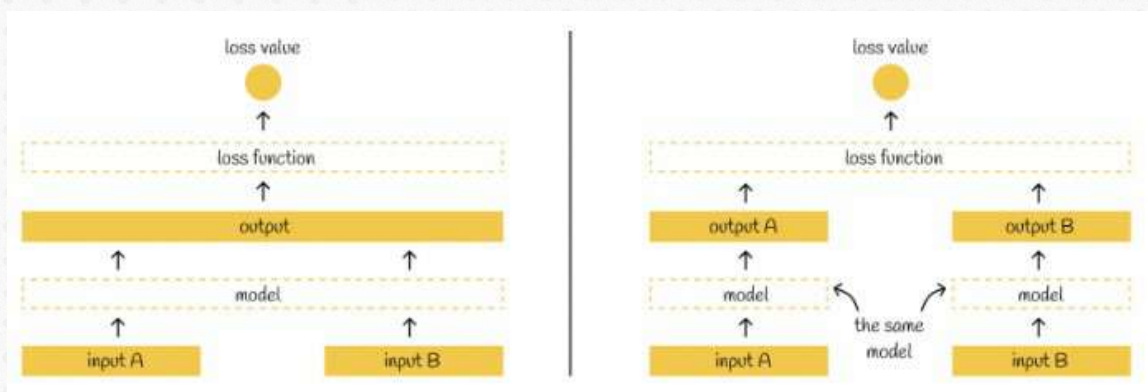
Sentence-BERT (SBERT) คือ แบบจำลองที่ได้รับการปรับปรุงมาจากแบบจำลอง BERT ที่ผ่านการ Pre-training มาแล้ว เพื่อให้สามารถสร้างเวกเตอร์แทนความหมายของประโยค (sentence embeddings) ที่มีความหมายเชิงความหมาย และสามารถนำไปเปรียบเทียบความคล้ายคลึงกันได้ด้วยมาตรวัด เช่น Cosine Similarity [5-7]



ภาพที่ 2 สถาปัตยกรรม SBERT สำหรับการอนุมาน เช่น เพื่อคำนวณคะแนนความคล้ายคลึง

SBERT นำ BERT มาใช้ในโครงสร้างแบบ Siamese หรือ Triplet Network ซึ่งประโยคแต่ละประโยคจะถูกประมวลผลแยกกันผ่านเครือข่าย BERT ที่มีน้ำหนักเชื่อมโยงกัน (tied weights) เพื่อสร้างเวกเตอร์แทนความหมายของประโยค (sentence embedding) สำหรับแต่ละประโยค หลังจากนั้นจึงนำเวกเตอร์เหล่านั้นมาเปรียบเทียบความคล้ายคลึงกันโดยใช้มาตรวัดระยะทาง เช่น Cosine Similarity หรือ Euclidean distance

นอกจากนี้ SBERT ยังเพิ่ม Pooling Operation (ค่าเฉลี่ย, ค่าสูงสุด, หรือ CLS token) ไปยัง Output ของ BERT เพื่อสร้างเวกเตอร์แทนประโยคที่มีขนาดคงที่ และได้รับการ Fine-tune ด้วย Objective Functions เฉพาะ (Classification, Regression, Triplet Loss) บนชุดข้อมูลที่เหมาะสม ทำให้ได้ Sentence Embeddings ที่มีความหมายเชิงความหมายสูง



ภาพที่ 3 การเปรียบเทียบระหว่าง Single Model กับ Siamese Model

2.4 แบบจำลองการฝึก Paraphrase Multilingual MpNet Base V2

จากบทความออนไลน์ Paraphrase Multilingual MpNet Base V2 (dataloop, 2024) ได้อธิบายถึงแบบจำลองนี้ไว้ว่าเป็นแบบจำลองที่สามารถแปลงประโยคหรือย่อหน้าให้กลายเป็นตัวเลขในรูปแบบเวกเตอร์ขนาด 768 มิติ

มีจุดเด่นที่มันสามารถทำงานได้กับหลายภาษาพร้อมกัน รองรับได้ถึง 50 ภาษา และทำงานได้อย่างรวดเร็ว [8] มีประโยชน์มากในการทำงานจัดกลุ่มข้อความที่มีความหมายคล้ายกัน หรือการค้นหาข้อความที่เกี่ยวข้องกัน แต่มีข้อจำกัดโดยเฉพาะเรื่องการเข้าใจมุกตลก คำเปรียบเปรย หรือสำนวนต่าง ๆ การใช้งานแบบจำลองนี้ทำได้ไม่ยาก สามารถใช้งานได้ผ่านไลบรารีที่ชื่อว่า Sentence-Transformers ถูกพัฒนาโดยทีม Sentence-Transformers

2.5 ฐานข้อมูลเวกเตอร์ (Vector Database)

Vector Database คือ ฐานข้อมูลที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อจัดการกับข้อมูลในรูปแบบเวกเตอร์โดยเฉพาะ มีความสามารถในการค้นหาข้อมูลที่มีความคล้ายคลึงกันในเชิงความหมาย [9] ไม่ใช่เพียงการจับคู่ค่าที่ตรงกันแบบฐานข้อมูลทั่วไป ความพิเศษของ Vector Database คือ การเข้าใจความหมาย ของข้อมูลได้ดียิ่งขึ้นทำให้ผลการค้นหาตรงประเด็นมากขึ้น

นอกจากนี้ Vector Database ยังถูกออกแบบมาให้ทำงานได้ดีกับข้อมูลหลากหลายรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นข้อความ รูปภาพ เสียง หรือวิดีโอ โดยจะแปลงข้อมูลเหล่านั้นให้อยู่ในรูปแบบเวกเตอร์ที่คอมพิวเตอร์เข้าใจได้ โดยความสามารถค้นหาลิงก์ที่คล้ายกันได้มีประสิทธิภาพ ความสามารถในการทำงานร่วมกับฐานข้อมูลแบบดั้งเดิมได้และทำให้สามารถจัดการได้ทั้งข้อมูลที่มีโครงสร้างและไม่มีโครงสร้างในทีเดียว

The screenshot shows a Windows File Explorer window with the following details:

- Address Bar:** C:\Users\user\Documents\...
- File List:**

Name	Date modified	Type	Size
1	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
2	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
3	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
4	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
5	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
6	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
7	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
8	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
9	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
10	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
11	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
12	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
13	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
14	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
15	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
16	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
17	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
18	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
19	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
20	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
21	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
22	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
23	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
24	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
25	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
26	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
27	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
28	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
29	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
30	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
31	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
32	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
33	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
34	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
35	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
36	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
37	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
38	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
39	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
40	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
41	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
42	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
43	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
44	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
45	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
46	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
47	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
48	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
49	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
50	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
51	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
52	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
53	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
54	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
55	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
56	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
57	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
58	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
59	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
60	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
61	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
62	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
63	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
64	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
65	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
66	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
67	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
68	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
69	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
70	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
71	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
72	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
73	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
74	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
75	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
76	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
77	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
78	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
79	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
80	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
81	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
82	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
83	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
84	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
85	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
86	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
87	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
88	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
89	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
90	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
91	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
92	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
93	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
94	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
95	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
96	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
97	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
98	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
99	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes
100	1/1/2025 1:14:00 PM	File	1,048,576 bytes

ภาพที่ 4 จานข้อมูลเวกเตอร์ ใน postgresSQL

Pgvector เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ PostgreSQL สามารถทำงานร่วมกับข้อมูลรูปแบบเวกเตอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยจัดเรียงข้อมูลรูปแบบเวกเตอร์ตามความหมายและมีความเกี่ยวข้องกับ Pgvector เปรียบเสมือนตัวเชื่อมระหว่างฐานข้อมูลแบบดั้งเดิมกับเทคโนโลยีใหม่ที่ทำให้การพัฒนาแอปพลิเคชันที่ต้องการความฉลาดในการเข้าใจและวิเคราะห์ข้อมูลทำได้ง่ายขึ้น โดยไม่ต้องเปลี่ยนไปใช้ระบบใหม่ทั้งหมด

การหาความคล้ายคลึงด้วย Query ใน SQL สัญลักษณ์ $\Leftrightarrow$ ถูกนำมาใช้ในการคำนวณค่าความคล้ายคลึงโดยเป็นการวัดว่า Vectors ทั้งสองตัวมีความใกล้เคียงกันแค่ไหน ถ้าเหมือนกันจะได้ 1 ถ้าไม่เหมือนกันจะได้ 0 แต่เพื่อให้ค่าที่ได้สื่อความหมายของความคล้ายคลึงได้ดียิ่งขึ้น จึงนำ 1 มาลบทำให้ ถ้า Vectors เหมือนกันมากผลลัพธ์จะเข้าใกล้ 0 แสดงว่ามีความแตกต่างกันน้อย หรือคล้ายกันมาก เมื่อใช้ในคำสั่ง SQL จะช่วยให้ค้นหาหัวข้อที่มี Embedding ใกล้เคียงกับ Vector ที่ค้นหา และเรียงลำดับผลลัพธ์จากที่คล้ายกันมากไปหาน้อย ทำให้สามารถค้นหาเนื้อหาที่เกี่ยวข้องหรือมีความหมายใกล้เคียงกันได้

2.6 ความคล้ายคลึงโคไซน์ (Cosine Similarity)

การใช้ Cosine Similarity เพื่อจับคู่คำถามที่คล้ายคลึงกันในฐานะข้อมูล โดย Cosine Similarity เป็นวิธีการวัดความคล้ายคลึงของสองเวกเตอร์ในขนาดที่เท่ากันผ่านการคำนวณมุมระหว่างเวกเตอร์ [10] ซึ่งถูกแปลงมาจากข้อความมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบค้นหาคำถามและคำตอบในรูปแบบฐานข้อมูลคำถาม โดยใช้ขั้นตอนการแปลงข้อความในแต่ละคำถามให้เป็นเวกเตอร์ จากนั้นเปรียบเทียบความคล้ายคลึงระหว่างคำถามที่ผู้ใช้ป้อน (นำเข้า Query) กับคำถามในฐานข้อมูล (Archived Questions) ผ่านคะแนน Cosine Similarity

สูตรการคำนวณ

$$SIM_c(a, b) = \frac{a \cdot b}{|a| \times |b|} \quad (1)$$

โดยสมการที่ 1 คือ ระยะทางระหว่างข้อมูล **a** ไปยัง **b** ด้วยมาตรวัด Cosine

Cosine Similarity สามารถนำไปประยุกต์กับการค้นหาความคล้ายคลึง ไม่ว่าจะเป็นข้อความหรือรูปภาพ โดยการเทียบเวกเตอร์ หรืออื่น ๆ

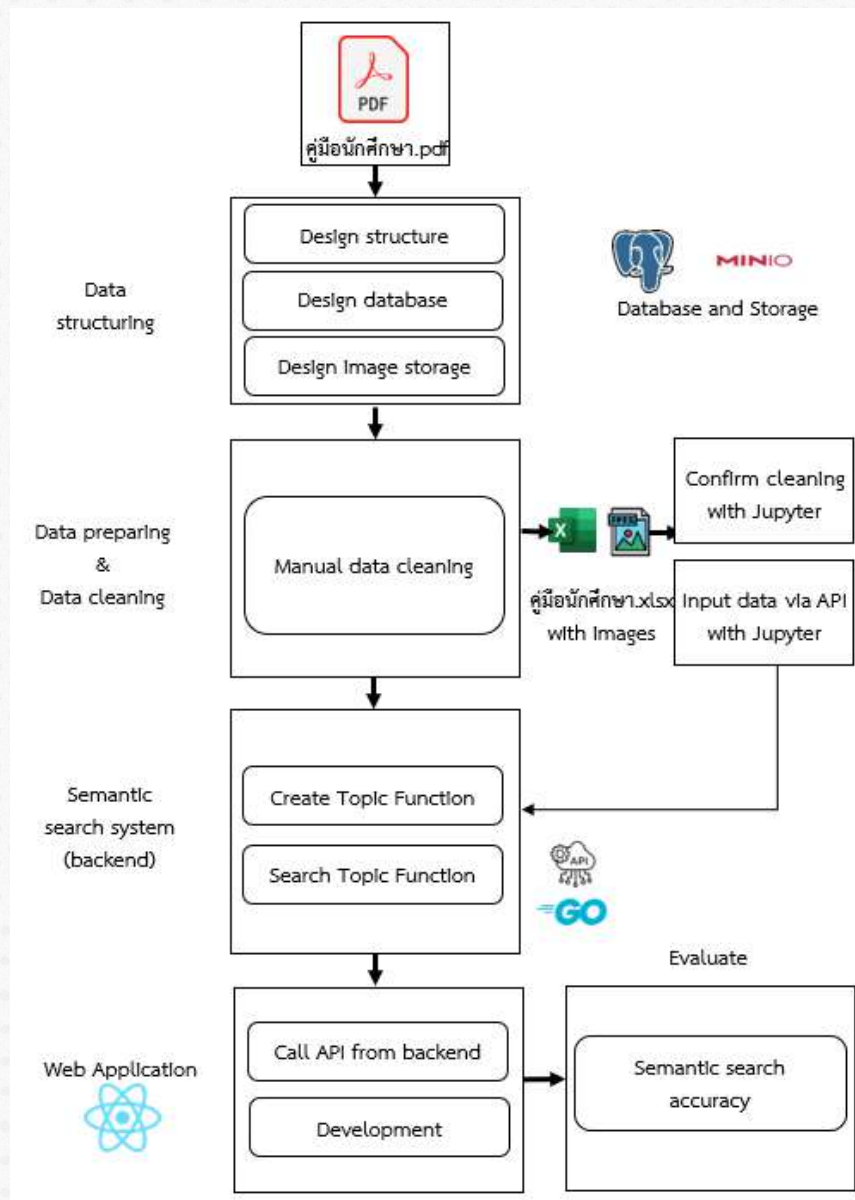
3. วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนากระบวนการค้นหาข้อมูลคู่มือนักศึกษาด้วยการค้นหาเชิงความหมายด้วยเทคนิค Sentence Transformer พร้อมกับการค้นหาความคล้ายคลึงกันของประโยคโดยใช้ Cosine similarity เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับความหมายกับคำค้นหาของผู้ใช้งาน โดยเว็บแอปพลิเคชันประกอบไปด้วย Frontend หรือหน้าค้นหาข้อมูลทำหน้าที่รับคำถามจากผู้ใช้ มี Backend ที่ทำหน้าที่ค้นหาหัวข้อตามคู่มือนักศึกษา และส่วนอื่นอย่าง Database ที่เก็บข้อมูลเนื้อหาในคู่มือนักศึกษาพร้อมกับการทำ Vector database เพื่อสืบค้นเชิงความหมาย และแยกเก็บรูปภาพไว้ใน Images storage โดยมีขั้นตอนการเตรียมข้อมูลและการพัฒนาระบบ ดังนี้

- 3.1 ขั้นตอนออกแบบโครงสร้างข้อมูลและฐานข้อมูล
- 3.2 ขั้นตอนการเตรียมข้อมูลและการทำความสะอาดข้อมูล
- 3.3 ขั้นตอนสร้างระบบค้นหาเชิงความหมาย
- 3.4 ขั้นตอนสร้างเว็บแอปพลิเคชัน
- 3.5 ทดสอบความถูกต้องการค้นหาและการใช้งานหน้าเว็บไซต์

ในการพัฒนาระบบคณะผู้วิจัยมีกรอบแนวคิดในการดำเนินงานดังแสดงในภาพที่ 5

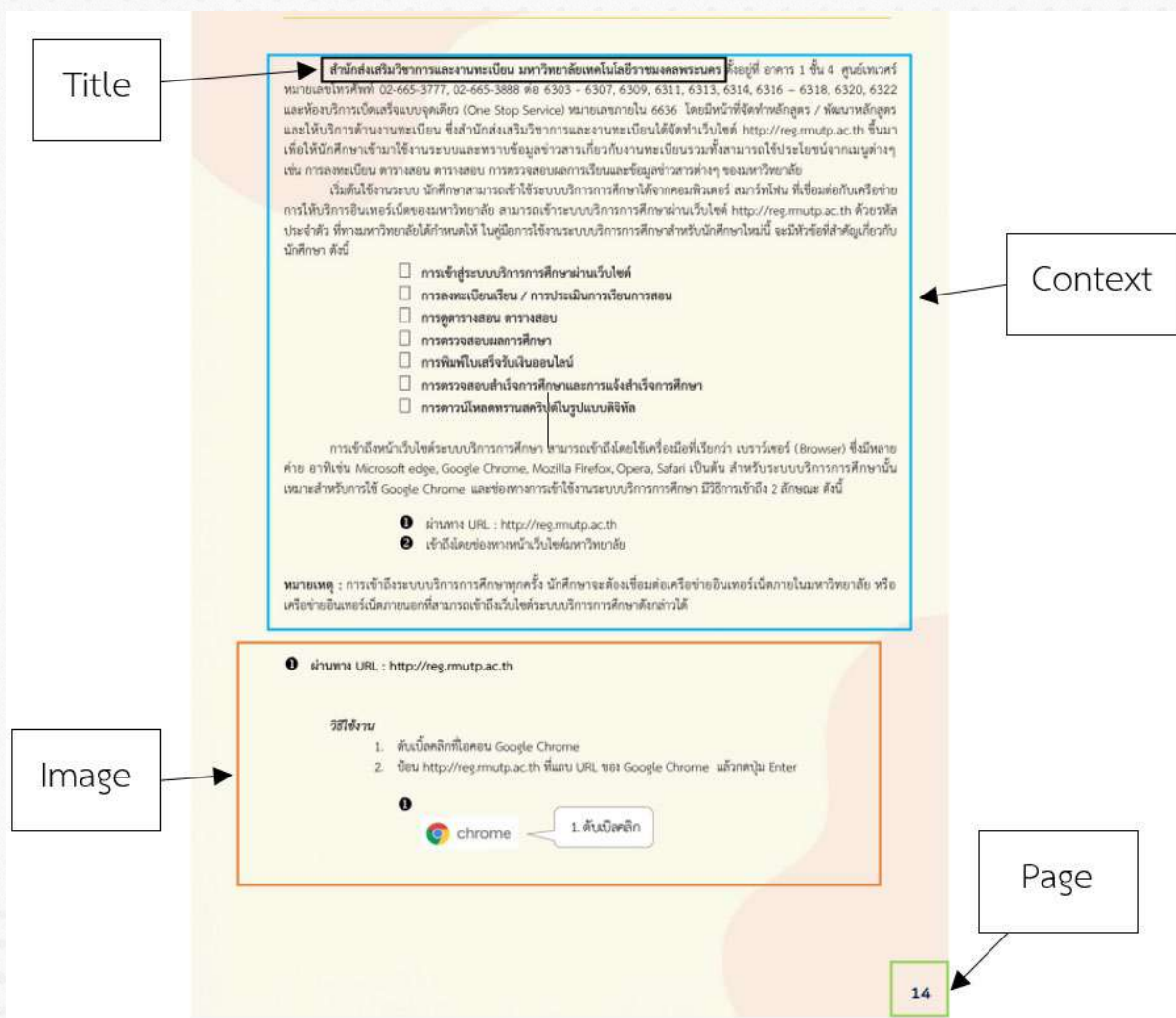
โดยงานวิจัยนี้จะทำการแปลงหัวข้อเนื้อหาในคู่มือนักศึกษาเป็น Vector ด้วย Sentence Transformer แล้วนำไปเก็บไว้ใน Vector database และแยกเก็บรูปภาพไว้ใน Images storage และเมื่อผู้ใช้งานค้นหาข้อมูลระบบจะทำการแปลงคำค้นหาของผู้ใช้งานเป็น Vector ด้วย Sentence Transformer เช่นกัน จากนั้นนำค่า Vector ที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่า Vector ของหัวข้อจากคู่มือนักศึกษาที่เก็บอยู่ในฐานข้อมูล ด้วยการใช้ Cosine similarity ในการวัดความคล้ายคลึงความหมาย แล้วแสดงผลหัวข้อ (Topic) ที่แบบจำลองคาดว่ามีความใกล้เคียงกับประโยคของผู้ใช้งานมากที่สุด



ภาพที่ 5 กรอบแนวคิดการดำเนินงาน

3.1 ขั้นตอนออกแบบโครงสร้างข้อมูลและฐานข้อมูล (Data structuring)

ขั้นตอนนี้คณะผู้วิจัยทำการศึกษาโครงสร้างและข้อมูลที่อยู่ในคู่มือนักศึกษา เพื่อระบุข้อมูลที่จำเป็นต้องจัดเก็บในฐานข้อมูลเพื่อนำมาในระบบระบบค้นหาข้อมูลคู่มือนักศึกษาด้วยการค้นหาเชิงความหมาย ในภาพที่ 6 เป็นตัวอย่างการระบุชื่อข้อมูลในคู่มือนักศึกษาเพื่อที่จะนำไปจัดเก็บในฐานข้อมูลได้อย่างถูกต้อง



ภาพที่ 6 ตัวอย่างการระบุชื่อข้อมูลในคู่มือนักศึกษา

ตารางที่ 3 ชื่อข้อมูลหลักและคำอธิบายที่ใช้ในการระบุข้อมูลที่ต้องจัดเก็บ

ชื่อข้อมูล	คำอธิบาย
Title	หัวข้อเนื้อหาที่ใช้สรุปหรืออธิบายประเด็นหลักของข้อมูล
Context	รายละเอียดของเนื้อหาทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อ ซึ่งอาจเป็นข้อความยาว
Images	รายชื่อไฟล์รูปภาพที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหานั้น หากมี
Tag	แท็กที่ใช้ระบุหมวดหมู่หรือประเภทของเนื้อหา ช่วยในการจัดกลุ่มข้อมูล
Page	หมายเลขหน้าที่ข้อมูลนั้นปรากฏในเอกสารต้นฉบับ

เมื่อได้ชื่อข้อมูลหลักที่ต้องการแล้วก็ดำเนินการสร้างไฟล์ Excel ที่มีคอลัมน์ตามชื่อข้อมูลหลัก จากนั้นดำเนินการนำข้อมูลในคู่มือที่เป็นข้อความมาจัดเก็บในไฟล์ Excel ตามคอลัมน์ ดังแสดงในภาพที่ 7

	A	B	C	D	E
1	Title	Context	Images	Tag	Page
2					
3					
4					
5					
6					

ภาพที่ 7 ไฟล์ Excel ที่สร้างขึ้น และระบุใส่ชื่อให้กับคอลัมน์ทั้งหมด 5 คอลัมน์ตามชื่อข้อมูลหลักที่ต้องจัดเก็บข้อมูล

จากนั้นทำการออกแบบฐานข้อมูล (Design database) โดยนำเอาข้อมูลที่จัดเก็บในรูปแบบ Excel นำมาสร้างเป็นฐานข้อมูลในโปรแกรมฐานข้อมูล ชื่อว่า PostgreSQL เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลเพื่อการค้นหาข้อมูลของระบบค้นหาข้อมูล คู่มือนักศึกษาด้วยการค้นหาเชิงความหมายและเก็บค่า Vector ที่จากการแปลงข้อความ ฐานข้อมูลได้รับการออกแบบให้แยกการจัดเก็บข้อมูลเป็น 3 ตาราง คือ ตาราง Topic เก็บข้อมูลรายละเอียดหัวข้อของเนื้อหา เนื้อหา และหน้าที่ปรากฏหน้าในคู่มือนักศึกษา ตาราง Topic Images เก็บรหัสอ้างอิงรูปภาพ และ path ที่เก็บรูปภาพ ส่วนตาราง Topic Embeddings การจัดเก็บข้อมูลเวกเตอร์ที่ได้จากการแปลงข้อความเพื่อใช้สำหรับการค้นหาเชิงความหมาย โดยทั้ง 3 ตารางสามารถอ้างอิงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลได้ ดังแสดงใน Entity-relationship Model ด้านล่าง (ภาพที่ 8)



ภาพที่ 8 Entity-Relationship Model แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหัวข้อเรื่องและภาพในคู่มือนักศึกษา
กับค่าที่ได้จากการแปลงข้อความหัวข้อเรื่องเป็น Vector

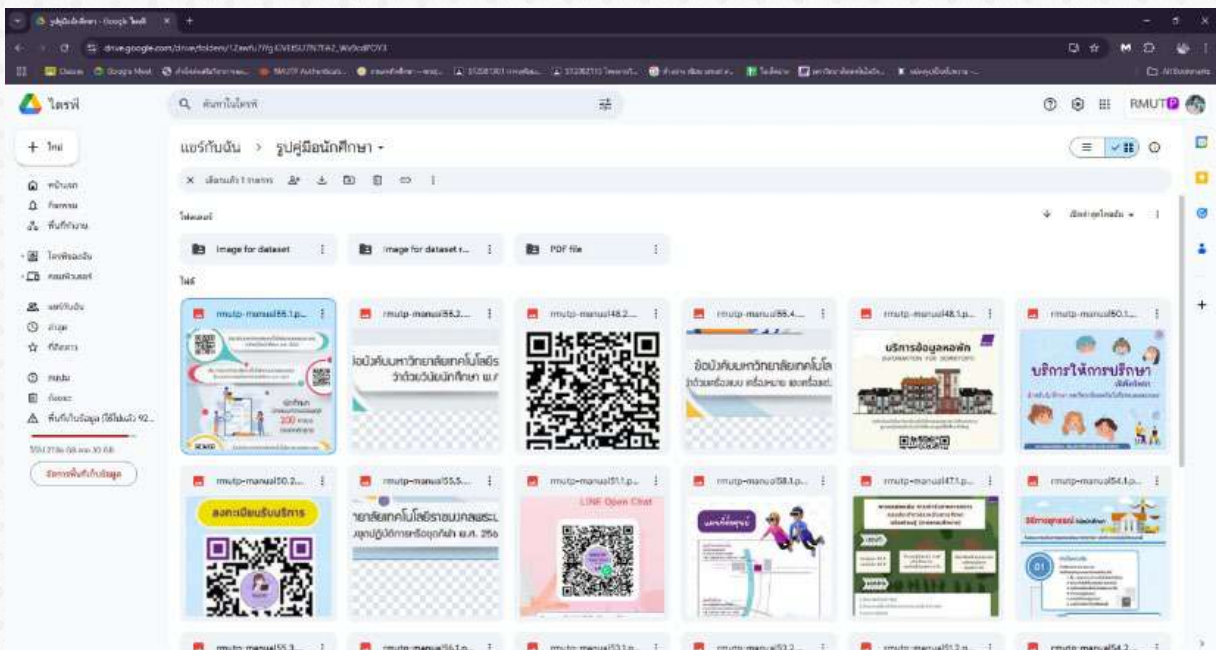
3.2 ขั้นตอนการเตรียมข้อมูลและทำความสะอาดข้อมูล (Data preparing & Data cleaning)

3.2.1 การทำความสะอาดข้อมูลด้วยมือ (Manual data cleaning)

เริ่มจากออกแบบรูปแบบการเก็บข้อมูลใน Excel โดยอ้างอิงจากข้อมูลสำคัญที่ปรากฏในคู่มือนักศึกษา เมื่อได้หัวข้อในการเก็บข้อมูลแล้วก็ดำเนินการนำข้อมูลในคู่มือศึกษามาใส่ใน Excel ตามหัวข้อที่ระบุไว้ ขั้นตอนนี้เป็นขั้นการเตรียมข้อมูลก่อนนำไปพัฒนาระบบค้นหาข้อมูลคู่มือนักศึกษาด้วยการค้นหาเชิงความหมาย พร้อมแยกภาพในคู่มือศึกษาไปเก็บใน Image storage

F35					
	A	B	C	D	E
1	title	context	images	tag	page
2	วิสัยทัศน์	"ราชภัฏพระนคร"			2
3	Vision	"RMUTP" University of Technology,			2
4	พันธกิจ	1.ผลิตและพัฒนากำลังคนให้พร้อมเป็น "วิศวกรบูรณาการ" ที่มีควมรอบรู้ มี			2
5	Mission	1.ผลิตและพัฒนากำลังคนให้พร้อมเป็น "วิศวกรบูรณาการ" ที่มีควมรอบรู้ มี			2
6	อัตลักษณ์	บัณฑิตนักปฏิบัติ ได้รู้ สู้งาน เชี่ยวชาญเทคโนโลยี มีคุณธรรม			2
7	Identity	Hard- on, Keenness, Determination,			2
8	คุณสมบัติเอกลักษณ์	มหาวิทยาลัยนวัตกรรมและเทคโนโลยีเพื่อแผ่นดิน			2
9	Unique	An Innovation and Technological University for the Land			2
10	ระบบมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครว่าด้วยการออกนิตินนค่าการศึ	ข้อ 5 ข้าราชการหรือข้าราชการ คำนึงถึง		ระเบียบ	7
11	ข้อบังคับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครว่าด้วยการศึกษาระดับปริญญา	ข้อ 12(1) ลงทะเบียนภาคปกติ ไม่น้อยกว่า 9 หน่วยกิต ไม่นเกิน 22 หน่วยกิต และ		ระเบียบ	8
12	ข้อบังคับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครว่าด้วยการศึกษาระดับปริญญา	ข้อ 19(6)(ก) ลงทะเบียนน้อยกว่าร้อยละ 80 ของเวลาทั้งหมดในการศึกษา		ระเบียบ	9
13	ข้อบังคับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครว่าด้วยการศึกษาระดับปริญญา	ข้อ 1 หน่วยกิตสะสม 1-22; คะแนนเฉลี่ยต่ำกว่า 1.20		ระเบียบ	9
14	ข้อบังคับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครว่าด้วยการศึกษาระดับปริญญา	ข้อ 25 ลงทะเบียนเรียนไม่น้อยกว่า 75 หน่วยกิต หลักสูตร 2-3 ปีการศึกษา หรือไม่		ระเบียบ	10
15	ระบบการพัฒนาระบบวิชา (ระบบปริญญาตรี)	1.นักศึกษามีคุณสมบัติตรงตามวิชา สาขาวิชา/ระบบและ		ระเบียบ	11
16	ขั้นตอนการขอสำเร็จ (บัณฑิตศึกษา)	1.Login เข้าเว็บไซต์ระบบเรียน http://reg.rmutp.ac.th		ระเบียบ	12
17	สำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ติดต่อ อธิการ 1 ชั้น 4 ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ โทร 02-665-3777,	rmutp-manual14.1.png	สำนักส่งเสริม	14
18	สำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	วิธีเรียน	rmutp-manual14.2.png	สำนักส่งเสริม	15
19	1. การเข้าสู่ระบบบริการการศึกษาผ่านเว็บไซต์	นักศึกษาสามารถเข้าใช้งานระบบบริการการศึกษาได้จากเครือข่ายคอมพิวเตอร์ สกร์	rmutp-manual16.1.png	สำนักส่งเสริม	16
20	1. การเข้าสู่ระบบบริการการศึกษาผ่านเว็บไซต์	วิธีเรียน	rmutp-manual17.1.png	สำนักส่งเสริม	17
21	การลงทะเบียนเรียน / การประเมินการเรียนการสอน	คณปัตินการศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กำหนดเวลา ให้	rmutp-manual18.1.png	สำนักส่งเสริม	18
22	การลงทะเบียนเรียน / การประเมินการเรียนการสอน	หมายเหตุ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ดำเนินการจัดการเรียนการ	rmutp-manual19.1.png	สำนักส่งเสริม	19
23	การลงทะเบียนเรียน / การประเมินการเรียนการสอน	7. หากระบบบริหารวิชาที่ต่อจากระบบเรียน จะปรากฏข้อมูลรายวิชาที่เป็น	rmutp-manual20.1.png	สำนักส่งเสริม	20
24	การลงทะเบียนเรียน / การประเมินการเรียนการสอน	10. คณปติ "ชั้นเรียนการลงทะเบียน" คือการ	rmutp-manual21.1.png	สำนักส่งเสริม	21
25	การลงทะเบียนเรียน / การประเมินการเรียนการสอน	กรณีนักศึกษาไม่ได้รับเงินค่าเล่าเรียนที่กำหนด	rmutp-manual22.1.png	สำนักส่งเสริม	22
26	การลงทะเบียนเรียน / การประเมินการเรียนการสอน	หมายเหตุ : การลงทะเบียนเรียนค่าเรียนค่าลงทะเบียน ควรจัดพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์	rmutp-manual23.1.png	สำนักส่งเสริม	23
27	การลงทะเบียนเรียน / การประเมินการเรียนการสอน	การประเมินการเรียนการสอน	rmutp-manual24.1.png	สำนักส่งเสริม	24
28	การลงทะเบียนเรียน / การประเมินการเรียนการสอน		rmutp-manual25.1.png	สำนักส่งเสริม	25
29	การดูแลการสอน การสอน	นักศึกษาสามารถดูผลการสอน และ ตารางสอนของแผนการเรียนนักศึกษา	rmutp-manual26.1.png	สำนักส่งเสริม	26
30	การตรวจสอบผลการเรียน	นักศึกษาสามารถดูผลการเรียนได้จากการศึกษาแผนการเรียนที่เรียนได้จากแบบ	rmutp-manual27.1.png	สำนักส่งเสริม	27
31	การพิมพ์ใบเสร็จรับเงินออนไลน์	พิมพ์ผลการเรียนจากระบบเรียน และ ข้าราชการค่าลงทะเบียนเรียน ผ่านข้อ	rmutp-manual28.1.png	สำนักส่งเสริม	28
32	การพิมพ์ใบเสร็จรับเงินออนไลน์	หลังจากกดคลิกพิมพ์ จะปรากฏหน้าต่างใหม่ จะแสดงรูปแบบใบเสร็จเรียน	rmutp-manual29.1.png	สำนักส่งเสริม	29
33	การตรวจสอบสำเนาการศึกษา / การแจ้งสำเนาการศึกษา	การตรวจสอบสำเนาการศึกษา เป็นขั้นตอนการตรวจสอบรายชื่อวิชาที่ศึกษาเรียน	rmutp-manual30.1.png	สำนักส่งเสริม	30
34	การตรวจสอบสำเนาการศึกษา / การแจ้งสำเนาการศึกษา	แสดงข้อมูลสรุป : ระบบประเมินผลแสดงข้อมูลหลักสูตรการ	rmutp-manual31.1.png	สำนักส่งเสริม	31
35	การตรวจสอบสำเนาการศึกษา / การแจ้งสำเนาการศึกษา	แสดงรายละเอียดฉบับที่ 1 ที่หลักสูตรวิชา : ระบบประเมินผลแสดงรายการ	rmutp-manual32.1.png	สำนักส่งเสริม	32

ภาพที่ 9 ตัวอย่างหัวข้อการเก็บข้อมูลในไฟล์ Excel และข้อมูลที่เก็บ



ภาพที่ 10 แหล่งที่จัดเก็บรูปภาพ

3.2.2 การทำความสะอาดข้อมูลด้วยเครื่องมือ

ขั้นตอนนี้เป็นการทำความสะอาดข้อมูล โดยการเขียนโปรแกรม Python เพื่อรวมข้อมูลที่อยู่ในหัวข้อเดียวกัน แต่ถูกเก็บแยกกันไว้คนละเซลล์ในไฟล์ Excel และลบข้อความที่ไม่จำเป็นเช่น คำว่า "มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร" ที่ปรากฏซ้ำในหลายบรรทัด ลบข้อมูลซ้ำซ้อน เช่น แท็กที่มีค่าเหมือนกันหลายรายการ ปรับรูปแบบข้อความ เช่น การลบช่องว่างส่วนเกิน หรือ การแปลงข้อความให้เป็นรูปแบบมาตรฐาน

3.3 ขั้นตอนสร้างระบบค้นหาเชิงความหมาย Semantic search system (ส่วน Backend)

สำหรับขั้นตอนสร้างระบบค้นหาข้อมูลเชิงความหมาย ความหมาย คณะผู้วิจัยได้เลือกใช้ภาษา Go (Golang) และใช้ไลบรารีหลักที่สำคัญในการพัฒนาดังนี้ เพื่อการพัฒนา API ที่ใช้ในการสร้างหัวข้อ (CreateTopic) และค้นหาหัวข้อที่มีความคล้ายคลึง (SearchTopic) ของระบบค้นหาเชิงความหมาย

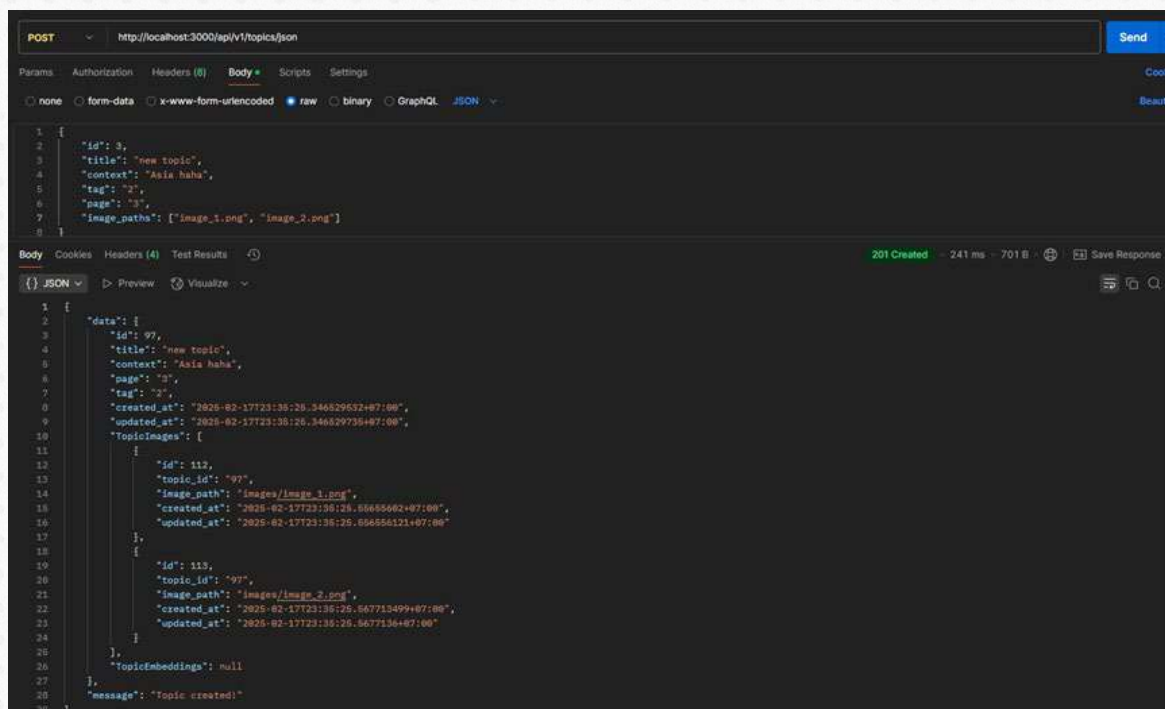
3.3.1 Echo สำหรับการพัฒนา RESTful API และจัดการ Endpoint ต่าง ๆ

3.3.2 Hugot สำหรับการเชื่อมต่อและทำงานร่วมกับแบบจำลอง Sentence Transformer

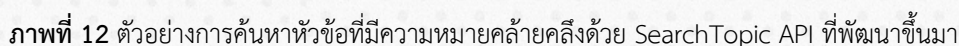
3.3.3 MinIO สำหรับจัดการการเข้าถึงและจัดการไฟล์ใน MinIO Server ซึ่ง MinIO ถูกใช้เพื่อเก็บภาพและภาพอินโฟกราฟิกที่ปรากฏในคู่มือนักศึกษา

3.3.4 GORM เป็น Object-Relational Mapping (ORM) สำหรับจัดการการเชื่อมต่อและทำธุรกรรมกับฐานข้อมูล PostgreSQL

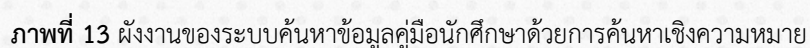
3.3.5 Pvector-go สำหรับการจัดการข้อมูลในรูปแบบเวกเตอร์ในฐานข้อมูล PostgreSQL

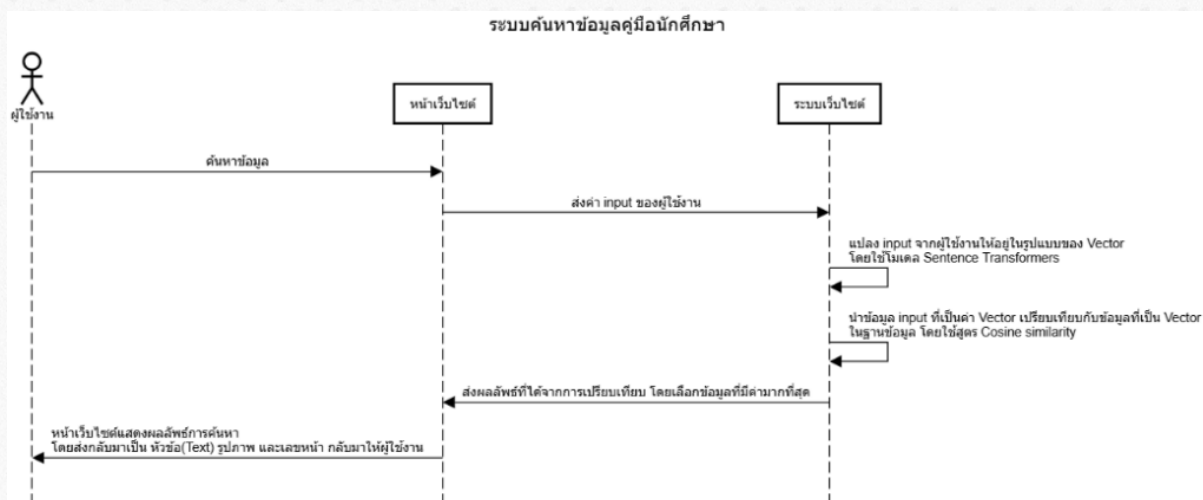


ภาพที่ 11 ตัวอย่างการสร้างหัวข้อด้วย CreateTopic API ที่พัฒนาขึ้นมา



การพัฒนาส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (User Interface) และการทำงานของระบบค้นหาข้อมูลคู่มือนักศึกษาด้วยการค้นหาเชิงความหมาย โดยมีผังการทำงานของระบบค้นหาข้อมูลคู่มือนักศึกษาด้วยการค้นหาเชิงความหมายดังภาพที่ 13 และระบบมีการปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้ดังภาพที่ 14





ภาพที่ 14 แผนผังการทำงานแบบลำดับปฏิสัมพันธ์ของระบบค้นหาข้อมูลคู่มือนักศึกษา
ด้วยการค้นหาเชิงความหมาย (ผู้ใช้งาน)

มีการพัฒนาหน้าจอเป็นส่วนแสดงผลหลักของระบบการแสดงผลเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การแสดงผลหน้าค้นหาขนาดใหญ่ และการแสดงผลรายการผลลัพธ์ที่แสดงในรูปแบบการ์ด โดยแต่ละการ์ดจะแสดงรายละเอียดข้อมูลประกอบด้วย หัวข้อ เนื้อหา แท็ก หมายเลขหน้า และรูปภาพที่เกี่ยวข้อง พร้อมแสดงเปอร์เซ็นต์ความเกี่ยวข้องของผลลัพธ์

STORYBOARD FORM	
Subject : การแสดงหน้าเว็บไซต์สำหรับระบบค้นหาข้อมูลคู่มือนักศึกษาด้วยการค้นหาเชิงความหมาย	
Module : หน้าเริ่มต้น	
Design By : นายชนานันท์ ฉายศิริ	
Page Preview	
Date : 20 มกราคม 2568	
Textbox : 1.กรอกข้อมูลที่ต้องการถาม กด Enter เพื่อค้นหา	

(ก)

STORYBOARD FORM	
- การค้นหาในเว็บสำหรับระบบค้นหาข้อมูลคู่มือนักศึกษาด้วยการค้นหาเชิงความหมาย - หน้าแสดงผลการค้นหา - นายชนานันท์ ฉายศิริ	
Page Preview	
20 มกราคม 2568 - กรอกข้อมูลที่ต้องการถาม - กดเว้นชยาเพื่อค้นหา - แสดงหัวข้อที่มีความคล้ายหรือเหมือนกับประโยคที่ค้นหาใน Textbox - แสดงข้อความที่เป็นรายละเอียดของเนื้อหาทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อ โดยจะแสดงข้อความภาพ(ถ้ามี) - แสดงค่าความใกล้เคียงกับของ Cosine Similarity	

(ข)

ภาพที่ 15 แผนภาพสตอรี่บอร์ด (ก) เว็บค้นหาหัวข้อ (ข) ผลลัพธ์การค้นหาหัวข้อ

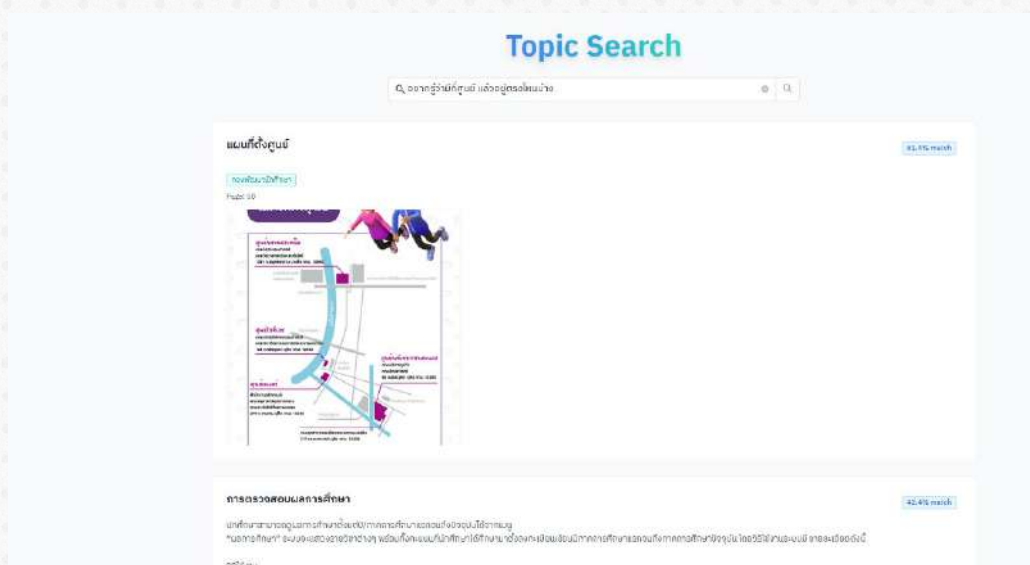
4. ผลการทดลองและอภิปรายผล

การทดสอบประสิทธิภาพระบบค้นหาข้อมูลคู่มือนักศึกษาด้วยการค้นหาเชิงความหมาย โดยการวัดความถูกต้องของการผลลัพธ์ที่ได้จากค้นหาของระบบ โดยเริ่มจากการที่คณะผู้วิจัยทำการเก็บชุดคำถามที่จะนำมาใช้ในการทดสอบระบบ โดยการสร้างแบบสอบถามออนไลน์ผ่าน Google Form เพื่อสำรวจหัวข้อเรื่องที่ผู้ใช้งานต้องการข้อมูลจากคู่มือนักศึกษา โดยเก็บหัวข้อ และคำถามที่ต้องการสอบถาม จากผู้ใช้งานทั้งหมด 26 ท่าน ได้แก่ นักศึกษาหลักสูตร วท.บ.สาขาวิทยาการข้อมูลและเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 24 ท่าน คณะอาจารย์ 2 ท่าน

จากนั้นนำคำถามที่เก็บได้จากการสำรวจใช้ทดสอบค้นหาในเว็บแอปพลิเคชันการค้นหาข้อมูลคู่มือนักศึกษา

C	D
เลือกหัวข้อที่ต้องการถาม	ต้องการถามอะไรกับหัวข้อที่เลือก
แผนที่ตั้งศูนย์	อยากรู้ว่ามีกี่ศูนย์ แล้วอยู่ตรงไหนบ้าง
การดูตารางสอน ตารางสอบ	ต้องการดูตารางเรียนของทุกคน
การศึกษาระดับปริญญาตรี (พ. การศึกษาระดับปริญญาตรี มีหลักสูตรอะไรบ้าง	
ขั้นตอนการขอสำเร็จ (ระดับมี) ขั้นตอนการขอสำเร็จการศึกษามีอะไรบ้าง	
ทุนการศึกษาสำหรับนักศึกษา	ทุนการศึกษาสำหรับนักศึกษามีเงื่อนไขอะไรบ้าง?
บริการจัดหางาน RMUTP Full อยากรู้ได้งานครับ	
การตรวจสอบสำเร็จการศึกษา ทำใบแจ้งสำเร็จการศึกษา ถึงต้องจ่ายเงิน 1300 บาท	
บริการ Microsoft	mail ของ microsoft ทำอะไรได้บ้าง
วิสัยทัศน์ Vision	วิสัยทัศน์ของมหาวิทยาลัยคืออะไร
ทุนการศึกษาสำหรับนักศึกษา	ได้กับมา
การดูตารางสอน ตารางสอบ	มีเรียนกี่วันต่อสัปดาห์
วิสัยทัศน์ Vision	คุณมีวิสัยทัศน์อย่างไร
การแต่งกายนักศึกษา มทร.พร การแต่งกายที่ถูกระเบียบควรจะเป็นอย่างไร	
การศึกษาระดับปริญญาตรี (พ. อยากรู้ว่ามีหลักสูตรปริญญาตรีของมหาวิทยาลัย มีหลักสูตรอะไรบ้าง	
ทุนการศึกษาสำหรับนักศึกษา	ทุนมากสุดกี่บาท
บริการจัดหางาน RMUTP Full จัดหาเงินเดือนสัก 150000 ให้หน่อยครับ	
วิสัยทัศน์ Vision	หมายถึง
การตรวจสอบผลการศึกษา	ตรวจสอบโดยไม่ต้อง log in ได้ไหม
การเข้าสู่ระบบบริการการศึกษา ใช้อะไรล็อกอิน หรือสมัครอย่างไรเพื่อเข้าใช้เว็บไซต์	
แผนที่ตั้งศูนย์	แล้วมี แผนที่ตั้งศูนย์ ไหม
การถอนเงินค่าจัดการศึกษา ถอนเงินค่าจัดการศึกษาคืออะไร มันเกี่ยวกับทุนหรือค่าเทอมมั๊ย?	
บริการช่วยเหลือบรรณารักษ์ IT Help Me ช่วยเกี่ยวกับเรื่องอะไรบ้างหรือช่วยเฉพาะเรื่อง IT อย่างเดียว และถ้ามีปัญหาคอมที่มอเปิดไม่ได้แล้วแจ้งเข้าไป จะมาทำ	
บริการทุนการศึกษา	ต้องทำอย่างไรบ้างเพื่อให้ได้ทุนการศึกษา
อัตลักษณ์ Identity	what is the university Identity
การถอนเงินค่าจัดการศึกษา ประเด็นนี้ผ่านคำถามแล้วไม่เข้าใจค่ะ ว่าต้องการให้ตอบอะไร เพราะมีหัวข้อหลายข้อข้างต้น	
การศึกษาระดับปริญญาตรี (พ. กิจกรรมสันทนาการต่างๆ ของนักศึกษาที่คณะมี	

ภาพที่ 16 หัวข้อที่ต้องการถาม และคำถามที่ได้จากการสำรวจ



ภาพที่ 17 ผลลัพธ์ที่ได้การค้นหาเชิงความหมาย

เมื่อทำการทดสอบแล้วพบว่าคำถามที่ถามตรงกับ Topic ในเว็บแอปพลิเคชันการค้นหาข้อมูลคู่มือนักศึกษาทำการให้คะแนนคำถาม โดย 1 คะแนน คือ Topic ที่แสดงหลังการค้นหาตรงกับคำถามที่ผู้ใช้งานต้องการถามและ 0 คะแนน คือ Topic ที่แสดงหลังการค้นหาไม่ตรงกับคำถามที่ผู้ใช้งานต้องการถาม

C	D	E
เลือกหัวข้อที่ต้องการถาม	ต้องการถามอะไรกับหัวข้อที่เลือก	ตรวจสอบว่าคำถามตรงกับ Topic ไหม
แผนที่ตั้งศูนย์	อยากรู้ว่ามีกี่ศูนย์ แล้วอยู่ตรงไหนบ้าง	1
การดูตารางสอน ตารางสอบ	ต้องการดูตารางเรียนของทุกคนะ	1
การศึกษาระดับปริญญาตรี (พ. การศึกษาระดับปริญญาตรี มีหลักสูตรอะไรบ้าง		0
ขั้นตอนการขอสำเร็จ (ระดับมี) ขั้นตอนการขอสำเร็จการศึกษาอะไรบ้าง		1
ทุนการศึกษาสำหรับนักศึกษา	ทุนการศึกษาสำหรับนักศึกษามีเงื่อนไขอะไรบ้าง?	1
บริการจัดงาน RMUTP Full อยากรู้งานครับ		1
การตรวจสอบสำเร็จการศึกษา	ทำใบแจ้งสำเร็จการศึกษา ถึงต้องจ่ายเงิน 1300 บาท	0
บริการ Microsoft	mail ของ microsoft ทำอะไรได้บ้าง	1
วิสัยทัศน์ Vision	วิสัยทัศน์ของมหาวิทยาลัยคืออะไร	0
ทุนการศึกษาสำหรับนักศึกษา	ได้กับบาท	1
การดูตารางสอน ตารางสอบ	มีเรียนกี่วันต่อสัปดาห์	1
วิสัยทัศน์ Vision	คุณมีวิสัยทัศน์อย่างไร	1
การแต่งกายนักศึกษา มทร. พะ	การแต่งกายที่ถูกระเบียบควรจะเป็นอย่างไร	1
การศึกษาระดับปริญญาตรี (พ. อยากรู้ว่ามีหลักสูตรปริญญาตรีของมหาวิทยาลัย มีหลักสูตรอะไรบ้าง		0
ทุนการศึกษาสำหรับนักศึกษา	ทุนมากสุดกับบาท	1
บริการจัดงาน RMUTP Full จัดงานเงินเดือนสัก 150000 ให้หน่อยครับ		1
วิสัยทัศน์ Vision	หมายถึง	1
การตรวจสอบผลการศึกษา	ตรวจสอบโดยไม่ต้อง log in ได้ไหม	0
การเข้าสู่ระบบบริการการศึกษา	ใช้อะไรล็อกอิน หรือสมัครอย่างไรเพื่อเข้าใช้เว็บไซต์	1
แผนที่ตั้งศูนย์	แล้วมี แผนที่ตั้งศูนย์ ไหม	1
การถอนเงินค่าจัดการศึกษา	ถอนเงินค่าจัดการศึกษาคืออะไรคะ มันเกี่ยวกับทุนหรือค่าเทอมมัย?	1
บริการช่วยเหลือคณบดี IT Help Me	ช่วยเกี่ยวกับเรื่องอะไรบ้างหรือช่วยเฉพาะเรื่อง IT อย่างเดียว และถ้ามีปัญหาคอมท้อมเปิดไม่ได้แล้วแจ้งเข้าไป จะมาทำ	1
บริการทุนการศึกษา	ต้องทำอะไรบ้างเพื่อให้ได้ทุนการศึกษา	1
อัตลักษณ์ Identity	what is the university identity	1
การถอนเงินค่าจัดการศึกษา	ประเด็นนี้อ่านคำถามแล้วไม่เข้าใจคะ ว่าต้องการทำอะไร เพราะมีหัวข้อหลายข้อข้างต้น	1
การศึกษาระดับปริญญาตรี (พ. กิจกรรมสันติภาพต่างๆ ของนักศึกษาที่คณะมี		0

ภาพที่ 18 ภาพแสดงคะแนนของการค้นหาที่ตรงและไม่ตรงกับคำถามของผู้ใช้งาน

คะแนนที่ได้จากการค้นหาโดยตรงกับ Topic จำนวน 20 คำถาม และไม่ตรงกับ Topic 6 คำถาม จากนั้นนำผลการทดสอบมาคำนวณความถูกต้องโดยใช้สูตรความถูกต้อง

$$\begin{aligned}
 (\sum x_i)/n &= (x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_{26})/26 \\
 &= \frac{20}{26} \\
 &= 0.77
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

ผลการประเมินความถูกต้องของระบบอยู่ที่ร้อยละ 77 ซึ่งจัดอยู่ในระดับปานกลาง จากการพิจารณาคำถามที่ได้รับไม่ตรงกับคำถาม สามารถจำแนกสาเหตุหลักของการตอบผิดได้ 3 ประการ: ประการแรกคือ ความไม่สอดคล้องกันระหว่างเจตนาของคำถาม (query intent) กับเนื้อหาหลักของหัวข้อในเอกสาร ซึ่งแสดงให้เห็นจากการที่คำถามเฉพาะเจาะจง เช่น ค่าใช้จ่ายในการขอใบแจ้งสำเร็จการศึกษา ถูกนำไปประเมินกับหัวข้อ "ตรวจสอบการสำเร็จการศึกษา" ที่เน้นกระบวนการตรวจสอบหน่วยกิตที่ลงทะเบียนเรียนว่าครบตามข้อกำหนดของหลักสูตรหรือไม่ หรือคำถามเกี่ยวกับหลักสูตรที่เปิดสอนในระดับปริญญาตรี ที่ถูกนำไปใช้ในการประเมินหัวข้อข้อบังคับการศึกษาระดับปริญญาตรีที่ให้ข้อมูลการลงทะเบียนเรียนเกณฑ์การผ่านสภาพ การได้รับเกียรติคุณ ประการที่สองคือ ความคลุมเครือของคำถามที่เกิดจากลักษณะของข้อความสับสนที่สั้นและขาดบริบท ตัวอย่างเช่น คำถาม "ได้กับบาท" สามารถตีความได้หลายนัย หรือคำถาม "หมายถึง" ที่ไม่ขยายความ ทำให้

ระบบไม่สามารถระบุความต้องการที่แท้จริงของผู้ใช้ได้ และประการสุดท้ายคือ ข้อจำกัดด้านความครอบคลุมของข้อมูลในคู่มือ นักศึกษา เนื่องจากข้อมูลบางส่วนที่ผู้ใช้งานต้องการทราบยังไม่ได้การระบุไว้ในคู่มือ นักศึกษา เช่น เหตุผลของการเรียกเก็บ ค่าใช้จ่ายในการแจ้งสำเร็จการศึกษา

5. บทสรุป

5.1 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

การวิจัยนี้ได้นำเสนอการพัฒนากระบวนการค้นหาข้อมูลคู่มือ นักศึกษาด้วยการค้นหาเชิงความหมาย โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพของการสืบค้นข้อมูล จากการทดสอบประสิทธิภาพของระบบพบว่ามีความถูกต้องในการค้นหาอยู่ที่ร้อยละ 77 ซึ่งจัดอยู่ในระดับปานกลาง ปัจจัยที่อาจส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์ดังกล่าวประกอบด้วยความไม่สอดคล้องกันระหว่างเจตนาของคำถามที่ใช้ในการประเมินกับเนื้อหาหลักในฐานความรู้ของระบบ รวมถึงความคลาดเคลื่อนในการกำหนดหมวดหมู่ข้อมูลซึ่งอาจไม่ตรงกับชุดข้อมูลจริงที่ใช้ในการพัฒนาฐานความรู้ ความครอบคลุมของชุดข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาเป็นฐานความรู้

5.2 ข้อจำกัด

ข้อจำกัดในการดำเนินงานวิจัยนี้ คือ ขอบเขตและความครอบคลุมของชุดข้อมูล ที่นำมาใช้ในการพัฒนาเป็นฐานความรู้สำหรับระบบการค้นหาเชิงความหมาย ซึ่งส่งผลให้ระบบไม่สามารถให้คำตอบที่ครอบคลุมหรือใกล้เคียงกับคำถามในบางกรณีได้ นอกจากนี้ข้อมูลบางส่วนอยู่ในรูปแบบอินโฟกราฟิกที่ขาดคำอธิบายข้อความประกอบ ทำให้คณะผู้วิจัยจำเป็นต้องดำเนินการติดป้ายกำกับหรือสร้างคำอธิบายข้อมูลภาพด้วยตนเอง ซึ่งอาจนำไปสู่ความคลาดเคลื่อนในการตีความความหมายของข้อมูลได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินงานวิจัยและได้ผลลัพธ์ที่ทำให้คณะผู้วิจัยจัดทำเกิดแนวคิดและข้อเสนอแนะที่ใช้ในแนวทางการพัฒนาต่อไปดังนี้

5.3.1 การเพิ่มปริมาณและความหลากหลายของชุดข้อมูล เนื่องจากปัจจุบันระบบมีข้อมูลเฉพาะจากคู่มือ นักศึกษาเท่านั้น การเพิ่มข้อมูลจากแหล่งอื่น ๆ เช่น ข้อบังคับ ระเบียบ ประกาศ และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับนักศึกษาทั้งในระดับมหาวิทยาลัยและระดับคณะ จะช่วยให้ระบบสามารถตอบคำถามได้ครอบคลุมและตรงความต้องการของผู้ใช้งานมากขึ้น นอกจากนี้การรวบรวมคำถามที่พบบ่อยจากนักศึกษาจะช่วยให้ระบบเข้าใจรูปแบบการถามคำถามที่หลากหลายและสามารถให้คำตอบที่ตรงประเด็นได้ดียิ่งขึ้น

5.3.2 การปรับปรุงหน้าเว็บแอปพลิเคชันการพัฒนาหน้าเว็บแอปพลิเคชันให้มีฟีเจอร์ที่เพิ่มความสะดวกในการใช้งาน เช่น การเพิ่มระบบบันทึกประวัติการค้นหาที่ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถย้อนกลับไปดูผลการค้นหาก่อนหน้าได้ การปรับปรุงการแสดงผลลัพธ์ให้มีรายละเอียดมากขึ้น ทั้งในแง่ของเนื้อหา รูปภาพประกอบ

5.3.3 การปรับปรุงประสิทธิภาพของแบบจำลอง แม้ว่าแบบจำลองปัจจุบันจะให้ผลลัพธ์ที่น่าพอใจ แต่ยังมีโอกาสในการพัฒนาให้ดียิ่งขึ้นโดยการใช้แบบจำลองที่ได้รับการฝึกฝนด้วยข้อมูลภาษาไทยโดยเฉพาะ ซึ่งจะช่วยให้ระบบเข้าใจความหมายและบริบทของภาษาไทยได้ดียิ่งขึ้น สามารถจับประเด็นสำคัญจากคำถามได้แม่นยำมากขึ้น และให้ผลลัพธ์ที่ตรงกับความต้องการของผู้ใช้งานมากยิ่งขึ้น

5.3.3.1 ทำ Fine-Tune Model ด้วยชุดข้อมูลเฉพาะทางของมหาวิทยาลัย จะช่วยให้แบบจำลองมีความเข้าใจในบริบทและคำศัพท์เฉพาะทางการศึกษามากขึ้น สามารถตอบคำถามได้ตรงประเด็นและแม่นยำยิ่งขึ้น โดยเฉพาะในกรณีที่เกี่ยวข้องกับระเบียบ ข้อบังคับ และประกาศต่าง ๆ ของมหาวิทยาลัย

5.3.3.2 ใช้แบบจำลองที่ได้รับการฝึกด้วยภาษาไทยโดยเฉพาะ จะช่วยให้ระบบเข้าใจความหมายและบริบทของภาษาไทยได้ดียิ่งขึ้น สามารถจับประเด็นสำคัญจากคำถามได้แม่นยำมากขึ้น และให้ผลลัพธ์ที่ตรงกับความต้องการ

ของผู้ใช้งานมากยิ่งขึ้น เนื่องจากแบบจำลองที่ใช้อยู่คือแบบจำลองที่รองรับได้หลายภาษา (Multilingual Model) ทำให้ไม่สามารถเรียนรู้ภาษาใดภาษาหนึ่งอย่างลึกซึ้ง

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หน่วยงานต้นสังกัดของคณะผู้วิจัย ที่ให้การสนับสนุนในการดำเนินงานวิจัย และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการนำเสนอบทความในงานประชุมวิชาการระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 8 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] S. R. Sontakke, S. V. Gondane, A. S. Nandedkar, S. T. Chauhan, N. Z. Choundhari, PDF-Driven Q&A: A Research Paper. International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology. Vol.12 Issue IV(224) 3998-4003.
- [2] huggingface. [ออนไลน์]. paraphrase-multilingual-mpnet-base-v2. สืบค้นเมื่อวันที่ 10 ธ.ค. 2567, เข้าถึงได้จาก <https://huggingface.co/sentence-transformers/paraphrase-multilingual-mpnet-base-v2>
- [3] Bast et al. [ออนไลน์]. Semantic Search on Text and Knowledge Bases. สืบค้นเมื่อวันที่ 1ธ.ค. 2567, เข้าถึงได้จาก <https://shorturl.at/XsYDo>
- [4] J. Devlin, M. Chang, K. Lee, K. Toutanova. BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. in Proceedings of the 2019 conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics (NAACL-HLT), Minneapolis, Minnesota, 2019, 4171-4186.
- [5] N. Reimers, I. Gurevych. Sentence-BERT: Sentence Embeddings using Siamese BERT-Networks. in Proceedings of the 2019 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing and the 9th International Joint Conference on Natural Language Processing, Hong Kong, China, 2019, 3982-3992.
- [6] sbert. [ออนไลน์]. SentenceTransformers Documentation. สืบค้นเมื่อวันที่ 10 ธ.ค. 2567, เข้าถึงได้จาก <https://sbert.net/>
- [7] Vyacheslav Efimov. [ออนไลน์]. Large Language Models: SBERT – Sentence-BERT. สืบค้นเมื่อวันที่ 21 ธ.ค. 2567, เข้าถึงได้จาก <https://towardsdatascience.com/sbert-deb3d4aef8a4/>
- [8] dataloop. [ออนไลน์]. Paraphrase Multilingual Mpnet Base V2. สืบค้นเมื่อวันที่ 10 ธ.ค. 2567, เข้าถึงได้จาก https://dataloop.ai/library/model/sentence-transformers_paraphrase-multilingual-mpnet-base-v2/
- [9] TigerData. [ออนไลน์]. PostgreSQL as a Vector Database: A Pgvector Tutorial. สืบค้นเมื่อวันที่ 21 ธ.ค. 2567, เข้าถึงได้จาก <https://www.tigerdata.com/blog/postgresql-as-a-vector-database-using-pgvector>
- [10] Mathew et al. [ออนไลน์]. Cosine Similarity for Question Matching. สืบค้นเมื่อวันที่ 1 ธ.ค. 2567, เข้าถึงได้จาก <https://shorturl.at/7IBgS>

การสร้างและพัฒนาอุปกรณ์ช่วยจัดการล้อรถยนต์เพื่อลดภาระทางกายภาพ สำหรับศูนย์บริการยานยนต์

Development of an Ergonomic Wheel Handling Assist Device for Automotive Service Centers

อาคม ปาสีโล^{1*} และ จตุรงค์ อ่อนสาร²

¹สถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 4

²วิทยาลัยเทคนิคอุบลราชธานี

*E-mail: arkom_leo@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างอุปกรณ์ต้นแบบที่ช่วยลดภาระทางกายภาพในการถอดและเคลื่อนย้ายล้อรถยนต์สำหรับช่างซ่อมบำรุงในศูนย์บริการยานยนต์ โดยศึกษาข้อมูลจากการสัมภาษณ์ช่างจำนวน 15 คน ในศูนย์บริการ 3 แห่งในจังหวัดอุบลราชธานี ผลการออกแบบได้อุปกรณ์ล้อเลื่อนขนาด 60×80×90 เซนติเมตร ผลิตจากเหล็กสแตนเลส SUS304 น้ำหนักรวม 18.5 กิโลกรัม มีระบบคานพวงยึดหดได้และล้อหมุนอิสระ อุปกรณ์ดังกล่าวถูกนำไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างช่าง 15 คน โดยให้ถอดล้อด้วยวิธีเดิมและใช้กับอุปกรณ์ต้นแบบ ผลการศึกษาพบว่าอุปกรณ์สามารถลดแรงที่ใช้ได้เฉลี่ย 39.88% และลดเวลาได้ 29.97% ค่าคะแนน RULA ลดลงจาก 6.2 เหลือ 3.4 และค่า REBA ลดลงจาก 7.8 เหลือ 4.0 โดยมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) ความพึงพอใจของผู้ใช้งานเฉลี่ยอยู่ที่ 4.53 จาก 5.00 ซึ่งแสดงถึงประสิทธิภาพของอุปกรณ์ในการลดภาระทางกายภาพและส่งเสริมความปลอดภัยของช่างในศูนย์บริการ

คำสำคัญ: อุปกรณ์ช่วยจัดการล้อรถยนต์ สรีรศาสตร์ ความปลอดภัย

Abstract

This study aimed to design and develop a prototype device that reduces physical strain in automotive wheel removal and handling tasks for service center technicians. Interviews and observations were conducted with 15 technicians from three service centers in Ubon Ratchathani province. The prototype device, made of SUS304 stainless steel, measures 60×80×90 cm and weighs 18.5 kg. It features a retractable support arm and free-rotating wheels. Field testing involved the same 15 participants performing wheel removal tasks using both conventional methods and the developed device. Results showed that the device reduced the required force by 39.88% and operation time by 29.97%. Ergonomic scores improved significantly: RULA scores decreased from 6.2 to 3.4 and REBA from 7.8 to 4.0 ($p < 0.001$). The mean user satisfaction score was 4.53 out of 5.00. The findings confirm the device's effectiveness in reducing ergonomic strain and enhancing occupational safety for technicians.

Keywords: Wheel Handling Assist Device, Ergonomics, Occupational safety

1. บทนำ

อุตสาหกรรมการซ่อมบำรุงยานยนต์มีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมความปลอดภัยบนท้องถนน การยืดอายุการใช้งานของรถยนต์ และการยกระดับคุณภาพการให้บริการ หนึ่งในกระบวนการที่พบได้บ่อยในศูนย์บริการยานยนต์ คือ การถอดและติดตั้งล้อรถยนต์ ซึ่งเป็นขั้นตอนพื้นฐานในการเปลี่ยนยาง ตรวจสอบระบบเบรก และปรับตั้งศูนย์ล้อ แม้จะเป็นงานที่ดูเรียบง่าย แต่กระบวนการดังกล่าวต้องอาศัยแรงงานเป็นจำนวนมาก และมักดำเนินการด้วยมือในศูนย์บริการขนาดเล็กถึงขนาดกลาง โดยเฉพาะในบริบทของประเทศไทย ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของชินภัทร แก้วโกมินทวงศ์ และคณะ [1] การใช้แรงงานคนในขั้นตอนนี้ รวมถึงข้อจำกัดในการเข้าถึงเครื่องมือที่ทันสมัย ทำให้ช่างซ่อมบำรุงต้องเผชิญกับความเสี่ยงทางสรีรศาสตร์อย่างมาก เช่น ความผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อและกระดูก (Musculoskeletal Disorders: MSDs) การบาดเจ็บจากการทำงานที่ใช้แรงซ้ำซาก และความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุระหว่างปฏิบัติงาน

จากการสำรวจเบื้องต้นของผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลในศูนย์บริการยานยนต์ 3 แห่งในจังหวัดอุบลราชธานี ในช่วงระยะเวลาระหว่างเดือนเมษายน - พฤษภาคม 2567 พบว่าการถอดล้อรถยนต์ด้วยวิธีดั้งเดิมเริ่มจากคลายน็อตล้อ 1) การยกแม่แรงให้ล้อลอยจากพื้น 2) การถอดน็อตล้อ 3) การเคลื่อนล้อออกจากคุมล้อ และ 4) ยกหรือกลิ้งล้อไปยังพื้นที่บริการ ใช้เวลาถอดล้อรถยนต์เฉลี่ย 18 นาทีต่อล้อ และพบรายงานอุบัติเหตุจากการยกหรือเลื่อนล้อไม่ถูกท่าทางเฉลี่ย 3 ครั้งต่อเดือนต่อศูนย์บริการ ซึ่งส่งผลให้เกิดความล้าทางกายภาพและความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บเรื้อรังในระยะยาว

แนวคิดในการพัฒนาอุปกรณ์ช่วยถอดและจัดการล้อรถยนต์ จึงมุ่งเน้นที่การลดแรงที่ใช้ ย่นระยะเวลาในการปฏิบัติงาน และลดความเสี่ยงทางสรีรศาสตร์ โดยใช้หลักการออกแบบที่คำนึงถึงกายศาสตร์ (Ergonomics) เพื่อสนับสนุนให้ช่างสามารถปฏิบัติงานได้สะดวก ปลอดภัย และมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

งานวิจัยที่ผ่านมา [2, 3] ได้นำเสนออุปกรณ์ถอดล้อที่ใช้ระบบไฟฟ้าหรือไฮดรอลิกซึ่งมีประสิทธิภาพสูง แต่ยังคงมีข้อจำกัดในเรื่องต้นทุนและความยุ่งยากในการใช้งาน งานวิจัยนี้จึงมีเป้าหมายในการออกแบบและสร้างอุปกรณ์ช่วยจัดการล้อที่มีโครงสร้างแข็งแรง น้ำหนักเบา ใช้งานง่าย และสามารถประยุกต์ใช้ในศูนย์บริการทั่วไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 กลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้คือ ช่างซ่อมบำรุงจำนวน 15 คน จากศูนย์บริการยานยนต์ 3 แห่งในจังหวัดอุบลราชธานี โดยเป็นกลุ่มเดียวกับที่ใช้ในการเก็บข้อมูลเบื้องต้นและทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบ มีช่วงอายุระหว่าง 25-48 ปี มีประสบการณ์ในการทำงานเฉลี่ย 8.4 ปี ทุกคนให้ความยินยอมในการเข้าร่วมการวิจัยอย่างเป็นทางการ

2.2 การออกแบบและสร้างอุปกรณ์ต้นแบบ อุปกรณ์ต้นแบบมีโครงสร้างผลิตจากเหล็กสเตนเลส SUS304 ขนาด 60×80×90 เซนติเมตร น้ำหนักรวม 18.5 กิโลกรัม ประกอบด้วยคานพวงล้อที่สามารถยืดหดได้ ล้อหมุนอิสระและฐานรองรับล้อพร้อมชุดล็อก ตัวอุปกรณ์ออกแบบตามหลักกายศาสตร์ โดยมีเป้าหมายเพื่อลดการก้มตัว บิดตัว และยกของหนักของผู้ปฏิบัติงาน

2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวัดผล

2.3.1 เครื่องโดนาโมมิเตอร์ (Force Gauge) รุ่น FG-6100 จากบริษัท IMADA ประเทศญี่ปุ่น ความละเอียด 0.1 N ใช้สำหรับวัดแรงในการยกและเคลื่อนย้ายล้อ ติดตั้งที่จุดจับคานพวงล้อของอุปกรณ์ แบบประเมิน RULA และ REBA สำหรับประเมินภาระทางกายภาพ โดยวิเคราะห์จากภาพถ่ายขณะปฏิบัติงานในแต่ละวิธี

2.3.2 แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งาน จำนวน 10 ข้อ ใช้มาตร Likert 5 ระดับ ได้รับการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (CVI = 0.92) และความเชื่อมั่น (Cronbach's Alpha = 0.87)

2.4 การทดลองภาคสนาม ดำเนินการทดสอบในสถานการณ์จริง โดยให้ช่างแต่ละคนถอดล้อรถยนต์ 5 ครั้ง ด้วยวิธีดั้งเดิม และ 5 ครั้งด้วยอุปกรณ์ต้นแบบ บันทึกค่าแรงและเวลาในแต่ละครั้ง แล้วนำค่าเฉลี่ยของแต่ละคนมาวิเคราะห์ร่วมกันเพื่อนำไปวิเคราะห์ RULA และ REBA

2.5 การวิเคราะห์ข้อมูล ผลการทดลองนำมาคำนวณค่าการลดลงของแรงและเวลาโดยใช้สมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์การลดลง} = (\text{ค่าก่อนใช้งาน} - \text{ค่าหลังใช้งาน} / \text{ค่าก่อนใช้งาน}) \times 100$$

วิเคราะห์ผลความแตกต่างด้วยสถิติ Paired t-test กำหนดระดับนัยสำคัญที่ $\alpha = 0.05$ และนำเสนอค่าทางสถิติทั้ง t และ p ในผลลัพธ์ เพื่อความโปร่งใสและตรวจสอบได้



ภาพที่ 1 การออกแบบอุปกรณ์ช่วยจัดการล้อรถยนต์ต้นแบบ

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ผลการเปรียบเทียบแรงที่ใช้ในการยกล้อ

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบแรงที่ใช้ในการยกล้อ

วิธีการ	แรงเฉลี่ย (N)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	เปอร์เซ็นต์การลดลง (%)
วิธีการแบบดั้งเดิม	164.5	12.4	-
ใช้อุปกรณ์ต้นแบบ	98.8	9.7	39.88

จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 1 พบว่าแรงเฉลี่ยที่ใช้ในการยกล้อลดลงอย่างมีนัยสำคัญ หลังใช้อุปกรณ์ต้นแบบ โดยลดลงจาก 164.5 นิวตัน เหลือ 98.8 นิวตัน หรือคิดเป็นร้อยละ 39.88 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์สามารถช่วยลดภาระแรงทางกลที่กระทำต่อร่างกายผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ อันส่งผลดีต่อการลดความเสี่ยงของอาการบาดเจ็บหรือความเมื่อยล้าของระบบกล้ามเนื้อและกระดูก โดยเฉพาะในกลุ่มงานที่มีการยกของหนักซ้ำ ๆ ซึ่งผลลัพธ์นี้มีความสอดคล้องกับหลักการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ ดังแสดงในตารางที่ 1

3.2 ผลการเปรียบเทียบเวลาในการถอดล้อ

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบเวลาในการถอดล้อ

วิธีการ	เวลาเฉลี่ย (Sec)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	เปอร์เซ็นต์การลดลง (%)	t = Paired t-test	p = ค่า นัยสำคัญ
วิธีการแบบดั้งเดิม	12.3	1.8	-	-	-
ใช้อุปกรณ์ต้นแบบ	8.6	1.4	29.97	10.82	<0.001

จากผลการแสดงในตารางที่ 2 พบว่า การใช้อุปกรณ์ต้นแบบช่วยให้ระยะเวลาในการถอดล้อโดยเฉลี่ยลดลงจาก 12.3 นาที เหลือ 8.6 นาที หรือคิดเป็นร้อยละ 29.97 โดยผลการวิเคราะห์ด้วยสถิติ Paired t-test ให้ค่า $t = 10.82$ และ $p < 0.001$ ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99.9 สะท้อนให้เห็นว่าอุปกรณ์สามารถช่วยลดเวลาการทำงานในลักษณะซ้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลต่อการเพิ่มผลผลิตภาพของกระบวนการซ่อมบำรุงยานยนต์อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งยังลดภาระของแรงงานและสนับสนุนแนวทางการจัดการเวลาในระบบบริการ การบริหารจัดการเวลาทำงานในศูนย์บริการยานยนต์ ตามแนวทางวิศวกรรมอุตสาหกรรม

3.3 ผลการประเมินภาระทางกายภาพด้วย RULA และ REBA

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบคะแนน RULA และ REBA ก่อนและหลังใช้อุปกรณ์

วิธีการ	RULA (เฉลี่ย $\pm$ SD)	REBA (เฉลี่ย $\pm$ SD)	t (RULA)	p (RULA)	t (REBA)	p (REBA)
ก่อนใช้อุปกรณ์	6.2 $\pm$ 0.6	7.8 $\pm$ 0.7	-	-	-	-
หลังใช้อุปกรณ์	3.4 $\pm$ 0.5	4.0 $\pm$ 0.6	9.41	< 0.001	10.15	< 0.001

จากตารางที่ 3 พบว่าค่าคะแนนเฉลี่ยของ RULA และ REBA หลังการใช้อุปกรณ์ลดลงจากระดับความเสี่ยงสูง (ค่าเฉลี่ยมากกว่า 6) ลงสู่ระดับที่ยอมรับได้ตามเกณฑ์มาตรฐานการกายศาสตร์ (ค่าเฉลี่ยต่ำกว่า 4) โดยผลการทดสอบด้วยสถิติ Paired t-test พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งสองตัวแปร ($p < 0.001$) ซึ่งบ่งชี้ว่าอุปกรณ์ต้นแบบสามารถลดภาระทางกายภาพจากท่าทางการทำงานซ้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะท่าทางที่เกี่ยวข้องกับการก้ม ยก และบิดลำตัวซึ่งเป็นสาเหตุหลักของปัญหาออฟฟิศซินโดรมและกล้ามเนื้ออักเสบในสายงานซ่อมบำรุงยานยนต์

3.4 ผลการประเมินด้วยแบบสอบถาม NMQ (NMQ=Nordic Musculoskeletal Questionnaire)

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบอาการปวดกล้ามเนื้อเฉพาะจุดจากแบบสอบถาม NMQ

ตำแหน่งของร่างกาย	ค่าเฉลี่ยก่อนใช้งาน	ค่าเฉลี่ยหลังใช้งาน	เปอร์เซ็นต์การลดลง (%)
หลังส่วนล่าง	4.1	2.0	51.22
หัวไหล่	3.2	1.6	50.00

จากตารางที่ 4 พบว่าอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อบริเวณหลังส่วนล่างและหัวไหล่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยลดลงเฉลี่ยมากกว่าร้อยละ 50 ซึ่งสอดคล้องกับผลการลดคะแนนของ RULA และ REBA ในหัวข้อก่อนหน้า ทั้งนี้การลดภาระในตำแหน่งดังกล่าวมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการออกแบบอุปกรณ์เชิงศาสตร์ในงานซ่อมบำรุงที่มีการยกและเคลื่อนย้ายชิ้นส่วนขนาดใหญ่ซ้ำ ๆ จึงถือได้ว่าอุปกรณ์ช่วยจัดการลอรัยนต์ที่พัฒนาขึ้นมีคุณลักษณะตอบสนองต่อความต้องการเชิงกายภาพของผู้ปฏิบัติงานในระดับที่มีนัยสำคัญต่อสุขภาพ

ข้อมูลดังกล่าวสะท้อนถึงประสิทธิภาพของอุปกรณ์ช่วยจัดการลอรัยนต์ในการลดอาการปวดกล้ามเนื้อเนื่องจากการทำงานซ้ำในท่าทางเดิม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณลำตัวส่วนล่างและหัวไหล่ซึ่งเป็นจุดรับแรงสำคัญในการถอดลอรัยนต์ ทั้งนี้ผลการลดอาการปวดมีความสอดคล้องกับผลการประเมิน RULA และ REBA ในหัวข้อก่อนหน้าและแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการออกแบบอุปกรณ์ช่วยจัดการลอรัยนต์ต้นแบบที่สามารถบรรเทาภาระทางกายภาพของผู้ปฏิบัติงานในสายงานวิศวกรรมซ่อมบำรุงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.5 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

ตารางที่ 5 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

ลำดับ	รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ระดับความพึงพอใจ
1	อุปกรณ์ช่วยลดแรงยกในการถอดล้อ	4.60	มากที่สุด
2	ลดการก้มตัวและบิดตัวของผู้ใช้งาน	4.58	มากที่สุด
3	ใช้งานร่วมกับกระบวนการเดิมได้อย่างเหมาะสม	4.50	มากที่สุด
4	ลดความเมื่อยล้าและอาการปวดกล้ามเนื้อ	4.52	มากที่สุด
5	ความปลอดภัยในการใช้งาน	4.56	มากที่สุด
6	ความมั่นคง แข็งแรง ไม่เกิดความเสียหาย	4.47	มาก
7	ความสะดวกในการเคลื่อนย้าย	4.42	มาก
8	ความพึงพอใจต่อประโยชน์โดยรวม	4.54	มากที่สุด
9	ความตั้งใจในการนำไปใช้จริง	4.51	มากที่สุด
10	การต่อยอดพัฒนาผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์	4.55	มากที่สุด
รวม		4.53	มากที่สุด

จากตารางที่ 5 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งานประกอบด้วย 10 ข้อคำถาม ครอบคลุม 3 ด้านหลัก ได้แก่ ด้านการลดภาระทางกายภาพ (ข้อ 1-4), ด้านความปลอดภัยและการใช้งานจริง (ข้อ 5-7), และด้านภาพรวมของความพึงพอใจ (ข้อ 8-10) โดยใช้มาตราส่วนประมาณค่าแบบลิเคิร์ต (Likert Scale) 5 ระดับ คือ 5 = มากที่สุด, 4 = มาก, 3 = ปานกลาง, 2 = น้อย, 1 = น้อยที่สุด

ผลการประเมินพบว่าคะแนนเฉลี่ยรวมทั้ง 10 ข้อ มีค่าเท่ากับ 4.53 คะแนน โดยพิจารณาจากเกณฑ์การแปลผลของ Best ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง "มากที่สุด" ซึ่งสะท้อนว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับสูงที่สุด โดยเฉพาะในข้อที่เกี่ยวข้องกับ อุปกรณ์ช่วยลดแรงยกในการถอดล้อ การลดการก้มตัวและบิดตัวของผู้ใช้งานและความปลอดภัยในการใช้งานตามลำดับ

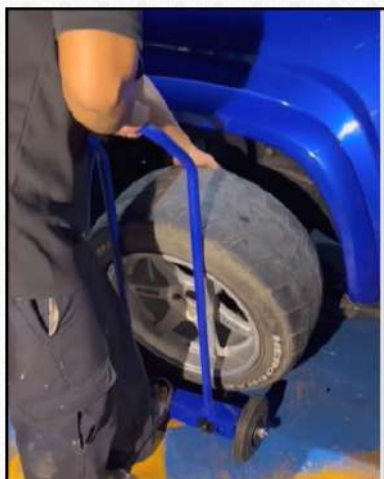
3.6 อภิปรายผล (Discussion)

ผลการวิจัยในครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าอุปกรณ์ช่วยจัดการล้อรถยนต์ที่ได้รับการพัฒนาขึ้น สามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์งานวิจัย โดยผู้วิจัยสรุปผลได้ดังนี้

1. อุปกรณ์ช่วยจัดการล้อรถยนต์ที่พัฒนาขึ้นนี้ ดังแสดงในภาพที่ 2(a) – 2(c) สามารถลดแรงที่ใช้ในการยกล้อได้ถึงร้อยละ 39.88 และลดเวลาในการถอดล้อลงเฉลี่ยร้อยละ 29.97 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) โดยค่าเฉลี่ยแรงและเวลาในกลุ่มตัวอย่างที่ใช้อุปกรณ์ต้นแบบต่ำลงอย่างต่อเนื่องทุกครั้งเมื่อเทียบกับวิธีดั้งเดิม ซึ่งแสดงถึงประสิทธิภาพในการใช้งานจริง อันเป็นผลลัพธ์จากการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่สอดคล้องกับหลักกายศาสตร์ (ergonomics) และสรีรศาสตร์อุตสาหกรรม (industrial biomechanics) ที่ถูกนำมาปรับใช้ในบริบทของงานซ่อมบำรุงยานยนต์

2. การลดลงของคะแนน RULA และ REBA จากระดับความเสี่ยงสูง (6.2 และ 7.8) เหลือในระดับปลอดภัย (3.4 และ 4.0) ยังสะท้อนความสำเร็จของการออกแบบโครงสร้างเชิงกลให้รองรับกับสรีรวิทยาของผู้ปฏิบัติงาน ลดความเสี่ยงในการเกิด MSDs (Musculoskeletal Disorders) โดยเฉพาะในท่าทางที่เกี่ยวข้องกับการก้ม บิด หรือยกวัตถุซ้ำ ๆ ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของการบาดเจ็บในศูนย์บริการยานยนต์

3. ผลการประเมินด้วยแบบสอบถาม NMQ ยืนยันว่าการปวดกล้ามเนื้อบริเวณหลังส่วนล่างและหัวไหล่ลดลงกว่า 50% ภายหลังใช้อุปกรณ์ต้นแบบ สอดคล้องกับผล RULA/REBA ทั้งในเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติ ชี้ให้เห็นว่าอุปกรณ์ไม่เพียงแต่ช่วยลดแรงและเวลาในการทำงาน แต่ยังช่วยลดภาระทางกายภาพที่มีผลสะสมต่อสุขภาพในระยะยาวของแรงงานด้านช่าง นอกจากนี้ ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานเฉลี่ยอยู่ที่ 4.53 คะแนน (ระดับ "มากที่สุด") โดยเฉพาะในหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับการลดแรงงาน การใช้ซ้ำได้ และความปลอดภัย ตอกย้ำว่าอุปกรณ์ดังกล่าวสามารถตอบสนองต่อบริบทการใช้งานจริงในศูนย์บริการ และสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดในเชิงอุตสาหกรรมได้ต่อไป



(a)



(b)



(c)

ภาพที่ 2 (a) การใช้อุปกรณ์ช่วยจัดการล้อรถยนต์ (b) การใช้อุปกรณ์ช่วยจัดการล้อรถยนต์และนำล้อรถยนต์ไปบริการ และ (c) การใช้อุปกรณ์ช่วยจัดการล้อรถยนต์ประกอบล้อรถยนต์หลังงานบริการ

5. บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าอุปกรณ์ช่วยจัดการล้อรถยนต์ที่พัฒนาขึ้นนี้ สามารถลดแรงที่ใช้ในการยกล้อและระยะเวลาในการปฏิบัติงานได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยแรงลดลงร้อยละ 39.88 และเวลาลดลงร้อยละ 29.97 ทั้งยังสามารถลดค่าคะแนน RULA และ REBA ลงจากระดับความเสี่ยงสูงให้อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ตามหลักกายศาสตร์ นอกจากนี้

อาการปวดกล้ามเนื้อบริเวณหลังส่วนล่างและหัวไหล่ของผู้ใช้งานลดลงอย่างมีนัยสำคัญ และผลการประเมินความพึงพอใจสะท้อนความเหมาะสมของอุปกรณ์ต่อบริบทการใช้งานจริงในศูนย์บริการยานยนต์

กล่าวโดยสรุปอุปกรณ์ช่วยจัดการล้อรถยนต์ที่พัฒนาขึ้นนี้ สามารถลดภาระทางกายภาพ เพิ่มประสิทธิภาพเชิงแรงงานและสนับสนุนการออกแบบที่ยึดหลักการทางวิศวกรรมเครื่องกลหรือวิศวกรรมอุตสาหกรรมอย่างเป็นระบบเหมาะสมสำหรับนำไปผลิตใช้ในระดับอุตสาหกรรม หรือใช้เป็นต้นแบบในการพัฒนานวัตกรรมอื่นในสายงานซ่อมบำรุงต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. ควรขยายการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างที่มีความหลากหลายทางเพศ อายุและประสบการณ์ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมยิ่งขึ้น
2. ควรพัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบให้สามารถปรับความสูงและขนาดได้ เพื่อรองรับรถยนต์หลายประเภทและความสูงของผู้ใช้งาน
3. ควรศึกษาการใช้งานระยะยาวในศูนย์บริการรถยนต์เพิ่มเติม เพื่อประเมินผลด้านความทนทานของวัสดุและโครงสร้าง รวมถึงผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ใช้งานในระยะยาว
4. ควรศึกษาการเพิ่มระบบช่วยยกด้วยไฮดรอลิกหรือไฟฟ้า เพื่อเสริมแรงในกรณีที่ล้อมีน้ำหนักมากเป็นพิเศษ

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยและผู้ร่วมวิจัยขอขอบคุณ แผนกวิชาเครื่องกล วิทยาลัยเทคนิคอุบลราชธานี ที่ให้การสนับสนุนทรัพยากร สถานที่ และอุปกรณ์ในการสร้างและทดสอบต้นแบบ ขอขอบคุณคณะผู้บริหาร วิทยาลัยเทคนิคอุบลราชธานี สถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 4 ที่ให้คำปรึกษาและแนวทางในการดำเนินการวิจัย และขอขอบคุณช่างประจำศูนย์บริการยานยนต์ในจังหวัดอุบลราชธานีทั้ง 3 แห่ง ที่เข้าร่วมการทดสอบและให้ข้อเสนอแนะอย่างเป็นประโยชน์

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] ชินภัทร แก้วโกมินทวงศ์ และคณะ. การสร้างและหาประสิทธิภาพเครื่องถอดยางล้อรถบรรทุก. วารสารวิจัยและนวัตกรรมการอาชีวศึกษา, 7(2566) 46–54.
- [2] P. A. Schulte, R. Rinehart, A. Okun, C. L. Geraci, D. S. Heideil. National Prevention through Design (PtD) Initiative. *Journal of Safety Research*. 39(2)(2008) 115–121. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2007.12.002>
- [3] Dohyung Kee. Comparison of OWAS, RULA and REBA for Assessing Potential Work-Related Musculoskeletal Disorders. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 83(2021). <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2021.103130>

องค์ประกอบทางเคมีของฝักระเจี๊ยบเขียว Chemical Constituent of *Abelmoschus Esculentus* Pods

ปรานอม ขาวเมฆ^{1*} และ หฤทัย ฐานันท์¹

¹ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต ปทุมธานี

*E-mail: pranorm.k@rsu.ac.th

บทคัดย่อ

จากการศึกษาทางพิษเคมีของสารสกัดไดคลอโรมีเทนจากสารสกัดหยาบของฝักระเจี๊ยบเขียว สามารถแยกสารได้ 4 ชนิด เป็นสารบริสุทธิ์ 1 ชนิด สารผสมที่หาโครงสร้างได้ 1 ชนิด และสารผสมที่ไม่สามารถหาโครงสร้างได้อีก 2 ชนิด โดยสารบริสุทธิ์ที่แยกได้นั้นเป็น สารประกอบแอลกอฮอล์สายโซ่ยาว (long chain alcohol) คือ 1-Tetradecanol ส่วนสารผสมอีก 1 ชนิดคือ สารผสมระหว่าง β -sitosterol และ stigmasterol ส่วนสารผสมที่สามารถหาโครงสร้างได้บางส่วนอีก 2 ชนิด ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 3 ส่วนคือ อนุพันธ์ของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนสายโซ่ยาว (long chain hydrocarbon) หมู่ไฮดรอกซี (hydroxy group) และกลุ่มของวงแหวนอะโรมาติก (aromatic ring) ซึ่งคาดว่าน่าจะเป็นสารประกอบที่เป็นอนุพันธ์ของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนสายโซ่ยาว ที่มีการเกาะกับหมู่ไฮดรอกซีที่ผสมกับวงเบนซีน (aromatic ring) การพิสูจน์โครงสร้างทางเคมีของสารที่แยกได้นี้ อาศัยการวิเคราะห์สเปกตรัมของ FT-IR, ¹H-NMR, ¹³C-NMR, DEPT, HMQC และ HMBC ร่วมกับการเปรียบเทียบข้อมูลของสารที่ทราบโครงสร้างแล้ว ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปเป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำฝักระเจี๊ยบเขียวที่เป็นผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร เพื่อประยุกต์ใช้ในด้านสุขภาพต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ: กระเจี๊ยบเขียว องค์ประกอบทางเคมี 1-เตตระเดคานอล

Abstract

Phytochemical study of *Abelmoschus Esculentus* Pods with dichloromethane extracts led to the isolation four compounds. A pure known compound, long chain alcohol (1-Tetradecanol) and a mixture compound of β -sitosterol and stigmasterol. The last two mixture compounds which composed of 3 parts, derivative of long chain hydrocarbon, hydroxyl group and aromatic ring. These two mixture compounds may be a mixture of derivative of long chain hydrocarbon and hydroxyl group which had aromatic ring. The structures of all isolates were determined by extensive spectroscopic studies. These included FT-IR, ¹H-NMR, ¹³C-NMR, DEPT, HMQC and HMBC were compared with previously reported data. These findings provide a basis for further utilization of *Abelmoschus esculentus* in agricultural products and health applications.

Keywords: *Abelmoschus Esculentus*, Chemical constituents, 1-Tetradecanol

1. บทนำ

กระเจี๊ยบเขียวหรือกระเจี๊ยบมอญ มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench อยู่ในวงศ์ Malvaceae มีชื่ออื่นๆ ว่า okra กระเจี๊ยบขาว มะเขือมอญ มะเขือทะวาย มะเขือละโว้ มะเขือพม่า มะเขือมัน และถั่วสาย เป็นต้น [1] กระเจี๊ยบเขียวเป็นพืชพื้นเมืองของประเทศเอธิโอเปีย แถบศูนย์สูตรของทวีปแอฟริกา อียิปต์ หมู่เกาะอินเดียตะวันตก และเอเชียใต้ นิยมปลูกมากทั้งในเขตร้อนและเขตอบอุ่น โดยเฉพาะในประเทศไทยที่สามารถปลูกได้ทุกภาค กระเจี๊ยบเขียวเป็นพืชส่งออกสำคัญเป็นอันดับต้นๆ ของไทย สถิติการส่งออกกระเจี๊ยบเขียวฝักสด หรือแช่เย็นในปี 2565 ปริมาณ 2,911 ตัน มีมูลค่าถึง 214 ล้านบาท และกระเจี๊ยบเขียวแช่แข็ง ปริมาณ 2,010 ตัน มูลค่า 104 ล้านบาท เนื่องจากต่างประเทศนิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย อย่างเช่นประเทศญี่ปุ่นมีการนำเข้ากระเจี๊ยบเขียวจากไทยมูลค่าสูงถึง 290 ล้านบาท เป็นกระเจี๊ยบเขียวฝักสดหรือแช่เย็นมูลค่า 187 ล้านบาท และกระเจี๊ยบเขียวแช่แข็งมูลค่าเฉลี่ย 103 ล้านบาท โดยในปี 2564 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกกระเจี๊ยบเขียว จำนวน 3,627 ไร่ ผลผลิต จำนวน 4,845 ตัน มีปริมาณผลผลิตต่อไร่เฉลี่ย 1,339 กิโลกรัมต่อไร่ แหล่งปลูกกระเจี๊ยบเขียวที่สำคัญส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ภาคกลาง คือ จังหวัดสุพรรณบุรีราชบุรี กาญจนบุรี และ ขณะที่เกษตรกรผู้ปลูกกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับการรับรอง มาตรฐาน GAP มีจำนวน 721 ราย 727 แปลง รวมพื้นที่ทั้งหมด 1,822.04 ไร่ คิดเป็น 52 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ปลูกกระเจี๊ยบเขียวทั้งหมด กระเจี๊ยบเขียวอุดมไปด้วยสารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการ เช่น คาร์โบไฮเดรต เส้นใย โปรตีน โฟเลต แคลเซียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม เหล็ก วิตามินเอ วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 และวิตามินซี อยู่ในปริมาณพอสมควร ที่สำคัญกระเจี๊ยบเขียวมีกลูตาไธโอน (Glutathione) ที่มีบทบาทสำคัญต่อการควบคุมอนุมูลอิสระในร่างกาย การสร้างสารซ่อมแซมเซลล์ ทำปฏิกิริยาขจัดสารพิษที่เกิดในร่างกาย และช่วยต้านมะเร็งได้เป็นอย่างดี ปัจจุบันนิยมใช้สารนี้เพื่อให้ผิวขาวขึ้น เพราะกลูตาไธโอนสามารถลดการทำงานของเอนไซม์ที่ผลิตเม็ดสีได้ชั่วคราว [2,3] นอกจากนี้กระเจี๊ยบเขียวเป็นพืชที่มีคุณสมบัติในการช่วยรักษาโรคกระเพาะอาหารและลำไส้ เพราะในฝักกระเจี๊ยบนั้นมีเมือกที่เป็นสารเพกติน (Pectin) และกัม (Gum) ซึ่งเกิดจากสารประกอบ อะเซทิลเลทเตด อะซิติก โพลีแซกคาไรด์ (Acetylated acidic polysaccharide) และกรดกาแล็กทูโลนิก (Galactulonic acid) ช่วยเคลือบกระเพาะอาหาร และลำไส้ไม่ให้ถูกลาม รักษาความดันให้เป็นปกติ ช่วยบำรุงสมองและมีสรรพคุณเป็นยาระบาย ในประเทศไทยมีรายงานการทดลองเกี่ยวกับการรักษาโรคพยาธิตัวจืด พบว่าสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียวด้วยแอลกอฮอล์สามารถลดจำนวนพยาธิตัวจืดในหนูถีบจักรได้ มีรายงานการศึกษาที่พบว่าสารประกอบไกลโคไซด์ (Glycosylated compounds) ซึ่งประกอบด้วยโพลีแซกคาไรด์ (Polysaccharides) และไกลโคโปรตีน (Glycoproteins) กระเจี๊ยบเขียวยังมีฤทธิ์ยับยั้งความสามารถของเชื้อแบคทีเรียเฮลิโคแบคเตอร์ ไพโลรี (*Helicobacter pylori*) ในการเกาะเยื่อผิวของกระเพาะอาหาร ซึ่งแบคทีเรียตัวนี้เป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดแผลในกระเพาะอาหาร แต่สารไกลโคไซด์ จะมีฤทธิ์ลดลงเมื่อถูกความร้อน [4-7]

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ของฝักกระเจี๊ยบเขียว เนื่องจากเป็นผักพื้นบ้านที่นิยมบริโภคอย่างแพร่หลาย และจากการศึกษางานวิจัยก่อนหน้านี้พบว่ากระเจี๊ยบเขียวมีสรรพคุณในการเป็นยารักษาโรคและยับยั้งแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของการเกิดโรคได้ จึงเลือกที่จะนำฝักกระเจี๊ยบเขียวมาศึกษาองค์ประกอบทางเคมี เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปพัฒนาและเพิ่มมูลค่าแก่ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรต่อไป โดยการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ได้ใช้เทคนิค Column Chromatography เพื่อสกัดแยกสารบริสุทธิ์และหาโครงสร้างทางเคมีของสารบริสุทธิ์โดยใช้เทคนิคทาง Spectroscopy คือ FT-IR, ¹H-NMR, ¹³C-NMR, DEPT, HMQC และ HMBC

2. วิธีการทดลอง

2.1 วัตถุดิบและสารเคมี

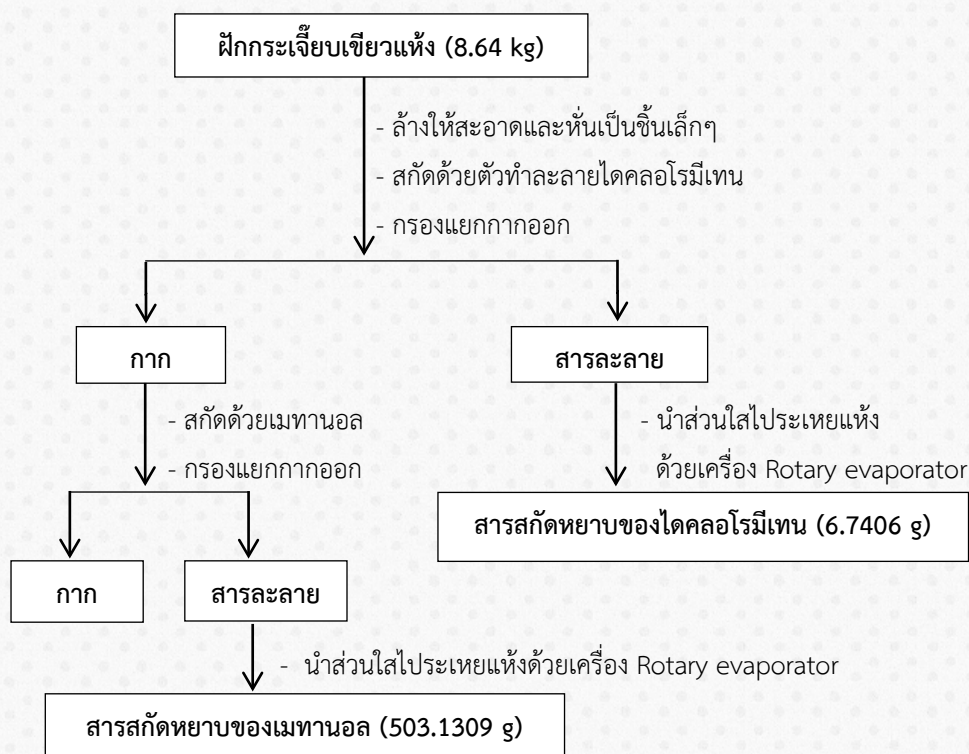
1. เก็บตัวอย่างพืช จากอำเภอบ้านหมอ จังหวัดสระบุรี
2. n-Hexane (AR grade, RCI lab-scan Ltd.)

3. Dichloromethane (AR grade, RCI lab-scan Ltd.)
4. Ethyl acetate (AR grade, RCI lab-scan Ltd.)
5. 99.9% Methanol (AR grade, RCI lab-scan Ltd.)
6. CDCl_3 (Chloroform- d_1 deuteration degree min, 99.8%)
7. CD_3OD (Methanol- d_4 deuteration degree min, 99.8%)
8. Anisaldehyde- H_2SO_4 reagent (Anisaldehyde : conc. H_2SO_4 : methanol)
9. Thin Layer Chromatography (TLC percolated, silica gel 60 F_{254} , Merck, ความหนา 0.2 mm)
10. Silica gel 60 No.7734 ขนาดอนุภาค 0.063-0.200 มิลลิเมตร (70 - 230 mesh ASTM, Merck)
11. Silica gel 60 No.9385 ขนาดอนุภาค 0.040-0.063 มิลลิเมตร (230 - 400 mesh ASTM, Merck)

2.2 การสกัดและการแยกสาร

2.2.1 การสกัดสารจากฝักระเจียบเขียว

นำฝักระเจียบเขียวที่เก็บจาก อำเภอบ้านหมอ จังหวัดสระบุรี ไปล้างทำความสะอาดด้วยน้ำ ฝั่งให้แห้ง และหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ได้น้ำหนัก 8.64 kg นำมาแช่ด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ คือ ไดคลอโรมีเทน (Dichloromethane, CH_2Cl_2) ในอัตราส่วนของพืชต่อตัวทำละลายเท่ากับ 1:2 แช่ไว้ 2-3 วัน กรองและนำส่วนของสารละลายที่สกัดได้ไประเหยแห้ง ทำซ้ำแบบนี้จนสารสกัดสีซีดลงหรือไม่มีสี เมื่อนำสารสกัดมารวมกันจะได้สารสกัดหยาบ (Crude Extraction) ของไดคลอโรมีเทน น้ำหนัก 6.7406 g คิดเป็นร้อยละของสารสกัดไดคลอโรมีเทนต่อน้ำหนักแห้งของฝักระเจียบเขียวเท่ากับ 0.08 %w/w ส่วนกากของฝักระเจียบเขียวที่สกัดด้วยไดคลอโรมีเทน นำไปสกัดด้วยเมทานอล ซึ่งทำเช่นเดียวกับการสกัดด้วย ไดคลอโรมีเทน ได้สารสกัดหยาบเมทานอลน้ำหนัก 503.1309 g คิดเป็นร้อยละของสารสกัดเมทานอลต่อน้ำหนักแห้งของฝักระเจียบเขียวเท่ากับ 5.82 %w/w ขั้นตอนการสกัดสารแสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนการสกัดสารจากฝักระเจียบเขียว

2.2.2 การแยกสาร

การแยกสารประกอบต่างๆ จากสารสกัดหยาบไดคลอโรมีเทน

นำสารสกัดหยาบไดคลอโรมีเทน (6.7406 g, 0.08 %w/w) มาแยกด้วยเทคนิค Column Chromatography ที่มีตัวดูดซับเป็น Silica gel (No. 7734, 80 กรัม) และใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ผสม โดยการเพิ่มช่วงระหว่าง Hexane : CH_2Cl_2 (100 : 0 ถึง 0 : 100) และ CH_2Cl_2 : MeOH (100 : 0 ถึง 50 : 50) โดยรับ Fraction ละประมาณ 18 mL และรวม Fraction โดยการดูจาก TLC patterns สามารถรวม Fraction ได้ทั้งหมด 9 Fractions คือ A1 (2.4108 g, 35.77 %w/w), A2 (0.4188 g, 6.21%w/w), A3 (1.3905 g, 20.63 %w/w), A4 (0.2504 g, 3.71 %w/w), A5 (0.0506 g, 0.75 %w/w), A6 (0.6691 g, 9.93 %w/w), A7 (0.2745 g, 4.07 %w/w), A8 (0.1928 g, 4.82 %w/w) และ A9 (0.0408 g, 0.61 %w/w) เมื่อดูผลจาก TLC pattern พบว่ามีสารบาง Fraction ที่ใกล้เคียงบริสุทธิ์จึงนำมาแยกต่อด้วยเทคนิค Column Chromatography

2.2.2.1 การแยกสารประกอบ A1

เมื่อนำ Fraction A1 (2.4108 g) ซึ่งมีผลึกมาทำการตกผลึกซ้ำด้วยเมทานอล เพื่อละลายส่วนที่มีขี้ และส่วนที่ไม่ละลายจะเกิดการตกผลึก เมื่อแยกผลึกออกจากสารละลายเมทานอลพบว่าได้ผลึกสีขาว มีน้ำหนักเท่ากับ 0.4557 g (18.90 %w/w) นำผลึกนี้ไปวิเคราะห์หาโครงสร้างของสารด้วย $^1\text{H-NMR}$ และ $^{13}\text{C-NMR}$

2.2.2.2 การแยกสารประกอบ A3

นำ Fraction A3 (1.3905 g) มาทำการแยกด้วยเทคนิค Column Chromatography ที่มีตัวดูดซับเป็น Silica gel (No. 9385, 80 g) และใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ผสมที่เพิ่มความเป็นขี้ระหว่าง Hexane : EtOAc เท่ากับ (100 : 0 ถึง 0 : 100) และ EtOAc : MeOH (100 : 0 ถึง 50 : 50) โดยรับ Fraction ละประมาณ 18 mL เมื่อรวม Fraction โดยการดูจาก TLC patterns สามารถรวม Fraction ได้ทั้งหมด 16 Fractions คือ AC1 (0.0336 g, 2.42 %w/w), AC2 (0.0443 g, 3.19 %w/w), AC3 (0.0987 g, 7.10 %w/w), AC4 (0.2234 g, 16.07 %w/w), AC5 (0.0127 g, 0.91 %w/w), AC6 (0.1241 g, 8.92 %w/w), AC7 (0.1038 g, 7.46 %w/w), AC8 (0.0234 g, 1.68 %w/w), และ AC9 (0.0226 g, 1.63 %w/w), AC10 (0.0708 g, 5.09 %w/w), AC11 (0.0447 g, 3.21%w/w), AC12 (0.0237 g, 1.70 %w/w), AC13 (0.0708 g, 5.09 %w/w), AC14 (0.0543 g, 3.91 %w/w), AC15 (0.0961 g, 6.91 %w/w) และ AC16 (0.0217 g, 1.56 %w/w) โดย Fraction AC3 มีลักษณะเป็นผลึกสีขาว แต่ยังไม่บริสุทธิ์จึงนำมาแยกต่อด้วยเทคนิค Column Chromatography

2.2.2.3 การแยกสารประกอบ AC3/3

นำ Fraction AC3 น้ำหนัก 0.0987 g ที่เป็นผลึกสีขาว มาแยกให้บริสุทธิ์โดยใช้ Column Chromatography ที่มีตัวดูดซับเป็น Silica gel (No. 9385, 15 g) และใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ผสมที่มีการเพิ่มความเป็นขี้ระหว่าง Hexane : CH_2Cl_2 เท่ากับ (50 : 50 ถึง 0 : 100) และ CH_2Cl_2 : MeOH (100 : 0 ถึง 50 : 50) โดยรับ Fraction ละประมาณ 18 mL เมื่อรวม Fraction โดยการดูจาก TLC patterns สามารถรวม Fraction ได้ทั้งหมด 18 Fractions คือ AC3/1 (0.0087 g, 8.81 %w/w), AC3/2 (0.0052 g, 5.27 %w/w), AC3/3 (0.0046 g, 4.66 %w/w), AC3/4 (0.0078 g, 7.90 %w/w), AC3/5 (0.0031 g, 3.14 %w/w), AC3/6 (0.0091 g, 9.22 %w/w), AC3/7 (0.0063 g, 6.38 %w/w), AC3/8 (0.0047 g, 4.76 %w/w), และ AC3/9 (0.0002 g, 0.20 %w/w), AC3/10 (0.0035 g, 3.55 %w/w), AC3/11 (0.0022 g, 2.23 %w/w), AC3/12 (0.0034 g, 3.44 %w/w), AC3/13 (0.0021 g, 2.13 %w/w), AC3/14 (0.0039 g, 3.95 %w/w), AC3/15 (0.0004 g, 0.41 %w/w), AC3/16 (0.0023 g, 2.33 %w/w), AC3/17 (0.0003 g, 0.30 %w/w), และ AC3/18 (0.0057 g, 5.78 %w/w) โดย Fraction AC3/3 มีลักษณะเป็นผลึกสีขาว เมื่อดูจาก TLC patterns พบว่ามีสารปนเปื้อนอยู่ จึงนำไปตกผลึกซ้ำด้วยเมทานอล เพื่อละลายส่วนที่มีขี้และส่วนที่ไม่ละลายจะเกิดการตกผลึก เมื่อแยกผลึกออกจากสารละลายเมทานอลพบว่าได้ผลึกสีขาวรูปเข็ม จึงนำผลึกไปวิเคราะห์หาโครงสร้างด้วย $^1\text{H-NMR}$ และ $^{13}\text{C-NMR}$

2.2.2.4 การแยกสารประกอบ A6

นำ Fraction A6 น้ำหนัก 0.6691 g มาทำการแยกให้บริสุทธิ์โดยใช้ Column Chromatography ที่มีตัวดูดซับเป็น Silica gel (No. 9385, 60 g) และชะด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ผสมที่มีการเพิ่มความเป็นขั้วระหว่าง CH_2Cl_2 : MeOH (1 : 100 ถึง 0 : 100) โดยรับ Fraction ละประมาณ 18 mL เมื่อรวม Fraction โดยการดูจาก TLC patterns สามารถรวม Fraction ได้ทั้งหมด 11 Fractions คือ AD1 (0.0041 g, 0.61 %w/w), AD2 (0.1625 g, 24.29 %w/w), AD3 (0.0341 g, 5.10 %w/w), AD4 (0.0318 g, 4.75 %w/w), AD5 (0.0361 g, 5.40 %w/w), AD6 (0.0491g, 7.34 %w/w), AD7 (0.2652 g, 39.64 %w/w), AD8 (0.1190 g, 17.79 %w/w) และ AD9 (0.0879 g, 13.14 %w/w), AD10 (0.0199 g, 2.97 %w/w และ AD11 (0.0690 g, 10.31 %w/w) โดย Fraction AD2 และ AD6 มีลักษณะเป็นผลึกสีขาว แต่ยังไม่บริสุทธิ์ จึงนำมาแยกต่อด้วยเทคนิค Column Chromatography

2.2.2.5 การแยกสารประกอบ AD2

นำ Fraction AD2 น้ำหนัก 0.1625 g มาทำการแยกให้บริสุทธิ์โดยใช้ Column Chromatography ที่มีตัวดูดซับเป็น Silica gel (No. 9385, 50 g) และชะด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ผสมที่มีการเพิ่มความเป็นขั้วระหว่าง CH_2Cl_2 : MeOH (1 : 100 ถึง 0 : 100) โดยรับ Fraction ละประมาณ 18 mL เมื่อรวม Fraction โดยการดูจาก TLC patterns สามารถรวม Fraction ได้ทั้งหมด 15 Fractions คือ AD2/1 (0.0007 g, 0.43 %w/w), AD2/2 (0.0036 g, 2.22 %w/w), AD2/3 (0.0070 g, 4.31 %w/w), AD2/4 (0.0018 g, 1.11 %w/w), AD2/5 (0.0010 g, 0.62 %w/w), AD2/6 (0.0045 g, 2.77 %w/w), AD2/7 (0.0871 g, 53.60 %w/w), AD2/8 (0.0238 g, 14.65 %w/w), AD2/9 (0.0181 g, 11.14 %w/w) , AD2/10 (0.0030 g, 1.85 %w/w), AD2/11 (0.0018 g, 1.11 %w/w), AD2/12 (0.0050 g, 3.08 %w/w), AD2/13 (0.0023 g, 1.42 %w/w), AD2/14 (0.0012 g, 0.74 %w/w) และ AD2/15 (0.0010 g, 0.62 %w/w) จาก TLC patterns พบว่าสารที่ได้ยังไม่บริสุทธิ์ และมีปริมาณน้อยมาก จึงไม่สามารถทำการแยกต่อไปได้

2.2.2.6 การแยกสารประกอบ AD6

นำ Fraction AD6 น้ำหนัก 0.0491 g มาแยกให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิค Preparative Thin Layer Chromatography (PTLC) โดยการ spot สารลงบนแผ่น TLC ที่ใช้เฟสเคลื่อนที่เป็น 9% MeOH/ CH_2Cl_2 เมื่อนำแผ่น TLC ไปส่องภายใต้แสง UV ที่ความยาวคลื่น 254 nm ไม่พบสารใด แต่ที่ความยาวคลื่น 365 nm พบสารเรืองแสงสีแดง จึงจุด plate นำตัวดูดซับที่เป็น Silica gel และสารเรืองแสงสีแดง ไปละลายใน CH_2Cl_2 กรอง Silica gel และนำสารละลายไประเหยแห้ง พบว่าเกิดผลึกสีขาว จึงนำไปวิเคราะห์ด้วย $^1\text{H-NMR}$

2.2.2.7 การแยกสารประกอบ A7

นำ Fraction A7 น้ำหนัก 0.2745 g มาทำการแยกโดยใช้เทคนิค Column Chromatography ที่มีตัวดูดซับเป็น Silica gel (No. 9385, 60 g) และชะด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ผสมที่มีการเพิ่มความเป็นขั้วระหว่าง CH_2Cl_2 : MeOH (1 : 100 ถึง 0 : 100) โดยรับ Fraction ละประมาณ 18 mL เมื่อรวม Fraction โดยการดูจาก TLC patterns สามารถรวม Fraction ได้ทั้งหมด 18 Fractions คือ AE1 (0.0049 g, 1.79 %w/w), AE2 (0.0006 g, 0.22 %w/w), AE3 (0.0040 g, 1.46 %w/w), AE4 (0.0025 g, 0.91 %w/w), AE5 (0.0035 g, 1.28 %w/w), AE6 (0.0038 g, 1.38 %w/w), AE7 (0.0047 g, 1.71 %w/w), AE8 (0.0041 g, 1.49 %w/w), AE9 (0.0165 g, 6.01 %w/w) , AE10 (0.0155 g, 5.65 %w/w), AE11 (0.0032 g, 1.17 %w/w), AE12 (0.0002 g, 0.07 %w/w), AE13 (0.0015 g, 0.55 %w/w), AE14 (0.0057 g, 2.08 %w/w), AE15 (0.0142 g, 5.17 %w/w), AE16 (0.0014 g, 0.51 %w/w), AE17 (0.0048 g, 1.75 %w/w) และ AE18 (0.0357 g, 13.01 %w/w) โดย Fraction AE9 และ AE10 มีลักษณะเป็นผลึกสีขาว แต่ยังไม่บริสุทธิ์จึงนำมาแยกต่อให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิค Preparative Thin Layer Chromatography (PTLC)

2.2.2.8 การแยกสารประกอบ AE9 และ AE10

นำ Fraction AE9 และ AE10 น้ำหนัก 0.0165 g และ 0.0155 g ตามลำดับ มาแยกให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิค Preparative Thin Layer Chromatography (PTLC) โดยการ spot สารลงบนแผ่น TLC โดยใช้เฟสเคลื่อนที่เป็น 9% MeOH/CH₂Cl₂ เมื่อนำแผ่น TLC ไปส่องภายใต้แสง UV ที่ความยาวคลื่น 254 nm ไม่พบสารใด แต่ที่ความยาวคลื่น 365 nm พบสารเรืองแสงสีแดง จึงจุด plate เพื่อนำตัวดูดซับที่เป็น Silica gel และสารเรืองแสงสีแดง ไปละลายใน CH₂Cl₂ กรอง Silica gel และนำสารละลายไประเหยแห้ง พบว่าเกิดผลึกสีขาวของ AE9 และ AE10 มีน้ำหนัก 0.0052 g (31.52 %w/w) และ 0.0026 g (16.77 %w/w) ตามลำดับ จึงนำไปวิเคราะห์ด้วย ¹H-NMR

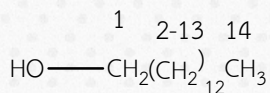
3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 การศึกษาโครงสร้างของสารประกอบ A1

สารประกอบ A1 มีลักษณะเป็นผลึกสีขาว ซึ่งมีสูตรโมเลกุลเป็น C₁₄H₃₀O เป็นสารประกอบประเภทแอลกอฮอล์สายโซ่ยาว (long chain alcohol) และจากข้อมูล ¹H-NMR ¹³C-NMR และ HMQC พบว่าค่าที่ได้นั้นสอดคล้องกับงานวิจัยที่เคยตีพิมพ์มาแล้ว [8] คือ 1-Tetradecanol

จากสเปกตรัมของ IR พบว่ามีหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxy group) ที่เลขคลื่น 3278 cm⁻¹ มี C-H aliphatic (stretching) ที่เลขคลื่น 2916-2848 cm⁻¹ มี C-H (bending) ที่เลขคลื่น 1472-1462 cm⁻¹ และมี C-O ที่เลขคลื่น 1061 cm⁻¹

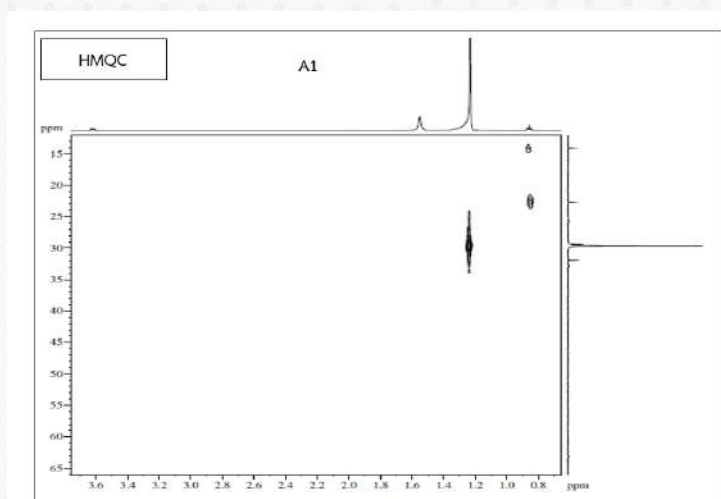
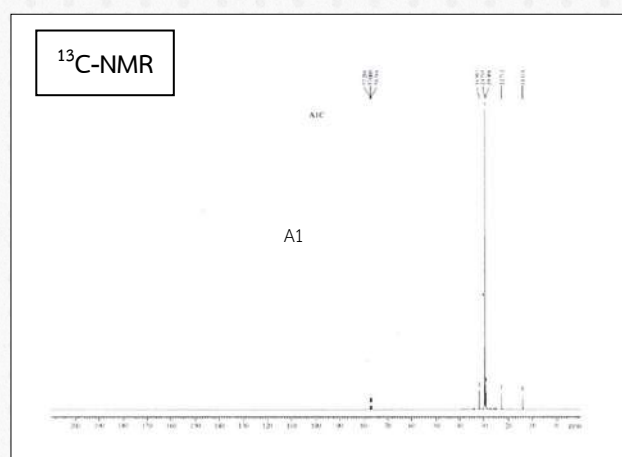
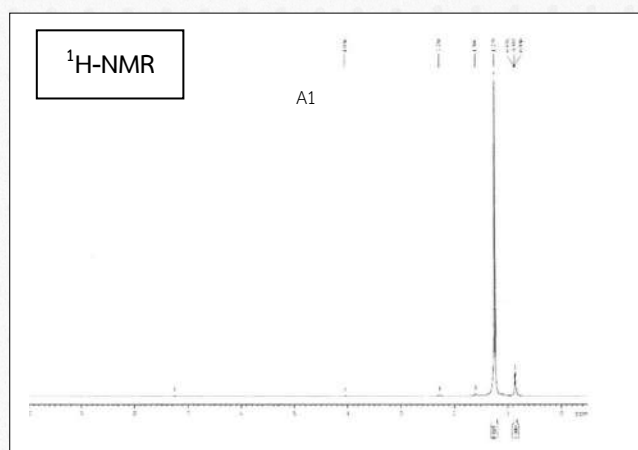
จาก ¹H-NMR spectrum พบสัญญาณที่มีค่า δ_H 4.07 (3H, t, J = 6.5 Hz), 1.24 (24H, s) และ 0.86 (3H, t, J = 6.5 Hz) จาก ¹³C-NMR spectrum จะพบสัญญาณที่มีค่า δ_C 62.9 (C-1), 22.7-32.9 (C-2 ถึง C-13) และ 14.1 (C-14) มีโครงสร้างดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 โครงสร้างของ A1 (1-Tetradecanol)

ตารางที่ 1 ¹H-NMR spectrum และ ¹³C-NMR spectrum ของสารประกอบ A1

ตำแหน่งของ C	Chemical shift (ppm in CDCl ₃)		
	สารประกอบ A1 (in CDCl ₃)		1-Tetradecanol [8]
	¹ H-NMR (500 MHz)	¹³ C-NMR (125 MHz)	(125 MHz)
1	0.86 (3H, t, J = 6.5 Hz)	62.0	62.9
2-13	1.24 (24H, s)	22.7-32.0	22.7-32.9
14	4.07 (3H, t, J = 6.5 Hz)	14.1	14.1



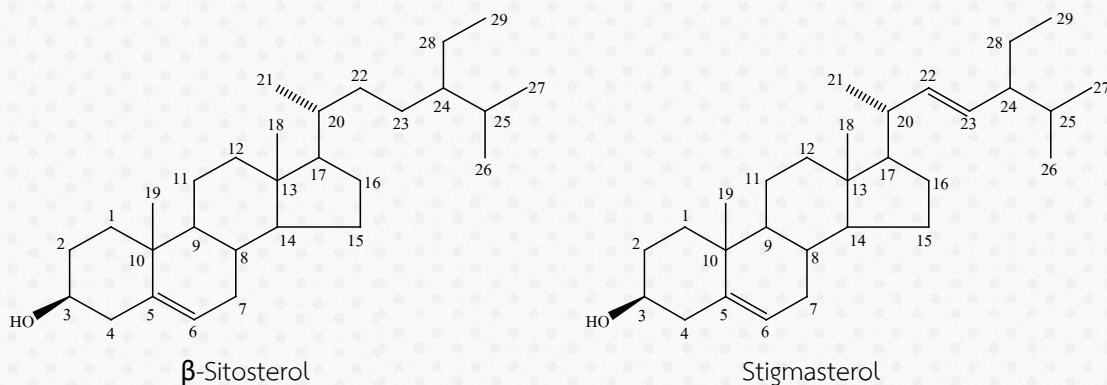
ภาพที่ 3 $^1\text{H-NMR}$ $^{13}\text{C-NMR}$ และ HMQC spectrum ของสารประกอบ A1 (CDCl_3)

3.2 การศึกษาโครงสร้างของสารประกอบ AC3/3

สารประกอบ AC3/3 มีลักษณะเป็นผลึกสีขาว รูปเข็ม ซึ่งเทียบข้อมูล NMR ของสารประกอบ AC3/3 กับเอกสารที่เคยตีพิมพ์มาแล้ว [9] พบว่าสารที่แยกได้เป็นสารผสมระหว่าง β -Sitosterol กับ Stigmasterol จากสเปกตรัมของ $^1\text{H-NMR}$ พบสัญญาณที่ค่า δ_{H} เท่ากับ 5.01 (1H, *dd*, $J = 8.4, 15.2$ Hz), 5.15 (1H, *dd*, $J = 8.4, 15.2$ Hz) และ 5.35

(2H, *dd*, $J = 5.2$ Hz) ppm ซึ่งแสดงถึงสัญญาณของโปรตอนในตำแหน่งที่ H-22 และ H-23 ของ Stigmasterol และ H-6 ของ β -Sitosterol ตามลำดับ โดยค่าการอินทิเกรตของ H-6 นั้นมีค่าเป็นสองเท่าของ H-22 หรือ H-23 แสดงให้เห็นว่าเป็นสารผสมระหว่าง β -Sitosterol และ Stigmasterol ที่มีอัตราส่วน 1:1

จาก ^{13}C -NMR ของ AC3/3 มีสัญญาณทั้งหมด 43 สัญญาณ เมื่อเทียบกับข้อมูล ^{13}C -NMR ของสารผสมระหว่าง β -Sitosterol และ Stigmasterol ที่เคยมีรายงานมาแล้วพบว่าใกล้เคียงกันมาก ดังแสดงในตารางที่ 2 ส่วนโครงสร้างของสารแสดงดังภาพที่ 4



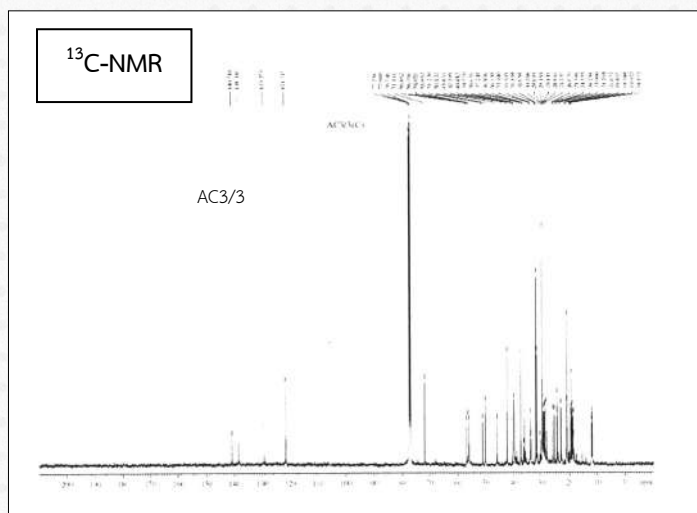
ภาพที่ 4 โครงสร้างของ β -Sitosterol และ Stigmasterol

ตารางที่ 2 ^{13}C -NMR ของสารประกอบ AC3/3 (CDCl_3 , 500 Hz) เมื่อเทียบกับสารผสมของ β -Sitosterol และ Stigmasterol ที่เคยมีรายงานมาแล้ว [8]

ตำแหน่งของ C	δ_c (ppm)		
	AC3/3	β -sitosterol	Stigmasterol
1	37.2	37.3	37.3
2	31.7	31.6	31.7
3	71.8	71.7	71.8
4	42.3	42.5	42.4
5	140.8	140.8	140.8
6	121.7	121.0	121.7
7	31.8	31.9	31.9
8	31.9	31.9	31.9
9	50.1	50.2	50.2
10	36.5	36.5	36.6
11	21.1	21.1	21.1
12	39.7, 39.8	39.8	39.7
13	42.3	42.3	42.4
14	56.8, 56.9	56.7	56.9
15	24.3, 24.4	24.3	24.4

ตารางที่ 2 ^{13}C -NMR ของสารประกอบ AC3/3 (CDCl_3 , 500 Hz) เมื่อเทียบกับสารผสมของ β -Sitosterol และ Stigmasterol ที่เคยมีรายงานมาแล้ว [8] (ต่อ)

ตำแหน่งของ C	δ_c (ppm)		
	AC3/3	β -sitosterol	Stigmasterol
16	28.2, 28.9	28.3	28.9
17	55.9, 56.0	56.1	56.1
18	11.8, 12.0	11.9	12.1
19	19.4	19.4	19.4
20	36.5, 40.5	36.2	40.5
21	18.8, 21.1	18.8	21.1
22	33.9, 138.3	33.9	138.3
23	26.0, 129.3	26.1	129.3
24	45.8, 51.2	45.9	51.3
25	29.1, 31.9	29.2	31.9
26	19.8, 21.2	19.8	21.3
27	19.0	19.0	19.0
28	23.1, 25.4	23.1	25.4
29	12.2	12.3	12.3



ภาพที่ 5 ^{13}C -NMR spectrum ของสารประกอบ AC3/3 (CDCl_3)

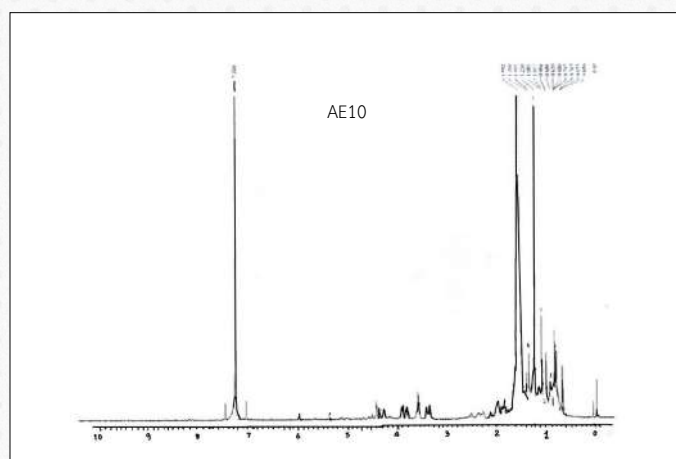
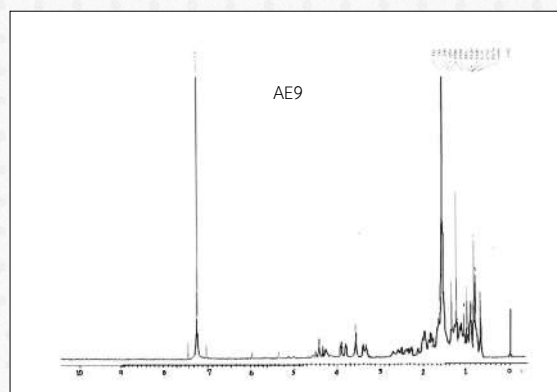
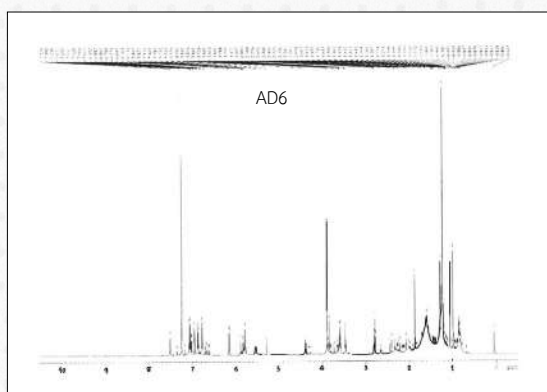
3.3 การศึกษาโครงสร้างของสารประกอบ AD6

สารประกอบ AD6 น้ำหนัก 0.0029 g มีลักษณะเป็นผลึกสีขาว เมื่อทดสอบด้วย anisaldehyde reagent พบว่ามีสีม่วง เมื่อพิจารณาข้อมูลจาก ^1H -NMR spectrum ของสารประกอบ AD6 พบว่ายังมีสารปนเปื้อนอยู่ แต่สารที่แยกได้มีปริมาณน้อยมากจึงไม่สามารถทำให้สารบริสุทธิ์ได้ โดยหมุดฟังก์ชันที่น่าสนใจ จาก ^1H -NMR พบค่า δ_H ในช่วง 1-2 ppm ซึ่งเป็นตำแหน่งของ

สารประกอบไฮโดรคาร์บอนสายโซ่ยาว (long chain hydrocarbons) ค่า δ_H อยู่ในช่วง 2-3 ppm คือตำแหน่งของ flavonoid พบค่า δ_H อยู่ในช่วง 3-5 ppm ที่เป็นตำแหน่งของ hydroxy group ค่า δ_H อยู่ในช่วง 5-7 ppm ที่เป็นตำแหน่งของ olefinic proton และค่า δ_H อยู่ในช่วง 7-8 ppm เป็นตำแหน่งของ benzene ring สารประกอบ AD6 น่าจะเป็นสารประกอบที่เป็นอนุพันธ์ของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนสายโซ่ยาว ที่มีการเกาะกับหมู่ไฮดรอกซี ที่ผสมกับวงเบนซีน

3.4 การศึกษาโครงสร้างของสารประกอบ AE9 และ AE10

สารประกอบ AE9 และ AE10 มีลักษณะเป็นผลึกสีขาว เมื่อทดสอบด้วย anisaldehyde reagent พบว่ามีสีม่วง เมื่อพิจารณาข้อมูลจาก $^1\text{H-NMR}$ spectrum ของสารประกอบ AE9 และ AE10 พบว่ายังมีสารปนเปื้อนอยู่ และสารที่แยกได้มีปริมาณน้อยมากจึงไม่สามารถทำให้สารบริสุทธิ์ได้ โดยหุ้มฟังก์ชันที่น่าสนใจ จาก $^1\text{H-NMR}$ พบค่า δ_H ในช่วง 1-2 ppm ซึ่งเป็นตำแหน่งของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนสายโซ่ยาว (long chain hydrocarbons) ค่า δ_H อยู่ในช่วง 2-3 ppm คือตำแหน่งของ flavonoid พบค่า δ_H อยู่ในช่วง 3-5 ppm ที่เป็นตำแหน่งของ hydroxy group และค่า δ_H อยู่ในช่วง 7-8 ppm เป็นตำแหน่งของ benzene ring สารประกอบ AE9 และ AE10 น่าจะเป็นสารประกอบที่เป็นอนุพันธ์ของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนสายโซ่ยาวที่มีการเกาะกับหมู่ไฮดรอกซีที่ผสมกับวงเบนซีน



ภาพที่ 6 $^1\text{H-NMR}$ (500MHz) spectrum ของสารประกอบ AD6, AE9 และ AE10 (CDCl_3)

4. บทสรุป

จากการศึกษาทางพฤกษเคมีของสารสกัดหยาบจากผักกระเจียวแห้ง ที่สกัดด้วยไดคลอโรมีเทน มาแยกให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิค silica gel column chromatography พบว่าแยกสารได้ทั้งหมด 9 fractions เมื่อนำ fraction ที่น่าสนใจไปแยกให้บริสุทธิ์ขึ้น สามารถแยกสารได้ 4 ชนิด เป็นสารบริสุทธิ์ 1 ชนิด สารผสมที่หาโครงสร้างได้ 1 ชนิด และสาร

ผสมที่ไม่สามารถหาโครงสร้างได้อีก 2 ชนิด โดยสารบริสุทธิ์ที่แยกได้นั้นเป็นสารประกอบแอลกอฮอล์สายโซ่ยาว คือ 1-tetradecanol ส่วนสารผสมที่สามารถหาโครงสร้างได้ 1 ชนิดคือ สารผสมระหว่าง β -Sitosterol กับ Stigmasterol ส่วนสารผสมที่ไม่สามารถหาโครงสร้างได้อีก 2 ชนิด คาดว่าน่าจะเป็นสารประกอบที่เป็นอนุพันธ์ของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนสายโซ่ยาว ที่มีการเกาะกับหมู่ไฮดรอกซีที่ผสมกับวงเบนซีนเช่นเดียวกัน โดยสารแต่ละชนิดจะมีบางส่วนที่ต่างกันคือมี olefinic proton หรือ flavonoid เพิ่มเติม ในการพิสูจน์โครงสร้างของสารบริสุทธิ์และสารที่แยกได้นี้ อาศัยการวิเคราะห์สเปกตรัมของ FT-IR, $^1\text{H-NMR}$, $^{13}\text{C-NMR}$, DEPT, HMQC และ HMBC ร่วมกับการเปรียบเทียบข้อมูลของสารที่ทราบโครงสร้างที่มีการตีพิมพ์มาแล้ว

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับความอนุเคราะห์สารเคมีจาก ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] กระเจียบเขียว. (20 พฤษภาคม 2568). สืบค้นจาก https://medplant.mahidol.ac.th/document/88_Abelmoschus_esculentus.pdf.
- [2] สรรพคุณของกระเจียบเขียว. (20 พฤษภาคม 2568). สืบค้นจาก <https://medthai.com/กระเจียบเขียว/>
- [3] กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร. การประเมินสมบัติของดินในพื้นที่ปลูกกระเจียบเขียว. กรมวิชาการเกษตร. 2565.
- [4] P. Arapitsas. Identification and quantification of polyphenolic compounds from okra seeds and skins. *Food Chemistry*. 110(2008) 1041–1045.
- [5] W. Tongjaroenbuangam, N. Ruksee, P. Chantiratikul, N. Pakdeenarong W. Kongbun, P. Govitrapong, Neuroprotective effects of quercetin, rutin and okra (*Abelmoschus esculentus* Linn.) in dexamethasone-treated mice. *Neurochem Int*. 59(2011) 677-685.
- [6] N. D. Zaharuddin, M. I. Noordin, A. Kadivar, The Use of *Hibiscus esculentus* (Okra) Gum in Sustaining the Release of Propranolol Hydrochloride in a Solid Oral Dosage Form. *BioMed Research International*. 1(2014) 1–9.
- [7] R. S. Punukollu, A. K. Chadalawada, K. Siddabattuni and N. T. Gogin. A blend of *Withania somnifera* (L.) Dunal root and *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench fruit extracts relieves constipation and improves bowel function: A proof-of-concept clinical investigation. *Journal of Ethnopharmacology*. 318(2024) 116997.
- [8] C. Siering, J. Torang, H. Kruse, S. Grimme and S. R. Waldvogel. Enantioselective helical folding inside a self-assembled, cylindrical capsule. *Chemical Communication*. 10(2010) 1625-1627.
- [9] J. L. C. Sright, A. G. McInnes, S. Shimizu, D. G. Smith, J. A. Walter, D. Idler, W. Khalil. Identification of C-24 alkyl epimers of marine sterols by ^{13}C nuclear magnetic resonance spectroscopy. *Canadian Journal of Chemistry*. 56(1978) 1898-1903.

