

วารสาร

ศรีปทุม ปริทัศน์

ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ISSN: 2985 - 1734 (Print)

ISSN: 2985 - 1742 (Online)

SRIPATUM REVIEW
OF SCIENCE
AND TECHNOLOGY

S
P
U
R
S
T

ปีที่ 16 มกราคม – ธันวาคม 2567

Vol.16 January - Decemberr 2024

SRIPATUM REVIEW



SPU
SRIPATUM
UNIVERSITY

วารสารศรีปทุมปริทัศน์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี SRIPATUM REVIEW OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

วารสารศรีปทุมปริทัศน์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นวารสารทางวิชาการที่มีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่ความรู้ทางวิชาการแก่บุคคลทั่วไป ทั้งแวดวงวิชาการและสังคม ส่งเสริม และกระตุ้นให้เกิดการวิจัยและการพัฒนาองค์ความรู้ในสาขาวิชาต่าง ๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยสาขาของบทความที่รับตีพิมพ์ประกอบด้วย (1) General Computer Science (2) General Energy (3) General Engineering (4) Architecture และ (5) General Environmental Science โดยจัดพิมพ์ออกเผยแพร่ปีละ 1 ฉบับ ในเดือนธันวาคมของทุกปี โดยจัดส่งให้ กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (อว.) สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (สกสว.) สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (องค์การมหาชน) สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (องค์การมหาชน) (สมศ.) สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (สกศ.) หน่วยงานและสถาบันการศึกษาต่าง ๆ

กองบรรณาธิการวารสารศรีปทุมปริทัศน์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีความยินดีรับบทความวิจัย (Research article) บทความทางวิชาการ (Academic article) บทความปริทัศน์ (Review article) บทความวิจารณ์หนังสือ (Book review) ที่ยังไม่เคยเผยแพร่ในวารสารฉบับอื่นมาก่อน ผู้สนใจสามารถดูรายละเอียดได้ที่ <https://www.tci-thaijo.org/index.php/spurst>

กองบรรณาธิการ วารสารศรีปทุมปริทัศน์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ศูนย์ส่งเสริมการวิจัยและการประกันคุณภาพการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีปทุม

2410/2 ถนนพหลโยธิน แขวงเสนานิคม เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

โทรศัพท์ : 0-2579-1111 ต่อ 1331, 1252, 1155

โทรสาร : 0-2579-1111 ต่อ 2187

Email : research@spu.ac.th

- กองบรรณาธิการสงวนสิทธิ์ในการพิจารณาและตัดสินใจตีพิมพ์บทความในวารสาร
- บทความทุกเรื่องจะได้รับการตรวจสอบทางวิชาการโดยผู้ทรงคุณวุฒิ แต่ข้อความและเนื้อหาในบทความที่ตีพิมพ์เป็นความรับผิดชอบของผู้เขียนแต่เพียงผู้เดียว มิใช่ความคิดเห็นและความรับผิดชอบของมหาวิทยาลัยศรีปทุม
- การคัดลอกอ้างอิงต้องดำเนินการตามการปฏิบัติในหมู่นักวิชาการโดยทั่วไป และสอดคล้องกับกฎหมายที่เกี่ยวข้อง

บทบรรณาธิการ

วารสารศรีปทุมปริทัศน์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นวารสารระดับชาติที่ออกปีละ 1 ฉบับ สำหรับฉบับนี้เป็นปีที่ 16 ประจำเดือน มกราคม-ธันวาคม 2567 ซึ่งปัจจุบันอยู่ในฐานข้อมูลของศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (Thai-Journal Citation Index Centre: TCI) กลุ่มที่ 1 โดยวารสารศรีปทุมปริทัศน์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เกิดมาจากปณิธานของมหาวิทยาลัยศรีปทุม คือ “ปัญญา เชี่ยวชาญ เบิกบาน คุณธรรม” และปรัชญาที่ว่า “การศึกษาสร้างคน คนสร้างชาติ” โดยมุ่งหวังว่าวารสารฉบับนี้จะเป็นแหล่งข้อมูลทางการวิจัยและทางวิชาการระดับชาติทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสำหรับคณาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการ และนักศึกษา

สำหรับวารสารศรีปทุมปริทัศน์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเล่มนี้ ยังคงเข้มข้นไปด้วยเนื้อหาสาระทางวิชาการ กองบรรณาธิการได้ให้ความสำคัญในการพิจารณาและคัดเลือกบทความที่มีคุณภาพมาลงตีพิมพ์ โดยทุกบทความได้ผ่านการกลั่นกรองจากกองบรรณาธิการและผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกที่ตรงสาขาเพื่อตรวจสอบคุณภาพของบทความก่อนลงตีพิมพ์ โดยผู้ประเมินไม่ทราบชื่อผู้แต่งและผู้แต่งไม่ทราบชื่อผู้ประเมินบทความ (Double-blind peer review) เพื่อให้วารสารฉบับนี้มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับระดับชาติและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง สำหรับวารสารฉบับนี้ ประกอบด้วย บทความวิจัยจำนวน 7 เรื่อง เช่น “การพัฒนาผงฝุ่นคาร์บอนจากกากมะพร้าวเผ่าสำหรับการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง” “การพัฒนาเทคนิคการวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานน้ำเพื่อการพัฒนาโรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบยั่งยืน” “การจำแนกสายพันธุ์กระบองเพชรด้วยโมเดลการเรียนรู้เชิงลึก”

กองบรรณาธิการวารสารศรีปทุมปริทัศน์ มีความมุ่งมั่นที่จะพัฒนาวารสารฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีให้มีคุณภาพสูงขึ้นจนถึงระดับนานาชาติในอนาคต ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกทุกท่านที่กรุณาเป็นผู้ประเมินบทความอย่างมีคุณภาพให้กับทางกองบรรณาธิการ และขอเชิญชวนคณาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการ นิสิต และนักศึกษา เสนอบทความเข้ารับการพิจารณากลั่นกรองตีพิมพ์เพื่อเผยแพร่สู่สาธารณะ อันจะนำไปสู่การนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป โดยท่านสามารถส่งบทความต้นฉบับได้ที่กองบรรณาธิการวารสารศรีปทุมปริทัศน์ (ดังรายละเอียดท้ายเล่ม) และหากท่านมีข้อคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะประการใดที่จะนำไปสู่การพัฒนาและปรับปรุงวารสารให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น กองบรรณาธิการยินดีรับข้อคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะนั้นด้วยความขอบคุณยิ่ง



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วนายุทธ์ แสนเงิน)

บรรณาธิการ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเผยแพร่ความรู้ทางวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแก่อาจารย์ นักวิชาการ นักวิจัย นิสิต นักศึกษา และบุคคลทั่วไป ทั้งแวดวงวิชาการและสังคมทั่วไป
2. เพื่อส่งเสริมและกระตุ้นให้เกิดการวิจัยและการพัฒนาองค์ความรู้ในสาขาวิชาต่าง ๆ ทางด้าน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยสาขาของบทความที่รับตีพิมพ์ ประกอบด้วย (1) General Computer Science (2) General Energy (3) General Engineering (4) Architecture และ (5) General Environmental Science

เจ้าของ

มหาวิทยาลัยศรีปทุม

บรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วนายุทธ์ แสนเงิน

บรรณาธิการผู้พิมพ์ผู้โฆษณา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วนายุทธ์ แสนเงิน

กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.นวลตล เหล่าศิริพจน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ศาสตราจารย์ ดร.มลิวรรณ บุญเสนอ	มหาวิทยาลัยศิลปากร
รองศาสตราจารย์ ดร.กิริติ ชยะกุลศิริ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
รองศาสตราจารย์ ดร.อัศม์เดช วานิชชินชัย	มหาวิทยาลัยมหิดล
รองศาสตราจารย์ ดร.เทพฤทธิ์ บัณฑิตวัฒนวงศ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รองศาสตราจารย์ จันทน์ เพชรานนท์	มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชิษณุ อัมพรายน	มหาวิทยาลัยศรีปทุม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เด่นชัย วรเดชจำเริญ	มหาวิทยาลัยศรีปทุม

ฝ่ายจัดการและเลขานุการกองบรรณาธิการ

ดร.ศิริพร ทองแก้ว

ฝ่ายประชาสัมพันธ์

นายอภิมุข สดมพฤกษ์

ฝ่ายศิลปกรรมและจัดทำรูปเล่ม

นางฉวีวรรณ สภาพ

นายสุรตนต์ ชื่นตา

ฝ่ายพิสูจน์อักษร

ว่าที่ร้อยตรี สมเกียรติ แสงอรุณเฉลิมสุข

กำหนดการเผยแพร่

ปีละ 1 ฉบับ ประจำเดือน มกราคม – ธันวาคม

สถานที่จัดพิมพ์

บริษัท สยามสปอร์ต ซินดิเคท จำกัด (มหาชน) โทร. 0 2508 8000

CONTENTS

SRIPATUM REVIEW OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

บทความวิจัย

- 11 การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องนึ่งลูกประคบสมุนไพรที่ควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติ
: ปาริฉัตร แก่นสม, พรหมพัชร์ บุญรักษา, ศักดิ์ศรี แก่นสม
- 26 การพัฒนาผงฝุ่นคาร์บอนจากกาบมะพร้าวเผาสําหรับการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง
: สุพิชฌาย์ แสงแก้วสุข, ปริญญ์ สีสานนท์
- 39 การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อพยากรณ์คุณภาพการบริหารหลักสูตร
สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
: พิมพ์ประวีร์ รอดอุณา
- 55 ตัวแบบทำนายความเสี่ยงภาวะซึมเศร้าด้วยเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกจาก
ความพึงพอใจพื้นฐานในการดำรงชีพ กรณีศึกษากลุ่มประชากรในจังหวัด
กรุงเทพมหานคร
: เมธาสิทธิ์ มีมวล, ผิน ฉัตรแก้วมณี
- 73 การจำแนกสายพันธุ์กระบองเพชรด้วยโมเดลการเรียนรู้เชิงลึก
: จักรินทร์ สันติรัตนภักดี, นิชาภัทร ตูลาธาร
- 95 การพัฒนาแพลตฟอร์มดิจิทัลและโมบายแอปพลิเคชันสำหรับส่งเสริมการค้าออนไลน์
ของทุเรียนภูเขาไฟจังหวัดศรีสะเกษ
: พิศาล สุขชี, สิริกัลยา สุขชี
- 111 การพัฒนาเทคนิคการวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานน้ำเพื่อการพัฒนาโรงไฟฟ้าพลังน้ำ
แบบยั่งยืน
: เกียรติศักดิ์ สกุลพันธ์, ธนภัทร พรหมวัฒนภักดี

จริยธรรมการตีพิมพ์ผลงานในวารสารศรีปทุมปริทัศน์

ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1. บทบาทของบรรณาธิการ (Editor)

1.1 บรรณาธิการมีบทบาทหน้าที่ในการพิจารณาคุณภาพของบทความให้สอดคล้องกับจุดเน้นและขอบเขต (Focus and Scope) ของวารสาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเด็นของการลอกเลียนวรรณกรรม (Plagiarism) ก่อนตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสาร

1.2 คัดเลือกบทความที่ผ่านการพิจารณาคุณภาพจากผู้ทรงคุณวุฒิ และปรับแก้จากผู้เขียนบทความจนครบถ้วนสมบูรณ์ตามผลการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิแล้ว

1.3 พิจารณาบทความที่จะตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสาร โดยบทความต้องมีความครบถ้วนตามองค์ประกอบที่ระบุไว้ในคำแนะนำสำหรับผู้เขียน (Author Guidelines) กรณีเป็นบทความวิจัยต้องมีวิธีการวิจัยที่ถูกต้อง มีผลการวิจัยที่ชัดเจน น่าเชื่อถือ มีข้อค้นพบ และข้อเสนอแนะที่สอดคล้องกับวิธีการวิจัยและผลการวิจัย

1.4 ทำความเข้าใจกับผู้เขียนถึงประเด็นที่ไม่ชัดเจนในบทความ เช่น ข้อค้นพบที่ไม่สอดคล้องกับผลการวิจัย ความผิดพลาดของตัวเลข หรือภาพประกอบไม่ชัดเจน และสื่อสารไปยังผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความที่ได้รับทราบ

1.5 ปฏิเสธการรับตีพิมพ์เผยแพร่บทความที่เคยมีการเผยแพร่ไปแล้วก่อนหน้านี้ บทความที่ไม่มีการอ้างอิงแหล่งข้อมูล หรือแหล่งข้อมูลไม่อนุญาตให้นำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ เผยแพร่ซ้ำ หรือมีการละเมิดลิขสิทธิ์ รวมทั้งบทความที่ขาดจริยธรรม ใช้ภาษาที่ไม่ถูกต้องเหมาะสม แสดงออกถึงความรุนแรง และความไม่เสมอภาค

1.6 ไม่มีส่วนได้ส่วนเสีย ไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อนกับผู้เขียน และผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ

1.7 ไม่นำข้อมูลของผู้เขียน และผู้ประเมินบทความไปเผยแพร่ต่อในทางใดทางหนึ่ง

1.8 ไม่นำข้อมูลบางส่วนหรือทั้งหมดในบทความมาไปเป็นส่วนหนึ่งของผลงานตนเอง

2. บทบาทของผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ (Reviewer)

2.1 ทราบถึงกระบวนการคัดเลือกผู้ทรงคุณวุฒิตามนโยบายของวารสาร รับทราบนโยบายของวารสาร และกระบวนการพิจารณาบทความของวารสาร ทั้งวิธีการพิจารณา ระยะเวลา การรายงานผลการพิจารณา และการนำเสนอผลการพิจารณาเป็นอย่างดี

2.2 รับพิจารณาบทความเฉพาะสาขาที่มีความเชี่ยวชาญ

2.3 พิจารณาบทความโดยไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อนกับผู้เขียนบทความ

2.4 หากพบว่าบทความที่กำลังพิจารณาอยู่เป็นบทความที่มีการลอกเลียนวรรณกรรมหรือละเมิดลิขสิทธิ์ ต้องแจ้งให้บรรณาธิการทราบทันที

2.5 ให้ความคิดเห็นที่เป็นประโยชน์เพื่อช่วยเหลือผู้เขียนบทความ ให้สามารถเขียนบทความได้อย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ โดยปราศจากอคติทางด้านเชื้อชาติ ศาสนา เพศ และความเชื่อทางส่วนบุคคล

2.6 ประสานงานกับบรรณาธิการเพื่อขอข้อมูลเพิ่มเติม เมื่อพบปัญหาในระหว่างพิจารณาคุณภาพบทความ โดยไม่สืบทายาทช่องทางการติดต่อกับผู้เขียนด้วยตนเอง

2.7 ไม่ปรับแก้บทความตามแนวทางการเขียนของตนเองหากบทความนั้นมีการใช้ภาษาที่เหมาะสมและชัดเจนอยู่แล้ว อาจดำเนินการเพียงให้ความคิดเห็นเท่าที่สำคัญและจำเป็นเพื่อให้ผู้เขียนบทความปรับแก้บทความให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

2.8 ไม่นำข้อมูลบางส่วนหรือทั้งหมดในบทความไปเป็นส่วนหนึ่งของผลงานตนเอง

3. บทบาทของผู้เขียน (Author)

3.1 ผู้เขียนได้รับทราบนโยบายและข้อกำหนดของวารสารเป็นอย่างดี รวมทั้งศึกษารายละเอียดคำแนะนำสำหรับผู้เขียน (Author Guidelines) อย่างดีแล้ว

3.2 ทำหน้าที่เป็นผู้เขียนบทความ หรือผู้เขียนร่วมอย่างแท้จริง

3.3 ทราบถึงการไม่ละเมิดทรัพย์สินทางปัญญา การลอกเลียนวรรณกรรม และผลประโยชน์ทับซ้อน และปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด

3.4 บทความที่ผู้เขียนส่งมายังวารสาร ไม่เคยตีพิมพ์เผยแพร่ หรือเป็นส่วนหนึ่งของบทความที่เคยตีพิมพ์เผยแพร่มาก่อนแล้ว

3.5 ดำเนินการตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบการอ้างอิงเอกสารตามที่วารสารกำหนด

3.6 ผู้เขียนต้องดำเนินการปรับปรุงแก้ไขบทความตามความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิให้แล้วเสร็จตามระยะเวลาที่กำหนด

3.7 ผู้เขียนต้องมีความซื่อสัตย์ในการรายงานผลการวิจัย โดยไม่สรุปและอภิปรายผลการวิจัยตามความคิดเห็นและความรู้สึกของตนเอง

4. จริยธรรมการวิจัยในคนหรือสัตว์ (ถ้ามี)

หากผลงานมีการใช้ข้อมูลจากการทำวิจัยในคนหรือสัตว์ ผู้เขียนต้องแสดงให้เห็นถึงการได้รับการรับรองจริยธรรมการวิจัยในคนและสัตว์ในบทความให้ชัดเจน

ผู้ทรงคุณวุฒิกลั่นกรองบทความ

Reviewers

ศาสตราจารย์ ดร.โกสุม จันทร์ศิริ
ศาสตราจารย์ ดร.จงจิตร หิรัญลาภ
ศาสตราจารย์ ดร.ชิตชนก เหลือสินทรัพย์
ศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา ยุพาพิน

ศาสตราจารย์ ดร.ไพบูลย์ ปัญญาคะโป
ศาสตราจารย์ ดร.สันทัต ศิริอนันต์ไพบูลย์
ศาสตราจารย์ ดร.สุทัศน์ ยกส้าน
รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติภูมิ รอดสิน
รองศาสตราจารย์ ดร.มัลลิกา ปัญญาคะโป
รองศาสตราจารย์ ดร.กมล บุชบา
รองศาสตราจารย์ ดร.กมลวัลย์ ลือประเสริฐ
รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติชัย ธนทรัพย์สิน
รองศาสตราจารย์ ดร.ชนิษฐา ชัยรัตนาวรรณ
รองศาสตราจารย์ ดร.จักรพงษ์ พงษ์เพ็ง

รองศาสตราจารย์ ดร.จารุวัตร เจริญสุข

รองศาสตราจารย์ ดร.เจริญชัย โขมพัตรภรณ์
รองศาสตราจารย์ ดร.ชิต เหล่าวัฒนา
รองศาสตราจารย์ ดร.ชุมพล อันตรเสน
รองศาสตราจารย์ ดร.ฐิติวดี ชัยวัฒน์
รองศาสตราจารย์ ดร.เทพฤทธิ์ บัณฑิตวัฒนาวงศ์
รองศาสตราจารย์ ดร.เทอดศักดิ์ รองวิริยะพานิช
รองศาสตราจารย์ ดร.ธัญญา วสุศรี
รองศาสตราจารย์ ดร.ธนาคม สุนทรชัยนาคแสง
รองศาสตราจารย์ ดร.ธรรมศักดิ์ รุจิระยรรยง
รองศาสตราจารย์ ดร.ธิดาเดียว มยุรีสวรรค์
รองศาสตราจารย์ ดร.นวลวรรณ สุนทรภิชช์
รองศาสตราจารย์ ดร.นิพนธ์ เจริญกิจการ
รองศาสตราจารย์ ดร.บดินทร์ รัชมีเทศ
รองศาสตราจารย์ ดร.บรรยง โตประเสริฐพงศ์
รองศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา กอเจริญ
รองศาสตราจารย์ ดร.ปิติ สุนทรสุขกุล
รองศาสตราจารย์ ดร.ปิยะ โควินทวีวัฒน์
รองศาสตราจารย์ ดร.ปิยะ โชติกไกร
รองศาสตราจารย์ ดร.พรฤดี เนติโสภาคกุล

รองศาสตราจารย์ ดร.พัฒนา อนุรักษพงษ์ธร
รองศาสตราจารย์ ดร.พานิช วุฒิพฤกษ์
รองศาสตราจารย์ ดร.พิรุทธิ์ ชาญเศรษฐ์กุล
รองศาสตราจารย์ ดร.พูลพงศ์ สุขสว่าง
รองศาสตราจารย์ ดร.ภคพงศ์ พจนารถ
รองศาสตราจารย์ ดร.มงคล กงศ์หิรัญ
รองศาสตราจารย์ ดร.มณิศา พิริยวิรุฒม์
รองศาสตราจารย์ ดร.ยุทธชัย บรรเทึงจิตร
รองศาสตราจารย์ ดร.ยุวณูช กลาดี

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง
มหาวิทยาลัยศรีปทุม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
มหาวิทยาลัยศิลปากร
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
มหาวิทยาลัยศรีปทุม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
มหาวิทยาลัยรังสิต
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีจิตรลดา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยบูรพา
สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
มหาวิทยาลัยนครพนม

รองศาสตราจารย์ ดร.รัฐพล อันแผ้ว
รองศาสตราจารย์ ดร.รุ่งรัศมี บุญดาว
รองศาสตราจารย์ ดร.เรืองรอง สุธีสถิระ
รองศาสตราจารย์ ดร.วรา วราวิทย์

รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ธิจิรวณิช
รองศาสตราจารย์ ดร.วารุณี เปรมานนท์
รองศาสตราจารย์ ดร.วิเชียร ชูติมาสกุล
รองศาสตราจารย์ ดร.วีระ บุญจริง

รองศาสตราจารย์ ดร.วีระศักดิ์ ลิขิตเรืองศิลป์
รองศาสตราจารย์ ดร.ศิวาพร ลงยันต์
รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภวุฒิ มาลัยกฤษณะขลิ
รองศาสตราจารย์ ดร.สกนธ์ คล่องบุญจิต

รองศาสตราจารย์ ดร.สนธิ์พีร์ เอมมณี
รองศาสตราจารย์ ดร.สมเจตน์ พัทธพันธ์
รองศาสตราจารย์ ดร.สมโพธิ วิวิธเกตุวงศ์
รองศาสตราจารย์ ดร.สร้อยดาว วินิจนัทรรัตน์
รองศาสตราจารย์ ดร.สายันต์ ศิริมนตรี
รองศาสตราจารย์ ดร.สุทัศน์ สีสาทวิวัฒน์
รองศาสตราจารย์ ดร.สุธาริน สถาปัตนันท์
รองศาสตราจารย์ ดร.สุภารัตน์ นิวิศพงษ์

รองศาสตราจารย์ ดร.สุวิมล สัจจวาณิชย์
รองศาสตราจารย์ ดร.แหลมทอง เหล่าคงถาวร

รองศาสตราจารย์ ดร.อนงค์นาฏ ศรีวิหค
รองศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ ผลเพิ่ม
รองศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ มุ่งวัฒนา
รองศาสตราจารย์ ดร.อมร พิมาณมาศ
รองศาสตราจารย์ ดร.อรรถกร เก่งพล

รองศาสตราจารย์ ดร.อลิสสา ทรงศรีวิทยา
รองศาสตราจารย์ ดร.อาริต ธรรมโน

รองศาสตราจารย์ ดร.อัศม์เดช วานิชชินชัย
รองศาสตราจารย์ น.อ.อ.ดร.เกียรติกุลไชย จิตต์เอื้อ
รองศาสตราจารย์ เรือเอก ดร.สราวุธ ลักษณะโต
รองศาสตราจารย์ ดร.เกษมสันต์ มโนมัยพิบูลย์
รองศาสตราจารย์ ชาลี ตระกูลการ

รองศาสตราจารย์ ยืน ภู่วรรณ
รองศาสตราจารย์ ศิริชัย พงษ์วิชัย
รองศาสตราจารย์ สภาพร ขาดาคม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กันยารัตน์ ศรีวิสัยกุล

มหาวิทยาลัยศิลปากร
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ
มหาวิทยาลัยสยาม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง
มหาวิทยาลัยมหิดล
โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช
มหาวิทยาลัยบูรพา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติภูมิ รัตนจันทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คณิศ พันธ์สวัสดิ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.งามนิช ชื่นบุญงาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชลธิศ เอี่ยมวรวิมลกุล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยมงคล ลิ้มเพียรชอบ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชุมพล ยวงใย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพร ยวงเงิน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เด่นชัย วรเดชจำเริญ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนา สุขวารี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรพนธ์ เวศพันธ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นงลักษณ์ บุญรัตน์กิจ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภวรรณ รัตสุข
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นำพล มหายศนันท์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิพัทธ์ จงสวัสดิ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญอ้อม โฉมทิ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เบญจภรณ์ ประภักดิ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประณต บุญไชยอภิสิทธิ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประภาพรณ เกษราพงศ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงษ์เทพ หาญพัฒน์กิจ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงษ์ศักดิ์ กิตติวินทร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพจิตร ผาวัน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาสพิรุฬห์ วัชรศรีสำเร็จ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนต์ศักดิ์ พิมสาร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนูกิจ พานิชกุล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันฐณพงษ์ คงแก้ว
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรลักษณ์ วงศ์โดยหวัง ศิริเจริญ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัชรพล สุโหด
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัฒนชัย สมิตชากร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศศิพร อุษณวสิน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เศรษฐชัย ชัยสนิท
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ กรวยสวัสดิ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรรค์ศิริ ธนชุตีวัต
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพักตรา สุทธสุภา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพัฒตรา ศรีญาณลักษณ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภชัย วงศ์บุญยัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาสพงษ์ ภูทำนอง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรกิจ ท่วมเพิ่มทรัพย์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรศักดิ์ มั่งสิงห์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรศิษฐ์ ไรจนันต์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หทัยเทพ วงศ์สุวรรณ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนรรฆ ขันธะชวนะ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุนิติ พิณโสภณ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โอฬาริก สุรินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์จักรินทร์ กลั่นเงิน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์เชียง เกาซิด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
มหาวิทยาลัยศิลปากร
มหาวิทยาลัยมหิดล
มหาวิทยาลัยศรีปทุม
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง
มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
มหาวิทยาลัยศรีปทุม
มหาวิทยาลัยศรีปทุม
มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
มหาวิทยาลัยศิลปากร
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหิดล
มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
มหาวิทยาลัยศรีปทุม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
มหาวิทยาลัยศิลปากร
มหาวิทยาลัยนเรศวร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีปทุม
มหาวิทยาลัยศรีปทุม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
มหาวิทยาลัยศิลปากร
มหาวิทยาลัยศรีปทุม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
มหาวิทยาลัยศรีปทุม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

ผู้ช่วยศาสตราจารย์เพชร นันทิวัฒนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วัชร เครือรัฐติกา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชัย บุญวาส
ผู้ช่วยศาสตราจารย์อำนาจ วัจจัน
พันเอก ดร.พิศุทธิ์ ดารารัตน์
พันโท ดร.ต้องการ แก้วเฉลิมทอง
ดร.จักรพันธ์ อร่ามพงษ์พันธ์
ดร.จันทร์ศิริ สิงห์เลื่อน
ดร.ชาญณรงค์ บาลมงคล
ดร.ชาติ วรกุลพิพัฒน์

ดร.ชูพันธุ์ ชมภูจันทร์
ดร.ธัญภัสสร ทองเย็น
ดร.ประกอบ ชาติภักดิ์
ดร.ประภาพร รัตนธารง
ดร.พระพิพัฒน์ ภาสบุตร
ดร.พีรเดช ณ น่าน
ดร.มงคล อัสวดีลภฤต
ดร.วรพงษ์ สิวพัฒนกิจ
ดร.สมรภัช เพชรราตรี
ดร.สิรินธร ลัมปนาท
ดร.สุนทิพย์ สุภาจันทร์
ดร.อภิบาล พุกขานูบาล

สถาบันเทคโนโลยีจิตรลดา
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยศิลปากร
มหาวิทยาลัยศรีปทุม
กรมวิทยาศาสตร์ทหารบก
โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์
แห่งชาติ สวทช.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
กสท.โทรคมนาคม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
กสท.โทรคมนาคม
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ

การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องนึ่งลูกประคบสมุนไพรที่ควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติ

ปาริฉัตร แก่นสม¹, ศักดิ์ศรี แก่นสม^{2,*}, พรหมพัทธ์ บุญรักษา^{3,*}

¹ ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

² ภาควิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

³ สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

Received: 25 July 2023

Revised: 17 January 2024

Accepted: 16 February 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องนึ่งลูกประคบสมุนไพรให้สามารถควบคุมอุณหภูมิและเวลาในการทำงานได้โดยอัตโนมัติ โดยงานวิจัยเริ่มทำการออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิโดยแบ่งเป็น 2 โหมด การควบคุม โหมดควบคุมที่หนึ่ง คือ โหมดอบไอน้ำโดยให้ความร้อนแก่ลูกประคบด้วยไอน้ำเพื่อกระตุ้นตัวยาในลูกประคบเป็นเวลา 20 นาที และโหมดควบคุมที่สอง คือการนึ่งลูกประคบโดยให้อุณหภูมิเริ่มต้นที่ 39 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส จะมีเสียงเตือนให้นำลูกประคบสมุนไพรมาใช้งานในการประคบได้ 25 นาที จากนั้นก็นำมาเข้าสู่กระบวนการนึ่งอีกครั้งทำแบบนี้เรื่อย ๆ จนสิ้นสุดการรักษา สรุปผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องอบสมุนไพรแบ่งออกเป็น 2 หัวข้อคือ 1. การตั้งเวลาโดยการเก็บค่าความแม่นยำของการสั่งการในโหมดควบคุมที่ 1 คือ โหมดอบไอน้ำ พบว่าระบบสามารถตัดการทำงานและแจ้งเตือนได้เมื่อถึงเวลาที่ตั้งไว้คือ 20 นาที ทดสอบทั้งหมด 10 ครั้ง พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ร้อยละ 10 และ 2. การตั้งอุณหภูมิที่เหมาะสมในการนำลูกประคบไปใช้คือ 42 องศาเซลเซียส แล้วระบบมีการตัดอุณหภูมิและมีการแจ้งเตือนให้นำลูกประคบไปใช้ การทดสอบทั้งหมด 10 ครั้ง พบว่าระบบมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ร้อยละ 0 ผลการทดสอบสรุปได้ว่าเครื่องนึ่งลูกประคบสมุนไพรสามารถควบคุมอุณหภูมิและระยะเวลาได้ในการนึ่งลูกประคบได้การทำงานของเครื่องเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการทำงานทั้งสองโหมด

คำสำคัญ: ลูกประคบสมุนไพร ระบบควบคุมอัตโนมัติ เปอร์เซ็นต์ค่าความแม่นยำ

* ผู้ประสานงานหลัก; อีเมล: saksritoto.55@gmail.com, promphak.b@rmutsb.ac.th

Performance Testing of Herbal Compress Steamer using Automatic Control System

Parichart Keansom¹, Saksri Keansom^{2,*}, Promphak Boonraksa^{3,*}

¹ Department of Electronics and Computers Faculty of Industrial Technology,
Phranakhon Rajabhat University

² Department of Electrical Technology Faculty of Industrial Technology,
Phranakhon Rajabhat University

³ Department of Mechatronic Engineering Faculty of Engineering and Architecture,
Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi

Received: 25 July 2023

Revised: 17 January 2024

Accepted: 16 February 2024

Abstract

This research aims to design and construct an herbal compress steamer with temperature and duration control. The research has begun to design a temperature control system divided into two control modes. Control mode 1 (steaming mode) heats the compress with steam for 20 minutes to simulate the drug. Control mode 2 (warming mode) warms up the compress with a starting temperature of 39 degrees Celsius. The summary of the herb dryer efficiency test is divided into two topics: 1. Setting the time by collecting the command accuracy in the first control mode, steam mode, found that the system can cut off and alert when the set time is 20 minutes (tested ten times), it was found that the error was 10% and 2. The optimal temperature setting for using the herbal compress ball was 42 degrees Celsius, and then the system cut off the temperature and prompted them to use the herbal compress ball. A total of 10 times tests found that the system has an error of 0 %. The test results concluded that the herbal compress steamer can control the temperature and duration of steaming the herbal compress. The operation of the machine meets the objectives of working in both modes.

Keywords: Herbal compress, Automatic control system, Accuracy percentage

* Corresponding Author; E-mail: saksritoto.55@gmail.com, promphak.b@rmutsb.ac.th

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ยาประคบ เป็นยาสำหรับใช้ภายนอก อยู่ในรายการบัญชียาหลักแห่งชาติที่เป็นบัญชียาจากสมุนไพรตาม
แห่งชาติ พ.ศ. 2562 ซึ่งแบ่งได้ 2 ประเภท ประกอบด้วยยาประคบสมุนไพรสดและยาประคบสมุนไพรแห้ง สูตรต้นตำรับ
ของยาประคบในยา 130 กรัม ประกอบด้วย เหน็บไฟ 50 กรัม ใบมะขาม 30 กรัม ผิวมะกรูด 20 กรัม เหน็บขมิ้นชัน
10 กรัม ลำต้นตะไคร้ 10 กรัม ใบส้มป่อย 10 กรัม เกลือเม็ด 1 ช้อนโต๊ะ การบูร 2 ช้อนโต๊ะ โดยมีข้อบ่งใช้คือ
ประคบเพื่อลดอาการปวด ช่วยคลายกล้ามเนื้อ เอ็น และข้อ มีขนาดและวิธีใช้โดยน้ำยาประคบไปนึ่งและใช้ในขณะยังอุ่น
(Ministry of Public Health, 2019) การนำยาประคบสมุนไพรมาห่อด้วยผ้าขาวและรัดด้วยเชือกให้แน่นมีลักษณะ
เป็นลูกเรียกว่า “ลูกประคบสมุนไพร” มีวิธีการใช้โดยการนำลูกประคบไปนึ่งประมาณ 15–20 นาที เมื่อลูกประคบ
ร้อนได้ที่ก็นำไปใช้ควรมีการทดสอบความร้อนโดยแตะที่ท้องแขนหรือหลังมือก่อนประคบให้ผู้รับบริการ (Alternative
medical unit Faculty of Medicine Ramathibodi Hospital Mahidol University, 2018; Kalaniyo, 2017)
การสัมผัสลูกประคบโดยท้องแขนเป็นการตรวจสอบอุณหภูมิของลูกประคบโดยใช้ความรู้สึกซึ่งต้องอาศัยความชำนาญ
การของแพทย์แผนไทยผู้ให้บริการ หากอุณหภูมิลูกประคบที่ร้อนเกินไป อาจจะทำให้ผิวหนังผู้ใช้บริการเป็นแผลพุพอง
(Impetigo) ได้ โดยเฉพาะกับบริเวณผิวหนังอ่อนๆ หรือบริเวณที่เคยเป็นแผลมาก่อน และหากอุณหภูมิลูกประคบที่
ร้อนเกินไป ก็จะทำให้ตัวยาสมุนไพรที่อยู่ภายในยังไม่กระจายตัว อาจส่งผลให้ผลของการรักษาไม่เป็นไปตามที่
ต้องการ จากการลงพื้นที่สำรวจ ณ โรงพยาบาลองค์กรักษ์ จ.นครนายก พบว่ายังไม่มีเครื่องมือที่ใช้ในการช่วยตรวจสอบ
อุณหภูมิที่เหมาะสมของลูกประคบ

จากนโยบายและแผนระดับชาติว่าด้วยการพัฒนาดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี
เพื่อสุขภาพในรูปแบบใหม่เพื่อสนับสนุนการมีสุขภาพ สุขภาวะที่ดีหรือลดปัญหาสุขภาพของประชาชน โดยเฉพาะ
อย่างยิ่งประชาชนในพื้นที่ห่างไกล (Office of the National Digital Economy and Society Commission Ministry
of Digital Economy and Society, 2019) นโยบายนี้เป็นแนวคิดที่สำคัญร่วมกับการพัฒนาระบบอัตโนมัติที่ก้าวหน้า
จึงทำให้เกิดการนำเทคโนโลยีมาปรับใช้ในการส่งเสริมและพัฒนาสุขภาพตามแนวคิดและหลักการของการแพทย์แผนไทย
ทั้งนี้การพัฒนาระบบอัตโนมัติในงานทางการแพทย์แผนไทยเป็นการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการยกระดับ
การบริการด้านสุขภาพ และเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการรักษาและดูแลสุขภาพตามแนวคิดแผนไทยอย่าง
เหมาะสมและช่วยให้ผู้ป่วยได้รับประโยชน์ที่ดีที่สุดการพัฒนาระบบอัตโนมัติในงานทางการแพทย์ช่วยให้การรักษาและ
ดูแลสุขภาพผู้ป่วยมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ลดความผิดพลาดที่เกิดขึ้น เพิ่มความแม่นยำในการวินิจฉัยและรักษาและ
สร้างแนวทางการดูแลสุขภาพที่เน้นผู้ใช้และเหมาะสม (Ministry of Public Health, 2019)

จากการลงพื้นที่สำรวจ ณ โรงพยาบาลองค์กรักษ์ จ.นครนายก ในการทำให้ลูกประคบสมุนไพรมีอุณหภูมิ
สูงขึ้น ตามเดิมทำได้โดยการนำลูกประคบสมุนไพรไปนึ่งด้วยไอน้ำในหม้อหนึ่งไอน้ำ โดยผู้ให้บริการจะต้องอาศัย
ประสบการณ์ในวัดอุณหภูมิของลูกประคบสมุนไพร โดยใช้การสัมผัสเท่านั้น ไม่มีเครื่องมือที่ช่วยวัดอุณหภูมิของลูกประคบ
จึงทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะมุ่งเน้นที่ศึกษาช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมของลูกประคบที่ใช้จากนั้นทำการออกแบบและ
สร้างชุดควบคุมอุณหภูมิลูกประคบสมุนไพร โดยกำหนดขอบเขต ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย ดังนั้นการควบคุมอุณหภูมิ
ลูกประคบสมุนไพร ให้มีประสิทธิภาพ 2 โหมดควบคุม ประกอบไปด้วย โหมดควบคุมที่หนึ่ง คือโหมดไอน้ำ การให้
ความร้อนกับลูกประคบสมุนไพรด้วยไอน้ำเพื่อกระตุ้นตัวยาลูกประคบสมุนไพรเป็นเวลา 20 นาที และโหมดควบคุม
ที่สอง โหมดประคบการให้ความร้อนกับลูกประคบสมุนไพรให้มีอุณหภูมิเริ่มต้นจาก 39 องศาเซลเซียส เมื่อ อุณหภูมิ
42 องศาเซลเซียส จะมีเสียงเตือนให้นำลูกประคบสมุนไพรไปใช้ประคบ เป็นเวลา 25 นาที อุณหภูมิที่เหมาะสม
กับลูกประคบจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการรักษาและบรรเทาอาการของผู้รับบริการได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องควบคุมอุณหภูมิอุปกรณ์ประคบสมุนไพร
2. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพเครื่องควบคุมอุณหภูมิอุปกรณ์ประคบสมุนไพรให้สามารถควบคุมอุณหภูมิได้แม่นยำ โดยมีค่าความผิดพลาดไม่เกินร้อยละ 10

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กรมพัฒนาการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก กระทรวงสาธารณสุข ได้นำเสนอการประคบสมุนไพรเป็นแนวทางเวชปฏิบัติการแพทย์แผนไทยระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้าง โดยมีกระบวนการชักประวัติ ตรวจร่างกาย วินิจฉัย โดยถ้าเลือกวิธีการรักษาด้วยการประคบสมุนไพร จะมีอาการไม่เกิน 3 เดือน จะรักษา ฟันฟูด้วยการประคบสมุนไพรไม่เกินสัปดาห์ที่ 2 สัปดาห์ๆ ละ ไม่เกิน 3 ครั้ง โดยแพทย์จะเป็นผู้ประเมินผลการรักษาหรือฟันฟูสภาพ ในผู้มีอาการเกิน 3 เดือน การรักษาหรือการฟันฟูสภาพด้วยการประคบสมุนไพรไม่เกิน 4 สัปดาห์ๆ ละไม่เกิน 3 ครั้ง โดยแพทย์จะประเมินผลการรักษาหรือสิ้นสุดการรักษาหรือฟันฟูสภาพด้วยอุปกรณ์ประคบสมุนไพรเป็นการใช้อุปกรณ์ประคบสมุนไพรร้อนมาประคบ กด คลึง บนร่างกายเพื่อการรักษาและฟื้นฟูโรค (Department of Thai Traditional and Alternative Medicine Development Ministry of Public Health, 2007)

Nantadee (2018) ได้นำเสนออุปกรณ์ประคบสมุนไพรเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากภูมิปัญญาของบรรพบุรุษ โดยนำพืชสมุนไพรที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาใช้ในการรักษาหรือช่วยในการไหลเวียนของโลหิตทำให้กล้ามเนื้ออ่อนคลาย ได้จากการนำสมุนไพรหลายชนิดมาผ่านกระบวนการทำความสะอาดแล้วนำมาหั่นหรือสับให้เป็นชิ้นตามขนาดที่ต้องการ อาจใช้สมุนไพรสดหรือทำให้แห้งก่อนนำมาบรรจุรวมกันในผ้าให้ได้รับทรงต่างๆ เช่น หมอนสำหรับใช้นาบหรือทรงกลมสำหรับกดประคบส่วนต่างๆ ของร่างกายถ้าเป็นอุปกรณ์ประคบสมุนไพรแห้ง ก่อนใช้ต้องนำมาพรมน้ำแล้วทำให้ร้อนโดยการนึ่ง ประโยชน์ของการประคบสมุนไพร กระตุ้นหรือเพิ่มการไหลเวียนของโลหิต ลดอาการเกร็งของกล้ามเนื้อและบรรเทาอาการปวดเมื่อย ลดการติดขัดของข้อต่อบริเวณที่ประคบและทำให้เนื้อเยื่อพังผืดยืดตัวออก ลดอาการบวมที่เกิดจากการอักเสบของกล้ามเนื้อหรือบริเวณข้อต่อต่างๆ หลังจาก 24-48 ชั่วโมง ช่วยให้รู้สึกสดชื่น ผ่อนคลายจากกลิ่นของน้ำมันหอมระเหย หม้อสำหรับนึ่งอุปกรณ์ประคบแสดงดังภาพที่ 1 ก. และ ภาพที่ 1 ข. แสดงจานรองอุปกรณ์ประคบ



ก. หม้อนึ่งอุปกรณ์ประคบสมุนไพร



ข. อุปกรณ์สำหรับการประคบสมุนไพร

ภาพที่ 1 หม้อนึ่งอุปกรณ์ประคบสมุนไพรและอุปกรณ์สำหรับการประคบสมุนไพร

Kalaniyo (2017) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของการใช้เม็ดมะขามในการรักษาอุณหภูมิของลูกประคบสมุนไพร มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาลูกประคบสมุนไพรที่ให้ความร้อนได้นานขึ้นโดยผลการศึกษาจากการทดลองนำเอาเม็ดมะขามมาใช้เป็นส่วนประกอบในลูกประคบเพื่อช่วยในการรักษาอุณหภูมิของลูกประคบสมุนไพรพบว่าสามารถใช้งานได้จริงในการประคบผู้รับบริการแต่ละรายจะใช้เวลาประมาณ 15-20 นาที ทำการวัดอุณหภูมิของลูกประคบสมุนไพรหลังจากการประคบไปแล้วพบว่าลูกประคบสมุนไพรมีอุณหภูมิหลังการประคบผ่านไป 10 นาทีแรกอยู่ที่ 39-42 องศาเซลเซียสซึ่งยังอยู่ในเกณฑ์อุณหภูมิมีการประคบที่ได้ผลในการรักษา

Parasilp et al. (2559) ได้ศึกษาการพัฒนาแผ่นประคบร้อนสมุนไพรไทยโดยใช้เตาไมโครเวฟ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแผ่นประคบร้อนสมุนไพรไทยที่ให้ความร้อนด้วยเตาไมโครเวฟและประเมินความเหมาะสมของการถ่ายเทความร้อนและระยะเวลาที่เพียงพอสำหรับการรักษา ผลการศึกษาพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่ม ตั้งแต่ 2-21 ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตามแผ่นประคบร้อนสมุนไพรไทยด้วยคลื่นไมโครเวฟมีความเหมาะสมเนื่องจากสามารถเพิ่มอุณหภูมิที่ผิวหนังถึง 40-45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที

Jaiban et al. (2016) ได้ศึกษาความเหมาะสมของระยะเวลาในการประคบร้อน งานกายภาพบำบัด โรงพยาบาลหัวหิน มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเหมาะสมของระยะเวลาในการประคบแผ่นประคบร้อน พบว่าความเหมาะสมของระยะเวลาในการวางแผ่นประคบร้อนที่เหมาะสมที่สุดคือนาทีที่ 15 นับจากเริ่มวางแผ่นประคบร้อน แผ่นประคบร้อนจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยเหมาะสมที่สุด คือประมาณ 42 องศาเซลเซียส โดยปกติอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการรักษาทางกายภาพบำบัดมากที่สุด คืออยู่ในช่วงอุณหภูมิ 40 – 45 องศาเซลเซียส

Srikraiut & Chaowang (2018) ได้การศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิของแผ่นประคบร้อนที่สัมพันธ์กับความหนาของผ้าห่อแผ่นประคบร้อนในช่วงเวลา 20 นาที มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิแต่ละช่วงเวลา ต่อความหนาของผ้าห่อแผ่นประคบร้อนที่ความหนา 4 เซนติเมตรและ 2 เซนติเมตร ผลการศึกษาการใช้แผ่นประคบร้อนที่ความหนาของผ้าห่อ 4 เซนติเมตร ต้มในหม้อต้มที่อุณหภูมิเฉลี่ยที่ 76.71 ± 0.90 องศาเซลเซียส ตั้งแต่นาทีที่ 1 ถึง นาทีที่ 20 อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ในช่วง 22.86 ± 0.63 องศาเซลเซียส ถึง 39.64 ± 2.47 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ในช่วง 31.24 ± 5.80 องศาเซลเซียส แผ่นประคบร้อนที่ความหนาของผ้าห่อ 2 เซนติเมตรต้มในหม้อต้มที่อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ในช่วง 77.30 ± 44 องศาเซลเซียส ตั้งแต่นาทีที่ 1 ถึงนาทีที่ 20 อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ในช่วง 23.92 ± 1.18 องศาเซลเซียส ถึง 48.69 ± 1.64 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ในช่วง 41.45 ± 7.88 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง อย่างเห็นได้ชัดในช่วงนาทีที่ 3 ถึงนาทีที่ 15 ตามเวลาที่เปลี่ยนไปที่อุณหภูมิ 30.25 ± 3.02 องศาเซลเซียส ถึง 47.80 ± 2.27 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบความหนาของผ้า พบว่าอุณหภูมิของผ้าที่ใช้ห่อแผ่นประคบร้อนมีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} < 0.01$)

ขอบเขตของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมุ่งเน้นที่ศึกษาช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสม ออกแบบและสร้างและเครื่องทดสอบประสิทธิภาพควบคุมอุณหภูมิลูกประคบสมุนไพร โดยกำหนดขอบเขต ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัยดังนี้ การควบคุมอุณหภูมิลูกประคบสมุนไพร ให้มีประสิทธิภาพ 2 โหมดควบคุม

1. โหมดควบคุมที่หนึ่ง โหมดไอน้ำ การให้ความร้อนกับลูกประคบสมุนไพรด้วยไอน้ำเพื่อกระตุ้นตัวยาในลูกประคบสมุนไพร เป็นเวลา 20 นาที

2. โหมดควบคุมที่สอง โหมดประคบบการให้ความร้อนกับลูกประคบสมุนไพรให้มีอุณหภูมิเริ่มต้นจาก 39 องศาเซลเซียส เมื่อ อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส จะมีเสียงเตือนให้นำลูกประคบสมุนไพรไปใช้ประคบได้เป็นเวลา 25 นาที

วิธีดำเนินการวิจัย

แบบแผนการวิจัย

การออกแบบและสร้างเครื่องนึ่งลูกประคบสมุนไพรควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติเป็นการวิจัยเชิงทดลองโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพเครื่องควบคุมอุณหภูมิลูกประคบสมุนไพรที่ควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติ มีวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

1. ออกแบบและสร้างเครื่องควบคุมอุณหภูมิลูกประคบสมุนไพร

การออกแบบและสร้างเครื่องควบคุมอุณหภูมิลูกประคบสมุนไพรโดยมีขั้นตอนในการวิจัยดังนี้

1.1 ทำการลงพื้นที่เพื่อสอบถามอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมในการทำความร้อนให้ลูกประคบเพื่อใช้ในการรักษาผู้ป่วยที่มาใช้บริการ โดยสอบถามจากแพทย์แผนไทย ณ โรงพยาบาลองค์กรักษ์ จ.นครนายก ได้ผลดังนี้ ในการเพิ่มอุณหภูมิลูกประคบสมุนไพรเพื่อใช้งาน จะแบ่งออกเป็น 2 โหมด ประกอบไปด้วย โหมดไอน้ำ คือ การให้ความร้อนกับลูกประคบสมุนไพรด้วยไอน้ำเพื่อกระตุ้นตัวยาในลูกประคบสมุนไพรเป็นเวลา 20 นาที และโหมดประคบบการให้ความร้อนกับลูกประคบสมุนไพรให้มีอุณหภูมิเริ่มต้นจาก 39 องศาเซลเซียส เมื่อ อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียสให้นำลูกประคบสมุนไพรไปใช้ประคบ เป็นเวลา 25 นาที

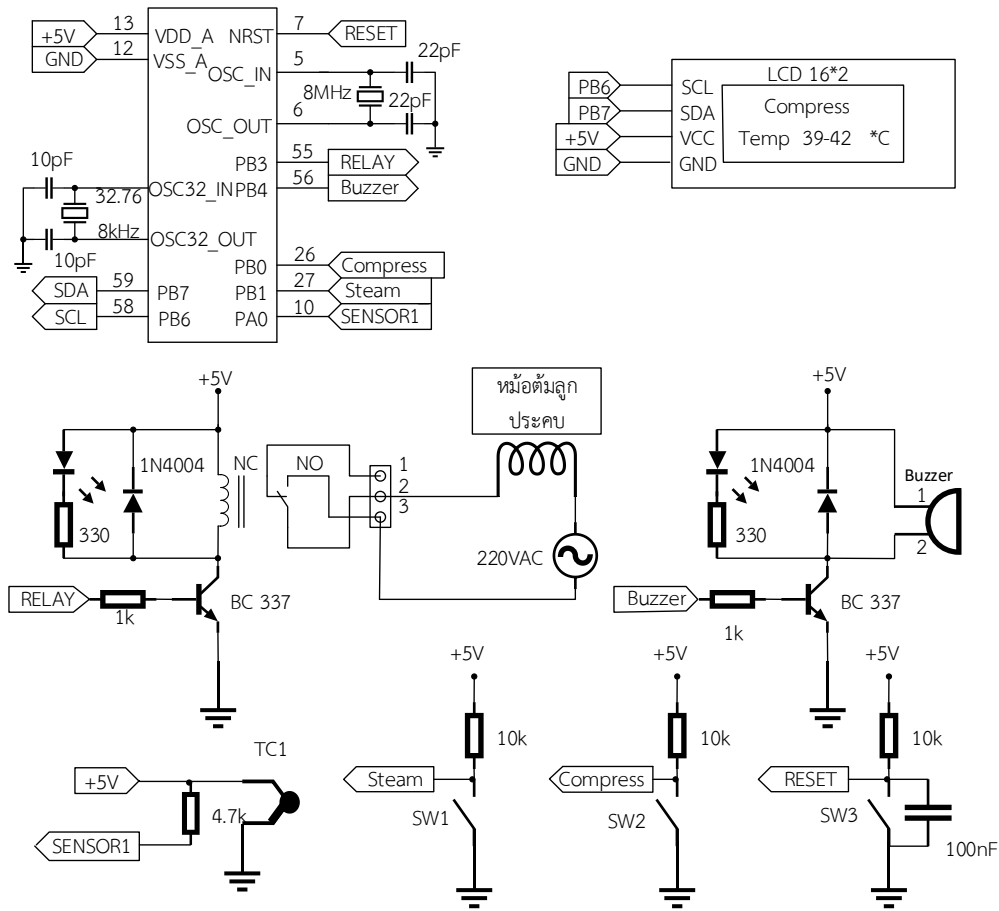
1.2 ทำการสร้างชุดหม้อนึ่งลูกประคบสมุนไพรและชุดควบคุมอุณหภูมิและเวลา จากนั้นทำการทดสอบการทำอุณหภูมิลูกประคบสมุนไพรโดยมีเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบเป็นมัลติมิเตอร์ชนิดวัดค่าอุณหภูมิได้

1.3 ทดสอบการทำงานของเซนเซอร์อุณหภูมิ DS18B20 โดยมีเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบเป็นคอมพิวเตอร์และโปรแกรมภาษาอาดูอิน

1.4 ทดสอบการทำงานของส่วนแสดงผลแอลซีดี ขนาด 16 ตัวอักษร จำนวน 2 บรรทัด โดยมีเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบเป็น คอมพิวเตอร์และโปรแกรมภาษาอาดูอิน

1.5 ทดสอบการทำงานของส่วนประมวลผลไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ STM32F103C โดยมีเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบเป็น คอมพิวเตอร์และโปรแกรมภาษาอาดูอิน

1.6 ระบบการประมวลผลควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยมีการทดสอบวงจรและการเขียนโปรแกรมควบคุมอีกครั้งและนำวงจรที่ทดสอบแล้วมาออกแบบลายวงจร กัดปริน นำมาลงอุปกรณ์ทำการทดสอบการทำงานและปรับปรุงแก้ไขโดยมีเครื่องมือทดสอบการทำงานมัลติมิเตอร์ คอมพิวเตอร์และโปรแกรมภาษาอาดูอิน



ภาพที่ 2 วงจรเครื่องควบคุมอุณหภูมิลูกประคบสมุนไพร

จากภาพที่ 2 วงจรเครื่องควบคุมอุณหภูมิลูกประคบสมุนไพร สามารถอธิบายการทำงานของวงจรได้ดังนี้ สวิตช์ SW1 ต่อเข้ากับขา PB1 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32F103C เพื่อทำการเลือกโหมดไอน้ำ จะทำงานที่ลอจิก 0 สำหรับเลือกโหมดไอน้ำ สวิตช์ SW2 ต่อเข้ากับขา PB0 จะทำงานที่ลอจิก 0 สำหรับเลือกโหมดประคบ หลังจากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการอ่านค่าอุณหภูมิจากลูกประคบที่เซ็นเซอร์ 1 ต่อเข้ากับขา PA0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ นำค่าที่ได้จากการอ่านค่ามาผ่านโปรแกรมประมวลผลและส่งผลที่ได้ไปแสดงผลที่จอแอลซีดีแบบ 16 ตัวอักษร จำนวน 2 บรรทัด โดยต่ออนุกรมขา PB7 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ เข้ากับขา SDA ของจอแอลซีดี และต่อขา PB6 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ เข้ากับขา SCL ของจอแอลซีดีสำหรับแสดงผลอุณหภูมิ

หลังจากโปรแกรมแสดงผลการทำงานเมื่ออ่านค่าอุณหภูมิภายในลูกประคบในโหมดประคบ ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 39 องศาเซลเซียส ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณเอาต์พุตจากขา PB3 เป็นลอจิก 1 ซึ่งเชื่อมต่อกับชุดควบคุมรีเลย์ ที่ขาเบส จึงทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงาน กระแสไฟฟ้าจะไหลจากแหล่งจ่ายแรงดัน 5 โวลต์ ผ่านขาคอลเล็กเตอร์ผ่านขาเบสลงกราวด์ ทำให้รีเลย์ทำงาน เกิดอำนาจแม่เหล็ก ส่งผลให้หน้าสัมผัสปกติปิดเปลี่ยนเป็นปกติเปิดและปกติเปิดเปลี่ยนเป็นปกติปิด ทำให้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับของวงจรชุดหม้อต้มลูกประคบทำงานจนทำให้อุณหภูมิสูงถึง 42 องศาเซลเซียส ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งค่าเอาต์พุตจากขา PB3 เป็นลอจิก 0 มาที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ทำให้ทรานซิสเตอร์ไม่ทำงาน รีเลย์จะกลับสู่สภาวะเริ่มต้น ทำให้วงจรชุดหม้อต้มลูกประคบไม่ทำงาน พร้อมกันนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณลอจิก 1 มาที่ขา PB4 ซึ่งต่อเข้ากับขาเบสของทรานซิสเตอร์ BC337 วงจรส่ง

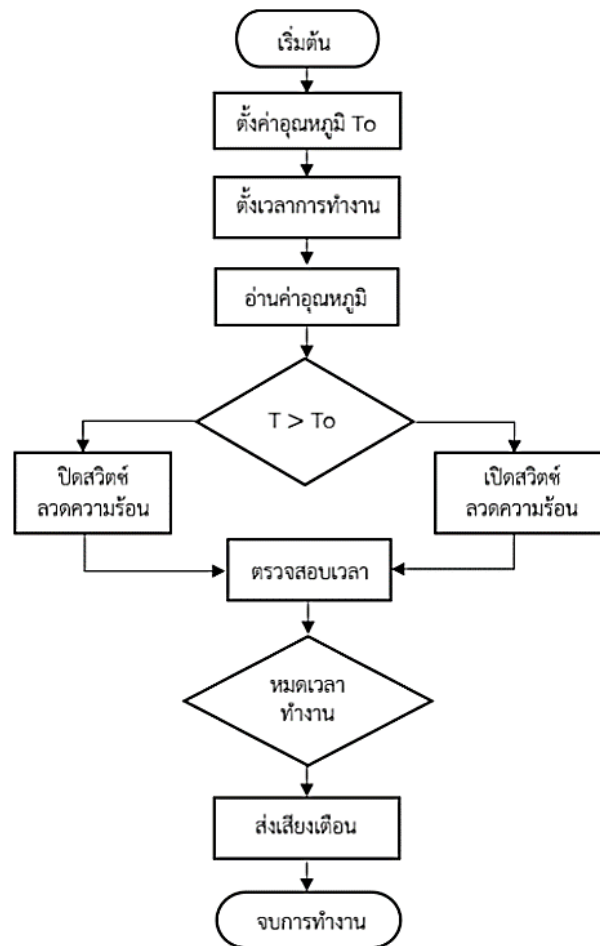
สัญญาณเตือน ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลจากแหล่งจ่าย 5 โวลต์ผ่านตัว buzzer และไหลออก ผ่านชาคอลลีเกเตอร์และ
ขาเบสลงกราวด์ ทำให้ครบวงจรซึ่งภาพที่ 3 แสดงเครื่องนี้ซึ่งถูกประกอบสมุนไพรมานำไฟที่ได้สร้างขึ้น