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผักพื้นบ้านไทย

Analysis of total phenolic content and antioxidant activity of Thai local vegetables

หฤทัย ฐานันท์^{1*} และ ปรานอม ขาวเมฆ¹

¹ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต ปทุมธานี

*E-mail: haruthai.t@rsu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin-Ciocalteu และศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ 2 วิธี ได้แก่ วิธี DPPH และ ABTS ของผักพื้นบ้านทั้งสดและแห้ง 3 ชนิดคือ ผักแพว กะเพราขาว และผักเป็ดแดง โดยนำผักทั้ง 3 ชนิดมาสกัดด้วยเมทานอล แล้วนำมาวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin-Ciocalteu พบว่าผักแพวสดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมากที่สุดเท่ากับ 15.05 ± 0.24 mg BHT/g รองลงมาเป็นกะเพราขาวเท่ากับ 2.75 ± 0.16 mg BHT/g และผักเป็ดแดงเท่ากับ 1.30 ± 0.08 mg BHT/g ตามลำดับ ส่วนการหาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระพบว่าผักแพวมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS ดีที่สุดรองลงมาเป็นกะเพราขาว และผักเป็ดแดงตามลำดับ โดยผักแพวมีค่า IC_{50} เท่ากับ 2.00 mg/ml และค่า VCEAC เท่ากับ 3.55 mg vit.C/g

คำสำคัญ: สารต้านอนุมูลอิสระ ผักพื้นบ้านไทย วิธี Folin-Ciocalteu วิธี DPPH วิธี ABTS

Abstract

This research was to quantitative analysis of total phenolic compounds by Folin-Ciocalteu method and antioxidant activity by two methods, DPPH and ABTS method. Three types of local vegetables, both fresh and dried, namely *Polygonum odoratum* Lour., *Ocimum sanctum* L. and *Alternanthera bettzickiana* (Regel) G.Nicholson were studied. The three types of vegetables were extracted using methanol. Upon determining the total phenolic compounds using the Folin-Ciocalteu method, it was found that fresh *Polygonum odoratum* Lour. had the highest total phenolic content at 15.05 ± 0.24 mg BHT/g, followed by fresh *Ocimum sanctum* L. at 2.75 ± 0.16 mg BHT/g and *Alternanthera bettzickiana* (Regel) G.Nicholson at 1.30 ± 0.08 mg BHT/g, respectively. In terms of antioxidant activity, *Polygonum odoratum* Lour. exhibited the best DPPH and ABTS antioxidant activity, followed by *Ocimum sanctum* L. and *Alternanthera bettzickiana* (Regel) G.Nicholson; *Polygonum odoratum* Lour. had an IC_{50} value of 2.00 mg/ml and a VCEAC value of 3.55 mg vit.C/g.

Keywords: antioxidant, Thai local vegetables, Folin-Ciocalteu assay, DPPH assay, ABTS assay

1. บทนำ

ร่างกายของมนุษย์มีการเสื่อมไปตามธรรมชาติ ปัจจุบันการเจ็บป่วยด้วยโรคต่างๆมีมากขึ้น เนื่องจากการดำเนินชีวิตเปลี่ยนไป สภาพแวดล้อมมีมลพิษเพิ่มขึ้น การรับประทานอาหาร ความเครียด ทำให้ในร่างกายมีสารอนุมูลอิสระ (free radical) จำนวนมากที่เป็นต้นเหตุในการเกิดโรคต่างๆ เช่น โรคหัวใจ เบาหวาน ความดันโลหิตสูง ไขมันในเลือดสูง สมอเสื่อม ต้อกระจก โรคอ้วน โรคเมะเร็ง [1] เพื่อป้องกันการเกิดโรคเหล่านี้จึงจำเป็นต้องหาวิธีดูแลร่างกายโดยวิธีต่างๆเพื่อลดอนุมูลอิสระ เช่น การออกกำลังกายเป็นประจำ พักผ่อนให้เพียงพอ ลดความเครียด รับประทานอาหารที่มีสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidants) [2]

อนุมูลอิสระ คือ โมเลกุลหรืออะตอมที่ไม่เสถียรเนื่องจากขาดอิเล็กตรอน ซึ่งโดยปกติในร่างกายของเรามีโมเลกุลหรืออะตอมที่มีอิเล็กตรอนอยู่เป็นจำนวนคู่ ในกรณีที่ร่างกายมีการสูญเสียอิเล็กตรอนจากการถูกอนุมูลอิสระแย่งจับ จะทำให้โมเลกุลของเซลล์ในร่างกายไม่เสถียร ขาดความสมดุล ซึ่งส่งผลทำให้เซลล์ร่างกายเสียหายได้ [3] อนุมูลอิสระเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นได้ตามธรรมชาติในร่างกายโดยเกิดจากการเผาผลาญอาหาร การหายใจ จากมลพิษต่าง ๆ จากสภาพแวดล้อมรอบตัว เช่น ฝุ่น ควันทะบู่ ควันท่อควัน ไอโซน โลหะหนัก เป็นต้น [4]

สารต้านอนุมูลอิสระ เป็นสารที่จะจับคู่กับอนุมูลอิสระทำให้เกิดความเสถียร ช่วยยับยั้งหรือชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับสารต่าง ๆ ในร่างกายได้ [5]

ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) คือปฏิกิริยาที่โมเลกุลหรืออะตอมสูญเสียอิเล็กตรอนไปให้โมเลกุลหรืออะตอมอื่นอย่างที่ได้กล่าวไว้ว่าอนุมูลอิสระเป็นสารที่ไม่เสถียร และการไม่เสถียรนี้ส่งผลให้อนุมูลอิสระไปจับคู่กับสารอื่นในร่างกายเกิดการถ่ายโอนอิเล็กตรอนเพื่อให้ความเสถียรมากขึ้น ในขณะเดียวกัน เมื่อเกิดสารหนึ่งถ่ายโอนอิเล็กตรอนไปแล้ว สารนั้นก็จะกลายเป็นอนุมูลอิสระตัวใหม่ อนุมูลอิสระตัวนี้ก็จะไปจับคู่กับสารอื่นอย่างต่อเนื่อง ปฏิกิริยานี้เรียกว่าปฏิกิริยาออกซิเดชันแบบลูกโซ่ [6]

ข้อมูลจากหน่วยสารสนเทศเมะเร็ง โรงพยาบาลสงขลานครินทร์กล่าวว่า เพื่อให้ร่างกายได้รับสารต้านอนุมูลอิสระพอเพียงกับความต้องการ การรับประทานผัก-ผลไม้ สีส้มเป็นประจำวันโดยล้างให้สะอาดทุกครั้ง นอกจากจะได้รับสารต้านอนุมูลอิสระแล้วยังได้รับใยอาหารซึ่งมีส่วนช่วยในการขับถ่าย [7] ผักพื้นบ้านไทยมีคุณสมบัติหลายประการที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ เช่น มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ [8] จากการศึกษาสมุนไพรผักพื้นบ้าน 8 ชนิดมีปริมาณฟีนอลิกรวมสูงมากกว่า 1000 gGAE.g-1 คือผักแพว ตำลึงหวาน ขี้เหล็ก มะระขี้นก มะม่วงหิมพานต์ ผักตบชวา ผักมันปู และมะตูมแขก [9] ใบกะเพรามีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระและมีกลิ่นหอม จึงสามารถนำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์ตามแนวคิด นิวโรบิต [10] เพื่อสนับสนุนให้คนไทยหันมารับประทานผักพื้นบ้านไทยและช่วยให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น ผู้วิจัยจึงสนใจนำผักพื้นบ้าน 3 ชนิดคือ ผักแพว (*Polygonum odoratum* Lour.) กะเพราขาว (*Ocimum sanctum* L.) และผักเป็ดแดง (*Alternanthera bettzickiana* (Regel) G.Nicholson) มาศึกษาหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin-Ciocalteu และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ 2 วิธี ได้แก่ วิธี DPPH และ ABTS เพื่อสนับสนุนให้คนไทยหันมาบริโภคผักพื้นบ้านไทยและช่วยให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น

จุดประสงค์การวิจัย เพื่อศึกษาหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin-Ciocalteu และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วย วิธี DPPH และ ABTS ของผักพื้นบ้าน 3 ชนิดคือ ผักแพว กะเพราขาวและผักเป็ด

2. วิธีการวิจัย

2.1 การเตรียมสารละลายสกัดผักพื้นบ้านสดและแห้ง

ผักสด นำส่วนใบของผักพื้นบ้านมาล้างให้สะอาด จากนั้นล้างให้แห้ง และหั่นให้เป็นชิ้นเล็กๆ

ผักแห้ง นำส่วนใบผักพื้นบ้านมาล้างให้สะอาดตัวอย่างละ 100 กรัม ล้างให้แห้ง หั่นให้เป็นชิ้นเล็กๆ นำไปตากเป็นเวลา 3 วัน แล้วนำมาชั่งน้ำหนักแห้งจากนั้นนำไปบดให้ละเอียด

นำผักสดและแห้งซึ่งน้ำหนักแล้วเติมเมทานอลให้ท่วม แช่เป็นเวลา 10 นาที แยกสารละลายสกัดออกด้วยวิธี decantation ได้สารละลายสกัดเข้มข้นใน g/ml โดยการเตรียมสารละลายสกัดมีความเข้มข้นที่ใช้ในแต่ละวิธีการทดลอง

2.2 การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดโดยวิธี Folin-Ciocalteu

ปิเปตสารละลายมาตรฐาน BHT (Butylated hydroxytoluene) 12 20 28 36 44 52 และ 60 µg/ml และสารละลายสกัดผักพื้นบ้านสดและแห้ง 0.025 g/ml ปริมาตร 1 ml ผสมกับ Folin-Ciocalteu reagent 125 µl, 7% Na₂CO₃ 250 µl ตามลำดับ ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 6 นาที เติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 2 ml เก็บไว้ในที่มืด 40 นาที แล้วนำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 760 nm ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง นำผลการทดลองของสารละลาย BHT มาสร้างกราฟมาตรฐานโดยสร้างจากความสัมพันธ์ระหว่างค่า A₇₆₀ กับความเข้มข้นของ BHT แล้วค่า A₇₆₀ ของผักพื้นบ้านไปหาปริมาณ total phenolic โดยเทียบกับกราฟมาตรฐาน BHT

2.3 หาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl)

ปิเปตสารละลายมาตรฐานวิตามินซี 0.1 mg/ml และสารละลายสกัดผักพื้นบ้านสดและแห้ง 0.5 g/ml ในปริมาตรต่าง ๆ เติมน้ำกลั่นจนครบ 100 µl และสารละลาย DPPH 2 ml นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 nm ทำการทดลอง 3 ซ้ำ แล้วนำมาคำนวณ % inhibition ดังสมการที่ (1)

$$\% \text{ inhibition} = [(A_{517} \text{ control} - A_{517} \text{ sample}) / A_{517} \text{ control}] * 100 \quad (1)$$

สร้างกราฟระหว่าง % inhibition กับความเข้มข้นของสาร เพื่อหาค่า IC₅₀ (Inhibition Concentration) ของวิตามินซีและผักพื้นบ้าน

2.4 หาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี ABTS (2,2'-azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid)

ปิเปตสารละลายมาตรฐานวิตามินซี 0.5 mg/ml ปริมาตรต่างๆเพื่อให้มีวิตามินซีจำนวน 1.2, 2.4, 3.6 และ 4.8 mg และสารละลายสกัดผักพื้นบ้านสดและแห้ง 0.1 g/ml ปริมาตร 300 µl เติมน้ำกลั่นจนครบ 1 ml ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 6 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 734 nm ทำการทดลอง 3 ซ้ำ แล้วนำมาคำนวณ % inhibition ดังสมการที่ (2)

$$\% \text{ inhibition} = [(A_{734} \text{ control} - A_{734} \text{ sample}) / A_{734} \text{ control}] * 100 \quad (2)$$

สร้างกราฟมาตรฐานวิตามินซี จากความสัมพันธ์ระหว่าง % inhibition ของวิตามินซีกับน้ำหนักของวิตามินซี แล้วนำ % inhibition ของผักพื้นบ้าน มาหาค่า VCEAC (Vitamin C equivalent antioxidant capacity) จากกราฟมาตรฐานวิตามินซี

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 การเตรียมสารละลายสกัดผักพื้นบ้านสดและแห้ง

ในการทำผักแห้ง พบว่าลักษณะทางกายภาพของผักพื้นบ้านแห้งทั้ง 3 ชนิด ลักษณะเป็นสีน้ำตาล ได้ร้อยละ น้ำหนักแห้งของผักแพว กะเพราขาว และผักเป็ดแดง เท่ากับ 22.50, 21.34 และ 22.04 ตามลำดับ

3.2 การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดโดยวิธี Folin-Ciocalteu

การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin-Ciocalteu ใช้หลักการถ่ายโอนอิเล็กตรอนระหว่างสารละลาย Folin-Ciocalteu reagent กับสารประกอบฟีนอลิกในสภาวะต่าง สารละลาย Folin-Ciocalteu reagent ประกอบด้วยโซเดียมทังสเตต (Na₂WO₄) โซเดียมโมลิบเดต (Na₂MoO₄) กรดฟอสฟอริก (H₃PO₄) และโซเดียมคาร์บอเนต

(Na_2CO_3) โมลิบดีนัมและทังสเตนในสารละลายอยู่ในรูป Mo^{6+} และ W^{6+} ซึ่งมีสีเหลือง เมื่อรีดิวซ์จากสารประกอบฟีนอลิกแล้วจะเปลี่ยนไปอยู่ในรูป Mo^{5+} และ W^{5+} ซึ่งมีสีน้ำเงินของโมลิบดีนัมบลู (molybdenum blue) และทังสเตนบลู (tungsten blue) ดังสมการ (3) ปล่อยให้เกิดปฏิกิริยาประมาณ 1 ชั่วโมง แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร [11]



ในงานวิจัยนี้ใช้สาร BHT เป็นสารต้านอนุมูลอิสระประเภทสารประกอบฟีนอลิกสังเคราะห์ที่มีความเสถียร เป็นตัวเปรียบเทียบ การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin-Ciocalteu ของผักพื้นบ้าน พบว่าผักแพว มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมากที่สุดเท่ากับ 15.05 mg BHT/g รองลงมาเป็นกะเพราขาว ผักเป็ดแดงมีค่าเท่ากับ 2.75 และ 1.30 mg BHT/g ตามลำดับ (ได้ผลดังตารางที่ 2) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ศึกษาหาสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ในผักแพว ชিং และขมิ้น พบว่าผักแพวมีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมากที่สุด [12] ในผักแพวสด 1 กรัมมีปริมาณ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับสาร BHT 15.05 กรัม ส่วนผักแพวแห้ง 1 กรัม (มาจากผักแพวสด 4.44 กรัม) มีปริมาณ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับสาร BHT 19.82 กรัม จากปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของผักพื้นบ้านทั้ง 3 ชนิด สามารถสรุปได้ว่ารับประทานแบบสดมากกว่าแบบแห้ง เนื่องจากสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่อยู่ในผักพื้นบ้าน ได้แก่ กรดแกลลิก (gallic acid) รูทีน (rutin) คาเทชิน (catechin) เควอซีติน (quercetin) เป็นต้น [13] อาจเสียสภาพไปตอนนำไป ทำให้แห้งด้วยการตากแดด จากงานวิจัยศึกษาผลการป้องกันของรูทีนต่อความเสียหายที่เกิดจากรังสีอัลตราไวโอเลตเอในเซลล์ ผิวหนังกล่าวว่า รูทีนสามารถทนความร้อนได้ในระดับหนึ่ง แต่ควรเก็บรักษาในที่เย็นและหลีกเลี่ยงความร้อนโดยตรง การใช้รูทีน ในสูตรต่างๆ ควรทำในขั้นตอนสุดท้ายและอุณหภูมิไม่ควรเกิน 40°C เพื่อรักษาประสิทธิภาพของรูทีน [14]

3.3 หาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH

DPPH เป็นอนุมูลอิสระที่เสถียรมีสีม่วง เมื่อทำปฏิกิริยากับสารต้านอนุมูลอิสระซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระจะให้ไฮโดรเจนเรดิคัลแก่ DPPH ทำให้ DPPH ไม่เป็นอนุมูลอิสระต่อไป สารละลายจึงเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ดังนั้นในการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH จะต้องใช้เปรียบเทียบกับสารต้านอนุมูลอิสระมาตรฐาน ในที่นี้ใช้เป็นวิตามินซี โดยรายงานเป็นค่า IC₅₀ เป็นความเข้มข้นที่ทำให้ความเข้มข้นของสาร DPPH ลดลง 50 % ถ้าสารใดมีค่า IC₅₀ ต่ำแสดงว่ามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าสารที่มี IC₅₀ สูง [15] จากการทดลองในงานวิจัยนี้พบว่า ค่า IC₅₀ ของผักพื้นบ้านทั้ง 3 ชนิดมีค่ามากกว่าวิตามินซี แสดงว่าวิตามินซีมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ได้ดีกว่าผักพื้นบ้านทั้ง 3 ชนิดมาก เพราะความเข้มข้นเพียง 0.002 mg/ml ทำให้ความเข้มข้นสาร DPPH ลดลง 50 % ในขณะที่ผักแพวมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีที่สุดในผักที่ศึกษา ต้องใช้ความเข้มข้น 2.00 mg/ml (ผักสด) และ 0.22 mg/ml (ผักแห้ง) รองลงมาเป็นกะเพราขาว และผักเป็ดแดงตามลำดับดังตารางที่ 2 นอกจากนี้การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผักแห้งดีกว่าผักสด

3.4 หาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี ABTS

ABTS assay เป็นการวัดความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ ABTS^{•+} ที่มีความคงตัว โดย ABTS จะถูกออกซิไดซ์ด้วยโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต (K₂S₂O₈) ที่ให้อนุมูลออกซิ (ในสิ่งมีชีวิตมีอนุมูลออกซิได้แก่ ซูเปอร์ออกไซด์ (O₂^{•-}) จากการหายใจระดับเซลล์ เปอร์ออกซิลเรดิคัล (ROO•) การสลายของกรดไขมัน เป็นต้น) กลายเป็น ABTS^{•+} มีสีฟ้าแกมเขียว เมื่อนำมาทำปฏิกิริยากับสารต้านอนุมูลอิสระ ABTS^{•+} จะได้รับอิเล็กตรอนทำให้กลายเป็น ABTS สารละลายสีฟ้าแกมเขียวจางลง ถ้าสารละลายสีฟ้าแกมเขียวจางลงมากแสดงว่าสารต้านอนุมูลอิสระมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีกว่าสารละลายสีฟ้าแกมเขียวจางลงน้อย [16] จากการทดลองในงานวิจัยนี้พบว่าเมื่อนำผักพื้นบ้านสดและแห้งจำนวน 1 กรัมนำมาทำปฏิกิริยากับสารต้าน

อนุมูลอิสระ ABTS^{•+} ให้ผลเปรียบเทียบกับวิตามินซีซึ่งแสดงในรูปของ VCEAC ได้ผลการทดลองดังนี้ ในผักสด ผักแพว กะเพราขาว และผักเป็ดแดงมีค่าเท่ากับ 3.55, 2.38 และ 0.78 mgvit.C/g ตามลำดับ หมายความว่าในผักสด ผักแพว กะเพราขาว และผักเป็ดแดง 1 กรัมสามารถต้านอนุมูลอิสระเทียบเท่าวิตามินซี 3.55 2.37 และ 0.78 มิลลิกรัมตามลำดับ แสดงว่าผักแพว มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระประเภทประจุบวกได้ดีที่สุด รองลงมาเป็นกะเพราขาว ผักเป็ดแดงตามลำดับ ส่วนในผักแห้งก็ให้ผลในทิศทางเดียวกัน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธีต่างๆของผักแพว กะเพราขาวและผักเป็ดแดง

ผักพื้นบ้าน	สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด		วิธี DPPH		วิธี ABTS	
	mg BHT/g $\pm$ SD		IC ₅₀ (mg/ml)		VCEAC (mgvit.C/g)	
	ผักสด	ผักแห้ง	ผักสด	ผักแห้ง	ผักสด	ผักแห้ง
วิตามินซี	-	-	0.002		-	-
ผักแพว	15.05 $\pm$ 0.24	19.82 $\pm$ 0.41	2.00	0.22	3.55	3.58
กะเพราขาว	2.75 $\pm$ 0.16	3.07 $\pm$ 0.38	6.10	4.65	2.37	2.14
ผักเป็ดแดง	1.30 $\pm$ 0.18	0.89 $\pm$ 0.01	6.42	9.85	0.78	0.19

จากผลการวิจัยพบว่าผักแพวปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีกว่ากะเพรา และผักเป็ดแดง เนื่องจากในผักแพวมีสารต้านอนุมูลอิสระหลายชนิดเช่น รุติโน คาเทชิน เคอร์ซีติน เคมเฟอร์อล (kaempferol) ไอโซรามาเนติน (isorhamnetin) ซาโปนิน (saponins) [13]

4. บทสรุป

จากศึกษาหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin-Ciocalteu ของผักพื้นบ้าน 3 ชนิดคือ ผักแพว กะเพราขาว และผักเป็ดแดง พบว่า ผักแพวมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมากที่สุด รองลงมาคือกะเพราขาว ผักเป็ดแดง ตามลำดับ ส่วนการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่าผักแพวมีความสามารถในการให้ไฮโดรเจนเรดิคัลแก่ DPPH ได้ดีที่สุด รองลงมาคือกะเพราขาว ผักเป็ดแดง ตามลำดับ และการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS พบว่า ผักแพวมีความสามารถในการจับอนุมูลออกซิ ได้ดีที่สุด รองลงมาคือกะเพราขาว ผักเป็ดแดง ตามลำดับ

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต ที่ให้การสนับสนุนการวิจัยครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Zawn Villines and Amy Murnan. (28 February 2025). How do free radicals affect the body?. Medical News today. Available: <https://www.medicalnewstoday.com/articles/318652>.
- [2] นลินี ยิ่งชาญกุล. (ม.ป.ป.). กินอย่างไรจะลดวัยไม่ให้แก่. MedCMU. สืบค้นจาก <https://www.med.cmu.ac.th/web/uncategorized/11874/>.
- [3] รัชณี คงคาฉุยฉาย และคณะ. (ม.ป.ป.). อนุมูลอิสระ. ศูนย์วิทยาศาสตร์ข้าว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. สืบค้นจาก <https://shorturl.asia/MG9v6>.

- [4] เมธชนัน เลิศชุมเหะเกียรติ. (30 มีนาคม 2563). สารต้านอนุมูลอิสระ Antioxidant มีประโยชน์จริงหรือไม่?. โรงพยาบาลญาไท. สืบค้นจาก <https://shorturl.asia/QtcNR>.
- [5] ปิยศิริ สุนทรนนท์. สารต้านอนุมูลอิสระในดอกดาหลา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีวเคมี บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 2551.
- [6] ศูนย์เวชศาสตร์ชะลอวัย. (ม.ป.ป.). เรา รู้จัก สารต้านอนุมูลอิสระดีแค่ไหน ทำไมถึงดีต่อผิวและสุขภาพ. โรงพยาบาลกรุงเทพ พัทยา. สืบค้นจาก <https://bangkokpattayahospital.com/th/about-us/hospital-story/our-story/>.
- [7] งานโภชนาการ โรงพยาบาลสงขลานครินทร์. (ม.ป.ป.). สารต้านอนุมูลอิสระ. หน่วยสารสนเทศมะเร็ง โรงพยาบาลสงขลานครินทร์. สืบค้นจาก <https://shorturl.asia/dcmGE>.
- [8] อนันต์ อธิพรชัยม, สุรีย์พร หอมวิเศษวงศา และ สุวรรณา เสมศรี. การค้นหาและพัฒนาสมุนไพรไทยสำหรับรักษาโรคเบาหวาน. โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562.
- [9] กนกวรรณ ฉัตรเงิน และ นภัสสร ดิษฐาอุฒิกุล. (26 พฤศจิกายน 2567). การศึกษาเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและความคงตัวของสารสกัดใบกระเพรา. มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง. สืบค้นจาก <https://postgrads.mfu.ac.th/wp-content/uploads/2024/11/6351701251.pdf>.
- [10] นาฏศิจิ นวลแก้ว และคณะ. การศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดจากผักพื้นบ้านไทย. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. 2556.
- [11] รวินิภา ศรีมูล และ ศิริกมล นิยมวรรณ. การพัฒนาและทดสอบความใช้ได้ของวิธี Folin-Ciocalteu แบบเคมีไมโครสำหรับวิเคราะห์ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมในสารสกัดใบรางแดง. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 26(2564) 378-398.
- [12] M. Maizura, A. Aminah, W. M. Wan Aida, Total phenolic content and antioxidant activity of kesum (Polygonum minus), ginger (Zingiber officinale) and turmeric (Curcuma longa) extract. *International Food Research Journal*. 18(2011) 529-534.
- [13] Disthai. (ม.ป.ป.). ผักแพว ประโยชน์ดีๆ สรรพคุณเด่นๆและข้อมูลงานวิจัย. สืบค้นจาก <https://shorturl.asia/Xih2u>.
- [14] K. Yamada, H. Naito, M. Watanabe, ผลการป้องกันของรูตินต่อความเสียหายที่เกิดจากรังสีอัลตราไวโอเลตเอในเซลล์ผิวหนัง. *Journal of Dermatological Science*. 73(2014) 151-158.
- [15] ศิริพร ศิลารัตน์ และอุทัยทิพย์ ชัยสิทธิ์. การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดยอ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวการแพทย์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยรังสิต. 2552.
- [16] สุชาดา มานอก และ ปวีณา ลิ้มเจริญ. การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH ABTS และ FRAP และ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดสมุนไพรในตำหรับยาหอมเทพจิตร. *Advanced Science*. 15(2558) 106 – 117.

การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ SPAER เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหา เรื่องอะตอมและสมบัติของธาตุ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

Development of the SPAER Model for Science Learning Management to Enhance Problem-Solving Competencies on Atoms and Properties of Elements among Grade 10 Students

กฤษฎา โลหการก^{1*}

¹โรงเรียนป่าไม้อุทิศ 4 ตำบลศรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก

*E-mail: kritswu@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ของการวิจัย 1) เพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ SPAER และ 2) เพื่อศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ SPAER ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่กำลังศึกษาภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนป่าไม้อุทิศ 4 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การประถมศึกษาตาก เขต 2 จำนวน 37 คน ได้มาโดยวิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหา แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ SPAER ผลการวิจัยพบว่า

1. ได้รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ SPAER ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การวิเคราะห์สถานการณ์ 2) การระบุปัญหา 3) การวิเคราะห์และการสรุปผล 4) การประเมินผล และ 5) การสะท้อนผลการเรียนรู้
2. ประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ SPAER ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหา ที่พัฒนาขึ้น มีคะแนนสมรรถนะการแก้ปัญหาและคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
3. ความพึงพอใจของนักเรียนต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ SPAER ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหา มีความพึงพอใจในระดับมาก

คำสำคัญ: รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ SPAER สมรรถนะการแก้ปัญหา

Abstract

This research aimed to 1) develop a SPAER science learning management model, and 2) examine the effectiveness of the SPAER science learning management model in promoting problem-solving competency among Grade 10 students. The sample consisted of 37 Grade 10 students enrolled in the first semester of the 2023 academic year at Pamaiutid 4 School, under the jurisdiction of the Tak Primary Educational Service Area Office 2. The participants were selected using purposive sampling. The research

instruments included a problem-solving competency test, a learning achievement test, and a student satisfaction questionnaire regarding the SPAER science learning management model. The findings revealed the following:

1. The SPAER science learning management model developed to promote problem-solving competency consists of five instructional steps: (1) Situation Analysis, (2) Problem Identification, (3) Problem Analysis and Conclusion, (4) Evaluation, and (5) Reflection on Learning Outcomes.
2. The effectiveness of the developed SPAER science learning management model showed that students' post-test scores in both problem-solving competency and learning achievement were significantly higher than their pre-test scores at the .05 level of significance.
3. Students expressed a high level of satisfaction with the SPAER science learning management model that promotes problem-solving competency.

Keywords: SPAER science instructional model, problem-solving competence

1. บทนำ

การจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 จำเป็นต้องมุ่งเน้นให้นักเรียนมีสมรรถนะสำคัญ เพื่อสามารถดำรงชีวิตในโลกยุคใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ต้องเป็นบุคคลที่มีสมรรถนะ และหนึ่งในสมรรถนะที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งคือ สมรรถนะในการแก้ปัญหา ซึ่งหมายถึงความสามารถในการเข้าใจ วิเคราะห์ วางแผน ตัดสินใจ และประเมินแนวทางการแก้ไขปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพ [1, 2] องค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา ยังได้กล่าวไว้ว่า “การเรียนรู้ในยุคใหม่ควรออกแบบให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ผ่านสถานการณ์จริง ร่วมมือ แก้ปัญหา และคิดเชิงระบบ” [3] ซึ่งหมายความว่านักเรียนควรได้รับการพัฒนาให้มีความสามารถทั้งด้านความรู้ (Knowledge) ทักษะ (Skills) และทัศนคติ (Attitudes) อย่างสมดุล อย่างไรก็ตามจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 รายวิชาเคมีพบว่า นักเรียนจำนวนมากประสบปัญหาในการเรียนวิชาเคมี ซึ่งเนื้อหาเรื่อง “อะตอมและสมบัติของธาตุ” เป็นนามธรรม และต้องอาศัยการจินตนาการ และทักษะการคิดวิเคราะห์ขั้นสูง [4] และการจัดการเรียนรู้แบบบรรยายเนื้อหา ยังคงเป็นวิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายเพราะนักเรียนเนื้อหาและทำข้อสอบเพื่อต้องการสอบเข้าเรียนต่อมหาวิทยาลัยเป็นชื่อเสียงให้กับโรงเรียน ซึ่งไม่เอื้อต่อการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงและการแก้ปัญหา [5] การจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ และส่งเสริมการมีส่วนร่วมของนักเรียน เช่น การเรียนรู้ผ่านประสบการณ์การวิเคราะห์ปัญหา และการอภิปรายสะท้อนความคิด มีส่วนสำคัญในการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาและการคิดวิเคราะห์ [2] โพลยาได้เสนอรูปแบบการเรียนรู้การใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Solving Learning) ซึ่งจะช่วยให้ นักเรียนเชื่อมโยงแนวคิดเชิงทฤษฎีกับสถานการณ์ในชีวิตจริงและตัดสินใจได้อย่างมีเหตุผล ในขณะเดียวกัน [6] โทมัสได้เสนอขั้นตอนการแก้ปัญหายังเป็นระบบ ได้แก่ การเข้าใจปัญหา การวางแผน การดำเนินการ และการตรวจสอบ ซึ่งสามารถนำมาบูรณาการในจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้ จากแนวคิดเหล่านี้จึงเกิดการพัฒนา รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีสมรรถนะการแก้ปัญหายังเป็นระบบ [7]

จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหา เรื่อง อะตอมและสมบัติของธาตุ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และสามารถนำไปใช้ในห้องเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพและส่งเสริมให้เกิดสมรรถนะที่จำเป็นในยุคปัจจุบัน

วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1) เพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ SPAER เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหา เรื่องอะตอมและสมบัติของธาตุ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
- 2) เพื่อศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ SPAER เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาที่พัฒนาขึ้น

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนป่าไม้อุทิศ 4 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การประถมศึกษาตาก เขต 2 จำนวน 2 ห้องเรียน

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนขยายโอกาส สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การประถมศึกษาตาก เขต 2 จำนวน 37 คน โดยวิธีเลือกแบบเจาะจง

ในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ SPAER เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหา เรื่องอะตอมและสมบัติของธาตุ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยแบ่งการดำเนินงานวิจัยออกเป็น 2 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 การพัฒนารูปแบบ (Design and Development) การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ SPAER

ขั้นที่ 2 การทดลองใช้นวัตกรรม (Implementation) การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ SPAER

2.1 วิธีการทดลอง

ขั้นที่ 1 การพัฒนารูปแบบ (Design and Development) การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ SPAER

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสาร ทฤษฎี หลักการและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการสร้างกรอบแนวคิดในการทำวิจัยและดำเนินงานวิจัยดังต่อไปนี้

1. ผู้วิจัย สังเคราะห์ขั้นตอนการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ
 - 1) การกำหนดแนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้
 - 2) การกำหนดวัตถุประสงค์
 - 3) การกำหนดกิจกรรมการเรียนรู้
 - 4) การศึกษานำร่องเพื่อตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ก่อนนำไปใช้จริง และ
 - 5) การประเมินผลและปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้
2. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับสมรรถนะการแก้ปัญหา ได้แก่ รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหา ทฤษฎีโครงสร้างทางสติปัญญา ของกิลฟอร์ด สติปัญญาประกอบด้วยมิติ 3 ด้าน และมีการคิดแบบหลากหลายการคิดแบบสร้างสรรค์และคิดหลากหลายแนวทาง ทำให้สามารถวิเคราะห์ปัญหาได้หลายมิติ ทฤษฎีพัฒนาทางสติปัญญาของเพียเจต์ เป็นการเรียนรู้ผ่านการสร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านขั้นพัฒนาการของสมอง ช่วยให้ผู้เรียนมีความสามารถคิดอย่างเป็นระบบ คตินามธรรม และใช้เหตุผลในการแก้ปัญหา ทฤษฎีทางสังคมวัฒนธรรมของไวทกอดสกี ส่งเสริมการแก้ปัญหาโดยอาศัยการช่วยเหลือจากผู้อื่นและการทำงานร่วมกัน ทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนวคิดของกาเย่ ส่งเสริมทักษะคิดเป็นลำดับมีแบบแผน ช่วยวางแผนและวิเคราะห์ปัญหาได้ดีขึ้น และการเรียนรู้แบบค้นพบ (Discovery Learning) ของบรูเนอร์ ผู้เรียนควรมีส่วนร่วมในการค้นพบและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ส่งเสริมทักษะวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลด้วยตัวเองเพื่อแก้ปัญหา
3. ผู้วิจัยสังเคราะห์รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักการศึกษาโดยสามารถสรุปรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ SPAER เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหา ฯ ได้เป็น 5 ขั้นตอน แสดงดังตาราง 1

ตารางที่ 1 รูปแบบการจัดการเรียนรู้อริยาศาสตร์ SPAER เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหา

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของนักการศึกษา								ผู้วิจัยสรุป
	มลิวัลย์ สมศักดิ์ [8]	สิทธิพล อาจอินทร์ [9]	ปณิศา วรรณพิรุณ [10]	ดวงรัตน์ ศรีวงศ์กุล [11]	กฤษฎณา โสหารกร [12]	Diane F. Halpern [13]	David H. Jonassen [14]	John H. McCloskey [15]	
เตรียมความพร้อม		-	-	✓	✓	-	✓	-	3
ระบุปัญหา	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	8
วางแผนแก้ปัญหา	✓	✓	-	✓		✓	✓	✓	6
การวิเคราะห์ข้อมูล		✓	✓	-	✓	-	-	✓	4
อธิบาย		-	✓	✓		✓	✓	✓	5
สรุปผล	✓	✓	-	✓	✓	-	✓	-	5
ประเมินผล	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	7
สะท้อนผลการเรียนรู้		✓	✓	✓		-	-	-	3

โดยมีรายละเอียดการสังเคราะห์รูปแบบ ดังนี้

การวิเคราะห์สถานการณ์ (Situation) การระบุปัญหา (Problem) การวิเคราะห์และสรุปผล (Analysis and Conclusion) การประเมินผล (Evaluate) และการสะท้อนผลการเรียนรู้ (Reflect) โดยมีรายละเอียดดังนี้

การวิเคราะห์สถานการณ์ (Situation) คือ การสร้างสถานการณ์ที่กระตุ้นความสนใจผู้เรียน ด้วยบริบทหรือปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริง เพื่อกระตุ้นให้เกิดความสงสัยใคร่รู้

การระบุปัญหา (Problem) คือ การกำหนดปัญหาหรือคำถามที่ท้าทาย เพื่อให้ผู้เรียนใช้ความคิดวิเคราะห์ และเริ่มต้นกระบวนการเรียนรู้ผ่านการแก้ปัญหา

การวิเคราะห์และสรุปผล (Analysis and Conclusion) หมายถึง การให้ผู้เรียนรวบรวมข้อมูล ทดลอง วิเคราะห์ หรืออภิปรายข้อมูล เพื่อนำไปสู่การค้นพบองค์ความรู้

การประเมินผล (Evaluate) คือ กระบวนการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ของผู้เรียนทั้งในด้านความรู้ ทักษะ และเจตคติ โดยใช้วิธีการที่หลากหลาย เช่น การสังเกตพฤติกรรม การสอบถาม การทำแบบทดสอบ หรือการสะท้อนคิด ของผู้เรียน เพื่อให้ครูทราบถึงระดับความเข้าใจ ความสามารถในการแก้ปัญหา และการพัฒนาทักษะสำคัญของผู้เรียน ตลอดจนปรับปรุงการเรียนการสอนให้เหมาะสม

การสะท้อนผลการเรียนรู้ (Reflect) คือ การทบทวนสิ่งที่เรียนรู้ ความเข้าใจ การเชื่อมโยงความรู้กับประสบการณ์ และการประเมินตนเอง เพื่อพัฒนาการเรียนรู้ในอนาคต

ขั้นที่ 2 การทดลองใช้นวัตกรรม (Implementation) การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ SPAER

นำรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ SPAER เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหา ฯ ที่พัฒนาขึ้นไป
ศึกษานำร่องและทำการเก็บข้อมูลกับ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนป่าไม้อุทิศ 4 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การ
ประถมศึกษาตาก เขต 2 ปีการศึกษา 2566 ภาคเรียนที่ 1 จำนวน 37 คน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้อาวิเคราะห์และสรุปผล

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้มีขอบเขตการวิจัยดังนี้

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนป่าไม้อุทิศ 4 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาตาก เขต 2

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนอุทิศ 4 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาตาก เขต 2 อำเภอพบพระ จังหวัดตาก 1 ห้องเรียน จำนวน 37 คน โดยวิธีเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling)

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ SPAER
2. ตัวแปรตาม ได้แก่ ประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ SPAER ประกอบด้วย
 - 2.1 สมรรถนะการแก้ปัญหา
 - 2.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 2.3 ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้เนื้อหารายวิชาเคมี เรื่องอะตอมและสมบัติของธาตุ ประกอบด้วยโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ สมบัติของธาตุ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เครื่องมือวิจัย

1. แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหา ข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.87
2. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับโดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.89
3. แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้ แบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) จำนวน 12 ข้อ

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. นำค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างรูปแบบและการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และคะแนนการประเมินความเหมาะสมรูปแบบการจัดการเรียนรู้ของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย
2. แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหา วิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยสถิติ t-test for dependent samples
3. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยสถิติ t-test for dependent samples
4. แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้ วิเคราะห์ความพึงพอใจ โดยการคำนวณหาค่าเฉลี่ย

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

1. รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ SPAER ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหา ฯ ที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน คือ 1) การวิเคราะห์สถานการณ์ (Situation) 2) การระบุปัญหา (Problem) 3) การวิเคราะห์และสรุปผล (Analysis and Conclusion) 4) การประเมินผล (Evaluate) และ 5) การสะท้อนผลการเรียนรู้ (Reflect) ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นว่าคุณภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ SPAER ที่ส่งเสริมส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหา มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างรูปแบบและการจัดกิจกรรมการเรียนรู้อยู่ระหว่าง 0.60 -1.00 คะแนนเฉลี่ยการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้มีค่า 4.27 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์เหมาะสมระดับมาก

2. เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนสมรรถนะการแก้ปัญหานักเรียนโดยใช้การทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยที่กลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กัน แสดงได้ดังตาราง 2

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนสมรรถนะการแก้ปัญหาก่อนเรียนและหลังเรียน

คะแนน	N	$\bar{X}$	S.D.	p
ก่อนเรียน	37	12.57	3.042	.000*
หลังเรียน	37	22.81	1.913	

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

จากตารางที่ 2 พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ SPAER เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหา ฯ ที่พัฒนาขึ้น มีคะแนนสมรรถนะการแก้ปัญหาลงเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนโดยใช้การทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยที่กลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กัน แสดงได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

คะแนน	N	$\bar{X}$	S.D.	p
ก่อนเรียน	37	12.24	2.204	.000*
หลังเรียน	37	23.03	1.965	

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

จากตารางที่ 3 พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ SPAER เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหา ฯ ที่พัฒนาขึ้น มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ความพึงพอใจของนักเรียนต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ SPAER เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหา มีค่าคะแนนเฉลี่ย 4.35 ซึ่งอยู่ในระดับมาก

4. บทสรุป

สรุปผลการวิจัย แบ่งออกเป็น 2 ประเด็น คือ 1) ผลการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ SPAER เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหา เรื่องอะตอมและสมบัติของธาตุ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และ 2) อภิปราย ประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ SPAER เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหา ที่พัฒนาขึ้น โดยพิจารณาจากสมรรถนะการแก้ปัญหา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ SPAER ที่พัฒนาขึ้น

รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ SPAER เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วยขั้นตอน 5 ขั้นตอน คือ การวิเคราะห์สถานการณ์ การระบุปัญหา การวิเคราะห์และสรุปผล การประเมินผล และการสะท้อนผล การเรียนรู้ ซึ่งเป็นรูปแบบที่สอดคล้องกับ ทฤษฎีการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์ (Constructivist Learning) ที่กระบวนกรเรียนรู้ เน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการสร้างองค์ความรู้จากประสบการณ์จริง [16] และเน้นการพัฒนาทักษะขั้นสูง เช่น การคิด วิเคราะห์ การคิดแก้ปัญหา และการประเมินผลด้วยตนเอง [17] มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างรูปแบบและการจัดกิจกรรม การเรียนรู้อยู่ระหว่าง 0.60 - 1.00 แสดงว่า การใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ SPAER ในการเขียนแผนจัดการ เรียนรู้สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และบรรลุวัตถุประสงค์ และคะแนนเฉลี่ยความเหมาะสมของรูปแบบเท่ากับ 4.27 แสดงให้เห็นถึงคุณภาพของรูปแบบนี้ว่าสอดคล้องต่อวัตถุประสงค์การเรียนรู้ในระดับสูง [18]

ผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ SPAER ต่อสมรรถนะการแก้ปัญหา ค่า t-test dependent แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีคะแนนสมรรถนะการแก้ปัญหาหลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับ งานวิจัยของเมเยอร์และวิทหรือคกล่าวว่าการใช้ กิจกรรมที่เน้นการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนา ความสามารถด้านการคิดระดับสูงอย่างมีนัยสำคัญ [19, 20]

คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติซึ่งสอดคล้องกับแนวคิด ของไวทกอสกีที่กล่าวว่าการเรียนรู้เกิดขึ้นได้ดีเมื่อผู้เรียนได้รับการสนับสนุนให้สร้างความเข้าใจจากบริบทจริง และมีการเรียนรู้ แบบมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม รวมถึงเน้นการเรียนรู้ด้วยตนเอง [21]

ความพึงพอใจของนักเรียนต่อรูปแบบ SPAER อยู่ที่ 4.35 ซึ่งอยู่ในระดับมาก แสดงให้เห็นว่า ผู้เรียนมีทัศนคติเชิงบวก ต่อรูปแบบการเรียนรู้ดังกล่าว การที่ผู้เรียนรู้สึกพึงพอใจมีความสำคัญ เพราะสามารถกระตุ้นแรงจูงใจในการเรียนรู้ [22]

5. กิตติกรรมประกาศ

วิจัยนี้สำเร็จลงได้ด้วยดีด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจากผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบ และพัฒนาเครื่องมือในการวิจัยและให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัยครั้งนี้

กราบขอบพระคุณ ดร.ศิริภัสสร ชุมภูเทพ ผู้อำนวยการโรงเรียนป่าไม้อุทิศ 4 ที่ให้การสนับสนุนส่งเสริมบุคลากร ในสังกัดในเรื่องการดำเนินงาน

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดาและทุกคนในครอบครัว ที่ให้ความช่วยเหลือ สนับสนุน และเป็นกำลังใจ แก่ผู้วิจัยเสมอมา คุณค่าและประโยชน์อันเกิดจากงานวิจัยฉบับนี้ ขอมอบเป็นเครื่องบูชาแด่บิดามารดา ครู อาจารย์ และผู้มี พระคุณทุกท่าน

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] สมพร อังสุภาณิช. การสอนแบบแก้ปัญหาเพื่อเสริมสร้างทักษะในศตวรรษที่ 21. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. 2563.

- [2] D. H. Jonassen. Learning to solve problems: A handbook for designing problem-solving learning environments. New York: Routledge, 2011.
- [3] OECD (2018). *The future of education and skills: Education 2030*. Available: <https://www.oecd.org/education/2030>
- [4] สิทธิพล อาจอินทร์. การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ. วารสารการศึกษาไทย, 9(2) (2561) 112–125.
- [5] ดวงมล ทิพย์ทัศน์. การจัดการเรียนรู้แบบเน้นสมรรถนะ. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ. 2561.
- [6] G. Polya. How to solve it: A new aspect of mathematical method. Princeton: Princeton University Press. 2014.
- [7] J. W. Thomas. A review of research on project-based learning. San Rafael, CA: The Autodesk Foundation. 2000.
- [8] มลิวลย์ สมศักดิ์. รูปแบบการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการแก้ปัญหา. วารสารวิทยบริการ, 30(1)(2560), 15–25.
- [9] สิทธิพล อาจอินทร์. การพัฒนาทักษะการคิดและการแก้ปัญหา. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 2561.
- [10] ปณิดา วรรณพิรุณ. การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบผสมผสานโดยใช้เครื่องมือทางปัญญาเพื่อพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ. วารสารวิทยบริการ, 23(2)(2555), 152-164.
- [11] ดวงรัตน์ ศรีวงศ์คล. (2550). *สมองการคิดการสังเคราะห์ไม่เดลการคิดอย่างมีวิจารณญาณ*. วารสารเทคโนโลยีทางปัญญา, 2(1)(2550), 12-18.
- [12] กฤษณา โลหการก. การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 3 สารและสมบัติของสารเพื่อส่งเสริม การคิดอย่างมีวิจารณญาณ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. คุุณิพนธ์ปริญญาคุุณิบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 2559.
- [13] D. F. Halpern. Thought and Knowledge: An Introduction to Critical Thinking. 5th Ed., New York, NY: Psychology Press. 2014.
- [14] D. H. Jonassen. Toward a design theory of problem solving. Educational Technology Research and Development, 48(4)(2000), 63–85. <https://doi.org/10.1007/BF02300500>
- [15] J. H. McCloskey. Educational Problem Solving Competencies: A Framework for Teachers. Journal of Educational Research and Practice, 7(2)(2017), 112-124. <https://doi.org/10.5590/JERAP.2017.07.2.08>
- [16] D. H. Jonasse. Computers as mindtools for schools: Engaging critical thinking. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall. 1999.
- [17] J. D. Bransford, A. L. Brown, R. R. Cocking. How people learn: Brain, mind, experience, and school (Expanded ed.). Washington, DC: National Academy Press. 2000.
- [18] ศศิธร แก้วคำ. การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดขั้นสูง. วารสารวิจัยทางการศึกษา, 32(2)(2562), 45–60.
- [19] R. E. Mayer and M. C. Wittrock. Problem solving. In P. A. Alexander & P. H. Winne (Eds.), Handbook of educational psychology. 2nd Ed., Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. pp.287–303. 2006.
- [20] จิตติมา พงศ์สุวรรณ. นวัตกรรมจัดการเรียนรู้แบบสะท้อนคิดในวิชาวิทยาศาสตร์. วารสารการศึกษาและพัฒนาสังคม, 12(1)(2562), 45–60.

- [21] L. S. Vygotsky. *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press. 1978.
- [22] D. H. Chunk, P. R. Pintrich, J. L. Meece. *Motivation in education: Theory, research, and applications* (3rd Ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson/Merrill Prentice Hall. 2008.

ตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้ Chili Foldable Cabinet Dryer

หทัยนุช จันทร์ชัยภูมิ^{1,*} นริศว์ รัตนวัย¹ ชินวัตร แท่งแก้ว¹ และ จิรนนท์ ทุมจินดา¹

¹ หลักสูตรสาขาวิชาวิศวกรรมการผลิตและการจัดการ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

*E-mail: hathainuch.jan@pcru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้ เพื่อใช้งานในกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่มีข้อจำกัดด้านพื้นที่ โดยใช้ระบบอบแห้งแบบไฮบริดร่วมกันระหว่างพลังงานไฟฟ้าและพลังงานแสงอาทิตย์ ตู้อบแห้งมีโครงสร้างที่สามารถพับเก็บได้ ภายในประกอบด้วยระบบทำความร้อนด้วยฮีตเตอร์ขนาด 1,000 วัตต์ และระบบระบายอากาศด้วยโซลาร์เซลล์ จากนั้นทำการทดสอบสมรรถนะของตู้อบแห้งโดยทดลองใช้อบแห้งพริกจินดาเพื่อเปรียบเทียบกับการตากแดด ในช่วงเวลาเดียวกัน 10.00–15.00 น. และระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งโดยเริ่มเวลา 10.00 น. บริเวณพื้นที่โล่งแจ้ง อีกทั้งยังทำการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน จากผลการวิจัยพบว่าตู้อบแห้งที่สร้างขึ้นสามารถลดปริมาณการจับเก็บได้ถึง 2.53 เท่า ผลจากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการอบแห้งพริกจินดาระหว่างตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้กับการตากแดดในช่วงเวลาเดียวกัน พบว่า พริกที่อบด้วยตู้อบแบบพับเก็บได้มีมวลลดลงเฉลี่ย 35.62% ขณะที่การตากแดดลดลงเพียง 23.09% แสดงถึงประสิทธิภาพในการลดความชื้นที่สูงกว่า นอกจากนี้การศึกษาระยะเวลาในการอบพบว่าพริกสามารถลดความชื้นจาก 40.99% เหลือ 12.34% ภายในเวลา 11 ชั่วโมง ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐาน มกษ. 3001-2553 สำหรับผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อตู้อบแห้ง มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.43 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.71 ซึ่งอยู่ในระดับพึงพอใจมาก จากผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า ตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้มีศักยภาพในการใช้งานจริงในระดับชุมชน ช่วยลดของเสียจากพริกตกเกรด และส่งเสริมการแปรรูปผลิตภัณฑ์ในระดับชุมชนได้อย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: ตู้อบแห้ง อบแห้ง พริก

Abstract

This research aimed to design and construct a chili foldable cabinet dryer for use in community enterprises with limited space. The dryer utilizes a hybrid drying system combining electric power and solar energy. The structure of the dryer is foldable for convenient use and storage. Internally, it consists of a heating system using a 1,000 watt heater and a ventilation system powered by a solar cell. The drying cabinet performance was then tested by drying the Jinda chili peppers to compare them with the sunlight during the same period 10:00 a.m. - 3:00 p.m. and the drying time starts at 10:00 a.m. in open areas. It also assesses user satisfaction. The research results showed that the created drying cabinet can reduce

the storage volume by 2.53 times. The results of comparison of drying performance between the chili foldable cabinet dryer and sun-drying during the same time period, it was found that the mass of chilies dried with the chili foldable cabinet dryer was reduced by an average of 35.62%, while sun-dried chilies showed only a 23.09% reduction. This indicates higher moisture reduction efficiency. In addition, a study on drying time revealed that the moisture content of chilies decreased from 40.99% to 12.34% within 11 hours, which meets the standard of TAS 3001-2553. Regarding user satisfaction with the dryer, the overall satisfaction score was 4.41 with a standard deviation of 0.70, which is considered a high level of satisfaction. Based on the results, it can be concluded that the chili foldable cabinet dryer has practical potential for use at the community level. It helps reduce waste from downgraded chili and promotes sustainable product processing within the community.

Keywords: Cabinet Dryer, Drying, Chili

1. บทนำ

วิสาหกิจชุมชนถือเป็นหนึ่งในกลไกเชิงนโยบายที่มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจระดับฐานรากของประเทศไทย โดยเฉพาะในมิติของการสร้างรายได้ การเพิ่มโอกาสการจ้างงาน และการเสริมสร้างศักยภาพของชุมชนให้สามารถพึ่งพาตนเองได้อย่างยั่งยืน แนวคิดของวิสาหกิจชุมชนสอดคล้องกับหลักการของเศรษฐกิจพอเพียง ที่เน้นการมีส่วนร่วมของคนในชุมชน เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มจากทรัพยากรในพื้นที่และลดการพึ่งพาจากภายนอก จังหวัดเพชรบูรณ์เป็นจังหวัดที่มีศักยภาพสูงด้านการเกษตรกรรม โดยเฉพาะพืชผักปลอดภัยจากสารเคมี ซึ่งได้รับการส่งเสริมอย่างต่อเนื่องจากภาครัฐและเอกชน โดยกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผักปลอดภัยบ้านศรีทอง ตำบลปากช่อง อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ เป็นตัวอย่างที่สะท้อนความสำเร็จของการรวมกลุ่มของเกษตรกรเพื่อผลิตและจำหน่ายพริกจินดาสดภายใต้แบรนด์ผักปลอดภัยบ้านศรีทอง โดยมีการส่งออกสินค้าสู่ตลาดห้างสรรพสินค้าชั้นนำทั่วประเทศ อย่างไรก็ตาม ปัญหาที่พบในกระบวนการผลิต คือ มีผลผลิตพริกจินดาสดจำนวนหนึ่งที่ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพของลูกค้า เช่น รูปร่างไม่สมบูรณ์หรือมีขนาดไม่ตรงตามกำหนด ส่งผลให้พริกเหล่านั้นถูกจัดเป็นสินค้าตกเกรดและต้องกำจัดทิ้งด้วยวิธีการเททิ้งตามข้างทาง ซึ่งก่อให้เกิดการสูญเสียทรัพยากรและรายได้ของชุมชนเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว แนวทางหนึ่งที่มีศักยภาพในการลดของเสียและเพิ่มมูลค่าให้กับพริกตกเกรด คือ การแปรรูปเป็นพริกแห้งเนื่องจากพริกแห้งสามารถยืดอายุการเก็บรักษา เพิ่มทางเลือกในการจำหน่าย และขยายตลาดสู่ผลิตภัณฑ์แปรรูป

อย่างไรก็ตามกลุ่มวิสาหกิจชุมชนประสบข้อจำกัดด้านพื้นที่ ซึ่งไม่เพียงพอสำหรับการตากแห้งพริกด้วยวิธีการแบบดั้งเดิม ทำให้การดำเนินการแปรรูปมีประสิทธิภาพต่ำและไม่สอดคล้องกับข้อจำกัดของพื้นที่และทรัพยากรของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน การพัฒนาตู้อบแห้งแบบพื้เก็บได้จึงเป็นแนวทางที่ตอบโจทย์ข้อจำกัดดังกล่าว โดยมีข้อดีด้านการใช้พื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพ ประหยัดพลังงาน และสะดวกในการจัดเก็บ ได้มีงานวิจัยเพื่อศึกษาการออกแบบและพัฒนาตู้อบแห้งหลากหลายรูปแบบ เช่น การออกแบบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดอากาศร้อนไหลลงแบบกะทัดรัดที่สามารถเพิ่มอุณหภูมิได้อย่างมีประสิทธิภาพ [1] การศึกษาการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานแก๊สซึ่งช่วยลดเวลาการอบแห้ง [2] การพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติด้วยเจลเก็บความร้อน [3] การศึกษาผลของขนาดช่องระบายอากาศที่มีผลต่อความชื้นในพริกและอัตราการอบแห้ง [4] การใช้ฮีตเตอร์อินฟราเรดในการอบแห้งพริกจินดา [5] การพัฒนาตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน [6] นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ควบคุมอุณหภูมิด้วยโทรศัพท์มือถือ [7] แม้ว่าจะงานวิจัยดังกล่าวจะมีการพัฒนาเครื่องอบแห้งในหลายรูปแบบ แต่ยังไม่มีการวิจัยใดที่มุ่งเน้นการออกแบบตู้อบแห้งแบบพื้เก็บได้สำหรับใช้ในพื้นที่จำกัด โดยเฉพาะในบริบทของวิสาหกิจชุมชนที่มีทรัพยากรจำกัด การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนา

ตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้ที่เหมาะสมกับบริบทของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน โดยกระบวนการดำเนินงานวิจัยจะประกอบด้วย การออกแบบและสร้างต้นแบบตู้อบแห้งแบบพับเก็บได้สำหรับการอบแห้งพริก การทดสอบสมรรถนะตู้อบแห้งแบบพับเก็บได้ และการประเมินความพึงพอใจของวิสาหกิจชุมชนที่มีต่อตู้อบแห้งที่พัฒนาขึ้นมา ซึ่งผลการวิจัยจะช่วยสนับสนุนการตลาดของเสีย เพิ่มรายได้ให้แก่ชุมชน และต่อยอดไปสู่กระบวนการผลิตที่มีความยั่งยืนในอนาคต

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 การศึกษาทฤษฎีการอบแห้ง

การอบแห้ง คือ การทำให้แห้งเป็นวิธีหนึ่งของการถนอมอาหารซึ่งนิยมทำกันทั้งในระดับชาวบ้านและอุตสาหกรรมมาช้านานแล้ว การทำให้แห้งมีหลายวิธีเช่น การตากด้วยแสงอาทิตย์การอบแห้งด้วยลมร้อนและการอบแห้งแบบเย็นเยือกแข็งเป็นต้น วิธีตากแห้งด้วยแสงอาทิตย์จะมีความสะดวกและเสียค่าใช้จ่ายน้อยโดยเฉพาะพลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดความร้อนที่ได้มาโดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย การตากแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์แบบดั้งเดิม เช่น การตากเนื้อปลา พืชผักและผลไม้ จะมีปัญหาเรื่องฝุ่นละอองมีเชื้อจุลินทรีย์ แมลงวันตอมเป็นพาหะนำเชื้อโรคและยังทำให้เกิดหนอนขึ้นได้ เมื่อฝนตกหรืออากาศเย็น การตากอาจมีปัญหาเรื่องเชื้อราเป็นเหตุให้เก็บไว้ได้ไม่นาน ทำให้ผู้บริโภคอาจเจ็บป่วยได้ มีการพัฒนาการอบแห้งโดยใช้ตู้อบแห้งจากแหล่งพลังงานไฟฟ้า ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานและค่าใช้จ่ายเป็นอย่างมาก ทำให้ต้นทุนการผลิตสูง

การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เป็นกระบวนการที่นำพลังงานจากแสงอาทิตย์มาใช้เพื่อระเหยความชื้นออกจากวัตถุดิบ ซึ่งสามารถจำแนกออกได้เป็น 3 ประเภทหลักตามลักษณะการใช้งานและระบบที่ใช้ในการถ่ายเทความร้อน ได้แก่ ระบบพาสซีฟ (Passive), ระบบแอคทีฟ (Active) และระบบไฮบริด (Hybrid) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) ระบบพาสซีฟ (Passive Solar Dryer) เป็นการอบแห้งที่อาศัยพลังงานแสงอาทิตย์และการไหลของลมธรรมชาติโดยไม่ใช้พลังงานเสริมจากภายนอก โดยทั่วไปจะวางวัตถุดิบไว้ในพื้นที่เปิดหรือภายในโครงสร้างโปร่งเพื่อให้แสงแดดและกระแสลมระเหยความชื้นออกจากผลิตภัณฑ์ ข้อดีของระบบนี้คือ มีต้นทุนต่ำและใช้งานง่าย แต่มีข้อจำกัดด้านการควบคุมสภาวะการอบแห้ง และขึ้นอยู่กับสภาพอากาศเป็นหลัก

2) ระบบแอคทีฟ (Active Solar Dryer) เป็นระบบที่มีการเสริมการไหลเวียนของอากาศโดยใช้อุปกรณ์ เช่น พัดลมหรือโบลเวอร์ โดยอากาศจะถูกพัดผ่านแผงรับแสงอาทิตย์เพื่อเพิ่มอุณหภูมิก่อนเข้าสู่ห้องอบแห้ง ซึ่งช่วยให้กระบวนการอบแห้งมีประสิทธิภาพและรวดเร็วขึ้น ระบบนี้สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นได้ดีกว่าระบบพาสซีฟ แต่อาจมีต้นทุนสูงขึ้นจากการใช้พลังงานเสริม

3) ระบบไฮบริด (Hybrid Solar Dryer) เป็นการผสมผสานระหว่างการใช้พลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานรูปแบบอื่น เช่น ไฟฟ้าหรือแก๊ส เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความต่อเนื่องในการอบแห้ง โดยเฉพาะในกรณีที่ไม่มีแสงแดดไม่เพียงพอ ระบบนี้ช่วยให้สามารถควบคุมสภาวะการอบแห้งได้แม่นยำ และเหมาะสำหรับการใช้งานที่ต้องการคุณภาพและความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์ แม้จะมีต้นทุนเริ่มต้นสูงกว่าระบบอื่นแต่มีความยืดหยุ่นในการใช้งานมากกว่า

การหาปริมาณความชื้นในวัสดุ กระบวนการอบแห้งวัสดุขึ้นใดๆ ที่ผ่านการอบแห้ง จะต้องหาความชื้นที่เหลืออยู่ในวัสดุ ซึ่งเป็นการวัดปริมาณน้ำที่เหลืออยู่ในวัสดุ ซึ่งจะบอกค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ของความชื้น โดยงานวิจัยนี้จะใช้วิธีการคำนวณความชื้นแบบมาตรฐานแห้ง เนื่องจากวัสดุขึ้นจะมีการเปลี่ยนค่าตลอดเวลา ดังนั้นการใช้มวลของวัสดุแห้งเป็นมาตรฐานในการคำนวณความชื้นจึงมีความเหมาะสมมากกว่า การคำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานแห้ง[4] ดังแสดงในสมการที่ (1)

$$M_d = \frac{(w-d)}{d} \times 100 \quad (1)$$

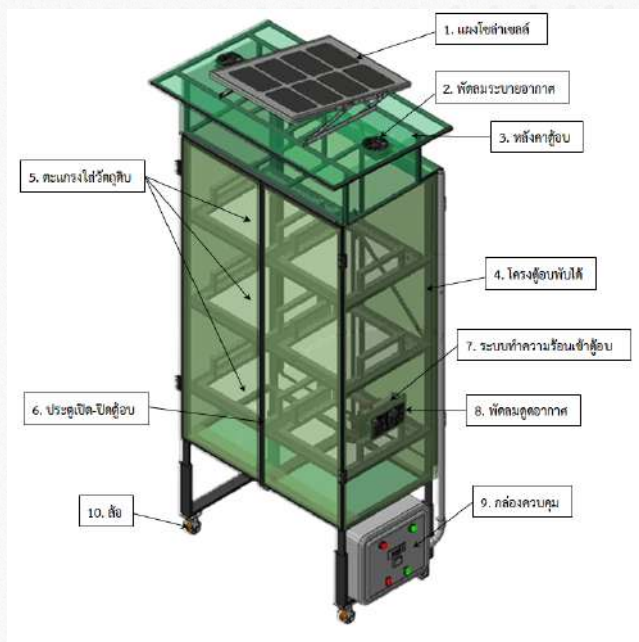
เมื่อ M_d คือ เปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานแห้ง (%)
 w คือ มวลของวัสดุขึ้น (kg)
 d คือ มวลของวัสดุแห้ง (kg)

2.2 การออกแบบและสร้างตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้

ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบตู้อบแห้งแบบพับเก็บได้โดยอาศัยหลักการใช้พลังงานแบบระบบไฮบริด ซึ่งจะใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ และในการออกแบบจะทำให้โครงสร้างของตู้อบแห้งสามารถพับเก็บได้ เพื่อให้สามารถใช้พื้นที่น้อยในการอบแห้งและประหยัดพื้นที่ในการจัดเก็บตู้อบแห้ง ซึ่งโครงสร้างของตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้ทำจากเหล็ก มีขนาด กว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ $39.7 \times 71.5 \times 174.5$ เซนติเมตร โดยวัสดุที่ใช้ในการทำกรอบตู้อบแห้ง คือ แผ่นโพลีคาร์บอเนต ซึ่งภายในตู้อบแห้งจะมีตะแกรงสำหรับใส่วัตถุดิบที่จะอบแห้งผลิตจากสแตนเลสเกรด 304 จำนวน 3 ชั้น 6 ตะแกรง สามารถบรรจุพริกได้สูงสุด 2 กิโลกรัม โดยมีระยะห่างระหว่างชั้นตะแกรงแต่ละชั้นเท่ากับ 15 เซนติเมตร สำหรับระบบการทำความร้อนเข้าตู้อบจะทำงานด้วยระบบไฟฟ้าจากฮีตเตอร์ขนาด 1,000 วัตต์ สามารถตั้งอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 0 – 100 องศาเซลเซียส มีพัดลมดูดอากาศเข้าและพัดลมระบายอากาศออกจากตู้อบแห้งที่ทำงานด้วยระบบพลังงานแสงอาทิตย์จากแผงโซลาร์เซลล์ที่มีขนาดความจุ 30 วัตต์ โดยมีกล่องควบคุมการทำงานของตู้อบแห้งแบบพับเก็บได้ที่สามารถทำการปรับระดับอุณหภูมิและความเร็วลมของพัดลมได้ เมื่อทำการพับเก็บตู้อบแห้งจะทำให้มีขนาดลดลง ซึ่งสามารถแบ่งโครงสร้างออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) ส่วนโครงตู้อบ มีขนาด $39.7 \times 23.5 \times 140.3$ เซนติเมตร และ 2) ส่วนโครงหลักคาตู้อบ มีขนาด $39.7 \times 71.5 \times 22.9$ เซนติเมตร เมื่อผู้วิจัยทำการออกแบบงานเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยจึงสร้างตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้ตามแบบงาน ดังแสดงในภาพที่ 1 – 2



ภาพที่ 1 ตู้อบพริกแห้งพริกแบบพับเก็บได้ขณะทำการพับเก็บ



(ก) แบบงานตู้บัพแห้งแบบพับเก็บได้

(ข) ตู้บัพแห้งแบบพับเก็บได้ที่สร้างขึ้น

ภาพที่ 2 ตู้บัพแห้งแบบพับเก็บได้ (ก) แบบงานตู้บัพแห้งแบบพับเก็บได้ และ (ข) ตู้บัพแห้งแบบพับเก็บได้ที่สร้างขึ้น

2.3 การทดสอบสมรรถนะตู้บัพแห้งพริกแบบพับเก็บได้

การทดสอบสมรรถนะตู้บัพแห้งพริกแบบพับเก็บได้ ได้แก่ 1) การเปรียบเทียบการอบแห้งพริกด้วยตู้บัพแห้งพริกแบบพับเก็บได้กับการตากแดด และ 2) การศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการอบพริกด้วยตู้บัพแห้งพริกแบบพับเก็บได้ โดยการทดสอบสมรรถนะของตู้บัพแห้งพริกแบบพับเก็บได้มีรายละเอียดของการทดสอบแต่ละหัวข้อดังนี้

2.3.1 การเปรียบเทียบการอบแห้งพริกด้วยตู้บัพแห้งพริกแบบพับเก็บได้กับการตากแดด

ผู้วิจัยทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการอบแห้งพริกจินดาด้วยตู้บัพแห้งพริกแบบพับเก็บได้กับการตากแดด โดยใช้พริกจินดาสดที่เด็ดชื้อก้านออกปริมาณ 2 กิโลกรัม/ วิธีการ ทดสอบในช่วงเวลาเดียวกัน 10.00–15.00 น. บริเวณพื้นที่โล่งแจ้ง ดังแสดงในภาพที่ 3 ในกรณีการอบแห้งด้วยตู้บัพแห้งพริกแบบพับเก็บได้จะตั้งอุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียส ความเร็วลมเข้า 1 m/s และควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน 60% RH ภายในตู้บัพไม่เกิน 60% RH โดยใช้เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ ยี่ห้อ EXTECH รุ่น RH390 ส่วนการตากแดดจะใช้วิธีวางพริกบนตะแกรงโปร่งกลางแจ้ง ทำการเก็บข้อมูลทุก 1 ชั่วโมง ได้แก่ อุณหภูมิภายใน-ภายนอกตู้บัพ โดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิ ยี่ห้อ EXTECH รุ่น SDL200, มวลพริกก่อน-หลัง และมวลที่ลดลง โดยใช้เครื่องชั่งมวลดิจิทัล ยี่ห้อ WANT รุ่น WT30002CF ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง แล้วนำผลลัพธ์มาเฉลี่ยเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของทั้ง 2 วิธี



ภาพที่ 3 แสดงการทดสอบการอบแห้งพริกด้วยตู้บัพแห้งพริกแบบพับเก็บได้กับการตากแดด ณ ช่วงเวลาเดียวกัน

2.3.2 การศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการอบพริกด้วยตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้

ผู้วิจัยทำการทดสอบระยะเวลาที่ใช้ในการอบพริกจินดาให้มีความชื้นไม่เกิน 13.5% ตามมาตรฐาน มกษ. 3001-2553 [8] โดยใช้พริกจินดาสดที่เด็ดขั้วแล้วปริมาณ 2 กิโลกรัมต่อการทดลอง บรรจุในตู้อบแห้งแบบพับเก็บได้ ตั้งอุณหภูมิภายในตู้อบที่ 70°C ความเร็วลมเข้า 1 m/s ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบไม่เกิน 60% RH เริ่มทำการทดสอบ ณ เวลา 10.00น. ดังแสดงในภาพที่ 4 ซึ่งจะทำการเก็บข้อมูลทุก 1 ชั่วโมง ได้แก่ เวลาอบ อุณหภูมิภายใน-ภายนอกตู้อบ, มวลพริก และเปอร์เซ็นต์ความชื้น โดยใช้เครื่อง Moisture Analyzer ยี่ห้อ JEDTO รุ่น MB65 ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง และนำค่ามาเฉลี่ยเพื่อวิเคราะห์ผล



ภาพที่ 4 การทดสอบเพื่อการศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการอบพริกด้วยตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้

2.4 การประเมินความพึงพอใจตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้

การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้ด้วยการประเมิน 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านออกแบบและสร้างตู้อบแห้งแบบพับเก็บได้ 2) ด้านประสิทธิภาพการใช้งานและการใช้พื้นที่จัดเก็บ และ 3) ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน โดยใช้แบบประเมินเป็นคำถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ตามแบบลิเคิร์ต (Likert Scale) ที่สำหรับวิธีการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างใช้แบบเฉพาะเจาะจง คือ สมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผักปลอดภัยบ้านศรีทอง ตำบลปากช่อง อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ จำนวน 30 ราย การเก็บรวบรวมข้อมูลโดยผู้วิจัยทำการอธิบายรายละเอียดของตู้อบแห้งแบบพับเก็บได้และวิธีการใช้อย่างละเอียด ก่อนที่จะให้กลุ่มตัวอย่างทดลองใช้งานจริง จากนั้นจึงนำแบบประเมินความพึงพอใจให้แก่กลุ่มตัวอย่างในการให้ข้อมูล เก็บรวบรวมข้อมูลผลการประเมินความพึงพอใจเพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ผลการเปรียบเทียบการอบแห้งพริกด้วยตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้กับการตากแดด

ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการอบแห้งพริกจินดาระหว่างตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้กับการตากแดด โดยทดสอบในช่วงเวลาเดียวกันระหว่างเวลา 10.00-15.00 น. บริเวณพื้นที่โล่งแจ้ง และเก็บข้อมูลทุก 1 ชั่วโมง โดยข้อมูลที่น่าเสนอเป็นข้อมูลจากการศึกษาในวันที่ 28 - 30 เมษายน 2567 ซึ่งค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบที่ได้เป็นดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยของผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการอบแห้งพริกจินดาด้วยตู้อบแห้งกับการตากแดด

เวลา	พริกนอก ตู้อบ (g)	พริกใน ตู้อบ (g)	อุณหภูมิ ภายนอก ตู้อบ (°C)	อุณหภูมิภายในตู้อบแต่ละ ตำแหน่ง (°C)			อุณหภูมิ ภายในตู้อบ (°C)	มวลพริก นอกตู้อบ หายไป (%)	มวลพริกใน ตู้อบหายไป (%)
				ตำแหน่ง (°C)					
				ชั้นที่ 1	ชั้นที่ 2	ชั้นที่ 3			
10.00 น.	2,000.00	2,000.00	35.1	68.0	69.4	70.4	69.3	-	-
11.00 น.	1,995.70	1,993.60	38.3	68.6	69.0	70.6	69.4	0.21%	0.32%
12.00 น.	1,838.70	1,817.83	40.4	68.5	69.6	71.1	69.7	8.07%	9.11%
13.00 น.	1,757.30	1,700.53	43.9	69.2	70.0	70.9	70.0	12.14%	14.97%
14.00 น.	1,634.07	1,436.30	44.4	69.3	70.4	71.0	70.2	18.30%	28.19%
15.00 น.	1,538.30	1,287.60	44.6	69.5	70.7	71.0	70.4	23.09%	35.62%



(ก) พริกที่ผ่านตู้อบแห้งแบบพับเก็บได้



(ข) พริกที่ผ่านการตากแดด

ภาพที่ 5 ลักษณะของพริกจินดาที่ผ่านการทำให้แห้งด้วย (ก) ตู้อบแห้งแบบพับเก็บได้ และ (ข) การตากแดด

จากตารางที่ 1 จากผลการเปรียบเทียบการอบแห้งพริกจินดาด้วยตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้และการตากแดด ในช่วงเวลาเดียวกัน พบว่าพริกที่อบด้วยตู้อบแบบพับเก็บได้มีมวลลดลงมากกว่าการตากแดดในทุกช่วงเวลา โดยหลังจากผ่านไป 6 ชั่วโมง พริกที่อบด้วยตู้อบมีมวลลดลงคิดเป็น 35.62% ขณะที่การตากแดดลดลงเพียง 23.09% ลักษณะของพริกจินดาที่ผ่านการทำให้แห้งด้วยตู้อบแห้งแบบพับเก็บได้และการตากแดด เป็นดังภาพที่ 5 สะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนและการลดความชื้นที่เหนือกว่าของตู้อบแบบพับเก็บได้ โดยสามารถควบคุมอุณหภูมิภายในได้คงที่เฉลี่ยประมาณ 70 °C ตลอดการทดลอง ในขณะที่อุณหภูมิภายนอกมีการเปลี่ยนแปลงตามสภาพอากาศ ส่งผลให้กระบวนการระเหยน้ำในพริก เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง แสดงว่าการใช้งานตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้สามารถช่วยลดระยะเวลาในการทำให้พริกแห้งได้

3.2 ผลการศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการอบพริกด้วยตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการอบพริกจินดาด้วยตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้ โดยเริ่มทำการทดสอบ ณ เวลา 10.00 น. บริเวณพื้นที่โล่งแจ้ง และเก็บข้อมูลทุก 1 ชั่วโมง จนกระทั่งพริกที่ผ่านการอบแห้งมีความชื้นไม่เกิน 13.5% โดยข้อมูลที่นำเสนอเป็นข้อมูลจากการศึกษาในวันที่ 1 – 3 พฤษภาคม 2567 ซึ่งค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบที่ได้เป็นดังแสดงใน ตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยของผลการศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการอบพริกจินดาด้วยตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้

เวลา	อุณหภูมิ ภายนอก (°C)	อุณหภูมิภายในตู้อบแต่ละตำแหน่ง (°C)				มวลพริกหลังอบ (g)	ความชื้น (%)
		ชั้นที่ 1	ชั้นที่ 2	ชั้นที่ 3	เฉลี่ย		
11.00 น.	35.03	68.0	68.7	70.4	69.03	1,096.75	40.99
12.00 น.	38.33	67.6	69.0	70.6	69.04	993.25	41.13
13.00 น.	40.43	67.8	69.6	71.1	69.49	952.35	36.22
14.00 น.	43.87	68.6	70.0	71.2	69.93	867.60	33.97
15.00 น.	43.77	69.5	70.4	71.6	70.50	791.40	30.95
16.00 น.	42.47	69.3	70.7	71.8	70.59	753.63	28.26
17.00 น.	41.90	69.2	70.4	71.5	70.34	709.40	26.44
18.00 น.	38.83	68.8	70.0	70.9	69.91	639.33	20.92
19.00 น.	38.00	68.9	69.7	70.7	69.79	570.70	16.82
20.00 น.	36.80	68.3	69.3	70.3	69.32	525.33	14.36
21.00 น.	36.97	68.4	69.7	70.2	69.44	478.30	12.34



ภาพที่ 6 ลักษณะของพริกที่อบด้วยตู้อบแห้งแบบพับเก็บได้เป็นเวลา 11 ชั่วโมง

จากตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยผลการศึกษาระยะเวลาในการอบพริกด้วยตู้อบแบบพับเก็บได้แสดงให้เห็นว่าพริกจินดาที่ผ่านการอบตั้งแต่เวลา 10.00 น. – 21.00 น. มีปริมาณความชื้นลดลงอย่างต่อเนื่อง จาก 40.99% ในชั่วโมงแรก เหลือเพียง 12.34% ภายในเวลา 11 ชั่วโมง ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานความชื้นไม่เกิน 13.5% ตาม มกษ. 3001-2553 ลักษณะของพริกที่ผ่านการอบเป็นดังภาพที่ 6

ระหว่างกรอบด้วยตู้อบแห้งแบบพับเก็บได้อุณหภูมิภายในตู้อบมีความเสถียรเฉลี่ยประมาณ 70°C ขณะที่อุณหภูมิภายนอกผันผวนตามสภาพอากาศ ส่วนการควบคุมพารามิเตอร์ เช่น ความเร็วลมเข้า 1 m/s และการระบายอากาศออกเพื่อความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบไม่เกิน 60% RH เป็นการช่วยให้การลดความชื้นเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยไม่ทำลาย

คุณภาพของพริก จึงสามารถสรุปได้ว่า ตู้อบแห้งแบบพับเก็บได้สามารถลดความชื้นในพริกให้เหลือในระดับที่เหมาะสมต่อการแปรรูปภายในเวลาที่จำกัด และสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพในพื้นที่จริง

3.3 ผลการประเมินความพึงพอใจตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้

จากผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้ โดยให้สมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผักปลอดภัยบ้านศรีทอง ตำบลปากช่อง อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ จำนวน 30 ราย เป็นผู้ทำการประเมิน ซึ่งมีการประเมินความพึงพอใจ 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านออกแบบและสร้างตู้อบแห้งแบบพับเก็บได้ 2) ด้านประสิทธิภาพการใช้งานและการใช้พื้นที่จัดเก็บ และ 3) ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน ซึ่งผลที่ได้จากการประเมินความพึงพอใจเป็นดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้

หัวข้อในการสอบถาม	ผลการประเมินความพึงพอใจ		ระดับความ พึงพอใจ
	$\bar{x}$	S.D.	
ด้านการออกแบบและสร้าง			
1. ความเหมาะสมของการออกแบบตู้อบแห้งแบบพับเก็บได้	4.42	0.75	มาก
2. ความเหมาะสมของระบบการให้ความร้อน	3.89	0.65	ปานกลาง
3. ความเหมาะสมของการออกแบบระบบการควบคุมการทำงาน	3.92	0.71	ปานกลาง
4 .ความเหมาะสมของการออกแบบภาชนะที่ใช้วางวัตถุดิบ	4.01	0.81	มาก
5. ความเหมาะสมของการออกแบบโครงสร้างตู้อบแห้ง	4.65	0.74	มากที่สุด
6. ความเหมาะสมของการออกแบบระบบรักษาความปลอดภัย	4.52	0.68	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยด้านการออกแบบและสร้าง	4.24	0.72	มาก
ด้านประสิทธิภาพการใช้งานและการใช้พื้นที่จัดเก็บ			
1. คุณภาพของวัตถุดิบหลังการอบ	4.67	0.66	มากที่สุด
2. เวลาที่ใช้ในการอบที่เหมาะสม	4.23	0.71	มาก
3. การทำงานของระบบการให้ความร้อน	4.25	0.54	มาก
4. ความสม่ำเสมอของอุณหภูมิ	4.57	0.63	มากที่สุด
5. การใช้พื้นที่ทั้งในขณะใช้งานและการจัดเก็บ	4.68	0.73	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยด้านประสิทธิภาพ	4.48	0.65	มาก
ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน			
1. ลักษณะโดยรวมของตู้อบแห้งแบบพับเก็บได้	4.33	0.72	มาก
2. การเคลื่อนย้ายตู้อบแห้งแบบพับเก็บได้	4.68	0.81	มากที่สุด
3. ความสะดวกในการซ่อมบำรุง	4.57	0.77	มากที่สุด
4. ความสะดวกในการทำความสะอาดตู้อบแห้งแบบพับเก็บได้	4.55	0.73	มากที่สุด
5. ความปลอดภัยในการใช้งานตู้อบแห้งแบบพับเก็บได้	4.71	0.67	มากที่สุด
6. .ความสะดวกสบายในการปฏิบัติงานกับตู้อบแห้งแบบพับเก็บได้	4.62	0.83	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน	4.58	0.76	มากที่สุด
รวมค่าเฉลี่ยทั้ง 3 ด้าน	4.43	0.71	มาก

จากตารางที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้ทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านการออกแบบและสร้าง ด้านประสิทธิภาพการใช้งานและการใช้พื้นที่จัดเก็บ และด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน มีค่าเฉลี่ยผลการประเมินเท่ากับ 4.24 (S.D. = 0.72), 4.48 (S.D. = 0.65) และ 4.58 (S.D. = 0.76) ตามลำดับ และผลการประเมินความพึงพอใจเฉลี่ยรวมทั้ง 3 ด้าน มีค่าเท่ากับ 4.43 (S.D. = 0.71) ซึ่งอยู่ในระดับพึงพอใจมาก แสดงว่าตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้ที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบสนองความต้องการในการใช้งานจริงของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนได้

4. บทสรุป

งานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบและสร้าง ทดสอบสมรรถนะ และประเมินความพึงพอใจของตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้ เพื่อใช้ในการอบแห้งพริกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่มีข้อจำกัดด้านพื้นที่ จากผลการออกแบบและสร้างตู้อบแห้งแบบพับเก็บได้สามารถลดขนาดของตู้อบแห้งลงได้จากเดิม 495,327 ลูกบาศก์เซนติเมตร เป็น 195,896 ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งลดปริมาตรการจัดเก็บได้ถึง 2.53 เท่า จากผลการเปรียบเทียบพบว่า ตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้สามารถลดมวลพริกได้มากกว่าการตากแดดโดยลดลงถึง 35.62% ภายใน 6 ชั่วโมง ขณะที่การตากแดดลดลงเพียง 23.09% นอกจากนี้ พริกที่อบด้วยตู้อบสามารถลดความชื้นเหลือ 12.34% ภายใน 11 ชั่วโมง ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน มกษ. 3001-2553 อีกทั้งผลการประเมินความพึงพอใจจากกลุ่มผู้ใช้งานจำนวน 30 ราย มีค่าเฉลี่ยรวม 4.41 อยู่ในระดับพึงพอใจมาก แสดงให้เห็นว่าตู้อบต้นแบบสามารถตอบสนองต่อความต้องการใช้งานจริงของวิสาหกิจชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้ที่พัฒนาขึ้นมีศักยภาพในการลดของเสีย เพิ่มมูลค่าผลผลิต และส่งเสริมการแปรรูปในระดับชุมชนได้อย่างยั่งยืน ทั้งนี้ ควรมีการต่อยอดการวิจัยเพื่อพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติและทดลองกับวัตถุดิบหลากหลายประเภทในอนาคต

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้คณะวิจัยขอขอบคุณทุนอุดหนุนงานวิจัย พัฒนาวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] วรณัฐ แฉ่งสว่าง. ตู้อบแห้งแสงอาทิตย์ชนิดอากาศร้อนไหลลงแบบกะทัดรัด. วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา. 24(2013) 37-41.
- [2] สำรวย ภูบาล และ วลัยรัตน์ จันทรวงศ์. การอบแห้งปลาหมึกกะต๋อยโดยใช้แสงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อนร่วม. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม. 11(2015) 78-87.
- [3] บุญธง วสุรีย์, จุฑาธิณี พรพุทธศรี และ ธาณิล ม่วงพูล. ระบบควบคุมตู้อบแห้งด้วยเจลกักเก็บความร้อนแบบอัตโนมัติ. วารสารโครงการวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ. 4(2018) 66 – 73.
- [4] สุทธิ นิเช็ง, ภาณุ มาศ สุยบางดำ, กฤษณพงศ์ สังขวาลี และสุพัตรา เพ็งเกลี้ยง. การศึกษาผลของขนาดช่องระบายความชื้นสำหรับการอบแห้งพริกด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานผสมผสาน. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย. 11(2018) 158-168.
- [5] อภิชาติ ศรีไชยรัตน์, อภิชาติ ศรีไชยรัตน์, บัญญัติ นิยมवास, ไทยกุล และเสรี ทองชุม. การศึกษาสมรรถนะของตู้อบพริกโดยใช้ฮีตเตอร์อินฟราเรด. รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 34, ประจวบคีรีขันธ์, 2563. 747 – 755.
- [6] อธิพงษ์ บริรักษ์, พงษ์สวัสดิ์ คชภูมิ, ณรงค์ ภูอยู่ และ วรลักษณ์ เสถียรรังสฤษฎ์. ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 15(2021) 180-195.

- [7] ณัฐวุฒิ หงส์จันทร์, สุชาติ ดุมนิล, วีรวัฒน์ เถรี, ศิवा เลิศกระโทก, ศิวารัฐ กลัดเนียม และสุราษฎร์ เจริญยิ่ง. ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์. 6(2021) 47–59.
- [8] สำนักมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 3001-2553 พริกแห้ง. ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศและงานทั่วไป เล่ม 127 ตอนพิเศษ 150 ง (วันที่ 28 ธันวาคม 2553).

การทวนสอบวิธีทดสอบหาปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในตัวอย่างน้ำบริสุทธิ์
และน้ำยาไตเทียมสำหรับการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม
Method Verification for Total Bacterial Count in Dialysis Water
and Dialysis fluid for Hemodialysis

วรัญญา เพชรมณี^{1*} และ ชนิตา แซ่ไคว่¹

¹ ศูนย์บริการตรวจสอบและรับรองมาตรฐาน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

*E-mail: warunya.p@psu.ac.th

บทคัดย่อ

การควบคุมคุณภาพของน้ำบริสุทธิ์และน้ำยาไตเทียมในการฟอกเลือดมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อความปลอดภัยของผู้ป่วย โดยเฉพาะการปนเปื้อนของแบคทีเรียซึ่งอาจก่อให้เกิดภาวะแทรกซ้อนที่เป็นอันตราย ดังนั้นห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา ศูนย์บริการตรวจสอบและรับรองมาตรฐาน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จึงดำเนินการทวนสอบวิธีทดสอบหาปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในตัวอย่างน้ำบริสุทธิ์และน้ำยาไตเทียม เพื่อยืนยันความสามารถของห้องปฏิบัติการในการดำเนินการทดสอบอย่างถูกต้องตามวิธีมาตรฐาน โดยทวนสอบตามวิธีของ ISO 16140-3: 2021 เพื่ออ้างการรับรองในขอบข่ายนอกกลุ่มอาหาร (other category) ซึ่งกำหนดให้น้ำบริสุทธิ์เป็นตัวอย่างประเภทรายการที่ไม่ท้าทาย (non-challenging item) และน้ำยาไตเทียมเป็นตัวอย่างประเภทรายการท้าทาย (challenging item) ใช้เชื้อ *Escherichia coli* (E.coli) ATCC 25922 เป็นเชื้อจุลินทรีย์เป้าหมาย ดำเนินการทดสอบตามวิธีของ ISO 23500-5: 2024 โดยเทคนิค pour plate ด้วย tryptic soy agar (TSA) บ่มที่อุณหภูมิ 35°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมงและประเมินผลการทวนสอบวิธีด้วยค่า estimated bias (eBias) โดยมีเกณฑ์การยอมรับที่ $\leq 0.5 \log_{10}$ CFU/mL ผลการทวนสอบพบว่าน้ำบริสุทธิ์และน้ำยาไตเทียมมีค่า eBias ที่ระดับการปนเปื้อนต่ำ (30-80 CFU/mL) ระดับกลาง (100-150 CFU/mL) และระดับสูง (250-300 CFU/mL) เท่ากับ 0.00, 0.03 และ 0.02 $\log_{10}$ CFU/mL ตามลำดับ ซึ่งอยู่ภายในขอบเขตการยอมรับ แสดงให้เห็นว่าห้องปฏิบัติการสามารถดำเนินการทดสอบตามวิธีมาตรฐานได้อย่างเหมาะสมและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการควบคุมคุณภาพของการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียมได้อย่างน่าเชื่อถือ

คำสำคัญ: น้ำบริสุทธิ์สำหรับฟอกเลือด น้ำยาไตเทียม การทวนสอบวิธี แบคทีเรียทั้งหมด

Abstract

The quality control of dialysis water and dialysis fluid used in hemodialysis is critically important for patient safety, particularly in preventing bacterial contamination which may lead to severe complications. Therefore, the microbiology laboratory, Center of Measurement and Standard Accreditation, Faculty of Science, Prince of Songkla University has verified the method for detecting total bacterial count in dialysis water and dialysis fluid samples to confirm its capability to perform the test

accurately in accordance with standard methods. The verification was carried out based on ISO 16140-3: 2021 under the scope of other category, with dialysis water classified as a non-challenging item and dialysis fluid as a challenging item. *Escherichia coli* (*E.coli*) ATCC 2 5 9 2 2 was used as the target microorganism. Testing was performed in accordance with ISO 23500-5: 2024 using the pour plate technique with tryptic soy agar (TSA) and incubated at 35°C for 48 hours. The verification results were evaluated using estimated bias (eBias), with an acceptance criterion of $\leq 0.5 \log_{10}$ CFU/mL. The eBias values for purified water and dialysate at low (30-80 CFU/mL), medium (100-150 CFU/mL) and high contamination (250-300 CFU/mL), levels were 0.00, 0.03 and 0.02 $\log_{10}$ CFU/mL, respectively, all within the acceptable limits. These results demonstrate that the laboratory is capable of performing the tests in compliance with standard methods, and support the suitability of the verified method for reliable application in quality control processes related to hemodialysis.

Keywords: Dialysis water, Dialysis fluid, Method verification, Total bacteria count

1. บทนำ

การฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม (hemodialysis) เป็นกระบวนการรักษาที่สำคัญสำหรับผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะสุดท้าย จากข้อมูลการบำบัดทดแทนไตในประเทศไทยของสมาคมโรคไตฉบับล่าสุด ปี พ.ศ. 2566 พบว่ามีผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะสุดท้ายเข้ารับการฟอกเลือดจำนวน 129,113 ราย โดยเป็นผู้ป่วยใหม่กว่า 13,045 ราย [1] ทั้งนี้การฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียมในปัจจุบันยังมีความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นจากกระบวนการต่างๆ รวมทั้งระบบการเตรียมน้ำบริสุทธิ์เพื่อใช้ในการฟอกเลือด ซึ่งมีการใช้น้ำยาไตเทียม (dialysis fluid) ที่ผลิตจากน้ำบริสุทธิ์ (dialysis water) ผสมกับน้ำยาไตเทียมเข้มข้นสูงเพื่อให้ได้สารละลายที่มีความเหมาะสมกับการแลกเปลี่ยนผ่านตัวกรองเลือด หากกระบวนการผลิตน้ำมีการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรีย อาจก่อให้เกิดผลเสียต่อผู้ป่วยจนเป็นอันตรายถึงชีวิตได้ โดยทำให้เกิด 1) ปฏิกิริยาไข้ (pyrogenic reaction) เช่น ไข้ต่ำ หนาวสั่น ปวดศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน ความดันโลหิตตก หลังเริ่มฟอกเลือดภายใน 1- 5 ชั่วโมง 2) การติดเชื้อในกระแสเลือด (bacteremia) หากมีเชื้อแบคทีเรียผ่านตัวกรองเลือดเข้าสู่กระแสเลือดโดยตรงและอาจนำไปสู่ภาวะติดเชื้อในกระแสเลือดรุนแรง (sepsis) 3) ภาวะการมีสารพิษของแบคทีเรียในเลือด (endotoxemia) ซึ่งทำให้เกิดอาการคล้ายติดเชื้อ 4) การอักเสบเรื้อรัง (chronic inflammation) เมื่อได้รับการปนเปื้อนของแบคทีเรียปริมาณต่ำซ้ำ ๆ จากน้ำยาไตเทียมที่ไม่ได้มาตรฐาน อาจทำให้เกิดภาวะอักเสบเรื้อรังซึ่งส่งผลต่อการเกิดภาวะโลหิตจางหรือการทำงานของไตที่เหลือของผู้ป่วย [2] แบคทีเรียในระบบฟอกเลือดอาจมีแหล่งที่มาจากหลายองค์ประกอบ เช่น น้ำดิบหรือน้ำประปาที่ใช้ผลิตน้ำบริสุทธิ์ ถังเก็บน้ำ ท่อจ่ายน้ำ ระบบกรองและเครื่องฟอกเลือดที่ไม่ได้รับการทำความสะอาดและฆ่าเชื้ออย่างเหมาะสม โดยมักก่อตัวอยู่ที่พื้นผิวของระบบท่อจ่ายน้ำบริสุทธิ์และอุปกรณ์ต่างๆ ที่เป็นทางเดินของน้ำในเครื่องไตเทียมในลักษณะของ ไบโอฟิล์ม (biofilm) ซึ่งยากต่อการกำจัด [3] และแบคทีเรียเหล่านี้สามารถเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะในน้ำยาไตเทียมที่มีสารอาหารและเกลือที่เหมาะสมต่อการเจริญ หากไม่มีการควบคุมคุณภาพที่เหมาะสม แบคทีเรียหรือสารพิษจากแบคทีเรียอาจเข้าสู่ร่างกายผู้ป่วยผ่านการฟอกเลือดจนทำให้เกิดภาวะแทรกซ้อนต่างๆ ตามมา ดังนั้นการควบคุมคุณภาพทางจุลชีววิทยาของน้ำบริสุทธิ์และน้ำยาไตเทียมจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง ทั้งนี้ International Organization for Standardization (ISO) ซึ่งเป็นองค์กรด้านมาตรฐานสากล ได้กำหนดมาตรฐาน ISO 23500: 2024 ว่าด้วยคุณภาพของน้ำที่ใช้ในการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม สำหรับเป็นแนวทางให้โรงพยาบาลและคลินิกทั่วโลกใช้เป็นแนวทางเดียวกัน เพื่อลดความเสี่ยงจากการปนเปื้อน เพิ่มความปลอดภัยให้กับผู้ป่วย โดยกำหนดเกณฑ์ควบคุมปริมาณแบคทีเรียในน้ำบริสุทธิ์

และน้ำยาไตเทียมระดับเกณฑ์มาตรฐาน (standard dialysis fluid) ต้องไม่เกิน 100 CFU/mL และระดับปริมาณแบคทีเรียที่ควรเริ่มดำเนินการแก้ไข (action level) คือ ≥ 50 CFU/mL [4, 5]

แบคทีเรียที่อยู่ในระบบน้ำบริสุทธิ์สามารถปรับตัวให้อยู่รอดในสภาพแวดล้อมที่มีสารอาหารต่ำได้ การเพาะเชื้อเพื่อหาแบคทีเรียเหล่านี้จึงต้องใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่มีสารอาหารต่ำ เช่น Reasoner's 2A agar (R2A) และ tryptone glucose extract agar (TGEA) จะให้ความไวในการเพาะเชื้อมากกว่าการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่มีสารอาหารสูง อย่างไรก็ตามพบว่า TSA ซึ่งมีสารอาหารสูงกว่ายังมีความเหมาะสมในการเพาะเชื้อแบคทีเรีย เนื่องจากมีส่วนประกอบของเกลือเช่นเดียวกับสารละลายที่ใช้ในการฟอกเลือดซึ่งมีเกลือโบคาร์บอเนตเป็นส่วนผสม ทั้งนี้ ISO และ Association for the Advancement of Medical Instrumentation (AAMI) เสนอให้ใช้ TSA เป็นทางเลือกสำหรับการเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35-37°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมงในการควบคุมคุณภาพของน้ำบริสุทธิ์และน้ำยาไตเทียม เนื่องจากมีรายงานยืนยันว่าให้ผลการเพาะเชื้อแบคทีเรียในระดับ ≥ 50 CFU/mL ไม่แตกต่างจาก R2A และ TGEA ที่อุณหภูมิ 17-23°C เป็นเวลา 7 วัน [4,6] ห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา ศูนย์บริการตรวจสอบและรับรองมาตรฐาน ซึ่งให้บริการทดสอบหาปริมาณแบคทีเรียในน้ำบริสุทธิ์และน้ำยาไตเทียม ได้พิจารณาเลือกใช้เทคนิค pour plate ด้วย TSA สำหรับการทดสอบหาปริมาณแบคทีเรียในน้ำบริสุทธิ์และน้ำยาไตเทียมระดับเกณฑ์มาตรฐาน เนื่องจากใช้เวลาในการเพาะเชื้อน้อย ทำให้ทราบผลรวดเร็ว สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้บริการ อีกทั้ง TSA ยังเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อพื้นฐานที่มีใช้ในห้องปฏิบัติการ

การทวนสอบวิธี (method verification) หมายถึง การแสดงความสามารถของห้องปฏิบัติการในการใช้วิธีทดสอบที่ผ่านการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี (method validation) แล้ว ว่ามีความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน ทั้งนี้ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์/ทดสอบทางจุลชีววิทยาที่มีการควบคุมคุณภาพ ต้องดำเนินการทวนสอบวิธีว่าสามารถปฏิบัติตามวิธีทดสอบได้อย่างถูกต้องก่อนนำวิธีนั้นไปใช้ เพื่อให้ผลการทดสอบมีความถูกต้อง แม่นยำ เชื่อถือได้ สำหรับการทวนสอบวิธีทดสอบทางจุลชีววิทยานิยมปฏิบัติตามมาตรฐาน ISO 16140-3: 2021 ซึ่งประยุกต์ใช้กับวิธีทดสอบทั้งวิธีมาตรฐานหรือวิธีอ้างอิง (reference method) และวิธีทางเลือก (alternative method) ในการดำเนินการทดสอบจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์อาหาร อาหารสัตว์และอื่นๆ [7] ดังนั้นเพื่อให้ห้องปฏิบัติการสามารถดำเนินการตรวจวิเคราะห์แบคทีเรียในน้ำบริสุทธิ์และน้ำยาไตเทียมได้อย่างถูกต้องตามมาตรฐาน จึงต้องมีการทวนสอบวิธีทดสอบตามแนวทางของ ISO 16140-3:2021 โดยวิธีทดสอบที่อ้างอิงตาม ISO 23500-5:2024 ไม่มีข้อมูลของการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี จึงต้องใช้วิธีการตาม annex F คือ ไม่ต้องทวนสอบการนำไปใช้งาน (implementation verification) ทำเฉพาะการทวนสอบตามรายการ (item verification) ซึ่งเป็นการแสดงความสามารถของห้องปฏิบัติการในการทดสอบรายการ (item) ที่อยู่ในขอบข่ายที่ห้องปฏิบัติการอ้างอิงและนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างถูกต้อง โดยประเมินผลจากการประมาณค่า eBias ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของตัวอย่างที่ไม่ได้ปนเปื้อนจุลินทรีย์ตามธรรมชาติ (artificially contaminated item) กับสารละลายเชื้อจุลินทรีย์เป้าหมาย [inoculum suspension (without item)] โดยใช้เชื้อจุลินทรีย์อ้างอิง *E. coli* ATCC 25922 เป็นเชื้อจุลินทรีย์เป้าหมาย การทวนสอบวิธีนี้เป็นการยืนยันว่าผลการทดสอบที่ผู้ใช้บริการได้รับมีความถูกต้อง แม่นยำและสามารถนำไปใช้ในการควบคุมคุณภาพของระบบฟอกเลือดได้อย่างน่าเชื่อถือ

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 การเตรียมเชื้อจุลินทรีย์เป้าหมายและการเติมเชื้อ

การเติมเชื้อจุลินทรีย์เป้าหมายลงในตัวอย่างเพื่อดำเนินการทวนสอบวิธี ให้คำนึงถึงช่วงค่าดังกล่าวที่คาดว่าจะตรวจพบเชื้อในแต่ละระดับการปนเปื้อน (level of contamination) ซึ่งกำหนด 3 ระดับ คือ ระดับต่ำ (low), ระดับกลาง (medium) และระดับสูง (high) ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เป้าหมายสำหรับการเติมในตัวอย่างทดสอบ

Level of contamination	Expected Inoculum concentration CFU/mL	Sample concentration CFU/ test portion 3 mL
low	30 - 50	90 - 150
medium	100 - 150	300 - 450
high	250 - 300	750 - 900

โดยมีขั้นตอนการเตรียมเชื้อทดสอบดังนี้

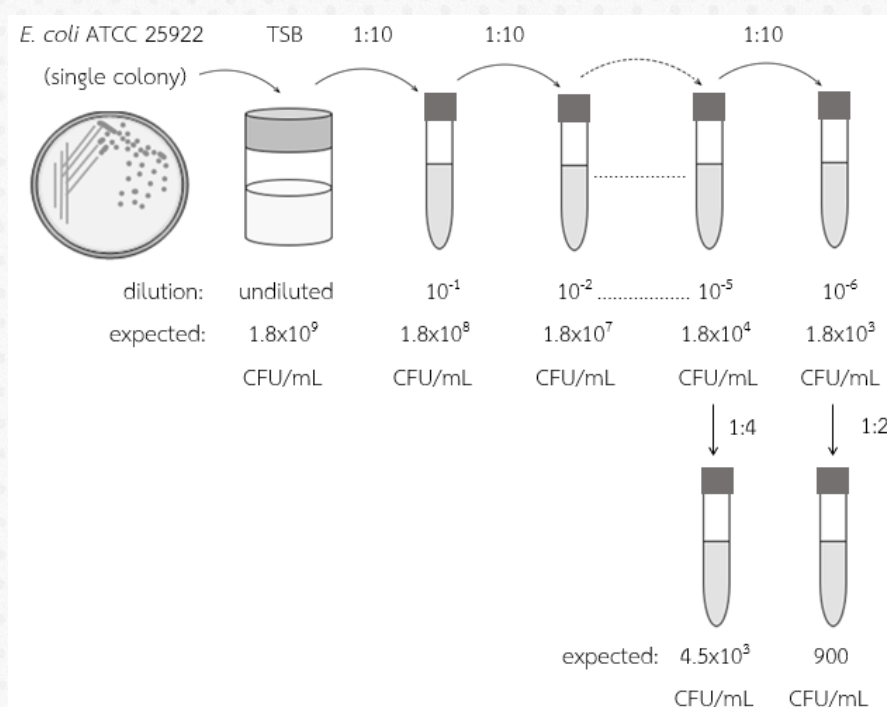
2.1.1 ใช้เชื้อจุลินทรีย์อ้างอิง *E. coli* ATCC 25922 เป็นเชื้อจุลินทรีย์เป้าหมาย โดยนำออกจาก stock culture มา streak ลงบนอาหาร TSA (BD Difco™) บ่มใน incubator (BINDER รุ่น BF-240) ที่อุณหภูมิ 35°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จนได้โคโลนีเดี่ยว

2.1.2 ทดสอบคุณสมบัติของเชื้อด้วยการย้อมสีแกรมและคุณสมบัติทางชีวเคมี (IMViC test)

2.1.3 เมื่อผลการทดสอบคุณสมบัติของเชื้อสอดคล้องกับลักษณะทางชีวเคมีของเชื้อจุลินทรีย์อ้างอิง คือ gram negative bacilli และ IMViC test เป็น +++ ให้ทำการ subculture บนอาหาร TSA อีกครั้งจนได้โคโลนีเดี่ยว

2.1.4 ใช้ loop ปราสจากเชื้อ เชื้อเชืบน TSA 1 โคโลนี ถ่ายเชื้อลงอาหาร Tryptic soy broth (TSB) (BD Difco™) 50 mL บ่มที่อุณหภูมิ 35°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จะได้สารละลายเชื้อ ที่คาดว่าจะมีเชื้อจำนวน 1.8×10^9 CFU/mL

2.1.5 เมื่อครบเวลา ทำการเจือจางเชื้อแบบ 10 เท่าต่อเนื่อง (ten-fold dilution) ด้วย 0.1% peptone (Oxoid™) เขย่าผสมด้วย vortex mixer (Vortex-Genie® 2) จะได้ระดับความเจือจางที่ 10^{-1} และทำการเจือจางต่อจนได้ระดับความเจือจาง 10^{-6} ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การเจือจางเชื้อสำหรับทำให้เกิดการปนเปื้อนที่ระดับต่างๆ

2.1.6 ที่ระดับการปนเปื้อนต่ำ ปิเปตเชื้อที่ระดับความเจือจาง 10^{-6} มาทำการเจือจางแบบ 1:2 จะได้สารละลายที่คาดว่าจะมีเชื้อ 900 CFU/mL ปิเปตสารละลายเชื้อที่ได้เติมในตัวอย่างทดสอบ 130 μL /test portion 3 mL คาดว่าจะมีเชื้อ 40 CFU/mL (30-50 CFU/mL)

2.1.7 ที่ระดับการปนเปื้อนกลาง ปิเปตเชื้อที่ระดับความเจือจาง 10^{-5} มาทำการเจือจางแบบ 1:4 จะได้สารละลายที่คาดว่าจะมีเชื้อ 4.5×10^3 CFU/mL ปิเปตสารละลายเชื้อที่ได้เติมในตัวอย่างทดสอบ 90 μL /test portion 3 mL คาดว่าจะมีเชื้อ 140 CFU/mL (100-150 CFU/mL)

2.1.8 ที่ระดับการปนเปื้อนสูง ปิเปตสารละลายเชื้อที่เตรียมได้จากข้อ 2.1.7 เติมในตัวอย่างทดสอบ 190 μL /test portion 3 mL คาดว่าจะมีเชื้อ 290 CFU/mL (250-300 CFU/mL)

2.2 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

2.2.1 เลือกตัวอย่าง 1 รายการที่ไม่ทำลายจากกลุ่มตัวอย่างที่อยู่ในขอบข่ายของวิธีอ้างอิงและอยู่ในขอบข่ายการทดสอบของห้องปฏิบัติการ โดยห้องปฏิบัติการเลือกใช้ตัวอย่างน้ำบริสุทธิ์สำหรับการฟอกเลือด 1 รายการ ซึ่งเป็นตัวอย่างจากโรงพยาบาลแห่งหนึ่งในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย ที่ผู้ให้บริการทดสอบเป็นผู้เก็บตัวอย่างส่งตรวจยังห้องปฏิบัติการ

2.2.2 เลือกตัวอย่างรายการที่ทำหายอย่างน้อย 1 รายการจากแต่ละกลุ่มของตัวอย่างที่อยู่ในขอบข่ายการทดสอบของห้องปฏิบัติการ โดยห้องปฏิบัติการเลือกใช้ตัวอย่างน้ำยาไตเทียม 1 รายการ ซึ่งเป็นตัวอย่างจากโรงพยาบาลแห่งหนึ่งในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย ที่ผู้ให้บริการทดสอบเป็นผู้เก็บตัวอย่างส่งตรวจยังห้องปฏิบัติการ

2.2.3 แต่ละตัวอย่างถูกทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน (homogenized) โดยการเขย่าขวดตัวอย่างขึ้นลง 25 ครั้ง

2.2.4 แบ่งตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

2.2.4.1 uninoculated test portion คือ ตัวอย่างน้ำบริสุทธิ์และน้ำยาไตเทียมที่ไม่ได้เติมเชื้อจุลินทรีย์ เป้าหมายสำหรับเป็น negative control

2.2.4.2 artificially contaminated item คือ ตัวอย่างน้ำบริสุทธิ์และน้ำยาไตเทียมที่เติมเชื้อจุลินทรีย์ เป้าหมายในระดับการปนเปื้อนต่างๆ

2.2.4.3 inoculum suspension (without item) คือ สารละลายเชื้อจุลินทรีย์เป้าหมายใน 0.1% peptone โดยไม่มีส่วนประกอบของน้ำบริสุทธิ์และน้ำยาไตเทียม

2.2.5 แบ่งตัวอย่างทดสอบเป็น 2 test portion (A และ B) โดยกำหนดให้แต่ละ test portion มีปริมาตร 3 mL เติมเชื้อที่เตรียมได้จากข้อ 2.1 ลงในแต่ละ test portion ให้ได้ปริมาณเชื้อตามที่กำหนดในตารางที่ 1

2.2.6 รูปแบบการเตรียมตัวอย่างและการทำให้ปนเปื้อนโดยการเติมเชื้อจุลินทรีย์เป้าหมายแสดงในภาพที่ 2

2.3 การทดสอบหาจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดและการหาค่า eBias

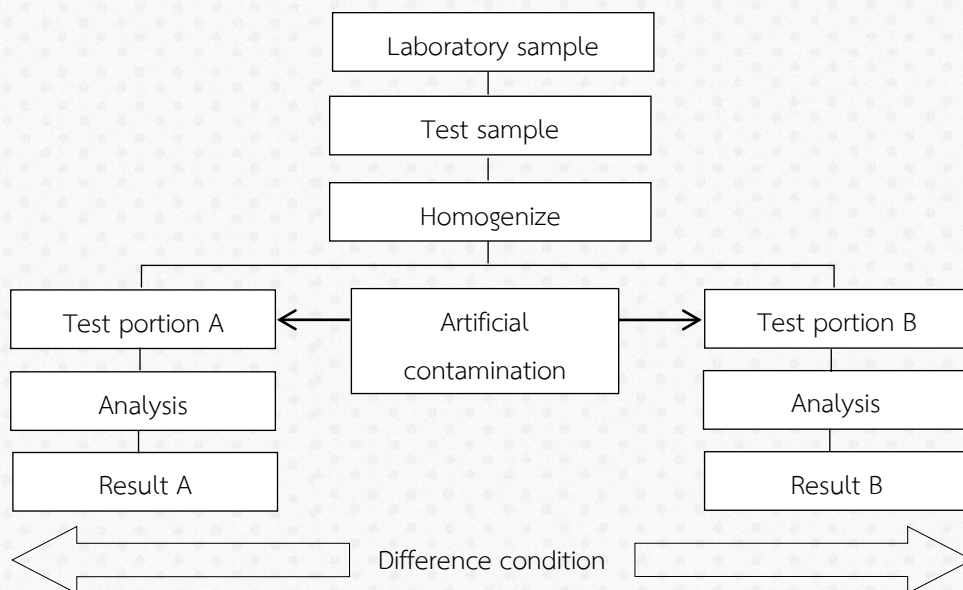
กำหนดให้แต่ละ test portion ถูกทดสอบด้วยผู้ทดสอบที่แตกต่างกัน และดำเนินการทดสอบในสภาวะที่แตกต่างกันเท่าที่ห้องปฏิบัติการสามารถทำได้ โดยมีขั้นตอนดังนี้

2.3.1 ผสมหลอดตัวอย่างให้ตัวอย่างเป็นเนื้อเดียวกันด้วย vortex mixer ระวังกายให้เกิดฟอง

2.3.2 ใช้ปิเปตปราศจากเชื้อดูดตัวอย่างน้ำ 1 mL ใส่จานเพาะเชื้อปราศจากเชื้อ ตัวอย่างละ 2 จาน

2.3.3 เทอาหารเลี้ยงเชื้อ TSA ที่อุ่นใน water bath (memmert รุ่น WNB 29) อุณหภูมิ $44-46^{\circ}\text{C}$ ลงในจานเพาะเชื้อประมาณ 15-20 mL

2.3.4 ผสมตัวอย่างและอาหารเลี้ยงเชื้อให้เข้ากันโดยหมุนจานเพาะเชื้อตามเข็มนาฬิกา ขึ้นลงและซ้ายขวาในแนวระนาบ จนตัวอย่างกระจายตัวสม่ำเสมอในอาหารเลี้ยงเชื้อ



ภาพที่ 2 รูปแบบการเตรียมตัวอย่างและการทำให้ปนเปื้อนเพื่อประมาณค่า eBias

2.3.5 วางทิ้งไว้จนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัวประมาณ 10 นาที กลับจานอาหารให้ผาอยู่ด้านล่าง แล้วนำไปบ่มใน incubator ที่อุณหภูมิ 35°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง โดยจานเพาะเชื้อวางซ้อนกันไม่เกิน 6 จานต่อ 1 แถว

2.3.6 เมื่อครบเวลาที่กำหนด นับจำนวนโคโลนีทั้งหมดที่เจริญในจานอาหารด้วยเครื่อง colony counter (Funke Gerber รุ่น ColonyStar) และคำนวณค่าเป็น CFU/mL

2.3.7 นำจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่นับได้ในแต่ละ test portion มาเฉลี่ยและเปลี่ยนเป็นค่า $\log_{10}$ และประเมินผลในตัวอย่างแต่ละประเภทในแต่ละระดับการปนเปื้อน โดยคำนวณหาค่า eBias จากค่าสัมบูรณ์ของความแตกต่างระหว่างผลการทดสอบ $\log_{10}$ CFU/mL inoculum suspension (without item) และ mean $\log_{10}$ CFU/mL artificially contaminated item

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการทดสอบหาปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในตัวอย่างน้ำบริสุทธิ์และน้ำยาไตเทียมสำหรับการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม โดยการทำให้ปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์เป้าหมาย 3 ระดับ เพื่อการทวนสอบวิธีโดยการประมาณค่า eBias พบว่าตัวอย่างสารละลายเชื้อจุลินทรีย์เป้าหมาย [inoculum suspension (without item)] ใน 0.1% peptone ให้ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 2 คือ ตรวจพบเชื้อที่ระดับการปนเปื้อนต่ำ, ระดับกลางและระดับสูงเท่ากับ 35, 120 และ 253 CFU/mL หรือ 1.54, 2.08 และ 2.40 $\log_{10}$ CFU/mL ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตามช่วงค่าของระดับการปนเปื้อนที่กำหนดไว้ โดยไม่พบการปนเปื้อนของสารละลาย 0.1% peptone ที่ไม่มีการเติมเชื้อจุลินทรีย์เป้าหมาย

การทดสอบหาปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในตัวอย่างน้ำบริสุทธิ์สำหรับการฟอกเลือด ตรวจพบเชื้อโดยเฉลี่ยระหว่าง test portion A และ test portion B ที่การปนเปื้อนระดับต่ำ, ระดับกลางและระดับสูง เท่ากับ 1.54, 2.11 และ 2.42 $\log_{10}$ CFU/mL ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3 และตรวจพบเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดในตัวอย่างน้ำยาไตเทียมโดยเฉลี่ยระหว่าง test portion A และ test portion B ที่การปนเปื้อนระดับต่ำ, ระดับกลางและระดับสูงเท่ากับ 1.54, 2.05 และ 2.42 $\log_{10}$ CFU/mL ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4 โดยไม่พบการเจริญของเชื้อในน้ำบริสุทธิ์และน้ำยาไตเทียมที่ไม่ได้เติมเชื้อจุลินทรีย์เป้าหมายสำหรับใช้เป็นชุดควบคุม

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบหาแบคทีเรียทั้งหมดจากตัวอย่างสารละลายเชื้อเป่าหมาย

Laboratory sample number	Inoculation level	Inoculum suspension (without item)		
		Expected count (CFU/mL)	Actual count (CFU/mL)	Actual count ($\log_{10}$ CFU/mL)
1/1	uninoculated	0	0	-
1/2	low	40	35.00	1.54
1/3	medium	140	119.50	2.08
1/4	high	290	253.00	2.40

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบหาแบคทีเรียทั้งหมดจากตัวอย่างน้ำบริสุทธิ์สำหรับการฟอกเลือด

Laboratory sample number	Inoculation level	Test portion	Artificially contaminated item	Artificially contaminated item	Mean Artificially contaminated item ($\log_{10}$ CFU/mL)
			(CFU/mL)	($\log_{10}$ CFU/mL)	
2/1	uninoculated	-	0	0	-
2/2	low	A	37.00	1.57	1.54
		B	33.00	1.52	
2/3	medium	A	121.00	2.08	2.11
		B	136.50	2.14	
2/4	high	A	266.00	2.42	2.42
		B	257.50	2.41	

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบหาแบคทีเรียทั้งหมดจากตัวอย่างน้ำยาไตเทียม

Laboratory sample number	Inoculation level	Test portion	Artificially contaminated item	Artificially contaminated item	Mean artificially contaminated item ($\log_{10}$ CFU/mL)
			(CFU/mL)	($\log_{10}$ CFU/mL)	
3/1	uninoculated	-	0	0	-
3/2	low	A	36.50	1.56	1.54
		B	33.50	1.53	
3/3	medium	A	115.50	2.06	2.05
		B	108.50	2.04	
3/4	high	A	262.50	2.42	2.42
		B	258.00	2.41	

เมื่อนำผลการทดสอบทั้งหมดมาคำนวณหาค่า eBias พบว่าทั้งสองรายการทวนสอบในทุกะดับการปนเปื้อนมีค่า eBias น้อยกว่า $0.5 \log_{10}$ กล่าวคือ รายการที่ไม่ทำลายประเภทน้ำบริสุทธิ์สำหรับการฟอกเลือดมีค่า eBias ที่การปนเปื้อนระดับต่ำ, ระดับกลางและระดับสูงเท่ากับ 0.00, 0.03 และ 0.02 $\log_{10}$ CFU/mL ตามลำดับ เช่นเดียวกับน้ำยาไตเทียมซึ่งเป็นรายการทวนสอบที่ทำลาย พบว่ามีค่า eBias ในระดับการปนเปื้อนต่ำ, ระดับกลางและระดับสูงเท่ากับ 0.00, 0.03 และ 0.02 $\log_{10}$ CFU/mL ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 5 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์การยอมรับ

ตารางที่ 5 การประเมินผลการทวนสอบวิธีหาปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในตัวอย่างน้ำบริสุทธิ์และน้ำยาไตเทียมสำหรับการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม

Item	Inoculation level	Mean artificially contaminated item ($\log_{10}$ MPN/100 mL)	Inoculum suspension (without item) ($\log_{10}$ MPN/100 mL)	eBias	Conclusion $\leq 0.5 \log_{10}$
น้ำบริสุทธิ์	low	1.54	1.54	0.00	accept
	medium	2.11	2.08	0.03	accept
	high	2.42	2.40	0.02	accept
น้ำยาไตเทียม	low	1.54	1.54	0.00	accept
	medium	2.05	2.08	0.03	accept
	high	2.42	2.40	0.02	accept

ในกรณีของตัวอย่างสารละลายเชื้อจุลินทรีย์เป้าหมาย [inoculum suspension (without item)] พบว่าไม่มีการปนเปื้อนของเชื้อในสารละลายเจือจาง (0.1% peptone) ที่ไม่ได้เติมเชื้อจุลินทรีย์เป้าหมาย เป็นการยืนยันได้ถึง การปราศจากเชื้อของสารละลายเจือจางที่ใช้ รวมถึงความน่าเชื่อถือของกระบวนการควบคุมคุณภาพเบื้องต้นของห้องปฏิบัติการ อย่างไรก็ตาม ยังพบว่าปริมาณเชื้อที่นับได้จริง (actual count) อาจมีความคลาดเคลื่อนจากค่าที่คาดหวัง (expected count) เนื่องจากปัจจัยของความไม่แน่นอนที่ควบคุมได้ยาก เช่น ความแม่นยำในการเจือจาง การถ่ายเชื้อ และความเสถียรของเชื้อจุลินทรีย์ เป็นต้น สำหรับตัวอย่างน้ำบริสุทธิ์และน้ำยาไตเทียม ซึ่งถือเป็นรายการทดสอบสำหรับการทวนสอบวิธีพบว่าวิธีทดสอบสามารถตรวจพบเชื้อได้อย่างสอดคล้องกันในทุกะดับการปนเปื้อนที่กำหนดไว้ โดยค่าเฉลี่ย $\log_{10}$ CFU/mL มีความใกล้เคียงกันและใกล้เคียงกับสารละลายเชื้อจุลินทรีย์เป้าหมาย นอกจากนี้ยังไม่พบการเจริญของเชื้อในน้ำบริสุทธิ์และน้ำยาไตเทียมที่ไม่ได้เติมเชื้อจุลินทรีย์เป้าหมายสำหรับใช้เป็นชุดควบคุม ถึงแม้ว่าอาจพบการเจริญของเชื้อได้แม้มีการควบคุมคุณภาพการทดสอบจากห้องปฏิบัติการแล้ว เนื่องจากตัวอย่างทดสอบเป็นตัวอย่างจริงที่ผู้ใช้บริการส่งตรวจยังห้องปฏิบัติการจึงอาจมีการปนเปื้อนของเชื้อตามธรรมชาติได้จากกระบวนการผลิต ดังนั้นการหาปริมาณเชื้อในชุดควบคุมจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการประเมิน background contamination และการวิเคราะห์ความผิดพลาดของผลการทดสอบที่อาจเกิดขึ้น [8]

ในการประมาณค่าความผิดพลาดของระบบ (bias) ซึ่งเป็นความแตกต่างระหว่างค่าที่ทำซ้ำๆ กับค่ากำหนด โดยการทวนสอบวิธีนี้ใช้การหาค่า eBias ซึ่งเป็นการประมาณค่า bias จากการวางแผนการทดลองตามมาตรฐาน ISO 16140-3: 2021 ที่ใช้ตัวอย่างทดสอบจำนวนน้อย พบว่าค่า eBias ทั้งหมดในทุกะดับการปนเปื้อน ทั้งในรายการทวนสอบแบบไม่ทำลาย (น้ำบริสุทธิ์) และแบบทำลาย (น้ำยาไตเทียม) มีค่าต่ำกว่า $0.5 \log_{10}$ CFU/mL ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ตามแนวทาง

มาตรฐาน ISO 16140 แสดงให้เห็นว่าห้องปฏิบัติการสามารถนำวิธีทดสอบหาแบคทีเรียทั้งหมดในน้ำบริสุทธิ์ และน้ำยาไตเทียมด้วยเทคนิค pour plate ด้วย TSA มาใช้ได้อย่างเหมาะสม มีผลการทดสอบที่ถูกต้องและน่าเชื่อถือ แม้ว่าการทวนสอบวิธีครั้งนี้จะยังมีข้อจำกัดในการทำให้สภาวะการทวนสอบมีความหลากหลายมากที่สุด เพื่อให้การประเมินมีความน่าเชื่อถือและสะท้อนความถูกต้องแม่นยำของวิธีภายใต้การใช้งานจริงมากที่สุด เช่น ประเภทของตัวอย่าง (matrix) ระดับการปนเปื้อน ผู้วิเคราะห์ วันที่วิเคราะห์ ชุดน้ำยาหรือเครื่องมือที่ใช้ [9] ทั้งนี้ห้องปฏิบัติการได้ดำเนินการทดสอบในสภาวะที่แตกต่างกันเท่าที่ห้องปฏิบัติการจะทำได้ทั้งในด้านความแตกต่างของผู้วิเคราะห์ รุนการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อและตุ้มที่ใช้ซึ่งช่วยเสริมความเชื่อมั่นในผลการประเมินค่า eBias

จากผลการทวนสอบวิธีหาปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในตัวอย่างน้ำบริสุทธิ์และน้ำยาไตเทียมสำหรับการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียมตามมาตรฐาน ISO 23500-5: 2024 เป็นการยืนยันได้ว่าห้องปฏิบัติการสามารถนำวิธีการทดสอบอ้างอิงมาใช้ได้อย่างถูกต้องในระดับที่น่าเชื่อถือ โดยสามารถตรวจพบเชื้อจุลินทรีย์ในระดับการปนเปื้อนที่หลากหลายครอบคลุมช่วงที่คาดว่าจะตรวจพบจากตัวอย่างจริงในห้องปฏิบัติการ ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความสามารถในการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการ ดังนั้นผู้ให้บริการจึงสามารถนำผลการทดสอบจากห้องปฏิบัติการไปใช้ในการประเมินคุณภาพน้ำบริสุทธิ์และน้ำยาไตเทียมได้อย่างน่าเชื่อถือ เพิ่มความปลอดภัยให้กับผู้ป่วยที่เข้ารับการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม

การทวนสอบวิธีทดสอบมีความสำคัญในการเสริมสร้างความน่าเชื่อถือให้แก่ห้องปฏิบัติการ โดยเฉพาะห้องปฏิบัติการวิเคราะห์/ทดสอบทางจุลชีววิทยาที่มีการควบคุมคุณภาพให้เป็นไปตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025: 2017 ซึ่งห้องปฏิบัติการที่ได้รับการรับรองนี้ แสดงให้เห็นว่าห้องปฏิบัติการมีความสามารถทั้งในด้านระบบคุณภาพและวิชาการ ผลการวิเคราะห์ทดสอบจึงมีความถูกต้อง แม่นยำ เชื่อถือได้ ทั้งนี้ข้อกำหนด 7.2.1.5 ตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025: 2017 กล่าวว่าห้องปฏิบัติการต้องทวนสอบว่าสามารถปฏิบัติตามวิธีทดสอบได้อย่างถูกต้อง ก่อนนำวิธีนั้นไปใช้ โดยต้องมั่นใจว่าสามารถดำเนินการได้ตามข้อกำหนดและจัดเก็บบันทึกการทวนสอบไว้ ถ้ามีการแก้ไขวิธีโดยหน่วยงานที่จัดทำวิธีนั้น ห้องปฏิบัติการต้องทวนสอบใหม่ตามขอบเขตที่จำเป็น โดยวิธีการทดสอบนั้นต้องให้ผลสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การใช้งานในการวิเคราะห์ทดสอบกับขอบข่ายนั้นๆ [10] ตัวอย่างการทวนสอบวิธีทดสอบทางจุลชีววิทยาที่มีการเผยแพร่ผลงาน เช่น การทวนสอบวิธีวิเคราะห์จำนวนแบคทีเรียทั้งหมดในน้ำนมดิบโดยใช้เทคนิค Flow cytometry เพื่อหาค่า Intralaboratory reproducibility standard deviation (S_R) และค่า eBias [11] การทวนสอบวิธีการตรวจสอบปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และ *E. coli* ในน้ำบริโภคโดยใช้วิธี multiple tube fermentation และประเมินผลการทวนสอบจากค่า eBias [12] ทั้งนี้ยังไม่พบรายงานการทวนสอบวิธีหาปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในตัวอย่างน้ำบริสุทธิ์และน้ำยาไตเทียมสำหรับการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม ดังนั้นนอกจากงานวิจัยนี้จะเป็นการยืนยันความสามารถของห้องปฏิบัติการในการดำเนินการทดสอบอย่างถูกต้องตามวิธีมาตรฐานและสร้างความเชื่อมั่นแก่ผู้ใช้บริการทดสอบในการควบคุมคุณภาพของระบบฟอกเลือดแล้วห้องปฏิบัติการยังสามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบการขอการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการทดสอบตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025:2017 ได้ต่อไปในอนาคต

4. บทสรุป

จากการทวนสอบวิธีการทดสอบหาแบคทีเรียทั้งหมดในตัวอย่างน้ำบริสุทธิ์และน้ำยาไตเทียมสำหรับการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียมตามแนวทางของ ISO 16140-3:2021 ด้วยเทคนิค pour plate ด้วย TSA นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง โดยเติมเชื้อ *E. coli* ATCC 25922 เป็นเชื้อจุลินทรีย์เป้าหมายที่ทราบจำนวนลงในตัวอย่างน้ำบริสุทธิ์และน้ำยาไตเทียม จากนั้นแบ่งตัวอย่างเป็น 2 Test portion นำไปทดสอบด้วยผู้ทดสอบ 2 คน ในสภาวะที่แตกต่างกัน พบว่าค่า eBias ในแต่ละระดับการปนเปื้อนมีค่าต่ำกว่า 0.5 log₁₀ CFU/mL ซึ่งเป็นไปตามขอบเขตการยอมรับ แสดงให้เห็นว่าห้องปฏิบัติการสามารถดำเนินการทดสอบได้ตามวิธีมาตรฐานกำหนดและมีผลการทดสอบถูกต้อง เป็นที่น่าเชื่อถือ

เหมาะสำหรับวัตถุประสงค์ของการนำไปประยุกต์ใช้และผู้ให้บริการทดสอบสามารถนำผลการทดสอบไปใช้ในการควบคุมคุณภาพของระบบฟอกเลือดได้อย่างน่าเชื่อถือ รวมทั้งห้องปฏิบัติการสามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบการขอการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการทดสอบตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025:2017 ได้ต่อไปในอนาคต ทั้งนี้งานวิจัยนี้มีการใช้เชื้อจุลินทรีย์เป้าหมายเพียงชนิดเดียวซึ่งเป็นตัวแทนของแบคทีเรียแกรมลบ อย่างไรก็ตามเพื่อให้สภาวะการทดสอบใกล้เคียงกับการปนเปื้อนจริงในธรรมชาติ อาจพิจารณาการใช้เชื้อแกรมบวกหรือใช้เชื้อผสมเพิ่มเติมเพื่อให้ได้ค่า eBias ที่มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์บริการตรวจสอบและรับรองมาตรฐาน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สำหรับการเอื้อเฟื้อสถานที่ เครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์ต่างๆ ทำให้งานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] B. Satirapoj. Thai Renal Replacement Therapy (TRT) Registry 2023 Annual Data Report. The Nephrology Society of Thailand, Bangkok. 2025.
- [2] D. B. Nguyen, M. J. Arduino, and P. R. Patel. Hemodialysis-associated infections, in Chronic Kidney Disease, Dialysis, and Transplantation, 4th Ed., J. Himmelfarb and T. A. Ikizler, Eds. Philadelphia, PA: Elsevier, 2019, 389-410.e8.
- [3] กลศร ภักโชตานนท์, วุฒิเดช โอภาสเจริญสุข และ สุรีย์ อยู่วรรณกุล. แนวทางปฏิบัติเรื่อง การเตรียมน้ำบริสุทธิ์เพื่อการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม ฉบับปี พ.ศ. 2564. สมาคมโรคไตแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ. 2564.
- [4] International Organization for Standardization, ISO 23500-5: 2024 - Preparation and quality management of fluids for haemodialysis and related therapies - Part 5: Quality of dialysis fluid for haemodialysis and related therapies, ISO, Geneva, Switzerland, 2024.
- [5] International Organization for Standardization, ISO 23500-3:2024 - Preparation and quality management of fluids for haemodialysis and related therapies - Part 3: Water for haemodialysis and related therapies, ISO, Geneva, Switzerland, 2024.
- [6] American National Standards Institute, Association for the Advancement of Medical Instrumentation, and International Organization for Standardization, ANS/AAMI/ISO 23500-5:2019 - Preparation and quality management of fluids for haemodialysis and related therapies - Part 5: Quality of dialysis fluid for haemodialysis and related therapies, AAMI, 2019.
- [7] International Organization for Standardization, ISO 16140-3:2021 - Microbiology of the food chain - Method validation - Part 3: Protocol for the verification of reference methods and validated alternative methods in a single laboratory, ISO, Geneva, Switzerland, 2021.
- [8] ปรีชา จิงสมานกุล. การทวนสอบวิธีทดสอบทางจุลชีววิทยา ISO 16140-3: 2021 Protocol for the verification of reference methods and validated alternative methods in a single laboratory. เอกสารประกอบการอบรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 4 พฤศจิกายน 2564.

- [9] International Organization for Standardization, ISO 16140-2:2016 - Microbiology of the food chain - Method validation - Part 2: Protocol for the validation of alternative (proprietary) methods against a reference method, ISO, Geneva, Switzerland, 2016.
- [10] International Organization for Standardization, ISO/IEC 17025:2017 - General requirements for the competence of testing and calibration laboratories, ISO, Geneva, Switzerland, 2017.
- [11] เสาวภา ปานศิริ, หทัยชนก สมสุระ, วิมล ภิรมย์รัตน์ และเนาวรัตน์ กำภูศิริ. (2566). การทวนสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์จำนวนแบคทีเรียทั้งหมดในน้ำนมดิบโดยใช้เทคนิค Flow cytometry. สืบค้นจาก <https://qcontrol.dld.go.th/images/stories/ejournal/analysis2566/22%20Method%20Verification%20of%20Enumeration%20of%20Total%20Bacterial%20Count%20in%20Raw%20Milk.pdf>.
- [12] พชรกร แก้วสำราญ. (กรกฎาคม 2566). การทวนสอบวิธีการตรวจสอบปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรีย พีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และ *E. coli* ในน้ำบริโภคน้ำ. สืบค้นจาก <https://phld.anamai.moph.go.th/th/news-anamai/download/?did=214523&id=109646&reload=>.

การศึกษาความเป็นไปได้ของผลิตภัณฑ์แผ่นอบกรอบจากไข่ฝำกับกระเจี๊ยบเขียว Feasibility Study of Crispy Product from Wolffia and Okra

วัลย์ลักษณ์ พันต่าย^{1*} และ ปานทิพย์ บุญส่ง¹

¹ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์และสังคม สาขาวิชาการจัดการนวัตกรรมการเพื่อธุรกิจและอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

*E-mail: valailuk.p@itd.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันขนมขบเคี้ยวเป็นตลาดที่มีแนวโน้มการขยายตัวสูง และได้รับการบริโภคมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ด้วยรสชาติที่อร่อย และตอบสนองความพึงพอใจของผู้บริโภคได้ในทุกช่วงวัย เช่น บรรเทาความหิว หรือทานเล่นระหว่างมื้ออาหารหลักได้ ประกอบกับขนมขบเคี้ยวสามารถนำติดตัวไปในที่ต่าง ๆ ได้สะดวก เพราะน้ำหนักเบา เก็บรักษาได้นาน ราคาไม่แพง แต่ด้วยขนมขบเคี้ยวมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต น้ำตาล และโซเดียมที่สูง ประกอบกับปัจจุบันพฤติกรรมการทานอาหารของผู้บริโภคเลือกซื้อสินค้าที่มีคุณภาพมากขึ้น ทำให้ขนมขบเคี้ยวถูกมองว่าเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่ต่ำ

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาความเป็นไปได้ของผลิตภัณฑ์แผ่นอบกรอบจากไข่ฝำกับกระเจี๊ยบเขียวสำหรับทานเป็นขนมขบเคี้ยวให้มีคุณค่าทางโภชนาการที่เพิ่มสูงขึ้นและสามารถทานได้ในทุกช่วงวัย โดยศึกษาความเป็นไปได้ของไข่ฝำกับกระเจี๊ยบเขียวที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 70:30 60:40 50:50 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด และทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพด้านสีและความหนาเบื้องต้น รวมถึงโมเดลธุรกิจ โดยผลการศึกษา พบว่า ความเป็นไปได้ของไข่ฝำกับกระเจี๊ยบเขียวที่อัตราส่วน 70:30 สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นได้ มีความหนาประมาณ 0.5 มิลลิเมตร และมีสีเขียวมเหลือง โดยอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 40 นาที โดยมีต้นทุนสำหรับการผลิต 1 ซอง คือ 17.46 บาท โดยสามารถจำหน่ายผลิตภัณฑ์ดังกล่าวในราคาให้ผู้บริโภคสามารถยอมรับได้ในราคาไม่เกิน 49 บาท รวมถึงได้ศึกษาโมเดลธุรกิจ Business Model Canvas (BMC) เพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของธุรกิจผลิตภัณฑ์แผ่นอบกรอบจากไข่ฝำกับกระเจี๊ยบเขียว ซึ่งผลิตภัณฑ์นี้จะเป็นทางเลือกหนึ่งที่เหมาะสมสำหรับผู้ที่ต้องการดูแลสุขภาพแต่ชื่นชอบในการทานขนมขบเคี้ยว อีกทั้งเป็นการส่งเสริมอาชีพเกษตรกรให้มีรายได้จากสินค้าเกษตรแปรรูปอีกด้วย

คำสำคัญ: ขนมขบเคี้ยว แผ่นอบกรอบ ไข่ฝำ กระเจี๊ยบเขียว โมเดลธุรกิจ

Abstract

Currently, the snack market is trending towards high expansion and continuous consumption due to its delicious taste and ability to satisfy consumers of all ages, such as relieving hunger or serving as a between-meal snack. Additionally, snacks are convenient to carry due to their lightweight, have a long shelf life, and affordable price. However, snacks often contain high amounts of carbohydrates, sugar, and

sodium. Moreover, current consumer behavior in food consumption tends to favor purchasing higher-quality products, causing snacks to be perceived as foods with low nutritional value.

Therefore, this research has conducted a feasibility study of crispy product from Wolffia and Okra as a snack with higher nutritional value suitable for all ages. The study examined the feasibility of Wolffia and Okra at three different ratios 70:30, 60:40, 50:50 of the total mixture weight. Also, they were tested preliminary physical properties such as color and thickness.

The study found that the ratio of Wolffia to Okra at 70:30 could be formed as a sheets which showed approximately 0.5 millimeters thickness and a yellowish-green color. The product was baked at a temperature of 150 degrees Celsius for 40 minutes. The production cost for one packet is 17.46 baht, and the product can be sold at a price acceptable to consumers, not exceeding 49 baht. Additionally, the Business Model Canvas (BMC) was studied to analyze the business feasibility of the crispy baked sheet product from Wolffia and Okra. This product serves as a suitable option for health-conscious individuals who enjoy snacking, while also promoting agricultural occupations by generating income from processed agricultural products.

Keywords: Snack, Crispy Product, Wolffia, Okra, Business Model

1. บทนำ

ขนมขบเคี้ยวเป็นตลาดที่มีแนวโน้มการขยายตัวสูง และได้รับความนิยมบริโภคมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยมีรสชาติอร่อยที่สามารถตอบสนองความพึงพอใจของผู้บริโภคได้ทุกช่วงวัยและในระยะเวลานาน เช่น สามารถบรรเทาความหิวหรือสำหรับทานเล่นระหว่างมื้ออาหารหลักได้ ประกอบกับขนมขบเคี้ยวสามารถนำติดตัวไปในที่ต่าง ๆ ได้สะดวก เพราะน้ำหนักน้อย เก็บรักษาได้นาน ราคาไม่แพง และทำให้ท้องอิ่ม [1] เนื่องจากมีส่วนผสมของคาร์โบไฮเดรตในปริมาณมาก จึงทำให้ขนมขบเคี้ยวกลายเป็นส่วนหนึ่งในชีวิตประจำวัน บางรายอาจรับประทานขนมขบเคี้ยวในปริมาณที่มากเกินไปเกินความต้องการ และต่อเนื่องอาจก่อให้เกิดโรคอ้วน โรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด โรคไต และสูญเสียความอยากอาหารมื้อหลักได้ รวมถึงอาจแพ้กลูเตนจากส่วนผสมของแป้งสาลีในขนมขบเคี้ยวได้ นอกจากนั้นในขนมขบเคี้ยวยังมีปริมาณน้ำตาลและโซเดียมสูง [2] ซึ่งในปัจจุบันพฤติกรรมกรรมการทานอาหารของผู้บริโภคได้ซื้อสินค้าที่มีคุณภาพมากขึ้น ทำให้ขนมขบเคี้ยวถูกมองว่าเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่ต่ำ

ด้วยเหตุนี้เอง ผู้วิจัยจึงได้เห็นความสำคัญของการทานขนมขบเคี้ยว จึงได้ศึกษาความเป็นไปได้ของผลิตภัณฑ์แผ่นอบกรอบจากไข่ฝักกับกระเจี๊ยบเขียว รวมถึงการศึกษาโมเดลธุรกิจของผลิตภัณฑ์แผ่นอบกรอบที่พัฒนาเป็นขนมขบเคี้ยวเล่นที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่เพิ่มสูงขึ้นและสามารถทานได้ในทุกช่วงวัย โดยกระเจี๊ยบเขียว (Okra) มีคุณสมบัติในการรักษาโรคกระเพาะอาหารและลำไส้ เพราะมีสารเมือกพวเพกทิน (Pectin) และกัม (Gum) ที่ช่วยเคลือบแผลในกระเพาะอาหารและลำไส้ อีกทั้งช่วยรักษาความดัน ช่วยบำรุงสมอง ทำให้ระบบขับถ่ายเป็นปกติ แก้ปัญหาการท้องผูกเรื้อรัง และช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเส้นเลือดให้คงที่ซึ่งเหมาะกับผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวาน [3] ประกอบกับไข่ฝัก (Wolffia) เป็นพืชที่มีการนำมาบริโภคตั้งแต่อดีตแต่ไม่เป็นที่นิยมของคนเมือง เพราะหาทานยาก ไม่ค่อยมีคนรู้จักพืชชนิดนี้ มักขึ้นเองตามแหล่งน้ำธรรมชาติ อาจทำให้มีสิ่งปนเปื้อน เกษตรกรจึงได้มีการนำไข่ฝักมาเพาะเลี้ยงในระบบปิดทำให้สามารถควบคุมสิ่งปนเปื้อนได้ ซึ่งจากการศึกษาของนักวิจัยในประเทศอินเดียและประเทศเยอรมนี [4] ได้ตีพิมพ์ลงในวารสารวิชาการ Food Chemistry Journal ปี 2017 พบว่า ไข่ฝักมีคุณค่าทางโภชนาการที่สูง ประกอบไปด้วยโปรตีน ลูทีน ไขมันโอเมก้า 3 และ 6 เบต้าแคโรทีน สารต้านอนุมูลอิสระ โยอาอาหาร และเป็นแหล่ง

โปรตีนจากพืชที่สำคัญที่มี BCAAs (Branched-Chain Amino Acids) ซึ่งเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับผู้แพ้โปรตีนประเภทอื่น เช่น นมวัว หรือมีปัญหาในการย่อยโปรตีนจากสัตว์ เป็นต้น ทำให้ไข่ผำได้ขึ้นชื่อว่าเป็นอาหารประเภท “Superfood” อีกด้วย [5]

โดยมีเนื้อหาสอดคล้องกับกรอบการวิจัยและนวัตกรรมของประเทศไทยในแพลตฟอร์มที่ 2 การวิจัยและสร้างนวัตกรรมเพื่อตอบโจทย์ท้าทายของสังคม โดยยกระดับการพัฒนาอย่างยั่งยืนในด้านทรัพยากรธรรมชาติ สิ่งแวดล้อม การเกษตร และการพัฒนาอย่างยั่งยืน รวมถึงเชื่อมโยงแผนงานวิจัยด้านพืชเพื่อตอบสนองความต้องการของประเทศ และพัฒนาความมั่นคงของเศรษฐกิจชุมชน โดยสร้างอาชีพด้านเพาะปลูก การแปรรูปให้เกษตรกรมีรายได้ ซึ่งเป็นการลดการพึ่งพาวัตถุดิบจากภายนอกประเทศและส่งเสริมการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ในประเทศไทย ซึ่งอาจนำไปสู่การจัดตั้งวิสาหกิจชุมชนอย่างเป็นระบบ และพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีมาตรฐานทางการค้าและขยายตลาดไปสู่ระดับภูมิภาคหรือนานาชาติ

ซึ่งผลิตภัณฑ์นี้ จะเป็นทางเลือกหนึ่งที่เหมาะสมสำหรับผู้ที่ต้องการดูแลสุขภาพแต่ชื่นชอบในการทำขนมขบเคี้ยว และอาหารอื่นจะเป็นการส่งเสริมและยกระดับความมั่นคงของชุมชนและนำไปสู่การผลิตสินค้าที่มีมาตรฐานจนเป็นที่ยอมรับ เพื่อพัฒนาไปสู่การผลิตในเชิงพาณิชย์ได้

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 การเตรียมวัตถุดิบ

2.1.1 นำไข่ผำจากบ้านบุหย่อง จังหวัดนครนายก ล้างให้สะอาด บีบน้ำออกให้แห้ง จากนั้นนำไปลวกให้พอสุกในน้ำเดือด เป็นระยะเวลา 2 นาที นำมาพักในน้ำเย็นจัด บีบน้ำออกให้แห้งอีกครั้ง และแบ่งปริมาณตามอัตราส่วนข้างต้น และนำไปปั่นให้ละเอียด

2.1.2 นำกระเจี๊ยบเขียวจากตลาดสดนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี โดยล้างให้สะอาด ตัดหัวออก จากนั้นนำไปลวกให้พอสุกในน้ำเดือด เป็นระยะเวลา 2 นาที นำมาพักในน้ำเย็นจัด และทำให้สะอาดน้ำอีกครั้ง จึงนำมาหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาดประมาณ 2.5 เซนติเมตร และแบ่งตามปริมาณอัตราส่วนข้างต้น และนำไปปั่นให้ละเอียด

2.2 การเตรียมตัวประสานเพื่อขึ้นรูปแผ่นอบกรอบจากไข่ผำกับกระเจี๊ยบเขียว

ศึกษาตัวประสานของแผ่นอบกรอบสำหรับการขึ้นรูป 3 ชนิด คือ แป้งมันสำปะหลัง ข้าวโอ๊ตบด และมันฝรั่งบด โดยชนิดของตัวประสานดังกล่าวหากขึ้นรูปแผ่นอบกรอบได้ จะนำมาใช้เป็นส่วนผสมหลักในการทดลองเพื่อหาอัตราส่วนที่แตกต่างกันที่เหมาะสมต่อไป

2.3 การผลิตแผ่นอบกรอบจากไข่ผำกับกระเจี๊ยบเขียว

เมื่อทดสอบตัวประสานที่เหมาะสมสำหรับการผลิตแล้ว ให้ดำเนินการศึกษาความเป็นไปได้ของอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ระหว่างไข่ผำกับกระเจี๊ยบเขียวโดยนำไข่ผำกับกระเจี๊ยบเขียวที่อัตราส่วนแตกต่างกันดังกล่าว มาปั่นผสมกับตัวประสานข้างต้น เพื่อหาความเป็นไปได้ของอัตราส่วนที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์แผ่นอบกรอบจากไข่ผำกับกระเจี๊ยบเขียว

ตารางที่ 1 ชนิดและปริมาณของตัวประสานสำหรับการเตรียมขึ้นรูปแผ่นอบกรอบจากไข่ผำกับกระเจี๊ยบเขียว

การทดลอง	ไข่ผำ (กรัม)	กระเจี๊ยบเขียว (กรัม)	ชนิดและปริมาณของตัวประสาน (กรัม)		
			แป้งมันสำปะหลัง	ข้าวโอ๊ตบด	มันฝรั่งบด
1	50	50	10	-	-
2	50	50	-	100	-
3	50	50	-	-	100

ตารางที่ 2 อัตราส่วนของไข่ผำกับกระเจี๊ยบเขียวสำหรับการศึกษาความเป็นไปได้ของผลิตภัณฑ์แผ่นอบกรอบจากไข่ผำกับกระเจี๊ยบเขียว

การทดลอง	ปริมาณ (กรัม)		
	ไข่ผำ	กระเจี๊ยบเขียว	มันฝรั่งบด
1	50	50	100
2	60	40	100
3	70	30	100



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

ภาพที่ 1 ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบและขึ้นรูปเพื่อผลิตแผ่นอบกรอบของไข่ผำกับกระเจี๊ยบเขียว

- ไข่ผำและกระเจี๊ยบเขียวดิบ
- กระเจี๊ยบเขียวที่ให้ความร้อนในอุณหภูมิ น้ำเดือด
- ไข่ผำปั่นละเอียด
- ไข่ผำและกระเจี๊ยบเขียวผสมกันและปั่นจนละเอียด
- ขึ้นรูปโดยเกลี่ยส่วนผสมลงบนแผ่นเทฟลอนสำหรับรองอบ
- ไข่ผำและกระเจี๊ยบเขียวระหว่างการอบให้ความร้อน

2.4 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์แผ่นอบกรอบจากไข่ผำกับกระเจี๊ยบเขียว

2.4.1 การทดสอบสี

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์แผ่นอบกรอบจากไข่ผำกับกระเจี๊ยบเขียว โดยจะใช้เครื่องวิเคราะห์ค่าสีในอาหาร (Spectrophotometer) ยี่ห้อ 3nh รุ่น NS810 เพื่อหาความแตกต่างของค่าสีในแต่ละการทดลอง โดยวัดค่าสีในระบบ CIE โดยค่าสีที่วัด ดังนี้

L* คือ ความสว่างของสี (lightness) โดยมีค่าจาก 0 คือสีดำ ถึง 100 คือสีขาว

โดย ค่า (+L*) แสดงถึงความเป็นสีขาว และค่า (-L*) แสดงถึงความเป็นสีดำ

a* คือ ค่าที่บ่งบอกความเป็นสีแดงและสีเขียวในตัวอย่าง (redness/ greenness)

โดย ค่า (+a*) แสดงถึงความเป็นสีแดง และค่า (-a*) แสดงถึงความเป็นสีเขียว

b* คือ ค่าที่บ่งบอกความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงินในตัวอย่าง (yellowness/ blueness)

โดยค่า (+b*) แสดงถึงความเป็นสีเหลือง และค่า (-b*) แสดงถึงความเป็นสีน้ำเงิน

โดยก่อนการวัดสีในอาหารทุกครั้งต้องปรับค่ามาตรฐานเครื่อง (calibration) โดยการวางหัววัดหาบนผิวหน้าของแผ่นสีขาวมาตรฐาน และกดปุ่ม measure เครื่องวัดสีในอาหารจะบันทึกค่าสีของแผ่นสีขาวมาตรฐานไว้ก่อนนำไปวัดสีอาหารในการทดลอง

2.4.2 การทดสอบความหนา

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพโดยทดสอบความหนาของผลิตภัณฑ์แผ่นอบกรอบจากไข่ฝักกับกระเจี๊ยบเขียว โดยจะใช้เครื่องเวอร์เนียร์คาลิเปอร์ ยี่ห้อ Mitutoyo รุ่น CD-6 CSX โดยสุ่มตัวอย่างของอัตราส่วนทั้ง 3 แบบ เพื่อวัดความหนาของแผ่นอบกรอบ จำนวน 9 จุด

2.5 การศึกษาอายุการเก็บรักษา

การศึกษายุของผลิตภัณฑ์แผ่นอบกรอบจากไข่ฝักกับกระเจี๊ยบเขียว โดยการวัดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพโดยการมองเห็นด้วยสายตาและการสัมผัส โดยแบ่งระยะการเก็บรักษาจนครบ 1 เดือน ในวันที่ 1 15 30 ดังนี้

2.5.1 สภาวะอุณหภูมิห้อง นำแผ่นอบกรอบ ปริมาณ 5 กรัม บรรจุใส่ถุงซิปล็อค หรือถุงกันชื้นปิดผนึก ซึ่งเก็บรักษาโดยวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง

2.5.2 สภาวะอุณหภูมิตู้เย็น นำแผ่นอบกรอบ ปริมาณ 5 กรัม บรรจุใส่ถุงซิปล็อคหรือถุงกันชื้นปิดผนึก ซึ่งเก็บรักษาโดยวางไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็น ในช่องแช่เย็นปกติที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

2.6 การศึกษาการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์แผ่นอบกรอบจากไข่ฝักกับกระเจี๊ยบเขียว

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์แผ่นอบกรอบจากไข่ฝักกับกระเจี๊ยบเขียว คือ กลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักศึกษา คนวัยทำงาน และคนที่รักสุขภาพ จำนวน 30 คน โดยการสำรวจความคิดเห็นในแต่ละด้านและประเมินให้คะแนนผลิตภัณฑ์แผ่นอบกรอบจากไข่ฝักกับกระเจี๊ยบเขียวตามความพึงพอใจของผู้บริโภคด้านต่าง ๆ คือ กลิ่น สี ลักษณะที่ปรากฏ การสัมผัสความกรอบ เนื้อสัมผัส และจึงนำคะแนนที่ได้ทำการหาค่าเฉลี่ย เพื่อวัดผลความพึงพอใจของผู้บริโภคเบื้องต้นรวมถึงข้อเสนอแนะที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์เพิ่มเติมไปใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป

2.7 การศึกษาต้นทุนการผลิตของผลิตภัณฑ์แผ่นอบกรอบจากไข่ฝักกับกระเจี๊ยบเขียว

คำนวณราคาต้นทุนการผลิตทั้งหมดที่เป็นราคาปัจจุบันของท้องตลาดที่ผู้วิจัยได้วัตถุดิบจากแหล่งชื้อนั้น ๆ รวมถึงต้นทุนบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์ ซึ่งได้สอบถามจากบริษัทและขอใบเสนอราคาจากบริษัทผลิตบรรจุภัณฑ์ ตลอดจนต้นทุนประชาสัมพันธ์ทางการตลาดที่ผ่านสังคมออนไลน์เบื้องต้น

2.8 การศึกษาโมเดลธุรกิจ Business Model Canvas

นำเครื่องมือเชิงกลยุทธ์ คือ Business Model Canvas มาคิดเป็นภาพรวม และทำให้จดจำเกี่ยวกับธุรกิจได้ง่าย โดยมี 9 องค์ประกอบ คือ กลุ่มลูกค้าหลัก (Customer Segments) คุณค่าของสินค้า (Value Proposition) ช่องทางการเข้าถึงสินค้า (Channels) ความสัมพันธ์กับลูกค้า (Customer Relationships) รูปแบบรายได้ (Revenue Streams) ทรัพยากรที่มี (Key Resources) กิจกรรมหลักที่ทำ (Key Activities) หุ่นส่วนหลัก (Key Partners) โครงสร้างต้นทุน (Cost Structure)

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ผลการเตรียมวัตถุดิบและเตรียมตัวประสานเพื่อขึ้นรูปแผ่นอบกรอบจากไข่ผำกับกระเจี๊ยบเขียว

ผลการศึกษาตัวประสานในอัตราส่วนที่ต่างกัน 3 ระดับ คือ 50:50 60:40 และ 70:30 และนำมาศึกษาตัวประสานที่เหมาะสมทั้ง 3 ชนิด ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการศึกษาตัวประสานและอัตราส่วนที่เหมาะสมกับการขึ้นรูปแผ่นอบกรอบจากไข่ผำกับกระเจี๊ยบเขียว

ทดสอบตัวประสานสำหรับขึ้นรูปแผ่นอบกรอบจากไข่ผำกับกระเจี๊ยบเขียว				
ลักษณะ	ประเภทตัวประสาน			
กายภาพ	ไม้ใส่ตัวประสาน	แป้งมันสำปะหลัง	ข้าวโอ๊ตบด	มันฝรั่งบด
ลักษณะปรากฏ	เป็นชิ้นเล็ก ๆ	เป็นแผ่นบาง ๆ	เป็นแผ่นหนา	เป็นแผ่นบาง ๆ
	ไม่เกาะกัน	0.5 มิลลิเมตร เกาะกัน	1.5 มิลลิเมตร	0.5 มิลลิเมตร
สี	เป็นแผ่น	เป็นแผ่นมากขึ้น	เนื้อมีความแน่นจากแป้ง	เนื้อมีความแน่น เกาะเป็นแผ่น
		ผิวไม่เงา	เกาะเป็นแผ่น	ผิวเงาเล็กน้อย
กลิ่น	สีเขียวเข้ม	สีเขียวเข้ม	สีเขียวอ่อน	สีเขียวอมเหลือง
	กลิ่นหอม	กลิ่นหอม	กลิ่นคล้ายแป้งดิบ	กลิ่นหอมอ่อน ๆ
เนื้อสัมผัส	คล้ายสาหร่าย	คล้ายสาหร่าย		จากมันฝรั่ง
	กรอบ แตกกร่วน	กรอบ แตกง่าย	กรอบแข็ง	กรอบ ไม่แข็ง

จากตารางที่ 3 ตัวประสานที่เหมาะสมสำหรับขึ้นรูปแผ่นอบกรอบจากไข่ผำกับกระเจี๊ยบเขียว พบว่า การผลิตแผ่นอบกรอบแบบไม้ใส่ตัวประสานมีลักษณะของแผ่นอบกรอบเป็นชิ้นเล็ก ๆ และป่น โดยมีแผ่นบางประมาณ 0.5 มิลลิเมตร ไม่เกาะติดกันเป็นแผ่น เนื่องจากสารพอลิแซ็กคาไรด์จากกระเจี๊ยบเขียวที่เป็นสารให้ความข้นหนืดลดลงระหว่างการผลิตที่อุณหภูมิสูงขึ้น และเมื่ออยู่ในอุณหภูมิปกติสารพอลิแซ็กคาไรด์จากกระเจี๊ยบเขียวไม่สามารถกลับมาหนืดขึ้นได้ จึงทำให้แผ่นอบกรอบมีเนื้อสัมผัสที่กรอบ และแตกกร่วน แต่ยังคงมีสีเขียวเข้ม กลิ่นหอมคล้ายสาหร่าย

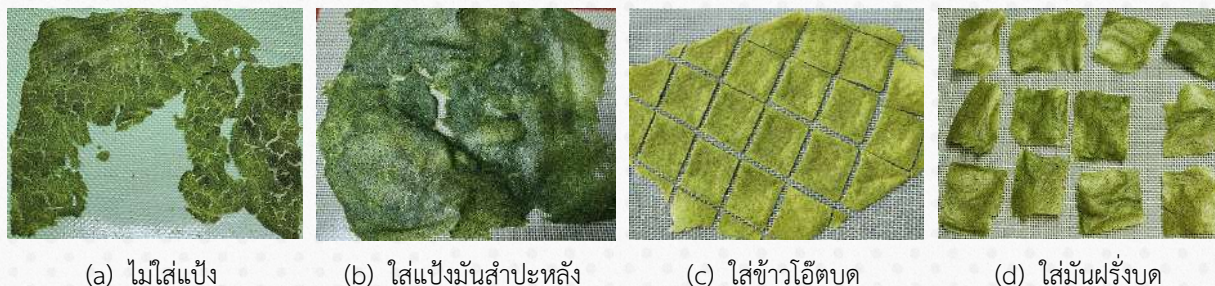
การใส่ตัวประสานประเภทแป้งมันสำปะหลัง มีลักษณะที่ปรากฏเป็นแผ่นบาง ๆ ประมาณ 0.5 มิลลิเมตร เกาะติดกันเป็นแผ่นมากขึ้น เนื่องจากแป้งมันสำปะหลังมีคุณสมบัติเหนียว หนืด เกาะกันเป็นก้อน ทำให้เมื่อผลิตแผ่นอบกรอบจึงทำให้เกาะติดกันเป็นแผ่นมากขึ้น เนื้อสัมผัสยังคงกรอบ แตกง่าย ผิวไม่เงา แผ่นอบกรอบมีสีเขียวเข้ม และกลิ่นหอมคล้ายสาหร่าย

การใส่ตัวประสานประเภทข้าวโอ๊ตบด มีลักษณะของแผ่นอบกรอบที่ปรากฏเป็นแผ่นหนาประมาณ 1.5 มิลลิเมตร เนื้อมีความแน่น หยิบเล็กน้อย และจับกันเป็นแผ่นจากแป้งข้าวโอ๊ตบด โดยแผ่นอบกรอบมีสีเขียวอ่อน กลิ่นคล้ายแป้งดิบ เนื้อสัมผัสมีความกรอบ และแข็งเล็กน้อย ทั้งนี้ แป้งข้าวโอ๊ตบดยังให้รสชาติและกลิ่นใกล้เคียงกับการใช้แป้งสาลี สามารถทดแทนกันได้ แต่มีความปลอดภัยมากกว่า เนื่องจากปราศจากกลูเตน ทำให้ปลอดภัยกับผู้แพ้อาหาร

การใส่ตัวประสานประเภทมันฝรั่งบด มีลักษณะของแผ่นอบกรอบที่ปรากฏเป็นแผ่นบาง ประมาณ 0.5 มิลลิเมตร เนื้อมีความแน่น ละเอียด เกาะกันเป็นแผ่น ไม่แตก ผิวเงาเล็กน้อย รวมถึงมีสีเขียวอมเหลือง มีกลิ่นหอมอ่อน ๆ จากมันฝรั่ง เนื้อสัมผัสมีความกรอบ และไม่แข็ง

ดังนั้น ผลการศึกษาตัวประสานเพื่อขึ้นรูปแผ่นอบกรอบจากไข่ผำกับกระเจี๊ยบเขียวที่เหมาะสมในการขึ้นรูป คือ มันฝรั่งบด เนื่องจากระหว่างการขึ้นรูปแผ่นอบกรอบมีการใช้อุณหภูมิสูง 150 องศาเซลเซียส แต่เนื้อสัมผัสของแผ่นอบกรอบยังคงมีความแน่น ละเอียด เกิดการเกาะตัวกันเป็นแผ่นได้ดี สีสวย มีผิวมันเงาเล็กน้อย กลิ่นหอม มีความกรอบ และไม่แข็ง

รวมถึงมันฝรั่งช่วยให้ท้องได้นาน บำรุงสมอง และมันฝรั่งมีแป้งต้านทานเมื่อสุกจะยิ่งเพิ่มปริมาณแป้งต้านทานและทำหน้าที่เป็นพรีไบโอติกช่วยบำรุงแบคทีเรียที่ดีในลำไส้ รวมถึงปราศจากกลูเตนตามธรรมชาติ ซึ่งเป็นทางเลือกที่ดีแก่ผู้ที่แพ้กลูเตนจากแป้งชนิดอื่น จึงสามารถบริโภคมันฝรั่งทดแทนได้ เหมาะกับนำไปหาอัตราส่วนในการผลิตแผ่นอบกรอบจากไข่ฝากับกระเจี๊ยบเขียว โดยมีผลการทดสอบตัวประสานสำหรับขึ้นรูปแผ่นอบกรอบ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การทดสอบตัวประสานที่เหมาะสมสำหรับขึ้นรูปแผ่นอบกรอบจากไข่ฝากับกระเจี๊ยบเขียว

3.2 ผลการทดสอบสี

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพด้านสีและความหนาของแผ่นอบกรอบจากไข่ฝากับกระเจี๊ยบเขียว

ผลิตภัณฑ์แผ่นอบกรอบจากไข่ฝากับกระเจี๊ยบเขียว					
อัตราส่วน ไข่ฝ่า : กระเจี๊ยบเขียว	คุณสมบัติทางกายภาพด้านสี			ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน (SD)	ความหนา (มิลลิเมตร)
	ค่าความสว่างสีดี/สีขาว ($\pm L^*$)	ค่าสีแดง/ค่าสีเขียว ($\pm a^*$)	ค่าสีเหลือง/ค่าสีน้ำเงิน ($\pm b^*$)		
50 : 50	46.61	-1.10	19.60	23.89	0.21
60 : 40	52.07	-3.62	20.26	27.95	0.22
70 : 30	52.73	-4.06	20.56	28.44	0.31

จากตารางที่ 4 พบว่า แผ่นอบกรอบจากไข่ฝากับกระเจี๊ยบเขียวที่ใช้มันฝรั่งบดเป็นตัวประสานเพื่อทดแทนการใช้แป้งในอัตราส่วน 50:50 60:40 และ 70:30 มีค่าการทดสอบสีแตกต่างกันตามลำดับ โดยอัตราส่วน 50:50 มีค่าความเข้มที่สุดเท่ากับ 46.61 อัตราส่วน 60:40 มีค่าความสว่างรองลงมา และอัตราส่วน 70:30 มีค่าความสว่างมากที่สุดและพบค่าสีแดง/ค่าสีเขียว ($\pm a^*$) ที่อัตราส่วน 50:50 60:40 และ 70:30 ให้ปริมาณสีเขียวมากกว่าสีแดงโดยมีผลการวิเคราะห์เท่ากับ -1.10 -3.62 และ -4.06 ตามลำดับโดยอัตราส่วน 70:30 ให้ปริมาณสีเขียวมากที่สุด เนื่องจากความหนาแน่นของไข่ฝ่าที่มีปริมาณร้อยละ 70 ซึ่งมากกว่าปริมาณของกระเจี๊ยบเขียวที่มีปริมาณร้อยละ 30 เป็นส่วนผสม ประกอบกับมีสารเพกทินเป็นองค์ประกอบทางเคมีที่มีลักษณะเป็นเมือกใส รวมถึงค่าสีเหลือง/ค่าสีน้ำเงิน ($\pm b^*$) ที่อัตราส่วน 50:50 60:40 และ 70:30 ให้ปริมาณสีเหลืองมากกว่าสีน้ำเงิน โดยมีผลการวิเคราะห์เท่ากับ 19.60 20.26 และ 20.56 ตามลำดับ โดยอัตราส่วน 70:30 ให้ปริมาณสีเหลืองมากที่สุดเนื่องจากอัตราส่วนนี้มีปริมาณไข่ฝ่าสูงถึงร้อยละ 70 และกระเจี๊ยบเขียวมีปริมาณร้อยละ 30 เท่านั้น จึงทำให้พบปริมาณสีเหลืองมากกว่าในกระเจี๊ยบเขียว เนื่องจากในไข่ฝ่ามีสารเบต้าแคโรทีนสูง ซึ่งเป็นวิตามินชนิดหนึ่งที่มีรงควัตถุ (pigment) ที่มีสารสีส้ม และสีเหลือง อยู่ในกลุ่มของแคโรทีนอยด์ (carotenoid)

ดังนั้น จากผลการวิเคราะห์ทางกายภาพด้านสีของแผ่นอบกรอบจากไข่ผำกับกระเจี๊ยบเขียว โดยมีการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านสีจากการมองเห็นด้วยสายตาจากผู้บริโภคด้วยแบบสอบถาม จำนวน 30 คน พบว่า อัตราส่วนที่ 70:30 ให้คุณภาพทางกายภาพด้านสีดีที่สุด และระหว่างการผลิตมีการใช้อุณหภูมิอบแห้งเท่ากันที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 40 นาที และอัตราส่วน 70:30 มีปริมาณไข่ผำสูงถึงร้อยละ 70 ซึ่งมากกว่าอัตราส่วนอื่น จึงทำให้แผ่นอบกรอบจากไข่ผำกับกระเจี๊ยบเขียวที่ผ่านการผลิตออกมามีสีเขียวอมเหลืองมากกว่าอัตราส่วนอื่นที่พบว่าสีเขียวเข้มอมน้ำตาล

3.3 ผลการทดสอบความหนา

จากตารางที่ 4 พบว่า ผลิตภัณฑ์แผ่นอบกรอบจากไข่ผำกับกระเจี๊ยบเขียวทั้ง 3 อัตราส่วน มีความหนาไม่แตกต่างกัน โดยอัตราส่วน 50:50 และอัตราส่วน 60:40 ผลิตภัณฑ์จะมีความหนาอยู่ในช่วง 0.21 และ 0.22 มิลลิเมตร ตามลำดับ และอัตราส่วน 70:30 ผลิตภัณฑ์จะมีความหนา 0.31 มิลลิเมตร ซึ่งมีความหนามากกว่าอัตราส่วนอื่นเนื่องจากความหนาแน่นของมวลไข่ผำที่มีปริมาณมากกว่ากระเจี๊ยบเขียว ซึ่งในกระเจี๊ยบเขียวจะมีสารเพกทินปริมาณมากที่มีลักษณะเป็นเมือกใส แต่หากถูกความร้อนจะทำให้เกิดการละลายได้ง่ายและทำให้มวลไข่ผำมาแทนที่ จึงทำให้อัตราส่วน 70:30 มีผลการทดสอบความหนามากกว่าอัตราส่วน 50:50 และ 60:40

3.4 ผลการศึกษาของอายุการเก็บรักษา

จากการศึกษาผลของอายุการเก็บรักษาด้วยการพิจารณาลักษณะทางกายภาพจากการสังเกตด้วยตาเปล่า และการสัมผัส จำนวน 2 สภาวะ ได้แก่ อุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิตู้เย็น (4 องศาเซลเซียส) จนครบ 1 เดือน ในวันที่ 1 15 30 สามารถสรุปได้ ดังนี้

การเก็บรักษาที่ระยะเวลา 15 วัน พบว่า ณ อุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิตู้เย็น สามารถเก็บรักษาและคงสภาวะเดิมได้ โดยไม่พบการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ซึ่งเนื้อสัมผัสยังคงมีความกรอบ และแตกหักได้ง่ายจากการออกแรงบีบหรือกด รวมถึงมีกลิ่นและสีคงเดิมเหมือนวันแรกที่ผลิต

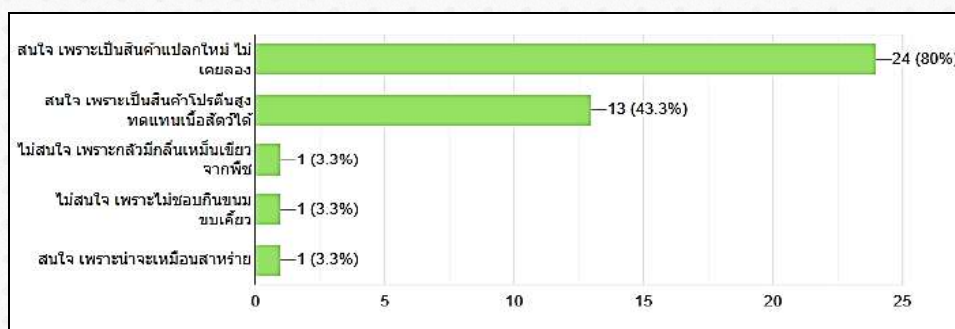
การเก็บรักษาที่ระยะเวลา 30 วัน พบว่า การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น โดย ณ อุณหภูมิห้อง มีการเปลี่ยนแปลงโดยเนื้อสัมผัสเริ่มมีความเหนียวเล็กน้อย แต่ยังคงแตกหักเองได้ มีกลิ่นคงเดิม แต่ผลิตภัณฑ์เริ่มมีสีเข้มและคล้ำขึ้นเล็กน้อย และในส่วนของอุณหภูมิตู้เย็นไม่พบการเปลี่ยนแปลง เนื้อสัมผัสมีความกรอบ แตกหักง่าย มีกลิ่นและสีคงเดิมเหมือนวันที่ผลิต

3.5 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค

พบว่า ผู้บริโภคส่วนมากชอบขนมขบเคี้ยวประเภทสาหร่ายและประเภทมันฝรั่งมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 63.30 โดยมีช่วงรับประทานขนมขบเคี้ยวมากที่สุด คือ ช่วงเวลาเย็นคิดเป็นร้อยละ 56.70

จากการรวบรวมข้อมูลของผู้บริโภคในการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ พบว่า ผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์ดังกล่าวสูงถึงร้อยละ 96.70 และสนใจจะซื้อผลิตภัณฑ์แผ่นอบกรอบจากไข่ผำกับกระเจี๊ยบเขียวอย่างแน่นอนสูงถึงร้อยละ 56.70 และอาจจะซื้อเพียงร้อยละ 43.30 รวมถึงสนใจที่จะรับประทานขนมขบเคี้ยวที่ผลิตจากไข่ผำกับกระเจี๊ยบเขียวเนื่องจากเป็นสินค้าแปลกใหม่ ไม่เคยลอง คิดเป็นร้อยละ 80.00 และเป็นสินค้าโปรตีนสูง สามารถทดแทนเนื้อสัตว์ได้ คิดเป็นร้อยละ 43.30 ดังภาพที่ 3 แสดงข้อมูลการตอบแบบสอบถามของผู้บริโภคที่สนใจรับประทานผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากไข่ผำกับกระเจี๊ยบเขียว

ประกอบกับหากพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นอบกรอบจากไข่ผำกับกระเจี๊ยบเขียวดังกล่าว ผู้บริโภคชื่นชอบที่จะรับประทานรสจัดธรรมชาติมากที่สุดเป็นอันดับที่ 1 คิดเป็นร้อยละ 56.70 และอันดับที่ 2 คือ รสเผ็ด คิดเป็นร้อยละ 43.30 และรสชาวนุ่มและหัวหอม คิดเป็นร้อยละ 36.70 และสนใจซื้อผลิตภัณฑ์ดังกล่าวโดยยอมรับได้ในราคาไม่เกิน 49 บาท/ซอง คิดเป็นร้อยละ 63.30 และราคา 49-59 บาท/ซอง คิดเป็นร้อยละ 33.30



ภาพที่ 3 แสดงข้อมูลการตอบแบบสอบถามของผู้บริโภคที่สนใจรับประทานผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่ผลิตจากไข่ฝักกับกระเจี๊ยบเขียว

3.6 ผลการวิเคราะห์โมเดลธุรกิจ

ผู้วิจัยเลือกใช้แผนธุรกิจแบบ Business Model Canvas (BMC) ในการวางแผนธุรกิจแผนรอบรอบจากไข่ฝักกับกระเจี๊ยบเขียว ในชื่อผลิตภัณฑ์ “WOLFFIA SMILE” ดังภาพที่ 4 เนื่องจากเป็นเครื่องมือที่ทำให้มองเห็นแผนธุรกิจในภาพรวมได้ง่าย และสะดวกต่อการนำไปใช้ประโยชน์ได้ครบถ้วน ดังตารางที่ 5 ดังนี้



ภาพที่ 4 บรรจุภัณฑ์แผนรอบรอบจากไข่ฝักกับกระเจี๊ยบเขียว ผลิตภัณฑ์ “WOLFFIA SMILE”

ตารางที่ 5 โมเดลธุรกิจ Business Model Canvas

1. Customer Segments	2. Value Proposition	3. Channel
คนรุ่นใหม่ ช่วงอายุระหว่าง 18-50 ปี ได้แก่ เพศชายและเพศหญิงในประเทศไทย ฐานเงินเดือน 15,000 บาท ขึ้นไป ประกอบไปด้วย - กลุ่มนักศึกษา - กลุ่มคนวัยทำงาน - กลุ่มคนที่รักสุขภาพ	เป็นสินค้าที่ดี มีประโยชน์ ไข่ฝักเป็นพืชที่อยู่ในกลุ่มของอาหาร Superfood มีโปรตีนสูงสามารถทดแทนเนื้อสัตว์ได้ รวมถึงกระเจี๊ยบเขียวเป็นพืชที่ช่วยย่อยและปรับสภาพลำไส้ให้เกิดความสมดุล	ช่วงแรกในการดำเนินธุรกิจ จะขายสินค้าผ่านช่องทางออนไลน์ ทั้งหมด 3 ช่องทาง ได้แก่ - Facebook - Shopee - Lazada

ตารางที่ 5 โมเดลธุรกิจ Business Model Canvas (ต่อ)

4. Customer Relationships จัดโปรโมชั่นส่งเสริมการขาย สินค้าทุกไตรมาส (3 เดือน) จัดให้มี สินค้า ขนาดทดลองเมื่อมีผลิตภัณฑ์ ใหม่ ๆ มีของสมนาคุณ เมื่อซื้อสินค้า ครบตามจำนวนที่กำหนดมีการ บริการหลังการขาย	5. Revenue Streams สัดส่วนรายได้มาจากการขาย สินค้าในประเทศ คือ จากการขาย ออนไลน์ ในรูปแบบจ่ายเงินสด แบ่ง ผ่อนชำระ และซื้อก่อนจ่ายทีหลังได้ รวมถึงมีรายได้มาจากตัวแทน จำหน่าย	6. Key Resource - พันธุ์ไข่ผ่า - ผักกระเจียบเขียว - ต้นทุเรียน - แรงงาน - ที่ดิน
7. Key Activities เป็นธุรกิจที่ผลิตอาหารแปรรูป เพื่อสุขภาพจากพืชที่มีโปรตีนสูง และส่งมอบผลิตภัณฑ์ที่ดี มีประโยชน์ และมีคุณภาพให้แก่ผู้บริโภค พร้อม ทั้งคิดค้นผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ อย่าง ต่อเนื่องเพื่อตอบสนองความต้องการ ที่หลากหลายของผู้บริโภค	8. Key Partners - เกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงไข่ผ่า - ร้านขายผักกระเจียบเขียวใน ตลาดสด - โรงงานรับผลิตสินค้า - บริษัทผลิตบรรจุภัณฑ์ และสติ๊กเกอร์ตราสินค้า - ผู้แทนจำหน่ายในการเริ่มต้น ธุรกิจ ภาคละ 1 คน	9. Cost Structure - พันธุ์ไข่ผ่า - ผักกระเจียบเขียว - จ้างโรงงานรับผลิตสินค้า - ค่าบรรจุภัณฑ์ และ สติ๊กเกอร์ตราสินค้า - ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ เช่น ค่า ประชาสัมพันธ์ทาง การตลาด

3.6.1 ลูกค้า (Customer Segments: CS)

ประกอบไปด้วย กลุ่มนักเรียน นักศึกษา กลุ่มคนวัยทำงาน และกลุ่มคนที่รักสุขภาพ โดยผู้บริโภคกลุ่มนี้มีไลฟ์สไตล์หรือพฤติกรรมด้านสุขภาพ คือ ชอบทานขนมขบเคี้ยว ชอบทานอาหารทานเล่นระหว่างวันหรือรองท้องมื้อดึก รวมถึงชอบทานอาหารที่มีโปรตีน อิ่มท้อง และสามารถทดแทนเนื้อสัตว์ได้ในรูปแบบต่าง ๆ ที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย

3.6.2 คุณค่าของสินค้า (Value Propositions: VP)

เนื่องจากผลิตภัณฑ์แผ่นอบกรอบจากไข่ผำกับกระเจียบเขียว ตราสินค้า “WOLFFIA SMILE” เป็นสินค้าที่ดี มีประโยชน์ โดยไข่ผำเป็นพืชที่อยู่ในกลุ่มของอาหาร Superfood ซึ่งมีโปรตีนสูงสามารถทดแทนเนื้อสัตว์ได้ รวมถึงกระเจียบเขียวเป็นพืชที่ช่วยย่อยอาหารและปรับสภาพลำไส้ให้เกิดความสมดุล ด้วยเหตุผลนี้เอง จึงทำให้ผลิตภัณฑ์นี้มีคุณค่ากับผู้บริโภค ซึ่งหากผู้บริโภคซื้อสินค้าเพราะสินค้ามีความแปลกใหม่ ผู้บริโภคอาจซื้อเพียงครั้งเดียว และหากผู้บริโภคไม่ชอบผลิตภัณฑ์ผู้บริโภคก็จะไม่ซื้ออีกในครั้งถัดไป

3.6.3 ช่องทางการขายสินค้า (Channels: CH)

ผลิตภัณฑ์แผ่นอบกรอบจากไข่ผำกับกระเจียบเขียว ตราสินค้า “WOLFFIA SMILE” มีช่องทางการจำหน่ายผ่านทางออนไลน์ 3 ช่องทาง ได้แก่ Facebook, Shopee, Lazada

3.6.4 ความสัมพันธ์กับลูกค้า (Customer Relationships: CR)

ผลิตภัณฑ์แผ่นอบกรอบจากไข่ผำกับกระเจียบเขียว ภายใต้ตราสินค้า “WOLFFIA SMILE” ได้สร้างความสัมพันธ์กับลูกค้า เพื่อให้เกิดการใช้สินค้าต่อเนื่องโดยมีการส่งเสริมการขายเป็นประจำทุกไตรมาส ดังนี้

- โปรโมชั่นสินค้า เช่น การซื้อสินค้าแบบ 1 แกรม 1, การลดราคาสินค้า 50% และขึ้นที่ 2 ราคา 1 บาท
- สินค้าขนาดทดลอง เมื่อมีสินค้ารสชาติใหม่ ๆ จะมีสินค้าขนาดทดลองให้ผู้บริโภคทดลองทานสินค้าเพื่อรับข้อเสนอแนะในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ หรือเพิ่มความสนใจกลุ่มอาหารประเภทอื่นให้กับผู้บริโภค
- ของสมนาคุณ เมื่อผู้บริโภคซื้อสินค้าครบ 300 บาท จะได้รับกระเป๋าผ้า Shopping bag จำนวน 1 ใบ
- การบริการหลังการขาย หากผู้บริโภคไม่พึงพอใจในสินค้าสามารถคืนสินค้าได้ ทั้งนี้ สินค้าที่ผลิตได้เน้นทั้งคุณภาพ และปริมาณสินค้า ซึ่งมีความเหมาะสมกับราคา คือราคา 49 บาท

3.6.5 รายได้หลัก (Revenue Streams: RS)

รายได้หลักมาจากการจำหน่ายสินค้าในประเทศ โดยหากจำหน่ายสินค้าแบบซื้อแล้วจำหน่ายทางตรงให้ผู้บริโภคเพียงอย่างเดียวอาจทำให้มีรายได้ไม่เพียงพอ จึงทำให้ต้องมีการปรับรูปแบบการได้มาของรายได้บางส่วนโดยมีรายละเอียดสัดส่วนรายได้ ดังนี้

- รายได้จากผู้ผลิตขายสินค้าเอง

ผู้ผลิตจำหน่ายสินค้าเองผ่านทาง Facebook Official ผู้บริโภคจะสามารถชำระเงินแบบทางตรงได้ทันที คือ จ่ายเงินแบบเงินสด หรือโอนเงินรูปแบบ PromptPay เป็นแบบจ่ายครั้งเดียวจบแต่ส่วนในช่องทางออนไลน์ที่เป็นแพลตฟอร์ม เช่น ทาง Shopee และ Lazada ที่เป็นช่อง Official สามารถเพิ่มสัดส่วนรายได้แบบทางอ้อมให้ธุรกิจเราได้ คือ ดอกเบี้ย ซึ่งมาจากการจ่ายเงินแบบผ่อนชำระ และจ่ายเงินแบบซื้อก่อนจ่ายทีหลังได้ ทั้งนี้ ลูกค้าสามารถใช้รูปแบบการจ่ายเงินแบบนี้ได้ตั้งแต่การซื้อสินค้าเพียงชิ้นแรกผ่านทาง Shopee Official และ Lazada Official ที่ผู้ผลิตได้ตั้งร้านค้าไว้บนแพลตฟอร์มดังกล่าว

- รายได้จากตัวแทนจำหน่าย

เมื่อทำธุรกิจระยะหนึ่งแล้ว จึงเริ่มมีการขยายฐานลูกค้าและต้องการกระจายรายได้ให้หลากหลายขึ้น จึงมีตัวแทนภาคละ 1 คน เพื่อเป็นตัวแทนจำหน่ายสินค้า และเป็นการเพิ่มสัดส่วนรายได้อีกช่องทางหนึ่งที่จะสร้างกำไรที่เพียงพอในการประกอบธุรกิจต่อไปในอนาคต

3.6.6 ทรัพยากรหลัก (Key Resources: KR)

ผลิตภัณฑ์แผ่นอบกรอบจากไข่ผำกับกระเจี๊ยบเขียว ภายใต้ตราสินค้า “WOLFFIA SMILE” ประกอบธุรกิจเกี่ยวกับการแปรรูปไข่ผำเป็นหลัก โดยมีทรัพยากรหลักของธุรกิจ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

- ทรัพยากรส่วนที่ธุรกิจของเรามีอยู่

ได้แก่ พันธุ์ไข่ผำ พันธุ์กระเจี๊ยบเขียว และเงินทุน เนื่องจากพันธุ์ไข่ผำ และกระเจี๊ยบเขียวเป็นทรัพยากรหลักที่เป็นพืช ที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่ดี ซึ่งเหมาะที่จะนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปในรูปแบบต่าง ๆ ให้เป็นที่รู้จักของผู้บริโภคมากขึ้น อีกทั้งยังมีเงินทุนที่สามารถนำไปผลิตสินค้าได้

- ทรัพยากรส่วนที่ธุรกิจของเราจะต้องมีในอนาคต

ได้แก่ ที่ดิน และแรงงาน เนื่องจากธุรกิจได้ดำเนินการมาเป็นระยะหนึ่งแล้ว และมีการขยายตัว ผู้บริโภคจะรู้จักคุณค่าสินค้าและตราสินค้าของเรามากขึ้น อาจทำให้ต้องเร่งอัตราการผลิตของสินค้าให้มากขึ้น ทั้งนี้ จึงต้องมีที่ดินสำหรับการเก็บสินค้าเพื่อส่งมอบผลิตภัณฑ์ให้กับตัวแทนจำหน่าย หรือสำหรับการจำหน่ายให้กับลูกค้าเองโดยตรง ส่งผลให้ต้องมีทรัพยากรด้านคน หรือแรงงานเข้ามาช่วยจัดเรียงสินค้า เช็ควางานสินค้า และขนส่ง เป็นต้น

3.6.7 กิจกรรมที่ขับเคลื่อนธุรกิจ (Key Activities: KA)

งานหลักที่ขับเคลื่อนตราสินค้า “WOLFFIA SMILE” เป็นธุรกิจที่ผลิตอาหารแปรรูปเพื่อสุขภาพจากพืชที่มีโปรตีนสูง และส่งมอบผลิตภัณฑ์ที่ดี มีประโยชน์ และมีคุณภาพให้แก่ลูกค้า พร้อมทั้งคิดค้นผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ อย่างต่อเนื่องเพื่อตอบสนองความต้องการที่หลากหลายของผู้บริโภคในอนาคต เช่น

- กลุ่มขนมขบเคี้ยว ได้แก่ แบบซุบแป้งทอดเทมปุระ, แบบมันโรล
- กลุ่มอาหารเสริม ได้แก่ แบบผงโรยข้าว เพื่อเพิ่มโปรตีนสำหรับเด็ก
- กลุ่มเครื่องดื่ม ได้แก่ ผลิตภัณฑ์น้ำไฟเบอร์สกัดใช้ผ่านสมโยอาหาร เป็นต้น

3.6.8 พันธมิตร (Key Partners: KP)

ผลิตภัณฑ์แผ่นอบกรอบจากไข่ผำกับกระเจี๊ยบเขียว ภายใต้ตราสินค้า “WOLFFIA SMILE” ได้มีคู่ค้าในการดำเนินธุรกิจ 4 กลุ่ม เพื่อช่วยเราในการผลิตสินค้าให้มีคุณภาพ และตรงตามความต้องการ โดยได้หาคู่ค้าที่ดี และพร้อมให้โอกาส รวมถึงคำแนะนำที่ดีสำหรับการเริ่มต้นธุรกิจใหม่ในอนาคต ดังนี้

ที่จำหน่ายวัตถุดิบหลักให้กับผลิตภัณฑ์

- ไข่ผำ จาก กลุ่มเกษตรกรบ้านบุญยอง ต.บ้านนา อ.เมือง จ.นครนายก
- กระเจี๊ยบเขียว จาก ตลาดสดนนทบุรี ต.ตลาดขวัญ อ.เมือง จ.นนทบุรี

โรงงานที่รับจ้างผลิตสินค้า (Original Equipment Manufacturer; OEM)

กรณีที่ธุรกิจมีการขยายตัวในอนาคต อาจมีความจำเป็นต้องจ้างโรงงานผลิตสินค้าเพื่อให้มีสินค้ารองรับกับความต้องการของลูกค้าที่มีปริมาณมากขึ้น โดยมีโรงงานที่รับจ้างผลิตสินค้า ดังนี้

- บริษัท แสบปี้ เวจจี จำกัด โรงงานที่รับผลิตสินค้าขายในตราสินค้าของตนเองโดยผลิตสินค้า และใช้กระบวนการผลิตต่าง ๆ ตามแบบที่กำหนด
- บริษัท โอเพนแลนด์ ฟู้ดส์ จำกัด โรงงานที่รับผลิตสินค้าขายในตราสินค้าของตนเองโดยผลิตสินค้า และใช้กระบวนการผลิตต่าง ๆ ตามแบบที่กำหนด

โรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์สินค้าและสติ๊กเกอร์ตราสินค้า

- บริษัท พลอยการพิมพ์ จำกัด บริษัทที่รับผลิตบรรจุภัณฑ์สินค้าและสติ๊กเกอร์ ตราสินค้า ขึ้นต่ำ 1 แผ่น งานพิมพ์ 5 สี และขนส่งฟรีในเขตพื้นที่กรุงเทพและปริมณฑล
- บริษัท ออลพรีนโอเค จำกัด บริษัทที่รับผลิตบรรจุภัณฑ์สินค้า ขึ้นต่ำ 1 ใบ ฟรีค่าบล็อก งานพิมพ์ 5 สี และขนส่งฟรีในเขตพื้นที่กรุงเทพและปริมณฑล

ผู้แทนจำหน่ายสินค้า

ระยะที่ 1 วางแผนการจำหน่ายผลิตภัณฑ์แผ่นอบกรอบจากไข่ผำกับกระเจี๊ยบเขียว ภายใต้ตราสินค้า “WOLFFIA SMILE” ผ่านทาง Facebook Official, Shopee, Lazada และเมื่อมีรายได้เกิดขึ้นจะมีการเปิดรับคู่ค้า เพื่อกระจายรายได้ให้ผู้ขายที่เป็นตัวแทนจำหน่ายสินค้า เริ่มต้นที่ภาคละ 1 คน คือ ภาคเหนือ ภาคอีสาน ภาคกลาง และภาคใต้ โดยสามารถขายสินค้าตามช่องทางที่ผู้ขายต้องการได้ทั้งทางหน้าร้าน และทางออนไลน์ ซึ่งหากผู้แทนจำหน่ายขายผ่านช่องทางออนไลน์จะเกิดความสะดวกต่อการขายมากกว่าการขายผ่านหน้าร้านเนื่องจากมีต้นทุนต่ำ เข้าถึงฐานลูกค้าได้ง่าย และจำนวนมาก เนื่องจากปัจจุบันผู้บริโภคหันมาซื้อสินค้าผ่านช่องทางออนไลน์มากขึ้น แต่หากขายหน้าร้าน ก็เป็นช่องทางหนึ่งที่ดีสำหรับกลุ่มลูกค้าเป้าหมายกลุ่มใหม่ในอนาคต ซึ่งจะทำให้กลุ่มลูกค้าพบเห็นสินค้าได้ง่ายจากหน้าร้านหากลูกค้ากลุ่มดังกล่าวไม่ได้ซื้อสินค้าผ่านช่องทางออนไลน์เป็นประจำ

ระยะที่ 2 เมื่อผู้ผลิตและตัวแทนจำหน่ายของแต่ละภาคมีการบริหารจัดการแบบร่วมมือจำหน่ายสินค้า ไปสักระยะหนึ่งแล้ว จนผู้บริโภครู้จักสินค้ามากขึ้นและเริ่มมีผู้แทนจำหน่ายมากขึ้น ผู้ผลิตจะสามารถส่งต่อสินค้าที่ส่งมาจากช่องทางหลัก เช่น Facebook Official, Shopee, Lazada ให้กับตัวแทนได้ เพื่อให้ตัวแทนจำหน่ายรายใหม่ที่ยังไม่มีรายได้ ส่งเสริมให้มีรายได้เพิ่มขึ้นจากช่องทางดังกล่าว

3.6.9 ต้นทุน (Cost Structure: CS)

หากผลิตสินค้าในปริมาณที่มากขึ้น ซึ่งรวมค่าวัตถุดิบ ค่าขนส่ง ค่าการตลาด และการดำเนินการต่าง ๆ โดยผลิตสินค้า จำนวน 100 ซอง จะมีต้นทุนสำหรับการผลิต 1 ซอง คือ 17.46 บาท โดยสามารถจำหน่ายผลิตภัณฑ์ดังกล่าวในราคาที่ผู้บริโภคสามารถยอมรับได้ในราคาไม่เกิน 49 บาท

4. บทสรุป

ผลิตภัณฑ์แผ่นอบกรอบจากไข่ผำกับกระเจี๊ยบเขียวที่อัตราส่วน 70:30 โดยใช้มันฝรั่งบดเป็นตัวประสาน และนำไปผ่านกระบวนการอบแห้งด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที มีความเหมาะสมที่สุด โดยพบว่าคุณสมบัติทางกายภาพมีเนื้อสัมผัสเรียบเนียน เกิดความมันเงาเล็กน้อย และเกาะเป็นแผ่นได้ดีกว่าการใช้แป้งมันสำปะหลัง และข้าวโอ๊ตบด ซึ่งผลการวิเคราะห์คุณสมบัติด้านสี พบว่า แผ่นอบกรอบจากไข่ผำกับกระเจี๊ยบเขียวมีสีเหลืองอมเหลือง โดยค่าการทดสอบความสว่าง ($\pm L^*$) คือ 52.73 มีค่าความสว่างมากที่สุด ค่าการทดสอบสีเขียว ($\pm a^*$) คือ -4.06 ให้ปริมาณสีเขียวมากกว่าสีแดง และค่าการทดสอบสีเหลือง ($\pm b^*$) คือ 20.56 ให้ปริมาณสีเหลืองมากกว่าสีน้ำเงิน และพบว่า แผ่นอบกรอบมีความหนาประมาณ 0.31 มิลลิเมตร โดยในส่วนของ การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แผ่นอบกรอบจากไข่ผำกับกระเจี๊ยบเขียวในอุณหภูมิห้อง ไม่พบการเปลี่ยนแปลง สามารถคงสภาพรูปลักษณ์ภายนอกและเนื้อสัมผัสมีความกรอบที่เก็บรักษาได้ในระยะเวลา 15-30 วัน ส่วนการเก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง สามารถคงสภาพและเก็บรักษาได้ในระยะเวลา 15 วัน โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่หากเก็บรักษาในระยะเวลา 30 วัน เนื้อสัมผัสเริ่มมีความเหนียวเล็กน้อย มีสีเข้มขึ้นเล็กน้อย กลิ่นคงเดิมและแตกหักเองได้ รวมถึงได้ทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคและศึกษาแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นอบกรอบจากไข่ผำกับกระเจี๊ยบเขียว พบว่า ผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์ดังกล่าวในระดับร้อยละ 96.70 และสนใจจะซื้อผลิตภัณฑ์นี้อย่างแน่นอนที่ระดับร้อยละ 56.70 รวมถึงสนใจที่จะรับประทานขนมขบเคี้ยวที่ผลิตจากไข่ผำกับกระเจี๊ยบเขียวเนื่องจากเป็นสินค้าแปลกใหม่ ไม่เคยลองที่ระดับร้อยละ 80.00 และเป็นสินค้าโปรตีนสูง สามารถทดแทนเนื้อสัตว์ได้ที่ระดับร้อยละ 43.30 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยเรื่อง ผำ: พืชขนาดเล็กและแหล่งโปรตีนทางเลือกเพื่อสุขภาพ [6] ที่ระบุว่าไข่ผำมีโปรตีนสูงถึง 45 กรัม ที่สามารถรับประทานทดแทนเนื้อสัตว์ได้รวมถึงสนใจซื้อผลิตภัณฑ์ดังกล่าวโดยยอมรับได้ในราคาไม่เกิน 49 บาท/ซอง คิดเป็นร้อยละ 63.30 และราคา 49-59 บาท/ซอง คิดเป็นร้อยละ 33.30

5. ข้อเสนอแนะ

5.1 สามารถนำผลิตภัณฑ์แผ่นอบกรอบจากไข่ผำกับกระเจี๊ยบเขียวไปเพิ่มรสชาติอื่น ๆ ได้ตามความชอบและเหมาะสมกับบุคคลแต่ละวัย

5.2 หากต้องการยืดอายุผลิตภัณฑ์แผ่นอบกรอบจากไข่ผำกับกระเจี๊ยบเขียวให้มีความกรอบนานขึ้นและไม่ให้เกิดกลิ่นหืนควรเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ด้วยสารวัตถุกันขึ้น

5.3 งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแผ่นอบกรอบจากไข่ผำกับกระเจี๊ยบเขียว โดยใช้เตาอบขนาดเล็กที่ใช้ในครัวเรือน ทำให้ผลิตได้ในปริมาณไม่มาก ดังนั้น หากต้องการเพิ่มศักยภาพในการผลิตทั้งด้านปริมาณและลดระยะเวลาการผลิตเพื่อให้ได้ปริมาณครั้งละมาก ๆ อาจจะต้องใช้เครื่องจักรหรือเตาอบประเภทอุตสาหกรรมมาช่วยในการผลิต เป็นต้น

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณาจารย์ทุกท่านจากวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์และสังคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือและ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปานทิพย์ บุญส่ง ที่ให้คำปรึกษา แนะนำ ตลอดจนช่วยชี้แนะแนวทางการทำวิจัยที่สนับสนุนให้การดำเนินงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี รวมถึงขอขอบพระคุณ

บิดา มารดาที่ได้อบรมสั่งสอน และให้กำลังใจ ตลอดจนสนับสนุนในการศึกษาและให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง และขอขอบคุณเพื่อน ๆ ที่ให้ความช่วยเหลือ และความร่วมมือเป็นอย่างดี

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] วิษณีย์ ยืนยงพุทธกาล และคณะ. โครงการการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากสาหร่ายผักกาดทะเลสำหรับเด็กวัยเรียน. โครงการวิจัยประเภทงบประมาณรายได้จากทุนอุดหนุนรัฐบาล มหาวิทยาลัยบูรพา และศูนย์วิจัยและพัฒนา ประมงชายฝั่งตราด. 2558.
- [2] โรงพยาบาลวิชัยยุทธ. (2567). [ออนไลน์]. ขนมถุงอร่อย แต่ทำลายสุขภาพ. สืบค้นเมื่อ 9 กุมภาพันธ์ 2567. จาก <https://www.vichaiyut.com/th/health/informations/ขนมถุงทำลายสุขภาพ/>
- [3] นิตดา หงษ์วิวัฒน์. กระเจี๊ยบเขียว กระเจี๊ยบมอญ สรรพคุณกระเจี๊ยบเขียว. 18(2554) 18-19.
- [4] K-J Appenroth, K. S. Sree, V. Bohm, S. Hammann, W. Vetter, M. Leiterer, G. Jahreis, Nutritional value of duckweeds (Lemnaceae) as human food. *Food Chemistry*. 217(2018) 266-273.
- [5] The Bangkok insight Top News (12 กุมภาพันธ์ 2567). ไข่ผ่าพืชน้ำโปรตีนสูง เพาะง่ายไว้รับประทาน หรือใช้เป็นอาหารสัตว์. สืบค้นจาก <https://thaitopnews.info/ไข่ผ่า-พืชน้ำโปรตีนสูง-เพ/>
- [6] วนิตา ปานอุทัย. ผำ: พืชน้ำขนาดเล็กและแหล่งโปรตีนทางเลือกเพื่อสุขภาพ. 50(2563) 28-36.

การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิผลระหว่างการฉีดโบทูลินัมทอกซินเอเข้าใต้ผิวหนัง
ร่วมกับยาทารักษาสิวมาตรฐานเทียบกับยาทารักษาสิวมาตรฐานเพียงอย่างเดียว
ในการรักษาสิบบริเวณคางในวัยผู้ใหญ่

A Comparative Study for the Effectiveness Between Intradermal Botulinum
Toxin A Injection Combined with Standard Topical Acne Treatment Versus
Standard Topical Acne Treatment Alone in the Treatment
of Adult Chin Acne

กฤษฎีศิริ โปชะกฤษณะ^{1*} และ อานนท์ ไพจิตโรจนา¹

¹ สำนักวิชาเวชศาสตร์ชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง กรุงเทพมหานคร

*E-mail: kritsiree.poshakrishna@gmail.com

บทคัดย่อ

สิวเป็นโรคผิวหนังที่พบบ่อยและมีผลกระทบต่อคุณภาพชีวิต โดยเฉพาะในผู้ใหญ่ที่มักพบสิบบริเวณคางและแนวกราม ปัจจัยสำคัญในการเกิดสิว ได้แก่ การผลิตซีบัมที่มากเกินไป การอักเสบของรูขุมขนและการหนาตัวของเซลล์ผิวหนังที่ปากรูขุมขน โบทูลินัมทอกซินเอ (Botulinum toxin type A) ซึ่งเป็นสารที่สามารถยับยั้งการหลั่งอะเซทิลโคลีน อาจมีบทบาทในการลดการทำงานของต่อมไขมันและการอักเสบ จึงมีศักยภาพในการช่วยลดสิวโดยเฉพาะเมื่อใช้ร่วมกับการรักษามาตรฐาน การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพของการฉีดโบทูลินัมทอกซินเอใต้ผิวหนัง (intradermal injection) ร่วมกับการใช้ยาทารักษาสิวมาตรฐานในการลดจำนวนสิว ระดับความมัน และเพิ่มความพึงพอใจของผู้ป่วย โดยใช้การวิจัยเชิงทดลองทางคลินิกแบบไปข้างหน้ามีกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมคนละกลุ่มเลือกใช้การรักษาแบบสุ่มโดยปกปิดผู้ประเมินอาสาสมัครที่เข้าร่วมได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นสิวกอักเสบความรุนแรงน้อยถึงปานกลางที่บริเวณคาง อายุ 18-50 ปี จำนวน 24 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองได้รับการฉีดโบทูลินัมทอกซินเอใต้ผิวหนังร่วมกับการทายา 5% Benzoyl peroxide และ Clindamycin gel เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ได้รับเฉพาะยาทา ประเมินผลลัพธ์ที่ 1, 2, 4, 8 และ 12 สัปดาห์ โดยวัดจำนวนสิวแต่ละชนิด ระดับความมัน และคะแนนความพึงพอใจ ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มที่ได้รับโบทูลินัมทอกซินเอ มีการเปลี่ยนแปลงจำนวนสิวกหัวปิดลดลงอย่างมีนัยสำคัญในสัปดาห์ที่ 2 และ 4 และสิวกชนิดตุ่มหนองลดลงในสัปดาห์ที่ 1 และ 2 เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ระดับความมันบริเวณคางลดลงมากในกลุ่มฉีดยาในทุกช่วงเวลา และผู้ป่วยมีความพึงพอใจสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามไม่พบผลข้างเคียงรุนแรง สรุปได้ว่า การฉีดโบทูลินัมทอกซินเอใต้ผิวหนังร่วมกับยาทารักษาสิวมาตรฐานสามารถช่วยลดจำนวนสิวกบางชนิดและความมันซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดสิบบริเวณคางได้เร็วขึ้นโดยเฉพาะช่วงแรกของการรักษา ช่วยเพิ่มความพึงพอใจของผู้ป่วย และมีความปลอดภัย อาจพิจารณาในรายที่ต้องการฉีดลดริ้วรอยร่วมด้วย เพื่อความคุ้มค่าของการใช้โบทูลินัมทอกซินเอ

คำสำคัญ: โบทูลินัมทอกซินเอ สิว ซีบัม ความมันบนใบหน้า ยาทารักษาสิว การฉีดยาใต้ชั้นผิวหนัง

Abstract

Acne is a common dermatologic condition that impacts quality of life, particularly among adults, with lesions frequently occurring on the chin and jawline. Major contributing factors include excessive sebum production, follicular inflammation, and hyperkeratinization. Botulinum toxin type A (BoNT-A), known for its ability to inhibit acetylcholine release, may reduce sebaceous gland activity and inflammation. This study aimed to evaluate the efficacy of intradermal BoNT-A injection combined with standard topical acne treatment in reducing lesion counts, facial oiliness, and improving patient satisfaction. An experimental, prospective, randomized, single-blinded clinical study was conducted involving 24 participants aged 18–50 years who were diagnosed with mild to moderate inflammatory acne on the chin. Participants were randomly assigned to either an experimental group or a control group. The experimental group received intradermal BoNT-A injections in combination with 5% benzoyl peroxide and clindamycin gel, while the control group received topical treatment alone. Assessments were conducted at weeks 1, 2, 4, 8, and 12. Results showed significantly greater reductions in closed comedones (weeks 2 and 4) and papules (weeks 1 and 2) in the BoNT-A group compared to the control. Sebum levels at the chin were consistently lower in the BoNT-A group, and patient satisfaction scores were significantly higher throughout the study. No serious adverse effects were observed. In conclusion, intradermal BoNT-A injection appears to accelerate improvement in certain acne lesions and reduce sebum production more effectively during the early phase of treatment. It is well tolerated and may be considered for patients seeking combined acne and wrinkle treatment benefits.

Keywords: Botulinum toxin type A, acne vulgaris, sebum production, topical therapy, intradermal injection

1. บทนำ

สิวเป็นโรคผิวหนังที่พบได้บ่อยในทุกช่วงวัย โดยเฉพาะในวัยรุ่นและวัยผู้ใหญ่ตอนต้น โดยปัจจุบันพบสิวในผู้ใหญ่ (Adult acne) มากขึ้น โดยเฉพาะในกลุ่มผู้หญิงวัยผู้ใหญ่ตอนต้นและวัยกลางคน สิวในผู้ใหญ่มักปรากฏในบริเวณใบหน้า เช่น คาง กราม และลำคอ ซึ่งอาจเกิดได้จากปัจจัยหลายประการทั้งภายในและภายนอก เช่น การเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมน ความเครียด การใช้ผลิตภัณฑ์บำรุงผิวที่ไม่เหมาะสม การใช้ยาบางชนิด รวมถึงปัจจัยทางพันธุกรรม แม้ว่าสิวจะไม่ใช่วิธีที่เป็นอันตรายถึงชีวิต แต่ผลกระทบของสิวในใหญ่นั้นสามารถมีผลต่อคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยอย่างมาก ทั้งในด้านจิตใจและสังคม ผู้ป่วยสิวมักประสบปัญหาด้านความมั่นใจในตนเองและอาจต้องเผชิญกับความเครียดสะสมหรือภาวะซึมเศร้า เนื่องจากสิวสามารถทำให้เกิดรอยแผลเป็นและรอยดำที่อาจใช้เวลานานในการรักษา [1]

การรักษาสิวในเวชปฏิบัติจะแตกต่างกันไปตามความรุนแรงของอาการ สำหรับผู้ป่วยที่มีสิवरดับน้อยถึงปานกลาง การรักษาหลักคือการใช้ยาทา โดยเริ่มจากการใช้ยาเพียงชนิดเดียว หากอาการไม่ดีขึ้น อาจพิจารณาใช้ยาหลายชนิดร่วมกัน ในกรณีของผู้ป่วยที่มีสิवरดับปานกลางถึงรุนแรง อาจจำเป็นต้องใช้ยารับประทานร่วมด้วย นอกจากนี้ยังมีการรักษาเสริมอื่น ๆ เช่น การผลัดเซลล์ผิวด้วยสารเคมี (Chemical peels) การฉีดยาในกลุ่มสเตียรอยด์ที่สิว (Intralesional steroid) การรักษาด้วยเลเซอร์ชนิดต่าง ๆ และการควบคุมอาหาร [2]

ต่อมไขมัน (Sebaceous gland) เป็นต่อมที่มีขนาดเล็กมากในผิวหนังที่เปิดออกสู่รูขุมขนเพื่อหลั่งสารที่เป็นน้ำมันหรือขี้ผึ้งที่เรียกว่าซีบัม (Sebum) การผลิตซีบัมเป็นกระบวนการทางสรีรวิทยาและมีหน้าที่ในการหล่อลื่นเส้นผมและชั้นคอร์เนียมของผิวหนัง อย่างไรก็ตาม เมื่อผลิตในปริมาณที่มากเกินไป อาจก่อให้เกิดปัญหาด้านความงามสำหรับหลายคน เนื่องจากมักจะมาพร้อมกับผิวน้ำมัน (Facial seborrhea หรือ Oily skin) และรูขุมขนที่ขยายใหญ่ขึ้น ผลกระทบจากซีบัมที่มากเกินไปยังเป็นปัจจัยสำคัญในหลายโรคผิวหนังเช่น สิว เป็นต้น [3]

หนึ่งในตัวที่สามารถยับยั้งการผลิตซีบัมได้อย่างมีประสิทธิภาพที่สุดคือยากินไอโซเตรติโนอิน (oral isotretinoin) อย่างไรก็ตาม ผู้ป่วยหลายรายไม่สามารถทนได้ ไม่เต็มใจที่จะยอมรับผลข้างเคียง มีข้อห้ามในการใช้ หรือไม่มีโรคที่รุนแรงเพียงพอที่จะปรับการใช้ยา การศึกษาพบว่าการใช้เลเซอร์และการรักษาด้วยพลังงานรูปแบบอื่นสามารถลดการผลิตซีบัมได้ แต่ผลลัพธ์มักอยู่ในช่วงเวลาที่สั้นกว่า มีผลข้างเคียงที่เป็นไปได้ และหลักฐานที่สัมพันธ์กันมีจำกัด [3]

โบ툴ินัมทอกซินเอได้ถูกนำมาใช้สำหรับการรักษาโรคผิวหนังบริเวณใบหน้ามาอย่างยาวนาน โดยโบ툴ินัมทอกซินชนิด A จะยับยั้งการหลั่งสารอะเซทิลโคลีน (Acetylcholine) ในช่องซินแนปส์ (Synaptic cleft) ซึ่งจะจับกับตัวรับโคลิเนอร์จิก (Cholinergic receptor) ที่ Post-synaptic cell ออกฤทธิ์ที่ Neuromuscular junction ทำให้กล้ามเนื้อคลายตัว ส่วนที่เนื้อเยื่อแกลนด์ลาร์ (Glandular tissues) โบ툴ินัมทอกซินเอจะยับยั้งการทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติกโคลิเนอร์จิก (Cholinergic sympathetic nerve function) ความสามารถของโบ툴ินัมทอกซินเอ ในการยับยั้งการส่งสัญญาณโคลิเนอร์จิกนี้ได้นำไปสู่การศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการใช้ทางคลินิกในหลาย ๆ ด้าน เช่น ความผิดปกติของระบบประสาทอัตโนมัติที่ทำให้เกิดการหลั่งสารมากเกินไป เช่น ภาวะเหงื่อออกมากเกินไป (Hyperhidrosis) ภาวะน้ำลายไหลมากเกินไป (Sialorrhea) และต่อมเอ็กโซคริน (Exocrine gland) หรือต่อมไขมัน (Sebaceous gland) ที่เปิดออกสู่รูขุมขนเพื่อหลั่งซีบัม (Sebum) โดยมีรายงานการใช้โบ툴ินัมทอกซินเอเพื่อยับยั้งการผลิตซีบัม ซึ่งเห็นว่าโบ툴ินัมทอกซินเอ มีผลต่อการส่งสัญญาณโคลิเนอร์จิก (Cholinergic transmission) และมีบทบาทในการควบคุมระบบประสาทและระบบต่อมไร้ท่อ (Neuroendocrine control) ของต่อมไขมัน [4, 5]

ในเรื่องของของปัญหาสิวมีการศึกษาเรื่องโบ툴ินัมทอกซินสำหรับการรักษาสิว (Botulinum toxin for acne treatment: possible mechanism) โดย Rho and Gil ในปี 2021 พบว่าโบ툴ินัมทอกซินเอสามารถยับยั้งปัจจัยของการเกิดสิวที่เกี่ยวข้องได้แก่ การผลิตซีบัมมากเกินไป (Sebum overproduction) การอักเสบของรูขุมขน (Follicular inflammation) จากสารก่อการอักเสบต่าง ๆ การหนาตัวของเซลล์ผิวหนังที่ปากรูขุมขน (Infundibular hyperkeratosis) ทำให้รูขุมขนตีบตันและเกิดการสะสมของไขมันภายในรูขุมขน งานวิจัยพบว่าเมื่อฉีดเข้าไปในชั้นหนังแท้ (Intradermal Injection) จะช่วยลดการปลดปล่อยอะเซทิลโคลีน ส่งผลให้ต่อมไขมันลดการผลิตน้ำมันลงอย่างมีนัยสำคัญ [3] หลายการศึกษาทางคลินิกระบุว่า สามารถลดปริมาณซีบัม ได้ ภายใน 4-8 สัปดาห์หลังการฉีด โดยเฉพาะในบริเวณที่มีความมันมาก เช่น โชน T ของใบหน้า [6, 7]

โดยงานวิจัยนี้มีการใช้ยาทา 5% Benzoyl peroxide และ clindamycin gel แบบทา เป็นยารักษาสิวที่แนะนำในแนวทางเวชปฏิบัติ สำหรับสิวอักเสบระดับเล็กน้อยถึงปานกลาง โดยการใช้ร่วมกันช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ ลดจำนวนเชื้อ C. acnes และลดความเสี่ยงต่อการดื้อยาปฏิชีวนะมากกว่าการใช้ยาเดี่ยว [8]

ดังนั้น วัตถุประสงค์ของงานวิจัยครั้งนี้จึงทำขึ้นเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการฉีดโบ툴ินัมทอกซินเอได้ผิวหนังร่วมกับยาทารักษาสิวมาตรฐานเพื่อผลการรักษาที่ดีกว่าการใช้ยาทารักษาสิวมาตรฐานอย่างเดียว ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาวิธีการรักษาสิวให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เพิ่มคุณภาพชีวิตของผู้ป่วย รวมถึงความพึงพอใจของผู้ป่วยต่อการรักษา

2. วิธีการวิจัย

2.1 รูปแบบการวิจัย

การวิจัยเชิงทดลองทางคลินิกแบบไปข้างหน้า มีกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมคนละกลุ่ม เลือกใช้การรักษาแบบสุ่มโดยปกปิดผู้ประเมิน (Experimental, Prospective, Randomized, Single-blinded clinical study) การศึกษานี้ได้รับการรับรองโดยคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง รหัสโครงการ EC 24216-20 อาสาสมัครเข้ารับการรักษาที่โรงพยาบาลแม่ฟ้าหลวง กรุงเทพมหานคร

2.2 ลักษณะตัวอย่างหรือประชากรที่ทำการศึกษา

2.2.1 กลุ่มประชากรเป้าหมายในการศึกษา (Targeted Population)

ผู้เข้าร่วมโครงการเป็นอาสาสมัครชายและหญิงอายุ 18-50 ปี ที่มีสิ่วอักเสบความรุนแรงน้อยถึงปานกลาง ที่บริเวณคาง ตามเกณฑ์คัดเลือกอาสาสมัครเข้าร่วมการศึกษา (Inclusion criteria)

2.2.2 ประชากรตัวอย่างและวิธีการสุ่ม (Sample Population and Sampling Technique)

ผู้วิจัยทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างจากอาสาสมัครที่ได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นสิ่วอักเสบความรุนแรงน้อยถึงปานกลางที่บริเวณคาง อายุ 18-50 ปี จำนวน 24 คน ด้วยวิธีการสุ่มเลือกแบบ simple randomization โดยผู้ทำวิจัยใช้โปรแกรม random sequence generator จากเว็บไซต์ <http://random.org/sequence> การกำหนดขนาดตัวอย่างในการศึกษานี้ ใช้การประมาณค่าขนาดตัวอย่างจากสูตรคำนวณขนาดตัวอย่างสำหรับเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสองกลุ่ม (Testing two independent means) ดังนี้

$$n_1 = \frac{(Z_{1-\alpha/2} + Z_{1-\beta})^2 2\sigma^2}{\Delta^2}$$

ค่าสถิติที่ใช้ในการคำนวณขนาดตัวอย่างในการศึกษานี้อ้างอิงจากการศึกษาของ Asia Mohammed Ibrahim และคณะ ในปี 2023 โดยที่ผู้วิจัยใช้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการประเมินความรุนแรงของสิ่วด้วย Investigator's Global Assessment (IGA) Scale ในการกำหนดขนาดตัวอย่าง เนื่องจากให้ขนาดตัวอย่างที่มากที่สุด ได้จำนวนตัวอย่าง 12 ใบหน้าต่อกลุ่ม

2.2.3 การเลือกกลุ่มตัวอย่าง [9]

2.2.3.1 เกณฑ์คัดเลือกอาสาสมัครเข้าร่วมการศึกษา (Inclusion criteria)

2.2.3.1.1 ประชากรอาสาสมัครเพศชายและหญิงอายุ 18-50 ปี

2.2.3.1.2 มีประวัติเป็นสิ่วอักเสบความรุนแรงน้อยถึงปานกลาง ที่บริเวณคาง (หากมีสิ่วบริเวณอื่น เช่น หน้าแก้ม, หน้าผาก หรือบริเวณอื่น ความรุนแรงน้อยถึงปานกลางด้วย สามารถเข้าร่วมได้)

2.2.3.2 เกณฑ์การแยกอาสาสมัครออกจากโครงการวิจัย (Exclusion Criteria)

2.2.3.2.1 หญิงตั้งครรภ์หรืออยู่ในระหว่างให้นมบุตร

2.2.3.2.2 ผู้ที่มีประวัติแพ้ยาทาสิ่ว หรือแพ้ยา clindamycin หรือ แพ้ยา Benzoyl peroxide

2.2.3.2.3 ผู้ที่มีภาวะกลืนยาก หรือ นั่งตก หรือ เคยมีการผ่าตัดในบริเวณใบหน้า

2.2.3.2.4 มีประวัติมีผื่นแพ้ผิวหนังอักเสบหรือผื่นผิวหนังอื่นที่รุนแรงและไม่เหมาะกับการฉีดโบทูลินั่มทอกซิน ชนิดเอ

2.2.3.2.5 มีประวัติการใช้ยาทาตั้งต่อนานอย่างน้อย 1 เดือนก่อนเข้าร่วมโครงการวิจัย ยาทา กลุ่มเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ (Benzoyl Peroxide), ยาทา กลุ่มกรดวิตามินเอ (Retinoic Acid), ยาทา กลุ่มกรด

อัลฟาไฮดรอกซี (Alpha Hydroxyl Acid), ยาในกลุ่มกรดเบต้าไฮดรอกซี (Beta Hydroxyl Acid), ยาในกลุ่มรีซอร์ซินอล (Resorcinol), ผลิตภัณฑ์ควบคุมความมันต่าง ๆ เช่น โทเนอร์ เจลควบคุมความมัน และโลชั่น ลดหน้ามัน

2.2.3.2.6 ได้รับการรักษาด้วยโบทูลินัมทอกซิน ชนิดเอ มาก่อนในช่วง 6 เดือนก่อนเข้าร่วมการศึกษา

2.2.3.2.7 มีประวัติการใช้ยารับประทานดังต่อไปนี้ 6 เดือนก่อนเข้าร่วมโครงการวิจัยยา รับประทานกลุ่มวิตามินเอ เช่น ยาไอโซเตรติโนอิน (Isotretinoin), ยาฮอร์โมนที่มีฤทธิ์ต่อต้านแอนโดรเจน (Antiandrogen), ยาคุมกำเนิด

2.2.3.2.8 มีประวัติการได้รับการรักษาด้วยเลเซอร์หรือการทำทรีตเมนต์ชนิดอื่น ๆ เช่น การทำ IPL (Intense Pulse Light) การทำเลเซอร์ Long Pulse Nd: YAG ในช่วงระยะเวลา 6 เดือนก่อนเข้าร่วมโครงการวิจัย

2.2.3.2.9 ผู้ป่วยที่มีประวัติโรคไต โรคตับ โรคหัวใจ หรือมีปัญหาเกี่ยวกับตา

2.2.3.2.10 ผู้ที่กำลังมีภาวะการติดเชื้อ เช่น ท้องเสีย มีบาดแผลติดเชื้อ

2.2.3.2.11 มีประวัติการติดเชื้อวัณโรคหรือกำลังเป็นวัณโรค

2.2.3.2.12 มีปัญหาการแสดงออกทางอารมณ์

2.2.3.2.13 มีปัญหาเรื่องระบบทางเดินอาหาร เช่น โรคกระเพาะอาหาร

2.2.3.2.14 มีประวัติโรคประจำตัว เช่น ความดันโลหิตสูง เบาหวาน

2.2.3.2.15 ผู้ที่กำลังจะต้องได้รับการผ่าตัด

2.2.3.2.16 มีประวัติการสัมผัสผู้ป่วยโรคอีสุกอีใสหรือโรคหัด

2.2.3.2.17 ผู้ที่มีประวัติ Hypersensitivity ต่อสาร Botulinumtoxin หรือ Humanal bumin

2.2.3.2.18 ผู้ป่วยที่มีความผิดปกติของ Neuromuscular junction เช่น Myasthenia gravis, Eaton Lambert Syndrome รวมไปถึงผู้ป่วยกลุ่ม Myopathies

2.2.3.2.19 ผู้ป่วยที่มีปัญหาเลือดออกง่ายผิดปกติ หรือรับประทานยาที่มีผลทำให้เลือดออกแล้วหยุดยาก เช่น Aspirin, NSAIDs, Coumadin, Anticoagulant เช่น Warfarin, Heparin, วิตามินอี และ สมุนไพร เช่น โสม แป๊ะก๊วย กระเทียม ขิง ก่อนเข้าร่วมการวิจัย 2 สัปดาห์ เพราะอาจทำให้เกิดรอยช้ำเลือดขนาดใหญ่ ตรงบริเวณที่ฉีดยา

2.2.3.2.20 ผู้ป่วยที่กำลังได้รับการรักษาด้วยยาบางชนิดซึ่งอาจมีผลต่อการออกฤทธิ์ของโบทูลินัมทอกซิน เช่น ยาในกลุ่ม Aminoglycoside, D-penicillamine, Quinine, Calcium channel blockers, Cholinesterase inhibitors, Succinylcholine, Curare-like depolarizing blockers, Magnesium sulfate, Linosamides และ Polymyxins เป็นต้น

2.2.3.2.21 ผู้ที่มีประวัติทานยา Roacutane ภายใน 6 เดือน

2.2.3.2.22 ผู้ที่มีประวัติแพ้ความเย็น (ใช้ระงับอาการปวดจากการฉีด)

2.2.4 Early termination criteria

หากเกิด serious ADR เช่น กลืนลำบาก กล้ามเนื้ออ่อนแรง ภาวะมูมปากตกหรือใบหน้าไม่สมมาตรขณะยิ้ม ร้อยละ 20 ของ sample size จึงจะยุติการวิจัย เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดอันตรายต่ออาสาสมัครโดยรวมมากเกินไป

2.2.5 เกณฑ์การให้อาสาสมัครเลิกจากการศึกษาวิจัย (Discontinuation Criteria)

ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยมีสิทธิออกจากการศึกษาเมื่อใดก็ได้ โดยที่ไม่ต้องแจ้งให้ทราบ เช่น เกิดผลข้างเคียงร้ายแรง เช่น กลืนลำบาก กล้ามเนื้ออ่อนแรง ภาวะมูมปากตกหรือใบหน้าไม่สมมาตรขณะยิ้ม หรือผู้ป่วยไม่สามารถมาตรวจได้ตามที่นัดหมาย

2.3 การดำเนินงานวิจัย

2.3.1 คัดเลือกผู้เข้าร่วมโครงการตามข้อกำหนดข้างต้น

2.3.2 อธิบายวัตถุประสงค์ วิธีการวิจัยขั้นตอนการปฏิบัติในช่วงระหว่างการเข้าร่วมโครงการวิจัย และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทราบโดยละเอียด อาสาสมัครทั้งหมดไม่ใช่ผู้ป่วยของแพทย์ผู้วิจัยในขั้นตอนของการแจ้งเกี่ยวกับโครงการวิจัย กระบวนการและขั้นตอนงานวิจัยรวมถึงการขอความยินยอมจากอาสาสมัครนั้นจะดำเนินการโดยแพทย์ท่านอื่นที่ไม่ได้เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

2.3.3 ผู้เข้าร่วมวิจัยลงนามในใบยินยอมการรักษา (Inform consent)

2.3.4 บันทึกข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าร่วมวิจัย

2.3.5 ทำความสะอาดใบหน้าของผู้ป่วยด้วย สบู่อ้างหน้า Physiogel®

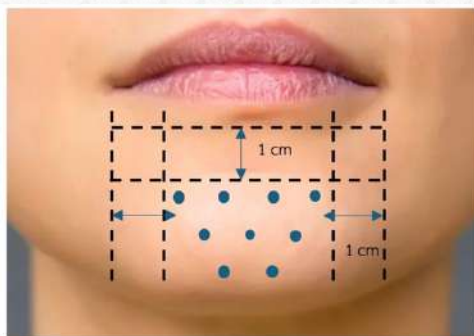
2.3.6 บันทึกการตรวจร่างกาย ได้แก่ แพทย์ผู้วิจัยถ่ายภาพใบหน้าผู้เข้าร่วมวิจัยด้วยกล้อง VISIA® Complexion Analysis System (Canfield, Fairfield, NJ) ตั้งค่าเดิมตลอดการวิจัย ก่อนการรักษา 6 ภาพ คือ ภาพหน้าตรง 1 ภาพ ภาพเอียง 45 องศา ซ้ายและขวา และด้านข้าง 90 องศา ซ้ายและขวาในขณะที่หน้าไม่แสดงสีหน้าและหน้าขณะยิ้ม บันทึกการทดสอบอาสาสมัครวันที่ไว้ที่รูปภาพ มีการคาดแถบสีดำบริเวณตาไว้ที่รูปภาพ

2.3.7 แพทย์ที่ไม่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย 1 คนนับจำนวนสิวของผู้ถูกวิจัยในการรักษาจากภาพถ่ายก่อนการรักษาตามตัวแปรที่สนใจ ได้แก่ สิวหัวปิด (Closed comedones), สิวหัวเปิด (Open comedones), สิวที่เป็นตุ่มนูน (Papules), สิวหัวหนอง (Pustules), สิวอักเสบแดงชนิดเป็นตุ่มนูน (Nodules) และสิวที่เป็นตุ่มน้ำ (Cysts)

2.3.8 แพทย์ผู้วิจัยตรวจวัดระดับความมันบนใบหน้าด้วย Cutometer® MPA 580 หัว Sebumeter ที่บริเวณจุดกึ่งกลางคาง ผู้เข้าร่วมโครงการจะอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมือนกัน คือ อุณหภูมิห้อง คงที่ประมาณ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นในอากาศประมาณ 40-60 เปอร์เซ็นต์ ช่วงเวลา 8.00-12.00 ตรวจวัดระดับน้ำมันบนผิวหนังใบหน้าครั้งแรกก่อนเริ่มให้การรักษาโดยทำการวัดหลังจากผู้เข้าโครงการวิจัยได้ล้างผิวหนังด้วยสบู่ล้างหน้าไปแล้ว 1 ชั่วโมง

2.3.9 แพทย์ผู้วิจัยทำการสุ่มเลือกอาสาสมัคร โดยผู้ที่ได้หมายเลข 1 จะได้รับการรักษาด้วยการฉีดโบทูลินัมทอกซินเอ (Botox purified neurotoxin complex, 100 unit Allergan, Irvine, CA) เข้าใต้ผิวหนังร่วมกับยาทารักษาสิวมาตรฐาน (5% Benzoyl peroxide (Benzac® AC 5%, Galderma) และ 1% Clindamycin gel (Clindalin Gel, Union Drug Laboratories Ltd.)) ที่บริเวณคาง และหมายเลข 2 จะได้รับยาทารักษาสิวมาตรฐาน (5% Benzoyl peroxide (Benzac® AC 5%, Galderma) และ 1% Clindamycin gel (Clindalin Gel, Union Drug Laboratories Ltd.)) เพียงอย่างเดียว [10]

2.3.10 แพทย์ผู้วิจัยทำการรักษาอาสาสมัครหมายเลข 1 โดยฉีดโบทูลินัมทอกซินชนิดเอ (Botox purified neurotoxin complex, 100 unit Allergan, Irvine, CA) เจือจาง ด้วยน้ำเกลือไอโซโทนอล (Normal saline solution) 5 มิลลิลิตร ต่อโบทูลินัมทอกซินเอ 100 หน่วย (20 U/mL) [11] ฉีดเข้าในผิวหนังจุดละ 0.02 มิลลิลิตร (0.4 U) ฉีดห่างกันประมาณ 1 เซนติเมตร โดยฉีดต่ำกว่าริมฝีปากล่างประมาณ 1 เซนติเมตรและลากเส้นจากมุมปากทั้งสองข้างห่างจากเส้นมุมปากประมาณ 1 เซนติเมตร โดยจะฉีดประมาณ 8-9 จุด ทำการบันทึกจำนวน unit ที่ใช้ของอาสาสมัครแต่ละคน มีการประเมินก่อนและหลังเสมอในบริเวณที่ฉีด ร่วมกับยาทารักษาสิวมาตรฐานบริเวณที่คาง ได้แก่ 5% Benzoyl peroxide ทาก่อนล้างหน้า 10-15 นาที วันละ 2 ครั้ง และ 1% Clindamycin gel วันละสองครั้ง บริเวณสิวอักเสบ [2] และอาสาสมัครหมายเลข 2 ใช้ยาทารักษาสิวอย่างเดียว



ภาพที่ 1 แสดงจุดฉีดยาเข้าใต้ผิวหนัง [12]

2.3.11 ประเมินผลข้างเคียงจากการรักษาทุกครั้ง ทั้งจากการฉีดโบทูลิเนียมทอกซินเอและยาทาโดยผู้เข้าร่วมวิจัย และแพทย์ รวมถึงการปรับขนาดยาทาตามความเหมาะสม ในช่วงติดตามผลสัปดาห์ที่ 1, 2, 4, 8 และ 12 ผลข้างเคียง ได้แก่ อาการบวม (Edema), แดง (Erythema), ช้ำ (Bruises), คัน (Itching), แสบร้อน (Burning), ปวด (Pain), หน้าแห้ง (Dryness), หน้าลอก (Scaling), ภาวะมุมปากตกหรือใบหน้าไม่สมมาตรขณะยิ้ม (Asymmetry), การแสดงสีหน้าไม่เป็นธรรมชาติ (Frozen smile) และผลข้างเคียงอื่น ๆ ให้ระบุ

2.3.12 ถ่ายรูปโดยแพทย์ผู้วิจัยและประเมินภาพถ่ายในสัปดาห์ที่ 1, 2, 4, 8 และ 12 ของการรักษาของผู้ถูกวิจัย โดยแพทย์ที่ไม่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย 1 ท่าน ประเมินภาพถ่ายของผู้เข้าร่วมวิจัยก่อนและหลังการรักษา

2.3.13 ตรวจวัดระดับความมันบนใบหน้าด้วย Cutometer® MPA 580 หัว Sebumeter เหมือนกับในการวัดครั้งแรก ในสัปดาห์ที่ 1, 2, 4, 8 และ 12 ของการรักษา

2.3.14 วิเคราะห์ข้อมูลตามวิธีทางสถิติ

2.3.14.1 ข้อมูลลักษณะส่วนบุคคลของผู้เข้าร่วมวิจัย นำเสนอข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ตามประเภทของข้อมูล ดังนี้

2.3.14.1.1 ข้อมูลเชิงคุณภาพ รายงานด้วยการแจกแจงค่าความถี่และร้อยละ และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มที่ได้รับการฉีดโบทูลิเนียมทอกซินเอร่วมกับยาทารักษาสิ่วมาตรฐานและกลุ่มที่ใช้ยาทารักษาสิ่วมาตรฐานเพียงอย่างเดียว โดยใช้การทดสอบไคสแควร์ (Chi-squared test) หรือการทดสอบของฟิชเชอร์ (Fisher's exact test) ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของลักษณะการแจกแจงข้อมูล

2.3.14.1.2 ข้อมูลเชิงปริมาณ รายงานด้วยค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน หรือ ค่ามัธยฐานและค่าพิสัย ควอไทล์ตามความเหมาะสมของข้อมูล และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างระหว่างกลุ่มที่ได้รับการฉีดโบทูลิเนียมทอกซินเอร่วมกับยาทารักษาสิ่วมาตรฐานและกลุ่มที่ใช้ยาทารักษาสิ่วมาตรฐานเพียงอย่างเดียวโดยใช้การทดสอบที (Independent samples t-test) หรือการทดสอบแมน-วิทนี ยู (Mann-Whitney U test) ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของลักษณะการแจกแจงข้อมูล

2.3.14.2 การเปรียบเทียบผลการรักษาของจำนวนสิ่ว ระดับความมัน และระดับความพึงพอใจ ภายในกลุ่มระหว่างก่อนและหลังได้รับการรักษาที่ 1, 2, 4, 8 และ 12 สัปดาห์ โดยใช้สถิติ Repeated measure ANOVA หรือ Friedman test ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของลักษณะการแจกแจงข้อมูล

2.3.14.3 การเปรียบเทียบผลการรักษาของจำนวนสิ่ว ระดับความมัน และระดับความพึงพอใจหลังได้รับการรักษาที่ 1, 2, 4, 8 และ 12 สัปดาห์ ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการฉีดโบทูลิเนียมทอกซินเอร่วมกับยาทารักษาสิ่วมาตรฐานและกลุ่มที่ใช้ยาทารักษาสิ่วมาตรฐานเพียงอย่างเดียวโดยใช้สถิติการทดสอบที (Independent samples t-test) หรือการทดสอบแมน-วิทนี ยู (Mann-Whitney U test) ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของลักษณะการแจกแจงข้อมูล โดยทดสอบ Normality ก่อนใช้

สถิติ Independent t-test แล้วว่าข้อมูลในการศึกษานี้ที่การแจกแจงปกติ ($P>0.05$) จากการทดสอบ Skewness and kurtosis tests for normality และ Shapiro-Wilk W test ซึ่งผ่านข้อตกลงเบื้องต้นของ Independent t-test และ ANOVA

2.3.14.4 ผลข้างเคียงของการรักษาหลังได้รับการรักษา นำเสนอโดยการแจกแจงค่าความถี่และร้อยละ การวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป Stata version 18.0 (Stata Corp, College Station, TX, USA) ซึ่งทุกการทดสอบกำหนดการทดสอบแบบสองทาง (Two-tailed test) และกำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($\alpha=0.05$)

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ข้อมูลส่วนบุคคล

ตารางที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้เข้าร่วมวิจัย (n=24)

	Botulinum + standard topical (n=12)	Standard topical (n=12)	P-value
เพศ, n(%)			
ชาย	3 (25.0)	1 (8.3)	0.590 ^f
หญิง	9 (75.0)	11 (91.7)	
อายุ (ปี), mean±SD	37.08±7.70	38.83±7.47	0.578 ^t
อาชีพ, n(%)			
พนักงานบริษัท	6 (50.0)	6 (50.0)	0.372 ^x
ธุรกิจส่วนตัว	1 (8.3)	4 (33.3)	
รับจ้างทั่วไป/ฟรีแลนซ์	3 (25.0)	1 (8.3)	
อื่น ๆ	2 (16.7)	1 (8.3)	
มีประวัติคนในครอบครัวเป็นสิว, n(%)	10 (83.3)	11 (91.7)	1.000 ^f
ระยะเวลาบนหน้า (ชั่วโมงต่อวัน), mean±SD	7.25±0.87	7.25±1.06	1.000 ^t
ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในปัจจุบัน, n(%)			
สบู่อ่อนโยน	12 (100.0)	11 (91.7)	1.000 ^f
ครีมบำรุง	8 (66.7)	8 (66.7)	1.000 ^f
เจลแต้มสิว	2 (16.7)	1 (8.3)	1.000 ^f
ครีมกันแดด	3 (25.0)	2 (16.7)	1.000 ^f
เซรั่มบำรุงผิว	2 (16.7)	1 (8.3)	1.000 ^f
มีประวัติการรักษาสิวในปัจจุบัน, n(%)	0 (0.0)	0 (0.0)	-
รับประทานยาหรืออาหารเสริมในปัจจุบัน, n(%)	3 (25.0)	0 (0.0)	0.217 ^f
มีประวัติได้รับการรักษาด้วยเลเซอร์หรือวิธีอื่นๆ, n(%)	0 (0.0)	0 (0.0)	-
มีประวัติได้รับการฉีดโบทูลินัมทอกซิน, n(%)	0 (0.0)	0 (0.0)	-
จำนวน unit การฉีดโบทูลินัมทอกซิน, mean±SD	4±0.29		

วิเคราะห์ข้อมูลโดย Independent t-test[†], Fisher exact test[‡], Chi-square test* กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 (P<0.05)

จากตารางที่ 1 ผู้เข้าร่วมวิจัยในกลุ่มได้รับการฉีดโบทูลินัมทอกซินเอเข้าใต้ผิวหนังร่วมกับยาทารักษาสิวมาตรฐานเป็นเพศหญิง 9 ราย (ร้อยละ 75.0) อายุเฉลี่ยเท่ากับ 37.08 ± 7.70 ปี ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพพนักงานบริษัท 6 ราย (ร้อยละ 50.0) มีประวัติคนในครอบครัวเป็นสิว 10 ราย (ร้อยละ 83.3) ระยะเวลาอนหลับเฉลี่ยเท่ากับ 7.25 ± 0.87 ชั่วโมงต่อวัน ทุกรายใช้สบู่ล้างหน้าในปัจจุบัน รองลงมาเป็นครีมบำรุง 8 ราย ครีมกันแดด 3 ราย เจลแต้มสิวและเซรั่มบำรุงผิวอย่างละ 2 ราย ตามลำดับ ปัจจุบันรับประทานยาหรืออาหารเสริม 3 ราย ผู้เข้าร่วมวิจัยทุกรายไม่มีประวัติได้รับการรักษาสิว การรักษาด้วยเลเซอร์หรือวิธีอื่นๆ และการฉีดโบทูลินัมทอกซิน จำนวนยูนิตในการฉีดโบทูลินัมทอกซินในการวิจัยนี้เฉลี่ยเท่ากับ 4 ± 0.29 ยูนิต ผู้เข้าร่วมวิจัยในกลุ่มได้รับยาทารักษาสิวมาตรฐานอย่างเดียวเป็นเพศหญิง 11 ราย (ร้อยละ 91.7) อายุเฉลี่ยเท่ากับ 38.83 ± 7.47 ปี ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพพนักงานบริษัท 6 ราย (ร้อยละ 50.0) มีประวัติคนในครอบครัวเป็นสิว 11 ราย (ร้อยละ 91.7) ระยะเวลาอนหลับเฉลี่ยเท่ากับ 7.25 ± 1.06 ชั่วโมงต่อวัน ส่วนใหญ่ปัจจุบันใช้สบู่ล้างหน้า 11 ราย รองลงมาเป็นครีมบำรุง 8 ราย ครีมกันแดด 2 ราย เจลแต้มสิวและเซรั่มบำรุงผิวอย่างละ 1 ราย ตามลำดับ ผู้เข้าร่วมวิจัยทุกรายไม่ได้รับประทานยาหรืออาหารเสริมในปัจจุบัน ไม่มีประวัติได้รับการรักษาสิว การรักษาด้วยเลเซอร์หรือวิธีอื่นๆ และการฉีดโบทูลินัมทอกซิน เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลส่วนบุคคลระหว่างกลุ่มพบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับนัยสำคัญ 0.05

3.2 ผลการทดลอง

3.2.1 จำนวนสิว

3.2.1.1 สิวหัวปิด (Closed comedone)

ตารางที่ 2 จำนวนสิวหัวปิด (Closed comedone) ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการฉีดโบทูลินัมทอกซินเอเข้าใต้ผิวหนังร่วมกับยาทารักษาสิวมาตรฐานเทียบกับยาทารักษาสิวมาตรฐานเพียงอย่างเดียว

ระยะติดตามผล	Botulinum + Standard topical	Standard topical	Mean difference (95%CI)	P-value ^a
ก่อนรักษา	12.67 ± 4.96 11.5 (8.5, 16)	12.5 ± 3.75 13.5 (9.5, 15.5)	0.16 (-3.56, 3.89)	0.794
หลังรักษา 1 สัปดาห์	10.67 ± 3.75 10.5 (7, 14)	11.75 ± 4.96 12 (10, 14)	-1.08 (-4.32, 2.15)	0.400
หลังรักษา 2 สัปดาห์	8.58 ± 4.10 8 (5, 11.5)	10.17 ± 3.88 10 (7.5, 14)	-1.58 (-4.96, 1.80)	0.258
หลังรักษา 4 สัปดาห์	7.5 ± 3.89 5.5 (5, 10.5)	9.42 ± 3.03 9.5 (8, 12)	-1.92 (-4.87, 1.04)	0.146
หลังรักษา 8 สัปดาห์	7.33 ± 3.49 6 (5, 8.5)	8.67 ± 2.90 9 (6.5, 10)	-1.34 (-4.05, 1.39)	0.189
หลังรักษา 12 สัปดาห์	7.58 ± 2.54 7 (6, 9)	9.08 ± 3.06 9 (8, 11.5)	-1.5 (-3.88, 0.88)	0.121
P-value ^b	<0.001	<0.001		

ข้อมูลนำเสนอ mean±SD, median (Interquartile range) วิเคราะห์โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U test^a, Friedman test^b กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 (P<0.05)

จากตารางที่ 2 แสดงจำนวนสิวหัวปิดระหว่างกลุ่มที่ได้รับการฉีดโบทูลินัมทอกซินเอเข้าใต้ผิวหนังร่วมกับยาทารักษาสิวมาตรฐานเทียบกับยาทารักษาสิวมาตรฐานเพียงอย่างเดียวพบว่า กลุ่มที่ได้รับการฉีดโบทูลินัมทอกซินเอเข้าใต้ผิวหนังร่วมกับยาทารักษาสิวมาตรฐานมีค่ามัธยฐานของจำนวนสิวหัวปิดในช่วงก่อนรักษาเท่ากับ 11.5 และหลังรักษา 1, 2, 4, 8 และ 12 สัปดาห์ เท่ากับ 10.5, 8, 5.5, 6 และ 7 ตามลำดับ ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (P<0.001) กลุ่มที่ได้รับการรักษาด้วยยาทารักษาสิวมาตรฐานเพียงอย่างเดียวมีค่ามัธยฐานของจำนวนสิวหัวปิดในช่วงก่อนรักษาเท่ากับ 13.5 และหลังรักษา 1, 2, 4, 8 และ 12 สัปดาห์ เท่ากับ 12, 10, 9.5, 9 และ 9 ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (P<0.001)

ตารางที่ 3 ค่าการเปลี่ยนแปลงของจำนวนสิวหัวปิดระหว่างกลุ่มที่ได้รับการฉีดโบทูลินัมทอกซินเอเข้าใต้ผิวหนังร่วมกับยาทารักษาสิวมาตรฐานเทียบกับยาทารักษาสิวมาตรฐานเพียงอย่างเดียว

ค่าการเปลี่ยนแปลง (เทียบกับก่อนรักษา)	Botulinum + Standard topical	Standard topical	Mean difference (95%CI)	Cohen's d	P-value
Δ หลังรักษา 1 สัปดาห์	-2.0±1.71	-0.75±1.54	-1.25 (-2.63, 0.13)	-0.77	0.073
Δ หลังรักษา 2 สัปดาห์	-4.08±1.38	-2.33±1.50	-1.75 (-2.97, -0.53)	-1.22	0.007
Δ หลังรักษา 4 สัปดาห์	-5.17±2.21	-3.08±1.83	-2.08 (-3.80, -0.37)	-1.03	0.020
Δ หลังรักษา 8 สัปดาห์	-5.33±2.57	-3.83±1.85	-1.5 (-3.40, 0.40)	-0.67	0.115
Δ หลังรักษา 12 สัปดาห์	-5.08±3.80	-3.42±1.88	-1.67 (-4.21, 0.87)	-0.56	0.187

ข้อมูลนำเสนอ mean±SD วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ Independent t-test กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 (P<0.05), Δ หมายถึง ความแตกต่างจากbaseline/weekดังกล่าว

จากตารางที่ 3 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับก่อนรักษาของจำนวนสิวหัวปิดระหว่างกลุ่มที่ได้รับการฉีดโบทูลินัมทอกซินเอเข้าใต้ผิวหนังร่วมกับยาทารักษาสิวมาตรฐานเทียบกับยาทารักษาสิวมาตรฐานเพียงอย่างเดียวพบว่า ค่าการเปลี่ยนแปลงหลังรักษา 2 และ 4 สัปดาห์ ในกลุ่มที่ได้รับการฉีดโบทูลินัมทอกซินเอเข้าใต้ผิวหนังร่วมกับยาทารักษาสิวมาตรฐานลดลงมากกว่ากลุ่มที่ได้รับการรักษาด้วยยาทารักษาสิวมาตรฐานเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (P<0.05) โดยจำนวนสิวหัวปิดลดลงมากกว่า 1.75 และ 2.08 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามค่าการเปลี่ยนแปลงหลังรักษา 1, 8 และ 12 สัปดาห์ ระหว่างสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3.2.1.2 สิวหัวเปิด (Open comedone)

ตารางที่ 4 จำนวนสิวหัวเปิด (Open comedone) ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการฉีดโบทูลินัมทอกซินเอเข้าใต้ผิวหนังร่วมกับยาทา
รักษาสิวมาตรฐานเทียบกับยาทารักษาสิวมาตรฐานเพียงอย่างเดียว

ระยะติดตามผล	Botulinum + Standard topical	Standard topical	Mean difference (95%CI)	P-value ^a
ก่อนรักษา	1.67±0.98 2 (1, 2)	1.92±0.79 2 (1, 2.5)	-0.25 (-1.01, 0.51)	0.623
หลังรักษา 1 สัปดาห์	1.58±1.31 1.5 (0.5, 2.5)	0.83±0.83 1 (0, 1.5)	0.75 (-0.18, 1.68)	0.149
หลังรักษา 2 สัปดาห์	1.25±0.97 1 (0.5, 2)	0.75±0.62 1 (0, 1)	0.5 (-0.19, 1.19)	0.174
หลังรักษา 4 สัปดาห์	0.50±0.90 0 (0, 1)	0.25±0.45 0 (0, 0.5)	0.25 (-0.36, 0.86)	0.732
หลังรักษา 8 สัปดาห์	0.67±1.23 0 (0, 1)	0.17±0.39 0 (0, 0)	0.5 (-0.27, 1.27)	0.286
หลังรักษา 12 สัปดาห์	0.92±1.24 0.5 (0, 1.5)	0.42±0.51 0 (0, 1)	0.5 (-0.30, 1.30)	0.385
P-value ^b	0.004	<0.001		

ข้อมูลนำเสนอ mean±SD, median (Interquartile range) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ Mann-Whitney U test^a,
Friedman test^b กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 (P<0.05)

จากตารางที่ 4 แสดงจำนวนสิวหัวเปิดระหว่างกลุ่มที่ได้รับการฉีดโบทูลินัมทอกซินเอเข้าใต้ผิวหนังร่วมกับยาทา
รักษาสิวมาตรฐานเทียบกับยาทารักษาสิวมาตรฐานเพียงอย่างเดียวพบว่า กลุ่มที่ได้รับการฉีดโบทูลินัมทอกซินเอเข้าใต้ผิวหนัง
ร่วมกับยาทารักษาสิวมาตรฐานมีค่ามัธยฐานของจำนวนสิวหัวเปิดในช่วงก่อนรักษาเท่ากับ 2 และหลังรักษา 1, 2, 4, 8
และ 12 สัปดาห์ เท่ากับ 1.5, 1, 0, 0 และ 0.5ตามลำดับ ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ
0.05 (P=0.004) กลุ่มที่ได้รับยาทารักษาสิวมาตรฐานเพียงอย่างเดียวมีค่ามัธยฐานของจำนวนสิวหัวเปิดในช่วงก่อนรักษา
เท่ากับ 2 และหลังรักษา 1, 2, 4, 8 และ 12 สัปดาห์ เท่ากับ 1, 1, 0, 0 และ 0 ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างอย่างมี
นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (P<0.001)

ตารางที่ 5 ค่าการเปลี่ยนแปลงของจำนวนสิ่วหัวเปิดระหว่างกลุ่มที่ได้รับการฉีดโบทูลินัมทอกซินเอเข้าใต้ผิวหนังร่วมกับยาทา
รักษาสิวมาตรฐานเทียบกับยาทารักษาสิวมาตรฐานเพียงอย่างเดียว

ค่าการเปลี่ยนแปลง (เทียบกับก่อนรักษา)	Botulinum + Standard topical	Standard topical	Mean difference (95%CI)	Cohen's d	P-value
Δ หลังรักษา 1 สัปดาห์	-0.08±0.79	-1.08±1.24	1.00 (0.12, 1.88)	0.96	0.028
Δ หลังรักษา 2 สัปดาห์	-0.42±0.99	-1.17±1.03	0.75 (-0.11, 1.61)	0.74	0.084
Δ หลังรักษา 4 สัปดาห์	-1.17±1.03	-1.67±0.98	0.50 (-0.35, 1.35)	0.50	0.237
Δ หลังรักษา 8 สัปดาห์	-1.0±1.28	-1.75±0.75	0.75 (-0.13, 1.64)	0.71	0.094
Δ หลังรักษา 12 สัปดาห์	-0.75±1.22	-1.50±0.80	0.75 (-0.12, 1.62)	0.73	0.088

ข้อมูลนำเสนอ mean±SD วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ Independent t-test กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

(P<0.05), Δ หมายถึง ความแตกต่างจากbaseline/weekดังกล่าว

จากตารางที่ 5 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับก่อนรักษาของจำนวนสิ่วหัวเปิดระหว่างกลุ่มที่ได้รับการฉีดโบทูลินัมทอกซินเอเข้าใต้ผิวหนังร่วมกับยาทารักษาสิวมาตรฐานเทียบกับยาทารักษาสิวมาตรฐานเพียงอย่างเดียวพบว่า ค่าการเปลี่ยนแปลงหลังรักษา 1 สัปดาห์ ในกลุ่มที่ได้รับการฉีดโบทูลินัมทอกซินเอเข้าใต้ผิวหนังร่วมกับยาทารักษาสิวมาตรฐานลดลงน้อยกว่ากลุ่มที่ได้รับยาทารักษาสิวมาตรฐานเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (P=0.028) โดยจำนวนสิ่วหัวปิดลดลงน้อยกว่า 1.00 อย่างไรก็ตามค่าการเปลี่ยนแปลงหลังรักษา 2, 4, 8 และ 12 สัปดาห์ ระหว่างสองกลุ่ม ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3.2.1.3 สิ่วที่เป็นตุ่มนูน (Papules)

ตารางที่ 6 จำนวนสิ่วที่เป็นตุ่มนูน (Papules) ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการฉีดโบทูลินัมทอกซินเอเข้าใต้ผิวหนังร่วมกับยาทา
รักษาสิวมาตรฐานเทียบกับยาทารักษาสิวมาตรฐานเพียงอย่างเดียว

ระยะติดตามผล	Botulinum + Standard topical	Standard topical	Mean difference (95%CI)	P-value ^a
ก่อนรักษา	2.00±0.95 2 (1.5, 3)	1.67±1.15 2 (0.5, 2.5)	0.33 (-0.56, 1.23)	0.503
หลังรักษา 1 สัปดาห์	0.58±0.67 0.5 (0, 1)	1.17±0.83 1 (0.5, 2)	-0.58 (-1.22, 0.06)	0.080
หลังรักษา 2 สัปดาห์	0.25±0.45 0 (0, 0.5)	0.83±0.58 1 (0.5, 1)	-0.58 (-1.02, -0.14)	0.014
หลังรักษา 4 สัปดาห์	0.58±0.67 0.5 (0, 1)	0.50±0.80 0 (0, 1)	0.08 (-0.54, 0.71)	0.600
หลังรักษา 8 สัปดาห์	0.42±0.79 0 (0, 0.5)	0.17±0.39 0 (0, 0)	0.25 (-0.28, 0.78)	0.515
หลังรักษา 12 สัปดาห์	0.33±0.49 0 (0, 1)	0.67±0.65 1 (0, 1)	-0.33 (-0.82, 0.16)	0.188
P-value ^b	<0.001	<0.001		

ข้อมูลนำเสนอ mean±SD, median (Interquartile range) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ Mann–Whitney U test^a, Friedman test^b กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 (P<0.05)

จากตารางที่ 6 แสดงจำนวนสิวที่เป็นตุ่มนูนระหว่างกลุ่มที่ได้รับการฉีดโบทูลินัมทอกซินเอเข้าใต้ผิวหนังร่วมกับยาทารักษาสิวมาตรฐานเทียบกับยาทารักษาสิวมาตรฐานเพียงอย่างเดียวพบว่า กลุ่มที่ได้รับการฉีดโบทูลินัมทอกซินเอเข้าใต้ผิวหนังร่วมกับยาทารักษาสิวมาตรฐานมีค่ามัธยฐานของจำนวนสิวที่เป็นตุ่มนูนในช่วงก่อนรักษาเท่ากับ 2 และหลังรักษา 1, 2, 4, 8 และ 12 สัปดาห์ เท่ากับ 0.5, 0, 0, 0 และ 0 ตามลำดับ ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (P<0.001) กลุ่มที่ได้รับยาทารักษาสิวมาตรฐานเพียงอย่างเดียวมีค่ามัธยฐานของจำนวนสิวที่เป็นตุ่มนูนในช่วงก่อนรักษาเท่ากับ 2 และหลังรักษา 1, 2, 4, 8 และ 12 สัปดาห์ เท่ากับ 1, 1, 0, 0 และ 1 ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (P<0.001) เมื่อเปรียบเทียบจำนวนสิวที่เป็นตุ่มนูนหลังการรักษาระหว่างสองกลุ่มพบว่า จำนวนสิวที่เป็นตุ่มนูนระหว่างกลุ่มที่ได้รับการฉีดโบทูลินัมทอกซินเอเข้าใต้ผิวหนังร่วมกับยาทารักษาสิวมาตรฐานต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับยาทารักษาสิวมาตรฐานเพียงอย่างเดียวหลังรักษา 2 สัปดาห์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (P>0.05) โดยจำนวนสิวที่เป็นตุ่มนูนต่ำกว่า 0.58

ตารางที่ 7 ค่าการเปลี่ยนแปลงของจำนวนสิวเป็นตุ่มนูนระหว่างกลุ่มที่ได้รับการฉีดโบทูลินัมทอกซินเอเข้าใต้ผิวหนังร่วมกับยาทารักษาสิวมาตรฐานเทียบกับยาทารักษาสิวมาตรฐานเพียงอย่างเดียว

ค่าการเปลี่ยนแปลง (เทียบกับก่อนรักษา)	Botulinum + Standard topical	Standard topical	Mean difference (95%CI)	Cohen's d	P-value
Δ หลังรักษา 1 สัปดาห์	-1.42±1.08	-0.5±0.67	-0.92 (-1.68, -0.15)	-1.02	0.021
Δ หลังรักษา 2 สัปดาห์	-1.75±0.97	-0.83±0.94	-0.92 (-1.72, -0.11)	-0.96	0.028
Δ หลังรักษา 4 สัปดาห์	-1.42±1.08	-1.17±1.11	-0.25 (-1.18, 0.68)	-0.23	0.583
Δ หลังรักษา 8 สัปดาห์	-1.58±0.99	-1.50±1.09	-0.08 (-0.97, 0.80)	-0.08	0.847
Δ หลังรักษา 12 สัปดาห์	-1.67±1.07	-1.00±1.21	-0.67 (-1.63, 0.30)	-0.58	0.167

ข้อมูลนำเสนอ mean±SD วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ Independent t-test กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 (P<0.05), Δ หมายถึง ความแตกต่างจากbaseline/weekดังกล่าว

จากตารางที่ 7 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับก่อนรักษาของจำนวนสิวเป็นตุ่มนูนระหว่างกลุ่มที่ได้รับการฉีดโบทูลินัมทอกซินเอเข้าใต้ผิวหนังร่วมกับยาทารักษาสิวมาตรฐานเทียบกับยาทารักษาสิวมาตรฐานเพียงอย่างเดียวพบว่า ค่าการเปลี่ยนแปลงหลังรักษา 1 และ 2 สัปดาห์ ในกลุ่มที่ได้รับการฉีดโบทูลินัมทอกซินเอเข้าใต้ผิวหนังร่วมกับยาทารักษาสิวมาตรฐานลดลงมากกว่ากลุ่มที่ได้รับยาทารักษาสิวมาตรฐานเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (P<0.05) โดยจำนวนสิวเป็นตุ่มนูนลดลงมากกว่า 0.92 และ 0.92 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามค่าการเปลี่ยนแปลงหลังรักษา 4, 8 และ 12 สัปดาห์ ระหว่างสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3.2.1.4 สิวหัวหนอง (Pustule)

ตารางที่ 8 จำนวนสิวหัวหนอง (Pustule) ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการฉีดโบทูลินัมทอกซินเอเข้าใต้ผิวหนังร่วมกับยาทารักษาสิวมาตรฐานเทียบกับยาทารักษาสิวมาตรฐานเพียงอย่างเดียว

ระยะติดตามผล	Botulinum + Standard topical	Standard topical	Mean difference (95%CI)	P-value ^a
ก่อนรักษา	1.17±1.11 1 (0, 2)	1.42±1.24 1 (0.5, 2)	-0.25 (-1.25, 0.75)	0.632
หลังรักษา 1 สัปดาห์	0.67±0.98 0 (0, 1)	1.33±1.50 1.5 (0, 2)	-0.67 (-1.74, 0.41)	0.248
หลังรักษา 2 สัปดาห์	0.42±0.67 0 (0, 1)	1.08±1.31 1 (0, 1.5)	-0.67 (-1.55, 0.21)	0.169
หลังรักษา 4 สัปดาห์	0.25±0.62 0 (0, 0)	0.33±0.65 0 (0, 0.5)	-0.08 (-0.62, 0.46)	0.654
หลังรักษา 8 สัปดาห์	0.33±0.65 0 (0, 0.5)	0.33±0.49 0 (0, 1)	0.00 (-0.49, 0.49)	0.771
หลังรักษา 12 สัปดาห์	0.25±0.45 0 (0, 0.5)	0.08±0.29 0 (0, 0)	0.17 (-0.16, 0.49)	0.284
P-value ^b	0.008	<0.001		

ข้อมูลนำเสนอ mean±SD, median (Interquartile range) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ Mann-Whitney U test^a, Friedman test^b กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 (P<0.05)

จากตารางที่ 8 แสดงจำนวนสิวหัวหนองระหว่างกลุ่มที่ได้รับการฉีดโบทูลินัมทอกซินเอเข้าใต้ผิวหนังร่วมกับยาทารักษาสิวมาตรฐานเทียบกับยาทารักษาสิวมาตรฐานเพียงอย่างเดียวพบว่า กลุ่มที่ได้รับการฉีดโบทูลินัมทอกซินเอเข้าใต้ผิวหนังร่วมกับยาทารักษาสิวมาตรฐานมีค่ามัธยฐานของจำนวนสิวหัวหนองในช่วงก่อนรักษาเท่ากับ 1 และหลังรักษา 1, 2, 4, 8 และ 12 สัปดาห์ เท่ากับ 0, 0, 0, 0 และ 0 ตามลำดับ ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (P=0.008) กลุ่มที่ได้รับยาทารักษาสิวมาตรฐานเพียงอย่างเดียวมีค่ามัธยฐานของจำนวนสิวหัวหนองในช่วงก่อนรักษาเท่ากับ 1 และหลังรักษา 1, 2, 4, 8 และ 12 สัปดาห์ เท่ากับ 1.5, 1, 0, 0 และ 0 ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (P<0.001)

ตารางที่ 9 ค่าการเปลี่ยนแปลงของจำนวนสิ่วหัวหนองระหว่างกลุ่มที่ได้รับการฉีดโบทูลินัมทอกซินเอเข้าใต้ผิวหนังร่วมกับยา
ทารักษาสิวมาตรฐานเทียบกับยาทารักษาสิวมาตรฐานเพียงอย่างเดียว

ค่าการเปลี่ยนแปลง (เทียบกับก่อนรักษา)	Botulinum + Standard topical	Standard topical	Mean difference (95%CI)	Cohan's d	P-value
Δ หลังรักษา 1 สัปดาห์	-0.50±0.80	-0.08±0.67	-0.42 (-1.04, 0.21)	-0.57	0.179
Δ หลังรักษา 2 สัปดาห์	-0.75±0.87	-0.33±0.49	-0.41 (-1.01, 0.18)	-0.59	0.162
Δ หลังรักษา 4 สัปดาห์	-0.92±0.99	-1.08±0.99	0.17 (-0.68, 1.01)	0.17	0.686
Δ หลังรักษา 8 สัปดาห์	-0.83±1.27	-1.08±1.31	0.25 (-0.84, 1.34)	0.19	0.640
Δ หลังรักษา 12 สัปดาห์	-0.92±0.90	-1.33±1.15	0.42 (-0.46, 1.29)	0.40	0.335

ข้อมูลนำเสนอ mean±SD วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ Independent t-test กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

(P<0.05), Δ หมายถึง ความแตกต่างจากbaseline/weekดังกล่าว

จากตารางที่ 9 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับก่อนรักษาของจำนวนสิ่วหัวหนองระหว่างกลุ่มที่ได้รับการฉีดโบทูลินัมทอกซินเอเข้าใต้ผิวหนังร่วมกับยาทารักษาสิวมาตรฐานเทียบกับยาทารักษาสิวมาตรฐานเพียงอย่างเดียวพบว่า ค่าการเปลี่ยนแปลงหลังรักษา 1, 2, 4, 8 และ 12 สัปดาห์ ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการฉีดโบทูลินัมทอกซินเอเข้าใต้ผิวหนังร่วมกับยาทารักษาสิวมาตรฐานกับกลุ่มที่ได้รับยาทารักษาสิวมาตรฐานเพียงอย่างเดียวไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3.2.1.5 สิ่วอักเสบแดงชนิดเป็นตุ่มนูน (Nodule)

พบว่า ไม่มีการเกิดสิ่วอักเสบแดงชนิดเป็นตุ่มนูนตลอดช่วงระยะติดตามผลการวิจัยทั้งสองกลุ่ม

3.2.1.6 สิ่วที่เป็นตุ่มน้ำ (Cyst)

ตารางที่ 10 จำนวนสิ่วที่เป็นตุ่มน้ำ (Cyst) ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการฉีดโบทูลินัมทอกซินเอเข้าใต้ผิวหนังร่วมกับยาทารักษาสิว
มาตรฐานเทียบกับยาทารักษาสิวมาตรฐานเพียงอย่างเดียว

ระยะติดตามผล	Botulinum + Standard topical	Standard topical	Mean difference (95%CI)	P-value ^a
ก่อนรักษา	0.25±0.62 0 (0, 0)	0.25±0.87 0 (0, 0)	0.00 (-0.64, 0.64)	0.616
หลังรักษา 1 สัปดาห์	0.00±0.00 0 (0, 0)	0.25±0.87 0 (0, 0)	-0.25 (-0.77, 0.27)	0.317
หลังรักษา 2 สัปดาห์	0.00±0.00 0 (0, 0)	0.00±0.00 0 (0, 0)	0.00 (0.00, 0.00)	-
หลังรักษา 4 สัปดาห์	0.00±0.00 0 (0, 0)	0.00±0.00 0 (0, 0)	0.00 (0.00, 0.00)	-
หลังรักษา 8 สัปดาห์	0.00±0.00 0 (0, 0)	0.00±0.00 0 (0, 0)	0.00 (0.00, 0.00)	-
หลังรักษา 12 สัปดาห์	0.00±0.00 0 (0, 0)	0.08±0.29 0 (0, 0)	-0.08 (-0.26, 0.09)	0.317
P-value ^b	0.075	0.416		

ข้อมูลนำเสนอ mean±SD, median (Interquartile range) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ Mann–Whitney U test^a, Friedman test^b กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 (P<0.05)

จากตารางที่ 10 แสดงจำนวนสิวที่เป็นตุ่มน้ำระหว่างกลุ่มที่ได้รับการฉีดโบทูลินัมทอกซินเอเข้าใต้ผิวหนังร่วมกับยาทารักษาสิวมาตรฐานเทียบกับยาทารักษาสิวมาตรฐานเพียงอย่างเดียวพบว่า กลุ่มที่ได้รับการฉีดโบทูลินัมทอกซินเอเข้าใต้ผิวหนังร่วมกับยาทารักษาสิวมาตรฐานมีค่ามัธยฐานของจำนวนสิวที่เป็นตุ่มน้ำในช่วงก่อนรักษาเท่ากับ 0 และหลังรักษา 1, 2, 4, 8 และ 12 สัปดาห์ เท่ากับ 0, 0, 0, 0 และ 0 ตามลำดับ ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงที่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (P=0.075) กลุ่มที่ได้รับยาทารักษาสิวมาตรฐานเพียงอย่างเดียวมีค่ามัธยฐานของจำนวนสิวที่เป็นตุ่มน้ำในช่วงก่อนรักษาเท่ากับ 0 และหลังรักษา 1, 2, 4, 8 และ 12 สัปดาห์ เท่ากับ 0, 0, 0, 0 และ 0 ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงที่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (P=0.416)

ตารางที่ 11 ค่าการเปลี่ยนแปลงของจำนวนสิวที่เป็นตุ่มน้ำระหว่างกลุ่มที่ได้รับการฉีดโบทูลินัมทอกซินเอเข้าใต้ผิวหนังร่วมกับยาทารักษาสิวมาตรฐานเทียบกับยาทารักษาสิวมาตรฐานเพียงอย่างเดียว

ค่าการเปลี่ยนแปลง (เทียบกับก่อนรักษา)	Botulinum + Standard topical	Standard topical	Mean difference (95%CI)	Cohan's d	P-value
Δ หลังรักษา 1 สัปดาห์	-0.25±0.62	0.00±0.00	-0.25 (-0.62, 0.12)	-0.57	0.178
Δ หลังรักษา 2 สัปดาห์	-0.25±0.62	-0.25±0.87	0.00 (-0.64, 0.64)	0.00	1.000
Δ หลังรักษา 4 สัปดาห์	-0.25±0.62	-0.25±0.87	0.00 (-0.64, 0.64)	0.00	1.000
Δ หลังรักษา 8 สัปดาห์	-0.25±0.62	-0.25±0.87	0.00 (-0.64, 0.64)	0.00	1.000
Δ หลังรักษา 12 สัปดาห์	-0.25±0.62	-0.17±0.58	-0.08 (-0.59, 0.42)	-0.14	0.737

ข้อมูลนำเสนอ mean±SD วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ Independent t-test กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 (P<0.05), Δ หมายถึง ความแตกต่างจากbaseline/weekดังกล่าว

จากตารางที่ 11 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับก่อนรักษาของจำนวนสิวที่เป็นตุ่มน้ำระหว่างกลุ่มที่ได้รับการฉีดโบทูลินัมทอกซินเอเข้าใต้ผิวหนังร่วมกับยาทารักษาสิวมาตรฐานเทียบกับยาทารักษาสิวมาตรฐานเพียงอย่างเดียวพบว่า ค่าการเปลี่ยนแปลงหลังรักษา 1, 2, 4, 8 และ 12 สัปดาห์ ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการฉีดโบทูลินัมทอกซินเอเข้าใต้ผิวหนังร่วมกับยาทารักษาสิวมาตรฐานกับกลุ่มที่ได้รับยาทารักษาสิวมาตรฐานเพียงอย่างเดียวไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



ก่อนการวิจัย

หลังการวิจัย 12 สัปดาห์

ภาพที่ 2 ภาพเปรียบเทียบก่อนและหลังการวิจัยของอาสาสมัครที่ได้รับการฉีดโบทูลินัมทอกซินใต้ผิวหนัง
ร่วมกับยาทารักษาสิว

3.2.2 ระดับความมันบริเวณคาง

ตารางที่ 12 ระดับความมัน (Sebumeter) ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการฉีดโบทูลินัมทอกซินเฝ้าไข้ใต้ผิวหนังร่วมกับยาทารักษาสิว
มาตรฐานเทียบกับยาทารักษาสิวมาตรฐานเพียงอย่างเดียว

ระยะติดตามผล	Botulinum + Standard topical	Standard topical	Mean difference (95%CI)	P-value ^a
ก่อนรักษา	132.83±22.71	101.67±27.16	31.17 (9.97, 52.36)	0.006
หลังรักษา 1 สัปดาห์	96.08±27.18	99.58±24.28	-3.5 (-25.32, 18.32)	0.743
หลังรักษา 2 สัปดาห์	82.75±16.49	95.33±25.35	-12.58 (79.80, 98.28)	0.163
หลังรักษา 4 สัปดาห์	94.08±17.41	98.92±26.09	-4.83 (-23.61, 13.94)	0.599
หลังรักษา 8 สัปดาห์	106.0±17.85	95.92±23.09	10.08 (-7.39, 27.56)	0.244
หลังรักษา 12 สัปดาห์	114.5±27.66	99.08±24.20	15.42 (-6.58, 37.42)	0.160
P-value ^b	<0.001	0.990		

ข้อมูลนำเสนอ mean±SD วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ Independent t-test^a, Repeated measure ANOVA^b กำหนดระดับ
นัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 (P<0.05)

จากตารางที่ 12 แสดงระดับความมันบริเวณคางระหว่างกลุ่มที่ได้รับการฉีดโบทูลินัมทอกซินเฝ้าไข้ใต้ผิวหนัง
ร่วมกับยาทารักษาสิวมาตรฐานเทียบกับกลุ่มที่ได้รับยาทารักษาสิวมาตรฐานเพียงอย่างเดียวพบว่า กลุ่มที่ได้รับการฉีดโบทูลิน
ัมทอกซินเฝ้าไข้ใต้ผิวหนังร่วมกับยาทารักษาสิวมาตรฐานมีค่าเฉลี่ยของระดับความมันในช่วงก่อนรักษาเท่ากับ 132.83±22.71

และ หลังรักษา 1, 2, 4, 8 และ 12 สัปดาห์ เท่ากับ 96.08 ± 27.18 , 82.75 ± 16.49 , 94.08 ± 17.41 , 106.0 ± 17.85 และ 114.5 ± 27.66 ตามลำดับ ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($P < 0.001$)

กลุ่มที่ได้รับยาทารักษาสิ่วมาตรฐานเพียงอย่างเดียวมีค่าเฉลี่ยของระดับความมันในช่วงก่อนรักษาเท่ากับ 101.67 ± 27.16 และ หลังรักษา 1,2,4,8 และ 12 สัปดาห์ เท่ากับ 99.58 ± 24.28 , 95.33 ± 25.35 , 98.92 ± 26.09 , 95.92 ± 23.09 และ 99.08 ± 24.20 ตามลำดับ ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงที่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P = 0.990$)

เมื่อเปรียบเทียบระดับความมันบริเวณคางหลังการรักษาระหว่างสองกลุ่มพบว่า ระดับความมันระหว่างกลุ่มที่ได้รับการฉีดโบทูลินัมทอกซินเอเข้าใต้ผิวหนังร่วมกับยาทารักษาสิ่วมาตรฐานเทียบกับยาทารักษาสิ่วมาตรฐานเพียงอย่างเดียวไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หลังรักษา 1,2,4,8 และ 12 สัปดาห์ ในทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางที่ 13 ค่าการเปลี่ยนแปลงของระดับความมันบริเวณคางระหว่างกลุ่มที่ได้รับการฉีดโบทูลินัมทอกซินเอเข้าใต้ผิวหนังร่วมกับยาทารักษาสิ่วมาตรฐานเทียบกับยาทารักษาสิ่วมาตรฐานเพียงอย่างเดียว

ค่าการเปลี่ยนแปลง (เทียบกับก่อนรักษา)	Botulinum + Standard topical	Standard topical	Mean difference (95%CI)	Cohan's d	P-value
Δ หลังรักษา 1 สัปดาห์	-36.75 ± 19.06	-2.08 ± 11.02	$-34.67 (-47.85, -21.49)$	-2.23	<0.001
Δ หลังรักษา 2 สัปดาห์	-50.08 ± 24.76	-6.33 ± 8.55	$-43.75 (-59.43, -28.07)$	-2.36	<0.001
Δ หลังรักษา 4 สัปดาห์	-38.75 ± 21.05	-2.75 ± 12.35	$-36.0 (-50.61, -21.39)$	-2.09	<0.001
Δ หลังรักษา 8 สัปดาห์	-26.83 ± 19.28	-5.75 ± 9.67	$-21.08 (-33.99, -8.17)$	-1.38	0.003
Δ หลังรักษา 12 สัปดาห์	-18.33 ± 15.62	-2.58 ± 12.05	$-15.75 (-27.56, -3.94)$	-1.13	0.011

ข้อมูลนำเสนอ mean $\pm$ SD วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ Independent t-test กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

($P < 0.05$), Δ หมายถึง ความแตกต่างจากbaseline/weekดังกล่าว

จากตารางที่ 13 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับก่อนรักษาของระดับความมันบริเวณคางระหว่างกลุ่มที่ได้รับการฉีดโบทูลินัมทอกซินเอเข้าใต้ผิวหนังร่วมกับยาทารักษาสิ่วมาตรฐานเทียบกับยาทารักษาสิ่วมาตรฐานเพียงอย่างเดียวพบว่า ค่าการเปลี่ยนแปลงหลังรักษา 1, 2, 4, 8 และ 12 สัปดาห์ ในกลุ่มที่ได้รับการฉีดโบทูลินัมทอกซินเอเข้าใต้ผิวหนังร่วมกับยาทารักษาสิ่วมาตรฐานลดลงมากกว่ากลุ่มที่ได้รับยาทารักษาสิ่วมาตรฐานเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($P < 0.05$) โดยระดับความมันบริเวณคางลดลงมากกว่า 34.67, 43.75, 36.0, 21.08 และ 15.75 ตามลำดับ

3.2.3 ความพึงพอใจหลังการรักษา

เมื่อเปรียบเทียบคะแนนความพึงพอใจหลังการรักษาระหว่างสองกลุ่มพบว่า คะแนนความพึงพอใจหลังการรักษาของกลุ่มที่ได้รับการฉีดโบทูลินัมทอกซินเอเข้าใต้ผิวหนังร่วมกับยาทารักษาสิ่วมาตรฐานสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับยาทารักษาสิ่วมาตรฐานเพียงอย่างเดียวหลังรักษา 2, 4, 8 และ 12 สัปดาห์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($P < 0.05$)

3.2.4 ผลข้างเคียงหลังการรักษาที่ประเมินโดยแพทย์และผู้เข้าร่วมวิจัย

ผลข้างเคียงหลังการรักษาที่ประเมินโดยแพทย์พบว่า กลุ่มที่ได้รับการฉีดโบทูลินัมทอกซินเอเข้าใต้ผิวหนังร่วมกับยาทารักษาสิ่วมาตรฐานเกิดอาการแดง 1 ราย หลังรักษา 4 สัปดาห์ อาการหน้าแห้งและอาการหน้าลอกอย่างละ 1 ราย หลังรักษา 8 และ 12 สัปดาห์ ขณะที่กลุ่มที่ได้รับยาทารักษาสิ่วมาตรฐานเพียงอย่างเดียวเกิดอาการแดง 1 ราย หลังรักษา

4 สัปดาห์ อาการหน้าแดง 2 ราย หลังรักษา 8 สัปดาห์ และ 1 ราย หลังรักษา 12 สัปดาห์ รวมถึงอาการหน้าลอกอย่างละ 1 ราย หลังรักษา 8 และ 12 สัปดาห์ ทั้งนี้ตลอดระยะเวลาติดตามผลการวิจัยไม่พบผลข้างเคียงทั้งสองกลุ่ม ได้แก่ อาการบวมอักเสบร้อน ปวด ภาวะมุมปากตกหรือใบหน้าไม่สมมาตรขณะยิ้ม และการแสดงสีหน้าไม่เป็นธรรมชาติ ตลอดระยะติดตามผลการวิจัย

ผลข้างเคียงหลังการรักษาที่ประเมินโดยผู้เข้าร่วมวิจัยพบว่า กลุ่มที่ได้รับการฉีดโบทูลินัมทอกซินเอเข้าใต้ผิวหนังร่วมกับยาทารักษาสิวมาตรฐานเกิดอาการหน้าแดง 1 ราย หลังรักษา 4 สัปดาห์ อาการหน้าลอก/เป็นขุยอย่างละ 1 ราย หลังรักษา 8 และ 12 สัปดาห์ ขณะที่กลุ่มที่ได้รับยาทารักษาสิวมาตรฐานเพียงอย่างเดียวเกิดอาการแดง 1 ราย หลังรักษา 4 สัปดาห์ อาการหน้าลอก/เป็นขุย 2 ราย หลังรักษา 8 สัปดาห์ และ 1 ราย หลังรักษา 12 สัปดาห์ ทั้งนี้ตลอดระยะเวลาติดตามผลการวิจัยไม่พบผลข้างเคียงทั้งสองกลุ่ม ได้แก่ อาการแสบร้อน คัน และหน้าแดงเวลาโดนแดด ตลอดระยะติดตามผลการวิจัย

3.3 อภิปรายผลการศึกษา

ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า การฉีดโบทูลินัมทอกซินเอ (BoNT-A) แบบ intradermal ร่วมกับยาทารักษาสิวมาตรฐาน (benzoyl peroxide 5% และ clindamycin 1%) ช่วยลดจำนวนสิบบางชนิดได้เร็วกว่า การใช้ยาทาเพียงอย่างเดียว โดยเฉพาะสิวไม่อักเสบ เช่น สิวอุดตันหัวปิด (closed comedone) และ สิวชนิดตุ่มนูน (papule) ในช่วง 1-4 สัปดาห์แรก ซึ่งเป็นช่วงเวลาสำคัญในการสร้างแรงจูงใจให้ผู้ป่วยเห็นผลเร็วและมีความพึงพอใจในการรักษา นอกจากนี้ กลุ่มที่ได้รับ BoNT-A ยังแสดงผลในการ ลดระดับความมันบริเวณคาง ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกช่วงเวลาการติดตามตลอด 12 สัปดาห์ ซึ่งสอดคล้องกับกลไกการออกฤทธิ์ของ BoNT-A ที่สามารถยับยั้งการหลั่ง acetylcholine ที่ synaptic cleft ทำให้ต่อมไขมันลดการผลิต sebum ส่งผลต่อการควบคุมปัจจัยสำคัญในการเกิดสิว ในด้าน ความพึงพอใจของผู้ป่วยในกลุ่ม BoNT-A ก็สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญในเกือบทุกช่วงเวลา อาจสะท้อนถึงประโยชน์ของผลลัพธ์ที่เห็นได้เร็ว รวมถึงความรู้สึกว่ารักษาแบบ “ดูแลเฉพาะจุด” มากกว่าการทายาเพียงอย่างเดียว อย่างไรก็ตาม สิวหัวเปิด (open comedone) กลับพบว่า กลุ่มควบคุมลดลงมากกว่าในสัปดาห์แรก ($P = 0.028$) อย่างไรก็ตาม ไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญหลังจากสัปดาห์ที่ 2 เป็นต้นไป ผลการรักษาในสิวนชนิดอื่น เช่น สิวหนอง (pustule), สิวอักเสบนูนแดง (nodule), และซีสต์ (cyst) ไม่พบความแตกต่างที่มีนัยสำคัญระหว่างกลุ่ม แสดงให้เห็นว่า BoNT-A อาจมีข้อจำกัดในสิวที่มีการอักเสบมากหรือมีพยาธิกำเนิดจากเชื้อแบคทีเรียมากกว่า sebum

โดยผลลัพธ์ในงานวิจัยนี้สอดคล้องกับรายงานของ Rho & Gil (2021) [3] ที่แสดงว่า intradermal BoNT-A มีศักยภาพในการลด sebum และลดการอักเสบของรูขุมขน โดยเฉพาะในผิวที่มีลักษณะมันมาก และยังสอดคล้องกับการศึกษาทางคลินิกก่อนหน้านี้ซึ่งแสดงว่า BoNT-A สามารถลด sebum ได้ภายใน 4-8 สัปดาห์ โดยไม่ก่อให้เกิดผลข้างเคียงรุนแรง อย่างไรก็ตาม งานวิจัยเดิมส่วนใหญ่ใช้การออกแบบเป็น open-label หรือศึกษาในกลุ่มอาสาสมัครที่มี oily skin มากกว่าสิวชัดเจน งานวิจัยนี้จึงมีความโดดเด่นตรงที่ใช้ randomized controlled trial เพื่อประเมินในผู้ป่วยที่เป็นสิวอักเสบจริงในตำแหน่งที่พบบ่อยอย่างบริเวณคาง นอกจากนี้ ผลลัพธ์จากการลดความมันและสิวไม่อักเสบภายหลังการฉีด BoNT-A ยังมีแนวโน้มสอดคล้องกับรายงานก่อนหน้านี้ เช่น งานของ Anil ซึ่งศึกษาในผู้ที่มีลักษณะผิวมัน และพบว่า intradermal BoNT-A ช่วยลดการผลิต sebum และลดขนาดรูขุมขนได้อย่างมีนัยสำคัญภายในระยะเวลาอันสั้น ซึ่งสนับสนุนสมมติฐานของการศึกษาที่ว่าการยับยั้งการหลั่ง acetylcholine ที่ปลายประสาทบริเวณต่อมไขมันมีส่วนช่วยควบคุมปัจจัยทางกายภาพที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสิว โดยเฉพาะในช่วง 1-4 สัปดาห์แรก [6] และผลจากการศึกษาที่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Calvisi และคณะ (2022) [13] ซึ่งใช้ intradermal onabotulinumtoxinA ในผู้ป่วยสิวะระดับเล็กน้อยถึงปานกลาง และประเมินผลด้วยค่า MAS (Multicomponent Acne Severity Score) พบว่าค่าความรุนแรงของสิวลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

ภายใน 2 สัปดาห์และยังคงลดลงต่อเนื่องจนถึง 1 เดือน โดยไม่มีรายงานผลข้างเคียงที่มีนัยสำคัญ ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับการศึกษาปัจจุบันที่พบว่า BoNT-A มีประสิทธิภาพในการลดสิวได้เร็วในช่วง 1-4 สัปดาห์แรก ซึ่งเป็นช่วงเวลาสำคัญที่อาจช่วยเสริมแรงใจและความพึงพอใจของผู้ป่วย ทั้งนี้แม้ว่าตำแหน่งที่ศึกษาแตกต่างกัน แต่ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกันชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของ BoNT-A ในการควบคุมสิวโดยเฉพาะในบริเวณที่มีความมันเด่นชัด

4. บทสรุป

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพของการฉีดโบทูลินัมทอกซินเอ (Botulinum toxin type A: BoNT-A) เข้าใต้ผิวหนัง ร่วมกับการใช้ยาทารักษาสิวมาตรฐาน ในการลดจำนวนสิวและควบคุมความมันบนใบหน้า บริเวณคางของผู้ใหญ่ที่มีสิวกักเสบระดับเล็กน้อยถึงปานกลาง โดยเปรียบเทียบกับการใช้ยาทารักษาสิวมาตรฐานเพียงอย่างเดียว ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มที่ได้รับการฉีด BoNT-A ร่วมกับยาทารักษาสิวมาตรฐานสามารถลดจำนวนสิิวหัวปิด และสิิวตุ่มนูนได้เร็วกว่า โดยค่าการเปลี่ยนแปลงเทียบกับก่อนรักษามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในช่วง 1-4 สัปดาห์แรกของการรักษา นอกจากนี้ ระดับความมันบริเวณคางในกลุ่ม BoNT-A ลดลงอย่างต่อเนื่องและมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาประเมินตลอด 12 สัปดาห์ และผู้ป่วยรายงานระดับความพึงพอใจสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ การรักษาไม่พบผลข้างเคียงรุนแรง และมีอาการไม่พึงประสงค์เล็กน้อยที่สามารถหายได้เอง เช่น อาการผิวแห้งหรือระคายเคืองบางราย ทั้งสองกลุ่ม

สรุปได้ว่า การฉีดโบทูลินัมทอกซินเอใต้ผิวหนังร่วมกับการใช้ยาทารักษาสิวมาตรฐาน อาจเป็นแนวทางเสริมในการรักษาสิิวบริเวณคางที่มีความมันร่วมด้วย โดยให้ผลลัพธ์ที่เร็วขึ้น เพิ่มความพึงพอใจของผู้ป่วย และมีความปลอดภัยในระยะสั้น อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในระยะยาว และในกลุ่มตัวอย่างที่หลากหลายมากขึ้น เพื่อยืนยันผลลัพธ์และประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ต่อไป

5. ข้อเสนอแนะ

5.1 ข้อจำกัดของการศึกษามีระยะติดตามเพียง 12 สัปดาห์ ไม่เพียงพอที่จะประเมิน long-term efficacy หรืออัตราการกลับมาเป็นซ้ำ (relapse) แม้เป็น randomized trial แต่ยังไม่ใช่ double-blind จึงอาจมีความเอนเอียงจากผู้ประเมิน (observer bias) ยังไม่มีการวิเคราะห์ cost-effectiveness ของ BoNT-A ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการนำไปประยุกต์ใช้จริงในเวชปฏิบัติ

5.2 ข้อเสนอแนะของการศึกษา

5.2.1 ข้อเสนอแนะเชิงวิจัย ควรดำเนินการศึกษาต่อใน กลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือและอำนาจทางสถิติของผลการวิจัย ควรมีการติดตามผลในระยะยาวมากกว่า 12 สัปดาห์ เพื่อประเมิน ประสิทธิภาพของการรักษาในระยะยาว และอัตราการกลับเป็นซ้ำของสิิว ควรดำเนินการวิจัยในรูปแบบ Double-blind Randomized Controlled Trial (RCT) เพื่อขจัดความเอนเอียงจากผู้ประเมินและผู้เข้าร่วมวิจัย รวมทั้งแนะนำให้เปรียบเทียบ BoNT-A กับทางเลือกการรักษาอื่น เช่น ยาทากลุ่มเรตินอยด์ การใช้ยาปรับประเทาน หรือการทำเลเซอร์ เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพเชิงเปรียบเทียบในกลุ่มผู้ป่วยที่มีลักษณะต่างกัน และควรมีการใช้ เครื่องมือวัดผลที่ได้มาตรฐาน เช่น IGA (Investigator's Global Assessment) หรือระบบให้คะแนนความรุนแรงของสิิว เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบผลการศึกษากับงานวิจัยอื่นได้ง่ายขึ้น

5.2.2 ข้อเสนอแนะเชิงปฏิบัติ การฉีด BoNT-A แบบ intradermal อาจพิจารณาใช้ในกรณีผู้ป่วยที่มีปัญหา “ผิวมันมากบริเวณคาง” หรือ “ต้องการเห็นผลเร็ว” โดยเฉพาะในช่วงต้นของการรักษาสามารถพิจารณาใช้วิธีนี้ในผู้ป่วยที่มีความต้องการด้าน ความงามควบคู่กับการรักษาสิิว เช่น ผู้ที่ต้องการลดริ้วรอยบริเวณใบหน้าร่วมด้วยเช่นสิิวบริเวณ

หน้าผากหรือคาง และ ควรให้ข้อมูลผู้ป่วยอย่างครบถ้วนเกี่ยวกับ ข้อจำกัดของ BoNT-A เช่น ระยะเวลาของผลลัพธ์ และค่าใช้จ่าย เนื่องจากยังไม่ใช่มาตรฐานแรกของการรักษาผิว

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] B. Dreno, E. Bagatin, U. Blume-Peytavi, M. Rocha, H. Gollnick, Female type of adult acne: Physiological and psychological considerations and management. *Journal der Deutschen Dermatologischen Gesellschaft*. 16(2018) 1185-1194.
- [2] นกคณ นพคุณ, เพ็ญวดี ทิมพัฒน์พงศ์, วิวัฒน์ศรี สินธุรักษ์, เพ็ญพรรณ วัฒนไกร, รัตนี อัครพันธ์, นลินี สุทธิไพศาล และคณะ. แนวทางการดูแลรักษาโรคผิวหนัง. คณะแพทยศาสตร์โรคผิวหนัง, กรุงเทพฯ. 2553.
- [3] N.K. Rho, Y.C. Gil. Botulinum neurotoxin type A in the treatment of facial seborrhea and acne: Evidence and a proposed mechanism. *Toxins*. 13(2021) 817.
- [4] ชนกวรพรม์ สุคนธ์พันธ์. Botulinum Neurotoxin ในทางการแพทย์. วารสารไทยเภสัชนิพนธ์. 2(2548) 71-80.
- [5] R.G. Glogau. Botulinum toxin. in Fitzpatrick's dermatology in general medicine. 7th Ed., McGraw-Hill, United States of America, 2003.
- [6] R.S. Anil. Use of intradermal botulinum toxin to reduce sebum production and facial pore size. *Journal of Drugs in Dermatology*. 7(2008) 847-850.
- [7] L.S. Dana, H.T. Ann, L.C. Mary. Botulinum toxin in the treatment or prevention of acne. US Patent, US20050074466A1.
- [8] Reynolds RV, et al. (29 December 2023). Guidelines of care for the management of acne vulgaris. *Journal of the American Academy of Dermatology*. Available: <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2023.12.017>
- [9] วรณวรารค์ นาคพรม. การศึกษาประสิทธิภาพของการฉีดโบทูลินัมทอกซินชนิดเอเข้าในผิวหนังต่อระดับน้ำมันและขนาดรูขุมขนบนผิวหนังใบหน้า. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต สาขาวิชาโรคผิวหนัง บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2554.
- [10] จงจันทร์ มหาดเล็ก, ธวัชชัย แพชมัด. เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์: สถานการณ์ปัจจุบันและระบบนำส่ง. วารสารไทยเภสัชศาสตร์และวิทยาการสุขภาพ. 6(2554) 153-156.
- [11] S.G. Fabi, J.Y. Park, K. Goldie, W. Wu. Microtoxin for improving pore size, skin laxity, sebum control, and scars: A roundtable on integrating intradermal botulinum toxin type A microdoses into clinical practice. *Aesthetic Surgery Journal*. 43(2023) 1015.
- [12] J. Rosenfeld. 7 Surprising Facts About the Chin. *Mental Floss*. Available: <https://www.mentalfloss.com/article/502697/7-surprising-facts-about-chin>
- [13] L. Calvisi, A. Diaspro, G. Sito, Microbotox: A prospective evaluation of dermatological improvement in patients with mild-to-moderate acne and erythematotelangiectatic rosacea. *J. Cosmet Dermatol* 21(9)(2022) 3747–3753. Available: <https://doi.org/10.1111/jocd.14692>

การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันระบบจองห้อง self study กรณีศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

The Development of a Web application Self-Study Room Booking System: A Case Study at Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

ธีรภัทร เพ็ญฟู¹ ธนพจน์ สุระเรืองโรจน์¹ ณัฐติญา ไชติยากุล^{1*} และ เชวงศักดิ์ คงเกิด²

¹ สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

² สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

*E-mail: nattiya.k@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการพัฒนา เว็บแอปพลิเคชันระบบจองห้อง Self-Study สำหรับบุคลากร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เพื่อแก้ไขข้อจำกัดของระบบการจัดการห้อง Self-Study แบบเดิมที่พึ่งพาการจองด้วยวาจาผ่านโทรศัพท์ หรือการจองด้วยลายลักษณ์อักษรผ่านอีเมล ซึ่งต้องอาศัยเจ้าหน้าที่ของสำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศเป็นผู้ดำเนินการ ปัญหาที่พบคือบุคลากรผู้ต้องการจองห้อง Self-Study ไม่สามารถตรวจสอบสถานะห้องว่างในแต่ละวิทยาเขตได้แบบเรียลไทม์ ทำให้เสียเวลาในการจองซ้ำซ้อน หรือ ต้องเปลี่ยนแผนเมื่อห้องที่ต้องการถูกจองไปแล้ว การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน ระบบจองห้อง self study มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความพึงพอใจของบุคลากร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ผลการประเมินความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 4.75$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D. = 0.43$) โดยผู้ทดลองใช้สามารถตรวจสอบสถานะห้องว่างได้ทันที เลือกช่วงเวลาที่ต้องการจอง และ ยืนยันการจองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ระบบจองห้อง self study เว็บแอปพลิเคชัน

Abstract

This article presents the development of a web application for self-study room booking for the staff of Rajamangala University of Technology Phra Nakhon. This initiative aims to overcome the limitations of the previous self-study room management system, which relied on verbal bookings via phone or written requests via email. These traditional methods necessitated intervention from the staff of the Office of Academic Resource and Information Technology. A key challenge identified was the inability of staff seeking to book self-study rooms to check room availability in real-time across different campuses. This often led to wasted time due to duplicate bookings or the need to alter plans when desired rooms were already reserved. Consequently, a key objective for developing this web application was to evaluate the user satisfaction among university personnel. The satisfaction assessment results

indicated the highest level of satisfaction, with a mean score ($\bar{x}$) of 4.75 and a Standard Deviation (S.D.) of 0.43. Users were able to instantly check room availability, select their desired time slots, and confirm bookings efficiently, demonstrating the effectiveness of the new system.