ภาพที่ 3 เครื่องนี้ซึ่งถูกประกอบสมุนไพรมานำไฟที่ได้สร้างขึ้น

เมื่อเครื่องนี้ซึ่งถูกประกอบสมุนไพรมานำไฟทำงานในโหมดอัตโนมัติ ซึ่งเป็นการให้อุณหภูมิถูกประกอบสมุนไพรมานำไฟ จะมีการนำ
อุณหภูมิถูกประกอบสมุนไพรมานำไฟไปนี้ โดยตั้งโปรแกรมการนี้ เวลา 20 นาที เพื่อเป็นการกระตุ้นให้สารต่าง ๆ ที่อยู่ในตัวยา
สมุนไพรมานำไฟในอุณหภูมิถูกประกอบสมุนไพรมานำไฟออกมา ก่อนจะนำมาใช้ประกอบ

จากนั้นเข้าสู่โหมดประกอบโดยเมื่ออุณหภูมิถูกประกอบสมุนไพรมานำไฟมีอุณหภูมิเริ่มทำงานตั้งแต่ 39 องศาเซลเซียส
และเมื่ออุณหภูมิถูกประกอบมีอุณหภูมิ ถึง 42 องศาเซลเซียส เครื่องควบคุมอุณหภูมิถูกประกอบสมุนไพรมานำไฟจะมีเสียงแจ้ง
เตือนให้นำอุณหภูมิถูกประกอบไปทำการประกอบให้ผู้รับบริการ แสดงแผนผังการทำงานของระบบแจ้งเตือน
อุณหภูมิของเครื่องนี้ซึ่งถูกประกอบสมุนไพรมานำไฟที่สร้างขึ้นดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แผนผังการทำงานของระบบแจ้งเตือนอุณหภูมิของเครื่องนึ่งลูกประคบสมุนไพรที่สร้างขึ้น

2. ทดสอบประสิทธิภาพเครื่องควบคุมอุณหภูมิลูกประคบสมุนไพร

ในทดสอบประสิทธิภาพเครื่องควบคุมอุณหภูมิลูกประคบสมุนไพรหาค่าความแม่นยำ (Accuracy) ของการทำงานของเครื่องในการสั่งการโดยระบบควบคุมอัตโนมัติคณะผู้วิจัยเลือกใช้สมการพื้นฐาน (Petagon & Pantho, 2020); (Intamas et al, 2022) ดังนี้

$$\%Accuracy = 100 - \%Relative Error \quad (1)$$

โดยร้อยละค่าความคลาดเคลื่อนสัมพันธ์ (Relative Error) ดังนี้

$$\%Relative Error = \left[\frac{|X_{mea} - X_t|}{X_t} \right] \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ X_{mea} คือ จำนวนครั้งที่เครื่องทำงานได้ตามคำสั่ง
 X_t คือ จำนวนครั้งที่ทำการทดสอบทั้งหมด

ผลการวิจัย

ในหัวข้อผลการวิจัยแบ่งผลการทดสอบประสิทธิภาพ (Performance) การควบคุมอุณหภูมิการทำงานของเครื่องนึ่งลูกประคบสมุนไพรที่ควบคุมอุณหภูมิด้วยระบบอัตโนมัติ โดยมีผลการทดลองดังนี้

1. ผลการทดสอบประสิทธิภาพ (Performance) การทำงานของเครื่องนึ่งลูกประคบสมุนไพรที่ควบคุมอุณหภูมิด้วยระบบอัตโนมัติ

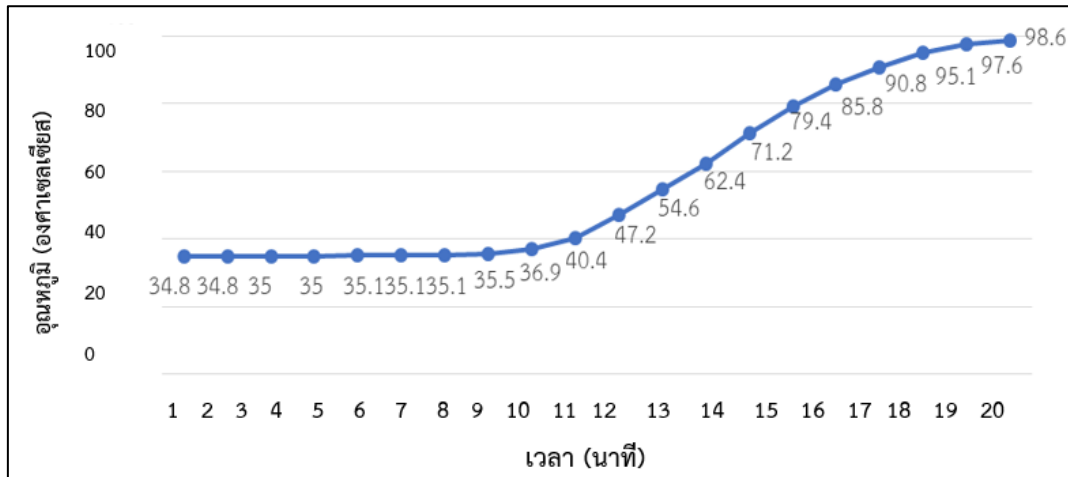
ในการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องนึ่งลูกประคบสมุนไพรควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติ ซึ่งการควบคุมอุณหภูมิลูกประคบสมุนไพร ทำการทดสอบดังนี้

1.1 ควบคุมเวลาลูกประคบสมุนไพร ในโหมดไอน้ำโดยตั้งโปรแกรมการนึ่ง เวลา 20 นาที

ควบคุมเวลาของลูกประคบสมุนไพร ในโหมดไอน้ำโดยตั้งโปรแกรมการนึ่ง เวลา 20 นาที เพื่อเป็นการกระตุ้นให้สารต่างๆ ที่อยู่ในตัวยาสมุนไพรในลูกประคบสมุนไพรออกมา เมื่อครบเวลาที่ตั้งไว้ระบบจะตัดการทำงานและส่งเสียงเตือนให้นำลูกประคบไปเข้าสู่โหมดประคบต่อไป ทำการทดสอบทั้งหมด 10 ครั้ง ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 1 และค่าอุณหภูมิเฉลี่ยทั้ง 10 ครั้งแสดงดังภาพที่ 6

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพ (Performance) การทำงานของเครื่องนึ่งลูกประคบสมุนไพรในโหมดควบคุมเวลาของลูกประคบสมุนไพรในโหมดไอน้ำโดยตั้งโปรแกรมการนึ่ง เวลา 20 นาที

การทดลองครั้งที่	ผลการทดลอง			
	เวลาที่ตั้ง (นาที)	อุณหภูมิ ณ เวลา 20 นาที (องศาเซลเซียส)	สถานะการแจ้งเตือน	
			แจ้งเตือน	ไม่แจ้งเตือน
1	20 นาที	99.9	✓	
2	20 นาที	98.6	✓	
3	20 นาที	98.5	✓	
4	20 นาที	98.3		✓
5	20 นาที	98.9	✓	
6	20 นาที	98.4	✓	
7	20 นาที	98.2	✓	
8	20 นาที	97.9	✓	
9	20 นาที	98.4	✓	
10	20 นาที	98.5	✓	
เฉลี่ย	20 นาที	98.6	90%	10%



ภาพที่ 6 การทดสอบการทำงานของเครื่องควบคุมอุณหภูมิลูกประคบสมุนไพรในโหมดให้น้ำเวลา 20 นาที

จากภาพที่ 6 การทดสอบการทำงานของเครื่องนึ่งลูกประคบสมุนไพรควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติในโหมดให้น้ำซึ่งเป็นการให้ความร้อนที่ได้จากไอน้ำ ทำการทดสอบทั้งหมด 10 ครั้ง โดยอุณหภูมิเริ่มที่ 32.9 องศาเซลเซียส ทำการบันทึกข้อมูลทุกๆ 1 นาที ตั้งแต่ 1 นาที-20 นาที พบว่ามีอุณหภูมิเฉลี่ยทั้ง 10 ครั้งอยู่ที่ 98.6 องศาเซลเซียส และจากตารางที่ 1 ผลการแจ้งเตือนเมื่ออุณหภูมิถึงตามเวลาที่กำหนด พบว่าระบบสามารถแจ้งเตือนได้โดยคำนวณค่าความแม่นยำ (Accuracy) จากสมการที่ (1) คิดเป็นร้อยละ 90 และทำการคำนวณค่าร้อยละค่าความคลาดเคลื่อนสัมพันธ์จากสมการที่ (2) คิดเป็นร้อยละ 10 (ทั้งนี้ในครั้งที่ 4 ระบบไม่แจ้งเตือนเนื่องจากการเติมปริมาณน้ำในหม้อนึ่งไอน้ำสูงกว่าทุกครั้งทำให้เวลา 20 นาที น้ำยังไม่เดือด เซนเซอร์จึงไม่ส่งสัญญาณทำการแจ้งเตือนดังนั้นในการใช้งานเครื่องนึ่งลูกประคบจึงต้องกำหนดปริมาณน้ำที่ใช้ในการนึ่งเท่ากันทุกครั้งที่ใช้งาน)

2. ควบคุมอุณหภูมิลูกประคบสมุนไพรในโหมดการประคบ เริ่มโปรแกรมที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส และเมื่ออุณหภูมิลูกประคบมีอุณหภูมิ ถึง 42 องศาเซลเซียส เครื่องควบคุมอุณหภูมิลูกประคบสมุนไพรจะมีเสียงแจ้งเตือนให้นำลูกประคบสมุนไพรออกไปทำการประคบให้ผู้รับบริการ โดยจะควบคุมให้อุณหภูมิลูกประคบสมุนไพร ทำงานในช่วงอุณหภูมิที่ 39-42 องศาเซลเซียส จนเสร็จสิ้นการรักษา ทำการทดสอบทั้งหมด 10 ครั้ง แสดงผลอุณหภูมิของลูกประคบและสถานะการแจ้งเตือนดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ควบคุมเวลาอุปกรณ์ประคบสมุนไพร ในโหมดไอน้ำโดยตั้งโปรแกรมการนึ่ง เวลา 10 นาที

การทดลองครั้งที่	ผลการทดลอง			
	เวลาที่ตั้ง	อุณหภูมิ ณ เวลา 10 นาที (องศาเซลเซียส)	สถานะการแจ้งเตือน	
			แจ้งเตือน	ไม่แจ้งเตือน
1	10 นาที	42.1	✓	
2	10 นาที	42.2	✓	
3	10 นาที	42.6	✓	
4	10 นาที	42.9	✓	
5	10 นาที	42.4	✓	
6	10 นาที	42.4	✓	
7	10 นาที	42.5	✓	
8	10 นาที	42.1	✓	
9	10 นาที	42.6	✓	
10	10 นาที	42.9	✓	
เฉลี่ย	10 นาที	42.47	100%	0%

จากตารางที่ 2 สรุปค่าความแม่นยำของการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องนึ่งอุปกรณ์ประคบสมุนไพรที่ควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติ พบว่า เมื่อสั่งการให้เครื่องตัดการทำงานและส่งเสียงเตือนเมื่อเวลาผ่านไป 10 นาที พบว่า เครื่องสามารถทำงานได้ค่าความแม่นยำ (Accuracy) คำนวนจากสมการที่ (1) คิดเป็นร้อยละ 100

สรุปผลการวิจัย

การออกแบบและสร้างเครื่องนึ่งอุปกรณ์ประคบสมุนไพรที่ควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติ เป็นวิธีวิจัยเชิงทดลองโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่อง ทดสอบประสิทธิภาพเครื่องนึ่งอุปกรณ์ประคบสมุนไพรควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติมีวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้ ในส่วนของออกแบบและสร้างเครื่องนึ่งอุปกรณ์ประคบสมุนไพรควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติโดยการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องนึ่งอุปกรณ์ประคบสมุนไพรควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติโดยใช้โหมดการนึ่งเป็นการให้อุณหภูมิอุปกรณ์ประคบสมุนไพร จะมีการนำอุปกรณ์ประคบสมุนไพรนำไปนึ่ง โดยตั้งโปรแกรมการนึ่ง เวลา 20 นาที เพื่อเป็นการกระตุ้นให้สารต่างๆที่อยู่ในตัวยาสมุนไพรในอุปกรณ์ประคบสมุนไพรออกมา ก่อนจะนำมาใช้ประคบ (ตามคำแนะนำของแพทย์แผนไทย) ทำการทดสอบจำนวน 10 ครั้ง พบว่าเครื่องสามารถแจ้งเตือนเมื่อถึงอุณหภูมิที่ผู้ใช้ทำการตั้งค่าไว้ ผลการแจ้งเตือนเมื่ออุณหภูมิถึงตามเวลาที่กำหนด พบว่าระบบสามารถแจ้งเตือนได้โดยคำนวณค่าความแม่นยำ (Accuracy) จากสมการที่ (1) คิดเป็นร้อยละ 90 และทำการคำนวณค่าร้อยละค่าความคลาดเคลื่อนสัมพันธ์จากสมการที่ (2) คิดเป็นร้อยละ 10 เนื่องจากครั้งที่ 4 เกิดความผิดพลาดเนื่องจากผู้ทดสอบเติมน้ำในการนึ่งปริมาณมากกว่าทุกครั้ง จึงทำให้เวลา 20 นาที ไอน้ำมีอุณหภูมิยังไม่ถึง 100 องศาเซลเซียสตามกำหนดการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องนึ่งอุปกรณ์ประคบสมุนไพรควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติโดยโหมดการประคบ โดยเมื่ออุณหภูมิ

ลูกประคบสมุนไพรมีอุณหภูมิเริ่มทำงานตั้งแต่ 39 องศาเซลเซียส และเมื่ออุณหภูมิลูกประคบมีอุณหภูมิถึง 42 องศาเซลเซียส เครื่องควบคุมอุณหภูมิลูกประคบสมุนไพรจะมีเสียงแจ้งเตือนให้นำลูกประคบสมุนไพรออกไปทำการประคบให้ผู้รับบริการ ทำการทดสอบจำนวน 10 ครั้ง พบว่าเครื่องสามารถแจ้งเตือนได้ค่าความแม่นยำของการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องนี้ลูกประคบสมุนไพรที่ควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติ พบว่า เมื่อสั่งการให้เครื่องตัดการทำงานและส่งเสียงเตือนเมื่อเวลาผ่านไป 10 นาที พบว่า เครื่องสามารถทำงานได้ค่าความแม่นยำ (Accuracy) คำนวนจากสมการที่ (1) คิดเป็นร้อยละ 100 อุณหภูมิที่เหมาะสมกับลูกประคบจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการรักษาและบรรเทาอาการของผู้รับบริการได้

ข้อเสนอแนะ

1. การควบคุมอุณหภูมิลูกประคบสมุนไพร ควรให้มีการตั้งค่าเวลาในโหมดอุณหภูมิได้เพิ่มขึ้นหรือตามความต้องการของผู้ใช้
2. ในโหมดของการประคบ ควรเพิ่มช่วงอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 39 – 45 องศาเซลเซียส

อภิปรายผล

การออกแบบและสร้างเครื่องนี้ลูกประคบสมุนไพรควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติมีวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อออกแบบและสร้างเครื่องควบคุมอุณหภูมิลูกประคบสมุนไพรและทดสอบประสิทธิภาพเครื่องควบคุมอุณหภูมิลูกประคบสมุนไพรให้สามารถควบคุมอุณหภูมิได้แม่นยำโดยมีค่าความผิดพลาดไม่เกินร้อยละ 10 ดำเนินการวิจัยโดยทำการลงพื้นที่เพื่อสอบถามอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมในการทำความร้อนให้ลูกประคบเพื่อใช้ในการรักษาผู้ป่วยที่มาใช้บริการ โดยสอบถามจากแพทย์แผนไทย ณ โรงพยาบาลองค์กรักษ์ จ.นครนายก ได้ผลดังนี้ ในการเพิ่มอุณหภูมิลูกประคบสมุนไพรเพื่อใช้งาน จะแบ่งออกเป็น 2 โหมด ประกอบไปด้วย โหมดไอน้ำ คือการให้ความร้อนกับลูกประคบสมุนไพรด้วยไอน้ำเพื่อกระตุ้นตัวยาในลูกประคบสมุนไพร เป็นเวลา 20 นาที และโหมดประคบการให้ความร้อนกับลูกประคบสมุนไพรให้มีอุณหภูมิเริ่มต้นจาก 39 องศาเซลเซียส เมื่อ อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส ให้นำลูกประคบสมุนไพรไปใช้ประคบ เป็นเวลา 25 นาที ผลการวิจัยพบว่าเครื่องนี้ลูกประคบสมุนไพรสามารถควบคุมอุณหภูมิและแจ้งเตือนเมื่อถึงระยะเวลาที่กำหนด โดยโหมดการนี้ จากการทำการทดสอบจำนวน 10 ครั้ง พบว่าเครื่องสามารถแจ้งเตือนเมื่อถึงอุณหภูมิที่ผู้ใช้ทำการตั้งค่าไว้ ผลการแจ้งเตือนเมื่ออุณหภูมิถึงตามเวลาที่กำหนด พบว่าระบบสามารถแจ้งเตือนได้โดยคำนวณค่าความแม่นยำคิดเป็นร้อยละ 90 และทำการคำนวณค่าร้อยละค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์คิดเป็นร้อยละ 10 เนื่องจากครั้งที่ 4 เกิดความผิดพลาดเนื่องจากผู้ทดสอบเติมปริมาณน้ำในการนี้ปริมาณมากกว่าทุกครั้ง จึงทำให้เวลา 20 นาที ไอน้ำมีอุณหภูมิยังไม่ถึง 100 องศาเซลเซียสตามกำหนด การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องนี้ลูกประคบสมุนไพรควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติโดยโหมดการประคบ โดยเมื่ออุณหภูมิลูกประคบสมุนไพรมีอุณหภูมิเริ่มทำงานตั้งแต่ 39 องศาเซลเซียส และเมื่ออุณหภูมิลูกประคบมีอุณหภูมิถึง 42 องศาเซลเซียส เครื่องควบคุมอุณหภูมิลูกประคบสมุนไพรจะมีเสียงแจ้งเตือนให้นำลูกประคบสมุนไพรออกไปทำการประคบให้ผู้รับบริการ ทำการทดสอบจำนวน 10 ครั้ง พบว่าเครื่องสามารถแจ้งเตือนได้ค่าความแม่นยำของการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องนี้ลูกประคบสมุนไพรที่ควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติ พบว่า เมื่อสั่งการให้เครื่องตัดการทำงานและส่งเสียงเตือนเมื่อเวลาผ่านไป 10 นาที พบว่า เครื่องสามารถทำงานได้ค่าความแม่นยำคิดเป็นร้อยละ 100 ซึ่งอุณหภูมิที่ทำการกำหนดในงานวิจัยนี้

สอดคล้องกับ งานวิจัยของ Parasin et al. (2016) ได้ศึกษาการพัฒนาแผ่นประคบร้อนสมุนไพรไทยโดยใช้เตาไมโครเวฟ โดยแผ่นประคบร้อนสมุนไพรไทยด้วยคลื่นไมโครเวฟมีความเหมาะสมเนื่องจากสามารถเพิ่มอุณหภูมิที่ผิวหนังถึง 40-45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที งานวิจัยของ Jaiban (2016) ศึกษาความเหมาะสมของระยะเวลาในการประคบร้อน งานกายภาพบำบัด โรงพยาบาลหัวหิน มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเหมาะสมของระยะเวลาในการประคบแผ่นร้อน พบว่าความเหมาะสมของระยะเวลาในการวางแผ่นประคบร้อนที่เหมาะสมที่สุดคือ นาทีที่ 15 นับจากเริ่มวางแผ่นประคบร้อน แผ่นประคบร้อนจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยเหมาะสมที่สุด คือประมาณ 42 องศาเซลเซียส โดยปกติอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการรักษาทางกายภาพบำบัดมากที่สุด คืออยู่ในช่วงอุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส และงานวิจัยของ Srikraiut & Chawwang (2018) การศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิของแผ่นประคบร้อนที่สัมพันธ์กับความหนาของผ้าห่อแผ่นประคบร้อน ในช่วงเวลา 20 นาที เมื่อเปรียบเทียบความหนาของผ้า พบว่าอุณหภูมิของผ้าที่ใช้ห่อแผ่นประคบร้อนมีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} < 0.01$) การออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบประสิทธิภาพเครื่องควบคุมอุณหภูมิอุปกรณ์ประคบสมุนไพร

กิตติกรรมประกาศ

ทางคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการวิจัยและบันทึกผลการวิจัย รวมทั้งสนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัย จนงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- Alternative medical unit Faculty of Medicine Ramathibodi Hospital Mahidol University. (2018). *Herbal compress massage*. [Online]. Retrieved from: https://www.rama.mahidol.ac.th/altern_med/th/km/13may2020-1016.
- Department of Thai Traditional and Alternative Medicine Development Ministry of Public Health. (2007). *Guidelines for Thai traditional medicine practice in public health facilities*. Bangkok: The Veteran Welfare Organization Printing House. (in Thai)
- Intamas, P., Pansrinaun, W., Sakulpaisan, K., Sukthang, K., Chattunyakit, S., & Boonraksa, P. (2022). Designing and building a coffee bean polishing machine using a smartphone controller. *Sripatum Review of Science and Technology*, 14(1), 169–183. (in Thai)
- Jaiban, S., Ruengphuk, S., & Saetang, N. (2016). Studying the appropriateness of the duration of hot compress. *Physical Therapy Hua Hin Hospital, Hua Hin Sukjai Klai Kangwon Journal*, 1(2), 66. (in Thai)
- Kalaniyo, S. (2017). The effectiveness of using coconut shells in maintaining the temperature of the herbal compress ball. *Journal of Thai Traditional and Alternative Medicine*, 15(2), 71. (supplement) (in Thai)
- Ministry of Public Health. (2019). *Herbal Products Act, B.E. 2519*. Bangkok: Veterans Affairs Printing House. (in Thai)

- Nantadee, O. (2018). Effects of self-herbal compress on pain of the elderly with knee pain in Thoen Hospital, Thoen District, Lampang Province. *Journal of Health Sciences Scholarship*, 5(2), 43–56. (in Thai)
- Office of the National Digital Economy and Society Commission Ministry of Digital Economy and Society. (2019). *National Policies and Plans on Digital Development for Economy and Society (2018–2037)*. [Online]. Retrieved from: <https://ict.moph.go.th/th/extension/718>. (in Thai)
- Office of the Permanent Secretary, Ministry of Public Health. (2019). *Announcement of the National Drug System Development Board*. [Online]. Retrieved from: <https://dmsic.moph.go.th/index/dataservice/97/2>. (in Thai)
- Parasin, N., Thamchai, A., Phonkhamhak, P. & Taepanya W. (2016). Development of Thai herbal hot compress using microwave oven. *Journal of Thai Traditional and Alternative Medicine*, 14(1), 325. (in Thai)
- Petagon, R., & Pantho, O. (2020). Drone for detecting forest fires using deep learning technique. *Sripatum Review of Science and Technology*, 12, 65–78. (in Thai)
- Srikraiut, C., & Chawwang, W. (2018). Comparative study of the temperature of hot compress pads in relation to the thickness of hot compress wrap cloth. *Mahidol Sam*, 5(1), 48–60. (in Thai)

การพัฒนาผงฝุ่นคาร์บอนจากกาบมะพร้าวเผาสำหรับการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง

สุพิชฌาย์ แสงแก้วสุข¹, ปริญญา สีสานันท์^{2,*}

^{1,2} คณะนิติวิทยาศาสตร์ โรงเรียนนายร้อยตำรวจ

Received: 3 April 2024

Revised: 21 November 2024

Accepted: 21 November 2024

บทคัดย่อ

การตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงเป็นขั้นตอนการค้นหาลักษณะเพื่อเชื่อมโยงกับพฤติการณ์ในกระบวนการทางนิติวิทยาศาสตร์ ผงฝุ่นดำที่ใช้ตรวจเก็บรอยมักเป็นผลิตภัณฑ์นำเข้า งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและศึกษาผงฝุ่นจากกาบมะพร้าวเผาสำหรับการตรวจรอยลายนิ้วมือแฝงเป็นการวิจัยเชิงทดลองโดยนำกาบมะพร้าวที่ผ่านการเผาจนเป็นผงไปวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดร่วมกับ สเปกโทรสโกปีรังสีเอกซ์แบบกระจายพลังงาน ทดสอบการเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวชนิดไม่มีรูพรุนและกึ่งรูพรุน ผลการวิจัยพบว่า ผงฝุ่นจากกาบมะพร้าวเผาที่เตรียมมีขนาดเฉลี่ย 20.3 ± 2.5 ไมโครเมตร มีรูปร่างแผ่นเหลี่ยมไม่แน่นอน เมื่อทดสอบตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวตัวอย่างและวิเคราะห์ด้วยเครื่องตรวจพิสูจน์ลายนิ้วมืออัตโนมัติแบบกระเป่าหิ้ว (Mini AFIS) พบว่าให้จุดลักษณะสำคัญพิเศษสูงถึง 60 จุด และให้คุณภาพรอยลายนิ้วมือแฝงในระดับที่สูงกว่าเกณฑ์ที่ใช้ตรวจพิสูจน์ยืนยันบนพื้นผิวตัวอย่างทุกชนิด เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษโดยผงฝุ่นจากกาบมะพร้าวเผาไม่แตกต่างกับผงฝุ่นที่นำเข้า ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สรุปได้ว่า ผงฝุ่นจากกาบมะพร้าวเผาสามารถเป็นทางเลือกในการตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงในทางนิติวิทยาศาสตร์ได้ มีข้อดีที่เป็นวัสดุหาง่าย ราคาถูกและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ: ลายนิ้วมือแฝง ผงฝุ่นคาร์บอน กาบมะพร้าว จุดลักษณะสำคัญพิเศษ

* ผู้ประสานงานหลัก; อีเมล: parinya.se@rpca.ac.th

Development of Carbon Powder from Burnt Coconut Husk for Latent Fingerprint Detection

Supicha Saengkaewsuk¹, Parinya Seelanan^{2,*}

^{1,2} Faculty of Forensic Science, Royal Police Cadet Academy

Received: 3 April 2024

Revised: 21 November 2024

Accepted: 21 November 2024

Abstract

Latent fingerprint detection is an essential process for evidence collection linked to the incident in forensic science. The carbon powder used in fingerprint detection is generally an imported product. In this research, the study of powder from burnt coconut husk for latent fingerprint detection was developed. The coconut husk used in this study was burnt into powder & analyzed by the scanning electron microscope with energy dispersive X-ray spectroscopy. Latent fingerprint detection on non-porous & semi-porous surfaces by the developed coconut husk powder was performed. The results showed that the powder from burnt coconut husk had an average size of 20.3 ± 2.5 micrometers under angular sheet with non-symmetric shape. The powders were applied to detect latent fingerprints imprinted on 4 types of surfaces & analyzed by the Mini Automated Fingerprint Identification System (Mini AFIS). It was found that the burnt coconut husk powder provided up to 60 points of minutiae whereas latent fingerprint quality was qualified to the criteria for fingerprint examination on all sample surfaces. Statistical analysis demonstrated that the minutiae & latent fingerprint quality collected from burnt coconut husk powder were not different from using imported powder at the significance level of 0.05. In conclusion, the developed powder from burnt coconut husk can be used as an alternative tool for latent fingerprint detection in forensic examination with advantages of easy preparation, low cost, & environmentally friendly material.

Keywords: Latent fingerprint, Carbon powder, Coconut husk, Minutiae

* Corresponding Author; E-mail: parinya.se@rpca.ac.th

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

รอยลายนิ้วมือแฝงมีความสำคัญต่องานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ในการตรวจพิสูจน์เป็นอย่างมาก วิธีการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงได้แก่ การใช้ผงฝุ่นทางเคมี การใช้กาวย การใช้สีย้อมเคมี การถ่ายภาพรอยลายนิ้วมือที่มองเห็นด้วยตาเปล่า หรือการใช้แสงเลเซอร์ส่องหารอยลายนิ้วมือแฝง (Kesorn, 2014) แต่ละวิธีมีการตรวจหาที่แตกต่างกัน วิธีการที่ใช้สารเคมีอาจเกิดการสะสมในร่างกายของตัวผู้ปฏิบัติงานได้ในระยะยาว สำหรับการใช้ผงฝุ่นทางเคมีในการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง ได้มีการพัฒนาผงฝุ่นที่ผลิตจากธรรมชาติ อาทิเช่น ผงฝุ่นจากเปลือกมังคุด (Khanbo et al., 2016) ผงฝุ่นจากผงขมิ้น (Garg et al., 2011) ผงฝุ่นจากถ่านหิน (Saengkaew, 2008) ผงฝุ่นจากเกล็ดดำ (Thongthammachad & Witchuwanich, 2019) และผงฝุ่นจากสปอร์ของเห็ด (Chaiheng & Witchuwanich, 2019) รวมถึงการประยุกต์ใช้ผงฝุ่นที่ได้จากการแปรรูปยางรถยนต์ (Pimpaporn & Sinloyma, 2021) เป็นต้น ผู้วิจัยจึงได้เล็งเห็นประโยชน์ของการแปรรูปผลิตภัณฑ์ และมีแนวคิดในการพัฒนาผงฝุ่นธรรมชาติจากกาบมะพร้าวเผาซึ่งพบทั่วไปตามธรรมชาติ เป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีต้นทุนต่ำและไม่มีสารพิษสะสมในร่างกายของผู้ปฏิบัติงานจากภูมิปัญญาชาวบ้าน กาบมะพร้าวถูกนำมาใช้ประโยชน์หลากหลาย เช่น การทำขนมเปียกปูนโบราณเพื่อให้ได้สีน้ำตาลตามธรรมชาติ การนำกาบมะพร้าวเผามาทำยาแก้ท้องเสีย หรือที่เรียกว่าผงถ่านชาโคล การผลิตเป็นยาขัดรองเท้า ซึ่งล้วนเป็นวิธีการนำวัสดุจากธรรมชาติมาแปรรูปใช้งานเพื่อลดต้นทุนในการผลิตและไม่อันตรายต่อผู้ใช้ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจะทำการเผาและเตรียมผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าว พร้อมศึกษาลักษณะทางสัณฐาน ขนาดและรูปร่างตลอดจนวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบในผงฝุ่น (Rajan et al., 2020) จากนั้นศึกษาการนำไปใช้เบื้องต้น โดยทดลองตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงจากการใช้ผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผา ทดสอบกับวัสดุประเภทพื้นผิวไม่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นเอกสารพลาสติก กระดาษ และพื้นผิวกึ่งรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง และกล่องกระดาษบรรจุภัณฑ์โทรศัพท์ และเปรียบเทียบคุณภาพรอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏขึ้นจากการใช้ผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผากับผงฝุ่นดำนำเข้าเพื่อเป็นแนวทางและพัฒนาต่อยอดให้เกิดประโยชน์ต่องานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาสำหรับตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง
2. เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้จากการใช้ผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผากับผงฝุ่นดำนำเข้าบนวัตถุพื้นผิวไม่มีรูพรุนและกึ่งรูพรุน

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ลายนิ้วมือมีคุณสมบัติพิเศษที่มีอยู่ตั้งแต่เป็นทารกในครรภ์ โดยจะเริ่มสร้างขึ้นระหว่าง 10.5-16 สัปดาห์ โดยประมาณมีความเป็นเอกลักษณ์และคงอยู่ถาวร (Wertheim & Maceo, 2002) เป็นข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการยืนยันบุคคลทางนิติวิทยาศาสตร์ วิธีการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงในสถานที่เกิดเหตุอาชญากรรมสังเกตุ เนื่องจากรอยลายนิ้วมือแฝงอาจไม่สามารถเห็นด้วยตาเปล่า ต้องมีวิธีการตรวจหารอยลายนิ้วมือให้ปรากฏซึ่งอาจขึ้นกับชนิดของวัตถุที่มีพื้นผิวต่างกัน เช่น วิธีทางเคมี การใช้การระเหย วิธีลอกลายนิ้วมือ การใช้แสง และการใช้ผงฝุ่นตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือ จึงต้องเลือกวิธีให้เหมาะสมกับชนิดของวัตถุที่นำมาตรวจสอบ (Kesorn, 2014) ทั้งนี้ยังพบว่าผงฝุ่นดำนิยมนำมาใช้ในงานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ อีกทั้งมีงานวิจัยที่พัฒนาผงฝุ่นดำจากธรรมชาติมาใช้เพื่อทดแทนผงฝุ่นที่

ผลิตจากสารเคมี อาทิเช่น ผงฝุ่นดำจากถ่านไม้ยางพารา ถ่านไม้โกงกาง และถ่านไม้ขนุน (Tiprong, 2015) รวมถึง ผงฝุ่นดำจากเกลบซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร (Rajan & Kaur, 2001) ซึ่งจะพบประกอบด้วยสารอินทรีย์และซิลิกา ปริมาณสารอินทรีย์จะประกอบด้วยธาตุคาร์บอนประมาณร้อยละ 51 ออกซิเจนร้อยละ 42 ส่วนที่เหลือจะเป็นไฮโดรเจน และไนโตรเจน (Thongthammachad & Witchuwanich, 2019) โดยที่ผงฝุ่นจะเกาะติดกับสารประกอบของเหล็กที่อยู่ในลายนนิ้วมือและจะไปเกาะติดกับเส้นขนในรอยลายนนิ้วมือแฝง เมื่อทำการปิดด้วยผงฝุ่นจะทำให้รอยลายนนิ้วมือแฝงปรากฏขึ้นมา และอนุภาคของผงฝุ่นขนาดเล็กจะเกาะติดกับลายนนิ้วมือได้ดีกว่าผงฝุ่นขนาดใหญ่ (Sodhi & Kaur, 2001) ลายนนิ้วมือของมนุษย์เป็นเอกลักษณ์เฉพาะบุคคล สามารถใช้ในการพิสูจน์ยืนยันตัวบุคคลได้เนื่องจากไม่มีลายนนิ้วมือใดที่เหมือนกันหรือซ้ำกัน ไม่ว่าจะเป็นญาติพี่น้องหรือฝาแฝดไข่ใบเดียวกัน นอกจากนี้ลายนนิ้วมือจะไม่มี การเปลี่ยนแปลงตั้งแต่เกิดจนกระทั่งเสียชีวิต (Singthong, 2015) ในขณะที่รูปร่างและหน้าตาอาจตกแต่งและเปลี่ยนแปลงได้ โดยเจ้าหน้าที่ตำรวจทั้งประเทศไทยและต่างประเทศ ใช้ประโยชน์จากลายนนิ้วมือในการจัดทำทะเบียนประวัติอาชญากรและการพิสูจน์หลักฐานด้วยการใช้ระบบตรวจสอบลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติ (Automated Fingerprint Identification System, AFIS) ซึ่งเป็น การนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์มาใช้ในการตรวจสอบลายพิมพ์นิ้วมือ (Gibb & John, 2023) และจัดเก็บเป็นฐานข้อมูลในระบบ ไม่ว่าจะเป็นลายพิมพ์นิ้วมือของผู้กระทำความผิด หรือผู้ขอ อนุญาตสมัครงาน โดยมีระบบคำนวณค่าความสัมพันธ์ของจุดลักษณะสำคัญพิเศษ (Minutiae) ของลายพิมพ์นิ้วมือที่ นำมาเข้าตรวจสอบกับหลักฐานข้อมูล โดยระบบสืบค้นจะทำการเปรียบเทียบ Minutiae ของลายนิ้วมือที่นำเข้า ตรวจสอบกับฐานข้อมูล จากนั้นแสดงรายการผู้เข้าข่ายที่มีความสัมพันธ์เรียงลำดับจากมากไปน้อย เพื่อทำการยืนยัน โดยผู้เชี่ยวชาญด้านลายพิมพ์นิ้วมือต่อไป ในการพัฒนาผงฝุ่นดำของงานวิจัยนี้ เพื่อนำมาใช้เป็นทางเลือกทดแทนผงฝุ่น จากสารเคมีและสนับสนุนงานด้านการตรวจพิสูจน์ลายนิ้วมือแฝงทางนิติวิทยาศาสตร์ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ตัวอย่างผงฝุ่นดำในการทดสอบ 3 ชนิด คือ ผงฝุ่นจากกาบมะพร้าวเผาที่ไม่ผ่านการร่อน (NSP) ผงฝุ่นจาก กาบมะพร้าวเผาที่ผ่านการร่อน (SP) และผงฝุ่นดำนำเข้ายี่ห้อ Kagaku Sobi Kenkyusho จากประเทศญี่ปุ่น (IP)
2. เตรียมผงฝุ่นดำโดยนำกาบมะพร้าวมาเผาในเตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตร แล้วนำมาบดให้ละเอียดด้วย เครื่องปั่นอเนกประสงค์ คอปไล่ความชื้นในตู้อบเป็นเวลา 48 ชั่วโมง กรองโดยใช้ตะแกรงร่อนขนาด 400 mesh แล้วนำไป วิเคราะห์ด้วย Scanning Electron Microscope / Energy Dispersive X-ray Spectroscopy หรือ SEM/EDX (Hitachi รุ่น FlexSEM1000)
3. เตรียมตัวอย่างวัตถุพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน (แฟ้มเอกสารพลาสติก และกระจก) พื้นผิวกึ่งรูพรุน (กระเบื้อง และ กล่องกระดาษบรรจุภัณฑ์โทรศัพท์) ที่ผ่านการทำความสะอาดและทิ้งจนแห้งก่อนประทับรอย
4. เตรียมรอยลายนนิ้วมือของผู้วิจัยเพียงคนเดียวโดยการประทับนิ้วโป้งขวาที่ไม่ผ่านการล้างมือเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ลงบนพื้นผิวตัวอย่าง กดค้างไว้จนน้ำหนักได้ 900-1,000 กรัม เป็นเวลา 10 วินาที (Chaiheng & Witchuwanich, 2019)

5. การเก็บตัวอย่างรอยลายนนิ้วมือแฝง

5.1 ใช้แปรงขนกระรอกจุ่มลงบนผงฝุ่นเล็กน้อยปิดลงบนพื้นผิวของวัตถุจนไปในทิศทางเดียวกันจนรอยลายนิ้วมือปรากฏ

5.2 ถ่ายภาพรอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏด้วยกล้องถ่ายรูปดิจิทัล (Canon, EOS40D เลนส์ EFS 18-55 mm, F-stop f/7.1, Exposure time 1/80sec., ISO speed-800, Focal length 55 mm) ที่ติดตั้งบนขาตั้งในระยะ 30 เซนติเมตร

5.3 นำภาพรอยลายนิ้วมือแฝง ไปตรวจนับจุดลักษณะสำคัญพิเศษด้วยเครื่องตรวจพิสูจน์ลายนิ้วมืออัตโนมัติแบบกระเป๋าทัวร์ (Mini AFIS) โดยกำหนดขนาดของภาพในการนำเข้าเครื่อง กว้าง 2 เซนติเมตร ยาว 3 เซนติเมตร และวิเคราะห์คุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝง อ้างอิงจากเกณฑ์ระดับคุณภาพที่กำหนด (Chaiheng & Witchuwanich, 2019)

$$\text{ความกว้างช่วงระดับ} = \frac{\text{จำนวน Minutiae ตรวจพบสูงสุด} - \text{จำนวน Minutiae ที่ตรวจพบต่ำสุด}}{\text{จำนวนชั้น}}$$

$$\text{ความกว้างช่วงระดับ} = \frac{72 - 41}{5} = 6.2$$

โดยนำช่วงความกว้างที่ได้ มาใช้แบ่งระดับคุณภาพลายนิ้วมือออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้

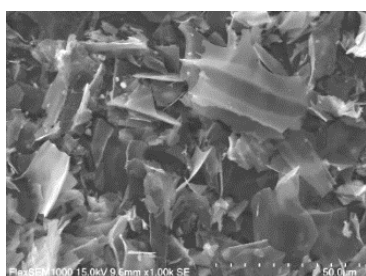
ระดับที่ 1 คุณภาพลายนิ้วมือระดับสูงที่สุด	ระหว่าง 66.0 – 72.2
ระดับที่ 2 คุณภาพลายนิ้วมือระดับสูง	ระหว่าง 59.8 – 65.9
ระดับที่ 3 คุณภาพลายนิ้วมือระดับปานกลาง	ระหว่าง 53.6 – 59.7
ระดับที่ 4 คุณภาพลายนิ้วมือระดับต่ำ	ระหว่าง 47.3 – 53.5
ระดับที่ 5 คุณภาพลายนิ้วมือระดับต่ำที่สุด	ระหว่าง 41.0 – 47.2

6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

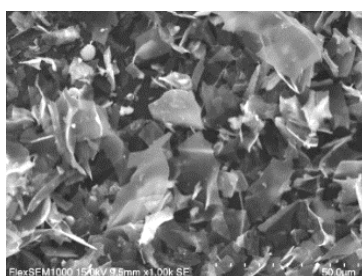
วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม SPSS โดยใช้ One-Way ANOVA (Version 11.5 for Windows) และ Pair T-test ลิขสิทธิ์ของสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) โดยวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และเปรียบเทียบคุณภาพของลายนิ้วมือแฝงที่ตรวจเก็บได้บนพื้นผิวแต่ละชนิดจากการทดสอบใช้ผงฝุ่นดำจากก้ามปูขาวเผาที่ไม่ผ่านการร่อน ผงฝุ่นดำจากก้ามปูขาวเผาที่ผ่านการร่อน และผงฝุ่นดำนำเข้า

ผลการวิจัย

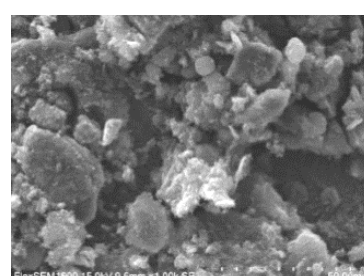
1. ผลการศึกษาขนาดและรูปร่างอนุภาคของผงฝุ่นด้วย SEM และการวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบด้วย EDX ตัวอย่างผงฝุ่นจากกาบมะพร้าวที่เผาเตรียมขึ้นมาและผงฝุ่นดำนำเข้าถูกตรวจวิเคราะห์โดย SEM/EDX ของศูนย์เครื่องมือวิจัยทางนิติวิทยาศาสตร์ คณะนิติวิทยาศาสตร์ โรงเรียนนายร้อยตำรวจ ผลการศึกษารูปร่างอนุภาคและลักษณะพื้นผิวของผงฝุ่นดำแสดงดังภาพที่ 2 ทำการหาขนาดอนุภาคของผงฝุ่นดำแต่ละชนิดโดยการเทียบมาตรฐานวัดและทำการตรวจวัดขนาดจากภาพ SEM โดยวิเคราะห์ซ้ำจำนวน 5 ครั้ง จากภาพที่ 2 สามารถวิเคราะห์ลักษณะทางสัณฐานของผงฝุ่นที่ได้ โดยพบผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาที่เตรียมขึ้นทั้ง 2 ชนิด มีลักษณะทางสัณฐานที่สำคัญคือพบเป็นแผ่นที่ไม่มีรูปทรงแน่นอน ส่วนผงฝุ่นดำนำเข้าจะมีลักษณะเป็นก้อนขึ้นหนา ไม่เป็นแผ่น ขนาดคละกันไปมีรายละเอียดขนาดผงฝุ่นแสดงดังตารางที่ 1 ผงฝุ่นดำที่เตรียมจากกาบมะพร้าวเผาที่ไม่ผ่านการร่อน (NSP) จะมีขนาดใหญ่ที่สุด พบมีขนาด 28.7 ± 8.7 ไมโครเมตร ผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาที่ผ่านการร่อน (SP) จะมีขนาด 20.3 ± 2.5 ไมโครเมตร และผงฝุ่นดำนำเข้า (IP) มีขนาด 17.3 ± 1.9 ไมโครเมตรแสดงให้เห็นว่าขนาดของอนุภาคผงฝุ่นดำทั้ง 3 ชนิดมีขนาดใกล้เคียงกัน



NSP



SP



IP

ภาพที่ 2 ภาพ SEM ของตัวอย่างผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาที่ไม่ผ่านการร่อน (NSP) ผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาที่ผ่านการร่อน (SP) และ ผงฝุ่นดำนำเข้า (IP) โดยวัดที่กำลังขยาย 1,000 เท่า

ตารางที่ 1 ขนาดของผงฝุ่นดำที่ตรวจวัดจากการวิเคราะห์ด้วย SEM กำลังขยาย 1,000 เท่า (n = 5)

ชนิดของผงฝุ่น	ขนาดของอนุภาค (μm)
ผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาที่ไม่ผ่านการร่อน (NSP)	28.7 ± 8.7
ผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาที่ผ่านการร่อน (SP)	20.3 ± 2.5
ผงฝุ่นดำนำเข้า (IP)	17.3 ± 1.9

ทำการวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบของผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาที่ผ่านการร่อน (SP) และผงฝุ่นดำนำเข้า (IP) ด้วย EDX โดยผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 2 โดยรายงานธาตุองค์ประกอบเปรียบเทียบกันระหว่างผงฝุ่นดำ SP กับ IP จะพบว่าผงฝุ่นดำ SP มีธาตุองค์ประกอบหลักที่มีปริมาณสัดส่วนสูงที่สุดจำนวน 2 อันดับแรก คือ คาร์บอน 74.37% และ ออกซิเจน 15.35% โดยน้ำหนักสอดคล้องกับผงฝุ่นดำ IP โดยพบสัดส่วนธาตุองค์ประกอบหลัก คือ คาร์บอน 85.14% และ ออกซิเจน 8.18% โดยน้ำหนัก และไม่ได้นำผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาที่ไม่ผ่านการร่อน (NSP) ทำการวิเคราะห์ เนื่องจากเป็นการคัดแยกทางกายภาพเพื่อให้ได้ขนาดของอนุภาคเล็กกว่า 400 mesh หรือ ประมาณ 20 ไมโครเมตร

ตารางที่ 2 ธาตุองค์ประกอบในผงฝุ่นจากกาบมะพร้าวเผาที่ผ่านการร่อน (SP) และผงฝุ่นดำนำเข้า (IP)

ธาตุ	ผงฝุ่นดำ SP (Weight %)	ผงฝุ่นดำ IP (Weight %)
Carbon (C)	37.74	6.84
Oxygen (O)	35.15	12.5
Nitrogen (N)	13.2	-
Magnesium (Mg)	75.0	-
Aluminum (Al)	58.0	96.0
Silicon (Si)	06.1	62.2
Phosphorus (P)	62.0	48.1
Molybdenum (Mo)	05.1	22.1
Chlorine (Cl)	02.1	-
Potassium (K)	71.1	-
Calcium (Ca)	37.1	01.4

2. ผลการศึกษาการปรากฏขึ้นของรอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิววัตถุ

การใช้ผงฝุ่นดำตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวแต่ละชนิด คือ พื้นผิวไม่มีรูพรุน (แทมเอกสารพลาสติก และกระจก) พื้นผิวกึ่งรูพรุน (กระเบื้อง และกล่องกระดาษบรรจุภัณฑ์โทรศัพท์) โดยใช้ผงฝุ่นดำ NSP SP และ IP ตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงและถ่ายภาพบันทึก ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 รอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏบนพื้นผิวโดยการใช้ผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาที่ไม่ผ่านการร่อน (ISP) ผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาที่ผ่านการร่อน (SP) และผงฝุ่นดำนำเข้า (IP)

ชนิดผงฝุ่น	การปรากฏขึ้นของรอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิว			
	แทมเอกสารพลาสติก	กระจก	กระเบื้อง	กล่องกระดาษบรรจุภัณฑ์โทรศัพท์
NSP				
SP				
IP				

3. ผลการตรวจจุดลักษณะสำคัญพิเศษ (Minutiae) และวิเคราะห์คุณภาพรอยลายนิ้วมือแฝงจากตารางที่ 3 ทำการตรวจนับจุดลักษณะสำคัญพิเศษของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏ โดยใช้เครื่อง Mini AFIS และวิเคราะห์ผ่าน

ผู้เชี่ยวชาญด้านลายนิ้วมือแฝงเพื่อยืนยันผล ผลการนับจุดลักษณะสำคัญพิเศษบนรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏจากการใช้ผงฝุ่นดำ NSP SP และ IP แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 จุดลักษณะสำคัญพิเศษและระดับคุณภาพจากรอยลายนิ้วมือแฝงที่ตรวจพบบนพื้นผิวชนิดต่างๆ

โดยการวิเคราะห์คุณภาพรอยลายนิ้วมือแฝงจากจุดลักษณะสำคัญพิเศษที่ตรวจเก็บได้บนพื้นผิวชนิดต่างๆ									
พื้นผิว		จำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษ (Minutiae)					$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5			
แฟ้มเอกสาร	SP	66	72	46	67	63	62.8	9.9	สูง
	NSP	54	43	59	67	64	57.4	9.5	ปานกลาง
พลาสติก	IP	55	45	61	64	63	57.6	7.9	ปานกลาง
	SP	61	58	58	68	61	61.2	4.1	สูง
กระดาษ	NSP	60	52	60	63	47	56.4	6.6	ปานกลาง
	IP	59	63	60	60	60	60.4	1.5	สูง
กระเบื้อง	SP	61	54	43	51	48	51.4	6.7	ต่ำ
	NSP	63	60	64	41	47	55.0	10.0	ปานกลาง
	IP	54	63	57	60	49	56.6	5.4	ปานกลาง
กล่องกระดาษ	SP	52	67	57	63	62	60.2	5.8	สูง
	NSP	61	55	58	58	65	59.4	3.8	ปานกลาง
บรรจุภัณฑ์	IP	67	57	66	66	69	65.0	4.6	สูง

พบว่าการใช้ผงฝุ่นดำ SP ให้จุดลักษณะสำคัญพิเศษที่มีจำนวนมากไปน้อยตามลำดับ คือ แฟ้มเอกสารพลาสติก (62.8 จุด) กระดาษ (61.2 จุด) กล่องกระดาษบรรจุภัณฑ์โทรศัพท์ (60.2 จุด) และกระเบื้อง (51.4 จุด) สำหรับรอยลายนิ้วมือแฝงที่พบจากการใช้ผงฝุ่นดำ NSP มีค่าเฉลี่ยจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษบนพื้นผิวจากมากไปน้อย คือ กล่องกระดาษบรรจุภัณฑ์โทรศัพท์ (59.4 จุด) แฟ้มเอกสารพลาสติก (57.4 จุด) กระดาษ (56.4 จุด) และกระเบื้อง (55.0 จุด) ส่วนรอยลายนิ้วมือแฝงจากการใช้ผงฝุ่นดำนำเข้า IP มีค่าเฉลี่ยจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษจากมากไปน้อยคือ กล่องกระดาษบรรจุภัณฑ์โทรศัพท์ (65.0 จุด) กระดาษ (60.4 จุด) แฟ้มเอกสารพลาสติก (57.6 จุด) และกระเบื้อง (56.6 จุด) โดยรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้จากทุกตัวอย่างมีจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษสูงกว่าเกณฑ์การตรวจพิสูจน์เพื่อยืนยันบุคคล ผลการวิเคราะห์ระดับคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏบนวัตถุพื้นผิวเรียบชนิดไม่มีรูพรุนและกึ่งรูพรุนจากการใช้ผงฝุ่นดำแต่ละชนิด ตามเกณฑ์ที่กำหนดมีรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4

4. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

4.1 วิเคราะห์ขนาดอนุภาคของผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาที่ผ่านการร่อน (SP) ไม่ผ่านการร่อน (NSP) และผงฝุ่นดำนำเข้า (IP) ที่ตรวจวัดจากการวิเคราะห์ด้วย SEM กำลังขยาย 1,000 เท่า ($n = 5$) รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 วิเคราะห์ขนาดอนุภาคของผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาที่ผ่านการร่อน (SP) ไม่ผ่านการร่อน (NSP) และผงฝุ่นดำนำเข้า (IP) วิเคราะห์ด้วย One Way ANOVA ด้วยโปรแกรม SPSS; $p\text{-value} < 0.05$

ผงฝุ่นดำ 3 ชนิด	Df	Sum of Squares	Mean Square	F	P-value
-----------------	----	----------------	-------------	---	---------

1. ระหว่างกลุ่ม	1	448.900	448.900	8.763	.0181
2. ภายในกลุ่ม	8	409.796	51.224		
รวม	9	858.696	95.410		

การวิเคราะห์ทางสถิติขนาดของอนุภาคผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาที่ผ่านการร่อน (SP) ไม่ผ่านการร่อน (NSP) และผงฝุ่นดำนำเข้า (IP) พบว่า ค่า F เท่ากับ 8.763 และมีค่า P-value เท่ากับ 0.0181 ซึ่งน้อยกว่าค่า P-value เท่ากับ 0.05 ที่กำหนดไว้ แสดงว่ามีความน้อย 1 คู่ที่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยขนาดของอนุภาคอย่างมีนัยสำคัญ

4.2 วิเคราะห์รอยลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพื้นผิวเรียบไม่มีรูพรุนและกึ่งรูพรุน ได้แก่ แผ่นเอกสารพลาสติก กระดาษ กระเบื้อง และกล่องกระดาษบรรจุภัณฑ์โทรศัพท์ โดยการใช้ผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาที่ผ่านการร่อน (SP) ไม่ผ่านการร่อน (NSP) และผงฝุ่นดำนำเข้า (IP) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจุดลักษณะสำคัญพิเศษและวิเคราะห์ด้วย Pair T-test ด้วยโปรแกรม SPSS รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบคุณภาพของผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาที่ผ่านการร่อน (SP) ที่ไม่ผ่านการร่อน (NSP) และผงฝุ่นดำนำเข้า (IP) บนแผ่นเอกสารพลาสติก กระดาษ กระเบื้อง และกล่องกระดาษบรรจุภัณฑ์โทรศัพท์; p-value < 0.05

ชนิดของผงฝุ่นดำ	N	Mean ($\bar{X}$)	SD	t	P-value
คู่ที่ 1 ผงฝุ่นดำ SP	20	58.90	7.80	0.80	0.45
ผงฝุ่นดำ NSP	20	57.00	7.50		
คู่ที่ 2 ผงฝุ่นดำ SP	20	58.90	7.80	0.43	0.67
ผงฝุ่นดำ IP	20	59.90	5.90		
คู่ที่ 3 ผงฝุ่นดำ NSP	20	57.00	7.50	1.91	0.07
ผงฝุ่นดำ IP	20	59.90	5.90		

การเปรียบเทียบคุณภาพของผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาที่ผ่านการร่อน (SP) ที่ไม่ผ่านการร่อน (NSP) และผงฝุ่นดำนำเข้า (IP) บนแผ่นเอกสารพลาสติก กระดาษ กระเบื้อง และกล่องกระดาษบรรจุภัณฑ์โทรศัพท์วิเคราะห์ด้วย Pair T-test กำหนดค่า P-value < 0.05 พบว่าค่าสถิติทดสอบระหว่างผงฝุ่นดำ SP กับผงฝุ่นดำ NSP โดยค่า t(19) เท่ากับ 0.80 แสดงว่าผงฝุ่นดำ SP ($\bar{X}$ =58.90, SD=7.80) มีคุณภาพสูงกว่าผงฝุ่นดำ NSP ($\bar{X}$ =57.00, SD=7.50) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ พบค่า P-value เท่ากับ 0.45 สำหรับค่าสถิติทดสอบระหว่างผงฝุ่นดำ SP กับผงฝุ่นดำนำเข้า IP โดยค่า t(19) เท่ากับ 0.43 แสดงว่าผงฝุ่นดำ SP ($\bar{X}$ =58.90, SD=7.80) มีคุณภาพต่ำกว่าผงฝุ่นดำ IP ($\bar{X}$ =59.90, SD=5.90) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบค่า P-value เท่ากับ 0.67 และค่าสถิติทดสอบระหว่างผงฝุ่นดำ NSP กับผงฝุ่นดำนำเข้า IP โดยค่า t(19) เท่ากับ 1.91 แสดงว่าผงฝุ่นดำ NSP ($\bar{X}$ =57.00, SD=7.50) มีคุณภาพต่ำกว่าผงฝุ่นดำ IP ($\bar{X}$ =59.90, SD=5.90) พบค่า P-value เท่ากับ 0.07 แสดงว่าคุณภาพของผงฝุ่นดำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

อภิปรายผล

การวิเคราะห์เปรียบเทียบผงฝุ่นด้วย SEM จากภาพที่ 1 พบว่าผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาที่ผ่านการร่อนด้วยตะแกรงขนาด 400 mesh มีลักษณะพื้นฐานเป็นแผ่น รูปทรงไม่แน่นอน มีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งใกล้เคียงกับขนาดของผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาที่ไม่ผ่านการร่อนซึ่งมีรูปทรงไม่แน่นอนกระจายตัวอย่างไม่สม่ำเสมอเช่นกัน แต่ผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาที่ไม่ผ่านการร่อนจะมีลักษณะของผงเป็นแผ่นหยาบ ขนาดเล็กและใหญ่ปะปนกัน แสดงให้เห็นว่าการกรองขนาดโดยใช้ตะแกรงร่อน ทำให้การกระจายตัวของผงฝุ่นมีขนาดใกล้เคียงกัน ขนาดอนุภาคละเอียดมากขึ้น สำหรับผงฝุ่นดำนำเข้ามีลักษณะพื้นฐานเป็นอนุภาคที่มีรูปทรงค่อนข้างกลม เกาะเป็นกลุ่ม ลักษณะพองฟู และกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ เมื่อพิจารณาขนาดของผงฝุ่นพบว่าขนาดอนุภาคของผงฝุ่นทั้ง 3 ชนิด ใกล้เคียงกัน โดยผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาที่ผ่านการร่อนมีขนาดอนุภาคเท่ากับ 20.3 ± 2.5 ไมโครเมตร ขณะที่ผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาที่ไม่ผ่านการร่อนมีขนาดอนุภาคเท่ากับ 28.7 ± 8.7 ไมโครเมตร และผงฝุ่นดำนำเข้า มีขนาดอนุภาคเป็น 17.3 ± 1.9 ไมโครเมตร ส่วนของการวิเคราะห์ทางสถิติขนาดของอนุภาคผงฝุ่นดำ 3 ชนิด มีขนาดของอนุภาคที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จากการวิเคราะห์ลักษณะและขนาดอนุภาคของผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาพบว่าผงฝุ่นดำที่พัฒนาขึ้นมีลักษณะแตกต่างกับผงฝุ่นดำนำเข้าอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากกระบวนการเผาที่ใช้เป็นการใช้เตาเผาแบบธรรมดา ผงฝุ่นดำทั้ง 3 ชนิดมีขนาดของอนุภาคที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แม้ว่าอุณหภูมิที่ใช้สูงพอจนสามารถเผากาบมะพร้าวจนเป็นผงได้ แต่ยังขาดระบบควบคุมความดันและอุณหภูมิซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลให้การจัดเรียงตัวของอนุภาคคาร์บอน ส่งผลให้ลักษณะอนุภาคแตกต่างกัน โดยขั้นตอนการเผากาบมะพร้าวของงานวิจัยนี้ใช้กาบมะพร้าวในปริมาณที่น้อยกว่า 5 กิโลกรัม และได้ผงฝุ่นดำประมาณ 0.5 กิโลกรัม ถึงแม้ว่ากาบมะพร้าวจะไม่มีพิษต่อสิ่งแวดล้อม แต่กระบวนการเผาส่งผลให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมได้ในเชิงปฏิบัติการเผาโดยใช้เตาเผาถ่าน 200 ลิตร อุณหภูมิที่จะเปลี่ยนวัสดุเหลือใช้จากธรรมชาติให้กลายเป็นถ่านได้อยู่ระหว่าง 300-400 เซลเซียส (Chaichana, 2016) การกรองขนาดของผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาและเปรียบเทียบขนาดก่อนและหลังร่อนกรองด้วยตะแกรง ส่งผลให้ผงฝุ่นดำมีขนาดละเอียด และเล็กลงจนใกล้เคียงกับผงฝุ่นดำนำเข้าเมื่อพิจารณาจากการวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบในผงฝุ่นด้วยเทคนิค Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDX) พบว่าธาตุองค์ประกอบหลักที่พบเป็นคาร์บอน สอดคล้องกับธาตุองค์ประกอบหลักของผงฝุ่นดำ IP พบสัดส่วนของธาตุคาร์บอนต่อธาตุออกซิเจนในผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาที่ต่ำกว่าเล็กน้อย หากมีการควบคุมให้เกิดการเผาไหม้ได้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นก็สามารถทำให้สัดส่วนของธาตุคาร์บอนต่อธาตุออกซิเจนสูงขึ้นได้ นอกจากนี้ ยังตรวจพบธาตุองค์ประกอบชนิดอื่นๆ ในผงฝุ่นดำที่เตรียมจากกาบมะพร้าว เช่น โพแทสเซียม แมกนีเซียม ซึ่งพบได้จากองค์ประกอบของกาบมะพร้าวในธรรมชาติ