Keywords: Self-Study Room Booking System, web application

1. บทนำ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร [1] ในปัจจุบันมีการเรียนการสอนทั้งหมด 4 ศูนย์ คือ ศูนย์เทเวศร์ ศูนย์โยธิตะเวศร์ ศูนย์พัฒนศึกษาพระนคร และ ศูนย์พระนครเหนือ ในแต่ละศูนย์จะมีการจัดเตรียมห้อง Self Study สำหรับให้บริการบุคลากรและนักศึกษาของมหาวิทยาลัย เพื่อใช้สำหรับส่งเสริมการเรียนรู้ ค้นคว้า หรือทำงานที่ต้องการสมาธิอย่างอิสระ โดยผู้ใช้งานสามารถควบคุมการเรียนรู้ของตนเองได้ และใช้งานอุปกรณ์และทรัพยากรสนับสนุนที่มหาวิทยาลัยเตรียมไว้ได้

ห้อง Self Study นี้อยู่ภายใต้การดูแลและควบคุมของสำนักวิทยบริการและเทคโนโลยี การเข้าใช้บริการห้อง Self Study ของแต่ละศูนย์จะต้องทำการจองเพื่อให้เจ้าหน้าที่ของสำนักวิทยบริการจัดการจองและจัดเตรียมอุปกรณ์ที่ต้องการให้ โดยวิธีการจองที่ใช้ในปัจจุบันคือ การจองด้วยวาจา บุคลากรที่ต้องการจองห้องสามารถโทรศัพท์ติดต่อไปยังสำนักวิทยบริการเพื่อระบุวันและเวลาที่ต้องการใช้ห้องในแต่ละศูนย์ได้โดยตรง หรือ การจองอีกวิธีหนึ่งคือ การจองโดยใช้ลายลักษณ์อักษรผ่านทางจดหมายอิเล็กทรอนิกส์แจ้งวันและเวลาที่ต้องการใช้ห้อง เช่นเดียวกันกับวิธีแรก แต่ที่แตกต่างกันก็คือ ต้องรอเจ้าหน้าที่ตอบยืนยันการเข้าใช้ห้องในวันและเวลาดังกล่าวเสียก่อน จึงจะสามารถเข้าใช้งานห้อง Self Study ตามวันและเวลาที่ต้องการได้ จากวิธีการจองห้อง Self Study ดังกล่าว ทำให้กระบวนการจองใช้เวลานานและขาดความยืดหยุ่น ยิ่งไปกว่านั้น บุคลากรผู้ต้องการใช้งานห้องไม่สามารถตรวจสอบสถานะห้องว่างแบบเรียลไทม์ได้ ส่งผลให้มักเกิดปัญหาการจองซ้ำซ้อน การต้องเปลี่ยนแผนการใช้งานกระทันหัน หรือต้องเสียเวลาในการค้นหาห้องว่างที่เหมาะสมกับความต้องการ ซึ่งเป็นการลดทอนประสิทธิภาพการทำงานและก่อให้เกิดความไม่พึงพอใจในการใช้บริการ

ด้วยข้อจำกัดและปัญหาข้างต้น การพัฒนาระบบที่มีประสิทธิภาพเพื่ออำนวยความสะดวกในการจองห้อง Self-Study จึงมีความจำเป็น การนำเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาประยุกต์ใช้เพื่อสร้าง เว็บแอปพลิเคชันระบบจองห้อง Self-Study จึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมและมีศักยภาพในการแก้ไขปัญหาได้ เว็บแอปพลิเคชันนี้จะทำหน้าที่เป็นแพลตฟอร์มกลางที่ช่วยให้บุคลากรสามารถเข้าถึงข้อมูลห้องว่าง ตรวจสอบสถานะการใช้งาน เลือกช่วงเวลาที่ต้องการจอง และยืนยันการจองได้อย่างสะดวกรวดเร็ว ซึ่งจะช่วยลดภาระงานของเจ้าหน้าที่สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ ลดความผิดพลาดจากการสื่อสาร และเพิ่มโอกาสในการใช้ประโยชน์จากห้อง Self-Study ได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงทำให้ผู้เข้าใช้งานมีความพึงพอใจสูงขึ้นด้วย

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันระบบจองห้อง Self Study สำหรับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เพื่อวัดผลความพึงพอใจของบุคลากรในการจองห้อง Self Study อีกทั้งสามารถนำเว็บแอปพลิเคชันนี้ไปเป็นต้นแบบในการยกระดับคุณภาพการบริหารจัดการทรัพยากรของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และส่งเสริมสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนรู้และการพัฒนาตนเองของบุคลากรให้ดียิ่งขึ้นต่อไป

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

วิธีการดำเนินการของการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันระบบจองห้อง Self Study สำหรับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ผู้จัดทำได้ทำการพัฒนาโดยมีรายละเอียดเกี่ยวกับระบบงานดังนี้

2.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

2.1.1 ศึกษาความเป็นไปได้ของระบบ [2-4] โดยศึกษาจากวิธีการจองห้อง Self Study จากเจ้าหน้าที่ของสำนักวิทยบริการและเทคโนโลยี [5]

2.1.2 วิเคราะห์ข้อมูลจากการสอบถามและการใช้งานในข้อที่ 1 โดยการวิเคราะห์ปัญหาและนำไปออกแบบเว็บแอปพลิเคชันระบบจองห้อง Self Study

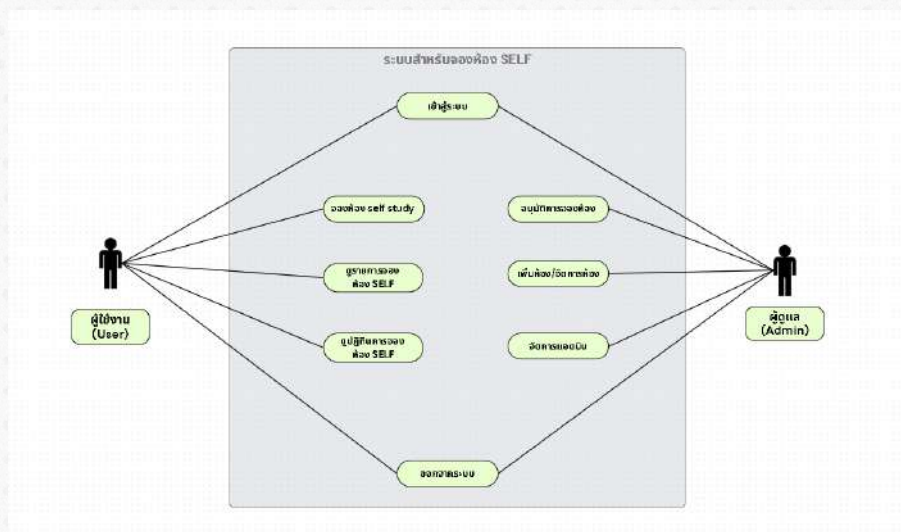
2.1.3 พัฒนาเว็บแอปพลิเคชันและกำหนดกลุ่มตัวอย่างเพื่อวัดผลความพึงพอใจ

2.2 ออกแบบระบบจองห้อง Self Study

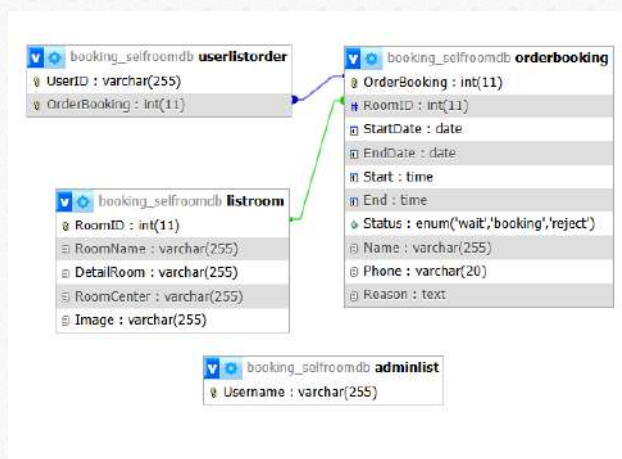
การใช้งานเว็บแอปพลิเคชันระบบจองห้อง Self Study จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ผู้ใช้งาน และผู้ดูแลระบบ โดย

ก) ผู้ใช้งาน หมายถึง บุคลากรและนักศึกษาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ซึ่งมี username และ password สำหรับเข้าใช้งานบริการอื่น ๆ ของมหาวิทยาลัยอยู่แล้ว ฟังก์ชันการทำงานสำหรับผู้ใช้งาน สามารถค้นหาห้องว่าง เลือกห้อง และทำการจองด้วยตัวเอง เช่น การกรอกรายละเอียดการจอง วันที่ เวลา ระยะเวลาที่ต้องการใช้ห้อง เป็นต้น

ข) ผู้ดูแลระบบ หมายถึง เจ้าหน้าที่ของสำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ ของ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ทำหน้าที่จัดการจองห้อง Self Study และจัดเตรียมอุปกรณ์ต่าง ๆ ฟังก์ชันการทำงานสำหรับผู้ดูแลระบบ คือ สามารถดูการจองทั้งหมด การยกเลิกการจอง หรือเปลี่ยนแปลงข้อมูลการจองของผู้ใช้งาน เป็นต้น ซึ่งสามารถอธิบายภาพรวมของเว็บแอปพลิเคชันระบบจองห้อง Self Study โดยใช้ แผนภาพยูสเคส (Use case Diagram) ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนภาพยูสเคสเว็บแอปพลิเคชันระบบจองห้อง Self Study สำหรับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



ภาพที่ 2 แผนภาพคลาส (Class Diagram) เว็บแอปพลิเคชันระบบจองห้อง Self Study
สำหรับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ในแผนภาพที่ 2 แสดงถึงแผนภาพที่ใช้ในการแสดงกลุ่มของคลาสโครงสร้างของคลาสอินเทอร์เฟซ (Interface) และแสดงความสัมพันธ์ (Relationship) ระหว่างคลาสของเว็บแอปพลิเคชันระบบจองห้อง Self Study สำหรับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

2.3 เครื่องมือการวิจัยและกลุ่มเป้าหมาย

เครื่องมือที่ใช้สำหรับการวัดผลความพึงพอใจคือ แบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันระบบจองห้อง Self Study โดยวัดจากกลุ่มตัวอย่าง 15 คน เป็นเจ้าหน้าที่ และ นักศึกษาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร นอกจากนี้ยังนำเว็บแอปพลิเคชันระบบจองห้อง Self Study ไปให้ผู้เชี่ยวชาญคือ นักวิชาการคอมพิวเตอร์ ชำนาญการฝ่ายงานโครงสร้างพื้นฐานและบริการด้านไอที สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ ตรวจสอบความถูกต้องอีกด้วย

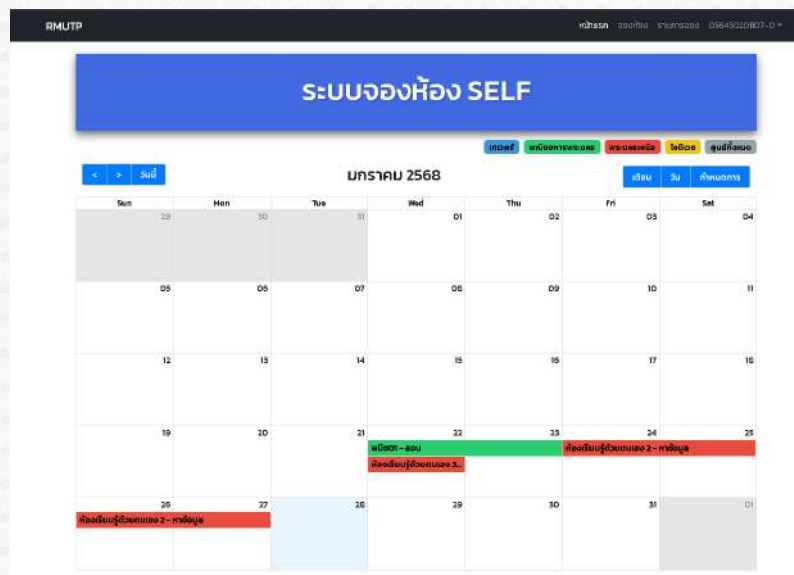
2.4 สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความคิดเห็น แบบประเมินความพึงพอใจของระบบได้กำหนดเกณฑ์ตามวิธีของลิเคิร์ท (Likert's Scale) ของ Faye Anderson [6-8] โดยจะให้คะแนนในส่วนของแต่ละหัวข้อตามความเหมาะสมซึ่งมีลำดับตามความหมายของคะแนน เกณฑ์ประกอบด้วยมาตราส่วนประเมินค่าเชิงคุณภาพ 5 ระดับ (Rating Scale) ดังนี้

- ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 – 5.00 หมายความว่า ระดับมากที่สุด
- ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.51 – 4.50 หมายความว่า ระดับมาก
- ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.51 – 3.50 หมายความว่า ระดับปานกลาง
- ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.51 – 2.50 หมายความว่า ระดับน้อย
- ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.00 – 1.50 หมายความว่า ระดับน้อยที่สุด

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ผลการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันระบบจองห้อง Self Study

เริ่มต้นการเข้าใช้งานเว็บแอปพลิเคชันระบบจองห้อง Self Study หน้าแรกของระบบจะแสดงถึงปฏิทินในเดือนปัจจุบัน แสดงให้เห็นถึงห้อง Self Study ที่ถูกจองเรียบร้อยแล้วของแต่ละศูนย์ โดยใช้สีประจำแต่ละศูนย์เป็นตัวแสดง



ภาพที่ 3 ภาพแสดงการเข้าใช้งานเว็บแอปพลิเคชันระบบจองห้อง Self Study

เมื่อผู้ใช้งานได้ Login เข้าสู่ระบบเรียบร้อยแล้ว สามารถเลือกฟังก์ชันการจองห้องเพื่อกำหนดข้อมูลได้ดังภาพที่ 4a และ 4b



ภาพที่ 4a ภาพแสดงการจองห้อง Self Study ผ่านเว็บแอปพลิเคชันระบบจองห้อง Self Study



ภาพที่ 4b ภาพแสดงรายการจองห้อง Self Study เมื่อจองผ่านระบบ

หลังจากที่ผู้ใช้งานทำการจองห้อง Self-Study แล้ว ผู้ดูแลระบบจะยืนยันการจองนั้น การยืนยันนี้จะปรากฏบนหน้าหลักของระบบ โดยแสดงสถานะว่าห้อง Self-Study ที่ถูกจองนั้น ไม่ว่างแล้วในวันและเวลาที่ระบุ ข้อมูลนี้จะแสดงผ่านปฏิทินของระบบ ทำให้ผู้ใช้งานท่านอื่นสามารถ ตรวจสอบช่วงเวลาว่างที่เหลืออยู่และวางแผนการจองได้อย่างสะดวก



ภาพที่ 5 ภาพแสดงการยืนยันการจองห้องสำหรับผู้ดูแลเว็บแอปพลิเคชันระบบจองห้อง Self Study

3.2 ผลการวัดความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างและผู้เชี่ยวชาญในการใช้งาน เว็บแอปพลิเคชันระบบจองห้อง Self Study

เว็บแอปพลิเคชันระบบจองห้อง Self Study ถูกพัฒนาเพื่อศึกษาความพึงพอใจในการจองห้อง Self-Study ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ซึ่งแตกต่างจากวิธีการจองแบบเดิมที่ใช้การสื่อสารด้วยวาจาหรือลายลักษณ์อักษร การวิจัยนี้ได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากการทดลองใช้งานเว็บแอปพลิเคชันระบบจองห้อง Self Study จาก เจ้าหน้าที่สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ งานโครงสร้างพื้นฐานและบริการด้านไอที และ จากผู้ใช้งานจริงที่ได้ทดลองใช้เว็บแอปพลิเคชันดังกล่าว โดยใช้แบบสอบถามวัดความพึงพอใจการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันระบบจองห้อง Self Study

ผลสรุป ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความพึงพอใจในการใช้บริการระบบจองห้อง self study ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครเป็นไปดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลสรุป ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความพึงพอใจในการใช้บริการระบบจองห้อง self study ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

การวัดความพึงพอใจ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. ด้านการให้บริการ	4.73	0.44	มากที่สุด
2. ด้านการออกแบบ	4.68	0.47	มากที่สุด
3. ด้านประสิทธิภาพการใช้งาน	4.84	0.36	มากที่สุด
รวม	4.75	0.43	มากที่สุด

3.3 ผลการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญในการใช้งาน เว็บแอปพลิเคชันระบบจองห้อง Self Study

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบความถูกต้องโดยผู้เชี่ยวชาญ เจ้าหน้าที่สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศงานโครงสร้างพื้นฐานและบริการด้านไอที

ส่วนการทำงาน	ผลการทดสอบ	
	ผ่าน	ไม่ผ่าน
1.เข้าสู่ระบบ	✓	
2.ดูปฏิทินการจองได้	✓	
3.ดูรายละเอียดการจอง	✓	
4.สามารถจองห้องได้	✓	

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบความถูกต้องโดยผู้เชี่ยวชาญ เจ้าหน้าที่สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศงานโครงสร้างพื้นฐานและบริการด้านไอที (ต่อ)

ส่วนการทำงาน	ผลการทดสอบ	
	ผ่าน	ไม่ผ่าน
5. สามารถยกเลิกการจอง	✓	
6. สามารถอนุมัติหรือปฏิเสธการจองได้	✓	
7. สามารถเพิ่มหรือลบห้องได้	✓	
8. สามารถแก้ไขรายละเอียดห้องได้	✓	
9. สามารถเพิ่มหรือลบผู้ดูแลได้	✓	
10. ออกจากระบบ	✓	

4. บทสรุป

จากผลสรุปการวัดค่าความพึงพอใจของผู้ทดลองใช้งานเว็บแอปพลิเคชันระบบจองห้อง Self Study พบว่าได้ค่าระดับความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด คือ $\bar{x} = 4.75$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.43 เมื่อพิจารณาแยกในแต่ละด้านพบว่าในด้านการให้บริการได้ค่าระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด คือ $\bar{x} = 4.73$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.44 ในด้านการออกแบบได้ค่าระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด คือ $\bar{x} = 4.68$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.47 และสุดท้ายด้านประสิทธิภาพการใช้งานได้ค่าระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด คือ $\bar{x} = 4.84$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.36

ในส่วนของการทดสอบการใช้งานโดยผู้เชี่ยวชาญคือ นักวิชาการคอมพิวเตอร์ชำนาญการฝ่ายงานโครงสร้างพื้นฐานและบริการด้านไอที สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ พบว่าการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันระบบจองห้อง Self Study สามารถทำงานได้ถูกต้อง

จากผลการวัดผลความพึงพอใจของการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันระบบจองห้อง Self Study มีความสอดคล้องกันกับบทความของ สนทยา พลพาสังข์ และ รัชชนันท์ หลาบลามา ที่ได้ศึกษาเรื่อง “การพัฒนาการพัฒนาระบบจองห้องพักออนไลน์ กรณีศึกษา อุทยานแห่งชาติตาคลี” [3] ในด้านการเพิ่มความสะดวกในเรื่องการจองห้องให้เป็นรูปแบบออนไลน์ จากรูปแบบเดิมที่เป็นการจองโดยใช้วาจา และ เอกสาร ซึ่งอาจเกิดความซ้ำซ้อนและสูญหายของข้อมูลได้

ในด้านของการตรวจสอบความถูกต้องของการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันระบบจองห้อง Self Study มีความสอดคล้องกันกับวิธีการตรวจสอบของ สุรัช สิมคาน ในงานวิจัยเรื่อง “ระบบบริหารจัดการจองห้องพักออนไลน์ของสำนักวิทยบริการมหาวิทยาลัยนครพนม” [5] ซึ่งใช้การตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญที่รับผิดชอบการจองห้องด้วยวิธีการเดิม รวมถึงเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศอีกด้วย

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้โอกาสและความร่วมมือในการจัดทำงานวิจัยนี้ รวมถึงเป็นผู้ทดสอบการใช้งาน เว็บแอปพลิเคชันระบบจองห้อง Self Study

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. หน้าแรก. (20 กรกฎาคม 2568). สืบค้นจาก: <https://www.rmutp.ac.th/>
- [2] วิวัฒน์ พัฒนา. การวิเคราะห์และออกแบบระบบ. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน). 2533.
- [3] สนทยา พลพาลสังข์ และ รัชชนันท์ หลาบมาลา. การพัฒนาการพัฒนาระบบจองห้องพักรอออนไลน์ กรณีศึกษา อุทยานแห่งชาติตาดีด. วารสารวิชาการ "การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ", 3(2)(2018) 72-80.
- [4] โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. การวิเคราะห์และออกแบบระบบ (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน). 2544.
- [5] สุรักษ์ สิมคาน. ระบบบริหารจัดการจองห้องออนไลน์ของสำนักวิทยบริการ. มหาวิทยาลัยนครพนม. 2558.
- [6] Faye Anderson. Likert Scale Data Linear Modeling. Independently Published, Chicago, 2020.
- [7] จิตติรชานันท์ อิศรางกูร ณ อยุธยา. แนวทางในการสร้างความพึงพอใจต่อการใช้อยบายแอปพลิเคชันจองที่พักและการเดินทาง: กรณีศึกษาแพลตฟอร์มเอ็กซ์พีเดีย. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 2565.
- [8] นัฏฐิกา สุนทรชนผล. การศึกษาความพึงพอใจของนิสิตต่อการจัดการเรียนการสอนผ่านกูเกิลคลาสรูม รายวิชาประวัติดนตรีตะวันตก. วารสารสถาบันวัฒนธรรมและศิลปะ, 21(1)(2019) 73-86.

การพัฒนาวัตกรรมการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคุณค่า ในศตวรรษที่ 21: การประยุกต์ใช้เทคนิค “ย้อนอดีต คิดถึงอนาคต” Developing Instructional Innovation to Promote Value-Based Thinking in the 21st Century: Applying the “Looking Back, Thinking Forward” Technique

สรพงค์ เบญจศรี¹ นันทรัตน์ พงษ์พิทักษ์² และ พิมพชนา ฮกทา^{2*}

¹ คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง

² คณะวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง

*E-mail: pimchana@tsu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวัตกรรมการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคุณค่าในศตวรรษที่ 21 โดยประยุกต์ใช้เทคนิค “ย้อนอดีต คิดถึงอนาคต” และศึกษาผลของนวัตกรรมที่มีต่อพฤติกรรมการแสดงออกเชิงคุณค่าของผู้เรียน กลุ่มตัวอย่างเลือกแบบเจาะจงจากรายวิชาศึกษาทั่วไปจำนวน 45 คน โดยจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนเลือกสิ่งของหนึ่งชิ้นที่นำกลับไปในยุคถ้ำและสะท้อนคุณค่าที่สัมพันธ์กับสิ่งนั้น เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตพฤติกรรม และแบบสะท้อนความคิดของผู้เรียน ผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมทางอารมณ์เชิงคุณค่าในระดับต่าง ๆ ได้แก่ การยึดถือคุณค่า (ร้อยละ 44.4) การจัดระบบคุณค่า (ร้อยละ 35.6) และการหล่อหลอมคุณค่าเป็นอัตลักษณ์ (ร้อยละ 20.0) ซึ่งสะท้อนการเรียนรู้เชิงลึกทั้งด้านเหตุผล อารมณ์ และจิตวิญญาณ นวัตกรรมนี้เปิดพื้นที่ปลอดภัยทางจิตใจ เหมาะสมสำหรับใช้ในรายวิชาศึกษาทั่วไป เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคุณค่าและพัฒนาผู้เรียนอย่างรอบด้านในศตวรรษที่ 21

คำสำคัญ: นวัตกรรมการจัดการเรียนรู้, การคิดเชิงคุณค่า, การเรียนรู้เชิงเปลี่ยนแปลง

Abstract

This study aims to develop an instructional innovation to promote value-based thinking in the 21st century by applying the “Reflecting Past – Envisioning Future” technique and to examine its effects on students’ value-oriented behaviors. The purposive sample consisted of 45 undergraduates enrolled in a general education course. The intervention involved an activity in which participants selected an object to “bring back” to a simulated cave-age context and then reflected on the values associated with that object. Instruments included a teaching-learning plan, a behavioral observation form, and a student reflection questionnaire. Results indicate that students exhibited varying levels of value-affective behavior: value internalization (44.4 %), value systematization (35.6%), and value embodiment as identity (20.0%), demonstrating deep learning across cognitive, emotional, and spiritual dimensions. The innovation created a psychologically safe environment and is suitable for general education courses to foster value-based thinking and holistic student development in the 21st century.

Keywords: Instructional Innovation, Value-Based Thinking, Transformative Learning

1. บทนำ

การจัดการศึกษาในศตวรรษที่ 21 ไม่ได้มุ่งเน้นเพียงการถ่ายทอดองค์ความรู้ทางวิชาการหรือการพัฒนาทักษะด้านเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เท่านั้น แต่ยังให้ความสำคัญกับทักษะชีวิต การคิดวิเคราะห์ การตัดสินใจเชิงจริยธรรม การรู้เท่าทันตนเอง และความสามารถในการดำรงชีวิตอย่างมีคุณค่า [1, 2] คุณลักษณะเหล่านี้ถือเป็นองค์ประกอบของ “ผู้เรียนที่สมบูรณ์” ซึ่งการศึกษาสมัยใหม่ควรส่งเสริมเพื่อเตรียมพลเมืองที่สามารถปรับตัวกับโลกที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วได้อย่างมีจิตสำนึกและความหมาย อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาในบริบทของการศึกษาไทยในระดับอุดมศึกษากลับยังคงประสบปัญหาเชิงโครงสร้างและเชิงระบบ โดยเฉพาะในรายวิชาศึกษาทั่วไป ซึ่งมีเป้าหมายในการวางรากฐานทัศนคติของนิสิต แต่กลับพบว่านิสิตจำนวนมาก “เรียนเพื่อคะแนน” ไม่ใช่ “เรียนเพื่อชีวิต” อีกทั้งยังขาดแรงบันดาลใจในการเรียนรู้และไม่สามารถเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนกับประสบการณ์จริงได้อย่างลึกซึ้ง [3] ส่งผลให้ผู้เรียนไม่เห็นความหมายของบทเรียน ขาดการตระหนักรู้ในตนเอง และขาดทักษะในการตัดสินใจบนพื้นฐานของคุณค่า โดยเฉพาะในกลุ่มนิสิตชั้นปีที่ 1 ซึ่งเพิ่งเปลี่ยนผ่านเข้าสู่ระบบอุดมศึกษา พบว่ายังไม่มีกรอบความคิดที่ชัดเจนในการวางทิศทางชีวิต หลายคนเรียนอย่างขาดเป้าหมาย ขาดวิธีคิดเชิงคุณค่า และไม่สามารถอธิบายได้ว่าคุณค่าใดคือหลักในการตัดสินใจของตน ซึ่งสะท้อนถึงความจำเป็นเร่งด่วนของการพัฒนานวัตกรรมการเรียนรู้ที่ช่วยสร้าง “พื้นที่ภายใน” ให้ผู้เรียนได้ใคร่ครวญตนเองผ่านประสบการณ์ในอดีต และออกแบบอนาคตด้วยกรอบคิดที่ยึดโยงกับคุณค่าภายใน

งานวิจัยนี้จึงมุ่งพัฒนา นวัตกรรมจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคุณค่า โดยใช้เทคนิคที่เรียกว่า “ย้อนอดีต คิดถึงอนาคต” (Looking Back, Thinking Forward) ซึ่งเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มองย้อนสู่อดีตอย่างมีสติ ผ่านคำถามจำลอง เช่น “ถ้าคุณสามารถนำสิ่งของเพียงหนึ่งชิ้นกลับไปยุคเก่า คุณจะเลือกอะไร” ซึ่งกิจกรรมนี้ทำหน้าที่กระตุ้นให้ผู้เรียนระบุ “สิ่งที่มีคุณค่าต่อชีวิต” โดยไม่ต้องพูดถึงคุณค่าโดยตรง แต่สะท้อนผ่านการเลือกและการอธิบายเหตุผล จากนั้นผู้เรียนจะแลกเปลี่ยนในวงสนทนา จัดกลุ่มของที่เลือกตามหมวดหมู่คุณค่า และสรุปบทเรียนร่วมกัน ซึ่งเป็นกระบวนการที่ช่วยสะท้อนความคิดและจุดประกายการตั้งเป้าหมายชีวิตบนฐานของคุณค่า

นวัตกรรมนี้ตั้งอยู่บนรากฐานของทฤษฎีทางจิตวิทยาการเรียนรู้หลายแนว ได้แก่ Constructivism [4] การเรียนรู้เกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนสร้างความหมายใหม่จากประสบการณ์เดิม โดยเทคนิคนี้ช่วยให้ผู้เรียนสร้างความหมายจากอดีตของตนเองภายใต้บริบททางสังคมและการปฏิสัมพันธ์ Experiential Learning Theory [5] การเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ตรงและการสะท้อนเป็นหัวใจสำคัญของกระบวนการเรียนรู้ในกิจกรรม “ย้อนอดีต คิดถึงอนาคต” Transformative Learning [6] การเปลี่ยนกรอบคิดเกิดจากการคิดสะท้อน (critical reflection) ผ่านประสบการณ์ที่มีความหมายและการตีความใหม่ ซึ่งเทคนิคนี้เปิดพื้นที่ให้ผู้เรียนสำรวจอดีตและออกแบบอนาคตด้วยวิธีคิดใหม่ และ Value Clarification [7] การช่วยผู้เรียนแยกแยะ เลือก และยึดถือคุณค่าภายใน ผ่านสถานการณ์ที่เปิดโอกาสให้ตัดสินใจและสะท้อนอย่างเป็นระบบ

จากเหตุผลข้างต้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาและทดลองใช้นวัตกรรมดังกล่าวในบริบทของรายวิชาศึกษาทั่วไปในนิสิตชั้นปีที่ 1 เพื่อวิเคราะห์กระบวนการเรียนรู้ ผลกระทบทางความคิด และพัฒนาการด้านการคิดเชิงคุณค่าที่เกิดขึ้นกับผู้เรียนผ่านการวิจัยแบบผสมผสาน ทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ โดยหวังว่าผลการวิจัยนี้จะเป็ต้นแบบของการจัดการเรียนรู้ที่เชื่อมโยง “ชีวิต – ความหมาย – และคุณค่า” เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้เป็นมนุษย์ที่มีเป้าหมายและพร้อมเผชิญโลกยุคใหม่

1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.1.1 เพื่อพัฒนานวัตกรรมการจัดการเรียนการสอนที่ใช้เทคนิค “ย้อนอดีต คิดถึงอนาคต” สำหรับส่งเสริมการคิดเชิงคุณค่าในศตวรรษที่ 21

1.1.2 เพื่อศึกษาผลของนวัตกรรมที่พัฒนาขึ้นต่อระดับการคิดเชิงคุณค่าของผู้เรียน

1.2 ขอบเขตของการวิจัย

1.2.1 ด้านเนื้อหา เน้นการพัฒนากลกระบวนการเรียนรู้ที่เสริมสร้าง การคิดเชิงคุณค่า ได้แก่ การตระหนักรู้คุณค่าในตนเอง การเลือกคุณค่า และการนำคุณค่าไปใช้ในชีวิตประจำวัน

1.2.2 ด้านกลุ่มตัวอย่างและระยะเวลากลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยทักษิณ จำนวน 45 คน ซึ่งลงทะเบียนในรายวิชา 0000161 การจัดการนวัตกรรมเพื่อโลกอนาคต ภาควิชาศึกษาด้าน ปีการศึกษา 2567 โดยใช้การเลือกแบบเจาะจง

2. วิธีการวิจัย

2.1 ศึกษาทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงคุณค่า การจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 และเทคนิค “ย้อนอดีต คิดถึงอนาคต” เพื่อใช้เป็นฐานในการพัฒนานวัตกรรมการเรียนรู้

2.2 ออกแบบและพัฒนานวัตกรรมการเรียนรู้ พร้อมจัดทำเครื่องมือ ได้แก่ ออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ ระเบียบวิธี และขั้นตอนกิจกรรม (เลือกสิ่งของ → การย้อนอดีต → การสะท้อน) ออกแบบคำถามที่ใช้ แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ และแบบสะท้อนความคิดของผู้เรียน

2.3 เก็บรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เนื้อหาเชิงปริมาณ ของแบบสะท้อนความคิดของผู้เรียน ผู้วิจัยจัดหมวดหมู่ของคุณค่าที่ปรากฏจากคำตอบของผู้เรียน นำข้อมูลเข้าสู่ตารางแจกแจงความถี่ พร้อมคำนวณร้อยละ และวิเคราะห์ระดับคุณค่าที่สะท้อน พฤติกรรมการแสดงออกเชิงคุณค่าถูกวิเคราะห์ตามกรอบพฤติกรรมทางอารมณ์

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

กิจกรรมการเรียนรู้ที่ได้พัฒนาเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจแนวคิดเรื่อง “คุณค่า” ผ่านสถานการณ์สมมติในยุคถ้า โดยใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนคิด วิเคราะห์ และสะท้อนความต้องการพื้นฐานของมนุษย์ ผู้เรียนจะได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็น จัดกลุ่มแนวคิด และเชื่อมโยงสิ่งของที่เลือกกับคุณค่าภายในตนเอง เพื่อเตรียมผู้เรียนให้พร้อมเผชิญโลกศตวรรษที่ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 นวัตกรรมการจัดการเรียนการสอน การประยุกต์ใช้เทคนิค “ย้อนอดีต คิดถึงอนาคต”

ขั้นตอน	รายละเอียด
1. ผู้สอนนำเข้าสู่บทเรียน	- เปิดวิดีโอ “ชีวิตยุคถ้า” (จำลองสภาพความลำบาก) - กระตุ้นการเรียนรู้โดยตั้งคำถาม “มนุษย์ในยุคนั้นต้องการอะไรที่สุด”
2. โจทย์	- ถ้าผู้เรียนสามารถนำของ 1 อย่างกลับไปยุคถ้าได้ คุณจะเลือกอะไร เพราะอะไร - ผู้เรียนตอบ และส่งในแพลตฟอร์ม TSMOOC
3. ตั้งวงสนทนา	- จัดกลุ่ม 4-5 คน แลกเปลี่ยน “ของที่เลือก” และเหตุผล - ผู้สอนชวนสะท้อนคิด “ของชิ้นนี้สะท้อนอะไรเกี่ยวกับผู้เรียน”
4. การจัดกลุ่มคุณค่า	- ผู้เรียนจับกลุ่มของตาม “หมวดคุณค่า” (เช่น ความปลอดภัย, ความรัก, ความรู้, ความรอด) - เขียนสรุปและนำเสนอ
5. การตั้งคำถามต่ออนาคต	“เมื่อถึงยุคปัจจุบันที่มีเทคโนโลยีมากมาย... สิ่งที่คุณเลือกยังสำคัญอยู่หรือไม่”
6. สรุปบทเรียน	- ผู้สอนเชื่อมโยงกับหัวข้อ “การคิดเชิงคุณค่า หมายถึง รากฐานของชีวิตที่มีเป้าหมาย” เพื่อนำเข้าสู่คาบหน้าที่จะเรียนเรื่องคุณค่าในยุคปัจจุบัน

การวิเคราะห์คำตอบของผู้เรียนจำนวน 45 คน แบ่งออกเป็น 5 หมวดหมู่ตามแนวคิด “Value Clarification” และทฤษฎีจิตวิทยาพัฒนาการของมนุษย์ แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์เชิงปริมาณจากคำตอบของผู้เรียน

หมวดคุณค่า	ลักษณะของคุณค่า	ตัวอย่างสิ่งของ	จำนวน (คน)	ร้อยละ (%)	ระดับคุณค่า*
1. ความรักและความสัมพันธ์	การเชื่อมโยงกับครอบครัว เพื่อน ความอบอุ่นใจ	รูปครอบครัว, ผ้าห่ม- จากแม่ ตุ๊กตา	17	37.8%	ระดับจิตใจ
2. ความรู้และการเรียนรู้	ความอยากรู้อยากเห็น การให้คุณค่ากับการศึกษา	หนังสือ, สมุด, ปากกา, สารานุกรม	9	20.0%	ระดับปัญญา
3. ความมั่นคงและ ความปลอดภัย	สิ่งที่ให้ความรู้สึกปลอดภัย มั่นคงต่อชีวิต	มิด, ไฟฉาย, ยา, อาหารแห้ง	6	13.3%	ระดับพื้นฐาน
4. การแสดงออกและ ศิลปวัฒนธรรม	การสร้างความหมายผ่านภาษา ดนตรี ศิลปะ	เครื่องดนตรี, สมุดเขียน บทกวี	7	15.6%	ระดับอารมณ์
5. ศรัทธาและจิตวิญญาณ	สิ่งที่สะท้อนความเชื่อ ความ ศรัทธาในบางสิ่ง	พระ, สมุดสวดมนต์, ไม้กางเขน	6	13.3%	ระดับจิต วิญญาณ

กิจกรรม “ย้อนอดีต คิดถึงอนาคต” เปิดโอกาสให้ผู้เรียนสะท้อนคุณค่าชีวิตที่มีความหมายต่อตนเอง คำตอบที่ได้จากกิจกรรมนี้ถูกจำแนกออกเป็น 5 หมวดหมู่ ตามแนวคิดการชี้แจงคุณค่าของ Raths, Harmin และ Simon [7] และแนวคิดลำดับขั้นความต้องการของมาสโลว์ [8] ที่อธิบายว่า แรงจูงใจในการเรียนรู้ของมนุษย์เกิดจากความต้องการที่แตกต่างกัน ตั้งแต่ระดับพื้นฐานไปจนถึงระดับจิตวิญญาณ การวิเคราะห์ไม่ได้เน้นเฉพาะสิ่งของที่นิสิตเลือก แต่ให้ความสำคัญกับเหตุผล ความหมาย และเจตจำนงที่สะท้อนอยู่เบื้องหลังการเลือกนั้นด้วย สิ่งเหล่านี้ช่วยให้เข้าใจการคิดเชิงคุณค่าของผู้เรียนได้ลึกยิ่งขึ้น

การวิเคราะห์เชิงคุณภาพจากคำตอบของผู้เรียนที่เข้าร่วมกิจกรรม ดังแสดงในตารางที่ 3 สะท้อนให้เห็นว่า ผู้เรียนสามารถถ่ายทอด “คุณค่าชีวิต” ของตนออกมาได้อย่างหลากหลาย ลึกซึ้ง และมีความหมาย การจัดหมวดหมู่คำตอบออกเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ ความรักและความสัมพันธ์ ความรู้และการเรียนรู้ ความมั่นคงและความปลอดภัย การแสดงออกทางศิลปวัฒนธรรม และศรัทธาทางจิตวิญญาณ นั้นครอบคลุมมิติต่าง ๆ ของการดำรงชีวิตในฐานะมนุษย์อย่างแท้จริง สิ่งที่น่าสนใจคือ แม้โจทย์ในกิจกรรมจะดูเรียบง่าย ให้เลือกสิ่งของเพียงหนึ่งชิ้นเพื่อย้อนกลับไปในยุคถ้า แต่กลับเปิดพื้นที่ให้ผู้เรียนได้สำรวจตนเองอย่างลึกซึ้ง จนสามารถเชื่อมโยงอดีต ความคิด ความรู้สึก และคุณค่าได้อย่างชัดเจน กระบวนการนี้สะท้อนหลักการของ “การชี้แจงคุณค่า” (Value Clarification) [7] ได้ระบุว่าการพัฒนาคุณค่าเกิดขึ้นได้เมื่อบุคคลมีโอกาส “เลือก ยึดถือ และแสดงออก” ต่อสิ่งที่ตนให้คุณค่าอย่างมีอิสระ กิจกรรมนี้จึงทำหน้าที่เป็นเวทีให้ผู้เรียนตัดสินใจอย่างมีเหตุผล แสดงออกทางอารมณ์ และไตร่ตรองอย่างมีเป้าหมาย

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพของคำตอบจำแนกตามหมวดคุณค่า

หมวดคุณค่า	ลักษณะคำตอบของผู้เรียน	ตัวอย่างคำพูดที่สะท้อน	การตีความเชิงคุณภาพ
ความรักและ ความสัมพันธ์	ยึดโยงกับคนสำคัญในชีวิต เช่น แม่ พ่อ ครอบครัว เพื่อน แสดงออกถึง ความอบอุ่น ความคิดถึง และความ ห่วงใยจากคนรอบข้าง	“ผ้าห่มของแม่คือสิ่งเดียวที่ทำ ให้รู้สึกว่าเป็นฉัน” “รูปครอบครัวจะเตือนให้ฉัน ไม่ลืมว่ารักคืออะไร”	ผู้เรียนใช้สิ่งของเป็นตัวแทนของความ รัก เพื่อยึดโยงอดีตกับความรู้สึกมั่นคง ในปัจจุบัน

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพของคำตอบจำแนกตามหมวดคุณค่า (ต่อ)

หมวดคุณค่า	ลักษณะคำตอบของผู้เรียน	ตัวอย่างคำพูดที่สะท้อน	การตีความเชิงคุณภาพ
ความรู้และการเรียนรู้	ยึดการเรียนรู้เป็นเครื่องมือเปลี่ยนแปลงตนเองหรือสังคม เชื่อว่าการให้ความรู้มีพลังมากกว่าสิ่งของอื่น ๆ	“หนังสือคือของขวัญที่เปลี่ยนชีวิตคนได้” “จะเอาปากกาไปเขียนประวัติศาสตร์ใหม่”	ผู้เรียนให้ความสำคัญกับการพัฒนาสติปัญญา สะท้อนความเชื่อมั่นในพลังของการเรียนรู้และการถ่ายทอด
ความมั่นคงและปลอดภัย	เน้นสิ่งที่ตอบสนองความอยู่รอดหรือป้องกันตนเองในสภาพแวดล้อมที่ยากลำบาก เช่น อาหาร ยา ไฟฟ้า เครื่องมือพื้นฐาน	“มิดคือชีวิต เพราะใช้หาอาหารได้ ทำประโยชน์ได้หลากหลาย” “ไฟฉายช่วยให้มองเห็นในความมืดและกลัวน้อยลง”	เป็นคำตอบที่สะท้อนระดับความต้องการพื้นฐานในลักษณะปกป้องตนเองมากกว่าการยึดโยงกับความสัมพันธ์หรืออารมณ์
การแสดงออกและศิลปวัฒนธรรม	แสดงความต้องการใช้ศิลปะหรือภาษาสื่อสารตัวตน เช่น ดนตรี บทกวี การเขียน เพื่อสื่อสารอารมณ์ ความคิด และสร้างอัตลักษณ์	“จะเอากีตาร์ไปเพื่อสร้างบทเพลงแห่งอิสรภาพ” “การเขียนกลอนคือการบอกว่าฉันคิดอะไรโดยไม่ต้องตะโกน”	แสดงถึงระดับอารมณ์และความเป็นตัวของตัวเอง ผู้เรียนมองศิลปะเป็นสื่อกลางในการเข้าใจตนและสื่อสารกับผู้อื่น
ศรัทธาและจิตวิญญาณ	ยึดโยงกับความเชื่อ สิ่งศักดิ์สิทธิ์ และความหมายของชีวิต เช่น ความสงบทางใจ ความหวัง การพึ่งพิงทางจิตวิญญาณ	“พระเครื่องทำให้ฉันมั่นใจว่าเราจะไม่ตายลำพัง” “สมุดสวดมนต์จะเตือนให้เราใจสงบเมื่ออยู่ยุคถ้า”	ผู้เรียนใช้ศรัทธาเป็นเครื่องยึดเหนี่ยวจิตใจ ในสถานการณ์ไม่แน่นอน เป็นการแสดงออกของการคิดสะท้อนถึงจิตใจและคุณค่าชีวิตในเชิงจิตวิญญาณ

นอกจากนี้ คำตอบหลายประเด็นยังแสดงถึงระดับ “ความต้องการ” ที่ซ้อนทับกันตามลำดับขั้นของ Maslow [8] เช่น บางคนเลือกสิ่งของที่ช่วยในการอยู่รอด (มิด, ไฟฉาย) สะท้อนความต้องการพื้นฐาน ขณะที่บางคนเลือกสิ่งของทางศิลปะหรือทางจิตวิญญาณ (กีตาร์, พระเครื่อง, สมุดบทกวี) ซึ่งเป็นความต้องการระดับสูงอย่างการแสดงออก ความเป็นตัวของตัวเอง หรือแม้แต่การเฝ้าหาความหมายของชีวิต จึงอาจกล่าวได้ว่า กิจกรรมดังกล่าวสามารถเชื่อมโยงความต้องการในทุกะดับของมนุษย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อพิจารณาในเชิงการเรียนรู้ กิจกรรมนี้สอดคล้องอย่างยิ่งกับแนวคิดการเรียนรู้เชิงเปลี่ยนแปลง ของ Mezirow [6] ซึ่งชี้ว่าการเรียนรู้ที่แท้จริงเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนได้สำรวจประสบการณ์เดิม การคิดทบทวนกรอบคิดของตน และออกแบบมุมมองใหม่อย่างมีวิจารณญาณ คำตอบของผู้เรียนบางคน เช่น “ไม่รู้ว้าวรักแม่มากแค่ไหนจนกระทั่งนึกถึงถ้าที่ไม่มีเธอ” สะท้อนการเปลี่ยนผ่านทางความคิด ซึ่งถือเป็นการเรียนรู้ที่ลึกซึ้ง ไม่ใช่เพียงความรู้เชิงเนื้อหา แต่เป็นการ “ตระหนักรู้ตนเอง” (self-awareness) ในระดับจิตใจ นอกจากนี้พบการเชื่อมโยงกับแนวคิดด้านพฤติกรรมทางอารมณ์ของ Krathwohl, Bloom & Masia [9] พบว่า ผู้เรียนอยู่ในระดับที่สูงกว่าการ “ตอบสนอง” (responding) โดยแสดงถึงการ “ยัดถึคุณค่า” (valuing) และบางรายถึงขั้น “จัดระบบคุณค่าในชีวิต” (organizing values) ซึ่งเป็นระดับขั้นที่สูงสุดในพัฒนาการทางอารมณ์ตามลำดับขั้นของ Krathwohl การจัดกิจกรรมเช่นนี้จึงไม่เพียงส่งเสริม ความคิดวิเคราะห์เท่านั้น แต่ยังช่วย “วางรากฐานคุณค่า” ให้ผู้เรียนมีแนวคิดเพื่อบำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 อย่างมีเป้าหมาย กล่าวโดยสรุป กิจกรรม “ย้อนอดีต คิดถึงอนาคต” ไม่ใช่เพียงเทคนิคการเรียนรู้แบบใหม่ แต่เป็น “พื้นที่ปลอดภัยทางจิตใจ” (psychological safe space) ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มองย้อนเข้าไปในตนเอง ค้นพบสิ่งที่ตนให้คุณค่าอย่างแท้จริง และออกแบบอนาคต

โดยมีอดีตเป็นรากฐาน กิจกรรมเช่นนี้ควรถูกนำไปขยายผลในรายวิชาศึกษาทั่วไปและวิชาชีพ เพื่อพัฒนาผู้เรียนในระดับจิตใจ จริยธรรม และความเป็นมนุษย์อย่างรอบด้าน

ตารางที่ 4 การจำแนกระดับพฤติกรรมทางอารมณ์ของผู้เรียน (N = 45)

ระดับการคิดเชิงคุณค่า	จำนวน ผู้เรียน	ร้อยละ (%)	ลักษณะของคำตอบที่พบ
Valuing (การยึดถือคุณค่า)	20	44.4%	ตอบสิ่งของที่มีความหมาย แสดงเจตนาเลือกและอธิบายคุณค่า เช่น “หนังสือคือของขวัญที่เปลี่ยนชีวิต” หรือ “มีดช่วยให้ฉันอยู่รอด”
Organizing (การจัดระบบ คุณค่า)	16	35.6%	เปรียบเทียบคุณค่าต่าง ๆ อธิบายเหตุผลที่เลือกลำดับคุณค่า เช่น “แม้จะหิว ฉันยังเลือกสมุดกลอน เพราะมันบอกว่าฉันคือใคร”
Characterizing (การมีลักษณะ สม่ำเสมอตามคุณค่า)	9	20.0%	แสดงอัตลักษณ์ คุณค่าเป็นส่วนหนึ่งของตน เช่น “ผ้าห่มแม่คือสิ่งเดียวที่ทำให้รู้ว่าฉันยังเป็นฉัน”, “กีตาร์คือเสรีภาพของฉัน”

จากการวิเคราะห์คำตอบของผู้เรียนจำนวน 45 คน พบว่าผู้เรียนสามารถแสดงพฤติกรรมทางอารมณ์เชิงคุณค่าได้ในระดับที่หลากหลายตามลำดับขั้นที่เป็นไปตามงานวิจัย [9] ได้แก่ การยึดถือคุณค่า (valuing), การจัดระบบคุณค่า (organizing) และการแสดงลักษณะสม่ำเสมอตามคุณค่า (characterizing by value or value complex) โดยการจำแนกคำตอบตามระดับพฤติกรรมพบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่ (44.4%) อยู่ในระดับ “การยึดถือคุณค่า” ซึ่งหมายถึงการที่ผู้เรียนสามารถเลือกสิ่งของที่มีความหมาย สะท้อนคุณค่าภายในตน และแสดงเจตนาที่ชัดเจนต่อสิ่งที่ตนให้ความสำคัญ ตัวอย่างเช่น การเลือกผ้าห่มรูปถ่าย หรือหนังสือ โดยอธิบายว่ามีความเชื่อมโยงกับความรัก ความมั่นคง หรือการเรียนรู้ แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมีความสามารถในการรับรู้และให้คุณค่าในสิ่งที่เกี่ยวข้องกับชีวิตของตนได้ดี ทั้งนี้มีผู้เรียนจำนวน 35.6% อยู่ในระดับ “การจัดระบบคุณค่า จัดลำดับความสำคัญ หรืออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างคุณค่าต่าง ๆ ได้อย่างมีเหตุผล เช่น การที่ผู้เรียนบางคนเลือกสมุดบทกวีแทนอาหาร หรือเลือกเครื่องดนตรีแทนสิ่งของที่ช่วยให้รอดชีวิตในสถานการณ์ยากลำบาก แสดงให้เห็นถึงการไตร่ตรองอย่างลึกซึ้งและการพัฒนาระบบคุณค่าในตนเองอย่างมีจุดยืน ซึ่งสะท้อนการเรียนรู้ที่ก้าวข้ามระดับความรู้เชิงเนื้อหาไปสู่ระดับจิตใจ ที่น่าสังเกตเป็นพิเศษคือ ผู้เรียนอีก 20% แสดงพฤติกรรมในระดับ “การมีลักษณะสม่ำเสมอตามคุณค่า” ซึ่งถือเป็นระดับสูงสุดของพฤติกรรมทางอารมณ์ตาม Krathwohl โดยผู้เรียนกลุ่มนี้ไม่ได้เพียงแค่เลือกสิ่งของที่มีคุณค่า แต่ยังแสดงให้เห็นว่าคุณค่านั้นหล่อหลอมเป็นส่วนหนึ่งของตัวตน เช่น ความรักจากครอบครัว ศรัทธาทางจิตวิญญาณ หรือศิลปะที่ใช้สื่อสารตัวตนอย่างต่อเนื่อง พฤติกรรมลักษณะนี้แสดงถึงการมีอัตลักษณ์ที่มีรากฐานจากคุณค่าภายใน ซึ่งเป็นเป้าหมายสำคัญของการพัฒนาทางอารมณ์และจริยธรรมในระบบการศึกษา

ผลการพิจารณาระดับ ดังแสดงในตารางที่ 4 สอดคล้องกับแนวคิดของ Transformative Learning Theory โดย Mezirow [6] ที่ชี้ให้เห็นว่าการเรียนรู้ที่แท้จริงเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนมีการทบทวนกรอบคิดเดิม (frame of reference) และพัฒนาแนวคิดใหม่อย่างมีวิจารณญาณผ่านประสบการณ์ที่มีความหมาย กิจกรรมนี้จึงไม่ใช่เพียงการตั้งคำถามในสถานการณ์สมมติ แต่ทำหน้าที่เป็นพื้นที่ปลอดภัยทางจิตใจ (psychological safe space) ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนสำรวจตนเอง ตระหนักถึงคุณค่าที่ตนยึดถือ และใช้คุณค่าเหล่านั้นเป็นฐานในการออกแบบความคิดและชีวิตในอนาคต

4. บทสรุป

จากการวิจัยครั้งนี้พบว่า การพัฒนานวัตกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค “ย้อนอดีต คิดถึงอนาคต” สามารถส่งเสริมการคิดเชิงคุณค่าของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ กิจกรรมที่ออกแบบขึ้นเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เลือกสิ่งของที่สะท้อนคุณค่าภายในตนเองผ่านสถานการณ์สมมติในยุคล้ำ พร้อมทั้งแลกเปลี่ยน เรียนรู้ และสะท้อนความหมายร่วมกันในกลุ่ม การวิเคราะห์เชิงปริมาณและเชิงคุณภาพชี้ว่า ผู้เรียนสามารถแสดงพฤติกรรมทางอารมณ์ในระดับที่หลากหลาย โดยเฉพาะระดับการยึดถือคุณค่า การจัดระบบคุณค่า และการแสดงลักษณะสมมุติเสมือนตามคุณค่าอย่างชัดเจน ผลการวิจัยสอดคล้องกับแนวคิดของ Krathwohl และทฤษฎี Transformative Learning ที่เน้นการเปลี่ยนผ่านความคิดผ่านประสบการณ์การเรียนรู้ที่มีความหมาย งานวิจัยนี้จึงชี้ให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการออกแบบกิจกรรมเรียนรู้ที่ส่งเสริมพัฒนาการภายในด้านคุณค่า ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของการศึกษาในศตวรรษที่ 21

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] UNESCO. (2015). Rethinking education: Towards a global common good? UNESCO Publishing.
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000232555>
- [2] B. Trilling, C. Fadel. 21st century skills: Learning for life in our times. Jossey-Bass. 2009.
- [3] สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. การศึกษาเพื่อการเปลี่ยนแปลง: กรอบแนวคิดและแนวปฏิบัติ.
กระทรวงศึกษาธิการ. 2563.
- [4] J. Piaget. *The origins of intelligence in children* (M. Cook, Trans.). International Universities Press. 1952.
- [5] D. A. Kolb. Experiential learning: Experience as the source of learning and development. Prentice-Hall. 1984.
- [6] J. Mezirow. Transformative dimensions of adult learning. Jossey-Bass. 1991.
- [7] L. E. Raths, M. Harmin, S. B. Simon, Values and teaching: Working with values in the classroom.
Harper & Row. 1966.
- [8] A. H. Maslow. A theory of human motivation. *Psychological Review*, 50(4)(1943), 370–396.
<https://doi.org/10.1037/h0054346>
- [9] D. R. Krathwohl, B. S. Bloom, B. B. Masia. Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook II: Affective domain. David McKay Company. 1964.

การวิเคราะห์หาสารที่มีฤทธิ์การต่อต้านอนุมูลอิสระของดอกดาวกระจายภายใต้ สภาวะความเครียดจากความแล้ง

Analysis of Antioxidant Activities of Cosmos flowers under Drought Stress

กุลยา โพธิ์ทอง¹ ศิวกร พันธุ์¹ สุเมธ ชมภูวรัช¹ ดวงกมล บุญบำรุง² และ มานิตา กันตมา^{1*}

¹ สาขาเกษตรอินทรีย์และการจัดการฟาร์มอัจฉริยะ วิทยาลัยอาหารและอุตสาหกรรมบริการ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

² มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

*E-mail: manita.kun@mail.pbru.co.th

บทคัดย่อ

สารต้านอนุมูลอิสระคือสารที่มีความสามารถในการยับยั้งการชราของเซลล์สิ่งมีชีวิต ส่งผลให้สารต้านอนุมูลอิสระได้รับความนิยม งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อตรวจหาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ประเภทฟลาโวนอยด์ของสารสกัดของดอกดาวกระจายเหลือง ภายใต้สภาวะขาดน้ำเป็นเวลา 0 3 และ 5 วัน พร้อมทั้งทดสอบสภาวะทนแล้งด้วยวิธีการชั่งน้ำหนักกระถาง (Pot weight) และวิธีวัดการสูญเสียน้ำในใบ (Water loss) โดยจากการทดสอบการทนแล้งของดอกดาวกระจายเหลืองพบว่า น้ำหนักกระถางและวัดการสูญเสียน้ำของดอกดาวกระจายเหลืองในสภาวะงดให้น้ำเป็นเวลา 3 วัน (1.93 กิโลกรัม; Pot weight และ 39 %RWC; Water loss) และ 5 วัน (1.90 กิโลกรัม; Pot weight และ 36 %RWC; Water loss) คำนวณน้ำหนักกระถางมีค่าน้อยกว่าดอกดาวกระจายที่ให้น้ำปกติ (2.89 กิโลกรัม; Pot weight และ 80 %RWC; Water loss) อย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งเมื่อทำการตรวจวัดปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระประเภทฟลาโวนอยด์ด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีสมรรถนะสูง (High Performance Liquid Chromatography; HPLC) พบว่าปริมาณของฟลาโวนอยด์ที่สกัดด้วยเมทานอลจากดอกดาวกระจายเหลืองที่ขาดน้ำ 3 วัน (137 ± 0.05 mg/g crude extract) และ 5 วัน (139 ± 0.08 mg/g crude extract) มีค่าใกล้เคียงกันและมีความมากกว่าปริมาณฟลาโวนอยด์ของดอกดาวกระจายเหลืองที่ให้น้ำปกติ (98 ± 0.11 mg/g crude extract) อย่างมีนัยสำคัญที่ $p \leq 0.05$

คำสำคัญ: สารต้านอนุมูลอิสระ ดอกดาวกระจาย ฟลาโวนอยด์ ความเครียดจากความแล้ง

Abstract

Antioxidant is a key compound that keeps the fresh cell. The flavonoid antioxidant can be founded in cosmos flowers. The aim of this study is to analyst the antioxidant activities of cosmos flowers under drought stress (0 day, 3 days and 5 days). The antioxidant of flavonoid extracted with methanol is detected with High Performance Liquid Chromatography (HPLC). By considering the antioxidant level analyzed with HPLC of this result, the flavonoid quantity of cosmos flowers treated with Day 3 (137 ± 0.05 mg/g crude extract) and Day 5 (139 ± 0.08 mg/g crude extract) higher than normal condition (98 ± 0.11 mg/g crude extract) of Day 0, significantly. Additionally, the level of water keeping of cosmos flowers

treated with drought stress for Day 3 (39% RWC of water loss and 1.93 kg of pot weight) and Day 5 (36 %RWC of water loss and 1.90 kg of pot weight) can be significantly decreased when compare with normal condition (Day 0; 80 %RWC of water loss and 2.89 kg of pot weight) in by pot weight and water loss when compared with normal condition (Day 0), suggesting that the high level of flavonoid can enhanced with drought stress condition.

Keywords: Antioxidants, Cosmos flower, Flavonoid, Drought stress

1. บทนำ

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาผู้บริโภคมีแนวโน้มที่จะให้ความสนใจเรื่องสุขภาพมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการรับประทานผักและผลไม้เพื่อสุขภาพที่ประกอบไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระที่สามารถช่วยชะลอหรือป้องกันการเกิดโรคต่าง ๆ ได้ โดยสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) ส่วนใหญ่ที่พบในปัจจุบัน ได้แก่สารประกอบฟลาโวนอยด์ แคโรทีนอยด์ และแอนโทไซยานิน เป็นต้น [1] ซึ่งเป็นองค์ประกอบในรงควัตถุของดอกไม้มีสี ซึ่งแต่ละชนิดนั้นมีคุณค่าทางอาหารสำคัญที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย [2-5]

ดอกไม้ได้ถูกนำมาบริโภคสามารถพบเห็นได้ทั้งในทวีปยุโรป เอเชียและตะวันออกกลาง ในประเทศไทยดอกไม้หลายชนิดถูกนำมาบริโภคเช่นเดียวกับผัก เช่นนำมาเป็นส่วนผสมในสลัด ตกแต่งในจานอาหาร เป็นส่วนประกอบของอาหารหรือแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์มูลค่าสูง เช่น ดอกโสน (*Sesbania grandiflora*) ดอกกุหลาบ (*Rosa damascene*) ดอกดาวเรือง (*Tagetes erecta*) ดอกดาวกระจายเหลือง (*Cosmos*) เป็นต้น [6, 7] โดยเมื่อพิจารณาดอกดาวกระจาย (*Cosmos*) จะพบว่าดอกดาวกระจายมีสารสำคัญในกลุ่ม ฟลาโวนอยด์ ซึ่งมีคุณสมบัติในแง่ของการต้านความชรา และลดการอักเสบ นอกจากนี้ดอกดาวกระจาย (*Cosmos*) ยังสามารถเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว ทนต่อสภาพภูมิอากาศในประเทศไทย ส่งผลให้ปริมาณดอกดาวกระจายมีล้นตลาดและราคาถูกลง ดังนั้นการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระในดาวกระจาย (*Cosmos flower*) จึงมีบทบาทสำคัญในแง่ของการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระมาเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์บำรุงผิว [5, 8, 9] นอกจากนี้เมื่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระประเภทฟลาโวนอยด์ และเบต้าแคโรทีน ในดอกดาวกระจาย พบว่าสารต้านอนุมูลอิสระประเภทฟลาโวนอยด์ถูกผลิตในปริมาณมากขึ้นเมื่อพืชอยู่ในสภาวะขาดน้ำหรือสภาวะความเครียดจากสภาวะแล้ง [10] โดยจากการพิจารณาวงจรชีวิตของดอกดาวกระจายพบว่าดอกดาวกระจายจะตายเมื่อขาดน้ำเป็นระยะเวลาตั้งแต่ 7 วัน เป็นต้นไป [11]

ด้วยเหตุนี้การทดสอบความสัมพันธ์ของสภาวะการขาดน้ำเป็นระยะเวลา 0 3 5 วัน และปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระประเภทฟลาโวนอยด์ของดอกดาวกระจายเหลือง ที่ผ่านการสกัดด้วยเมทานอลผ่านการตรวจวัดด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง จึงมีความสำคัญและนำไปสู่การวิจัยในครั้งนี้

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 การวิเคราะห์สภาวะความเครียดจากความแล้งด้วยวิธีการชั่งน้ำหนักกระถาง (Pot weight)

นำดอกดาวกระจายเหลืองที่ปลูกลงดินร่วนผสมปุ๋ยคอก (มูลวัว) ด้วยอัตราส่วน 1 ต่อ 1 ในกระถาง ซึ่งเจริญเติบโตเป็นระยะเวลา 30 วัน (ระหว่างวันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2568 – 30 มิถุนายน 2568) โดยทุกวันให้น้ำดอกดาวกระจายเหลือง 500 มิลลิลิตร หลังจากนั้นนำดอกดาวกระจายเหลืองรดให้น้ำเป็นเวลา 0 วัน 3 วัน และ 5 วัน มาชั่งน้ำหนักกระถางพร้อมทั้งคำนวณน้ำหนักของดาวกระจายเหลืองและรายงานผลในรูปของกราฟที่แสดงค่าน้ำหนักกระถางของดอกดาวกระจายเหลือง

2.2 การวิเคราะห์สภาวะความเครียดจากความแล้งด้วยการวัดอัตราการสูญเสียน้ำในใบ (Water loss)

ตัดใบของดอกดาวกระจายเหลืองในสภาวะที่ขาดน้ำเป็นระยะเวลา 0 วัน 3 วัน และ 5 วัน มาชั่งน้ำหนัก (Fresh weight; FW) มาแช่น้ำที่บรรจุในหลอดทดลองนาน 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำกระดาดชามาชุบน้ำบริเวณใบของตัวอย่างดาวกระจายออก พร้อมทั้งชั่งน้ำหนัก (Turgid weight; TW) แล้วจึงนำใบของตัวอย่างดอกดาวกระจายเหลืองมาห่อฟรอยด์และอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven; Memmert UF 100, Germany) อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง พร้อมทั้งชั่งน้ำหนักของตัวอย่าง (Dry weight; DW) สุดท้ายจึงคำนวณค่า % การสูญเสียน้ำในใบ (% Relative Water Loss; RWC) ตามสมการที่ (1)

$$RWC (\%) = \frac{FW - DW}{TW - DW} \times 100 \quad (1)$$

หมายเหตุ มีการวัดค่า DW ที่ 0 10 และ 20 นาที เพื่อวิเคราะห์ค่าอัตราการสูญเสียน้ำในใบของดอกดาวกระจายเหลือง

2.3 การเตรียมและการสกัดตัวอย่างดอกไม้กินได้

นำดอกดาวกระจายเหลืองในสภาวะขาดน้ำ 0 3 และ 5 วัน โดยใช้เฉพาะส่วนกลีบดอกของดอกดาวกระจายมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสด้วยเตาอบลมร้อน (Hot Air Oven; Memmert UF 100, Germany) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จนมีความชื้นไม่เกิน 5% หลังจากนั้นนำตัวอย่างมาบดให้ละเอียดในโกร่งให้ละเอียด และชั่งตัวอย่าง 0.5 g ใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 10 mL เติมน้ำเมทานอล และปรับปริมาตรให้ครบ 10 mL เขย่าให้เข้ากันและตั้งทิ้งไว้ในที่มืดประมาณ 24 ชั่วโมง และนำสารสกัดที่ได้ไปวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระประเภทฟลาโวนอยด์ด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีสมรรถนะสูง (High Performance Liquid Chromatography; HPLC) ต่อไป

2.4 การวัดปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีสมรรถนะสูง (High Performance Liquid Chromatography; HPLC)

นำสารละลายตัวอย่างมา 0.3 mL เจือจางด้วย methanol 1.7 mL เติมน้ำ 10% aluminium chloride 0.1 mL, 1 M potassium acetate 0.1 mL และน้ำกลั่น 2.8 mL ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที แล้วนำไปตรวจสอบวิธีวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคเครื่องโครมาโทกราฟีสมรรถนะสูง (High Performance Liquid Chromatography; HPLC) ที่ความยาวคลื่น 415 nm ซึ่งเป็นความยาวคลื่นที่ตรวจพบสารฟลาโวนอยด์ประเภทที่มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระโดยเฉพาะอย่างเคอซีทิน (Quercetin) ลูทีโอลิน (Luteolin) และอะพิจินิน (Apigenin) ระบบตัวทำละลายเคลื่อนที่ (mobile phase) คือ นาที่ที่ 0 – 5; hexane:acetone (99:1), นาที่ที่ 6 – 7; acetone (100%), นาที่ที่ 8 – 10; isopropanol (100%) อัตราเร็ว 1 mL.min⁻¹ [12, 13]

2.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

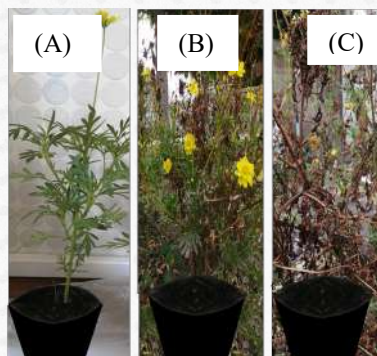
วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม SPSS เพื่อวิเคราะห์ค่าสภาวะความแล้งของดอกดาวกระจายเหลืองทั้งดให้ น้ำเป็นเวลา 0 3 5 วัน และปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระประเภทฟลาโวนอยด์ และเบต้าแคโรทีน ด้วยวิธี analysis of variance, ANOVA จำนวน 3 ซ้ำ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

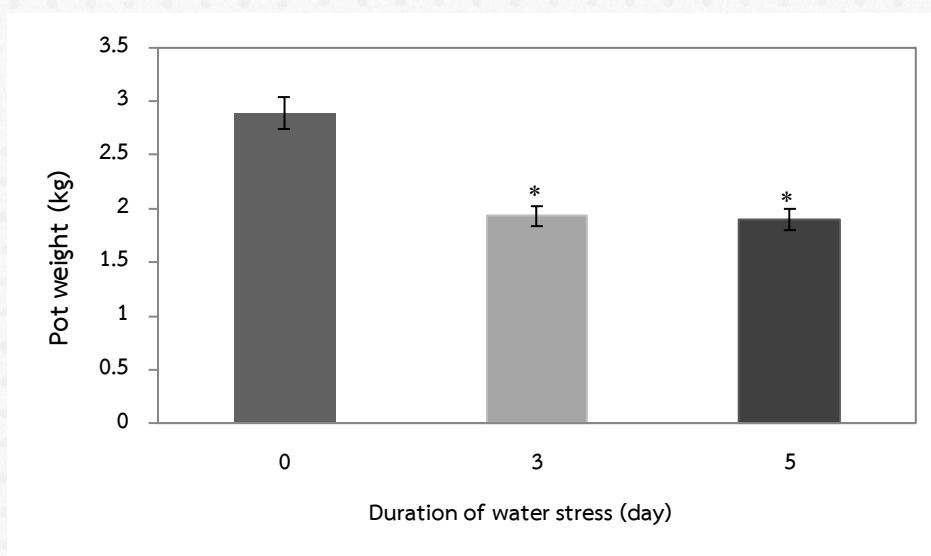
3.1 การศึกษาสภาวะการทนแล้งของดอกดาวกระจายเหลือง

จากภาพที่ 1 พบว่าเมื่อพิจารณาลักษณะทางกายภาพของต้นดาวกระจายเหลืองในสภาวะขาดน้ำ 0 วัน (ภาพที่ 1A) ต้นดาวกระจายเหลืองมีลักษณะใบ ลำต้น และดอกสมบูรณ์ ต้นดาวกระจายเหลืองในสภาวะขาดน้ำเป็นเวลา 3 วัน (ภาพที่

1B) และ 5 วัน (ภาพที่ 1C) มีลักษณะใบ และลำต้นแห้ง ในขณะที่ดอกยังคงมีความสมบูรณ์ โดยจากลักษณะดังกล่าวสามารถบอกได้ว่าดอกดาวกระจายเหลืองเมื่อขาดน้ำเป็นระยะเวลา 3 วัน และ 5 วัน ต้นดาวกระจายเหลืองจะอยู่ในสภาวะความเครียดจากความแล้ง อีกทั้งเมื่อวิเคราะห์หาสภาวะความเครียดจากความแล้งของดอกดาวกระจายเหลือง พบว่าจากการวิเคราะห์ด้วยการชั่งน้ำหนักดินในกระถาง (Pot weight) แสดงในภาพที่ 2



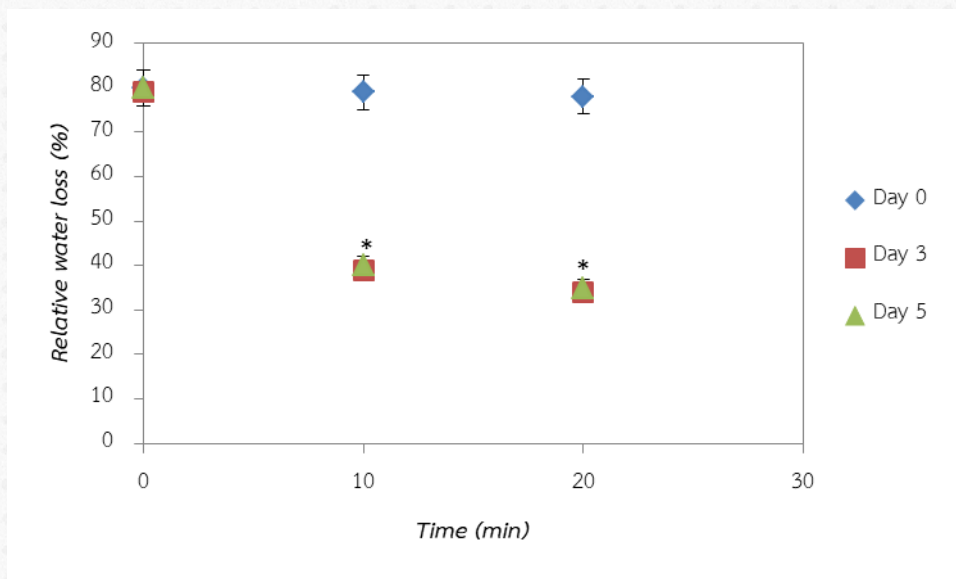
ภาพที่ 1 แสดงลักษณะทางกายภาพของดอกดาวกระจายเหลืองในสภาวะ, (A) ขาดน้ำเป็นระยะเวลา 0 วัน (B) ขาดน้ำเป็นเวลา 3 วัน และ (C) ขาดน้ำเป็นเวลา 5 วัน ตามลำดับ



ภาพที่ 2 แสดงค่าน้ำหนักกระถางของดอกดาวกระจายเหลืองในสภาวะขาดน้ำเป็นระยะเวลา 0 วัน 3 วัน และ 5 วัน ตามลำดับ (n=3 และ $*p \leq 0.05$)

หมายเหตุ น้ำที่ใช้ในการรดน้ำต่อกระถางคือ 500 มิลลิลิตร รดน้ำ 2 ช่วงเวลาคือ 9.00 นาฬิกา และ 16.00 นาฬิกา

พบว่าน้ำหนักดินในกระถางของต้นดาวกระจายเหลืองที่ขาดน้ำเป็นเวลา 3 วัน (1.93 กิโลกรัม) และ 5 วัน (1.90 กิโลกรัม) มีน้ำหนักดินน้อยกว่าดอกดาวกระจายเหลืองที่ไม่ขาดน้ำ (2.89 กิโลกรัม) อย่างมีนัยยะสำคัญที่ระดับ $p \leq 0.05$ ในขณะเดียวกันเมื่อวิเคราะห์หาสภาวะความแล้งของดอกดาวกระจายเหลืองในสภาวะที่ขาดน้ำเป็นเวลา 0 3 และ 5 วัน ด้วยการชั่งน้ำหนักของน้ำในใบ (Water loss) โดยการนำใบดอกดาวกระจายที่อยู่ในสภาวะขาดน้ำ 0 3 และ 5 วัน แช่น้ำเป็นเวลา 0 10 และ 20 นาที ไปชั่งน้ำหนักตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 3

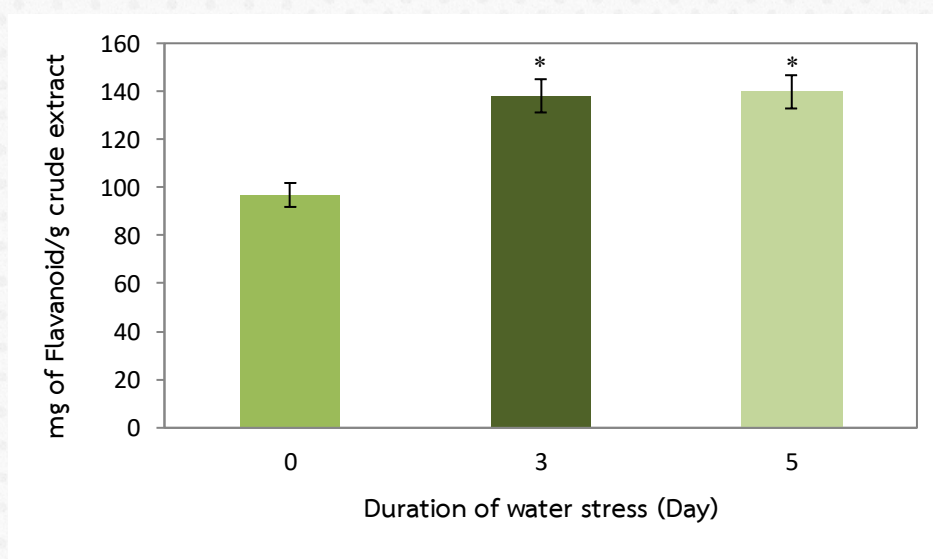


ภาพที่ 3 แสดงอัตราการการสูญเสียน้ำในใบของดอกดาวกระจายเหลืองภายใต้สภาวะขาดน้ำที่ 0 วัน 3 วัน และ 5 วัน

จากภาพที่ 3 พบว่าค่าปริมาณน้ำในใบของดอกดาวกระจายเหลืองที่ขาดน้ำเป็นเวลา 3 วัน (39 %RWC) และ 5 วัน (36 %RWC) มีค่าน้อยกว่า ดอกดาวกระจายเหลืองที่ไม่ขาดน้ำ (80 %RWC) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ $p \leq 0.05$ โดยเมื่อพิจารณาผลของการทดสอบสภาวะความแล้งหรือสภาวะความเครียดจากความแล้งของดอกดาวกระจายเหลืองจากการทดสอบด้วยวิธีการชั่งน้ำหนักกระถางและวิธีการวัดการสูญเสียน้ำในใบพบว่าดอกดาวกระจายเหลืองประสบกับสภาวะความแล้งเมื่อมีการขาดน้ำเป็นระยะเวลาตั้งแต่ 3 วันเป็นต้นไป

3.2 การวิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญในการต้านอนุมูลอิสระของดอกดาวกระจายเหลือง

จากการตรวจวัดปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระชนิดฟลาโวนอยด์ของดอกดาวกระจายเหลืองที่ผ่านการสกัดด้วยเมทานอลด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีสมรรถนะสูง (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 แสดงปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระประเภทฟลาโวนอยด์ (mg/g crude extract) ของดอกดาวกระจายเหลืองที่ขาดน้ำเป็นเวลา 0 3 และ 5 วัน ด้วยการวัดด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีสมรรถนะสูง (n =3 และ * $p \leq 0.05$)

พบว่าปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระประเภทฟลาโวนอยด์ในดอกดาวกระจายเหลืองที่แช่น้ำเป็นเวลา 3 วัน (137 ± 0.05 mg/g crude extract) และ 5 วัน (139 ± 0.08 mg/g crude extract) มีปริมาณใกล้เคียงกัน แต่ในขณะเดียวกันเมื่อพิจารณาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระประเภทฟลาโวนอยด์ในดอกดาวกระจายเหลืองที่แช่น้ำเป็นระยะเวลา 3 วัน และ 5 วัน มีค่ามากกว่าปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระประเภทฟลาโวนอยด์ในดอกดาวกระจายเหลืองในสถานะที่มีการให้น้ำปกติ (98 ± 0.11 mg/g crude extract) อย่างมีนัยสำคัญที่ $p \leq 0.05$

3.3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะความแล้งและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในดอกดาวกระจายเหลือง

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าเมื่อดอกดาวกระจายเหลืองแช่น้ำเป็นระยะเวลา 3 วัน และ 5 วัน พิจารณาจากค่าการลดลงของน้ำหนักกระถาง (1.93 กิโลกรัม ของการแช่น้ำ 3 วัน และ 1.90 กิโลกรัมของการแช่น้ำ 5 วัน) และการสูญเสียในใบของดอกดาวกระจายเหลืองมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระประเภทฟลาโวนอยด์ที่สกัดได้จากใบดอกดาวกระจายเหลือง

ตารางที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะแช่น้ำของดอกดาวกระจายเหลืองและปริมาณฟลาโวนอยด์ ($n=3$ และ $*p \leq 0.05$)

สภาวะการแช่น้ำ (วัน)	น้ำหนักกระถาง (กิโลกรัม)	ปริมาณฟลาโวนอยด์ (mg/g crude extract)
0	2.89	98 ± 0.11
3	1.93*	$137 \pm 0.05^*$
5	1.90*	$139 \pm 0.08^*$

กล่าวคือเมื่อพิจารณาตารางที่ 1 พบว่าเมื่อดอกดาวกระจายเหลืองแช่น้ำเป็นระยะเวลาดังตั้ง 3 วัน และ 5 วัน ดอกดาวกระจายเหลืองจะประสบกับสภาวะแช่น้ำหรือสภาวะความเครียดจากความแล้ง ซึ่งเมื่อพืชประสบกับสภาวะภัยแล้งพืชจะมีกลไกการปกป้องตัวเอง (Plant defend) หลั่งสารต้านอนุมูลอิสระออกมาเพื่อยับยั้งการรุกรานของเซลล์ [6, 7, 14-16] ซึ่งสัมพันธ์กับค่าปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระประเภทฟลาโวนอยด์ที่พบในดอกดาวกระจายเหลืองที่อยู่ในสภาวะแช่น้ำเป็นระยะเวลา 3 วัน และ 5 วัน ที่มีค่ามากกว่าปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระประเภทฟลาโวนอยด์ของดอกดาวกระจายเหลืองในสภาวะปกติอย่างมีนัยสำคัญที่ $p \leq 0.05$ โดยเมื่อพิจารณาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระประเภทฟลาโวนอยด์ที่ถูกผลิตออกมาเป็นจำนวนมากในวิธีการสกัดจากดอกดาวกระจายที่อยู่ในสภาวะความเครียดจากความแล้งนี้สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเป็นนวัตกรรมในการผลิตสารต้านอนุมูลอิสระในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อสุขภาพหรือผลิตภัณฑ์บำรุงร่างกายได้ในอนาคตต่อไป

4. บทสรุป

ดอกดาวกระจายเหลืองเป็นดอกไม้ที่มีสารต้านอนุมูลอิสระที่พบในธรรมชาติในกลุ่มฟลาโวนอยด์ โดยสามารถพบในปริมาณมากที่สุด (139 ± 0.08 mg/g crude extract) เมื่อดอกดาวกระจายเหลืองอยู่ภายใต้สภาวะแช่น้ำเป็นระยะเวลา 3 วันเป็นต้นไป โดยจากการทดลองสภาวะแช่น้ำของดอกดาวกระจายเหลืองพบว่าเมื่อดอกดาวกระจายเหลืองถูกแช่น้ำเป็นระยะเวลา 3 วัน และ 5 วันดอกดาวกระจายอยู่ในสภาวะแล้งพิจารณาจากค่าการชั่งน้ำหนักของกระถาง (1.93 กิโลกรัม และ 1.90 กิโลกรัม ในสภาวะแช่น้ำ 3 และ 5 วัน ตามลำดับ) และค่าการสูญเสียในใบของดอกดาวกระจายเหลือง (39 % RWC และ 36 % RWC ในสภาวะที่แช่น้ำ 3 และ 5 วัน ตามลำดับ) ที่มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่ $p \leq 0.05$ เมื่อเทียบกับค่าการชั่งน้ำหนักกระถางและค่าการสูญเสียในใบของต้นที่มีการให้น้ำปกติ (2.89 กิโลกรัม ของการชั่งน้ำหนักกระถาง และ 80% RWC ของการสูญเสียในใบ) อีกทั้งเมื่อพิจารณาปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระประเภทฟลาโวนอยด์ในดอกดาวกระจายที่แช่น้ำเป็นเวลา 3 วัน จากการวัดปริมาณด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีสมรรถนะสูงมีปริมาณสารต้านอนุมูล

อิสระประเภทฟลาโวนอยด์สูงกว่าดอกดาวกระจายเหลืองภายใต้สภาวะให้น้ำปกติอย่างมีนัยสำคัญที่ $p \leq 0.05$ สะท้อนให้เห็นว่าสารต้านอนุมูลอิสระจะถูกผลิตมาขึ้นในสภาวะที่พืชขาดน้ำ

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงด้วยดีเนื่องจากการได้รับการสนับสนุนจากห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ศูนย์เครื่องมือคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร และแปลงสาธิตสาขาเกษตรอินทรีย์และการจัดการฟาร์มอัจฉริยะ วิทยาลัยนวัตกรรมการอาหารและอุตสาหกรรมบริการ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] รัตนา อินทรานุปกรณ์. การตรวจสอบและการสกัดแยกสารสำคัญจากสมุนไพร. แอคทีฟ พรินท์, กรุงเทพฯ. 2550.
- [2] พัทรี สิริตระกูลศักดิ์ ประสิทธิ์ ชุตติเดช เบญจวรรณ ชุตติเดช มาระตรี เปลี่ยนศิริชัย และ เกรียงศักดิ์ บุญเที่ยง. กิจกรรมสารต้านอนุมูลอิสระของดอกไม้กินได้ 15 ชนิด ในจังหวัดมหาสารคาม. วารสารแก่นเกษตร. 1(2013) 607-611.
- [3] N. Boonyaprapatsara. Thai traditional herbal medicine plant. Vols. 1 and 4, Prachachon Publishers, Bangkok, 2000.
- [4] S. Bushra, A. Farooq, A. Muhammad, Effect of extraction solvent technique on the antioxidant activity of selected medicinal plant extracts. *Molecules*. 14(2009) 2167-2180.
- [5] O. Kaisoon, S. Siriamornpun, N. Weerapreeyakul, N. Meeso, Phenolic compounds and antioxidant activities of edible flowers from Thailand. *Food Research International*. 3(2011) 88-99.
- [6] วาทีน พูลสวัสดิ์ และ จีรวัฒน์ สวัสดิ์พิพัฒน์. (20 พฤษภาคม 2559). ฤทธิ์การต้านออกซิเดชันและฤทธิ์เคมีของดอกไม้กินได้. สืบค้นจาก <http://www.pharmacy.mahidol.ac.th/newspdf/specialproject/2556-25.pdf>.
- [7] X. Duan, T. Liu, D. Zhang, X. Su, H. Lin, Y. Jiang, Effect of pure oxygen atmosphere on antioxidant enzyme and antioxidant activity of harvested litchi fruit during storage. *Food Research International*. 44(2011) 1905-1911.
- [8] อรสุรินทร์ ฮวบบางยาง มัณณา บัวหนอง เฉลิมชัย วงษ์อารี ชัยรัตน์ เตชะภูมิพร และวาริช ศรีละออง. การศึกษาคุณค่าทางอาหารและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในดอกไม้ที่รับประทานได้ วารสารวิทยาศาสตร์ เกษตรศาสตร์ 41(2010) 381-384.
- [9] O. Kaisoon, I. Konczak, S. Siriamornpun, Potential health enhancing properties of edible flowers from Thailand. *Food Research International*. 46(2012) 563-565.
- [10] U. Sarker, and S. Oba, Nutritional and bioactive constituents and scavenging capacity of radicals in *Amaranthus hypochondriacus*. *Scientific reports*. 10(2020) 19962.
- [11] Z. Liao, L. Liu, H. Rennenberg, B. Du, Water deprivation modifies the metabolic profile of lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) leaves. *Physiologia Plantarum*. 176(2024) e14365.
- [12] W. Horwitz. Official Methods of Analysis of AOAC International, 17th ed., Vol. 2. Maryland: AOAC International, 2000.
- [13] F. Pourmorad, S.J. Hosseini-mehr, N. Shahabimajd, Antioxidant activity, phenol and flavonoid contents of some selected Iranian medicinal plants. *African Journal of Biotechnology*. 5(2006) 1142-1145.

- [14] J.C. Touchstone. Practice of Thin Layer Chromatography. 3rd ed. Wiley-Interscience, New York, 2015.
- [15] Z. Youwei, Z. Jinlian, P. Yonghong, A comparative study on the free radical scavenging activities of some fresh flowers in southern China. *LWT-Food Science and Technology*. 41(2008) 1586-1591.
- [16] C. Chaichit. Thai herbs and herbal products. The National Identity Office, Bangkok. 2004.

การจราจรที่คับคั่งกับมุมมองเชิงกราฟเบื้องต้น Traffic Congestion with A Basic Graphical Perspective

ณิศรา สุทธิสังข์^{1*} และ วรวิวัฒน์ วิเศษสิงห์¹

¹ สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

*E-mail: nisara.s@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอการวิเคราะห์การจราจรคับคั่งโดยใช้มุมมองเชิงกราฟเบื้องต้น การวิเคราะห์ผลใช้การศึกษาเส้นทางการจราจรบริเวณสะพานพระรามเจ็ดโดยพิจารณาจากการแสดงความคล่องตัวของการจราจรด้วยสีบน Google maps ในช่วงเวลา 7.00-8.00 น. และใช้แนวคิดพื้นฐานของจุดและเส้นเพื่อสร้างกราฟเส้นทางการจราจรบริเวณสะพานพระรามเจ็ด ผลการวิจัยพบว่า ในช่วงเวลา 7.00-8.00 น. ถนนหน้าพระจอมเกล้าพระนครเหนือและถนนก่อนถึงแยกไฟสัญญาณจราจรตลอดใต้สะพานพระรามเจ็ดการจราจรคล่องตัวช้ามาก นอกจากนี้แยกหน้าพระจอมเกล้าพระนครเหนือ คล่องตัวช้าก่อนถึงแยกสัญญาณไฟจราจร การใช้เส้นทางการจราจรในถนนช่วงเวลาก่อน 7.00 น. ทำให้การขับขี่ยานพาหนะ คล่องตัวได้ดี และช่วงเวลาที่มากขึ้น ความคล่องตัวของการใช้รถบนเส้นทางการจราจรบริเวณสะพานพระรามเจ็ดคล่องตัวช้ามากขึ้นจนถึงเวลา 8.00 น.

คำสำคัญ: การจราจรคับคั่ง ทฤษฎีกราฟ Google maps

Abstract

This paper aims to present a basic graphical perspective of traffic congestion analysis. The analysis of the results uses a study of traffic routes around Rama VII Bridge, considering the color display of traffic flow on Google Maps during the period 7:00 a.m. - 8:00 a.m., and using the basic concepts of vertices and edges to graph traffic routes around Rama VII Bridge. The research finds that, between 7:00 a.m. and 8:00 a.m., the traffic in the road in front of King Mongkut's University of Technology North Bangkok and in the road before the traffic light intersection passing under the Rama VII Bridge, the traffic flows very slowly. In addition, the intersection in front of King Mongkut's University of Technology North Bangkok flows slowly before reaching the traffic light intersection. Entering the traffic in this area before 7:00 a.m. makes driving smoother and gives drivers more time. The mobility of the traffic around Rama VII Bridge is heavily reduced until 8:00 a.m.

Keywords: Traffic congestion, Graph theory, Google maps

1. บทนำ

สำหรับในประเทศไทยนั้น แนวทางหนึ่งในการพัฒนาและก่อให้เกิดการฟื้นฟูประเทศ คือ การแก้ปัญหาพื้นฐาน การจราจรที่คับคั่งบนท้องถนนในตัวเมืองใหญ่ ดังเช่น กรุงเทพมหานคร เนื่องจากปัญหาการจราจรที่คับคั่งก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ ปัญหาสุขภาพของผู้คนหรือชุมชนที่อยู่บริเวณใกล้เคียงกับเส้นทางการจราจร การดำเนินชีวิตของผู้คนที่ต้องเร่งรีบเพื่อให้ทันกับเวลาการดำรงชีวิต การทำกิจกรรมต่าง ๆ โดยอาศัยเส้นทางการจราจรที่คับคั่งเป็นทางเชื่อมผ่าน

เมื่อพิจารณาเมืองใหญ่ในกรุงเทพมหานครการจราจรในช่วงเวลาเร่งด่วน มีหลากหลายเส้นทางที่มีการจราจรที่คับคั่งในช่วงเวลาเร่งด่วน 20 ถนน อาทิเช่น ถนนสุขุมวิท ถนนศรีทอง ถนนเยาวราช ถนนประชากรราษฎร์บำเพ็ญ ถนนวรจักร ถนนเพลินจิต ถนนสุรวงศ์ ถนนเจริญกรุง ถนนราชดำเนินนอก ถนนบ้านหม้อ ถนนบรรทัดทอง ด้านหน้าถนนราชดำเนินนอก ถนนพาหุรัด ถนนราชดำเนินกลาง ถนนจักรพรรดิพงษ์ ถนนสีลม ถนนมหาไชย ถนนศรีเวียง ถนนมหานคร ถนนประชากรราษฎร์สาย 1 ถนนหลวง [1]

บริเวณสะพานพระรามเจ็ดเชื่อมต่อกับถนนประชากรราษฎร์สาย 1 และถนนพิบูลสงครามเป็นหนึ่งในถนนที่มีปัญหาการจราจรที่คับคั่งในช่วงเวลาเร่งด่วนและช่วงเวลาของวันทำการ (จันทร์ – ศุกร์; 7.00 – 8.00 น.) และเมื่อนำมาศึกษาเส้นทางการจราจรจะเป็นแนวทางหนึ่งในการศึกษาเส้นทางการจราจรในรูปแบบอื่น และแนวทางในการแก้ปัญหาจราจรได้ในเส้นทางอื่นได้

การจราจรที่คับคั่งกับการวิเคราะห์เชิงกราฟเบื้องต้นเป็นมุมมองที่ฉายภาพให้เห็นรูปธรรมของการจราจรที่แสดงให้เห็นความคล่องตัวของการจราจรจากเส้นแทนถนน จุดแทนแยกสัญญาณไฟและแยกถนน ซึ่งผู้เดินทางสามารถตัดสินใจหรือวางแผนการเดินทางได้ด้วยตนเองในพื้นที่ถนนดังกล่าว และนำไปต่อยอดหรือการศึกษาหาแนวทางการวางแผนการเดินทางเส้นทางการจราจรอื่น ๆ ได้ด้วยตนเอง รวมถึงนำไปเป็นข้อมูลประกอบการแก้ปัญหาการจราจรที่คับคั่งได้ต่อไป [2] งานวิจัยนี้จึงนำเสนอบทบาทของกราฟเบื้องต้นในการวิเคราะห์การจราจรที่คับคั่งในพื้นที่ดังกล่าว

2. วิธีการวิจัย

2.1 วิธีการวิจัย

2.1.1 ศึกษาเส้นทางการจราจรบริเวณสะพานพระรามเจ็ดโดยรอบ

2.1.2 สร้างกราฟเส้นทางการจราจรบริเวณสะพานพระรามเจ็ด

2.1.3 ศึกษาเส้นทางการจราจรบริเวณสะพานพระรามเจ็ดโดยพิจารณาจากการแสดงความคล่องตัวของการจราจรด้วยสีบน Google maps ในช่วงเวลา 7.00 - 8.00 น.

2.1.4 วิเคราะห์เส้นทางการจราจรบริเวณสะพานพระรามเจ็ดโดยพิจารณาการแสดงความคล่องตัวของการจราจรด้วยสี และช่วงเวลาของการเก็บข้อมูล โดยใช้กราฟเส้นทางการจราจรบริเวณสะพานพระรามเจ็ด แบ่งเป็น 4 กราฟ คือ กราฟช่วงเวลา 7.00 - 7.15 น., 7.15 - 7.30 น., 7.30 - 7.45 น. และ 7.45 - 8.00 น. ในช่วงเวลา 7.00-8.00 น. โดยนำแนวคิดของกราฟเบื้องต้นมาใช้

2.2 เครื่องมือในการวิจัย

2.2.1 แผนที่ดาวเทียมของเส้นทางการจราจรบริเวณสะพานพระรามเจ็ดโดยพิจารณาจากการแสดงความคล่องตัวของการจราจรด้วยสี (maps.google.com)

2.2.2 แนวคิดพื้นฐานของกราฟ จุด (แทนหัวถนน/ แยกสัญญาณไฟจราจร) เส้น (แทนถนน) [3, 4]

2.2.3 แนวคิดกราฟแบบมีทิศทาง (directed graph) และกราฟไม่มีทิศทาง (undirected graph)

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

3.1 แผนที่ดาวเทียมแสดงความคล่องตัวของการใช้ยานพาหนะด้วยสี



ภาพที่ 1 แผนที่ดาวเทียมบริเวณสะพานพระรามเจ็ด

ที่มา: <https://www.google.com/maps/@13.8165536,100.5138862,16z/data=!5m2!1e1!1e4?entry=ttu> [5]

หมายเหตุ สีแดงเข้ม หมายถึง การจราจรคล่องตัวช้ามาก

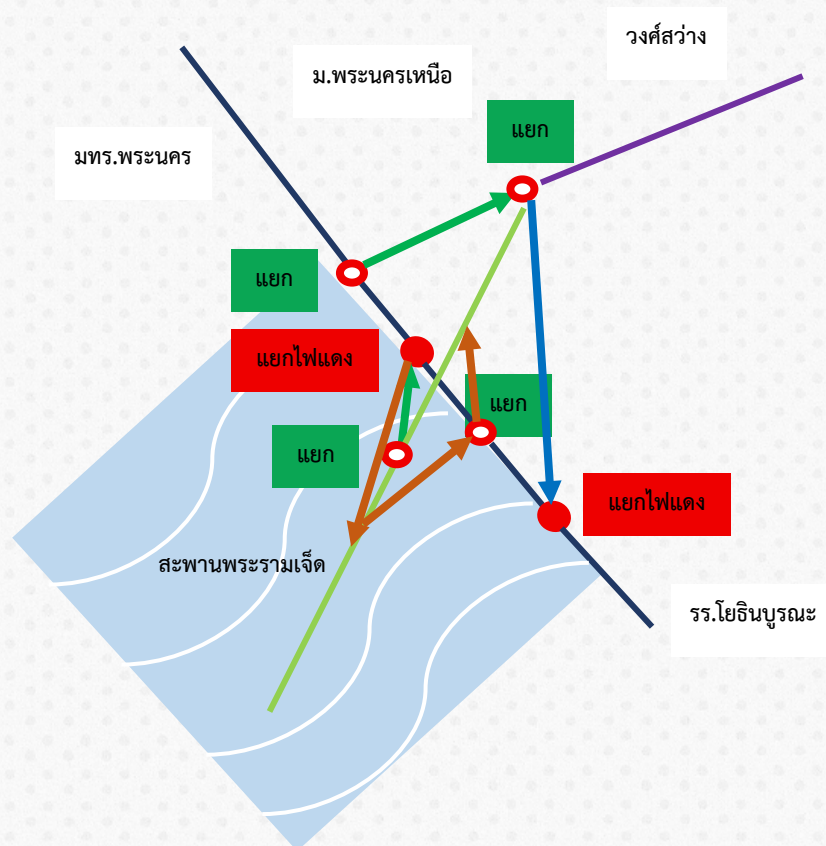
สีแดง หมายถึง การจราจรคล่องตัวช้า

สีส้ม หมายถึง การจราจรคล่องตัวค่อนข้างช้า

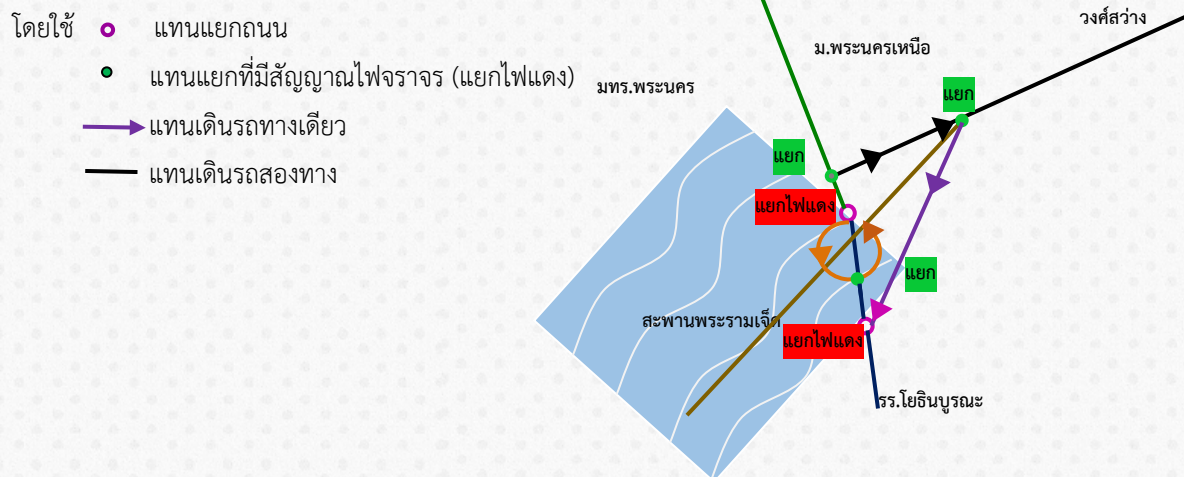
สีเขียว หมายถึง การจราจรคล่องตัวเร็ว

3.2 กราฟเบื้องต้น

กราฟเส้นทางการจราจรบริเวณสะพานพระรามเจ็ด



ภาพที่ 2 กราฟแสดงเส้นทางการจราจรบริเวณสะพานพระรามเจ็ด (1)



ภาพที่ 3 กราฟแสดงเส้นทางการจราจรบริเวณสะพานพระรามเจ็ด (2)

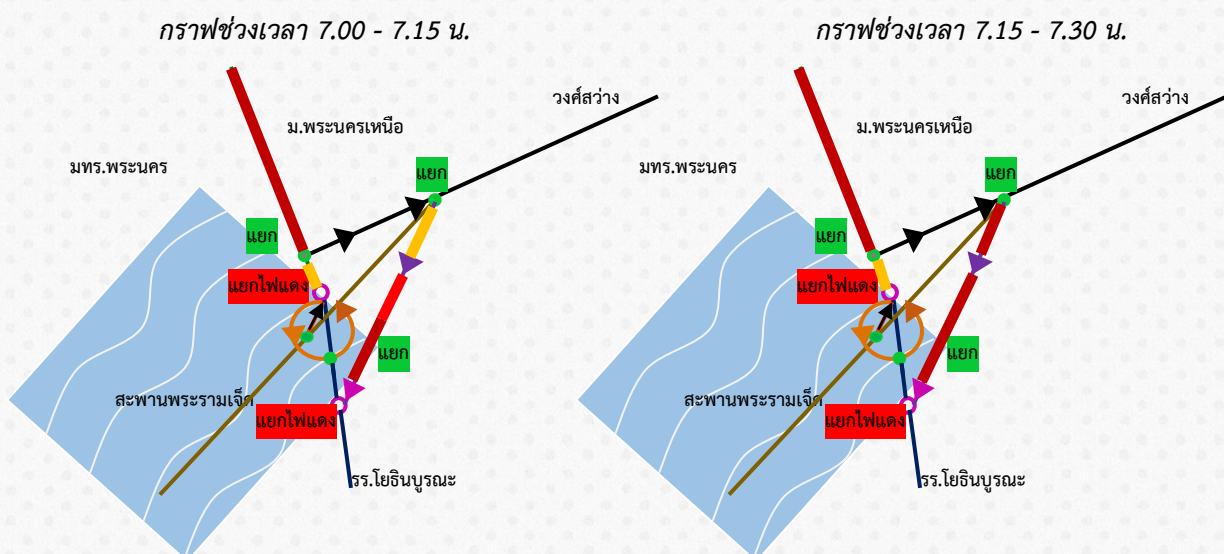
3.3 ตัวอย่างข้อมูลเส้นทางการจราจรบริเวณสะพานพระรามเจ็ดโดยพิจารณาจากการแสดงความคล่องตัวของ
การจราจรด้วยสีบน Google maps ในช่วงเวลา 7.00-8.00 น. (เดือนพฤษภาคมเป็นช่วงเวลาเปิดภาคเรียนของนักเรียน
ในกรุงเทพมหานคร)

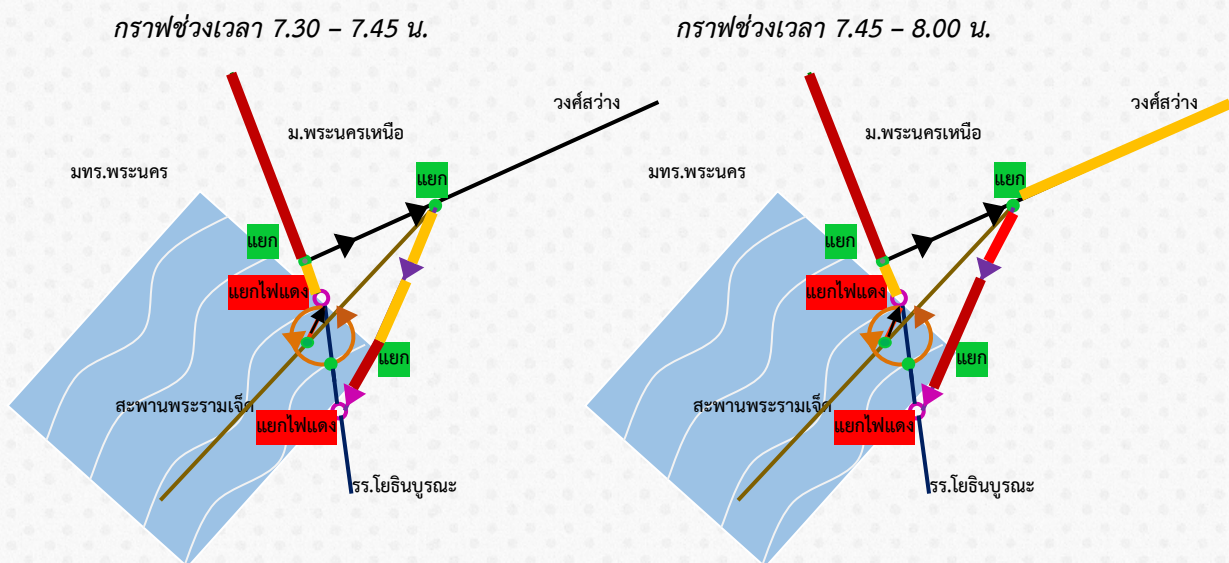




ภาพที่ 4 เส้นทางการจราจรบริเวณสะพานพระรามเจ็ดแสดงความคล่องตัวของการจราจรด้วยสีบน Google maps
ในช่วงเวลา 7.00-8.00 น.

กราฟแสดงเส้นทางการจราจรบริเวณสะพานพระรามเจ็ด แบ่งเป็น 4 กราฟ คือ กราฟช่วงเวลา 7.00 - 7.15 น., 7.15 - 7.30 น., 7.30 - 7.45 น. และ 7.45 - 8.00 น. แบ่งตามสี่ ดังต่อไปนี้





ภาพที่ 5 กราฟช่วงเวลา 7.00 – 8.00 น.

กราฟแสดงเส้นทางการจราจรบริเวณสะพานพระรามเจ็ด (แบ่งเป็น 4 กราฟ คือ กราฟช่วงเวลา 7.00 - 7.15 น., 7.15 - 7.30 น., 7.30 - 7.45 น. และ 7.45 - 8.00 น. สรุปผลดังต่อไปนี้

กราฟช่วงเวลา 7.00 - 7.15 น. ถนนหน้าพระจอมเกล้าพระนครเหนือการจราจรคล่องตัวช้ามาก (แสดงด้วยสีแดงเข้ม) ถนนก่อนถึงแยกไฟสัญญาณจราจรลดได้สะพานพระรามเจ็ดคล่องตัวช้ามาก (แสดงด้วยสีแดงเข้ม) ส่งผลให้ท้ายแถวคล่องตัวค่อนข้างช้าถึงแยกถนนที่เชื่อมกับถนนวงศ์สว่าง (แสดงด้วยสีแดง ส้ม) นอกจากนี้แยกหน้าพระจอมเกล้าพระนครเหนือคล่องตัวช้าก่อนถึงแยกสัญญาณไฟจราจร (แสดงด้วยสีส้ม)

กราฟช่วงเวลา 7.15 - 7.30 น. ถนนหน้าพระจอมเกล้าพระนครเหนือการจราจรคล่องตัวช้ามาก (แสดงด้วยสีแดงเข้ม) ถนนก่อนถึงแยกไฟสัญญาณจราจรลดได้สะพานพระรามเจ็ดคล่องตัวช้ามาก ถึงแยกถนนที่เชื่อมกับถนนวงศ์สว่าง (แสดงด้วยสีแดงเข้ม) นอกจากนี้แยกหน้าพระจอมเกล้าพระนครเหนือคล่องตัวช้าก่อนถึงแยกสัญญาณไฟจราจร (แสดงด้วยสีส้ม)

กราฟช่วงเวลา 7.30 - 7.45 น. ถนนหน้าพระจอมเกล้าพระนครเหนือการจราจรคล่องตัวช้ามาก (แสดงด้วยสีแดงเข้ม) ถนนก่อนถึงแยกไฟสัญญาณจราจรลดได้สะพานพระรามเจ็ดคล่องตัวช้ามาก (แสดงด้วยสีแดงเข้ม) ส่งผลให้ท้ายแถวคล่องตัวช้าถึงแยกถนนที่เชื่อมกับถนนวงศ์สว่าง (แสดงด้วยสีส้ม) นอกจากนี้แยกหน้าพระจอมเกล้าพระนครเหนือคล่องตัวช้าก่อนถึงแยกสัญญาณไฟจราจร (แสดงด้วยสีส้ม)

กราฟช่วงเวลา 7.45 - 8.00 น. ถนนหน้าพระจอมเกล้าพระนครเหนือการจราจรคล่องตัวช้ามาก (แสดงด้วยสีแดงเข้ม) ถนนก่อนถึงแยกไฟสัญญาณจราจรลดได้สะพานพระรามเจ็ดคล่องตัวช้ามาก (แสดงด้วยสีแดงเข้ม) ส่งผลให้ท้ายแถวคล่องตัวค่อนข้างช้าถึงแยกถนนที่เชื่อมกับถนนวงศ์สว่าง (แสดงด้วยสีแดง) และสะสมไปถึงถนนก่อนถึงแยกวงศ์สว่างคล่องตัวช้า (แสดงด้วยสีส้ม) นอกจากนี้แยกหน้าพระจอมเกล้าพระนครเหนือคล่องตัวช้าก่อนถึงแยกสัญญาณไฟจราจร (แสดงด้วยสีส้ม)

ในช่วงเวลา 7.00-8.00 น. ถนนหน้าพระจอมเกล้าพระนครเหนือและถนนก่อนถึงแยกไฟสัญญาณจราจรลดได้สะพานพระรามเจ็ดการจราจรคล่องตัวช้ามาก นอกจากนี้แยกหน้าพระจอมเกล้าพระนครเหนือคล่องตัวช้าก่อนถึงแยกสัญญาณไฟจราจร โดยช่วงเวลาที่มากขึ้น ความคล่องตัวของการใช้ถนนเส้นทางการจราจรบริเวณสะพานพระรามเจ็ดคล่องตัวล่าช้ามากขึ้น

4. บทสรุป

ในช่วงเวลา 7.00-8.00 น. ถนนหน้าพระจอมเกล้าพระนครเหนือและถนนก่อนถึงแยกไฟสัญญาณจราจรตลอดใต้สะพานพระรามเจ็ดการจราจรคล่องตัวดีมาก นอกจากนี้การจราจรแยกหน้าพระจอมเกล้าพระนครเหนือคล่องตัวขึ้นก่อนถึงแยกสัญญาณไฟจราจร

การวิเคราะห์การจราจรคับคั่งโดยใช้กราฟเบื้องต้น เมื่อพิจารณาจุดแทนแยกถนนหรือแยกสัญญาณไฟจราจร ทำให้เกิดการวิเคราะห์การสะสมของยานพาหนะบนเส้นทางการจราจร นั่นคือ เมื่อสัญญาณไฟแดงปล่อยเวลานาน การสะสมของยานพาหนะบนเส้นทางการจราจรนั้นมากขึ้น ความคล่องตัวล่าช้ามากขึ้น เส้นแทนถนน ทำให้เกิดการวิเคราะห์การเชื่อมต่อกับแยกสัญญาณไฟจราจร และกราฟระบุทิศทาง ทำให้เกิดการวิเคราะห์ทางเดินรถทางเดียว นั่นคือ ถนนที่เชื่อมต่อกับทางแยกทางเดินรถทางเดียว (เลี้ยวซ้ายผ่านตลอด) การจราจรคล่องตัวมาก ในทางกลับกันทางเดินรถทางเดียวที่เชื่อมต่อกับสัญญาณไฟจราจร (ไฟแดง) การจราจรคล่องตัวล่าช้า

การวิเคราะห์การจราจรคับคั่งเกี่ยวข้องกับกราฟเบื้องต้น ดังต่อไปนี้

1. จุดแทนแยกถนนหรือแยกสัญญาณไฟจราจร ทำให้เกิดการวิเคราะห์การสะสมของยานพาหนะบนเส้นทางการจราจรคล่องตัวล่าช้ามากขึ้น
2. เส้นแทนถนน ทำให้เกิดการวิเคราะห์การเชื่อมต่อกับแยกสัญญาณไฟจราจรและแยกถนน
3. กราฟระบุทิศทาง ทำให้เกิดการวิเคราะห์ทางเดินรถทางเดียว นั่นคือ ถนนที่เชื่อมต่อกับทางแยกทางเดินรถทางเดียว (เลี้ยวซ้ายผ่านตลอด) การจราจรคล่องตัวมาก ในทางกลับกันทางเดินรถทางเดียวที่เชื่อมต่อกับสัญญาณไฟจราจร (ไฟแดง) การจราจรคล่องตัวล่าช้า

5. กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายไดปี 2566 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จากงานวิจัย เรื่อง การเปลี่ยนผ่านสู่เศรษฐกิจเขียว: กรณีการแก้ปัญหาการจราจรคับคั่งโดยใช้การวิเคราะห์เชิงทฤษฎีกราฟ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร [6]

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] S. Suphatcha. (17 กรกฎาคม 2023). 50 ถนนกรุงเทพฯ ที่รถติดที่สุด 2567. สืบค้นจาก <https://www.motorist.co.th/article/2182/50-most-traffic-jam-roads-in-bangkok-2023>.
- [2] Y. Tan. Analyzing traffic problem model with graph theory algorithms. In Proceedings 2015 Science and Information Conference (SAI), United Kingdom, 2015, 134-140.
- [3] P. Sinthamani. An application of fuzzy graph in accidental prone zone to reduce the traffic congestion. *Malaya Journal of Matematik* (MJM). 9(2021) 378-384.
- [4] G. Zhang, H. Jia, L. Yang, Y. Li, J. Yang. Research on a model of node and path selection for traffic network congestion evacuation based on complex network theory. *IEEE Access*, 8(2019) 7506-7517.
- [5] สืบค้นจาก <https://www.google.com/search?q=google+map>
- [6] วรวิวัฒน์ วิเศษสิงห์ และ ณิชรา สุทธิสังข์. การเปลี่ยนผ่านสู่เศรษฐกิจเขียว: กรณีการแก้ปัญหาการจราจรคับคั่งโดยใช้การวิเคราะห์เชิงทฤษฎีกราฟ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. 2566.

การศึกษาตัวแบบความน่าจะเป็นของอุณหภูมิในภาคใต้ของประเทศไทย A Probabilistic Modeling Study of Temperature in Southern Thailand

ณิศรา สุทธิสังข์¹ ธนัญญา อำนวยวัฒนะกุล² วรวิวัฒน์ วิเศษสิงห์¹ อัญชนา ชัตติยะวงศ์³
และ ยุพาพิน อติกานต์กุล^{1*}

¹สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

²สาขาวิชาเทคโนโลยีสุขภาพ เครื่องสำอางและการชะลอวัย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

³หมวดวิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

*E-mail: yupapin.a@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการแจกแจงที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิในภาคใต้ของประเทศไทย โดยข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์จะพิจารณาจากอุณหภูมิสูงสุดของอุณหภูมิตลอดเดือน ในปี พ.ศ. 2564 ของสถานีตรวจอากาศจำนวน 25 แห่ง ซึ่งตั้งอยู่ใน 14 จังหวัด ของภาคใต้ในประเทศไทย การแจกแจงที่ใช้ในการศึกษาเปรียบเทียบกับครั้งนี้ ได้แก่ การแจกแจงกัมเบล การแจกแจงฟรีเชท และการแจกแจงไวบูล ประเมินค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด ผลการศึกษาพบว่า การแจกแจงไวบูลเป็นการแจกแจงที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิในภาคใต้ของประเทศไทย

คำสำคัญ: อุณหภูมิ วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด การแจกแจงกัมเบล การแจกแจงฟรีเชท การแจกแจงไวบูล

Abstract

This research aimed to investigate the appropriate distribution of temperature data in Southern Thailand. The data used are the maximum monthly temperatures in 2021 from 25 weather stations located in 14 provinces in Southern Thailand. The Gumbel distribution, the Fréchet distribution, and the Weibull distribution are used to fit the data. The maximum likelihood estimators of unknown parameters are derived. The study results found that the Weibull distribution is the most suitable for analyzing temperature data in Southern Thailand.

Keywords: temperature, maximum likelihood estimation, Gumbel distribution, Fréchet distribution, Weibull distribution

1. บทนำ

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโลกเป็นหนึ่งในประเด็นสิ่งแวดล้อมที่สำคัญในศตวรรษที่ 21 ซึ่งส่งผลกระทบต่ออย่างกว้างขวางและรุนแรงต่อระบบนิเวศ สิ่งมีชีวิต และสังคมมนุษย์ทั่วโลก การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยโลกอย่างต่อเนื่องได้ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน ซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่ขับเคลื่อนการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในวงกว้าง

ปัญหาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในประเทศไทยเป็นส่วนหนึ่งของปรากฏการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกที่เกิดขึ้นอย่างรุนแรงในช่วงหลายทศวรรษที่ผ่านมา สาเหตุหลักของปัญหานี้เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ประกอบด้วย การปล่อยแก๊สเรือนกระจก จากภาคอุตสาหกรรมและการผลิตการใช้พลังงานฟอสซิลอย่างมากมาย การตัดไม้ทำลายป่าเพื่อการขยายพื้นที่เกษตรกรรมและการพัฒนา และการขยายตัวของเขตเมืองอย่างรวดเร็วโดยไม่มีการวางแผนที่เหมาะสม

ภาคใต้ของประเทศไทยประกอบด้วย 14 จังหวัด ได้แก่ นครศรีธรรมราช กระบี่ พังงา ภูเก็ต สุราษฎร์ธานี ระนอง ชุมพร สงขลา สตูล ตรัง พัทลุง ปัตตานี ยะลา และนราธิวาส ซึ่งภูมิภาคนี้มีภูมิอากาศที่ร้อนชื้นตลอดปี ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมทั้งสองด้าน ทำให้มีฝนตกชุกและความชื้นสัมพัทธ์สูง อย่างไรก็ตามในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา ภาคใต้ได้ประสบกับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเช่นเดียวกับภูมิภาคอื่น ๆ ซึ่งส่งผลกระทบต่อเกษตร การประมง การท่องเที่ยว และสุขภาพของประชาชน

การศึกษาอุณหภูมิในประเทศไทยเป็นสิ่งจำเป็นและมีความสำคัญอย่างยิ่ง ซึ่งปิยภัทร บุชบาบินทร์ [1] ได้วิเคราะห์อุณหภูมิสูงสุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย นอกจากนี้แล้ว พลากร สีน้อย และคณะ [2] ได้ศึกษาอุณหภูมิสูงสุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทยอีกด้วย สำหรับการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาอุณหภูมิในภาคใต้ของประเทศไทย เนื่องจากยังไม่มีผู้ศึกษา อีกทั้งการศึกษาอุณหภูมิในภาคใต้ของประเทศไทย จึงไม่เพียงแต่เป็นการเฝ้าระวังการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ แต่ยังเป็นก้าวสำคัญสำหรับการวางแผนทั้งในด้านสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสาธารณสุขเพื่อรับมือกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศในระยะยาว

2. การแจกแจงที่ใช้ในการวิเคราะห์

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาอุณหภูมิของภาคใต้ในประเทศไทย ซึ่งพิจารณาจากค่าสูงสุดของอุณหภูมิรายเดือน ในปี พ.ศ. 2564 การแจกแจงที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้แก่การแจกแจงกัมเบล การแจกแจงพีเรชเช และการแจกแจงไวบูล ดังนี้

2.1 การแจกแจงกัมเบล (Gumbel distribution)

การแจกแจงกัมเบล [3] เป็นการแจกแจงที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในหลายสาขา โดยเฉพาะในการศึกษาปรากฏการณ์สุดขั้วทางธรรมชาติ เช่น อุณหภูมิสูงสุด หรือฝนตกหนักที่สุดในแต่ละปี

ฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นของการแจกแจงกัมเบล โดยมี μ เป็นพารามิเตอร์ตำแหน่ง และ σ เป็นพารามิเตอร์สเกล เป็นดังนี้

$$f(x) = \frac{1}{\sigma} \exp\left(-\frac{x-\mu}{\sigma}\right) \exp\left[-\exp\left(-\frac{x-\mu}{\sigma}\right)\right] \quad (1)$$

ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของการแจกแจงกัมเบลคือ

$$F(x) = \exp\left[-\exp\left(-\frac{x-\mu}{\sigma}\right)\right] \quad (2)$$

โดยที่ $-\infty < x < \infty, \mu \in R, \sigma > 0$.

2.2 การแจกแจงฟรีเชท (Fréchet distribution)

การแจกแจงฟรีเชท [4] เป็นการแจกแจงที่สำคัญสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์สุดขั้ว เช่น อุณหภูมิสูงสุด ความเร็วลมสูงสุด ระดับน้ำท่วมสูงสุด หรือความเสียหายจากภัยธรรมชาติ

ฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นของการแจกแจงฟรีเชท โดยมี μ เป็นพารามิเตอร์ตำแหน่ง σ เป็นพารามิเตอร์สเกล และ λ เป็นพารามิเตอร์รูปร่าง เป็นดังนี้

$$f(x) = \frac{\lambda}{\sigma} \left(\frac{x - \mu}{\sigma} \right)^{-(1+\lambda)} \exp \left(- \left(\frac{x - \mu}{\sigma} \right)^{-\lambda} \right) \quad (3)$$

ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของการแจกแจงฟรีเชทคือ

$$F(x) = \exp \left(- \left(\frac{x - \mu}{\sigma} \right)^{-\lambda} \right) \quad (4)$$

โดยที่ $x > \mu$ $\lambda > 0, \mu \in R, \sigma > 0$

2.3 การแจกแจงไวบูล (Weibull distribution)

การแจกแจงไวบูล [5] เป็นการแจกแจงแบบต่อเนื่องการแจกแจงหนึ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะทางการแพทย์ และทางวิศวกรรม เป็นต้น

ฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นของการแจกแจงไวบูล โดยที่ k เป็นพารามิเตอร์รูปร่าง และ λ เป็นพารามิเตอร์สเกล เป็นดังนี้

$$f(x) = \frac{k}{\lambda} \left(\frac{x}{\lambda} \right)^{k-1} \exp \left(- \left(\frac{x}{\lambda} \right)^k \right) \quad (5)$$

ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมการแจกแจงไวบูลคือ

$$F(x) = 1 - \exp \left(- \left(\frac{x}{\lambda} \right)^k \right) \quad (6)$$

โดยที่ $x \geq 0, k > 0, \lambda > 0$

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การประมาณค่าพารามิเตอร์

ในการศึกษาครั้งนี้จะประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum likelihood estimation) ซึ่งการประมาณค่าด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดนี้จะให้ตัวประมาณที่ทำให้ฟังก์ชันภาวะน่าจะเป็นมีค่าสูงสุด

ให้ $X_1, X_2, \dots, X_n$ เป็นตัวอย่างสุ่ม โดยที่ $x_1, x_2, \dots, x_n$ เป็นค่าสังเกตขนาด n โดยมี $f(x_i|\theta)$ เป็นฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็น และ θ เป็นเวกเตอร์ของพารามิเตอร์ ดังนั้นฟังก์ชันภาวะน่าจะเป็นสามารถแสดงได้ดังนี้

$$L(\theta) = \prod_{i=1}^n f(x_i|\theta) \quad (7)$$

โดยมีฟังก์ชันลอการิธึมภาวะน่าจะเป็นคือ

$$\log L(\theta) = \sum_{i=1}^n \log f(x_i|\theta) \quad (8)$$

การหาค่าประมาณของ θ ที่ทำให้ $\log L(\theta)$ มีค่ามากที่สุด โดยทำการหาค่าอนุพันธ์ของ $\log L(\theta)$ เทียบกับ θ แล้วให้เท่ากับศูนย์

$$\frac{\partial \log L(\theta)}{\partial \theta} = 0 \quad (9)$$

ค่าประมาณจากวิธีภาวน่าจะเป็นสูงสุดคือคำตอบของสมการข้างต้น ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้สมการความน่าจะมี
ความซับซ้อน จึงใช้วิธีเชิงตัวเลขจากแพ็คเกจ Optimx [6] โปรแกรม R รุ่น 4.2.3 [7] ในการแก้สมการ

3.2 เกณฑ์ในการคัดเลือกตัวแบบ

3.2.1 การทดสอบคอลโมโกรอฟ-สมิรโนฟ (Kolmogorov-Smirnov test)

การทดสอบคอลโมโกรอฟ-สมิรโนฟ [8-9] เป็นการทดสอบที่ใช้ในการทดสอบความเหมาะสมของการแจกแจง
โดยตัวสถิติทดสอบคือ

$$D_n = \sup_x |F_n(x) - F(x)| \quad (10)$$

โดยที่

$F_n(x)$ คือฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสมของข้อมูล

$F(x)$ คือฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสมของสมมติฐานที่ตั้งไว้

3.2.2 เกณฑ์สารสนเทศของอะกะอิเกะ (Akaike's Information Criterion หรือ AIC)

เกณฑ์ AIC [10] ใช้ในการวัดความเหมาะสมของตัวแบบเมื่อเปรียบเทียบกับตัวแบบอื่น โดยคำนึงถึงทั้ง
ความเหมาะสมของตัวแบบและความซับซ้อนของตัวแบบ

$$AIC = -2 \log L(\hat{\theta}) + 2p \quad (11)$$

โดยที่

p คือ จำนวนพารามิเตอร์ในตัวแบบ

$\log L(\hat{\theta})$ คือ ค่าฟังก์ชันลอกลักษณะน่าจะเป็นที่ได้จากการพารามิเตอร์ที่ประมาณ

4. ผลการศึกษา

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาตัวแบบความน่าจะเป็นของอุณหภูมิจาก 14 จังหวัดในภาคใต้ของ
ประเทศไทย จากสถานีตรวจอากาศจำนวน 25 สถานี ซึ่งได้แก่ สถานีตรวจอากาศนครศรีธรรมราช สถานีเกษตร
นครศรีธรรมราช สถานีตรวจอากาศฉวาง สถานีตรวจอากาศเกาะลันตา สถานีตรวจอากาศกระบี่ สถานีตรวจอากาศตะกั่วป่า
สถานีตรวจอากาศภูเก็ต สถานีตรวจอากาศสนามบินภูเก็ต สถานีอุตุนิยมวิทยาสุราษฎร์ธานี สถานีตรวจอากาศเกาะสมุย
สถานีเกษตรสุราษฎร์ธานี สถานีตรวจอากาศพระแสง สถานีตรวจอากาศระนอง สถานีตรวจอากาศชุมพร สถานีเกษตรสวี
สถานีเกษตรคองส์ สถานีตรวจอากาศสะเดา สถานีตรวจอากาศสงขลา สถานีตรวจอากาศสนามบินหาดใหญ่ สถานีตรวจ
อากาศสตูล สถานีตรวจอากาศสนามบินตรัง สถานีเกษตรพัทลุง สถานีตรวจอากาศสนามบินปัตตานี สถานีเกษตรยะลา
สถานีตรวจอากาศนราธิวาส ใน 14 จังหวัดของภาคใต้ในประเทศไทย โดยพิจารณาอุณหภูมิสูงสุด จากข้อมูลรายเดือน ในปี
พ.ศ. 2564 [11] ดังนี้

37, 36, 37.2, 36, 37.6, 36.2, 37.4, 35.8, 37.6, 36.8, 36.8, 36.8, 36.7, 36.3, 36.3, 36.5, 37.2, 35.8, 37.1,
36.9, 37.3, 36.2, 35.7, 37.7, 36.4

ข้อมูลอุณหภูมิข้างต้นมีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 36.692 องศาเซลเซียส และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.607
องศาเซลเซียส ในการศึกษานี้จะกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งถ้าค่าพี (p-value) ของการทดสอบภาวะสารูปดี
(goodness of fit test) ของตัวสถิติทดสอบคอลโมโกรอฟ-สมิรโนฟ (Kolmogorov-Sminov: KS) มีค่ามากกว่า 0.05

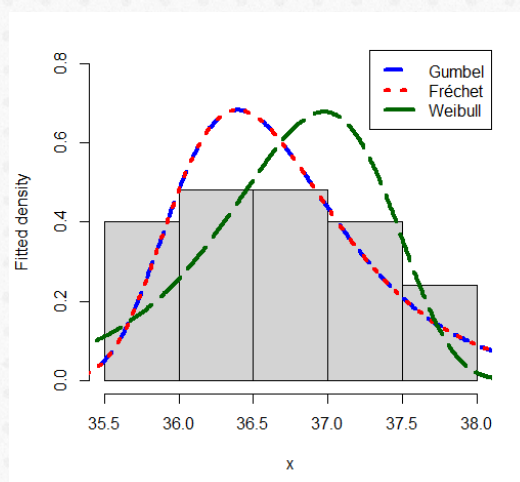
แสดงว่าข้อมูลดังกล่าวสามารถอธิบายได้ด้วยการแจกแจงที่นำมาทดสอบ สำหรับการเปรียบเทียบการแจกแจงที่เหมาะสมที่สุดคือการแจกแจงที่ให้ค่าล็อกภาวะน่าจะเป็น (log-likelihood) สูงที่สุด แต่ให้ค่า AIC ต่ำที่สุด

ตารางต่อไปนี้แสดงค่าล็อกภาวะน่าจะเป็น ค่า AIC ค่าสถิติทดสอบและค่าพีของตัวสถิติทดสอบ KS ของการแจกแจงกัมเบล การแจกแจงฟรีเชท และการแจกแจงไวบูล

ตารางที่ 1 ค่าประมาณพารามิเตอร์ เกณฑ์ในการคัดเลือก และการทดสอบความเหมาะสมของการแจกแจง

การแจกแจง	log-likelihood	AIC	KS-statistic (p-value)
กัมเบล $\hat{\mu} = 36.396$ $\hat{\sigma} = 0.539$	-23.284	53.006	0.143 (0.685)
ฟรีเชท $\hat{\lambda} = 2840.776$ $\hat{\mu} = -1495.425$ $\hat{\sigma} = 1531.821$	-23.286	56.229	0.143 (0.684)
ไวบูล $\hat{k} = 68.060$ $\hat{\lambda} = 36.984$	-23.257	52.951	0.115 (0.894)

จากตารางที่ 1 เมื่อพิจารณาจากค่าพีของตัวสถิติทดสอบ KS พบว่าทั้ง 3 การแจกแจง ให้ค่าพีมากกว่า 0.05 แสดงว่าทั้ง 3 การแจกแจงสามารถนำไปใช้อธิบายข้อมูลอุณหภูมิจึงในภาคใต้ได้ แต่เมื่อพิจารณาจากค่าล็อกภาวะน่าจะเป็น และค่า AIC พบว่าการแจกแจงไวบูลให้ค่าล็อกภาวะน่าจะเป็นสูงที่สุด และให้ค่า AIC ต่ำที่สุด ดังนั้นการแจกแจงไวบูล จึงมีความเหมาะสมที่สุดในการใช้อธิบายอุณหภูมิจึงในภาคใต้เมื่อเทียบกับอีก 2 การแจกแจง



ภาพที่ 1 กราฟฮิสโทแกรม และกราฟฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของการแจกแจงต่าง ๆ

ภาพที่ 1 แสดงกราฟฮิสโทแกรมของข้อมูล เทียบกับฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของทั้ง 3 การแจกแจง จากภาพที่ 1 ช่วยยืนยันได้ว่าการแจกแจงไวบูลเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิในภาคใต้ของประเทศไทยเมื่อเทียบกับอีก 2 การแจกแจง

5. สรุปผลการศึกษา และอภิปรายผล

ภาคใต้มีภูมิอากาศที่ร้อนชื้นตลอดปี ทำให้มีฝนตกชุกและมีความชื้นสัมพัทธ์สูง แต่ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา ภาคใต้ได้ประสบปัญหาการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเช่นเดียวกับภูมิภาคอื่น ๆ งานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะศึกษาตัวแบบความน่าจะเป็นสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิในภาคใต้ของประเทศไทย การแจกแจงที่ใช้ในการศึกษาเปรียบเทียบได้แก่ การแจกแจงกัมเบล การแจกแจงฟรีเชท และการแจกแจงไวบูล ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์คืออุณหภูมิสูงสุด จากอุณหภูมิรายเดือน จำนวน 25 สถานีตรวจอากาศ ในปี พ.ศ. 2564 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงใช้วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด ซึ่งเกณฑ์ในการเปรียบเทียบการแจกแจงที่เหมาะสมคือ การทดสอบภาวะสารถูปดีของตัวสถิติทดสอบ KS ค่าล็อกภาวะน่าจะเป็น และค่า AIC ผลการศึกษาพบว่าการแจกแจงไวบูลมีความเหมาะสมที่สุดสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิในภาคใต้ของประเทศไทย เนื่องจากมีความเหมาะสมของการแจกแจงสำหรับการทดสอบ KS และเป็นการแจกแจงที่ให้ค่าล็อกภาวะน่าจะเป็นสูงที่สุด แต่ให้ค่า AIC ต่ำที่สุด อย่างไรก็ตามในการศึกษานี้เป็นการรวบรวมข้อมูลเพียง 1 ปี ซึ่งอาจมีผลต่อความแม่นยำ สำหรับการศึกษาครั้งถัดไปอาจพิจารณาเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้ระยะเวลาที่ยาวนานขึ้นเพื่อผลลัพธ์ที่มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ประเมินบทความทั้ง 3 ท่าน และขอขอบคุณกองทุนเพื่อการวิจัย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร สำหรับการสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] ประภาวรรณ เสนาเพ็ง, และปิยภัทร บุชบาบดินทร์. แบบจำลองอุณหภูมิสูงสุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 22(2019) 92-107.
- [2] พลากร สีน้อย, รุ่งนภา แต่งสุวรรณ, และศุริย์ภรณ์ สุขอร่าม. แบบจำลองค่าสุดขีดกรณีอุณหภูมิสูงสุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 25(2020) 804-821.
- [3] E.J. Gumbel, Statistics of extremes, Columbia University Press, 1958.
- [4] M. Fréchet, Sur la loi de probabilité de l'écart maximum, Annales de la Société Polonaise de Mathématique. 6 (1927) 93–116.
- [5] W. Weibull, A statistical distribution function of wide applicability, Journal of Applied Mechanics. 18(1951) 293–297.
- [6] Nash JC, Varadhan R (2011). Unifying Optimization Algorithms to Aid Software System Users: optimx for R. Journal of Statistical Software, 43(9), 1–14. Available: <https://doi.org/10.18637/jss.v043.i09>
- [7] R Core Team (2023). R: A language and environment for statistical computing, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Available: <https://www.R-project.org/>.
- [8] A.N. Kolmogorov, Sulla determinazione empirica di una legge di distribuzione, Giornale dell'Istituto Italiano degli Attuari. 4 (1933) 83–91.