เมื่อวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือแฝงบนตัวอย่างวัตถุพื้นผิวเรียบไม่มีรูพรุน 2 ชนิด คือ แผ่นเอกสารพลาสติก และกระจก พื้นผิวที่รูพรุน 2 ชนิด คือ กระเบื้อง และกล่องกระดาษบรรจุภัณฑ์โทรศัพท์ จะพบว่ารอยลายนิ้วมือแฝงที่ตรวจเก็บได้จากการใช้ผงฝุ่นทั้ง 3 ชนิด วิเคราะห์จำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษ (minutiae) ด้วยเครื่อง Mini AFIS พบว่า รอยลายนิ้วมือแฝงที่ตรวจเก็บได้จาก พื้นผิวไม่มีรูพรุนและที่รูพรุนนั้นไม่แตกต่างกัน ผงฝุ่นจากกาบมะพร้าวเผาให้ minutiae สูงถึง 62.8 ± 9.9 จุด ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 10 จุด ของการตรวจพิสูจน์ยืนยันรอยลายนิ้วมือแฝง (Kongkraisin et al., 2023) และยังให้คุณภาพรอยลายนิ้วมือแฝงเฉลี่ยในระดับที่ minutiae สูงกว่า 50 จุด ในทุกพื้นผิวเมื่อเปรียบเทียบในเชิงรายคู่จะพบว่าจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษของพื้นผิวตัวอย่างโดยใช้ผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาที่ผ่านการร่อนกรองขนาด จะมีค่าสูงกว่าการใช้ผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวที่ไม่ผ่านการร่อนกรองขนาด ยกเว้น

บนผิวกระเบื้อง อย่างไรก็ตาม เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า คุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ อาจเนื่องมาจากผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาที่นำมาจากวัสดุธรรมชาติ มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก สามารถประยุกต์ใช้ตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงที่มีสารอินทรีย์จากต่อมไขมันเพราะยึดจับกับผงฝุ่นได้ดี โดยที่ผงฝุ่นจะ เกาะติดกับสารประกอบของเหงื่อที่อยู่ในลายนิ้วมือและจะไปเกาะติดกับเส้นขนในรอยลายนิ้วมือแฝง เมื่อทำการปิด ด้วยผงฝุ่นจะทำให้รอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏขึ้นมา และอนุภาคของผงฝุ่นขนาดเล็กจะเกาะติดกับลายนิ้วมือได้ดีกว่า ผงฝุ่นขนาดใหญ่ (Sodhi & Kaur, 2001) อีกทั้งยังขึ้นกับขนาดและความละเอียดอนุภาคของผงฝุ่น เมื่อทำการวิเคราะห์ ขนาดของอนุภาคที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 0.05 พบว่าผงฝุ่นดำทั้ง 3 ชนิด มีขนาดของอนุภาคที่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ และในส่วนของการเปรียบเทียบคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝง พบว่าจากการตรวจหาและเก็บรอย ลายนิ้วมือแฝงด้วยผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาและผงฝุ่นดำนำเข้าบนพื้นผิวชนิดต่างๆ ทั้งบนแท้มพลาสติก กระจก กระเบื้อง และกล่องกระดาษบรรจุภัณฑ์ ให้ค่า minutiae ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าว เผาที่ผ่านการร่อน ให้คุณภาพรอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏบนพื้นผิวเรียบและไม่มีรูพรุนชนิดแท้มพลาสติกและกระจก ในระดับสูงเช่นเดียวกับการใช้ผงฝุ่นดำ IP และยังให้คุณภาพรอยลายนิ้วมือแฝงในระดับสูงบนพื้นผิวแบบกึ่งรูพรุนชนิด กล่องกระดาษที่ใช้เป็นบรรจุภัณฑ์โทรศัพท์เช่นกัน สำหรับคุณภาพรอยลายนิ้วมือแฝงในพื้นผิวกึ่งรูพรุนประเภท กระเบื้องจะอยู่ในระดับต่ำกว่า ทั้งนี้ เป็นเพราะความเรียบของพื้นผิว ประกอบกับขนาดอนุภาคของผงฝุ่นดำจากกาบ มะพร้าวเผาที่มีขนาดใหญ่กว่าผงฝุ่นดำ IP ทำให้การเข้าไปยึดจับและเกาะกับรอยลายนิ้วมือแฝงบนผิวกระเบื้อง อาจไม่สม่ำเสมอ อย่างไรก็ตามจำนวน minutiae ที่ตรวจพบยังสูงกว่าเกณฑ์การตรวจพิสูจน์และมีคุณภาพที่เพียงพอ แสดงถึงการใช้ได้ของผงฝุ่นดำที่พัฒนาขึ้น ปรากฏรอยลายนิ้วมือแฝงชัดเจน ให้จำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษได้ดีใน ระดับที่ไม่แตกต่างกัน สอดคล้องงานวิจัยที่มีการใช้ผงฝุ่นจากวัสดุธรรมชาติที่พัฒนาผงเปลือกมังคุดสำหรับตรวจหา รอยลายนิ้วมือแฝง (Khanbo et al., 2016) โดยพบว่าบนพื้นผิวแบบไม่มีรูพรุน จะให้รอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้จาก การใช้ผงเปลือกมังคุดที่มีประสิทธิภาพดี สามารถใช้ทดแทนผงฝุ่นดำและประยุกต์ใช้ในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์เพื่อ การพิสูจน์หลักฐานได้ เช่นเดียวกับงานวิจัยที่ใช้ผงฝุ่นจากขมิ้นเพื่อการปรากฏของลายนิ้วมือ (Niranjan et al., 2022) ทดสอบกับพื้นผิวที่มีรูพรุน ไม่มีรูพรุนและกึ่งรูพรุน 9 ชนิด พบว่าผงขมิ้นสามารถทำให้ลายนิ้วมือปรากฏขึ้นได้เป็น อย่างดีเนื่องจากมีส่วนประกอบของเรซินและสารมีความสามารถในการรักษาความชื้น ทำให้ยึดอนุภาคผงกับน้ำมัน และความชื้นที่สะสมอยู่บนลายนิ้วมือได้ดี จากผลการวิจัยที่ศึกษาสามารถสรุปได้ว่า การพัฒนาผงฝุ่นดำจากกาบ มะพร้าวเผาสามารถใช้เป็นวัสดุทดแทนผงฝุ่นคาร์บอนสำหรับการตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงได้ เนื่องจากอนุภาคมี ขนาดเหมาะสมและใกล้เคียงกับผงฝุ่นดำนำเข้าให้จำนวน minutiae สูงกว่าเกณฑ์การตรวจพิสูจน์ยืนยันของกลุ่มงาน ตรวจพิสูจน์ลายนิ้วมือแฝง และยังให้คุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏขึ้นไม่แตกต่างจากการใช้ผงฝุ่นดำนำเข้า จากต่างประเทศ ถือเป็นการแปรรูปวัสดุเหลือใช้ทางธรรมชาติให้เป็นผงฝุ่นที่ประยุกต์กับงานตรวจพิสูจน์ทาง นิติวิทยาศาสตร์ สามารถเพิ่มมูลค่าและส่งเสริมรายได้ให้แก่ชุมชนเนื่องจากสามารถใช้เป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกที่มี คุณภาพเทียบเท่ากับผลิตภัณฑ์นำเข้าจากต่างประเทศ เหมาะแก่การต่อยอดการผลิตในอุตสาหกรรมที่สนับสนุนงาน ด้านการตรวจพิสูจน์ในกระบวนการยุติธรรมต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1.1 ควรจัดทำคู่มือกระบวนการเตรียมผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาเพื่อให้ได้ขนาดและมีคุณภาพที่ใกล้เคียงกันในการเตรียมแต่ละครั้ง เพื่อสามารถนำไปใช้ในงานด้านการตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 ในการเตรียมผงฝุ่น หากใช้ในปริมาณมากควรเตรียมในห้องปฏิบัติการที่มีการควบคุมความปลอดภัย เพื่อควบคุมเขม่าควันที่เกิดจากการเผาไหม้ และมีระบบกรองอากาศเพื่อป้องกันไม่ให้ส่งผลกระทบต่อสุขภาพและลดมลภาวะในสิ่งแวดล้อม

2. ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

2.1 ควรมีการผลักดันให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องใช้ผงฝุ่นจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมากขึ้นเพื่อทดแทนการใช้ผงฝุ่นจากการนำเข้า และเพิ่มรายได้ให้แก่ชุมชน

3. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

3.1 ควรพัฒนาวิธีการเตรียมผงฝุ่นจากกาบมะพร้าวเผา โดยศึกษาปัจจัยในการเตรียมผงฝุ่นอื่น ๆ เช่น ความชื้น ความดัน ระยะเวลาการเผาไหม้ เป็นต้น และควรทดสอบกับพื้นผิวที่หลากหลายชนิดมากขึ้น

3.2 ควรศึกษาระยะเวลาในการคงอยู่ของรอยลายนิ้วมือแฝงโดยการประยุกต์ผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผา เพื่อเป็นข้อมูลในการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงฝุ่นจากวัสดุธรรมชาติ และใช้สนับสนุนการตรวจทางนิติวิทยาศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

- Chaichana, T. (2016). *200 Liters Charcoal Kiln*. [Online]. Retrieved from: https://engineer.mju.ac.th/wtms_webpageDetail.aspx?wID=1260. (in Thai)
- Chaiheng, S. & Witchuwanich, W. (2019). The Latent Fingerprint Development by Using Spore of *Ophioglossum pendulum* L. on Different Surfaces. *Journal of Criminology & Forensic Science*, 5(1), 96-110. (in Thai)
- Garg, R., K., Kumari, H., & Kaur, R. (2011). A new technique for visualization of latent fingerprints on various surfaces using powder from turmeric: A rhizomatous herbaceous plant (*Curcuma longa*). *Forensic Medicine Authority Egyptian Journal of Forensic Sciences*, 1, 53-57.
- Gibb, C., & John, R. (2023). Toward better AFIS practice & process in the forensic fingerprint environment. *Egyptian Journal of Forensic Science International: Synergy*, 7, 1-14.
- Kesom, B., (2014). *Development of reagents for the detection of latent fingerprints on the adhesive side of adhesive tapes*. Thesis of the Degree of Master of Science Program in Forensic Science Graduate School, Silpakorn University. (in Thai)
- Khanbo, K., Sungngam, C., & Thamaphat, K. (2016). *The Science Society of Thai & Under the Patronage of His Majesty the King. Thai & Innovation Awards 2016*. [Online]. Retrieved from: <https://www.scisoc.or.th/tia16>. (in Thai)

- Kongkraisin, P., Woranam, K., Suwannaphong, P., Phanthong, P., & Aobaom, S. (2023). Study of Latent Fingerprint after Using General H& Sanitizer on Metronic Poly Mailer with Magnetic Powder. *EAU HERITAGE JOURNAL Science & Technology*, 17(2), 162–175. (in Thai)
- Niranjan, H. , Rai, S. , Raikwar, K. , Kamle, C. , & Mia, R. (2022) . Unconventional powder method is a useful technique to determine the latent fingerprint impressions. *Journal of Forensic Science & research*, 6, 045-048.
- Pimpaporn, N. & Sinloyma, P. (2021). Development of Black Powder from Pyrolysis Process for Latent Fingerprint Detection. *Sripatum Review of Science & Technology*, 13(1), 199-213. (in Thai)
- Rajan, R., Zakaria, Y., Shamsuddin S., & Hassan, N., F., N. (2020). Robust synthesis of mono-dispersed spherical silica nanoparticle from rice husk for high-definition latent fingermark development. *Arabian Journal of Chemistry*, 13, 8119–8132.
- Saengkaew, S. (2013). Production & evaluation of fingerprints powder made from coal. *Veridian E-Journal, Silpakorn University (Humanities, Social Sciences & arts)*, 6(1), 829-839. (in Thai)
- Singthong, S. (2015). Fingerprints & Personal Identification. *Prae-wa Kalasin Journal of Kalasin University*, 2(2), 52-63. (in Thai)
- Sodhi, G. S. & Kaur, J. (2001). Powder method for detecting latent fingerprint: a review. *Forensic Science International*, 172-176.
- Thongthammachad, R. & Wichuwanich, W. (2019). The Development of Fingerprint Powder Made from Black Rice Husk for Detecting Latent Fingerprints on Different Types of Surfaces. *Journal of Criminology & Forensic Science*, 5(2), 87-103. (in Thai)
- Tiprongs, H. (2015). *Development of black powder from wood charcoals for the detection of latent fingerprints on ceramic, plastic and paper cups*. Thesis of the Degree of Master of Science Program in Forensic Science. Silpakorn University. (in Thai)
- Wertheim, K. & Maceo, A. (2002). The Critical Stage of Friction Ridge Pattern Formation. *Journal of Forensic Identification*, 52(1), 35–85.

การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อพยากรณ์คุณภาพการบริหารหลักสูตร สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

พิมพ์ประวีร์ รอดอุณา*

สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

Received: 23 July 2024

Revised: 7 August 2024

Accepted: 7 July 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 2 ข้อ คือ (1) เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของคุณภาพการบริหารหลักสูตรสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม (2) เพื่อวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างของคุณภาพการบริหารหลักสูตรที่มีต่อคุณภาพนักศึกษา และความพึงพอใจของผู้ใช้บัณฑิต และ (3) เพื่อนำเสนอระบบสารสนเทศเพื่อพยากรณ์คุณภาพการบริหารหลักสูตร การวิจัยเรื่องนี้เป็นการศึกษาเชิงปริมาณ ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ ผู้บริหารและอาจารย์มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารหลักสูตรสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จำนวน 55 คน ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโมเดลสมการโครงสร้างด้วยโปรแกรม SmartPLS ผลการวิจัยพบว่า (1) องค์ประกอบของคุณภาพหลักสูตรในระดับอุดมศึกษา เรียงลำดับความสำคัญจากมากไปหาน้อยได้แก่ นโยบาย สิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ ครอบครัวนักศึกษา ภาระงานอาจารย์ สื่อการสอน และ วิธีการสอน ตามลำดับ (2) คุณภาพของหลักสูตรมีอิทธิพลทางตรงต่อคุณภาพนักศึกษา คุณภาพของนักศึกษามีอิทธิพลทางตรงต่อความพึงพอใจของผู้ใช้บัณฑิต และคุณภาพของหลักสูตรมีอิทธิพลทางอ้อมต่อความพึงพอใจของผู้ใช้บัณฑิต ผ่านคุณภาพนักศึกษา และ (3) ระบบสารสนเทศเพื่อพยากรณ์คุณภาพการบริหารหลักสูตรสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม มี 4 ส่วนประกอบหลัก ได้แก่ 1) การจัดการข้อมูลหลักสูตร 2) การพยากรณ์คุณภาพหลักสูตร 3) การแสดงผลและรายงาน และ 4) การบำรุงรักษาและอัปเดตข้อมูล โดยระบบนี้จะมีแผงควบคุมที่สามารถรายงานผลการพยากรณ์ได้

คำสำคัญ: ระบบสารสนเทศ การพยากรณ์ คุณภาพการบริหารหลักสูตร

* ผู้ประสานงานหลัก; อีเมล: jeerawan@webmail.npru.ac.th

Development of Information System for Forecasting the Quality of Curriculum Administration in Business Computer Program, Management Science Faculty, Nakhon Pathom Rajabhat University

Pimpravee Rod-una*

* Business Computer Program, Faculty of Management Science,
Nakhon Pathom Rajabhat University, Thailand

Received: 23 July 2024

Revised: 7 August 2024

Accepted: 7 July 2024

ABSTRACT

The objectives of this research were 1) to analyze factors affecting curriculum administration in Business Computer Program, Management Science Faculty, Nakhon Pathom Rajabhat University, 2) to analyze the structural equation model of the quality of curriculum administration affecting student quality and satisfaction of graduate users, and 3) to propose Information System for forecasting the quality of curriculum administration. The research population was 55 administrators and academic staff at Nakhon Pathom Rajabhat University related to the administration of the business computer curriculum, Faculty of Management Science, Nakhon Pathom Rajabhat University. Data collection was implemented by the researcher. Data were analyzed using Structural Equation Modeling (SEM) using the SmartPLS program. The research findings revealed that (1) factors of the curriculum quality at the higher education level arranged in order of importance from most to least: policies, things to support learning, student, family, teaching workload, teaching media, and teaching methods, respectively, (2) the quality of the curriculum has a direct effect on the quality of the students, the quality of students has a direct effect on the satisfaction of graduate users, and the quality of the curriculum has an indirect effect on the satisfaction of graduate users through student quality, and (3) Information System for forecasting the quality of curriculum administration of the Business Computer Program, Faculty of Management Science, Nakhon Pathom Rajabhat University has 4 main components: 1) curriculum data management, 2) curriculum quality forecasting, 3) display and reporting, and 4) data maintenance and updating. Also, there should be a Dashboard that can report forecast results.

Keywords: Information System, Forecasting, Quality of Curriculum Administration

* Corresponding Author; E-mail: jeerawan@webmail.npru.ac.th

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ.2560-2564) โดยเฉพาะยุทธศาสตร์ที่ 1 การเสริมสร้างและพัฒนาศักยภาพทุนมนุษย์ มุ่งเน้นการเตรียมพร้อมด้านกำลังคน และการเสริมสร้างศักยภาพของประชากรในทุกช่วงวัย โดยมุ่งเน้นการพัฒนาคนในทุกมิติและในทุกช่วงวัยให้เป็นทุนมนุษย์ที่มีศักยภาพสูง ภายใต้เงื่อนไขการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงไปสู่โครงสร้างประชากรสังคมสูงวัยสมบูรณ์เมื่อสิ้นสุดแผนพัฒนาฯ จากสภาพปัญหาในปัจจุบันจำนวนประชากรวัยแรงงานลดลงต่อเนื่องมาตั้งแต่ปี 2558 และเกิดการขาดแคลนแรงงานผลิตภาพแรงงานต่ำ คุณภาพคนยังมีปัญหาในทุกช่วงวัยและส่งผลกระทบต่อเนื่องถึงกันตลอดช่วงชีวิต ตั้งแต่พัฒนาการไม่สมวัยในเด็กปฐมวัย ผลลัพธ์ทางการศึกษาของเด็กวัยเรียนค่อนข้างต่ำ แรงงานมีปัญหาทั้งในเรื่องความรู้ ทักษะ และทัศนคติที่ไม่ตรงกับความต้องการของตลาดงาน และผู้สูงอายุมีปัญหาสุขภาพโดยที่จำนวนไม่น้อยต้องพึ่งพิงผู้อื่นในการดำเนินชีวิต และเมื่อพิจารณาตามยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561 - 2580) มีการกำหนดวิสัยทัศน์ในการพัฒนาประเทศ คือ ประเทศไทยมีความมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน เป็นประเทศพัฒนาแล้วด้วยการพัฒนาตามหลักของปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง (Office of the Prime Minister's Secretariat, 2000) อีกทั้งความเปลี่ยนแปลงจากโลกาภิวัตน์และความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ได้รับการพัฒนาอย่างก้าวกระโดดจะก่อให้เกิดนวัตกรรมอย่างพลิกผัน อาทิ เทคโนโลยี ปัญญาประดิษฐ์ อินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง การวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ หุ่นยนต์ และโดรน เทคโนโลยี พันธุกรรมสมัยใหม่และเทคโนโลยีทางการเงิน พบว่ามีแนวโน้มการพัฒนาเทคโนโลยีอย่างก้าวกระโดด ดังนั้นจึงต้องมีการเตรียมความพร้อมของประชากรเพื่อให้มีคุณภาพ มีคุณลักษณะที่พึงประสงค์ เป็นไปตามเป้าหมาย และตอบสนองตรงตามความต้องการของผู้ประกอบการ จึงเป็นสิ่งสำคัญ

การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างประชากรที่มีอัตราการเกิดของประชากรที่ลดลง ประเทศไทยคาดว่าจะเข้าสู่การเป็นสังคมสูงวัยระดับสุดยอดในปี พ.ศ. 2574 มีผลกระทบต่อจำนวนเด็กนักเรียน ซึ่งเป็นองค์ประกอบนำเข้าสู่ระบบการศึกษา ทำให้สถานศึกษา บางแห่งมีจำนวนผู้เรียนลดลง/ไม่มี ทำหลักสูตรที่เปิดใหม่และหลักสูตรปรับปรุงของสถาบันอุดมศึกษา ของรัฐและเอกชน สถาบันอุดมศึกษามีหน้าที่ต้องรับผิดชอบการพัฒนาหลักสูตรระดับอุดมศึกษา ให้มีมาตรฐานและคุณภาพการศึกษาสูงขึ้น สอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานหลักสูตรระดับอุดมศึกษา ของคณะกรรมการการอุดมศึกษา เกณฑ์มาตรฐานวิชาชีพ กรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ รวมทั้งเกณฑ์มาตรฐานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง และกำหนดตัวบ่งชี้ด้านมาตรฐานและคุณภาพการศึกษา เพื่อการประกันคุณภาพการศึกษาระดับอุดมศึกษา ซึ่งการประกันคุณภาพของหลักสูตรให้ทุกหลักสูตรกำหนดระบบการประกันคุณภาพของหลักสูตรโดยมีองค์ประกอบในการประกันคุณภาพอย่างน้อย 6 ด้าน คือ (1) การกำกับมาตรฐาน (2) บัณฑิต (3) นักศึกษา (4) อาจารย์ (5) หลักสูตร การเรียนการสอน การประเมินผู้เรียน (6) สิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ โดยทุกหลักสูตรต้องพัฒนาหลักสูตรให้มีความทันสมัย มีการประเมินและรายงานผลการดำเนินการของหลักสูตรทุกปีการศึกษา เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปปรับปรุงพัฒนาหลักสูตรให้มีคุณภาพ เป็นระยะ ๆ อย่างน้อยตามรอบระยะเวลาของหลักสูตร หรือในรอบ 5 ปี

จากการสัมภาษณ์ผู้อำนวยการหลักสูตร พบว่า ผลกระทบจากการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ในช่วงที่ผ่านมา ทำให้การเรียนการสอนของหลักสูตรปรับเปลี่ยนเป็นแบบออนไลน์เกือบร้อยละ 100 ส่งผลทำให้ประสิทธิภาพการเรียนการสอนลดลง สะท้อนได้จากเครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนไม่ทันสมัยและไม่ตอบโจทย์การเรียนการสอนแบบออนไลน์และไม่ตอบโจทย์ความต้องการของตลาดผู้ใช้บัณฑิต รวมถึงเนื้อหาสาระของรายวิชายังไม่ทันสมัยและไม่ทันต่อการเปลี่ยนแปลงในยุคดิจิทัล

คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ประกอบด้วย สาขาวิชานิติศาสตร์ สาขาวิชาการจัดการทั่วไป สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ สาขาวิชาการตลาด สาขาวิชาการเงินและการธนาคาร สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์ สาขาวิชาบัญชี สาขาวิชาการบริหารทรัพยากรมนุษย์ สาขาวิชาธุรกิจระหว่างประเทศ สาขาวิชาธุรกิจศึกษา จากการศึกษา รายงานการประเมินตนเองของหลักสูตร (Self-Assessment Report: SAR) ในช่วง 3 ปีการศึกษาที่ผ่านมา (2563-2565) ของทุกสาขาวิชา พบว่า มีปัญหาแบบเดียวกัน คือ ในแต่ละสาขามีจำนวนนักศึกษาที่รับเข้าในแต่ละปีลดน้อยลง และจากผลการรายงานการประเมินคุณภาพระดับหลักสูตรจะพบว่า บางสาขาวิชาได้ผลการประเมินในบางตัวชี้วัดไม่เป็นตามเป้าหมายของหลักสูตรและไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้

ด้วยเหตุผลและสภาพปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นนำมาสู่การศึกษาและวิเคราะห์องค์ประกอบของคุณภาพการบริหารหลักสูตรในระดับอุดมศึกษา ตลอดจนการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างของคุณภาพการบริหารหลักสูตรที่มีต่อคุณภาพนักศึกษา และความพึงพอใจของผู้ใช้บัณฑิต เพื่อเสนอแนวทางการพัฒนาระบบสารสนเทศ เพื่อพยากรณ์คุณภาพการบริหารหลักสูตรในระดับอุดมศึกษา สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม โดยผลของการวิจัยจะนำมาใช้วางแผนในการพัฒนาระบบสารสนเทศที่จะเป็นประโยชน์ต่อการยกระดับคุณภาพของการบริหารหลักสูตร รวมถึงผู้บริหารทั้งในระดับหลักสูตรและระดับคณะสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงกลยุทธ์ วิสัยทัศน์ และพันธกิจให้มีความเหมาะสมต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของคุณภาพการบริหารหลักสูตร สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
2. เพื่อวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างของคุณภาพการบริหารหลักสูตรที่มีต่อคุณภาพนักศึกษา และความพึงพอใจของผู้ใช้บัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
3. เพื่อนำเสนอ (ร่าง) ระบบสารสนเทศเพื่อพยากรณ์คุณภาพการบริหารหลักสูตร สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบของคุณภาพการบริหารหลักสูตรในระดับอุดมศึกษาพบว่า มีองค์ประกอบต่าง ๆ ที่แตกต่างกันไปตามตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คำถามวิจัย และสมมติฐานการวิจัย องค์ประกอบภายใน เช่น การบริหารจัดการบุคลากรในหลักสูตร การใช้สื่อการเรียนรู้และเทคโนโลยี สนับสนุนการเรียนรู้ เทคนิควิธีการในการสอน องค์ประกอบภายนอก เช่น สภาพครอบครัวของผู้เรียน การเอาใจใส่ และการสนับสนุนจากครอบครัว การมีส่วนร่วมของครอบครัวหรือพ่อแม่ผู้ปกครองกับหลักสูตร

คุณภาพหลักสูตร และคุณภาพผู้เรียน เป็นสิ่งที่สะท้อนถึงประสิทธิภาพและผลจากการจัดการเรียนการสอนของหลักสูตร ทั้งนี้ สิ่งสะท้อนประสิทธิภาพของการบริหารหลักสูตรมาจากหลายองค์ประกอบ ด้านผู้สอน เช่น ระดับความรู้ความเชี่ยวชาญ ความพร้อมของอาจารย์ผู้สอน ด้านโครงสร้างหลักสูตร เช่น เนื้อหาของหลักสูตร ความชัดเจนต่อการทำความเข้าใจของเอกสารประกอบการเรียน ด้านการประเมินผู้เรียน เช่น วิธีการสอบ ระดับความยากในการสอบ วิธีการสื่อสารตลอดการจัดประเมิน/จัดสอบ (Horia and Adina, 2010) รวมไปถึง ความพึงพอใจของผู้ประกอบการ

หรือนายจ้างที่เป็นผู้ใช้บัณฑิต หรือแม้แต่การประเมินคุณภาพหลักสูตรจากมุมมองของบุคลากร อาจารย์ผู้สอน หรือผู้บริหารสถานศึกษา เช่น การเป็นผู้นำ การวางแผนเชิงกลยุทธ์ การมุ่งเน้นผู้เรียน การสนับสนุนกระบวนการบริหารงาน ผลการปฏิบัติงานของหลักสูตร (Ah-Teck and Starr, 2013) การสนับสนุนจากอุตสาหกรรม การสนับสนุนทางกายภาพ (Verma and Prasad, 2017) การรับรองทางวิชาชีพ การเรียนรู้สิ่งที่นอกเหนือวิชาการ รวมทั้งพฤติกรรมของผู้เรียนในหลักสูตร (Teeroovengadum et al., 2019)

การประเมินคุณภาพหลักสูตรจากมุมมองผู้เรียน ประกอบด้วย ความสามารถของอาจารย์ในการส่งมอบความรู้ สื่อการเรียนการสอน คุณภาพของห้องเรียน อาคารเรียน การให้บริการสิ่งอำนวยความสะดวกในการเรียน การประเมินผลโดยอาจารย์ (Syahmer et al., 2022) รวมถึงการประเมินของผู้เรียนต่อชื่อเสียงสถาบันการศึกษาและหลักสูตรจากการใช้สื่อหรือสิ่งสนับสนุน (Hasan & Hosen, 2022) นอกจากนี้ ยังมีนักวิชาการหลายท่านที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบหรือองค์ประกอบที่นำมาใช้ในการวัดคุณภาพของหลักสูตร เช่น Goodson et al. (2011) เสนอว่าควรพิจารณาจาก แนวทางการจัดการเรียนการสอนตามโครงสร้างหลักสูตร การใช้สื่อและเทคโนโลยีในการสนับสนุนการเรียนรู้ การมีส่วนร่วมของผู้เรียน Granada and Luzano (2023) เสนอว่า องค์ประกอบภายนอกที่ส่งผลคุณภาพหลักสูตร ควรพิจารณาถึงสภาพครอบครัว การสนับสนุนและการมีส่วนร่วมของครอบครัว การสนับสนุนทางด้านวิชาการ การสนับสนุนทางด้านจิตวิทยาและอารมณ์ และการสนับสนุนทางการเงิน เช่นเดียวกับ Taseer et al. (2023) ที่ค้นพบว่า การมีส่วนร่วมและการสนับสนุนของครอบครัวส่งผลกระทบต่อความสำเร็จทางวิชาการของผู้เรียน ทำให้ได้คะแนนหรือเกรดที่สูงขึ้น มีการเข้าเรียนที่ดีขึ้น และมีแรงจูงใจในการเรียนรู้มากขึ้น ขณะที่ Lubis et al. (2023) พบว่า การรับรู้ของครอบครัวหรือผู้ปกครองเกี่ยวกับการเรียนการสอนด้านวิชาการส่งผลต่อการเรียนรู้ของนักเรียน สอดคล้องกับ Silva et al. (2021) ที่พบว่า สภาพครอบครัว จำนวนพี่น้อง สถานที่อยู่อาศัย ที่มีอิทธิพลต่อผลการศึกษาของผู้เรียน

วิธีดำเนินการวิจัย

แบบแผนการวิจัย

การวิจัยเรื่องนี้เป็นวิจัยและพัฒนา (Research and Development) โดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามจากผู้บริหารและอาจารย์ในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ที่มีความเกี่ยวข้องกับการบริหารหลักสูตรสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ ผู้บริหารและอาจารย์ในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ที่มีความเกี่ยวข้องกับการบริหารหลักสูตรสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จำนวน 55 คน

เครื่องมือวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ (1) แบบสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview Form) และ (2) แบบสอบถาม (Questionnaire) โดยมีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับการบริหารคุณภาพหลักสูตร มีรายละเอียดดังนี้

1. แบบสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview Form) ซึ่งออกแบบให้มีลักษณะเป็นแบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง แบ่งออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ให้สัมภาษณ์ ส่วนที่ 2 ข้อมูลสภาพปัญหา และ

องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อการบริหารหลักสูตร และส่วนที่ 3 แนวทางการบริหารจัดการหลักสูตร การจัดการเรียนการสอน และการดำเนินงานตามแผนยุทธศาสตร์ และส่วนที่ 4 ข้อเสนอแนะ

2. แบบสอบถามปลายปิด แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 สถานภาพทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนที่ 2 ประกอบด้วยคำถาม 28 ข้อ มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบของการบริหารหลักสูตร โดยในส่วนนี้เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale)

เครื่องมือวิจัยทุกฉบับได้รับการตรวจสอบคุณภาพด้านความตรงเชิงเนื้อหา (Content Analysis) โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item-Objective Congruence: IOC) ซึ่งพบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 0.66-1.00 สำหรับแบบสอบถาม ได้รับการตรวจสอบคุณภาพด้านความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน (Internal Consistency Reliability) ด้วยค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Alpha's Cronbach Coefficient: α) ซึ่งพบว่า α มีค่าอยู่ระหว่าง 0.95-0.97)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองทั้งการสัมภาษณ์เชิงลึกและการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามจากผู้บริหารและอาจารย์ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม และดำเนินการบันทึกข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพเพื่อใช้สำหรับการวิเคราะห์ต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลเชิงปริมาณ ใช้การวิเคราะห์สถิติพื้นฐานและโมเดลสมการโครงสร้าง (Structural Equation Modeling: SEM) ด้วยโปรแกรม SmartPLS ส่วนข้อมูลเชิงคุณภาพ ใช้การวิเคราะห์เนื้อหา

ผลการวิจัย

1. ผลวิเคราะห์องค์ประกอบของคุณภาพการบริหารหลักสูตร สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

การประเมินโมเดลการวัด (Measurement Model Evaluation) การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง ต้องมีการประเมินโมเดลการวัด สถิติที่ใช้ในการประเมินคุณภาพของโมเดลการวัด ซึ่งเป็นโมเดลการวัดแบบสะท้อน (Reflective Measurement Model) ซึ่งจะมีการทดสอบความเที่ยงและความตรงของเครื่องมือวัด เกณฑ์การทดสอบความเที่ยงของตัวแปรแฝง คือ ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของ Cronbach (Cronbach's α) ค่าความเที่ยงประกอบ (Composite Reliability) และน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐาน (Standardized Factor Loading) ส่วนการทดสอบความตรงจะเป็นการประเมินความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) ใน 2 ลักษณะ คือความตรงเชิงเหมือนของเครื่องมือวัด (Convergent Validity) และความตรงเชิงจำแนกของเครื่องมือวัด (Discriminant Validity)

(1) การทดสอบความเที่ยงของเครื่องมือวัด (Indicator Reliability)

ในงานวิจัยนี้ใช้ค่าความเที่ยงประกอบ (Composite Reliability) ในการทดสอบคุณภาพและความน่าเชื่อถือของเครื่องมือที่ ค่าความเที่ยงประกอบ (Composite Reliability) จะต้องมีค่ามากกว่า 0.7 ซึ่งถือว่าเป็นระดับที่ยอมรับได้ในการทดสอบความเที่ยงของข้อมูล นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ทดสอบความเที่ยงของเครื่องมือวัดด้วยค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของ Cronbach โดยใช้เกณฑ์มากกว่า 0.7 ซึ่งถือว่าเป็นระดับที่ยอมรับได้ ความเที่ยงประกอบและค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา พบว่า ตัวแปรแฝงทั้ง 9 ตัวแปร ได้แก่ ภาระงานอาจารย์ นโยบาย/เกณฑ์มาตรฐาน วิธีการ

สอน สื่อการสอน สิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ ผู้ใช้บัณฑิต/ผู้ประกอบการ ครอบครัวของนักศึกษา คุณภาพหลักสูตร และคุณภาพนักเรียน/บัณฑิต มีค่าความเที่ยงประกอบ (Composite Reliability) และค่าสัมประสิทธิ์แอลฟามากกว่า 0.7 ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่าตัวแปรแฝงทั้งหมดที่ใช้ในวิจัยมีความน่าเชื่อถือ

(2) การทดสอบความตรงเชิงเหมือนของเครื่องมือวัด (Convergent validity)

สถิติที่ใช้วัดความตรงเชิงเหมือนในการทดสอบความตรงเชิงเหมือนของเครื่องมือวัด (Convergent validity) คือ ค่าความแปรปรวนที่สกัดได้เฉลี่ย (Average Variance Extract) หรือ AVE โดยค่าสถิติ AVE จะต้องมีความมากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 แสดงว่าตัวแปรแฝง อธิบายความแปรปรวนของตัวบ่งชี้ได้มากกว่าร้อยละ 50 และจากตารางที่ 1 ทั้ง 9 ตัวแปร มีค่าความแปรปรวนสกัดได้เฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด หรือ AVE มากกว่า 0.5 โดยมีนัยสำคัญทางสถิติ หมายความว่า ตัวแปรแฝงทั้งหมดมีความตรงเชิงเหมือน (Convergent validity) กล่าวคือ ตัวแปรแฝงสามารถอธิบายหรือวัดตัวแปรบ่งชี้ขึ้น ๆ ได้อย่างเที่ยงตรง

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบความเที่ยง และน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐาน

ตัวแปรแฝง	ตัวบ่งชี้	Factor Loading	Composite Reliability	Cronbach's Alpha	AVE
ภาระงานอาจารย์ Load (L)	L1	0.866	0.852	0.838	0.675
	L2	0.804			
	L3	0.883			
	L4	0.724			
นโยบาย/เกณฑ์มาตรฐาน Policy (P)	P1	0.790	0.902	0.892	0.756
	P2	0.900			
	P3	0.858			
	P4	0.924			
วิธีการสอน Method (M)	M1	0.908	0.899	0.858	0.777
	M2	0.934			
	M3	0.797			
สื่อการสอน Media (S)	S1	0.880	0.908	0.896	0.763
	S2	0.853			
	S3	0.908			
	S4	0.851			
สิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ Support (SP)	SP1	0.813	0.86	0.856	0.698
	SP2	0.813			
	SP3	0.895			
	SP4	0.818			
ผู้ใช้บัณฑิต/ผู้ประกอบการ User (U)	U1	0.873	0.887	0.884	0.741
	U2	0.856			
	U3	0.879			
	U4	0.834			

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ตัวแปรแฝง	ตัวบ่งชี้	Factor Loading	Composite Reliability	Cronbach's Alpha	AVE
ครอบครัวของนักศึกษา Family (F)	F1	0.902	0.911	0.91	0.787
	F2	0.862			
	F3	0.894			
	F4	0.890			
คุณภาพหลักสูตร Quality of Curriculum (QC)	QC1	0.830	0.908	0.903	0.775
	QC2	0.904			
	QC3	0.926			
	QC4	0.858			
คุณภาพนักศึกษา/บัณฑิต Quality Of Student (QS)	QS1	0.943	0.948	0.947	0.904
	QS2	0.966			
	QS3	0.942			

(3) ทดสอบค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐาน (Standardized Factor Loading)

ค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐาน (Standardized Factor Loading) ของตัวบ่งชี้ ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 0.70 โดยจากตารางที่ 1 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ พบว่า ตัวแปรบ่งชี้ทุกตัวมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐาน (Standardized Factor Loading) มากกว่า 0.7 ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่าตัวแปรบ่งชี้ทั้งหมดที่ใช้ในการวิจัยนี้มีความน่าเชื่อถือ

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบตรงเชิงจำแนกของเครื่องมือวัดด้วย Fornell-Larcker Criterion

ตัวแปร	ครอบครัวของนักศึกษา	ภาระงานอาจารย์	สื่อการสอน	วิธีการสอน	นโยบาย/เกณฑ์มาตรฐาน	คุณภาพนักศึกษา/บัณฑิต	คุณภาพหลักสูตร	สิ่งสนับสนุนการเรียนรู้	ผู้ใช้บัณฑิต/ผู้ประกอบการ
Family (F)	0.887								
Load (L)	0.442	0.822							
Media (S)	0.413	0.493	0.873						
Method (M)	0.393	0.674	0.806	0.882					
Policy (P)	0.558	0.632	0.435	0.524	0.869				
Quality Of Student (QS)	0.669	0.309	0.287	0.255	0.69	0.951			
Quality of Curriculum (QC)	0.58	0.446	0.375	0.329	0.767	0.825	0.881		
Support (SP)	0.581	0.483	0.506	0.493	0.67	0.56	0.612	0.835	
User (U)	0.731	0.431	0.305	0.362	0.686	0.805	0.66	0.566	0.861

นอกจากนี้ จากการทดสอบความตรงเชิงจำแนกของเครื่องมือวัด (Discriminant validity) ตามเกณฑ์ของ Fornell-Larcker (Fornell Larcker Criterion) พบว่าทั้ง 9 ตัวแปร มีความตรงเชิงจำแนกสอดคล้องตามเกณฑ์ Fornell-Larcker (ตารางที่ 2)

2. ผลการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างของคุณภาพการบริหารหลักสูตรที่มีต่อคุณภาพนักศึกษา และความพึงพอใจของผู้ใช้บัณฑิต

การวิเคราะห์ค่าอิทธิพลระหว่างตัวแปรต้น (ตัวแปรแฝงภายนอก) และตัวแปรตาม (ตัวแปรแฝงภายใน) สามารถอธิบายได้จากสัดส่วนค่าความแปรปรวนของตัวแปรตามที่สามารถอธิบายได้ด้วยตัวแปรต้น ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรแฝงภายใน (R^2) ควรมีค่ามากกว่า 0.25 จึงจะถือว่าตัวแปรต้นสามารถอธิบายค่าความแปรปรวนในตัวแปรตามได้ จากผลการวิเคราะห์ พบว่า ตัวแปรคุณภาพนักศึกษาและผู้ใช้บัณฑิต/ผู้ประกอบการ มีค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยอยู่ที่ 0.680 และ 0.648 ซึ่งถือว่ามีความสูง ซึ่งหมายความว่า ตัวแปรต้นสามารถอธิบายความแปรปรวนในตัวแปรแฝงดังกล่าวได้ ดังรายละเอียดใน และตารางที่ 3 และภาพที่ 2

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบอิทธิพลทางตรง อิทธิพลทางอ้อม และอิทธิพลรวม

ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตาม	Direct Effect	Indirect Effect	Total Effect
Quality Of Student -> User	0.805	-	0.805
Quality Of Curriculum -> Family	0.580	-	0.580
Quality Of Curriculum -> Load	0.446	-	0.446
Quality Of Curriculum -> Media	0.375	-	0.375
Quality Of Curriculum -> Method	0.329	-	0.329
Quality Of Curriculum -> Policy	0.767	-	0.767
Quality Of Curriculum -> Quality of Student	0.825	-	0.825
Quality Of Curriculum -> Support	0.612	-	0.612
Quality Of Curriculum -> User	0.664	-	0.664
Quality Of Curriculum -> Quality of Student -> User	-	0.664	0.664

จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 3 การทดสอบสมมติฐานสำหรับการประเมินตัวแบบเชิงโครงสร้างด้วยวิธี PLS-SEM จะใช้การทดสอบการมีนัยสำคัญทางสถิติของพารามิเตอร์ด้วยกระบวนการ Bootstrapping นั้นจะใช้การทดสอบสมมติฐานที่มีเขตการปฏิเสธสองทาง (two-tailed) โดยสัมประสิทธิ์มีระดับนัยสำคัญ 0.05 คือ $p < 0.05$ และ t-Statistics มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 1.96 แสดงว่าค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางสนับสนุนสมมติฐานงานวิจัยโดยสามารถอธิบายตามกลุ่มความสัมพันธ์ ได้ดังนี้

สมมติฐานที่ 1 Quality Of Student -> User องค์ประกอบคุณภาพนักศึกษา/บัณฑิต มีความสัมพันธ์เชิงบวกทางตรงกับองค์ประกอบด้านผู้ใช้บัณฑิต/ผู้ประกอบการ

สมมติฐานที่ 2 Quality Of Curriculum -> Family องค์ประกอบด้านครอบครัวของนักศึกษามีความสัมพันธ์เชิงบวกทางตรงกับคุณภาพหลักสูตร

สมมติฐานที่ 3 Quality Of Curriculum -> Load องค์ประกอบด้านภาระงานอาจารย์ มีความสัมพันธ์เชิงบวกทางตรงกับคุณภาพหลักสูตร

สมมติฐานที่ 4 Quality Of Curriculum -> Media องค์ประกอบด้านสื่อการสอนมีความสัมพันธ์เชิงบวกทางตรงกับองค์ประกอบด้านคุณภาพหลักสูตร

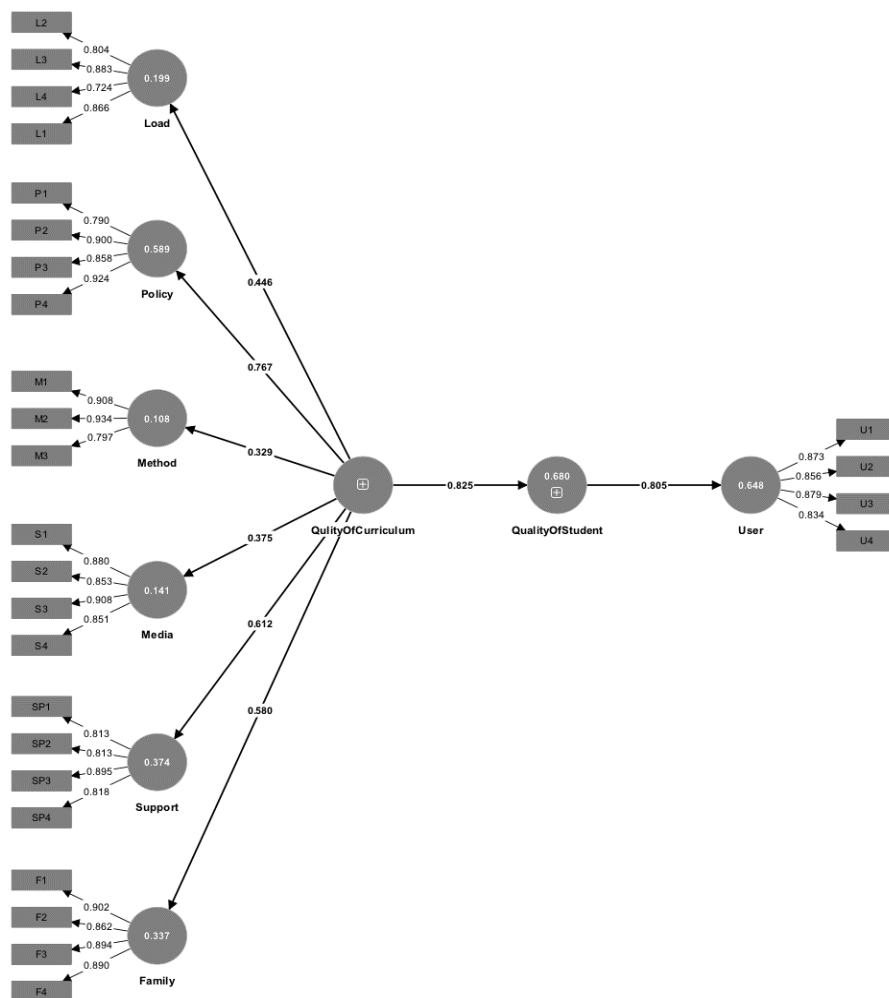
สมมติฐานที่ 5 Quality Of Curriculum -> Method องค์ประกอบด้านวิธีการสอนมีความสัมพันธ์เชิงบวกทางตรงกับคุณภาพหลักสูตร

สมมติฐานที่ 6 Quality Of Curriculum -> Policy องค์ประกอบด้านนโยบาย/เกณฑ์มาตรฐานมีความสัมพันธ์เชิงบวกทางตรงกับคุณภาพหลักสูตร

สมมติฐานที่ 7 Quality Of Curriculum -> Quality Of Student องค์ประกอบด้านคุณภาพนักศึกษา/บัณฑิตด้านมีความสัมพันธ์เชิงบวกทางตรงกับคุณภาพหลักสูตร

สมมติฐานที่ 8 Quality Of Curriculum -> Support องค์ประกอบด้านสิ่งสนับสนุน การเรียนรู้มีความสัมพันธ์เชิงบวกทางตรงกับคุณภาพหลักสูตร

จากผลการทดสอบสมมติฐาน (Path Coefficients and Significance Levels) พบว่าทั้ง 8 สมมติฐานมีค่าสถิติที่สูงกว่าค่าวิกฤต (1.96) และ ค่า P-value แสดงให้เห็นว่าทั้ง 8 องค์ประกอบมีความสัมพันธ์เชิงบวกทางตรงกับคุณภาพหลักสูตร อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้น จึงไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐาน คือ ทุกองค์ประกอบมีความสัมพันธ์เชิงบวกทางตรงกับคุณภาพหลักสูตรอย่างมีนัยสำคัญ



ภาพที่ 2 ตัวแบบอิทธิพลผ่านแบบสมบูรณ์ (Full Mediation Effect)
หมายเหตุ: ค่าที่ปรากฏภายในตัวแปรแฝงคือค่าสัมประสิทธิ์การทำนาย (R²)

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของหลักสูตร (Quality of Curriculum: QC) (ดังภาพที่ 2) จะพบว่า คุณภาพหลักสูตรวัดด้วยตัวแปรสังเกตได้ (Observed variables) จำนวน 6 ตัว ซึ่งเรียงลำดับความสำคัญจากมากไปหาน้อย ได้แก่ นโยบาย สิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ ครอบครัวนักศึกษา ภาระงานอาจารย์ สื่อการสอน และวิธีการสอน ตามลำดับ ดังนั้น ระบบสารสนเทศเพื่อพยากรณ์คุณภาพการบริหารหลักสูตรใน ควรครอบคลุมในประเด็นนโยบาย สิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ ครอบครัวนักศึกษา ภาระงานอาจารย์ สื่อการสอน และวิธีการสอน ทั้งนี้ 1) นโยบาย เช่น นโยบายของมหาวิทยาลัย นโยบายของหลักสูตร 2) สิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ เช่น โปรแกรมเฉพาะทาง ฐานข้อมูลวารสาร โปรแกรมเรียนออนไลน์ ระบบ e-Learning ห้องสมุดดิจิทัล ห้องปฏิบัติการ 3) ครอบครัว เช่น ภูมิหลังของพ่อแม่หรือผู้ปกครอง การสนับสนุนกิจกรรมเสริมหลักสูตร 4) นักศึกษา เช่น ข้อมูลส่วนบุคคล ประวัติการเรียนรู้ ประวัติการได้รับรางวัล คะแนน ความประพฤติ 5) ภาระงานอาจารย์ เช่น ชั่วโมงการสอน การวิจัย การทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม การบริการวิชาการ 6) สื่อการสอน เช่น กระดานดำอัจฉริยะ และ 7) วิธีการสอน เช่น การเรียนการสอนแบบเน้นการแก้ปัญหา (Problem-based Learning) การเรียนการสอนแบบโครงงาน (Project-based Learning)

นอกจากนี้ จากผลการวิเคราะห์ทำให้ทราบว่า ระบบสารสนเทศเพื่อพยากรณ์คุณภาพการบริหารหลักสูตร ควรรายงานผลการพยากรณ์ (Report) ใน 2 ประเด็น คือ คุณภาพนักศึกษา และความพึงพอใจของผู้ใช้บัณฑิต เนื่องจากผลการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง (ดังภาพที่ 2) พบว่า ตัวแปรตาม (ตัวแปรแฝงภายใน) ของโมเดลสมการโครงสร้างจะมีอยู่ 2 ตัวแปร ได้แก่ คุณภาพนักศึกษา และความพึงพอใจของผู้ใช้บัณฑิต โดยผลการวิเคราะห์ชี้ให้เห็นว่า คุณภาพของหลักสูตรมีอิทธิพลทางตรงต่อคุณภาพนักศึกษา คุณภาพของนักศึกษามีอิทธิพลทางตรงต่อความพึงพอใจของผู้ใช้บัณฑิต และคุณภาพของหลักสูตรมีอิทธิพลทางอ้อมต่อความพึงพอใจของผู้ใช้บัณฑิตผ่านคุณภาพนักศึกษา ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า ระบบสารสนเทศเพื่อการพยากรณ์คุณภาพการบริหารหลักสูตรในระดับอุดมศึกษา ควรรายงานผลการพยากรณ์ใน 2 ประเด็น คือ (1) คุณภาพนักศึกษา และ (2) ความพึงพอใจของผู้ใช้บัณฑิต

3. ระบบสารสนเทศเพื่อพยากรณ์คุณภาพการบริหารหลักสูตร สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

3.1 คำอธิบายระบบสารสนเทศ

ระบบสารสนเทศเพื่อพยากรณ์คุณภาพการบริหารหลักสูตรในสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจนี้ได้รับการพัฒนาเพื่อช่วยให้ผู้บริหารและอาจารย์สามารถตรวจสอบและปรับปรุงคุณภาพของหลักสูตรได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีเป้าหมายในการเพิ่มคุณภาพนักศึกษาและความพึงพอใจของผู้ใช้บัณฑิต ระบบนี้จะใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการบริหารหลักสูตรเพื่อนำมาวิเคราะห์และพยากรณ์สถานะในอนาคต รวมถึงเสนอแนวทางในการปรับปรุง

3.2 ส่วนประกอบหลักของระบบสารสนเทศเพื่อพยากรณ์คุณภาพการบริหารหลักสูตร สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

ส่วนประกอบหลักของระบบสารสนเทศเพื่อพยากรณ์คุณภาพการบริหารหลักสูตร สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม สรุปได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ส่วนประกอบหลักของระบบสารสนเทศเพื่อพยากรณ์คุณภาพการบริหารหลักสูตร สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

ส่วนประกอบหลักของระบบสารสนเทศเพื่อพยากรณ์คุณภาพการบริหารหลักสูตร	รายละเอียด
1. การจัดการข้อมูลหลักสูตร	- ฐานข้อมูลรายวิชา - ฐานข้อมูลอาจารย์ผู้สอน - ฐานข้อมูลนักศึกษา - ฐานข้อมูลสื่อการสอน
2. การพยากรณ์คุณภาพหลักสูตร	โมเดลการพยากรณ์ (Predictive Model) ที่ใช้ในระบบสามารถเป็นได้ทั้งโมเดลสมการโครงสร้าง (SEM) หรือ Machine Learning Models โดยมี Inputs ได้แก่ นโยบายการศึกษา สิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ ภาระงานอาจารย์ ครอบครัวนักศึกษา สื่อการสอน และวิธีการสอน ส่วน Outputs ได้แก่ คุณภาพนักศึกษา และความพึงพอใจของผู้ใช้บัณฑิต
3. การแสดงผลและรายงาน	- แผงควบคุม (Dashboard) แสดงสถานะปัจจุบันของคุณภาพหลักสูตร - รายงานผลการพยากรณ์คุณภาพนักศึกษาและความพึงพอใจของผู้ใช้บัณฑิต - ระบบแจ้งเตือนกรณีมีการเปลี่ยนแปลงสำคัญ
4. การบำรุงรักษาและอัปเดตข้อมูล	- ระบบอัปเดตข้อมูลรายวิชาและอาจารย์ - ระบบตรวจสอบและปรับปรุงข้อมูลนักศึกษา - ระบบบันทึกการพัฒนาหลักสูตร

3.3 ขั้นตอนการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อพยากรณ์คุณภาพการบริหารหลักสูตร สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

- (1) การวิเคราะห์ความต้องการ โดยศึกษาความต้องการจากผู้ใช้ระบบ (อาจารย์ นักศึกษา ผู้บริหาร) และกำหนดขอบเขตของระบบและองค์ประกอบหลัก
- (2) การออกแบบระบบ โดยออกแบบฐานข้อมูลและโครงสร้างระบบ รวมถึงการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ (User Interface)
- (3) การพัฒนาและทดสอบระบบ โดยเขียนโปรแกรมและพัฒนาระบบตามแบบที่ออกแบบไว้ ทดสอบระบบเพื่อหาข้อผิดพลาดและปรับปรุง
- (4) การนำระบบไปใช้งาน โดยฝึกอบรมผู้ใช้งานและนำระบบไปใช้งานจริงพร้อมติดตามผลการใช้งาน
- (5) การบำรุงรักษาและปรับปรุงระบบ โดยตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องที่พบ อัปเดตระบบตามความต้องการใหม่ๆ ที่เกิดขึ้น

3.4 ตัวอย่างการแสดงผลในระบบ

ตัวอย่างการแสดงผลหรือแผงควบคุม (Dashboard) ในระบบสารสนเทศเพื่อพยากรณ์คุณภาพการบริหารหลักสูตร แสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 (ตัวอย่าง) แผงควบคุม (Dashboard) ของระบบสารสนเทศเพื่อพยากรณ์คุณภาพการบริหารหลักสูตร
สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

ตัวชี้วัด	สถานะปัจจุบัน	แนวโน้ม	การแจ้งเตือน
คุณภาพนักศึกษา	85%	สูงขึ้น	ไม่มี
ความพึงพอใจของผู้ใช้บัณฑิต	78%	คงที่	ไม่มี
ภาระงานอาจารย์	65%	ลดลง	มี

จากตัวอย่างแผงควบคุม (Dashboard) ของระบบสารสนเทศเพื่อพยากรณ์คุณภาพการบริหารหลักสูตรดัง
แสดงในตารางที่ 5 จะนำมาสู่การรายงานผลการพยากรณ์ได้ เช่น (1) คุณภาพนักศึกษาในปีการศึกษาถัดไปคาดว่าจะ
เพิ่มขึ้น 5% (2) ความพึงพอใจของผู้ใช้บัณฑิตคาดว่าจะคงที่ (3) ภาระงานอาจารย์คาดว่าจะลดลง 3%