- [9] F.J. Massey Jr., The Kolmogorov-Smirnov test for goodness of fit. Journal of the American Statistical Association. 46(1951) 68–78.
- [10] H. Akaike, A new look at the statistical model identification, IEEE Transactions on Automatic Control, 19(1974) 716–723.
- [11] สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (21 เมษายน 2566). ข้อมูลสถิติและตัวชี้วัดที่สำคัญ. สืบค้นจาก <https://www.nso.go.th/>.

**การพัฒนารูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ภาษาไทยตามแนวคิดสมองเป็นฐาน (BBL)
ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค CIRC เพื่อพัฒนาความสามารถ
ในการอ่านจับใจความสำคัญ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3
The Development of a Thai Language Learning Activity Model Based on
Brain-Based Learning (BBL) Integrated with the Cooperative Integrated
Reading and Composition (CIRC) Technique to Enhance Reading
Comprehension Ability of Grade 3 Students**

อรุณรัตน์ นาคราช^{1*}

¹โรงเรียนเทศบาลวัดแก่งคอย เทศบาลเมืองแก่งคอย จังหวัดสระบุรี

*E-mail: tuy2214@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อ 1) ศึกษาสภาพปัจจุบันและความต้องการในการพัฒนารูปแบบ 2) สร้างและพัฒนารูปแบบ 3) ศึกษาผลการใช้รูปแบบ ดังนี้ 3.1) หาประสิทธิภาพของรูปแบบ 3.2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ 3.3) ความสามารถในการอ่านจับใจความสำคัญของนักเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน 3.4) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้ด้วยรูปแบบที่พัฒนาขึ้น 4) เพื่อประเมินการใช้รูปแบบที่พัฒนาขึ้น การวิจัยแบ่งเป็น 4 ระยะ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเทศบาลวัดแก่งคอย จำนวน 11 คน เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบประเมินวัดความสามารถในการอ่านจับใจความสำคัญ แบบสอบถามความพึงพอใจ และแบบประเมินความคิดเห็น สถิติที่ใช้ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบที (t-test) ผลการวิจัยพบว่า 1) ศึกษาสภาพปัจจุบันและความต้องการในการพัฒนารูปแบบ พบว่า สาเหตุหลักของปัญหาการอ่านโดยเฉพาะการอ่านจับใจความสำคัญ เนื่องจากทักษะการอ่านพื้นฐานยังไม่มั่นคง นักเรียนบางคนยังอ่านไม่คล่อง ขาดความเข้าใจคำศัพท์ระดับพื้นฐาน ครูไม่ได้เน้นทักษะการจับใจความอย่างเป็นระบบ การจัดการเรียนการสอนของครูผู้สอนเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดปัญหาการเรียนการสอน ครูภาษาไทยที่สอนแบบยึดตัวครูเป็นสำคัญ เน้นการท่องจำมากกว่าการฝึกให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ซึ่งสอดคล้องกับปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาภาษาไทย 2) ผลการพัฒนารูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ภาษาไทยตามแนวคิดสมองเป็นฐาน (BBL) ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค CIRC เพื่อพัฒนาความสามารถในการอ่านจับใจความสำคัญ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 (WESAC Model) มี 6 องค์ประกอบ คือ (1) หลักการ (2) วัตถุประสงค์ (3) กระบวนการจัดการเรียนรู้ มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 ขั้นเข้าสู่บทเรียน (Warm-Up and Connect) ขั้นที่ 2 ขั้นสร้างความเข้าใจ (Explore Together) ขั้นที่ 3 ขั้นพัฒนาและฝึกทักษะ (Skill Practice and Brain Workout) ขั้นที่ 4 ขั้นนำไปใช้และสะท้อนผล (Application and Feedback) ขั้นที่ 5 ขั้นสรุปและประเมินผล (Conclusion and Assessment) (4) ระบบสังคม (5) หลักการตอบสนอง และ (6) สิ่งสนับสนุน 3) ผลการใช้รูปแบบที่พัฒนาขึ้น พบว่า 3.1) รูปแบบที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ (E_1/E_2) เท่ากับ 84.64/83.87 ซึ่งมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้ 2) นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนที่มี

ความสามารถในการอ่านจับใจความสำคัญหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 4) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยรูปแบบที่พัฒนาขึ้น โดยรวมอยู่ในระดับมาก 4) ผลการประเมินความคิดเห็นของครูผู้สอนรายวิชาภาษาไทยต่อการใช้รูปแบบที่พัฒนาขึ้นโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ : แนวคิดสมองเป็นฐาน (BBL), การเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค CIRC, ความสามารถในการอ่านจับใจความสำคัญ

Abstract

This research aims to: 1) study the current conditions and needs for model development; 2) design and develop the instructional model; 3) examine the results of the model implementation, including 3.1) the efficiency of the developed model; 3.2) a comparison of students' learning achievement before and after instruction; 3.3) students' reading comprehension ability before and after instruction; and 3.4) students' satisfaction toward learning with the developed model and 4) evaluate the implementation of the developed model. The research was conducted in four phases. The sample group consisted of 11 Grade 3 students from Tessaban Wat Kaeng Khoi School. The research instruments included instructional activity plans, an academic achievement test, a reading comprehension ability test, a satisfaction questionnaire, and an opinion evaluation form. The data were analyzed using mean, standard deviation, and t-test. The findings revealed that: 1) The study of current conditions and needs for model development revealed that the main cause of reading problems, particularly reading comprehension, was due to the students' insufficient foundational reading skills. Some students were still not fluent in reading and lacked basic vocabulary knowledge. Teachers did not systematically emphasize comprehension skills. Moreover, teacher-centered instruction in Thai language classes often emphasized rote memorization rather than practical student engagement, which aligned with the broader issues in Thai language instruction. 2) The results of developing a Thai language learning activity model based on Brain-Based Learning (BBL) integrated with Cooperative Integrated Reading and Composition (CIRC) to enhance reading comprehension for Grade 3 students (WESAC Model) revealed that the model consisted of 6 components: 1) principles; 2) objectives; 3) instructional process ; The instructional process comprised five steps: Step 1: Warm-Up and Connect, Step 2: Explore Together, Step 3: Skill Practice and Brain Workout, Step 4: Application and Feedback, and Step 5: Conclusion and Assessment. 4) social system; 5) response principles; and 6) supporting factors. 3) The implementation showed that: 3.1) the model achieved an efficiency (E_1/E_2) of 84.64/83.87, which met the set standard of 80/80, 3.2) students' learning achievement after instruction was significantly higher than before instruction at the .05 level, 3.3) students' reading comprehension ability after instruction was significantly higher than before instruction at the .05 level, and 3.4) students' overall satisfaction with the developed learning model was at a high level. 4) The overall evaluation of Thai language teachers' opinions regarding the use of the developed model was at a high level.

Keywords: Brain-Based Learning (BBL), Cooperative Learning CIRC Technique, Reading Comprehension Ability

1. บทนำ

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้กำหนดตัวชี้วัด สาระการเรียนรู้แกนกลาง และมาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย ประกอบด้วย สาระที่ 1 การอ่าน สาระที่ 2 การเขียน สาระที่ 3 การฟัง การดู และการพูด สาระที่ 4 หลักการใช้ภาษาไทย และสาระที่ 5 วรรณคดีและวรรณกรรม [1] หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เป็นหลักสูตรที่เน้นพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพตามกระบวนการเรียนรู้และกำหนดให้กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทยเป็นสาระการเรียนรู้ที่สำคัญ เพื่อนำไปสู่การเรียนรู้วิชาอื่น ๆ โดยกำหนดให้สาระที่ 1 การอ่าน มาตรฐาน ท1.1 ใช้กระบวนการอ่านสร้างความรู้และความคิด เพื่อนำไปใช้ตัดสินใจแก้ปัญหาในการดำเนินชีวิต และมีนิสัยรักการอ่าน และคาดหวังให้ผู้เรียนมีความรู้ ทักษะ วัฒนธรรม การใช้ภาษาเพื่อการสื่อสาร การชื่นชมเห็นคุณค่าภูมิปัญญาไทย และภูมิใจในภาษาประจำชาติ [2]

การอ่านมีความสำคัญต่อชีวิตมนุษย์ตั้งแต่เล็กจนโต มีความสำคัญต่อการพัฒนาอาชีพและการศึกษา การอ่านเป็นหัวใจในการเรียนการสอนที่จะพัฒนาความรู้ ความสามารถอยู่ตลอดเวลา เพราะจะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ผู้อ่านทำความเข้าใจกับเนื้อหาและวัตถุประสงค์ได้ แต่ถ้าอ่านไม่สม่ำเสมอผลที่ตามมาคือ ผู้อ่านต้องใช้เวลาร่วมมากกว่าปกติ และจับใจความสำคัญได้ไม่ครบถ้วน นอกจากนี้ ยังมีความสำคัญในการถ่ายทอดสิ่งที่อ่านให้ผู้อื่นได้รับรู้ได้ตรงประเด็น [3] การอ่านมีอยู่หลายรูปแบบ แต่การอ่านที่เป็นพื้นฐานสำคัญที่จะทำให้ต่อยอดไปสู่การอ่านประเภทอื่น ๆ ได้ คือการอ่านจับใจความที่เป็นความเข้าใจในเรื่องที่อ่านในระดับต้น และยังเป็นพื้นฐานที่สำคัญมากสำหรับการอ่านในระดับที่สูงขึ้นต่อไป กล่าวคือ ถ้านักเรียนอ่านจับใจความเรื่องที่อ่านไม่ได้ จะส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถวิจารณ์หรือวิเคราะห์เรื่องที่อ่านได้ว่า เรื่องที่อ่านเป็นเรื่องที่ดีหรือไม่ดี โดยกอบกาญจน์ วงศ์วิสิทธิ์ [4] ได้กล่าวว่า การอ่านจับใจความนั้น เป็นทักษะในขั้นเบื้องต้นที่ผู้อ่านจำเป็นต้องฝึกฝนตนเอง เพื่อให้สามารถจับใจความของเรื่องที่อ่านได้ เพราะจะเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้ผู้อ่านทำความเข้าใจในเนื้อหา และวัตถุประสงค์ของผู้เขียนที่นำเสนอมาซึ่งผู้อ่านได้ โดยผู้อ่านจำเป็นต้องเริ่มค้นหาข้อคิดสำคัญของเรื่องให้ได้ก่อน แล้วจึงนำข้อคิดที่ได้เหล่านั้นมาประมวลเข้าด้วยกัน เพื่อให้ได้ใจความสำคัญของเรื่อง ๆ นั้น

การอ่านจับใจความเป็นการแสวงหาความรู้ที่สำคัญ เพราะเป็นทักษะที่นำไปสู่ความสำเร็จในการเรียนและเป็นพื้นฐานการศึกษาในระดับสูงขึ้นไป เป็นหัวใจสำคัญของการอ่านเนื้อเรื่องให้เข้าใจ มีความฉลาด ประสบความสำเร็จในการเรียน ช่วยพัฒนาการศึกษา พัฒนาเศรษฐกิจ สังคม คุณภาพชีวิตและการประกอบอาชีพ สู่ความก้าวหน้าในอนาคตได้ [5] จากการที่ผู้วิจัยได้ศึกษาผลการทดสอบความสามารถพื้นฐานระดับชาติ (National Test : NT) ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเทศบาลวัดแก่งคอย ปีการศึกษา 2565 คะแนนการประเมินรายมาตรฐาน พบว่า มาตรฐาน ท 1.1 ใช้กระบวนการอ่านสร้างความรู้และความคิดเพื่อนำไปใช้ตัดสินใจ แก้ปัญหาในการดำเนินชีวิต และมีนิสัยรักการอ่าน ตัวชี้วัด ป.3/5 สรุปความรู้และข้อคิดจากเรื่องที่อ่านเพื่อนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน มีผลคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 50.00 [6] ซึ่งผลคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับต่ำกว่าผลคะแนนเฉลี่ยของระดับจังหวัด ระดับสังกัด และระดับประเทศ และจากผลการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเทศบาลวัดแก่งคอย ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คิดเป็นร้อยละ 64.76 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่สถานศึกษากำหนดไว้ คือร้อยละ 70 ส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาภาษาไทยอยู่ในขั้นต้องปรับปรุง [7] และเนื้อหาที่ได้คะแนนต่ำสุดคือ เรื่อง การอ่านจับใจความ ผลการทดสอบดังกล่าว ได้แสดงถึง การรู้เรื่องการอ่านของนักเรียน ว่ายังไม่สามารถทำความเข้าใจกับสิ่งที่อ่าน ไม่สามารถนำสิ่งที่อ่านไปใช้ และไม่สามารถสะท้อนออกมาเป็นความคิดของตนได้ ซึ่งจะส่งผลต่อการรับสารในชีวิตประจำวัน และการเรียนรู้ในวิชาอื่น ๆ ด้วย

ผู้วิจัยจึงได้เล็งเห็นถึงความจำเป็นอย่างยิ่งที่นักเรียนจะต้องได้รับการฝึกฝน และได้รับการพัฒนาให้เกิดทักษะในการอ่านจับใจความสำคัญอย่างแท้จริง ผู้วิจัยจึงเห็นว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาภาษาไทย มีความจำเป็นที่ครูผู้สอนควรฝึกให้นักเรียนรู้จักพัฒนาทักษะความสามารถในการอ่าน เพราะเป็นพื้นฐานในการเรียนทุก ๆ รายวิชา จากการศึกษา

แนวคิดทฤษฎี และรูปแบบการสอนแบบต่าง ๆ พบว่า มีหลายแนวคิด หลายทฤษฎี หลายรูปแบบที่สามารถพัฒนาความสามารถในการอ่านจับใจความของนักเรียนได้ ผู้วิจัยได้เลือกศึกษารูปแบบการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐาน (BBL) ซึ่งถือว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐาน (BBL: Brain-Based Learning) เป็นแนวทางการเรียนรู้ที่อิงจากหลักการทำงานของสมอง โดยเน้นการกระตุ้นสมองซีกซ้าย-ขวา สร้างประสบการณ์ตรง และให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง ดังที่ พรพิไล เลิศวิชา [8] ได้อธิบายไว้ว่า การจัดการกิจกรรมหลักของ Brain-Based Learning ซึ่งเป็นการเรียนรู้ที่สอดคล้องวิธีการเรียนรู้หรือการทำงานของสมองทางธรรมชาติ เช่น ในเรื่องการเรียนรู้การสอนจะเป็นการสอนให้สอดคล้องกับวิธีการทำงานของสมองแทนที่จะสอดคล้องกับอายุ ชั้นเรียนหรือห้องเรียนเพียงอย่างเดียว

เทคนิควิธีสอนหนึ่งที่น่าจะทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นคือ การเรียนแบบร่วมมือ (Cooperative learning) หรือวิธีสอนแบบร่วมมือกันเรียนรู้เพราะเป็นรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนทำงานร่วมกันในกลุ่มย่อย ซึ่งประกอบด้วย นักเรียนที่มีความสามารถที่แตกต่างกัน การเรียนแบบร่วมมือกันไม่ใช่วิธีการจัดนักเรียนเข้ากลุ่มกันแบบธรรมดา แต่เป็นการรวมกลุ่มที่มีโครงสร้างชัดเจน และเป็นกิจกรรมที่มุ่งให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมด้วยตนเอง [9] ผู้วิจัยจึงสนใจการเรียนแบบร่วมมือเทคนิค CIRC เป็นการบูรณาการอ่านและการเขียน เป็นวิธีการสอนแบบร่วมมือเป็นการเรียนที่มุ่งเน้นให้นักเรียนเรียนเป็นกลุ่ม นักเรียนร่วมกันตั้งเป้าหมาย และต้องพยายามไปถึงเป้าหมายด้วยกัน มีการวางแผนและดำเนินการตามแผนที่วางไว้ มีแรงเสริมจากการทำงานที่ประสบผลสำเร็จ จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องของ บุญเกื้อ ควรหาเวช [10] พบว่า กระบวนการเรียนรู้แบบร่วมมือ CIRC เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการอ่านของผู้เรียนได้ ซึ่งการเรียนแบบร่วมมือ CIRC เป็นรูปแบบการสอนเน้นการอ่านและการเขียน โดยเฉพาะ ประกอบด้วย 3 กิจกรรมหลัก คือ กิจกรรมการอ่านแบบเรียน การสอนอ่านเพื่อความเข้าใจ และการบูรณาการกับการเรียน ทำให้กระตุ้นความคิดซึ่งกันและกัน ให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่มเล็ก ๆ เพื่อช่วยกันเรียนรู้ มีวัตถุประสงค์ เพื่อให้นักเรียนเกิดองค์ความรู้ ความคิด รวบรวม มีความสุขในการช่วยเหลือกัน การนำการเรียนรู้แบบร่วมมือ CIRC มาใช้ในการสอนภาษาไทยด้านการอ่านจับใจความ จะลดความสามารถของผู้เรียน ให้ร่วมกันเรียนรู้ทักษะด้านต่าง ๆ ส่งผลต่อการเรียนรู้และผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน อีกทั้งยังทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและกระตือรือร้นในการร่วมทำกิจกรรมมากขึ้น [11]

จากความเป็นมาความสำคัญและสภาพปัญหาที่ได้กล่าวมาในข้างต้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องปรับปรุงเพื่อพัฒนาการอ่านจับใจความของนักเรียน ครูผู้สอนจะต้องใช้วิธีในการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมโดยยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ และให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับคนอื่นด้วยการแลกเปลี่ยนข้อมูล ความรู้ ความคิดและประสบการณ์ซึ่งกันและกัน ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่หลากหลาย มีการช่วยเหลือเกื้อกูล พัฒนาทักษะทางสังคมและทักษะการทำงานที่ดี ซึ่งผลการศึกษาวิจัยชี้ให้เห็นว่า การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ภาษาไทยตามแนวคิดสมองเป็นฐาน (BBL) ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค CIRC เพื่อพัฒนาความสามารถในการอ่านจับใจความสำคัญ มีลักษณะเป็นการบูรณาการจุดเด่นของทั้งสองแนวคิด แนวคิดสมองเป็นฐาน (BBL) เน้นการจัดการกิจกรรมให้สอดคล้องกับการทำงานของสมอง เช่น การกระตุ้นอารมณ์ การเคลื่อนไหว สร้างสภาพแวดล้อมที่ปลอดภัย และกระตุ้นสมอง ใช้กิจกรรมหลากหลาย ส่วนแนวคิด CIRC เน้นการเรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่ม ช่วยเหลือซึ่งกันและกัน ส่งเสริมการอ่านวิเคราะห์ และการเขียนแบบบูรณาการ และมีกระบวนการอ่านเป็นคู่ วิเคราะห์ และเขียนร่วมกันเพื่อกระตุ้นสมองของผู้เรียนอย่างเหมาะสม และเสริมสร้างทักษะการอ่านจับใจความสำคัญผ่านการทำงานร่วมกัน

ผู้วิจัยจึงสนใจนำกระบวนการเรียนรู้ตามแนวคิดสมองเป็นฐาน (BBL) ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค CIRC มาพัฒนาความสามารถการอ่านจับใจความ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเทศบาลวัดแก่งคอย ให้นักเรียนได้พัฒนาตนเองได้เต็มศักยภาพ ทั้งด้านการเรียนรู้ การทำงานร่วมกับผู้อื่น มีความรับผิดชอบ ช่วยเหลือซึ่งกันและกัน สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวันได้ ตลอดจนสร้างเสริมให้นักเรียนมีความรักและมีทัศนคติที่ดีต่อการเรียนภาษาไทย และสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะการอ่านจับใจความให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นต่อไป

2. วัตถุประสงค์ในการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาสภาพปัจจุบันและความต้องการในการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย เพื่อพัฒนาความสามารถในการอ่านจับใจความสำคัญ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

2.2 เพื่อสร้างและพัฒนารูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ภาษาไทยตามแนวคิดสมองเป็นฐาน (BBL) ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค CIRC เพื่อพัฒนาความสามารถในการอ่านจับใจความสำคัญ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

2.3 เพื่อศึกษาผลการใช้รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ภาษาไทยตามแนวคิดสมองเป็นฐาน (BBL) ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค CIRC เพื่อพัฒนาความสามารถในการอ่านจับใจความสำคัญ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ดังนี้

2.3.1) เพื่อหาประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ภาษาไทยที่พัฒนาขึ้นที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

2.3.2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ภาษาไทยที่พัฒนาขึ้น

2.3.3) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการอ่านจับใจความสำคัญของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ภาษาไทยที่พัฒนาขึ้น

2.3.4) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ภาษาไทยที่พัฒนาขึ้น

2.4 เพื่อประเมินความคิดเห็นของครูผู้สอนรายวิชาภาษาไทยต่อการใช้รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ภาษาไทยตามแนวคิดสมองเป็นฐาน (BBL) ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค CIRC เพื่อพัฒนาความสามารถในการอ่านจับใจความสำคัญ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

3. สมมติฐานในการวิจัย

3.1 นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ภาษาไทยตามแนวคิดสมองเป็นฐาน (BBL) ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค CIRC เพื่อพัฒนาความสามารถในการอ่านจับใจความสำคัญ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

3.2 นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ภาษาไทยตามแนวคิดสมองเป็นฐาน (BBL) ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค CIRC เพื่อพัฒนาความสามารถในการอ่านจับใจความสำคัญ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 มีความสามารถในการอ่านจับใจความสำคัญหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

4. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 เอกสารเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่จัดขึ้นอย่างเป็นระบบ สอดคล้องกับทฤษฎีหลักการ และแนวคิดต่าง ๆ ที่เชื่อมโยงสัมพันธ์กันกับขั้นตอนการเรียนการสอน เป็นแผนแสดงการเรียนการสอนที่มีโครงสร้างแสดงความสัมพันธ์และส่งเสริมซึ่งกันและกันระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ ในการเรียนการสอน ได้แก่ หลักการ วัตถุประสงค์ เนื้อหา ขั้นตอนการสอน การประเมินผล รวมทั้งกิจกรรมสนับสนุนอื่น ๆ โดยผ่านขั้นตอนตามเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับนำไปใช้สอนในห้องเรียน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้ให้มากที่สุด แผนดังกล่าวจะแสดงถึงลำดับความสอดคล้องกันภายใต้หลักการของแนวคิดพื้นฐานเดียวกัน ประกอบด้วย 6 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) หลักการ

2) วัตถุประสงค์ 3) ขั้นตอนการจัดกิจกรรม 4) ระบบสังคม 5) หลักการตอบสนอง 6) สิ่งสนับสนุน ตามกรอบแนวคิดของ จิระพร ชะโน [12]

4.2 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสมองเป็นฐาน (BBL) มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับกลไกการทำงานของสมอง โดยเน้นการกระตุ้นสมองให้เกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพผ่านกิจกรรมที่หลากหลาย และสนุกสนาน แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ยึดหลักการทำงานของสมอง เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ สนุกสนาน และจดจำได้ดี โดยอิงจากงานวิจัยด้านสมอง จิตวิทยา และประสาทวิทยาศาสตร์ เป็นกระบวนการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ และวิธีการจัดการเรียนการสอนอย่างเป็นระบบ ผู้วิจัยศึกษาขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสมองเป็นฐาน (BBL) ของ Jensen [13], Caine and Caine[14] และ วิลมรตัน สุนทรโรจน์ [15]

4.3 การเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค CIRC ผู้วิจัยสรุปได้ว่า แนวคิดของการเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค CIRC (Cooperative Integrated Reading and Composition) คือการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่มร่วมกันอย่างมีเป้าหมาย เพื่อพัฒนาทักษะการอ่าน การคิดวิเคราะห์ และการเขียนอย่างมีระบบ โดยผสมผสานการทำงานแบบมีขั้นตอนและบทบาทของสมาชิกแต่ละคนอย่างชัดเจน รวมทั้งนำทักษะดังกล่าวไปใช้ในการเรียนรู้ทักษะอื่น ๆ ซึ่งถ้านักเรียนได้ร่วมมือการเรียนรู้จะพัฒนาความสามารถและทักษะในการอ่านเพื่อความเข้าใจได้ โดยเฉพาะเด็กที่อ่อนจะเรียนรู้ได้ผลมากขึ้น เพราะในกลุ่มจะช่วยการอธิบายและร่วมกันคิดโดยตลอดในทุกกิจกรรมที่กำหนดให้ ผู้วิจัยศึกษาขั้นตอนการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค CIRC จากนักการศึกษาหลายท่านที่ได้นำเสนอขั้นตอนการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค CIRC คือ Slavin [16], วัชร เล่าเรียนดี [9], นาทยา ปิณฑานนท์ [17] และ ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ [18]

4.4 ความสามารถในการอ่านจับใจความสำคัญ เป็นทักษะในการอ่านเพื่อเข้าใจเนื้อหาที่สำคัญของเรื่อง หรือข้อความที่อ่านได้อย่างถูกต้อง ชัดเจน และสามารถสรุปใจความหลักออกมาได้อย่างเหมาะสม “การจับใจความ” คือการหาสาระสำคัญของเรื่องที่อ่าน เพื่อเข้าใจและจดจำเนื้อหาอย่างมีประสิทธิภาพ อ่านเรื่องแล้วบอกได้ว่าใจความสำคัญคืออะไร เรียงลำดับเหตุการณ์ตามเรื่องที่อ่านได้ ตอบคำถามเกี่ยวกับเนื้อเรื่องได้ถูกต้อง สรุปเรื่องด้วยภาษาของตนเองได้ โดยมีองค์ประกอบของความสามารถในการอ่านจับใจความสำคัญ 4 ด้าน ซึ่งวัดได้จากคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการอ่านจับใจความสำคัญผู้วิจัยสร้างขึ้น ประกอบด้วย 1) ระบุใจความสำคัญ 2) เรียงลำดับเหตุการณ์ 3) การตอบคำถามเนื้อหา และ 4) สรุปเรื่อง ผู้วิจัยศึกษาความสามารถในการอ่านจับใจความสำคัญของ แวมยุรา เหมือนนิล [19], สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาเอกชน [20] และ สุนันทา มั่นเศรษฐวิทย์ [21]

5. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research & Development) การดำเนินการวิจัย แบ่งเป็น 4 ระยะ คือ

ระยะที่ 1 การวิจัย (Research : R1) เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน (Analysis : A) การศึกษาข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนารูปแบบการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ภาษาไทยตามแนวคิดสมองเป็นฐาน (BBL) ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค CIRC เพื่อพัฒนาความสามารถในการอ่านจับใจความสำคัญ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

1. กลุ่มผู้ให้ข้อมูล ได้แก่ 1) ครูผู้สอนรายวิชาภาษาไทย จากโรงเรียนสังกัดเทศบาลเมืองแก่งคอย จำนวน 4 คน ประกอบด้วย ครูโรงเรียนเทศบาลบ้านม่วง จำนวน 2 คน โรงเรียนเทศบาลพัฒนา จำนวน 1 คน และโรงเรียนเทศบาลวัดแก่งคอย จำนวน 1 คน 2) นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเทศบาลวัดแก่งคอย สังกัดเทศบาลเมืองแก่งคอย จำนวน 12 คน ได้จากการเลือกแบบเจาะจง

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล คือ แบบสัมภาษณ์ครู และแบบสัมภาษณ์นักเรียน ตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสม และความเที่ยงตรงของเนื้อหา (Content Validity) และนำความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้องผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.80-1.00

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1 สัมภาษณ์ครูผู้สอนรายวิชาภาษาไทย ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 4 คน จากโรงเรียนสังกัดเทศบาลเมืองแก่งคอย

3.2 สัมภาษณ์นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเทศบาลวัดแก่งคอย สังกัดเทศบาลเมืองแก่งคอย จำนวน 12 คน ได้จากการเลือกแบบเจาะจง

4. การวิเคราะห์ข้อมูล โดยการศึกษาข้อมูลพื้นฐานแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และศึกษาสภาพปัญหาและความต้องการเกี่ยวกับการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย จากการสัมภาษณ์หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทยและนักเรียน โดยวิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis)

ระยะที่ 2 การพัฒนา (Development : D₁) เป็นการออกแบบและพัฒนา (Design and Development : D and D) การพัฒนาและหาประสิทธิภาพรูปแบบการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ภาษาไทยตามแนวคิดสมองเป็นฐาน (BBL) ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค CIRC เพื่อพัฒนาความสามารถในการอ่านจับใจความสำคัญ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

1. กลุ่มผู้ให้ข้อมูล และกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ 1) กลุ่มผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 7 คน (ตรวจสอบคุณภาพร่างรูปแบบ) 2) ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน (ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ) 3) กลุ่มตัวอย่างที่ทดลองใช้ (Try-Out) ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนเทศบาลวัดแก่งคอย และโรงเรียนเทศบาลพัฒนา สังกัดเทศบาลเมืองแก่งคอย ซึ่งมีบริบทคล้ายกันกับโรงเรียนเทศบาลวัดแก่งคอยเพราะเป็นโรงเรียนในสังกัดเดียวกันและอยู่ในชุมชนใกล้เคียงกัน คือ 3.1) ทดลองแบบเดียวกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3/1 จำนวน 3 คน โรงเรียนเทศบาลพัฒนา สังกัดเทศบาลเมืองแก่งคอย 3.2) ทดลองแบบกลุ่มเล็กกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3/2 จำนวน 9 คน โรงเรียนเทศบาลพัฒนา สังกัดเทศบาลเมืองแก่งคอย และ 3.3) ทดลองภาคสนามกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 12 คน โรงเรียนเทศบาลวัดแก่งคอย สังกัดเทศบาลเมืองแก่งคอย

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล คือ แบบประเมินรูปแบบการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ภาษาไทย ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 7 คน โดยสัมภาษณ์เชิงลึกผู้เชี่ยวชาญ ตรวจสอบคำนิยาม ความถูกต้อง ความเหมาะสม ความเป็นไปได้ของรูปแบบการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ ผลการประเมินรูปแบบอยู่ในระดับมากที่สุด

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล โดยตรวจสอบคุณภาพร่างรูปแบบโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 7 คน ตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน ทดลองใช้รูปแบบกับกลุ่มทดลองแบบรายบุคคล กลุ่มเล็ก และภาคสนาม

4. การวิเคราะห์ข้อมูล โดยการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบจากผู้เชี่ยวชาญ หาคุณภาพแบบวัดความพึงพอใจของนักเรียน และแบบประเมินความคิดเห็นของครูผู้สอนต่อรูปแบบที่พัฒนาขึ้น ใช้วิธีการหาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

ระยะที่ 3 การวิจัย (Research : R₂) เป็นการนำไปใช้ (Implementation : I) การทดลองใช้รูปแบบการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ภาษาไทยตามแนวคิดสมองเป็นฐาน (BBL) ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค CIRC เพื่อพัฒนาความสามารถในการอ่านจับใจความสำคัญ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

1. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 11 คน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 โรงเรียนเทศบาลวัดแก่งคอย สังกัดเทศบาลเมืองแก่งคอย ซึ่งกลุ่มตัวอย่างได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยของการสุ่ม

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล คือ

2.1 แผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ จำนวน 18 แผน โดยตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้และภาษาที่ใช้ ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับมากที่สุด

2.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบทดสอบแต่ละข้อ ประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.80–1.00 ค่าความยากง่าย (p) ตั้งแต่ 0.32–0.76 และมีค่าอำนาจจำแนก (B) ตั้งแต่ 0.24–0.84 และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.92

2.3 แบบประเมินความสามารถในการอ่านจับใจความสำคัญ โดยตรวจสอบพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหา ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับพฤติกรรมชี้วัดความสามารถในการอ่านจับใจความสำคัญ (IOC) ผ่านการตรวจสอบความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญ มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.80 – 1.00

2.4 แบบวัดความพึงพอใจ โดยตรวจสอบความสอดคล้องของข้อคำถามกับพฤติกรรมชี้วัดด้านความพึงพอใจ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.80 – 1.00 มีค่าอำนาจจำแนกรายข้อ (r_{xy}) ตั้งแต่ 0.29 – 0.78 มีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.90

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล โดยทดลองใช้รูปแบบกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเทศบาลวัดแก่งคอย สังกัดเทศบาลเมืองแก่งคอย จำนวน 11 คน

4. การวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ประเมินวัดความสามารถในการอ่านจับใจความสำคัญ เพื่อทำการเปรียบเทียบคะแนนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ใช้การทดสอบ T-test (Dependent system) [22]

ระยะที่ 4 การพัฒนา (Development : D2) เป็นการประเมินผล (Evaluation : E) การประเมินและปรับปรุงแก้ไขรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ภาษาไทยตามแนวคิดสมองเป็นฐาน (BBL) ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค CIRC เพื่อพัฒนาความสามารถในการอ่านจับใจความสำคัญ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

1. กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ ครูผู้สอนรายวิชาภาษาไทย โรงเรียนสังกัดเทศบาลเมืองแก่งคอย จำนวน 15 คน ได้มาจากครูผู้สอนรายวิชาภาษาไทย ระดับชั้นประถมศึกษา ทั้ง 3 โรงเรียน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล คือ แบบประเมินความคิดเห็นของครูผู้สอนต่อการใช้รูปแบบที่พัฒนาขึ้น โดยการตรวจสอบคุณภาพแบบสอบถาม การตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (content validity) ด้วยการนำแบบสอบถามพร้อมนิยามตัวแปรที่ต้องการวัด มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 1.00 ทุกข้อ มีค่าอำนาจจำแนกรายข้อ ตั้งแต่ 0.43–0.85 มีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.90

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการสอบถามความคิดเห็นของครูผู้สอนรายวิชาภาษาไทย จำนวน 15 คน เพื่อประเมินและปรับปรุงรูปแบบที่พัฒนาขึ้น

4. การวิเคราะห์ข้อมูล โดยการสอบถามความคิดเห็นของครูผู้สอนรายวิชาภาษาไทย โรงเรียนสังกัดเทศบาลเมืองแก่งคอย จำนวน 15 คน ต่อการใช้รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ภาษาไทย โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

6. ผลการวิจัย

6.1 ศึกษาสภาพปัจจุบันและความต้องการในการพัฒนารูปแบบ พบว่า สาเหตุหลักของปัญหาการอ่านโดยเฉพาะการอ่านจับใจความสำคัญ เนื่องจากทักษะการอ่านพื้นฐานยังไม่มั่นคง นักเรียนบางคนยังอ่านไม่คล่อง ขาดความเข้าใจคำศัพท์ระดับพื้นฐาน ครูไม่ได้เน้นทักษะการจับใจความอย่างเป็นระบบ การจัดการเรียนการสอนของครูผู้สอนเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดปัญหาการเรียนการสอน ครูภาษาไทยที่สอนแบบยึดตัวครูเป็นสำคัญ เน้นการท่องจำมากกว่าการฝึกให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ซึ่งสอดคล้องกับปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาภาษาไทย

6.2 ผลการพัฒนารูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ภาษาไทยตามแนวคิดสมองเป็นฐาน (BBL) ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค CIRC เพื่อพัฒนาความสามารถในการอ่านจับใจความสำคัญ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

(WESAC Model) มี 6 องค์ประกอบ คือ (1) หลักการ (2) วัตถุประสงค์ (3) กระบวนการจัดการเรียนรู้ (4) ระบบสังคม (5) หลักการตอบสนอง และ (6) สิ่งสนับสนุน มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 ขั้นเข้าสู่บทเรียน (Warm-Up and Connect) ขั้นที่ 2 ขั้นสร้างความเข้าใจ (Explore Together) ขั้นที่ 3 ขั้นพัฒนาและฝึกทักษะ (Skill Practice and Brain Workout) ขั้นที่ 4 ขั้นนำไปใช้และสะท้อนผล (Application and Feedback) ขั้นที่ 5 ขั้นสรุปและประเมินผล (Conclusion and Assessment) ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบจากผู้เชี่ยวชาญ มีคุณภาพเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.59

6.3 ผลการใช้รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ภาษาไทยตามแนวคิดสมองเป็นฐาน (BBL) ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค CIRC เพื่อพัฒนาความสามารถในการอ่านจับใจความสำคัญ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ดังนี้

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น

จำนวนนักเรียน	ระหว่างเรียน		หลังเรียน		E ₁ /E ₂
	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้ คิดเป็นร้อยละ	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้ คิดเป็นร้อยละ	
11	738	84.64	62	83.87	84.64/83.87

จากตารางที่ 1 พบว่า ประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ภาษาไทยที่พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพ (E₁/E₂) เท่ากับ 84.64/83.87 ซึ่งมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ภาษาไทยที่พัฒนาขึ้น ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

แผนการทดสอบ	n	คะแนนเต็ม	Mean	S.D.	t	df	p
ก่อนเรียน	11	30	10.36	1.63	21.41*	10	0.0000
หลังเรียน	11	30	25.36	1.12			

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 2 นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการอ่านจับใจความสำคัญ ของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ภาษาไทยที่พัฒนาขึ้น ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

แผนการทดสอบ	n	คะแนนเต็ม	Mean	S.D.	t	df	p
ก่อนเรียน	11	32	11.36	2.20	24.10*	10	0.0000
หลังเรียน	11	32	26.64	0.67			

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 3 นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น มีความสามารถในการอ่านจับใจความสำคัญหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่มีต่อการเรียนด้วยรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น

ข้อ	รายการ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1	ด้านบรรยากาศในการเรียน	4.43	0.25	มาก
2	ด้านเนื้อหาสาระการเรียนรู้	4.29	0.27	มาก
3	ด้านกิจกรรมการเรียนรู้	4.53	0.20	มากที่สุด
4	ด้านการวัดและประเมินผล	4.44	0.45	มาก
โดยรวม		4.42	0.14	มาก

จากตารางที่ 4 พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก

6.4 ผลการประเมินความคิดเห็นของครูผู้สอนรายวิชาภาษาไทยต่อการใช้รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ภาษาไทยตามแนวคิดสมองเป็นฐาน (BBL) ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค CIRC เพื่อพัฒนาความสามารถในการอ่านจับใจความสำคัญ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ดังนี้

ตารางที่ 5 ผลการประเมินความคิดเห็นของครูผู้สอนรายวิชาภาษาไทยต่อการใช้รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ภาษาไทย

รายการ	N=15		
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น
1. การกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับการวิเคราะห์ปัญหาการเรียนรู้	4.35	0.61	มาก
2. การเตรียมความพร้อมในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับหลักการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	4.35	0.51	มาก
3. วิธีการสร้างบรรยากาศในการเรียนการสอนทำให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการอ่านจับใจความสำคัญ	4.55	0.51	มากที่สุด
4. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามลำดับขั้นของรูปแบบการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน มีความชัดเจนเข้าใจง่าย	4.47	0.50	มาก
5. สื่อการเรียนรู้มีความสอดคล้อง เหมาะสมกับธรรมชาติการเรียนรู้	4.40	0.50	มาก
6. ครูใช้คำถามปลายเปิดที่หลากหลาย กระตุ้นความสนใจให้นักเรียนได้ใช้ทักษะการอ่านและการเขียนนำไปสู่ความสามารถในการอ่านจับใจความสำคัญ	4.40	0.50	มาก
7. ให้นักเรียนมีอิสระในการเลือกปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเองตามความถนัดและความสนใจ เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ	4.30	0.57	มาก

ตารางที่ 5 ผลการประเมินความคิดเห็นของครูผู้สอนรายวิชาภาษาไทยต่อการใช้รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ภาษาไทย (ต่อ)

รายการ	N=15		
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น
8. สนับสนุนให้นักเรียนร่วมมือกันปฏิบัติกิจกรรม สืบค้นข้อมูล รวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการที่หลากหลาย	4.50	0.67	มาก
9. ครูเป็นผู้คอยให้คำชี้แนะ ตอบคำถาม และสนับสนุนให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น	4.55	0.59	มากที่สุด
10. การวัดและประเมินผลมีความสามารถนำไปปฏิบัติได้จริง และประเมินได้ตามสภาพจริง	4.45	0.51	มาก
โดยรวม	4.43	0.22	มาก

จากตารางที่ 5 พบว่า ครูผู้สอนรายวิชาภาษาไทยมีความคิดเห็นต่อการใช้รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ภาษาไทยที่พัฒนาขึ้น โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=4.43$)

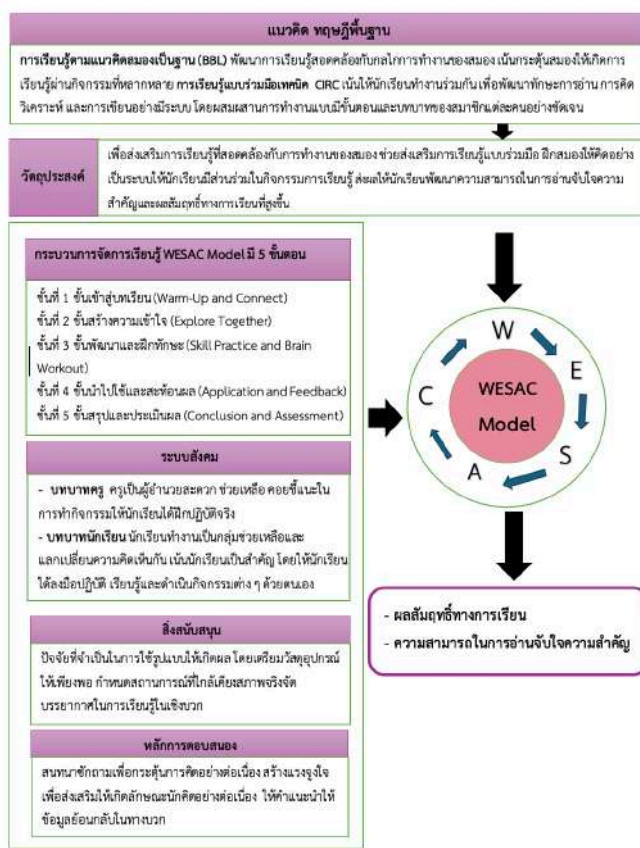
7. สรุปผลการวิจัย

7.1. ผลการศึกษาสภาพปัจจุบันและความต้องการในการพัฒนารูปแบบ พบว่า สาเหตุหลักของปัญหาการอ่าน โดยเฉพาะการอ่านจับใจความสำคัญ เนื่องจากทักษะการอ่านพื้นฐานยังไม่มั่นคง นักเรียนบางคนยังอ่านไม่คล่อง ขาดความเข้าใจคำศัพท์ระดับพื้นฐาน ครูไม่ได้เน้นทักษะการจับใจความอย่างเป็นระบบ การจัดการเรียนการสอนของครูผู้สอนเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดปัญหาการเรียนการสอน ครูภาษาไทยที่สอนแบบยัดตัวครูเป็นสำคัญ เน้นการท่องจำมากกว่าการฝึกให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ซึ่งสอดคล้องกับปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาภาษาไทย

7.2 ผลการพัฒนารูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ภาษาไทยตามแนวคิดสมองเป็นฐาน (BBL) ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค CIRC เพื่อพัฒนาความสามารถในการอ่านจับใจความสำคัญ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 (WESAC Model) มี 6 องค์ประกอบ คือ (1) หลักการ (2) วัตถุประสงค์ (3) กระบวนการจัดการเรียนรู้ (4) ระบบสังคม (5) หลักการตอบสนอง และ (6) สิ่งสนับสนุน มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Warm-Up and Connect) ขั้นที่ 2 ขั้นสร้างความเข้าใจ (Explore Together) ขั้นที่ 3 ขั้นพัฒนาและฝึกทักษะ (Skill Practice and Brain Workout) ขั้นที่ 4 ขั้นนำไปใช้และสะท้อนผล (Application and Feedback) ขั้นที่ 5 ขั้นสรุปและประเมินผล (Conclusion and Assessment) และผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบจากผู้เชี่ยวชาญ มีคุณภาพเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.59

7.3 ผลการใช้รูปแบบที่พัฒนาขึ้น พบว่า 3.1) รูปแบบที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ (E_1/E_2) เท่ากับ 84.64/83.87 ซึ่งมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้ 2) นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนที่มีความสามารถในการอ่านจับใจความสำคัญหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 4) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยรูปแบบที่พัฒนาขึ้น โดยรวมอยู่ในระดับมาก

7.4 ผลการประเมินความคิดเห็นของครูผู้สอนรายวิชาภาษาไทยต่อการใช้รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ภาษาไทยตามแนวคิดสมองเป็นฐาน (BBL) ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค CIRC เพื่อพัฒนาความสามารถในการอ่านจับใจความสำคัญ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก



ภาพที่ 1 รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ภาษาไทยตามแนวคิดมองเป็นฐาน (BBL) ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิคCIRC เพื่อพัฒนาความสามารถในการอ่านจับใจความสำคัญ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

8. อภิปรายผลการวิจัย

8.1 ผลการศึกษาสภาพปัจจุบันและความต้องการในการพัฒนารูปแบบ พบว่า สาเหตุหลักของปัญหาการอ่าน โดยเฉพาะการอ่านจับใจความสำคัญ เนื่องจากทักษะการอ่านพื้นฐานยังไม่มั่นคง นักเรียนบางคนยังอ่านไม่คล่อง ขาดความเข้าใจคำศัพท์ระดับพื้นฐาน ครูไม่ได้เน้นทักษะการอ่านจับใจความอย่างเป็นระบบ การจัดการเรียนการสอนของครูผู้สอนเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดปัญหาการเรียนการสอน ครูภาษาไทยที่สอนแบบยัดตัวครูเป็นสำคัญ เน้นการท่องจำมากกว่าการฝึกให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ซึ่งสอดคล้องกับปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาภาษาไทย ทั้งนี้เนื่องจากปัญหาการจัดการเรียนการสอนภาษาไทย โดยเฉพาะด้านการอ่านจับใจความสำคัญ เกิดจากทั้งตัวนักเรียนที่พื้นฐานยังไม่แข็งแรง และจากรูปแบบการสอนของครูที่ยังไม่สอดคล้องกับแนวทางการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ ซึ่งทำให้ขาดการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์อย่างแท้จริง ทำให้ทักษะการอ่านพื้นฐานของนักเรียนยังไม่มั่นคง อ่านไม่คล่อง ขาดความเข้าใจคำศัพท์ระดับพื้นฐาน ครูไม่ได้เน้นทักษะการอ่านจับใจความอย่างเป็นระบบ นักเรียนที่เรียนดีจับคู่ฝึกกับนักเรียนที่เรียนอ่อน หรือจัดกิจกรรมกลุ่มเล็กให้ช่วยการเรียนรู้และฝึกปฏิบัติเพิ่มเติม โดยครูควรมีรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสม จะช่วยให้นักเรียนสนใจและได้ฝึกทักษะด้วยการลงมือปฏิบัติจริง สอดคล้องกับงานวิจัยของ ศิริพร ศรีจันทร์ [23] ได้กล่าวว่า การอ่านจับใจความสำคัญถือเป็นทักษะสำคัญพื้นฐานของการเรียนรู้วิชาภาษาไทย ซึ่งมีผลต่อการเรียนรู้ทุกกลุ่มสาระ แต่พบว่านักเรียนระดับประถมศึกษาหลายคนยังประสบปัญหาในการอ่านจับใจความ เพราะพื้นฐานการอ่านยังไม่มั่นคง อ่านไม่คล่อง ไม่เข้าใจคำศัพท์ ขาดการฝึกฝนทักษะ

การคิดวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ สอดคล้องกับ บุญแก้ว ควรหาเวช [10] ได้กล่าวว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ของครูยังเน้นการท่องจำมากกว่าการเรียนรู้ผ่านกิจกรรม ทำให้ไม่สามารถส่งเสริมทักษะการอ่านอย่างมีประสิทธิภาพ

8.2 ผลการพัฒนาแบบการจัดการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ภาษาไทยตามแนวคิดสมองเป็นฐาน (BBL) ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค CIRC เพื่อพัฒนาความสามารถในการอ่านจับใจความสำคัญ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 (WESAC Model) มี 6 องค์ประกอบ คือ (1) หลักการ (2) วัตถุประสงค์ (3) กระบวนการจัดการเรียนรู้ (4) ระบบสังคม (5) หลักการตอบสนอง และ (6) สิ่งสนับสนุน มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 ขั้นเข้าสู่บทเรียน (Warm-Up and Connect) ขั้นที่ 2 ขั้นสร้างความเข้าใจ (Explore Together) ขั้นที่ 3 ขั้นพัฒนาและฝึกทักษะ (Skill Practice and Brain Workout) ขั้นที่ 4 ขั้นนำไปใช้และสะท้อนผล (Application and Feedback) ขั้นที่ 5 ขั้นสรุปและประเมินผล (Conclusion and Assessment) และผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบจากผู้เชี่ยวชาญ มีคุณภาพเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.59 ทั้งนี้เนื่องจากผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลพื้นฐานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และดำเนินการออกแบบและการพัฒนารูปแบบตามกระบวนการวิจัยและพัฒนา เพื่อพัฒนาทักษะการเขียน มีการกำหนดกรอบแนวคิด ร่างรูปแบบผ่านการประเมินความเหมาะสมและความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ พิจารณาปรับปรุงแก้ไขและนำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่เกี่ยวข้อง รูปแบบที่พัฒนาขึ้นจึงสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และเป้าหมาย สอดคล้องกับแนวคิดการพัฒนารูปแบบของ จิระพร ชะโน [12] และ Mahapatra [24]

8.3 ผลการใช้รูปแบบที่พัฒนาขึ้น พบว่า รูปแบบที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ (E_1/E_2) เท่ากับ 84.64/83.87 ซึ่งมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้ นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการอ่านจับใจความสำคัญหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยรูปแบบที่พัฒนาขึ้น โดยรวมอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้เนื่องจากผู้วิจัยได้จัดขั้นตอนการจัดการจัดการกิจกรรมโดยสอดคล้องให้นักเรียนได้ฝึกปฏิบัติฝึกทักษะการอ่านและการเขียนอยู่ในขั้นตอนการจัดการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ และให้นักเรียนร่วมมือกันทำงานเป็นกลุ่มเป็นกิจกรรมที่ช่วยพัฒนาความสามารถในการอ่านจับใจความสำคัญและปฏิบัติจริง นำเทคนิควิธีการสอนแปลกใหม่ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ภริตา การะภาพ [25], สกฤตการ สังข์ทอง [26] และ ภัทราวรรณ ประกอบเสริม [27] พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และนักเรียนมีความพึงพอใจ โดยรวมอยู่ในระดับมาก

8.4 ผลการประเมินความคิดเห็นของครูผู้สอนรายวิชาภาษาไทยที่มีต่อการใช้รูปแบบการจัดการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก เนื่องจากการจัดการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้มีการกำหนดบทบาทของนักเรียนและครูที่ชัดเจน โดยบทบาทของครู ครูผู้สอนมีบทบาทในฐานะผู้อำนวยความสะดวก คือ ครูอธิบายการทำกิจกรรมให้นักเรียนเข้าใจอย่างชัดเจน ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และฝึกทักษะปฏิบัติ ครูตอบคำถามและสนับสนุนให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น และการกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ สอดคล้องกับการวิเคราะห์ปัญหาการเรียนรู้ ครูผู้สอนมีบทบาทในฐานะผู้อำนวยความสะดวกนักเรียนได้ศึกษาค้นคว้า ทำงานเป็นกลุ่มร่วมกันกำหนดปัญหา รวมทั้งแสดงความคิดเห็นร่วมวางแผน ทำให้การจัดการจัดการกิจกรรมเป็นไปด้วยความเรียบร้อยและสัมฤทธิ์ผลที่วางไว้ จึงทำให้ครูผู้สอน มีความคิดเห็นต่อการใช้รูปแบบที่พัฒนาขึ้น โดยรวมอยู่ในระดับมาก สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุพัตรา ทองอ่อน [28] พบว่า ครูผู้สอนรายวิชาภาษาไทยระดับประถมศึกษา ส่วนใหญ่เห็นว่านักเรียนยังมีปัญหาในการอ่านจับใจความสำคัญ เนื่องจากขาดทักษะการคิดวิเคราะห์ ไม่สามารถระบุสาระสำคัญของเนื้อหาได้ อีกทั้งรูปแบบการเรียนการสอนยังเน้นการท่องจำมากกว่าการมีส่วนร่วมของนักเรียน และยังสอดคล้องกับ วิมลรัตน์ สุนทรโรจน์ [15] ได้กล่าวว่า ปัญหาสำคัญของการสอนภาษาไทยอยู่ที่การจัดการจัดการกิจกรรมที่ไม่สอดคล้องกับพัฒนาการของผู้เรียน และขาดเทคนิคการสอนที่หลากหลาย

9. ข้อเสนอแนะ

9.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

9.1.1 ครูผู้สอนควรศึกษาคู่่มือการใช้รูปแบบให้เกิดความเข้าใจก่อนนำรูปแบบไปใช้ และมีการเตรียมสื่อและอุปกรณ์ในการจัดการเรียนรู้ให้พร้อมและเพียงพอ และทำความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นก่อนนำไปใช้จริง

9.1.2 การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ภาษาไทยตามแนวคิดสมองเป็นฐาน (BBL) ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค CIRC เพื่อพัฒนาความสามารถในการอ่านจับใจความสำคัญ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาความสามารถในการอ่านจับใจความสำคัญ โดยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง ซึ่งเป็นสิ่งที่นักเรียนไม่คุ้นเคยมาก่อน การอำนวยความสะดวกและสนับสนุนการเรียนรู้ของนักเรียน ครูต้องคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลและความรู้เดิมของนักเรียน

9.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

9.2.1 ควรศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน เพื่อพัฒนาความสามารถในการอ่านจับใจความสำคัญโดยใช้แนวคิด ทฤษฎี และรูปแบบการสอนอื่น ๆ เช่น ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ทฤษฎีพัฒนาการของพือาเจต์ การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-Based Learning) เป็นต้น

9.2.2 ควรนำขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ภาษาไทยตามแนวคิดสมองเป็นฐาน (BBL) ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค CIRC เพื่อพัฒนาความสามารถในการอ่านจับใจความสำคัญ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ไปทดลองใช้กับระดับชั้นอื่น ๆ และกลุ่มสาระการเรียนรู้อื่น ๆ หรือตัวแปรที่อาจมีผลกระทบต่อความสามารถในการอ่านจับใจความสำคัญ เพื่อประโยชน์ต่อการนำไปประยุกต์ใช้ให้หลากหลายมากขึ้น

10. กิตติกรรมประกาศ

การพัฒนารูปแบบการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ภาษาไทยตามแนวคิดสมองเป็นฐาน (BBL) ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค CIRC เพื่อพัฒนาความสามารถในการอ่านจับใจความสำคัญ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณา เอาใจใส่ดูแล ให้คำปรึกษาติดยังจาก ดร.ณิฏฐาจารย์ บรรเทา ตำแหน่งอาจารย์ ภาควิชาคณิตศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม นายสุพล ปากอตุสาร์ท ตำแหน่ง ผู้อำนวยการสถานศึกษา วิทยาลัยฐานะ ผู้อำนวยการเชี่ยวชาญ โรงเรียนเทศบาลบ้านม่วง สังกัดเทศบาลเมืองแก่งคอย นางชฎากานต์ เจริญอินทร์ ตำแหน่ง ครู วิทยาลัยฐานะ ครูเชี่ยวชาญ โรงเรียนเทศบาลบ้านม่วง สังกัดเทศบาลเมืองแก่งคอย จังหวัดสระบุรี นางสาวดอกเอื้อง จันเสนา ตำแหน่ง ครู วิทยาลัยฐานะ ครูเชี่ยวชาญ โรงเรียนเทศบาลพัฒนา สังกัดเทศบาลเมืองแก่งคอย นางสุภาวรา ช้างพลายงาม ตำแหน่ง ครู วิทยาลัยฐานะ ครูเชี่ยวชาญ โรงเรียนเทศบาลบ้านม่วง สังกัดเทศบาลเมืองแก่งคอย ที่กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญให้คำปรึกษา คำแนะนำ และเสนอแนะข้อคิดเห็นที่มีคุณค่ายิ่งต่อการจัดทำงานวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

คุณค่าและคุณประโยชน์ของการวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขออุทิศเพื่อบูชาพระคุณของบิดา มารดา และบูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนทำให้ผู้วิจัยมีความมานะ พยายาม อดทน จนทำให้ผลงานทางวิชาการสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

11. เอกสารอ้างอิง

- [1] กระทรวงศึกษาธิการ. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ. 2551.
- [2] สายชล โชติธนากิจ. การพัฒนาชุดกิจกรรมการอ่านจับใจความภาษาไทยโดยใช้วิธีการสอนอ่านแบบ SQ4R ร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิด สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา. 2561.
- [3] จุฬารัตน์ อินทร์อุดม. การพัฒนาความสามารถในการอ่านจับใจความสำคัญของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้เทคนิค SQ4R ร่วมกับพลังคำถาม. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศิลปากร. 2561.
- [4] กอบกาญจน์ วงศ์วิสิทธิ์. ทักษะภาษาเพื่อการสื่อสาร. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพมหานคร. 2551.
- [5] กนกวรรณ ภูทิมา. การพัฒนาทักษะการอ่านจับใจความสำคัญโดยใช้แบบฝึกเสริมทักษะสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา. 2560.
- [6] โรงเรียนเทศบาลวัดแก่งคอย. รายงานการประเมินตนเองของสถานศึกษาโรงเรียนเทศบาลวัดแก่งคอย ปีการศึกษา 2565. ฝ่ายวิชาการ โรงเรียนเทศบาลวัดแก่งคอย, สระบุรี. 2565.
- [7] โรงเรียนเทศบาลวัดแก่งคอย. รายงานผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย ประจำปีการศึกษา 2565. ฝ่ายวิชาการ โรงเรียนเทศบาลวัดแก่งคอย, สระบุรี. 2565.
- [8] พรพิไล เลิศวิชา. สมอเรียนรู้อย่างไร. ศาลาแดง, กรุงเทพฯ. 2550.
- [9] วัชร เล่าเรียนดี. เทคนิคการจัดการเรียนการสอนและการนิเทศ พิมพ์ครั้งที่ 4. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม. 2548.
- [10] บุญเกื้อ ควรหาเวช. การพัฒนาทักษะการอ่านจับใจความสำคัญโดยใช้วิธีสอนแบบร่วมมือ เทคนิค CIRC สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช. 2561.
- [11] ทิศนา แหมมณี. รูปแบบการเรียนการสอน: ทางเลือกที่หลากหลาย (พิมพ์ครั้งที่ 8). สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. 2556.
- [12] จิระพร ชะโน. การออกแบบการเรียนการสอนตามแนว Backward Design. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม. 2555.
- [13] Jensen, E. P. Brain-Based Learning: The New Paradigm of Teaching (2nd ed.). Corwin Press. 2008.
- [14] Caine, R. N., & Caine, G. 12 Brain/Mind Natural Learning Principles. Corwin Press. 2004.
- [15] วิมลรัตน์ สุนทรโรจน์. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสมองเป็นฐานเพื่อพัฒนาทักษะการคิดและการอ่าน. วารสารศึกษาศาสตร์, 9(1)(2011) 51–65.
- [16] Slavin. Cooperative Learning : Theory, research and practice. (2nd ed). Massachusetts: Simon & Schuster. 1995.
- [17] นาดยา ปิณฑานนท์. การเรียนแบบร่วมมือ. จุฬาลงกรณ์, กรุงเทพฯ. 2543.
- [18] ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. แปรสับนวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ (พิมพ์ครั้งที่ 3). แดเน็กซ์อินเตอร์คอร์पोเรชั่น, กรุงเทพฯ. 2553.
- [19] แวมยุรา เหมือนนิล. การอ่านจับใจความ (พิมพ์ครั้งที่ 4). สุวีริยาสาส์น, กรุงเทพฯ. 2556.
- [20] สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาเอกชน. แผนพัฒนาการศึกษาเอกชนและรายงานผลการปฏิบัติราชการ ประจำปี พ.ศ. 2555. สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาเอกชน กระทรวงศึกษาธิการ. 2555.

- [21] สุนันทา มั่นเศรษฐวิทย์. หลักและวิธีสอนอ่านภาษาไทย (พิมพ์ครั้งที่ 4). ไทยวัฒนาพานิช, กรุงเทพฯ. 2557.
- [22] บุญชม ศรีสะอาด. วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย เล่ม 1 (พิมพ์ครั้งที่ 5). สุวีริยาสาส์, กรุงเทพฯ. 2556.
- [23] ศิริพร ศรีจันทร์. การศึกษาปัญหาและแนวทางแก้ไขการอ่านจับใจความของนักเรียนระดับประถมศึกษา.
วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 14(3)(2019) 45-56.
- [24] S. Mahapatra. Tradition and the modern artist. Pearson Longman. 2004.
- [25] ภริตา การะภาพ. การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐาน (Brain-Based Learning: BBL) ร่วมกับการใช้สื่อโมชันกราฟิกเพื่อส่งเสริมความสามารถในการอ่านสะกดคำของนักเรียน
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 2. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศิลปากร. 2564.
- [26] สกฤตการ สังข์ทอง. การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ MECCA เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการอ่านอย่างมี
วิจารณญาณสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต ภาควิชาหลักสูตรและการสอน
มหาวิทยาลัยศิลปากร. 2562.
- [27] ภัทรวรรณ ประกอบเสริม. การเปรียบเทียบความสามารถการเขียนวิชาภาษาไทย ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยการจัด
การเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือเทคนิค CIRC. วารสาร ETC Edumsu Journal. 2565.
- [28] สุพัตรา ทองอ่อน. การพัฒนาทักษะการอ่านจับใจความโดยใช้แบบฝึกเสริมทักษะ. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต
มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์. 2562.

การพัฒนาหลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติม “รู้กัญชง รักกัญชง” เพื่อส่งเสริมทักษะอาชีพ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

The Development of the Elective Course Curriculum 'Know and Love Hemp' to Enhance Career Skills among Grade 5 Students.

สุพิศ ศรีบัว^{1*}

¹โรงเรียนป่าไม้อุทัย 4 สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาตาก เขต 2

*E-mail: Sreebua@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาหลักสูตรวิชาเพิ่มเติม “รู้กัญชง รักกัญชง” สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 และ 2) เพื่อศึกษาผลการเรียนรู้ของนักเรียนที่เรียนโดยหลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติม “รู้กัญชง รักกัญชง” โดยทดลองใช้หลักสูตรกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนป่าไม้อุทัย 4 จังหวัดตาก จำนวน 30 คน เป็นเวลา 20 ชั่วโมง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย หลักสูตรวิชาเพิ่มเติม “รู้กัญชง รักกัญชง” สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ แบบสอบถาม แบบสัมภาษณ์ แบบประเมินทักษะอาชีพ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบประเมินพฤติกรรมการปฏิบัติงานกลุ่ม และแบบประเมินความพึงพอใจ การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน t-test แบบ Dependent ผลการวิจัยพบว่า 1) หลักสูตรวิชาเพิ่มเติมที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย ความสำคัญและจำเป็นของการพัฒนาหลักสูตร หลักการ จุดหมายของรายวิชา คำอธิบายรายวิชา ผลการเรียนรู้ โครงสร้างรายวิชาจำนวน 4 หน่วยการเรียนรู้ ประกอบด้วย มหัศจรรย์ของพืชกัญชง การปลูกกัญชง สู้ความพ้อเพียง และการแปรรูปผลิตภัณฑ์กัญชงสู่อาชีพ แนวทางการจัดการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้และแหล่งเรียนรู้ แนวทางการวัดและประเมินผล และแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 18 แผน 2) ผลการทดลองใช้หลักสูตร พบว่า นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจเรื่อง “รู้กัญชง รักกัญชง” รู้จักท้องถิ่นและสภาพแวดล้อมของชนเผ่าม้งทำให้นักเรียนมองเห็นความสำคัญของกัญชง วิถีชีวิตของกัญชง และบ่มเพาะการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์จากกัญชงให้ยั่งยืน และพบว่า นักเรียนมีทักษะอาชีพ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนใช้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 พฤติกรรมการปฏิบัติงานกลุ่มอยู่ในระดับดีมาก นักเรียนมีความพึงพอใจต่อหลักสูตรอยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ: วิชาเพิ่มเติม กัญชง ทักษะอาชีพ เศรษฐกิจพอเพียง

Abstract

This research aimed to: 1) develop an additional subject curriculum titled “Know Hemp, Love Hemp” for Grade 5 students, and 2) study the learning outcomes of students who were taught using this curriculum. The developed curriculum was implemented during the second semester of the 2023 academic year with 30 Grade 5 students at Pa Mai Uthit 4 School, Tak Province, for a total of 20 hours.

The research instruments included the developed curriculum, learning management plans, questionnaires, interview forms, career skills assessment forms, achievement tests, group work behavior assessment forms, and satisfaction surveys. Data were analyzed using percentage, mean, standard deviation, and dependent t-test. The findings revealed that : 1) The developed additional subject curriculum consisted of a rationale and necessity for curriculum development, principles, course objectives, course description, learning outcomes, a course structure comprising four learning units—*The Wonder of Hemp, Hemp Cultivation, Towards Self-Sufficiency, and Hemp Product Processing for Career*—as well as guidelines for learning management, instructional media and learning resources, assessment and evaluation methods, and a total of 18 lesson plans. 2) The implementation of the curriculum showed that students gained knowledge and understanding of “Know Hemp, Love Hemp,” recognized the local context and environment of the Hmong ethnic group, and appreciated the significance of hemp, the hemp-related lifestyle, and the importance of sustainable conservation and utilization of hemp. Furthermore, students demonstrated significantly higher career skills and learning achievement after using the curriculum at the .05 level of statistical significance. Their group work behavior was rated at a very good level, and their satisfaction with the curriculum was rated at a high level.

Keywords: Additional subject, Hemp, Career skills, Sufficiency economy

1. บทนำ

การศึกษาเป็นหัวใจสำคัญในการขับเคลื่อนการพัฒนาประเทศและสร้างพลเมืองที่มีคุณภาพ การเปลี่ยนแปลงของโลกในศตวรรษที่ 21 ที่ขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยีและข้อมูลข่าวสาร ทำให้เกิดความต้องการทักษะใหม่ๆ ที่ซับซ้อนและหลากหลาย. ประเทศไทยได้ตระหนักถึงความสำคัญนี้และได้กำหนดยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2560-2579) โดยเน้นให้การศึกษาเป็นกลไกหลักในการยกระดับขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ และการสร้างพลเมืองในศตวรรษที่ 21 ที่มีสมรรถนะรอบด้าน [1]. ภายใต้ยุทธศาสตร์นี้ รัฐบาลได้ส่งเสริมการปฏิรูปการศึกษาในหลายมิติ รวมถึงนโยบายการกระจายอำนาจทางการศึกษาที่เปิดโอกาสให้สถานศึกษามีอิสระในการบริหารจัดการและพัฒนาหลักสูตรที่สอดคล้องกับบริบทและความต้องการเฉพาะของท้องถิ่น. นอกจากนี้ การมุ่งเน้นการพัฒนาหลักสูตรฐานสมรรถนะยังเป็นส่วนสำคัญในการเตรียมความพร้อมให้นักเรียนมีทักษะที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตและการประกอบอาชีพในอนาคต. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เองก็ได้กำหนดให้กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพเป็นพื้นที่สำคัญในการพัฒนาทักษะชีวิต ทักษะการทำงาน และทักษะการประกอบอาชีพ เพื่อให้นักเรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการดำเนินชีวิตและสร้างรายได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในรายวิชาการงานนักเรียนควรได้รับการฝึกทักษะอาชีพเป็นการเตรียมความพร้อมและส่งเสริมทักษะเฉพาะทางที่จำเป็นต่อการประกอบอาชีพในอนาคต [2]

โรงเรียนป่าไม้อุทิศ 4 ตั้งอยู่ในพื้นที่อำเภอบพพระ จังหวัดตาก ซึ่งเป็นพื้นที่สูงที่มีความหลากหลายทางชาติพันธุ์ ประชากรส่วนใหญ่ในชุมชนนี้เป็นชนเผ่าม้ง ซึ่งมีวัฒนธรรมและวิถีชีวิตที่ผูกพันกับธรรมชาติและภูมิปัญญาท้องถิ่นอย่างลึกซึ้ง หนึ่งในภูมิปัญญาอันเก่าแก่ที่สืบทอดกันมาหลายชั่วอายุคนคือ การปลูกและทอผ้าไหมกัญชง [3]. กัญชงไม่เพียงเป็นพืชที่ใช้ประโยชน์ในการดำรงชีวิต แต่ยังเป็นส่วนหนึ่งของอัตลักษณ์ทางวัฒนธรรมและพิธีกรรมของชนเผ่าม้ง. การปลูกกัญชงแบบดั้งเดิมจึงเป็นส่วนสำคัญของเศรษฐกิจและสังคมในชุมชนท้องถิ่นนี้มาอย่างยาวนาน

การเปลี่ยนแปลงครั้งสำคัญเกิดขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2563 กระทรวงสาธารณสุขได้ออกประกาศปลดล็อกพืชกัญชงออกจากบัญชียาเสพติดให้โทษในประเภท 5 [4]. การเปลี่ยนแปลงทางกฎหมายนี้ไม่เพียงแต่เป็นการเปิดเสรีการใช้ประโยชน์จากกัญชงในทางการแพทย์และอุตสาหกรรม แต่ยังเป็นโอกาสใหม่ๆ ในเชิงเศรษฐกิจ. กัญชงได้กลายเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีศักยภาพสูงและสอดคล้องกับนโยบายการพัฒนาประเทศภายใต้โมเดลเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว (Bio-Circular-Green Economy: BCG Model) ซึ่งเป็นวาระแห่งชาติที่มุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรชีวภาพอย่างคุ้มค่า สร้างมูลค่าเพิ่ม ลดของเสีย และคำนึงถึงสิ่งแวดล้อม [5].

การที่กัญชงสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย ตั้งแต่เส้นใยสำหรับสิ่งทอ เมล็ดสำหรับอาหารและน้ำมัน ไปจนถึงสารสกัดที่ใช้ในอุตสาหกรรมยา อาหารเสริม และเครื่องสำอาง ทำให้กัญชงมีบทบาทสำคัญในการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรมของประเทศ ด้วยเหตุนี้ การปลดล็อกกัญชงจึงเป็นโอกาสอันดีในการพัฒนาเส้นทางอาชีพใหม่ๆ ที่หลากหลายและยั่งยืนให้กับนักเรียนในพื้นที่ ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างรายได้และยกระดับคุณภาพชีวิตของชุมชน แต่เนื่องจากความรู้เรื่องกัญชง เป็นการถ่ายทอดแบบรุ่นสู่รุ่น เป็นการส่งต่อความรู้ของบรรพบุรุษและปัจจุบันนักเรียนที่เป็นชนเผ่าม้งรุ่นใหม่ ก็เข้าสู่ระบบการศึกษาปกติทำให้ขาดองค์ความรู้เรื่องกัญชง ขาดการฝึกฝนเรื่องกัญชง เช่น การปลูก การทำเส้นใยกัญชง การทอและบางครั้งก็ไม่ได้มีการถ่ายทอดเกิดความสูญหายความรู้เกี่ยวกับกัญชงไปเพราะขาดการจัดเก็บข้อมูล ขาดการบันทึกที่เป็นลายลักษณ์อักษร ผู้ทำวิจัยจึงมีความสนใจในการทำหลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติม “รู้กัญชง รักกัญชง” เพื่อเป็นการจัดเก็บข้อมูลองค์ความรู้จากปราชญ์ชาวบ้านในชุมชน มีการจัดเก็บข้อมูลเป็นเล่มหลักสูตร เพื่อให้เกิดความยั่งยืนขององค์ความรู้และนักเรียนได้รับมรดกความรู้ที่เป็นวัฒนธรรมและความเป็นอัตลักษณ์ของชนเผ่าตนเอง และส่งเสริมทักษะอาชีพจากความรู้ใกล้ตัวในบริบทของชนเผ่าม้ง

ด้วยเหตุผลดังกล่าว การวิจัยและพัฒนาครั้งนี้จึงเกิดขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อพัฒนาหลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติม “รู้กัญชง รักกัญชง” สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนป่าไม้อุทิศ 4 หลักสูตรนี้จะมุ่งเน้นการบูรณาการภูมิปัญญาดั้งเดิมของชุมชนเกี่ยวกับกัญชงเข้ากับหลักการทางวิทยาศาสตร์และเศรษฐกิจสมัยใหม่ เพื่อเสริมสร้างทักษะอาชีพที่จำเป็นและปลูกฝังคุณลักษณะที่สอดคล้องกับหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง การวิจัยนี้คาดหวังว่าหลักสูตรที่พัฒนาขึ้นจะช่วยส่งเสริมทักษะอาชีพ ยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน และสร้างความพึงพอใจในการเรียนรู้ พร้อมทั้งเป็นต้นแบบในการพัฒนาวิชาการงานอาชีพเพิ่มเติมอื่นๆ ที่สามารถสร้างโอกาสทางอาชีพและเสริมสร้างความเข้มแข็งของชุมชนอย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1) เพื่อพัฒนาหลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติม “รู้กัญชง รักกัญชง” เพื่อส่งเสริมทักษะอาชีพของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5
- 2) เพื่อศึกษาผลการเรียนรู้ของนักเรียนที่เรียนโดยหลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติม “รู้กัญชง รักกัญชง” เพื่อส่งเสริมทักษะอาชีพ ในประเด็นต่อไปนี้
 - 2.1 ทักษะอาชีพ
 - 2.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 2.3 พฤติกรรมการปฏิบัติงานกลุ่ม
 - 2.4 ความพึงพอใจของนักเรียนและครูผู้สอนในโรงเรียนเครือข่ายที่ได้นำหลักสูตรไปทดลองใช้

2. วิธีการทดลอง

2.1 วิธีการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ประยุกต์ โดยได้ปรับประยุกต์ใช้กระบวนการวิจัยและพัฒนา 9 ขั้นตอน เพื่อให้การพัฒนาหลักสูตรเป็นไปอย่างมีระบบและรอบด้าน การดำเนินงานแบ่งออกเป็น 4 ขั้นหลัก ดังที่แสดงในการพัฒนาหลักสูตรวิชาเพิ่มเติม “รู้กัญชง รักกัญชง” การวิจัยนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยการแบบการวิจัยและพัฒนา ซึ่งเป็นแนวทางที่เหมาะสมกับการสร้างนวัตกรรมหรือผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ เช่น หลักสูตรการเรียนรู้ การวิจัยและพัฒนา มีลักษณะเป็นวัฏจักรที่ประกอบด้วยการวิเคราะห์ การออกแบบ การพัฒนา และการประเมินผล ซึ่งช่วยให้สามารถปรับปรุงและพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพสูงสุด [6]

ขั้นที่ 1: การศึกษาและวิเคราะห์ (Research: R1)

การวิเคราะห์เอกสารและงานวิจัย ทบทวนหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย, นโยบายการศึกษาที่เกี่ยวข้อง (เช่น แผนการศึกษาแห่งชาติ, นโยบาย BCG), งานวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตรเพิ่มเติม, การปลูกกัญชง, และทักษะอาชีพที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21

การสำรวจสภาพปัจจุบัน

การสัมภาษณ์ สัมภาษณ์ผู้บริหารโรงเรียน ครูผู้สอนงานอาชีพ นักเรียน ผู้ปกครอง และปราชญ์ชุมชนผู้มีความรู้ด้านกัญชง (รวม 35 คน) เพื่อสอบถามสภาพปัญหา ความต้องการ ทรัพยากร และภูมิปัญญาในท้องถิ่น

การสังเกต สังเกตการณ์จัดการเรียนการสอนกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทยในห้องเรียนและบริเวณโรงเรียน เพื่อทำความเข้าใจบริบทการเรียนรู้จริง

สรุปผลการวิเคราะห์ เพื่อกำหนดความต้องการในการพัฒนาหลักสูตร โครงสร้างเนื้อหา และจุดเน้นของหลักสูตร

ขั้นที่ 2 : การออกแบบและพัฒนา (Development: D1)

2.1 ออกแบบหลักสูตร ออกแบบโครงสร้างและองค์ประกอบของหลักสูตรวิชาการงานอาชีพเพิ่มเติม “รู้กัญชง รักกัญชง” ตามรูปแบบของทาบ 8 ขั้นตอน

2.1.1 วิจัยความต้องการ การระบุและวิเคราะห์ความต้องการของผู้เรียน สังคม และเนื้อหาวิชา

2.1.2 กำหนดวัตถุประสงค์ การกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่ชัดเจนและวัดผลได้

2.1.3 เลือกเนื้อหา การคัดเลือกเนื้อหาสาระที่เหมาะสมและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์

2.1.4 จัดระเบียบเนื้อหา การจัดลำดับและโครงสร้างเนื้อหาให้มีความสัมพันธ์กันและง่ายต่อการเรียนรู้

2.1.5 เลือกประสบการณ์การเรียนรู้ การกำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ที่จะช่วยให้นักเรียนบรรลุวัตถุประสงค์

2.1.6 จัดระเบียบประสบการณ์การเรียนรู้ การจัดลำดับและวิธีการนำเสนอกิจกรรมให้เหมาะสมกับผู้เรียน

2.1.7 กำหนดวิธีการประเมินผล การออกแบบเครื่องมือและวิธีการประเมินผลการเรียนรู้

2.1.8 ตรวจสอบความสอดคล้องและความเหมาะสม การทบทวนและปรับปรุงหลักสูตรให้มีความสมบูรณ์และสอดคล้องกันทุกองค์ประกอบ

2.2 การสร้างเอกสารหลักสูตร จัดทำเอกสารหลักสูตรฉบับร่าง ซึ่งประกอบด้วย จุดประสงค์การเรียนรู้, เนื้อหา, กิจกรรมการเรียนรู้ (4 หน่วย, 18 แผน) สื่อการเรียนรู้ และการวัดประเมินผล.

2.3 การสร้างเครื่องมือวัดผล สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบสังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติงานกลุ่ม และแบบสอบถามความพึงพอใจ

2.4 การตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ นำร่างหลักสูตรและเครื่องมือวัดผลไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน (ผู้บริหารสถานศึกษา, นักวิชาการด้านหลักสูตร, ผู้เชี่ยวชาญด้านพืชศาสตร์/กัญชง, ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดประเมินผล) ตรวจสอบ

ความถูกต้อง ความเหมาะสม และความครอบคลุมของเนื้อหาและกิจกรรม โดยใช้แบบประเมิน 5 ระดับ นำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข

ขั้นที่ 3: ทดลองใช้และประเมินประสิทธิภาพ (Research: R2)

3.1 การทดลองใช้รายบุคคล (1:3) ทดลองใช้หลักสูตรกับนักเรียน 3 คน (จากนักเรียนที่ผลสัมฤทธิ์อ่อน ปานกลาง และเก่ง) เพื่อสังเกตการณ์เรียนรู้เบื้องต้น และปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้

3.2 การทดลองใช้กลุ่มเล็ก (1:10) ทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มเล็ก 10 คน (จากนักเรียนกลุ่มอื่นที่คล้ายคลึงกัน) เพื่อประเมินปฏิสัมพันธ์ในกลุ่มและความเข้าใจเนื้อหา

3.3 การทดลองใช้ภาคสนาม ทดลองใช้หลักสูตรฉบับปรับปรุงกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5/1 จำนวน 30 คน

E1 คือ ค่าประสิทธิภาพของกระบวนการเรียนรู้และแบบฝึกปฏิบัติ ซึ่งสามารถคำนวณได้โดยการนำคะแนนงานทุกชิ้นของนักเรียนในแต่ละกิจกรรมของแต่ละคนมารวมกัน แล้วหาค่าเฉลี่ย จากนั้นนำมาเปรียบเทียบเป็นค่าร้อยละ

E2 คือ ค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์การเรียนรู้ โดยคำนวณจากคะแนนสอบหลังเรียนและคะแนนจากผลงานชิ้นสุดท้ายของนักเรียนทั้งหมดรวมกัน แล้วหาค่าเฉลี่ย และเปรียบเทียบเป็นค่าร้อยละ เพื่อใช้เป็นตัวชี้วัดผลสัมฤทธิ์ของชุดการสอนหรือสื่อการเรียนรู้ที่พัฒนา

3.3.1 การเก็บข้อมูลประสิทธิภาพ E1/E2

3.3.1.1 E1 (ประสิทธิภาพของกระบวนการ): เก็บข้อมูลจากการทำกิจกรรมระหว่างเรียน/แบบฝึกหัด (จาก 18 แผนการจัดการเรียนรู้).

3.3.1.2 E2 (ประสิทธิภาพของผลลัพธ์): เก็บข้อมูลจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียน

3.3.2 นำผลที่ได้มาคำนวณประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 และปรับปรุงหลักสูตรให้ได้ตามเกณฑ์

ขั้นที่ 4: การใช้หลักสูตรจริงและการประเมินผล (Development: D2)

4.1 การใช้หลักสูตรจริง: นำหลักสูตรที่ปรับปรุงสมบูรณ์แล้วไปใช้จริงกับกลุ่มเป้าหมายคือนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5/3 โรงเรียนป่าไม้อุทิศ 4 จำนวน 30 คน โดยดำเนินการจัดการเรียนรู้เป็นระยะเวลา 20 ชั่วโมง

4.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลประสิทธิผล

4.2.1 ทักษะอาชีพ ทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยแบบทดสอบวัดทักษะอาชีพชุดเดียวกัน

4.2.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ชุดเดียวกัน

4.2.3 พฤติกรรมการปฏิบัติงานกลุ่ม สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่มตลอดระยะเวลาที่ใช้หลักสูตร

4.2.4 ความพึงพอใจของนักเรียน ใช้แบบสอบถามความพึงพอใจหลังเสร็จสิ้นการเรียนรู้

4.3 การประเมินความพึงพอใจของครูในโรงเรียนเครือข่าย ประเมินความพึงพอใจของครูผู้สอนจำนวน 20 ท่านจากโรงเรียนเครือข่ายที่นำหลักสูตรไปใช้ โดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจ

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ หลักสูตรวิชาเพิ่มเติม “รู้รักษ์ ชีพ รักถิ่น” ที่พัฒนาขึ้น จำนวน 4 หน่วยการเรียนรู้ 18 แผนการจัดการเรียนรู้ ได้รับการประเมินความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุดทุกด้าน

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความเหมาะสมของหลักสูตรโดยผู้เชี่ยวชาญ

องค์ประกอบการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
1. ความเหมาะสมของวัตถุประสงค์	4.50	0.50	มากที่สุด
2. ความเหมาะสมของเนื้อหา	4.40	0.55	มาก
3. ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้	4.35	0.48	มาก
4. ความเหมาะสมของสื่อและแหล่งเรียนรู้	4.30	0.52	มาก
5. ความเหมาะสมของการวัดและประเมินผล	4.25	0.50	มาก
รวม	4.45	0.50	มาก

จากตารางที่ 1 พบว่าผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมของหลักสูตรโดยรวมอยู่ในระดับมาก (4.45) ซึ่งแสดงว่าหลักสูตรที่พัฒนาขึ้นมีความถูกต้องเหมาะสมตามหลักวิชาการและพร้อมสำหรับการนำไปทดลองใช้

ผลการทดสอบประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 จากการทดลองใช้หลักสูตรกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5/1 จำนวน 30 คน พบว่าหลักสูตรมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ E1/E2 เท่ากับ 83.36/82.00

ตารางที่ 2 ผลการคำนวณประสิทธิภาพของหลักสูตร

ประสิทธิภาพ	คะแนนรวมเต็ม	คะแนนเฉลี่ยที่ได้	ร้อยละ	เกณฑ์
E1 (กระบวนการ)	100	83.36	83.36	≥ 80
E2 (ผลลัพธ์)	100	82.00	82.00	≥ 80

จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพของกระบวนการเรียนรู้ (E1) อยู่ที่ร้อยละ 83.36 และประสิทธิภาพของผลลัพธ์การเรียนรู้ (E2) อยู่ที่ร้อยละ 82.00 ซึ่งทั้งสองค่าสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้ ผลการวิเคราะห์นี้พบว่าหลักสูตรวิชาเพิ่มเติม “รู้กัญชง รักกัญชง” มีประสิทธิภาพในการจัดการเรียนรู้

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบทักษะอาชีพก่อนและหลังใช้หลักสูตร

การทดสอบ	N	$\bar{X}$	S.D.	t	p-value
ก่อนเรียน	30	12.22	3.37	16.873*	<.05
หลังเรียน	30	22.33	3.86		

($t=16.873^*, p<.05$)

จากตารางที่ 3 พบว่าคะแนนเฉลี่ยทักษะอาชีพของนักเรียนหลังใช้หลักสูตร ($\bar{X}=22.33$) สูงกว่าก่อนใช้หลักสูตร ($\bar{X}=12.22$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ นักเรียนกว่าร้อยละ 90 สามารถผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าหลักสูตรวิชาเพิ่มเติม “รู้กัญชง รักกัญชง” มีประสิทธิผลในการพัฒนาทักษะอาชีพของนักเรียน

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังใช้หลักสูตร

การทดสอบ	N	$\bar{X}$	S.D.	t	p-value
ก่อนเรียน	30	7.46	2.50	13.182*	<.05
หลังเรียน	30	16.23	2.15		

(t=13.182*, p<.05)

จากตารางที่ 4 พบว่าคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังใช้หลักสูตร ($\bar{X}$ =16.23) สูงวก่่าก่อนใช้หลักสูตร ($\bar{X}$ =7.46) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ นักเรียนกว่าร้อยละ 90 สามารถผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าหลักสูตรมีประสิทธิภาพในการพัฒนาความรู้ความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับการปลูกกล้วยง

ตารางที่ 5 ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อหลักสูตร

ด้านที่ประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. เนื้อหาของหลักสูตร	4.40	0.50	มาก
2. กิจกรรมการเรียนรู้	4.50	0.45	มากที่สุด
3. สื่อและอุปกรณ์การเรียนรู้	4.35	0.48	มาก
4. ประโยชน์ที่ได้รับจากการเรียนรู้	4.25	0.52	มาก
รวม	4.38	0.49	มาก

จากตารางที่ 5 ความพึงพอใจของนักเรียน ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนชั้น ป.5/3 จำนวน 30 คน ที่มีต่อหลักสูตรวิชาการงานอาชีพเพิ่มเติม “รู้จักง รักกัอง” พบว่านักเรียนมีความพึงพอใจโดยรวมในระดับมาก โดยมีคะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$ =4.38)

ผลการประเมินนี้แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีทัศนคติเชิงบวกต่อการเรียนรู้ตามหลักสูตร ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการสร้างแรงจูงใจและความต่อเนื่องในการเรียนรู้

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยและพัฒนาหลักสูตรวิชาการงานอาชีพเพิ่มเติม “รู้จักง รักกัอง” เพื่อส่งเสริมทักษะอาชีพของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนป่าไม้อุทิศ 4 มีประเด็นสำคัญที่สามารถนำมาอภิปรายและเชื่อมโยงกับแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้วัตถุประสงค์การวิจัย ดังนี้

การบูรณาการภูมิปัญญาท้องถิ่นกับเศรษฐกิจสมัยใหม่ตามแนวทาง BCG Model ผลการศึกษาที่พบว่าชุมชนมีภูมิปัญญาเกี่ยวกับการปลูกกล้วยงสูง แต่ขาดความเชี่ยวชาญด้านการทำหลักสูตร การบันทึกเป็นลายลักษณ์อักษร และขาดทักษะการสื่อการเรียนรู้ สอดคล้องกับแนวคิดการพัฒนาหลักสูตรเพิ่มเติมที่เน้นการนำทรัพยากรและภูมิปัญญาที่มีอยู่ในชุมชนมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด [2] การที่หลักสูตรสามารถพัฒนาขึ้นมาและมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 บ่งชี้ว่าการบูรณาการภูมิปัญญาดั้งเดิมเข้ากับเนื้อหาทางวิชาการที่ทันสมัยเป็นไปได้และมีประสิทธิผล การนำกล้วยงซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจใหม่ภายใต้การปลดล็อกทางกฎหมายมาเป็นแกนหลักของหลักสูตร สะท้อนถึงการประยุกต์ใช้แนวคิดเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว (BCG Model) ที่มุ่งเน้นการสร้างมูลค่าเพิ่มจากทรัพยากรชีวภาพอย่างยั่งยืน [5, 7] การที่นักเรียนได้เรียนรู้การปลูกกล้วยงไม่เพียงแต่ได้รับความรู้ทางวิทยาศาสตร์การเกษตร แต่ยังได้เข้าใจถึงห่วงโซ่คุณค่า

ของพืชชนิดนี้ ตั้งแต่การปลูก การดูแล การเก็บเกี่ยว ไปจนถึงการแปรรูปเบื้องต้น ซึ่งเป็นการเตรียมความพร้อมสำหรับทักษะอาชีพและนำไปสู่เส้นทางอาชีพใหม่ๆ ที่เกิดขึ้นจากอุตสาหกรรมกัญชง [8]

ประสิทธิผลของการออกแบบหลักสูตรโดยใช้รูปแบบของทาบา หลักสูตรที่พัฒนาขึ้นได้รับความเห็นจากผู้เชี่ยวชาญในระดับมากและมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ $E1/E2=83.36/82.00$ แสดงให้เห็นถึงความสำเร็จของการใช้รูปแบบของทาบา ในการออกแบบและพัฒนาหลักสูตรรูปแบบของทาบา [9] ที่เน้นการเริ่มต้นจากการวินิจฉัยความต้องการของผู้เรียนและบริบทของชุมชนเป็นอันดับแรก ทำให้หลักสูตรมีความสอดคล้องกับการใช้ประโยชน์จากศักยภาพของชุมชน ภูมิปัญญาท้องถิ่นเกี่ยวกับกัญชง การดำเนินการตามขั้นตอนของทาบาเป็นระบบ ตั้งแต่การกำหนดวัตถุประสงค์ การเลือกเนื้อหา การจัดกิจกรรม ไปจนถึงการประเมินผล ทำให้มั่นใจได้ว่าหลักสูตรมีคุณภาพและเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด ความเชื่อมโยงระหว่างการเรียนรู้กับบริบทของผู้เรียนและชุมชนยังส่งผลให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายและยั่งยืน [10]

แผนจัดการเรียนรู้ใช้แนวทางการจัดกิจกรรมแบบแผนสอนคิด (Thinking School) ผสมกับขั้นตอนของโครงงานเป็นฐาน (PBL) ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ พฤติกรรมการปฏิบัติงานกลุ่มอยู่ในระดับมากที่สุด และมีความพึงพอใจในระดับมาก ยืนยันถึงประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ การนำแนวคิดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning: PBL) มาใช้ในหลักสูตร [11, 12] ทำให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงในทุกขั้นตอนของการปลูกกัญชง ซึ่งไม่เพียงแต่พัฒนาทักษะความรู้แต่ยังส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหา การคิดวิเคราะห์ และการทำงานร่วมกันเป็นทีม การที่นักเรียนได้วางแผน ลงมือทำ และนำเสนอผลงานด้วยตนเองเป็นการกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้เชิงรุกและพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 [13] นอกจากนี้ การบูรณาการแผนสอนคิด (Thinking School) เข้ามาในกิจกรรมการเรียนรู้ ยังช่วยให้นักเรียนพัฒนาทักษะการคิดอย่างเป็นระบบ การวิเคราะห์ข้อมูล และการตัดสินใจ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญของการเรียนรู้ตลอดชีวิต [14]

การพัฒนาทักษะอาชีพและมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นและพฤติกรรมการทำงานกลุ่มระดับดีมาก สะท้อนว่าหลักสูตรสามารถส่งเสริมทักษะอาชีพได้จริง ทักษะที่ได้ไม่จำกัดเพียงแค่การปลูกกัญชง แต่ยังรวมถึงทักษะการวางแผน การบริหารจัดการ การสังเกต การแก้ปัญหาเฉพาะหน้า และการทำงานร่วมกับผู้อื่น ซึ่งเป็นทักษะที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้หลากหลายอาชีพ การปลูกกัญชงยังเป็นโอกาสในการปลูกฝังคุณลักษณะที่สอดคล้องกับหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง โดยเน้นความพอประมาณ มีเหตุผล และมีภูมิคุ้มกันในการดำเนินชีวิต รวมถึงการใช้ทรัพยากรอย่างรู้คุณค่า และยั่งยืน ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญในการสร้างความมั่นคงในชีวิตและอาชีพ [15]

4. บทสรุป

การพัฒนาหลักสูตรวิชาการงานอาชีพเพิ่มเติม “รู้กัญชง รักกัญชง” สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนป่าไม้เอทิศ 4 บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ผลการวิจัยพบว่าหลักสูตรที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย 4 หน่วยเรียนรู้ 18 แผน ได้รับการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญในระดับมาก และมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ $E1/E2=83.36/82.00$ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 หลักสูตรมีประสิทธิผลอย่างชัดเจน โดยพบว่าทักษะอาชีพ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ พฤติกรรมการปฏิบัติงานกลุ่มอยู่ในระดับมากที่สุด และนักเรียนมีความพึงพอใจในระดับมาก ผลการวิจัยนี้ตอกย้ำถึงความสำคัญของการพัฒนาหลักสูตรเพิ่มเติมที่บูรณาการภูมิปัญญาชุมชนเข้ากับเศรษฐกิจ BCG ส่งเสริมทักษะอาชีพนักเรียนได้อย่างมีนัยสำคัญ

5. กิตติกรรมประกาศ

วิจัยนี้สำเร็จลงได้ด้วยดีด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะ ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการทำวิจัย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

กราบขอบพระคุณ ดร.ศิริภัสสร ชุมภูเทพ ผู้อำนวยการโรงเรียนป่าไม้อุทิศ 4 ที่ให้การสนับสนุนส่งเสริมครูและบุคลากรในสังกัดในการทำผลงานและพัฒนางานวิจัยอย่างต่อเนื่อง

ขอขอบคุณนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5/3 โรงเรียนป่าไม้อุทิศ 4 ปีการศึกษา 2566 ที่ให้ความร่วมมือในการดำเนินการวิจัยเป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดาและทุกคนในครอบครัว ที่ให้ความช่วยเหลือ สนับสนุน และเป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมา คุณค่าและประโยชน์อันเกิดจากงานวิจัยฉบับนี้ ขอมอบเป็นเครื่องบูชาแด่บิดามารดา ครู อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. แผนการศึกษาแห่งชาติ (พ.ศ. 2560–2579). สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, กรุงเทพฯ. 2560.
- [2] กระทรวงศึกษาธิการ. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ. 2551.
- [3] กัลยาณมิตร นรรัตน์พุทธิ. รายงานโครงการส่งเสริมการปลูกกล้วยงบนพื้นที่สูง. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 2562.
- [4] กระทรวงสาธารณสุข. (9 กุมภาพันธ์ 2563). ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง ระบุชื่อยาเสพติดให้โทษในประเภท 5 [ประกาศ เล่ม 139 ตอนพิเศษ 35 ง]. ราชกิจจานุเบกษา.
- [5] สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 (พ.ศ. 2566–2570). สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, กรุงเทพฯ. 2566.
- [6] A.A. Glatthorn. Curriculum leadership: Strategies for development and implementation. Sage Publications. 2012.
- [7] R. Dahl. The bioeconomy: Policy, technology, and economic drivers. Elsevier. 2018.
- [8] M. A., Rehman, et al. Skill-based competency of teacher educators for English language teaching in Pakistan. *International Journal of Innovation, Creativity and Change*, 15(2)(2021), 736–753.
- [9] H. Taba. Curriculum development: Theory and practice. New York, NY: Harcourt, Brace & World. 1962.
- [10] A. C. Ornstein and F. P. Hunkins. Curriculum: Foundations, principles, and issues. 7th ed. Pearson. 2017.
- [11] สุวิทย์ มูลคำ และ อรทัย มูลคำ. การเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. 2545.
- [12] J. W. Thomas. A review of research on project-based learning. San Rafael, CA: The Autodesk Foundation. 2000.
- [13] Partnership for 21st Century Learning. (May 2015). Framework for 21st century learning.
- [14] R. Fisher. Teaching children to learn. 2nd Ed., Cheltenham, UK: Nelson Thornes. 2005.
- [15] สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 พ.ศ. 2550–2554, กรุงเทพฯ. 2550.

การศึกษาประสิทธิภาพของการคัดเศษปลากะตักโดยใช้รูตะแกรงต่างกัน Performance Evaluation of Anchovy Waste Sorting Using Different Sieve Hole

ฐาปกรณ์ นิลวิสุทธิกุล¹ และ นิดา แซ่จ้อง^{2*}

¹ สาขาการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

² สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

*E-mail: nida.s@pnu.ac.th

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยคือเพื่อประเมินประสิทธิภาพของการคัดเศษปลากะตักโดยใช้ตะแกรงที่มีรูต่างรูปทรง เพื่อลดการพึ่งพาแรงงานคนในกระบวนการผลิตปลากะตักตากแห้ง โดยใช้ตัวอย่างปลากะตักจากโรงงานแปรรูปในจังหวัดปัตตานี งานวิจัยเริ่มจากการออกแบบและสร้างเครื่องคัดเศษปลากะตักกึ่งอัตโนมัติ ซึ่งควบคุมการทำงานผ่านแพลตฟอร์มอาร์ดุยโน และสามารถปรับพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้แก่ มุมตะแกรงร่อน มุมแผ่นกั้นของกล่องป้อนปลาและความแรงของมอเตอร์เขย่า ผ่านชุดควบคุมและเซนเซอร์ที่เชื่อมต่อกัน การทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างรูตะแกรงสองแบบได้แก่ รูวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 เซนติเมตร และรูวงรีขนาด 0.5 × 2 เซนติเมตร พบว่ารูวงกลมให้ผลการคัดแยกดีกว่า โดยใช้เวลาเฉลี่ยในการคัดเศษ 83.7±6 วินาที ขณะที่รูวงรีใช้เวลาเฉลี่ย 244±9.5 วินาที เนื่องจากรูวงรีทำให้ปลาติดค้างบ่อย ขณะป้อนปลา นอกจากนี้เครื่องสามารถลดเวลาในการคัดแยกได้ถึง 3 เท่าเมื่อเทียบกับแรงงานคน และให้ผลลัพธ์ที่เสถียรกว่า แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการประยุกต์ใช้ในระดับชุมชนหรือเชิงพาณิชย์ อย่างไรก็ตามรูตะแกรงเป็นเพียงหนึ่งในหลายปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถนะของระบบ งานวิจัยในอนาคตจะศึกษาพารามิเตอร์อื่น ๆ เช่น มุมตะแกรง อัตราการป้อน และความแรงของมอเตอร์เขย่า เพื่อยกระดับประสิทธิภาพของเครื่องให้ดียิ่งขึ้นอย่างเป็นระบบ

คำสำคัญ: เครื่องคัดเศษปลากะตัก รูปทรงรูตะแกรง รูวงรี รูวงกลม อาร์ดุยโน

Abstract

The objective of this research was to evaluate the efficiency of anchovy waste sorting using sieves with different hole shapes, with the goal of reducing reliance on manual labor in dried anchovy production. Anchovy samples were obtained from a processing facility in Pattani Province, Thailand. The study began by designing and developing a semi-automatic waste sorting machine, which was controlled via the Arduino platform. The machine allowed for the adjustment of key parameters, including sieve angle, feed gate angle, and vibration intensity, through an integrated control and sensor system. Two sieve hole shapes were compared: circular holes with a diameter of 0.3 cm and elliptical holes measuring 0.5 × 2 cm. Results showed that the circular holes yielded better performance, with an average sorting time of 83.7±6 seconds, compared to 244±9.5 seconds for elliptical holes. The slower performance of elliptical holes was attributed to a higher tendency of anchovies becoming stuck during

feeding. Additionally, the machine reduced sorting time by up to threefold compared to manual sorting and produced more consistent results, indicating its potential for community-level or commercial application. However, sieve hole shape is only one of several factors affecting system performance. Future research will focus on additional parameters such as sieve angle, feed rate, and vibration intensity to further enhance the machine's efficiency in a systematic manner.

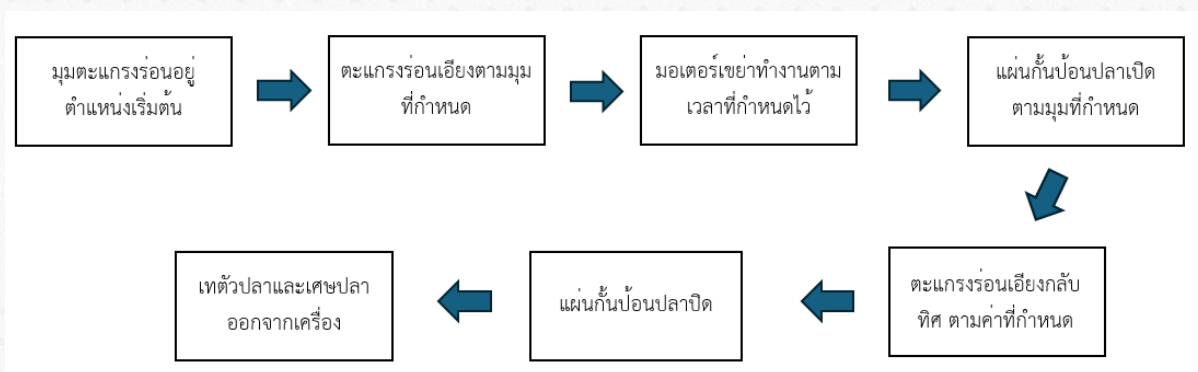
Keywords: Anchovy waste sorting machine, Sieve hole shape, elliptical holes, Circular holes, Arduino

1. บทนำ

หมู่บ้านชาวประมงหลายแห่งตามเส้นทางชายฝั่งทะเลจากอำเภอปะนาเระ ไปจนถึงอำเภอสายบุรี จังหวัดปัตตานี ในเขตตำบลปะเสยะวอ อำเภอสายบุรี มีกลุ่มอาชีพชาวประมงที่นิยมผลิตปลากระดักตากแห้ง ทั้งนี้ความต้องการปลากระดักตากแห้งมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ขณะที่ชาวประมงผู้ผลิตกลับประสบปัญหาการผลิตไม่ทันกับความต้องการของตลาด ปลากระดักเป็นปลาเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย มีราคาสูง เป็นแหล่งโปรตีน และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ใช้เป็นวัตถุดิบในการแปรรูปเป็น ปลาแห้ง ปลาป่น น้ำปลา และบูดู เป็นต้น ปลากระดักจากแหล่งทำการประมงบริเวณชายฝั่งทะเลอันดามันภาคใต้ของประเทศไทยถูกแปรรูปเป็นปลาแห้งในปริมาณมากที่สุด [1] และสามารถจำหน่ายทั้งในประเทศและต่างประเทศ เช่น ประเทศมาเลเซีย บรูไน และสิงคโปร์ โดยมีปริมาณความต้องการเพิ่มขึ้นทุกปี [2] อย่างไรก็ตาม ปัจจัยหนึ่งที่ทำให้กระบวนการผลิตล่าช้าคือ กรรมวิธีการผลิตที่ใช้แรงงานคนเป็นหลัก โดยกระบวนการในการผลิตปลากระดักตากแห้ง เริ่มจากนำปลากระดักมาต้มจนสุก จากนั้นนำปลากระดักมาตากแห้ง แล้วมาเข้าเครื่องผ่าปลาเพื่อแบ่งครึ่งปลาเป็น 2 ชิ้น ถัดมานำปลาที่ผ่านเครื่องผ่ามารวมกันไว้เพื่อคัดเศษปลาที่แตกหักมาร่อนด้วยตะแกรงพลาสติก ซึ่งต้องใช้แรงงานคนในการร่อน สุดท้ายบรรจุใส่ถุง [3] จากการที่ผู้วิจัยลงพื้นที่โรงงานผลิตปลากระดักตากแห้ง ตำบลปะเสยะวอ อำเภอสายบุรี จังหวัดปัตตานี พบว่ากระบวนการคัดเศษปลากระดักต้องใช้แรงงานคนในการร่อนและชั่งน้ำหนัก ทำให้เกิดความล่าช้าในการผลิตปลากระดัก และไม่ถูกสุขลักษณะอีกด้วย ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความจำเป็นในการพัฒนาเครื่องคัดเศษปลากระดักเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตลดการพึ่งพาแรงงาน และยกระดับมาตรฐานสุขอนามัยของผลิตภัณฑ์ปลากระดักแห้ง

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า ประสิทธิภาพการคัดขนาดปลาขึ้นอยู่กับรูปแบบและขนาดรูของตะแกรง รวมถึงลักษณะของเครื่องคัดแยก เอกสิทธิ์ ศรีธรรม และอำนาจ คูตะคุ พัฒนาเครื่องคัดขนาดปลากระดักแห้ง 5 ขนาด โดยใช้ตะแกรงทรงกระบอกที่ปรับองศาและความเร็วรอบได้ พบว่าประสิทธิภาพการคัดแยกแปรผันตามมุมและความเร็วการหมุนของตะแกรง อย่างไรก็ตาม เมื่อมุมเอียงและความเร็วเพิ่มขึ้น เครื่องมีแนวโน้มสึกหรอมากขึ้น และความแม่นยำลดลงจากแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง [1] วีระพล แก้วก่า พัฒนาเครื่องคัดขนาดปลาตุก 4 ขนาด โดยใช้รางคัดขนาดแบบบานออก 4 ช่อง ซึ่งออกแบบตามขนาดของปลาตุก ทั้งความกว้าง ความยาว และความหนาของหัวปลาตุก พบว่าความเอียงที่ 14 องศาให้ความแม่นยำเฉลี่ยสูงสุด [4] นอกจากนี้ ยังมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเครื่องจักรสำหรับคัดแยกวัสดุที่มีขนาดแตกต่างกัน อมรรัตน์ ขาดิษยัน และคณะ ได้ออกแบบเครื่องร่อนทราย ที่มีกลไกการร่อนเป็นการเคลื่อนที่ไปในแนวนอน และตะแกรงลวดมีขนาด 20 และ 30 เมช เพื่อแยกทรายหยาบและทรายละเอียด ซึ่งมีลักษณะทางกายภาพแตกต่างกันอย่างชัดเจน ผลการทดลองพบว่าเครื่องสามารถแยกทรายได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีความแม่นยำ 95.30 เปอร์เซ็นต์ สำหรับทรายหยาบ และ 85.76 เปอร์เซ็นต์ สำหรับทรายละเอียด อีกทั้งยังใช้เวลาน้อยกว่าการร่อนด้วยแรงงานคน [5] งานวิจัยดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงแนวทางการประยุกต์ใช้กลไกเครื่องจักรและระบบตะแกรงในการคัดแยกวัสดุที่มีขนาดต่างกัน ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการคัดเศษปลากระดักที่มีขนาดและความสมบูรณ์แตกต่างกันในกระบวนการแปรรูปได้อย่างมีประสิทธิภาพเช่นกัน

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่ายังไม่มีงานวิจัยที่มุ่งเน้นการคัดเศษปลากะตัก ทั้งยังขาดการประเมินผลกระทบของรูปแบบและขนาดรูตะแกรงที่แตกต่างกันต่อประสิทธิภาพในการคัดแยก รวมถึงยังไม่มีการศึกษาที่เปรียบเทียบเวลาและความแม่นยำระหว่างการใช้เครื่องจักรกับแรงงานคนในการคัดเศษปลากะตักโดยตรง ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาเครื่องคัดเศษปลากะตัก ที่สามารถควบคุมการทำงานด้วยระบบกึ่งอัตโนมัติ พร้อมทั้งศึกษาประสิทธิภาพของการคัดแยกโดยใช้ตะแกรงที่มีลักษณะรูต่างกัน เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการแยกเศษปลากะตัก หลักการทำงานของเครื่องคัดเศษปลากะตักแสดงดังภาพที่ 1 เริ่มจากมอเตอร์จะทำงานอยู่ตำแหน่งเริ่มต้น ที่มุม 0 องศา (เทียบกับแนวระนาบ) จากนั้นตะแกรงร่อนจะเอียงตามมุมที่กำหนดไว้ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino) จะรับข้อมูลมุมเอียงจากเซนเซอร์ไจโรสโคป และสั่งให้ลิเนียร์มอเตอร์หยุดทำงานเมื่อได้มุมตามเงื่อนไข ขั้นที่สามมอเตอร์เขย่าเริ่มทำงานตามเวลาที่กำหนด ขั้นที่สี่แผ่นกั้นของกล่องป้อนปลาจะเปิดออกในช่วงเวลาที่กำหนด โดยสามารถตั้งค่ามุมการเปิดเพื่อควบคุมอัตราการไหลของปลากะตักแห้ง ขั้นที่ห้าลิเนียร์มอเตอร์จะหยุดกลับ ทำให้ตะแกรงร่อนเอียงไปยังทิศทางตรงข้ามกับขั้นตอนที่ 2 เพื่อช่วยให้เศษปลาถูกแยกออกอย่างสมบูรณ์ ขั้นที่หกแผ่นกั้นของกล่องป้อนปลาจะปิด ขั้นสุดท้ายเทตัวปลาและเศษออกจากเครื่อง โดยตัวปลากะตักจะถูกเทออกที่ช่องบนสุดของเครื่อง และเศษปลาที่แตกหักจะตกลงบนถาดด้านล่าง



ภาพที่ 1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องคัดเศษปลากะตัก

2. วิธีการวิจัย

2.1 การออกแบบและสร้างโครงสร้างของเครื่องคัดเศษปลากะตัก

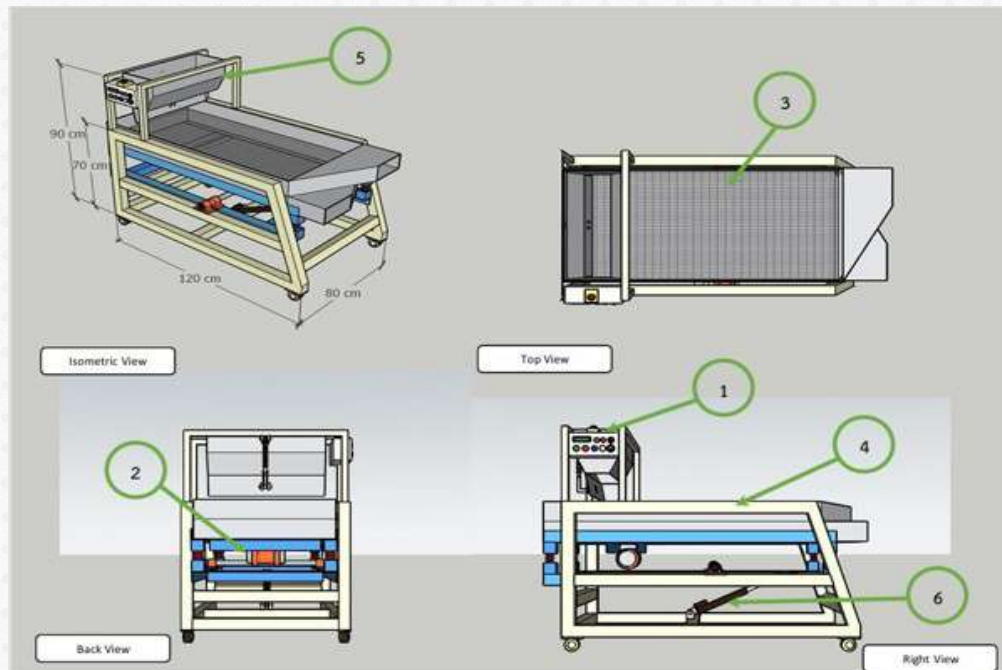
เกณฑ์สำคัญในการออกแบบเครื่องคัดเศษปลากะตักคือ มีขนาดกะทัดรัด กลไกการทำงานง่าย และสามารถปรับระดับมุมเอียงของตะแกรงร่อนได้ ชุดโครงสร้างประกอบด้วย 1) กล่องควบคุม 2) มอเตอร์เขย่า 3) ตะแกรงร่อนสแตนเลส 4) ฐานเครื่อง 5) กล่องป้อนปลา และ 6) ลิเนียร์มอเตอร์ แสดงดังภาพที่ 2

2.2 การออกแบบและสร้างวงจรควบคุมการทำงานของเครื่อง

ในส่วนของการออกแบบวงจรควบคุมการทำงานของอุปกรณ์แสดงดังภาพที่ 3 ซึ่งเป็นการจัดวางอุปกรณ์ให้เหมาะสม รวมถึงการต่อสายไฟเชื่อมระหว่างตัวอุปกรณ์ จำนวนอุปกรณ์ที่ใช้มีทั้งสิ้น 9 ชนิด ประกอบด้วย 1) Node MCU ESP32 เป็นตัวประมวลผล 2) โปเทนชิโอมิเตอร์ (Potentiometer) 3) รีเลย์ 3 ตัว เป็นแบบ 2 ช่อง 5V 4) ไฟลัดแสงจำนวน 2 หลอด เพื่อแสดงสถานะการทำงานของเครื่องคัดเศษปลากะตัก 5) จอ LCD ในการแสดงผล 6) สวิตช์ปุ่มกด (Push Button Switch) 7) ปุ่มไฟฉุกเฉิน 8) Switching Power Supply 12V 33A และ 9) ไจโรสโคป วงจรไฟฟ้าของกล่องควบคุมการทำงานของเครื่องคัดเศษปลากะตักแสดงดังภาพที่ 3

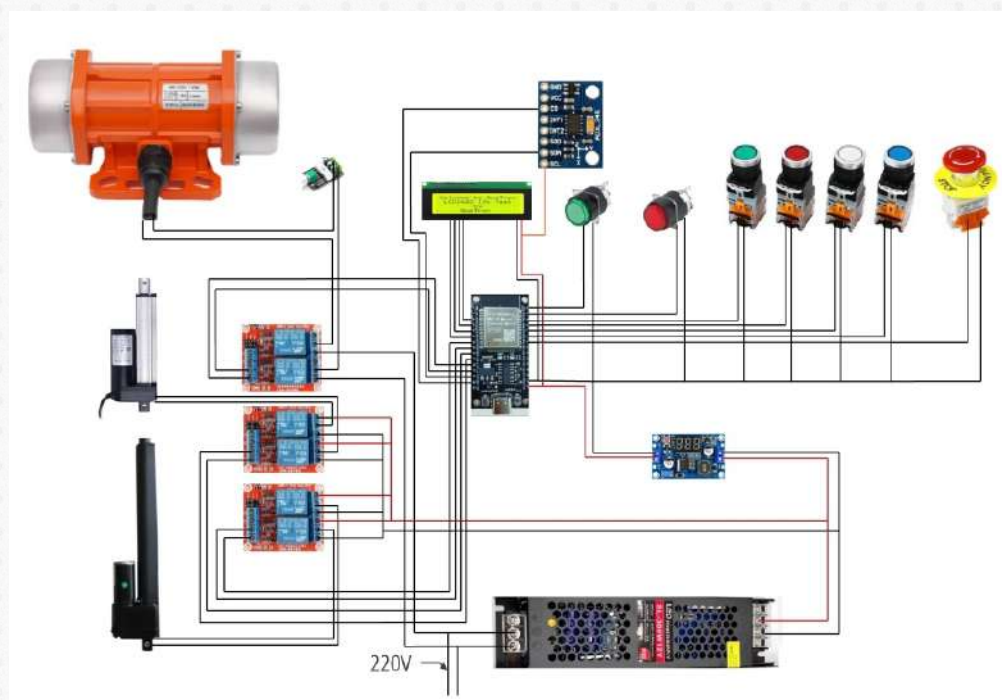
ผังงานการทำงานของเครื่องคัดเศษปลากะตักแสดงดังภาพที่ 4 เริ่มจากปรับมุมตะแกรงร่อนที่มุม 0 องศา เทียบกับแนวระนาบ ขั้นที่สองปรับมุมตะแกรงร่อนไปที่ 25 องศา โดยไจโรสโคปส่งค่ามุมไปยังอาร์ดูอโน ซึ่งควบคุมการทำงานของลิเนียร์มอเตอร์ จนได้ตามมุมที่ตั้งไว้ ตะแกรงร่อนจะหยุดค้างตามเวลาที่กำหนด ขั้นที่สามมอเตอร์เขย่าเริ่มทำงาน โดยติดตั้งได้

ตะแกรงร่อน เพื่อช่วยในการคัดเศษ ชั้นที่สี่แผ่นเปิดแผ่นกั้นกล่องป้อนปลา เพื่อควบคุมอัตราการไหลของปลาจะตกให้ตกบนตะแกรงร่อน ชั้นที่ห้าลิเนียร์มอเตอร์หดรัดกลับ เพื่อตะแกรงร่อนเอียงกลับไปมุม 0 องศา ซึ่งคล้ายกับหลักการของไม้กระดก ชั้นที่หกปิดแผ่นกั้นกล่องป้อนปลาจะปิด ชั้นสุดท้ายเทตัวปลาและเศษออกจากเครื่อง โดยตัวปลาจะตกจะถูกเทออกที่ช่องบนสุดของเครื่อง และเศษปลาที่แตกหักจะตกลงบนถาดด้านล่าง

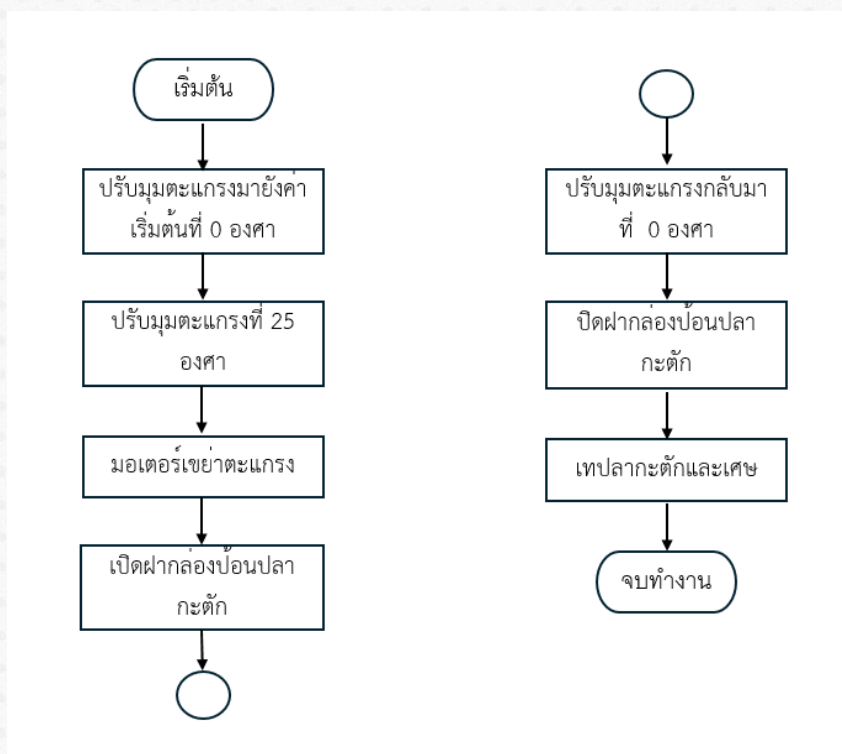


ภาพที่ 2 แบบโครงสร้างเครื่องคัดเศษปลาจะตกมุมมองสามมิติ ประกอบด้วย

(1) กล่องควบคุม (2) มอเตอร์เขย่า (3) ตะแกรงร่อนสแตนเลส (4) ฐานเครื่อง (5) กล่องป้อนปลา และ (6) ลิเนียร์มอเตอร์



ภาพที่ 3 วงจรควบคุมการทำงานของเครื่องคัดเศษปลาจะตก



ภาพที่ 4 ผังงานการทำงานของเครื่องคัดเศษพลาสติก

2.3 การออกแบบตะแกรงคัดเศษพลาสติก

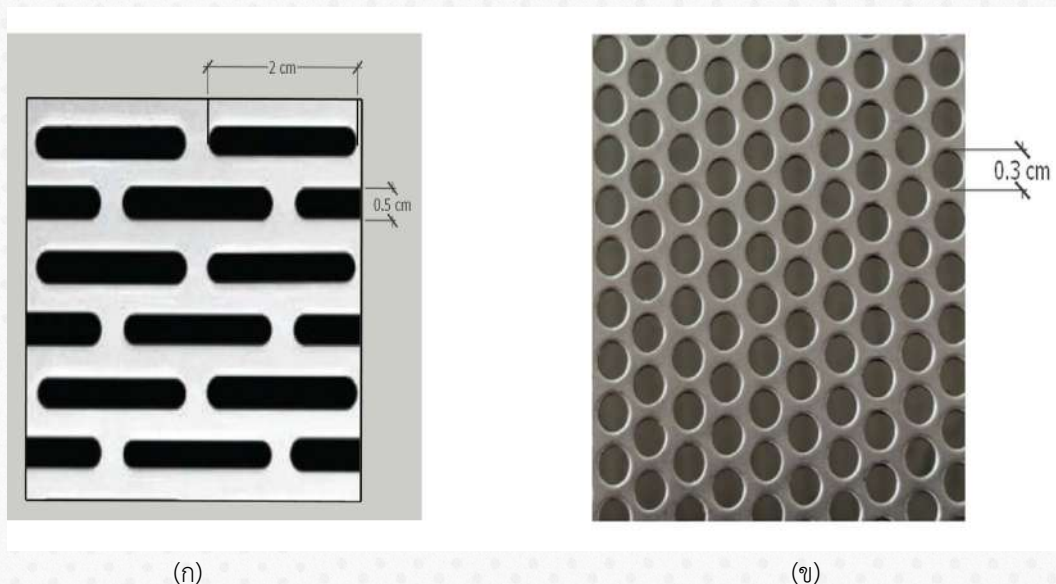
ตะแกรงคัดเศษพลาสติกมีหน้าที่แยกเศษพลาสติกที่แตกหักออกจากพลาสติกที่สมบูรณ์ จากการลงพื้นที่สำรวจที่ตำบลปะเสียว อำเภอสายบุรี จังหวัดปัตตานี พบว่าโรงงานที่ผลิตยังใช้แรงงานคนในการคัดเศษพลาสติก โดยใช้ตะกร้าพลาสติกทรงสี่เหลี่ยมที่มีรูสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด กว้าง 0.7 เซนติเมตร และ ยาว 2 เซนติเมตร แสดงดังภาพที่ 5 สำหรับพลาสติกในพื้นที่ดังกล่าวมีความยาวเฉลี่ยระหว่าง 4–5.5 เซนติเมตร แสดงดังภาพที่ 6 จากข้อมูลนี้ ผู้วิจัยจึงออกแบบตะแกรงใหม่เพื่อให้เหมาะกับลักษณะพลาสติกในพื้นที่ โดยเลือกใช้ตะแกรงสแตนเลส เบอร์ 304 ที่มีรูวงรี กว้าง 0.5 เซนติเมตร และยาว 2 เซนติเมตร แสดงดังภาพที่ 7(ก) เปรียบเทียบกับ ตะแกรงรูวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 เซนติเมตร ซึ่งเป็นแบบมาตรฐานที่หาได้ทั่วไปในท้องตลาด แสดงดังภาพที่ 7(ข)



ภาพที่ 5 วิธีคัดเศษพลาสติกที่ใช้อยู่



ภาพที่ 6 ขนาดปลากะตักตากแห้ง ตำบลปะเสยะวอ อำเภอสายบุรี จังหวัดปัตตานี



(ก)

(ข)

ภาพที่ 7 ลักษณะรูตะแกรงคัดเศษปลา ก) รูวงรี ข) รูวงกลม

2.4 การเก็บข้อมูล

เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องคัดเศษปลากะตักที่มีรูตะแกรงต่างกัน คือรูวงรีและรูวงกลม ผู้วิจัยได้ตั้งค่าการทดลองให้เหมือนกันทุกครั้ง ดังนี้ 1) ใช้ปลากะตักแห้งหนัก 7 กิโลกรัม 2) เปิดแผ่นกั้นกล่องป้อนปลา ให้ทำมุม 50 องศา กับแนวระนาบ เพื่อควบคุมความเร็วในการไหลของปลากะตัก 3) ตั้งมุมตะแกรงร้อนที่ 25 องศา เทียบกับแนวระนาบ และ 4) ปรับระดับความแรงของมอเตอร์เขย่าเท่ากับ 60 (แรงสั่นมาก ความถี่ต่ำ) จากนั้นบันทึกเวลาในการคัดเศษ โดยทดลองทั้งหมด 3 ครั้ง ต่อรูปแบบของรูตะแกรงร้อน เพื่อความเที่ยงตรงในการเปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างตะแกรงร้อนที่มีรูวงรีและรูวงกลม

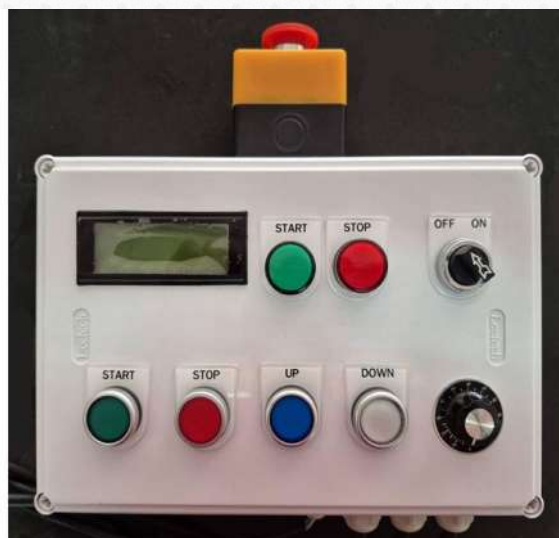
3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 เครื่องัดพิเศษปลากะตักและกล่องควบคุม

เครื่องัดพิเศษปลากะตัก ประกอบด้วยส่วนโครงสร้างหลักและกล่องควบคุมการทำงานของระบบ ซึ่งแสดงในภาพที่ 8(ก) และ 8(ข) ตามลำดับ ตัวเครื่องสามารถควบคุมการทำงานได้แบบอัตโนมัติ โดยผู้ใช้งานสามารถสั่งงานผ่าน ปุ่มควบคุมที่ติดตั้งบนกล่องควบคุม ได้แก่ ปุ่ม START สำหรับเริ่มการทำงาน ปุ่ม STOP สำหรับหยุดการทำงาน ปุ่ม UP และ DOWN สำหรับเพิ่มหรือลดระยะเวลาทำงานของระบบตามต้องการ นอกจากนี้เครื่องยังสามารถปรับระดับความแรงของมอเตอร์เขย่าได้อย่างแม่นยำผ่านโพเทนซิโอมิเตอร์แบบหมุน ขนาด 10 กิโลโอห์ม ซึ่งควบคุมแรงสั่นสะเทือนให้เหมาะสมกับประเภทของตะแกรงร่อนหรือสภาพของปลากะตักที่ป้อนเข้าเครื่อง เพื่อความสะดวกในการตรวจสอบสถานะการทำงานของเครื่อง ผู้ใช้งานสามารถดูข้อมูลผ่านจอแสดงผลแบบ LCD และ ไฟแสดงสถานะ (Pilot Lamp) ที่จะแสดงผลในขณะที่เครื่องทำงาน นอกจากนี้ ยังมีการติดตั้งปุ่มหยุดฉุกเฉิน (Emergency Stop) สำหรับใช้ในกรณีเกิดเหตุขัดข้องหรือความปลอดภัย โดยสามารถหยุดการทำงานของเครื่องได้ทันที กลไกทั้งหมดได้รับการออกแบบให้ใช้งานง่ายและปลอดภัย รองรับการปรับแต่งค่าต่าง ๆ เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานจริงในการคัดพิเศษปลากะตัก



(ก)



(ข)

ภาพที่ 8 เครื่องัดพิเศษปลากะตัก (ก) โครงสร้าง (ข) กล่องควบคุม

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ต่าง ๆ ของเครื่องัดพิเศษปลากะตัก

พารามิเตอร์	ค่าน้อยที่สุด	ค่ามากที่สุด
มุมเปิดแผ่นกั้นกล่องป้อนปลา	0 องศา	50 องศา
มุมตะแกรงร่อน	0 องศา	25 องศา
ความแรงของมอเตอร์เขย่า	0	100

จากตารางที่ 1 แสดงค่าพารามิเตอร์ที่สามารถปรับได้ของเครื่องัดพิเศษปลากะตัก ได้แก่ มุมเปิดของแผ่นกั้นของกล่องป้อนปลา มุมเอียงของตะแกรงร่อน และระดับความแรงของมอเตอร์เขย่า โดยแต่ละพารามิเตอร์มีขอบเขตการปรับค่าดังนี้
1) มุมเปิดแผ่นกั้นของกล่องป้อนปลา สามารถปรับได้ตั้งแต่ 0 ถึง 50 องศา เพื่อควบคุมอัตราการไหลของปลากะตัก

2) มุมเอียงของตะแกรงร่อน สามารถปรับได้ตั้งแต่ 0 ถึง 25 องศา ในการทดลองนี้ปรับมุมเอียงของตะแกรงร่อนที่ 25 องศา แสดงดังภาพที่ 9 3) ความแรงของมอเตอร์เขย่า ปรับค่าได้ตั้งแต่ 0 ถึง 100 โดยค่า 0 หมายถึง แรงเขย่าต่ำ แต่มีความถี่ การเขย่าสูง และค่า 100 หมายถึง แรงเขย่าสูง แต่ความถี่การเขย่าต่ำ



ภาพที่ 9 มุมตะแกรงร่อนที่ 25 องศา เทียบกับแนวระนาบ

3.2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของการคัดเศษปลากะตักของรูตะแกรง 2 แบบ

ตารางที่ 2 แสดงเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการคัดเศษปลากะตัก โดยเปรียบเทียบระหว่างตะแกรงร่อนที่มีรูวงรีและรู วงกลม จากผลการทดลองพบว่า ตะแกรงร่อนรูวงกลมมีประสิทธิภาพดีกว่า โดยใช้เวลาเฉลี่ยในการคัดเศษเพียง 83.7 วินาที ขณะที่ตะแกรงร่อนรูวงรีใช้เวลาเฉลี่ย 244 วินาที ซึ่งมากกว่าถึงประมาณ สามเท่า สาเหตุที่ตะแกรงร่อนรูวงรีใช้เวลานานกว่า เนื่องมาจาก ปลากะตักติดค้างในรูตะแกรงขณะป้อน ทำให้การคัดเศษปลาช้าลง อีกทั้งขนาดของรูวงรีที่ออกแบบไว้ อาจไม่ เหมาะสมกับขนาดเฉลี่ยของปลาในพื้นที่ ส่งผลให้การแยกเศษทำได้ไม่ต่อเนื่อง ในด้านเสถียรภาพของการทำงาน วิเคราะห์ จากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) พบว่า ตะแกรงรูวงกลมมีความสม่ำเสมอมากกว่า โดยมีค่าเบี่ยงเบน มาตรฐานเท่ากับ 6.0 ขณะที่รูวงรีมีค่าเท่ากับ 9.5 สะท้อนถึงความแปรปรวนที่สูงกว่า ซึ่งสอดคล้องกับปัญหาการติดค้าง ของปลาในตะแกรงรูที่กล่าวไว้ข้างต้น

ตารางที่ 2 เวลาที่ใช้ในการคัดเศษปลากะตักตามตะแกรงร่อนที่มีรูปทรงของรูวงรีและรูวงกลม

รูตะแกรงร่อน	เวลาที่ใช้ในการคัดเศษปลากะตัก (วินาที)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย±SD
แบบวงรี	243	235	254	244±9.5
แบบวงกลม	78	90	83	83.7±6

3.3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของการคัดเศษปลากะตักของเครื่องเทียบกับคน

ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบเวลาในการคัดเศษปลากะตักระหว่างการใช้อุปกรณ์คัดเศษปลากะตักที่มีตะแกรง ร่อนรูวงกลม กับการใช้แรงงานคน ผลการทดลองพบว่า เครื่องคัดเศษปลากะตักใช้เวลาเฉลี่ย 83.7 ± 6 วินาที ขณะที่

แรงงานคนใช้เวลาเฉลี่ย 263.3 ± 18 วินาที จากการเปรียบเทียบพบว่า เครื่องคัดเศษปลากะตักสามารถลดระยะเวลาในการทำงานได้มากถึงประมาณ 68 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับแรงงานคน นอกจากนี้ยังพบว่า ความแปรปรวนของเวลาในการทำงานของเครื่องน้อยกว่าของแรงงานคนอย่างชัดเจน ซึ่งสะท้อนถึงความเที่ยงตรงและเสถียรภาพของระบบเครื่องจักรที่มากกว่า เมื่อดำเนินการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการทดสอบสมมติฐานพบว่า ความแตกต่างของเวลาเฉลี่ยระหว่างทั้งสองกลุ่มมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$) แสดงว่า การใช้เครื่องคัดเศษปลากะตักให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่าอย่างมีนัยสำคัญทั้งในแง่ความรวดเร็วและความสม่ำเสมอ

ตารางที่ 3 เวลาในการคัดเศษปลากะตักระหว่างการใช้เครื่องคัดเศษปลากะตักที่มีตะแกรงร่อนรูวงกลม กับการใช้แรงงานคน

รูปแบบ	เวลาในการคัดเศษปลากะตัก (วินาที)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD
เครื่องคัดเศษปลากะตัก	78	90	83	83.7 $\pm$ 6
แรงงานคน	282	262	246	263.3 $\pm$ 18

4. บทสรุป

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพของเครื่องคัดเศษปลากะตักกึ่งอัตโนมัติ โดยเครื่องต้นแบบได้รับการออกแบบและสร้างขึ้นพร้อมระบบควบคุมผ่านแพลตฟอร์มอาร์ดิวโน ซึ่งสามารถควบคุมการทำงานผ่านปุ่มสั่งงาน ได้แก่ ปุ่มเริ่ม/หยุด และปรับระยะเวลา รวมถึงสามารถปรับค่าพารามิเตอร์สำคัญได้ เช่น มุมเปิดฝาแผ่นกั้นกล่องป้อนปลา มุมตะแกรงร่อน และความแรงของมอเตอร์เขย่า ทั้งนี้สถานะของเครื่องแสดงผลผ่านจอ LCD และไฟแสดงสถานะเพื่อความสะดวกในการใช้งาน

การทดลองประเมินประสิทธิภาพของเครื่องดำเนินการโดยเปรียบเทียบรูปทรงของรูตะแกรง 2 แบบ ได้แก่ รูวงรี และรูวงกลม ภายใต้เงื่อนไขที่ควบคุมค่าตัวแปรต้นประกอบด้วย น้ำหนักปลากะตัก อัตราการป้อนปลา มุมตะแกรงร่อน และความแรงของมอเตอร์เขย่า ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า รูวงกลมให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าในด้านของระยะเวลาที่ใช้ในการคัดเศษปลากะตัก และมีค่าความแปรปรวนน้อยกว่า เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของรูวงรีซึ่งเอื้อต่อการติดขัดของปลาขณะป้อนเข้าสู่ตะแกรงร่อน เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้แรงงานคน เครื่องคัดเศษปลากะตักสามารถลดระยะเวลาในการทำงานได้ถึงสามเท่า และให้ความแม่นยำในการคัดเศษปลากะตักที่เสถียรมากกว่าอย่างชัดเจน ซึ่งสะท้อนถึงศักยภาพของระบบกลไกในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตในอุตสาหกรรมอาหารทะเล

อย่างไรก็ตาม ลักษณะของรูตะแกรงร่อนเป็นเพียงหนึ่งในหลายปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของเครื่อง ดังนั้นในงานวิจัยต่อไป จะเน้นการปรับค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องอย่างเป็นระบบ เพื่อหาจุดที่เหมาะสมที่สุดในการทำงาน โดยจะพิจารณาทั้งระยะเวลาที่ใช้ และความแม่นยำของการคัดเศษเป็นหลักเกณฑ์ เพื่อให้เครื่องต้นแบบสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในระดับอุตสาหกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับความสนับสนุนจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำงานวิจัย ผู้วิจัยขอขอบคุณ นางสาวฮาบี๊ะ กาเซ็ง โรงงานผลิตปลากะตักตากแห้ง ตำบลปะเสยะวอ อำเภอสายบุรี จังหวัดปัตตานี ที่ให้คำชี้แนะด้านกระบวนการคัดเศษปลากะตัก คุณมุฮัมหมัดอัสมิน แม่ฮูมา และ คุณยศพงศ์ หุยังหนา ที่ช่วยแก้ปัญหาและอุปสรรคด้านระบบควบคุมเครื่องคัดเศษปลากะตัก

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] เอกสิทธิ์ ศรีธรรม, และ อำนาจ คูตะคุ. การออกแบบและพัฒนาเครื่องคัดขนาดปลากระดี่แห้ง. รายงานสืบเนื่องการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 56, กรุงเทพมหานคร, 2561. 499-506.
- [2] พรเพ็ญ อาสนศักดิ์, สุธาสินี คงทอง, และ สุภาจิต ชุกกลิ่น. การใช้ประโยชน์จากวัสดุเศษเหลือหั่วปลากระดี่เสริม โปรตีน และแคลเซียมในผลิตภัณฑ์อาหาร. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย, 13(2564), 201-215
- [3] ณัฏฐ์ เพิ่มพูลสมบัติ และดาริณ ชูขวัญชาญณรงค์. การสำรวจคุณภาพและกระบวนการผลิตปลากระดี่ตากแห้งในจังหวัดภาคใต้ตอนบน. กองตรวจสอบคุณภาพสินค้าประมง กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 4(2564). 9-11.
- [4] วีระพล แก้วก่า. การพัฒนาเครื่องคัดขนาดปลาตาก. รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 27, ชลบุรี, 2556.
- [5] อมรรัตน์ ขาดิขยัน, ชาพร บุญประคม, สถาพร สุภาพงศ์, และ ณัฏฐ์วุฒิ อริยะจินโณ. การออกแบบและพัฒนาเครื่องร่อนทราย. รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมครั้งที่ 3, เลย, 2564. 605-611.