อภิปรายผล

ผลการวิจัยพบว่า องค์ประกอบของหลักสูตรที่ส่งผลต่อคุณภาพหลักสูตรมากที่สุด คือ องค์ประกอบด้าน
คุณภาพนักศึกษาและบัณฑิต ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่า คุณภาพของนักศึกษาและบัณฑิตของหลักสูตรเป็นองค์ประกอบ
สำคัญที่แสดงถึงคุณภาพหลักสูตร ทั้งในด้านความรู้ความสามารถ พฤติกรรมและจริยธรรมของนักศึกษาและบัณฑิต
ดังนั้น ผู้บริหารสถาบันการศึกษา ผู้บริหารหลักสูตร อาจารย์ และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ควรให้ความสำคัญกับการกำหนด
นโยบายในการประเมินและพัฒนาคุณภาพของนักศึกษาและบัณฑิตที่จะจบจากหลักสูตร ทั้งการกำหนดนโยบายส่งเสริม
และพัฒนาสมรรถนะ เช่น การจัดอบรมพัฒนาสมรรถนะตามมาตรฐานอาชีพ หรือเครื่องมือ เทคโนโลยีดิจิทัลที่ใช้ใน
การทำงานที่ทันสมัยเพิ่มเติมให้กับนักศึกษาเพื่อเป็นการเสริมสร้างสมรรถนะให้กับนักศึกษา ส่งผลให้บัณฑิตที่จบจาก
การศึกษามีคุณภาพ ตามทันเทคโนโลยีดิจิทัลและเครื่องมือที่ใช้ในการทำงานจริงในปัจจุบัน โดยในส่วนของ การส่งเสริม
การพัฒนาคุณภาพพฤติกรรมและจริยธรรมนักศึกษาและบัณฑิต ควรให้ความสำคัญไม่น้อยไปกว่าด้านความรู้ ที่ต้องมี
การกำหนดหลักสูตรหรือกิจกรรมส่งเสริมจริยธรรมของหลักสูตรให้กับนักศึกษา รวมถึงการเพิ่มกิจกรรมหรือเกณฑ์
การปฏิบัติ เกณฑ์การประเมินด้านจริยธรรมในหลักสูตรหรือกิจกรรมที่มีอยู่เดิม เช่น กำหนดให้นักศึกษาต้องผ่าน
การอบรมจริยธรรมออนไลน์ การคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล (Personal Data Protection Act: PDPA) การรู้เท่าทัน
สื่อดิจิทัล (Digital Literacy) ก่อนจบในแต่ละภาคการศึกษา หรืออาจจะเป็นการส่งเสริมในรูปแบบดั้งเดิมที่ใช้การเข้าค่าย
ปฏิบัติธรรม ซึ่งทั้งหมดจะส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของคุณภาพหลักสูตรและบัณฑิตที่จบจากหลักสูตรมีพฤติกรรมที่ดี
มีจริยธรรม และมีความรู้ความสามารถในการทำงาน เป็นบุคลากรที่ดีและมีคุณภาพขององค์กร เป็นความภูมิใจและ
สร้างชื่อเสียงที่ดีให้กับหลักสูตรและสถาบัน ผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับงานของ De Castro Figueiredo et al.
(2004) ที่ทำวิจัยเรื่อง ผลของการปฏิรูปหลักสูตรต่อผลการเรียนของนักศึกษาที่สำเร็จการศึกษา ซึ่งได้ให้ทัศนะไว้ว่า
ความรู้ความสามารถ พฤติกรรมของนักศึกษาที่ผ่านการสอบภาคปฏิบัติแสดงให้เห็นว่าหลักสูตรใหม่มีความเกี่ยวข้องกับ
กับประสิทธิภาพที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และการประเมินขั้นสุดท้ายของนักศึกษาที่สำเร็จการศึกษาเผยให้เห็น
ข้อบกพร่องในหลักสูตรท้องถิ่น ในเรื่องการพัฒนาสมรรถนะเพื่อใช้เป็นแนวทางในการดำเนินมาตรการแก้ไข และ
สอดคล้องกับงานของ Öncül (2021) ที่เสนอว่า นักศึกษาปีแรกต้องการการสนับสนุนด้านทักษะความรู้ด้านดิจิทัล
ระดับสูง ทั้งนี้เพราะการรู้เท่าทันสื่อดิจิทัล จะส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของคุณภาพหลักสูตรและบัณฑิตที่จบจากหลักสูตรมี
พฤติกรรมที่ดี

ในขณะเดียวกัน องค์ประกอบและองค์ประกอบด้านผู้ใช้บัณฑิตหรือผู้ประกอบการ ส่งผลต่อคุณภาพหลักสูตรซึ่งเป็นองค์ประกอบและองค์ประกอบเกี่ยวกับความพึงพอใจของผู้ใช้บัณฑิตหรือผู้ประกอบการต่อความรู้ความสามารถ พฤติกรรม จริยธรรมของบัณฑิต ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าผลงานหรือผลการปฏิบัติงานของบัณฑิตที่จบจากหลักสูตรไปทำงานกับผู้ประกอบการ หน่วยงาน เป็นตัวบ่งชี้สำคัญถึงคุณภาพของบัณฑิตและคุณภาพของหลักสูตร ซึ่งหากมีการส่งเสริมและพัฒนาสมรรถนะ ทั้งด้านความรู้วิชาการ และด้านจริยธรรมตามแนวทางที่กล่าวถึงก่อนหน้านี้ จะส่งผลให้บัณฑิตที่จบจากหลักสูตรมีความรู้ความสามารถ มีจริยธรรม เป็นบุคลากรที่ดีและมีคุณภาพที่ผู้ใช้บัณฑิตหรือผู้ประกอบการมีความพึงพอใจต่อคุณภาพบัณฑิต ซึ่งส่งผลให้เกิดความเชื่อมั่นในหลักสูตร ส่งผลต่อการเพิ่มโอกาสการรับบัณฑิตที่จบจากหลักสูตรเข้าทำงานต่อเนื่อง ซึ่งจะสะท้อนถึงคุณภาพหลักสูตรได้อย่างชัดเจน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Espinoza & McGinn (2018) ที่เสนอว่า ความพึงพอใจของผู้สำเร็จการศึกษา และความพึงพอใจของผู้ประกอบการ เป็นตัววัดคุณภาพทางการศึกษา โดยงานดังกล่าวให้ข้อสรุปไว้ว่า ความพึงพอใจของนักศึกษาได้รับอิทธิพลจากทั้งการศึกษา ก่อนเข้ามหาวิทยาลัยและประสบการณ์การทำงานในภายหลัง ประสบการณ์การทำงาน และความพึงพอใจของจะเป็นตัวกำหนดคุณภาพของหลักสูตรปริญญาของผู้สำเร็จการศึกษา

นโยบายและเกณฑ์มาตรฐาน เป็นองค์ประกอบและองค์ประกอบที่มีอิทธิพลทางตรงต่อคุณภาพหลักสูตร สะท้อนให้เห็นว่าการที่หลักสูตรมีการกำหนดนโยบายหรือเกณฑ์มาตรฐานที่เหมาะสม เช่น การกำหนดนโยบายการเรียนการสอน นโยบายการบริการวิชาการ นโยบายการทำผลงานวิชาการ และนโยบายงานบริการวิชาการ ซึ่งทั้งหมดส่งผลให้การจัดการศึกษา มีความชัดเจนและมีประสิทธิภาพมากขึ้น อีกทั้งหลักสูตรและบุคลากรจะได้รับประสบการณ์และทรัพยากรที่เหมาะสม เพื่อสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่ดีและเป็นประโยชน์สำหรับนักศึกษา นอกจากนี้ยังช่วยให้มีการดำเนินงานที่มีประสิทธิภาพในด้านการบริการวิชาการและผลงานวิชาการที่สอดคล้องกับมาตรฐานที่หลักสูตรหรือสถาบันกำหนดไว้ ซึ่งทั้งหมดนี้จะส่งผลให้คุณภาพของหลักสูตรมีความมั่นคง และส่งผลให้คุณภาพหลักสูตรมีมากยิ่งขึ้นตามไปด้วย ซึ่ง Andrian (2019) ได้ให้ข้อเสนอจากงานวิจัยเรื่อง การพัฒนาเครื่องมือในการประเมินองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความสำเร็จของหลักสูตรท้องถิ่น โดยได้ข้อสรุปสำคัญ หลังจากผ่านวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ และองค์ประกอบเชิงยืนยันว่า การสนับสนุนจากภาครัฐในระดับภูมิภาค การสนับสนุนจากชุมชนท้องถิ่น การสนับสนุนอุตสาหกรรมท้องถิ่น การสนับสนุนชุมชนวิชาการ ความสนใจของนักเรียน แรงจูงใจของนักเรียน เครื่องมือในทางปฏิบัติ อุปกรณ์ในทางปฏิบัติ และเงินทุน เพื่อซื้อวัสดุห่อหุ้มปฏิบัติการ เครื่องมือที่พัฒนาขึ้นได้ถูกนำมาใช้อย่างเหมาะสมเพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความสำเร็จของหลักสูตรท้องถิ่น

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

ควรนำระบบสารสนเทศเพื่อพัฒนาระบบคุณภาพการบริหารหลักสูตรสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ไปสู่การปฏิบัติจริงใน 4 ขั้นตอน ได้แก่ (1) การวิเคราะห์ความต้องการ (2) การออกแบบระบบ (3) การพัฒนาและทดสอบระบบ (4) การนำระบบไปใช้งาน และ (5) การบำรุงรักษาและปรับปรุงระบบ

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยในครั้งต่อไป

2.1 ผู้วิจัยอาจศึกษาตัวแปรอื่น ๆ ที่คาดว่าจะส่งผลต่อคุณภาพหลักสูตร เช่น การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีดิจิทัล การสร้างอัตลักษณ์หลักสูตร ความเปลี่ยนแปลงตลาดแรงงาน ความผันผวนของสภาพแวดล้อมทางธุรกิจ เป็นต้น

2.2 ควรทำวิจัยเชิงทดลองโดยนำระบบสารสนเทศเพื่อพยากรณ์คุณภาพการบริหารหลักสูตรที่พัฒนาขึ้นไปปรับใช้กับหลักสูตรอื่น ๆ เพื่อส่งเสริมให้มีการยกระดับคุณภาพของนักศึกษาและบัณฑิตที่เป็นไปตามความต้องการของสถานประกอบการหรือผู้ใช้บัณฑิต

เอกสารอ้างอิง

- Ah-Teck, J., & Starr, K. (2013). Principals' perceptions of "quality" in Mauritian schools using the Baldridge framework. *Journal of Educational Administration*, 51(5), 680-704.
<https://doi.org/10.1108/JEA-02-2012-0022>
- Andrian, D. (2019). Developing an instrument to evaluate the influential factors of the success of local curriculum. *REID (Research and Evaluation in Education)*, 5(1), 75-84.
- Espinoza, O., & McGinn, N. (2018). Graduates' satisfaction as a measure of quality: Evidence from two programs in three Chilean universities. *International Journal of Educational Research*, 90, 133-143.
- De Castro Figueiredo, J. F., De Almeida Troncon, L. E., De Lourdes Veronese Rodrigues, M., Lucato Cianflone, A. R., De Fatima Aveiro Colares, M., Cesar Peres, L., & Eli Piccinato, C. (2004). Effect of curriculum reform on graduating student performance. *Medical teacher*, 26(3), 244-249.
- Goodson, C. E., & Miertschin, S. L., & Stewart, B. L. (2011, June), Distance Delivery of Courses: What Components are Important to Students? Paper presented at 2011 ASEE Annual Conference & Exposition, Vancouver, BC. 10.18260/1-2-17787.
- Granada, C. O., & Luzano, R. A. (2023). Family Support and Academic Performance of Learners. *Family Support and Academic Performance of Learners*, 127(1), 14-14. <https://doi.org/10.471119/ijrp1001271620235042>
- Hasan, M., & Hosen, Z. (2022). Influence of university service quality on student satisfaction and loyalty in Bangladesh: With the mediating role of university reputation and external prestige. *The Journal of Quality in Education*, 12(19), 169-181.
- Horia, M., & Adina, R. (2010). Measuring the Quality of a Master's Program Course in Public Administration. *Transylvanian review of administrative sciences*, 6, 125-143.
- Lubis, F. Y., Islaha, S., Witriani, W., Wijayanti, P. A. K., Zariayufa, K., & Pradina, D. O. (2023). Optimization of family functions and parental support in improving student's academic adjustment ability. *Abdimas: Jurnal Pengabdian Masyarakat Universitas Merdeka Malang*, 8(1), 208-217.

- Öncül, G. (2021). Defining the need: digital literacy skills for first-year university students. *Journal of Applied Research in Higher Education*, 13(4), 925-943.
- Secretariat of the Prime Minister. (2020). *National Strategy (2018 - 2037)*. [Online]. Retrieved from: https://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2561/A/082/T_0001.PDF
- Silva, A. D., Vautero, J., & Ussene, C. (2021). The influence of family on academic performance of Mozambican university students. *International Journal of Educational Development*, 87, 102476. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijedudev.2021.102476>
- Syahmer, V., Nurcahyo, R., Gabriel, D. S., & Kristiningrum, E. (2022). Student satisfaction measurement in higher education. *Communications in Humanities and Social Sciences*, 2(1), 14-21.
- Taseer, N. A., Khan, S. A., Yasir, W., Kishwer, R., & Iqbal, K. (2023). Impact of Family Involvement on Academic Achievement at Higher Secondary Level. *Journal of Social Sciences Review*, 3(2), 1-10.
- Teeroovengadum, V., Nunkoo, R., Gronroos, C., Kamalanabhan, T. J., & Seebaluck, A. K. (2019). Higher education service quality, student satisfaction and loyalty. *Qual. Assur. Educ.*, 27(4), 427-445. <https://doi.org/10.1108/qae-01-2019-0003>
- Verma, S., & Prasad, R. K. (2017). The MEQUAL scale: measure of service quality in management education. *International Journal of Comparative Education and Development*, 19(4), 193-206.

ตัวแบบทำนายความเสี่ยงภาวะซึมเศร้าด้วยเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกจากความพึงพอใจพื้นฐาน ในการดำรงชีพ กรณีศึกษากลุ่มประชากรในจังหวัดกรุงเทพมหานคร

เมธาสิทธิ์ มีมวล^{1,*}, ผิน ฉัตรแก้วมณี²

^{1,2} สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

มหาวิทยาลัยศรีปทุม

Received: 12 September 2024

Revised: 24 October 2024

Accepted: 1 December 2024

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้เป็นการทำนายความเสี่ยงโรคซึมเศร้าจากปัจจัยภายนอกด้วยตัวแบบการเรียนรู้เชิงลึก มีวัตถุประสงค์ 3 ประการ ได้แก่ (1) เพื่อศึกษา พัฒนา และสร้างตัวแบบการทำนายความเสี่ยงต่อภาวะซึมเศร้า กรณีศึกษาผู้คนในจังหวัดกรุงเทพมหานคร ด้วยเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก (2) เพื่อทดสอบประสิทธิภาพตัวแบบการทำนาย ความเสี่ยงต่อภาวะซึมเศร้ากรณีศึกษาของผู้คนในจังหวัดกรุงเทพมหานคร ด้วยเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก (3) เพื่อเปรียบเทียบ และประเมินผลการทดสอบการทำนายของตัวแบบ ผ่านแบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยภายนอกที่นำไปสู่ความเสี่ยงการเกิดโรคซึมเศร้าที่ผู้วิจัยได้ออกแบบ เทียบกับแบบสอบถามการประเมินโรคซึมเศร้าของกรมสุขภาพจิต กระทรวงสาธารณสุข กรณีศึกษากลุ่มประชากรในจังหวัดกรุงเทพมหานคร ใช้แบบสอบถามแบบออนไลน์จำนวน 400 ตัวอย่าง จากประชากรในกรุงเทพฯ สร้างตัวแบบทั้งปัจจัยภายในและภายนอก ปรับเกณฑ์คะแนนให้สอดคล้องกันตามมาตรฐานสากล แล้วนำผลจากตัวแบบมาเทียบกัน พบว่าตัวแบบจากปัจจัยภายนอกมีความถูกต้อง 99.92% และตัวแบบจากปัจจัยภายในมีความถูกต้อง 99.93% ต่างกันเพียง 0.01% ตัวแบบทั้งสองมีค่าความผิดพลาด MSE น้อยกว่า 0.0295 และ MAE น้อยกว่า 0.1279 สรุปได้ว่าทั้งสองตัวแบบสอดคล้องกัน สามารถนำงานวิจัยไปพัฒนาต่อยอด เพื่อใช้ทำนายภาวะเสี่ยงต่อการเกิดโรคซึมเศร้าได้แม่นยำขึ้น

คำสำคัญ: โรคซึมเศร้า การเรียนรู้เชิงลึก การเรียนรู้เชิงลึกแบบวนกลับชนิดหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว

* ผู้ประสานงานหลัก; อีเมล: Methasith.mim@gmail.com

The Model to Predict Depression Risk using Deep Learning Techniques from Basic Satisfaction in Subsistence A Case Study of Peoples in Bangkok

Methasith Mimual^{1,*}, Pin Chatkaewmanee²

^{1,2} Information Technology Program, School of Information Technology,
Sripatum University

Received: 12 September 2024

Revised: 24 October 2024

Accepted: 1 December 2024

Abstract

This research aims to predict the risk of depression based on external factors using deep learning models. It has three objectives: (1) to study, develop, and create a model to predict the risk of depression, focusing on a case study of individuals in Bangkok using deep learning techniques; (2) to test the effectiveness of the predictive model for depression risk in the case of people in Bangkok using deep learning techniques; and (3) to compare and evaluate the prediction model's results against a questionnaire designed by the researcher, which focuses on external factors that contribute to depression risk, and compare it with the depression assessment questionnaire provided by the Department of Mental Health, Ministry of Public Health. The case study involved 400 online survey samples from Bangkok residents. Both internal and external factor models were created, with score criteria adjusted according to international standards, and the results were compared. It was found that the model based on external factors achieved 99.92% accuracy, while the model based on internal factors achieved 99.93% accuracy, with only a 0.01% difference between the two. Both models had a mean squared error (MSE) of less than 0.0295 and a mean absolute error (MAE) of less than 0.1279. In conclusion, both models are consistent, and the research can be further developed to improve the accuracy of depression risk prediction

Keyword: Depression, Deep Learning, Recurrent Neural Network: Long Short - Term Memory

* Corresponding Author; E-mail: Methasith.mim@gmail.com

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โรคซึมเศร้า (Depression) เป็นอีกหนึ่งปัญหาสุขภาพจิตที่มักถูกมองข้ามและใกล้ตัว ในปัจจุบัน ข้อมูลจากกรมสุขภาพจิต กระทรวงสาธารณสุข พบว่ามีผู้ป่วยโรคซึมเศร้าส่วนใหญ่ไม่สามารถเข้าถึงการรักษาได้อย่างเหมาะสม โดยเฉลี่ยแล้วมีผู้ป่วยโรคซึมเศร้าจำนวน 100 คน เข้าถึงการรักษาเพียง 28 คนเท่านั้น โดยผู้หญิงมีอัตราการป่วยเป็นโรคซึมเศร้ามากกว่าผู้ชาย แต่ผู้ชายมีอัตราการฆ่าตัวตายสำเร็จมากกว่าและยังพบว่าผู้ที่ป่วยเป็นโรคซึมเศร้ามีอัตราการฆ่าตัวตายสำเร็จสูงกว่าคนทั่วไปถึง 20 เท่า และ 70% ของผู้ป่วยโรคซึมเศร้าเสียชีวิตก่อนวัยอันควร ในปี 2021 คนไทยอายุ 15 ปีขึ้นไปป่วยเป็นโรคซึมเศร้าจำนวนมากและมีผู้ป่วยโรคซึมเศร้าพยายามฆ่าตัวตาย 6 คนต่อชั่วโมงหรือทั้งปีมากกว่า 53,000 คน และเสียชีวิตราว 4,000 คน (Department of Mental health, 2023)

บทความจากสำนักข่าวของประเทศไทยอย่าง ThaiPBS เขียนบทความในเว็บไซต์ของสำนักข่าวถึงข้อมูลขององค์การอนามัยโลกในการพยากรณ์ Provisional agenda item 6-2 ว่าในปี 2029 โรคซึมเศร้าจะขึ้นมาเป็นสาเหตุของการฆ่าตัวตายอันดับ 2 ในกลุ่มคนอายุ 15-29 ปี (Thai PBS, 2022) ซึ่งมีการพูดถึงจำนวนผู้ป่วยโรคซึมเศร้าที่จะเพิ่มสูงขึ้นในอนาคต ทั้งนี้ภาวะโรคซึมเศร่ายังเป็นปัญหาทางจิตใจที่ส่งผลกระทบต่อทั้งผู้ป่วยและคนรอบข้าง นอกจากจะทำให้ผู้ป่วยต้องเผชิญกับความยากลำบากทางอารมณ์และร่างกายแล้วยังอาจทำให้คนรอบข้างซึมซับพฤติกรรมเชิงลบและมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคทางจิตเวชอื่น ๆ รวมถึงภาวะซึมเศร้า (Department of Mental health, 2022) ในปี 2022 ที่ผ่านมามีผู้ป่วยโรคซึมเศร้าประมาณ 1.36 ล้านคน ช่วงเดือนกันยายน 2021 มีอัตราการเข้าถึงบริการสำหรับผู้ที่ได้รับการวินิจฉัยและรักษาอยู่ที่ร้อยละ 90.6% เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 84.9% ในปีที่ผ่านมา สมาคมจิตแพทย์แห่งประเทศไทยยังรายงานว่ามีผู้ป่วยโรคซึมเศร้ามาเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลรัฐเฉลี่ยวันละประมาณ 50 คน (The Psychiatric Association of Thailand, 2022) จากการสืบค้นพบว่ามีการประเมินส่วนใหญ่มักมาจากแบบประเมินปัจจัยภายใน เช่น ความคิดลบต่อตนเอง ความอยากอาหารที่เปลี่ยนไปและมุมมองต่อสังคม เป็นต้น แต่ในแบบสอบถามดังกล่าวยังไม่มี การประเมินจากปัจจัยภายนอกโดยตรงที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจพื้นฐานในการดำรงชีพ เช่น สภาพความเป็นอยู่โดยรอบ สภาพเศรษฐกิจ ภาวะครอบครัวและความกังวลต่อการตกงานในอนาคต เป็นต้น

ในปัจจุบัน เทคโนโลยีการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและถูกนำไปประยุกต์ใช้ในหลากหลายอุตสาหกรรมหรือในด้านอื่นเช่น ทางด้านแพทย์โดยการนำโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบวนกลับชนิดหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว (Recurrent Neural Network - Long Short Term Memory: RNN - LSTM) นำมาใช้ทำนายการกลับเข้ารับการรักษาซ้ำในรอบ 6 เดือน ซึ่งเป็นการนำ LSTM มาใช้ร่วมกับงานทางการแพทย์อย่างหนึ่ง ทั้งนี้ผู้วิจัยได้นำงานที่เกี่ยวข้องกับการประเมินและการทำนายข้อมูล (Sundararajan & Wood, 2019) เช่น การทำนายแนวโน้มของตลาดหุ้น (Wang et al., 2024) ซึ่งจากการวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นว่า LSTM นั้นมีความสามารถในการจัดการกับข้อมูลลำดับเวลาได้ดีกว่าตัวแบบ RNN และยังมีการทำนายการใช้ไฟฟ้าโดยรวม (Bilgili & Pinar, 2023) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าตัวแบบ LSTM นั้นมีค่าความคลาดเคลื่อนยกกำลังสองโดยเฉลี่ย (Mean Squared Error: MSE) ที่ต่ำ สามารถบ่งบอกถึงความถูกต้องของข้อมูลการทำนายที่ถูกต้อง ทั้งนี้ความสามารถของเทคโนโลยีอย่างตัวแบบ LSTM ยังสามารถนำมาเพื่อใช้ในการตรวจจับภาวะซึมเศร้าของผู้คนผ่านข้อความในโซเชียลมีเดียได้ (Orabi et al., 2018) ซึ่งสามารถทำการคัดแยกข้อมูล (Classification) ออกมาได้

ด้วยเหตุประการนี้ ผู้วิจัยได้ตัดสินใจเลือกใช้ตัวแบบ LSTM ซึ่งเป็นหนึ่งในตัวแบบการเรียนรู้เชิงลึกที่มีประสิทธิภาพสูงในการจัดการข้อมูลแบบลำดับเวลา (Cho et al., 2014) เพื่อนำมาใช้ในการทำนายความเสี่ยงของการเกิดภาวะซึมเศร้าในกลุ่มตัวอย่างที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีประชากรมากและมีความเครียดสูงจากการแข่งขันในด้านต่าง ๆ ซึ่งความสามารถของการจัดการกับข้อมูลในรูปแบบของเวลานั้นตัวแบบ LSTM สามารถทำได้ดีกว่าตัวแบบ RNN ตัวแบบ ANN (Artificial Neural Network) และตัวแบบ CNN (Convolutional Neural Network) (Kothari, 2024) โดยที่ LSTM ได้รับการพัฒนาเพื่อแก้ปัญหาของ RNN ซึ่งมีข้อจำกัดในการจำข้อมูลระยะยาว (vanishing gradient problem) ทำให้ไม่สามารถคาดการณ์ข้อมูลที่อิงกับลำดับเวลายาวนานได้ดี LSTM จึงเหมาะสมกับข้อมูลลำดับเวลามากกว่าและถึงแม้ว่าตัวแบบ CNN จะถูกออกแบบมาเพื่อทำงานกับข้อมูลที่มีลักษณะเชิงพื้นที่เช่น ภาพ แต่ก็สามารถนำไปใช้กับข้อมูลลำดับเวลาได้เช่นกัน อย่างไรก็ตาม LSTM ยังคงจัดการกับข้อมูลลำดับเวลาได้ดีมากกว่า โดย CNN ไม่สามารถจัดการกับความจำระยะยาวได้ดีเท่ากับ LSTM ในส่วนของตัวแบบ ANN ไม่มีโครงสร้างสำหรับจัดการข้อมูลลำดับเวลาโดยตรง ทำให้มันไม่สามารถจัดเก็บและใช้ข้อมูลในอดีตได้ดีเหมือนกับ LSTM ซึ่งมีโครงสร้างที่สามารถจดจำลำดับข้อมูลได้อย่างแม่นยำกว่า

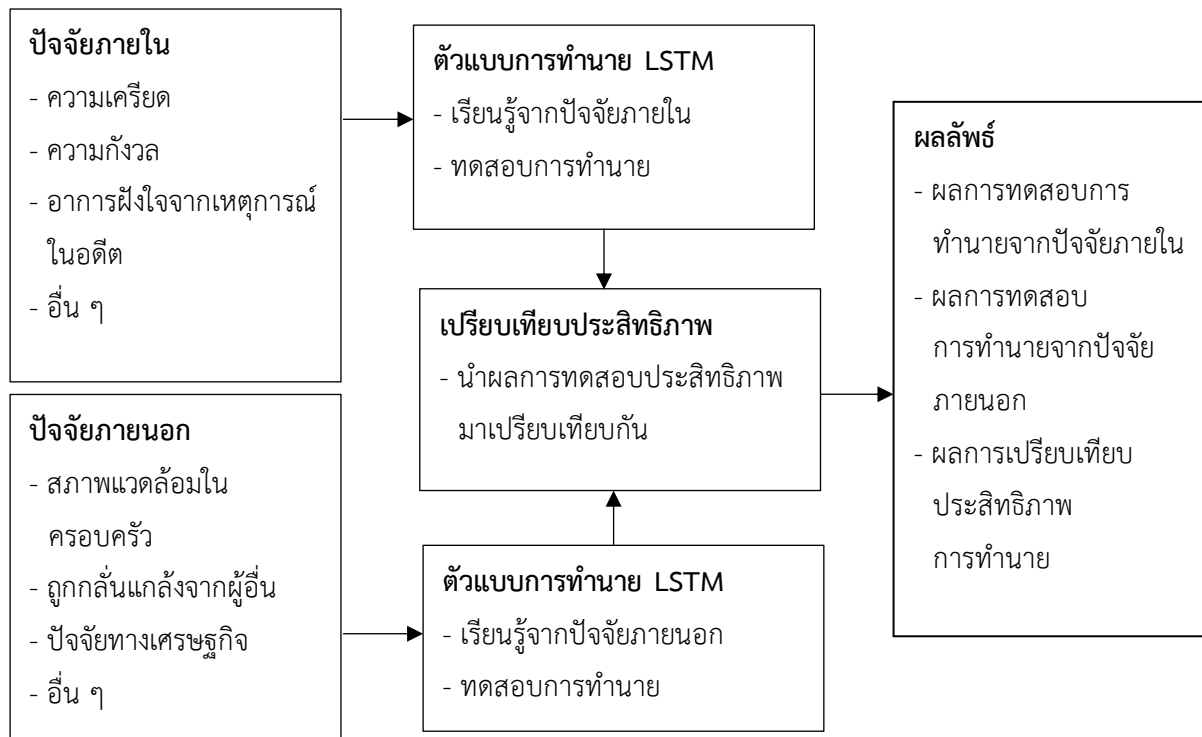
จากเหตุข้างต้นผู้วิจัยได้ตั้งสมมุติฐานว่า ปัจจัยภายนอกเกี่ยวกับการดำรงชีพพื้นฐาน น่าจะมีความสอดคล้องกันกับปัจจัยภายในที่เกี่ยวข้องกับอารมณ์และความรู้สึก และตัวแบบการทำนาย LSTM ที่ถูกพัฒนาขึ้นมานี้จะสามารถช่วยในการคาดการณ์ ประเมินและการเฝ้าระวัง สำหรับการเพิ่มจำนวนของผู้คนที่มีความเสี่ยงต่อภาวะโรคซึมเศร้า ซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างมากสำหรับทางการแพทย์ รวมไปถึงบุคคลในกลุ่มต่าง ๆ หรือในการดูแลสุขภาพจิต และยังสามารถนำผลการทำนายมาสร้างมาตรการการรับมือกับสถานการณ์ที่อาจนำไปสู่การเพิ่มจำนวนของบุคคลที่มีความเสี่ยงที่อาจเกิดภาวะโรคซึมเศร้าได้หรือการเพิ่มจำนวนของผู้ป่วยโรคซึมเศร้าที่เพิ่มมากขึ้นในอนาคต ซึ่งจะสอดคล้องกันกับข้อมูลจากศูนย์วิจัยและสารสนเทศโรคซึมเศร้ากับสถานการณ์ในประเทศไทยที่ขาดแคลนบุคลากรทางการแพทย์ในด้านจิตเวชและสุขภาพจิตกำลังเป็นปัญหาที่สำคัญ ข้อมูลของ WHO ระบุว่าประเทศไทยมีจิตแพทย์เพียง 845 คน และนักจิตวิทยา 1,037 คน ซึ่งคิดเป็นอัตราส่วนประมาณ 1.28 จิตแพทย์ และ 1.57 นักจิตวิทยาต่อประชากร 100,000 คน (World Health Organization, 2022) ปัญหาการขาดแคลนบุคลากรนี้ยังส่งผลกระทบโดยตรงต่อการให้บริการด้านสุขภาพจิตในพื้นที่ต่างจังหวัด

วัตถุประสงค์ของการทำวิจัย

1. เพื่อศึกษา พัฒนา และสร้างตัวแบบการทำนายความเสี่ยงต่อภาวะซึมเศร้ากรณีศึกษาผู้คนในจังหวัดกรุงเทพมหานคร ด้วยเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก
2. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพตัวแบบการทำนาย ความเสี่ยงต่อภาวะซึมเศร้ากรณีศึกษาของผู้คนในจังหวัดกรุงเทพมหานคร ด้วยเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก
3. เพื่อเปรียบเทียบ และประเมินผลการทดสอบการทำนายของตัวแบบ ผ่านแบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยภายนอกที่นำไปสู่ความเสี่ยงการเกิดโรคซึมเศร้าที่ผู้วิจัยได้ออกแบบ เทียบกับแบบสอบถามการประเมินโรคซึมเศร้าของกรมสุขภาพจิต กระทรวงสาธารณสุข กรณีศึกษากลุ่มประชากรในจังหวัดกรุงเทพมหานคร

กรอบแนวคิดในการวิจัย

กรอบแนวคิดนี้ตั้งอยู่บนข้อสันนิษฐานที่ว่าปัจจัยภายนอกนั้นสามารถนำมาเป็นหนึ่งในปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้ผู้คนในจังหวัดกรุงเทพมหานคร มีความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะซึมเศร้าได้ไม่ต่างจากปัจจัยภายใน โดยจะใช้ปัจจัยทั้งภายในและภายนอก นำเข้ากระบวนการเรียนรู้ของเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกและสร้างการทำนาย เพื่อนำผลการทำนายมาอธิบายถึงประสิทธิภาพของตัวแบบการทำนาย LSTM และปัจจัยภายนอกว่ามีประสิทธิภาพมากพอต่อการนำไปใช้จริงหรือไม่ ดังในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แนวคิดในการวิจัย (Conceptual Framework)

วิธีดำเนินการวิจัย

แบบแผนการวิจัย

การวิจัยนี้จะมีขั้นตอนในการวิจัยอยู่ทั้งสิ้น 5 ขั้นตอน สำหรับการพัฒนาตัวแบบการทำนาย LSTM และการวัดผลประสิทธิภาพของแบบจำลองการทำนายความเสี่ยงโรคซึมเศร้ากรณีศึกษาผู้คนในจังหวัดกรุงเทพมหานคร การวิจัยในครั้งนี้ได้รับการอนุญาตให้สามารถเก็บข้อมูลแบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นมนุษย์ โดยได้รับใบอนุญาตและหนังสือรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ (Certificate of Approval) จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม อย่างถูกต้องแล้ว ทั้งนี้ข้อมูลในการวิจัยที่ได้ทำการจัดเก็บมาไม่ได้มีส่วนของข้อมูลที่เจาะจงเฉพาะตัวไปสู่บุคคลคนนั้นหรือข้อมูลที่บ่งชี้เช่น ชื่อ เลขบัตรประชาชน เบอร์โทรศัพท์และที่อยู่อาศัยอย่างชัดเจนเจาะจง จากผู้คนในกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดและข้อมูลทุกอย่างที่ได้จัดเก็บมาจะไม่ถูกเผยแพร่ในทุกช่องทาง ในการวิจัยครั้งนี้จะมีเพียงผลสรุปของการประเมินผลและการทดสอบเท่านั้นที่จะถูกนำมาแสดงในบทความการวิจัยนี้

การรวบรวมข้อมูล

การวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถาม 2 แบบสอบถาม 1) แบบสอบถามประเมินความเสี่ยงโรคซึมเศร้า (แบบสอบถามปัจจัยภายในหรือ PHQ-9) จากกรมสุขภาพจิต กระทรวงสาธารณสุข 2) จากแบบสอบถามปัจจัยภายนอกที่นำไปสู่ความเสี่ยงการเกิดโรคซึมเศร้า (แบบสอบถามปัจจัยภายนอก) ที่ผู้วิจัยได้ออกแบบขึ้นสำหรับการวิจัยครั้งนี้ ในส่วนของรายละเอียดแบบสอบถามปัจจัยภายนอกจะเป็นแบบสอบถามที่ให้ผู้ประเมินทำการกรอกคะแนนความรู้สึกต่อสถานการณ์และปัจจัยต่าง ๆ ที่ถูกกำหนดมาในแบบสอบถามจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องเช่น ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อระดับภาวะซึมเศร้าของผู้ป่วยโรคซึมเศร้าในโรงพยาบาลร้อยเอ็ด (Purmtummasin, 2016) โดยงานวิจัยนี้ได้สรุปออกมาว่า เหตุการณ์ความเครียดที่เกิดขึ้นกับตนเองและคนใกล้ชิด ความรู้สึกมีคุณค่าในตนเอง รายได้ของครอบครัว และสัมพันธภาพในครอบครัว เป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อระดับภาวะซึมเศร้า และอีกหนึ่งงานวิจัยที่ถูกนำมาใช้อ้างอิงคือ ปัจจัยที่สัมพันธ์กับภาวะซึมเศร้าของแรงงานไทย ในเขตพื้นที่ระยองเศรษฐกิจพิเศษ ภาคตะวันออก (Koedbangkham, 2021) พบว่าปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับภาวะซึมเศร้าของแรงงานไทยในระบบ ในเขตพื้นที่ระยองเศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออกได้แก่ สถานภาพสมรส สถานะทางเศรษฐกิจ พฤติกรรมการออกกำลังกาย คุณภาพการนอนหลับ ความเครียดจากการทำงาน และแรงสนับสนุนทางสังคมด้านอารมณ์ เป็นต้น

โดยผู้วิจัยได้นำผลการวิจัยดังกล่าวมาปรับใช้สำหรับการออกแบบ แบบสอบถามในการวิจัยครั้งนี้ แบบสอบถามปัจจัยภายนอกจะประกอบไปด้วยข้อคำถามทั้งสิ้น 2 ตอน ได้แก่ 1) ส่วนข้อคำถามสำหรับข้อมูลส่วนบุคคลประกอบด้วย อายุ โรคประจำตัว ประวัติโรคซึมเศร้าในสมาชิกครอบครัวและชั่วโมงการทำงาน เป็นต้น 2) ส่วนข้อคำถาม 11 ข้อสำหรับนำมาใช้เพื่อการเรียนรู้และการทดสอบ ข้อคำถามในตอนี่ 2 ได้กำหนดข้อคำตอบจำนวน 5 ข้อ ที่จะแทนคะแนนความรู้สึกตั้งแต่ 0 ถึง 4 คะแนน และในส่วนของแบบสอบถามปัจจัยภายในมีทั้งหมด 9 ข้อ ในส่วนของข้อคำตอบจะมีจำนวน 5 ข้อ ที่จะแทนคะแนนความรู้สึกตั้งแต่ 0 ถึง 4 คะแนน เช่นเดียวกันกับแบบสอบถามปัจจัยภายนอก

จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่เลือกมาจะได้จากการคำนวณสัดส่วนประชากร ด้วยสูตรการคำนวณของ ทาโร่ ยามาเน (Taro Yamane) จากสมการที่ (1) จะแทนค่า N ใหญ่เท่ากับจำนวนประชากรทั้งหมดในจังหวัดกรุงเทพมหานคร มีจำนวนทั้งสิ้น 5,471,588 คน (Department of Provincial Administration, Ministry of Interior, 2023) และจะแทนค่า e เป็นค่าความคลาดเคลื่อนจากการสุ่มตัวอย่างซึ่งจะมีค่าเท่ากับ 0.05^2 โดยค่าของ n จะเกิดจากการคำนวณตามสูตรสมการที่ (1) และได้ผลลัพธ์จำนวนอยู่ที่ 399.97 แล้วจึงทำการปัดเศษขึ้นจะได้จำนวนตัวอย่างทั้งสิ้น 400 ตัวอย่าง

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2} \quad (1)$$

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยได้ทำการลงพื้นที่ไปยังเขตต่าง ๆ ของจังหวัดกรุงเทพมหานครและทำการสุ่มเก็บตัวอย่างจากผู้คนที่อยู่ในระแวกใกล้เคียงกับมหาวิทยาลัยศรีปทุม ในเขตมหาวิทยาลัยศรีปทุม ในเขตห้างสรรพสินค้าชื่อดังต่าง ๆ และในเขตส่วนสาธารณะหรือพื้นที่สาธารณะต่าง ๆ โดยที่ผู้วิจัยจะนำ QR code ไปแจกให้กับกลุ่มเป้าหมายที่สมัครใจในการทำแบบสอบถามหลังจากได้ทำการพูดคุยสอบถามความสมัครใจด้วยตนเองแล้ว โดยใช้โทรศัพท์มือถือสแกน QR code เพื่อทำแบบสอบถามในโทรศัพท์ ผ่านโปรแกรม

google form เมื่อกลุ่มตัวอย่างทำแบบสอบถามเรียบร้อยแล้ว ให้กลุ่มตัวอย่างส่งแบบสอบถามผ่านทางระบบออนไลน์ ในการทำแบบทดสอบจะให้ผู้ทำแบบสอบถามได้ทำแบบสอบถามปัจจัยภายนอกก่อนเป็นอันดับแรก เมื่อแล้วเสร็จจะให้ผู้ประเมินทำแบบสอบถามปัจจัยภายในเป็นส่วนใหญ่

การกำหนดเกณฑ์สำหรับแบบสอบถาม

ในขั้นตอนนี้ได้ทำการกำหนดเกณฑ์สำหรับแบบสอบถามปัจจัยภายในและแบบสอบถามปัจจัยภายนอก เพื่อให้แบบสอบถามทั้งสองมีจุดเชื่อมกันในส่วนของระดับเกณฑ์คะแนนที่ตรงกันแม้ว่าจะมีผลคะแนนโดยรวมและจำนวนข้อที่แตกต่างกันได้อย่างเหมาะสมและเป็นมาตรฐานสากล โดยทางผู้วิจัยได้นำเกณฑ์การประเมินที่ใช้เพื่อระบุระดับความเสี่ยงโรคซึมเศร้าสำหรับผู้ที่ทำแบบสอบถามจากปัจจัยภายในโดยเกณฑ์นี้ได้ถูกกำหนดไว้เป็นมาตรฐานโดย American Psychiatric Association (APA) หน่วยงานที่กำหนดเกณฑ์การวินิจฉัยโรคซึมเศร้าตามแบบแผน DSM-5 ซึ่งเป็นมาตรฐานสากล โดยถูกนำไปใช้ในงานวิจัยและการวินิจฉัยระดับสากลมากมาย (Kroenke et al., 2001) การแบ่งเกณฑ์ตามมาตรฐานของ APA นั้นประกอบไปด้วย 5 ระดับ ตามช่วงผลรวมของคะแนนจากการทำแบบสอบถาม

- ระดับที่ 1 ไม่มีความเสี่ยง จะอยู่ในช่วงเกณฑ์ตั้งแต่ 0-7
- ระดับที่ 2 มีความเสี่ยงน้อย จะอยู่ในช่วงเกณฑ์ตั้งแต่ 8-14
- ระดับที่ 3 มีความเสี่ยงปานกลาง จะอยู่ในช่วงเกณฑ์ตั้งแต่ 15-21
- ระดับที่ 4 มีความเสี่ยงสูง จะอยู่ในช่วงเกณฑ์ตั้งแต่ 22-29
- ระดับที่ 5 มีความเสี่ยงสูงสุด จะอยู่ในช่วงเกณฑ์ตั้งแต่ 30 ขึ้นไป

ด้วยเกณฑ์อันเป็นมาตรฐานจากหน่วยงาน APA นี้ จึงสามารถนำมาปรับใช้เพื่อสร้างและกำหนดขอบเขตของเกณฑ์ระดับความเสี่ยงจากปัจจัยภายนอกเพื่อสร้างความสอดคล้องกันของแบบสอบถามและกำจัดปัญหาของความห่างในช่วงตัวเลข อันเกิดจากจำนวนข้อของแบบสอบถามที่ไม่เท่ากันของแบบสอบถามปัจจัยภายนอกและแบบสอบถามปัจจัยภายใน โดยเกณฑ์ที่ได้แบ่งออกมาจะสามารถแบ่งได้เป็น 5 ระดับ ตามเกณฑ์มาตรฐาน

- ระดับที่ 1 ไม่มีความเสี่ยง จะอยู่ในช่วงเกณฑ์ตั้งแต่ 0-8
- ระดับที่ 2 มีความเสี่ยงน้อย จะอยู่ในช่วงเกณฑ์ตั้งแต่ 9-17
- ระดับที่ 3 มีความเสี่ยงปานกลาง จะอยู่ในช่วงเกณฑ์ตั้งแต่ 18-26
- ระดับที่ 4 มีความเสี่ยงสูง จะอยู่ในช่วงเกณฑ์ตั้งแต่ 27-35
- ระดับที่ 5 มีความเสี่ยงสูงสุด จะอยู่ในช่วงเกณฑ์ตั้งแต่ 36 ขึ้นไป

การจัดเตรียมและทำความสะอาดข้อมูล

หลังจากได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลได้ตามเป้าที่ตั้งไว้จะนำข้อมูลที่รวบรวมมาทั้งหมด เข้าสู่กระบวนการคัดแยก เลือกเฉพาะกลุ่มตัวอย่างเฉพาะในเขตพื้นที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร เท่านั้น ในการป้อนข้อมูลเข้าสู่ระบบการฝึกสอนของตัวแบบ LSTM เพื่อให้เรียนรู้และทดสอบการทำนายผล จำเป็นจะต้องทำความสะอาดข้อมูลก่อนโดยการใช้โปรแกรมประยุกต์ PyCharm เข้ามาช่วยในขั้นตอนนี้สำหรับการตรวจสอบและค้นหากลุ่มข้อมูลในแถวต่าง ๆ ที่มีข้อมูลตัวเลขที่ผิดพลาดเช่น ค่าอายุที่ต่ำกว่า 18 หรือเกิน 60 หรือค่าตัวเลขในแต่ละแถวที่มีความซ้ำซ้อนและคล้ายกันในทุก ๆ คอลัมน์ โดยจะทำการลบข้อมูลนั้นทิ้งไปเพื่อให้ตัวแบบมีคุณภาพมากขึ้นและสำหรับการจัดเตรียมชุดข้อมูลนั้นจะเริ่มโดยการแปลงรูปในบางส่วนของข้อความให้อยู่ในลักษณะของตัวเลขเช่น 0 และ 1 หรือ 0 ถึง 1 โดยตัวเลขที่เกิดขึ้นมาจะทำหน้าที่เป็นตัวแทนของคำและตัวเลขต่าง ๆ เพื่อให้ตัวแบบการทำนายสามารถประมวลผลได้ง่ายและ

ลดความซับซ้อนของค่าข้อมูลที่จะเกิดขึ้น หลังจากนั้นจะทำการแบ่งชุดข้อมูลออกมาเป็นไฟล์ .CSV จำนวน 2 ชุด ได้แก่ ไฟล์ข้อมูลจากแบบสอบถามปัจจัยภายในและอีกไฟล์ที่เกิดจากการเก็บข้อมูลจากแบบสอบถาม จากปัจจัยภายนอก โดยจะแสดงตัวอย่างของข้อมูลที่ได้ทำการจัดเตรียมและทำความสะอาดข้อมูลแล้วในภาพที่ 2

	time	address	...	con9In	depressionRisk
0	2024-04-27 09:33:28+00:00	0	...	0.25	0.312500
1	2024-04-27 17:57:19+00:00	0	...	0.00	0.609375
2	2024-05-11 03:42:46+00:00	0	...	0.00	0.578125
3	2024-05-11 03:56:04+00:00	0	...	1.00	0.750000
4	2024-05-11 03:58:43+00:00	0	...	0.00	0.421875
..	...	...	...	...	...
398	2024-08-04 20:55:39+00:00	0	...	0.00	0.390625
399	2024-08-05 07:23:15+00:00	0	...	0.25	0.437500

ภาพที่ 2 ตัวอย่างของข้อมูลหลังผ่านกระบวนการจัดเตรียมและทำความสะอาดข้อมูล

การพัฒนาแบบจำลอง LSTM

LSTM หรือ โครงข่ายประสาทเทียมแบบวนกลับชนิดหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว ถูกออกแบบมาสำหรับการจดจำ ประมวลผลลำดับในช่วงเวลาที่ยาว มีประสิทธิภาพสำหรับปัญหาการทำนายที่เป็นลำดับ (Sequential) และถูกพัฒนาขึ้นเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในโครงข่ายประสาทเทียมแบบวนกลับดั้งเดิม หรือ RNN โดยเฉพาะปัญหาการลืมข้อมูลในระยะยาวที่เกิดจากการถดถอยของค่าความจำ (Vanishing Gradient Problem) ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญในการเรียนรู้ลำดับข้อมูลที่มีความซับซ้อนและยาวนาน ตัวแบบ LSTM นั้นจะมีความทำงานที่เพิ่มเข้ามาแตกต่างจาก RNN ได้แก่ 1) Cell State คือ ส่วนที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลในระยะยาวของโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งช่วยให้ข้อมูลสามารถส่งผ่านจากขั้นตอนหนึ่งไปยังขั้นตอนถัดไปได้โดยทำหน้าที่เป็นเหมือนหน่วยความจำหลักของ LSTM ที่ช่วยเก็บข้อมูลสำคัญที่สามารถนำกลับมาใช้ได้ในช่วงเวลาที่ไกล และ 2) Gate หรือ ประตู ที่จะทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมการไหลของกลุ่มข้อมูลซึ่งก็คือ ค่า Analog ที่คอยควบคุมว่าเมื่อไหร่ควรที่จะ Read, Write หรือ Forget โดยหลักการของ Gate จะคล้ายกับ Node ในโครงข่ายประสาทเทียมที่จะดูว่าจะ Activate หรือ No Activate จากค่าความแรงของสัญญาณที่เข้ามาใน Node ผ่านการ Weight ของข้อมูล

ในการทำงานของโครงสร้าง LSTM นั้นมี 4 การทำงานหลักที่สำคัญได้แก่ เซลล์ความจำ (Memory Cell), ประตูลืม (Forget Gate), ประตูนำเข้า (Input Gate), ประตูออก (Output Gate) ด้วยคุณสมบัติของ LSTM ที่สามารถจัดการกับข้อมูลที่มีความซับซ้อนและยาวนานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ LSTM เป็นที่นิยมอย่างมากในงานที่ต้องการวิเคราะห์ลำดับข้อมูล โดยเฉพาะการพยากรณ์ที่มีความเกี่ยวข้องกับช่วงเวลา รวมไปถึงการทำนายความเสี่ยงของภาวะโรคซึมเศร้า (Chen et al., 2020) ซึ่งต้องอาศัยการประมวลผลข้อมูลเชิงลำดับเวลาที่มีความซับซ้อนและต่อเนื่อง การที่ LSTM สามารถรักษาความจำระยะยาวและกรองข้อมูลที่ไม่สำคัญออกไปได้ จึงทำให้ LSTM เป็นตัวเลือกที่เหมาะสมในการทำงานกับข้อมูลลำดับยาว ๆ ซึ่งต้องการความแม่นยำในการทำนายผลสูง ตัวอย่างเช่น การใช้ LSTM ในการทำนายความเสี่ยงของภาวะโรคซึมเศร้า ซึ่งต้องพึ่งพาการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเวลาอย่างละเอียดเพื่อให้ได้ผลการทำนายที่ถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

จากการได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง อาทิ การคัดแยกข้อความ (Banchuen, 2019) หรือความสามารถในการทำนายต่าง ๆ ที่อธิบายไปข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยตัดสินใจเลือกตัวแบบ LSTM สำหรับนำมาพัฒนาและสร้างตัวแบบการทำนายที่เกี่ยวข้องกับโรคซึมเศร้าครั้งนี้ โดยในการพัฒนาตัวแบบการทำนาย LSTM ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรมประยุกต์ PyCharm สำหรับการสร้างและพัฒนาตัวแบบการทำนาย LSTM เพื่อให้สะดวกต่อการพัฒนาทั้งในด้านการแสดงผลและการทำนายโอกาสเสี่ยงที่จะเกิดโรคซึมเศร้าจากกรณีศึกษากลุ่มตัวอย่างประชากรในจังหวัดกรุงเทพมหานคร จะประกอบไปด้วยการกำหนดจำนวนข้อมูลสำหรับการเรียนรู้ (Training Data) และ ข้อมูลสำหรับการทดสอบ (Training Data) ซึ่งแบ่งออกมาเป็นจำนวน 60% สำหรับชุดข้อมูลเพื่อการเรียนรู้ของตัวแบบการทำนาย LSTM และ 30% สำหรับชุดข้อมูลเพื่อการทดสอบตัวแบบการทำนาย LSTM ทั้งนี้ยังได้แบ่งจำนวนข้อมูลไว้สำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล (Validation Data) ไว้จำนวน 10% เมื่อได้ทำการแบ่งจำนวนชุดข้อมูลออกมาอย่างเหมาะสมแล้วก็จะเริ่มนำข้อมูลเข้าสู่ระบบให้ตัวแบบการทำนาย LSTM ที่ได้ออกแบบไว้เรียนรู้และนำผลการทดสอบการทำนายออกมา ในส่วนของการออกแบบตัวแบบการทำนาย LSTM นั้นได้มีรายละเอียดอันประกอบไปด้วย

- การกำหนดชั้นนำเข้าข้อมูล (input layer) สำหรับการนำเข้าข้อมูลจากแบบสอบถามทั้งจากแบบสอบถามปัจจัยภายในและจากแบบสอบถามปัจจัยภายนอก
- ชั้นซ่อน (hidden layer) ได้ทำการกำหนดชั้นซ่อนไว้ 2 ชั้น โดยมีรายละเอียดในแต่ละชั้นดังนี้
 - ชั้นซ่อนที่ 1 ทำการกำหนดจำนวนหน่วย LSTM ไว้ที่ 640
 - ชั้นซ่อนที่ 2 ทำการกำหนดจำนวนหน่วย LSTM ไว้ที่ 640
- ชั้นเชื่อมต่อเต็มรูปแบบ (Dense Layer) ได้ทำการกำหนดไว้ที่ 1 ชั้น และมีจำนวนหน่วยอยู่ 1 หน่วย สำหรับการรวมผลลัพธ์ทั้งหมดของ LSTM เอาไว้
- ชั้นผลลัพธ์ (output layer) สำหรับการนำข้อมูลที่ผ่านกระบวนการต่าง ๆ ออกมาแสดงผล
- กำหนดจำนวนรอบในการฝึกการเรียนรู้ (Learning round) โดยได้ทำการกำหนดจำนวนรอบในการฝึกไว้ที่ 64 รอบ
- กำหนดขนาดชุดข้อมูลย่อย (Batch size) จำนวนที่ได้กำหนดไว้ 88 หน่วย
- จำนวนอัตราการเรียนรู้ (Learning Rate) กำหนดจำนวนไว้ที่ 0.001 หน่วย

ในการกำหนดค่า Hyperparameters นั้นเกิดขึ้นจากการทำการ Random Search เพื่อหาค่าที่ดีที่สุดสำหรับการปรับ Hyperparameters เหล่านี้ ซึ่งผู้วิจัยได้ปรับแต่งเพิ่มขึ้นหรือลดลงเล็กน้อยหลังจากการทำ Random Search เพื่อให้ได้ค่าที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้สำหรับในการพัฒนาแบบจำลองผู้วิจัยได้ทำการแปลงค่าข้อมูลกลับ หลังจากที่ได้ตัวแบบได้ทำการเรียนรู้และทำนายผลแล้วให้ข้อมูลนั้นกลับไปสู่ช่วงค่าตั้งต้น เนื่องจากในการแสดงผลผ่านกราฟต่าง ๆ จะทำให้เห็นรูปแบบของข้อมูลได้ง่ายและชัดเจนยิ่งขึ้นในด้านของตัวเลขทั้งนี้ยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการแสดงผลหรือนำไปใช้ในการทำ visualization ต่อได้ในกรณีที่ต้องการนำข้อมูลที่ได้ออกไปสรุปผลต่าง ๆ

การทดสอบและประเมินผล

ในการทำ Regression นั้นผู้วิจัยได้เลือกใช้การคำนวณข้อผิดพลาดของการทำนายด้วยการหา ค่าความคลาดเคลื่อนยกกำลังสองโดยเฉลี่ย (Mean Squared Error: MSE) ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์โดยเฉลี่ย (Mean

Absolute Error: MAE) และค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยของกำลังสองของความผิดพลาด (Root Mean Squared Error: RMSE) ทั้งนี้ยังได้นำค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (R-squared: R^2) เพื่อดูความแม่นยำของตัวแบบการทำนาย โดยหากค่า R-squared นี้เข้าใกล้ค่า 1 มากเท่าไรก็จะยิ่งบ่งบอกถึงความถูกต้องของข้อมูลที่ทำนายออกมาโดยสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (2)$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i| \quad (3)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (4)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (5)$$

$$Adjusted\ R - squared = 1 - \left(\frac{(1-R^2)(n-1)}{n-k-1} \right) \quad (6)$$

โดยสามารถอธิบายสมการได้ดังนี้ ในส่วนของสมการที่ (2) คือสมการสำหรับหาค่าความคลาดเคลื่อนยกกำลังสองโดยเฉลี่ย สมการที่ (3) คือสมการเพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์โดยเฉลี่ย และในส่วนของสมการที่ (4) ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยของกำลังสองของความผิดพลาด ซึ่งสมการทั้ง 3 ที่ได้กล่าวมานี้มีไว้เพื่อดูค่าความผิดพลาดของตัวแบบการทำนาย LSTM ในรูปแบบ Regression ว่ามีมากน้อยแค่ไหนสำหรับการทำนายที่เกิดขึ้นในช่วงการทดสอบข้อมูล ซึ่งจะช่วยในการพิจารณาว่าตัวแบบการทำนายนี้มีข้อผิดพลาดมากน้อยแค่ไหนต่อชุดข้อมูลที่ได้นำมาทำการทดสอบ ในส่วนของสมการที่ (5) เป็นสมการสำหรับบ่งบอกถึงความถูกต้องของโมเดลว่ามีการทำนายออกมาที่ถูกต้องแค่ไหนซึ่งสามารถแปลผลค่าได้ดังนี้

- **R-squared = 1:** บ่งบอกถึงความถูกต้องของข้อมูลจากตัวแบบการทำนายที่ทำนายออกมาได้อย่างครบถ้วนทั้งหมด

- **R-squared = 0:** บ่งบอกว่าตัวแบบไม่มีความถูกต้องในการทำนายข้อมูลออกมาเลยทั้งหมด

จึงเป็นข้อสรุปได้หากตัวแบบมีความใกล้เคียงกับค่า R-squared ที่เป็น 1 มากเท่าไรก็หมายถึงตัวแบบมีความถูกต้องของข้อมูลที่ทำนายออกมามากเท่านั้นในทางกลับกันหากมีค่า R-squared ที่ใกล้เคียงกับค่า 0 มากเท่าไรก็บ่งบอกถึงประสิทธิภาพของตัวแบบที่ความแม่นยำและความถูกต้องของข้อมูลที่น้อยลงไป Adjusted R-squared จากสมการที่ (6) ก็เช่นกันในการทดสอบและสรุปผลก็ใช้ค่า 0 และ 1 แบบเดียวกันกับส่วนของ R^2 โดยในส่วนของ Adjusted R-squared จะนำมาใช้เพื่ออธิบายกรณีมีตัวแปรอื่นเพิ่มเข้ามาว่าตัวแบบนั้นจะมีค่าคะแนนที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงจากค่า R^2 หรือไม่ ในกรณีที่มีการเพิ่มขึ้นจะหมายถึง ตัวแปรที่เพิ่มเข้ามามีส่วนในการเพิ่มประสิทธิภาพ ในกรณีที่ลดลงหมายถึงตัวแปรนั้นไม่สอดคล้องกัน

ผลการวิจัย

1. จากการศึกษาตัวแบบ LSTM พบว่าตัวแบบมีประสิทธิภาพในการทำนายข้อมูลสูง ทั้งยังมีความสามารถในการคัดแยกข้อมูลที่ถูกต้องเหมาะสมและสามารถจัดการกับข้อมูลจำนวนมากที่เป็นข้อมูลในรูปแบบของลำดับเวลา