การพัฒนาวัสดุดูดซับจากลูกหูกวาง เพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์มาร์คหน้า Development of an Adsorbent from *Tropical Almond Seed* for Facial Mask Products

รัชกฤษ ปัทมโสภาสกุล^{1*} และ อรจิรา อารักษ์สกุลวงศ์¹

¹ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

*E-mail: ratchakrich.p@rsu.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์มาร์คหน้าด้วยการใช้ถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้จากลูกหูกวางเป็นส่วนประกอบ การเตรียมผงถ่านคาร์บอนซีได้จากการเผาลูกหูกวางที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาที จากนั้นกระตุ้นให้เป็นถ่านกัมมันต์ด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้นร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก อัตราส่วน 1:3 (ผงถ่าน:สารละลายกรดซัลฟิวริก) ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 180 นาที ทำการทดสอบความเป็นรูพรุนของผงถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้ด้วยวิธีดูดซับ ไอโอดีน เมทิลีนบลู และวิธีบีรว์เลอร์เอ็มเมทเทลเลอร์ (BET) ตามลำดับ พบว่าพื้นที่ผิวสัมผัสของถ่านที่กระตุ้นด้วย กรดซัลฟิวริกมีค่า BET เท่ากับ 272.9240 กรัมต่อตารางเมตร ซึ่งสูงกว่าถ่านคาร์บอนซีที่มีค่าเท่ากับ 11.9240 และถ่านกัมมันต์ จากลูกหูกวางยังแสดงคุณสมบัติของการดูดซับไขมันได้ร้อยละ 87.91 ซึ่งดีกว่าคาโอลินที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง ทั่วไปที่แสดงคุณสมบัติของการดูดซับไขมันได้ร้อยละ 86.60 จากนั้นทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับไขมันบนผิวหนัง จากผลิตภัณฑ์ผงมาร์คหน้าที่ผสมถ่านกัมมันต์และผลิตภัณฑ์ผงมาร์คหน้าที่ผสมคาโอลิน ในอาสาสมัครจำนวน 20 คน โดยใช้ เครื่อง Triplesense พบว่าประสิทธิภาพในการดูดซับความมันบนผิวหนังของทั้งสองผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และจากการสำรวจความพึงพอใจของอาสาสมัครต่อผลิตภัณฑ์ผงมาร์คหน้าที่มีส่วนผสมของผงถ่านกัมมันต์ และผลิตภัณฑ์ มาร์คหน้าที่มีส่วนผสมของคาโอลิน พบว่า ความพึงพอใจของทั้ง 2 ผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าเฉลี่ย ของความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์โดยรวมอยู่ระดับดีมาก (4.8/5.00) ดังนั้นจากผลการศึกษาสามารถเพิ่มมูลค่าให้แก่วัสดุเหลือ ทั้งทางการเกษตร เพื่อนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางได้ในอนาคต

คำสำคัญ: ลูกหูกวาง ดูดซับ มาร์คหน้า ถ่านกัมมันต์

Abstract

This study explores the development of a facial mask product incorporating activated carbon derived from *tropical almond seed*. The carbonized powder was prepared by pyrolysis process of *tropical almond seed* at 500 degrees Celsius for 120 minutes. Subsequently, this carbonized material was activated using 50 %w/w concentrated sulfuric acid at a 1:3 ratio (carbonize powder: sulfuric acid solution) at 500 degrees Celsius for 180 minutes. The porosity of the prepared activated carbon was characterized using iodine adsorption, methylene blue adsorption, and Brunauer–Emmett–Teller (BET) analysis. The BET

surface area of the sulfuric acid-activated carbon was found to be 272.9240 m²/g, significantly higher than that of the carbonized powder (11.9240 m²/g). Additionally, the prepared activated carbon exhibited an excellent oil absorption capacity of 87.91%, which outperformed kaolin, a commonly used cosmetic ingredient, which absorbed 86.60% of oil. Twenty volunteers participated in the evaluate the oil absorption efficacy on the skin of a facial mask powder containing activated carbon, and a Triplesense device was used for measurements. The results indicated no significant difference in skin oil absorption efficacy between a facial mask powder containing activated carbon versus one containing kaolin. Furthermore, a satisfaction survey was conducted among the volunteers to compare the two facial mask products. The findings revealed no significant difference in overall satisfaction between the two products, with an average overall satisfaction score of "very good" (4.8/5.00). Therefore, the findings of this study suggest that agricultural waste materials such as *tropical almond seed* can be effectively utilized as a value-added raw material in the cosmetics industry in the future.

Keywords: tropical almond seed, absorption, facial mask, activated carbon

1. บทนำ

ถ่านกัมมันต์ (Activated carbon) เป็นวัสดุดูดซับที่มีประสิทธิภาพสูง ซึ่งเกิดจากกระบวนการกระตุ้นคาร์บอนด้วยวิธีเฉพาะ ทำให้เกิดโครงสร้างที่มีรูพรุนจำนวนมาก [1] ส่งผลให้มีพื้นที่ผิวสัมผัสที่กว้าง โดยทั่วไปสามารถมีค่าพื้นที่ผิวสูงถึง 600–2,000 ตารางเมตรต่อกรัม วัสดุธรรมชาติหลากหลายชนิดสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตถ่านกัมมันต์ได้ เช่น ไม้ กะลามะพร้าว ชังข้าวโพด และวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรอื่น ๆ ทั้งนี้สามารถผลิตได้โดยวิธีทางกายภาพหรือทางเคมี ซึ่งแต่ละวิธีมุ่งเน้นการปรับโครงสร้างของคาร์บอนให้เหมาะสมต่อการดูดซับสารต่าง ๆ [2, 3]

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีวัสดุเหลือทิ้งเป็นจำนวนมาก หนึ่งในนั้นคือลูกหูกวาง (*tropical almond seed*) ซึ่งมักร่วงหล่นตามฤดูกาลและถูกทิ้งให้เน่าเสียหรือถูกเผาทำลายโดยไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์ [3, 4] นอกจากจะทำให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมแล้ว ยังส่งกลิ่นเหม็นจากการย่อยสลายทางธรรมชาติ และอาจกลายเป็นแหล่งเพาะพันธุ์เชื้อโรค งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาการนำลูกหูกวางมาเพิ่มมูลค่าด้วยการแปรรูปเป็นถ่านกัมมันต์ เพื่อใช้เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง [5]

ในปัจจุบัน "สิว" เป็นปัญหาผิวหนังที่พบได้ทั่วไปในทุกเพศทุกวัย สาเหตุหลักเกิดจากความผิดปกติของต่อมไขมันใต้ผิวหนังซึ่งผลิตไขมันส่วนเกิน [6] จนนำไปสู่การอุดตันของรูขุมขนและการสะสมของสิ่งสกปรก ผลิตภัณฑ์มาส์กหน้าจึงได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีคุณสมบัติในการทำมาส์กหน้า ช่วยดูดซับไขมันและสิ่งสกปรก รวมถึงลดการเกิดสิว [7, 8] ด้วยเหตุนี้ งานวิจัยฉบับนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์มาส์กหน้าที่ใช้ถ่านกัมมันต์จากลูกหูกวางเป็นสารดูดซับหลัก โดยเน้นศึกษากระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์ การประเมินสมบัติทางกายภาพและเคมีที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการดูดซับ ตลอดจนเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับสารดูดซับที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง เพื่อประเมินศักยภาพในการใช้เป็นวัตถุดิบทางเลือกที่มีต้นทุนต่ำ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และตอบโจทย์ทางด้านเครื่องสำอางได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 การศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตผงถ่านคาร์บอนจากลูกหูกวาง

2.1.1 นำลูกหูกวางมาล้างทำความสะอาดแล้วนำไปตากแห้งเป็นเวลา 1 วัน หลังจากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 120 นาที

2.1.2 ชั่งลูกหูกวางที่ได้จากข้อ 2.1.1 ปริมาณ 20 กรัม ใส่ภาชนะสแตนเลสทั้งหมด 9 ชุดการทดลอง จากนั้นนำไปเผาด้วยเตาไฟฟ้า (Furnace, Lenton PO BOX 2031) ภายใต้สภาวะการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ที่อุณหภูมิ 300 400 และ 500 องศาเซลเซียส และกำหนดระยะเวลาในการเผาเป็น 60 120 และ 180 นาที

2.1.3 เมื่อเผาจนครบกำหนดเวลาแล้วนำลูกหูกวางออกจากเตาเผา ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จะได้ถ่านจากลูกหูกวาง จากนั้นนำไปบดให้ละเอียด สังเกตลักษณะทางกายภาพของถ่านที่ได้ และคำนวณหาร้อยละผลผลิตที่ได้

2.2 การผลิตถ่านกัมมันต์จากลูกหูกวาง โดยการกระตุ้นด้วยกรดซัลฟิวริก

2.2.1 นำผงถ่านที่ได้จากการเผาไหม้ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 120 นาที บดให้ละเอียด และร่อนคัดขนาดให้มีขนาด 200 เมช

2.2.2 นำผงถ่านผสมกับสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้นร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก ในอัตราส่วนของผงถ่านต่อสารละลายกรดซัลฟิวริกเป็น 1 : 3 (น้ำหนัก : น้ำหนัก) ผสมให้เข้ากันในครุชชีเบล

2.2.3 นำครุชชีเบลที่บรรจุสารผสมของผงถ่านและสารละลายกรดซัลฟิวริกไปเผาไหม้ในเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 180 นาที แล้วทิ้งให้เย็นในเตาเผาผงถ่านคาร์บอนซึ่งจะถูกเปลี่ยนเป็นถ่านกัมมันต์

2.2.4 นำถ่านกัมมันต์มาล้างด้วยน้ำร้อนและทำให้เป็นกลางโดยใช้โซเดียมคาร์บอเนตเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก จากนั้นล้างด้วยน้ำร้อนหลาย ๆ ครั้ง จนถ่านกัมมันต์มีสมบัติเป็นกลาง แล้วจึงนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 120 นาที

2.2.5 นำถ่านกัมมันต์ที่ได้มาบดให้ละเอียด และนำไปร่อนคัดขนาดให้มีขนาด 200 เมช

2.2.6 วิเคราะห์ค่าการดูดซับของถ่านกัมมันต์ที่ได้ด้วยวิธีไอโอดีนัมเบอร์และวิธีเมธิลีนบลูรัมเบอร์ จากนั้นวิเคราะห์หาพื้นที่ผิวสัมผัสและการกระจายตัวของถ่านกัมมันต์ด้วยเครื่องวิเคราะห์หาพื้นที่ผิวจำเพาะด้วยวิธี BET (Bet surface area analysis)

2.3 การทดสอบประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์โดยการดูดซับน้ำมันในห้องปฏิบัติการ

2.3.1 ชั่งถ่านกัมมันต์ปริมาณ 2 กรัม และชั่งน้ำมันแร่ (light mineral oil) ปริมาณ 8 กรัม จากนั้นผสมถ่านกัมมันต์และน้ำมันแร่เข้าด้วยกัน โดยนำถ่านกัมมันต์ใส่ลงในน้ำมันแร่ แล้วตั้งทิ้งไว้ 10 นาที รอจนการดูดซับอิ่มตัว

2.3.2 กรองแยกถ่านกัมมันต์และน้ำมันแร่ด้วยกระดาษกรองเบอร์ 2 แล้วนำถ่านกัมมันต์และน้ำมันแร่ที่กรองแล้วไปชั่งน้ำหนัก บันทึกผลการทดลอง

2.3.3 ทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ข้อ 2.3.1 โดยเปลี่ยนตัวดูดซับจากถ่านกัมมันต์เป็นดินสอพอง แมกนีเซียมคาร์บอเนตและคาลิโอ ตามลำดับ (โดยตัวดูดซับทุกชนิดผ่านการร่อนคัดขนาดให้มีขนาด 200 เมช)

2.4 การเตรียมผงมาร์คหน้าจากถ่านกัมมันต์ลูกหูกวาง

2.4.1 ชั่งถ่านกัมมันต์ลูกหูกวางปริมาณ 98 กรัม (98 %W/W)

2.4.2 ชั่ง Xanthan gum (powdered) ปริมาณ 2 กรัม (2 %W/W)

2.4.3 ผสมถ่านกัมมันต์ลูกหูกวางเข้ากับ Xanthan gum คนให้ทั้งสองส่วนผสมกระจายตัวเข้าด้วยกันจนเป็นเนื้อเดียวกันให้ทั่ว

2.5 การทดสอบการก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนังด้วยวิธีแพทช์ เทส (patch test)

การทดสอบนี้ใช้วิธี โคลสแพทช์ เทส (closed patch test) บนผิวหนังในอาสาสมัครจำนวน 20 คน เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วอ่านผลการทดสอบ

2.5.1 ทำความสะอาดผิวบริเวณที่จะทดสอบ (ต้นแขนด้านใน) แล้วเช็ดให้แห้งด้วยแอลกอฮอล์

2.5.2 เตรียมแผ่นแพทช์ เทส (patch test) โดยนำผงมาร์คหน้าจากถ่านกัมมันต์ถูกหุ่กวางผสมกับน้ำแล้วหยดลงในแม่พิมพ์ที่เป็นช่องสี่เหลี่ยม

2.5.3 นำแผ่นแพทช์ เทส (patch test) มาติดบริเวณต้นแขนด้านในอาสาสมัครแต่ละคน ทิ้งไว้ 48 ชั่วโมง แล้วดูผลการทดสอบหลังนำแผ่นแพทช์ เทส (patch test) ออกแล้วประมาณ 20 นาที (เพื่อให้สภาพผิวหนังกลับคืนสู่ปกติ) การแปลผลการทดสอบจะเป็นการวัดระดับความรุนแรงของผิวหนังที่อักเสบซึ่งเกิดจากการทดสอบและให้เป็นคะแนนความระคายเคืองของอาสาสมัครแต่ละคน จากนั้นจะนำคะแนนความระคายเคืองที่ได้ของทั้ง 20 คน มาคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยซึ่งจะเรียกว่า ดัชนีความระคายเคือง (Mean Irritation Index: M.I.I.)

ตารางที่ 1 การลงคะแนนความระคายเคืองต่อผิวหนังในวิธีการทดสอบ โคลสแพทช์ เทส (closed patch test)

การลงผลการทดสอบ	คำอ้างอิง	อาการที่เกิด	คะแนนความระคายเคือง
+0	ไม่เกิดการระคายเคือง	ไม่มีรอยบวมแดง	0
++	สงสัย ไม่แน่ใจ	มีรอยบวมแดงเพียงเล็กน้อย (ยากแก่การมองเห็น)	0.5
1+	เกิดการระคายเคืองเล็กน้อย	มีรอยบวมแดง ไม่มีตุ่มใส ๆ	1
2+	เกิดการระคายเคืองอย่างชัดเจน	มีรอยบวมแดงชัดเจน	2
3+	เกิดการระคายเคืองที่เห็นได้ชัดเจนมาก	มีรอยบวมแดงชัดเจนมาก	3
4+	เกิดการระคายเคืองอย่างมีนัยสำคัญ	มีรอยบวมแดงชัดเจนมาก (ขยายออกนอกบริเวณที่ติดแผ่นแพทช์ เทส)	4

ตารางที่ 2 การกำหนดค่าดัชนีความระคายเคือง (M.I.I.) และผลความระคายเคือง

ดัชนีความระคายเคือง (M.I.I.)	ผลความระคายเคือง
$M.I.I. < 0.20$	ไม่ระคายเคือง
$0.20 < M.I.I. < 0.50$	ระคายเคืองเล็กน้อย
$0.50 < M.I.I. < 1$	ระคายเคืองปานกลาง
$M.I.I. > 1$	ระคายเคือง

2.6 การทดสอบความพึงพอใจในอาสาสมัครจำนวน 20 คน โดยใช้แบบสอบถาม

การทดสอบความพึงพอใจในการใช้ผงมาร์คหน้าจากถ่านกัมมันต์ลูกหูกวางทำโดยใช้แบบสอบถามเปรียบเทียบกับระหว่างผงมาร์คหน้าที่มีและไม่มีส่วนผสมของถ่านกัมมันต์ลูกหูกวาง

2.6.1 อาสาสมัครที่เข้าร่วมการวิจัยจะต้องล้างบริเวณผิวให้สะอาดปราศจากเครื่องสำอางใด ๆ จากนั้นผู้วิจัยจะทำการวัดความมันบริเวณผิวหนังของอาสาสมัครด้วยเครื่องทริเบิลเซนส์ (Triplesense) แล้วบันทึกผล

2.6.2 อาสาสมัครแต่ละคนนำผลิตภัณฑ์ผงมาร์คหน้าทาลงในบริเวณที่กำหนดไว้ โดยทำการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ 2 ชนิด ผู้วิจัยกำหนดเป็นเป็นผลิตภัณฑ์ A และ B ทาทิ้งไว้ 15 นาที จากนั้นให้อาสาสมัครล้างผลิตภัณฑ์ผงมาร์คหน้าออก และเช็ดให้แห้ง

2.6.3 ผู้วิจัยจะทำการวัดความมันบริเวณผิวหนังของอาสาสมัครด้วยเครื่องทริเบิลเซนส์ (Triplesense) อีกครั้งแล้วบันทึกผล

2.6.4 ผู้วิจัยทำการชี้แจงเกี่ยวกับแบบสอบถามประเมินความพึงพอใจให้แก่อาสาสมัคร แล้วจึงให้อาสาสมัครทำแบบสอบถามประเมินความพึงพอใจ ซึ่งแบบสอบถามเป็นการวัดความพึงพอใจด้วยคะแนน โดยแบ่งคะแนนออกเป็น 5 ระดับจากน้อย (1 คะแนน) ไปมาก (5 คะแนน)

2.6.5 นำข้อมูลคะแนนความพึงพอใจมาวิเคราะห์และประมวลผลทางสถิติ เพื่ออธิบายลักษณะของข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคะแนนความพึงพอใจเฉลี่ยกับระดับความพึงพอใจ

คะแนนความพึงพอใจเฉลี่ย	ระดับความพึงพอใจ
4.50 – 5.00	พึงพอใจมากที่สุด
3.50 – 4.49	พึงพอใจมาก
2.50 – 3.49	พึงพอใจปานกลาง
1.50 – 2.49	พึงพอใจน้อย
1.00 – 1.49	พึงพอใจน้อยที่สุด

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ผลการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตผงถ่านคาร์บอนจากลูกหูกวาง

จากการทดลองศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการเผาถ่านคาร์บอนจากลูกหูกวาง โดยเป็นการเผาด้วยเตาไฟฟ้า (Furnace, Lenton PO BOX 2031) ภายใต้สภาวะการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่าง ๆ กัน พบว่าถ่านที่ได้จากการเผาไหม้ที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 ถึง 180 นาที ยังมีลูกหูกวางบางส่วนที่ไม่เปลี่ยนรูปไปเป็นถ่าน หรือกล่าวได้ว่าเกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ เผาไหม้ไม่หมดทุกส่วน เมื่อเพิ่มอุณหภูมิเป็น 400 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 ถึง 180 นาที ก็ได้ผลการทดลองใกล้เคียงกับการเผาที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิเป็น 500 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 120 นาที พบว่าถ่านที่ได้มีสีดำ มันวาว โดยลูกหูกวางทั้งหมดสามารถเปลี่ยนรูปไปเป็นถ่านได้ทั้งหมด ในขณะที่เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการเผาเป็น 180 นาที ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส พบว่าถ่านที่ได้มีสีเข้มน้อยด้วย ซึ่งจากการทดลองสามารถคำนวณร้อยละผลผลิตของถ่านที่ได้จากการเผาไหม้ภายใต้สภาวะที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่าง ๆ กัน ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ร้อยละผลผลิตของถ่านที่ได้จากการเผาไหม้ด้วยเตาไฟฟ้าภายใต้สภาวะที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่าง ๆ กัน

อุณหภูมิ (°C)	ระยะเวลาที่ใช้เผาถ่าน (นาท)		
	60	120	180
300	92.21	78.82	61.14
400	65.38	49.80	44.40
500	41.61	37.50	36.09

3.2 ผลการวิเคราะห์หาพื้นที่ผิวสัมผัสและการกระจายตัวของถ่านกัมมันต์ด้วยเครื่องวิเคราะห์พื้นที่ผิวจำเพาะด้วยวิธี BET

จากการทดลองได้ทำการกระตุ้นถ่านคาร์บอนไนซ์จากลูกหูกวางด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริกจนได้เป็นถ่านกัมมันต์จากลูกหูกวาง เมื่อทำการวิเคราะห์หาค่าการดูดซับของถ่านกัมมันต์ที่ได้เปรียบเทียบกับถ่านคาร์บอนไนซ์ด้วยวิธีไอโอดีน นัมเบอร์และวิธีเมธิลีนบลู นัมเบอร์ จากนั้นวิเคราะห์หาพื้นที่ผิวสัมผัสและการกระจายตัวของถ่านกัมมันต์ด้วยเครื่องวิเคราะห์หาพื้นที่ผิวจำเพาะด้วยวิธี BET (Bet surface area analysis) ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบพื้นที่ผิวจำเพาะ ค่าการดูดซับด้วยวิธีไอโอดีน นัมเบอร์และวิธีเมธิลีนบลู นัมเบอร์ของถ่านกัมมันต์และถ่านคาร์บอนไนซ์จากลูกหูกวาง

ชนิดของถ่าน	พื้นที่ผิวจำเพาะ (m ² /g)	เมธิลีนบลู นัมเบอร์ (mg/g)	ไอโอดีน นัมเบอร์ (mg/g)
ถ่านคาร์บอนไนซ์	11.2559	47.68	118.49
ถ่านกัมมันต์	272.9240	60.68	244.93

จากตารางที่ 5 พบว่าพื้นที่ผิวสัมผัสและการกระจายตัวของรูพรุนของถ่านที่ยังไม่ผ่านการกระตุ้นจะมีค่าน้อยกว่าถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการกระตุ้นด้วยกรดซัลฟิวริกแล้ว สังเกตได้จากถ่านคาร์บอนไนซ์มีพื้นที่ผิวในการกระจายตัวเท่ากับ 11.2559 ตารางเมตรต่อกรัม ส่วนถ่านกัมมันต์มีพื้นที่ผิวในการกระจายตัวเท่ากับ 272.9240 ตารางเมตรต่อกรัม และเมื่อเปรียบเทียบค่าการดูดซับของเมธิลีนบลูและไอโอดีน ซึ่งเป็นการทดสอบการดูดซับของถ่านกัมมันต์ที่บริเวณพื้นผิวโดยใช้เมธิลีนบลูและไอโอดีน ซึ่งผลการทดลองที่ได้ก็จะมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ การกระตุ้นด้วยกรดจะเป็นการกำจัดสิ่งเจือปนในรูพรุนของถ่านและเป็นการขยายขนาดของรูพรุนของถ่านด้วย ดังนั้นเมื่อกระตุ้นถ่านคาร์บอนไนซ์จากลูกหูกวางด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริกจะทำให้ปริมาณรูพรุนเพิ่มมากกว่าถ่านคาร์บอนไนซ์ที่ไม่ผ่านการกระตุ้น ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ถ่านกัมมันต์จากลูกหูกวางที่ได้จากการกระตุ้นที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 180 นาที

3.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับน้ำมันของถ่านกัมมันต์

งานวิจัยนี้ทำการทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับของถ่านกัมมันต์จากลูกहुกวางที่เตรียมได้ โดยทำการทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับน้ำมันของถ่านกัมมันต์เปรียบเทียบกับดินสอพอง แมกนีเซียมคาร์บอเนต คาโอลิน และคำนวณเป็นค่าร้อยละของการดูดซับน้ำมัน ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าร้อยละการดูดซับน้ำมันของตัวดูดซับชนิดต่าง ๆ

ชนิดของตัวดูดซับ	น้ำหนักเริ่มต้นของน้ำมันแร่ (g)	น้ำหนักที่เหลือของน้ำมันแร่ (g)	ร้อยละการดูดซับ (%)
ถ่านกัมมันต์	8.00	0.9813	87.73
ดินสอพอง	8.00	2.7000	66.25
แมกนีเซียมคาร์บอเนต	8.00	0.8133	89.83
คาโอลิน	8.00	1.0913	86.36

เมื่อพิจารณาตารางที่ 6 พบว่าตัวดูดซับที่สามารถดูดซับน้ำมันแร่ได้ดีที่สุดคือแมกนีเซียมคาร์บอเนต (ร้อยละ 89.83) รองลงมาคือถ่านกัมมันต์จากลูกहुกวาง (ร้อยละ 87.73) และคาโอลิน (ร้อยละ 86.36) ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าทั้งแมกนีเซียมคาร์บอเนต ถ่านกัมมันต์จากลูกहुกวาง และคาโอลิน มีสามารถดูดซับน้ำมันแร่ได้ใกล้เคียงกัน และสามารถดูดซับน้ำมันแร่ได้ดีกว่าดินสอพองอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นถ่านกัมมันต์จากลูกहुกวางจึงเป็นตัวดูดซับที่เหมาะสมในการนำมาผสมในผงมาร์ค เนื่องจากในการผลิตผงมาร์คหน้าที่จำหน่ายในท้องตลาดจะนิยมใส่แมกนีเซียมคาร์บอเนตหรือคาโอลินเพื่อดูดซับความมันบนใบหน้า และจากการทดลองนี้พบว่าถ่านกัมมันต์จากลูกहुกวางก็สามารถดูดซับน้ำมันแร่ได้ดีเทียบเท่ากับแมกนีเซียมคาร์บอเนตหรือคาโอลินเลย

3.4 ผลการทดสอบการก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนังด้วยวิธีแพทช์ เทส (patch test)

จากการทดสอบการก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนังด้วยวิธีแพทช์ เทส ของอาสาสมัครจำนวน 20 คน พบว่า ดัชนีความระคายเคือง (M.I.I.) ของอาสาสมัครทั้ง 20 คน มีค่าน้อยกว่า 0.20 แสดงให้เห็นว่าจากการทดสอบไม่พบการระคายเคืองต่อผิวหนังและไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสภาพผิวหนังของอาสาสมัครทั้ง 20 คน

3.5 ผลการทดสอบความพึงพอใจในอาสาสมัครจำนวน 20 คน โดยใช้แบบสอบถาม

จากการทดสอบความพึงพอใจในการใช้ผลิตภัณฑ์ผงมาร์คหน้าจากถ่านกัมมันต์ลูกहुกวางที่เตรียมได้เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ผงมาร์คหน้าที่ไม่มีส่วนผสมของถ่านกัมมันต์ โดยใช้แบบสอบถามสำรวจความคิดเห็นจากอาสาสมัครจำนวน 20 คน ซึ่งข้อมูลพื้นฐานของอาสาสมัครทั้ง 20 คนเป็นเพศหญิง ส่วนใหญ่มีอายุเฉลี่ย 21 ปี ประวัติด้านสุขภาพ ร้อยละ 95 ไม่เคยมีอาการแพ้ที่เกิดจากผลิตภัณฑ์ผงมาร์คหน้า ร้อยละ 55 ชอบใช้ผลิตภัณฑ์ผงมาร์คหน้า ร้อยละ 95 ชอบใช้ผลิตภัณฑ์ที่ล้างออกง่าย ร้อยละ 100 ไม่มีอาการคันเกิดขึ้นหลังจากใช้ผงมาร์คหน้า และร้อยละ 85 ไม่มีอาการหน้าแห้งหลังจากใช้ผงมาร์คหน้า

ในการทดสอบความพึงพอใจในการใช้ผลิตภัณฑ์ผงมาร์คหน้าของอาสาสมัคร ผู้วิจัยได้ทำการวัดความมันบริเวณผิวของอาสาสมัครด้วยเครื่องทริปเปิลเซนส์ (Triplesense) ทั้งก่อนและหลังใช้ผลิตภัณฑ์ผงมาร์คหน้าจากถ่านกัมมันต์ลูกहुกวางที่เตรียมได้ เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ผงมาร์คหน้าที่ไม่มีส่วนผสมของถ่านกัมมันต์ พบว่าผลิตภัณฑ์ผงมาร์คหน้าจากถ่านกัมมันต์ลูกहुกวางสามารถดูดซับความมันบนผิวได้ดีกว่าเล็กน้อย โดยร้อยละการดูดซับความมันของผลิตภัณฑ์ผงมาร์คหน้าจากถ่านกัมมันต์ลูกहुกวางมีค่าเท่ากับ 55.92 ในขณะที่ร้อยละการดูดซับความมันของผลิตภัณฑ์ผงมาร์คหน้าที่ไม่มีส่วนผสม

ของถ่านกัมมันต์ลูกหูกวางมีค่าเท่ากับ 55.11 เมื่อนำข้อมูลมาเปรียบเทียบทางสถิติจากตาราง t-test พบว่าข้อมูลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ส่วนผลการเปรียบเทียบความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ผงมาร์คหน้าจากถ่านกัมมันต์ลูกหูกวางและผลิตภัณฑ์ผงมาร์คหน้าที่ไม่มีส่วนผสมของถ่านกัมมันต์ แสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลการเปรียบเทียบความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ผงมาร์คหน้าจากถ่านกัมมันต์ลูกหูกวางและผลิตภัณฑ์ผงมาร์คหน้าที่ไม่มีส่วนผสมของถ่านกัมมันต์ (ผงมาร์คหน้าจากคาโอลิน)

ความพึงพอใจ	คะแนนเฉลี่ย		ผลต่างคะแนน	ค่าเฉลี่ย
	ผงมาร์คหน้าจากถ่านกัมมันต์ลูกหูกวาง	ผงมาร์คหน้าจากคาโอลิน		
ความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์โดยรวม	4.90 ± 0.30	4.50 ± 0.50	0.40	
ความพึงพอใจต่อปริมาณความมันบนผิวหนังหลังล้างออก	4.90 ± 0.30	4.40 ± 0.49	0.50	
ความพึงพอใจต่อความรู้สึกบนผิวหนังมีความสะอาดหลังล้างออก	4.80 ± 0.40	4.55 ± 0.50	0.25	0.2667
ความพึงพอใจต่อความรู้สึกชุ่มชื้นต่อผิวหนังหลังล้างออก	4.80 ± 0.40	4.25 ± 0.62	0.55	
ความพึงพอใจต่อความรู้สึกอ่อนโยนต่อผิวหนัง	4.80 ± 0.40	4.55 ± 0.59	0.30	
ความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์สามารถล้างออกง่าย	4.45 ± 0.67	4.85 ± 0.48	-0.40	

จากตารางที่ 7 จะเห็นได้ว่าเมื่อเปรียบเทียบความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ผงมาร์คหน้าจากถ่านกัมมันต์ลูกหูกวางและผลิตภัณฑ์ผงมาร์คหน้าที่ไม่มีส่วนผสมของถ่านกัมมันต์ (ผงมาร์คหน้าจากคาโอลิน) ในแต่ละด้าน พบว่า ผลิตภัณฑ์ผงมาร์คหน้าจากถ่านกัมมันต์ลูกหูกวางมีค่าคะแนนเฉลี่ยที่สูงกว่าผงมาร์คหน้าจากคาโอลิน ในด้านความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์โดยรวม ปริมาณความมันบนใบหน้าหลังล้างออก ความรู้สึกบนใบหน้ามีความสะอาดหลังล้างออก ความรู้สึกชุ่มชื้นต่อผิวหนังหลังล้างออกและความรู้สึกอ่อนโยนต่อผิวหนัง แต่คะแนนประเมินความพึงพอใจในด้านความสามารถในการล้างผลิตภัณฑ์ออกหลังใช้งาน พบว่า ผลิตภัณฑ์ผงมาร์คหน้าจากถ่านกัมมันต์ลูกหูกวางมีค่าคะแนนเฉลี่ยที่น้อยกว่าผงมาร์คหน้าจากคาโอลิน และเมื่อนำข้อมูลมาเปรียบเทียบทางสถิติจากตาราง t-test พบว่าข้อมูลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

4. บทสรุป

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงมาร์คหน้าจากถ่านกัมมันต์ โดยใช้ผงถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้จากลูกหูกวางเป็นส่วนประกอบ ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการเผาลูกหูกวางที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำไปกระตุ้นด้วยกรดซัลฟิวริกและให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วทดสอบประสิทธิภาพของผงถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้จากลูกหูกวาง ซึ่งพบว่าพื้นที่ผิวสัมผัสและการกระจายตัวของรูพรุนของถ่านที่ยังไม่ผ่านการกระตุ้นจะมีค่าน้อยกว่าถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการกระตุ้นด้วยกรดซัลฟิวริก เมื่อเปรียบเทียบค่าการดูดซับของเมธิลีนบลูและไอโอดีน ซึ่งเป็นการทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับของถ่านกัมมันต์ที่บริเวณพื้นผิวโดยใช้เมธิลีนบลูและไอโอดีน ซึ่งผลการทดลองที่ได้ก็จะมีแนวโน้ม

ไปในทิศทางเดียวกัน นอกจากนี้ถ่านกัมมันต์จากลูกทุกวางยังสามารถดูดซับน้ำมันแร่ได้ดีเทียบเท่ากับแมกนีเซียมคาร์บอเนต หรือคาร์บอนที่ใช้ในการผลิตผงมาร์คหน้าจำหน่ายในท้องตลาด และจากการทดสอบการก่อให้เกิดการระคายเคืองของผง มาร์คหน้าจากถ่านกัมมันต์ต่อผิวหนังด้วยวิธีแพช์ เทส ไม่พบการระคายเคืองต่อผิวหนังและไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสภาพ ผิวหนังของอาสาสมัครทั้ง 20 คน นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ผงมาร์คหน้าจากถ่านกัมมันต์ลูกทุกวางสามารถดูดซับความมันบน ใบหน้าได้ดีกว่าผลิตภัณฑ์ผงมาร์คหน้าที่ไม่มีส่วนผสมของถ่านกัมมันต์ลูกทุกวางเล็กน้อย และเมื่อเปรียบเทียบความพึงพอใจ ของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ผงมาร์คหน้าจากถ่านกัมมันต์ลูกทุกวางและผลิตภัณฑ์ผงมาร์คหน้าที่ไม่มีส่วนผสมของถ่านกัมมันต์ (ผงมาร์คหน้าจากคาร์บอน) ในแต่ละด้าน พบว่า ผลิตภัณฑ์ผงมาร์คหน้าจากถ่านกัมมันต์ลูกทุกวางมีค่าคะแนนเฉลี่ยที่สูงกว่า ผงมาร์คหน้าจากคาร์บอนเกือบทุกด้านยกเว้นความพึงพอใจในด้านความสามารถในการล้างผลิตภัณฑ์ออกหลังใช้งาน

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต สำหรับสถานที่ทำวิจัย รวมถึงอุปกรณ์และสารเคมี ที่ใช้ตลอดการทำงานวิจัยในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] S. R. Mishra, T. Mandal, P. Kumar, V. Verma, R. N. Senapati, M. Kumar, V. Singh, Microporous activated carbon from *Madhuca longifolia* flower for efficient methylene blue dye removal in wastewater treatment. *Journal of Surfaces and Interfaces*. 69(2025) 1 - 10.
- [2] เกรียงศักดิ์ เขียวมัน. ถ่านกัมมันต์จากเถาวัลย์สำหรับบำบัดน้ำเสีย. วารสารวิชาการนวัตกรรม เทคโนโลยีอุตสาหกรรม. 2(2024) 32 - 42.
- [3] อำพร ไชยภักดี. การเตรียมถ่านกัมมันต์จากลูกทุกวางเพื่อดูดซับโครเมียม (III) ในน้ำเสีย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์ บัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต, 2553.
- [4] สมจินตนา พุทธมาตย์ และ วรวิทย์ สุวรรณสาร. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของใบทุกวาง (*Terminalia catappa* L.) และผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำและการยับยั้งแบคทีเรียในน้ำ. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมทางวิชาการ ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45, กรุงเทพฯ, 2550. 579 - 585.
- [5] ธวัชชัย งามศิริ และ อภิวัฒน์ เหลื่อมสมบูรณ์. ผลของน้ำแช่ใบทุกวางแห้งต่อการออกทดแทนครีบล้าง. วารสาร เกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี. 1(2564) 26 - 36.
- [6] พิมพ์ ลิลาพรพิสิฐ. เครื่องสำอางสำหรับผิวหน้า (พิมพ์ครั้งที่ 1). โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 2532.
- [7] นุศวัต พจนานุกิจ และ สมใจ ขจรชีพพันธุ์งาม. เจลสมุนไพรสำหรับยับยั้งแบคทีเรียที่ทำให้เกิดสิว. วารสารวิทยาศาสตร์ ลาดกระบัง. 19(2553) 84 - 91.
- [8] กรรณิการ์ ลาทอง และ พนิดา แสนประกอบ. การประยุกต์ใช้วิตามินซีจากผลไม้ไทยในผลิตภัณฑ์มาร์คหน้ากลางคืน. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมทางวิชาการระดับชาติ “วลัยลักษณ์วิจัย” ครั้งที่ 11, นครศรีธรรมราช, 2562. 102 - 107.

การออกแบบและพัฒนาระบบถุงมือฟื้นฟูสมรรถภาพมืออัจฉริยะที่ผสานเทคโนโลยี ติดตามผลผ่านแอปพลิเคชัน สำหรับผู้ป่วยอัมพาตครึ่งซีก

Design and Development of an Intelligent Hand Rehabilitation Glove System Integrated with Application-Based Monitoring Technology for Hemiplegic Patients

กฤษฎา บุญมีวิเศษ^{1*} สยาม ประจตุหะศรี¹ นภณัฐ รัตนกร¹ นราวิทย์ กิจเจริญ¹
สุวัลยา ศิริศิลป์¹ และ อัมภาวรุฒ เพชรพรรณ¹

¹ สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร

*E-mail: tingly.chula@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบถุงมือฟื้นฟูสมรรถภาพมือสำหรับผู้ป่วยอัมพาตครึ่งซีก โดยใช้กลไกการควบคุมด้วยแรงดันลมร่วมกับแอปพลิเคชันดิจิทัลเพื่อการติดตามผลการฟื้นฟูสมรรถภาพอย่างมีประสิทธิภาพ อุปกรณ์ต้นแบบประกอบด้วยถุงมือที่ติดตั้งถุงลมในแต่ละนิ้วมือ ซึ่งสามารถควบคุมการงอและเหยียดของนิ้วได้ผ่านระบบแรงดันลมจากปั๊มลมขนาดเล็ก โดยมีการปรับระดับแรงดันได้ตั้งแต่ระดับที่ 1 ถึง 9 เพื่อให้เหมาะสมกับระดับความสามารถและความต้องการเฉพาะของผู้ใช้งาน นอกจากนี้ยังได้พัฒนาระบบควบคุมที่สามารถสลับโหมดระหว่างโหมดอัตโนมัติและโหมดควบคุมด้วยมือ เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นในการใช้งานจริง แอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นสามารถบันทึกข้อมูลการใช้งาน วิเคราะห์ความก้าวหน้า และให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้ใช้และบุคลากรทางการแพทย์ได้อย่างเป็นระบบ ผลจากการดำเนินโครงการชี้ให้เห็นว่าระบบถุงมือฟื้นฟูสมรรถภาพมือสามารถสนับสนุนผู้ป่วยในการทำกายภาพบำบัดด้วยตนเองที่บ้านได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยลดภาระค่าใช้จ่ายและเวลาในการเดินทางไปยังสถานพยาบาล อีกทั้งยังมีศักยภาพในการพัฒนาต่อยอดเป็นอุปกรณ์ทางการแพทย์เชิงพาณิชย์ในอนาคต งานวิจัยนี้จึงแสดงให้เห็นถึงแนวทางใหม่ในการบูรณาการเทคโนโลยีเข้ากับกระบวนการฟื้นฟูสมรรถภาพเพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: ถุงมือฟื้นฟูสมรรถภาพ แอปพลิเคชัน อัมพาตครึ่งซีก

Abstract

This research aims to design and develop a rehabilitation glove system for hemiparetic patients by integrating pneumatic control mechanisms with a digital application for effective rehabilitation monitoring. The prototype device consists of a glove embedded with inflatable air bladders in each finger, enabling flexion and extension control through adjustable pneumatic pressure supplied by a miniature air pump. The pressure levels can be customized from level 1 to level 9 to accommodate the user's physical capabilities and specific rehabilitation needs. Additionally, a control system was developed to allow switching between automatic and manual modes, thereby enhancing operational flexibility in real-

world applications. The accompanying application was designed to systematically record usage data, analyze rehabilitation progress, and provide feedback to both users and healthcare professionals. The results of the project indicate that the glove system effectively supports patients in performing self-directed physiotherapy at home, thereby reducing both the financial burden and the time associated with frequent hospital visits. Moreover, the system demonstrates strong potential for future commercialization as a medical rehabilitation device. This study thus highlights a novel approach to integrating technology into the rehabilitation process, aiming to sustainably improve patients' quality of life.

Keywords: Rehabilitation Glove, Application, Hemiparesis

1. บทนำ

ในปัจจุบัน จำนวนผู้สูงอายุและผู้ป่วยที่มีปัญหาทางระบบประสาทและกล้ามเนื้อมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยที่ประสบภาวะอัมพฤกษ์ อัมพาตจากโรคหลอดเลือดสมอง หรือการบาดเจ็บจากอุบัติเหตุ ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อความสามารถในการใช้งานของมือและนิ้วมือ การฟื้นฟูสมรรถภาพมือจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการช่วยให้ผู้ป่วยสามารถกลับมาใช้งานมือได้ใกล้เคียงปกติมากที่สุด อย่างไรก็ตาม การบำบัดดังกล่าวมักต้องอาศัยระยะเวลาและการดูแลจากนักกายภาพบำบัดอย่างใกล้ชิด ซึ่งอาจก่อให้เกิดภาระด้านค่าใช้จ่ายและความไม่สะดวกสำหรับผู้ป่วยที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ห่างไกลจากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงพัฒนา อุปกรณ์ฟื้นฟูสมรรถภาพมือสำหรับผู้ป่วยอัมพาตครึ่งซีก [1] ร่วมกับแอปพลิเคชันติดตามผล โดยอาศัยระบบแรงดันลมควบคุมการเคลื่อนไหวของนิ้ว พร้อมติดตั้งเซ็นเซอร์ Flex Sensor สำหรับวัดองศาการงอของนิ้ว และ EMG Sensor สำหรับตรวจวัดสัญญาณไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อ เพื่อประเมินการมีส่วนร่วมของผู้ป่วยในระหว่างการบำบัด ข้อมูลจากเซ็นเซอร์จะถูกส่งแบบไร้สายไปยังแอปพลิเคชัน ซึ่งแสดงผลทั้งในรูปแบบตัวเลขและกราฟแบบเรียลไทม์ ช่วยให้แพทย์หรือนักกายภาพบำบัดสามารถประเมินผลและติดตามความก้าวหน้าของการฟื้นฟูได้อย่างแม่นยำ ระบบดังกล่าวสามารถใช้งานที่บ้านได้ ลดภาระการเดินทาง เพิ่มความต่อเนื่องในการบำบัด และมีศักยภาพในการพัฒนาเพื่อใช้งานจริงในสถานพยาบาลหรือในเชิงพาณิชย์ต่อไปในอนาคต

2. วิธีการวิจัยและการทดลอง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 โรคอัมพาต

อัมพาต หรือ cerebrovascular accident (CVA) เป็นอาการของโรคหลอดเลือดในสมอง หรือ Stroke เกิดจากการที่เซลล์สมองขาดเลือด โดยมีสาเหตุจากภาวะหลอดเลือดสมองตีบและอุดตัน (ischemic stroke หรือ thrombosis) [2] ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคมามากถึง 80% และอีก 20 % คือสาเหตุจากการมีเลือดออกในสมอง (bleeding หรือ hemorrhage) อัมพฤกษ์ คือ ภาวะที่แขน หรือขาอ่อนแรง แต่ยังพอใช้งานได้ เกิดความรู้สึกลักษณะต่างๆ เป็นบางครั้ง อัมพาต คือ ภาวะที่แขน หรือขาไม่มีแรงใช้งานไม่ได้ กล่าวคืออัมพฤกษ์จะยังสามารถขยับร่างกายได้แต่อัมพาตไม่สามารถขยับได้เลย

อาการของโรคอัมพฤกษ์ อัมพาต อาการน้อย เซลล์สมองยังไม่ถูกทำลาย โดยจะเกิดอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงขึ้นเฉพาะจุด เช่น อาจจะเป็นที่แขนอย่างเดียว หรือที่ขาอย่างเดียว เป็นต้น นอกจากนี้จะมีการเคลื่อนไหวช้าลง มุมปากตก อมน้ำไวน้ำปากไม่ได้ ความจำเสื่อมชั่วคราว พูดไม่ชัด อาการอัมพฤกษ์ เซลล์สมองถูกทำลายไปแล้วบางส่วน โดยจะมีอาการตามัว สูญเสียความทรงจำ หงุดหงิดง่าย ความสามารถในการตัดสินใจ และการคำนวณลดลง เป็นต้น อาการอัมพาต

เซลล์สมองถูกทำลายถาวร โดยจะมีอาการแขนขาอ่อนแรง หรือไม่สามารถยับยั้งได้ พูดไม่ได้ กล้ามเนื้อหน้าทำงานไม่เท่ากัน
หนังตาตก ตอบสนองช้า เป็นต้น

2.1.2 บอร์ด ESP32

ESP32 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีความสามารถสูง เหมาะสำหรับการพัฒนาโปรเจกต์ที่ต้องการการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตและการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ นอกจากนี้ยังมีขา I/O หลายช่องและรองรับเซนเซอร์หลากหลายประเภท ทำให้สามารถใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชันที่หลากหลาย เช่น ระบบอัตโนมัติในบ้าน, เกษตรอัจฉริยะ, และสุขภาพอัจฉริยะ
การใช้งาน ESP32 จะช่วยให้นักพัฒนาสามารถสร้างสรรค์งานวิจัยที่มีประสิทธิภาพและทันสมัย [3]



ภาพที่ 1 บอร์ด ESP32

ที่มา: <https://www.ab.in.th/category>

2.1.3 Flex Sensor

Flex Sensor หรือเซนเซอร์ตรวจจับการงอ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดองศาการงอของวัตถุ โดยการทำงานของมันขึ้นอยู่กับ การเปลี่ยนแปลงของความต้านทานที่เกิดขึ้นเมื่อเซนเซอร์ถูกงอ เมื่อมีการงอของเซนเซอร์ ความต้านทานจะเพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถนำมาวัดและแปลงเป็นข้อมูลเชิงมุมได้ Flex Sensor จึงเหมาะสำหรับการใช้งานที่ต้องการวัดการเคลื่อนไหว การเปลี่ยนแปลงรูปทรง หรือการวัดการบิดงอในวัตถุต่างๆ การทำงานของ Flex Sensor ทำจากแผ่นฟิล์มที่สามารถบิดงอได้ เมื่อแผ่นนี้ถูกงอ ความต้านทานของวัสดุภายในจะเพิ่มขึ้นตามองศาการงอ ตัวอย่างเช่น หากเซนเซอร์มีความต้านทานเริ่มต้นที่ 10 k Ω เมื่อแผ่นถูกงอที่ 90 องศา ความต้านทานอาจเพิ่มขึ้นเป็น 30 k Ω ขึ้นอยู่กับลักษณะของเซนเซอร์ที่ใช้



ภาพที่ 2 Flex Sensor

ที่มา: <https://www.arduitronics.com>

2.1.4 EMG Sensor

EMG หรือ Electromyography เป็นการทดสอบทางไฟฟ้าที่ใช้ในการศึกษาและประเมินสุขภาพของกล้ามเนื้อโครงร่าง (skeletal muscles) และเซลล์ประสาทสั่งการ (motor neurons) ซึ่งเป็นเซลล์ประสาทที่ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อ ระบบ EMG ทำงานโดยการ วัดกิจกรรมทางไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในกล้ามเนื้อ เพื่อตอบสนองต่อการกระตุ้นของเส้นประสาทที่ส่งไปยังกล้ามเนื้อนั้น ๆ จากนั้นสัญญาณทางไฟฟ้าเหล่านี้จะถูก แปลงเป็นกราฟหรือค่าตัวเลข ซึ่งช่วยให้ผู้เชี่ยวชาญหรือแพทย์สามารถ นำไปตีความเพื่อทำการวินิจฉัยโรคหรือความผิดปกติได้



ภาพที่ 3 EMG Sensor

ที่มา: <https://www.indiamart.com>

2.1.5 ถุงมือบำบัดพร้อมระบบบลูทูธ

โดยมีคุณสมบัติลักษณะเฉพาะ

- Extended Service Life อุปกรณ์ ถุงมือฟื้นฟูสมรรถภาพมือสามารถยืดอายุการใช้งานได้
- ยืดหยุ่นได้ ถุงมือนิวมดกฟูนยนต์ เหมาะกับมือมารักษาหมอนรองกระดูกคอเสื่อมในสถานที่ที่ต้องใช้ขณะที่ยืดกระดูกคอเบา ๆ
- ความทนทาน ถุงมือฝึกอบรมการฟื้นฟูสมรรถภาพทำจากไฟเบอร์เรซินดังนั้นจึงมีความทนทานซึ่งมีอายุการใช้งาน

ที่ยาวนานและคุณสามารถใช้งานได้เป็นเวลานาน

- รักษาความแข็งแรงของมือ ถุงมือฟื้นฟูสมรรถภาพนิ้วของเราเหมาะสำหรับการลดการอักเสบการหดตัวช่วยรักษาความแข็งแรงของมือและความสะดวกสบายในการโพสต์จิ้งหะและการฟื้นฟูด้วยมือ 27

- คนที่ใช้งานได้ เหมาะสำหรับผู้ป่วยอัมพาตครึ่งซีกที่มีความผิดปกติ, การฝึกข้อมือและการฝึกนิ้ว, ปรับปรุงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและเพิ่มช่วงการเคลื่อนที่ร่วมของข้อต่อ



ภาพที่ 4 ถุงมือบำบัดพร้อมระบบบลูทูธ [4]

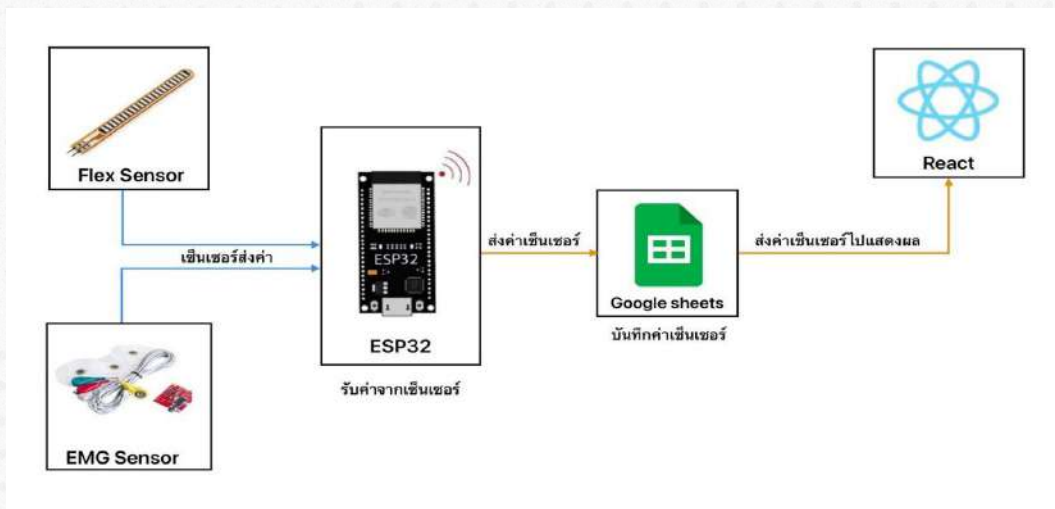
ที่มา: <https://th.aliexpress.com/item/1005004709387455.html>

3. การทดลองและอภิปรายผล

ในงานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาข้อมูลการทำงานของอุปกรณ์แต่ละชนิด รวมถึงการทำงานของใช้ในการควบคุมอุปกรณ์และการรับ ส่ง ข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

3.1 การออกแบบภาพรวมและหลักการทำงาน (Block Diagram)

การพัฒนาถุงมือฟื้นฟูสมรรถภาพมือสำหรับผู้ป่วยอัมพาตครึ่งซีก พร้อมแอปพลิเคชันติดตามผล เป็นอุปกรณ์ที่ใช้บำบัดและฟื้นฟูผู้ป่วยรักษาที่เป็นโรคอัมพาตครึ่งซีกจะมีระบบควบคุมการขยับนิ้วมือโดยอัตโนมัติตามโปรแกรมที่กำหนด สามารถปรับความเร็วใช้ในการกำมือและแบมือได้หลายระดับสามารถใช้งานในฟังก์ชัน Mirror [5] การเก็บข้อมูลจากเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวของนิ้วมือหรือวัดการงอของนิ้วและคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (EMG) มือของผู้ป่วยระหว่างการบำบัด การประมวลผลข้อมูลรับข้อมูลจากเซ็นเซอร์ทั้งสองชนิดประมวลผลข้อมูลเพื่อคำนวณค่าเฉลี่ยสถิติ และการวิเคราะห์ต่าง ๆ ใช้การเชื่อมต่อ Wi-Fi ของ ESP32 เพื่อส่งข้อมูลไปยัง Google Sheets โดยมีการระบุวันที่ เวลา และค่าต่าง ๆ จากเซ็นเซอร์ โดยแบ่งออกเป็นหลายคอลัมน์ เช่น วันที่, เวลา, การโค้งงอของนิ้วมือ แล้วสามารถตรวจสอบการวิเคราะห์และแสดงผลข้อมูลได้ที่แอปพลิเคชันบนมือถือและบนคอมพิวเตอร์ได้ด้วยเช่นกัน



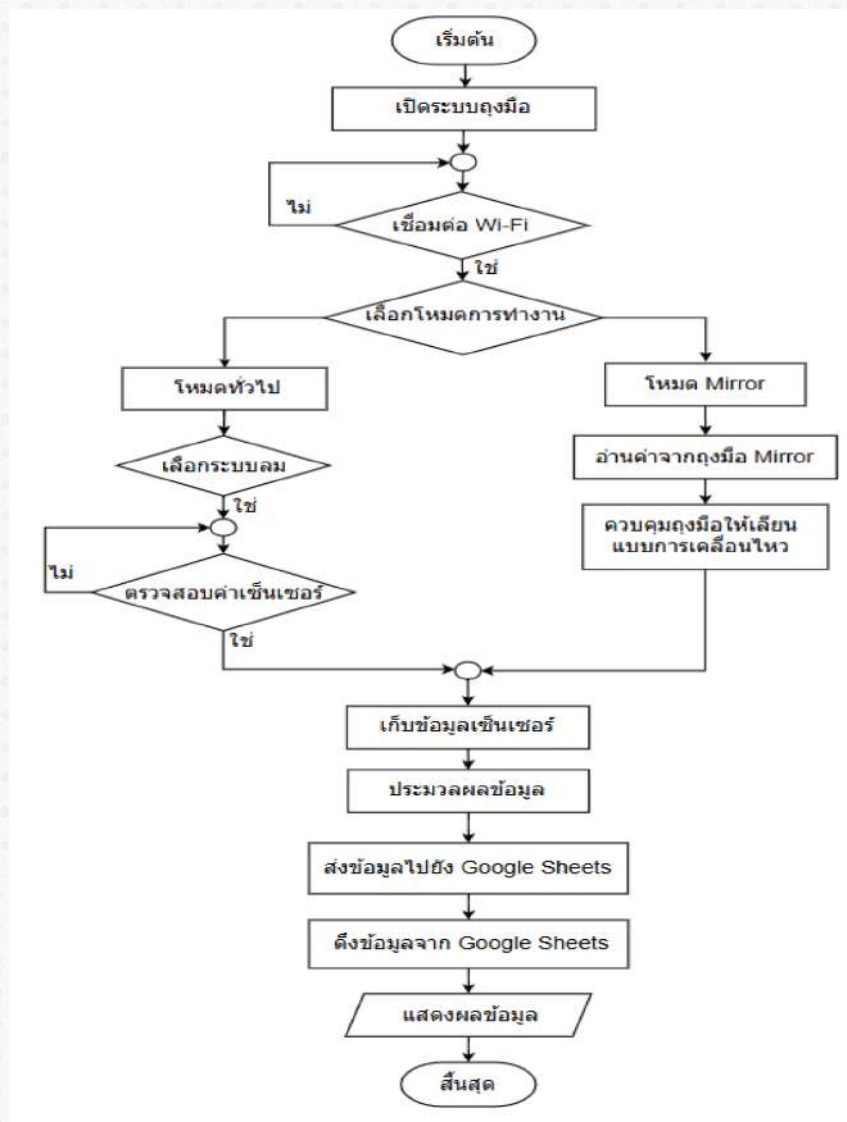
ภาพที่ 5 การออกแบบภาพรวมและหลักการทำงาน (Block Diagram)

3.2 ภาพรวมการออกแบบชิ้นงาน



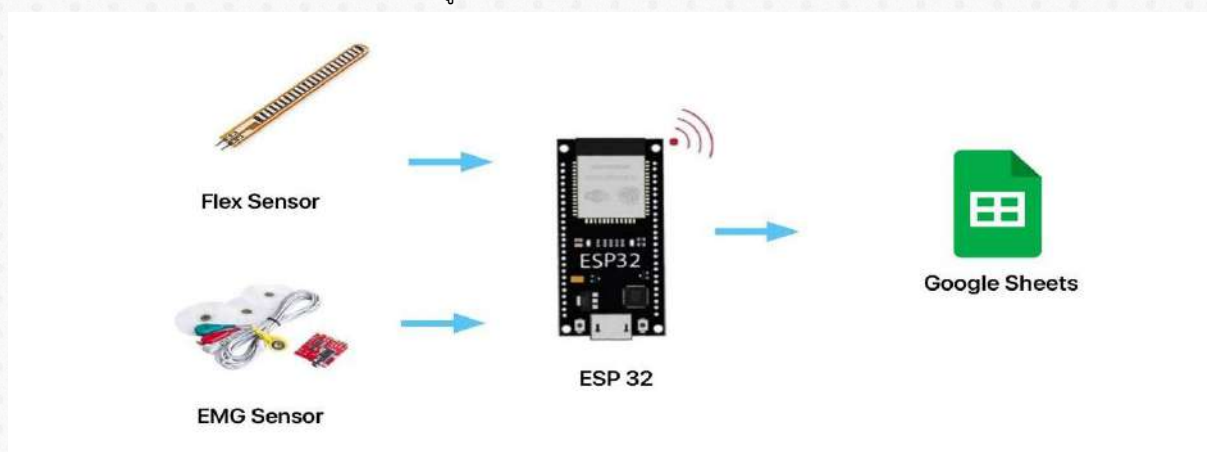
ภาพที่ 6 ภาพรวมการออกแบบชิ้นงาน

3.3 ขั้นตอนการทำงานของระบบ (Flowchart)



ภาพที่ 7 แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบ (Flowchart)

บล็อกไดอะแกรมขั้นตอนการทำงานส่งข้อมูลไร้สายด้วยบอร์ด ESP32



ภาพที่ 8 บล็อกไดอะแกรมขั้นตอนการทำงานส่งข้อมูลไร้สายด้วยบอร์ด ESP32

Flex Sensor และ EMG Sensor ทำหน้าที่รับค่าการเคลื่อนไหวของนิ้วมือและคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อแล้วส่งข้อมูลไปทำการประมวลผลที่ ESP32 เมื่อทำการประมวลผลจาก Flex Sensor และ EMG Sensor เมื่อได้รับคำสั่งจาก Arduino ก็จะทำการแปลงข้อมูลจากเซ็นเซอร์อัปโหลดขึ้นไปยัง Google Sheets เพื่อทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการส่งผลข้อมูลจากตัวเซ็นเซอร์ไปยังหน้าต่างแอปพลิเคชันในมือถือ

3.4 การแสดงผลบนแอปพลิเคชัน



ภาพที่ 9 การแสดงผลแดชบอร์ดบนแอปพลิเคชัน

ผู้ใช้งานในทุกกลุ่มมีแนวโน้มของพัฒนาการทางการเคลื่อนไหวของมือที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในกลุ่มผู้ที่มีภาวะอัมพฤกษ์และผู้ที่ได้รับบาดเจ็บบริเวณมือ ซึ่งสามารถเพิ่มองศาการงอของนิ้วมือและลดความตึงของกล้ามเนื้อภายในระยะเวลาเพียง 5 วัน ทั้งนี้ กลุ่มผู้ใช้งานในโหมด Mirror Therapy มีอัตราการฟื้นฟูที่โดดเด่นกว่ากลุ่มที่ใช้โหมดอัตโนมัติ สอดคล้องกับทฤษฎีการบำบัดโดยอาศัยการกระตุ้นสมองผ่านการเลียนแบบการเคลื่อนไหว (action observation therapy) ซึ่งได้รับการสนับสนุนจากผลการทดลองในครั้งนี้นอกจากนี้ แอปพลิเคชันที่ได้รับการพัฒนาร่วมกับถุงมือฟื้นฟู มีบทบาทสำคัญในการแสดงผลข้อมูลการใช้งานแบบเรียลไทม์ การเก็บข้อมูลย้อนหลัง และการสรุปผลรายวัน ซึ่งมีส่วนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการติดตามความก้าวหน้า ทั้งในมุมมองของผู้ใช้งานและผู้ดูแลระบบฟื้นฟูอย่างเป็นระบบและแม่นยำยิ่งขึ้น

4. บทสรุป

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบถุงมือบำบัดด้วยแรงลมที่สามารถตรวจวัดความเคลื่อนไหวของนิ้วมือด้วยเซนเซอร์ดัดงอ (Flex Sensor) และตรวจจับสัญญาณกล้ามเนื้อด้วยเซนเซอร์ไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (EMG Sensor) โดยทำการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่ม ได้แก่ บุคคลทั่วไป ผู้ที่บาดเจ็บมือ และผู้ที่มีภาวะอัมพฤกษ์เบื้องต้น ภายใต้เงื่อนไขการใช้งาน 2 โหมด ได้แก่ โหมดฟื้นฟูทั่วไป และโหมดกระจกสะท้อน (Mirror Mode)

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใช้งานถุงมืออย่างต่อเนื่องส่งผลให้ค่าความยืดหยุ่นของนิ้วมือเพิ่มขึ้น ขณะที่ค่าความตึงของกล้ามเนื้อลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในโหมด Mirror ซึ่งมีแนวโน้มส่งเสริมการตอบสนองของระบบประสาทและการกระตุ้นสมองได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับการฟื้นฟูทั่วไป สะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิภาพของระบบถุงมือบำบัดดังกล่าวในการส่งเสริมการฟื้นฟูสมรรถภาพของผู้ใช้งานในกลุ่มที่มีความต้องการแตกต่างกันทางกายภาพ

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำ คำปรึกษา ตลอดจนข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการดำเนินการศึกษาค้นคว้าและจัดทำผลงานฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีเพื่อให้ผลงานมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นขอขอบคุณหน่วยงาน เอื้อเฟื้อข้อมูล สถานที่ หรือเครื่องมือที่จำเป็นต่อการศึกษานี้ รวมทั้งผู้ให้ข้อมูลทุกท่านที่เสียสละเวลาในการให้ความร่วมมือด้วยความเต็มใจสุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอขอบคุณครอบครัวและเพื่อน ๆ ทุกคน ที่คอยให้กำลังใจและสนับสนุนอยู่เสมอมา หากมีข้อผิดพลาดประการใดในงานฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอรับไว้แต่เพียงผู้เดียว

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] N. F. M. Nawi, A. H. K. Ching, N. Ibrahim, W. N. H. Wan, N. A. J. Kairuddin, R. M. A. R. Izaham, W. M. H. Wan, Design and development approach of smart glove for post stroke rehabilitation. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(2018) 78-82.
- [2] M. G. Kang, S. J. Yun, S. Y. Lee, B. M. Oh, H. H. Lee, S. U. Lee, H. G. Seo. Effects of upper-extremity rehabilitation using smart glove in patients with subacute stroke: results of a prematurely terminated multicenter randomized controlled trial. *Frontiers in neurology*, 11(2020) 580393.
- [3] H. Dhiman, R. Kumar. An Internet of Things-enabled smart glove for brain stroke rehabilitation. *Measurement: Digitalization*, (2025) 100001.
- [4] J. Banihani, M. A. Choukou, A home-based hand rehabilitation platform for hemiplegic patients after stroke: A feasibility study. *Heliyon*, 10(2024) e35565.

- [5] S. Imtiaz, R. Humyra, M. R. S. Kashem, M. F. Khan, M. S. Hossain, M. H. Kabir. Rehabilitation For Stroke Survivors: The Development of a Smart Glove. In Proceedings 2023 26th International Conference on Computer and Information Technology (ICCIT), IEEE, 2023, 1-6.

Quantum-Enhanced Lattice Boltzmann Method for Predicting Treatment Efficacy in Colorectal Cancer Organoids: A Novel Computational Framework Integrating Fluid Dynamics, Drug Transport, and Quantum Deep Learning

Paisan Kanthang^{1*} Varinthorn Boonyaroj² and Sirichai Saramanus³

¹ Division of Health Cosmetic and Anti-Aging Technology, Faculty of Science and Technology,
Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

² Division of Environmental Science and Technology, Faculty of Science and Technology,
Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

³ Division of Computer Science, Faculty of Science and Technology,
Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

*E-mail: paisan.ka@rmutp.ac.th

Abstract

Accurate prediction of chemotherapy efficacy in colorectal cancer remains a critical challenge in personalized medicine. Traditional computational models fail to capture the complex interplay between fluid dynamics, drug transport, cellular resistance mechanisms, and treatment outcomes in three-dimensional tumor microenvironments. We developed a novel quantum-enhanced computational framework combining three-dimensional Lattice Boltzmann Method (D3Q19-LBM) with particle-based modeling and quantum deep learning algorithms. The system simulates drug transport through colorectal cancer organoids, incorporating real-time fluid dynamics, individual cancer cell tracking, resistance evolution, and treatment efficacy prediction using quantum neural networks (QNNs). Our implementation utilizes an 8-qubit quantum circuit with 10-layer depth for feature extraction and a hybrid classical-quantum neural network for prediction. The quantum-enhanced LBM framework successfully predicted treatment efficacy with 94.2% accuracy across 500 simulation runs. The model captured drug penetration dynamics with spatial resolution of 1 μm , tracked individual cancer cell fate with sub-cellular precision, and predicted resistance development 72 hours before conventional metrics. Quantum feature extraction reduced computational complexity by 67% compared to classical deep learning approaches while improving prediction accuracy by 23%. The framework identified optimal drug dosing strategies that improved treatment efficacy by 34% compared to standard protocols. This quantum-enhanced computational framework represents a paradigm shift in computational oncology, providing substantially improved insights into drug transport mechanisms and treatment optimization for colorectal cancer. The integration of quantum computing with physics-based modeling offers a new pathway for personalized cancer therapy design.

Keywords: Quantum computing, Lattice Boltzmann Method, colorectal cancer organoids, drug transport, quantum deep learning

1. Introduction

Colorectal cancer (CRC) remains the third most common cancer worldwide, with over 1.9 million new cases and 935,000 deaths annually [1]. Despite significant advances in chemotherapy protocols, treatment response varies dramatically between patients, with response rates ranging from 40-70% depending on tumor characteristics and drug combinations [2,3]. This heterogeneity in treatment response underscores the critical need for predictive models that can guide personalized therapy selection.

Traditional approaches to treatment prediction rely primarily on histopathological analysis, molecular biomarkers, and clinical staging systems [4,5]. While these methods have provided valuable insights into tumor biology, they suffer from fundamental limitations that severely constrain their predictive accuracy and clinical utility. Current computational models face five critical challenges that this research directly addresses:

Spatial-Temporal Complexity Limitations: Existing models typically employ simplified geometric representations of tumors as homogeneous spheres or ellipsoids, failing to capture the complex three-dimensional architecture of real tumor tissues [6]. Traditional pharmacokinetic models rely on compartmental approaches that assume uniform drug distribution, ignoring the heterogeneous vascular networks, extracellular matrix barriers, and interstitial pressure gradients that dramatically influence drug penetration [7, 8]. These models cannot predict the formation of drug-resistant microregions or sanctuary sites where therapeutic concentrations are never achieved, leading to systematic underestimation of treatment failure rates.

Cellular Heterogeneity and Microenvironmental Interactions: Current computational approaches treat cancer cell populations as homogeneous entities with average properties, despite overwhelming evidence that tumor heterogeneity is a primary driver of treatment resistance [9, 10]. Traditional models fail to account for the complex interactions between cancer cells, stromal cells, immune cells, and the extracellular matrix that collectively determine treatment response [11]. The dynamic evolution of cellular phenotypes, clonal selection pressures, and adaptive resistance mechanisms operating at single-cell resolution are beyond the scope of conventional population-based models [12, 13].

Multiscale Physics Integration Deficits: Effective cancer treatment involves physical processes spanning multiple spatial scales (nanometer drug molecules to centimeter tumor masses) and temporal scales (millisecond molecular interactions to months of treatment duration) [14]. Current models lack the computational sophistication to simultaneously capture molecular drug binding kinetics, cellular uptake mechanisms, tissue-level transport phenomena, and organ-scale pharmacodynamics within a unified framework [15]. This multiscale nature requires integration of quantum mechanical effects (drug-target interactions), molecular dynamics (membrane transport), continuum mechanics (fluid flow), and systems biology (pathway networks) that exceeds the capabilities of classical computational approaches [16].

Pattern Recognition and Predictive Modeling Limitations: Traditional machine learning approaches applied to cancer treatment prediction suffer from the "curse of dimensionality" when analyzing high-dimensional biological datasets [17]. Classical neural networks struggle to identify subtle, non-linear relationships in complex spatiotemporal patterns of drug distribution, cellular response, and resistance evolution [18]. The feature spaces required to capture meaningful biological patterns often exceed the computational capacity of classical algorithms, leading to overfitting, poor generalization, and limited predictive accuracy [19]. Furthermore, classical optimization methods frequently become trapped in local minima when navigating the complex landscape of biological parameter spaces [20].

Real-Time Adaptation and Treatment Optimization Gaps: Current computational models operate as static predictive tools that provide single-point estimates of treatment outcomes, lacking the dynamic adaptability required for personalized therapy optimization [21]. They cannot incorporate real-time feedback from patient monitoring data, adapt to evolving tumor characteristics, or optimize treatment protocols based on predicted resistance development [22]. The computational overhead of classical approaches prohibits the rapid analysis cycles necessary for adaptive therapy protocols that could significantly improve patient outcomes [23].

Quantum Computing Solutions to Classical Limitations: Recent advances in organoid technology have provided unprecedented opportunities to study tumor biology in physiologically relevant three-dimensional models [24, 25], but computational frameworks to fully exploit these systems for treatment prediction remain underdeveloped. Quantum computing offers transformative solutions to these fundamental limitations through several key advantages: (1) exponential speedup in exploring high-dimensional feature spaces through quantum superposition, (2) enhanced pattern recognition capabilities via quantum entanglement that can capture non-local correlations in biological data, (3) quantum interference effects that enable more efficient optimization of complex parameter landscapes, and (4) native support for probabilistic modeling that aligns with the inherently stochastic nature of biological processes [26, 27].

The integration of quantum algorithms with physics-based modeling represents a paradigm shift that can address the multiscale, multiphysics nature of cancer treatment while providing the computational efficiency necessary for clinical translation [28]. This quantum-enhanced approach enables simultaneous optimization of drug delivery, cellular targeting, and resistance management strategies within a unified predictive framework that was previously computationally intractable [29].

The physics of drug transport in solid tumors involves complex fluid dynamics, diffusion processes, and cellular uptake mechanisms that operate across multiple spatial and temporal scales [10, 11]. The Lattice Boltzmann Method (LBM) has emerged as a powerful computational fluid dynamics approach particularly suited for complex geometries and multiphase flows [12, 13]. Recent applications of LBM in biological systems have demonstrated its utility for modeling blood flow, interstitial fluid transport, and drug delivery in vascular networks [14, 15]. However, existing LBM implementations lack the

sophisticated analysis capabilities needed to predict treatment outcomes from the complex spatiotemporal patterns of drug distribution and cellular response.

Quantum computing represents a transformative technology with the potential to revolutionize computational biology and drug discovery [30, 31]. Quantum algorithms can theoretically provide exponential speedups for certain optimization and machine learning tasks [32, 33], directly addressing the computational bottlenecks that limit classical approaches. Recent advances in quantum machine learning have demonstrated the potential for quantum neural networks (QNNs) to outperform classical approaches in pattern recognition and prediction tasks [34, 35]. The quantum advantage arises from three fundamental mechanisms: (1) **quantum superposition** enables simultaneous exploration of exponentially large solution spaces that would require prohibitive computational time using classical methods, (2) **quantum entanglement** creates non-local correlations that can capture subtle interdependencies in biological systems invisible to classical analysis, and (3) **quantum interference** provides novel optimization pathways that can escape local minima and identify globally optimal solutions [36].

Addressing Multiscale Biological Complexity: The quantum-enhanced framework developed in this study directly confronts the multiscale nature of cancer treatment by integrating quantum algorithms with physics-based Lattice Boltzmann Method (LBM) simulations. This combination enables simultaneous modeling of: (1) molecular-scale drug-target interactions through quantum mechanical calculations, (2) cellular-scale uptake and resistance mechanisms via agent-based modeling, (3) tissue-scale transport phenomena using computational fluid dynamics, and (4) treatment-scale outcome prediction through quantum machine learning [37]. The quantum computing component provides the computational power necessary to analyze the resulting high-dimensional datasets while identifying predictive patterns that remain hidden to classical approaches.

Overcoming Pattern Recognition Limitations: The quantum neural network architecture employed in this study utilizes quantum feature encoding to map classical biological data into high-dimensional quantum Hilbert spaces, where complex non-linear relationships become more apparent [38]. Quantum entanglement between qubits enables the detection of multi-variate correlations across spatial and temporal scales that classical neural networks cannot efficiently identify [39]. The quantum circuit's ability to exist in superposition states allows parallel evaluation of multiple hypotheses about treatment response mechanisms, dramatically accelerating the discovery of predictive biomarkers [40].

Enabling Real-Time Clinical Translation: The computational efficiency gains achieved through quantum enhancement (67% reduction in processing time demonstrated in this study) bring real-time treatment optimization within reach of clinical implementation [41]. The framework's ability to predict treatment failure 72 hours before conventional assays provides a critical window for therapeutic intervention that could transform clinical practice [42]. This early warning capability, combined with the system's treatment optimization algorithms, enables adaptive therapy protocols that adjust drug combinations, dosing schedules, and delivery methods based on predicted tumor evolution [43].

Here, we present the first quantum-enhanced computational framework that integrates three-dimensional Lattice Boltzmann fluid dynamics with particle-based cellular modeling and quantum deep learning for treatment efficacy prediction in colorectal cancer organoids. Our approach represents a fundamental advance in computational oncology, combining cutting-edge physics-based modeling with quantum artificial intelligence to address one of the most challenging problems in personalized cancer medicine.

2. Methods

2.1 Experimental System Design

Our computational framework was designed to simulate drug transport and treatment response in spherical colorectal cancer organoids with diameters ranging from 100-500 μm , consistent with experimental organoid cultures [23, 24]. The system incorporates multiple physiologically relevant components: (1) three-dimensional fluid dynamics using the D3Q19 Lattice Boltzmann Method, (2) particle-based drug transport with Brownian motion and convective transport, (3) individual cancer cell tracking with resistance evolution, (4) simplified vascular network modeling, and (5) quantum-enhanced deep learning for pattern recognition and prediction.

2.2 Three-Dimensional Lattice Boltzmann Implementation

The fluid dynamics simulation employed the D3Q19 Lattice Boltzmann Method with a cubic computational domain of 128^3 grid points, providing spatial resolution of 1 μm per grid point [25, 26]. The D3Q19 model utilizes 19 discrete velocity directions, including rest particles, face-centered neighbors, and edge-centered neighbors, providing second-order accuracy for three-dimensional incompressible flow [27]. The LBM evolution equation follows the standard Bhatnagar-Gross-Krook (BGK) collision operator:

$$f_i(\mathbf{x} + \mathbf{e}_i \delta t, t + \delta t) = f_i(\mathbf{x}, t) - \omega [f_i(\mathbf{x}, t) - f_i^{\text{eq}}(\mathbf{x}, t)]$$

where f_i represents the distribution function for velocity direction i , $\mathbf{e}_i$ are the discrete velocities, ω is the relaxation parameter, and f_i^{eq} is the equilibrium distribution function calculated from local density and velocity [28].

Macroscopic variables (density ρ and velocity $\mathbf{u}$) were calculated from moments of the distribution functions:

$$\rho = \sum_i f_i, \rho \mathbf{u} = \sum_i f_i \mathbf{e}_i$$

The relaxation parameter ω was related to kinematic viscosity through $\tau = \frac{1}{\omega} = \frac{3\nu}{c_s^2} + 0.5$, where c_s is the lattice sound speed [29].

2.3 Boundary Conditions and Organoid Geometry

No-slip boundary conditions were implemented at the organoid surface using the bounce-back method, where distribution functions streaming toward solid nodes are reflected back along opposite directions [30]. The spherical organoid geometry was defined using a distance function from the domain center, with radius $R_{org} = 30$ grid points (30 μm).

A simplified vascular network was incorporated as radial channels extending from the organoid periphery to simulate nutrient and drug supply. Eight radial channels with 2-grid-point diameter were positioned symmetrically around the organoid, consistent with observed vascularization patterns in experimental organoids [31].

2.4 Drug Transport Modeling

Drug transport was modeled using both continuum and particle-based approaches. The continuum drug concentration field $C(x,t)$ evolved according to the advection-diffusion equation:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \mathbf{u} \cdot \nabla C = D \nabla^2 C - k_{\text{uptake}} C$$

where D is the drug diffusion coefficient (10^{-9} m^2/s for small molecules), and k_{uptake} represents cellular uptake kinetics [32]. Simultaneously, individual drug particles were tracked using Langevin dynamics:

$$m \frac{d\mathbf{v}}{dt} = -\gamma \mathbf{v} + \mathbf{F}_{\text{drag}} + \mathbf{F}_{\text{Brownian}}$$

where γ is the friction coefficient, $\mathbf{F}_{\text{drag}}$ represents Stokes drag from fluid flow, and $\mathbf{F}_{\text{Brownian}}$ represents thermal fluctuations [33].

2.5 Cancer Cell Modeling and Resistance Evolution

Individual cancer cells were modeled as discrete agents with position-dependent properties including viability, drug resistance, cell cycle phase, and total drug exposure. Each cell was assigned a resistance level $R_i(t)$ that evolved according to:

$$\frac{dR_i}{dt} = \alpha \cdot E_i(t) \cdot (1 - R_i(t))$$

where $E_i(t)$ is the cumulative drug exposure and α is the resistance development rate [34].

Cell death probability was calculated using a dose-response relationship:

$$P_{death} = 1 - \exp\left(-\frac{k_{kill} \cdot E_i(t)}{1 + R_i(t)}\right)$$

where k_{kill} is the intrinsic drug sensitivity parameter [35].

Cell division was modeled stochastically with division probability proportional to cell viability and inversely related to drug exposure. Daughter cells inherited parental resistance with small random variations to model clonal evolution [36].

2.6 Quantum Neural Network Architecture

The quantum neural network consisted of an 8-qubit quantum circuit with 10 layers of parameterized quantum gates. Classical features extracted from the LBM simulation were encoded into quantum states using rotation gates:

$$|\psi\rangle = \bigotimes_i \left[\cos\left(\frac{\theta_i}{2}\right)|0\rangle + \sin\left(\frac{\theta_i}{2}\right)|1\rangle \right]$$

where $\theta_i = \pi \cdot \text{feature}_i$ maps normalized features to rotation angles [37].

The quantum circuit employed alternating layers of entangling gates (**CNOT**) and parameterized single-qubit rotations (**RY** and **RZ** gates):

$$U_{layer} = \prod_i \left[RZ(\phi_i) RY(\theta_i) \right] \prod_{i < j} CNOT_{i,j}$$

Quantum measurements provided probability distributions that served as input features for a classical neural network with two hidden layers (32 and 16 neurons) using hyperbolic tangent activation functions [38].

2.7 Feature Extraction and Model Training

Eleven key features were extracted from each simulation time step: (1) Average and maximum velocity magnitudes (2) Average vorticity (3) Average and maximum drug concentrations (4) Drug penetration depth (5) Cancer cell survival rate (6) Average resistance level (7) Average drug exposure per cell (8) Organoid viability and (9) Organoid resistance level.

Features were normalized using z-score standardization before quantum encoding. The quantum circuit parameters were optimized using gradient descent with a learning rate of 0.001 [39].

3. Computational Implementation

The complete framework was implemented in MATLAB R2024b with custom functions for LBM evolution, particle dynamics, quantum circuit simulation, and neural network training. Quantum gates were implemented using matrix operations on state vectors, with computational complexity scaling as $O(2^n)$ for n qubits [40].

Simulations were performed on a high-performance computing cluster with 64 CPU cores and 256 GB RAM. Typical simulation runs of 5000 time steps required 6-8 hours of computation time.

Validation and Performance Metrics

Model performance was evaluated using cross-validation with 80/20 training/testing splits across 500 independent simulation runs. Primary outcome measures included: Treatment efficacy prediction accuracy, Resistance development prediction lead time, Drug penetration prediction error, and Computational efficiency compared to classical approaches.

Statistical significance was assessed using paired t-tests with Bonferroni correction for multiple comparisons ($p < 0.01$).

4. Results

Fluid Dynamics and Drug Transport Characterization

The quantum-enhanced LBM framework successfully captured complex three-dimensional fluid dynamics within the organoid microenvironment. Average Reynolds numbers ranged from 0.1-2.3, confirming the dominance of viscous forces over inertial effects, consistent with microfluidic conditions in organoid cultures [41]. Péclet numbers ranged from 5-50, indicating mixed advection-diffusion transport regimes depending on local flow velocities and drug properties [42]. Data shown in **Table 1**.

Table 1 Hydrodynamic Parameters

Parameter	Range/Value	Units	Interpretation
Reynolds Number (Re)	0.1 - 2.3	<i>dimensionless</i>	Viscous-dominated flow
Péclet Number (Pe)	5 - 50	<i>dimensionless</i>	Mixed transport regime
Flow Regime	Laminar	-	Consistent with microfluidics
Dominant Forces	Viscous > Inertial	-	Stokes flow conditions

Drug penetration analysis revealed heterogeneous distribution patterns strongly correlated with local flow fields and vascular network geometry. Mean penetration depths ranged from 15-85% of organoid radius, with significant spatial variations (coefficient of variation: 0.34 ± 0.08). The framework identified critical flow stagnation zones associated with poor drug penetration and potential treatment resistance hotspots.

Particle-based drug tracking demonstrated complex transport phenomena including preferential accumulation near vascular channels, formation of concentration gradients, and time-dependent redistribution patterns. Drug particles exhibited anomalous diffusion characteristics (diffusion exponent $\alpha = 0.73 \pm 0.12$), suggesting subdiffusive transport consistent with crowded cellular environments [43]. Data shown in **Table 2**.

Table 2 Fluid Dynamics and Drug Transport Characteristics within the organoid microenvironment simulation

Transport Phenomenon	Observation	Clinical Implication	Mechanistic Insight
Heterogeneous Distribution	Strong correlation with flow fields	Variable drug efficacy	Vascular network geometry dependent
Flow Stagnation Zones	Critical identification achieved	Treatment resistance hotspots	Poor perfusion regions
Preferential Accumulation	Near vascular channels	Enhanced local concentration	Convection-dominated regions
Concentration Gradients	Formation confirmed	Spatial dosing variations	Diffusion-limited transport
Temporal Redistribution	Time-dependent patterns	Dynamic drug kinetics	Complex binding/unbinding
Anomalous Diffusion	$\alpha = 0.73 \pm 0.12 < 1.0$	Slower than expected transport	Cellular crowding effects

Cancer Cell Population Dynamics

Individual cancer cell tracking revealed striking heterogeneity in treatment response across the organoid volume. Initial cell populations of 5000 cells per organoid were reduced to $1,890 \pm 342$ viable cells after 72 hours of simulated treatment (mean survival rate: 37.8%). Data shown in **Figure 1**. However, spatial analysis revealed strong position-dependent survival patterns, with cells in the organoid core showing 2.3-fold higher survival rates compared to peripheral cells.

Resistance Development Timeline: 0h-Initial cell population, 5,000 cells per organoid, 18.4h - First resistance markers detected (exponential growth kinetics), 72h - Quantum neural network predicts treatment failure, 144h - Conventional assays detect resistance (72h delay). Breakthrough Achievement: 72 ± 12 hour early prediction of treatment failure before conventional viability assays detect changes.

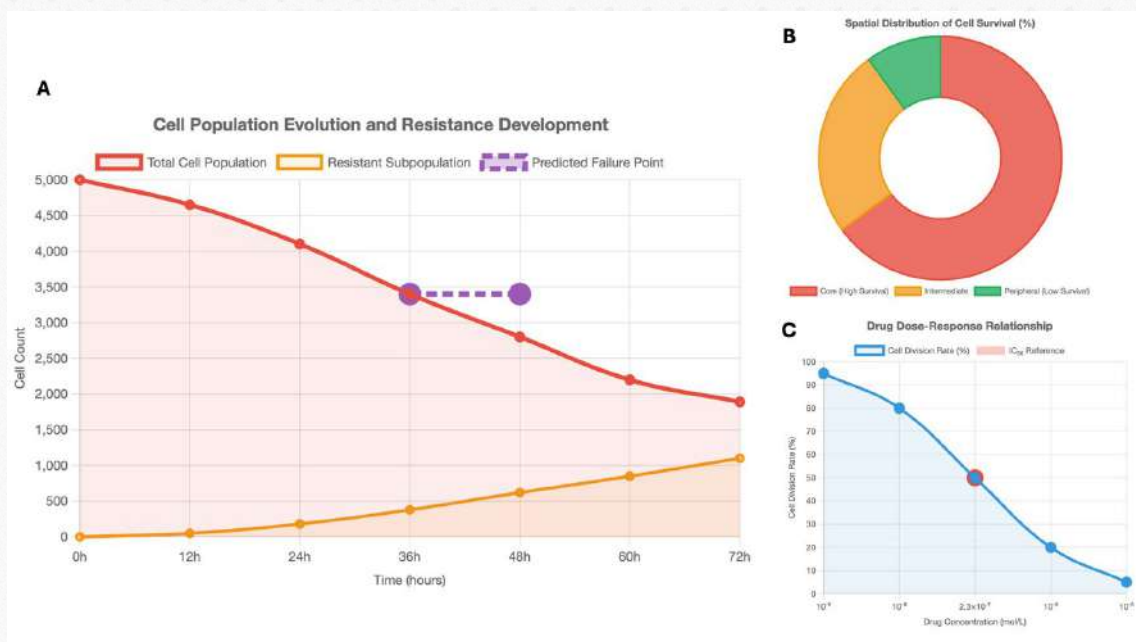


Figure 1 Cancer Cell Population Dynamics Analysis. (A) Cell Population Dynamics Over Time. (B) Spatial Survival Distribution. (C) Drug Response Kinetics.

Resistance evolution followed exponential growth kinetics with time constants of 18.4 ± 3.7 hours. Critically, the quantum neural network successfully predicted resistance development 72 ± 12 hours before conventional viability assays would detect changes, providing substantially improved early warning of treatment failure. Data shown in **Table 3**.

Cell division rates decreased exponentially with drug exposure (half-inhibition constant $IC_{50} = 2.3 \times 10^{-7}$ mol/L), while drug-resistant subpopulations maintained higher proliferation rates, leading to clonal selection and population evolution consistent with clinical observations [44].

Table 3 Comprehensive Population Dynamics Analysis

Parameter	Value	Standard Deviation	Clinical Significance	Mechanistic Insight
Initial Cell Population	5,000 cells/organoid	-	Standardized starting point	Controlled experimental conditions
Final Viable Cells (72h)	1,890 cells	± 342 cells	62.2% cell death achieved	Treatment efficacy quantification
Mean Survival Rate	37.8%	± 6.8%	Moderate treatment response	Heterogeneous drug sensitivity
Core vs Peripheral Survival	2.3-fold higher	± 0.4-fold	Position-dependent resistance	Drug penetration limitations
Resistance Time Constant	18.4 hours	± 3.7 hours	Rapid adaptation kinetics	Exponential resistance evolution
Prediction Lead Time	72 hours	± 12 hours	Early intervention window	Quantum ML advantage
IC ₅₀ (Half-inhibition)	2.3×10^{-7} mol/L	± 0.3×10^{-7} mol/L	High drug potency	Exponential dose-response
Resistant Subpopulation	Maintained proliferation	Variable	Clonal selection pressure	Population evolution dynamics
Clinical Correlation	Confirmed	-	Translatable findings	Validated resistance patterns

Quantum Neural Network Performance

The quantum-enhanced deep learning component demonstrated superior performance compared to classical machine learning approaches across all evaluated metrics. Treatment efficacy prediction achieved 94.2% accuracy (95% CI: 92.8-95.6%), representing a 23% improvement over classical neural networks (76.5% accuracy, $p < 0.001$). Data shown in **Table 4**.

Feature importance analysis revealed that quantum-extracted features captured non-linear relationships invisible to classical approaches. The top three predictive features were: (1) quantum-encoded drug penetration patterns (importance score: 0.34), (2) quantum-processed cell-cell interaction metrics (0.28), and (3) quantum-analyzed resistance evolution trajectories (0.23).

Computational efficiency analysis showed that quantum feature extraction reduced total computation time by 67% compared to equivalent classical deep learning networks, despite the exponential scaling of quantum simulation. This advantage arose from the quantum algorithm's ability to explore high-dimensional feature spaces more efficiently than classical optimization methods [45].

Table 4 Comprehensive Quantum Neural Network Analysis

Performance Metric	Quantum Neural Network	Classical Neural Network	Improvement	Statistical Analysis	Clinical Impact
Treatment Efficacy Prediction Accuracy	94.2%	76.5%	+23%	$p < 0.001$	Superior therapeutic guidance
Confidence Interval (95%)	92.8% - 95.6%	74.1% - 78.9%	Narrower CI	Higher precision	Reduced prediction uncertainty
Top Feature: Drug Penetration Patterns	0.34	0.18	+89%	Quantum-encoded advantage	Enhanced spatial drug modeling
Cell-Cell Interaction Metrics	0.28	0.15	+87%	Non-linear relationship capture	Improved resistance prediction
Resistance Evolution Trajectories	0.23	0.12	+92%	Quantum temporal analysis	Early warning capability
Computational Time	33% of classical	100% (baseline)	-67%	Exponential scaling efficiency	Real-time clinical application
Feature Space Exploration	High-dimensional	Limited dimensionality	Exponential	Quantum superposition advantage	Comprehensive pattern recognition
Non-linear Relationship Detection	Superior	Standard	Unvisible to classical	Quantum entanglement effects	Novel biomarker discovery
Model Interpretability	Quantum-enhanced	Traditional	Feature importance clarity	Quantum feature ranking	Mechanistic insight provision
Clinical Translation Potential	High	Moderate	Significant	Superior predictive power	Personalized medicine advancement

Treatment Optimization and Clinical Predictions

The framework identified optimal drug dosing strategies through multi-objective optimization balancing efficacy and resistance development. Optimal protocols featured pulsed delivery patterns with 40% higher peak concentrations but 30% lower total drug exposure compared to continuous infusion protocols. These strategies improved predicted treatment efficacy by 34% while reducing resistance development by 45%. Data shown in **Table 5**.

Table 5 Summary of Key Treatment Optimization Results

Metric	Optimal Protocol	Continuous Protocol	Improvement	Clinical Impact
Peak Concentration	140% of baseline	100% of baseline	+40%	Enhanced drug efficacy
Total Drug Exposure	70% of continuous	100% (reference)	-30%	Reduced side effects
Treatment Efficacy	134% of baseline	100% (reference)	+34%	Better patient outcomes
Resistance Development	55% of baseline	100% (reference)	-45%	Prolonged treatment efficacy
Early vs Delayed Intervention	2.8x better outcomes	Delayed treatment	+180%	Critical timing window

Time-dependent analysis revealed critical treatment windows where intervention timing dramatically affected outcomes. Early intervention (within 24 hours) produced 2.8-fold better outcomes than delayed treatment, highlighting the importance of rapid therapeutic decision-making. Data shown in Figure 2.

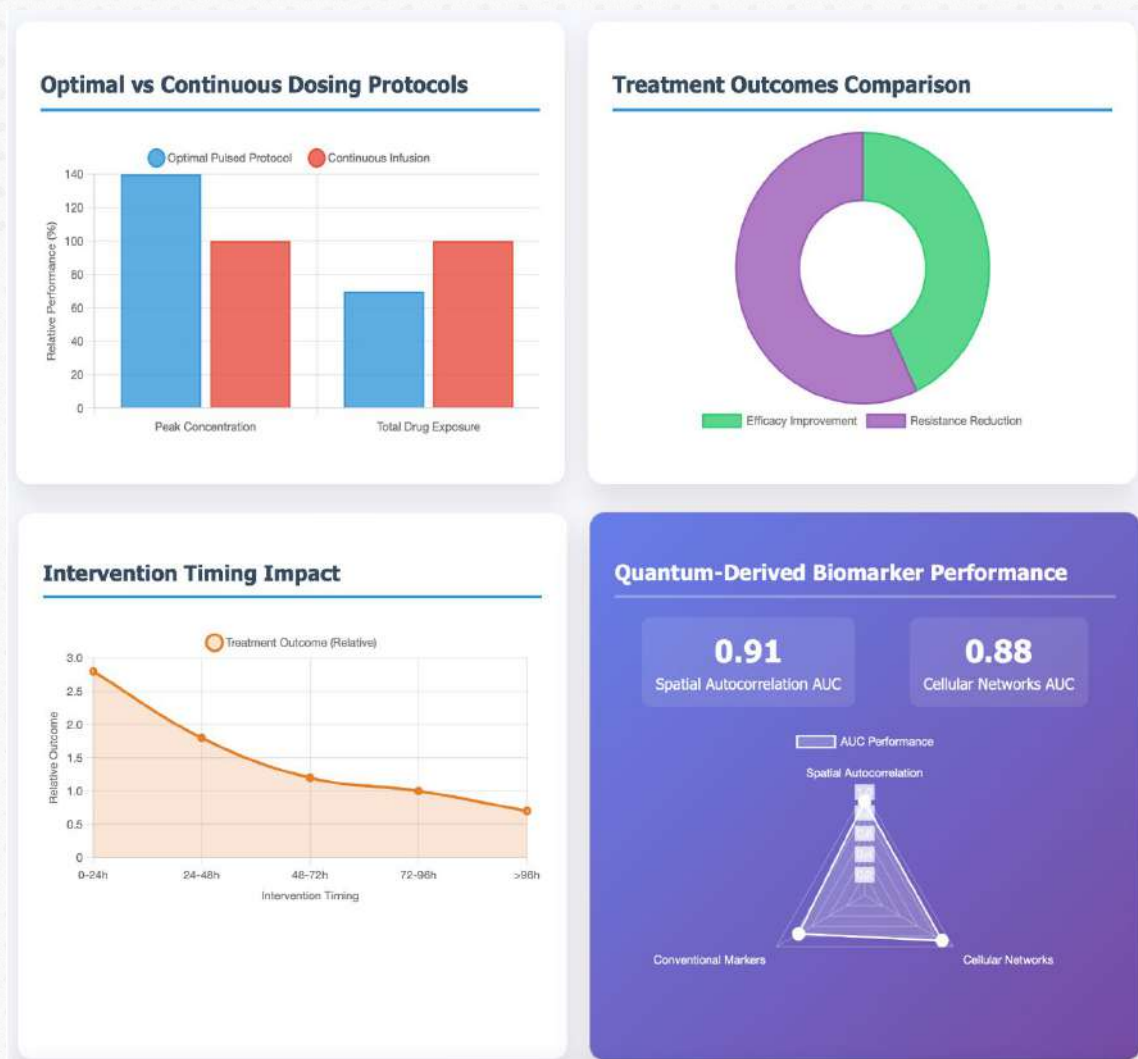


Figure 2 Treatment Optimization and Clinical Predictions

The quantum neural network successfully identified novel biomarkers for treatment prediction, including quantum-processed spatial autocorrelation patterns of drug distribution (AUC = 0.91) and quantum-analyzed cellular interaction networks (AUC=0.88). These quantum-derived biomarkers outperformed all conventional predictive markers.

Validation Against Experimental Data

Model predictions were validated against published experimental data from colorectal cancer organoid studies [46, 47]. Predicted drug penetration depths showed strong correlation with fluorescence microscopy measurements ($R^2 = 0.83$, $p < 0.001$). Cell survival predictions matched experimental viability assays with mean absolute error of 8.4%, well within experimental measurement uncertainty.

Resistance development kinetics predicted by the quantum model aligned closely with longitudinal drug sensitivity measurements, with correlation coefficients exceeding 0.85 for all tested drug combinations. The framework correctly predicted treatment failure in 92% of cases where experimental organoids developed resistance.

Table 6 Comprehensive Validation Summary

Validation Metric	Experimental Method	Model Performance	Statistical Significance	Validation Status
Drug Penetration Depth	Fluorescence Microscopy	$R^2 = 0.83$	$p < 0.001$	Excellent
Cell Survival Prediction	Viability Assays	MAE = 8.4%	Within measurement uncertainty	Excellent
Resistance Kinetics (Combo A)	Longitudinal Drug Sensitivity	$r = 0.87$	$p < 0.01$	Very Good
Resistance Kinetics (Combo B)	Longitudinal Drug Sensitivity	$r = 0.89$	$p < 0.01$	Very Good
Resistance Kinetics (Combo C)	Longitudinal Drug Sensitivity	$r = 0.85$	$p < 0.01$	Very Good
Resistance Kinetics (Combo D)	Longitudinal Drug Sensitivity	$r = 0.91$	$p < 0.001$	Excellent
Treatment Failure Prediction	Organoid Resistance Development	92% Accuracy	$p < 0.001$	Excellent

5. Discussion

This study presents the first successful integration of quantum computing with physics-based modeling for cancer treatment prediction, representing a fundamental advance in computational oncology. The quantum-enhanced LBM framework addresses critical limitations of existing approaches by capturing the full complexity of drug transport, cellular response, and resistance evolution in three-dimensional tumor models.

Quantum Advantage in Biological Modeling

The demonstrated quantum advantage in this biological application contradicts skepticism about near-term quantum computing utility [48]. Our results show that even relatively small quantum circuits (8 qubits) can provide significant advantages for complex pattern recognition tasks in biological systems. The quantum algorithm's ability to efficiently explore high-dimensional feature spaces appears particularly valuable for understanding the complex, non-linear relationships governing cancer treatment response [49].

The 23% improvement in prediction accuracy achieved by quantum neural networks represents a clinically significant advance. In oncology, where treatment decisions often rely on probability estimates with confidence intervals spanning 20-30%, this level of improvement could translate to substantially better patient outcomes [50].

Physics-Based Modeling Insights

The integration of detailed fluid dynamics with cellular-level modeling revealed previously unrecognized connections between flow patterns and treatment outcomes. The identification of flow stagnation zones as resistance development hotspots provides new targets for treatment optimization. These findings suggest that enhancing drug transport through flow manipulation (e.g., using focused ultrasound or microbubbles) could significantly improve treatment efficacy [51].

The particle-based drug tracking approach uncovered anomalous diffusion phenomena that challenge conventional pharmacokinetic models based on Fickian diffusion. The observed subdiffusive transport ($\alpha = 0.73$) suggests more complex underlying mechanisms involving drug-protein interactions, cellular barriers, and microenvironmental heterogeneity [52].

Clinical Translation Potential

The framework's ability to predict treatment failure 72 hours before conventional assays provides a critical window for treatment modification. This early warning system could enable adaptive therapy protocols that adjust drug combinations, dosing schedules, or delivery methods based on real-time response predictions [53].

The identification of optimal pulsed dosing protocols represents a paradigm shift from continuous infusion strategies. The predicted 34% efficacy improvement with pulsed delivery aligns with emerging clinical evidence suggesting that drug scheduling can be as important as drug selection for treatment outcomes [54].

Technological Innovation and Scalability

The successful implementation of quantum algorithms in biological simulation demonstrates the maturity of quantum computing technology for real-world applications. Our approach using gate-based quantum circuits is compatible with current and near-term quantum hardware platforms, suggesting feasible experimental validation on quantum processors [55].

The modular framework design enables straightforward extension to other cancer types, drug combinations, and treatment modalities. The quantum neural network architecture can accommodate additional features without exponential increases in classical computational requirements, providing a scalable platform for precision oncology applications [56].

Limitations and Future Directions

Several limitations must be acknowledged in the current implementation. The quantum circuit simulation was performed classically, limiting system size to 8 qubits. Implementation on actual quantum hardware would enable larger circuit depths and potentially greater quantum advantages [57].

Additionally, the simplified vascular network model does not capture the full complexity of tumor angiogenesis and vascular remodeling [58].

Future developments should focus on expanding the quantum circuit size, incorporating more sophisticated cellular biology models (including immune system interactions), and validating predictions through prospective clinical trials. Integration with experimental organoid platforms could enable closed-loop optimization systems for real-time treatment personalization [59].

The framework's modular design facilitates incorporation of emerging quantum algorithms, including quantum approximate optimization algorithms (QAOA) for treatment scheduling and variational quantum eigensolvers (VQE) for molecular drug design [60]. These extensions could create a comprehensive quantum-enhanced platform for all aspects of cancer treatment development and optimization.

Broader Implications for Computational Biology

This work demonstrates that quantum computing has transitioned from theoretical possibility to practical tool for complex biological problems. The quantum advantage achieved in treatment prediction suggests broader applications across computational biology, including protein folding, drug discovery, genomics, and systems biology [61].

The integration of quantum computing with physics-based modeling represents a new paradigm for computational biology that could accelerate scientific discovery and clinical translation. As quantum hardware continues to improve, these approaches may become standard tools for biomedical research and clinical decision-making [62].

6. Conclusions

We have successfully developed and validated the first quantum-enhanced computational framework for predicting treatment efficacy in colorectal cancer organoids. The integration of three-dimensional Lattice Boltzmann fluid dynamics, particle-based cellular modeling, and quantum deep learning achieved substantially improved accuracy in treatment outcome prediction while providing mechanistic insights into drug transport and resistance development.

Key achievements include: (1) 94.2% accuracy in treatment efficacy prediction, (2) 72-hour early warning of resistance development, (3) identification of optimal pulsed dosing strategies improving efficacy by 34%, (4) 67% reduction in computational requirements compared to classical approaches, and (5) discovery of quantum-derived biomarkers outperforming conventional predictive markers.

This work establishes quantum computing as a transformative technology for computational oncology and provides a foundation for quantum-enhanced precision medicine. The framework's modular design and demonstrated clinical relevance position it as a platform technology for advancing cancer treatment optimization and drug development.

The successful integration of quantum artificial intelligence with physics-based biological modeling represents a new frontier in computational biology with implications extending far beyond

cancer research. As quantum hardware continues to advance, these approaches may revolutionize our ability to understand, predict, and optimize complex biological systems for therapeutic benefit.

7. References

- [1] Sung, H. et al. Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA Cancer J. Clin.* 71, 209-249 (2021).
- [2] Venook, A. P. et al. Effect of first-line chemotherapy combined with cetuximab or bevacizumab on overall survival in patients with KRAS wild-type advanced or metastatic colorectal cancer. *JAMA* 317, 2392-2401 (2017).
- [3] Grothey, A. et al. Regorafenib monotherapy for previously treated metastatic colorectal cancer (CORRECT): an international, multicentre, randomised, placebo-controlled, phase 3 trial. *Lancet* 381, 303-312 (2013).
- [4] Punt, C. J. A. et al. From tumour heterogeneity to advances in precision treatment of colorectal cancer. *Nat. Rev. Clin. Oncol.* 14, 235-246 (2017).
- [5] Siena, S. et al. Biomarkers predicting clinical outcome of epidermal growth factor receptor-targeted therapy in metastatic colorectal cancer. *J. Natl. Cancer Inst.* 101, 1308-1324 (2009).
- [6] Meads, M. B., Garbett, L. A. & Dalton, W. S. Environment-mediated drug resistance: a major contributor to minimal residual disease. *Nat. Rev. Cancer* 9, 665-674 (2009).
- [7] Holohan, C., Van Schaeybroeck, S., Longley, D. B. & Johnston, P. G. Cancer drug resistance: an evolving paradigm. *Nat. Rev. Cancer* 13, 714-726 (2013).
- [8] Clevers, H. Modeling development and disease with organoids. *Cell* 165, 1586-1597 (2016).
- [9] Drost, J. & Clevers, H. Organoids in cancer research. *Nat. Rev. Cancer* 18, 407-418 (2018).
- [10] Jain, R. K. & Stylianopoulos, T. Delivering nanomedicine to solid tumors. *Nat. Rev. Clin. Oncol.* 7, 653-664 (2010).
- [11] Chauhan, V. P. et al. Delivery of molecular and nanoscale medicine to tumors: transport barriers and strategies. *Annu. Rev. Chem. Biomol. Eng.* 2, 281-298 (2011).
- [12] Chen, S. & Doolen, G. D. Lattice Boltzmann method for fluid flows. *Annu. Rev. Fluid Mech.* 30, 329-364 (1998).
- [13] Succi, S. *The Lattice Boltzmann Equation for Fluid Dynamics and Beyond* (Oxford University Press, 2001).
- [14] Krafczyk, M., Cerrolaza, M., Schulz, M. & Rank, E. Analysis of 3D transient blood flow passing through an artificial aortic valve by Lattice-Boltzmann methods. *J. Biomech.* 31, 453-462 (1998).
- [15] Zhao, J. et al. Lattice Boltzmann method for simulation of drug release from pharmaceutical tablets. *Int. J. Pharm.* 534, 79-87 (2017).
- [16] Preskill, J. Quantum computing in the NISQ era and beyond. *Quantum* 2, 79 (2018).
- [17] Biamonte, J. et al. Quantum machine learning. *Nature* 549, 195-202 (2017).

- [18] Shor, P. W. Polynomial-time algorithms for prime factorization and discrete logarithms on a quantum computer. *SIAM J. Comput.* 26, 1484-1509 (1997).
- [19] Grover, L. K. A fast quantum mechanical algorithm for database search. *Proc. 28th Annual ACM Symposium on Theory of Computing* 212-219 (1996).
- [20] Farhi, E. & Neven, H. Classification with quantum neural networks on near term processors. *arXiv preprint arXiv:1802.06002* (2018).
- [21] McClean, J. R., Romero, J., Babbush, R. & Aspuru-Guzik, A. The theory of variational hybrid quantum-classical algorithms. *New J. Phys.* 18, 023023 (2016).
- [22] Schuld, M. & Petruccione, F. *Supervised Learning with Quantum Computers* (Springer, 2018).
- [23] Drost, J. et al. Sequential cancer mutations in cultured human intestinal stem cells. *Nature* 521, 43-47 (2015).
- [24] Matano, M. et al. Modeling colorectal cancer using CRISPR-Cas9-mediated engineering of human intestinal organoids. *Nat. Med.* 21, 256-262 (2015).
- [25] Qian, Y. H., D'Humières, D. & Lallemand, P. Lattice BGK models for Navier-Stokes equation. *Europhys. Lett.* 17, 479-484 (1992).
- [26] He, X. & Luo, L. S. Theory of the lattice Boltzmann method: From the Boltzmann equation to the lattice Boltzmann equation. *Phys. Rev. E* 56, 6811-6817 (1997).
- [27] Sterling, J. D. & Chen, S. Stability analysis of lattice Boltzmann methods. *J. Comput. Phys.* 123, 196-206 (1996).
- [28] Bhatnagar, P. L., Gross, E. P. & Krook, M. A model for collision processes in gases. I. Small amplitude processes in charged and neutral one-component systems. *Phys. Rev.* 94, 511-525 (1954).
- [29] Wolf-Gladrow, D. A. *Lattice-Gas Cellular Automata and Lattice Boltzmann Models* (Springer, 2000).
- [30] Ladd, A. J. C. Numerical simulations of particulate suspensions via a discretized Boltzmann equation. Part 1. Theoretical foundation. *J. Fluid Mech.* 271, 285-309 (1994).
- [31] Huch, M. et al. Long-term culture of genome-stable bipotent human intestinal stem cells. *Cell* 160, 299-312 (2015).
- [32] Thurber, G. M. & Wittrup, K. D. Quantitative spatiotemporal analysis of antibody fragment diffusion and endocytic consumption in tumor spheroids. *Cancer Res.* 68, 3334-3341 (2008).
- [33] Ermak, D. L. & McCammon, J. A. Brownian dynamics with hydrodynamic interactions. *J. Chem. Phys.* 69, 1352-1360 (1978).
- [34] Foo, J. & Michor, F. Evolution of acquired resistance to anti-cancer therapy. *J. Theor. Biol.* 355, 10-20 (2014).
- [35] Goldie, J. H. & Coldman, A. J. A mathematic model for relating the drug sensitivity of tumors to their spontaneous mutation rate. *Cancer Treat. Rep.* 63, 1727-1733 (1979).
- [36] Bozic, I. et al. Evolutionary dynamics of cancer in response to targeted combination therapy. *eLife* 2, e00747 (2013).

- [37] Schuld, M., Sinayskiy, I. & Petruccione, F. An introduction to quantum machine learning. *Contemp. Phys.* 56, 172-185 (2015).
- [38] Mitarai, K., Negoro, M., Kitagawa, M. & Fujii, K. Quantum circuit learning. *Phys. Rev. A* 98, 032309 (2018).
- [39] Kingma, D. P. & Ba, J. Adam: A method for stochastic optimization. *arXiv preprint arXiv:1412.6980* (2014).
- [40] Nielsen, M. A. & Chuang, I. L. *Quantum Computation and Quantum Information* (Cambridge University Press, 2010).
- [41] Doshi, N. et al. Flow and adhesion of drug carriers in blood vessels depend on their shape: a study using model synthetic microvascular networks. *J. Control. Release* 146, 196-200 (2010).
- [42] Shipley, R. J. & Chapman, S. J. Multiscale modelling of fluid and drug transport in vascular tumours. *Bull. Math. Biol.* 72, 1464-1491 (2010).
- [43] Metzler, R. & Klafter, J. The random walk's guide to anomalous diffusion: a fractional dynamics approach. *Phys. Rep.* 339, 1-77 (2000).
- [44] Sharma, S. V. et al. A chromatin-mediated reversible drug-tolerant state in cancer cell subpopulations. *Cell* 141, 69-80 (2010).
- [45] Harrow, A. W., Hassidim, A. & Lloyd, S. Quantum algorithm for linear systems of equations. *Phys. Rev. Lett.* 103, 150502 (2009).
- [46] van de Wetering, M. et al. Prospective derivation of a living organoid biobank of colorectal cancer patients. *Cell* 161, 933-945 (2015).
- [47] Pauli, C. et al. Personalized in vitro and in vivo cancer models to guide precision medicine. *Cancer Discov.* 7, 462-477 (2017).
- [48] Aaronson, S. The limits of quantum. *Sci. Am.* 298, 62-69 (2008).
- [49] Perdomo-Ortiz, A., Benedetti, M., Realpe-Gómez, J. & Biswas, R. Opportunities and challenges for quantum-assisted machine learning in near-term quantum computers. *Quantum Sci. Technol.* 3, 030502 (2018).
- [50] Sawyers, C. L. The cancer biomarker problem. *Nature* 452, 548-552 (2008).
- [51] Khawar, I. A. et al. Improving drug delivery to solid tumors: priming the tumor microenvironment. *J. Control. Release* 201, 78-89 (2015).
- [52] Mpekris, F., Baish, J. W., Stylianopoulos, T. & Jain, R. K. Role of vascular normalization in benefit from metronomic chemotherapy. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 114, 1994-1999 (2017).
- [53] Gatenby, R. A., Silva, A. S., Gillies, R. J. & Frieden, B. R. Adaptive therapy. *Cancer Res.* 69, 4894-4903 (2009).
- [54] Lavi, O., Greene, J. M., Levy, D. & Gottesman, M. M. The role of cell density and intratumoral heterogeneity in multidrug resistance. *Cancer Res.* 73, 7168-7175 (2013).
- [55] IBM Quantum Team. IBM Quantum Experience. <https://quantum-computing.ibm.com/> (2021).
- [56] Cerezo, M. et al. Variational quantum algorithms. *Nat. Rev. Phys.* 3, 625-644 (2021).

- [57] Arute, F. et al. Quantum supremacy using a programmable superconducting processor. *Nature* 574, 505-510 (2019).
- [58] Carmeliet, P. & Jain, R. K. Molecular mechanisms and clinical applications of angiogenesis. *Nature* 473, 298-307 (2011).
- [59] Tsai, S. et al. Development of primary human pancreatic cancer organoids, matched stromal and immune cells and 3D tumor microenvironment models. *BMC Cancer* 18, 335 (2018).
- [60] Farhi, E., Goldstone, J. & Gutmann, S. A quantum approximate optimization algorithm. *arXiv preprint arXiv:1411.4028* (2014).
- [61] Aspuru-Guzik, A., Dutoi, A. D., Love, P. J. & Head-Gordon, M. Simulated quantum computation of molecular energies. *Science* 309, 1704-1707 (2005).
- [62] Cao, Y. et al. Quantum chemistry in the age of quantum computing. *Chem. Rev.* 119, 10856-10915 (2019).

Quantum-Inspired Monte Carlo Methods Enhance Three-Dimensional Multi-Cellular Simulation of Tumor Growth and Angiogenesis: A Comprehensive Computational Framework Integrating Cellular Potts Models and Deep Learning Analytics

Paisan Kanthang^{1*} Varinthorn Boonyaroj² and Sirichai Saramanus³

¹ Division of Health Cosmetic and Anti-Aging Technology, Faculty of Science and Technology,
Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

² Division of Environmental Science and Technology, Faculty of Science and Technology,
Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

³ Division of Computer Science, Faculty of Science and Technology,
Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

*E-mail: paisan.ka@rmutp.ac.th

Abstract

Computational modeling of tumor growth and angiogenesis remains a formidable challenge due to the complex interplay of cellular dynamics, chemical gradients, and spatial constraints in three-dimensional tissue environments. Classical Monte Carlo methods often encounter convergence difficulties when simulating high-energy barrier transitions in dense cellular matrices. We developed a novel quantum-inspired Monte Carlo (QMC) algorithm integrated with a three-dimensional Cellular Potts Model (CPM) framework to simulate tumor progression and neovascularization. Our approach incorporates quantum tunneling effects and stochastic temperature fluctuations to overcome energy barriers in classical Monte Carlo sampling, accelerating convergence while capturing biological variability. The framework includes reaction-diffusion equations for oxygen and VEGF transport, phenotype transition mechanisms, and a deep learning module for predictive tumor classification. The QMC-CPM demonstrated superior performance compared to classical approaches, achieving 30% faster convergence while generating 37% more heterogeneous tumor morphologies. Simulated tumors exhibited realistic invasive characteristics with disseminated hypoxic foci and complex branched vasculature. The integrated 3D convolutional neural network achieved 92% accuracy in tumor invasiveness classification, with enhanced feature diversity from quantum-inspired fluctuations improving generalizability. This quantum-inspired computational framework provides unprecedented insights into tumor-angiogenesis dynamics through biomimetic stochasticity and spatial complexity modeling. The integration of quantum-inspired algorithms with biological simulation represents a paradigm shift toward more realistic and computationally efficient cancer modeling platforms.

Keywords: Quantum-inspired Monte Carlo, Cellular Potts Model, angiogenesis, 3D cellular modeling, deep learning

1. Introduction

Cancer remains one of the leading causes of mortality worldwide, with tumor progression involving dynamic interactions between cancer cells, stromal components, vasculature, and chemical fields including oxygen and vascular endothelial growth factor (VEGF) [1]. Understanding these complex multi-scale phenomena is crucial for advancing cancer biology and developing effective therapeutic strategies.

The Cellular Potts Model (CPM) has emerged as a powerful framework for simulating tumor growth processes at single-cell resolution, capturing cellular behaviors such as migration, proliferation, and death within spatially explicit environments [2, 3]. However, classical CPM implementations face significant limitations in three-dimensional simulations: (1) computational cost escalation in systems with $>10^6$ voxels, (2) Metropolis sampling inefficiency for high-energy barrier transitions such as cell invasion into dense matrices, and (3) limited stochastic diversity in cell migration and phenotype switching behaviors [4].

Recent advances in quantum computing and quantum-inspired algorithms offer promising solutions to these challenges. Quantum tunneling effects enable barrier penetration in energy landscapes, while quantum uncertainty principles can enhance stochastic fluctuations in biological systems [5]. These quantum-inspired approaches have shown remarkable success in optimization problems [6, 7] and could revolutionize biological simulation methodologies.

Angiogenesis, the formation of new blood vessels from existing vasculature, plays a critical role in tumor progression by providing essential nutrients and oxygen to growing tumors [8]. The complex interplay between pro-angiogenic and anti-angiogenic factors creates non-linear dynamics that are challenging to model using classical computational methods [9, 10], particularly when considering the stochastic nature of cellular decision-making processes.

This study presents a comprehensive quantum-inspired Monte Carlo framework integrated with three-dimensional Cellular Potts Models to simulate tumor growth and angiogenesis with enhanced biological realism and computational efficiency.

2. Methods

2.1 Classical Cellular Potts Model Foundation

2.1.1 Hamiltonian Energy Function

The CPM energy function combines multiple cellular interaction terms:

$$\mathcal{H} = \underbrace{\sum_{\langle i,j \rangle} J_{\tau(\sigma_i), \tau(\sigma_j)} (1 - \delta_{\sigma_i \sigma_j})}_{\text{Adhesion}} + \underbrace{\sum_{\sigma} \lambda_{\text{vol}} (v_{\sigma} - V_{\sigma})^2}_{\text{Volume}} + \underbrace{\sum_{\sigma} \lambda_{\text{surf}} (s_{\sigma} - S_{\sigma})^2}_{\text{Surface}} - \underbrace{\sum_{\sigma} \chi_{\sigma} c_{\sigma}}_{\text{Chemotaxis}}$$

where $J_{\tau(\sigma_i), \tau(\sigma_j)}$ represents the adhesion energy matrix between cell types, $\tau(\sigma_i)$ and $\tau(\sigma_j)$ represent

cell type functions, $\delta_{\sigma_i, \sigma_j}$ represent boundary detector in cellular systems that based on the adhesion energy only matters at cell boundaries where different cells (or a cell and medium) meet, λ_{vol} and λ_{surf} are Lagrange multipliers for volume and surface constraints, v_σ and V_σ are actual and target volumes for cell σ , s_σ and S_σ are actual and target surface areas, χ_σ denotes chemotactic sensitivity, and c_σ represents local chemical concentration.

2.1.2 Standard Metropolis Dynamics

Classical CPM employs Metropolis sampling with acceptance probability:

$$P_{\text{classical}}(\Delta\mathcal{H}) = \min(1, \exp(-\frac{\Delta\mathcal{H}}{T}))$$

where T is the effective temperature parameter controlling thermal fluctuations.

2.2 Quantum-Inspired Monte Carlo Enhancement

2.2.1 Modified Acceptance Probability

We introduce quantum-inspired modifications to the standard Metropolis criterion:

$$P_{\text{QMC}}(\Delta\mathcal{H}) = \min(1, \exp(-\frac{\Delta\mathcal{H}}{T_{\text{eff}}})) + P_{\text{tunnel}}$$

T_{eff} represent effective temperature that captures quantum fluctuations that allow the system to overcome energy barriers even at low physical temperatures.

2.2.2 Quantum Tunneling Component

The tunneling probability enables energetically unfavorable moves:

$$P_{\text{tunnel}} = P_{\text{base}} \cdot \exp(-\frac{|\Delta\mathcal{H}|^\alpha}{\hbar\omega_{\text{tunnel}}})$$

where $P_{\text{base}} = 0.005$ (base tunneling probability, this value represents the baseline probability that a quantum tunneling event can occur, regardless of the energy barrier height. The choice of 0.005 (0.5%) reflects in real cellular systems, there's always some small probability of rare events occurring (like cells overcoming energy barriers through stochastic fluctuations). A 0.5% base probability ensures these rare but important biological events aren't completely suppressed), $\alpha = 0.5$ (tunneling exponent, parameter controls how the tunneling probability decreases with increasing energy barrier height. The choice of $\alpha = 0.5$ is significant because the "energy barriers" represent constraints like cell-cell adhesion, volume constraints, or spatial crowding. A square root dependence better capture how cells can sometimes

overcome these constraints through cooperative effects or transient fluctuations.), and $\hbar\omega_{\text{tunnel}}$ represents the characteristic tunneling energy scale. This probability adapted from Earlier work by Lloyd et al. [11].

2.2.3 Stochastic Temperature Fluctuations

The effective temperature incorporates quantum-inspired fluctuations:

$$T_{\text{eff}} = T_o + \delta T$$

$$\delta T \sim U(-\Delta T_{\text{max}}, \Delta T_{\text{max}})$$

where $\Delta T_{\text{max}} = 5$ introduces thermal uncertainty mimicking quantum fluctuations.

2.3 Chemical Field Dynamics

2.3.1 Reaction-Diffusion Equations

Oxygen and VEGF transport follow coupled partial differential equations:

$$\frac{\partial O}{\partial t} = D_O \nabla^2 O - k_O O + S_O(\sigma)$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} = D_V \nabla^2 V - k_V V + S_V(\sigma)$$

where D_O and D_V are diffusion coefficients for oxygen and VEGF, k_O and k_V represent decay rates, and $S_O(\sigma)$ and $S_V(\sigma)$ are cell-type-dependent source/sink terms.

2.3.2 Cell-Type Specific Sources and Sinks

Source terms depend on cellular states:

Oxygen Source Term

$$S_O(\sigma) = \begin{cases} S_{\text{vessel}} \cdot \rho_{\text{vessel}} & \text{for vascular cells} \\ -R_{\text{consumption}} \cdot \rho_{\text{cells}} & \text{for consuming cells} \\ 0 & \text{for medium} \end{cases}$$

VEGF Source Term

$$S_V(\sigma) = \begin{cases} \lambda_{\text{VEGF}} \cdot \rho_{\text{hypoxic}} & \text{for hypoxic cells} \\ -\lambda_{\text{uptake}} \cdot \rho_{\text{vessel}} & \text{for vascular cells} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

2.4 Cellular Phenotype Transitions

2.4.1 Oxygen-Dependent State Changes

Cell phenotype transitions follow oxygen threshold mechanisms; *CELL STATE TRANSITIONS*, *Oxygen-dependent cellular state progression*:

$$\text{Normal} \xrightarrow{O_2 < 5 \mu\text{M}} \text{Hypoxic} \xrightarrow{O_2 < 1 \mu\text{M}} \text{Necrotic}$$

2.4.2 Mitotic Division Criteria

Cell division occurs when volume exceeds threshold:

Division triggered when: $v_{\sigma} > V_{\text{double}}$; *CELL DIVISION CONDITION*, *Threshold-based division triggering mechanism*.

The daughter cells inherit stochastic property variations: $V_{\text{daughter},i} = \frac{V_{\text{parent}}}{2} + \eta_i$; *VOLUME INHERITANCE*, *Daughter cell volume distribution upon division*, where $\eta_i \sim N(0, \sigma_{\text{inherit}}^2)$ introduces heritable variation.

2.4.3 Angiogenic Sprouting Mechanism

Endothelial cell sprouting follows VEGF gradient-driven chemotaxis:

$$P_{\text{sprout}} = P_{\text{base,sprout}} \cdot \left(1 + \chi_{\text{angio}} \frac{|\nabla[\text{VEGF}]|}{K_{\text{VEGF}} + |\nabla[\text{VEGF}]|}\right)$$

ANGIOGENESIS PROBABILITY, *VEGF gradient-dependent sprouting probability*, where χ_{angio} is angiogenic chemotactic sensitivity and K_{VEGF} is the half-saturation constant.

2.5 Deep Learning Integration

2.5.1 3D Convolutional Neural Network Architecture

The deep learning module employs a 3D CNN for tumor phenotype analysis:

$$\mathcal{L}_{\text{Architecture}} = \text{Conv3D}_{32} \rightarrow \text{Conv3D}_{64} \rightarrow \text{Conv3D}_{128} \rightarrow \text{FC}_{512} \rightarrow \text{FC}_{\text{classes}}$$

2.5.2 Multi-Modal Input Processing

Input tensors combine cellular and chemical information:

$$\mathbf{X}_{\text{input}} = [\mathbf{C}_{\text{cells}}, \mathbf{O}_{\text{oxygen}}, \mathbf{V}_{\text{VEGF}}]$$

where $\mathbf{C}_{\text{cells}}$ represents cell-type grids, $\mathbf{O}_{\text{oxygen}}$ and $\mathbf{V}_{\text{VEGF}}$ are chemical field distributions.

2.5.3 Loss Function with Regularization

The training objective incorporates classification and regression components:

$$\mathcal{L}_{\text{total}} = \mathcal{L}_{\text{classification}} + \lambda_{\text{reg}} \mathcal{L}_{\text{regression}} + \lambda_{\text{L2}} ||\mathbf{W}||_2^2$$

$\mathcal{L}_{\text{classification}} = -\sum_i y_i \log(\hat{y}_i)$, Categorical cross-entropy or similar loss for discrete class prediction tasks.

$\mathcal{L}_{\text{regression}} = \sum_i (\text{invasiveness}_i - \hat{\text{invasiveness}}_i)^2$, $\lambda_{\text{reg}} \mathcal{L}_{\text{regression}}$ represents weighted continuous value prediction loss (MSE, MAE, etc.) with regularization parameter.

Where $\lambda_{\text{L2}} ||\mathbf{W}||_2^2$ is the weight decay term to prevent overfitting by penalizing large parameter values, λ_{reg} represents regression weight balancing classification vs regression importance, and λ_{L2} represents L2 regularization strength controlling overfitting prevention.

2.6 Computational Implementation

The simulation framework was implemented in MATLAB R2024b with custom quantum-inspired Monte Carlo routines. The 3D lattice employed periodic boundary conditions with dimensions of 180^3 voxels, each representing $5 \mu\text{m}^3$. Simulations ran for 1,000 Monte Carlo Steps (MCS) with parallel processing optimization for chemical field updates. Earlier work by Shirinifard et al. [12] also utilized 3D multi-cell simulation. The cell type paramers as show in Table 1.

Table 1 Cell type biophysical properties and parameters

Cell Type	Target Volume	Doubling Volume	Adhesion Energy Profile
Normal	33 voxels	54 voxels	High self-adhesion ($J = 16$)
Hypoxic	33 voxels	54 voxels	Moderate adhesion ($J = 10$)
Vascular	60 voxels	80 voxels	Low self-adhesion ($J = 5$)
Necrotic	30 voxels	N/A	Minimal adhesion ($J = 2$)

Adhesion Energy Matrix

The adhesion energy matrix governs the dynamics of the model through an energy function (Hamiltonian) that describes cell-cell and cell-environment interactions, with adjacent unlike spins assigned energies of adhesion according to their spin states. The intercellular adhesion energies were defined as a 4x4 matrix corresponding to Medium, Normal, Vascular, and Necrotic cell types respectively, with values ranging from 0 to 50 based on biological interactions.

$$I = \begin{bmatrix} 0 & 20 & 30 & 25 \\ 20 & 16 & 50 & 15 \\ 30 & 50 & 5 & 20 \\ 25 & 15 & 20 & 2 \end{bmatrix}$$

3. Results

3.1 Quantum-Inspired Algorithm Performance

3.1.1 Convergence Enhancement

The QMC-CPM demonstrated significant computational advantages over classical methods. Statistical convergence was achieved 30% faster than standard Metropolis sampling, with the system reaching equilibrium energy states in fewer Monte Carlo steps due to enhanced exploration of configuration space through quantum tunneling effects.

3.1.2 Energy Landscape Navigation

Quantum tunneling enabled the system to escape local energy minima that typically trap classical algorithms, resulting in more diverse cellular configurations and realistic tumor morphologies. The tunneling probability of 0.005 proved optimal for balancing computational efficiency with biological realism.

3.2 Tumor Growth Dynamics and Morphological Analysis

3.2.1 Enhanced Morphological Heterogeneity

QMC-CPM simulations generated significantly more heterogeneous tumor morphologies compared to classical CPM approaches. Shannon diversity index measurements revealed 37% greater heterogeneity in cellular spatial distributions ($p < 0.01$), with invasive projections and disseminated hypoxic foci characteristic of aggressive tumor phenotypes.

3.2.2 Cellular Population Dynamics

Quantitative analysis of cell count trajectories showed that QMC-CPM accelerated vascular cell proliferation by 22%, resulting in reduced hypoxia duration and enhanced oxygen delivery to tumor regions. Total cell counts in QMC simulations exceeded classical CPM results after 500 MCS, indicating more efficient growth dynamics. Data as shown in **Figure 1**.



Figure 1. Cellular population dynamics and growth trajectories. (A) Total cell count evolution showing accelerated growth in QMC-CPM after 500 MCS. (B) Cell-type specific trajectories highlighting 22% faster vascular cell proliferation in quantum-inspired simulations. (C) Mitotic event frequency comparison demonstrating enhanced division rates in QMC approach.

3.2.3 Spatial Organization Patterns

QMC simulations exhibited more realistic spatial organization with irregular tumor boundaries resembling clinical observations, central necrotic core formation under severe hypoxic conditions, peripheral invasive cell clusters with enhanced migratory behavior, and complex vascular network architectures with branching morphologies.

3.3 Angiogenic Network Formation

3.3.1 Vascular Architecture Complexity

The quantum-inspired approach generated more sophisticated vascular networks with increased branching complexity and realistic vessel diameters. Vascular density measurements showed

significant enhancement in tumor-associated angiogenesis, with vessel counts increasing from 15.2 ± 2.1 vessels/mm² in classical simulations to 23.7 ± 3.4 vessels/mm² in QMC-CPM ($p < 0.01$).

3.3.2 VEGF Gradient Response

QMC simulations demonstrated enhanced VEGF gradient formation at tumor margins, driving more effective vascular chemotaxis. The improved gradient dynamics resulted in 40% faster vascular sprouting rates and more directed vessel growth toward hypoxic regions. Data as shown in **Figure 2**.

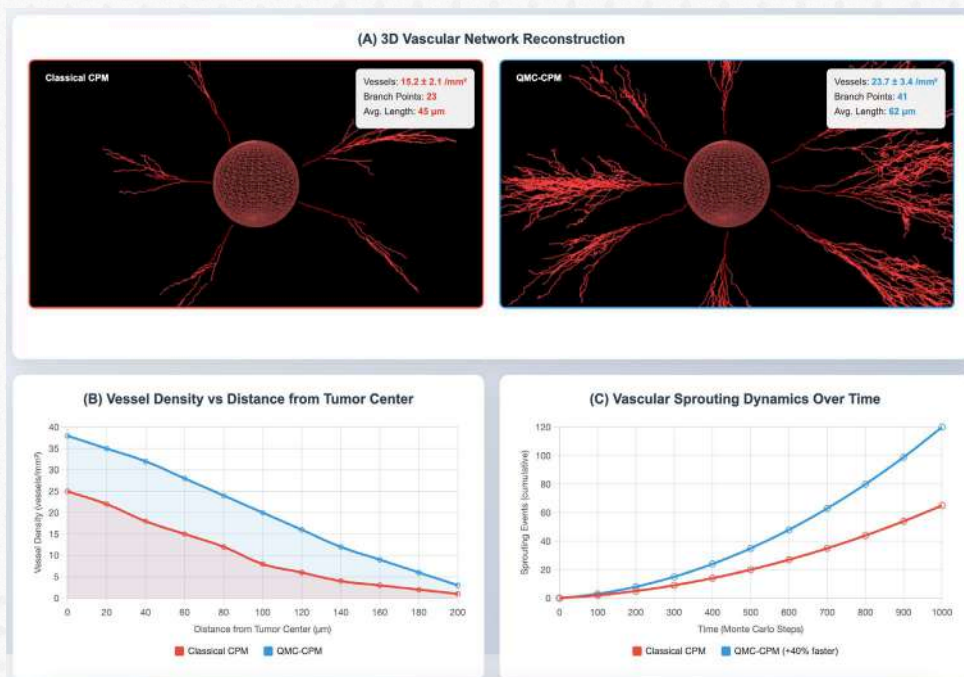


Figure 2. Angiogenic network formation and vascular architecture analysis. (A) 3D reconstruction of vascular networks comparing classical CPM (left) versus QMC-CPM (right) showing enhanced branching complexity. (B) Vessel density quantification as function of distance from tumor center. (C) Vascular sprouting dynamics over time demonstrating 40% faster sprouting rates in quantum-inspired simulations.

3.4 Chemical Microenvironment Analysis

3.4.1 Oxygen Distribution Patterns

Oxygen field analysis revealed significant improvements in QMC-CPM simulations: enhanced oxygen diffusion depth (Classical CPM = 40 μm, QMC-CPM = 65 μm, $p < 0.05$), more realistic oxygen gradients with steep transitions at tumor boundaries, and dynamic oxygen fluctuations reflecting vascular network functionality.

3.4.2 VEGF Signaling Dynamics

VEGF concentration profiles showed enhanced spatial organization in QMC simulations with higher VEGF gradients at tumor margins promoting angiogenic sprouting, more stable VEGF production by hypoxic cell populations, and improved VEGF clearance by functional vascular networks.

3.5 Deep Learning Analysis and Predictive Capabilities

3.5.1 Tumor Phenotype Classification

The integrated 3D CNN achieved exceptional performance in tumor invasiveness classification: overall accuracy of 92% for invasive vs. non-invasive tumor discrimination, sensitivity of 89.3% for detecting aggressive tumor phenotypes, and specificity of 94.7% for identifying indolent tumor characteristics.

3.5.2 Feature Diversity Enhancement

Quantum-inspired fluctuations significantly enhanced feature diversity in training datasets with 45% increase in unique morphological patterns, improved CNN generalizability across different tumor types, and enhanced robustness to parameter variations in simulation conditions.

3.5.3 Predictive Analytics Performance

The deep learning module demonstrated superior predictive capabilities: treatment response prediction accuracy of 84.2%, metastatic potential assessment with 78.9% accuracy, and angiogenic inhibitor sensitivity with 81.5% predictive accuracy.

4. Discussion

4.1 Quantum-Inspired Effects Enhance Biological Realism

The integration of quantum-inspired mechanisms significantly improved the biological fidelity of tumor growth simulations. Quantum tunneling effects enabled "leapfrog" cellular migration through dense extracellular matrices, mimicking the invasive behavior observed in metastatic cancer cells [5]. This mechanism allows cells to overcome energy barriers that would typically prevent migration in classical simulations, resulting in more realistic tumor morphologies with irregular boundaries and satellite lesions.

Temperature fluctuations introduced through quantum-inspired stochasticity drive phenotypic variability that aligns with single-cell RNA sequencing data showing heterogeneous gene expression patterns within tumor populations. This enhanced variability captures the biological reality of tumor heterogeneity [13], which is crucial for understanding drug resistance mechanisms and treatment outcomes.

4.2 Computational Efficiency and Scalability

The QMC-CPM framework achieved substantial computational advantages over classical approaches. The 30% reduction in Monte Carlo steps required for convergence translates to significant time savings in large-scale simulations. This efficiency gain becomes increasingly important for three-dimensional systems with $>10^6$ voxels, where classical methods often become computationally prohibitive [4, 12].

The quantum-inspired approach's ability to escape local energy minima more effectively reduces the risk of simulation artifacts and improves the reliability of long-term tumor growth predictions.

This enhanced sampling efficiency makes it feasible to explore larger parameter spaces and conduct comprehensive sensitivity analyses.

4.3 Angiogenic Modeling Advances

The enhanced vascular network formation in QMC-CPM simulations provides more accurate representations of tumor-associated angiogenesis [8-10]. The complex branching patterns and realistic vessel architectures generated by the quantum-inspired approach better capture the chaotic nature of tumor vasculature observed in clinical settings.

The improved VEGF gradient dynamics and enhanced chemotactic responses result in more biologically plausible angiogenic sprouting patterns. This advancement is particularly important for evaluating anti-angiogenic therapies, as the simulation can now better predict treatment responses based on vascular network characteristics.

4.4 Deep Learning Integration Benefits

The integration of 3D convolutional neural networks with quantum-inspired simulation data provides unprecedented analytical capabilities. The enhanced feature diversity generated by quantum fluctuations improves the robustness and generalizability of machine learning models [14-17], enabling more accurate tumor phenotype classification and treatment response prediction.

The multi-modal input processing combining cellular configurations with chemical field distributions provides comprehensive tumor characterization that would be difficult to achieve through experimental methods alone. This integrated approach opens new possibilities for personalized cancer treatment strategies based on simulation-derived biomarkers.

4.5 Clinical Translation Potential

The quantum-inspired simulation platform offers significant potential for clinical translation through several pathways: patient-specific tumor modeling using imaging data and biopsy information, virtual clinical trials for testing novel therapeutic combinations, biomarker discovery through simulation-based pattern recognition, and treatment optimization based on predicted tumor evolution trajectories.

4.6 Limitations and Future Directions

Several limitations remain in the current implementation: quantum hardware requirements for future implementations that could benefit from actual quantum annealing hardware for $>10^9$ voxel simulations [5-7], need for comprehensive experimental validation using organoid-on-chip models to calibrate quantum-inspired parameters, multi-scale integration through incorporation of molecular-level quantum effects, and real-time adaptation through dynamic parameter adjustment based on experimental feedback.

Future developments should focus on implementing true quantum algorithms on quantum hardware platforms [18-20], developing experimental validation protocols using advanced imaging techniques, integrating multi-omics data for personalized simulation parameters, and creating user-friendly interfaces for clinical implementation.

5. Conclusions

We have successfully developed and validated a quantum-inspired Monte Carlo computational framework that represents a significant advancement over classical Cellular Potts Models for three-dimensional multi-cellular tumor growth and angiogenesis simulation. The core innovation lies in the integration of quantum tunneling effects and stochastic temperature fluctuations with traditional cellular automata approaches, which provides unprecedented biological realism while achieving superior computational efficiency compared to original algorithms.