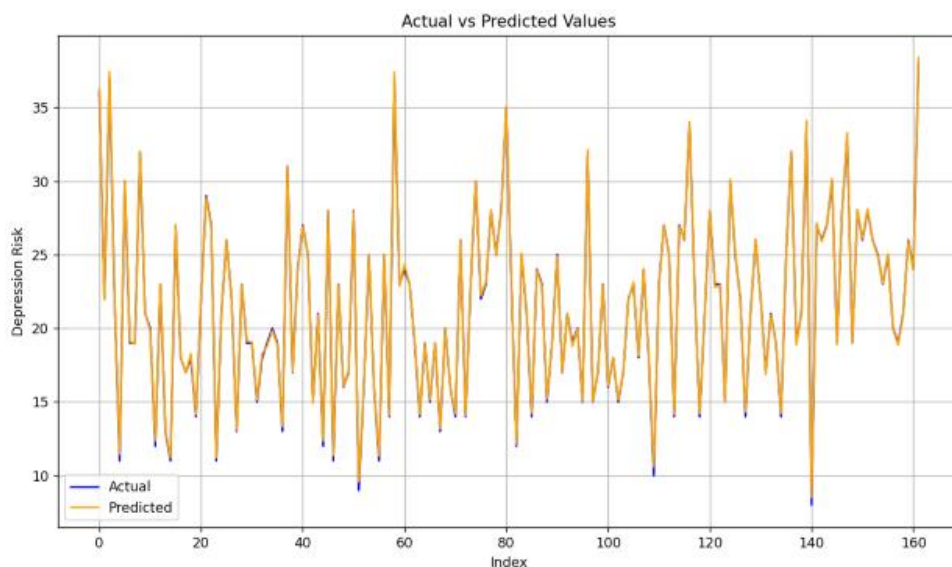
ได้ดีมาก จากการศึกษางานวิจัยข้างต้นยังพบว่าประสิทธิภาพการทำนายของตัวแบบการทำนาย LSTM ทำได้ดีกว่าตัวแบบการทำนาย RNN ในด้านข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับลำดับเวลาที่มีความยาวนาน เมื่อทำการทดลองและพัฒนาตัวแบบสำหรับการทำนาย LSTM ด้วยกระบวนการ Random Search สำหรับการปรับแต่งค่า Hyperparameter และออกแบบโครงสร้างของตัวแบบการทำนาย LSTM สามารถช่วยให้หาค่า Hyperparameter ที่เหมาะสมกับการสร้างตัวแบบการทำนาย LSTM ก่อนจะทำการออกแบบขึ้นมา ผลสรุปค่าคะแนน Best score หลังการทำ Random Search ที่นำมาใช้อยู่ที่ 0.9934 ซึ่งเป็นคะแนนที่ดีที่สุด ที่ได้จากการทำ Random Search จำนวน 9 รอบ และด้วยค่าคะแนนที่มากถึง 0.9934 สามารถบอกได้ว่าการกำหนดค่า Hyperparameter นี้เป็นการกำหนดค่าที่ดีและเหมาะสมที่สุดเพื่อการสร้างตัวแบบ LSTM โดยแสดงออกมาในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลคะแนนและจำนวนรอบในการทำ Random Search

ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9
คะแนน	0.084	0.783	0.9	0.321	-0.037	0.9934	0.786	-2.694	0.727

*หมายเหตุ: ค่าคะแนนครั้งที่ดีที่สุดคือ 0.9934 พบในการทดลองครั้งที่ 6

ในการทดลองพัฒนาตัวแบบการทำนาย LSTM ผู้วิจัยได้นำข้อมูลกลุ่มตัวอย่างจากปัจจัยภายใน นำเข้ากระบวนการเรียนรู้และทำการทดสอบประสิทธิภาพของตัวแบบการทำนาย LSTM เพื่อดูประสิทธิภาพของตัวแบบการทำนาย LSTM ว่าสูงแค่ไหน ก่อนจะนำข้อมูลกลุ่มตัวอย่างปัจจัยภายนอกเข้ามาสู่กระบวนการเรียนรู้และการทดสอบประสิทธิภาพต่อไปโดยผลจากการทดลองพัฒนาและทำการทดสอบตัวแบบการทำนาย LSTM จากข้อมูลกลุ่มตัวอย่างปัจจัยภายใน ได้ผลการทำนายประสิทธิภาพออกมาในรูปแบบกราฟเส้นที่ประกอบไปด้วยสองเส้นสีคือ เส้นสีส้มที่แสดงชุดข้อมูลการทำนาย (Predicted Data) และเส้นสีน้ำเงินที่แสดงชุดข้อมูลจริง (Actual Data)



ภาพที่ 3 ผลการทดสอบจากข้อมูลกลุ่มตัวอย่างปัจจัยภายใน

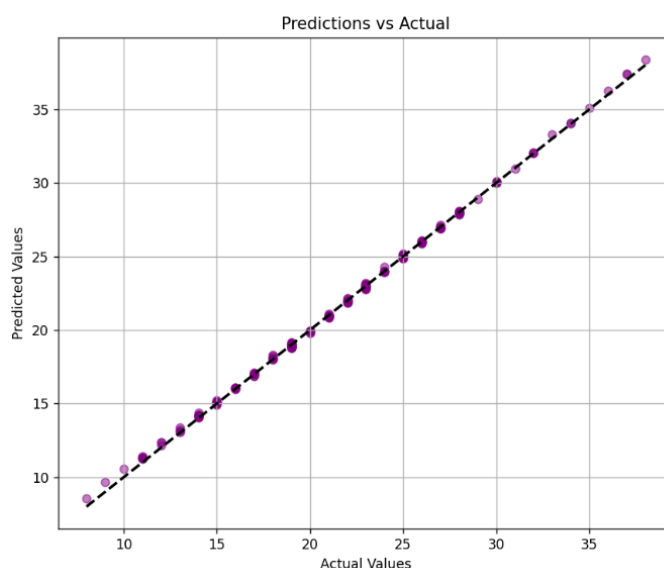
จากภาพที่ 3 จะเห็นว่าเส้นสีส้มแทบจะทับเส้นสีน้ำเงินไปทั้งหมด สามารถสรุปได้ว่าตัวแบบการทำนาย LSTM ที่ใช้ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างปัจจัยภายในนำเข้ามาสู่กระบวนการเรียนรู้และทดสอบมีประสิทธิภาพความถูกต้องที่สูงมาก ทั้งนี้เมื่อทำการพิจารณาจากค่าอื่น ๆ เพิ่มเติมจะเห็นว่าค่าที่แสดงถึงข้อผิดพลาดของการทำนายอย่าง

MSE, MAE และ RSME ที่ต่ำมาก ทั้งนี้ค่า Standard Deviation ก็ยังต่ำเพียง 6.168 ซึ่งบ่งบอกถึงการเบี่ยงเบนข้อมูลที่น้อย และในส่วนของค่า R^2 ที่มีค่าถึง 0.9993 ซึ่งเป็นตัวเลขที่มีความใกล้เคียงกับค่า 1 มาก ทำให้บอกได้ถึงประสิทธิภาพของความถูกต้องและความแม่นยำของตัวแบบการทำนายนี้ที่สูงมาก โดยค่าเหล่านี้จะถูกแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบตัวแบบการทำนาย ปัจจัยภายใน

ค่าชี้วัด	R^2	Adjusted R-squared	RMSE	MSE	MAE	Standard Deviation
คะแนน	0.9993	0.9992	0.1682	0.0283	0.1248	6.168

2. ผลจากการทดสอบและวัดผลประสิทธิภาพของตัวแบบการทำนาย LSTM จากข้อมูลกลุ่มตัวอย่างปัจจัยภายนอก พบว่ามีผลประสิทธิภาพความแม่นยำที่สูงและข้อผิดพลาดที่ต่ำ หากทำการพิจารณาจากภาพที่ 4 เป็นค่าข้อมูลตั้งแต่ค่าต่ำสุดถึงค่าสูงสุด แทนข้อมูลจริงด้วยจุดสีม่วงที่ทาบบนเส้นปะในภาพ และแทนด้วยข้อมูลการทำนายที่แทนด้วยเส้นปะ สะท้อนให้เห็นว่าตัวแบบการทำนาย LSTM ที่ได้ทำการเรียนรู้และทดสอบจากข้อมูลกลุ่มตัวอย่างปัจจัยภายนอกนั้นมีความถูกต้องของข้อมูลและความแม่นยำที่สูงมากจากการทำนายเพราะเส้นปะที่แทนข้อมูลจากการทำนายแทบจะลากทับจุดสีม่วงที่แทนข้อมูลจริงไปเกือบทั้งหมด



ภาพที่ 4 การจับกลุ่มกันของข้อมูล

เมื่อทำการแสดงผลในรูปแบบกราฟเส้นสีจะมีลักษณะที่คล้ายกันกับภาพที่ 3 ทั้งทิศทางข้อมูลและความถูกต้อง ซึ่งคล้ายกันมากจนยากจะแยกออกแต่หากดูในส่วนของค่าตัวเลขจากตารางที่ 4 เทียบกันกับตารางที่ 3 จะเห็นถึงความแตกต่างด้านตัวเลข ทั้งนี้พบค่าความผิดพลาดอย่าง MSE อยู่ที่ 0.0295, MAE อยู่ที่ 0.1279 และค่า RMSE อยู่เพียง 0.1719 ซึ่งเป็นตัวเลขที่ต่ำมาก โดยสามารถสรุปจากชุดตัวเลขทั้ง 3 ได้ว่า ตัวแบบการทำนาย LSTM นั้นมีข้อผิดพลาดที่น้อยมาก และเมื่อได้ทำการพิจารณาเพิ่มเติมจากค่า Standard Deviation ที่น้อยเพียง 6.1601 ที่บ่งบอกถึงค่าการเบี่ยงเบนที่น้อย ทั้งยังมีค่า R^2 ที่สูงถึง 0.9992 และค่า Adjusted R-squared ที่สูงถึง 0.9991 โดยค่าดังกล่าวมานี้มีความเข้าใกล้กับค่า 1 มาก พิสูจน์ได้ว่าตัวแบบการทำนาย LSTM นี้มีประสิทธิภาพความแม่นยำและความถูกต้องที่สูง

มีข้อผิดพลาดที่น้อยดังแสดงในตารางที่ 4 ที่ได้แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของตัวแบบการทำนาย LSTM จากปัจจัยภายนอก

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบตัวแบบการทำนาย ปัจจัยภายนอก

ค่าชี้วัด	R ²	Adjusted R-squared	RMSE	MSE	MAE	Standard Deviation
คะแนน	0.9992	0.9991	0.1719	0.0295	0.1279	6.1601

3. เมื่อได้ผลจากการฝึกสอนและทดสอบการทำนายของตัวแบบการทำนาย LSTM แล้วก็นำค่าต่าง ๆ มาทำการเปรียบเทียบถึงความใกล้เคียงกันของผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำนาย โดยจะใช้ผลจากการทดสอบประสิทธิภาพของตัวแบบการทำนาย LSTM ด้วยปัจจัยภายนอกและผลการทดสอบจากตัวแบบการทำนาย LSTM จากปัจจัยภายใน พบว่ามีค่าตัวเลขที่ใกล้เคียงกันมาก เมื่อนำผลจากตารางที่ 3 และตารางที่ 4 มาแสดงจัดเรียงใหม่ให้อยู่ในรูปแบบของตารางแสดงผลการทำนายจากตัวแบบการทำนายทั้ง 2 ตัว จะเห็นว่าตัวแบบการทำนาย LSTM ทั้ง 2 ตัวที่ถูกพัฒนาขึ้นมานี้มีประสิทธิภาพที่แตกต่างกันไม่มากดังที่แสดงในตารางที่ 5 หลังจากได้ผลการทดสอบประสิทธิภาพของตัวแบบการทำนายทั้ง 2 ตัวแบบและนำมาจัดวางใหม่ในรูปแบบของตารางที่ 5 จะพบว่าตัวแบบการทำนายทั้งสองมีประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกันมากในด้านของค่าคะแนนอย่าง R² และ Adjusted R-squared ซึ่งต่างกันเพียงแค่ 0.0001 เท่านั้น ทั้งนี้ค่าคะแนนในด้านของความผิดพลาดอย่าง RMSE ที่ต่างกันเพียง 0.0037 ค่าคะแนนจาก MSE ที่ต่างกันเพียง 0.0012 และค่า MAE ของตัวแบบการทำนาย LSTM จากทั้งปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอกก็ต่างกันเล็กน้อยเพียง 0.0031 เท่านั้นซึ่งจะเห็นได้ชัดถึงความแตกต่างของค่าทั้งหมดผ่านตารางที่ 5 ทั้งนี้จากการพิจารณาจากค่าเบี่ยงเบนของข้อมูลอย่างค่า Standard Deviation ก็แทบจะมีความเท่ากันจนเกือบทั้งหมดโดยมีความแตกต่างกันระหว่างตัวแบบการทำนาย LSTM จากทั้งปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอกเพียง 0.0079

ตารางที่ 5 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ LSTM

ค่าชี้วัด	ปัจจัยภายใน	ปัจจัยภายนอก	ค่าความแตกต่าง
R ²	0.9993	0.9992	0.0001
Adjusted R-squared	0.9992	0.9991	0.0001
RMSE	0.1682	0.1719	0.0037
MSE	0.0283	0.0295	0.0012
MAE	0.1248	0.1279	0.0031
Standard Deviation	6.168	6.1601	0.0079

โดยสรุป ตัวแบบการทำนาย LSTM ที่ถูกพัฒนาขึ้นมานี้ไม่ว่าจะเป็น ตัวแบบการทำนาย LSTM จากข้อมูลกลุ่มตัวอย่างปัจจัยภายนอกหรือตัวแบบการทำนาย LSTM จากข้อมูลกลุ่มตัวอย่างปัจจัยภายใน ทั้งสองมีประสิทธิภาพความถูกต้องและความแม่นยำจากการทำนายที่สูงเกิน 90% โดยจะเห็นได้จากค่า R² ที่มีความใกล้เคียงกับค่า 1 ด้วยค่าคะแนนที่สูงถึง 0.9992 สำหรับปัจจัยภายนอกและ R² ที่สูงถึง 0.9993 สำหรับปัจจัยภายใน

ทั้งยังมีค่า Adjusted R-squared ที่มีความใกล้เคียงกันกับค่า 1 เช่นเดียวกันกับค่า R^2 โดยในส่วนของค่าคะแนนตัวแบบการทำนาย LSTM จากข้อมูลกลุ่มตัวอย่างปัจจัยภายในทำคะแนนได้ที่ 0.9992 และในส่วนของค่าคะแนนจากฝั่งตัวแบบการทำนาย LSTM จากข้อมูลกลุ่มตัวอย่างปัจจัยภายนอกทำได้ 0.9991 ซึ่งไม่ว่าจะค่าคะแนนจากทางฝั่ง R^2 หรือค่าคะแนนจากฝั่ง Adjusted R-squared ตัวแบบการทำนาย LSTM จากปัจจัยภายในและภายนอกนั้นก็สามารถทำคะแนนได้สูงทั้งยังมีค่าข้อผิดพลาดอย่าง RMSE, MSE และ MAE ที่ต่ำมากอีกด้วย แสดงให้เห็นว่าตัวแบบที่ถูกพัฒนานี้มีประสิทธิภาพที่สูงและแบบสอบถามจากปัจจัยภายนอกที่ผู้วิจัยได้ออกแบบขึ้นมา มีประสิทธิภาพสามารถนำไปใช้ร่วมกับแบบสอบถามปัจจัยภายในได้เพราะมีความสอดคล้องกันทางปัจจัยโดยสามารถดูได้จากค่าคะแนนของตัวแบบการทำนายในส่วนของค่า R^2 และค่าคะแนน Adjusted R-squared ที่ทำคะแนนออกมาได้แทบไม่ต่างกันเลย และจากภาพที่ 3 และ ภาพที่ 4 ที่มีรูปแบบของข้อมูลที่ค่อนข้างใกล้เคียงกันมาก

อภิปรายผล

1. การศึกษาและการพัฒนา LSTM

ด้วยประสิทธิภาพในการจัดการกับข้อมูลในรูปแบบลำดับเวลาของตัวแบบการทำนาย LSTM สามารถทำได้ดีกว่าตัวแบบในการทำนาย RNN จากการศึกษาค้นคว้าต่าง ๆ และรูปแบบของข้อมูลกลุ่มตัวอย่างจากปัจจัยภายในที่เป็นชุดข้อมูลในรูปแบบลำดับเวลาที่มีจำนวนมากถึง 400 ตัวอย่าง ทำให้การเลือกพัฒนาตัวแบบ LSTM จึงเหมาะสมกับงานวิจัยนี้มากกว่าตัวแบบการทำนาย RNN ที่เป็นต้นแบบก่อนถูกพัฒนาของตัวแบบการทำนาย LSTM ในด้านการพัฒนาพบว่าค่าคะแนนที่ได้จากการทำ Random Search ที่มีข้อดีในสำรวจพื้นที่พารามิเตอร์กว้าง สามารถค้นหาชุดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้แม้ในพื้นที่ที่มีมิติสูง ทำให้ปรับแต่งค่า Hyperparameter ที่ดีที่สุดสำหรับการออกแบบและกำหนดโครงสร้างของ LSTM ด้วยค่า Best Score ที่มากถึง 0.9934 ในตารางที่ 2 ซึ่งเป็นค่าคะแนนที่มากที่สุดสำหรับการทดสอบเพื่อหาชุด Hyperparameter ในครั้งนี้

เมื่อได้ทำการออกแบบตัวแบบการทำนาย LSTM ด้วยชุดข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างปัจจัยภายใน พบว่ามีค่าความผิดพลาดอย่าง MSE, RMSE และ MAE ที่ต่ำมาก โดยมีความห่างจากค่า 1 จากที่นำมาแสดงในตารางที่ 3 ด้วยค่าคะแนน MSE เพียง 0.0283 ค่าคะแนน RMSE = 0.1682 และค่า MAE เพียง 0.1248 จากการทดสอบประสิทธิภาพในการทดสอบยังพบค่าคะแนน R^2 ที่สูงถึง 0.9993 หมายความว่าตัวแบบการทำนาย LSTM มีความแม่นยำสูงในการทำนายผลลัพธ์จากตัวแปรที่ใช้อยู่และสามารถอธิบายความแปรปรวนของข้อมูลได้ถึง 99.93% ซึ่งจะสอดคล้องกับภาพที่ 3 ที่แสดงถึงรูปแบบของเส้นข้อมูลจริงที่ถูกเส้นข้อมูลที่ได้จากการทำนายวาดทับไปจนเกือบทั้งหมด และเมื่อได้ทำการพิจารณาจากค่า Adjusted R-squared ในตารางที่ 3 จะพบว่ามีค่าคะแนนที่สูงถึง 0.9992 หรือ 99.92% บ่งบอกถึงความใกล้เคียงกับค่า 1 หรือความถูกต้อง 100% ของตัวแบบการทำนาย LSTM ทะว่าค่า Adjusted R-squared กลับมีค่าลดลงเล็กน้อยจาก R^2 ทำให้ทราบว่าตัวแปรอื่นที่เพิ่มเข้ามาสำหรับการทดสอบคำนวณค่าของ Adjusted R-squared ไม่ได้ช่วยให้ตัวแบบมีประสิทธิภาพมากขึ้นแต่อย่างใด ทะว่าด้วยตัวเลขที่ลดลงไปเพียง 0.01% ก็ไม่ใช่ตัวเลขที่มากนักจึงสรุปได้ว่าจะมีตัวแปรเพิ่มขึ้นหรือลดลงก็ไม่ส่งผลกระทบใด ๆ กับตัวแบบทำนาย LSTM นี้

2. การทดสอบประสิทธิภาพ LSTM

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพตัวแบบการทำนาย LSTM ในภาพที่ 4 สามารถอธิบายถึงทิศทางและรูปแบบของข้อมูลการทำนายที่เคลื่อนตัวไปในทิศทางเดียวกันกับข้อมูลจริงได้ดี แม้จะมีข้อผิดพลาดอยู่บ้าง แต่ก็อยู่ใน

ระดับที่สามารถยอมรับได้เนื่องจากข้อผิดพลาดมีความน้อยมากเมื่อเทียบกับผลที่ได้มา หากพิจารณาจากตัวเลขจะพบค่าข้อผิดพลาดอย่าง RMSE = 0.1719, MSE = 0.0295 และ MAE = 0.1279 ในรูปแบบตัวเลขจะเห็นได้ชัดเจนยิ่งขึ้นถึงความเล็กน้อยของข้อผิดพลาด ในส่วนของค่าการเบี่ยงเบน (Standard Deviation) ของข้อมูลที่วัดผลออกมาได้ 6.1601 ค่อนข้างจะมีความเบี่ยงเบน ถึงแบบนั้นตัวแบบการทำนายก็ยังสามารถทำค่าคะแนนในส่วนของ R^2 ได้ดีถึง 99.92% สำหรับความถูกต้องและแม่นยำของข้อมูลที่ทำนายออกมาและค่า Adjusted R-squared ที่สูงถึง 99.91%

แม้ว่าจะมีตัวเลขที่ลดลงในส่วนของค่า Adjusted R-squared ตกลงไป 0.01% ทำให้ค่าคะแนนในส่วนนี้เหลือเพียง 99.91% อันเกิดจากการเพิ่มตัวแปรอื่นเข้าไป ในที่นี้คือผลรวมคะแนนค่าความเสี่ยงโรคซึมเศร้า แต่ด้วยความต่างระหว่างค่า R^2 และ ค่า Adjusted R-squared เพียงเล็กน้อย สามารถสรุปได้ว่าการเพิ่มปัจจัยอื่นเข้าไปจะไม่ส่งผลต่อความแม่นยำของตัวแบบการทำนาย ซึ่งเป็นผลดีสำหรับตัวแบบการทำนายนี้ เนื่องจากการเพิ่มปัจจัยที่ทำให้เกิดความต่างของค่า R^2 และ ค่า Adjusted R-squared ที่แตกต่างกันมากจนเกินไปสามารถกระทบต่อผลการทำนายและรูปแบบทิศทางของข้อมูล เป็นเหตุทำให้ตัวแบบการทำนาย LSTM มีความน่าเชื่อถือลดลง

3. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพ LSTM

จากผลการวิจัยที่ได้นำผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำนายจากตัวแบบการทำนาย LSTM จากข้อมูลกลุ่มตัวอย่างปัจจัยภายนอก และตัวแบบการทำนาย LSTM จากข้อมูลกลุ่มตัวอย่างปัจจัยภายใน มาเปรียบเทียบกับในตารางที่ 5 จะเห็นว่ามีความแตกต่างกันระหว่างค่า R^2 ที่เป็นค่าคะแนนความถูกต้องและความแม่นยำของตัวแบบการทำนาย LSTM จากตัวแปรที่มีอยู่และค่า Adjusted R-squared ที่เป็นค่าคะแนนที่หาความถูกต้องและความแม่นยำของตัวแบบการทำนาย LSTM จากการเพิ่มตัวแปรตามโดยในที่นี้จะใช้ผลคะแนนจากแบบสอบถาม ซึ่งพบว่าค่าทั้งค่า R^2 และค่า Adjusted R-squared มีค่าคะแนนที่ต่างกันเพียง 0.0001 หรือ 0.01% ซึ่งสามารถบอกได้ว่า ตัวแบบการทำนาย LSTM จากข้อมูลกลุ่มตัวอย่างปัจจัยภายใน สามารถอธิบายความแปรปรวนได้มากกว่าตัวแบบการทำนาย LSTM จากข้อมูลกลุ่มตัวอย่างปัจจัยภายนอก แต่ความแตกต่างนั้นจะเห็นได้ชัดว่ามีความห่างกันน้อยมาก แสดงว่าโมเดลทั้งสองมีความแม่นยำใกล้เคียงกันมาก โดยการที่ค่า R^2 และ Adjusted R-squared ต่างกันเพียงเล็กน้อยบ่งบอกว่าการใช้ปัจจัยภายในและการใช้ปัจจัยภายนอกทั้งสองประเภทสามารถทำนายผลลัพธ์ได้ดีและไม่มีความแตกต่างที่มีนัยสำคัญในเชิงสถิติระหว่างตัวแบบการทำนาย LSTM ทั้งสอง

ทั้งนี้เมื่อได้ดูจากข้อผิดพลาดอย่างค่า RMSE, MSE และค่า MAE จะพบว่าค่าคะแนนทั้งสองของทั้งตัวแบบการทำนาย LSTM จากชุดข้อมูลกลุ่มตัวอย่างปัจจัยภายในและตัวแบบการทำนาย LSTM จากชุดข้อมูลกลุ่มตัวอย่างปัจจัยภายนอกพบว่ามีความคะแนนที่ต่ำมากบ่งบอกถึงข้อผิดพลาดที่น้อยและเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับกันจะทำให้เห็นว่าตัวแบบการทำนาย LSTM ทั้งสองตัวมีค่าคะแนนความผิดพลาดที่ต่างกันน้อยมากเช่นกัน ถึงแม้ว่าค่า RMSE, MSE, และ MAE ของการทำนายจากตัวแบบการทำนาย LSTM จากข้อมูลกลุ่มตัวอย่างปัจจัยภายใน มีค่าที่ต่ำกว่าปัจจัยภายนอกในทุกตัวชี้วัด ซึ่งหมายความว่าตัวแบบการทำนาย LSTM ที่ใช้ข้อมูลกลุ่มตัวอย่างจากปัจจัยภายในมีความแม่นยำในการทำนายสูงกว่าปัจจัยภายนอกเล็กน้อย ความแตกต่างระหว่างตัวแบบการทำนาย LSTM จากข้อมูลกลุ่มตัวอย่างปัจจัยภายในและตัวแบบการทำนาย LSTM จากข้อมูลกลุ่มตัวอย่างปัจจัยภายนอกในทุกตัวชี้วัดนั้นน้อยมาก จึงสรุปได้ว่าตัวแบบการทำนายทั้งสองให้ผลการทำนายที่ใกล้เคียงกัน แต่ปัจจัยภายในยังคงมีความแม่นยำสูงกว่าเล็กน้อยด้วยค่าตัวเลขของ RMSE ที่มากกว่าถึง 0.0037 และค่า MSE ที่มากกว่าถึง 0.0012 ทั้งนี้ในส่วน of ค่า MAE เองก็สามารถทำคะแนนออกมาได้น้อยกว่าตัวแบบการทำนาย LSTM จากข้อมูลกลุ่มตัวอย่างปัจจัยภายนอก 0.0031 ทั้งนี้แม้ว่าจะมีความห่างกันของข้อผิดพลาดและตัวแบบการทำนาย LSTM จากข้อมูลกลุ่มตัวอย่างปัจจัยภายนอกจะ

ผิดพลาดมากกว่าอย่างที่กล่าวไปข้างต้น แต่โดยรวมแล้วด้วยข้อผิดพลาดที่ได้นำมาแสดงก็สามารถสรุปได้ว่าไม่ค่อยมีความแตกต่างกันมากระหว่างทั้งสองตัวแบบการทำนาย LSTM ที่ได้นำผลมาแสดงและเปรียบเทียบในงานวิจัยนี้ ทั้งยังอธิบายได้ถึงสอดคล้องกันของแบบสอบถามระหว่างแบบสอบถามปัจจัยภายใน และแบบสอบถามปัจจัยภายนอก หลังจากได้ทำการปรับค่าเกณฑ์คะแนนทั้งสองให้อยู่ในระดับที่เท่ากันด้วยเกณฑ์อันเป็นมาตรฐาน สรุปได้ว่าผลการทำนายของทั้งสองตัวแบบการทำนาย LSTM สอดคล้องกันเมื่อดูจากทิศทางของข้อมูลในภาพที่ 3 กับภาพที่ 4 ร่วมด้วยในการพิจารณาถึงประสิทธิภาพและความสอดคล้องกันของผลการทำนาย สามารถนำงานวิจัยไปพัฒนาต่อยอดเพื่อใช้ทำนายภาวะเสี่ยงต่อการเกิดโรคซึมเศร้าได้แม่นยำขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1.1 เมื่อได้ผลจากตัวแบบการทำนายแล้วควรนำผลไปวิเคราะห์เพิ่มเติมเพื่อกำหนดกรอบนโยบายสำหรับการป้องกันหรือเยียวยา ช่วยเหลือกลุ่มเสี่ยงดังกล่าวได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม เพื่อป้องกันกรณีเลวร้ายที่จะเกิดขึ้นต่อกลุ่มเสี่ยงดังกล่าวในอนาคต

1.2 ตัวแบบการทำนาย LSTM นั้นมีประสิทธิภาพในการทำนายที่สูงทั้งนี้สามารถนำไปปรับใช้กับงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำนายได้คือ การทำนายทิศทางราคาหุ้นหรือการทำนายต่าง ๆ ที่มีชนิดของข้อมูลหรือทิศทางของข้อมูลในรูปแบบช่วงเวลาหรือลำดับเวลา

1.3 เมื่อนำผลการทำนายไปใช้ในการพัฒนาตัวแบบการทำนาย ควรระมัดระวังตัวแปรที่จะนำมาใช้เนื่องจากตัวแปรที่มากเกินไปอาจกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานของตัวแบบได้

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ในการวิจัยครั้งนี้มีจำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 400 ตัวอย่าง สำหรับการฝึกสอนและการทดสอบ และได้ผลการทำนายความถูกต้องที่ถือว่ามีความถูกต้องสูง หากว่าทำการเพิ่มจำนวนชุดตัวอย่างในการเรียนรู้และการทดสอบ จะทำให้เห็นผลที่มีความผิดพลาดน้อยลง

2.2 ในบางกรณีตัวอย่างนั้นปัจจัยภายนอกอาจเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบให้เกิดความเสี่ยงที่จะเกิดโรคซึมเศร้าได้น้อยควรใช้ผลการวินิจฉัยจากแพทย์ผู้เชี่ยวชาญในการประกอบการทำนายหรือวัดผลซึ่งจะทำให้ตัวแบบมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น

2.3 ควรมีการศึกษาและเก็บตัวอย่างจากบุคคลที่อยู่ในเขตจังหวัดใกล้เคียงกับกรุงเทพมหานคร เพื่อการทดสอบและวัดผลถึงปัจจัยภายนอกที่อาจขยายตัวส่งผลถึงจังหวัดใกล้เคียง

เอกสารอ้างอิง

- Banchuen, P. (2019). *The development of sentiment data analysis model for customer opinion classification using deep learning technique*. Thesis of the Degree of Master Program. Bangkok: Sripatum University. (in Thai)
- Bilgili, M & Pinar, E. (2023). Gross electricity consumption forecasting using LSTM and SARIMA approaches: A case study of Türkiye. *Energy*, 284(1), 128575.

- Cho, K., Merrienboer, B., V., Gulcehre, C., Bahdanau, D., Bougares, F., Schwenk, H., & Bengio, Y. (2014). *Learning Phrase Representations using RNN Encoder–Decoder for Statistical Machine Translation*. [Online]. Retrieved from: <https://arXiv preprint arXiv:1406.1078>.
- Department of Mental health. (2022). *Revealing the statistics of depression and Thai society, the silent emotional dangers of modern people*. [Online]. Retrieved from: <https://dmh.go.th/news-dmh/view.asp?id=31459>
- Department of Mental health – Thai depression. (2023). Total number of patients in budget year 2022. [Online]. Retrieved from: <https://www.hfocus.org/content/2022/12/26697>
- Department of Provincial Administration, Ministry of Interior (2023). *Population statistics*. [Online]. Retrieved from: <https://stat.bora.dopa.go.th/stat/statnew/statMONTH/statmonth/#/displayData>
- Koedbangkham, J. (2021). *Factors Associated with Depression Among Thai Labors in The Eastern Economic Corridor, Thailand*. <https://doi.org/1234567890/4403>. (in Thai)
- Kothari, A. (2024). Stock Market Prediction Using LSTM. *Smart Trends in Computing and Communications*, 143–164.
- Kroenke, K., Spitzer, R. L., & Williams, J. B. (2001). The PHQ-9: Validity of a Brief Depression Severity Measure. *Journal of General Internal Medicine*, 16(9), 606–613. <https://doi.org/10.1046/j.1525-1497.2001.016009606.x>.
- Orabi, A. H., Buddhitha, P., Orabi, M. H., & Inkpen, D. (2018). *Deep Learning for Depression Detection of Twitter Users*. <https://doi.org/10.18653/v1/W18-0609>
- Purmtummasin, A. (2016). The factors influencing to level depression of Depressive Disorder in Roi-et Hospital. *Mahasarakham Hospital Journal*, 13(2), 57–67.
- Sundararajan, S., & Wood, E. F. (2019). *Time series forecasting using deep learning*. *arXiv preprint arXiv:1905.03003*. [Online]. Retrieved from: <https://arxiv.org/abs/1905.03003>
- Thai PBS. (2022). *Mental illness-depression, Thai statistics increase 1-2*. [Online]. Retrieved from: <https://www.thaipbs.or.th/news/content/324887> (in Thai)
- The Psychiatric Association of Thailand. (2022). *Number of patients with depression in government hospitals*. [Online]. Retrieved from: <http://example.com/psychiatry-association> (in Thai)
- Wang, J., Hong, S., Li, Z., & Hu, J. (2024). Predicting Stock Market Trends Using LSTM Networks: Overcoming RNN Limitations for Improved Financial Forecasting. *Journal of computer science and software applications*, 4(3), 1–7.
- World Health Organization (2022). Mental Health Atlas 2020 Country Profile: Thailand. [Online]. Retrieved from: <https://www.who.int/southeastasia/home/search?indexCatalogue=search-content-index&searchQuery=depression&words Mode=AnyWord>

การจำแนกสายพันธุ์กระบองเพชรด้วยโมเดลการเรียนรู้เชิงลึก

จักรินทร์ สันติรัตนภักดี^{1,*}, นิชาภัทร ตูลาธาร²

^{1,2} สาขาวิชาเทคโนโลยีธุรกิจดิจิทัล คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยวังษ์ชวลิตกุล

Received: 22 September 2024

Revised: 28 November 2024

Accepted: 4 December 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโมเดลการจำแนกสายพันธุ์กระบองเพชรด้วยการเรียนรู้เชิงลึก และเพื่อประเมินความถูกต้องของโมเดลการจำแนกสายพันธุ์กระบองเพชร โดยใช้ 3 โมเดลการเรียนรู้เชิงลึกที่ได้รับความนิยม ได้แก่ ResNet34, VGG16 และ MobileNetV3 ที่ฝึกฝนบนชุดข้อมูลรูปภาพกระบองเพชร 10 สายพันธุ์ที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคจากข้อมูลของร้านขายกระบองเพชรในพื้นที่อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 4,512 ภาพ ที่ผ่านการดัดแปลงรูปภาพจากต้นฉบับ เพื่อเพิ่มขนาดของชุดข้อมูลโดยการแปลงรูปภาพเดิมให้หลากหลายมากขึ้น ช่วยให้โมเดลเรียนรู้ได้ดีขึ้น และไม่จำเพาะเจาะจงกับรูปภาพแบบใดแบบหนึ่งมากเกินไป กระบวนการฝึกฝนโมเดล โดยการตั้งค่าไฮเปอร์พารามิเตอร์ ร่วมกับการใช้เทคนิคการเรียนรู้แบบรอบเดียว (One cycle policy) ในการปรับอัตราการเรียนรู้และโมเมนตัม เพื่อปรับค่าน้ำหนักของโครงข่ายประสาทเทียมด้วยกระบวนการถ่ายทอดย้อนกลับ ผลการประเมินความถูกต้องบนชุดข้อมูลตรวจสอบ พบว่า โมเดล MobileNetV3 มีค่าความถูกต้องสูงสุดที่ 91.36% เช่นเดียวกับ ค่าความแม่นยำ ค่าการเรียกคืน และค่าประสิทธิภาพโดยรวม เท่ากับ 91.46%, 91.36% และ 91.20% ตามลำดับ เมื่อทดสอบกับชุดข้อมูลทดสอบที่โมเดลไม่เคยเห็นมาก่อนจำนวน 400 รูปภาพ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของโมเดล ในสถานการณ์ใช้งานจริง โดยผ่านการประเมินความถูกต้องโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า สามารถจำแนกสายพันธุ์กระบองเพชรได้ถูกต้องถึง 81.50%

คำสำคัญ: การจำแนกรูปภาพ สายพันธุ์กระบองเพชร การเรียนรู้เชิงลึก

* ผู้ประสานงานหลัก; อีเมล: chakkarin_san@vu.ac.th

Classification of Cactus Species Using Deep Learning Model

Chakkarin Santirattanaphakdi^{1,*}, Nichapat Tulathan²

^{1,2} Department of Digital Business Technology, Faculty of Business Administration,
Vongchavalitkul University

Received: 22 September 2024

Revised: 28 November 2024

Accepted: 4 December 2024

Abstract

This research aims to develop a deep learning model for cactus species classification and evaluate its accuracy. Three popular deep learning models—ResNet34, VGG16 and MobileNetV3—are trained on a dataset of 4,512 images representing 10 cactus species that are popular among consumers, based on data from cactus shops in Mueang Nakhon Ratchasima district, Nakhon Ratchasima province. The dataset is augmented through various image transformations to increase its size and diversity, allowing the model to learn better and avoid overfitting. The training process includes hyperparameter tuning and the application of the one-cycle policy to adjust the learning rate and momentum for optimal weight adjustment using backpropagation. The evaluation results on the validation dataset show that MobileNetV3 achieves the highest accuracy of 91.36%, with precision, recall and f-measure values of 91.46%, 91.36%, and 91.20%, respectively. When tested on an unseen dataset of 400 images to assess the model's performance in real-world scenarios, the expert-verified cactus species classification accuracy reaches 81.50%.

Keywords: Image Classification, Cactus Species, Deep Learning Model

* Corresponding Author; E-mail: chakkarin_san@vu.ac.th

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กระบองเพชรนับว่าเป็นหนึ่งในไม้ประดับที่ได้รับความนิยมจากทั่วโลก อันเนื่องมาจากเอกลักษณ์ อันโดดเด่น และความหลากหลายทางสายพันธุ์ ประกอบกับเป็นพืชที่สามารถทนทานต่อสภาพอากาศแห้งแล้ง ง่ายต่อการดูแลรักษา จึงเป็นที่นิยมทั้งในกลุ่มนักสะสมและเกษตรกรในหลายประเทศ (Anderson, 2001) เช่น เม็กซิโก สหรัฐอเมริกา และประเทศในแถบเมดิเตอร์เรเนียนที่มีการซื้อขายอย่างแพร่หลาย เช่นเดียวกับ ตลาดกระบองเพชรในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศไทยก็เติบโตอย่างรวดเร็วเช่นกัน ด้วยความนิยมในการปลูกกระบองเพชรเป็นงานอดิเรกและในเชิงพาณิชย์ (Shmida & Burgess, 1988) นอกจากนี้ การประกวดกระบองเพชรและไม้อวบน้ำในประเทศไทยยังมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมการเพาะปลูกกระบองเพชรสายพันธุ์ต่าง ๆ ให้แพร่หลายมากยิ่งขึ้น ส่งผลให้ตลาดการซื้อขายมีมูลค่าเติบโตอย่างต่อเนื่องในช่วงหลายทศวรรษที่ผ่านมา และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นอีกในอนาคต

อย่างไรก็ดี ความหลากหลายของสายพันธุ์กระบองเพชรที่มีมากกว่า 1,500 สายพันธุ์ทั่วโลก โดยมีลักษณะต่าง ๆ ที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว เช่น รูปทรงหนาม สีลำต้น และขนาดลำต้นที่แตกต่างกัน (Hunt et al., 2006) ส่งผลให้การระบุสายพันธุ์กระบองเพชรสำหรับผู้เริ่มต้นเป็นสิ่งที่ท้าทายเนื่องจากความคล้ายคลึงกันทางสัณฐานวิทยา (Morphology) ที่อาจทำให้เกิดความสับสน เช่น สายพันธุ์ Echinopsis ที่มีลักษณะเด่นคือหนามและลักษณะลำต้นที่คล้ายคลึงกันกับสายพันธุ์ Mammillaria (Barthlott & Hunt, 1993) จะเห็นได้ว่าการจำแนกสายพันธุ์กระบองเพชรที่ไม่ถูกต้องอาจส่งผลเสียต่อการเพาะปลูก เนื่องจากกระบองเพชรแต่ละสายพันธุ์ต้องการการดูแลที่แตกต่างกัน เช่น ปริมาณน้ำ แสงแดด และสภาพดินที่เหมาะสม ซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตของกระบองเพชร หรืออาจกระทบต่อคุณภาพของผลผลิต ด้วยความซับซ้อนในการจำแนกสายพันธุ์ จึงเป็นที่มาของการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการระบุสายพันธุ์กระบองเพชรอย่างถูกต้อง

การเรียนรู้เชิงลึก (Deep learning) นับเป็นหนึ่งในแนวทางที่มีประสิทธิภาพสูงในการจำแนกรูปภาพ (Image classification) ด้วยความสามารถในการเรียนรู้คุณลักษณะจากข้อมูลจำนวนมากโดยไม่ต้องพึ่งพาการออกแบบคุณลักษณะ (Feature engineering) อย่างละเอียด ดังนั้นจึงมีการนำมาใช้กับการจำแนกรูปภาพในหลากหลายด้าน รวมถึงด้านการเกษตรและพืชพันธุ์ (Kamilaris & Prenafeta-Boldú, 2018) ด้วยจุดเด่นจากการถ่ายโอนความรู้ (Transfer learning) และการปรับแต่งเฉพาะด้าน (Fine-tuning) เพื่อใช้กับการจำแนกคุณลักษณะที่ซับซ้อน (LeCun et al., 2015) จะเห็นได้ว่าการเรียนรู้เชิงลึกเป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพสูงจึงถูกนำมาใช้งานอย่างแพร่หลายในการจำแนกภาพได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

อย่างไรก็ดี เนื่องจากสายพันธุ์ของกระบองเพชรมีเป็นจำนวนมาก ดังนั้นการตรวจสอบสายพันธุ์ของกระบองเพชรจึงมีความสำคัญ ในปัจจุบันการจำแนกสายพันธุ์กระบองเพชรสามารถทำได้จากลักษณะเฉพาะของแต่ละสายพันธุ์ เช่น รูปทรงหนาม สีของลำต้น และขนาดที่แตกต่างกัน อีกทั้งการเติบโตในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันยังอาจทำให้ลักษณะเฉพาะของสายพันธุ์เปลี่ยนแปลงไป จึงต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์เข้ามาช่วยจำแนก แต่ผลกระทบจากวิธีการดังกล่าวคือสิ้นเปลืองเวลา และมีความยุ่งยากซับซ้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับผู้เริ่มต้นเพาะเลี้ยงกระบองเพชร จากเหตุผลดังกล่าว คณะผู้วิจัยจึงได้นำเสนอการพัฒนาโมเดลการจำแนกสายพันธุ์กระบองเพชรด้วยการเรียนรู้เชิงลึก เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และจำแนกสายพันธุ์กระบองเพชรจากรูปภาพ ผลลัพธ์จากงานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่ต้องการจำแนกสายพันธุ์กระบองเพชร เนื่องจากสามารถจำแนกสายพันธุ์ได้ตรงตามลักษณะ พร้อม

แสดงผลการจำแนกได้ทันที อีกทั้งยังมีการเชื่อมโยงไปยังข้อมูลเบื้องต้นของกระบอกเพชรสายพันธุ์นั้น ๆ เพื่อเสริมความรู้แก่ผู้ใช้งานเพิ่มเติมอีกด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาโมเดลการจำแนกสายพันธุ์กระบอกเพชรด้วยการเรียนรู้เชิงลึก
2. เพื่อประเมินความถูกต้องของโมเดลการจำแนกสายพันธุ์กระบอกเพชร

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การจำแนกรูปภาพสามารถทำได้ด้วยหลากหลายวิธีการ ซึ่งหลายเทคนิคถูกใช้ก่อนที่การเรียนรู้เชิงลึกจะกลายเป็นแนวทางหลักในการจำแนกรูปภาพ เทคนิคเหล่านี้มักมุ่งเน้นการวิเคราะห์พีเจอร์พื้นฐานในภาพ และใช้วิธีการทางสถิติหรืออัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่องแบบดั้งเดิมเพื่อช่วยในการจำแนกรูปภาพ ตัวอย่างของเทคนิคที่ได้รับความนิยม ได้แก่

1) การสร้างพีเจอร์ด้วยถุงคำภาพ (Bag of Visual Words: BoVW) แนวคิดหลักคือการเปลี่ยนข้อมูลภาพเป็นคำ และนำไปสร้างพีเจอร์เวกเตอร์ ซึ่งอาศัยแนวคิดแบบเดียวกับการใช้ถุงคำ (Bag of Words: BoW) ในการประมวลผลภาษาธรรมชาติ โดย Sivic & Zisserman (2003) นำเสนอการใช้ถุงคำภาพ เพื่อจับคู่วัตถุในวิดีโอโดยวิธีการแยกพีเจอร์จากวัตถุ แล้วนำมาสร้างเป็นคลังคำภาพ (Dictionary of visual words) เพื่อใช้ระบุสิ่งที่ปรากฏในแต่ละวิดีโอ ก่อนจะถูกนำไปประยุกต์ใช้กับการจำแนกภาพนิ่งในหลากหลายโดเมน

2) การแปลงพีเจอร์ที่คงทนต่อการเปลี่ยนสเกล (Scale-Invariant Feature Transform: SIFT) และ พีเจอร์ที่เสริมความเร็วและคงทนต่อการเปลี่ยนแปลง (Speeded-Up Robust Features: SURF) ซึ่งเป็นเทคนิคการสกัดพีเจอร์ที่คงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของภาพ (Image transformation) เช่น การย่อขยายภาพ และการหมุนภาพ โดย Lowe (1999) นำเสนอการใช้การแปลงพีเจอร์ที่คงทนต่อการเปลี่ยนสเกลในการตรวจจับพีเจอร์เฉพาะจุดในภาพ ซึ่งสามารถใช้จำแนกวัตถุได้แม้ภาพจะเปลี่ยนแปลงไปในบางแง่มุม ต่อมา Bay et al. (2006) ได้พัฒนาพีเจอร์ที่เสริมความเร็วและคงทนต่อการเปลี่ยนแปลง ซึ่งเพิ่มประสิทธิภาพ ที่ทำให้การตรวจจับพีเจอร์เร็วขึ้น และเป็นที่ยอมรับในด้านการจำแนกรูปภาพในเวลาต่อมา

3) การสกัดพีเจอร์ด้วยฮิสโตแกรมของทิศทางการไล่ระดับ (Histograms of Oriented Gradients: HOG) เป็นเทคนิคการสกัดพีเจอร์ที่อาศัยฮิสโตแกรมของทิศทางการเปลี่ยนแปลงของพิกเซลในภาพเพื่อระบุรูปร่างและลักษณะของวัตถุ โดย Dalal & Triggs, (2005) ใช้เทคนิคฮิสโตแกรมของทิศทางการไล่ระดับในการตรวจจับมนุษย์จากรูปภาพ ทำให้ได้พีเจอร์ที่เด่นชัดและไม่ไวต่อแสงเงาของภาพมากนัก จึงถูกใช้อย่างกว้างขวางในการจำแนกและตรวจจับวัตถุต่าง ๆ โดยเฉพาะในภาพนิ่งและวิดีโอ

4) ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machines: SVM) เป็นอัลกอริทึมที่มักใช้ร่วมกับพีเจอร์ที่สกัดจากเทคนิคพื้นฐานอื่น ๆ สำหรับการจำแนกรูปภาพ โดย Boser et al. (1992) นำเสนอการใช้ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนเป็นส่วนหนึ่งในการจำแนกข้อมูลด้วยการเพิ่มระยะห่างระหว่างข้อมูลของแต่ละคลาส ทำให้การจำแนกมีความถูกต้องสูงขึ้น ส่งผลให้ถูกนำมาใช้ร่วมกับการสกัดพีเจอร์ต่าง ๆ สำหรับการจำแนกรูปภาพที่มีความซับซ้อนในภายหลัง

5) ป่าการตัดสินใจแบบสุ่มและต้นไม้การตัดสินใจ (Random forests and decision trees) ซึ่งถูกนำมาใช้ในการจำแนกรูปภาพโดยอาศัยการสร้างต้นไม้ตัดสินใจจากพีเจอร์ทึ้นฐาน เช่น สี รูปร่าง และพื้นผิว โดย Breiman (2001) นำเสนอป่าการตัดสินใจแบบสุ่ม ซึ่งเป็นการรวมเอาการตัดสินใจแบบหลายเงื่อนไขจาก ต้นไม้การตัดสินใจมารวมกัน เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องและมีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของภาพ

แม้เทคนิคเหล่านี้จะยังมีการใช้งานอยู่บ้างในบางกรณี แต่พัฒนาการของการเรียนรู้เชิงลึกได้ทำให้วิธีการเหล่านี้ค่อย ๆ ถูกลดบทบาทในการจำแนกรูปภาพ เนื่องจากการเรียนรู้เชิงลึกสามารถสร้างพีเจอร์ทึ้นที่ซับซ้อนและเรียนรู้จากข้อมูลได้โดยอัตโนมัติ ซึ่งได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางว่ามีประสิทธิภาพมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการจำแนกรูปภาพแบบเดิม จากความสามารถในการเรียนรู้พีเจอร์ทึ้นที่ซับซ้อนได้โดยอัตโนมัตินอกจากนี้ โมเดลที่ได้รับการฝึกฝนบนชุดข้อมูลขนาดใหญ่ยังสามารถถ่ายโอนมาใช้ในการกับจำแนกรูปภาพในชุดข้อมูลที่เล็กลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงช่วยลดระยะเวลาและทรัพยากรในการฝึกฝนโมเดลใหม่ตั้งแต่ต้น (Yosinski et al., 2014) อีกทั้งการปรับแต่งโมเดลเพื่อใช้งานเฉพาะทางจากการปรับน้ำหนักของโมเดลบางส่วนหรือทั้งหมดให้เหมาะสมกับลักษณะเฉพาะของชุดข้อมูลเฉพาะด้าน (Yosinski et al., 2014) จากที่กล่าวมาแสดงถึงประสิทธิภาพของการเรียนรู้เชิงลึกในการจำแนกรูปภาพ งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาการจำแนกรูปภาพด้วย 3 โมเดล ประกอบด้วย

1) โมเดล ResNet34 (Residual Network) (He et al., 2016) เป็นหนึ่งในสถาปัตยกรรมที่สำคัญจากพัฒนาการของรูปแบบของโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Networks: CNN) โดยเฉพาะสำหรับงานที่ต้องใช้เครือข่ายที่มีความลึกมากด้วยคุณลักษณะสำคัญคือการเชื่อมต่อส่วนต่าง (Residual connections) ระหว่างผลลัพธ์ที่คาดหวังกับค่าที่ได้ ซึ่งใช้ในบริบทของการเพิ่มการเชื่อมต่อโดยตรงเพื่อลดปัญหาการสูญเสยข้อมูล ซึ่งมีส่วนสำคัญในการช่วยให้โครงข่ายสามารถเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น แม้ในสภาพแวดล้อมที่ซับซ้อน ร่วมกับเทคนิคการเชื่อมต่อแบบข้ามชั้น (Skip connections) ของบางส่วนในเครือข่าย โดยข้อมูลจะถูกส่งผ่านไปยังชั้นที่ลึกกว่าทันที จึงสามารถเชื่อมต่อข้อมูลระหว่างชั้นที่อยู่ห่างกันหลายชั้นส่งผ่านข้อมูลแบบตรง (Direct mapping) ซึ่งช่วยลดปัญหาการสูญหายของกราเดียนต์ (Vanishing gradients) ที่มักจะเกิดขึ้นเมื่อเครือข่ายมีความลึกมากโดยโมเดล ResNet34 ประกอบไปด้วย 34 ชั้น โดยใช้โครงสร้างของบล็อกส่วนต่าง (Residual blocks) ที่ช่วยเพิ่มความสามารถในการเรียนรู้พีเจอร์ทึ้นที่มีความหลากหลาย และซับซ้อนด้วยการถ่ายทอดย้อนกลับทำให้สามารถปรับน้ำหนักในแต่ละชั้นให้เหมาะสมยิ่งขึ้น ส่งผลให้โมเดลมีประสิทธิภาพสูงในการจำแนกรูปภาพ

2) โมเดล VGG16 (Simonyan & Zisserman, 2014) ถือเป็นหนึ่งในสถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันที่มีการออกแบบโครงสร้างอย่างเป็นระบบ เพื่อให้สามารถวิเคราะห์และดึงพีเจอร์ทึ้นที่สำคัญจากภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ คุณลักษณะสำคัญคือการใช้ชั้นคอนโวลูชัน (Convolutional layers) ขนาด 3*3 และชั้นพูลลิง (Pooling layers) ขนาด 2*2 เพื่อให้สามารถดึงพีเจอร์ทึ้นจากภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพและลดขนาดของภาพลงเป็นชั้น ๆ ดังนั้นหลังจากการประมวลผลในชั้นคอนโวลูชัน ข้อมูลจะถูกส่งผ่านไปยังชั้นเชื่อมต่อแบบสมบูรณ์ (Fully connected layers) ซึ่งจะทำหน้าที่จำแนกภาพตามคลาสของความน่าจะเป็น ซึ่งวิธีการนี้ยังใช้กระบวนการถ่ายทอดย้อนกลับเพื่อคำนวณค่าความผิดพลาดจากชั้นผลลัพธ์ (Output layer) และปรับพารามิเตอร์ของแต่ละชั้นในเครือข่ายอย่างต่อเนื่อง ซึ่งช่วยให้การเรียนรู้และปรับปรุงโมเดลมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยโมเดล VGG16 ประกอบด้วย 16 ชั้น แบ่งเป็นชั้นคอนโวลูชันจำนวน 13 ชั้น และชั้นเชื่อมต่อแบบสมบูรณ์อีก 3 ชั้นจากโครงสร้างที่เป็นระบบ และมีมาตรฐานนี้ทำให้โมเดล VGG16 ได้รับความนิยมใช้ในงานจำแนกรูปภาพที่มีความซับซ้อนสูง

3) โมเดล MobileNetV3 เป็นอีกหนึ่งในสถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันที่ออกแบบมาให้ความกะทัดรัด โดยโมเดล MobileNetV3 ถูกปรับปรุงและพัฒนาสถาปัตยกรรมจากโมเดล MobileNet รุ่นก่อนหน้า โดยใช้กระบวนการค้นหาสถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Architecture Search: NAS) ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการใช้งานบนอุปกรณ์พกพา (Howard et al., 2019) คุณสมบัติที่สำคัญคือการใช้เทคนิคคอนโวลูชันแยกส่วนตามความลึก (Depthwise separable convolutions) ซึ่งแยกการคำนวณคอนโวลูชันออกเป็นสองส่วน ได้แก่ คอนโวลูชันความลึก (Depthwise convolution) สำหรับแต่ละช่องสัญญาณของภาพ และการคอนโวลูชันแบบจุด (Pointwise convolution) ที่ใช้การคูณแบบจุดที่ใช้ในการรวมข้อมูลจากหลายช่องสัญญาณ เทคนิคนี้จะช่วยลดจำนวนพารามิเตอร์และความซับซ้อนของการคำนวณ ซึ่งทำให้สามารถประมวลผลได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังมีการปรับปรุงในด้านโครงสร้างให้เหมาะสมยิ่งขึ้นด้วยการใช้เทคนิคเพิ่มเติม เช่น ฟังก์ชันการกระตุ้นแบบฮาร์ดสวิช (Hard-swish activation) และบล็อกปรับน้ำหนักตามช่องสัญญาณ (Squeeze-and-excitation blocks) ที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานโดยไม่เพิ่มความซับซ้อนในโครงสร้าง ซึ่งเน้นการประหยัดพลังงานและการใช้ทรัพยากรต่ำ จึงเหมาะสำหรับการใช้งานในอุปกรณ์ที่มีทรัพยากรจำกัด เช่น สมาร์ทโฟน หรืออุปกรณ์พกพาอื่น ๆ

ปัจจุบันมีงานวิจัยที่นำการเรียนรู้เชิงลึกมาประยุกต์ใช้ในหลากหลายบริบท ซึ่งแต่ละงานวิจัยก็มีเทคนิคและวิธีการที่แตกต่างกัน โดย Sae-Lim et al. (2019) นำเสนอแนวทางการจำแนกประเภทแผลผิวหนัง (Skin lesion) ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยใช้โมเดลการเรียนรู้เชิงลึกบนชุดข้อมูล Human Against Machine จำนวน 10,000 รูปภาพ (HAM 1000) หลังจากนั้นได้มีการใช้เทคนิคการเพิ่มข้อมูล เพื่อสร้างความหลากหลายให้กับข้อมูลฝึกฝน ทำให้โมเดลเรียนรู้คุณลักษณะเฉพาะได้ดียิ่งขึ้น ร่วมกับการใช้เทคนิคการถ่ายโอนการเรียนรู้จากโมเดลที่ถูกฝึกฝนไว้ล่วงหน้า ซึ่งช่วยให้กระบวนการเรียนรู้รวดเร็วขึ้นและมีประสิทธิภาพมากขึ้น จากนั้น Zhu et al. (2023) พัฒนาโมเดลการจำแนกคุณภาพของเห็ดโดยใช้การเรียนรู้เชิงลึกบนชุดข้อมูลรูปภาพเห็ดที่มีพื้นหลังซับซ้อนจากแหล่งต่าง ๆ หลังจากนั้นมีการใช้เทคนิคการเพิ่มข้อมูล เพื่อสร้างความหลากหลายให้กับข้อมูลในการฝึกฝน ทำให้โมเดลสามารถเรียนรู้ลักษณะเฉพาะของเห็ดได้ดียิ่งขึ้น ในขั้นตอนการฝึกฝนโมเดลโดยใช้วิธีการถ่ายโอนการเรียนรู้โดยปรับน้ำหนักของโมเดลให้สอดคล้องกับลักษณะเฉพาะของภาพเห็ด เพื่อสร้างเครื่องมือที่สามารถช่วยในการประเมินคุณภาพของเห็ดได้อย่างมีประสิทธิภาพในวงการเกษตรและอุตสาหกรรมอาหาร เช่นเดียวกับ Hongboonmee and Thamditae (2023) ที่นำเสนอการจำแนกชนิดอัญมณีเบื้องต้นผ่านโมบายแอปพลิเคชันด้วยกระบวนการเรียนรู้เชิงลึกบนชุดข้อมูลรูปภาพของ อัญมณีแต่ละชนิดจากการใช้เทคนิคการเพิ่มข้อมูลเพื่อสร้างความหลากหลายให้กับข้อมูลฝึกฝน หลังจากนั้นจะใช้เทคนิคถ่ายโอนการเรียนรู้ และฝึกฝนโมเดลบนชุดข้อมูลที่เตรียมไว้ เพื่อลดเวลาในการฝึกฝนและเพิ่มประสิทธิภาพการจำแนกชนิดอัญมณีได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงประยุกต์เพื่อโมเดลการจำแนกสายพันธุ์กระบองเพชรด้วยการเรียนรู้เชิงลึก ก่อนจะพัฒนาเป็นแอปพลิเคชันที่สมบูรณ์ต่อไป แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ 1) การเตรียมรูปภาพก่อนการประมวลผล 2) การฝึกฝนโมเดลและการถ่ายทอดย้อนกลับ และ 3) การประเมินประสิทธิภาพบนชุดข้อมูลตรวจสอบ มีรายละเอียดดังนี้