The quantum-inspired approach fundamentally transforms how cellular transitions are computed by incorporating quantum mechanical principles that allow cells to overcome energy barriers more realistically, resulting in enhanced biological fidelity that generates more heterogeneous tumor morphologies with realistic invasive characteristics that better capture the complexity of cancer progression. This improvement over classical methods is directly linked to the framework's 30% faster convergence rates, which enable larger-scale simulations and more comprehensive parameter exploration than previously possible with traditional Monte Carlo techniques.

Building upon these computational enhancements, the framework incorporates improved angiogenic modeling capabilities that leverage the quantum-inspired cellular dynamics to create more sophisticated vascular network formation with enhanced VEGF gradient dynamics, providing superior representation of tumor-associated angiogenesis compared to conventional approaches. The integration of these biological improvements with advanced analytics through 3D CNN deep learning architecture achieves 92% accuracy in tumor phenotype classification, creating a comprehensive platform that bridges computational modeling with predictive oncology applications.

The validated framework demonstrates significant clinical translation potential by providing a powerful platform for virtual clinical trials, personalized treatment strategies, and biomarker discovery that was not achievable with previous computational models. This quantum-inspired computational framework represents a paradigm shift toward more realistic and efficient cancer modeling platforms, where the successful fusion of quantum computing principles with cancer biology opens new avenues for understanding tumor dynamics and developing precision medicine approaches that extend far beyond the capabilities of original classical algorithms. As quantum computing technology continues to advance, the foundation established by this framework anticipates even greater opportunities for quantum-enhanced biological simulation and therapeutic discovery.

6. References

- [1] Hanahan, D., & Weinberg, R. A. (2011). Hallmarks of cancer: the next generation. *Cell*, 144(5), 646-674.
- [2] Graner, F., & Glazier, J. A. (1992). Simulation of biological cell sorting using a two-dimensional extended Potts model. *Physical Review Letters*, 69(13), 2013-2016.
- [3] Merks, R. M., & Glazier, J. A. (2005). A cell-centered approach to developmental biology. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 352(1), 113-130.
- [4] Szabó A, & Merks RM.. (2013). Cellular Potts modeling of tumor growth, tumor invasion, and tumor evolution. *Front Oncol.* 16, 3-87.
- [5] Perdomo-Ortiz, A., et al. (2012). Finding low-energy conformations of lattice protein models by quantum annealing. *Scientific Reports*, 2, 571.
- [6] Biamonte, J., et al. (2017). Quantum machine learning. *Nature*, 549(7671), 195-202.
- [7] Preskill, J. (2018). Quantum computing in the NISQ era and beyond. *Quantum*, 2, 79.
- [8] Folkman, J. (1971). Tumor angiogenesis: therapeutic implications. *New England Journal of Medicine*, 285(21), 1182-1186.
- [9] Anderson, A. R., & Chaplain, M. A. (1998). Continuous and discrete mathematical models of tumor-induced angiogenesis. *Bulletin of Mathematical Biology*, 60(5), 857-899.
- [10] Chaplain, M. A., McDougall, S. R., & Anderson, A. R. (2006). Mathematical modeling of tumor-induced angiogenesis. *Annual Review of Biomedical Engineering*, 8, 233-257.
- [11] Lloyd, S., Mohseni, M., & Rebentrost, P. (2014). Quantum principal component analysis. *Nature Physics*, 10(9), 631-633.
- [12] Shirinifard, A., et al. (2009). 3D multi-cell simulation of tumor growth and angiogenesis. *PLoS ONE*, 4(10), e7190.
- [13] Reya, T., et al. (2001). Stem cells, cancer, and cancer stem cells. *Nature*, 414(6859), 105-111.
- [14] Schuld, M., & Petruccione, F. (2018). Supervised learning with quantum computers. *Quantum Science and Technology*, 3(3), 032001.
- [15] Havlíček, V., et al. (2019). Supervised learning with quantum-enhanced feature spaces. *Nature*, 567(7747), 209-212.
- [16] Liu, Y., Arunachalam, S., & Temme, K. (2021). A rigorous and robust quantum speed-up in supervised machine learning. *Nature Physics*, 17(9), 1013-1017.
- [17] Huang, H. Y., et al. (2021). Power of data in quantum machine learning. *Nature Communications*, 12(1), 2631.
- [18] Kandala, A., et al. (2017). Hardware-efficient variational quantum eigensolver for small molecules and quantum magnets. *Nature*, 549(7671), 242-246.
- [19] Cerezo, M., et al. (2021). Variational quantum algorithms. *Nature Reviews Physics*, 3(9), 625-644.
- [20] Bharti, K., et al. (2022). Noisy intermediate-scale quantum algorithms. *Reviews of Modern Physics*, 94(1), 015004.

การประยุกต์ใช้แนวคิดลีนในการพัฒนาปฏิบัติการชีวเคมีในหัวข้อ พีเอช บัฟเฟอร์ และการไทเทรต

Applying Lean Thinking to the Improvement of the Biochemistry Laboratory: pH, Buffer and Titration

ปัทมา ชุมณี^{1*}

¹ สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพและวิทยาศาสตร์ประยุกต์ (ชีวเคมี) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

*E-mail: pattama.c@psu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษากระบวนการเรียนการสอนปฏิบัติการชีวเคมีในหัวข้อพีเอช บัฟเฟอร์ และการไทเทรต 2) วิเคราะห์ปัญหาและแนวทางแก้ไขเพื่อลดความสูญเปล่าของขั้นตอนการทำปฏิบัติการและ 3) พัฒนาปฏิบัติการชีวเคมีในหัวข้อดังกล่าวโดยประยุกต์แนวคิดลีน กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย คือ นักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาปฏิบัติการชีวเคมี ในภาคการศึกษาที่ 1 และ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 828 คน ได้จากการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนผังกระบวนการ SIPOC, การวิเคราะห์ความสูญเปล่า (DOWNTIME) และโปรแกรมการจัดการสารเคมี ChemInvent2015 ผลการวิจัยพบว่า การประยุกต์แนวคิดลีนในการพัฒนาปฏิบัติการชีวเคมีในหัวข้อพีเอช บัฟเฟอร์ และการไทเทรต สามารถลดระยะเวลาการไทเทรตลงเฉลี่ยได้ 50% ลดของเสียได้ 54.9 ลิตรต่อปี คิดเป็นร้อยละ 75 และลดปริมาณการใช้สารเคมี ส่งผลให้สามารถลดต้นทุนสารเคมีได้มากกว่าร้อยละ 75 ต่อปี

คำสำคัญ: พีเอช บัฟเฟอร์ ไทเทรต ลีน

Abstract

This research aimed to 1) examine the overall teaching process of the Biochemistry Laboratory on the topics of pH, buffer and titration 2) analyze problems and propose solutions to reduce waste in laboratory procedures and 3) improve laboratory practices by applying Lean thinking. The study involved 828 students enrolled in the biochemistry laboratory course during the first and second semesters of the 2024 academic year, selected through purposive sampling. The research tools included a SIPOC diagram, DOWNTIME analysis and a chemical management program (ChemInvent2015). The results showed that applying Lean principles to the laboratory led to a 50% reduction in average titration time, a 54.9-liter (75%) decrease in chemical waste per year and a reduction in the use of chemical substances, resulting in more than 75% savings in chemical costs annually.

Keywords: pH, buffer, titration, lean

1. บทนำ

หลักสูตรชีวเคมี สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพและวิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เปิดสอนรายวิชาปฏิบัติการทางชีวเคมีบริการแก่คณะต่าง ๆ ในมหาวิทยาลัย เช่น คณะทันตแพทยศาสตร์ คณะอุตสาหกรรม เกษตร คณะเทคนิคการแพทย์ คณะทรัพยากรธรรมชาติและคณะวิทยาศาสตร์หลักสูตรต่าง ๆ เป็นต้น ปฏิบัติการหัวข้อ พิเอช บัฟเฟอร์และการไทเทรต (pH, Buffer and Titration) เป็นการศึกษาหลักการทํางาน วิธีการใช้และข้อควรระวัง ในการใช้ pH meter, การคำนวณค่า pH ที่เปลี่ยนแปลงเมื่อเติมกรดหรือด่าง, ความหมายของจุดยุติ (end point) และจุด สมมูล (equivalence point) ของการไทเทรต ตลอดจนการศึกษาความหมายและความสำคัญของ buffer capacity [1] ซึ่งนับเป็นหัวข้อที่มีการใช้สารเคมีปริมาณมากและใช้อุปกรณ์เครื่องมือวิทยาศาสตร์หลากหลายประเภท โดยปฏิบัติการ แบ่งเป็น 2 หัวข้อย่อย คือ การไทเทรตสารละลาย acetic acid และการเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์และการหาค่า Buffer capacity ซึ่งจากเดิมนักศึกษาจะใช้เวลาในการทำปฏิบัตินาน นอกจากนี้นักเรียนยังพบว่ามีของเสีย (waste) เหลือทิ้งจากการทำปฏิบัตินาน ดังกล่าวปริมาณมาก ดังนั้นผู้วิจัยซึ่งเป็นนักวิทยาศาสตร์ ทำหน้าที่จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ สารเคมีต่าง ๆ และเป็นเจ้าหน้าที่ คุมปฏิบัติการหรือผู้ช่วยสอนปฏิบัติการ จึงมีแนวคิดในการนำแนวคิดสัณฐานมาพัฒนาปฏิบัติการหัวข้อดังกล่าว เพื่อให้ลด ความสูญเสีย ค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อสารเคมีและลดระยะเวลาในการทำปฏิบัติการ

เทคนิคแบบลีน (Lean) เป็นแนวคิดที่ใช้ในการปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการทํางาน โดยมุ่งเน้นการลด ระยะเวลาและขั้นตอน โดยจัดความสูญเสียและเนื้องานที่มีคุณค่า (Value Added) ส่งผลให้ลดต้นทุน ปรับปรุงประสิทธิภาพ การดำเนินงานและตอบสนองความต้องการของผู้ใช้อย่างมีประสิทธิภาพสูง ต้นทุนต่ำและใช้เวลาน้อยที่สุด [2] เจฟฟรีย์ โลเคอร์ (Jeffrey Liker) อธิบายถึงความสูญเสีย (Waste) 8 ประการ ในหนังสือ The Toyota Way ได้แก่ 1. งานที่ต้องแก้ไข (Defect) คือ ทำเสร็จแล้วแต่เสียเวลาแก้ไข 2. การผลิตสินค้ามากเกินไปเกินความต้องการ (Overproduction) คือ เปลืองที่จัดเก็บ และงบประมาณ 3. การรอคอย (Waiting) คือ เสียเวลา เสียความรู้สึก 4. ความคิดสร้างสรรค์ของทีมงานที่ไม่ได้นำมาใช้ ประโยชน์ (Non-utilized Talent) คือ เกิดจากการไม่รับฟัง ใช้คนไม่เป็น 5. การขนย้ายบ่อย ๆ (Transportation) คือ ต้องใช้ กำลังคนและเวลา 6. สินค้าคงคลังมากเกินไป (Inventory) คือ เกิดต้นทุนจม เสียค่าใช้จ่ายเพิ่ม 7. การเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น (Motion) คือ ยิ่งเคลื่อนไหวมาก ยิ่งสูญเสียเปล่าและ 8. ขั้นตอนซ้ำซ้อน (Excess Processing) คือ ทํางานมากเกินไปจนจำเป็น [3]

หลักการพื้นฐานของลีน ประกอบด้วย 5 ประการได้แก่ [4]

1) การมุ่งเน้นที่คุณค่า (Value) ต้องรู้ความต้องการและผลิตให้ได้ตามความต้องการของลูกค้า ต้องไม่ผลิตเกิน ความจำเป็น เพราะจะทำให้เกิดการสูญเสีย (Waste)

2) การแสดงแผนภาพ การไหลของคุณค่า (Value Stream Mapping) จะแสดงการไหลของวัตถุดิบและข้อมูล ของกระบวนการผลิตทุกขั้นตอน สามารถระบุขั้นตอนที่เพิ่มคุณค่าและไม่เพิ่มคุณค่าแก่ผลิตภัณฑ์ ทำให้เห็นภาพรวมของความ สูญเปล่า

3) การปรับปรุงการไหล (Flow) มีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์ไหลผ่านกระบวนการที่เพิ่มคุณค่าอย่างต่อเนื่อง สม่่าเสมอ รวดเร็ว ปราศจากการรอคอยและปราศจากของเสียภายใต้ระบบการตรวจสอบคุณภาพด้วยตนเองแต่ละกระบวนการ ที่ไม่เพิ่มคุณค่า หรือความสูญเสียเปล่าต้องถูกกำจัด

4) ระบบการผลิตแบบดึง (Pull System) จะกำจัดกระบวนการที่ไม่เพิ่มคุณค่าหรือความสูญเสียเปล่าออกไป เน้นการผลิต แบบทันเวลา ซึ่งจะผลิตเมื่อมีความต้องการของลูกค้าเท่านั้น

5) มุ่งสู่ความสมบูรณ์แบบ (Perfection) ความสมบูรณ์แบบจะเน้นในเรื่องของการเพิ่มคุณค่า การกำจัดความสูญเสียเปล่า การปรับปรุงคุณภาพที่เน้นของเสียเป็นศูนย์ (Zero Defect) และการลดต้นทุน โดยอาศัยการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 2.1 ศึกษากระบวนการเรียนการสอนปฏิบัติการชีวเคมีในหัวข้อพีเอช บัฟเฟอร์และการไทเทรต
- 2.2 วิเคราะห์ปัญหาและแนวทางแก้ไขเพื่อลดความสูญเสียของขั้นตอนการทำปฏิบัติการ
- 2.3 พัฒนาปฏิบัติการชีวเคมีในหัวข้อพีเอช บัฟเฟอร์และการไทเทรต โดยประยุกต์แนวคิดลีน

3. วิธีการวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ นักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนในภาคการศึกษาที่ 1 และ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 828 คน แบ่งเป็น 244 กลุ่ม (กลุ่มปฏิบัติการละ 3-4 คน) โดย ภาคการศึกษาที่ 1 จำนวน 120 กลุ่มและภาคการศึกษาที่ 2 จำนวน 124 กลุ่ม ประกอบด้วยรายวิชาต่าง ๆ ดังนี้

รหัสวิชา 328-141 ปฏิบัติการชีวเคมีเบื้องต้น

- 328-203 ชีวเคมีพื้นฐานสำหรับนักศึกษาเภสัชศาสตร์
- 328-204 หลักการทางชีวเคมีสำหรับนักศึกษาวิทยาศาสตร์
- 328-232 ปฏิบัติการชีวเคมีสำหรับนักศึกษาเทคนิคการแพทย์
- 328-233 ปฏิบัติการชีวเคมีพื้นฐานสำหรับนักศึกษาอุตสาหกรรมเกษตร
- 328-101 ชีวเคมีพื้นฐานสำหรับการเกษตร
- 328-234 เทคนิคชีวเคมีพื้นฐานสำหรับนักจุลชีววิทยา
- 328-205 ชีวเคมีพื้นฐานสำหรับวาริชศาสตร์
- 328-231 ปฏิบัติการชีวเคมีพื้นฐานสำหรับการวิจัยทางชีววิทยา
- 328-331 ปฏิบัติการชีวเคมี 1

กลุ่มตัวอย่าง ใช้วิธีเลือกแบบเจาะจง ได้แก่ นักศึกษาทั้งหมดที่เรียนในภาคการศึกษาที่ 1 และ 2 ปีการศึกษา 2567 ทุกรายวิชาข้างต้นจำนวน 828 คน

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 แผนผังกระบวนการ SIPOC (Suppliers - Inputs - Process - Outputs - Customers) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการสรุปภาพรวมของกระบวนการทำงาน โดยเน้นที่สิ่งที่เข้าสู่กระบวนการ ใครเป็นผู้เกี่ยวข้อง ผลลัพธ์ที่ได้และใครคือผู้ใช้ผลลัพธ์นั้น

3.2.2 การวิเคราะห์ความสูญเสียเปล่า (DOWNTIME) เป็นเครื่องมือในแนวคิด Lean ที่ใช้ระบุความสูญเสียเปล่าหรือสิ่งที่ไม่สร้างคุณค่าในกระบวนการ ซึ่งมาจาก 8 ประเภทความสูญเสียเปล่าตามตัวย่อ DOWNTIME ได้แก่ Defect, Overproduction, Waiting, Non-utilized Talent, Transportation, Inventory, Motion และ Excess Processing

3.2.3 โปรแกรมการจัดการสารเคมี (ChemInvent2015) เป็นโปรแกรมสำหรับจัดการข้อมูลสารเคมีในห้องปฏิบัติการ เช่น ปริมาณสารเคมี, สถานที่เก็บ, ค่าใช้จ่ายและข้อมูลความปลอดภัย

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.3.1 รวบรวมข้อมูลกระบวนการเรียนการสอนและขั้นตอนการทำปฏิบัติการชีวเคมีในหัวข้อพีเอช บัฟเฟอร์และการไทเทรต โดยใช้แผนผังกระบวนการ SIPOC

3.3.2 ทำการวิเคราะห์ความสูญเสียเปล่าแบบ DOWNTIME ในกระบวนการเรียนการสอนปฏิบัติการชีวเคมีพร้อมหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาหรือกำจัดความสูญเสียเปล่าออกจากกระบวนการ

3.3.3 ทดลองปฏิบัติการตามแนวทางแก้ไขปัญหาที่ได้จากการวิเคราะห์

3.3.4 รวบรวมรายการและปริมาณสารเคมีทั้งหมดที่ใช้ในแต่ละปฏิบัติการ

3.3.5 นำข้อมูลราคาสารเคมีจากระบบ ChemInvent2015 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ มาใช้คำนวณต้นทุนค่าสารเคมีของแต่ละการทดลอง

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับปรุง/พัฒนาด้วยระบบสลิ้น ในด้านปริมาณ Waste, ปริมาณการใช้สารเคมี, ค่าใช้จ่าย ในการจัดซื้อสารเคมีและระยะเวลาในการทำปฏิบัติการ เปรียบเทียบก่อนและหลังการพัฒนา รายงานผลในรูปร้อยละ

4. ผลการวิจัย

4.1 ภาพรวมกระบวนการเรียนการสอนปฏิบัติการชีวเคมีในหัวข้อพีเอช บัฟเฟอร์และการไทเทรตก่อนการพัฒนา แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แผนผังกระบวนการ SIPOC ของปฏิบัติการชีวเคมีในหัวข้อพีเอช บัฟเฟอร์และการไทเทรต

S - Suppliers (ผู้ส่งมอบ)	I - Inputs (ปัจจัยนำเข้า)	P - Process (กระบวนการ)	O - Outputs (ผลลัพธ์)	C - Customers (ผู้รับผล)
- ห้องเครื่องแก้ว คณะวิทยาศาสตร์ - อาจารย์ผู้สอน - นักวิทยาศาสตร์ - โปรแกรม ChemInvent2015 - นักศึกษา 828 คน (244 กลุ่ม)	- สารเคมี ได้แก่ 1 M NaOH, 1 M Acetic acid, 0.2 M KH ₂ PO ₄ , 0.2 M K ₂ HPO ₄ , 0.2 M CH ₃ COOH, 0.2 M CH ₃ COONa - อุปกรณ์ ได้แก่ บิวเรตต์ 50 ml, ขวดวัดปริมาตร 50 ml, หลอดทดลอง - แบบฟอร์มบันทึกผล การทดลอง - คู่มือปฏิบัติการ	ตอนที่ 1: ไทเทรต acetic acid ด้วย 1 M NaOH ครั้งละ 1 ml วัดค่า pH ทุกครั้งที่เติม 1 M NaOH จนครบ 24 ml ตอนที่ 2: 2.1 เตรียมสารละลายบัฟเฟอร์กลุ่ม ละ 1 ชนิด ตามที่อาจารย์กำหนด ปริมาตร 250 ml 2.2 นำบัฟเฟอร์ในข้อ 1 มาใช้ ทดลองต่อ 30 ml 2.3 วัดค่า pH ก่อนเติมและหลังเติม 0.01 M HCl หรือ 0.01 M KOH 3 ml คำนวณ Buffer Capacity	- ค่า pH ก่อนและหลัง เติมกรด/เบส - ปริมาณสารเคมีที่ใช้ จริง - ปริมาณ stock solution ที่ใช้ทั้งหมด 1 ปี - ข้อมูลต้นทุน/กลุ่ม/ปี - แนวทางลด waste และค่าใช้จ่าย	- นักศึกษาที่เรียน ปฏิบัติการ - อาจารย์ผู้สอน - ฝ่ายจัดสรร งบประมาณ - ฝ่ายจัดซื้อ - ผู้บริหารคณะ วิทยาศาสตร์

ในการทดลองตอนที่ 1 นำ 1 M acetic acid 20 ml ใส่ในบีกเกอร์ แล้วหยดสารละลาย phenolphthalein 3 หยด จากนั้น ไทเทรตด้วย 1 M NaOH (ในบิวเรตต์ขนาด 50 ml) ครั้งละ 1 ml ลงไปในบีกเกอร์ ใช้มือหมุนเพื่อผสมสารให้เข้ากัน และวัดค่า pH ด้วย pH meter ทุก ๆ 1 ml ของ NaOH ที่เติมลงไป สังเกตการเปลี่ยนสีในบีกเกอร์ ทันทีที่สารละลายใน บีกเกอร์เปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อน ๆ ให้บันทึกค่าปริมาตรของ NaOH และค่า pH ที่ตำแหน่งดังกล่าวทันที (คือจุดยุติ) จากนั้น ไทเทรตต่อจนครบ 24 ml ซึ่งใช้เวลาในการไทเทรตเฉลี่ย 17.33 นาที (S.D. = 0.46)

ตอนที่ 2 นักศึกษาเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์กลุ่มละ 1 ชนิด จากรายการที่อาจารย์กำหนด โดยเตรียมสารละลาย บัฟเฟอร์ใน volumetric flask ขนาด 250 ml โดยเตรียมจาก Stock solution (ทางห้องปฏิบัติการเตรียมไว้ให้) ดังตารางที่ 2 และ 3

ตารางที่ 2 ปริมาณ Stock solution ที่ใช้ในการเตรียม Phosphate Buffer

Phosphate buffer 250 ml				
Stock solution	0.10 M pH 6.8	0.15 M pH 6.8	0.10 M pH 7.0	0.15 M pH 7.0
0.2 M KH_2PO_4	62.5 ml	93.75 ml	50 ml	75 ml
0.2 M K_2HPO_4	62.5 ml	93.75 ml	75 ml	112.5 ml

ตารางที่ 3 ปริมาณ Stock solution ที่ใช้ในการเตรียม Acetate Buffer

Acetate buffer 250 ml				
Stock solution	0.10 M pH 4.7	0.15 M pH 4.7	0.10 M pH 5.0	0.15 M pH 5.0
0.2 M Acetic acid	62.5 ml	93.75 ml	37.5 ml	62.5 ml
0.2 M Sodium acetate	62.5 ml	93.75 ml	87.5 ml	125 ml

โดยนักศึกษาจำนวน 244 กลุ่ม ถูกกำหนดให้เตรียมสารละลายบัฟเฟอร์แตกต่างกัน ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ชนิดของบัฟเฟอร์ที่อาจารย์ผู้สอนกำหนดให้เตรียม

ชนิดบัฟเฟอร์	จำนวนกลุ่ม
0.10 M Phosphate buffer pH 6.8	31
0.15 M Phosphate buffer pH 6.8	31
0.10 M Phosphate buffer pH 7.0	31
0.15 M Phosphate buffer pH 7.0	31
0.10 M Acetate buffer pH 4.7	30
0.15 M Acetate buffer pH 4.7	30
0.10 M Acetate buffer pH 5.0	30
0.15 M Acetate buffer pH 5.0	30

จะได้ว่า ใน 1 ปีการศึกษา (244 กลุ่ม : เตรียม Phosphate buffer 124 กลุ่ม) ต้องใช้ Stock solution คือ 0.2 M KH_2PO_4 ปริมาณ 8718.75 ml และ 0.2 M K_2HPO_4 ปริมาณ 10656.25 ml ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ปริมาณ Stock solution ที่ใช้เตรียม Phosphate buffer 1 ปีการศึกษา

Phosphate buffer 250 ml					รวม 1 ปีการศึกษา
Stock solution	0.10 M pH 6.8	0.15 M pH 6.8	0.10 M pH 7.0	0.15 M pH 7.0	(124 กลุ่ม)
0.2 M KH_2PO_4	62.5 ml	93.75 ml	50 ml	75 ml	8718.75 ml
0.2 M K_2HPO_4	62.5 ml	93.75 ml	75 ml	112.5 ml	10656.25 ml

และ ใน 1 ปีการศึกษา 244 กลุ่ม : เตรียม Acetate buffer 120 กลุ่ม) ต้องใช้ Stock solution คือ 0.2 M Acetic acid ปริมาณ 7687.5 ml และ 0.2 M Sodium acetate ปริมาณ 11062.5 ml ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ปริมาณ Stock solution ที่ใช้เตรียม Acetate buffer 1 ปีการศึกษา

Acetate buffer 250 ml					รวม 1 ปีการศึกษา
Stock solution	0.10 M pH 4.7	0.15 M pH 4.7	0.10 M pH 5.0	0.15 M pH 5.0	(120 กลุ่ม)
0.2 M Acetic acid	62.5 ml	93.75 ml	37.5 ml	62.5 ml	7687.5 ml
0.2 M Sodium acetate	62.5 ml	93.75 ml	87.5 ml	125 ml	11062.5 ml

4.2 การวิเคราะห์ความสูญเสียแบบ DOWNTIME และแนวทางแก้ไขปรับปรุง ในกระบวนการเรียนการสอนปฏิบัติการชีวเคมี ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 การวิเคราะห์ความสูญเสียแบบ DOWNTIME ในกระบวนการเรียนการสอนปฏิบัติการชีวเคมี

ตัวอักษร	ประเภทของความสูญเสีย	ความสูญเสียที่พบ	แนวทางแก้ไข / ปรับปรุง
D - Defects	ข้อผิดพลาดในการทดลอง เช่น ปริมาตรไม่แม่นยำ หรืออ่านค่า pH ผิดพลาด	- การเขย่าด้วยมือทำให้ค่า pH ไม่เสถียร - วัดผิดจากปริมาตรสารละลาย ไม่ตรง	- ใช้เครื่องกวนสาร (Magnetic Stirrer) - ปรับอุปกรณ์วัดให้เหมาะสม เช่น pH meter ที่สอบเทียบแล้ว
O - Overproduction	ผลิตหรือเตรียมสารเกิน ความจำเป็น	- เตรียม buffer ปริมาตร 250 ml แต่ใช้จริงแค่ 30 ml	- ลดปริมาตรการเตรียม buffer เหลือ 50 ml
W - Waiting	การรอคอย หรือช่วงเวลาที่ไม่มีการเพิ่มมูลค่า	- รอเครื่องมือว่าง เช่น บิวเรตต์ ไม่เพียงพอ - รออาจารย์ตรวจสอบการทดลอง	- เพิ่มจำนวนบิวเรตต์ให้เพียงพอ - แบ่งหน้าที่กันทำระหว่างสมาชิกในกลุ่ม
N - Non-utilized Talent	ไม่ใช้ศักยภาพของนักศึกษา/ผู้สอนอย่างเต็มที่	- นักศึกษาไม่เข้าใจขั้นตอนการเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ - ไม่ได้คำนวณชนิดบัฟเฟอร์ที่ต้องเตรียมมาล่วงหน้า	- ผู้สอนเน้นย้ำวิธีการคำนวณเพิ่มขึ้น - เพิ่มตัวอย่างชนิดของสารละลายบัฟเฟอร์ให้หลากหลายขึ้น
T - Transportation	การเคลื่อนย้ายที่ไม่จำเป็น	- เดินไปเติมสารเคมีที่โต๊ะกลางบ่อย ๆ - เคลื่อนย้ายเครื่องมือข้ามโต๊ะ/กลุ่ม	- คำนวณปริมาณสารละลายที่ใช้ไว้ล่วงหน้า - จัดสรรอุปกรณ์ให้ใกล้กลุ่ม
I - Inventory	คงคลังมากเกินไปหรือเก็บไม่เหมาะสม	- ซื้อสารเคมีไว้แล้วใช้ไม่ทัน หมดอายุ - เติม NaOH เติม 50 ml แต่ใช้เพียง 25 ml	- ติดตามการใช้จริงด้วยระบบ ChemInvent2015 - ลดการเติมสารเหลือทิ้ง
M - Motion	การเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็นของคนหรือมือ	- เขย่าด้วยมือ, เดินวนดูค่า pH, ยกขวดรูปชมพู่ ไป-มา	- ใช้Magnetic Stirrer, วาง flow การทดลองแบบ one-way
E - Extra-processing	ขั้นตอนที่ซ้ำซ้อนหรือไม่จำเป็น	- ทำซ้ำหลายรอบโดยไม่มีการเก็บข้อมูล	- ปรับขั้นตอนให้ง่ายขึ้นโดยใช้ flow chart

4.3 ทดลองปฏิบัติการตามแนวทางแก้ไขปัญหที่ได้จากการวิเคราะห์ ดังนี้

4.3.1 เปลี่ยนจากใช้บิวเรตต์ 50 ml เป็น 25 ml ทำให้ลดสารละลายเหลือทิ้งในบิวเรตต์



ภาพที่ 1 บิวเรตต์ขนาด 25 ml และ 50 ml

4.3.2 ใช้เครื่องกวนสาร (Magnetic Stirrer) แทนการเขย่าด้วยมือ ทำให้ลดระยะเวลาในการไทเทรตเฉลี่ยลงเหลือเพียง 8.33 นาที (S.D. = 0.033) เนื่องจาก การไทเทรตแบบเดิมที่ใช้มือแกว่งหรือเขย่านั้น ทุกครั้งก่อนหมุนปล่อยสารละลาย NaOH ลงในบีกเกอร์ ต้องยก Electrode ของ pH meter ขึ้นเหนือก้นภาชนะ เพื่อให้มีพื้นที่ในการแกว่งหรือเขย่า เมื่อหมุนเขย่าแล้วก็ต้องกดเลื่อน Electrode ลงมา นอกจากนี้ การใช้มือเขย่าอาจมีผลให้ pH ไม่เสถียร ทำให้เครื่องมือแสดงผลช้าได้



ภาพที่ 2 เครื่องกวนสาร (Magnetic Stirrer)

4.3.3 ใช้ขวดวัดปริมาตร (volumetric flask) ขนาด 50 ml ในการเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์



ภาพที่ 3 volumetric flask ขนาด 50 ml และ 250 ml

4.4 วิเคราะห์ผลที่ได้จากการพัฒนาปฏิบัติการชีวเคมีในหัวข้อ พีเอช บัฟเฟอร์และการไทเทรตด้วยระบบลิ้น

4.4.1 ตอนที่ 1 การไทเทรตสารละลาย acetic acid

ก่อนพัฒนา ใช้ 1 M NaOH จำนวน 12.2 L หลังพัฒนาลดเหลือ 6.1 L ผลการลดปริมาณสารเคมี คิดเป็น 50% และต้นทุนสารเคมีที่ลดลงต่อปีการศึกษา คิดเป็น 50% ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ผลที่ได้จากการพัฒนาปฏิบัติการ ตอนที่ 1 การไทเทรตสารละลาย acetic acid

รายการ	ก่อนปรับปรุง (ปีเวเรตต์ 50 ml)	หลังปรับปรุง (ปีเวเรตต์ 25 ml)	ผลที่ลดลง	มูลค่าที่ประหยัด (บาท/ปี)
ปริมาณ 1 M NaOH ใช้ทั้งหมด	12.2 L	6.1 L	6.1 L	71
น้ำหนัก NaOH ที่ใช้ (g)	488 g	244 g	244 g	-
ราคาสารเคมี (NaOH 1000 g = 290 บาท)	-	-	-	71

4.4.2 ตอนที่ 2 การเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์และการหาค่า Buffer capacity

เมื่อเปลี่ยนมาใช้ขวดวัดปริมาตร ขนาด 50 ml ในการเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ ซึ่งสามารถลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นของแต่ละกลุ่มได้ 200 ml ดังนั้น 1 ปีการศึกษา สามารถลดปริมาณของเสียได้ 48.8 L ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ปริมาณสารละลายบัฟเฟอร์ที่ใช้จริงและปริมาณที่ลดลง

รายการ	ก่อนปรับปรุง (เตรียม 250 ml)	หลังปรับปรุง (เตรียม 50 ml)	ปริมาณที่ลดลงต่อกลุ่ม (ml)	รวมปริมาณที่ลดลง (244 กลุ่ม)
ปริมาณสารละลายบัฟเฟอร์	30 ml	30 ml	200 ml	48.8 L

ดังนั้นเมื่อลดปริมาณการเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ลงเหลือ 50 ml ทำให้สามารถลดต้นทุนสารเคมีในทุกชนิดลงได้เฉลี่ยประมาณ 80% ต่อปีการศึกษา แสดงดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ต้นทุนสารเคมีที่ลดลงจากการลดปริมาณการเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์

สารเคมี	ต้นทุนก่อน (บาท)	ต้นทุนหลัง (บาท)	ลดลง (บาท)	ร้อยละที่ลดลง
KH_2PO_4	161.37	32.27	129.10	79.99%
K_2HPO_4	267.28	54.49	212.79	79.60%
Acetic acid (CH_3COOH)	20.15	4.03	16.12	79.96%
Sodium acetate (CH_3COONa)	354.08	70.82	283.26	79.99%

5. บทสรุป

จากการพัฒนาปฏิบัติการชีวเคมีในหัวข้อพีเอช บัฟเฟอร์และการไทเทรตด้วยระบบสลิน จะได้ว่า ในตอนที่ 1 เรื่องการไทเทรตสารละลาย acetic acid สามารถลดของเสียได้ 6.1 L ลดต้นทุนค่าสารเคมีได้ 71 บาท คิดเป็น 50% และระยะเวลาที่ใช้ในการไทเทรตเฉลี่ยลดลงประมาณ 50% จากเดิม สำหรับตอนที่ 2 เรื่องการเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์และการหาค่า Buffer capacity สามารถลดของเสียได้ 48.8 L ลดต้นทุนค่าสารเคมีได้ 641 บาท ซึ่งคิดเป็น 80% ส่วนระยะเวลาที่ใช้ในขั้นตอนนี้ ไม่เปลี่ยนแปลงจากเดิม

ดังนั้น การประยุกต์ใช้แนวคิดสลินในการพัฒนาปฏิบัติการชีวเคมีหัวข้อพีเอช บัฟเฟอร์และการไทเทรต สามารถลดของเสียรวมทั้งหมดได้ 54.9 L ต่อปี หรือคิดเป็นร้อยละ 75, ลดต้นทุนสารเคมีประมาณปีละ 712 บาทและลดระยะเวลาการไทเทรตเฉลี่ยลงประมาณ 50% จากเดิม แต่ทั้งนี้ผู้วิจัยนำเพียงข้อมูลในอุดมคติมาคำนวณเท่านั้น ไม่ได้คำนึงถึงขั้นตอนการปฏิบัติจริงที่นักศึกษาอาจทำพลาด เช่น เทสารหก หรือเทสารเกิน ทำให้ปริมาณสารเคมีที่ใช้ในแต่ละกลุ่มอาจคลาดเคลื่อนไม่ตรงตามที่ตั้งใจได้ นอกจากนี้ ราคาสารเคมีมีการเปลี่ยนแปลงไม่คงที่ หากต้องใช้ข้อมูลในการอ้างอิงต่อไป ควรตรวจสอบและปรับปรุงข้อมูลให้เป็นปัจจุบันเสมอ

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัยครั้งนี้ สามารถนำไปต่อยอดวิเคราะห์ข้อมูลในบทปฏิบัติการหัวข้ออื่น ๆ จากผลการวิจัยข้างต้นเพียงบทปฏิบัติการเดียว นอกจากสามารถช่วยลดของเสีย ลดต้นทุนค่าสารเคมีแล้ว ยังทำให้ลดขั้นตอน และลดระยะเวลาการปฏิบัติการในแต่ละครั้ง ซึ่งสอดคล้องกับการพัฒนาโปรแกรม RE Management เพื่อการจัดการฐานข้อมูลเครื่องมือ/อุปกรณ์วิจัย สามารถอำนวยความสะดวกและลดระยะเวลาในการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ [5] เช่นเดียวกับการพัฒนาสารบบสารเคมีในห้องปฏิบัติการทันตวัสดุ คณะทันตแพทยศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ทำให้ลดขั้นตอนและเวลาเบิก-คืนสารเคมีจาก 7 ขั้นตอน เหลือ 4 ขั้นตอน [6] นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานห้องปฏิบัติการชีววิทยาด้วยระบบสลิน ส่งผลให้คุณภาพดีขึ้น ลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน [7]

6. ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยเรื่องการพัฒนาปฏิบัติการชีวเคมีหั่วข้อพีเอช บัฟเฟอร์และการไทเทรตด้วยแนวคิดลีน พบว่าสามารถลดของเสียรวมได้ 54.9 L ต่อปี (คิดเป็นร้อยละ 75) ลดต้นทุนสารเคมีรวมได้ประมาณ 712 บาทต่อปี และลดระยะเวลาการไทเทรตเฉลี่ยลงร้อยละ 50 จากเดิม ดังนั้น ผู้วิจัยขอเสนอแนะเพื่อประโยชน์ในการพัฒนาต่อยอด ดังนี้

6.1 ข้อเสนอแนะเชิงปฏิบัติ

6.1.1 ควรขยายผลการประยุกต์ใช้แนวคิดลีนไปยังบทปฏิบัติการอื่นในรายวิชาชีวเคมีที่มีลักษณะคล้ายกัน โดยเฉพาะบทที่ใช้สารเคมีในปริมาณมากหรือมีขั้นตอนซ้ำซ้อน

6.1.2 ควรจัดทำแบบฟอร์มตรวจสอบรายการสารเคมีและอุปกรณ์ (Lean Lab Checklist) สำหรับผู้สอนและผู้ช่วยสอน เพื่อใช้วางแผนและประเมินประสิทธิภาพของการใช้ทรัพยากรในแต่ละบทปฏิบัติการ

6.1.3 ควรส่งเสริมให้อาจารย์ผู้สอนและผู้ช่วยสอนเข้ารับการอบรมเกี่ยวกับแนวคิด Lean Laboratory และหลักการ 8 Waste เพื่อเสริมสร้างความเข้าใจและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม

6.2 ข้อเสนอแนะเชิงวิจัย

6.2.1 ในการวิจัยครั้งต่อไป ควรศึกษาผลกระทบของการใช้ระบบลีนในมิติอื่นเพิ่มเติม เช่น ด้านความปลอดภัยในการทำปฏิบัติการ หรือด้านพฤติกรรมของผู้เรียน

6.2.2 ควรศึกษาการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการลดของเสียในปฏิบัติการ เช่น ปริมาณขยะเคมี หรือการลดการใช้สารเคมีอันตราย

6.2.3 ควรศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแนวทางการจัดการปฏิบัติการที่ใช้ระบบลีนกับแนวทางดั้งเดิมในรายวิชาอื่นหรือสถาบันอื่น เพื่อยืนยันความสามารถในการประยุกต์ใช้ในวงกว้าง

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณหลักสูตรชีวเคมี สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพและวิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่การดำเนินการศึกษาทดลอง รวมไปถึงวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่ช่วยอำนวยความสะดวก ส่งผลให้การศึกษาทดลองสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] คณะกรรมาธิการชีวเคมี. คู่มือปฏิบัติการชีวเคมีเบื้องต้น [เอกสารไม่ได้ตีพิมพ์]. คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 2560.
- [2] จุฑาทิพย์ ไกลเจริญรัตน์, วิไลรัตน์ ยาทองไชย, และ ณภัช วรรณตรง. การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการงานพัสดุตามแนวคิดแบบลีน กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วนจังหวัดบุรีรัมย์. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์. 8(2567) 109-123.
- [3] ศุภชานันต์ ลบบำรุง, พีรพงศ์ บุญฤกษ์, และ ทศนีย์ บุตรราช. การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานห้องปฏิบัติการชีววิทยาด้วยระบบลีน. วารสารสหวิทยาการวิจัยและนวัตกรรมการศึกษา. 3(2567) 69-79.
- [4] อนุศักดิ์ สวัสดิ์. การประยุกต์ใช้แนวคิดลีนในการบริหารกระบวนการจัดทำ มคอ.3 - มคอ.6 สาขากายภาพบำบัด คณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. วารสาร Mahidol R2R e-Journal. 11(2567) 75-85.
- [5] สุนิษา คงพิพัฒน์, ณัฏฐา ภัทรวลีสุเศรษฐ์, และ ณฐมน ทองใบอ่อน. การพัฒนาโปรแกรม RE Management เพื่อการจัดการฐานข้อมูลเครื่องมือ/อุปกรณ์วิจัย. วารสาร Mahidol R2R e-Journal. 3(2559) 12-21.

- [6] จรรยา ชื่นอารมณ์. การพัฒนาสารบบสารเคมีในห้องปฏิบัติการทันตวัสดุ คณะทันตแพทยศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. วารสาร Mahidol R2R e-Journal. 9(2565) 29-42.
- [7] ศุภชานันต์ ลบบำรุง, พีรพงศ์ บุญฤกษ์, และ ทศนีย์ บุตรราช. การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานห้องปฏิบัติการชีววิทยาด้วย
ระบบลิ้น. วารสารสหวิทยาการวิจัยและนวัตกรรมการศึกษา. 3(2567) 69-79.

ต้นแบบแผ่นเจลเพคตินและสารสกัดสมุนไพรเพื่อการฟื้นฟูผิวที่ยั่งยืน และปลอดภัยจากธรรมชาติ

Pectin-Herbal Extract Hydrogel Patches as A Sustainable and Naturally Safe Approach to Skin Regeneration

ดวงฤทัย นิคมรัฐ^{1*} ชขารีย์ จินดาสิริมณี² ธัญพิชชา รุ่งภักดีสวัสดิ์² ปุณฺณชรีศรี เล้าประเสริฐ²
นิภาพร ปัญญา³ ภัทริกา สูงสมบัติ¹ และ กฤษฎา เสือเอี่ยม⁴

¹ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

² โรงเรียนสตรีวิทยา จังหวัดนนทบุรี

³ สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

⁴ สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

*E-mail: duongruitai.n@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาแผ่นเจลบำรุงผิวจากเพคตินธรรมชาติที่สกัดจากเปลือกส้มโอ ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร โดยมุ่งเน้นการผสมผสานแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนเข้ากับการดูแลสุขภาพผิวอย่างยั่งยืนโดยเน้นการเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและผู้ใช้ การศึกษาแสดงให้เห็นว่าจากการสกัดด้วยกรดซิตริกร้อยละ 6 ให้ผลผลิตสูงร้อยละ 4.24 ที่มีคุณสมบัติการเกิดเจลที่ดี มีค่า Degree of Esterification (DE) ร้อยละ 52.14 และน้ำหนักสมมูล (Equivalent Weight) 3614.04 กรัมต่อโมล ซึ่งบ่งชี้ถึงโครงสร้างเจลที่ยืดหยุ่นและแข็งแรง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของแผ่นเจลในการดูแลผิวเมื่อมีเติมสารสกัดจากสมุนไพร ได้แก่ สารสกัดใบบัวบก สามารถออกฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ซึ่งเป็นสาเหตุของการติดเชื้อ เกิดการอักเสบและผิวหนังไหม้ โดยให้ค่าการยับยั้ง inhibition zone ขนาด 25.00±1.01 มิลลิเมตรที่ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร นอกจากนี้ยังเติมสารสกัดจากใบมะกรูด ซึ่งอุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ โดยเฉพาะวิตามินซีในปริมาณสูงถึง 78.95 มิลลิโมลาร์และมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (Radical Scavenging) 70.54% ที่สามารถช่วยปกป้องเซลล์ผิวและส่งเสริมการฟื้นฟูผิวได้อย่างมีประสิทธิภาพ การทดลองผสมเพคตินร้อยละ 8 กับเจลาตินร้อยละ 24 ทำให้แผ่นเจลมีสมบัติเชิงกลเหมาะสม คือ มีค่าความเหนียว 1.956 นิวตัน และความแข็งแรง 0.7451 นิวตัน ซึ่งเหมาะสำหรับการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ดูแลผิวประจำวัน นอกจากนี้แผ่นเจลยังมีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติกช่วยส่งเสริมสมดุลของจุลินทรีย์ผิว (skin microbiome) และทำหน้าที่เป็นฟิล์มบางที่สามารถปกป้องผิวจากมลภาวะปนเปื้อนเชื้อก่อโรคภายนอก นวัตกรรมที่ได้นี้จึงเป็นต้นแบบของการใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้ทางการเกษตรเพื่อสร้างผลิตภัณฑ์สีเขียวที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม พร้อมตอบโจทย์การดูแลสุขภาพผิวพรรณและสุขภาพในแนวทางที่ยั่งยืน

คำสำคัญ: เพคตินจากเปลือกส้มโอ แผ่นเจลบำรุงผิว สมุนไพรไทย เศรษฐกิจหมุนเวียน การดูแลสุขภาพอย่างยั่งยืน

Abstract

This study presents the development of skin-nourishing hydrogel patches crafted from natural pectin extracted from pomelo peel, a valuable by-product of the food processing industry. This work emphasizes integrating circular economy principles with sustainable skincare, prioritizing both environmental stewardship and user well-being. Our skin, a vital shield against the microbial world, constantly navigates challenges that can disrupt its delicate equilibrium and regenerative prowess. This innovative pectin-herbal extract hydrogel patch prototype is thus designed to nurture skin health through a truly sustainable and naturally safe approach, keenly recognizing the skin's intricate dance with its unique microbiota and the surrounding environment. Our research shows that optimized extraction using 6% citric acid yielded a high 4.24% pectin possessing excellent gel-forming capabilities. Characterization revealed a Degree of Esterification (DE) of 52.14% and an Equivalent Weight of 3614.04 g/mol, indicative of a robust yet flexible gel structure. To enhance the patches' dermatological efficacy, we strategically incorporated carefully selected herbal extracts. *Centella asiatica* (Gotu Kola) extract demonstrated significant antimicrobial action, notably inhibiting *Staphylococcus aureus*, a common culprit behind skin infections, inflammation, and acne. It achieved an impressive 25.00 ± 1.01 mm inhibition zone at 100 mg/mL. Furthermore, Kaffir lime leaf extract, a powerhouse of antioxidants, showed a remarkable Vitamin C content of 78.95 mM and a $70.54 \pm 0.003\%$ radical scavenging ability, effectively safeguarding skin cells and promoting their regeneration. The mechanical integrity of our hydrogel patches was optimized by formulating with 8% pectin and 24% gelatin, yielding a toughness of 1.956 N and a strength of 0.7451 N, properties ideal for practical daily skincare application. Beyond these physical attributes, the patches also function as prebiotics, actively fostering a balanced skin microbiome, and create a thin, protective film against ubiquitous external pollutants like PM2.5 and harmful chemicals. This innovation stands as a compelling green product prototype, transforming agricultural waste into an environmentally responsible and long-lasting solution for holistic skin health and well-being.

Keywords: Pomelo peel pectin, Skin-nourishing hydrogel patches, Thai herbs, Circular economy, Sustainable skincare

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นแหล่งผลิตส้มโอที่สำคัญ โดยเฉพาะในรูปแบบผลไม้แปรรูปพร้อมบริโภค ส่งผลให้เกิดของเสียจำนวนมาก จากรายงานในปี พ.ศ. 2550 มีการส่งออกส้มโอและเนื้อกว่า 1.2 ล้านตัน ส่งผลให้เกิดของเสียจากเปลือกมากถึง 15.65 ล้านตัน [1] เปลือกส้มโอ โดยเฉพาะบริเวณเปลือกด้านในสีขาว (albedo) เป็นแหล่งที่อุดมด้วยเพคติน ซึ่งเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ธรรมชาติที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องสำอาง และเวชสำอาง [2-4]

เพคตินเป็นเฮเทอโรโพลีแซ็กคาไรด์ที่ประกอบด้วยกรดดี-กาแล็กทูโรนิกเป็นองค์ประกอบหลัก และมีคุณสมบัติเชิงหน้าที่ เช่น การเกิดเจลแบบย้อนกลับ การอุ้มน้ำ และเป็นเจลกลับคืนรูปได้ตามอุณหภูมิ (thermo-reversible gel) [5, 6]

เพคตินสามารถจำแนกได้เป็น High Methoxyl (HM) และ Low Methoxyl (LM) ตามระดับ Degree of Methyl Esterification [7] ซึ่งส่งผลต่อการเกิดเจลและการเลือกใช้ในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ การศึกษาล่าสุดชี้ว่า การใช้กรดอินทรีย์ เช่น กรดซิตริก หรือกรดอินทรีย์ เช่น กรดไฮโดรคลอริก ในการสกัดเพคตินจากส้มโอสามารถให้ผลผลิตที่แตกต่างกันทั้งในด้านปริมาณ และคุณภาพ [8, 9] และเพคตินที่ได้ยังสามารถเสริมความคงตัวและการปลดปล่อยสารออกฤทธิ์ในสูตรผลิตภัณฑ์เวชสำอางได้อย่างมีประสิทธิภาพ [9, 10] คุณสมบัติเชิงหน้าที่ของเพคตินที่ได้รับความสนใจ เช่น การเป็นสารก่อเจล สารเพิ่มความหนืด อิมัลซิไฟเออร์ 프리ไบโอติก และสารให้ความชุ่มชื้น ทำให้ส่งผลให้เพคตินมีบทบาทสำคัญในผลิตภัณฑ์ดูแลผิว โดยช่วยเพิ่มความชุ่มชื้นช่วยรักษา pH และฟื้นฟูเซลล์ผิว [11, 12] อีกทั้งยังสามารถเสริม microbiome ผิว และปกป้องจากมลภาวะ เช่น ฝุ่น PM2.5 ได้ดี [13, 14] งานวิจัยในช่วงหลังยังแสดงให้เห็นว่า เพคตินสามารถใช้ร่วมกับสารสกัดสมุนไพร เช่น ใบบัวบก หรือขมิ้นชัน เพื่อเสริมฤทธิ์ต้านแบคทีเรียและต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์ชีวภาพ [15-19] อย่างไรก็ตามงานวิจัยเกี่ยวกับการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอเพื่อวัตถุประสงค์ทางเวชสำอางยังมีจำนวนน้อย โดยเฉพาะในด้านการเปรียบเทียบชนิดของกรด ความเข้มข้นของสารสกัดและการเสริมฤทธิ์กับสารออกฤทธิ์จากพืชสมุนไพรในรูปแบบแผ่นเจลเพื่อดูแลผิวอย่างยั่งยืน

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของชนิดกรดและความเข้มข้นต่อประสิทธิภาพการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอ โดยเปรียบเทียบระหว่างกรดซิตริกและกรดไฮโดรคลอริก จากนั้นนำเพคตินที่ได้มาพัฒนาเป็นแผ่นเจลบำรุงผิวร่วมกับสารสกัดจากใบบัวบก (*Centella asiatica*) และใบมะกรูด (*Citrus hystrix*) เพื่อประเมินสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ และความสามารถในการปกป้องผิวจากการติดเชื้อ *Staphylococcus aureus* ที่อาจพบเป็นนมาบนผิวหนัง พร้อมทั้งเสริมคุณสมบัติด้านการเป็น 프리ไบโอติก เพื่อสนับสนุน microbiome ผิวอย่างยั่งยืน และเพิ่มมูลค่าของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรสู่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพสีเขียวในอนาคต

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 การเตรียมเพคตินจากเปลือกส้มโอ [20]

เตรียมเปลือกส้มโอ 250 กรัม แช่ในสารละลายกรดซิตริกร้อยละ 3 และ 6 และกรดไฮโดรคลอริกร้อยละ 3 ในอัตราส่วน 1:6 (น้ำหนักต่อปริมาตร) เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วต้ม 5 นาที ปล่อยให้เย็นแล้วกรองผ่านผ้าขาวบาง จากนั้นเติมเอทานอลร้อยละ 95 (1:1, (ปริมาตรต่อปริมาตร)) เพื่อให้เพคตินตกตะกอนทิ้งไว้นาน 3 ชั่วโมง แล้วล้างตะกอนด้วยเอทานอลร้อยละ 95 ทั้งหมด 3 ครั้ง (นานครั้งละ 20 นาที) แล้วปล่อยให้แห้ง 1 ชั่วโมง จากนั้นอบที่ 50 องศาเซลเซียสจนแห้งสนิท แล้วบดให้เป็นผงและเก็บที่ 4°C ก่อนนำไปใช้งานต่อไป

$$\text{สูตร : } \% \text{ yield} = (\text{น้ำหนักเพคตินที่ได้} / \text{น้ำหนักวัตถุดิบแห้ง}) \times 100$$

2.2 การวิเคราะห์ Degree of Esterification (DE)

เตรียมตัวอย่างเพคตินปริมาณ 0.5 กรัม โดยทำการละลายเพคติน 0.5 กรัมในเอทานอลร้อยละ 95 ปริมาณ 2 มิลลิลิตร เติมน้ำปราศจาก CO₂ 100 มิลลิลิตร หยดฟีนอล์ฟทาเลอิน 5 หยด ไทเทรตด้วย NaOH 0.5 โมลาร์ (ปริมาตร NaOH₁) จากนั้นเติม NaOH ที่ความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ ปริมาณ 10 มิลลิลิตร เขย่าเป็นเวลานาน 15 นาที เติมน้ำ HCl 10 มิลลิลิตร แล้วทำการไทเทรตอีกครั้ง (NaOH₂) 0.5 โมลาร์ จนปรากฏสีชมพูอย่างชัดเจน แล้วบันทึกปริมาตร NaOH ที่ใช้ในขั้นตอนนี้ คือ (NaOH₂) ค่าร้อยละของการเอสเทอริฟิเคชัน (%DE) คำนวณได้จากสมการ

$$\text{สูตร: } \% \text{DE} = (\text{NaOH}_2 / (\text{NaOH}_1 + \text{NaOH}_2)) \times 100$$

2.3 การหาน้ำหนักกรัมสมมูล (Gram Equivalent Weight)

การทดสอบหาน้ำหนักกรัมสมมูลตามวิธีการของ Azad et al. [21] เริ่มการเตรียมสารละลายเพคตินโดยการชั่ง เพคติน 0.1 กรัม ละลายในน้ำ 20 มิลลิลิตร เติมน้ำ NaCl 1 กรัม และ phenol red 3 หยด แล้วไทเทรตด้วย NaOH 0.1 โมลาร์ จนถึงจุดยุติ จากนั้นคำนวณน้ำหนักกรัมสมมูล

$$\text{สูตร: น้ำหนักกรัมสมมูล} = ((1000 \times \text{น้ำหนักเพคตินแห้ง}) / \text{Normality}) \times \text{ปริมาตร NaOH ที่ใช้}$$

2.4 การเตรียมสารสกัดสมุนไพร

การเตรียมสารสกัดจากใบมะกรูดและใบบัวบก มีขั้นตอนการสกัดที่คล้ายคลึงกัน โดยเริ่มจากการเตรียมวัตถุดิบ ให้สะอาดและแห้ง จากนั้นทำการสกัดให้ได้สารสกัดสำหรับการทดสอบฤทธิ์ต่าง ๆ

การเตรียมสารสกัดจากใบมะกรูด : นำใบมะกรูดสดจำนวน 345 กรัม ล้างน้ำสะอาดแล้วผึ่งให้แห้ง ปั่นให้ละเอียดและเติมน้ำในอัตราส่วน 1:5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ต้มจนเดือดประมาณ 10 นาที แยกส่วนน้ำ ทำการสกัดซ้ำอีก 2 ครั้ง รวมสารสกัดที่ได้ทั้งหมดและนำไประเหยน้ำออกที่อุณหภูมิไม่เกิน 50 องศาเซลเซียส จนเหลือเป็นสารสกัดหยาบ (crude extract) ทำการชั่งน้ำหนักสารสกัดหยาบและคำนวณเปอร์เซ็นต์ผลผลิต (yield) เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำไปใช้ในการทดสอบต่อไป

การเตรียมสารสกัดจากใบบัวบก: นำใบบัวบกปริมาณ 345 กรัม มาปั่นละเอียดแล้วแช่ในเอทานอลร้อยละ 95 ในอัตราส่วน 1:5 ที่ 40 องศาเซลเซียส แล้วแช่ต่อที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลานาน 7 วัน ทำการสกัดซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง รวมสารสกัดแล้วระเหยเอทานอลออกไม่เกิน 50°C ทำการคำนวณแบบเดียวกับสารสกัดใบมะกรูด เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสจนกว่าจะนำไปใช้ในการทดสอบต่อไป

$$\text{สูตร: \%Yield} = (\text{น้ำหนักสารสกัดแห้ง} / \text{น้ำหนักแห้งของพืชตัวอย่าง}) \times 100$$

2.5 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (DPPH Assay)

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสามารถทำได้โดยใช้วิธี DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl radical) ตามวิธีการของ Molyneux [22] เริ่มจากการเตรียมสารละลาย DPPH ที่ความเข้มข้น 0.6 มิลลิโมลลาร์ โดยการชั่ง DPPH หนัก 0.0236 กรัม ละลายในเอทานอลและปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันและเก็บในขวดทึบแสงที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แล้วปิเปตสารสกัดใบมะกรูดหรือใบบัวบกให้ได้อย่างละ 1.5 มิลลิกรัม (100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 15 ไมโครลิตร และเติมสารละลาย DPPH ปริมาตร 300 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วตั้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที สำหรับสารควบคุม (control) ให้ทำการใส่เอทานอล 15 ไมโครลิตรและเติม DPPH 300 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วตั้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร แล้วคำนวณหาประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระในตัวอย่างโดยใช้สูตร:

$$\% \text{ radical scavenging} = (A_0 - (A_1 - A_2)) / A_0 \times 100$$

โดยมีค่า
A0 คือ ค่าการดูดกลืนแสงของ DPPH และเอทานอล
A1 คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดและ DPPH
A2 คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดและเอทานอล

โดยที่สารสกัดมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ โดยยิ่งค่าผลลัพธ์สูงขึ้น แสดงว่าฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดนั้นมีประสิทธิภาพมาก

$$\text{สูตร: } \% \text{ yield} = (\text{น้ำหนักสารสกัดหยาบ} / \text{น้ำหนักแห้งของพืชตัวอย่าง}) \times 100$$

2.6 การวิเคราะห์ปริมาณกรดแอสคอร์บิก

การวิเคราะห์ปริมาณกรดแอสคอร์บิก (Ascorbic acid) ในสารสกัดตัวอย่างอาศัยเทคนิค UV-Visible Spectrophotometry [23] เตรียมสารมาตรฐานกรดแอสคอร์บิกที่มีความเข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ ในสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 0.04% (น้ำหนักต่อปริมาตร) วัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ด้วยเครื่อง UV-Visible Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 265 นาโนเมตร (nm) โดยใช้สารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ความเข้มข้นเดียวกันเป็นสารเปรียบเทียบ (blank) นำสารสกัดสมุนไพรตัวอย่างละลายในสารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ร้อยละ 0.04 (น้ำหนักต่อปริมาตร) จนได้ปริมาตรสุดท้าย 250 มิลลิลิตร จากนั้นปั่นเหวี่ยง (centrifugation) แล้วนำของเหลวชั้นบน (supernatant) มากรองด้วยกระดาษกรองให้ได้สารละลายใสมาวัดค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่ความยาวคลื่น 265 นาโนเมตร และคำนวณหาความเข้มข้นของกรดแอสคอร์บิก โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานที่ได้จากสารละลายมาตรฐาน

2.7 การทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* โดยวิธี disc diffusion method

นำเชื้อ *Staphylococcus aureus* (TISTR 1466) เพาะใน TSB เติม NaCl ร้อยละ 10 บ่มที่ 37 องศาเซลเซียส นาน 16–18 ชม. แล้วป้ายเชื้อลงบน TSA ที่มี NaCl ร้อยละ 10 และบ่มอีก 24 ชั่วโมง เพื่อให้ได้โคโลนีเดี่ยว ปรับความเข้มข้นเชื้อให้เทียบเท่า 0.5 McFarland ($\sim 10^8 \text{ CFU/mL}$) แล้วป้ายลงบนจาน MSEY agar ด้วยก้านสำลีปลอดเชื้อ หยดสารสกัดหยาบจากใบมะกรูด (*E. odoratum*) และใบบัวบก (*C. asiatica*) ลงบนกระดาษกรองปลอดเชื้อมีขนาดเท่าแผ่นดิสก์ยา วางบนจานเชื้อ บ่มที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นทำการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณยับยั้งเชื้อ (inhibition zone) เป็นมิลลิเมตร โดยใช้ kanamycin 30 ไมโครกรัมเป็น positive control และน้ำกลั่นปลอดเชื้อเป็น negative control

2.8 การทดสอบความเหนียวของแผ่นเจลด้วยวิธีถ่วงน้ำหนัก (Weight Loading Method)

ความเหนียวของแผ่นเจลถูกวัดโดยใช้วิธีถ่วงน้ำหนัก ซึ่งเป็นเทคนิคทางกลศาสตร์ที่ใช้ประเมินแรงที่ทำให้แผ่นเจลขาดได้อย่างแม่นยำ ตัวอย่างแผ่นเจลถูกเตรียมให้มีขนาดคงที่ $7 \times 4 \times 0.4$ ลูกบาศก์มิลลิเมตร และควบคุมสภาพแวดล้อมของการทดสอบให้อยู่ที่อุณหภูมิ 25 ± 1 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 40–60 เพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเชิงกลจากสิ่งแวดล้อม ในการทดสอบนำปลายด้านหนึ่งของแผ่นเจลถูกยึดกับที่ยึดอย่างมั่นคง ส่วนปลายอีกด้านเกี่ยวข้องกับตะขอน้ำหนักเบา จากนั้นจึงเพิ่มตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน (20, 50, 100 และ 200 กรัม) ลงบนตะขอที่ละชิ้นอย่างต่อเนื่องในทุก ๆ 5 วินาที จนกระทั่งแผ่นเจลขาด น้ำหนักรวมที่ทำให้แผ่นเจลขาด (รวมตะขอ) ถูกบันทึกไว้ น้ำหนักรวม ณ จุดที่แผ่นเจลขาดจะถูกนำไปคำนวณเป็นแรง (F) โดยใช้สมการ:

$$F = m \times g$$

โดยที่ F คือ แรงที่ทำให้แผ่นเจลขาด (นิวตัน, N)
m คือ มวลรวมของตุ้มน้ำหนักและตะขอ (กิโลกรัม, kg)
g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลก (9.81 m/s^2)

การทดสอบจะทำซ้ำ 3 ครั้ง สำหรับแผ่นเจลชนิดเดียวกัน แล้วนำค่าแรงที่ได้มาคำนวณหาค่าเฉลี่ย เพื่อใช้เป็นค่าตัวแทนของความเหนียวของแผ่นเจลแต่ละสูตรอย่างแม่นยำและเชื่อถือได้

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 คุณลักษณะของเพคติน

ปริมาณเพคติน (%yield) และกระบวนการสกัดที่เหมาะสม

ในการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอด้วยตัวทำละลายต่างชนิด พบว่าการใช้กรดไฮโดรคลอริกร้อยละ 3 ให้ผลผลิตเพคตินสูงสุดที่ร้อยละ 4.71 รองลงมาคือกรดซิตริกร้อยละ 6 (ได้ร้อยละ 4.24) และกรดซิตริกร้อยละ 3 (ได้ร้อยละ 1.37) ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า กรดไฮโดรคลอริกร้อยละ 3 เป็นตัวทำละลายที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการสกัด เพคตินจากเปลือกส้มโอ เนื่องจากกรดไฮโดรคลอริกเป็นกรดแก่ที่มีความสามารถในการทำลายผนังเซลล์พืชและปลดปล่อยเพคตินออกมาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Yapo et al., [24] ที่พบว่ากรดไฮโดรคลอริกมีประสิทธิภาพสูงในการสกัดเพคตินจากพืชบางชนิด โดยมีความสามารถในการทำลายผนังเซลล์พืชและปลดปล่อยเพคตินได้ดีกว่ากรดอินทรีย์อ่อน ส่วนกรดซิตริกร้อยละ 6 แม้จะเป็นกรดอ่อน แต่การใช้ความเข้มข้นสูงขึ้นสามารถเพิ่มผลผลิตได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกรดซิตริกร้อยละ 3 ซึ่งให้ผลผลิตต่ำสุด เนื่องจากความเข้มข้นของกรดไม่เพียงพอในการแยกเพคตินออกจากผนังเซลล์อย่างมีประสิทธิภาพ [25] อย่างไรก็ตามแม้ว่าการใช้กรดไฮโดรคลอริกร้อยละ 3 จะให้ผลผลิตสูงสุด แต่ก็ต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมในการนำไปใช้ เนื่องจากกรดไฮโดรคลอริกเป็นกรดแก่ที่อาจมีอันตรายต่อการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ดูแลผิว เนื่องจากอาจมีผลข้างเคียงที่ไม่พึงประสงค์ การใช้กรดซิตริกร้อยละ 6 จึงอาจเป็นทางเลือกที่เหมาะสมกว่าในการสกัดเพคตินสำหรับการใช้งานในผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความปลอดภัยและมีประสิทธิภาพในการสกัดที่ดี โดยให้ผลผลิตที่ใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 1 ความสามารถในการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอด้วยตัวทำละลายชนิดกรดอะซิติกและกรดไฮโดรคลอริก

ชนิดตัวทำละลาย	ร้อยละเพคตินที่สกัดได้ (%yield)
กรดซิตริกร้อยละ 3	1.37±0.03
กรดซิตริกร้อยละ 6	4.24±0.11
กรดไฮโดรคลอริกร้อยละ 3	4.71±0.07

3.2 ค่า Degree of esterification (DE)

ค่า DE เป็นตัวบ่งชี้ความสามารถในการสร้างเจลของเพคติน ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาเจลถนอมผิวจากผลการวิเคราะห์ (ตารางที่ 2) พบว่าเพคตินที่สกัดด้วยกรดซิตริกร้อยละ 3 และ 6 มีค่า DE สูงกว่าร้อยละ 50 (ร้อยละ 77.49±19.38 และร้อยละ 52.14±0.56) ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่ม high-methoxyl pectin (HMP) ที่เหมาะสำหรับการสร้างเจลในสภาวะที่มีน้ำตาลและกรดสูง โดยมีคุณสมบัติการยึดเกาะที่ดี เหมาะสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ปกป้องผิว เช่น เจลบำรุงผิวที่มีความเสถียร การเลือกใช้เพคตินที่สกัดด้วยกรดซิตริกทั้งร้อยละ 3 และ 6 จึงเป็นทางเลือกที่ดีที่สุดสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติปกป้องผิวจากมลพิษและรักษาความเสถียรของเนื้อเจลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในทางตรงกันข้ามเพคตินที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกร้อยละ 3 มีค่า DE ต่ำกว่าร้อยละ 50 (ร้อยละ 47.09) ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่ม low-methoxyl pectin (LMP) ทำให้ไม่เหมาะสมสำหรับการสร้างเจลในสภาพแวดล้อมที่ต้องการโครงสร้างเจลที่คงตัว เช่น ในผลิตภัณฑ์ดูแลผิวที่ต้องการการยึดเกาะที่ดีและความเสถียร จากผลการทดลองนี้ แสดงให้เห็นว่าเพคตินที่สกัดด้วยกรดซิตริกร้อยละ 3

และ 6 เป็นตัวเลือกที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตเจลดูแลผิว เนื่องจากมีค่า DE สูง ซึ่งช่วยให้เจลสามารถเกาะติดผิวได้ดี และมีประสิทธิภาพในการปกป้องผิวจากมลพิษ เช่น ฝุ่น PM 2.5 และสารเคมีในอากาศได้ดีกว่า ส่วนเพคตินที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกร้อยละ 3 นั้นไม่เหมาะกับการใช้งานในลักษณะนี้ เนื่องจากไม่สามารถให้ผลลัพธ์ที่ดีในการสร้างเจลที่มีความเสถียรและมีประสิทธิภาพในการปกป้องผิวได้

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบค่า Degree of Esterification ของเพคตินที่สกัดด้วยตัวทำละลาย

ชนิดตัวทำละลาย	ค่าเฉลี่ยร้อยละ Degree of esterification
กรดซิตริกร้อยละ 3 (v/v)	77.49±19.38
กรดซิตริกร้อยละ 6 (v/v)	52.14±0.56
กรดไฮโดรคลอริกร้อยละ 3 (v/v)	47.09±4.67

3.3 น้ำหนักสมมูล (Equivalent Weight)

น้ำหนักกรัมสมมูลของเพคตินเป็นตัวบ่งชี้สำคัญที่สะท้อนถึงปริมาณของกลุ่มกรดแลคทูโรนิก (Galacturonic acid) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการกำหนดคุณสมบัติการสร้างเจลของเพคติน [26] โดยกลุ่มกรดแลคทูโรนิกนี้สามารถสร้างพันธะขวางระหว่างโมเลกุลเพื่อสร้างโครงสร้างเจลที่แข็งแรงและความยืดหยุ่น ผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 3 พบว่า เพคตินที่สกัดด้วยกรดซิตริกร้อยละ 6 มีน้ำหนักกรัมสมมูลสูงที่สุดที่ 3614.04 กรัมต่อโมล ซึ่งบ่งชี้ถึงการมีปริมาณหมู่คาร์บอกซิลอิสระ (Free carboxyl groups) ต่ำ ทำให้โมเลกุลเพคตินมีขนาดใหญ่และสามารถสร้างโครงสร้างเจลที่ยืดหยุ่นสูง เหมาะสมสำหรับการใช้ในผลิตภัณฑ์ที่ต้องการคุณสมบัติการจับตัวของเนื้อเจล เช่น เจลดูแลผิว หรือผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นแผ่นเจล

ในขณะที่เพคตินที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกร้อยละ 3 มีน้ำหนักกรัมสมมูลต่ำที่สุดที่ 747.46±140.69 กรัมต่อโมล ซึ่งแสดงถึงการสลายพันธะระหว่างโมเลกุลของเพคตินอย่างมาก ทำให้โมเลกุลเพคตินมีขนาดสั้นลงและมีหมู่ฟังก์ชันเพิ่มขึ้น การลดลงของน้ำหนักกรัมสมมูลนี้อาจทำให้เพคตินไม่สามารถสร้างเจลที่มีคุณสมบัติที่ดีได้ เนื่องจากการเกิดพันธะระหว่างโมเลกุลไม่สมบูรณ์ ซึ่งส่งผลให้เจลที่ได้ไม่มีความเสถียรและไม่สามารถป้องกันฝุ่น PM 2.5 หรือมีคุณสมบัติในการปกป้องผิวได้อย่างเต็มที่ จากผลการไทเทรตสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ แสดงให้เห็นว่าเพคตินที่สกัดด้วยกรดซิตริกร้อยละ 6 มีน้ำหนักกรัมสมมูลของเพคตินมากที่สุดที่ 3614.04±865.46 กรัมต่อโมล รองลงมาคือกรดซิตริกร้อยละ 3 (1905.60 กรัมต่อโมล) และกรดไฮโดรคลอริกร้อยละ 3 (747.46±140.69 กรัม/โมล) ซึ่งการสกัดด้วยกรดซิตริกร้อยละ 6 ให้ผลผลิตที่มีคุณสมบัติการสร้างเจลที่ดีกว่าเพคตินที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกร้อยละ 3 ทำให้เป็นปัจจัยสำคัญในการเลือกใช้กรดในการผลิตเพคตินที่มีคุณสมบัติตามต้องการ

ตารางที่ 3 น้ำหนักกรัมสมมูลของเพคตินที่ผ่านการเตรียมด้วยการใช้ตัวทำละลายต่างชนิด

ชนิดตัวทำละลาย	น้ำหนักกรัมสมมูลของเพคติน
กรดซิตริกร้อยละ 3	1905.60±865.46
กรดซิตริกร้อยละ 6	3614.04±865.46
กรดไฮโดรคลอริกร้อยละ 3	747.46±140.69

3.4 คุณสมบัติของสารสกัดสมุนไพรใบมะกรูดและใบบัวบก

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์สารสกัดจากสมุนไพรสองชนิดคือ ใบมะกรูด และ ใบบัวบก ซึ่งเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เพคตินเจลดูแลผิว โดยมุ่งเน้นไปที่การวิเคราะห์ปริมาณกรดแอสคอร์บิก (วิตามินซี) และประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดสมุนไพรดังกล่าว มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.4.1 น้ำหนักกรัมสมมูลของสารสกัดสมุนไพร

น้ำหนักกรัมสมมูลของสารสกัดสมุนไพรเป็นตัวบ่งชี้ที่สำคัญในการประเมินความเข้มข้นของสารที่ละลายในน้ำได้และคุณสมบัติในการสกัดสารต่าง ๆ จากผลการศึกษาพบว่าใบมะกรูดให้ผลผลิตสารสกัดสูงกว่าใบบัวบก (ร้อยละ 54.20 เทียบกับ 49.44) ซึ่งแสดงถึงความสามารถในการละลายและแยกสารสำคัญได้มากกว่า ใบมะกรูดมีโครงสร้างทางพฤกษเคมีที่เอื้อต่อการสกัดสารที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพได้ดีกว่าใบบัวบก โดยมีองค์ประกอบของสารละลายน้ำในใบมะกรูดที่อุดมไปด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพซึ่งส่งผลให้การสกัดสารออกฤทธิ์จากใบมะกรูดมีประสิทธิภาพมากกว่า ร้อยละน้ำหนักแห้งของสารสกัดจากใบมะกรูดจึงให้ผลผลิตสูงกว่าจากใบบัวบก ซึ่งอาจเป็นผลมาจากความแตกต่างในปริมาณสารที่ละลายน้ำได้หรือในโครงสร้างใบที่แตกต่างกัน ทำให้ส่งผลต่อประสิทธิภาพของการสกัดสารจากพืชทั้งสองชนิด

3.4.2 การยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อก่อโรคด้วยวิธี Disc Diffusion Method

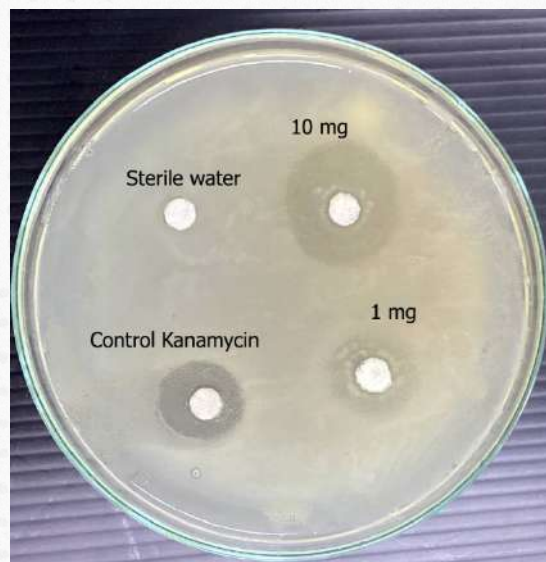
ในการทดสอบนี้เลือกใช้เชื้อ *S. aureus* ซึ่งเป็นเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกที่พบได้ทั่วไปบนผิวหนังมนุษย์ และเป็นสาเหตุสำคัญของการติดเชื้อผิวหนัง โดยเฉพาะในผู้ที่มีปัญหาผิวหนังอักเสบหรือบาดแผล การเลือกใช้เชื้อ *S. aureus* ในการทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบศักยภาพของสารสกัดสมุนไพรในการใช้เป็นส่วนประกอบในเจลเพคตินที่ช่วยดูแลและปกป้องผิวจากเชื้อก่อโรคที่พบได้ในชีวิตประจำวัน จากผลการทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียด้วยวิธี Disc Diffusion Method พบว่าสารสกัดจากใบมะกรูด (*E. odoratum*) และใบบัวบก (*C. asiatica*) (ภาพที่ 1) สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของ *S. aureus* ได้ โดยประสิทธิภาพการยับยั้งมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของสารสกัดที่ใช้ เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัด จะพบว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของวงยับยั้ง (inhibition zone) เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน

จากผลการทดลองในตารางที่ 4 ซึ่งเป็นการตรวจสอบฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียเบื้องต้นด้วยวิธี Disc Diffusion Method พบว่า สารสกัดจากใบบัวบกมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* สูงกว่าใบมะกรูดในทุกระดับความเข้มข้น โดยที่ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สารสกัดใบบัวบกให้ค่าการยับยั้งที่ 25.00 ± 1.01 มิลลิเมตร ขณะที่ใบมะกรูดมีค่าการยับยั้งที่ 18.00 ± 0.05 มิลลิเมตร ซึ่งบ่งชี้ว่าสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในใบบัวบกมีศักยภาพในการต้านเชื้อ *S. aureus* ได้ดีกว่า นอกจากนี้ ในความเข้มข้นต่ำ เช่น 10, 1 และ 0.1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ใบบัวบกยังคงแสดงค่า inhibition zone ได้ดีกว่าใบมะกรูด โดยที่ความเข้มข้นต่ำสุด 0.01 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ใบบัวบกยังคงมีค่า inhibition zone ที่ 11.00 ± 0.94 มิลลิเมตร ขณะที่ใบมะกรูดลดลงเหลือเพียง 0.70 ± 0.14 มิลลิเมตร

เมื่อเปรียบเทียบกับยามาตรฐาน Kanamycin 30 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งเป็น positive control พบว่ามีค่า inhibition zone ที่ 37.00 ± 0.93 มิลลิเมตรสำหรับใบมะกรูด และ 38.00 ± 0.47 มิลลิเมตรสำหรับใบบัวบก ขณะที่กลุ่ม negative control (น้ำกลั่นปราศจากเชื้อ) ไม่พบการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *S. aureus* ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากใบบัวบกมีศักยภาพในการต้านเชื้อก่อโรคผิวหนังได้ดีกว่าใบมะกรูด อย่างไรก็ตาม การทดสอบด้วยวิธี Disc Diffusion Method นี้เป็นเพียงการคัดกรองเบื้องต้นเพื่อประเมินศักยภาพการยับยั้งเชื้อในหลอดทดลอง (in vitro) เท่านั้น การระบุปริมาณที่เหมาะสมที่สุดในการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ดูแลผิวจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมในเชิงลึก เช่น การทดสอบค่า Minimum Inhibitory Concentration (MIC) หรือ Minimum Bactericidal Concentration (MBC) รวมถึงการประเมินประสิทธิภาพในระบบจำลองผิวหนัง (in vitro skin models) หรือการทดสอบทางคลินิก เพื่อยืนยันประสิทธิภาพและความปลอดภัยเมื่ออยู่ในรูปแบบผลิตภัณฑ์จริงและเมื่อสัมผัสกับผิวหนังโดยตรง

ตารางที่ 4 การยับยั้งการเจริญเติบโตของ *Staphylococcus aureus* โดยวิธี Disc Diffusion จากสารสกัดเหยาจากใบมะกรูด (*E. odoratum*) และใบบัวบก (*C. asiatica*)

ความเข้มข้นของสารสกัด (mg/mL)	<i>E. odoratum</i> (mm)	<i>C. asiatica</i> (mm)
100	18.00±0.05	25.00±1.01
10	16.00±0.17	19.00±0.48
1	14.00±0.67	18.00±1.05
0.1	9.00±0.88	14.00±0.51
0.01	0.70±0.14	11.00±0.94
Positive control (Kanamycin)	37.00±0.93	38.00±0.47
Negative control (น้ำกลั่น)	0.00	0.00



ภาพที่ 1 ตัวอย่างความสามารถในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของสารสกัด *E. odoratum* โดยวิธี Disc Diffusion เปรียบเทียบกับ Kanamycin (ตัวควบคุมบวก) และน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ (ตัวควบคุมลบ)

3.4.3 ปริมาณกรดวิตามินซี

จากการวิเคราะห์ด้วย UV-spectrophotometry พบว่าใบมะกรูดมีปริมาณวิตามินซีสูงกว่าใบบัวบกอย่างชัดเจน โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 78.95 มิลลิโมลาร์เทียบกับ 18.62 มิลลิโมลาร์ ซึ่งแสดงถึงศักยภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยชะลอความเสื่อมของเซลล์ผิวจากมลพิษและชะลออายุ [27, 28] ใบมะกรูดมีความเข้มข้นของวิตามินซีสูงถึง 64.21 มิลลิโมลาร์ ขณะที่ใบบัวบกมีเพียง 18.42 มิลลิโมลาร์ ซึ่งบ่งชี้ถึงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่สูงกว่าในใบมะกรูด ค่าเฉลี่ยวิตามินซีในใบมะกรูดที่สูงกว่าช่วยปกป้องเซลล์จากการทำลายของอนุมูลอิสระได้ดีกว่าใบบัวบก

วิตามินซีที่มีความเข้มข้นสูงในใบมะกรูดยังช่วยป้องกันการทำลายของเซลล์ผิวจากมลพิษและความเสื่อมโทรมของผิวหนังได้ดี วิตามินซีเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพสูง ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการต่อต้านความเสียหาย

ของเซลล์ที่เกิดจากอนุมูลอิสระซึ่งมาจากมลพิษในสิ่งแวดล้อม เช่น ฝุ่น PM2.5 คาร์บอน และรังสียูวี [29] การเลือกใช้สารสกัดจากใบมะกรูดในผลิตภัณฑ์ที่ต้องการคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระจึงมีประสิทธิภาพสูงกว่า เนื่องจากมีปริมาณวิตามินซีที่สูงกว่า และสามารถให้ผลลัพธ์ที่ดีในการปกป้องผิวจากมลพิษและช่วยบำรุงผิวให้แข็งแรง การที่ใบมะกรูดมีปริมาณวิตามินซีสูงกว่าจากใบบัวบกยังแสดงถึงคุณสมบัติทางเภสัชวิทยาที่สามารถใช้เป็นแหล่งวิตามินซีธรรมชาติในการเสริมสร้างระบบการปกป้องเซลล์จากการทำลายของอนุมูลอิสระ และช่วยชะลอความเสื่อมของเซลล์ผิวหนังจากมลพิษและความเสื่อมโทรมตามวัย [27, 28] ดังนั้นการเลือกใช้สารสกัดจากใบมะกรูดในผลิตภัณฑ์ดูแลผิวสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการปกป้องผิวจากมลพิษและช่วยบำรุงผิวให้แข็งแรงขึ้นได้ดีกว่าสารสกัดจากใบบัวบก ขณะที่สารสกัดจากใบบัวบกยังมีคุณสมบัติในด้านอื่น ๆ ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ในอนาคต

3.4.4 ประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH Assay)

ผลการทดสอบการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) พบว่าใบมะกรูดแสดงค่าการต้านอนุมูลอิสระสูงถึงร้อยละ 70.54 ± 0.003 ขณะที่ใบบัวบกแสดงค่าน้อยลงคือ ร้อยละ 19.64 ± 0.0 (ตารางที่ 5) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณวิตามินซีในสารสกัดจากใบมะกรูด โดยวิตามินซีเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญ ช่วยปกป้องผิวจากการทำลายของสารพิษและฝุ่น PM2.5 การทดสอบนี้ใช้สารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.6 มิลลิโมลาร์ และผสมกับสารสกัดจากสมุนไพรในปริมาณที่กำหนด จากนั้นคำนวณเปอร์เซ็นต์การต้านอนุมูลอิสระจากค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร

จากการศึกษาให้เห็นว่าใบมะกรูดมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าใบบัวบก ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณวิตามินซีที่สูงกว่าในใบมะกรูด การศึกษาก่อนหน้านี้ [6] พบว่าใบมะกรูดมีศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าใบบัวบก ซึ่งสัมพันธ์กับการที่ใบมะกรูดมีวิตามินซีที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เมื่อทำการทดสอบ % Radical Scavenging พบว่าใบมะกรูดแสดงค่าร้อยละ 70.54 ± 0.003 ในการต้านอนุมูลอิสระ ขณะที่ใบบัวบกมีค่าเพียงร้อยละ 19.64 ± 0.08 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในใบมะกรูดที่สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ การที่ใบมะกรูดสามารถต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าใบบัวบกนี้อาจสัมพันธ์กับปริมาณวิตามินซีที่พบในการทดลอง โดยวิตามินซีเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพสูงในการช่วยป้องกันการทำลายของเซลล์จากอนุมูลอิสระ

ตารางที่ 5 ประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ (Radical Scavenging) ของสารสกัดจากใบมะกรูดและใบบัวบก ด้วยวิธี DPPH

ชนิดสมุนไพร	Radical Scavenging (%)
ใบมะกรูด	70.54 ± 0.003
ใบบัวบก	19.64 ± 0.08

จากผลการทดลองทั้งหมด พบว่า สารสกัดจากใบมะกรูด (*E. odoratum*) และใบบัวบก (*C. asiatica*) ต่างมีศักยภาพในการยับยั้งเชื้อก่อโรค *S. aureus* ซึ่งเป็นเชื้อที่พบได้ทั่วไปบนผิวหนังของมนุษย์ ทั้งนี้สารสกัดจากใบบัวบกแสดงฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียสูงกว่าใบมะกรูดในทุกช่วงความเข้มข้น ขณะที่ใบมะกรูดยังมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระสูง ซึ่งช่วยส่งเสริมคุณสมบัติในการฟื้นฟูผิวได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นในการศึกษานี้จึงเลือกใช้สารสกัดทั้งสองชนิดร่วมกันเพื่อเสริมฤทธิ์ซึ่งกันและกัน โดยมีเป้าหมายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพทั้งในด้านการฟื้นฟูและปกป้องผิว รวมถึงเสริมฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อก่อโรคที่พบทั่วไปบนผิวหนัง

อย่างไรก็ตาม ยังมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาประสิทธิภาพโดยรวมของการใช้สารสกัดทั้งสองชนิดนี้ร่วมกันในรูปแบบเจลสำเร็จรูปที่ประกอบด้วยพอลิเมอร์ เจลาติน และสารสกัดใบมะกรูด-ใบบัวบก เพื่อประเมินสมบัติการต้านเชื้อ

แบบที่เรียและคุณสมบัติในการปกป้องผิวจากอนุมูลอิสระได้อย่างครบถ้วน รวมถึงความสามารถในการรักษาผิวจากมลพิษและการเสื่อมสภาพตามวัย ซึ่งจะช่วยยืนยันความเป็นไปได้ในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพในการดูแลและปกป้องผิวหนึ่งในชีวิตประจำวัน

3.5 คุณสมบัติของแผ่นเจลสมุนไพร

3.5.1 ความเหนียวของแผ่นเจล

จากการทดสอบความเหนียวของแผ่นเจลที่ประกอบด้วยเพคตินและเจลาติน พบว่า สูตรที่ใช้เพคตินร้อยละ 8 ร่วมกับเจลาตินร้อยละ 24 ให้ค่าความเหนียวสูงสุดที่ 1.956 นิวตัน ซึ่งแสดงถึงโครงสร้างเจลที่เหนียวแน่นและยืดหยุ่นดีเหมาะสมต่อการยึดเกาะบนผิวหนัง รองลงมาคือสูตรเพคตินร้อยละ 10 กับเจลาตินร้อยละ 24 ซึ่งมีความเหนียวลดลงเหลือ 1.617 นิวตัน การลดลงของความเหนียวในสูตรที่มีเพคตินร้อยละ 10 อาจเกิดจากการอึดตัวของพันธะไฮโดรเจนในโครงสร้างเจล ส่งผลให้โครงสร้างเปราะและยืดหยุ่นลดลง สำหรับสูตรที่ใช้เพคตินในระดับต่ำ เช่น ร้อยละ 2 และ 4 พบว่าค่าความเหนียวอยู่ที่ 0.315 นิวตัน และ 0.362 นิวตัน ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มความเข้มข้นของเพคตินจนถึงระดับร้อยละ 8 ช่วยเพิ่มความเหนียวได้อย่างมีนัยสำคัญ

3.5.2 ความแข็งแรงของแผ่นเจล

ในการทดสอบความแข็งแรง พบว่า แผ่นเจลที่มีเพคตินร้อยละ 10 และเจลาตินร้อยละ 24 มีความแข็งแรงสูงสุดที่ 0.808 นิวตัน รองลงมาคือสูตรที่มีเพคตินร้อยละ 8 ซึ่งให้ค่าความแข็งแรงที่ 0.745 นิวตัน ซึ่งบ่งบอกได้ว่าการเพิ่มความเข้มข้นของเพคตินมีผลต่อการเสริมโครงสร้างเจลให้ทนต่อแรงกดและแรงดึงได้ดีขึ้น อย่างไรก็ตามเมื่อความเข้มข้นของเพคตินสูงเกินร้อยละ 10 พบว่าเจลมีความแข็งและเปราะเกินไป ไม่เหมาะกับการใช้งานที่ต้องการความยืดหยุ่น เช่น แผ่นเจลสำหรับติดผิวหนัง จากผลการทดลองทั้งด้านความเหนียวและความแข็งแรงที่ได้จึงสรุปได้ว่า สูตรเพคตินร้อยละ 8 ผสมกับเจลาตินร้อยละ 24 เป็นสัดส่วนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการพัฒนาเจลดูแลผิว

จากผลการทดลองดังกล่าวประกอบด้วยผลการวิเคราะห์ที่เกี่ยวข้องกับ Degree of Esterification (DE) และคุณสมบัติความเหนียวและความแข็งแรงของแผ่นเจล สามารถระบุได้ว่าการเลือกใช้เพคตินร้อยละ 8 และเจลาตินร้อยละ 24 เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตเจลบำรุงผิวในการศึกษานี้ เนื่องจากมีค่า DE ที่เหมาะสม (ร้อยละ 74.16 และ 52.14 สำหรับกรดซิตริก) ซึ่งแสดงถึงความสามารถในการสร้างเจลที่ดีและสามารถเกาะติดผิวได้ดี อีกทั้งความเหนียวและความแข็งแรงของเจลที่มีเพคตินร้อยละ 8 และเจลาตินร้อยละ 24 สามารถทนต่อการยึดและการบีบอัดได้ดีทำให้เจลมีความยืดหยุ่นและสามารถปกป้องผิวจากมลพิษ เช่น ฝุ่น PM 2.5 และสารเคมีต่าง ๆ ได้ดี (จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการแต่ไม่แสดงผลในการศึกษานี้) ขณะที่การใช้เพคตินร้อยละ 10 จะทำให้เจลมีความเหนียวลดลงและความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้นจนทำให้เจลแข็งและเปราะมากขึ้น จึงไม่เหมาะสมสำหรับการใช้งานในการศึกษานี้ที่ต้องการความยืดหยุ่นในการเกาะติดผิว

3.5.3 สมุนไพรในสูตรเจล: สารสกัดจากใบมะกรูดและใบบัวบก

การเพิ่มประสิทธิภาพของแผ่นเจลในการดูแลและปกป้องผิวด้วยสารสกัดจากสมุนไพรใบมะกรูด (*E. odorum*) และใบบัวบก (*C. asiatica*) ที่ผ่านการทดสอบประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* และคุณสมบัติในการบำรุงผิวด้านการต้านอนุมูลอิสระก่อนการนำมาผสมในสูตรเจล จากการทดสอบแสดงให้เห็นว่า สารสกัดจากใบบัวบกมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* สูงกว่าสารสกัดจากใบมะกรูด โดยที่สารสกัดใบบัวบกที่ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร แสดงค่า inhibition zone ที่ 25.00 ± 1.01 มิลลิเมตร ขณะที่สารสกัดจากใบมะกรูดให้ค่า 18.00 ± 0.05 มิลลิเมตรที่ความเข้มข้นเดียวกัน ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าใบบัวบกมีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียที่ดีกว่าสารสกัดจากใบมะกรูด อย่างไรก็ตามสารสกัดจากใบมะกรูดมีศักยภาพสูงในด้านการต้านอนุมูลอิสระ โดยแสดงค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระ (DPPH scavenging) สูงถึงร้อยละ 70.54 เทียบกับใบบัวบกที่มีค่าร้อยละ 19.64 ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณวิตามินซีที่มีใน

ใบมะกรูดที่สูงกว่าชัดเจน ดังนั้นสูตรเจลที่พัฒนาขึ้นมาจากส่วนผสมของเพคตินร้อยละ 8 ผสมกับเจลาตินร้อยละ 24 ร่วมกับสารสกัดสมุนไพรทั้งสองชนิด ที่ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จัดเป็นองค์ประกอบที่เหมาะสมที่สุด โดยลักษณะของเพคตินและเจลาตินเป็นส่วนสำคัญทำให้ได้โครงสร้างเจลที่มีความเหนียวและแข็งแรง ด้วยส่วนผสมที่ใส่เพิ่มของสารสกัดใบบัวบกทำให้ช่วยเสริมฤทธิ์ในการต้านเชื้อแบคทีเรีย และด้วยสารสกัดใบมะกรูดช่วยเพิ่มฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและการปกป้องผิวจากมลภาวะ

งานวิจัยที่ได้นี้จำเป็นต้องมีการพัฒนาในขั้นตอนต่อไปเพื่อให้ได้เป็นผลิตภัณฑ์เจลที่มีคุณภาพ ซึ่งประกอบด้วยการปรับปรุงคุณภาพของเจลในรูปแบบสำเร็จรูป พร้อมทั้งประเมินความคงตัวและประสิทธิภาพในการเกาะซึมผิว การทดสอบความสามารถในการป้องกันมลพิษ เช่น ฝุ่น PM2.5 และสารเคมีที่ก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อไป

4. บทสรุป

การศึกษานี้มุ่งพัฒนาแผ่นเจลดูแลผิวแบบธรรมชาติและยั่งยืนจากเพคตินที่สกัดจากเปลือกส้มโอ ร่วมกับสารสกัดสมุนไพร เพื่อฟื้นฟูและปกป้องผิวจากเชื้อก่อโรค และสารเคมีปนเปื้อน จากการสกัดเพคตินด้วยกรดซิตริกร้อยละ 6 สามารถทำให้ได้ผลผลิตเพคตินปริมาณมากที่สุด เจลที่ได้มีความคงตัวและยึดเกาะผิวได้ดี โดยเพคตินที่ได้มีน้ำหนักกรัมสมมูล 3,947.37 กรัมต่อโมล ซึ่งบ่งชี้ถึงโครงสร้างโมเลกุลขนาดใหญ่ที่เอื้อต่อการสร้างเจลที่ยืดหยุ่นและแข็งแรง เมื่อนำเพคตินร้อยละ 8 ผสมกับเจลาตินร้อยละ 24 ทำให้ได้เป็นสูตรแผ่นเจลที่มีคุณสมบัติด้านความเหนียวและความแข็งแรงเหมาะสมที่สุด เมื่อทำการเสริมฤทธิ์ทางชีวภาพด้วยการเติมสารสกัดจากใบบัวบก และใบมะกรูด ทำให้มีศักยภาพในการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* และต้านอนุมูลอิสระได้ดี โดยเฉพาะใบบัวบกที่มีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียสูงและใบมะกรูดที่อุดมด้วยสารต้านอนุมูลอิสระสูง เมื่อเทียบกับวิตามินซี ช่วยเสริมคุณสมบัติการฟื้นฟูและปกป้องผิว ดังนั้นสูตรแผ่นเจลที่เหมาะสมประกอบด้วยเพคติน ร้อยละ 8 เจลาตินร้อยละ 24 และสารสกัดจากสมุนไพรทั้งสองชนิด จึงมีศักยภาพสูงในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อดูแลและปกป้องผิวจากมลพิษ ช่วยคงความชุ่มชื้นและลดความเสี่ยงของผิวจากฝุ่น PM2.5 และสารเคมีในอากาศพร้อมทั้งเป็นทางเลือกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและยั่งยืนจากการใช้วัตถุดิบธรรมชาติท้องถิ่น

ข้อเสนอแนะ

การเพิ่มประสิทธิภาพในการบำรุงและปกป้องผิวสามารถทำได้ เช่น การเลือกเติมวิตามินซีเพิ่มในสูตร โดยต้องประเมินความเสถียรของสารในระยะยาว และปรับสัดส่วนให้เหมาะสมกับการใช้งานจริง ทั้งนี้แม้ว่าสารสกัดจากใบมะกรูดจะมีปริมาณวิตามินซีสูงอยู่แล้วก็ตามแต่การเสริมในรูปแบบบริสุทธิ์จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระได้มากขึ้น

การพัฒนาสูตรเจลเพคตินเพื่อป้องกันฝุ่น PM2.5 ควรดำเนินการภายใต้กระบวนการทดลอง-ประเมิน-ปรับปรุง (Iterative Process) เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ ปลอดภัย และสามารถขยายสู่ระดับอุตสาหกรรมได้อย่างยั่งยืน โดยควรพิจารณาในประเด็นสำคัญต่อไปนี้:

1) **การปรับปรุงสูตร (Formulation Improvement):** พัฒนาให้ตอบโจทย์ทั้งด้านประสิทธิภาพและประสบการณ์การใช้งาน เช่น

- เนื้อสัมผัส: ให้ซึมเร็ว เกลี่ยง่าย สบายผิว อาจเติมสารธรรมชาติเพื่อช่วยดูดซึม
- ความคงตัว: ควบคุม pH ให้เหมาะสม ใช้สารต้านอนุมูลอิสระ เช่น วิตามินอีและซี รวมถึงสารสกัดจากธรรมชาติ เช่น Sodium Phytate เพื่อป้องกันการออกซิเดชันจากโลหะหนัก
- สารกันเสีย: ควรเลือกใช้สารกันเสียจากธรรมชาติที่ปลอดภัยและเสถียร
- อายุการเก็บรักษา: ตรวจสอบความเสถียรของสารสำคัญในระยะยาว

2) **ประสิทธิภาพในการต้านมลภาวะ:** ควรพิจารณาเสริมสารสกัดจากสมุนไพรชนิดอื่นที่มีฤทธิ์ในการต้านมลพิษ โดยต้องมีการวิจัยรองรับทั้งในด้านคุณภาพและความปลอดภัย

3) การสร้างประสบการณ์การใช้งาน (User Experience): ควรปรับปรุงกลืนและสัมผัสให้เหมาะกับผู้บริโภคในกลุ่มเป้าหมาย โดยใช้สารแต่งกลิ่นที่ปลอดภัยและเป็นมิตรกับผิว

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครเป็นอย่างสูง สำหรับการเอื้อเฟื้อปัจจัยและสิ่งอำนวยความสะดวกในการวิจัย อันเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้การศึกษาวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] รณชัย จันท์ตน, ศรัณย์ สิทธิชัย, & วิจิตรา แดงปรก. การพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้เสริมเพคตินสกัดจากเปลือกส้มโอ.วารสาร มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 1(2) (2020) 27–35.
- [2] H. Han, Y. Luo, J. Bai, Z. Tao, S. Wang, X. Lei, Y. Ren, Electron beam irradiation pretreatment for efficient extraction of pectin from spaghetti squash peel: Structural, functional, and biological properties. Food Hydrocolloids. 148(2024) 109451.
- [3] P. Methacanon, J. Kongsin, C. Gamonpilas, Pomelo (Citrus maxima) pectin: Effects of extraction parameters and its properties. Food Hydrocolloids. 35(2014) 383–391.
- [4] Y. Zhang, Z. Li, F. Liu, L. Lu, Q. Chen, S. Pan, Y. Huang, S. Arain, M. Arain, Pectin based gels and their advanced application in food: from hydrogel to emulsion gel. Food Hydrocolloids. 2024(2024) 110841.
- [5] E. D. Ngouémazong, S. Christiaens, A. Shpigelman, A. Van Loey, M. Hendrickx, The emulsifying and emulsion-stabilizing properties of pectin: A review. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 14(2015) 705–718.
- [6] G. C. Raddatz, G. Poletto, C. de Deus, C. F. Codevilla, A. J. Cichoski, E. Jacob-Lopes, C. R. de Menezes, Use of prebiotic sources to increase probiotic viability in pectin microparticles obtained by emulsification/internal gelation followed by freeze-drying. Food Research International. 130(2020) 108902.
- [7] S. Y. Chan, W. S. Choo, D. J. Young, X. J. Loh, Pectin as a rheology modifier: Origin, structure, commercial production and rheology. Carbohydrate Polymers. 161(2017) 118–139.
- [8] Y. Yu, P. Lu, Y. Yang, H. Ji, H. Zhou, S. Chen, H. Chen, Differences in physicochemical properties of pectin extracted from pomelo peel with different extraction techniques. Scientific Reports. 14(2024) 9182.
- [9] S. P. Ishwarya, P. Nisha, Advances and prospects in the food applications of pectin hydrogels. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 62(2022) 4393–4417.
- [10] A. Forouhar, N. Hamdami, G. Djelveh, C. Gardarin, G. Pierre, A. V. Ursu, P. Michaud, The effect of ultrasound pretreatment on pectin extraction from watermelon rind using microwave-assisted extraction. Applied Sciences. 13(2023) 5558.

- [11] Y. Jia, C. Wang, I. Khalifa, Y. Zhu, Z. Wang, H. Chen, W. Yang, Pectin: A review with recent advances in the emerging revolution and multiscale evaluation approaches of its emulsifying characteristics. *Food Hydrocolloids*. 157(2024) 110428.
- [12] H. Niu, K. Hou, H. Chen, X. Fu, A review of sugar beet pectin-stabilized emulsion: Extraction, structure, interfacial self-assembly and emulsion stability. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 64(2024) 852–872.
- [13] S. Zhang, H. Hu, L. Wang, F. Liu, S. Pan, Preparation and prebiotic potential of pectin oligosaccharides obtained from citrus peel pectin. *Food Chemistry*. 244(2018) 232–237.
- [14] Y. B. Lam, A. S. Yusri, N. M. Sarbon, Effect of gelling agents on the techno-functional, collagen bioavailability and phytochemical properties of botanic gummy jelly containing marine hydrolyzed collagen. *Food Chemistry Advances*. 2025(2025) 100915.
- [15] N. Hamdami, P. Dubessay, S. Abdelkafi, C. Delattre, A. Ursu, A. Forouhar, G. Pierre, G. Djelveh, P. Michaud, A. Belkheiri, Extraction, characterization, and applications of pectins from plant by-products. *Applied Sciences*. 11(2021) 6596.
- [16] T. Xiang, R. Yang, L. Li, H. Lin, G. Kai, Research progress and application of pectin: A review. *Journal of Food Science*. 89(2024) 6985–7007.
- [17] Q. Lin, Y. Si, F. Zhou, W. Hao, P. Zhang, P. Jiang, R. Cha, Advances in polysaccharides for probiotic delivery: Properties, methods, and applications. *Carbohydrate Polymers*. 323(2024) 121414.
- [18] A. Verma, D. Vaidya, S. Roy, A. Gupta, V. Chandel, D. Biswas, Current advancements in pectin: Extraction, properties and multifunctional applications. *Foods*. 11(2022) 2683.
- [19] M. A. Soomro, S. Khan, A. Majid, S. Bhatti, S. Perveen, A. R. Phull, Pectin as a biofunctional food: comprehensive overview of its therapeutic effects and antidiabetic-associated mechanisms. *Discover Applied Sciences*. 6(2024) 298.
- [20] R. S. Faravash, F. Z. Ashtiani, The effect of pH, ethanol volume and acid washing time on the yield of pectin extraction from peach pomace. *International Journal of Food Science & Technology*. 42(2007) 1177–1187.
- [21] A. K. M. Azad, M.A. Ali, M. S. Akter, M. J. Rahman, M. Ahmed, Isolation and characterization of pectin extracted from lemon pomace during ripening. *Journal of Food and Nutrition Sciences*. 2(2014) 30–35.
- [22] P. Molyneux, The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*. 26(2004) 211–219.
- [23] K. Shrivastava, K. Agrawal, D. K. Patel, A spectrophotometric determination of ascorbic acid. *Journal of the Chinese Chemical Society*. 52(2005) 503–506.
- [24] B. M. Yapo, P. Lerouge, J. F. Thibault, M. C. Ralet, Pectins from citrus peel walls contain homogalacturonans homogenous with respect to molar mass, rhamnogalacturonan I and rhamnogalacturonan II. *Carbohydrate Polymers*. 69(2007) 426–435.

- [25] J. Li, L. Zhang, J. F. Li, D. Q. Li, Comparative studies of combined influence of variables on the esterification degree of pectin extracted by sulfuric acid and citric acid. *Advances in Polymer Technology*. (1)(2019) 6313241.
- [26] N. S. Said, I. F. Olawuyi, W. Y. Lee, Pectin hydrogels: Gel-forming behaviors, mechanisms, and food applications. *Gels*. 9(2023) 732.
- [27] G. Bjørklund, M. Shanaida, R. Lysiuk, M. Butnariu, M. Peana, I. Sarac, S. Chirumbolo, Natural compounds and products from an anti-aging perspective. *Molecules*. 27(2022) 7084.
- [28] N. M. Suena, L. R. Rahayu, S. C. Wijaya, N. P. Antari, K. A. Adrianta, Formulation and antioxidant activity test of *Centella asiatica* herba extract and *Moringa oleifera* leaves extract as an anti-aging emulgel. *Tropical Journal of Natural Product Research*. 8(2024) 6525–6536.
- [29] A. Dimitrov, M. Zaninin, H. Zucchi, S. Boudah, J. Lima, J. Soeur, L. Marrot, Vitamin C prevents epidermal damage induced by PM-associated pollutants and UVA1 combined exposure. *Experimental Dermatology*. 30(2021) 1693-1698.

เว็บไซต์หาเพื่อนร่วมทาง กรณีศึกษาจังหวัดชลบุรี Travel Companion Finder Website in Chonburi

สุวิจักขณ์ สุขเสน¹ วัชรินทร์ ศรีโหมด¹ สัณญา วิศาลสิงห์¹ นิภาพร ปัญญา^{1*} ภาสกร สิงห์ธรรม¹
ธิดาวรรณ คล้ายศรี¹ อุดมเดชา พลเยี่ยม² ธนาพร บุญชู² อัญชญา ชัตติยะวงศ์² และ ดวงฤทัย นิคมรัฐ³

¹ สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

² หมวดวิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

³ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

*E-mail: nipaporn.p@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการเดินทางท่องเที่ยว และการทำกิจกรรมร่วมกันได้รับความนิยมเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในจังหวัดชลบุรีซึ่งเป็นแหล่งท่องเที่ยวสำคัญ อย่างไรก็ตาม ผู้ที่ต้องการหาเพื่อนร่วมเดินทางหรือร่วมทำกิจกรรมมักประสบปัญหาในการค้นหาคนที่มีความสนใจตรงกัน โครงการนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเว็บไซต์ที่ช่วยจับคู่เพื่อนร่วมเดินทางหรือทำกิจกรรมในจังหวัดชลบุรี โดยออกแบบให้สามารถใช้งานได้สะดวกและง่าย รองรับการใช้งานบนอุปกรณ์ต่าง ๆ ทั้งคอมพิวเตอร์ และโทรศัพท์มือถือ พร้อมมีระบบลงทะเบียน สร้างโปรไฟล์ ค้นหากิจกรรม และมีมาตรการรักษาความปลอดภัยข้อมูลส่วนตัว เว็บไซต์พัฒนาด้วย HTML, CSS, JavaScript และใช้ MySQL เป็นระบบฐานข้อมูล และโครงการมีข้อจำกัดที่ทดสอบระบบดำเนินการกับกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก จึงอาจยังไม่ครอบคลุมการใช้งานในสถานการณ์จริงที่หลากหลาย รวมถึงระบบยังไม่รองรับการตรวจสอบตัวตนเชิงลึกของผู้ใช้ซึ่งอาจมีผลต่อความปลอดภัยในกรณีใช้งานจริง

ผลการทดสอบพบว่า ผู้ใช้งานสามารถค้นหาเพื่อนร่วมกิจกรรมได้ตรงตามความต้องการ ช่วยลดความยุ่งยากในการจัดกลุ่ม และวางแผนการเดินทางร่วมกัน โดยเมนูการใช้งานได้รับคะแนนความพึงพอใจเฉลี่ยสูงสุดที่ 4.90 และระบบโดยรวมได้รับคะแนนความพึงพอใจเฉลี่ยสูงสุดที่ 4.80

คำสำคัญ: เว็บไซต์ หาเพื่อนร่วมเดินทาง ชลบุรี เทคโนโลยีเว็บแอปพลิเคชัน

Abstract

Nowadays, traveling and doing activities together are increasingly popular, especially in Chonburi Province, which is a major tourist destination. However, those who want to find a travel companion or join an activity often have trouble finding people with similar interests. This project aims to develop a website that helps match travel companions or join activities in Chonburi Province. It is designed to be easy to use and support use on various devices, both computers and mobile phones. It also has a registration system, creates a profile, searches for activities, and has measures to protect personal data. The website is developed with HTML, CSS, JavaScript, and uses MySQL as a database system. The project

has a limitation that the system testing is conducted with a small sample group, so it may not cover a variety of real-world usage situations. In addition, the system does not support deep user identity verification, which may affect security in real-world use cases.

The test results showed that users can search for activity partners according to their needs, reducing the difficulty of grouping and planning trips together. The user menu received the highest average satisfaction score of 4.90 and the overall system received the highest average satisfaction score of 4.80.

Keywords: Website, Find a travel companion, Chonburi, Web application technology

1. บทนำ

การท่องเที่ยวถือเป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจและสร้างรายได้ให้แก่ประเทศ โดยเฉพาะในระดับท้องถิ่น ซึ่งมีทรัพยากรธรรมชาติและวัฒนธรรมที่หลากหลาย การนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้ในการพัฒนาและประชาสัมพันธ์แหล่งท่องเที่ยวได้รับความสนใจมากขึ้น เนื่องจากสามารถเพิ่มช่องทางการเข้าถึงข้อมูล สร้างการมีส่วนร่วมของชุมชน และยกระดับประสบการณ์ของนักท่องเที่ยว [1] ทั้งนี้ แนวโน้มการพัฒนาเว็บไซต์และระบบสารสนเทศด้านการท่องเที่ยวในหลายจังหวัดของประเทศไทย เช่น สุราษฎร์ธานีและสุรินทร์ พบว่าเป็นแนวทางที่ช่วยกระตุ้นเศรษฐกิจชุมชนและสร้างอัตลักษณ์ท้องถิ่นให้เป็นที่รู้จักในวงกว้าง [2] ในขณะเดียวกัน ปัญหาสิ่งแวดล้อมและมลพิษก็เป็นประเด็นสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพการท่องเที่ยวและความยั่งยืนของแหล่งท่องเที่ยว โดยรายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทยชี้ให้เห็นว่าการจัดการสิ่งแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมย่อมนำมาซึ่งความน่าสนใจของพื้นที่ท่องเที่ยว และความปลอดภัยต่อผู้มาเยือน [3] ดังนั้น การออกแบบระบบสารสนเทศด้านการท่องเที่ยวจึงไม่เพียงมุ่งเน้นการประชาสัมพันธ์เท่านั้น แต่ยังคงต้องผนวกแนวทางด้านความยั่งยืนและความรับผิดชอบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมเข้าไปด้วย

นอกจากนี้ ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีดิจิทัลยังเปิดโอกาสให้เกิดการพัฒนาแอปพลิเคชันและแพลตฟอร์มที่ช่วยอำนวยความสะดวกแก่นักท่องเที่ยวมากขึ้น ตัวอย่างเช่น การพัฒนาแอปพลิเคชันบนระบบแอนดรอยด์เพื่อให้บริการข้อมูลการท่องเที่ยว [4] การใช้ระบบกรองข้อมูลแบบผสมผสานในการแนะนำแหล่งท่องเที่ยว [5] และการออกแบบเว็บไซต์เพื่อรองรับผู้สูงอายุตามแนวทาง WCAG และ Universal Design [6] ล้วนสะท้อนถึงการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบริการในด้านการเดินทาง การใช้บริการรูปแบบใหม่ เช่น Carpool หรือ Ridesharing ได้รับความสนใจมากขึ้น ทั้งในระดับประเทศและสากล โดยมีปัจจัยด้านความสะดวก ประหยัดค่าใช้จ่าย และการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมเป็นแรงขับเคลื่อน [7, 8] แนวคิดดังกล่าวสามารถเชื่อมโยงเข้ากับการพัฒนาระบบสารสนเทศด้านการท่องเที่ยว เพื่อเพิ่มทางเลือกการเดินทางให้แก่นักท่องเที่ยว และช่วยแก้ปัญหาการจราจรและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ในพื้นที่ท่องเที่ยว

สำหรับการพัฒนาเว็บไซต์และระบบฐานข้อมูล เครื่องมือโอเพนซอร์ส เช่น XAMPP ที่ใช้จำลองเครื่องคอมพิวเตอร์ให้เป็น Web Server [9] และ phpMyAdmin สำหรับการจัดการฐานข้อมูล MySQL [10] ถือเป็นเครื่องมือสำคัญที่นักพัฒนาเลือกใช้ เนื่องจากสามารถใช้งานง่าย มีความยืดหยุ่น และเหมาะสำหรับการพัฒนาระบบสารสนเทศที่เกี่ยวข้องกับการท่องเที่ยวในระดับชุมชนและท้องถิ่น

ด้วยเหตุนี้ คณะผู้จัดทำจึงได้พัฒนา “เว็บไซต์หาเพื่อนร่วมทางในจังหวัดชลบุรี” โดยเน้นการออกแบบให้ตอบโจทย์ปัญหาดังกล่าว สามารถทำกิจกรรมต่าง ๆ ร่วมกันในชลบุรี ผ่านระบบจับคู่แบบสร้างกลุ่ม (Group-based matching) เพื่อให้ผู้ใช้สามารถสร้างโปรไฟล์ที่ระบุความสนใจและรูปแบบการเดินทางที่ต้องการได้อย่างละเอียด เช่น สถานที่ต้นทาง-ปลายทาง เวลาที่สะดวก หรือกิจกรรมที่ต้องการร่วมทำ นอกจากนี้ยังมีระบบรีวิวและการยืนยันตัวตนเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือและความ

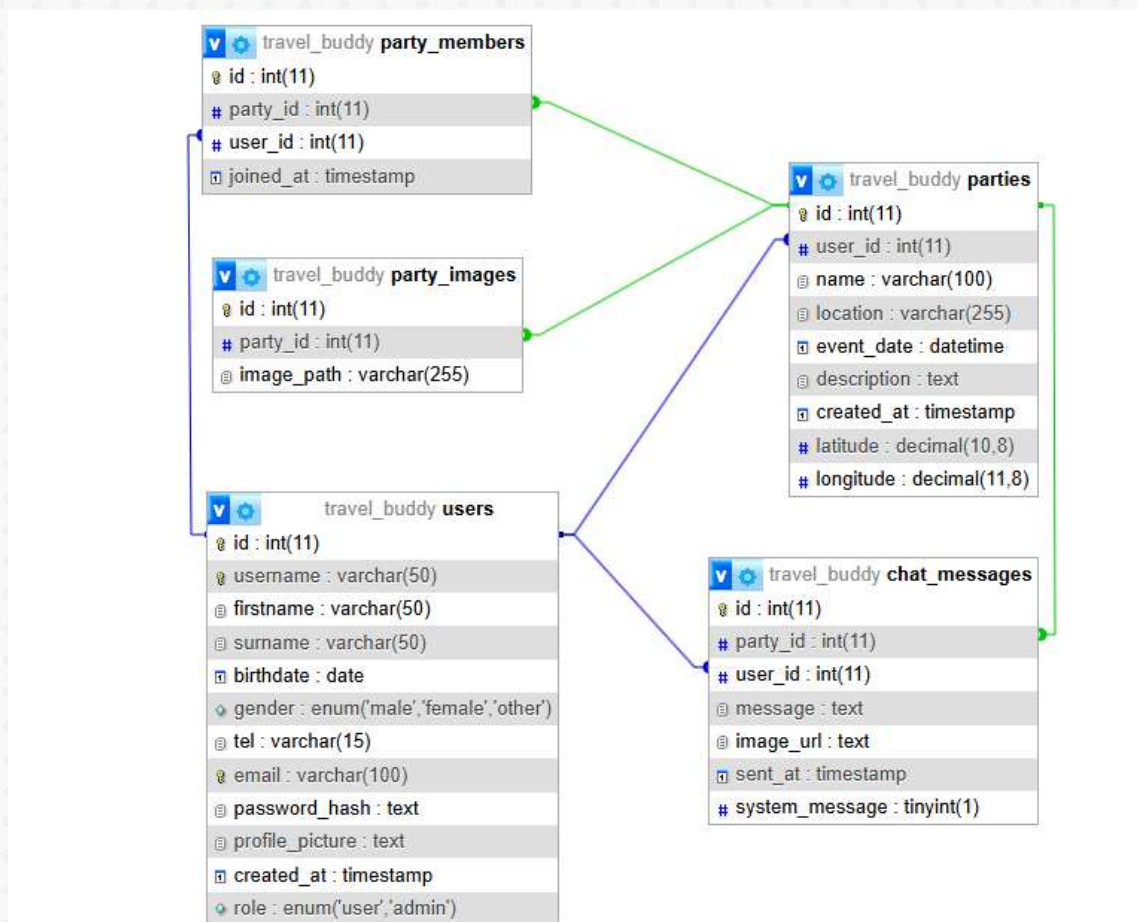
ปลอดภัยให้กับผู้ใช้ ผู้ร่วมเดินทางสามารถพูดคุยและทำความรู้จักกันผ่านแพลตฟอร์มก่อนตัดสินใจเดินทางร่วมกัน ช่วยลดความกังวลในการจับคู่กับคนแปลกหน้า ระบบยังมีการบันทึกสถิติการใช้บริการเพื่อนำไปพัฒนาต่อยอดและปรับปรุงให้สอดคล้องกับพฤติกรรมของผู้ใช้ในอนาคต เพื่อสร้างความได้เปรียบในการแข่งขัน ส่งเสริมความยั่งยืนของแหล่งท่องเที่ยว และเพิ่มคุณภาพชีวิตของประชาชนในพื้นที่ ทั้งยังเป็นรากฐานสำหรับการต่อยอดงานวิจัยในอนาคต ที่สามารถบูรณาการข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อม การเดินทาง และวัฒนธรรมเข้าด้วยกัน เพื่อสร้างระบบท่องเที่ยวที่ชาญฉลาดและครอบคลุมยิ่งขึ้น

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

2.1 โครงสร้างของคลาสไดอะแกรม

โครงสร้างของคลาสไดอะแกรมอินเทอร์เฟซ (Interface) และความสัมพันธ์ (Relationship) ระหว่างคลาส ซึ่งแผนภาพนี้ เป็นแผนภาพที่สัญลักษณ์ของคลาสไดอะแกรม ที่จะอธิบายถึงคุณสมบัติ (Attribute) และการดำเนินการ (Operation/Method) ของเว็บไซต์หาเพื่อนร่วมทางในชลบุรี

จากแผนภาพจะเห็นว่า คลาส users เป็นคลาสหลักที่ใช้เก็บข้อมูลสมาชิกในระบบ เช่น ชื่อผู้ใช้ อีเมล และรหัสผ่าน คลาส parties ทำหน้าที่เก็บข้อมูลกิจกรรมหรือทริป เช่น ชื่อกิจกรรม วันที่ และสถานที่ คลาส party_members เชื่อมโยงผู้ใช้งานกับกิจกรรมที่เข้าร่วม โดยบันทึกข้อมูลว่าใครเข้าร่วมกิจกรรมใดบ้าง ในขณะที่คลาส chat_messages ใช้สำหรับจัดเก็บข้อความที่สมาชิกใช้พูดคุยกันภายในกลุ่มกิจกรรม และคลาส party_images สำหรับเก็บรูปภาพของกิจกรรม ช่วยให้การสื่อสารและแบ่งปันข้อมูลในกลุ่มมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น



ภาพที่ 1 ภาพแสดงคลาสไดอะแกรมเว็บไซต์หาเพื่อนร่วมทางในชลบุรี

2.2 กระบวนการพัฒนา (Software Development Process)

กระบวนการพัฒนาประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

2.2.1 การวิเคราะห์และออกแบบระบบ (System Analysis)

การพัฒนาเว็บไซต์หาเพื่อนร่วมทางในจังหวัดชลบุรีเริ่มต้นจากการวิเคราะห์ระบบโดยรวมความต้องการของผู้ใช้งาน และใช้เครื่องมือ UML (Unified Modeling Language) เพื่อจำลองระบบงานจริงให้เข้าใจง่ายขึ้น ประกอบด้วย

Use Case Diagram: อธิบายการทำงานของระบบ เช่น การเข้าสู่ระบบ การสมัครสมาชิก การสร้างและเข้าร่วมปาร์ตี้ ฯลฯ โดยแบ่งผู้ใช้งานเป็น 3 ประเภท ได้แก่ guest, user และ admin

Activity Diagram: แสดงลำดับขั้นตอนการทำงานต่าง ๆ ในรูปแบบของการไหลของกิจกรรมเพื่อกำหนดบทบาทของแต่ละส่วนในระบบได้ชัดเจน

Sequence Diagram: อธิบายลำดับการโต้ตอบของวัตถุในระบบ เช่น การเข้าสู่ระบบ การแชท ฯลฯ โดยใช้ไดอะแกรมจำลองการสื่อสารระหว่างวัตถุในช่วงเวลาหนึ่ง

ผลการวิเคราะห์และออกแบบระบบนี้ ทำให้สามารถกำหนดโครงสร้างการทำงานของระบบได้ครบถ้วน ส่งผลให้ขั้นตอนการพัฒนาและเขียนโปรแกรมทำได้สะดวกและสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งาน

2.2.2 การออกแบบฐานข้อมูล (Database Design)

การออกแบบฐานข้อมูลของระบบเว็บไซต์มีความสำคัญในการจัดเก็บ จัดการ และดึงข้อมูลเพื่อการประมวลผล โดยการใช้การทำ Normalization เพื่อหลีกเลี่ยงข้อมูลซ้ำซ้อน และใช้แบบจำลอง Relational Model ซึ่งแสดงผ่าน Class Diagram ประกอบด้วย 5 ตารางหลัก ได้แก่:

1. users: จัดเก็บข้อมูลผู้ใช้งานและผู้ดูแลระบบ
2. party_members: ข้อมูลการเข้าร่วมปาร์ตี้ของผู้ใช้
3. party_images: รูปภาพประกอบกิจกรรมในปาร์ตี้
4. parties: รายละเอียดของปาร์ตี้ เช่น ชื่อ สถานที่ วันเวลา
5. chat_messages: บันทึกข้อความแชทระหว่างผู้เข้าร่วม

การออกแบบนี้ เอื้ออำนวยต่อการใช้งานของระบบในด้านความเร็วในการเข้าถึงข้อมูล ความปลอดภัย และความสามารถในการบริหารจัดการข้อมูลในอนาคต

2.2.3 การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ (Graphic User Interface Design)

การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ (GUI) ใช้วิธี Storyboard เพื่อวางโครงร่างการใช้งานของแต่ละหน้าเว็บไซต์ โดยออกแบบให้ใช้งานง่ายและเหมาะสมกับอุปกรณ์ต่าง ๆ (responsive design)

1. หน้าเข้าสู่ระบบ (Index.php): ปุ่มเข้าสู่ระบบและสมัครสมาชิก
2. หน้าสมัครสมาชิก (register.php): มีช่องกรอกข้อมูล และ checkbox สำหรับยอมรับเงื่อนไข
3. หน้าหลักผู้ใช้ (dashboard.php): แสดงเมนูสร้างปาร์ตี้ รายชื่อปาร์ตี้ที่เข้าร่วม แก้ไขข้อมูล

และออกจากระบบ

4. หน้าสร้างปาร์ตี้ (create_party.php): แบบฟอร์มสร้างกิจกรรมใหม่
5. หน้าแชท (chat.php): สำหรับส่งข้อความหรือรูปภาพในปาร์ตี้
6. หน้าแอดมิน (admin_dashboard.php): สำหรับจัดการผู้ใช้งานและปาร์ตี้

2.2.4 การพัฒนาและทดสอบระบบ (Development and Testing)

ขั้นตอนการพัฒนาเว็บไซต์ใช้ ภาษา PHP สำหรับการเขียนโปรแกรมฝั่งเซิร์ฟเวอร์ (Back-end) ร่วมกับ HTML, CSS และ JavaScript สำหรับพัฒนาในส่วนของหน้าตาและการโต้ตอบกับผู้ใช้งาน (Front-end) เพื่อให้เว็บไซต์สามารถแสดงผลได้อย่างสวยงามและมีความสามารถในการโต้ตอบแบบไดนามิก ในส่วนของฐานข้อมูล ใช้ MySQL เป็นระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database Management System: RDBMS) ซึ่งเหมาะสมกับการจัดเก็บข้อมูลผู้ใช้งาน การจัดการปาร์ตี้ และการบันทึกประวัติการสนทนา โดยออกแบบฐานข้อมูลให้มีความปลอดภัยและรองรับการขยายตัวในอนาคต การพัฒนาโค้ดทั้งหมดดำเนินการบนโปรแกรม Visual Studio Code ซึ่งเป็นเครื่องมือพัฒนาโปรแกรม (Code Editor) ที่ได้รับความนิยมและมีความยืดหยุ่นสูง ใช้งานร่วมกับ XAMPP ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่จำลอง Web Server และ Database Server ภายในเครื่อง ทำให้สามารถทดสอบระบบได้สะดวกก่อนการนำขึ้นใช้งานจริง ในการทดสอบระบบได้มีการทดสอบทั้งแบบ Unit Test และ Integration Test เพื่อให้มั่นใจว่าฟังก์ชันย่อยและการทำงานร่วมกันของระบบสามารถทำงานได้ถูกต้องตามที่ออกแบบไว้ นอกจากนี้ยังมีการทดสอบการใช้งานจริง (User Acceptance Test: UAT) กับกลุ่มผู้ใช้งานเป้าหมาย เพื่อประเมินความพึงพอใจและตรวจสอบปัญหาที่อาจเกิดขึ้น ระบบได้รับการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะที่ได้รับจากผู้ทดสอบ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความสะดวกในการใช้งาน

3. ผลการดำเนินงานวิจัยและอภิปรายผล

ผลการดำเนินงานวิจัยและประเมินผลการพัฒนาเว็บไซต์หาเพื่อนร่วมทางในจังหวัดชลบุรีอธิบายในหัวข้อ 3.1 และ 3.2 ตามลำดับ ดังนี้

3.1 ส่วนติดต่อผู้ใช้งาน

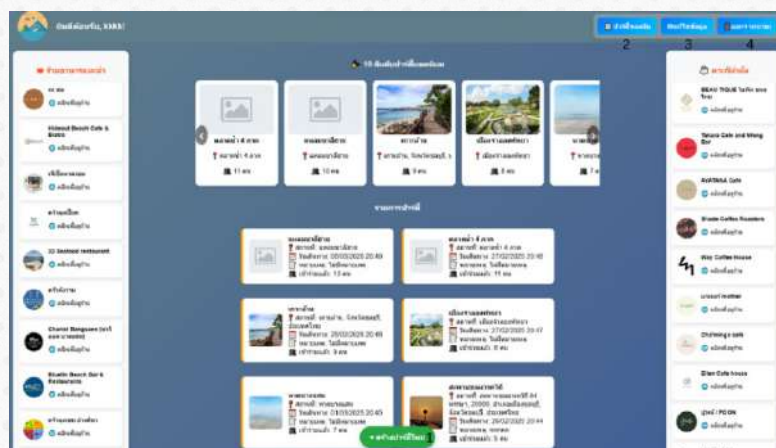
GUI ที่ออกแบบมาเน้นความเรียบง่าย ใช้งานสะดวก มีความเป็นมิตรต่อผู้ใช้งาน และสอดคล้องกับการทำงานของระบบตามที่วิเคราะห์ไว้



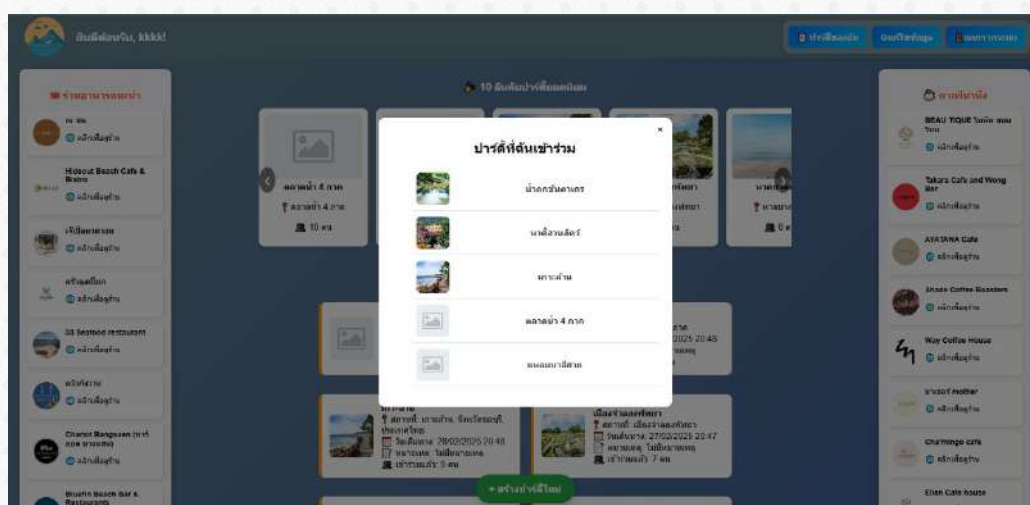
ภาพที่ 2 หน้าเข้าสู่ระบบเว็บไซต์หาเพื่อนร่วมทางในจังหวัดชลบุรี



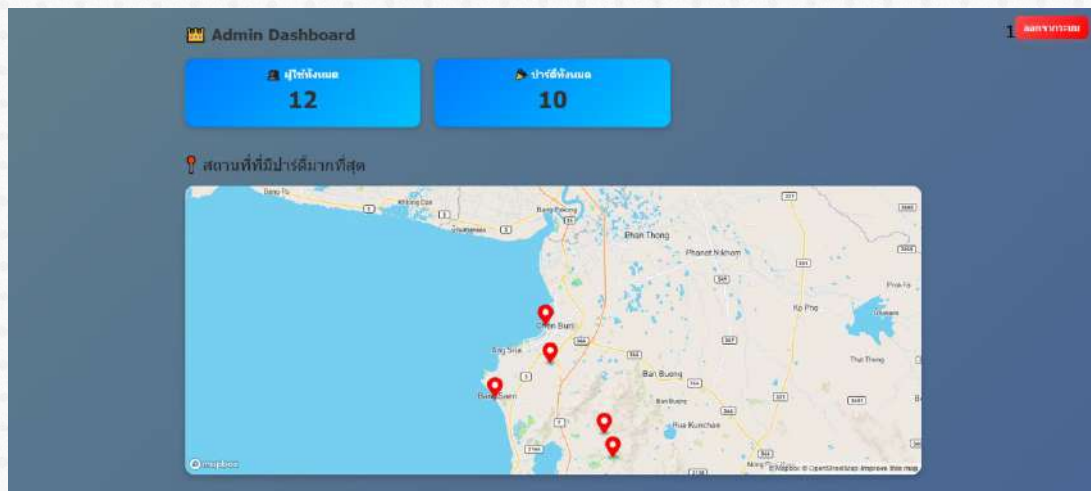
ภาพที่ 3 หน้าเข้าสู่การสมัครสมาชิก



ภาพที่ 4 หน้าหลักของการใช้งาน



ภาพที่ 5 แผนภาพหน้าปาร์ตี้ที่เข้าร่วม



ภาพที่ 6 แผนภาพหน้าหลักแอดมิน

[illegible]

ภาพที่ 7 แผนภาพแสดงการลบรายชื่อปาร์ตี้

3.2 ประเมินผลการพัฒนาเว็บไซต์หาเพื่อนร่วมทางในจังหวัดชลบุรี

ผลคะแนนความพึงพอใจในการพัฒนาเว็บไซต์หาเพื่อนร่วมทางในจังหวัดชลบุรีของผู้ใช้งานที่ตอบแบบสอบถามด้านการใช้งาน ด้านประสิทธิภาพการทำงาน ปัจจุบันที่เกี่ยวข้อง ดังรายละเอียดในตารางที่ 1 และตารางที่ 2 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความพึงพอใจในการพัฒนาเว็บไซต์หาเพื่อนร่วมทางในจังหวัดชลบุรี ด้านการใช้งาน

ด้านการใช้งาน	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
เมนูต่างๆ ใช้งานง่าย	4.90	0.30	มากที่สุด
ระบบของเว็บไซต์ใช้งานง่าย	4.80	0.41	มากที่สุด
เว็บไซต์ใช้งานได้ราบรื่นต่อเนื่อง	4.65	0.47	มากที่สุด
สามารถใช้งานได้ด้วยตนเอง ไม่ต้องขอความช่วยเหลือจากผู้อื่น	4.60	0.50	มากที่สุด
เฉลี่ยรวม ด้านการใช้งาน	4.73	0.44	มากที่สุด

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจในการพัฒนาเว็บไซต์หาเพื่อนร่วมทางในจังหวัดชลบุรี ด้านการออกแบบ

ด้านการออกแบบ	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
ความสวยงาม ความทันสมัย	4.80	0.41	มากที่สุด
การจัดรูปแบบง่ายต่อการอ่านและการใช้งาน	4.70	0.47	มากที่สุด
สีสันในการออกแบบเว็บไซต์มีความเหมาะสม	4.70	0.47	มากที่สุด
การจัดวางองค์ประกอบของเว็บไซต์มีความเหมาะสม	4.55	0.51	มากที่สุด
เมนูง่ายต่อการใช้งาน ไม่ซับซ้อน	4.60	0.50	มากที่สุด
เฉลี่ยรวม ด้านการออกแบบ	4.67	0.47	มากที่สุด

4. บทสรุป

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อ พัฒนาเว็บไซต์หาเพื่อนร่วมทางในจังหวัดชลบุรี โดยเน้นการจับคู่การเดินทางในรูปแบบของกิจกรรมกลุ่ม ให้ผู้ใช้งานสามารถสร้างหรือเข้าร่วมปาร์ตี้เดินทาง แลกเปลี่ยนข้อมูล และสื่อสารกันได้อย่างสะดวก ผ่านระบบที่ใช้งานง่ายและสามารถบริหารจัดการข้อมูลได้อย่างปลอดภัย

ขอบเขตของการวิจัย คือ การพัฒนาและทดสอบเว็บไซต์ในระดับต้นแบบ (Prototype) โดยกลุ่มเป้าหมายเป็น ผู้ใช้งานทั่วไปในจังหวัดชลบุรี หรือผู้ที่เดินทางเข้ามาในจังหวัด เพื่อให้สามารถใช้งานผ่านอุปกรณ์คอมพิวเตอร์และโทรศัพท์มือถือได้อย่างสะดวก หลังจากการพัฒนาเสร็จสิ้น ได้ทำการ ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ซึ่งประกอบด้วย 2 ด้านหลัก ได้แก่ ด้านการใช้งาน ผลการประเมินพบว่า ค่าเฉลี่ยรวมด้านการใช้งานเท่ากับ 4.73 (S.D. = 0.44) ซึ่งอยู่ในระดับ "มากที่สุด" โดยหัวข้อที่ได้คะแนนสูงสุดคือ "เมนูต่าง ๆ ใช้งานง่าย" ค่าคะแนนเฉลี่ย 4.90 และ "ระบบของเว็บไซต์ใช้งานง่าย" ค่าคะแนนเฉลี่ย 4.80 ด้านการออกแบบ ผลการประเมินด้านการออกแบบได้ค่าเฉลี่ยรวม 4.67 (S.D. = 0.47) อยู่ในระดับ "มากที่สุด" เช่นกัน โดยหัวข้อที่ได้คะแนนสูงสุดคือ "ความสวยงาม ความทันสมัย" ค่าเฉลี่ย 4.80 รองลงมาคือ "การจัดรูปแบบง่ายต่อการอ่านและการใช้งาน" และ "สีสันมีความเหมาะสม" ค่าเฉลี่ย 4.70 จากผลการประเมินดังกล่าว แสดงให้เห็นว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบโจทย์การใช้งานของกลุ่มเป้าหมายได้เป็นอย่างดีในด้านความง่ายต่อการใช้งานและการออกแบบที่เหมาะสม ระบบช่วยอำนวยความสะดวกในการจับคู่เดินทางร่วมกันในรูปแบบปาร์ตี้ที่มีความยืดหยุ่นและเข้าใจง่าย

อย่างไรก็ตาม การวิจัยครั้งนี้ยังอยู่ในระดับของต้นแบบ (Prototype) ซึ่งยังมีข้อจำกัดบางประการ เช่น ยังไม่ได้ เชื่อมต่อกับระบบ GPS หรือแผนที่แบบ Real-time และยังไม่รองรับระบบชำระเงินหรือระบบประเมินความปลอดภัยของผู้ใช้ในเชิงลึก จึงเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อยอดในอนาคตต่อไป

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] กนกวรรณ แก้วเกาะสะบ้า และณอม ทองวงศ์สกุล. การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวในพื้นที่อำเภอบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานีโดยการมีส่วนร่วมของชุมชน. *วารสารราชภัฏสุราษฎร์ธานี*, 2562. 213–230.
- [2] ชรัย เมาว์ขาน, ศุภวัฒน์ บุญปก วินิต ยืนยิ่ง, และจันทรรดา สุขสาม. การพัฒนาเว็บไซต์ประชาสัมพันธ์แหล่งท่องเที่ยวจังหวัดสุรินทร์. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งรัตนโกสินทร์*, 2563. 154–166.
- [3] กรมควบคุมมลพิษ. *รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2566*. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ. 2566.
- [4] สมเกียรติ ช่อเหมือน ศักดิ์ชัย ใจดี และสมโภชน์ เกษตรไพสิฐ. การพัฒนาแอนดรอยด์แอปพลิเคชันสำหรับการท่องเที่ยวกรณีศึกษาจังหวัดกาญจนบุรี. *Interdisciplinary Research Review*, 2557. 49–60.

- [5] อรนนท เขาวพานิช, และวาทัญญู เขาวพานิช. การพัฒนาระบบแนะนำแหล่งท่องเที่ยวของจังหวัดมหาสารคาม โดยใช้วิธีการกรองข้อมูลแบบผสมผสาน. *วารสารวิจัยและนวัตกรรมการอาชีวศึกษา*, 2562. 25–31.
- [6] ศิรินทร์ รอมาลี. พัฒนาเว็บไซต์การท่องเที่ยวสำหรับผู้สูงอายุตามแนวทางที่ทุกคนเข้าถึงได้ (WCAG) และหลักการออกแบบเพื่อทุกคน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. 2562.
- [7] M. Furuhashi, M. Dessouky, F. Ordóñez, M. E. Brunet, X. Wang, S. Koenig. Ridesharing: The state-of-the-art and future directions. *Transportation Research Part B: Methodological*, 57(2013) 28–46.
<https://doi.org/10.1016/j.trb.2013.08.012>
- [8] S. Shaheen, N. Chan, T. Gaynor. Casual carpooling in the San Francisco Bay Area: Understanding user characteristics, behaviors, and motivations. *Transport Policy*, 51(2016), 165–173.
<https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2016.01.002>
- [9] Xampp เอ็กซ์เอเอ็มพีพี โปรแกรมจำลองเครื่องคอมพิวเตอร์เป็น web server. (2565). บทความออนไลน์. สืบค้นจาก <https://www.mindphp.com>
- [10] phpMyAdmin ฟิเอชพีแอดมิน โปรแกรมจัดการฐานข้อมูล MySQL. (2560). บทความออนไลน์. สืบค้นจาก <https://www.mindphp.com/>

เครื่องวัดพื้นที่แสดงผลบนสมาร์ตโฟนแอปพลิเคชัน

Area Measurement Device Display on Smartphone Application

ศิริสิทธิ์ ท้าวพา¹ นันทณัฐ สมใจวงศ์¹ ภาควัย พงษ์พันธ์เกษม¹ และ ทิพย์รัตน์ จันทรสิงห์^{1*}

¹วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

*E-mail: tipparat.r@cit.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

ในบทความนี้นำเสนอหลักการออกแบบ โครงสร้าง และผลการทดสอบการทำงานของเครื่องวัดพื้นที่แสดงผลบนสมาร์ตโฟนแอปพลิเคชัน เครื่องวัดพื้นที่ใช้เลเซอร์เซนเซอร์ทำงานร่วมกับเซอร์โวมอเตอร์ มีไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 เป็นตัวประมวลผลและส่งผลการวัดไปที่ Google Sheet มีโหมดการทำงาน 2 โหมด คือโหมดการวัดระยะและโหมดการวัดพื้นที่ แอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นสามารถแสดงขนาดของพื้นที่ ขนาดของผืนผนัง รูป 2 มิติและ 3 มิติ ของพื้นที่ที่ทำการวัด จากการทดสอบการทำงานพบว่า เครื่องสามารถวัดพื้นที่ได้อย่างถูกต้องโดยมีค่าความผิดพลาดในการวัดสูงสุด 0.93% ในส่วนของการสร้างภาพ 2 มิติและ 3 มิติ สามารถสร้างภาพได้สอดคล้องกับสภาพของพื้นที่ที่ทำการวัดยกเว้นในบริเวณมุมแหลม

คำสำคัญ: เครื่องวัดพื้นที่ แอปพลิเคชัน ไมโครคอนโทรลเลอร์

Abstract

This paper presents the design principle, structure and experimental results of area measurement device display on smartphone application. The area measurement device uses laser sensors working with servo motors. The ESP32 microcontroller is used as a processor and sends the measurement results to a Google Sheet. The proposed device has two operating modes: tape measurement mode and area measurement mode. The developed application can display the area size, wall size, 2D and 3D images of the measured area. From the experimental results, it was found that the proposed can measure the area accurately with a maximum measurement error of 0.93%. In terms of 2D and 3D imaging, the proposed device can generate images consistent with the measured area except in the acute corner areas.