1) การเตรียมรูปภาพก่อนการประมวลผล (Data preparation) โดยเริ่มจากการรวบรวมรูปภาพของกระบองเพชร 10 สายพันธุ์ที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคจากข้อมูลของร้านขายกระบองเพชรในพื้นที่อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมาจำนวน 4 ร้าน ประกอบด้วย Astrophytum, Lady finger, Carmenae, Yellow tower, Mammillaria bocasana, Owl eye, Mammillaria oldman, Gymnocalycium, Duweii และ Mammillaria humboldtii elegans ที่รวบรวมโดยคณะผู้วิจัยโดยใช้กล้องโทรศัพท์มือถือในการถ่ายภาพกระบองเพชรที่มีระยะห่างจากกล้องประมาณ 10-20 เซนติเมตรในทิศทาง และแสงสว่างแตกต่างกัน ขนาดของรูปภาพทั้งหมดได้รับการปรับให้มีความละเอียดเป็น 224*224 พิกเซล รวมทั้งสิ้น 4,512 ภาพ ตัวอย่างรูปภาพของกระบองเพชร 10 สายพันธุ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ตัวอย่างรูปภาพของกระบองเพชร 10 สายพันธุ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้

จากภาพที่ 1 การเตรียมรูปภาพก่อนการประมวลผล จะดำเนินการแบ่งข้อมูลด้วยวิธีการสุ่ม (Random sampling) ออกเป็นชุดข้อมูลฝึกฝน (Training set) ร้อยละ 80 สำหรับการฝึกฝนแบบจำลอง และชุดข้อมูลตรวจสอบ (Validation set) ร้อยละ 20 สำหรับตรวจสอบประสิทธิภาพของแต่ละโมเดลในการจำแนกสายพันธุ์กระบองเพชร ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนรูปภาพกระบองเพชรแต่ละสายพันธุ์

สายพันธุ์	ข้อมูลทั้งหมด (ภาพ)	ข้อมูลฝึกฝน (ภาพ)	ข้อมูลตรวจสอบ (ภาพ)
1) Astrophytum	484	387	97
2) Lady finger	474	379	95
3) Carmenae	430	344	86
4) Yellow tower	448	358	90
5) Mammillaria bocasana	433	346	87
6) Owl eye	461	369	92
7) Mammillaria oldman	440	352	88
8) Gymnocalycium	456	365	91
9) Duweii	444	355	89
10) Mammillaria humboldtii elegans	442	354	88
รวม	4,512	3,610	902

จากตารางที่ 1 การเตรียมรูปภาพก่อนการประมวลผลจะนำรูปภาพผ่านการดัดแปลงรูปภาพจากต้นฉบับ (Image augmentation) เป็นเทคนิคที่ช่วยเพิ่มขนาดของชุดข้อมูลโดยการแปลงรูปภาพเดิมให้หลากหลายมากขึ้น (Perez & Wang, 2017) ช่วยให้แบบจำลองเรียนรู้คุณลักษณะสำคัญของรูปภาพได้ดีขึ้นและไม่จำเพาะเจาะจงกับรูปภาพแบบใดแบบหนึ่งมากเกินไป ก่อนจะตรวจสอบคุณภาพและจัดการข้อมูล (Data verification and management) โดยสุ่มตรวจสอบรูปภาพจากชุดข้อมูลในสัดส่วนร้อยละ 10 ของจำนวนรูปภาพในแต่ละสายพันธุ์ เพื่อตรวจสอบป้ายกำกับว่าจำแนกสายพันธุ์กระบองเพชรได้ถูกต้องหรือไม่ หากพบว่าไม่ถูกต้องให้ดำเนินการแก้ไขใหม่

2) การฝึกฝนโมเดลและการถ่ายทอดย้อนกลับ (Model training and backpropagation) งานวิจัยนี้ตั้งค่าไฮเปอร์พารามิเตอร์ (Hyperparameter) เป็นค่าที่กำหนดไว้ล่วงหน้า (Manually set) ก่อนการฝึกฝนโมเดลและไม่สามารถเรียนรู้ได้จากข้อมูล ในการฝึกฝนโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน ดังตารางที่ 2 เพื่อเป็นเงื่อนไขในการทดสอบให้มีความสอดคล้องกันในทุกด้าน และสามารถเปรียบเทียบผลลัพธ์ได้อย่างน่าเชื่อถือ

ตารางที่ 2 การตั้งค่าไฮเปอร์พารามิเตอร์หลักในการการฝึกฝนโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน

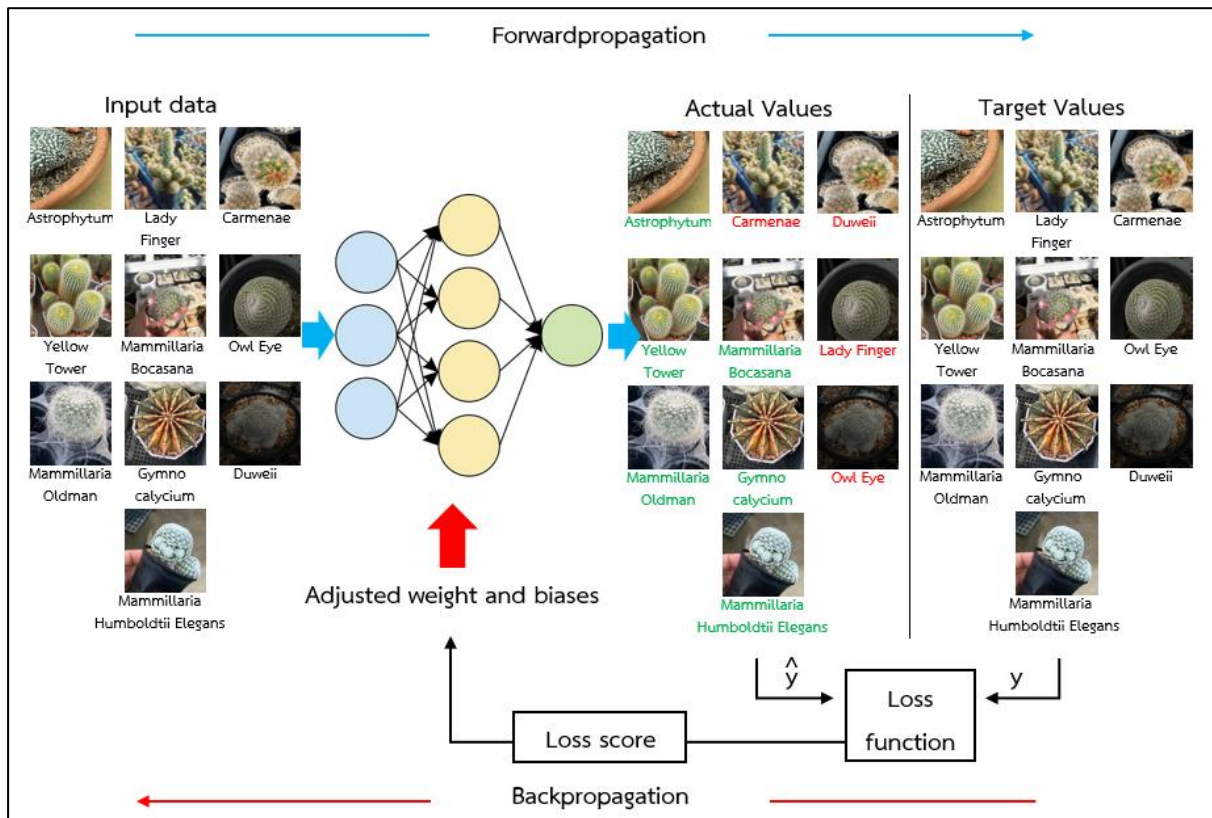
ไฮเปอร์พารามิเตอร์	ค่าที่กำหนด
No. of convolutional layers	2
No. of pooling layers	2
Activation function for convolutional layers	Relu
Stride	1
Padding	Same
Hidden layers	3

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ไฮเปอร์พารามิเตอร์	ค่าที่กำหนด
Activation function for FC layers	Relu
Activation function for the output layer	Softmax
Loss function	Categorical crossentropy
Metric	Accuracy
Optimizer	Adam
epochs	10
Batch size	128

จากตารางที่ 2 การตั้งค่าไฮเปอร์พารามิเตอร์ ประกอบด้วย จำนวนของชั้นคอนโวลูชัน (No. of convolutional layers) ซึ่งเป็นชั้นหลักที่ช่วยดึงคุณลักษณะ (Features extraction) สำคัญจากภาพ จำนวนของชั้นพูลลิง (No. of pooling layers) เพื่อช่วยลดขนาดของข้อมูล (Down-sampling) และเพิ่มความคงทนต่อความแปรปรวนในข้อมูลภาพ ฟังก์ชันกระตุ้นสำหรับชั้นคอนโวลูชัน (Activation function for convolutional layers) ซึ่งช่วยเพิ่มความไม่เป็นเชิงเส้น (Non-linear) ในโครงข่ายและช่วยให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพ สไตรด์ (Stride) คือการเคลื่อนที่ของฟิลเตอร์ในแต่ละครั้งหน่วยเป็นพิกเซล แพดดิ้ง (Padding) โดยเติม 0 เข้าไป เพื่อรักษารูปร่างของภาพในแต่ละส่วนให้อยู่ในขนาดเดิม (Same padding) จำนวนชั้นซ่อนเร้น (Hidden layers) ใช้สำหรับการประมวลผลข้อมูลในลำดับที่ซับซ้อนยิ่งขึ้น ฟังก์ชันกระตุ้นสำหรับชั้นเชื่อมต่อสมบูรณ์ (Activation function for FC layers) ใช้ฟังก์ชัน ReLU เพื่อเพิ่มความไม่เป็นเชิงเส้นในการประมวลผล ฟังก์ชันกระตุ้นสำหรับชั้นผลลัพธ์ (Activation function for the output layer) ด้วยฟังก์ชันซอฟต์แวร์แมกซ์ ซึ่งเหมาะสำหรับการจำแนกประเภทแบบหลายคลาส (Multi-class classification) ฟังก์ชันความสูญเสีย (Loss function) ด้วย Categorical crossentropy ซึ่งเหมาะสำหรับวัดความผิดพลาดในการจำแนกประเภท มาตรวัด (Metric) ด้วยค่าความถูกต้องเป็นมาตรวัดหลัก ออปติไมเซอร์ (Optimizer) โดยใช้ Adam ซึ่งเป็นอัลกอริทึมการปรับค่าพารามิเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง จำนวนรอบการฝึกฝน (epochs) ที่ 10 รอบ เพื่อให้โครงข่ายสามารถเรียนรู้จากข้อมูลได้อย่างเหมาะสม และขนาดของแบตช์ (Batch size) เท่ากับ 128 ซึ่งช่วยให้การประมวลผลข้อมูลมีความสมดุลระหว่างความเร็วและประสิทธิภาพ

งานวิจัยนี้กำหนดโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกในการจำแนกรูปภาพสายพันธุ์กระบองเพชร ประกอบด้วยโมเดล ResNet34, VGG16 และ MobileNetV3 สำหรับเรียนรู้บนชุดข้อมูลฝึกฝน ประกอบด้วยสายพันธุ์กระบองเพชร 10 สายพันธุ์ โดยผ่านการคำนวณหลายชั้นของโครงข่ายประสาทเทียม ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การฝึกฝนโมเดล และการถ่ายทอดย้อนกลับของโมเดลการเรียนรู้เชิงลึก
ในการจำแนกรูปภาพสายพันธุ์กระบองเพชร

จากภาพที่ 2 การฝึกฝนโมเดลและการถ่ายทอดย้อนกลับของโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกประกอบด้วยสองกระบวนการที่สำคัญคือการส่งข้อมูลไปข้างหน้า (Forwardpropagation) จะเห็นได้ว่ากระบวนการนี้เป็นการส่งข้อมูลไปในทิศทางจากซ้ายไปขวา และการถ่ายทอดย้อนกลับ (Backpropagation) โดยทั้งสองกระบวนการทำงานร่วมกันเพื่อให้โครงข่ายสามารถเรียนรู้และปรับค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ให้เหมาะสมต่อการจำแนกผลลัพธ์มากที่สุด

กระบวนการเริ่มต้นด้วยการรับข้อมูลนำเข้าที่ป้อนเข้าสู่โหนดในชั้นแรก จากนั้นข้อมูลจะถูกประมวลผลผ่านโหนดต่าง ๆ ในแต่ละชั้น โดยน้ำหนักของการเชื่อมต่อระหว่างโหนดและฟังก์ชันกระตุ้นในแต่ละชั้นมีบทบาทสำคัญในการคำนวณผลลัพธ์ที่ส่งต่อไปยังชั้นถัดไป เมื่อข้อมูลถูกส่งต่อจนถึงชั้นสุดท้าย ตัวแบบจะสร้างค่าผลลัพธ์ที่คาดการณ์ไว้ (Actual values) จากนั้นค่าที่ได้จะถูกเปรียบเทียบกับค่าความจริง (Target values) โดยใช้ฟังก์ชันความสูญเสีย (Loss function) เพื่อประเมินว่าตัวแบบมีความถูกต้องเพียงใด แล้วจะทำการส่งค่าความสูญเสียไปใช้ในกระบวนการปรับปรุงค่าพารามิเตอร์ เช่น ค่าน้ำหนัก (Weights) และค่าไบอัส (Biases) ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการการถ่ายทอดย้อนกลับ ดังนั้นการฝึกฝนโมเดลและการถ่ายทอดย้อนกลับจะวนซ้ำกันไปเรื่อย ๆ เพื่อปรับตัวแบบให้สามารถลดค่าความสูญเสียลงในแต่ละรอบจากการฝึกฝนจนได้ค่าที่เหมาะสมที่สุด (Rumelhart et al., 1986)

การค้นหาค่าอัตราการเรียนรู้ (Learning rate) (Kingma & Ba, 2014) ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการฝึกโมเดลเนื่องจากหากอัตราการเรียนรู้สูงเกินไป โมเดลอาจเรียนรู้ได้ไม่มั่นคงและไม่บรรลุค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimum) ขณะที่อัตราการเรียนรู้ที่ต่ำเกินไปจะทำให้กระบวนการเรียนรู้ช้า (Ruder, 2016) โดยทั่วไปจะเริ่มต้นด้วยค่าอัตราการ

เรียนรู้ต่ำแล้วค่อย ๆ เพิ่มขึ้น เพื่อดูว่าค่าความสูญเสียจะลดลงอย่างไร ซึ่งบ่งชี้ถึงอัตราการเรียนรู้ที่เหมาะสมและช่วยในการเลือกค่าที่ดีที่สุดสำหรับการฝึกฝนโมเดล งานวิจัยนี้ใช้เทคนิคการเรียนรู้แบบรอบเดียว (One cycle policy) (Smith, 2018) ที่เป็นแนวทางการตั้งค่าอัตราการเรียนรู้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการฝึกฝนโครงข่ายประสาทเทียม โดยช่วงเริ่มต้นของการฝึกฝนอัตราการเรียนรู้จะถูกตั้งไว้ในระดับต่ำเพื่อให้โมเดลได้เรียนรู้และสร้างโครงสร้างเบื้องต้นของข้อมูล (Data structure) เพื่อลดความเสี่ยงที่จะทำให้โมเดลเรียนรู้เร็วเกินไปและเสี่ยงต่อการปรับค่าพารามิเตอร์ผิดพลาดในช่วงแรก ต่อมาช่วงกลางของการฝึกฝน อัตราการเรียนรู้จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงระดับสูงสุด (Maximum learning rate) เพื่อช่วยให้โมเดลสามารถเรียนรู้ข้อมูลที่มีความซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และลดปัญหาที่โมเดลจะติดอยู่ในค่าขั้นต่ำเฉพาะที่ (Local minima) ซึ่งเป็นปัญหาที่พบบ่อยในการฝึกฝนโมเดลที่มีความลึกสูง (Deep models) และช่วงท้ายของการฝึกฝนนั้นอัตราการเรียนรู้จะค่อย ๆ ลดลงสู่ระดับต่ำกว่าอัตราเริ่มต้นในช่วงแรก เพื่อให้โมเดลเกิดความเสถียรจากการหาค่าที่ดีที่สุดของฟังก์ชันความสูญเสีย (Loss function) และส่งผลให้โมเดลสามารถทำงานได้ดีขึ้นเมื่อนำไปทดสอบกับข้อมูลที่ไม่เคยเห็นมาก่อน (Generalization) เมื่อครบกระบวนการจะเรียกว่าหนึ่งรอบการฝึกฝน (One cycle) ส่งผลให้ใช้ระยะเวลาฝึกฝนที่น้อยลงและสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพให้ดียิ่งขึ้นตามจำนวน 10 รอบการฝึกฝน ดังนั้นอัตราการเรียนรู้จะถูกปรับเปลี่ยนแบบไดนามิกให้เปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาที่เหมาะสม โมเดลจะสามารถเรียนรู้ข้อมูลได้ดีในเวลาที่เหมาะสม อีกทั้งมีความเสถียร และลดโอกาสการเกิดปัญหาการจดจำลักษณะเฉพาะจนเกินไป (Overfitting) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3) การประเมินประสิทธิภาพบนชุดข้อมูลตรวจสอบ (Performance evaluation on validation set) หลังจากโมเดลผ่านการฝึกฝนแล้วจะถูกทดสอบประสิทธิภาพบนชุดข้อมูลตรวจสอบ ด้วยตารางเมทริกซ์ความสับสน (Confusion matrix) คือเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกสำหรับปัญหาการจำแนกประเภท (Classification) โดยแสดงข้อมูลในรูปแบบตารางที่เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่โมเดลคาดการณ์กับค่าความจริงสำหรับการจำแนกประเภทแบบไบนารี (Binary classification) เมทริกซ์จะมีขนาด 2×2 ประกอบด้วย

TP (True Positive)	คือ ผลการจำแนกสายพันธุ์ “ถูกต้อง”	เทียบกับป้ายกำกับ “ถูกต้อง”
TN (True Negative)	คือ ผลการจำแนกสายพันธุ์ “ไม่ถูกต้อง”	เทียบกับป้ายกำกับ “ไม่ถูกต้อง”
FN (False Negative)	คือ ผลการจำแนกสายพันธุ์ “ไม่ถูกต้อง”	เทียบกับป้ายกำกับ “ถูกต้อง”
FP (False Positive)	คือ ผลการจำแนกสายพันธุ์ “ถูกต้อง”	เทียบกับป้ายกำกับ “ไม่ถูกต้อง”

งานวิจัยนี้วัดประสิทธิภาพของการจำแนกรูปภาพด้วยค่าความถูกต้อง (Accuracy) จากสัดส่วนของการทำนายที่ถูกต้องทั้งหมดต่อจำนวนการทดสอบทั้งหมด (Sokolova & Lapalme, 2009) ดังสมการที่ 1

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

อย่างไรก็ดี ข้อจำกัดจากการรวบรวมข้อมูลรูปภาพส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของแต่ละสายพันธุ์มีจำนวนรูปภาพไม่เท่ากัน เรียกว่าความไม่สมดุลของคลาส (Class imbalance) ดังนั้นการใช้เพียงค่าความถูกต้องอาจส่งผลให้โมเดลมีประสิทธิภาพสูงในคลาสที่มีรูปภาพจำนวนมาก ตรงกันข้ามประสิทธิภาพจะลดลงเมื่อรูปภาพในคลาสมีจำนวนไม่มากนัก งานวิจัยนี้จึงนำค่าความแม่นยำ (Precision) ค่าการเรียกคืน (Recall) และค่าประสิทธิภาพโดยรวม (F-measure) เข้ามาร่วมพิจารณาประสิทธิภาพของโมเดล (Powers, 2011) ดังสมการที่ 2, 3 และ 4

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

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

$$\text{ค่าประสิทธิภาพโดยรวม} = 2 \times \frac{\text{ค่าความแม่นยำ} \times \text{ค่าการเรียกคืน}}{\text{ค่าความแม่นยำ} + \text{ค่าการเรียกคืน}} \quad (4)$$

ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาโมเดลการจำแนกสายพันธุ์กระบองเพชรด้วยการเรียนรู้เชิงลึกที่สามารถเรียนรู้จากคุณลักษณะของรูปภาพที่หลากหลาย แบ่งผลการวิจัยออกเป็น 2 ส่วนตามวัตถุประสงค์ ประกอบด้วย

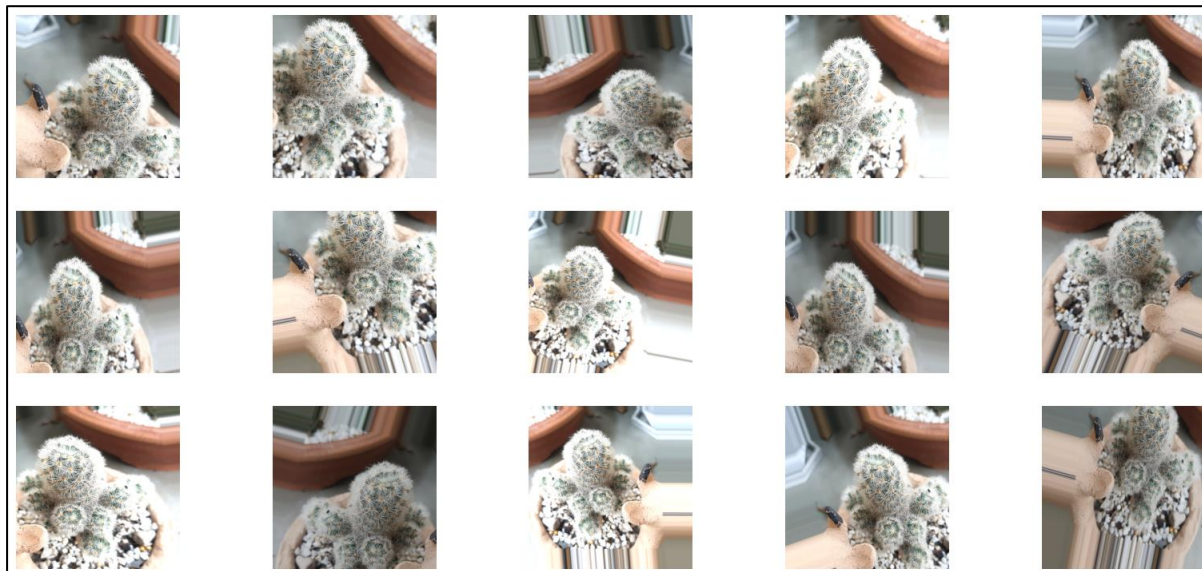
1) ผลการพัฒนาโมเดลการจำแนกสายพันธุ์กระบองเพชรด้วยการเรียนรู้เชิงลึก การดำเนินงานแบ่งออกเป็น 3 มอดูลหลัก ได้แก่ 1) การเตรียมรูปภาพก่อนการประมวลผล 2) การฝึกฝนโมเดลและการถ่ายทอดย้อนกลับ และ 3) การประเมินประสิทธิภาพบนชุดข้อมูลตรวจสอบ มีรายละเอียดดังนี้

1.1) มอดูลการเตรียมข้อมูลก่อนการประมวลผล เริ่มต้นด้วยการดัดแปลงรูปภาพจากต้นฉบับ เพื่อขยายความหลากหลายของชุดข้อมูลด้วยเทคนิคต่าง ๆ ดังภาพที่ 3 ประกอบด้วย การเลื่อนตำแหน่งภาพ (Image shift) ไปในแนวนอนหรือแนวตั้ง ซึ่งช่วยให้โมเดลสามารถเรียนรู้ตำแหน่งที่แตกต่างกันของวัตถุได้ เช่น เลื่อนไปทางซ้าย ขวาชั้นหรือลง การกลับด้านภาพ (Image flips) ในแนวนอนหรือแนวตั้ง เพื่อให้โมเดลรู้จักกับวัตถุในทิศทางที่หลากหลาย เช่น กลับด้านซ้าย-ขวาในกรณีภาพวัตถุที่สามารถอยู่ทั้งสองทิศทางได้ การหมุนภาพ (Image rotation) ในมุมต่าง ๆ เช่น 15 องศาหรือ 30 องศา เพื่อให้โมเดลสามารถแยกแยะภาพที่มีมุมมองแตกต่างกันได้ การซูมเข้า-ออกภาพ (Image zoom) เพื่อเปลี่ยนขนาดของวัตถุในภาพ ช่วยให้โมเดลเรียนรู้การรู้จำวัตถุในขนาดที่แตกต่างกัน การบิดเฉียงภาพ (Image shear) จะทำให้ภาพมีลักษณะเอียงไปในทิศทางหนึ่ง คล้ายกับการมองภาพจากมุมที่แตกต่างไป เพื่อช่วยให้โมเดลทนทานต่อการเอียงหรือการเบี่ยงของวัตถุ และการปรับความสว่างภาพ (Image brightness) เพื่อจำลองแสงที่แตกต่างกัน ช่วยให้แบบจำลองสามารถรู้จำวัตถุในสภาพแสงที่แตกต่างกันได้ เช่น ในที่ที่มีแสงสว่างมากหรือน้อยกว่าปกติ



ภาพที่ 3 ตัวอย่างผลลัพธ์จากการดัดแปลงรูปภาพจากต้นฉบับ

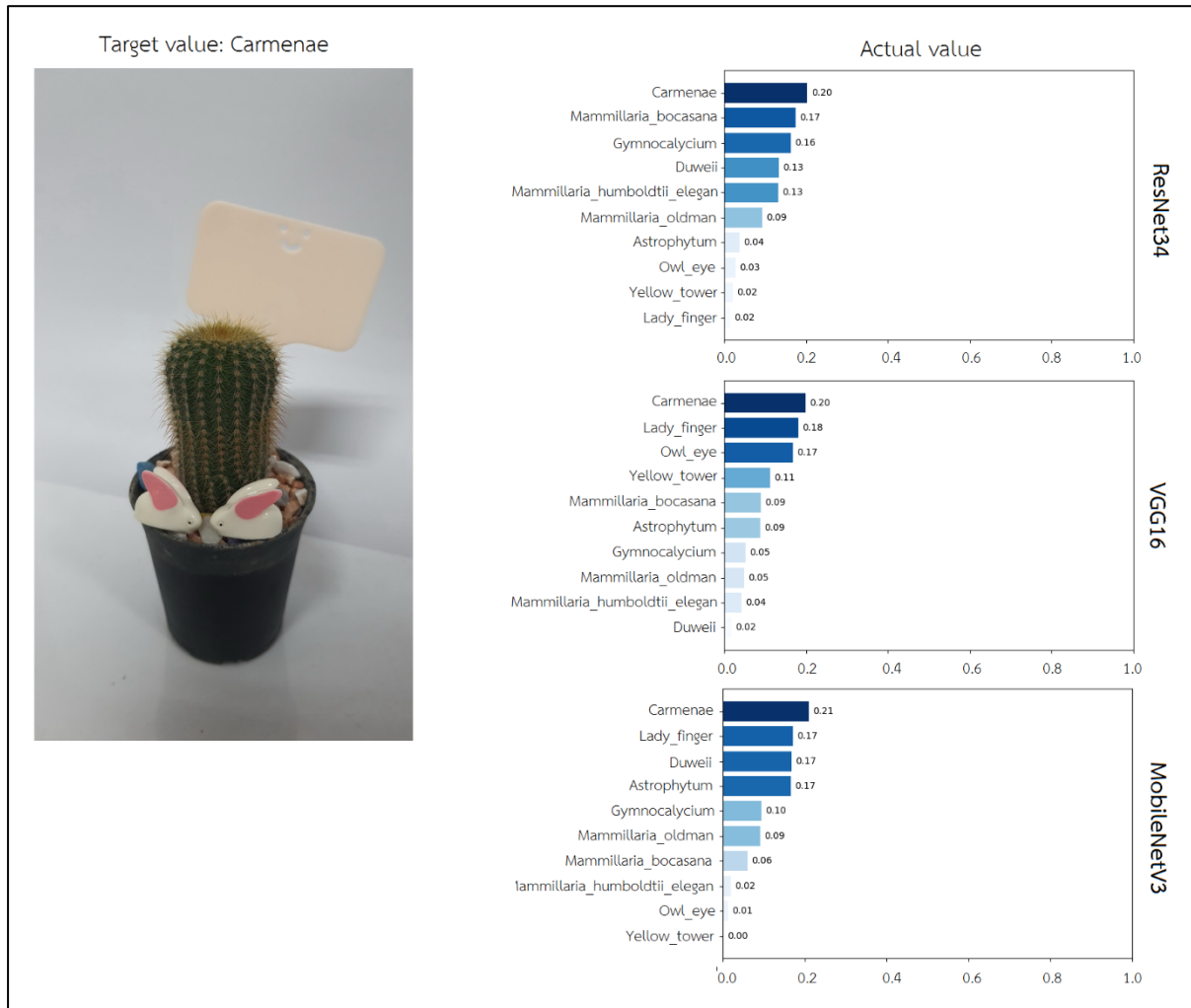
จากภาพที่ 3 เมื่อนำผลลัพธ์จากการดัดแปลงรูปภาพจากต้นฉบับมาผสมผสานเข้าด้วยกัน เกิดเป็นภาพใหม่ที่มีลักษณะแตกต่างจากต้นฉบับ ดังภาพที่ 4 เพื่อสร้างความหลากหลายของภาพที่มีรูปแบบแตกต่างกัน และช่วยให้โมเดลได้ฝึกฝนกับข้อมูลที่คล้ายกับสถานการณ์จริงในสภาพแวดล้อมที่หลากหลายขึ้น เช่น ภาพที่มาจากมุมมองหรือสภาพแสงที่ต่างกัน ซึ่งอาจไม่ได้มีในชุดข้อมูลดั้งเดิม ตลอดจนป้องกันการเกิด การจำลักษณะเฉพาะจนเกินไปที่โมเดลจดจำลักษณะเฉพาะของภาพที่ซ้ำกันในชุดข้อมูล (Shorten & Khoshgoftaar, 2019) ซึ่งจะลดการจดจำรูปแบบที่ไม่ทั่วไป และทำให้โมเดลเรียนรู้คุณสมบัติที่สำคัญจริง ๆ ของวัตถุได้ดีขึ้น ดังนั้นการผสมผสานการแปลงภาพหลายรูปแบบเป็นหนึ่งในวิธีการเพิ่มคุณภาพของข้อมูลภาพสำหรับการเรียนรู้เชิงลึก และลดปัญหาที่โมเดลมีประสิทธิภาพสูงเมื่อทำงานกับชุดข้อมูลฝึกฝน แต่ประสิทธิภาพจะลดลงเมื่อนำไปใช้งานกับข้อมูลจริง (Poor real-world performance)



ภาพที่ 4 การผสมผสานการแปลงภาพหลายรูปแบบเข้าด้วยกัน

1.2) โมดูลการฝึกฝนโมเดลและการถ่ายทอดย้อนกลับ โดยโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกประกอบด้วย ResNet34, VGG16 และ MobileNetV3 จะถูกฝึกฝนบนชุดข้อมูลรูปภาพกระบองเพชร 10 สายพันธุ์ที่ผ่านกระบวนการดัดแปลงรูปภาพจากต้นฉบับ ซึ่งเป็นหนึ่งในการควบคุมสภาพแวดล้อมในการทดสอบโมเดล เพื่อความสอดคล้องและน่าเชื่อถือ ร่วมกับการตั้งค่าไฮเปอร์พารามิเตอร์ที่สำคัญ เช่น อัตราการเรียนรู้ ขนาดของแบตช์ จำนวนรอบการฝึกฝน และออปติไมเซอร์ เพื่อให้การเรียนรู้ของโมเดลเป็นไปในทิศทางเดียวกัน เช่นเดียวกับการควบคุมฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่มีผลต่อการคำนวณ งานวิจัยนี้จึงกำหนดการทดสอบบน Google colabatory แบบมีค่าใช้จ่าย โดยใช้ GPU เป็นหน่วยประมวลผล และใช้หน่วยความจำขนาด 25 กิกะไบต์ในโหมด High-RAM ตลอดจนเรียกใช้เวอร์ชันของเฟรมเวิร์กและไลบรารีให้เหมือนกัน

กระบวนการฝึกฝนโมเดลด้วยการเรียนรู้แบบรอบเดียวในการปรับอัตราการเรียนรู้และโมเมนตัม ซึ่งช่วยให้โมเดลเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพในระยะเวลา 10 รอบด้วยขั้นตอนการฝึกฝน การตรวจสอบความถูกต้อง และการปรับแต่งค่าพารามิเตอร์ (Parameter tuning) ในแต่ละรอบซ้ำไปเรื่อย ๆ โดยมีเป้าหมายเพื่อให้ค่าความถูกต้องสูงสุด และลดค่าสูญเสียจากการฝึกฝนให้น้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ อย่างไรก็ตาม ระดับที่เหมาะสมจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ชุดข้อมูลที่ฝึกฝน โมเดลที่เลือก และการปรับพารามิเตอร์ หากโมเดลมีการเรียนรู้ที่ดี ค่าความถูกต้องจะมีเสถียรภาพและค่าสูญเสียจากการฝึกฝนจะลดลงจนถึงจุดหนึ่งที่โมเดลไม่สามารถปรับปรุงเพิ่มเติมได้ (Convergence) จากนั้นจะคำนวณความแตกต่างระหว่างค่าที่โมเดลพยากรณ์กับป้ายกำกับจริง และปรับน้ำหนักและไบแอสผ่านการถ่ายทอดย้อนกลับ เพื่อลดความผิดพลาดในแต่ละรอบของการฝึกฝน จนกระทั่งได้โมเดลที่มีประสิทธิภาพสูงสุดกับชุดข้อมูลตรวจสอบ ดังภาพที่ 5 ผลการจำแนกสายพันธุ์กระบองเพชรของแต่ละโมเดลที่สามารถจำแนกสายพันธุ์กระบองเพชรได้ถูกต้อง แต่มีค่าความเชื่อมั่น (Confidence) ที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 5 ผลการจำแนกสายพันธุ์กระบองเพชรของแต่ละโมเดล

1.3) มอดูลการประเมินประสิทธิภาพบนชุดข้อมูลตรวจสอบ เพื่อประเมินประสิทธิภาพการจำแนกสายพันธุ์กระบองเพชรผ่านค่าความถูกต้อง งานวิจัยนี้ให้ความสำคัญค่าความคลาดเคลื่อน (error) คือ ผลต่างระหว่างค่าที่วัดได้กับค่าที่แท้จริง ถ้าค่าที่วัดได้ใกล้เคียงกับค่าจริงมากแสดงว่าการวัดนั้นมีความถูกต้องสูง (เรวัต แสงสุริยงค์, 2565) โดยการวัดทุกครั้งมักมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นเสมอ แบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ 1) ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากผู้วัด (Human error) อันเกิดจากความประมาท เลินเล่อในการวัด 2) ความคลาดเคลื่อนเชิงระบบ (Systematic error) มักเกิดจากเครื่องมือวัดไม่ได้ประสิทธิภาพ และ 3) ความคลาดเคลื่อนเชิงสถิติ (Statistical error) ซึ่งความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และ 2 สามารถจัดการได้ด้วย ความรอบคอบ ระวัง และ การพัฒนาเครื่องมือวัดให้มีประสิทธิภาพ แต่สำหรับความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 3 นั้น ไม่มีทางกำจัดให้หมดไปได้ เนื่องจากอยู่นอกเหนือการควบคุม จึงมักใช้การวัดซ้ำหลาย ๆ ครั้งนั้นเมื่อครบรอบจะทำการประเมินอีกครั้งจนครบ 3 รอบ แบบผลลัพธ์เป็นอิสระต่อกัน แล้วนำผลการประเมินมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อให้ความคลาดเคลื่อนลดน้อยลงจนถึงในระดับที่ยอมรับได้ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลประเมินประสิทธิภาพการจำแนกบนชุดข้อมูลตรวจสอบด้วยค่าความถูกต้องของโมเดล ResNet34, VGG16 และ MobileNetV3

รอบ	ResNet34	VGG16	MobileNetV3
1	89.01%	90.01%	91.01%
2	90.03%	91.03%	91.36%
3	91.05%	92.05%	91.71%
ค่าเฉลี่ย	90.03%	91.03%	91.36%

จากตารางที่ 3 พบว่าโมเดลทั้ง 3 ตัว ประกอบด้วย ResNet34, VGG16 และ MobileNetV3 มีค่าความถูกต้องอยู่ในระดับสูงมาก เท่ากับ 90.03%, 91.03% และ 91.36% ตามลำดับ เมื่อพิจารณาในรายละเอียด พบว่าการประเมินทั้ง 3 รอบแต่ละโมเดลมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.83, 0.83 และ 0.29 ตามลำดับ

อย่างไรก็ดี ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนชุดข้อมูลตรวจสอบของโมเดล ResNet34 พบว่าค่าความถูกต้องเฉลี่ยอยู่ที่ 90.03% ซึ่งต่ำที่สุดในกลุ่มโมเดลที่พิจารณา โดยความถูกต้องในแต่ละรอบเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจาก 89.01% เป็น 91.05% โดยมีความแปรปรวนต่ำ แสดงถึงความเสถียรในการเรียนรู้ของโมเดล โครงสร้างบล็อกส่วนต่างของโมเดล ResNet34 ช่วยแก้ปัญหาการสูญหายของกราฟิก และทำให้การฝึกฝนโมเดลลึกมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม โมเดลนี้อาจไม่เหมาะกับชุดข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ เนื่องจากไม่สามารถเพิ่มค่าความถูกต้องได้เทียบเท่ากับโมเดลอื่น ๆ สำหรับโมเดล VGG16 มีค่าความถูกต้องเฉลี่ยสูงขึ้นที่ 91.03% ซึ่งดีกว่าโมเดล ResNet34 ในทุก ๆ รอบ โดยความถูกต้องในแต่ละรอบเพิ่มขึ้นสม่ำเสมอ เท่ากับ 90.01% ถึง 92.05% โดยโครงสร้างที่ลึกของโมเดล VGG16 ซึ่งประกอบด้วยชั้นคอนโวลูชันแบบเรียงซ้อนกัน ช่วยให้โมเดลสามารถจับลักษณะเฉพาะของข้อมูลได้ดี ส่งผลให้ผลลัพธ์มีความถูกต้องสูง อย่างไรก็ตาม ข้อเสียสำคัญของโมเดล VGG16 คือจำนวนพารามิเตอร์ที่มาก ทำให้ต้องใช้ทรัพยากรในการประมวลผลสูง จึงอาจไม่เหมาะสมกับระบบที่มีข้อจำกัดด้านฮาร์ดแวร์ ในทางกลับกันโมเดล MobileNetV3 ซึ่งเป็นโมเดลที่แสดงประสิทธิภาพดีที่สุดในกลุ่ม มีค่าความถูกต้องเฉลี่ยสูงถึง 91.36% และค่าความถูกต้องในแต่ละรอบเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เท่ากับ 91.01% ถึง 91.71% โดยโครงสร้างของโมเดล MobileNetV3 ถูกออกแบบมาให้เหมาะกับการใช้งานที่ต้องการประสิทธิภาพสูงและการใช้ทรัพยากรต่ำโดยใช้คอนโวลูชันแยกส่วนตามความลึก เพื่อลดความซับซ้อนของการคำนวณ จึงเหมาะอย่างยิ่งสำหรับการใช้งานในระบบที่มีข้อจำกัดด้านทรัพยากร

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพของโมเดลโดยนำมาตรวัดอื่น ๆ เข้ามาร่วมพิจารณาประสิทธิภาพของโมเดล ประกอบด้วยค่าความแม่นยำ ค่าการเรียกคืน และค่าประสิทธิภาพโดยรวม ดังตารางที่ 4 จากการประเมินทั้ง 3 รอบ พบว่า โมเดล VGG16 เหมาะสมที่สุดในแง่ของความแม่นยำและความสมดุลในการประมวลผลข้อมูลใหม่ รองลงมาคือโมเดล MobileNetV3 ที่มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน แต่เหมาะกับการใช้งานที่ต้องการทรัพยากรน้อย ในขณะที่โมเดล ResNet34 อาจต้องการการปรับปรุงเพิ่มเติมเพื่อให้สามารถแข่งขันกับโมเดลอื่นในบริบทการจำแนกสายพันธุ์

ตารางที่ 4 ผลประเมินประสิทธิภาพการจำแนกบนชุดข้อมูลตรวจสอบด้วยค่าความแม่นยำ ค่าการเรียกคืน และค่าประสิทธิภาพโดยรวมของโมเดล ResNet34, VGG16 และ MobileNetV3

โมเดล	ค่าความแม่นยำ	ค่าการเรียกคืน	ค่าประสิทธิภาพโดยรวม
ResNet34	91.12%	90.03%	89.94%
VGG16	91.83%	91.03%	91.10%
MobileNetV3	91.46%	91.36%	91.20%

จากตารางที่ 4 พบว่า โมเดล VGG16 มีค่าประสิทธิภาพโดยรวมสูงสุดในทุกเกณฑ์ เมื่อพิจารณาในรายละเอียด พบว่า ค่าความแม่นยำ ค่าการเรียกคืน และค่าประสิทธิภาพโดยรวม อยู่ที่ 91.83%, 91.03% และ 91.10% ตามลำดับ ซึ่งบ่งบอกถึงความสามารถของโมเดลในการจำแนกสายพันธุ์กระบองเพชรได้อย่างแม่นยำ และสมดุลระหว่างการลดอัตราการทำนายผิดพลาด และการจำแนกสายพันธุ์ทั้งหมดในชุดข้อมูลตรวจสอบได้อย่างครบถ้วน เช่นเดียวกับโมเดล MobileNetV3 แสดงค่าประสิทธิภาพรองลงมา โดยค่าความแม่นยำอยู่ที่ 91.46% และค่าการเรียกคืนอยู่ที่ 91.36% ทำให้ค่าประสิทธิภาพโดยรวมอยู่ที่ 91.20% ซึ่งใกล้เคียงกับโมเดล VGG16 อย่างมาก ซึ่งโมเดล MobileNetV3 มีข้อได้เปรียบในด้านการประมวลผลที่รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพสูงในสภาพแวดล้อมที่มีข้อจำกัดด้านทรัพยากรแม้ว่าค่าประสิทธิภาพโดยรวมจะต่ำกว่าโมเดล VGG16 เล็กน้อย แต่โมเดลนี้ยังคงเหมาะสมสำหรับการใช้งานในสถานการณ์จริงที่ต้องการความเร็วและใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า ในส่วนของโมเดล ResNet34 มีค่าประสิทธิภาพต่ำที่สุดในกลุ่ม โดยค่าความแม่นยำ ค่าการเรียกคืน และค่าประสิทธิภาพโดยรวมอยู่ที่ 91.12%, 90.03% และ 89.94% ตามลำดับ แสดงถึงข้อจำกัดของโมเดลในการรักษาความสมดุลระหว่างการลดข้อผิดพลาด และการจำแนกข้อมูลที่หลากหลาย อย่างไรก็ตาม โมเดลนี้ยังคงแสดงความเสถียรในระดับที่ยอมรับได้ และต้องการการปรับแต่งเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในอนาคต

ดังนั้นจากการเปรียบเทียบทั้ง 3 โมเดล พบว่า โมเดล MobileNetV3 แสดงประสิทธิภาพสูงสุดทั้งในด้านความถูกต้องและการประหยัดทรัพยากร รองลงมาคือโมเดล VGG16 ซึ่งให้ความถูกต้องใกล้เคียงกัน แต่มีข้อเสียในด้านการใช้ทรัพยากรสูง ขณะที่โมเดล ResNet34 มีความถูกต้องต่ำสุดในกลุ่ม แต่ยังคงมีความเสถียรและมีความสามารถในการเรียนรู้ที่เหมาะสมในภาพรวม ทั้งนี้การเลือกใช้โมเดลที่เหมาะสมควรพิจารณาเป้าหมายของงาน และข้อจำกัดด้านทรัพยากรที่มีอยู่ร่วมด้วย

2) ผลการประเมินความถูกต้องของโมเดลการจำแนกรูปภาพสายพันธุ์กระบองเพชร งานวิจัยนี้เลือกโมเดลที่มีค่าความถูกต้องสูงสุดคือโมเดล MobileNetV3 มาทดสอบกับชุดข้อมูลทดสอบ (Test set) ที่ประกอบด้วยรูปภาพกระบองเพชรแต่ละสายพันธุ์ที่โมเดลไม่เคยเห็นมาก่อน (Unseen data) เนื่องจากการที่โมเดลสามารถจำแนกสายพันธุ์กระบองเพชรจากข้อมูลที่ไม่เคยถูกใช้ในการฝึกฝน จะเป็นตัววัดความสามารถของโมเดลในการทำงานกับข้อมูลใหม่ที่มีความหลากหลาย และสะท้อนถึงประสิทธิภาพของโมเดลในสถานการณ์จริงที่มีผู้ใช้งานด้วยรูปภาพในบริบทที่แตกต่างกัน เช่น รูปภาพที่มีความแตกต่างด้านระยะถ่าย มุมมอง แสงสว่าง ตลอดจนพื้นหลัง จะช่วยทดสอบความยืดหยุ่นของโมเดลในการจัดการกับความแปรปรวนของข้อมูล เช่น ภาพถ่ายในระยะที่แตกต่างกัน อาจทำให้รายละเอียดของลำต้นหรือหนามเปลี่ยนไป หรือมุมมองจากด้านบนหรือด้านข้างอาจส่งผลต่อลักษณะเด่นของสายพันธุ์ นอกจากนี้สภาพแสงที่แตกต่างกัน เช่น แสงธรรมชาติ แสงจากหลอดไฟ หรือการมีเงาในภาพ ยังเป็นปัจจัยที่เพิ่มความซับซ้อนในการจำแนกสายพันธุ์

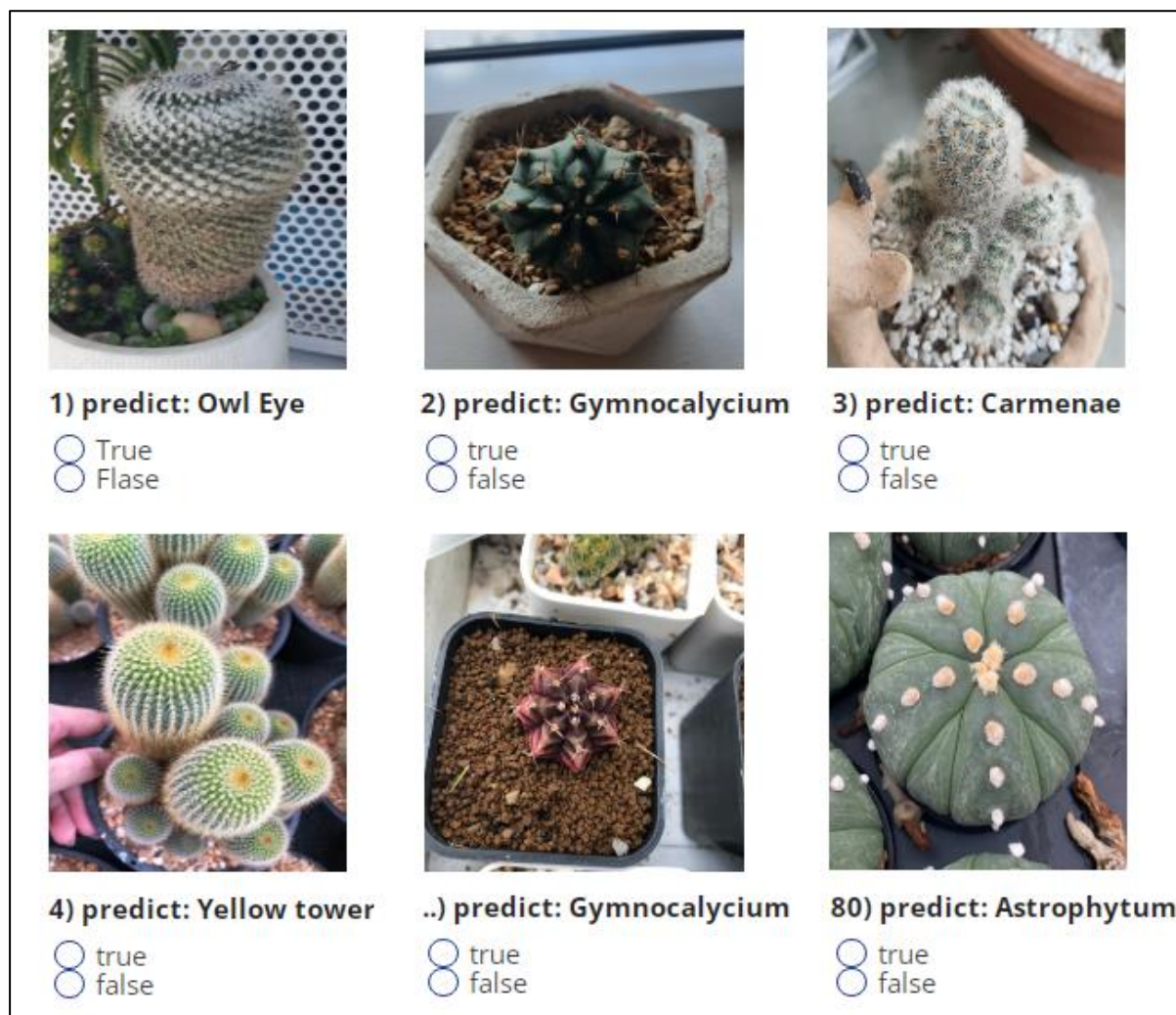
ดังนั้นเพื่อเป็นการสะท้อนถึงความพร้อมของโมเดลต่อการใช้งานในวงกว้าง โดยเฉพาะในบริบทที่ผู้ใช้งานแต่ละคนมีแหล่งข้อมูลและเงื่อนไขที่แตกต่างกัน เนื่องจากหากโมเดลสามารถรักษาความถูกต้องในระดับสูงได้กับข้อมูลที่ไม่เคยเห็นมาก่อน จะช่วยเพิ่มศักยภาพในการนำไปใช้งานจริง การทดสอบนี้จึงถือเป็นขั้นตอนสำคัญที่ช่วยให้มั่นใจได้ว่าโมเดลสามารถตอบโจทย์ในสถานการณ์จริงได้อย่างมีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งาน จึงเป็นที่มาของการให้ผู้เชี่ยวชาญเข้ามามีบทบาทในการประเมินความถูกต้อง เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือและลดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นจากกระบวนการอัตโนมัติหรือข้อจำกัดของแบบจำลองในการจำแนกข้อมูลเฉพาะทาง

การประเมินจากผู้เชี่ยวชาญหลายคนยังช่วยลดความคลาดเคลื่อนของการประเมินที่อาจเกิดขึ้นจากการพิจารณาโดยผู้เชี่ยวชาญเพียงท่านเดียว ทำให้ผลการประเมินมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น งานวิจัยนี้กำหนดจำนวนผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่านนำเข้ารูปภาพอย่างอิสระ ภายใต้ขอบเขตของกระบอกเพชร 10 สายพันธุ์ตามที่กำหนดไว้ ท่านละ 80 รูปภาพรวมทั้งสิ้น 400 ภาพ ก่อนจะบันทึกผลประเมินผ่านแบบประเมินผลออนไลน์ ดังภาพที่ 6 กำหนดให้ หากผลการจำแนกสายพันธุ์กระบอกเพชรถูกต้องเท่ากับ 1 คะแนน ในทางตรงกันข้าม หากผลการจำแนกสายพันธุ์กระบอกเพชรไม่ถูกต้องเท่ากับ 0 คะแนน เมื่อทำการประเมินแล้ว จะนำคะแนนทั้งหมดที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญมาคำนวณเป็นค่าความถูกต้องเพื่อประเมินประสิทธิภาพของโมเดลจากสมการที่ 5

$$\text{ค่าความถูกต้อง} = \frac{\text{จำนวนรูปภาพที่จำแนกถูกต้อง}}{\text{จำนวนรูปภาพทั้งหมด}} \quad (5)$$

การแปลความหมายของระดับคะแนน (บุญชม ศรีสะอาด, 2556) จากการประเมินความถูกต้องจากผู้เชี่ยวชาญต่อผลลัพธ์การจำแนกสายพันธุ์กระบอกเพชรของโมเดลที่พัฒนาขึ้น กำหนดให้ 80%–100% อยู่ในระดับดีมาก 70%–79% อยู่ในระดับดี 60%–69% อยู่ในระดับพอใช้ 50%–59% อยู่ในระดับผ่าน และ 0%–49% อยู่ในระดับต้องปรับปรุง

เมื่อตรวจสอบพบว่า จำนวนรูปภาพที่จำแนกสายพันธุ์กระบอกเพชรถูกต้องเท่ากับ 326 รูปภาพจากจำนวนรูปภาพทั้งหมด 400 รูปภาพ คิดเป็นค่าความถูกต้องเท่ากับ 81.50% อยู่ในระดับดีมาก ถือว่าเป็นระดับที่น่าพอใจก่อนจะพัฒนาให้ใช้งานบนแอปพลิเคชันต่อไป



ภาพที่ 6 ตัวอย่างแบบประเมินผลออนไลน์การจำแนกรูปภาพสายพันธุ์กระบองเพชร

อภิปรายผล

การพัฒนาโมเดลการจำแนกรูปภาพสายพันธุ์กระบองเพชรด้วยการเรียนรู้เชิงลึกเพื่อจำแนกคุณลักษณะที่ซับซ้อนของกระบองเพชรสายพันธุ์ต่าง ๆ โดยงานวิจัยนี้ได้ใช้ 3 โมเดลหลัก ได้แก่ โมเดล ResNet34, VGG16 และ MobileNetV3 ฝึกฝนบนชุดข้อมูลรูปภาพของกระบองเพชร 10 สายพันธุ์ จำนวน 4,512 ภาพที่ผ่านการดัดแปลงรูปภาพจากต้นฉบับ เพื่อเพิ่มขนาดของชุดข้อมูลเดิมให้หลากหลายมากขึ้น กระบวนการฝึกฝนโมเดลโดยการตั้งค่าไฮเปอร์พารามิเตอร์ ร่วมกับการใช้เทคนิคการเรียนรู้แบบรอบเดียว ในการปรับอัตราการเรียนรู้ และโมเมนตัม ก่อนปรับค่าน้ำหนักของเครือข่ายประสาทเทียมด้วยกระบวนการถ่ายทอดย้อนกลับ ซึ่งช่วยให้โมเดลสามารถจำแนกสายพันธุ์กระบองเพชรได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผลการประเมินประสิทธิภาพของโมเดล ResNet34, VGG16 และ MobileNetV3 บนชุดข้อมูลตรวจสอบพบว่า โมเดล MobileNetV3 มีประสิทธิภาพดีที่สุด ด้วยค่าความถูกต้องเฉลี่ย 91.36% และความแม่นยำสูงโดยเทคนิคคอนโวลูชันแยกส่วนตามความลึกช่วยลดความซับซ้อนและเหมาะกับการใช้งานในสภาพแวดล้อมที่มีข้อจำกัดด้านทรัพยากร เช่นเดียวกับ โมเดล VGG16 มีค่าความถูกต้องเฉลี่ย 91.03% ใกล้เคียงกับโมเดล MobileNetV3 โดยใช้ชั้น

คอนโวลูชันแบบเรียงซ้อนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ แต่ต้องแลกมาด้วยการใช้ทรัพยากรที่สูงกว่า และโมเดล ResNet34 มีค่าความถูกต้องเฉลี่ยต่ำสุดที่ 90.03% แม้จะแสดงความเสถียรและมีประสิทธิภาพในการเรียนรู้จากโครงสร้างบล็อก ส่วนต่าง แต่ยังมีข้อจำกัดในการดึงคุณสมบัติของข้อมูลได้อย่างเต็มที่ งานวิจัยนี้เลือกโมเดลที่มีค่าความถูกต้องสูงสุด คือโมเดล MobileNetV3 มาทดสอบกับรูปภาพที่โมเดลไม่เคยเห็นมาก่อน จำนวน 400 ภาพ โดยผลการประเมิน ความถูกต้องจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน พบว่า สามารถจำแนกรูปภาพได้ถูกต้องถึง 81.50% ของรูปภาพทั้งหมด ซึ่งถือว่า อยู่ในระดับดีมาก

อย่างไรก็ดี ความคล้ายคลึงของลักษณะทางสัณฐานวิทยาของกระบองเพชรนั้นส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนในการจำแนกรูปภาพอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในกรณีสายพันธุ์ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน เช่น ขนาดและรูปร่างของลำต้น ลักษณะหนาม หรือสีสันที่ใกล้เคียงกัน อาจส่งผลให้โมเดลไม่สามารถเรียนรู้ความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตลอดจนคุณภาพของภาพ เนื่องจากหากภาพมีความละเอียดต่ำหรือมีแสงสว่างที่ไม่เหมาะสม จะส่งผลให้ประสิทธิภาพของการจำแนกสายพันธุ์ลดลงอย่างมาก อีกทั้งหากในชุดข้อมูลมีภาพกระบองเพชรบางสายพันธุ์ มากเกินไปในขณะที่สายพันธุ์อื่นมีน้อย อาจทำให้โมเดลมีแนวโน้มที่จะจดจำคุณลักษณะของภาพในสายพันธุ์ที่ปรากฏ บ่อยกว่า ดังนั้นการแก้ปัญหาคความคลาดเคลื่อนนี้จำเป็นต้องปรับปรุงคุณภาพของชุดข้อมูล เช่น การเพิ่มจำนวนภาพ ของแต่ละสายพันธุ์ให้ใกล้เคียงกัน และการเพิ่มความหลากหลายของรูปภาพในชุดข้อมูล เป็นต้น ตลอดจนการปรับแต่ง โมเดลเพื่อให้สามารถเรียนรู้คุณลักษณะเชิงลึกได้ดีขึ้น เช่น การใช้ Attention mechanism เพื่อโฟกัสไปที่ส่วนสำคัญของภาพ หรือการเลือกใช้โมเดลที่มีความซับซ้อนมากขึ้นในการจำแนกสายพันธุ์ เช่น โมเดล EfficientNet หรือโมเดล ViT (Vision in Transformer) ดังนั้นการจัดการกับความคล้ายคลึงของลักษณะทางสัณฐานวิทยาอย่างเหมาะสมจะมีความสำคัญอย่างยิ่งในการเพิ่มความถูกต้องในการจำแนกสายพันธุ์กระบองเพชร

เอกสารอ้างอิง

- Anderson, E. F. (2001). *The cactus family*. Portland, OR: Timber Press.
- Barthlott, W., & Hunt, D. R. (1993). *Cacti: An illustrated guide to the plants and their cultivation*. Portland, OR: Timber Press.
- Bay, H., Tuytelaars, T., & Van Gool, L. (2006). SURF: Speeded up robust features. *The Proceedings of the European Conference on Computer Vision (ECCV)*, 7-13 May 2006, Graz, Austria, 404-417. https://doi.org/10.1007/11744023_32
- Boser, B. E., Guyon, I. M., & Vapnik, V. N. (1992). A training algorithm for optimal margin classifiers. *The Proceedings of the Fifth Annual Workshop on Computational Learning Theory*, 27-29 July 1992, Pittsburgh, PA, USA, 144-152. <https://doi.org/10.1145/130385.130401>
- Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine Learning*, 45(1), 5-32. <https://doi.org/10.1023/A:1010933404324>
- Dalal, N., & Triggs, B. (2005). Histograms of oriented gradients for human detection. *The Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 20-25 June 2005, San Diego, CA, USA, 886-893. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2005.177>

- He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2016). Deep residual learning for image recognition. *The Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 27-30 June 2016, Las Vegas, NV, USA, 770-778. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.90>
- Hongboonmee, N., & Thamditae, A. (2023). Preliminary classification of gemstones via mobile application using deep learning processes. *Sripatum Review of Science and Technology*, 15, 71-85. (in Thai)
- Howard, A., Sandler, M., Chu, G., Chen, L. C., Chen, B., & Tan, M. (2019). Searching for MobileNetV3. *The Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV)*, 27 Oct-2 Nov 2019, Seoul, South Korea, 1314-1324. <https://doi.org/10.1109/ICCV.2019.00139>
- Hunt, D., Taylor, N., & Charles, G. (2006). *The new cactus lexicon*. Milborne Port, UK: DH Books.
- Kamilaris, A., & Prenafeta-Boldú, F. X. (2018). Deep learning in agriculture: A survey. *Computers and Electronics in Agriculture*, 147, 70-90. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.02.016>
- Kingma, D. P., & Ba, J. (2014). Adam: A method for stochastic optimization. [Online]. Retrieved from: <https://arXiv preprint arXiv: 1412.6980>.
- LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436-444. <https://doi.org/10.1038/nature14539>
- Lowe, D. G. (1999). Object recognition from local scale-invariant features. *The Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*, 20-27 September 1999, Corfu, Greece, 1150-1157. <https://doi.org/10.1109/ICCV.1999.790410>
- Perez, L. & Wang, J. (2017). The effectiveness of data augmentation in image classification using deep learning. [Online]. Retrieved from: <https://arXiv preprint arXiv:1712.04621>.
- Powers, D. M. (2011). Evaluation: From precision recall and F-measure to ROC informedness markedness and correlation. *Journal of Machine Learning Technologies*, 2(1), 37-63.
- Ruder, S. (2016). An overview of gradient descent optimization algorithms. [Online]. Retrieved from: <https://arXiv preprint arXiv: 1609.04747>.
- Rumelhart, D. E., Hinton, G. E., & Williams, R. J. (1986). Learning representations by back-propagating errors. *Nature*, 323(6088), 533-536. <https://doi.org/10.1038/323533a0>
- Sae-Lim, W., Wettayaprasit, W., & Aiyarak, P. (2019). Convolutional Neural Networks Using MobileNet for Skin Lesion Classification. *The Proceedings of 16th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE)*, 10-12 July 2019 at Chonburi, Thailand, 242-247.
- Sangsuriyong, R. (2022). The risks of measurement error in quantitative research in sociology. *Journal of Humanities and Social Sciences, Burapha University*, 30(1), 158-185. (in Thai)

- Sivic, J., & Zisserman, A. (2003). Video Google: A text retrieval approach to object matching in videos. *The Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*, 13-16 October 2003, Nice, France, 1470-1477. <https://doi.org/10.1109/ICCV.2003.1238663>
- Shmida, A. & Burgess, T. L. (1988). Plant growth form strategies and vegetation processes in the deserts of Israel and the Sinai. *Plant Species Biology*, 3(1), 59-69.
- Shorten, C., & Khoshgoftaar, T. M. (2019). A survey on image data augmentation for deep learning. *Journal of Big Data*, 6(1), 1-48. <https://doi.org/10.1186/s40537-019-0197-0>
- Simonyan, K. & Zisserman, A. (2014). Very deep convolutional networks for large-scale image recognition. [Online]. Retrieved from: <https://arxiv.org/abs/1409.1556>.
- Smith, L. N. (2018). A disciplined approach to neural network hyper-parameters: Part 1 - Learning rate, batch size, momentum, and weight decay. [Online]. Retrieved from: <https://arxiv.org/abs/1803.09820>.
- Sokolova, M., & Lapalme, G. (2009). A systematic analysis of performance measures for classification tasks. *Information Processing & Management*, 45(4), 427-437.
- Srisaet, B. (2013). *Introduction to research*. 9th ed. Bangkok: Suweiryasarn.
- Yosinski, J., Kirsch, A., Ramsey, J., Schneider, J., & Soh, M. (2014). How transferable are features in deep neural networks? [Online]. Retrieved from: <https://arxiv.org/abs/1411.1792>
- Zhu, F., Sun, Y., Zhang, Y., Zhang, W., & Qi, J. (2023). An Improved MobileNetV3 Mushroom Quality Classification Model Using Images with Complex Backgrounds. *Agronomy*, 13(12), 2924. <https://doi.org/10.3390/agronomy13122924>.

การพัฒนาแพลตฟอร์มดิจิทัลและโมบายแอปพลิเคชัน สำหรับส่งเสริมการค้าออนไลน์ของทุเรียนภูเขาไฟจังหวัดศรีสะเกษ

พิศาล สุขชี¹, สิริกัลยา สุขชี^{2,*}

¹ สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ

² สาขาคณิตศาสตร์ คณะครุศาสตร์และการพัฒนามนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ

Received: 11 October 2024

Revised: 22 December 2024

Accepted: 23 December 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแพลตฟอร์มดิจิทัลและโมบายแอปพลิเคชัน เพื่อศึกษาประสิทธิภาพ และเพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้ สำหรับส่งเสริมการค้าออนไลน์ของทุเรียนภูเขาไฟจังหวัดศรีสะเกษ การวิจัยนี้ใช้กระบวนการพัฒนาระบบแบบเป็นขั้นตอน เริ่มจากการศึกษาความต้องการของผู้ใช้โดยการลงพื้นที่เก็บข้อมูลจากเกษตรกรชาวสวนทุเรียนที่ขึ้นทะเบียน GI ใน 3 อำเภอ ได้แก่ ขุนหาญ กันทรลักษณ์ และศรีรัตนะ จากนั้นวิเคราะห์และออกแบบระบบตามหลักวิศวกรรมซอฟต์แวร์ พัฒนาแพลตฟอร์มที่รองรับการทำงานแบบ Cross-platform สามารถใช้งานได้ทั้งบนเว็บไซต์และอุปกรณ์มือถือ โดยระบบมีจุดเด่นในด้านความปลอดภัย ตามมาตรฐาน OWASP มีระบบยืนยันตัวตนผู้ขายด้วยการขึ้นทะเบียน GI ระบบจัดการสินค้าและสต็อกแบบเรียลไทม์ และระบบติดตามสถานะการจัดส่งที่โปร่งใส การประเมินประสิทธิภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ 9 คน พบว่าโดยภาพรวม อยู่ในระดับมากที่สุด โดยด้านโปรแกรมและการออกแบบมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือด้านภาพประกอบ และโครงสร้าง และด้านความถูกต้องและเนื้อหา ส่วนผลการประเมินความพึงพอใจจากผู้ใช้ 23 คน พบว่าโดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ในช่วงทดลองใช้งานเดือนแรกมีเกษตรกรขึ้นทะเบียน 91 ราย เกิดการซื้อขาย 250 รายการ มูลค่ารวมไม่น้อยกว่า 250,000 บาท โดยมีอัตราความสำเร็จของการทำธุรกรรม 98.5% แสดงให้เห็นว่าแพลตฟอร์มนี้สามารถเป็นช่องทางการค้าออนไลน์ที่มีประสิทธิภาพสำหรับทุเรียนภูเขาไฟจังหวัด ศรีสะเกษ

คำสำคัญ: แพลตฟอร์มดิจิทัล โมบายแอปพลิเคชัน การค้าออนไลน์ ทุเรียนภูเขาไฟ

* ผู้ประสานงานหลัก; อีเมล: sirikanlaya.s@sskru.ac.th

Development of a Digital Platform and Mobile Application to Promote Online Commerce of Lava Durian in Sisaket Province

Phisan Sookkkhee¹, Sirikanlaya Sookkkhee^{2,*}

¹ Computer Science, Faculty of Art Liberal, Sisaket Rajabhat University

² Mathematics, Faculty of Education and Human Development,
Sisaket Rajabhat University

Received: 11 October 2024

Revised: 22 December 2024

Accepted: 23 December 2024

Abstract

This research aimed to develop a digital platform and mobile application, evaluate their efficiency, and assess user satisfaction in promoting online trade of Lava durian in Sisaket Province. The study employed a systematic development process, beginning with a user requirement analysis through field data collection from GI-registered durian farmers in three districts: Khun Han, Kantharalak, and Si Rattana. Following software engineering principles, the system was analyzed and designed to develop a cross-platform solution accessible via both website and mobile devices. The platform features notable security measures compliant with OWASP standards, GI registration-based vendor authentication, real-time inventory management, and a transparent delivery tracking system. The efficiency evaluation conducted by nine experts revealed the highest overall rating, with program and design aspects scoring highest, followed by visual elements and structure, and accuracy and content. User satisfaction assessment among 23 users also showed the highest overall rating. During the first month of implementation, 91 farmers registered on the platform, generating 250 transactions with a total value exceeding 250,000 baht and achieving a 98.5% transaction success rate. These results demonstrate that this platform serves as an effective online trading channel for Sisaket's Lava durian.

Keywords: Digital Platform, Mobile Application, Online Commerce, Lava Durian

* Corresponding Author; E-mail: sirikanlaya.s@sskru.ac.th

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เศรษฐกิจปัจจุบันมีการแข่งขันสูงและเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ผู้ประกอบการหันมาใช้ในการขายออนไลน์ในรูปแบบ B2C (Business to Customer) มากขึ้น (การทำธุรกิจแบบ B2C B2B และ B2B2C, 2563) โดยเฉพาะในช่วง COVID-19 ที่เร่งการเติบโตของตลาดออนไลน์ในประเทศไทยให้มีอัตราการเติบโตเฉลี่ย 20% ต่อปี และคาดการณ์ว่าจะมีมูลค่าเพิ่มขึ้นจาก 300 พันล้านบาท เป็น 750 พันล้านบาท ในปี 2568 (Prachachat Business, 2024) ดิจิทัลแพลตฟอร์มได้กลายเป็นเครื่องมือสำคัญในการยกระดับธุรกิจ เชื่อมโยงผู้ประกอบการกับลูกค้า และเพิ่มความสามารถในการแข่งขัน (Manpao & Netwong, 2021)

แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 (พ.ศ. 2566 - 2570) ในหมวดหมู่ที่ 6 กลยุทธ์ที่ 1 ได้กล่าวถึงการขับเคลื่อนสังคมและเศรษฐกิจไทยด้วยดิจิทัล กลยุทธ์ย่อยที่ 1.2 ในการส่งเสริมผู้ประกอบการ ให้ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมดิจิทัล มาใช้ในการผลิตสินค้าและบริการ เพิ่มความสามารถในการสร้างรายได้ให้กับผู้ประกอบการ โดยการพัฒนาแพลตฟอร์มดิจิทัลเพื่อสนับสนุนการตลาดสินค้าการเกษตร (National Economic and Social Development Council, 2023) ซึ่งจะเป็นเครื่องมือในการเชื่อมโยงผู้ประกอบการกับผู้ให้บริการให้สามารถซื้อขายสินค้ากันได้อย่างสะดวกมากขึ้น งานวิจัยที่ผ่านมาได้แสดงให้เห็นถึงประโยชน์ของแพลตฟอร์มดิจิทัลในภาคการเกษตร ทั้งการเชื่อมโยงสินค้าสู่ตลาดออนไลน์ การพัฒนาแพลตฟอร์มด้วย Double Diamond Model (Chulapongvanich et al., 2021) และการพัฒนาแอปพลิเคชันมือถือสำหรับเกษตรกรในพื้นที่ห่างไกล (Ganiyu et al., 2023) ผลการวิจัยชี้ให้เห็นถึงการเติบโตของการตลาดสินค้าเกษตรออนไลน์และแนะนำว่าการยอมรับเทคโนโลยีใหม่ในภาคการเกษตรเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและขยายการตลาด

ทุเรียนภูเขาไฟศรีสะเกษซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจมูลค่าสูงและได้รับการจดทะเบียน GI ในปี 2561 เพื่อยกระดับมาตรฐานสินค้าและสร้างความเชื่อมั่น ปัจจุบันศรีสะเกษเป็นแหล่งปลูกทุเรียนที่ใหญ่ที่สำคัญ อีกแห่งหนึ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้มีนโยบายในการสนับสนุนส่งเสริมให้เกษตรกรจำหน่ายสินค้า ในช่องทางออนไลน์มากขึ้น เพื่อให้ลูกค้าสามารถซื้อทุเรียนโดยไม่ผ่านพ่อค้าคนกลาง และเพื่อให้ผู้ซื้อได้ทุเรียนภูเขาไฟแท้จากชาวสวนโดยตรง (Office of Agricultural Economics Region 11 Ubon Ratchathani. 2021) ผลการจากศึกษาปัจจัยเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคทุเรียนภูเขาไฟจังหวัดศรีสะเกษ พบว่าตัวแปรที่ส่งผลต่อความตั้งใจซื้อคือปัจจัยการตลาดดิจิทัลและโซเชียลมีเดีย (Angkhasakulkiat et al., 2024) จากความสำคัญดังกล่าว งานวิจัยนี้ จึงนำเสนอแนวทางการพัฒนาแพลตฟอร์มดิจิทัลและโมบายแอปพลิเคชันที่มีจุดเน้น 3 ด้าน ได้แก่ 1) การบูรณาการระบบการรับรอง GI เข้ากับแพลตฟอร์มการค้าออนไลน์ที่ช่วยสร้างความเชื่อมั่นในคุณภาพสินค้าและเพิ่มมูลค่าให้กับทุเรียนภูเขาไฟ 2) การพัฒนาระบบที่ตอบสนองความต้องการเฉพาะของเกษตรกรในพื้นที่ ทั้งในด้านการจัดการสินค้า การกำหนดราคา และการจัดส่ง และ (3) การสร้างชุมชนการค้าออนไลน์เฉพาะสำหรับทุเรียนภูเขาไฟศรีสะเกษ ซึ่งจะช่วยเพิ่มอำนาจต่อรองและสร้างเครือข่ายระหว่างเกษตรกร โดยผู้วิจัยคาดหวังเป็นอย่างยิ่งว่าแอปพลิเคชันนี้จะสามารถเป็นช่องทางจำหน่ายทุเรียนภูเขาไฟที่สะดวกต่อผู้ขายและผู้ซื้อ และสามารถขยายตลาดทุเรียนออนไลน์ภูเขาไฟของจังหวัดศรีสะเกษ ตลอดจนสามารถเพิ่มมูลค่าสินค้าทุเรียนภูเขาไฟศรีสะเกษให้สูงขึ้นต่อไปในอนาคตได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาแพลตฟอร์มดิจิทัลและโมบายแอปพลิเคชันสำหรับส่งเสริมการค้าออนไลน์ของทุเรียนภูเขาไฟจังหวัดศรีสะเกษ
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพแพลตฟอร์มดิจิทัลและแอปพลิเคชันสำหรับส่งเสริมการค้าออนไลน์ของทุเรียนภูเขาไฟจังหวัดศรีสะเกษ
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้แพลตฟอร์มดิจิทัลและแอปพลิเคชันสำหรับส่งเสริมการค้าออนไลน์ของทุเรียนภูเขาไฟจังหวัดศรีสะเกษ

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. **สิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (GI)** คือเครื่องหมายที่ใช้กับสินค้าที่มาจากแหล่งผลิตที่เฉพาะเจาะจงซึ่งคุณภาพหรือชื่อเสียงของสินค้านั้น ๆ เป็นผลมาจากการผลิตในพื้นที่ดังกล่าว GI จึงเปรียบเสมือนเป็นแบรนด์ของท้องถิ่นที่บ่งบอกถึงคุณภาพและแหล่งที่มาของสินค้า ตราสัญลักษณ์สิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (GI) ไทยคือ ตราของกรมทรัพย์สินทางปัญญาที่ออกให้แก่ผู้ผลิตสินค้าเพื่อรับรองว่าเป็นสินค้าที่มาจากแหล่งภูมิศาสตร์ที่ได้รับขึ้นทะเบียนไว้โดยต้องปฏิบัติตามคู่มือและแผนการควบคุมนั้นแล้ว (Department of Intellectual Property, 2018) แพลตฟอร์มดิจิทัล (Digital Platform) เป็นโครงสร้างพื้นฐานในระบบดิจิทัลที่เป็นสื่อกลางทางอิเล็กทรอนิกส์ เชื่อมโยงผู้ประกอบการ ผู้บริโภค และผู้ใช้บริการให้สามารถทำธุรกรรมและแลกเปลี่ยนข้อมูลผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ แพลตฟอร์มดิจิทัลมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมผู้บริโภคในยุคปัจจุบัน โดยเฉพาะการเข้าถึงสินค้าผ่านช่องทางออนไลน์ต่าง ๆ และเป็นแรงขับเคลื่อนสำคัญของระบบเศรษฐกิจและสังคมดิจิทัลในประเทศไทย โดยองค์ประกอบของแพลตฟอร์มดิจิทัล ประกอบด้วย 1) ผู้ให้บริการแพลตฟอร์ม (Platform Provider) 2) ผู้ใช้บริการ (Platform Users) 3) ระบบนิเวศดิจิทัล (Digital Ecosystem) และ 4) เทคโนโลยีพื้นฐาน (Core Technology) ประเภทของแพลตฟอร์มดิจิทัล ได้แก่ 1) แพลตฟอร์มสำหรับการซื้อขายและทำธุรกรรม (Transaction Platform) 2) แพลตฟอร์มสำหรับพัฒนานวัตกรรม (Innovation Platform) 3. แพลตฟอร์มสำหรับเชื่อมโยงระบบ (Integration Platform) และ 4) แพลตฟอร์มสำหรับการลงทุน (Investment Platform) ซึ่งแพลตฟอร์มดิจิทัลเป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนการเปลี่ยนแปลงทางดิจิทัล โดยสร้างคุณค่าผ่านการเชื่อมโยงผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในระบบนิเวศดิจิทัล และสนับสนุนการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมดิจิทัล (Time Consulting, 2567)

2. **โมบายแอปพลิเคชัน (Mobile Application)** คือโปรแกรมประยุกต์สำหรับอุปกรณ์เคลื่อนที่ ที่มีส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface) เพื่อตอบสนองความต้องการเฉพาะของผู้ใช้งาน โดยทำงานบนระบบปฏิบัติการ iOS และ Android ปัจจุบันธุรกิจต่าง ๆ นิยมพัฒนาแอปพลิเคชันมือถือเพื่อเพิ่มช่องทางการติดต่อกับลูกค้า และอำนวยความสะดวกในการแชร์ข้อมูลต่าง ๆ โดยไม่ต้องผ่านเว็บเบราว์เซอร์ (IT Genius Engineering, 2014) องค์ประกอบของโมบายแอปพลิเคชัน ได้แก่ 1) User Interface (UI) ส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน 2) Business Logic ส่วนประมวลผลการทำงาน 3) Database ส่วนจัดการฐานข้อมูล และ 4) API Integration ส่วนเชื่อมต่อกับระบบภายนอก ประเภทของโมบายแอปพลิเคชัน ประกอบด้วย 1) Native Application พัฒนาเฉพาะสำหรับระบบปฏิบัติการนั้น ๆ 2) Web Application ทำงานผ่านเว็บเบราว์เซอร์ 3) Hybrid Application ผสมผสานระหว่าง Native และ Web และ 4) Progressive Web Application (PWA) เว็บแอปฯ ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียง Native โดยโมบายแอปพลิเคชันมี

บทบาทสำคัญในการพัฒนาธุรกิจยุคดิจิทัล โดยช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการให้บริการ สร้างประสบการณ์ที่ดีให้ผู้ใช้ และเพิ่มโอกาสทางธุรกิจผ่านช่องทางดิจิทัล

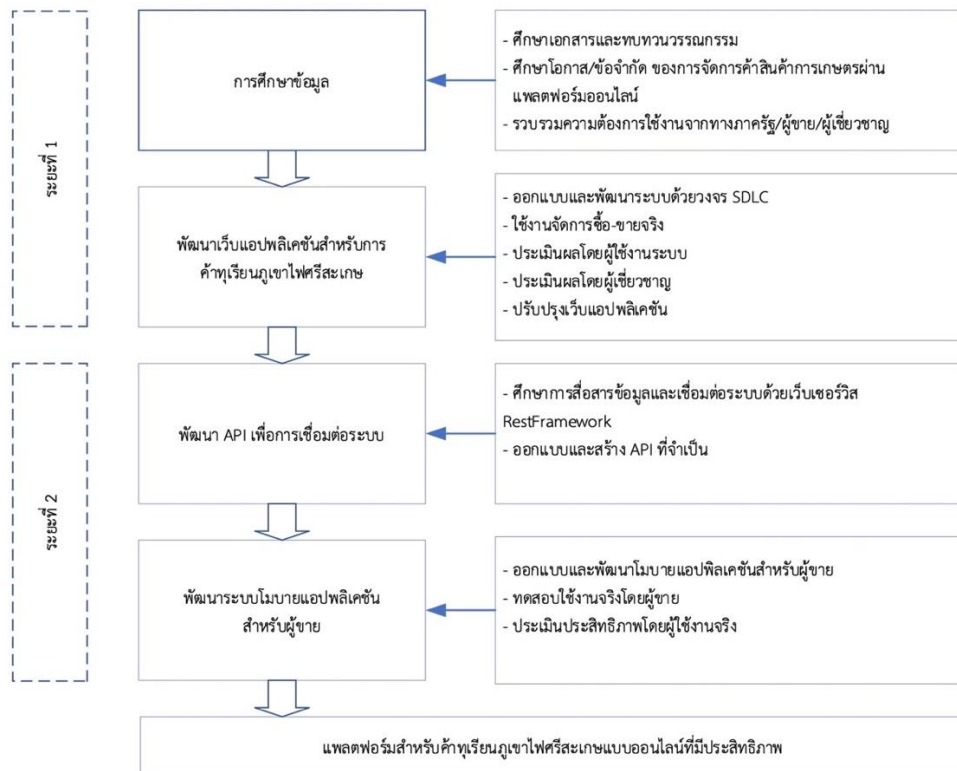
3. API (Application Programming Interface) API เป็นส่วนประกอบสำคัญของการพัฒนาซอฟต์แวร์สมัยใหม่ที่จะช่วยให้โปรแกรมหรือแอปพลิเคชันต่าง ๆ สามารถสื่อสารและแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกันได้ โดยทำงานผ่านการเชื่อมต่อระหว่างผู้ให้บริการ (Servers) และผู้ใช้บริการ (Clients) ปัจจุบัน REST APIs เป็นรูปแบบที่ได้รับความนิยมมากที่สุด เนื่องจากมีประโยชน์หลายด้าน ทั้งการผสานรวมระบบ การสร้างนวัตกรรม การขยายธุรกิจ และการบำรุงรักษาระบบ (Demeter ICT, 2023) โดยมีองค์ประกอบพื้นฐานของ API ได้แก่ 1) Endpoints จุดเชื่อมต่อสำหรับเรียกใช้บริการ 2) Methods รูปแบบการร้องขอข้อมูล เช่น GET, POST, PUT, DELETE 3) Authentication การยืนยันตัวตนเพื่อความปลอดภัย และ 4) Response Format รูปแบบการตอบกลับข้อมูล เช่น JSON, XML และประเภทของ API ได้แก่ 1) REST API เป็นแบบ Stateless ใช้ HTTP Protocol 2) SOAP API ใช้ XML Protocol มีความปลอดภัยสูง 3) GraphQL API มีความยืดหยุ่นในการเรียกข้อมูลและ 4) WebSocket API สื่อสารแบบ Real-time การใช้งาน API ช่วยเพิ่มความคล่องตัวในการดำเนินธุรกิจและสร้างประสบการณ์ที่ดีให้กับลูกค้า โดยเฉพาะในยุคดิจิทัลที่ต้องการการเชื่อมต่อและแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างระบบที่หลากหลาย

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Ongwimolkarn & Natthawutsit (2019) ได้พัฒนาระบบการบริหารจัดการองค์กร ด้วยดิจิทัลแพลตฟอร์มสำหรับธุรกิจฟาร์มเกษตรอัจฉริยะที่ใช้แอปพลิเคชันโปรแกรมมิ่งอินเทอร์เน็ตเฟส (API) เป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อข้อมูลระหว่างแพลตฟอร์มและใช้ซอฟต์แวร์ประยุกต์ในการพัฒนาแพลตฟอร์มที่มีรูปแบบมาตรฐานและง่ายต่อการใช้งาน และ Ganiyu et al. (2023) นำเสนอการพัฒนาแอปพลิเคชันมือถือสำหรับการตลาดผลิตภัณฑ์การเกษตร โดยพัฒนาบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ด้วยภาษา JAVA, XML และใช้ MySQL เป็นฐานข้อมูล แอปพลิเคชันนี้ช่วยให้เกษตรกรสามารถโพสต์ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรเพื่อให้ผู้ซื้อเข้าถึงได้ง่าย ระบบจะช่วยให้องค์กรสามารถนำไปใช้ในการวางแผนเชิงกลยุทธ์ได้ ลดการทำงานที่ไม่จำเป็น ประหยัดเวลา และช่วยในการวางแผนต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นแนวคิดที่ผู้วิจัยได้นำมาใช้ในการพัฒนาแพลตฟอร์มดิจิทัล โดยมีเป้าหมายในการศึกษาสอดคล้องกับ Chulapongvanich et al. (2021) ได้ทำการวิจัยและพัฒนาแพลตฟอร์มสำหรับธุรกิจเครื่องประดับเงินเพื่อตลาดดิจิทัล นอกจากนี้ Peter & Latha (2021) ศึกษาการทำการตลาดออนไลน์สำหรับสินค้าเกษตร ในเขต Sivagangai ประเทศอินเดีย การศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าเทคโนโลยีสารสนเทศมีบทบาทสำคัญในการพัฒนา การตลาดสินค้าเกษตร แต่จำเป็นต้องมีการบูรณาการร่วมกับปัจจัยด้านโครงสร้างพื้นฐาน การรับรู้ ความไว้วางใจของลูกค้า และความปลอดภัยของข้อมูล จากการทบทวนวรรณกรรมข้างต้น สรุปได้ว่าแพลตฟอร์มดิจิทัลและโมบายแอปพลิเคชันเป็นโครงสร้างพื้นฐานสำคัญที่เชื่อมโยงผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในระบบดิจิทัล โดยเฉพาะในภาคการเกษตรที่ช่วยพัฒนาการตลาด การบริหารจัดการ และการควบคุมคุณภาพ อย่างไรก็ตามการพัฒนาแพลตฟอร์มต้องคำนึงถึงการบูรณาการกับปัจจัยอื่น ๆ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

5. กรอบแนวคิดการวิจัย

การพัฒนาแพลตฟอร์มดิจิทัลและโมบายแอปพลิเคชันสำหรับส่งเสริมการค้าออนไลน์ของทุเรียนภูเขาไฟจังหวัดศรีสะเกษ มีกรอบแนวคิดดังนี้

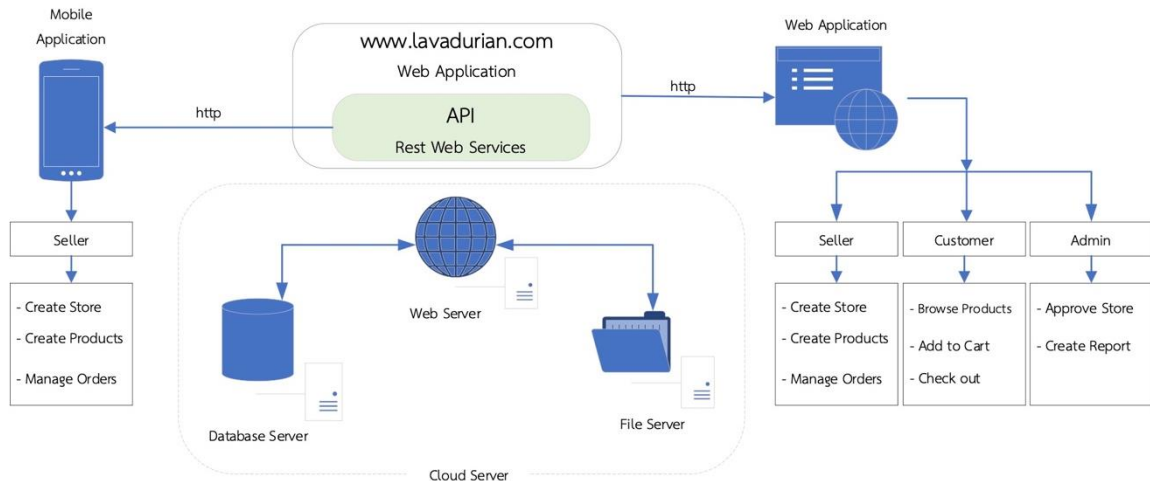


ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบแพลตฟอร์มดิจิทัลและนโยบายแอปพลิเคชัน

การออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบแพลตฟอร์มดิจิทัลและนโยบายแอปพลิเคชันได้แบ่งองค์ประกอบออกเป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่ ส่วนการแสดงผล (Presentation Layer) ซึ่งเป็นนโยบายแอปพลิเคชัน ที่สามารถติดตั้งและทำงานได้ทั้งบนระบบ iOS และ Android รวมถึงเว็บแอปพลิเคชันที่ผู้ใช้สามารถเข้าถึงผ่านโดเมน www.lavadurian.com ส่วนประมวลผล (Business Logic Layer) ที่ทำงานอยู่บนเครื่องแม่ข่าย (Server) ประกอบด้วยระบบจัดการผู้ใช้งาน ระบบจัดการสินค้า ระบบจัดการคำสั่งซื้อ และระบบจัดการสถานะของสินค้า โดยเชื่อมต่อกับส่วนการแสดงผลผ่าน REST APIs และสุดท้ายการจัดเก็บข้อมูล (Data Layer) ได้แยกออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของฐานข้อมูลที่ใช้ PostgreSQL สำหรับจัดการข้อมูลเชิงสัมพันธ์ และส่วนของ File Server ที่ใช้ Google Cloud Storage สำหรับจัดเก็บไฟล์รูปภาพสินค้าและเอกสารต่าง ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการไฟล์และลดภาระของเครื่องแม่ข่ายหลัก ตลอดจนรองรับการขยายตัวของระบบในอนาคต ดังแสดงในภาพที่ 2

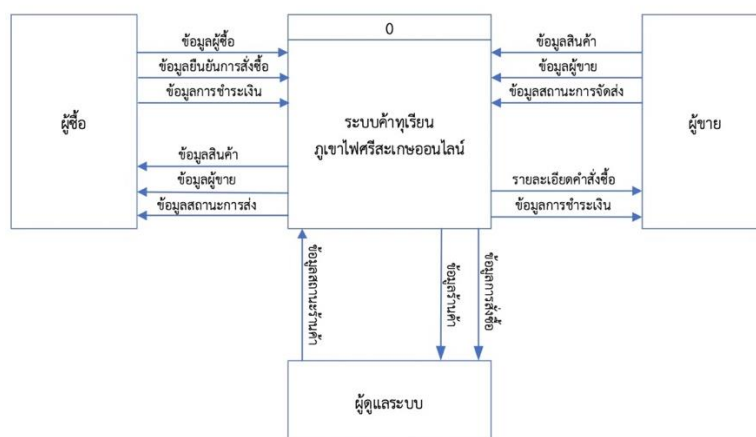


ภาพที่ 2 สถาปัตยกรรมของระบบแพลตฟอร์มดิจิทัลและโมบายแอปพลิเคชัน

2. การพัฒนาระบบแพลตฟอร์มดิจิทัลและโมบายแอปพลิเคชัน

โดยในพัฒนาแพลตฟอร์มดิจิทัลและโมบายแอปพลิเคชันนี้ได้ใช้หลักการพัฒนาระบบตามแนวคิด ของ Suwannasri et al. (2021) ดังนี้

- 2.1 เก็บรวบรวมข้อมูล รวบรวมข้อมูลร้านค้าผู้ปลูกทุเรียนที่ขึ้นทะเบียน GI ในจังหวัดศรีสะเกษ
- 2.2 วิเคราะห์และกำหนดขอบเขต กำหนดให้แพลตฟอร์มดิจิทัลเป็นช่องทางหลักในการซื้อขาย และโมบายแอปพลิเคชันสำหรับผู้ขายในการลงข้อมูลสินค้า
- 2.3 วิเคราะห์และออกแบบระบบ ใช้แผนภาพกระแสข้อมูลแสดงการทำงานของระบบ
- 2.4 พัฒนาแพลตฟอร์ม โดยใช้ Flutter สำหรับ การพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันสำหรับเป็นส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน และใช้ภาษา Python ร่วมกับ Django Framework สำหรับทำหน้าที่เป็นระบบการประมวลผลหลังบ้าน (Back-End)
- 2.5 ทดสอบการใช้งาน ทดสอบฟังก์ชันต่าง ๆ ของระบบ
- 2.6 ทดลองใช้งานกับกลุ่มเป้าหมาย ให้เกษตรกรและผู้ซื้อทดลองใช้และประเมินความพึงพอใจ
- 2.7 วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล วิเคราะห์ผลการประเมินด้วยวิธีทางสถิติและสรุปผล



ภาพที่ 3 แผนภาพกระแสข้อมูลระดับสูงสุด (Context Diagram)



ภาพที่ 4 แผนภาพกระแสข้อมูลระดับ 1

3. เครื่องมือการวิจัย

3.1 เครื่องมือในการพัฒนาแพลตฟอร์มดิจิทัลและโมบายแอปพลิเคชัน

การพัฒนาแพลตฟอร์มฯ ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีและเครื่องมือในการพัฒนาที่ทันสมัยตามหลักวิศวกรรมซอฟต์แวร์สมัยใหม่ โดยในส่วนของการพัฒนาส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (Front-end Development) ได้เลือกใช้ Flutter Framework ซึ่งเป็น Software Development Kit (SDK) ที่พัฒนาโดย Google โดยใช้ ภาษา Dart ในการพัฒนา Flutter มีสถาปัตยกรรมแบบ Widget-based UI ที่มีประสิทธิภาพสูง รองรับการพัฒนา แอปพลิเคชันแบบ Cross-platform Development ทำให้สามารถพัฒนาแอปพลิเคชันที่มีการทำงานรองรับ ทั้งระบบปฏิบัติการ iOS และ Android จากชุดซอร์สโค้ดเดียว ช่วยลดระยะเวลาและต้นทุนในการพัฒนา อีกทั้ง ยังมี Hot Reload feature ที่ช่วยให้การพัฒนาและทดสอบทำได้อย่างรวดเร็ว

ในส่วนของการพัฒนาระบบการประมวลผลหลังบ้าน (Back-end Development) ได้ใช้ภาษา Python ร่วมกับ Django Web Framework ที่ยึดหลักการ Model-View-Template (MVT) นอกจากนี้ยังได้ใช้ Django REST Framework ซึ่งเป็นชุดเครื่องมือสำหรับสร้าง Web APIs โดยเฉพาะ ในการพัฒนา RESTful APIs เพื่อเป็นส่วนเชื่อมต่อระหว่างแอปพลิเคชันมือถือกับระบบหลังบ้าน โดย REST Framework มีคุณสมบัติสำคัญ ได้แก่ การรองรับ

Authentication Mechanisms หลากหลายรูปแบบ ทำให้ผู้วิจัยสามารถพัฒนา API Endpoints ที่มีความปลอดภัย ตามมาตรฐาน OWASP (Open Web Application Security Project) และมีประสิทธิภาพสูง รองรับการทำงานสำคัญที่มีความจำเป็น อาทิ การยืนยันตัวตนแบบ Token-based Authentication สำหรับการเข้าระบบผ่านโมบายแอปพลิเคชัน, RESTful CRUD Operations สำหรับกระบวนการจัดการข้อมูลสินค้า และ Transaction Management สำหรับการจัดการคำสั่งซื้อจากฝั่งของโมบายแอปพลิเคชันด้วยเช่นกัน

ในด้านความปลอดภัยของการสื่อสารข้อมูล ผู้วิจัยได้ติดตั้งและกำหนดค่า SSL (Secure Sockets Layer) Certificate จาก Let's Encrypt ซึ่งเป็นผู้ให้บริการที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล เพื่อเข้ารหัสการรับส่งข้อมูลระหว่างผู้ใช้งานกับเซิร์ฟเวอร์ผ่านโปรโตคอล HTTPS โดยการใช้การเข้ารหัสแบบ TLS 1.3 ที่มีความปลอดภัยสูง ช่วยป้องกันการดักจับข้อมูล (Man-in-the-Middle Attack) และการโจรกรรมข้อมูลสำคัญ เช่น รหัสผ่าน ข้อมูลการทำธุรกรรม และข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ใช้งาน นอกจากนี้ยังได้กำหนดค่า SSL/TLS Configuration ให้รองรับเฉพาะ Cipher Suites ที่มีความปลอดภัยสูง และตั้งค่า HTTP Strict Transport Security (HSTS) เพื่อบังคับ ให้การเชื่อมต่อทั้งหมดใช้ HTTPS เท่านั้น พร้อมทั้งมีระบบต่ออายุ SSL Certificate แบบอัตโนมัติผ่าน Certbot เพื่อให้มั่นใจว่าการเชื่อมต่อจะมีความปลอดภัยอย่างต่อเนื่อง

นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคโนโลยีเสริมที่สำคัญเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการพัฒนาและการทำงาน ประกอบด้วย PostgreSQL เป็นระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ที่มีความสามารถในการรองรับการสืบค้นแบบ Full-text Search, Git สำหรับการควบคุมเวอร์ชันซอฟต์แวร์ (Version Control System) ที่ช่วยในการจัดการซอร์สโค้ดและการทำงานร่วมกันของทีมพัฒนา และใช้ Nginx เป็น Reverse Proxy และ Load Balancer เพื่อรองรับการใช้งานจากผู้บริโภคจำนวนมาก นอกจากนี้ยังมีการใช้ Automated Testing Tools คือ Flutter Test ซึ่งเป็น Testing Framework ที่มาพร้อมกับ Flutter สำหรับกระบวนการ Unit Testing ใน Flutter และ pytest สำหรับ Python เพื่อให้มั่นใจในคุณภาพของซอฟต์แวร์ที่พัฒนา ทำให้ได้แพลตฟอร์ม ที่มีความเสถียร มีความปลอดภัยสูง และสามารถรองรับการขยายตัวของระบบในอนาคต

สำหรับกระบวนการติดตั้งระบบ (Deployment) ผู้วิจัยได้เลือกใช้ Digital Ocean Cloud Server ซึ่งเป็น Infrastructure as a Service (IaaS) ที่มีประสิทธิภาพสูง โดยได้จัดสรร Droplet ที่ใช้ Ubuntu 20.04 LTS เป็นระบบปฏิบัติการหลัก ในด้านการตรวจสอบและติดตามระบบ (Monitoring) ผู้วิจัยได้ติดตั้ง Prometheus ร่วมกับ Grafana เพื่อติดตามประสิทธิภาพการทำงานของระบบและเก็บ Metrics ต่าง ๆ พร้อมทั้งตั้งค่า Alert Manager สำหรับแจ้งเตือนเมื่อเกิดปัญหาในระบบ ทำให้สามารถตรวจสอบและแก้ไขปัญหาได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้ Google Cloud Storage เป็นระบบจัดเก็บไฟล์บนคลาวด์ที่มีความน่าเชื่อถือสูงสำหรับการจัดการไฟล์ต่าง ๆ ในระบบ เช่น หลักฐานการชำระเงิน รูปภาพสินค้า และเอกสารประกอบการขึ้นทะเบียน GI โดย Google Cloud Storage มีความสามารถในการรองรับการเข้าถึงไฟล์แบบ CDN (Content Delivery Network) ช่วยให้การโหลดรูปภาพสินค้าทำได้รวดเร็ว มีระบบสำรองข้อมูลอัตโนมัติที่ช่วยป้องกันการสูญหายของไฟล์ และมีระบบรักษาความปลอดภัยที่ได้มาตรฐานระดับองค์กร

ทั้งนี้ การเลือกใช้เทคโนโลยีและเครื่องมือต่าง ๆ ข้างต้น ผู้วิจัยได้พิจารณาจากปัจจัยสำคัญทั้งในด้านประสิทธิภาพ ความปลอดภัย ความยืดหยุ่นในการปรับขนาด และความคุ้มค่าในการดำเนินการ เพื่อให้ได้ระบบที่สามารถให้บริการได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความเสถียร และสามารถรองรับการเติบโตของผู้ใช้งานในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.2 เครื่องสำหรับประเมินประสิทธิภาพ

เครื่องมือในการวิจัย ได้แก่ แบบสอบถามประเมินประสิทธิภาพและแบบสอบถามประเมินความพึงพอใจของแพลตฟอร์มและโมบายแอปพลิเคชันสำหรับส่งเสริมการค้าออนไลน์ของครูเรียนภูเขาไฟจังหวัดศรีสะเกษ ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างและพัฒนาแบบประเมินประสิทธิภาพโดยนำไปเสนอให้ผู้ทรงคุณวุฒิ 5 ท่านตรวจสอบเพื่อหาค่าความตรงเชิงเนื้อหาโดยการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC (Index of Item Objective Congruence) ของแบบสอบถามพบว่าแบบประเมินประสิทธิภาพมีค่าดัชนีความสอดคล้อง 1.00 ทุกข้อ โดยเครื่องมือต่าง ๆ มีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 แบบประเมินประสิทธิภาพของแพลตฟอร์มและโมบายแอปพลิเคชันสำหรับส่งเสริมการค้าออนไลน์ของครูเรียนภูเขาไฟจังหวัดศรีสะเกษ โดย ปรับปรุงเครื่องมือประเมินประสิทธิภาพจากแนวคิดของ Joocharoen (2016) ประกอบด้วย 3 ด้าน ได้แก่ 1) ความถูกต้องและเนื้อหา 2) ภาพประกอบและโครงสร้าง และ 3) โปรแกรมและการออกแบบ

3.2.2 แบบประเมินความพึงพอใจของแพลตฟอร์มและโมบายแอปพลิเคชันสำหรับส่งเสริมการค้าออนไลน์ของครูเรียนภูเขาไฟจังหวัดศรีสะเกษ ประกอบด้วย 4 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านเนื้อหา 2) ด้านการใช้งาน 3) ด้านความการออกแบบ และ 4) ด้านประสิทธิภาพ

4. กลุ่มเป้าหมายและกลุ่มตัวอย่าง

4.1 กลุ่มเป้าหมายในการประเมินประสิทธิภาพของแพลตฟอร์มและโมบายแอปพลิเคชัน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีการออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชัน จำนวน 3 คน ผู้เชี่ยวชาญทางด้านสถาปัตยกรรมระบบ จำนวน 3 คน และเจ้าหน้าที่พาณิชย์จังหวัด เพื่อทำการประเมินความเหมาะสมในการนำไปใช้ประโยชน์ จำนวน 3 คน รวมกลุ่มเป้าหมายทั้งสิ้น 9 คน

4.2 กลุ่มตัวอย่างในการประเมินความพึงพอใจของแพลตฟอร์มและโมบายแอปพลิเคชันสำหรับส่งเสริมการค้าออนไลน์ของครูเรียนภูเขาไฟจังหวัดศรีสะเกษ โดยมีประชากร ได้แก่ เกษตรกรชาวสวนทุเรียน ที่ลงทะเบียนในแพลตฟอร์ม จำนวน 91 คน กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้การกำหนดเกณฑ์ร้อยละ 25 ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 23 คน ซึ่งทำการเลือกหน่วยตัวอย่างโดยใช้การสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย

5. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

สถิติที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยแบบสอบถามมีลักษณะแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) มี 5 ระดับ

ผลการวิจัย

1. ผลของการพัฒนาแพลตฟอร์มดิจิทัลและโมบายแอปพลิเคชันสำหรับส่งเสริมการค้าออนไลน์ของครูเรียนภูเขาไฟจังหวัดศรีสะเกษ สามารถแบ่งได้ 2 ประเด็นดังนี้

1.1 ผลการพัฒนาแพลตฟอร์มดิจิทัลสำหรับส่งเสริมการค้าออนไลน์ของครูเรียนภูเขาไฟจังหวัดศรีสะเกษ โดยการพัฒนาแพลตฟอร์มดิจิทัลและโมบายแอปพลิเคชันนี้ได้ใช้หลักการพัฒนาระบบตามแนวคิดของ Suwannasri et al. (2021) เก็บรวบรวมข้อมูลจากสวนที่ทำการขึ้นทะเบียนสินค้า GI โดยอยู่ในเขตอำเภอ 3 อำเภอ ได้แก่ ขุนหาญ กันทลักษณ์ และศรีรัตนะ ด้วยการลงพื้นที่เก็บข้อมูลความต้องการในการใช้งานจากผู้ขาย ข้อมูลจำเป็นอย่างต่าง ๆ นำมาทำการวิเคราะห์และกำหนดขอบเขตงาน โดยใช้แพลตฟอร์มดิจิทัลเป็นช่องทางการติดต่อซื้อขาย ออกแบบและพัฒนาแพลตฟอร์มการเรียนรู้ดิจิทัลโดยใช้ Flutter สำหรับการพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันสำหรับเป็นส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน

ปัญญา เชี่ยวชาญ เบิกบาน คุณธรรม

Intellectual, Professional, Cheerfulness, Morality

และใช้ภาษา Python ร่วมกับ Django Framework สำหรับทำหน้าที่เป็นระบบการประมวลผลหลังบ้าน (Back-End) ซึ่งรองรับการทำงานแบบ Responsive บนทุกอุปกรณ์ ระบบได้รับการออกแบบให้มีฟังก์ชันการทำงานที่ครอบคลุมความต้องการของผู้ใช้ ประกอบด้วยระบบสำคัญ ได้แก่ ระบบลงทะเบียนและยืนยันตัวตนผู้ขายด้วยการขึ้นทะเบียน GI ระบบจัดการสินค้าและสต็อกแบบเรียลไทม์ ระบบการสั่งซื้อเลือกสินค้าจากความต้องการที่หลากหลาย และระบบติดตามสถานะการจัดการคำสั่งซื้อเพื่อเพิ่มความเชื่อมั่นให้แก่ผู้ซื้อ นอกจากนี้ยังเน้นในเรื่องการรักษาความปลอดภัยตามมาตรฐาน OWASP และการเข้ารหัสข้อมูล SSL/TLS เพื่อสร้างความมั่นใจในการทำธุรกรรมหรือการส่งข้อมูลส่วนตัวผ่านระบบออนไลน์

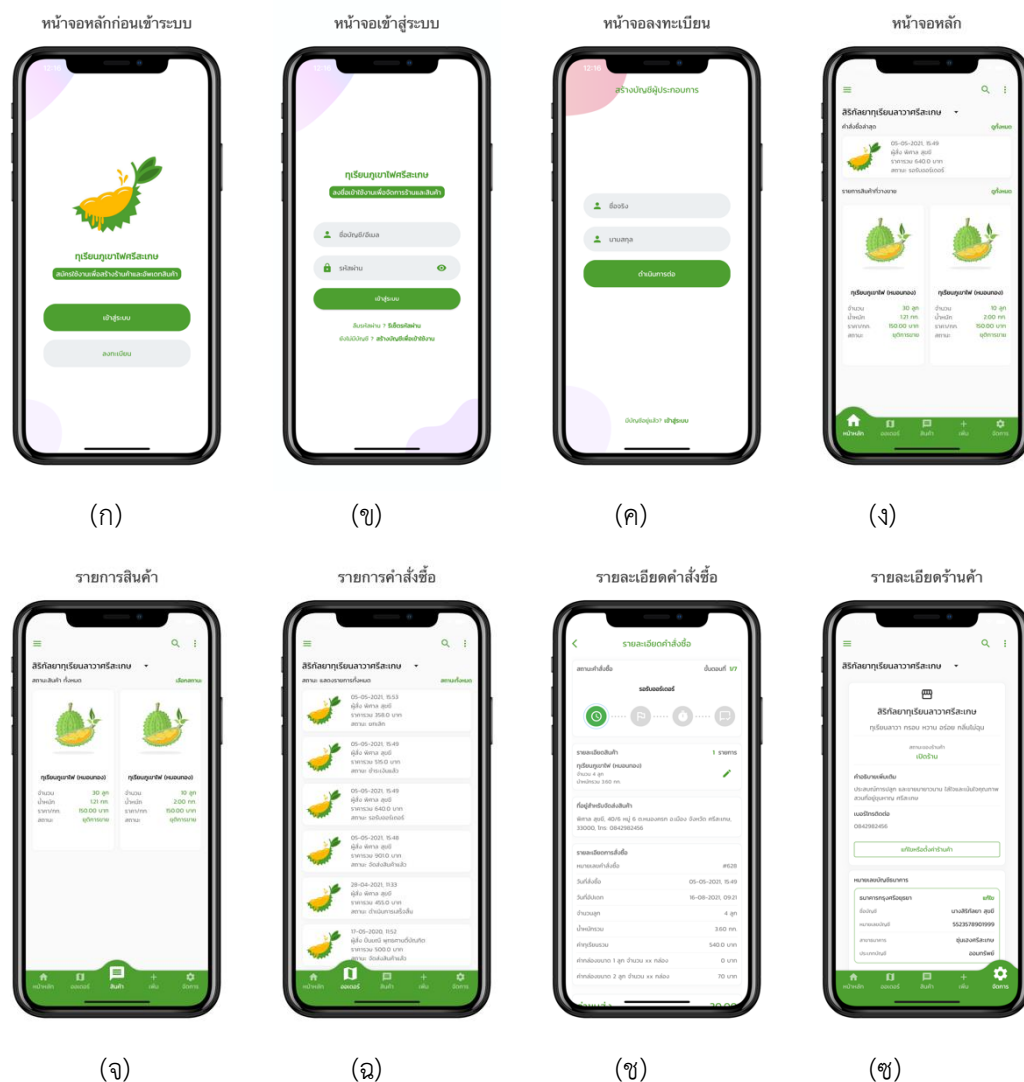
เมื่อพัฒนาสมบูรณ์แล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินประสิทธิภาพและให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุง หลังจากนั้นทดสอบใช้งาน โดยนำไปให้กลุ่มเกษตรกรได้ทดลองใช้งานแพลตฟอร์มดิจิทัลต่อไปด้วยการประชาสัมพันธ์ในวงกว้างและสามารถเข้าถึงได้จากลิงค์ www.lavadurian.com ดังแสดงในภาพที่ 5 ซึ่งพบว่าในช่วงทดลองใช้งานเดือนแรกมีเกษตรกรขึ้นทะเบียน 91 ราย เกิดการซื้อขาย 250 รายการ คิดเป็นมูลค่ารวม ไม่น้อยกว่า 250,000 บาท โดยมีอัตราความสำเร็จของการทำธุรกรรม 98.5% ซึ่งผลการพัฒนาและทดสอบแสดงให้เห็นว่าแพลตฟอร์มนี้สามารถเป็นช่องทางการค้าออนไลน์ที่มีประสิทธิภาพสำหรับทุเรียนภูเขาไฟจังหวัดศรีสะเกษได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน



ภาพที่ 5 โฆษณาประชาสัมพันธ์แพลตฟอร์มดิจิทัลและโมบายแอปพลิเคชันสำหรับส่งเสริมการค้าออนไลน์ของทุเรียนภูเขาไฟจังหวัดศรีสะเกษไปยังผู้ใช้งาน

1.2 ผลการพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันสำหรับส่งเสริมการค้าออนไลน์ของทุเรียนภูเขาไฟจังหวัดศรีสะเกษ
ผู้วิจัยได้พัฒนาโมบายแอปพลิเคชันสำหรับผู้ขายโดยเฉพาะ เพื่ออำนวยความสะดวกในการบริหารจัดการร้านค้าและคำสั่งซื้อแบบเคลื่อนที่ โดยใช้ Flutter Framework ซึ่งมีสถาปัตยกรรมแบบ Widget-based UI ที่มีประสิทธิภาพสูง ทำให้สามารถพัฒนาแอปพลิเคชันที่รองรับทั้งระบบปฏิบัติการ iOS ภายใต้ชื่อ "Lava Durian" และ Android ภายใต้ชื่อ "ทุเรียนลาวา" จากชุดซอร์สโค้ดเดียว การทำงานของแอปพลิเคชันเชื่อมต่อกับระบบ หลังบ้านผ่าน REST APIs ที่พัฒนาด้วย Django REST Framework โดยมีการรักษาความปลอดภัยด้วย Token-based Authentication สำหรับผู้ขายที่ลงทะเบียนในระบบเท่านั้น แอปพลิเคชันประกอบด้วย 5 เมนูหลัก ได้แก่ 1) หน้าหลัก แสดงผลสินค้าในร้านที่

วางขาย 2) ออเดอร์ สำหรับตรวจสอบและปรับสถานะการชำระเงิน 3) สินค้า สำหรับแสดงสินค้าและสถานะ 4) เพิ่ม สำหรับเพิ่มรายการสินค้าใหม่ และ 5) จัดการ สำหรับการจัดตั้งค่าต่าง ๆ ผู้ขายสามารถลงทะเบียนและล็อกอินเข้าระบบจัดการสินค้า ตรวจสอบออเดอร์ และปรับสถานะการจัดส่ง โดยข้อมูลรูปภาพและเอกสารต่าง ๆ จะถูกจัดเก็บบน Google Cloud Storage ที่มีระบบ CDN ช่วยให้การโหลดรูปภาพสินค้าทำได้รวดเร็ว พร้อมระบบสำรองข้อมูลอัตโนมัติ การแสดงผลรองรับการทำงานแบบ Responsive ทำให้สามารถปรับขนาดการแสดงผลให้เหมาะสมกับหน้าจออุปกรณ์ที่หลากหลายในขณะที่ผู้ซื้อสามารถเข้าถึงระบบผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลบนเว็บไซต์เพื่อเลือกซื้อสินค้าได้โดยตรง โดยผลของการพัฒนาสามารถแสดงดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ภาพเมนูขององแพลตฟอร์มและโมบายแอปพลิเคชัน

2. ผลของการศึกษาประสิทธิภาพแพลตฟอร์มดิจิทัลและโมบายแอปพลิเคชันสำหรับส่งเสริมการค้าออนไลน์ของทุเรียนภูเขาไฟจังหวัดศรีสะเกษ

จากตารางที่ 1 ประสิทธิภาพแพลตฟอร์มดิจิทัลและโมบายแอปพลิเคชันสำหรับส่งเสริมการค้าออนไลน์ของทุเรียนภูเขาไฟจังหวัดศรีสะเกษ โดยภาพรวมพบว่า มีระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.67$, $S.D = 0.17$) และเมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ด้านโปรแกรมและการออกแบบมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ($\bar{X} = 4.78$,

ปัญญา เชี่ยวชาญ เบิกบาน คุณธรรม

Intellectual, Professional, Cheerfulness, Morality

S.D = 0.22) รองลงมาด้านภาพประกอบและโครงสร้าง ($\bar{X}$ = 4.69, S.D = 0.31) และด้าน ที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ด้านความถูกต้องและเนื้อหา ($\bar{X}$ = 4.56, S.D = 0.33) ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพแพลตฟอร์มดิจิทัลและโมบายแอปพลิเคชันสำหรับส่งเสริมการค้าออนไลน์ของทุเรียนภูเขาไฟจังหวัดศรีสะเกษ

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น
1. ด้านความถูกต้องและเนื้อหา	4.56	0.33	มากที่สุด
2. ด้านภาพประกอบและโครงสร้าง	4.69	0.31	มากที่สุด
3. ด้านโปรแกรมและการออกแบบ	4.78	0.22	มากที่สุด
โดยรวม	4.67	0.17	มากที่สุด

3. ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้แพลตฟอร์มดิจิทัลและแอปพลิเคชันสำหรับส่งเสริมการค้าออนไลน์ของทุเรียนภูเขาไฟจังหวัดศรีสะเกษ

จากตารางที่ 2 ผลประเมินความพึงพอใจของแพลตฟอร์มดิจิทัลและโมบายแอปพลิเคชันสำหรับส่งเสริมการค้าออนไลน์ของทุเรียนภูเขาไฟจังหวัดศรีสะเกษ โดยภาพรวมพบว่า มีระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.54, S.D = 0.21) และเมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ด้านการออกแบบมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.62, S.D = 0.36) รองลงมาด้านประสิทธิภาพ ($\bar{X}$ = 4.62, S.D = 0.39) และด้านที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ด้านเนื้อหา ($\bar{X}$ = 4.43, S.D = 0.45) ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจของแพลตฟอร์มดิจิทัลและโมบายแอปพลิเคชันสำหรับส่งเสริมการค้าออนไลน์ของทุเรียนภูเขาไฟจังหวัดศรีสะเกษ

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น
1. ด้านเนื้อหา	4.43	0.45	มาก
2. ด้านการใช้งาน	4.48	0.49	มาก
3. ด้านการออกแบบ	4.62	0.36	มากที่สุด
4. ด้านประสิทธิภาพ	4.62	0.39	มากที่สุด
ภาพรวม	4.54	0.21	มากที่สุด

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาแพลตฟอร์มดิจิทัลและโมบายแอปพลิเคชันเพื่อส่งเสริมการค้าออนไลน์ของทุเรียนภูเขาไฟจังหวัดศรีสะเกษ โดยใช้ Flutter Framework สำหรับพัฒนาแอปพลิเคชันแบบ Cross-platform และ Django REST Framework สำหรับพัฒนา RESTful APIs ในระบบหลังบ้าน โดย APIs ที่พัฒนาขึ้นแบ่งเป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่ (1) Authentication APIs ที่ใช้ Token-based Authentication ตามมาตรฐาน OWASP สำหรับยืนยันตัวตนผู้ขายที่ขึ้นทะเบียน GI (2) CRUD Operations APIs สำหรับจัดการข้อมูลสินค้า ราคา และสต็อกแบบเรียลไทม์ และ