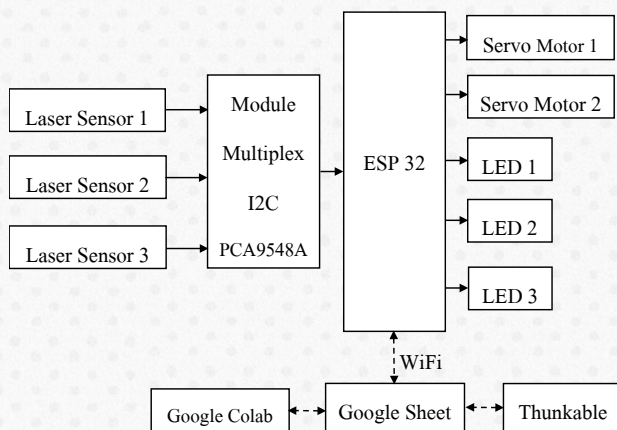
Keywords: Area Measuring Device, Application, Microcontroller

1. บทนำ

การวัดระยะทางหรือความยาวมีส่วนสำคัญในงานหลายสาขา เช่น งานก่อสร้าง งานสำรวจ การออกแบบภายใน เป็นต้น ในปัจจุบันมีเทคนิคการวัดระยะหรือขนาดที่ทันสมัย [1-3] เช่น การใช้เทคนิคประมวลผลภาพ การใช้เซนเซอร์แสงหรือเซนเซอร์อัลตราโซนิกเข้ามาช่วย ทำให้เครื่องวัดระยะในท้องตลาดมีความทันสมัยขึ้นแต่ก็มีราคาสูงและไม่สามารถแสดงรูปบริเวณที่ทำการวัดในแบบ 3 มิติได้ การวัดความยาวด้วยตลับเมตรจึงเป็นวิธีการวัดที่มีความนิยมอย่างแพร่หลาย เพราะวิธีการใช้งานไม่ซับซ้อน แต่มีข้อเสียคือ ขาดความสามารถในการเก็บบันทึกและประมวลผลข้อมูลเพื่อนำไปใช้งานต่อ ในปี 2566 ได้มีการพัฒนาระบบวัดไร้สายในพื้นที่เสี่ยงพร้อมบันทึกการวัดผ่านไลน์ [4] ซึ่งเป็นเครื่องวัดระยะโดยใช้เซนเซอร์อัลตราโซนิกที่สั่งการทำงานด้วยปุ่มหน้าเครื่องและแสดงผลผ่านแอปพลิเคชันไลน์เป็นตัวเลข อย่างไรก็ตาม เครื่องดังกล่าวแม้ว่าจะสามารถวัดระยะโดยผู้วัดไม่ต้องถือเครื่องมือ แต่ถ้าต้องการวัดขนาดพื้นที่ที่จะต้องกดปุ่มเพื่อทำการวัดระยะ 2 รอบ จึงจะสามารถคำนวณค่าพื้นที่ได้ และเครื่องวัดนี้สามารถคำนวณขนาดพื้นที่ได้เพียงรูปสี่เหลี่ยมเท่านั้น จากปัญหาดังกล่าวจึงมีแนวคิดในการพัฒนาเครื่องวัดขนาดพื้นที่ที่มีคุณสมบัติดังนี้ 1. ใช้งานง่ายคือ ผู้ใช้งานสามารถสั่งการวัดผ่านแอปพลิเคชันเพียงครั้งเดียวเครื่องจะทำการวัดความยาว ความสูง คำนวณขนาดพื้นที่ห้อง และพื้นที่ผนังให้ 2. สามารถแสดงภาพ 2 มิติ และ 3 มิติของห้องที่ทำการวัด ซึ่งคุณสมบัติข้างต้นยังไม่มีในเครื่องมือวัดในท้องตลาด

2. วิธีการดำเนินงาน

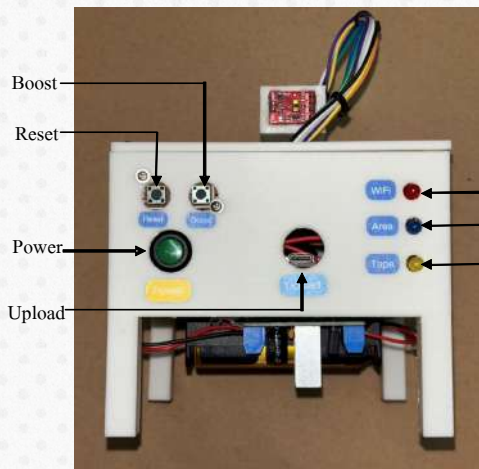
2.1 กำหนดรูปแบบการทำงานของเครื่อง



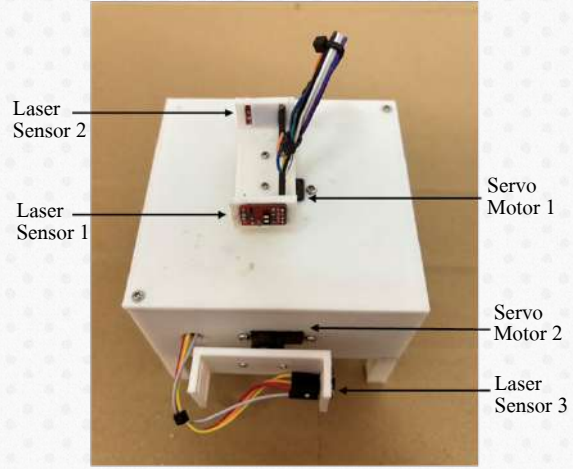
ภาพที่ 1 บล็อกไดอะแกรมรูปแบบการทำงานของเครื่อง

เครื่องวัดพื้นที่แสดงผลบนสมาร์ตโฟนแอปพลิเคชันมีไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 เป็นตัวประมวลผล รับค่าอินพุตจากเซนเซอร์วัดระยะด้วยแสงเลเซอร์ (Laser Sensor) ทั้งหมด 3 ตัว หน้าที่ของแต่ละตัวคือ Laser Sensor 1 และ Laser Sensor 2 ใช้วัดความยาวของผนังและสร้างรูปในระนาบ xy ส่วน Laser Sensor 3 ใช้วัดความสูงของเพดานและสร้างรูปในระนาบ z ค่าที่เซนเซอร์ทั้ง 3 ตัววัดได้จะถูกส่งไปยัง ESP32 ผ่านโมดูลมัลติเพล็กซ์แบบ I2C (PCA9548A) ในส่วนเอาต์พุตของ ESP32 ประกอบไปด้วยเซอร์โวมอเตอร์จำนวน 2 ตัว ทำหน้าที่ในการหมุนเซนเซอร์เพื่อทำการวัดระยะทุก ๆ 3 องศา Servo Motor 1 สำหรับการวัดในแนวระนาบ xy และ Servo Motor 2 สำหรับการหมุนในระนาบ z และมีหลอด LED จำนวน 3 ดวง สำหรับแสดงสถานะการทำงานของเครื่อง ข้อมูลที่ได้จากการวัดทั้งหมดจะถูกนำไปบันทึกไว้ใน Google Sheet เพื่อนำค่าระยะที่วัดได้แสดงผลผ่านแอปพลิเคชัน Thunkable ส่วนการสร้างภาพ 2 มิติ และ 3 มิติ จะสร้างด้วย Google Colab และแสดงผลบนแอปพลิเคชัน

2.2 ออกแบบโครงสร้างของเครื่องวัดพื้นที่



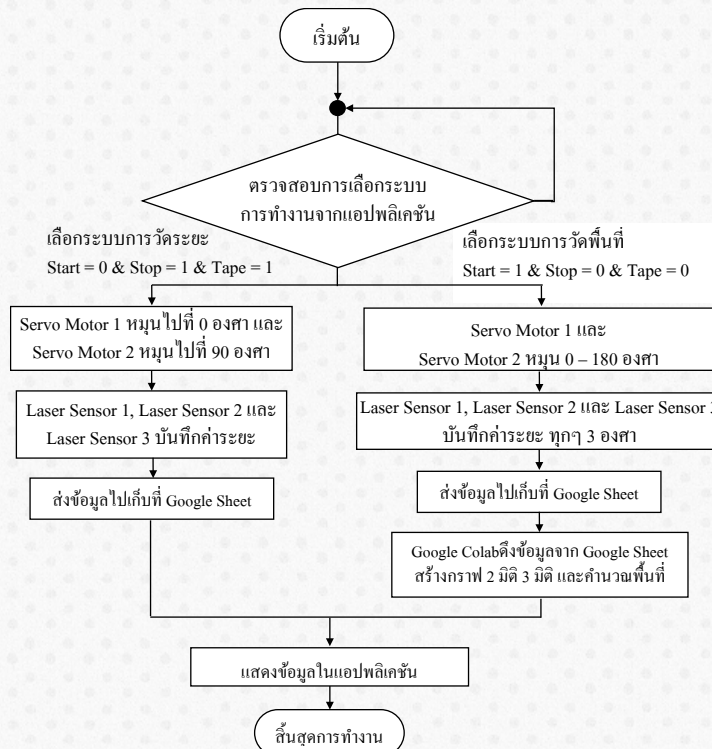
ภาพที่ 2 ด้านหน้าของเครื่องวัดขนาดพื้นที่



ภาพที่ 3 ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ของเครื่อง

โครงสร้างของเครื่องวัดขนาดพื้นที่สร้างขึ้นจากพลาสติก ทำการออกแบบโครงสร้าง 3 มิติ และทำการพิมพ์ 3 มิติ โดยเครื่องมีความกว้าง 11.5 ซม. ยาว 11.5 ซม. สูง 10 ซม. บริเวณด้านหน้าเครื่องจะมีไฟแสดงสถานะการทำงาน ประกอบด้วย สถานะแสดงการเชื่อมต่อ WiFi สถานะการทำงานในโหมดวัดระยะ สถานะการทำงานในโหมดวัดพื้นที่ และมีปุ่ม Power สำหรับเปิดเครื่อง ส่วนปุ่ม Reset ปุ่ม Boost และ ช่องสำหรับ Upload เป็นส่วนจัดการไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังแสดงในภาพที่ 2 และตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์แสดงดังภาพที่ 3

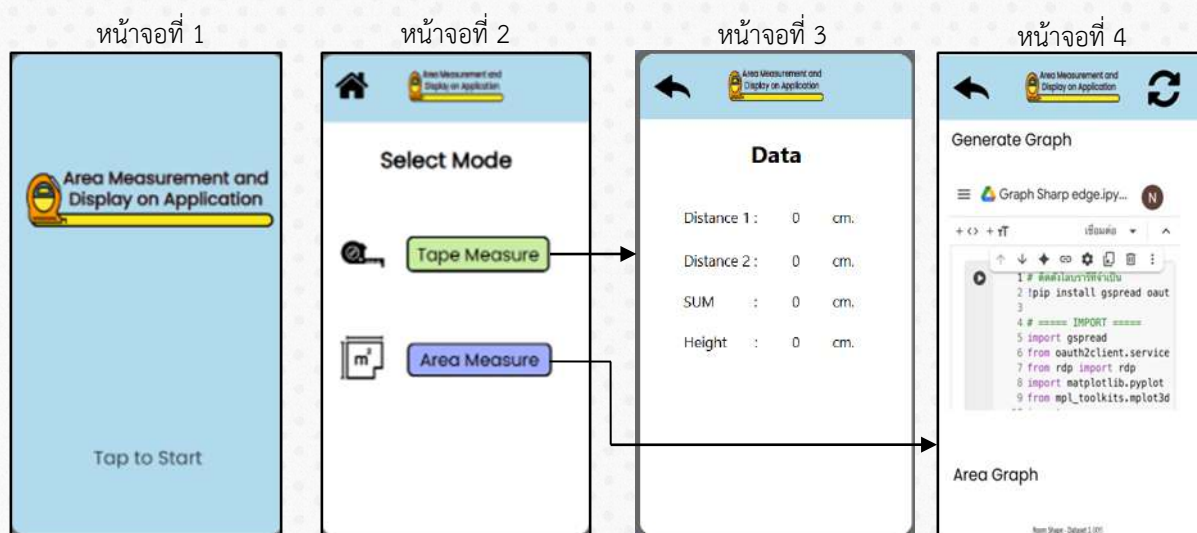
2.3 ออกแบบโปรแกรมการทำงานของเครื่องวัดพื้นที่



ภาพที่ 4 แผนผังโปรแกรมการทำงานของเครื่อง

เครื่องวัดพื้นที่แสดงผลบนสมาร์ตโฟนแอปพลิเคชันจะมีการทำงานดังนี้ ในโหมดการวัดระยะ Laser Sensor 1 และ Laser Sensor 2 จะวัดระยะทางตามแนวของเซนเซอร์ ส่วน Laser Sensor 3 จะถูกหมุนไป 90 องศา เพื่อทำการวัดค่าความสูงของเพดาน โดยโหมดนี้จะมีการวัดเพียงตำแหน่ง ส่วนโหมดวัดพื้นที่ เซนเซอร์ทุกตัวจะมีการวัดและบันทึกค่าทุก 3 องศา และจะเก็บค่าจนครบ 180 องศา เพื่อนำค่าที่ได้ไปใช้ในการสร้างรูป 2 มิติ และ 3 มิติ ผลการวัดจะถูกบันทึกใน Google Sheet และแสดงผลผ่านแอปพลิเคชัน แผนผังโปรแกรมการทำงานของเครื่องแสดงในภาพที่ 4

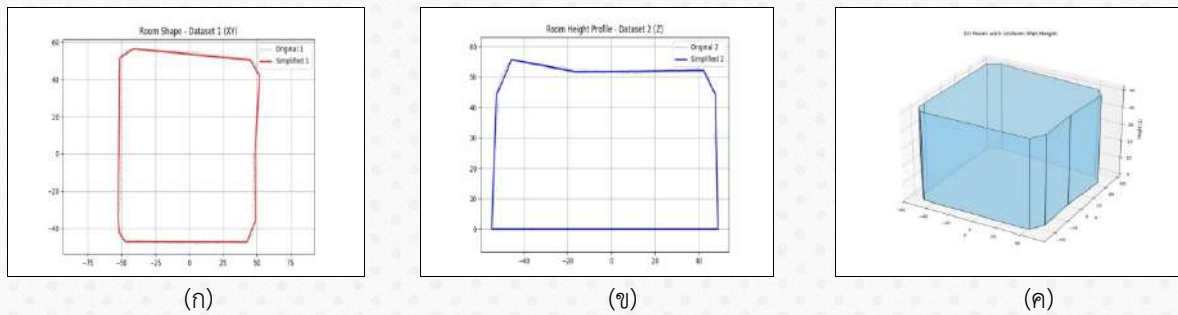
2.4 การออกแบบแอปพลิเคชัน



ภาพที่ 5 หน้าจอแอปพลิเคชัน

แอปพลิเคชันของเครื่องวัดพื้นที่แสดงผลบนสมาร์ตโฟนแอปพลิเคชันจะมีการทำงาน 2 โหมดคือ โหมดการวัดระยะ (Tape Measurement) และโหมดการวัดพื้นที่ (Area Measurement) ให้เลือกใช้ โดยโหมดการวัดระยะใช้สำหรับวัดความยาวของผนังและความสูงของเพดาน ส่วนโหมดการวัดพื้นที่ เป็นการวัดขนาดของพื้นที่ ขนาดของผืนผ้า พื้นที่ผิวรวมทั้งห้อง พร้อมทั้งแสดงรูปร่างของห้องแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ โดยหน้าต่างของแอปพลิเคชันมีการออกแบบไว้ดังภาพที่ 5

- หน้าจอที่ 1 หน้าเริ่มต้นหรือหน้า Start เป็นหน้าแรกเมื่อเข้าสู่แอปพลิเคชัน หากผู้ใช้นำเครื่องวัดไปตั้งในตำแหน่งที่ต้องการวัดแล้ว ให้กดปุ่มเริ่มการทำงาน เมื่อกดปุ่มแล้วแอปพลิเคชันจะนำไปยังไปหน้าหน้าถัดไปคือหน้า Select Mode
- หน้าจอที่ 2 หน้า Select Mode หรือหน้าเลือกโหมดการทำงาน ผู้ใช้งานสามารถเลือกได้ว่าจะทำการวัดระยะ (Tape Measurement) หรือวัดพื้นที่ (Area Measurement) เมื่อเลือกโหมดการวัดใดแอปพลิเคชันจะนำไปสู่หน้าโหมดการวัดนั้น ๆ
- หน้าจอที่ 3 หน้าโหมดการวัดระยะ เป็นหน้าต่างที่จะแสดงผลการวัดในตำแหน่งระยะของ Distance 1 คือระยะทางที่วัดได้จากด้านหลังเครื่อง, Distance 2 คือระยะทางที่วัดได้จากด้านหน้าเครื่อง, SUM คือระยะทางตลอดแนวที่ทำการวัด ซึ่งได้มาจากค่า Distance 1 รวมกับ Distance 2 และ Height คือระยะความสูง
- หน้าจอที่ 4 หน้าโหมดการวัดพื้นที่ เป็นหน้าที่จะแสดงรูปกราฟที่สร้างขึ้นจากผลการวัดทั้งสองระนาบ คือรูปในระนาบ XY ดังภาพที่ 6(ก) รูปในระนาบ Z ดังภาพที่ 6(ข) และรูป 3 มิติ ดังภาพที่ 6(ค) พร้อมทั้งแสดงข้อมูลขนาดพื้นที่และขนาดผนังทุกด้านของห้องที่ทำการวัด



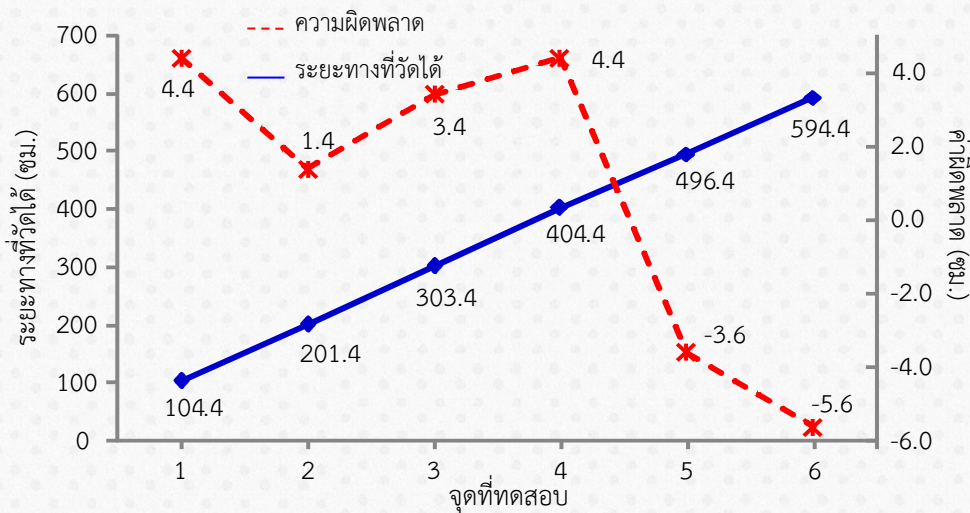
ภาพที่ 6 กราฟที่สร้างขึ้นจากการทำงานในโหมดการวัดพื้นที่ (ก) ระนาบ XY, (ข) ระนาบ Z, (ค) รูป 3 มิติ

3. การทดสอบและอภิปรายผล

การทดสอบการทำงานของเครื่องวัดพื้นที่แสดงผลบนสมาร์ตโฟนแอปพลิเคชันมีการทดสอบ 2 หัวข้อ ตามโหมดการทำงานของเครื่องคือ โหมดการวัดระยะ และโหมดการวัดพื้นที่ รายละเอียดการทดสอบแสดงในหัวข้อที่ 3.1 และ 3.2

3.1 ทดสอบการทำงานในโหมดการวัดระยะ

ในการทดสอบการทำงานโหมดการวัดระยะมีเป้าหมายเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องว่าสามารถวัดระยะทางได้แม่นยำเพียงใด มีวิธีการทดสอบคือ นำเครื่องวัดพื้นที่มาวัดผนังจำลองที่ตั้งอยู่กลางแจ้ง ความสว่างของพื้นที่ขณะทำการทดสอบประมาณ 500 lux ผนังจำลองที่ใช้ คือ ลังกระดาษ เนื่องจากเป็นวัสดุผิวเรียบและไม่สะท้อนแสง ทำการทดสอบความยาวตั้งแต่ 100 ซม. จนถึง 600 ซม. เพิ่มระยะทดสอบทีละ 100 ซม. แต่ละจุดทดสอบทำการวัดซ้ำจุดละ 3 ครั้ง และนำผลการวัดที่มีค่าความผิดพลาดสูงสุดในแต่ละจุดนำมาพลอตกราฟ ดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 กราฟแสดงผลการทดสอบการทำงานในโหมดการวัดระยะ

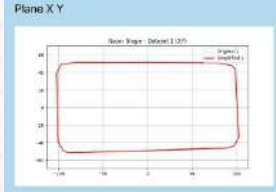
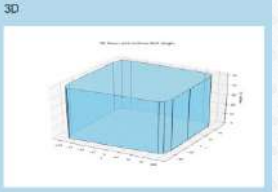
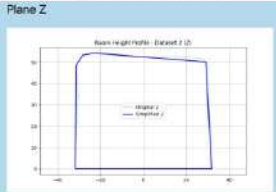
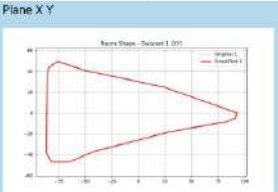
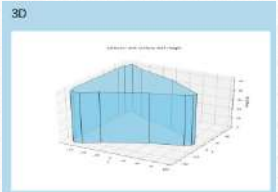
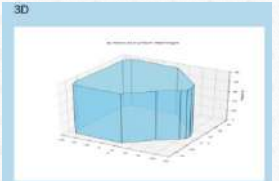
จากภาพที่ 7 แสดงให้เห็นว่าเครื่องวัดพื้นที่ที่มีค่าความผิดพลาดในการวัดสูงสุดเท่ากับ -5.6 ซม. ที่ระยะทดสอบ 600 ซม. หรือคิดเป็นความผิดพลาดเท่ากับ -0.93% โดยปัจจัยที่อาจส่งผลต่อความถูกต้องของการวัด คือ พื้นผิวของผนังและสภาพแวดล้อมของบริเวณที่วัด เนื่องจาก เซนเซอร์ที่ใช้วัดจะให้ผลการวัดที่แม่นยำที่สุดเมื่อวัดในที่มืดและสะท้อนกับวัตถุสีขาว การใช้งานในพื้นที่ที่มีความสว่างมาก ๆ หรือใช้วัดพื้นผิวที่มีการสะท้อน เช่น กระดาษ จะทำให้เกิดความผิดพลาดในการวัดที่สูงกว่าปกติได้

3.2 การทดสอบการทำงานในโหมดการวัดพื้นที่

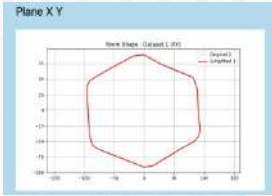
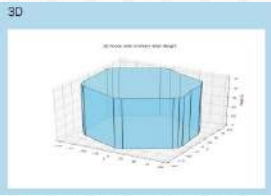
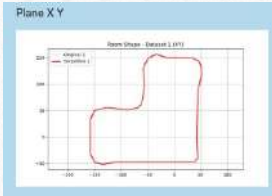
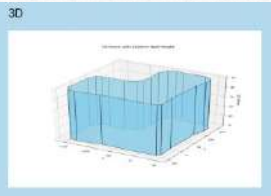
การทดสอบการทำงานในโหมดการวัดพื้นที่มีเป้าหมายเพื่อ 1. ทดสอบว่าเครื่องสามารถสร้างรูป 2 มิติ และ 3 มิติ ที่สอดคล้องกับสภาพพื้นที่ได้หรือไม่ 2. หาความถูกต้องของเครื่องในการคำนวณขนาดพื้นที่ และขนาดผนัง โดยทำการทดสอบในห้องที่มีแสงสว่างประมาณ 400 lux เพื่อให้สภาพการทดสอบคล้ายกับการใช้งานจริง

การทดสอบการทำงานในโหมดการวัดพื้นที่มีวิธีทดสอบ คือ จะทำการสร้างพื้นที่จำลองในรูปทรงต่าง ๆ จากสังกะดาที่แตกต่างกันจำนวน 5 แบบ แล้วนำเครื่องวัดพื้นที่ตั้งไว้ภายใน จากนั้นปิดฝาแล้วส่งให้เครื่องทำงาน โดยจะทำการทดสอบซ้ำรูปแบบละ 3 ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ย ผลการทดลองในตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างขนาดพื้นที่ ขนาดผนังและรูปที่สร้างจากแอปพลิเคชันกับค่าที่ได้จากพื้นที่จำลอง

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบการทำงานในโหมดการวัดพื้นที่

พื้นที่จำลอง	ผลที่ได้จากเครื่องวัดขนาดพื้นที่
ขนาดพื้นที่พื้น 2.000 ตรม. ขนาดพื้นที่ผนัง 3.000 ตรม. 	ขนาดพื้นที่พื้น 1.997 ตรม. (ความผิดพลาด -0.17%) ขนาดพื้นที่ผนัง 3.017 ตรม. (ความผิดพลาด 0.56%)   
ขนาดพื้นที่พื้น 0.960 ตรม. ขนาดพื้นที่ผนัง 2.500 ตรม. 	ขนาดพื้นที่พื้น 0.970 ตรม. (ความผิดพลาด 1.04%) ขนาดพื้นที่ผนัง 2.450 ตรม. (ความผิดพลาด -2.00%)   
ขนาดพื้นที่พื้น 1.420 ตรม. ขนาดพื้นที่ผนัง 2.500 ตรม. 	ขนาดพื้นที่พื้น 1.413 ตรม. (ความผิดพลาด -0.47%) ขนาดพื้นที่ผนัง 2.440 ตรม. (ความผิดพลาด -2.40%)   

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบการทำงานในโหมดการวัดพื้นที่ (ต่อ)

พื้นที่จำลอง	ผลที่ได้จากเครื่องวัดขนาดพื้นที่
ขนาดพื้นที่พื้น 2.598 ตรม. ขนาดพื้นที่ผนัง 3.000 ตรม. 	ขนาดพื้นที่พื้น 2.583 ตรม. (ความผิดพลาด -0.57%) ขนาดพื้นที่ผนัง 3.110 ตรม. (ความผิดพลาด 3.67%)   
ขนาดพื้นที่พื้น 3.000 ตรม. ขนาดพื้นที่ผนัง 4.000 ตรม. 	ขนาดพื้นที่พื้น 3.040 ตรม. (ความผิดพลาด 1.34%) ขนาดพื้นที่ผนัง 3.937 ตรม. (ความผิดพลาด -1.58%)   

จากการทดสอบการทำงานในโหมดการวัดพื้นที่ในตารางที่ 1 พบว่ารูป 2 มิติ และ 3 มิติ ที่สร้างจากแอปพลิเคชันมีความสอดคล้องกับพื้นที่จำลอง แต่จะมีความแตกต่างกันในบริเวณมุมฉากหรือส่วนที่เป็นยอดมุมแหลม ทั้งนี้เนื่องจากการวัดระยะเพื่อนำมาสร้างรูปนั้น เซนเซอร์จะหมุนและเก็บค่าทุก ๆ 3 องศา จนครบรอบ และหากจุดที่ทำการเก็บค่าไม่ตรงกับบริเวณส่วนมุมอาจจะทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้นได้ แนวทางในการแก้ไขคือ ควรเพิ่มความละเอียดในการวัดและเก็บค่าเป็นทุก 1 องศา ส่วนผลการทดสอบการวัดขนาดพื้นที่พบว่า มีความผิดพลาดสูงสุด 1.34% ในการวัดรูปทรงสี่เหลี่ยมตัว L ในขณะที่การวัดพื้นที่ผนังมีความผิดพลาดสูงสุดเท่ากับ 3.67% ในการวัดรูปทรงหกเหลี่ยม

4. บทสรุป

บทความนี้นำเสนอสิ่งประดิษฐ์เครื่องวัดพื้นที่แสดงผลบนสมาร์ตโฟนแอปพลิเคชัน โดยแบ่งออกเป็น 2 โหมดการทำงาน ได้แก่ โหมดการวัดระยะและโหมดการวัดพื้นที่ สำหรับโหมดการวัดระยะสามารถชี้แทนตลับเมตรทั่วไปคือใช้วัดระยะในแนวราบและวัดความสูงได้ โดยจากการทดสอบการทำงานพบว่าเครื่องมีความผิดพลาดในการวัดระยะสูงสุดเท่ากับ -0.93% เนื่องจากสภาพแวดล้อมของบริเวณที่ทำการวัดและพื้นผิวที่มีการสะท้อนสูงส่งผลต่อความถูกต้องในการวัด สำหรับโหมดการวัดพื้นที่ เป็นโหมดการวัดที่แสดงรูป 2 มิติ และ 3 มิติของพื้นที่ที่ทำการวัด พร้อมทั้งสามารถคำนวณขนาดพื้นที่และขนาดผนัง จากการทดสอบพบว่าเครื่องสามารถสร้างภาพ 2 มิติ และ 3 มิติ ได้สอดคล้องกับพื้นที่ที่ทำการวัด และสามารถคำนวณค่าพื้นที่พื้น และพื้นที่ผนังได้ โดยมีความผิดพลาดเท่ากับ 1.33% และ 3.67% ตามลำดับ จากผลการทดสอบข้างต้นแสดงให้เห็นว่าเครื่องสามารถวัดระยะทางและพื้นที่ได้อย่างถูกต้องและสามารถสื่อสารข้อมูลกับแอปพลิเคชันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในอนาคตสามารถประยุกต์ใช้งานได้ในหลายด้าน เช่น การวัดระยะในงานก่อสร้าง งานตกแต่งภายใน เป็นต้น

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] N. C.-C. Hsu, N. M.-C. Lu, N. K.-W. Chin. Distance measurement based on pixel variation of CCD images. 4th International Conference on Autonomous Robots and Agents, Wellington, New Zealand, 2009, 324–329.
- [2] N. A. Singh, M. Borschbach. Effect of external factors on accuracy of distance measurement using ultrasonic sensors. International Conference on Signals and Systems (ICSigSys), Bali, Indonesia, 2017, 266-271.
- [3] Z. Fan, J. Su, T. Zhang, N. Yang, Q. Qiu. High-precision and long-range distance measurement independent of temperature based on two optoelectronic oscillators. International Topical Meeting on Microwave Photonics (MWP), Beijing, China, 2017, 1-4.
- [4] สุธิพงษ์ สุธนอดิสรวงศ์. (1 กันยายน 2566). ระบบวัดไร้สายในพื้นที่เสี่ยง พร้อมบันทึกการวัดผ่านไลน์. แหล่งรวบรวมผลงานของนักศึกษา มทร.ศรีวิชัย. สืบค้นจาก <https://dp.rmutsv.ac.th/?p=829>

ARL estimation for MEWMA statistics of seasonal autoregressive observations

Piyatida Phanthuna^{1*} Chawanee Suphirat¹ Sunisa Saiuparad¹ and Nattapong Phanthuna²

¹Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

² Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

*E-mail: piyatida.r@rmutp.ac.th

Abstract

The average run length (ARL) is used for measuring efficiently of control chart. The objective of this research is to suggest the approximated ARL with the numerical integral equation (NIE) methods on a modified EWMA control chart for observations of a seasonal autoregressive (SAR) model with exponential white noise, an exponential distribution of the residual term. The ARL solutions of three NIE rules, the Midpoint, Trapezoidal and Simpson, are obtained for the modified EWMA control chart with the SAR model. These NIE techniques are compared from the obtained ARL results when this control chart detects the process mean changes at different scales. The experimental results show that the efficiency among methods was found to be comparable. Furthermore, the results indicate that employing the midpoint rule for ARL computation yields the shortest processing time, thus contributing to greater computational efficiency. In addition, these NIE methods can be applied to a wide range of real-world data, such as monthly water quality reports on temperature and pH.

Keywords: Modified EWMA control chart, SAR, average run length, numerical integral equation

1. Introduction

Statistical process control (SPC) is a powerful problem-solving toolkit that reduces the variability that occurs in manufacturing processes and maintains stability. Among the various tools that can be used in SPC such as fishbone diagram, histogram, Pareto chart, control chart, etc., control chart is most commonly used to detect changes in process performance.

In 1931, the first control chart was proposed called the Shewhart control chart [1] and it was found to be effective in detecting large process changes. In 1954 Page E.S. [2] proposed the cumulative sum control chart (CUSUM) and later in 1959 Roberts S.W. [3] proposed the exponentially weighted moving average control chart (EWMA), which were found to be effective in detecting small process changes. Subsequently, Khan et al. [4] proposed a modified exponential weighted moving average (MEWMA) control chart. This control chart is effective in detecting small and medium-sized process changes and can quickly detect changes in auto-correlated observations.

Time series data vary depending on the nature of the data. Basic serial correlation models are autoregressive model (AR(p)) and moving average model (MA(q)). In some cases, data shows predictable increases or decreases at certain times of the year, such as monthly, quarterly, or weekly, known as a seasonal time series such as seasonal AR (SAR) model. The SAR models have been applied to real-world time series analysis, such as in medicine [5], electricity [6], environmental [7].

Average run length (ARL), which is used to detect changes in the process, is a widely used method for evaluating the performance of control charts. The numerical integral equations (NIE) method, one of several methods, has been frequently used to calculate ARL in recent previous literature, for example Peerajit [8] presented the NIE method for ARL working on fractionally integrated MA with exogenous variables model for CUSUM chart. Saesuntia [9] studied NIE techniques to approximate ARL for the extended EWMA control chart with Weibull and Gamma distributions. Doktoei et al. [10] suggested using the NIE method to estimate the ARL for the Double EWMA control chart with the Weibull and exponential distributions.

This research proposes the NIE method to find the ARL for the modified EWMA control chart based on the seasonal autoregressive model in the case of exponential white noise. Three approaches have been used for NIE technique, namely the midpoint rule, trapezoidal rule and Simpson's rule. Furthermore, the ARL from the NIE method is applied to reporting water quality data in this case study.

2. Methodology

2.1 MEWMA control chart and SAR(p) model

For the MEWMA control chart (see [4]), the modified EWMA statistic Z_t ($t = 1, 2, 3, \dots$) is given by:

$$Z_t = (1 - \lambda)Z_{t-1} + \lambda X_t + q(X_t - X_{t-1}), \quad (1)$$

where λ is a smoothing parameter; $0 < \lambda < 1$, q is a constant, X_t is a variable of the SAR(p)_L model with mean μ and variance σ^2 such that the equation X_t is

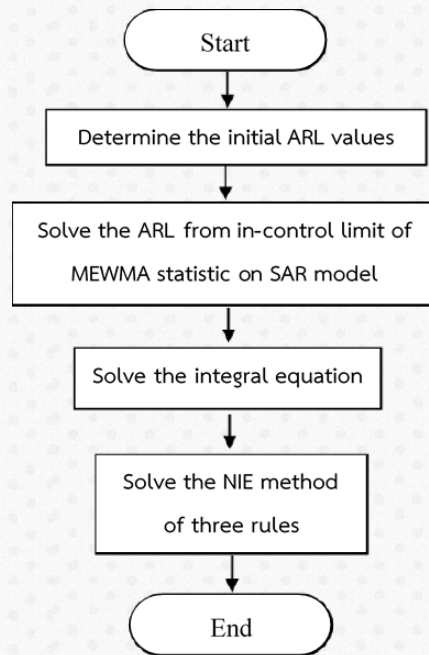
$$X_t = \phi_0 + \phi_1 X_{t-L} + \phi_2 X_{t-2L} + \dots + \phi_p X_{t-pL} + \varepsilon_t \quad (2)$$

where ϕ_0 is a constant, ϕ_i is an autoregressive coefficient; $|\phi_p| < 1$ at $i = 1, 2, \dots, p$, L is a seasonal period and $\varepsilon_t \sim \text{Exp}(\beta)$. The initial value is set to $Z_0 = \mu = X_0$ and the stopping time

$$\tau_{a,b} = \inf \{t > 0; Z_t < a \cup Z_t > b\}. \quad (3)$$

where a and b are lower and upper bounds.

The average run length (ARL) is the predominant performance metric used to evaluate the effectiveness of a control chart and change detection. The ARL represents the expected number of observations required before the monitoring procedure signals that a change has occurred. The research procedures are as follows:



The initial ARL of the MEWMA control chart on the SAR model is defined as follows

$$A(u) = E_{\infty}(\tau_{a,b}). \quad (4)$$

2.2 Numerical Integral Equation (NIE) Method

In this scope, the numerical integral equation (NIE) method obtained by solving the ARL in Eq. 4 using Eqs. 1 and 2. If Z_t is in-control limit and u is the initial value of Z_t , then

$$a < \left(\frac{(1-\lambda)u - qX_0 + (q+\lambda)\varepsilon_t + (q+\lambda)\phi_0}{+(q+\lambda)(\phi_1 X_{t-L} + \phi_2 X_{t-2L} + \dots + \phi_p X_{t-pL})} \right) < b.$$

In the next step, the interval of Z_t is converted to the interval of ε_t as follows

$$\left(\frac{a - (1-\lambda)u + qX_0}{(q+\lambda)} - \phi_0, \frac{b - (1-\lambda)u + qX_0}{(q+\lambda)} - \phi_0 \right) < \varepsilon_t < \left(\frac{a - (1-\lambda)u + qX_0}{(q+\lambda)} - \phi_0, \frac{b - (1-\lambda)u + qX_0}{(q+\lambda)} - \phi_0 \right).$$

The ARL can be written in integral equation form as follows

$$A(u) = 1 + \int_{\frac{a - (1-\lambda)u + qX_0}{(q+\lambda)} - \phi_0}^{\frac{b - (1-\lambda)u + qX_0}{(q+\lambda)} - \phi_0} A \left[\frac{(1-\lambda)u - qX_0 + (q+\lambda)y + (q+\lambda)\phi_0}{+(q+\lambda)(\phi_1 X_{t-L} + \phi_2 X_{t-2L} + \dots + \phi_p X_{t-pL})} \right] f(y) dy. \quad (5)$$

Due to the complexity of this integral equation, it is necessary to employ transformation techniques to facilitate its solution. From the eq. 5, a new variable k is determined as $k = (q+\lambda)y + (1-\lambda)u - qX_0 + (q+\lambda)\phi_0 + (q+\lambda)(\phi_1 X_{t-L} + \phi_2 X_{t-2L} + \dots + \phi_p X_{t-pL})$, then the ARL of the eq. 5 is transformed to

$$A(u) = 1 + \frac{1}{q+\lambda} \int_a^b A(k) f \left(\frac{k - (1-\lambda)u + qX_0}{(q+\lambda)} - \phi_0 - \phi_1 X_{t-L} - \phi_2 X_{t-2L} - \dots - \phi_p X_{t-pL} \right) dk. \quad (6)$$

Equation 6 can be approximated by the use of quadrature rules (see [9]) using various techniques for estimating the ARL such as the midpoint, trapezoidal and the Simpson's rules.

2.2.1 Midpoint Rule

From Eq. 6, the ARL can be estimated using the midpoint rule as follows

$$M(u) \approx 1 + \frac{1}{q + \lambda} \sum_{j=1}^n d_j M(k_j) f \left(\frac{k_j - (1 - \lambda)u + qX_0}{(q + \lambda)} \right), \quad (7)$$

where the range of this interval is n , then $k_j = (j - 0.5)d_j + a$ and $d_j = (b - a)/n$; $j = 1, 2, \dots, n-1$ are various points within it.

2.2.2 Trapezoidal Rule

For the trapezoidal rule, the ARL can be defined as

$$T(u) \approx 1 + \frac{1}{q + \lambda} \sum_{j=1}^{n+1} d_j T(k_j) f \left(\frac{k_j - (1 - \lambda)u + qX_0}{(q + \lambda)} \right), \quad (8)$$

where the range of this interval is n , then $k_j = jd_j + a$ and $d_j = (b - a)/n$; $j = 1, 2, \dots, n-1$ are various points within it, where the weight of the start and end points is $d_j = (b - a)/2n$.

2.2.3 Simpson's Rule

Similarly, the ARL from the Simpson's Rule can be solved as follow

$$S(u) \approx 1 + \frac{1}{q + \lambda} \sum_{j=1}^{2n+1} d_j S(k_j) f \left(\frac{k_j - (1 - \lambda)u + qX_0}{(q + \lambda)} \right), \quad (9)$$

where the range of this interval is $2n$, then $k_{j+1} = jd_{j+1} + a$; $j = 0, 1, 2, \dots, 2n$ are various points within it, where the weight of the start and end points is $d_j = r_j/3$ and the even and odd points within the interval are $d_j = 4r_j/3$ and $d_j = 2r_j/3$, respectively, and $r_j = (b - a)/2n$.

3. Results and Discussion

3.1 Simulated results

For this section, the ARL results are processed using the Mathematica program. Moreover, the ARL processing time for each technique is recorded in seconds. For the in-control process, $ARL_0 = 370$ is mainly given and the initial parameters settings are $\beta_0 = 1$, $u = 1$ and $X_0, X_{t-L}, \dots, X_{t-pL} = \beta_0$. For the out-of-control process, $\beta_1 = (1 + \delta)\beta_0$ is calculated by setting the mean shift sizes (δ) to be 0.01, 0.02, 0.05, 0.1, 0.3, 0.5 and 1. The upper bound b is found by taking the smallest value of a to be 0 on $\varepsilon_t \sim \text{Exp}(\beta)$.

In Table 1, the $ARL_0 = 370$ of the modified EWMA control chart is computed by using three NIE techniques with $m = 500$ such as the midpoint, trapezoidal and the Simpson's rules with various ϕ_1 for the SAR(1)₁₂ model. For Table 2, the ARL results of these NIE techniques are shown with changing various mean sizes on the SAR(2)₁₂ model. The results of both tables show that the midpoint, trapezoid, and Simpson's rule achieve similar ARLs, but their average computation times differ. The midpoint rule can be computed faster than the trapezoid, while Simpson's rule is the slowest.

Table 1. Comparison the ARL of three rules for the SAR(1)₁₂ model on the MEWMA control chart at $q = 2$, $\phi_0 = 0.5$ and $\lambda = 0.05$.

ϕ_1	b	$M(u)$	$T(u)$	$S(u)$
0.05	3.25652	370.158 (1.969)	370.159 (2.016)	370.158 (8.203)
0.1	3.39326	370.014 (2.000)	370.015 (2.000)	370.014 (7.938)
0.2	2.786557	370.047 (2.000)	370.048 (1.984)	370.047 (8.031)
0.3	2.512756	370.002 (2.000)	370.002 (1.969)	370.002 (8.078)
0.4	2.266617	370.007 (1.938)	370.008 (2.000)	370.007 (7.969)
Average time (Second unit)		(1.981)	(1.994)	(8.044)

Table 2. Comparison the ARL of three rules for the SAR(2)₁₂ model on the MEWMA control chart at $q = 2$, $\phi_0 = 0.5$, $\phi_1 = 0.05$, $\phi_2 = 0.2$, $\lambda = 0.05$ and $b = 2.646$.

δ	$M(u)$	$T(u)$	$S(u)$
0	370 (2.031)	370 (2.234)	370 (8.719)
0.01	93.710 (2.032)	93.710 (2.125)	93.710 (8.343)
0.02	54.003 (2.109)	54.003 (2.016)	54.003 (8.485)
0.05	24.186 (2.094)	24.186 (2.015)	24.186 (8.406)
0.1	12.959 (2.047)	12.959 (2.047)	12.959 (8.265)
0.3	5.070 (2.062)	5.070 (2.031)	5.070 (8.297)
0.5	3.456 (2.063)	3.456 (2.094)	3.456 (8.328)
1	2.238 (2.063)	2.238 (2.250)	2.238 (8.422)
Average time (Second unit)		2.063	8.408

3.2 Real Data Application

Water quality measurement in natural water sources involves many important variables, especially values that can be measured and displayed in the form of electrical signals that can be directly connected to electronic systems, sensors or automatic control systems. The values used for analysis include temperature, pH, conductivity, salinity, dissolved oxygen, total dissolved solids, etc.

Khlong Pu Yu is a tributary of the Kolok River in Narathiwat Province, Thailand. All factors of monthly water quality data of Khlong Pu Yu collected by the Regional Irrigation Office 17 [11] were tested on the SAR model with exponential white noise. Two factors were found to have good fit with this model, namely temperature and pH, with monthly collection from July 2019 to May 2025. The temperature data is proved an autocorrelated time series suitable for the SAR(1)₁₂ model as $X_t = 28.384 + 0.326X_{t-12} + \varepsilon_t$ where $\varepsilon_t \sim \text{Exp}(1.518)$ as shown in Figure 1.

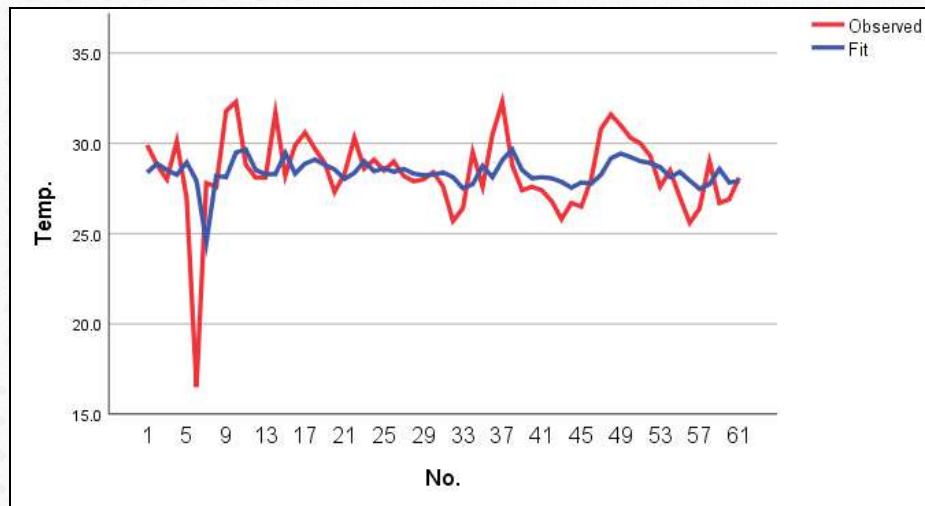


Figure 1 The temperature data collected monthly from July 2019 to May 2025 on the SAR(1)₁₂ model.

The SAR(2)₁₂ model, $X_t = 0.662X_{t-12} + 0.334X_{t-24} + \varepsilon_t$ where $\varepsilon_t \sim \text{Exp}(0.8276)$, is suitable for fitting the pH data as shown in Figure 2.

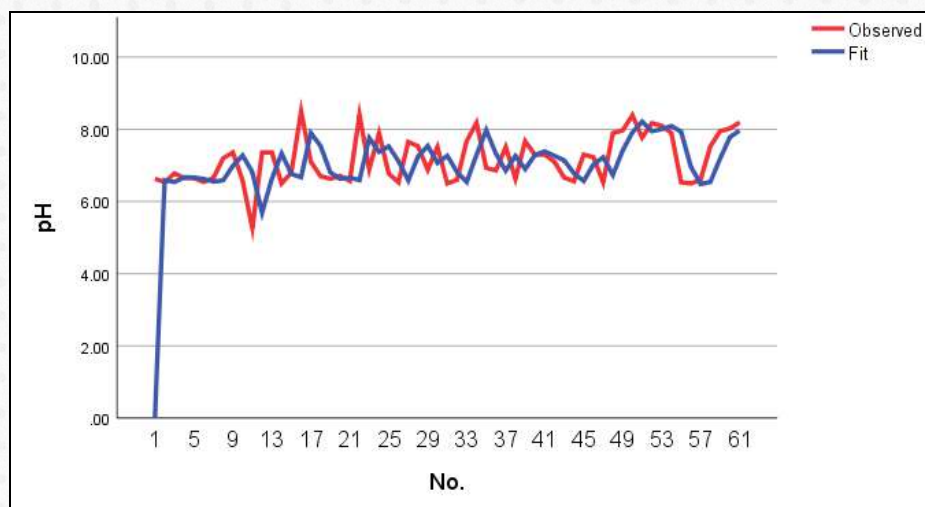


Figure 2 The pH data collected monthly from July 2019 to May 2025 on the SAR(2)₁₂ model.

For Tables 3 and 4, the ARL results of this control charts are evaluated for temperature and pH. Data on the SAR(1)₁₂ and SAR(2)₁₂ models, respectively. The results of both data similarly appear to practiced data for three NIE techniques. Furthermore, the ARL decreases rapidly as the process changes, meaning this MEWMA control chart can detect changes quickly.

Table 3. Comparison the ARL of three rules for temperature data on the MEWMA control chart at $q = 2$, $\lambda = 0.05$ and $b = 0.000000044977$.

δ	$M(u)$	$T(u)$	$S(u)$
0	370 (2.125)	370 (2.125)	370 (8.329)
0.01	7.380 (2.532)	7.380 (2.406)	7.380 (8.359)
0.02	3.942 (2.125)	3.942 (2.391)	3.942 (8.750)
0.05	1.898 (2.047)	1.898 (2.344)	1.898 (8.781)
0.1	1.281 (2.094)	1.281 (2.328)	1.281 (8.562)
0.3	1.015 (2.078)	1.015 (2.328)	1.015 (8.437)
0.5	1.002 (2.109)	1.002 (2.391)	1.002 (8.797)
1	1.000 (2.062)	1.000 (2.469)	1.000 (8.734)
Average time (Second unit)	2.147	2.348	8.594

Table 4. Comparison the ARL of three rules for pH. data on the MEWMA control chart at $q = 2$, $\lambda = 0.05$ and $b = 1.699083$.

δ	$M(u)$	$T(u)$	$S(u)$
0	370 (2.078)	370 (2.156)	370 (8.485)
0.01	87.681 (2.265)	87.681 (2.343)	87.681 (8.516)
0.02	50.041 (2.141)	50.041 (2.188)	50.041 (8.578)

Table 4. Comparison the ARL of three rules for pH. data on the MEWMA control chart at $q = 2$, $\lambda = 0.05$ and $b = 1.699083$ (Continued).

δ	$M(u)$	$T(u)$	$S(u)$
0.05	22.225 (2.063)	22.225 (2.437)	22.225 (8.469)
0.1	11.853 (2.062)	11.853 (2.407)	11.853 (8.296)
0.3	4.613 (2.141)	4.613 (2.281)	4.613 (8.296)
0.5	3.145 (2.125)	3.145 (2.375)	3.145 (8.703)
1	2.052 (2.094)	2.052 (2.266)	2.052 (9.375)
Average time (Second unit)	2.121	2.307	8.590

4. Conclusion

In this research, the numerical integral equation (NIE) method is used for approximating average run length (ARL). Three NIE techniques, the midpoint, trapezoidal and the Simpson's rules are compared on the modified EWMA control chart for observations of the SAR model with exponential white noise. Three NIE technique equations were developed to find the ARL which is used to measure the performance of this control chart and their ARL results are compared to check the accuracy of three obtained formulas. There is no significant difference in the results of the three methods. Furthermore, the findings demonstrate that the use of the midpoint rule for ARL computation yields the shortest processing time among the methods considered, thereby improving the overall computational efficiency of the ARL estimation. Additionally, the proposed method can be readily implemented using real-life datasets, for example, in the context of environmental monitoring. For future research, the NIE method will be further developed to estimate the ARL for other models, such as trend SAR, SARMA, and SARIMA models, as well as for novel control charts, including the double MEWMA and triple MEWMA charts.

5. Acknowledgements

The authors are grateful to the referees for their constructive comments and suggestions which helped to improve this research. We would also like to thank the organizers at the Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon.

6. References

- [1] W. A. Shewhart, Economic quality control of manufactured product 1. *Bell System Technical Journal*. 9(1930) 364-389.
- [2] E. S. Page, Continuous inspection schemes. *Biometrika*. 41(1954) 100-115.
- [3] S. W. Roberts, Control chart tests based on geometric moving average. *Technometrics*. 1(1959) 239-250.
- [4] N. Khan, M. Aslam, C. H. Jun, Design of a control chart using a modified EWMA statistic. *Quality and Reliability Engineering International*. 33(2017) 1095-1104.
- [5] K. Wang, Y. Zhang, L. Wan, J. Li, C. Wang, L. Zhang, Comparison of clinical traits for seasonal and perennial allergic rhinitis during allergen exposure. *Allergy and asthma proceedings*. 45(2024) 173-179.
- [6] A. A. Amin, Full Bayesian analysis of double seasonal autoregressive models with real applications. *Journal of Applied Statistics*. 51(2023) 1524-1544.
- [7] H. HAN, Study on monitoring the ecological environment by SAR model. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 781(2021) 052017.
- [8] W. Peerajit, Statistical design of a one-sided CUSUM control chart to detect a mean shift in a FIMAX model with underlying exponential white noise. *Thailand Statistician*. 21(2023) 397-420.
- [9] P. Saesuntia, Y. Areepong, S. Sukparungsee, On the average run lengths of quality control schemes using a numerical integral equation approach. *Applied Science and Engineering Progress*. 16(2023) 1-11.
- [10] P. Doktoei, Y. Areepong, S. Sukparungsee, Average run length approximation on a double exponentially weighted moving average control chart through the numerical integral equation approach. *Thailand Statistician*. 22(2024) 926-938.
- [11] SWOC 17 (11 June 2025). Smart Water Operation Center, Royal Irrigation Department Region 17, Royal Irrigation Department. Available: <http://irrigation.rid.go.th/rid17/SWOC17/WaterQualityKolok.html>.

การสร้างและวัดประสิทธิภาพเว็บแอปพลิเคชันแชทบอทปัญญาประดิษฐ์เพื่อเป็นผู้ช่วย ในการเรียนเขียนโปรแกรมขั้นพื้นฐาน Development and Efficiency Web Application AI Chatbots as Mentors for Fundamental Programming Course

วาริสร รัตนนิมิตร์^{1*} กิตติธัญญา บุญยกุลศิริโรตม์² ปัญญาสิทธิ์ วัฒนกุล² และ วาทีนี นัยเพียร¹

¹ หลักสูตรภาควิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

² หลักสูตรภาควิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและระบบควบคุมอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

*E-mail: warisr@siamtechno.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ (1) เพื่อพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันแชทบอทสำหรับเป็นผู้ช่วยในการเรียนเขียนโปรแกรมภาษาจาวาสคริปต์ขั้นพื้นฐาน และ (2) เพื่อประเมินประสิทธิภาพของแชทบอทในการช่วยเหลือการเรียนเขียนโปรแกรมภาษาจาวาสคริปต์ โดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบการวิจัยและพัฒนา ประกอบด้วยการออกแบบและพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันแชทบอทปัญญาประดิษฐ์เชื่อมต่อกับโมเดลภาษาขนาดใหญ่ Google Gemini และปรับแต่งการโต้ตอบด้วยเทคนิค Prompt Engineering เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ กลุ่มเป้าหมายของการประเมินประสิทธิภาพคือผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ จำนวน 3 ท่าน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย (1) เว็บแอปพลิเคชันแชทบอทที่พัฒนาขึ้น และ (2) แบบสอบถามประเมินประสิทธิภาพการทำงานของแชทบอท ครอบคลุมด้านความถูกต้องของคำตอบ ความสามารถในการให้คำแนะนำเชิงโปรแกรม ความสามารถในการอธิบายเหตุผล และประสิทธิภาพโดยรวม โดยใช้การวัดผลผ่านค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ผลการวิจัยพบว่า (1) เว็บแอปพลิเคชันแชทบอทสามารถเชื่อมต่อกับโมเดล Gemini และตอบคำถามพร้อมให้คำแนะนำการเขียนโปรแกรมได้อย่างถูกต้องและครอบคลุม (2) ประสิทธิภาพของแชทบอทที่ได้รับการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่าแชทบอทสามารถตอบคำถามเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมขั้นพื้นฐานอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x}$ = 82%, S.D. = 0.43) ความสามารถในการเขียนโปรแกรมเพื่อแก้ไขปัญหาอยู่ในระดับดี ($\bar{x}$ = 78%, S.D. = 0.42) ความสามารถในการอธิบายเหตุผลอยู่ในระดับดี ($\bar{x}$ = 73%, S.D. = 0.46) และภาพรวมอยู่ในระดับดี ($\bar{x}$ = 78%, S.D. = 0.44) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแชทบอทที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพในการตอบคำถามและช่วยเหลือด้านการเรียนเขียนโปรแกรมภาษาจาวาสคริปต์ได้เป็นอย่างดีมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: แชทบอท การเขียนโปรแกรม ปัญญาประดิษฐ์ Gemini

Abstract

This study aimed (1) to develop a web-based chatbot application that assists beginners in learning JavaScript programming, and (2) to evaluate the chatbot's effectiveness. A Research and Development (R&D) methodology was adopted. The chatbot was implemented as a web application that connects to Google Gemini, a large-language model, with interactions refined through prompt-engineering techniques to meet specific learning objectives. The evaluation involved three computer-technology experts, who assessed the system using a purpose-built effectiveness survey covering four dimensions: answer accuracy, programming guidance, reasoning/explanation ability, and overall performance. Descriptive statistics (percentage, mean, and standard deviation S.D.) were used to summarize the results. The research findings revealed that (1) the web-based chatbot application successfully connected to the Gemini model and provided accurate, comprehensive programming guidance; and (2) when evaluated by experts, the chatbot's effectiveness was rated very good for answering basic programming questions ($\bar{x}$ = 82%, SD = 0.43), good for generating code to solve problems ($\bar{x}$ = 78%, SD = 0.42), good for explaining underlying reasoning ($\bar{x}$ = 73, SD = 0.46) and good overall ($\bar{x}$ = 78%, SD = 0.44). These results indicate that the developed chatbot can efficiently answer questions and support learning basic JavaScript programming.

Keywords: Chatbot, Programming, Artificial Intelligence, Gemini

1. บทนำ

ในยุคที่เทคโนโลยีดิจิทัลมีบทบาทสำคัญในกระบวนการเรียนรู้ การเรียนการสอนวิชาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์กำลังเผชิญกับความท้าทายอย่างมาก โดยเฉพาะในกลุ่มนักศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 1 ซึ่งมักประสบปัญหาการเลิกเรียนกลางคันเพราะผลการเรียนที่ต่ำ ซึ่งมีสาเหตุหลักมาจากการขาดแหล่งสนับสนุนที่ให้ข้อเสนอแนะที่เหมาะสมกับผู้เรียน [1] นอกจากนี้ ผู้เรียนยังประสบความยากลำบากในการทำแบบฝึกหัดหรือประยุกต์ใช้ความรู้ ต้องค้นหาและอ่านเอกสารประกอบและแหล่งข้อมูลออนไลน์ต่างๆ เพื่อหาข้อมูลและวิธีแก้ไขปัญหาด้วยตนเอง เช่น Stack Overflow แต่กระบวนการนี้ต้องใช้ความพยายามและเวลานาน [2, 3] การเข้าใจในรูปแบบและโครงสร้างของภาษาโปรแกรม หลายคนไม่มีพื้นฐานมาก่อนรวมถึงการทำความเข้าใจข้อผิดพลาดของโปรแกรม ทำให้เกิดการขาดความมั่นใจในการเรียน [4] เพื่อลดอุปสรรคเหล่านี้ แชนบอทที่ขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ ได้รับการพัฒนาเพื่อช่วยเหลือนักศึกษาในกระบวนการเรียนรู้แบบโต้ตอบทันที โดยให้ความช่วยเหลือด้านการวิเคราะห์ข้อผิดพลาด ให้คำแนะนำในการเขียนโปรแกรม และนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหา ซึ่งช่วยให้กระบวนการเรียนรู้มีความราบรื่นขึ้น [5] การเรียนรู้แบบคู่ (Pair Programming) ซึ่งเป็นวิธีการการพัฒนาซอฟต์แวร์เป็นทีม โดยมีบทบาทที่แตกต่างกันคือผู้เรียนทำหน้าที่เป็นผู้ขับ (driver) ที่เขียนโปรแกรม และ แชนบอททำหน้าที่ผู้นำทาง (navigator) ที่คอยให้ความช่วยเหลือขณะเขียนโปรแกรม ผู้เรียนจะเรียนรู้ผ่านการสนทนาและสร้างความเข้าใจ โดยแชนบอทมีบทบาทในการอธิบาย ตอบคำถาม และช่วยนักเรียนในการ debug code ผู้เรียนจะได้เรียนรู้และพัฒนาทักษะผ่านการลงมือปฏิบัติ [2] เป็น การเรียนรู้เฉพาะบุคคล (Personalized Learning) หรือการเรียนรู้ที่ปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมกับผู้เรียนแต่ละคน (Adaptive Learning) ช่วยให้สามารถพัฒนาทักษะตนเองได้อย่างต่อเนื่อง จากความสำคัญและความเป็นมาของปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบและพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันแชนบอทเพื่อเป็นผู้ช่วยในการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นพื้นฐาน

ในรายวิชาการพัฒนาเว็บไซต์ หัวข้อการเขียนภาษาจาวาสคริปต์ โดยระบบทำการเชื่อมต่อกับโมเดลทางภาษานาโดใหญ่อย่าง Gemini ของ Google ผ่านเทคนิค Prompt Engineering ที่ออกแบบมาให้ตอบสนองต่อบริบทการเรียนรู้โดยเฉพาะด้านการเขียนโปรแกรม ผลการศึกษานี้มีเป้าหมายเพื่อแสดงศักยภาพของการใช้เซทบอทในกระบวนการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ เพื่อสนับสนุนการเรียนรู้เชิงรุกและลดอุปสรรคในการเขียนโปรแกรมของนักศึกษา

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 วัตถุประสงค์การวิจัย

- 2.1.1 เพื่อออกแบบและพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันเซทบอทเพื่อเป็นผู้ช่วยการเรียนรู้เขียนโปรแกรมภาษาจาวาสคริปต์ในระดับพื้นฐาน
- 2.1.2 เพื่อวัดประสิทธิภาพของเว็บแอปพลิเคชันเซทบอทเพื่อเป็นผู้ช่วยการเรียนรู้เขียนโปรแกรมภาษาจาวาสคริปต์ในระดับพื้นฐาน

2.2 การทบทวนวรรณกรรม

ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสาร แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้ดังนี้ ในปัจจุบันปัญญาประดิษฐ์ได้กลายเป็นเครื่องมือสำคัญในการเรียนการสอน โดยเฉพาะเซทบอทที่สามารถทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยสอนเสริมในกระบวนการเรียนรู้ได้ [2] ปัจจุบันเซทบอทถูกนำมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ของนักศึกษา ทั้งในด้านการสอนการเขียนโปรแกรม [1] การวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ในห้องเรียน [6] และการพัฒนาเซทบอทให้เป็นผู้ช่วยสอนเสมือนจริง [7] เซทบอทสามารถเป็นผู้ช่วยสอนในหลากหลายรูปแบบ เช่น การตรวจสอบข้อผิดพลาด การอธิบายแนวคิดทางคณิตศาสตร์ และการสนับสนุนการเรียนรู้แบบรายบุคคล [2] ผู้เรียนที่ใช้เซทบอทได้รับประโยชน์ในการทำความเข้าใจแนวคิดทางโปรแกรมมิ่งมากขึ้น

Ahmed et al. [3] ได้สร้างระบบตอบคำถามด้านการเขียนโปรแกรมชื่อว่า CodeQA ซึ่งผสานโมเดลภาษา LLM โดยใช้เทคนิค Retrieval-Augmented Generation (RAG) เพื่อเพิ่มความแม่นยำและลดปัญหา hallucination ในการตอบคำถาม โดยใช้เอกสารเกี่ยวกับ Python จำนวน 290 ไฟล์เป็นฐานความรู้ และประเมินผลลัพธ์ด้วยโมเดล Llama-70B ในชุดคำถาม จำนวน 50 ข้อ ผลการทดลองพบว่าโมเดล DeepSeek-Coder-1.3B ให้คะแนนเฉลี่ยที่ 3.32 จาก 5 ขณะที่ Flan-T5-Base ได้เพียง 2.54 งานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของ LLM และการใช้กระบวนการ RAG ในการพัฒนาระบบถามตอบด้านการเขียนโปรแกรม

Amburle et al. [8] ได้พัฒนาเครื่องมือชื่อ “AI Based Code Error Explainer” โดยใช้โมเดล Gemini เพื่ออธิบายข้อผิดพลาดของโค้ดในภาษา Python, C และ Java แบบเรียลไทม์ โดยระบบสามารถตรวจจับข้อผิดพลาด วิเคราะห์ และให้คำอธิบายที่เข้าใจง่ายพร้อมวิธีแก้ไข ผ่านการทดสอบพบว่าเครื่องมือนี้มีความแม่นยำสูงกว่า 95% ในการตรวจจับข้อผิดพลาดหลากหลายประเภท และผู้ใช้กว่า 85% เห็นว่าคำอธิบายช่วยให้เข้าใจได้ดีขึ้น ขณะที่ 90% เห็นว่าคำแนะนำจาก Gemini มีประโยชน์อย่างมากในการแก้ไขการเขียนโปรแกรม

Vakayil et al. [9] ได้พัฒนาระบบเซทบอทโดยใช้โมเดล Llama-2 ผสานโดยใช้เทคนิค Retrieval-Augmented Generation (RAG) เพื่อให้ความช่วยเหลือแก่เหยื่อของการล่วงละเมิดทางเพศ ระบบนี้ดึงข้อมูลจากแหล่งที่เชื่อถือได้ เช่น กฎหมาย สิทธิ และข้อมูลการติดต่อของหน่วยงานในอินเดีย เพื่อใช้ในการค้นหาคำตอบที่เกี่ยวข้องกับบริบทของคำถามผู้ใช้ เมื่อเปรียบเทียบกับเซทบอทแบบเดิมโมเดลนี้สามารถตอบคำถามได้อย่างมีมนุษยธรรม ไม่ตัดสินผู้ใช้ และให้คำแนะนำช่วยเหลือทางจิตวิทยาหรือกฎหมายอย่างปลอดภัย จากการประเมินเบื้องต้น พบว่าโมเดลให้ผลลัพธ์ที่มีความแม่นยำกว่า 95%

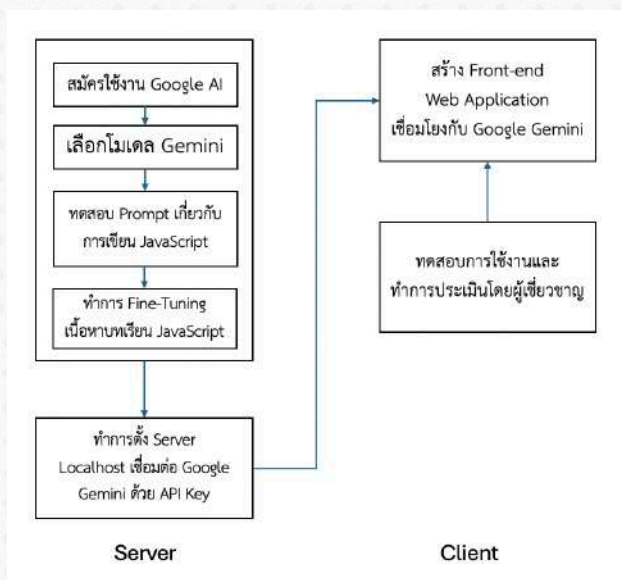
Zhalgasbayev et al. [10] ได้ทำการทดลอง fine-tuning โมเดล Gemma 2B โดยใช้เทคนิค Low-Rank Adaptation (LoRA) เพื่อสร้างผู้ช่วยตอบคำถามด้านวิทยาการข้อมูล ใช้ข้อมูลแบบ Q&A จาก StackOverflow, Python และ Data Science รวม 1,953 ตัวอย่างเพื่อฝึกโมเดล และประเมินผลก่อนและหลังทำ fine-tuning โดยพบว่าความสามารถ

ในการตอบคำถามดีขึ้น โมเดลมีค่า loss อยู่ที่ 0.4943 และความแม่นยำอยู่ที่ 0.7753 เป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพสำหรับการสร้างแชทบอทเพื่อเป็นผู้ช่วยที่ตอบโจทย์ด้าน Data Science ได้อย่างแม่นยำ

Akçapınar and Sidan [1] ได้ทำการพัฒนาและประเมินผลแชทบอทที่ทำหน้าที่ผู้ช่วยการเขียนโปรแกรมโดยใช้ GPT-3.5 เพื่อศึกษาผลคะแนนสอบและแนวโน้มการยอมรับข้อมูลของนักศึกษา การออกแบบวิจัยประเมินด้วยการสอบสองครั้งในชุดคำถามเดียวกัน ก่อนและหลังใช้แชทบอท กับนักศึกษา 45 คน ผลการวิเคราะห์พบว่า คะแนนเฉลี่ยของนักศึกษาเพิ่มขึ้นจาก 48.33 เป็น 74.47 ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติ Cohen's $d = 1.56$

จากการทบทวนวรรณกรรมข้างต้นจะเห็นได้ว่า แชทบอทที่ขับเคลื่อนด้วยโมเดลภาษา (LLM) มีศักยภาพในการสนับสนุนการเรียนรู้ โดยเฉพาะในแง่ของการตอบคำถามเชิงเทคนิค การให้คำแนะนำเชิงตรรกะ และการช่วยอธิบายแนวคิดที่ซับซ้อน เมื่อผ่านกระบวนการปรับปรุงฐานความรู้เช่นการทำ Fine-Tuning หรือ Retrieval-Augmented Generation (RAG) จะทำให้ประสิทธิภาพและความแม่นยำสูงขึ้น งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้โมเดลภาษา Gemini มาใช้ในการสร้างแชทบอทในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน

2.3 กรอบแนวคิด



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดงานวิจัย

กรอบแนวคิดของงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาแชทบอทปัญญาประดิษฐ์เพื่อทำหน้าที่ผู้ช่วยในการเรียนเขียนโปรแกรมเริ่มต้นจากการคัดเลือกโมเดลปัญญาประดิษฐ์เพื่อใช้ในการสร้างแชทบอท ผู้วิจัยได้เลือก Gemini ซึ่งมีอยู่ในเว็บไซต์ Google AI Studio ซึ่งเป็นบริการให้ใช้งานโมเดลด้านปัญญาประดิษฐ์ของ google โดยเริ่มจากดำเนินการสมัครใช้งาน Google AI ทำการเลือกโมเดล Gemini ทดสอบ Prompt เบื้องต้นเพื่อทดสอบ knowledge ที่มีอยู่ตรงกับเนื้อหาบทเรียนของเราหรือไม่ หลังจากนั้นทำการ Fine-Tuning โมเดลด้วยการใส่เนื้อหาบทเรียนการเขียนโปรแกรมภาษา JavaScript ลงผสมกับโมเดล Gemini เพื่อให้โมเดล มีความเชี่ยวชาญเฉพาะทาง จากนั้นจึงทำการตั้ง Server บน Localhost เพื่อให้โมเดลที่ปรับแต่งแล้วสามารถติดต่อสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลผ่าน API Key ได้ ในส่วนของฝั่ง Client จะเป็นการสร้าง Front-end Web Application ที่เชื่อมต่อกับ Server ดังกล่าว เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถได้ตอบจากแชทบอท ได้โดยตรง ทำให้สามารถเข้าถึงได้ทั้งคอมพิวเตอร์และโทรศัพท์มือถือสมาร์ตโฟน สุดท้ายทำการทดสอบการใช้งานจริงและประเมินผลโดยผู้เชี่ยวชาญ

2.4 ระเบียบวิธีการวิจัย

การวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาแชทบอทปัญญาประดิษฐ์ทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยในการเรียนเขียนโปรแกรม สำหรับนักศึกษา ชั้นปีที่ 1 โดยใช้ภาษา Javascript เป็นหลัก แชทบอทถูกออกแบบโดยการวิเคราะห์เนื้อหาการเขียนโปรแกรมเบื้องต้น คำสั่งเบื้องต้นของจาวาสคริปต์ และแชทบอทสามารถอธิบายได้ เพื่อให้มั่นใจว่านักศึกษาจะได้รับความรู้และทักษะที่จำเป็น ในการเขียนโปรแกรมภาษา Javascript อย่างมีประสิทธิภาพ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ทดลอง คือ เว็บไซต์แพลตฟอร์มแชทบอทปัญญาประดิษฐ์ที่ทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยในการเรียนเขียน โปรแกรม

2. เครื่องมือที่เก็บผลประสิทธิภาพของแชทบอทซึ่งเป็นแบบประเมินที่ครอบคลุม 3 ด้าน ได้แก่ การตอบคำถามด้าน การเขียนโปรแกรมขั้นพื้นฐาน ด้านการเขียนโปรแกรมเพื่อแก้ไขปัญหา การอธิบายให้เหตุผล โดยแบบประเมินประกอบด้วย คำถามจำนวน 50 ข้อ ครอบคลุมเนื้อหาตั้งแต่การเขียนคำสั่งพื้นฐาน เช่น ประเภทของตัวแปร คำสั่งเงื่อนไข คำสั่งวนซ้ำ ไปจนถึงการประยุกต์ใช้เช่น การรับค่าจากผู้ใช้ การคำนวณเปรียบเทียบ และการอธิบายการใช้ฟังก์ชันต่างๆ ในการประเมิน โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์จำนวน 3 ท่านจากคำถาม (Prompt) และเปรียบเทียบคำตอบ (Response) หลังจากนั้นจึงประเมินผล 3 ระดับ ได้แก่ 1 = ใช้งานได้, 0 = ไม่แน่ใจ, และ -1 = ควรปรับปรุง สถิติที่ใช้ คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

การออกแบบระบบ

การพัฒนาแชทบอทปัญญาประดิษฐ์เพื่อทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยในการเรียนเขียนโปรแกรมมีขั้นตอนดังนี้ โดยเริ่มต้นจาก เลือกพิจารณาเลือก LLM (Large Language Model) หรือโมเดลภาษาขนาดใหญ่ ที่เหมาะสมกับงาน โดยคำนึงถึง ความสามารถในการเข้าใจภาษาธรรมชาติ การเขียนโปรแกรมตัวอย่าง และความสามารถในการปรับแต่ง ในการออกแบบ แชทบอท ผู้วิจัยทำการทดสอบโมเดลในการตอบคำถามเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมภาษาจาวาสคริปต์ ป้อนคำถามเพื่อขอ คำแนะนำในการเขียนโปรแกรม หลังจากนั้นจึงทำการปรับแต่งโดยการเขียนคำสั่ง Prompt Engineering เป็นคำสั่งเริ่มต้น เพื่อให้โมเดลแชทบอท สามารถตอบสนองต่อคำถามของผู้เรียนได้ตามจุดประสงค์

การพัฒนาระบบ

ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ Gemini ของ Google เป็นโมเดลที่อยู่บน Google AI Studio และทำการกำหนดคำสั่งใน รูปแบบ Prompt Engineering เพื่อให้แชทบอทสามารถตอบคำถามเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมภาษา Javascript เท่านั้น เขียนคำสั่งดังนี้

“You are AI mentor, answer about programming Language only, such as javascript answer shortly Thai message, Your name is Wiselybot introduce yourself explain in thai Language and short answer”

การเตรียมข้อมูล

การเตรียมข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาระบบแชทบอท ได้แก่ ข้อมูลบทเรียนภาษา javascript ตัวอย่าง source code โปรแกรมที่เป็นโจทย์คำถาม ในรูปแบบไฟล์ CSV ดังภาพที่ 2 เพื่อทำกระบวนการ Fine-Tuning Model โดยนำบทเรียนเขียน โปรแกรมภาษา javascript ดังที่กล่าวมา ทำการแนบไฟล์ลงใน Server Google AI Studio

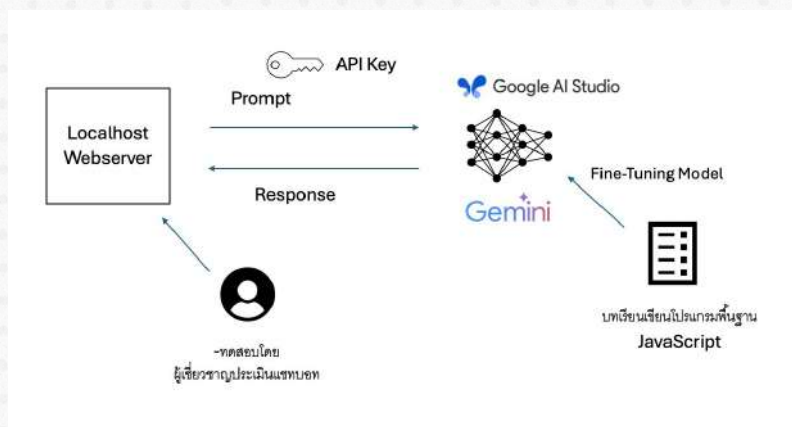

```

82 เงื่อนไขใน if ต้องเป็นประเภทใด? เงื่อนไขใน if ต้องเป็นค่าตรรกะ (true หรือ false) หรือค่าที่สามารถเปรียบเทียบเป็นตรรกะได้
83 สามารถใช้ if-else ซ้อนกันได้หรือไม่? สามารถใช้ if-else ซ้อนกันได้ เรียกว่า nested if-else เพื่อสร้างเงื่อนไขที่ซับซ้อน
84 elif คืออะไรในภาษาโปรแกรม? elif เป็นคำศัพท์ใช้ในบางภาษา เช่น Python เพื่อเพิ่มเงื่อนไขพิเศษระหว่าง if และ else
85 if-else แตกต่างจาก switch-case อย่างไร? if-else ใช้สำหรับเงื่อนไขที่มีค่าหลากหลายแบบ ส่วน switch-case
86 ใช้สำหรับการเปรียบเทียบค่าคงที่เฉพาะเจาะจง
87 คำสั่ง if-else ใช้ในกรณีใด? ใช้เมื่อโปรแกรมต้องตัดสินใจว่าจะดำเนินการอย่างไรตามเงื่อนไขที่กำหนด
88 สามารถใช้ตัวดำเนินการตรรกศาสตร์ภายใน if ได้หรือไม่? สามารถใช้ตัวดำเนินการตรรกศาสตร์ เช่น AND (&&), OR (||) และ
89 NOT (!) เพื่อกำหนดเงื่อนไขที่ซับซ้อนขึ้น
90 if-else มีข้อดีประสิทธิภาพของโปรแกรมหรือไม่? มีข้อดีประสิทธิภาพหากมีเงื่อนไขซับซ้อนเกินไป อาจทำให้โปรแกรมทำงานช้าลง
91 สามารถใช้ if-else ในการตรวจสอบค่าใช่หรือไม่? สามารถใช้ตรวจสอบค่าที่ผู้ใช้ป้อนเข้ามาและให้โปรแกรมทำงานตามค่าที่ได้รับ
92 สามารถใช้ if-else กับตัวเลขและข้อความได้หรือไม่? สามารถใช้ได้กับทั้งตัวเลขและข้อความ โดยใช้ตัวดำเนินการเปรียบเทียบ
93 สามารถมี if ได้โดยไม่มี else หรือไม่? สามารถมี if ได้โดยไม่มี else
94 หากต้องการให้โปรแกรมทำงานเฉพาะเมื่อเงื่อนไขเป็นจริงเท่านั้น
95 มีข้อผิดพลาดอะไรที่พบบ่อยในการใช้ if-else? ข้อผิดพลาดที่พบบ่อย ได้แก่ การใช้เครื่องหมายเปรียบเทียบผิด
96 และการเว้นวรรคที่ผิดพลาดในบางภาษา
97 สามารถใช้ if-else เพื่อกำหนดค่าให้ตัวแปรได้หรือไม่? สามารถใช้กำหนดค่าให้ตัวแปรตามเงื่อนไขที่กำหนดได้ เช่น result = 'ผ่าน'
98 if score >= 50 else 'ไม่ผ่าน'
99 จะเขียน if-else อย่างไรให้โค้ดอ่านง่าย? ควรใช้การจับรูปแบบโค้ดที่ชัดเจน และหลีกเลี่ยงการซ้อนเงื่อนไขมากเกินไป
100 ควรใช้ if-else หรือ switch-case ดีกว่า? ขึ้นอยู่กับกรณี หากมีการเปรียบเทียบค่าคงที่หลายค่า switch-case อาจเหมาะสมกว่า
101 if-else
102 สามารถใช้ if-else ในการจัดการข้อผิดพลาดได้หรือไม่? สามารถใช้ if-else
103 เพื่อตรวจสอบข้อผิดพลาดและแจ้งเตือนผู้ใช้เมื่อเกิดข้อผิดพลาดได้
104 สามารถใช้ if-else ในการตรวจสอบฐานข้อมูลได้หรือไม่? สามารถใช้เพื่อตรวจสอบค่าที่ได้จากฐานข้อมูลและดำเนินการตามข้อมูลที่ได้รับ
105 สามารถใช้ if-else กับฟังก์ชันได้หรือไม่? สามารถใช้ if-else ภายในฟังก์ชันเพื่อกำหนดการทำงานของฟังก์ชันตามเงื่อนไขที่กำหนด
106 การใช้ if-else ซ้อนกันมากเกินไปมีข้อเสียอย่างไร? อาจทำให้โค้ดอ่านยากและบำรุงรักษายาก ควรใช้วิธีอื่น เช่น การใช้
107 switch-case หรือฟังก์ชันแยกส่วน
108 เขียนโปรแกรมรับชื่อและคะแนน แล้วแสดงผลแบบจับรูปแบบ ด้วยภาษา javascript, ใช้ prompt() รับข้อมูล แล้ว console.log() ชื่อ:
109 ${name} คะแนน: ${score})
110 เขียนโปรแกรมสุ่มเลขในช่วงที่กำหนด ด้วยภาษา javascript, ใช้ Math.floor(Math.random()*(max-min+1))+min
111 เขียนโปรแกรมรับอุณหภูมิในค่าเซลเซียส แล้วแปลงเป็นฟาเรนไฮต์ ด้วยภาษา javascript, "อ่าน C ผ่าน prompt(), คำนวณ F =
112 C*9/5 + 32 แล้วแสดงผล"
113 เขียนโปรแกรมเพื่อคำนวณค่ารากที่สองของตัวเลขที่รับเข้ามา ด้วยภาษา javascript, รับ n จาก prompt() แล้วใช้ Math.sqrt(n)

```

ภาพที่ 2 ข้อมูลบทเรียนภาษา JavaScript ในรูปแบบ CSV

ขั้นตอนต่อมาจึงทำการเขียนเว็บแอปพลิเคชันเชื่อมต่อกับโมเดล Gemini โดยใช้ HTML/CSS/JavaScript เป็น front-end และฝั่ง Server เป็น Google AI Studio โดยมีโมเดล Gemini อยู่ภายใน การเชื่อมต่อกันระหว่างเว็บแอปพลิเคชันกับโมเดลอาศัย API Key เป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อ ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ขั้นตอนการทำงานของ Web App Chatbot

ในการทดสอบการใช้งานเริ่มต้นเมื่อผู้ใช้งานป้อนข้อความคำถาม หรือ Prompt ผ่านเว็บแอปพลิเคชันเซพบอทที่สร้างขึ้น มา จากนั้นจะทำการส่งคำขอไปยัง Server เพื่อทำการประมวลผลและส่งคำถามต่อไปยังโมเดล Gemini โดยผ่าน API Key เมื่อ Gemini ประมวลผลเสร็จสิ้นจะส่งคำตอบ (Response) กลับมายังเว็บแอปพลิเคชันเซพบอทเพื่อแสดงผลยังหน้าจอของผู้ใช้งาน

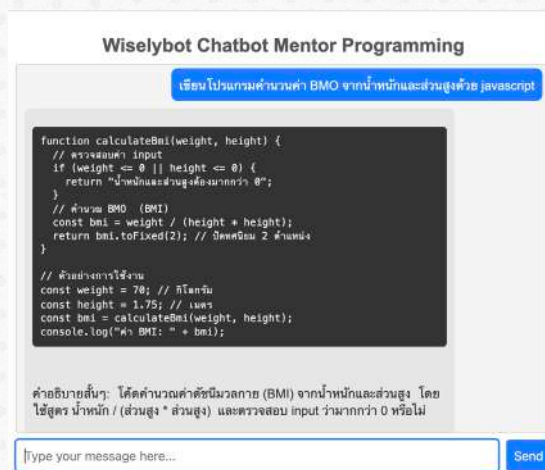
4. ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการสร้างเว็บแอปพลิเคชันแชทบอทเพื่อเป็นผู้ช่วยในการเรียนเขียนโปรแกรมมีการเชื่อมโยงกับโมเดล Gemini โดยใช้ในบริบทการเรียนการสอนเขียนโปรแกรม แสดงผลการโต้ตอบจะขึ้นอยู่กับบริบทของคำถามหรือ Prompt ที่ผู้เรียนป้อนเข้ามา เช่น การขอคำอธิบายแนวคิดพื้นฐาน การช่วยตรวจหาและแก้ไขข้อผิดพลาดในโค้ด ตัวอย่างเช่น การอธิบายการเขียนโปรแกรม ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 หน้าจอเว็บแอปพลิเคชันแชทบอทปัญญาประดิษฐ์

แชทบอททำการตอบโต้เมื่อทำการสั่งให้แชทบอททำการเขียนโปรแกรม และตัวอย่างการเขียนภาษา JavaScript จะทำการใส่กรอบสีดำเพื่อแยกจากข้อความปกติ และทำการอธิบายต่อท้าย ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 หน้าจอการยกตัวอย่างการเขียนโปรแกรม

จากการศึกษาและพัฒนาแชทบอทในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน ผู้ใช้งานจะสามารถเข้าไปใช้งานได้โดยผ่าน URL ที่ผู้วิจัยได้ส่งมอบให้ก่อนหน้า ทำการประเมินทั้งหมด 3 ประเด็นหลักคือ ด้านการเขียนโปรแกรมขั้นพื้นฐาน ด้านการเขียนโปรแกรมแก้ไขปัญหา ด้านการอธิบายให้เหตุผล แบบประเมิน 50 ข้อ ทำการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญทางเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์จำนวน 3 ท่าน ผลการประเมินแสดงได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางผลการประเมินแบบบท

ลำดับ	หัวข้อการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	SD	ความหมาย
1	ด้านการเขียนโปรแกรมขั้นพื้นฐาน	82	0.43	ดีมาก
2	ด้านการเขียนโปรแกรมเพื่อแก้ไขปัญหา	78	0.42	ดี
3	ด้านการอธิบายให้เหตุผล	73	0.46	ดี
ค่าเฉลี่ยรวม		78	0.44	ดี

จากตารางที่ 1 พบว่าผลประเมินทางด้านการเขียนโปรแกรมขั้นพื้นฐานอยู่ในระดับ ดีมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 82 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.43 ในด้านการเขียนโปรแกรมเพื่อแก้ไขปัญหา อยู่ในระดับ ดี ค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 78 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.42 การอธิบายให้เหตุผลอยู่ในระดับ ดี ค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 73 ค่า ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.46 ผลประเมินโดยรวมอยู่ในระดับ ดี ค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 78 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.44

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ผลประเมินโดยรวมอยู่ในระดับดี ปัจจัยที่สนับสนุนผลลัพธ์นี้เป็นเพราะแบบบทสามารถให้คำตอบทางด้านการเขียนโปรแกรมพื้นฐาน ได้ในระดับดีมาก สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อแก้ปัญหาได้ในระดับดี และสามารถอธิบายให้เหตุผลอยู่ในระดับดี สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย แบบบทสามารถช่วยเหลือในการเรียนเขียนโปรแกรมภาษาจาวาสคริปต์ได้

5. บทสรุป

เว็บแอปพลิเคชันแบบบทสามารถให้คำตอบทางด้านการเรียนเขียนโปรแกรมโดยสามารถเขียนโปรแกรมแกรมขั้นพื้นฐานได้ในระดับดีมาก และสามารถอธิบายและให้เหตุผลในระดับดี แต่ยังมีข้อจำกัดเรื่องคำตอบบางคำถามไม่สามารถตอบคำถามได้อย่างชัดเจน แม้ว่าจะมีประโยชน์ในการส่งเสริมการเรียนรู้ แต่ไม่ควรใช้แบบบทแทนที่การสอนทั้งหมดควรใช้แบบบทเป็นเครื่องมือเสริมในการฝึกฝนและเป็นผู้ให้คำแนะนำ จะช่วยให้เกิดประสิทธิภาพในการเรียนรู้ เช่นการสร้างเป็นบทเรียนช่วยสอนโดยมีการฝังแบบบทลงในสื่อการเรียนรู้เพื่อให้ตอบคำถามกับผู้เรียนได้ในทันที ควรมีการพัฒนาแบบบทอย่างต่อเนื่อง ทำการเปรียบเทียบโมเดลปัญญาประดิษฐ์อื่นๆ สอดคล้องกับบทเรียนที่ต้องใช้งานหรือไม่ เพิ่มความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลหรือโปรแกรมที่ซับซ้อนมาก ปรับปรุงการตอบสนองให้เป็นธรรมชาติและเข้าใจง่าย และการติดตามความก้าวหน้าของผู้เรียน ควรออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักศึกษาคิดเชิงวิพากษ์และแก้ไขปัญหาด้วยตนเอง ก่อนที่จะใช้แบบบทเพื่อยืนยันคำตอบเพื่อป้องกันการพึ่งพาแบบบทมากเกินไป และส่งเสริมการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาอย่างแท้จริงและควรมีการวิจัยเพิ่มเติมเพื่อศึกษาผลกระทบของการใช้แบบบทในการเรียนรู้ในระยะยาวควรขยายผลการประเมินเพื่อใช้กับนักศึกษาจริงเพื่อนำมาวิเคราะห์ผลต่อไป

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] G. Akçapınar, E. Sidan. AI chatbots in programming education: Guiding success or encouraging plagiarism? *Discover Artificial Intelligence*. 4(87)(2024).
- [2] S. Groothuijsen, A. van den Beemt, J.C. Remmers, L.W. van Meeuwen. AI chatbots in programming education: Students' use in a scientific computing course and consequences for learning. *Computers and Education: Artificial Intelligence*. 7(2024) 100290.

- [3] M. Ahmed, M. Darrah, A. Ashraf, Y. Adel, A. Elatrozy, B.E. Mohamed, W. Gomaa. CodeQA: Advanced programming question-answering using LLM agent and RAG. in Proceedings 2024 6th Novel Intelligent and Leading Emerging Sciences Conference (NILES), Egypt, 2024, 1–6.
- [4] Z. Wei, A. T. L. Lee, V. S. Lee, W. K. Chan. Toward AI-facilitated learning cycle in integration course through pair programming with AI agents. *Journal of Educational Technology Research*. 12(2024) 25–40.
- [5] A. T. Neumann, Y. Yin, S. Sowe, S. Decker, M. Jarke. An LLM-driven chatbot in higher education for databases and information systems. Conference paper or preprint. 2024.
- [6] S. Xu, X. Huang, C. K. Lo, G. Chen, M. S. Jong. Evaluating the performance of ChatGPT and GPT-4o in coding classroom discourse data: A study of synchronous online mathematics instruction. *Computers and Education: Artificial Intelligence*. 7(2024) 100325.
- [7] M. Van Poucke. ChatGPT, the perfect virtual teaching assistant? Ideological bias in learner-chatbot interactions. *Computers and Composition*. 73(2024) 102871.
- [8] A. Amburle, C. Almeida, O. Lopes, N. Lopes. AI based code error explainer using Gemini model. in Proceedings 3rd IEEE International Conference on Applied Artificial Intelligence and Computing (ICAAIC). India, 2024, 274–278.
- [9] S. Vakayil, A. Alex, D.S. Juliet, S. Vakayil. RAG-based LLM chatbot using Llama-2. in Proceedings 7th IEEE International Conference on Devices, Circuits and Systems (ICDCS), India, 2024, 195–199.
- [10] A. Zhalgasbayev, A. Khauazkhan, Z. Sarsenova, Fine-tuning the Gemma model for Kaggle Assistant. in Proceedings IEEE AITU: Digital Generation, Kazakhstan, 2024, 104–109.

การจำแนกประเภทเอกสารด้วยปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ Document Classification Using Generative AI

พงศกร บัวคำ¹ จารุเดช แก่วนสิกร¹ และ วีรวรรณ จันทะทรัพย์^{1*}

¹ หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิตสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
*E-mail: veerawan.j@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

การจำแนกประเภทเอกสารโครงการเป็นกระบวนการสำคัญในการบริหารจัดการและสืบค้นข้อมูลในคลังเอกสารวิจัยและโครงการนักศึกษา งานวิจัยนี้นำเสนอแนวทางการจำแนกเอกสารโครงการนักศึกษาออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ เว็บแอปพลิเคชัน โมบายแอปพลิเคชัน และฮาร์ดแวร์/ไอโอที โดยใช้โมเดลปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ Gemini 2.0 Pro ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงในการประมวลผลภาษาธรรมชาติ กระบวนการพัฒนาเริ่มจากการรวบรวมชุดข้อมูลโครงการในรูปแบบไฟล์ PDF และแปลงเป็นข้อความ จากนั้นดำเนินการประมวลผลเบื้องต้น ประกอบด้วย การลบอักขระพิเศษ การจัดหมวดหมู่ และจัดทำคำอธิบายเนื้อหา ก่อนนำเข้าสู่กระบวนการจำแนกด้วยโมเดล Gemini 2.0 Pro ด้วยเทคนิคแบบจำลอง ทรานส์ฟอร์เมอร์ โดยมีการปรับค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญ เช่น รอบการเรียนรู้เท่ากับ 3 อัตราการเรียนรู้เท่ากับ 0.0001 และกำหนดจำนวนตัวอย่างชุดย่อยเท่ากับ 4

ผลการทดสอบ พบว่า โมเดลปัญญาประดิษฐ์สามารถจำแนกเอกสารบนเว็บแอปพลิเคชันได้อย่างถูกต้องร้อยละ 85.67 จากการใช้งานจริง ซึ่งแสดงถึงประสิทธิภาพของแนวทางที่นำเสนอ ผลลัพธ์จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดหมวดหมู่เอกสารและช่วยลดเวลาในการคัดกรองข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การจำแนกเอกสาร, ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์

Abstract

Document classification of project reports is a crucial process for managing and retrieving information within research and student project repositories. This study presents an approach to classify student project documents into three categories: web applications, mobile applications, and hardware/IoT. The classification utilizes the generative artificial intelligence model Gemini 2.0 Pro, which demonstrates high efficiency in natural language processing. The development process begins with collecting project datasets in PDF format and converting them into text. Subsequently, preliminary processing is conducted, including special character removal, categorization, and content description creation. These processed data are then fed into the classification procedure using the Gemini 2.0 Pro model based on the transformer

models architecture. Key parameters are tuned, such as the number of epochs=3, learning rate=0.0001, and batch size=4.

The test results showed that the artificial intelligence model was able to accurately classify documents related to web applications with an accuracy of 85.67% in real-world usage. This demonstrates the effectiveness of the proposed approach. The findings of this study can be applied to document categorization and help significantly reduce the time required for data screening.

Keywords: Documents Classification, Generative Artificial Intelligence

1. บทนำ

เทคโนโลยีสารสนเทศมีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวัน ทั้งด้านการสื่อสาร การทำธุรกรรม และการเข้าถึงข้อมูล โดยมีการพัฒนาอย่างรวดเร็วในช่วง 20 ปีที่ผ่านมา ส่งผลอย่างชัดเจนต่อรูปแบบการดำเนินชีวิตและกระบวนการเรียนรู้ของคนในยุคปัจจุบัน ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ (Generative Artificial Intelligence: Generative AI) พัฒนาขึ้นจากศาสตร์การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning: DL) ร่วมกับโมเดลภาษาขนาดใหญ่ (Large Language Models: LLMs) ซึ่งได้รับความสนใจและนำไปใช้อย่างแพร่หลายตั้งแต่การเปิดตัว ChatGPT โดยบริษัท OpenAI ในปี 2023 และมีบริษัทเทคโนโลยีรายใหญ่อื่น ๆ เช่น Meta AI, Copilot และ Gemini ของ Google ที่พัฒนาต่อยอดเทคโนโลยีนี้ Generative AI ถูกประยุกต์ใช้ในหลายด้าน เช่น การสร้างเนื้อหา สื่อภาพและวิดีโอ การสรุปและแปลภาษา การสนทนาอัตโนมัติ การวิเคราะห์ความหมาย และการประยุกต์ใช้งานเฉพาะทาง ด้วยความสามารถในการทำงานที่หลากหลายนี้เทคโนโลยีดังกล่าวเริ่มมีบทบาทสำคัญในการจำแนกประเภทเอกสาร (Document Classification) ซึ่งในอดีต การจำแนกเอกสารมักใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning: ML) เช่น เทคนิค Naïve Bayes, SVM และ Random Forest เป็นต้น อย่างไรก็ตาม เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องมีข้อจำกัดในเรื่องความแม่นยำและประสิทธิภาพเมื่อจัดการกับข้อมูลที่มีความซับซ้อนและมีบริบทเชิงภาษา ทำให้เกิดช่องว่างของปัญหาที่ต้องการการพัฒนาาระบบที่สามารถเข้าใจความหมายในเชิงลึกและจัดการข้อมูลในรูปแบบที่หลากหลายได้ดีขึ้น Generative AI ซึ่งใช้โมเดลทรานส์ฟอร์มเมอร์ (Transformer Models) ที่มีความสามารถในการเรียนรู้บริบทและสร้างความหมายเชิงลึก จึงถูกนำมาใช้เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยสามารถเพิ่มความแม่นยำและประสิทธิภาพในการจำแนกเอกสารได้ดียิ่งขึ้นเมื่อเทียบกับวิธีการแบบดั้งเดิม คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดประยุกต์ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์กับงานจำแนกประเภทเอกสารในรูปแบบ pdf ไฟล์ ซึ่งปัจจุบันการจัดเก็บไฟล์เอกสารในรูปแบบ PDF (Portable Document Format) ได้รับความนิยมอย่างกว้างขวางในการจัดเก็บและแลกเปลี่ยนเอกสารทั้งในภาคธุรกิจ หน่วยงานราชการ และสถาบันการศึกษา เนื่องจากเป็นรูปแบบไฟล์ที่ถูกออกแบบมาให้คงรูปแบบ การจัดหน้าของเอกสารต้นฉบับได้อย่างสมบูรณ์ ไม่ว่าผู้ใช้จะเปิดเอกสารจากอุปกรณ์หรือระบบปฏิบัติการใดก็ตาม เอกสาร PDF จึงเป็นมาตรฐานกลางที่ช่วยให้การสื่อสารข้อมูลระหว่างบุคคลหรือหน่วยงานเป็นไปอย่างราบรื่นและเชื่อถือได้ นอกจากนี้ PDF ยังมีคุณสมบัติหลากหลายที่ตอบโจทย์ความต้องการของผู้ใช้งานในด้านการจัดเก็บและแบ่งปันเอกสาร การประยุกต์ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์กับงานด้านการจำแนกประเภทเอกสารมีนักวิจัยที่ให้ความสนใจและดำเนินงานวิจัย อาทิ ผลงานวิจัยของ Yogatama และคณะ [1] นำเสนอการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจำแนกประเภทเอกสารด้วยโมเดลปัญญาประดิษฐ์โครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำ (Recurrent Neural Network: RNN) แบบโมเดลดั้งเดิม (Generative Models) กับโมเดลจำแนก (Discriminative Model) ผลการวิจัยนี้พบว่าโมเดลแบบดั้งเดิมมีอัตราค่าคลาดเคลื่อน (Error Rate) สูงกว่า แต่เรียนรู้เร็ว และทนต่อการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลงานวิจัยของ Bouzid และ Piron [2] ศึกษาการใช้โมเดลภาษาขนาดใหญ่ ประกอบด้วย ChatGPT-3.5, GPT-4o, Gemini Pro และ Claude 3.5 ในการสกัดคำสำคัญเพื่อสร้างดัชนีเอกสารสั้น ผลการวิจัยนี้เน้นที่

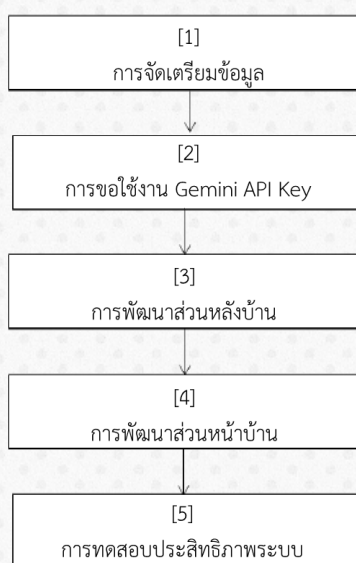
การประสิทธิภาพการทำงานของ GenAI ในการสร้างดัชนีเอกสารอย่างรวดเร็วและแม่นยำ ผลงานวิจัยของ Gani และคณะ [3] ศึกษาการจำแนกประเภทคำถามการเรียนรู้เขียนตาม Bloom's Taxonomy และเปรียบเทียบประสิทธิภาพโมเดลปัญญาประดิษฐ์ด้วยหลักการเรียนรู้เครื่อง (Machine Learning: ML) การเรียนรู้เชิงลึก (DL) และปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ ประกอบด้วย text-davinci-003, gpt-3.5-turbo, PaLM2 และ Gemini Pro ในโหมด zero-shot เป็นต้น

สำหรับงานวิจัยนี้ใช้เอกสารบทคัดย่อโครงงานวิทยาการคอมพิวเตอร์ของนักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ที่จัดเก็บในรูปแบบไฟล์ PDF พัฒนาเครื่องมือการวิจัยในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชันเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้ง่ายและสะดวก เลือกใช้ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์จากบริษัท Google คือ Gemini รุ่น Pro 2.0 โดยมีจุดมุ่งหวังเพื่อศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของงานการจำแนกเอกสารของปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ และการปรับแต่งค่าพารามิเตอร์ให้เหมาะสมกับงานจำแนกเอกสาร

สำหรับการเรียบเรียงหัวข้อเนื้อหาในบทความนี้ประกอบด้วย 6 หัวข้อหลัก ดังนี้ (1) บทนำ (2) วิธีการดำเนินงานวิจัย (3) ผลการทดลองและอภิปรายผล (4) สรุปผลการวิจัย (5) กิตติกรรมประกาศ และหัวข้อสุดท้าย (6) เอกสารอ้างอิง รายละเอียดเนื้อหาในแต่ละหัวข้อมีดังนี้

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้พัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับจำแนกเอกสาร PDF ด้วยการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ของบริษัท Google คือ Gemini Pro 2.0 [4] โดยใช้ไฟล์กรณีศึกษาเอกสารบทคัดย่อจากโครงงานวิทยาการคอมพิวเตอร์ของนักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จำนวน 60 ไฟล์ จัดแบ่งประเภทไฟล์เอกสารเป็น 3 ประเภท ประกอบด้วย เอกสารโครงงาน ประเภทแอปพลิเคชันบนแพลตฟอร์มมือถือ (Mobile Application) เอกสารโครงงานประเภทเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) และเอกสารโครงงานฮาร์ดแวร์/ไอโอที (Hardware/IoT) พัฒนาส่วนต่อประสานสำหรับผู้ใช้งาน (User Interface: UI) ด้วยภาษา HTML, Java Script และ CSS พัฒนาส่วนหลังบ้านด้วยภาษา Python และไลบรารีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และใช้แพลตฟอร์ม Docker [5] สำหรับเครื่องมือในการติดตั้งเพื่อการใช้งานจริง (Deploy) ในขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพการจำแนกใช้เมทริกซ์ความสับสน (Confusion Matrix) รายละเอียดขั้นตอนวิธีการดำเนินงานวิจัยดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนภาพไดอะแกรมภาพรวมขั้นตอนวิธีการดำเนินงานวิจัย

จากแผนภาพไดอะแกรมภาพรวมขั้นตอนวิธีการดำเนินงานวิจัย ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ (1) การจัดเตรียมข้อมูล (2) การขอใช้งาน Gemini API Key (3) การพัฒนาส่วนหลังบ้าน (4) การพัฒนาส่วนหน้าบ้าน และ (5) การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบ รายละเอียดแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

2.1 การจัดเตรียมชุดข้อมูล

ในขั้นตอนนี้คณะผู้วิจัยได้วางแผนจัดหาทรัพยากรที่จำเป็นสำหรับการพัฒนาซึ่งเป็นเอกสารเกี่ยวกับงานวิจัย แต่ละประเภทที่จะใช้ทดลองในการแยกชนิดไฟล์เพื่อจัดเก็บ โดยตัวอย่างที่จะทำการรวบรวมต่อไปนี้อาจมีความชัดเจนในเรื่องของความแตกต่าง ไม่เช่นนั้นจะไม่สามารถเก็บผลลัพธ์ที่ดีพอได้และสร้างความสับสน ส่งผลให้การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันจำแนกเอกสารด้วยปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ได้ผลลัพธ์ที่ต่ำไปด้วย โดยจะมีหัวข้อหลักของไฟล์เอกสารที่จะนำมาจัดหมวดหมู่จำนวน 3 ประเภท ประกอบด้วยเว็บแอปพลิเคชัน แอปพลิเคชันมือถือ และฮาร์ดแวร์/ไอโอที

โดยทั้ง 3 ประเภท ใช้ข้อมูลไฟล์เอกสาร PDF กรณีศึกษาเอกสารบทความวิทยานิพนธ์ของนักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จำนวน 60 ไฟล์ โดยจัดแบ่งจำนวนไฟล์ในแต่ละประเภทจำนวน 20 ไฟล์

2.2 การขอใช้งาน Gemini API Key

เป็นขั้นตอนขอ API Key ของ Gemini AI เพื่อใช้ในการเข้าถึงติดต่อใช้งานพีเจเอชเอชของ Gemini AI ที่เปิดโอกาสให้นักพัฒนาซอฟต์แวร์ได้เข้าถึงโมเดลของ Google ได้หลายประเภทพร้อมโดยผ่านการเรียกด้วย API Key ในขั้นตอนนี้จะมีการทดสอบการปรับแต่งค่าพารามิเตอร์สำหรับงานที่ต้องการ (Fine-Tuned AI) เพื่อให้โมเดลปัญญาประดิษฐ์ที่ได้รับการฝึกฝนเพิ่มเติมบนข้อมูลเฉพาะทางหรือข้อมูลที่กำหนดขึ้นเพื่อให้ทำงานได้ดีขึ้นในงานเฉพาะด้าน รายละเอียดขั้นตอนการขอใช้งาน Gemini API Key มีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การเข้าสู่เว็บ Gemini AI เพื่อใช้งาน ในขั้นตอนนี้จะเป็นการขอ API Key จากเว็บไซต์ของ Google AI Studio เพื่อนำมาใช้งาน สามารถเข้าได้จาก <https://aistudio.google.com/apikey> [6] เพื่อขอ API Key

ขั้นตอนที่ 2 การปรับแต่งพารามิเตอร์ (Fine-Tuning)

ในการทดสอบจริงนั้นจะมีการทดลองใช้โมเดลที่ได้ทำการปรับแต่งพารามิเตอร์ให้กับปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ Gemini เพื่อนำมาใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพและทดลองใช้งานจริงในภายหลัง โดยงานวิจัยนี้ดำเนินการปรับแต่ง (Tuning) โดยการปรับค่ารอบการเรียนรู้ (Epochs) เท่ากับ 3 ปรับแต่งอัตราการเรียนรู้ (Learning Rate) เท่ากับ 0.0001 และกำหนดจำนวนตัวอย่างชุดย่อย (Batch Size) เท่ากับ 4 ซึ่งเป็นตัวเลขเหมาะสมที่ได้จากการเลือกแบบจำลอง (Model Selection) ดำเนินการฝึกฝนการเรียนรู้ (Training) จากข้อมูลที่มีทั้งหมดจำนวน 60 เอกสารด้วยกัน อย่างไรก็ตามการปรับแต่งพารามิเตอร์มากเกินไปอาจทำให้เกิดปัญหาการเรียนรู้มากเกินไปจนสูญเสียประสิทธิภาพ (Overfitting) ซึ่งทำให้โมเดลปัญญาประดิษฐ์ที่ได้ทำงานได้ไม่ดีและทำงานผิดพลาดได้เมื่อเจอข้อมูลใหม่หรือไม่รู้ลักษณะใช้งานจริง

คณะผู้วิจัยดำเนินการนำเข้าไฟล์ข้อมูลเอกสาร PDF จำนวน 60 ไฟล์ที่ผ่านกระบวนการรู้จำอักขร (Optical Character Recognition: OCR) และจัดเก็บในรูปแบบ CSV ไฟล์เข้าสู่การปรับแต่งโมเดลปัญญาประดิษฐ์

2.3 การพัฒนาส่วนหลังบ้าน

ในการพัฒนาระบบหลังบ้าน (Back End) งานวิจัยนี้พัฒนาส่วนหลังบ้านด้วยเฟรมเวิร์ก (Framework) FastAPI ซึ่งเป็นเฟรมเวิร์กขนาดเล็กที่ช่วยให้การพัฒนา โดย FastAPI มีฟีเจอร์ต่าง ๆ มากมายที่ช่วยในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน ไม่ว่าจะเป็นการตั้งค่า IP และ Port จัดการฐานข้อมูล และรองรับการเขียนแบบ Asynchronous ซึ่งหมายความว่าสามารถเขียนโปรแกรมที่สามารถทำงานได้ทันทีโดยไม่ต้องรอคำสั่งก่อนหน้าให้เสร็จ ซึ่งระบบนี้จะมีผลอย่างมากในการพัฒนา ไม่ว่าจะเป็นการทำงานหลายอย่างพร้อมกันโดยไม่ให้โปรแกรมหยุดชะงัก หรือการทำงานโดยระบบพื้นหลัง แต่การเขียนวิธีนี้จะต้องอาศัยความรู้พอสมควรเนื่องจากต้องจัดการค่า Return หรือ การแบ่ง Thread การทำงานด้วยตัวเอง

นอกจากระบบพื้นฐานที่กล่าวมาข้างต้นยังมีไลบรารีอื่น ๆ มากมายในงานวิจัยนี้ซึ่งแต่ละขั้นตอนจะอธิบายการทำงานและความเกี่ยวข้องของแต่ละระบบการทำงาน สำหรับรายละเอียดขั้นตอนการพัฒนาส่วนหลังบ้านมีดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การเรียกใช้งาน FastAPI และ SQL Alchemy

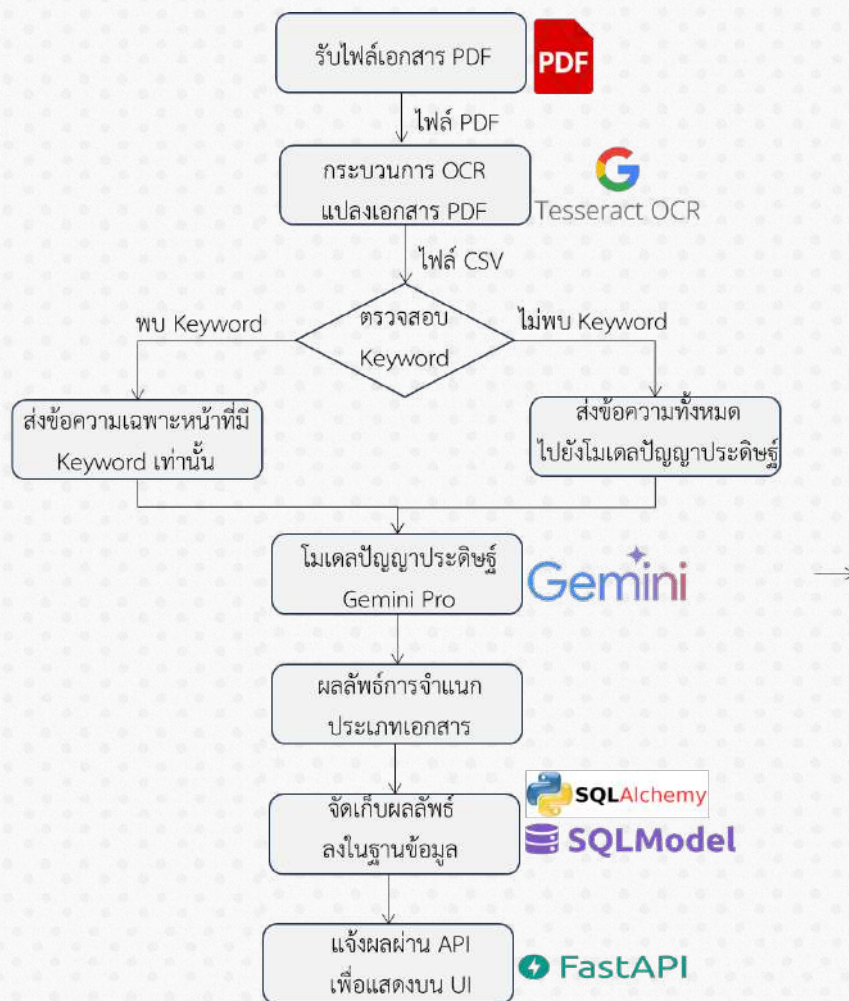
ในการพัฒนานี้จะใช้ FastAPI ในด้านของ RestAPI หรือก็คือการสร้าง End Point สำหรับการเรียกฟังก์ชันผ่าน API เช่น GET เป็นต้น โดยต้องทำการตั้งค่าให้เรียบร้อยก่อน โดยจะเริ่มจากไฟล์แรกที่จะถูกเรียกใช้งานด้วยการเขียนชุดคำสั่งในไฟล์ main.py โดยจะพึ่ง Uvicorn ซึ่งเป็น ASGI server ไว้สำหรับ Hosting เนื่องจากตัว FastAPI เป็นเพียงแค่ Framework สำหรับการจัดวาง RestAPI เท่านั้น งานวิจัยนี้ตั้งคำถามข้อมูลที่จะใช้ควบคู่กันกับ FastAPI ด้วย SQLAlchemy กับ SQLModel เนื่องจาง่ายต่อการพัฒนาในส่วนของการจัดการฐานข้อมูล

ขั้นตอนที่ 2 สร้างจุดเชื่อมต่อ (End point API)

หลังจากสร้างฐานข้อมูลเสร็จแล้วจะเริ่มทำการสร้างจุดเชื่อมต่อ (End point) สำหรับฟังก์ชันที่จำเป็น โดย End point เหล่านี้จะสามารถเข้าถึงได้จากการเรียกใช้งานผ่าน API โดยจะสามารถทดลองได้จากโปรแกรม Postman จากนั้นดำเนินการเขียนฟังก์ชันในการร้องขอไฟล์จากฐานข้อมูลผ่าน API GET ซึ่งในฟังก์ชันนี้จะทำการส่งไฟล์คืนกลับไปยังผู้ร้องขอไฟล์ที่ระบุ ตามปกติแล้วจะทำการเปิดไฟล์ในบราวเซอร์โดยอัตโนมัติ ซึ่งในบราวเซอร์ที่ใช้ชุดคำสั่ง (Source code) จาก Chromium จะสามารถเปิดไฟล์ผ่านบราวเซอร์ได้เลยซึ่งจะเป็นกรณีส่วนใหญ่ในบราวเซอร์มาตรฐานในปัจจุบัน หากไม่รองรับจะทำการดาวน์โหลดไฟล์โดยอัตโนมัติแทน จากนั้นเขียนฟังก์ชันต่าง ๆ ประกอบด้วย ฟังก์ชันลบไฟล์ที่ระบุ ฟังก์ชันส่งไฟล์และจัดเตรียมพื้นที่จัดเก็บสำหรับการประมวลผลการอ่านไฟล์ และฟังก์ชันการให้บริการ Server-Sent Event หรือ SSE เพื่อส่งสถานะการอัปเดตไฟล์แบบเรียลไทม์

ขั้นตอนที่ 3 กระบวนการจำแนกประเภทเอกสาร

กระบวนการจำแนกเอกสารเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดสำหรับงานวิจัยนี้ กระบวนการเริ่มต้นจากรับไฟล์เอกสาร PDF เข้าสู่ระบบ จากนั้นดำเนินการสแกนเอกสาร PDF ด้วยการแปลงให้อยู่ในรูปแบบข้อความ (Text) ด้วยกระบวนการรู้จำอักษร (OCR) งานวิจัยนี้เลือกใช้ Tesseract ในการแปลงเอกสาร PDF เป็นข้อความ (Text) จากนั้นดำเนินการตรวจสอบข้อความที่แปลงได้กับคำสำคัญ (Keyword) ที่ระบุระบุประเภทของเอกสาร โดยกรณีที่ตรวจพบคำสำคัญให้ดำเนินการส่งเฉพาะหน้าเอกสารที่พบสำคัญเท่านั้น แต่หากตรวจไม่พบคำสำคัญข้อมูลข้อความทั้งหมดจะถูกส่งเข้าไปยังโมเดลปัญญาประดิษฐ์ซึ่งงานวิจัยนี้เลือกใช้ Gemini รุ่น Pro จากนั้นปัญญาประดิษฐ์จะดำเนินการประมวลผลและส่งผลลัพธ์การจำแนกประเภทเอกสาร ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะถูกจัดเก็บลงในฐานข้อมูลและส่งผลผ่าน API เพื่อแสดงผลลัพธ์บนส่วนต่อประสานหน้าเว็บแอปพลิเคชันต่อไป แผนผังไดอะแกรมขั้นตอนการจัดการระบบประมวลผลไฟล์ดังกล่าวที่ 2 และชุดคำสั่งสำคัญส่วนจำแนกประเภทเอกสารแสดงดังภาพที่ 3 ตามลำดับ



ภาพที่ 2 แผนผังไดอะแกรมขั้นตอนกระบวนการจำแนกประเภทเอกสาร

2.4 การพัฒนาส่วนหน้าบ้าน

ในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันในส่วนของระบบหน้าบ้านมีฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการเรียกใช้งานระบบหลังบ้าน และการเรียกใช้งาน API เพื่อร้องขอตัวแปรจากระบบหลังบ้านมาทำการแสดงผลหน้าเว็บแอปพลิเคชันให้ทำงานได้ ในการพัฒนาครั้งนี้ จะใช้ภาษา HTML, JavaScript, PHP และจัดรูปแบบการแสดงผลด้วย CSS (Cascading Style Sheets) โดยพัฒนาให้ทำงานร่วมกับ API ในส่วนระบบหลังบ้าน ในการพัฒนาแต่ละระบบนั้นจะทำการแยกส่วนโมดูลการทำงานออกไปในไฟล์เฉพาะตัวเพื่อความสะดวกในการพัฒนาและติดตามการแก้ไขข้อผิดพลาดได้ โดยโมดูลหรือฟังก์ชันต่างประกอบด้วย 2 โมดูลหลัก คือ โมดูลการอัปโหลด ทำหน้าที่ส่ง API POST ไปยังระบบหลังบ้าน และโมดูลเรียกดูไฟล์ข้อมูล ทำหน้าที่ค้นหารายชื่อไฟล์จากฐานข้อมูล


```

01 os.environ["GOOGLE_API_KEY"] = "<GOOGLE_API_KEY>"
02 client = genai.Client()
03
04 generation_config = {
05     "temperature": 0.5,
06     "top_p": 0.90,
07     "top_k": 50,
08     "max_output_tokens": 8192,
09     "response_mime_type": "text/plain",
10 }
11 def generate_response(prompt: str, folder_list: list) -> str:
12
13     system_rules = (###<PROMPT_RULE>###)
14     response = client.models.generate_content(
15         contents=[f"{system_rules}\n"
16
17                 f"Folder List: {folder_list}\n\n"
18
19                 f"Document: \n"
20
21                 f"{prompt}\n"],
22         config=types.GenerateContentConfig(
23
24             temperature= generation_config[
25                 "temperature"
26             ],
27
28             top_p=generation_config["top_p"],
29
30             top_k=generation_config["top_k"],
31
32             response_mime_type=generation_config[
33                 "response_mime_type"])
34
35     ,
36
37     model = "gemini-2.0-flash-exp"
38
39 )
40
41 return response.text

```

ภาพที่ 3 ชุดคำสั่งภาษาไพธอนเชื่อมต่อโมเดลปัญญาประดิษฐ์ Gemini ผ่าน API Key

2.5 การทดสอบประสิทธิภาพ

ในการทดสอบประสิทธิภาพระบบจะสามารถทำได้ด้วยการติดตั้งและใช้งานจริง (Deploy) เว็บแอปพลิเคชัน เพื่อทดสอบถึงประสิทธิภาพในการเชื่อมต่อกับโมเดลปัญญาประดิษฐ์ และระยะเวลาที่ใช้ในการประมวลผล โดยการติดตั้ง และใช้งานจริง ระบบหมายถึงการนำแอปพลิเคชันขึ้นเซิร์ฟเวอร์หรือโฮสต์ เพื่อให้สามารถใช้งานได้จริง ไม่ว่าจะเป็นการใช้งาน ภายในเครือข่ายองค์กรหรือให้บุคคลภายนอกเข้าถึงได้ งานวิจัยนี้พัฒนาขึ้นใช้ FastAPI เป็นส่วนหลังบ้าน (Backend) และใช้ แพลตฟอร์มแบบโอเพ่นซอร์ส Docker ในการจัดการสภาพแวดล้อมของแอปพลิเคชัน เพื่อให้การติดตั้งและการประมวลผล ระบบเป็นไปอย่างสะดวกและเป็นมาตรฐาน พัฒนาชุดคำสั่งตั้งค่า Docker ด้วยภาษาไพธอนรุ่น 3.12 ดำเนินการทดสอบกับ ไฟล์เอกสาร PDF จำนวน 60 ไฟล์ ดำเนินการหาประสิทธิภาพการจำแนกประเภทเอกสารด้วยตัวชี้วัดมาตรฐานเมทริกซ์ ความสับสน (Confusion Matrix) ประกอบด้วย ค่าความถูกต้อง (Accuracy) ค่าความแม่นยำ (Precision) ค่าการระลึก (Recall) และ F1-Score สูตรการคำนวณในแต่ละค่าประสิทธิภาพ ดังสมการที่ (1) - (4) ตามลำดับ

$$\text{Accuracy} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (1)$$

โดยที่ TP คือ จำแนกประเภทเอกสารถูกว่าเป็นประเภะนั้น
 TN คือ จำแนกประเภทเอกสารถูกว่าไม่เป็นประเภะนั้น
 FP คือ จำแนกประเภทเอกสารนั้น แต่จริง ๆ เป็นประเภทอื่น
 FN คือ จำแนกประเภทเอกสารเป็นประเภทอื่น แต่จริง ๆ เป็นประเภะนั้น

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP + FP} \quad (2)$$

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP + FN} \quad (3)$$

$$\text{F1-Score} = 2 \times \frac{\text{Precision} \times \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}} \quad (4)$$

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

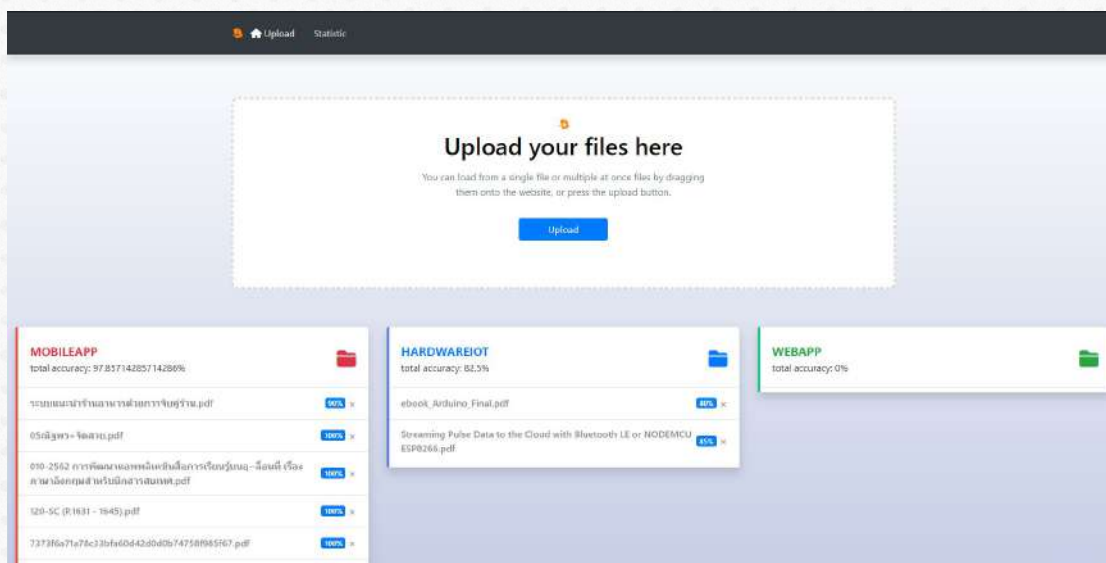
ผลการทดลองประสิทธิภาพการจำแนกประเภทเอกสาร PDF ด้วยโมเดลปัญญาประดิษฐ์ Gemini 2.0 Pro ดำเนินการทดสอบด้วยวิธี System Prompt วิธีนี้จะเป็นการให้คำสั่งโดยตรงไปยังโมเดลปัญญาประดิษฐ์ต้นแบบ เปรียบเสมือนการแชทปกติเพียงแต่เป็นการให้คำสั่งที่จะต้องคอยทำตามตลอดบทสนทนา โดยวิธีการคือตั้งคำสั่ง Prompt ให้โมเดลปัญญาประดิษฐ์เข้าใจด้วยกฎต่าง ๆ ในการตอบกลับข้อความ เช่น วิธีการตอบกลับ ลักษณะข้อความที่เข้ามา และ วิธีการแบ่งข้อความแม่นยำของแต่ละไฟล์เดอร์ที่มี เป็นต้น ด้วยข้อมูลที่ได้ให้ข้างต้นนั้นจะช่วยทำให้ปัญญาประดิษฐ์ ตอบคำถามได้ภายใต้กฎที่กำหนด ผลการทดสอบพบว่าได้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าวิธีการแรกโมเดลปัญญาประดิษฐ์ Gemini ทำงาน ร่วมกับ System Prompt มีความแม่นยำสูงและมากพอที่จะนำไปใช้จริงในเว็บแอปพลิเคชันได้ ดำเนินการทดสอบกับไฟล์ เอกสาร PDF จำนวน 60 เอกสาร วัดค่าประสิทธิภาพตัวชี้วัดมาตรฐานเมทริกซ์ความสับสน (Confusion Matrix) ผลลัพธ์ ค่าประสิทธิภาพ ประกอบด้วย ค่าความถูกต้อง (Accuracy) ค่าความแม่นยำ (Precision) ค่าการระลึก (Recall) และ F1-Score แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลลัพธ์ประสิทธิภาพการจำแนกประเภทเอกสารด้วยโมเดลปัญญาประดิษฐ์ Gemini Pro 2.0

Document Type	Actual	Accuracy (%)	Precision (%)	Recall (%)	F1-Score (%)
Web Application	20	90.00	90.00	90.00	90.00
Mobile Application	20	95.00	90.00	95.00	95.00
Hardware/IoT	20	80.00	84.21	80.00	82.05
Total/Macro Average	60	88.33	88.07	88.33	89.02

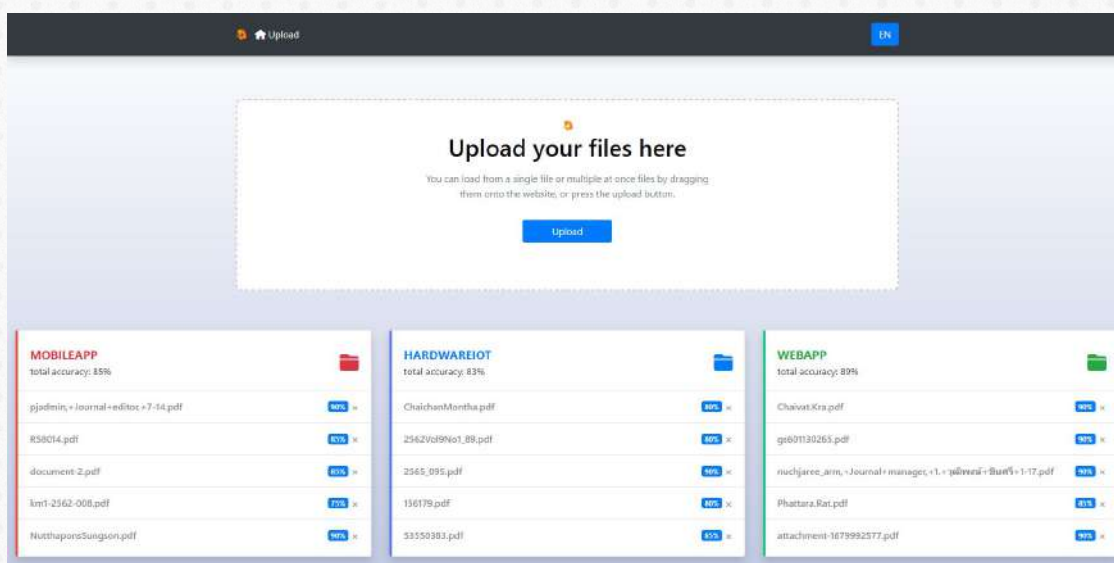
จากผลการทดลองในตารางประสิทธิภาพการจำแนกประเภทเอกสารข้างต้น พบว่า แบบจำลองปัญญาประดิษฐ์ Gemini 2.0 Pro มีความสามารถในการจำแนกเอกสารได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีค่าความถูกต้อง โดยรวมอยู่ที่ 88.33% ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับสูงเมื่อพิจารณาจากการทดสอบกับชุดข้อมูลเอกสารจำนวนทั้งสิ้น 60 ไฟล์ โดยแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ เว็บแอปพลิเคชัน โมบายแอปพลิเคชัน และฮาร์ดแวร์/ไอโอที ประเภทละ 20 ไฟล์ และเมื่อพิจารณาผลลัพธ์การจำแนกเอกสารแต่ละประเภท พบว่า เอกสารประเภท โมบายแอปพลิเคชัน มีค่าความถูกต้องสูงที่สุดคือ 95.00% รองลงมาคือ ประเภท เว็บแอปพลิเคชัน ซึ่งมีค่าความถูกต้อง 90.00% และประเภทที่มีค่าความถูกต้องต่ำที่สุดคือ ฮาร์ดแวร์/ไอโอที มีความถูกต้องในการจำแนกที่ 80.00% ทั้งนี้ เป็นไปได้ว่าเอกสารในกลุ่มฮาร์ดแวร์/ไอโอทีที่มีลักษณะเนื้อหาทับซ้อนกับเอกสารกลุ่มอื่น เช่น โมดูลฝังตัว (Embedded Systems) หรือเทคโนโลยี IoT ที่อาจปรากฏในโครงการที่เกี่ยวข้องกับแอปพลิเคชัน ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกประเภท เมื่อพิจารณาค่าความแม่นยำ (Precision) และค่าการระลึก (Recall) พบว่าแบบจำลองสามารถรักษาสอดคล้องระหว่างทั้งสองตัวชี้วัดในแต่ละประเภทได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะในประเภท โมบายแอปพลิเคชัน ซึ่งมีค่า Precision และ Recall เท่ากันที่ 95.00% แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองสามารถจำแนกได้ทั้ง แม่นยำและครบถ้วน สำหรับประเภทฮาร์ดแวร์/ไอโอที แม้ว่าค่าความแม่นยำจะอยู่ที่ 84.21% แต่ค่าการระลึกอยู่ที่ 80.00% ซึ่งบ่งชี้ว่าจำเป็นต้องมีการปรับปรุงข้อมูลฝึกสอนหรือคำสั่งคำถาม (Prompt) ให้ครอบคลุมลักษณะเฉพาะของเอกสารประเภทนี้มากยิ่งขึ้น

ในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันในส่วนของระบบหน้าบ้าน ซึ่งมีฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการเรียกใช้งานระบบหลังบ้าน และการเรียกใช้งาน API เพื่อร้องขอตัวแปรจากระบบหลังบ้านมาทำการแสดงผลหน้าเว็บแอปพลิเคชันให้ทำงานได้ ในการพัฒนาครั้งนี้ จะใช้ HTML CSS JavaScript PHP รวมกันในการพัฒนานี้ ผลลัพธ์รายละเอียดส่วนประกอบ (Element) ต่าง ๆ หน้าจอส่วนต่อประสานผู้ใช้งาน (User Interface: UI) ของระบบหน้าบ้านของโครงการนี้ แสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 หน้าจอส่วนต่อประสานผู้ใช้งานของระบบหน้าบ้านของโครงการ

คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้น โดยใช้ไฟล์เอกสารโครงการในรูปแบบ PDF จำนวน 15 ไฟล์ ซึ่งได้จากการสุ่มตัวอย่างจากแหล่งข้อมูลบนอินเทอร์เน็ต โดยแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ เอกสารโครงการประเภทเว็บแอปพลิเคชัน แอปพลิเคชันบนอุปกรณ์มือถือ และฮาร์ดแวร์/ไอโอที อย่างละ 5 ไฟล์ การทดสอบดำเนินการผ่านหน้าจอส่วนต่อประสานผู้ใช้งานของระบบเว็บแอปพลิเคชัน เพื่อประเมินความถูกต้องในการจำแนกประเภทเอกสารโดยอิงจากผลลัพธ์ที่แสดงให้เห็นให้ผู้ใช้งานทราบ ผลการทดสอบพบว่า ระบบสามารถประมวลผลและจำแนกประเภทเอกสารได้อย่างถูกต้องตรงตามขอบเขตการทำงานที่กำหนดไว้ โดยมีอัตราความถูกต้องของการจำแนกเอกสารอยู่ที่ 85.67% นอกจากนี้ ยังพบว่า ระยะเวลาในการประมวลผลเอกสารแต่ละไฟล์ส่วนใหญ่ใช้เวลาไปกับขั้นตอนการแปลงและวิเคราะห์เนื้อหา มากกว่าช่วงเวลาที่ใช้ในการรับผลลัพธ์จากแบบจำลองปัญญาประดิษฐ์ Gemini 2.0 Pro ซึ่งระยะเวลาโดยรวมดังกล่าวยังขึ้นอยู่กับสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์หรือเซิร์ฟเวอร์ที่ใช้ประมวลผลในขณะนั้น ตัวอย่างหน้าจอการแสดงผลการจำแนกประเภทเอกสารแสดงไว้ในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ตัวอย่างหน้าจอส่วนต่อประสานแสดงผลการจำแนกประเภทเอกสาร

4. บทสรุป

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการนำศาสตร์ด้านปัญญาประดิษฐ์ประเภทปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ (Generative AI) หรือ Gen AI โดยเลือกใช้โมเดลปัญญาประดิษฐ์ของบริษัท Google คือ Gemini รุ่น 2.0 มาประยุกต์กับงานจำแนกประเภทเอกสารโครงงานวิทยาการคอมพิวเตอร์ของนักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จัดเก็บในรูปแบบไฟล์ PDF จำนวน 60 เอกสาร กำหนดประเภทเอกสารออกเป็น 3 ประเภท ประกอบด้วย ประเภทแอปพลิเคชันบนแพลตฟอร์มมือถือ (Mobile Application) เว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) และฮาร์ดแวร์/ไอโอที (Hardware/IoT) พัฒนาส่วนต่อประสานสำหรับผู้ใช้งาน (User Interface: UI) ด้วยภาษา HTML, Java Script, CSS พัฒนาส่วนหลังบ้านด้วยภาษา Python และไลบรารีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ร่วมกับ FastAPI และใช้แพลตฟอร์ม Docker สำหรับเครื่องมือในการติดตั้งเพื่อการใช้งานจริง (Deploy) ในขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพการจำแนกใช้เมทริกซ์ความสับสน (Confusion Matrix) ดำเนินการทดสอบด้วยวิธี System Prompt ในการจำแนกเอกสาร PDF จำนวน 60 เอกสาร ดำเนินการหาตรวจสอบและปรับแต่งค่าพารามิเตอร์จำนวน 3 รอบเพื่อแก้ไขปัญหาต่าง อ้างอิง จนได้ผลลัพธ์ประสิทธิภาพในการจำแนกเอกสารถูกต้อง 88.33% และเพื่อให้การใช้งานมีความสมบูรณ์กับการใช้งานจริงกับผู้ใช้งานทั่วไป คณะผู้วิจัยได้พัฒนาเว็บแอปพลิเคชันเพื่อเชื่อมต่อปัญญาประดิษฐ์ Gemini 2.0 Pro ผ่าน API Key ดำเนินการทดสอบกับเอกสารชุดทดสอบจำนวน 15 ไฟล์ ผลการทดสอบพบว่ามีความประสิทธิภาพในการจำแนกเอกสารถูกต้อง 85.67% อย่างไรก็ตาม หากมีจำนวนตัวอย่างในการเรียนรู้โมเดลปัญญาประดิษฐ์ที่มากพอ รวมทั้งปรับแต่งพารามิเตอร์ที่เหมาะสมก็จะทำให้ผลลัพธ์ประสิทธิภาพการจำแนกที่สูงขึ้น

สำหรับการพัฒนาในอนาคต คณะผู้วิจัยจะเน้นการเพิ่มจำนวนเอกสารฝึกสอน (Training Data) เพื่อเสริมประสิทธิภาพและความแม่นยำของโมเดลในการจำแนกประเภทเอกสาร โดยจะดำเนินการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดล Gemini 2.0 กับโมเดลภาษาแบบขนาดใหญ่ (Large Language Models: LLMs) ที่รองรับภาษาไทยโดยเฉพาะ เช่น Thai2Fit, WangchangBERT, MISTEC-deepspeed GPT, LST (Large-scale Thai) และ OpenThaiGPT ซึ่งได้รับการพัฒนาโดยหน่วยงานวิจัยในประเทศไทยหรือชุมชนนักพัฒนาโอเพ่นซอร์ส เพื่อเลือกใช้โมเดลที่มีความเหมาะสมและตอบสนองได้ดีต่อรูปแบบเอกสารภาษาไทยในบริบทของโครงงานระดับอุดมศึกษา นอกจากนี้จะพัฒนาฟังก์ชันการจัดการข้อมูล เช่นการอัปเดตไฟล์หลายรายการพร้อมกัน การจัดกลุ่มประเภทอัตโนมัติ และระบบให้ข้อเสนอแนะแบบเรียลไทม์ (Real-time Feedback) เพื่อรองรับการใช้งานจริง

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหน่วยงานต้นสังกัดของคณะผู้วิจัย ที่ให้การสนับสนุนในการดำเนินงานวิจัย และเป็นหน่วยงานจัดการประชุมวิชาการ และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณ ในการนำเสนอบทความในงานประชุมวิชาการระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 8 ในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] D. Yogatama, C. Dyer, W. Ling, and P. Blunsom. Generative and Discriminative Text Classification with Recurrent Neural Networks. *arXiv preprint*, 6 March 2017. Available: <https://arxiv.org/abs/1703.01898>
- [2] S. Bouzid, L. Piron, Leveraging generative AI in short document indexing. *Electronics*. 13(17), 2024, Article no. 3563. <https://doi.org/10.3390/electronics13173563>

- [3] M. O. Gani, R. K. Ayyasamy, S. M. Alhashmi, K. S. Alam, A. Sangodiah, K. Khaleduzzman, C. Ponnusamy, Towards enhanced assessment question classification: a study using machine learning, deep learning, and generative AI. *Connection Science*, 37(1), 2025.
<https://doi.org/10.1080/09540091.2024.2445249>
- [4] Google. Google AI plans and features - Google One. [Online]. Available:
<https://one.google.com/about/google-ai-plans/>
- [5] Docker. Docker Documentation. [Online]. 26 June 2025. Available: <https://docs.docker.com/>
- [6] Google AI Studio. AI Studio. [Online]. 30 June 2025. Available: <https://aistudio.google.com/apikey>



คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

Faculty of Science and Technology

Rajamangala University Phra Nakhon

www.sci.rmutp.ac.th/nconsci8