(3) Transaction APIs สำหรับจัดการคำสั่งซื้อและติดตามสถานะการจัดส่ง ทั้งนี้ APIs ทั้งหมดถูกออกแบบให้รองรับการทำงานแบบ Stateless และมีการเข้ารหัสข้อมูลด้วย SSL/TLS เพื่อความปลอดภัยในการรับส่งข้อมูล ผลการประเมินประสิทธิภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ 9 คน พบว่าระบบมีประสิทธิภาพโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.67) โดยเฉพาะในด้านการทำงานของ APIs ที่มีความเสถียรและตอบสนองรวดเร็ว และผลการประเมินความพึงพอใจจากผู้ใช้ 23 คน อยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.54) ในช่วงทดลองใช้งานเดือนแรก มีเกษตรกรขึ้นทะเบียน 91 ราย เกิดการซื้อขาย 250 รายการ มูลค่ารวมไม่น้อยกว่า 250,000 บาท โดยมีอัตราความสำเร็จของการทำธุรกรรมผ่าน APIs 98.5% ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของ APIs ที่พัฒนาขึ้นในการรองรับการทำธุรกรรมจำนวนมาก แพลตฟอร์มนี้จึงมีศักยภาพในการขยายผลไปสู่สินค้าเกษตรอื่น ๆ ในอนาคต

อภิปรายผล

งานวิจัยนี้เป็นการบูรณาการเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ากับการค้าทุเรียนภูเขาไฟศรีสะเกษ เพื่อสร้างช่องทางจำหน่ายออนไลน์ที่มีประสิทธิภาพและน่าเชื่อถือ จากผลการพัฒนาและทดสอบระบบมีประเด็นสำคัญที่นำมาอภิปรายดังนี้ 1) การพัฒนาระบบใช้ APIs ในการเชื่อมต่อระหว่างแพลตฟอร์มและแอปพลิเคชัน โดยมีอัตราความสำเร็จของการทำธุรกรรม 98.5% ส่วนข้อผิดพลาด 1.5% เกิดจากปัญหาการเชื่อมต่อเครือข่ายและการ Timeout เมื่ออัปโหลดรูปภาพขนาดใหญ่ ซึ่งได้แก้ไขด้วยระบบบีบอัดรูปภาพอัตโนมัติและการปรับค่า Timeout 2) การทดสอบซอฟต์แวร์พบปัญหาสำคัญสองประการ คือ การจัดการ State เมื่อมีการสั่งซื้อพร้อมกันหลายรายการ และความล่าช้าในการซิงค์ข้อมูล จึงได้ปรับปรุง State Management และเพิ่ม Caching Mechanism เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ 3) การใช้งานจริงพบว่าผู้ขายไม่คุ้นเคยกับการอัปเดตสถานะสินค้า จึงพัฒนาระบบแจ้งเตือนและคู่มือแบบ interactive เพิ่มเติม ส่วนการยืนยันตัวตนด้วย GI แม้จะสร้างความเชื่อมั่น แต่กระบวนการตรวจสอบที่ต้องใช้ผู้ดูแลระบบทำให้เกิดความล่าช้าในการเปิดร้าน และ 4) จุดเด่นของงานวิจัยคือการพัฒนาด้วย Flutter แบบ Cross-platform และการออกแบบ RESTful APIs ที่ยืดหยุ่น รองรับการขายพื้เจอรในอนาคด การใช้ Google Cloud Storage ช่วยจัดการไฟล์และสำรองข้อมูล ได้ดีแม้จะมีต้นทุนที่เพิ่มตามปริมาณการใช้งาน อย่างไรก็ตาม ยังมีข้อจำกัดที่ต้องพัฒนาต่อ คือ ระบบยังไม่รองรับโหมดออฟไลน์ และประสิทธิภาพ APIs ยังไม่เต็มที่เนื่องจากข้อจำกัดของทรัพยากรในฝั่งเครื่องแม่ข่ายทำให้ระบบช้าลงเมื่อมีผู้ใช้งานพร้อมกันจำนวนมาก

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1.1 การพัฒนาแพลตฟอร์มและโมบายแอปพลิเคชันควรเน้นการออกแบบให้เรียบง่าย สะท้อนความเป็นท้องถิ่นและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในท้องถิ่นให้ชัดเจน ให้ความสำคัญกับการทำให้การสั่งซื้อเป็นเรื่องง่าย

1.2 การให้ข้อมูลโฆษณาเกี่ยวกับทุเรียนภูเขาไฟให้ครบถ้วน จังหวัดศรีสะเกษ และใช้โซเชียลมีเดียในการสร้างความตระหนักรู้และส่งเสริมการขาย

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ศึกษาพฤติกรรมการซื้อขายและการบริโภคทุเรียนออนไลน์ของผู้บริโภคในกลุ่มเป้าหมายรวมทั้ง การเข้าถึงและการใช้แพลตฟอร์มดิจิทัล เพื่อเข้าใจความต้องการของผู้บริโภคผ่านทางช่องทางการซื้อขายออนไลน์

2.2 พัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมในการพัฒนาแพลตฟอร์ม เช่น การใช้เทคโนโลยีบล็อกเชน เพื่อรับประกันความถูกต้องและความโปร่งใสของห่วงโซ่อุปทาน การใช้ไลน์แชทบอทเพื่อความสะดวกในการเข้าถึงข้อมูลสินค้าและโต้ตอบได้อย่างรวดเร็ว

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้สามารถสำเร็จลงได้ด้วยดีจากความรู้และการสนับสนุนจากหลายฝ่าย ผู้วิจัยขอขอบพระคุณจังหวัดศรีสะเกษที่มอบทุนในการพัฒนาแพลตฟอร์มและโมบายแอปพลิเคชันในครั้งนี้ และขอขอบพระคุณสำนักงานพาณิชย์จังหวัดศรีสะเกษ หอการค้าจังหวัดศรีสะเกษ และสำนักงานเกษตรจังหวัดศรีสะเกษ ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลและประชาสัมพันธ์การใช้งาน

เอกสารอ้างอิง

- Ganiyu, M., Egwuche, O. S., & George, C. J. (2023). Development of a Mobile Application for Marketing Agricultural Farm Products. *International Journal of Women in Technical Education and Employment*, 4(1), 13-21.
- Peter, A., & Latha, S. (2021). A study on online marketing of agricultural products in Sivagangai district. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research*, 8(3), 2803-2806.
- Rattawit Angkhasakulkiat, Phisan Sookkhee, and Sirikanlaya Sookkhee. (2024). The Causal Factors Affecting the Purchase Intention of Lava Durian Sisaket Consumers in Thailand. *Journal of Applied Economics and Management Strategy*, 11(2), 70-87.
- Chulapongvanich, P., Boonperm, W., & Kamnungwut, W. (2021). Research And Development Fine Silver Jewelry Platform for Digital Society. *The Proceedings of the 3rd BAs National Conference 2021 "Business Transformation: Social Challenges"*, July 9, 2021, at Srinakharinwirot Prasarnmit University, 1-16. (in Thai)
- Demeter ICT. (2023). *What is API? Why is it becoming more popular every day? Explained in simple terms*. [Online]. Retrieved from: <https://www.dmit.co.th/th/zendesk-updates-th/what-is-api/> (in Thai)
- Department of Intellectual Property. (2018). *Registration of Geographical Indication for Sisaket Lava Durian*. [Online]. Retrieved from: <https://ipthailand.go.th/images/2284/GI61100112.pdf> (in Thai)
- IT Genius Engineering. (2014). *What is a Mobile Application?* [Online]. Retrieved from: <https://www.itgenius.co.th/article/Mobile%20Application%20คืออะไร.html> (in Thai)

- Joocharoen, R. (2016). *Media Production Website Public Relations Ecotourism in Lampang Province*. Chiang Mai: Graduate School. Chiang Mai Rajabhat University. (in Thai)
- Manpao, P., & Netwong, T. (2021). Digital Platform to Elverate Service Businesses in the COVID-19 Era. *Journal of Management Science, Sakon Nakhon Rajabhat University*, 1(1), 57-65. (in Thai)
- Office of Agricultural Economics Region 11 Ubon Ratchathani. (2021). Sisaket Volcano Durian. [Online]. Retrieved from: <https://www.oae.go.th/view/> (in Thai)
- National Economic and Social Development Council. (2023). National Economic and Social Development Plan No. 13 B.E. 2566 - 2570 (2023-2027). [Online]. Retrieved from: https://www.nesdc.go.th/ewt_dl_link.php?nid=13150 (in Thai)
- Ongwimolkan, W., & Natthawutsit, S. (2019). Development of an Organizational Management System with Digital Platform: A Case Study of Smart Farm Business. *PKRU SciTech Journal*, 2(2), 1-6. (in Thai)
- Prachachat Business. (2024). Domestic Economy. [Online]. Retrieved from: <https://www.prachachat.net/economy/news-1482249> (in Thai)
- Suwannasri, P., Suwannasri, P., & Chansawang, S. (2021). A Development of Application Presenting Virtual Tourist Attractions with Panoramic Image on the City Wall in Chiang Mai Province. *Sripatum Review of Science and Technology*, 13(1), 172-185. (in Thai)
- TIME Consulting. (2024). *The Influence of Digital Platforms: Intermediaries that Need Regulation*. [Online]. Retrieved from: <https://www.timeconsulting.co.th/what-is-digital-platforms> (in Thai)

การพัฒนาเทคนิคการวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานน้ำเพื่อการพัฒนาโรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบยั่งยืน

เกียรติศักดิ์ สกุลพันธ์¹, ธนภัทร พรหมวัฒนภักดี^{2,*}

^{1,2} คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

Received: 30 August 2024

Revised: 9 December 2024

Accepted: 10 December 2024

บทคัดย่อ

โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กแบบน้ำไหลผ่านตลอดปี (Run of River Hydropower Plant) มีค่าตัวชี้วัดประสิทธิภาพการใช้งาน (Plant Capacity Factor) ต่ำถึง 14 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีสาเหตุหลักจากอัตราการไหลของน้ำที่เกิดขึ้นจริง ในขณะที่แผนพัฒนาพลังงานทดแทนของกระทรวงพลังงานมุ่งเน้นการเพิ่มกำลังการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำขนาดเล็กในพื้นที่ที่มีศักยภาพทั่วประเทศ การพัฒนาเทคนิคเพื่อประเมินศักยภาพพลังงานน้ำและกำหนดกำลังการผลิตติดตั้งที่เหมาะสมจึงเป็นสิ่งสำคัญยิ่ง การศึกษานี้นำเสนออัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นโดยใช้ข้อมูลอัตราการไหลจริงร่วมกับฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการคำนวณ พร้อมทั้งแก้ปัญหาข้อมูลที่ขาดหายเนื่องจากการทำงานของเครื่องกังหันที่กำหนดอัตราการไหลต่ำสุดที่เครื่องสามารถทำงานได้ ถูกระบุในอัลกอริทึมเพื่อความสมจริง ผลลัพธ์จากการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการใช้อัลกอริทึมดังกล่าวช่วยประเมินศักยภาพพลังงานน้ำได้อย่างแม่นยำ ทั้งในแง่ของกำลังการผลิตติดตั้งและการผลิตกระแสไฟฟ้ารายปี นอกจากนี้ยังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำกับความต่อเนื่องของการทำงานของเครื่องกังหัน ซึ่งสามารถรองรับการทำงานตลอดปีอย่างมีประสิทธิภาพ อัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปปรับใช้จริงก่อนการก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบน้ำไหลผ่านตลอดปี เพื่อเพิ่มศักยภาพการใช้ทรัพยากรน้ำและตอบสนองต่อเป้าหมายของแผนพัฒนาพลังงานทดแทนในอนาคต

คำสำคัญ: โรงไฟฟ้าพลังน้ำ น้ำไหลผ่านตลอดปี การประเมินศักยภาพพลังงานน้ำ การพัฒนาอย่างยั่งยืน

* ผู้ประสานงานหลัก; อีเมล: Thanapat.pr@spu.ac.th

Algorithmic Assessment of Water Flow Potential for Sustainable Run-of-River Hydropower Plant Development

Kiattisak Sakulpan¹, Thanapat Promwattanapakdee^{2,*}

^{1,2} Faculty of Engineering, Sripatum University

Received: 30 August 2024

Revised: 9 December 2024

Accepted: 10 December 2024

Abstract

Small-scale run-of-river hydropower plants typically exhibit a low Plant Capacity Factor (PCF) of only 14%, primarily due to variations in actual water flow rates. Meanwhile, the Ministry of Energy's renewable energy development plan emphasizes increasing electricity generation from small hydropower plants in areas with potential water resources nationwide. Therefore, developing techniques to assess hydropower potential and determine optimal installed capacity is critical. This study presents an algorithm designed to use actual flow rate data and probability distribution functions to enhance computational accuracy and address missing data issues. Additionally, the algorithm incorporates turbine operation constraints, such as the minimum flow rate required for operation, to improve reliability. The results demonstrate that the proposed algorithm effectively assesses hydropower potential in terms of both optimal installed capacity and annual electricity generation. Moreover, the study highlights the relationship between water flow rates and the continuous operation of hydropower turbines, supporting year-round efficiency. The algorithm is adaptable for real-world application in run-of-river hydropower plants, enhancing water resource utilization and aligning with national renewable energy development goals.

Keywords: Hydropower plant, Run-of-river, Hydropower potential, Sustainable development

* Corresponding Author; E-mail: Thanapat.pr@spu.ac.th

ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก (Alternative Energy Development Plan: AEDP) ของกระทรวงพลังงาน ได้นำเสนอเป้าหมายในการเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนต่อการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย (Total Final Energy Consumption) ไม่ต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ในรูปแบบพลังงานไฟฟ้าความร้อนและเชื้อเพลิงชีวภาพ ภายในปี พ.ศ. 2593 (ค.ศ. 2050) ซึ่งการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำขนาดเล็ก เป็นหนึ่งในเป้าหมายการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน ในทางกลับกัน โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กที่อยู่ในความดูแลของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ก็กระจายอยู่หลายพื้นที่ทางภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย จากรายงานข้อมูลกำลังการผลิตกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยย้อนหลัง 10 ปีของโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กพบว่า ตัวชี้วัดประสิทธิภาพการใช้งานของโรงไฟฟ้า (Plant Capacity Factor) ที่เป็นสัดส่วนของพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จริงกับค่าพลังงานไฟฟ้าสูงสุดที่สามารถผลิตได้ อยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำกว่า 45 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าต่ำสุดอยู่ที่ 14.67 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 1 อย่างไรก็ตามข้อมูลบ่งชี้ว่าการประเมินศักยภาพกำลังการผลิตของโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กในรูปแบบการไหลผ่านตลอดทั้งปี (Run of River Hydropower Plant) มีความคลาดเคลื่อนค่อนข้างมาก เนื่องจากโรงไฟฟ้าพลังน้ำรูปแบบนี้ ไม่มีเขื่อนขนาดใหญ่ในการกักเก็บน้ำ มีเพียงแค่ฝายน้ำล้นเพื่อกักเก็บน้ำบางส่วนและปล่อยน้ำให้ไหลล้นฝายเพื่อการใช้อุปโภคบริโภคและระบบนิเวศน์รอบโรงไฟฟ้านั้นๆ ในขณะที่ประเทศไทยมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มสูงขึ้น เพื่อใช้ในการพัฒนาในด้านต่างๆ ดังที่กล่าวมา จึงมีการแสวงหาแหล่งพลังงานทดแทนและเทคโนโลยีใหม่ๆ โดยเฉพาะการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ ไพทรีย์ เหล่าดี และคณะ (2012) ได้นำเสนอผลการศึกษาการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำขนาดเล็กที่มีศักยภาพในพื้นที่เขตภาคเหนือตอนล่าง อีกทั้ง ปณิติตา นรเศรษฐ์ปัญญา และคณะ (2022) มีการศึกษาศักยภาพการใช้พลังงานน้ำในการผลิตกระแสไฟฟ้าของอ่างเก็บน้ำแม่ทก อ่างเก็บน้ำแม่ตำ และ อ่างเก็บน้ำแม่เว ในพื้นที่จังหวัดลำปาง ยิ่งไปกว่านั้น Phethuayluk (2014) ได้นำเสนอผลการศึกษาความเป็นไปได้ของศักยภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากประตูระบายน้ำของโครงการชลประทานจำนวน 4 แห่งและน้ำตกอีก 14 แห่ง ในพื้นที่จังหวัดพัทลุง ซึ่งผลการศึกษาทั้งหมดไม่ได้รับถึงเทคนิคการประเมินพลังงานน้ำที่แน่ชัด ไม่ได้วิเคราะห์ข้อมูลย้อนหลังของสภาพอากาศและการไหลของน้ำเพื่อหาแนวโน้มและความแปรปรวน รวมไปถึงการใช้ทรัพยากรน้ำในพื้นที่อย่างคุ้มค่า จึงเป็นที่มาของการศึกษาวิจัยหัวข้อการประเมินศักยภาพการผลิตกำลังงานไฟฟ้าจากพลังงานน้ำในประเทศไทย

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลกำลังการผลิตของโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กของ กฟภ.

โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก	แม่เตียน	แม่ใจ	แม่ยะ	แม่ปาย	แม่เทย	ขุนแปะ
1. ชนิดของเครื่องกังหันพลังน้ำ	Francis	Francis	Turgo	Turgo	Turgo	Turgo
2. กำลังการผลิตติดตั้ง (KW)	2x965	875	1,150	2x1,259	2,250	90
3. กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยรายปี (kW)	498.9	219.9	494.8	915.0	912.5	13.2
4. ประสิทธิภาพการใช้งาน (%)	25.85	25.12	43.02	36.34	40.56	14.67

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาเทคนิคการประเมินศักยภาพพลังงานน้ำและกำลังการผลิตติดตั้งของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก ก่อนการก่อสร้าง ภายใต้การใช้ทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับนโยบายพลังงานทดแทนของ ภาครัฐ

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Niadas & Mentzelopoulos (2008) งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการใช้ความน่าจะเป็นในการประเมินการออกแบบ และประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก วิธีการนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อระบุความไม่แน่นอนที่มีผลต่อการออกแบบ และมุมมองทางเศรษฐกิจของโครงการพลังงานน้ำขนาดเล็ก ภายใต้ข้อจำกัดของวิธีการออกแบบแบบเดิมที่ใช้เส้นโค้ง ระยะเวลาการไหลในอดีต ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ในโรงไฟฟ้าขนาดเล็กในภูเขาของกรีซแสดงให้เห็นว่าผลลัพธ์ สามารถนำไปใช้ในหลายสภาพแวดล้อมทางอุทกวิทยาและเศรษฐกิจต่าง ๆ ได้

Luisa Liucci et al. (2014) การศึกษานี้ประเมินผลกระทบของระบบการไหลของน้ำในแม่น้ำและความไม่ แน่นอนทางอุทกวิทยาต่อการผลิตพลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าแบบน้ำไหลผ่านตลอดทั้งปี ในประเทศ อิตาลี โดยใช้ Flow Duration Curves (FDCs) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าผลผลิตพลังงานลดลงเมื่อการไหลของน้ำคงที่ไปสู่การไหล ในรูปแบบน้ำหลาก และอัตราการการผลิตลดลงเมื่อมีการออกแบบการไหลที่สูงขึ้น นอกจากนี้การวิเคราะห์ FDCs ยัง แสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างการผลิตพลังงานในฤดูร้อนและฤดูฝน ซึ่งช่วยในการออกแบบการไหลที่เหมาะสม ตามลักษณะอุทกวิทยาของกลุ่มน้ำ

Cavalcanti & Reis (2017) ได้นำเสนอวิธี Most Probable Maximum Hydrograph (MPMH) ในการแก้ไข ข้อจำกัดของวิธีการทางสถิติในการคำนวณการไหลสูงสุด ใช้ข้อมูลจากกราฟน้ำท่าที่สังเกตได้ เช่น คาบเวลาการเกิด , การไหลสูงสุด และปริมาณที่เกี่ยวข้อง โดยใช้สมการถดถอยเชิงเส้นหรือการแจกแจงเอ็กซ์โพเนนเชียล วิธีนี้มีศักยภาพ สูงในการประเมินการไหลออกแบบ เมื่อเทียบกับวิธีการแบบดั้งเดิม ข้อท้าทายอยู่ที่การตัดสินใจเรื่องคาบเวลาของ กราฟน้ำท่า มาตรฐานที่เป็นปัจจัยสำคัญในการประมาณการไหลสูงสุด

Gemaat et al. (2017) ได้นำเสนอการประเมินศักยภาพทางเทคนิคและเศรษฐกิจของพลังงานน้ำทั่วโลก พบว่า พลังงานน้ำมีศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าได้ถึง 9.49 PWh ต่อปี ในราคาต่ำกว่า 0.50 ดอลลาร์ต่อ kWh โดยใช้ ระดับความสูงหัวน้ำและอัตราการไหลของน้ำในการคำนวณ พบว่าพื้นที่ที่มีศักยภาพสูงสุดอยู่ในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก (39%), อเมริกาใต้ (25%) และแอฟริกา (24%) และสามารถผลิตไฟฟ้าได้ในราคาต่ำกว่า 0.10 ดอลลาร์ต่อ kWh

Shengwan et al. (2019) นำเสนอการวิเคราะห์พลังงานน้ำใน 4 ประเทศในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ได้แก่ มาเลเซีย อินโดนีเซีย ไทย และพม่า โดยเน้นถึงศักยภาพและความสำคัญของพลังงานน้ำในการตอบสนองความ ต้องการพลังงานที่เพิ่มขึ้น งานวิจัยนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับสถานะทรัพยากรพลังงานน้ำ สถานการณ์ปัจจุบันของ การพัฒนา และการกระจายตัวของสถานีไฟฟ้าพลังน้ำ รวมถึงนโยบายพลังงาน ข้อได้เปรียบ อุปสรรค และ ข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาในอนาคตของทั้ง 4 ประเทศ

แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การเปลี่ยนพลังงานศักย์จากการไหลของน้ำจากผลต่างของระดับความสูงเป็นพลังงานจลน์ด้วยชุดควบคุม การไหลของน้ำเพื่อให้ความเร็วน้ำไหลสัมผัสกับพื้นผิวใบกังหันที่เชื่อมต่อกับเพลาลำให้เกิดการหมุนเพื่อเปลี่ยนเป็น

พลังงานกลและต่อเนื่องไปที่เพลาคู่มือกำเนิดไฟฟ้าเพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายเข้าสู่ระบบ คือ หลักการทำงานของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ ดังนั้น อัตราการไหลของน้ำ และระดับความสูงหัวน้ำ คือตัวแปรสำคัญต่อการคำนวณค่ากำลังงานติดตั้ง ซึ่งการตรวจวัดค่าอัตราการไหลของน้ำและความถี่ของการเกิดค่าการไหลตลอดทั้งปีจะเป็นตัวแปรที่สร้างความแม่นยำต่อการประมาณศักยภาพการผลิตไฟฟ้า ในขณะที่ Paish (2002) ได้นำเสนอค่ากำลังการผลิตติดตั้งของโรงไฟฟ้าพลังน้ำสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 1

$$P_{in} = \rho g Q_D H_N \quad (1)$$

เมื่อ P_{in} คือ กำลังการผลิตติดตั้ง (kW), Q_D คืออัตราการไหลออกแบบ (m^3/s), และ H_N คือความสูงหัวน้ำสุทธิ (m) โดยปกติทั่วไป การประเมินศักยภาพการผลิตติดตั้งจะใช้อัตราการไหลเฉลี่ยของน้ำที่เกิดขึ้นในการประเมินกำลังการผลิตกระแสไฟฟ้า เนื่องจากมีความเป็นไปได้ 50 เปอร์เซ็นต์ที่อัตราการไหลจะเกิดขึ้น แต่ค่าเฉลี่ยนี้อาจจะไม่สามารถใช้ในการพิจารณาเลือกขนาดและชนิดเครื่องกังหันพลังน้ำ ที่สามารถทำการผลิตพลังงานไฟฟ้าสูงสุดได้ตลอดทั้งปี ดังนั้น ความเป็นไปได้ของช่วงการเกิดอัตราการไหลของน้ำจะต้องถูกพิจารณาเพื่อใช้เป็นตัวแปรในการคำนวณหาค่าผลรวมของกำลังการผลิตติดตั้ง ดังนั้นสมการที่ 1 สามารถเขียนใหม่เป็น

$$P_{in} = \sum_{i=1}^n [\rho g Q_D H_N P_{r,i}] \quad (2)$$

เมื่อ P_r คือ ความเป็นไปได้ของช่วงการเกิดอัตราการไหล, i คือ ลำดับของช่วงการเกิดอัตราการไหล, และ n คือจำนวนทั้งหมดของช่วงการเกิดอัตราการไหล อย่างไรก็ตาม ตัวแปรของความน่าจะเป็นของช่วงการเกิดอัตราการไหลของน้ำ สามารถใช้ในการเพิ่มความแม่นยำของการประเมินกำลังการผลิตติดตั้งรวมของโรงไฟฟ้าพลังน้ำได้ รวมไปถึงการประเมินกำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้ารายปี ได้จากสมการที่ 3

$$E = P_{in} hr \quad (3)$$

เมื่อ E คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อปี (kWh/year), P_{in} คือ กำลังการผลิตติดตั้ง (kW), และ hr คือ จำนวนชั่วโมงการทำงานภายในหนึ่งปี (hrs/year) อย่างไรก็ตาม ค่ากำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้าสูงสุดของแต่ละชนิดเครื่องกังหันจะมีความแตกต่างกันซึ่งจะขึ้นอยู่กับขอบเขตการทำงาน ดังนั้น *กรณีศึกษา*นี้จะใช้ข้อมูลทั้งหมดของโรงไฟฟ้าพลังน้ำบ้านขุนแปะ ตั้งอยู่ที่ อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งอยู่ในความดูแลของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) มาทำการศึกษาแนวทางใหม่ของการประเมินศักยภาพการผลิตติดตั้งเมื่อทำการพิจารณาอัตราการไหลของน้ำที่เกิดขึ้นในแต่ละวันจะพบว่า มีความเป็นไปได้ที่อัตราการไหลของน้ำจะเกิดขึ้นซ้ำอีกครั้งในวันอื่นๆ ดังนั้น ความน่าจะเป็นของช่วงการเกิดต้องถูกนำมาใช้ เพื่อประเมินความถี่ของการเกิดซ้ำของอัตราการไหลของน้ำในช่วงดังกล่าว จึงสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 4

$$P_r = \frac{n}{N} \quad (4)$$

เมื่อ Pr คือ ความน่าจะเป็นของช่วงการเกิด, n คือ จำนวนข้อมูลในแต่ละช่วงการเกิด, และ N คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมดของช่วงการเกิด ซึ่งวิธีการคำนวณความน่าจะเป็นของช่วงการเกิดสามารถทำได้ดังนี้:

- จัดเรียงข้อมูลอัตราการไหลที่คำนวณได้ จากค่ามากที่สุดไปหาค่าน้อยที่สุด
- กำหนดช่วงหรือพิสัยของข้อมูลอัตราการไหลอย่างละเท่าๆ กัน
- ตรวจนับจำนวนข้อมูล (วัน) ในแต่ละช่วงของการเกิด (n)
- คำนวณผลรวมของจำนวนข้อมูลที่เกิดขึ้นทั้งหมด (N)
- คำนวณความน่าจะเป็นของช่วงการเกิด ด้วยสมการที่ 4

ความผิดพลาดที่เกิดจากการตรวจวัดด้วยเงื่อนไขต่างๆ และการขาดหายของข้อมูล รวมไปถึงจำนวนข้อมูลค่าอัตราการไหลของน้ำที่ทำการจัดเก็บมีจำนวนไม่มากพอที่จะใช้ในการวิเคราะห์ เหล่านี้จะส่งผลกระทบต่อความแม่นยำของการประเมินกำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้า อย่างไรก็ตาม การเพิ่มความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ได้ทำการจัดเก็บมา วิธีการทางสถิติศาสตร์ที่เรียกว่า ฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็น (Probability Distribution Function) จึงถูกนำมาใช้ในกรณีศึกษาครั้งนี้ ตำราจำนวนมากรวมถึงเอกสารงานวิจัย ได้แนะนำให้ใช้วิธีการวัดความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum likelihood method) ในการคำนวณค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็น วิธีการนี้เป็นวิธีที่ดีที่สุดเชิงสถิติ และให้ผลการคำนวณที่ผิดพลาดน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่นๆ โดยฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นที่ได้รับการนิยมในการวิเคราะห์ข้อมูลทางอุทกวิทยาจะมีอยู่ 3 ฟังก์ชันดังต่อไปนี้

ฟังก์ชันการแจกแจงแบบไวบูล (Weibull distribution function)

เป็นฟังก์ชันการแจกแจงที่นิยมใช้กันมากในงานด้านวิศวกรรม เนื่องจาก มีความสามารถหลากหลายและง่ายต่อการใช้งาน ฟังก์ชันการแจกแจงแบบไวบูล ประกอบด้วยสองพารามิเตอร์คือ พารามิเตอร์รูปร่าง (Shape parameter) และพารามิเตอร์ขนาด (Scale parameter) ดังนั้น ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น (Probability Density Function, PDF) ของการแจกแจงแบบไวบูล คือ

$$f(x) = \left(\frac{\beta}{\alpha}\right) \left(\frac{x}{\alpha}\right)^{\beta-1} \exp\left\{-\left(\frac{x}{\alpha}\right)^{\beta}\right\} \quad (5)$$

เมื่อ $f(x)$ คือฟังก์ชันความน่าจะเป็นของชุดข้อมูลการไหล (x), α คือ พารามิเตอร์ขนาด, และ β คือ พารามิเตอร์รูปร่าง พารามิเตอร์รูปร่างของการแจกแจงไวบูลแสดงถึงความลาดชันของข้อมูล ซึ่งความแตกต่างของพารามิเตอร์รูปร่างจะส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมของการกระจายข้อมูล ในส่วนของพารามิเตอร์ขนาดของการแจกแจงไวบูล จะส่งผลกระทบต่อการกระจายข้อมูลและการเปลี่ยนแปลงพิกัด เมื่อค่าของพารามิเตอร์ขนาดเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าพารามิเตอร์รูปร่างคงที่ จุดสูงสุดของเส้นโค้ง ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น (PDF) จะลดลง

ฟังก์ชันการแจกแจงแบบล็อกปกติ (Lognormal distribution function)

ฟังก์ชันการแจกแจงแบบปกติและล็อกปกติ คือ หนึ่งในฟังก์ชันการแจกแจงที่ได้รับการนิยมสูงที่สุดในงานทางด้านสถิติ และบ่อยครั้งจะถูกนำมาวิเคราะห์ปัญหาทางด้านอุทกวิทยา ฟังก์ชันการแจกแจงแบบล็อกปกติ คือ การกระจายความน่าจะเป็นแบบต่อเนื่องของตัวแปรสุ่ม ที่มีการกระจายตามปกติแบบลอการิทึม ดังนั้น ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น ของการแจกแจงแบบล็อกปกติ คือ

$$f(x) = \frac{1}{x\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp \left\{ -\frac{1}{2\sigma^2} [\ln(x) - \mu]^2 \right\} \quad (6)$$

เมื่อ พารามิเตอร์ μ และ σ^2 คือ ค่าเฉลี่ย (mean) และค่าความแปรปรวน (variance) ของลอการิทึมฟังก์ชันของตัวแปร x ค่าเฉลี่ย (μ) คือพารามิเตอร์ขนาดของการกระจายข้อมูล และ ค่าความแปรปรวน (σ^2) คือตัวกำหนดพารามิเตอร์รูปร่างของการกระจายข้อมูล

ฟังก์ชันการแจกแจงแบบแกมมา (Gamma distribution function)

ฟังก์ชันการแจกแจงแบบแกมมา มักจะถูกนำมาใช้ในการจำลองปรากฏการณ์ทางธรรมชาติหลายๆ ชนิดรวมไปถึงการแจกแจงข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายวัน, รายเดือน, และรายปี ซึ่งฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น ที่ใช้การแจกแจงแบบแกมมา คือ

$$f(x) = \frac{|\beta|}{\Gamma(\alpha)} (\beta x)^{\alpha-1} \exp\{-\beta x\} \quad (7)$$

เมื่อ α คือ พารามิเตอร์รูปร่าง และ β คือ พารามิเตอร์ขนาดของการกระจายข้อมูล

วิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum likelihood method)

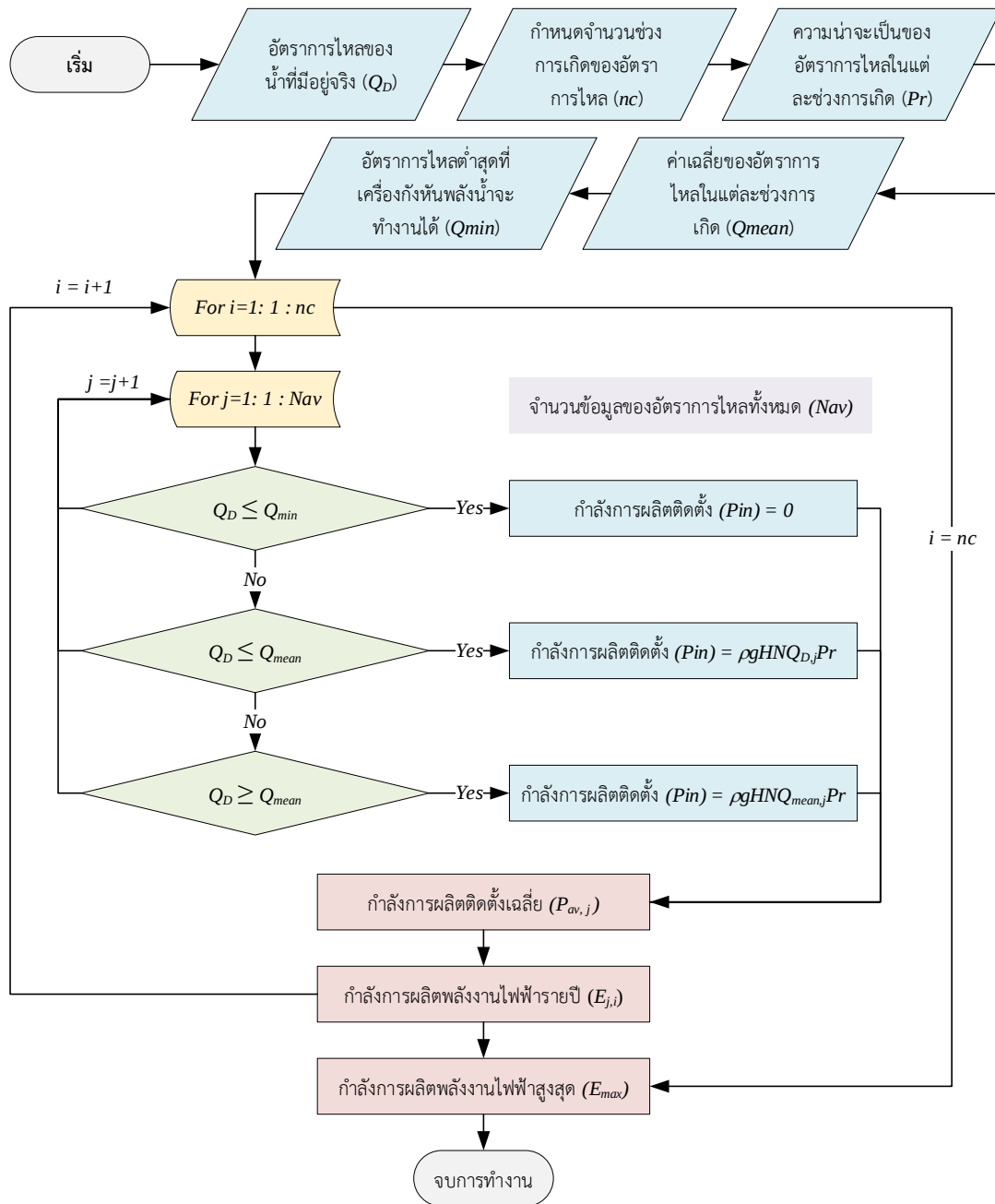
วิธีการหาพารามิเตอร์ต่างๆจากการประมาณค่าของการกระจายข้อมูลที่ตี สามารถหาได้จาก วิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (maximum likelihood method) ถ้ากำหนดให้ชุดข้อมูล n เป็นตัวแปรอิสระ $\{x_1, \dots, x_n\}$ ของตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่อง x , เมื่อนำทั้งหมดมารวมกันในฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น ก็จะได้เป็นสมการ

$$L = \sum_{i=1}^n f(x_i | \theta) \quad (8)$$

เมื่อ θ คือ เวกเตอร์ของพารามิเตอร์การกระจายข้อมูล ค่าความเป็นไปได้สูงสุด ของเวกเตอร์ θ จะเป็นตัวเพิ่มความน่าจะเป็น จึงทำให้แนวโน้มความเป็นไปได้ของการกระจายข้อมูล $\{x_1, \dots, x_n\}$ มีความแม่นยำมากขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยได้เริ่มจากการตรวจวัดระดับน้ำบริเวณฝายน้ำล้นของกลุ่มน้ำแม่แปะในแต่ละวันเพื่อใช้ในการประเมินอัตราการไหลที่เกิดขึ้นจริง ในขณะเดียวกัน ข้อมูลย้อนหลังของกำลังการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำบ้านขุนแปะถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับอัตราการไหลของน้ำที่เกิดขึ้นจริงด้วย อีกทั้งข้อมูลจากสถานวัดน้ำของกรมชลประทานที่ครอบคลุมพื้นที่ของตำบลขุนแปะ อำเภोजอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ ถูกนำมาพิจารณาเปรียบเทียบแนวโน้มของการเกิดอัตราการไหลด้วยเช่นกัน เมื่อได้ข้อมูลทั้ง 3 ส่วน เครื่องมือทางสถิติศาสตร์ถูกนำมาใช้ในการหาค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของข้อมูลด้วยฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็น โดยใช้วิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุดในการพิจารณาเลือกฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็น จากนั้นสร้างชุดข้อมูลใหม่โดยอ้างอิงตามตัวแปรทั้งสองของฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็น ซึ่งในแต่ละช่วงการเกิดอัตราการไหลจะมีค่าความน่าจะเป็นที่แตกต่างกัน เมื่อเสร็จสิ้นการรวบรวมและการจัดเตรียมข้อมูลอัตราการไหลที่เกิดขึ้น ขั้นตอนต่อไปจะเข้าสู่อัลกอริทึมกระบวนการประเมินศักยภาพการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานน้ำที่ถูกเขียนชุดคำสั่งในโปรแกรม MATLAB ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กระบวนการประเมินศักยภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานน้ำที่เกิดขึ้น

เมื่อได้ชุดข้อมูลใหม่ภายใต้ฟังก์ชันแจกแจงความน่าจะเป็น ค่าอัตราการไหลที่เกิดขึ้นจะถูกกำหนดเป็นช่วงของการเกิดโดยใช้ค่าอัตราการไหลสูงสุดบวกกับค่าอัตราการไหลต่ำสุดหารด้วยจำนวนช่วงที่ต้องการ จากนั้นก็จะคำนวณหาความน่าจะเป็นของอัตราการไหลที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วง ซึ่งโปรแกรมจะเริ่มจากการเลือกค่าอัตราการไหลที่มีค่าความน่าจะเป็นสูงสุดของช่วงการเกิดขึ้น และหาค่าอัตราการไหลเฉลี่ยของช่วงนั้นๆ เพื่อใช้ในการคำนวณในลำดับถัดไป โดยค่าอัตราการไหลที่ถูกเลือกจะถูกตรวจสอบด้วยเงื่อนไขขอบเขตการทำงานของเครื่องกังหันพลังน้ำแต่ละชนิดเพื่อใช้คำนวณกำลังการผลิตติดตั้ง อัตราการไหลที่เกิดขึ้นภายใต้ค่าความน่าจะเป็นที่ต่ำกว่าก็จะถูกใช้ในการคำนวณลำดับถัดไป จนกระทั่งบรรลุวัตถุประสงค์ของการประเมินกำลังการผลิตติดตั้งที่ใช้ทรัพยากรน้ำอย่างคุ้มค่า

รวมไปถึงเครื่องกังหันพลังงานน้ำสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องตลอดทั้งปี ภายใต้ประสิทธิภาพการใช้งานสูงสุด ในกระบวนการสุดท้ายของอัลกอริทึมจะเป็นการประเมินกำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้าสูงสุดรายปี ผลลัพธ์ของอัลกอริทึมจะประกอบไปด้วย อัตราการไหลของน้ำออกแบบ ขนาดกำลังผลิตติดตั้งของโรงไฟฟ้า ค่าประเมินกำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้ารายปี

4.1 การตรวจวัดอัตราการไหลของน้ำที่เกิดขึ้น

ข้อมูลอัตราการไหลของน้ำที่เกิดขึ้นในลุ่มน้ำแม่เปะ ถูกตรวจวัดและจัดเก็บข้อมูลตลอดระยะเวลา 1 ปี ซึ่งการจัดเก็บข้อมูลจะใช้วิธีการตรวจวัดความสูงของระดับน้ำบริเวณสันฝายน้ำล้นของโรงไฟฟ้า เพื่อนำมาคำนวณด้วยวิธีทางอ้อมเพื่อหาค่าอัตราการไหลด้วยเทคนิค Weir method วิธีการนี้จะให้ความแม่นยำของข้อมูลอยู่ ± 1.7 ถึง ± 3 เปอร์เซ็นต์ที่อัตราการไหลไม่เกิน 4 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที โดยพื้นฐานของสมการที่ใช้ในการวัดอัตราการไหลของน้ำด้วยวิธีฝายน้ำล้นคือ

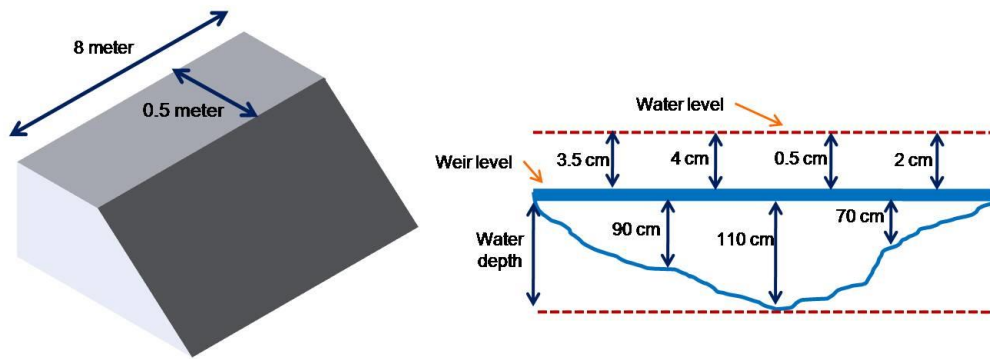
$$Q_{weir} = C_d b \sqrt{g} \left(H + \frac{v_1^2}{2g} \right) \approx C_d b \sqrt{g} H^{3/2} \quad (9)$$

C_d คือ สัมประสิทธิ์อัตราการไหล ซึ่งได้จากการทดลองที่ขึ้นอยู่กับรูปทรงของฝายและตัวเลขเรย์โนลด์ (Reynolds number) สามารถหาได้จากสมการด้านล่างนี้:

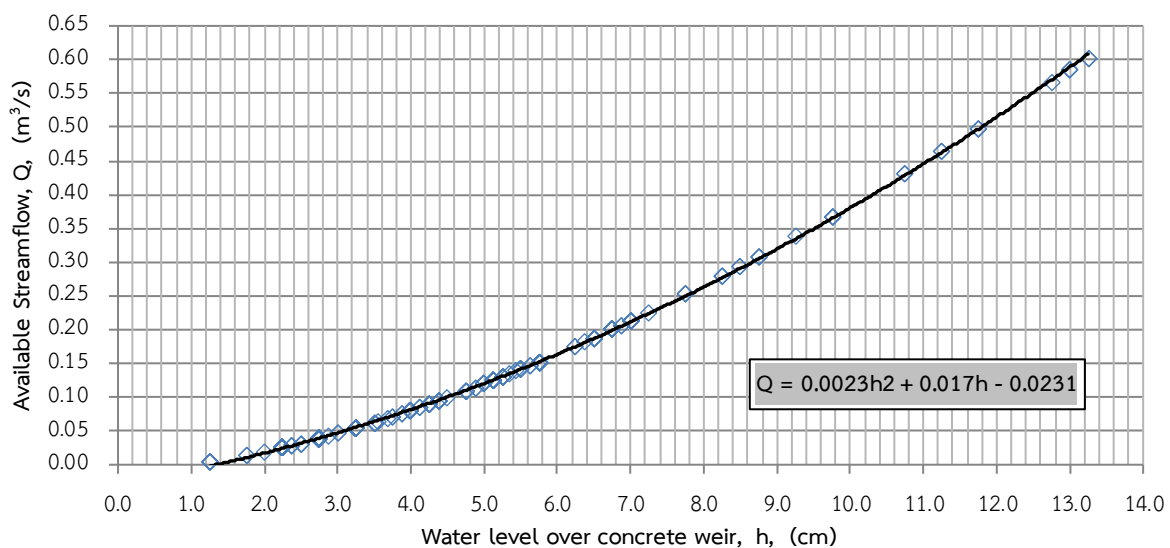
$$C_d \approx 0.544 \left(1 - \frac{\delta/L}{H/L} \right)^{3/2} \quad (10)$$

$$\delta/L \approx 0.001 + 0.2 \sqrt{\varepsilon/L} \quad (11)$$

เมื่อ Q_{weir} คือ อัตราการไหลของน้ำ (m^3/s), H คือ ความสูงของผิวน้ำบริเวณสันฝาย (m), C_d คือ ค่าสัมประสิทธิ์อัตราการไหล, b คือ ความยาวของฝาย (m), L คือ ความกว้างของสันฝาย (m), δ/L คือ อัตราส่วนระยะขจัด, และ ε คือ ความสูงเฉลี่ยของพื้นผิวขรุขระ (mm) ของคอนกรีตมีค่าประมาณ 0.015 mm ขนาดของฝายคอนกรีตและขนาดพื้นที่หน้าตัดของลำน้ำได้แสดงในภาพที่ 2 ตำแหน่งการวัดความสูงของผิวน้ำบริเวณสันฝายจะแบ่งออกเป็น 4 ตำแหน่ง อย่างไรก็ตาม จำนวนของข้อมูลในการวัดมีความสำคัญมาก กับความน่าเชื่อถือและความแม่นยำของข้อมูลที่ใช้ในการประเมินศักยภาพของการผลิตพลังงานไฟฟ้า ดังนั้น การวัดความสูงของน้ำเพื่อใช้ในการคำนวณหาอัตราการไหลจะต้องกระทำซ้ำ ๆ เพื่อเพิ่มความถูกต้องของชุดข้อมูล ซึ่งการวัดความสูงของน้ำบริเวณสันฝาย จะแบ่งออกเป็นสองช่วงเวลาคือ ช่วงเวลาเช้า กับ ช่วงเวลาเย็น ของทุกๆ วันตลอดระยะเวลาหนึ่งปีเป็นอย่างต่ำ จากภาพที่ 2 จะเห็นว่าระดับความสูงของน้ำกับพื้นผิวฝายมีค่าแตกต่างกัน เนื่องจากพื้นผิวของฝายที่ขรุขระเกิดการหลุดล่อนจากกระแสน้ำที่ไหลล้นฝาย ทำให้เกิดการกัดเซาะของน้ำ ส่งผลต่อระดับที่อ้างอิงจากพื้นผิวฝายถึงผิวน้ำ ทำให้มีค่าแตกต่างกันตามรูปแต่ตำแหน่งที่ใช้ในการวัดยังคงเป็นจุดเดิมทุกครั้งที่ทำ การตรวจวัด



ภาพที่ 2 ขนาดของฝายคอนกรีต และ ความสูงของผิวน้ำบริเวณสันฝาย และพื้นที่ตัดขวางของกลุ่มน้ำ

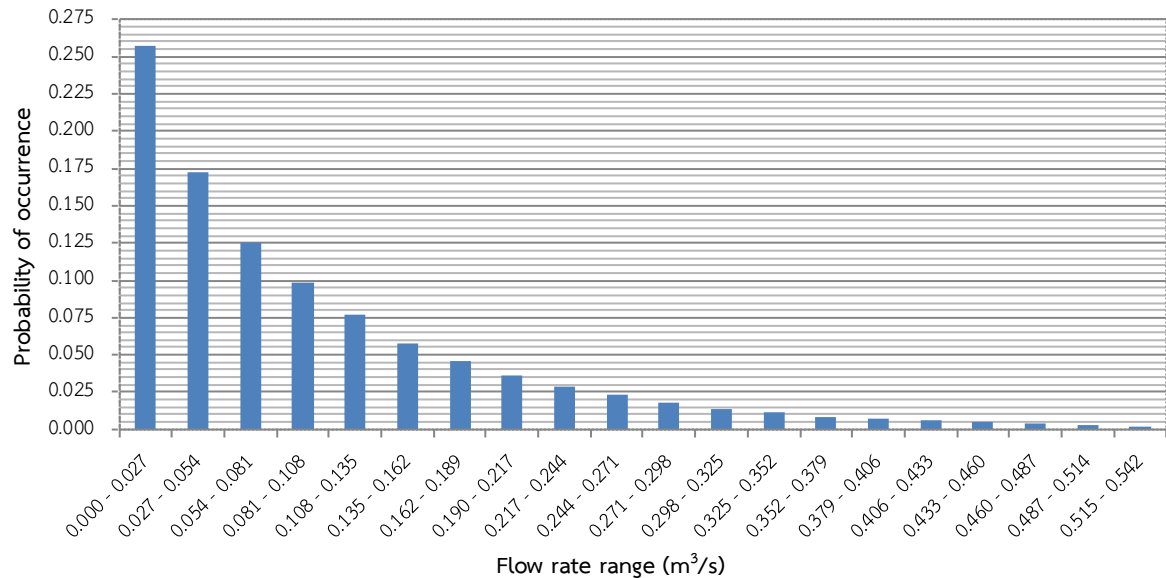


ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของระดับน้ำและอัตราการไหลที่เกิดขึ้นของกลุ่มน้ำแม่แปะ ที่ไหลเข้าสู่โรงไฟฟ้า

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลอัตราการไหลของน้ำที่ได้ทำการจัดเก็บ

จากการตรวจวัดอัตราการไหลของน้ำเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของผิวน้ำที่วัดได้บริเวณสันฝายกับค่าอัตราการไหลของน้ำที่เกิดขึ้น ตลอดระยะเวลา 1 ปี ที่แสดงอยู่ในภาพที่ 3 ชุดข้อมูลนี้แสดงให้เห็นว่า ช่วงของการเกิดอัตราการไหลของน้ำต่ำ ๆ มีความหนาแน่นมากหรือเกิดขึ้นซ้ำ ๆ กันบ่อยครั้งกว่า การเกิดอัตราการไหลของน้ำสูง ๆ ซึ่งจะอยู่ในช่วงระหว่างค่าเฉลี่ยและค่าเฉลี่ยลบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เมื่อพิจารณากับชุดข้อมูลของสถานีวัดน้ำ P14 ของกรมชลประทาน พบว่า มีความคล้ายคลึงกันมากและมีแนวโน้มของการเกิดไปในทิศทางเดียวกัน จากนั้นเครื่องมือสำเร็จรูปทางสถิติศาสตร์ในโปรแกรม MATLAB ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์การกระจายตัวของข้อมูลด้วยฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็น พบว่าฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบแกมมา มีความน่าจะเป็นสูงสุด มากกว่าฟังก์ชันการแจกแจงแบบไวบูลและล็อกปกติ โดยมีค่าเบี่ยงเบนของค่าขนาดพารามิเตอร์ 0.106 และค่าพารามิเตอร์รูปร่าง 0.013 ดังนั้น เพื่อแก้ปัญหาความผิดพลาดที่เกิดจากการตรวจวัดและการขาดหาย

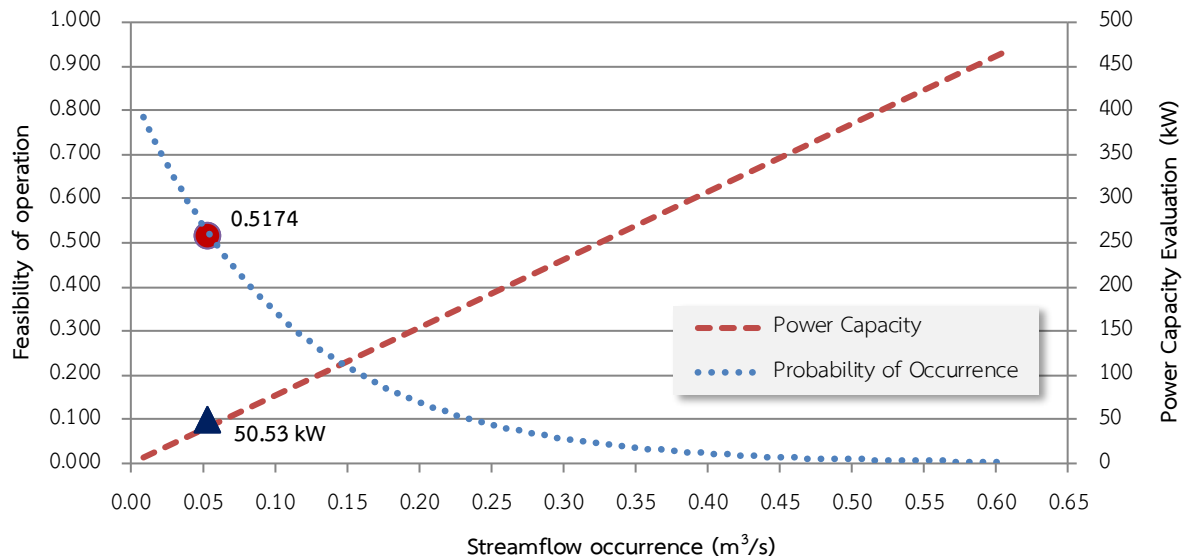
ของข้อมูล อีกทั้งเพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับชุดข้อมูลฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบแกมมา จึงถูกนำมาใช้สร้างการกระจายของชุดข้อมูลอัตราการไหลใหม่ และพบว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลใหม่มีค่าต่ำกว่า ชุดข้อมูลที่ได้ทำการจัดเก็บ หมายความว่าความแปรปรวนของชุดข้อมูลใหม่ต่ำ และเมื่อทำการสร้างกราฟความสัมพันธ์ของความเป็นไปได้ ดังแสดงในภาพที่ 4 การกระจายตัวของชุดข้อมูลมีความสมบูรณ์และถูกต้องมากขึ้น



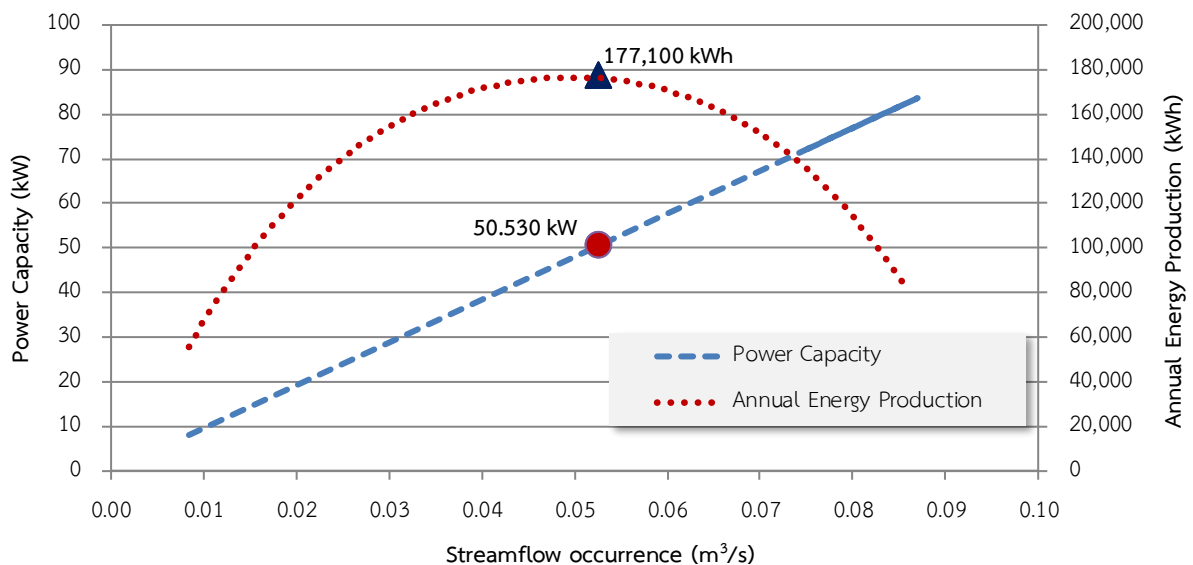
ภาพที่ 4 ความน่าจะเป็นของช่วงการเกิดอัตราการไหลของกลุ่มน้ำแม่แปะ ที่ไหลเข้าสู่โรงไฟฟ้าฯ

ผลการศึกษาวิจัย

จากกราฟแท่งแสดงชุดข้อมูลใหม่ของความน่าจะเป็นของช่วงการเกิดอัตราการไหลในกลุ่มน้ำแม่แปะ ดังแสดงในภาพที่ 4 ค่าพิสัยอัตราการไหลช่วง 0.000 ถึง 0.0270 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีที่มีความน่าจะเป็นสูงสุดที่จะเกิดขึ้นในชุดข้อมูลนี้ โดยค่าเฉลี่ยของอัตราการไหลจากค่าพิสัยดังกล่าวเท่ากับ 0.0135 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ที่ความเป็นไปได้ 25 เปอร์เซนต์หรือคิดเป็น 92 วันต่อปีที่จะเกิดช่วงอัตราการไหลนี้ซึ่งค่าค่าเฉลี่ยดังกล่าวจะเป็นค่าเริ่มต้นในอัลกอริทึมประเมินศักยภาพการผลิตติดตั้งของโรงไฟฟ้าดังแสดงในภาพที่ 1 ค่าพิสัยของอัตราการไหลที่มีลำดับสูงขึ้นแต่มีความเป็นไปได้ของการเกิดที่ต่ำกว่าค่าแรกจะถูกพิจารณาในลำดับถัดไปและจะคำนวณซ้ำไปเรื่อยๆ ตามเงื่อนไขของอัลกอริทึมผลลัพธ์ของแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้ากับความเป็นไปได้ที่เครื่องกังหันพลังน้ำสามารถทำกำลังการผลิตสูงสุด 50 กิโลวัตต์ได้ตลอดทั้งปี ดังแสดงในภาพที่ 5 ในขณะที่ช่วงเวลาอื่นๆ เครื่องกังหันก็ยังคงทำงานต่อเนื่อง ภายใต้เงื่อนไขขอบเขตอัตราการไหลต่ำสุดที่เครื่องกังหันจะทำงานได้ ซึ่งผลลัพธ์ของอัลกอริทึมแสดงให้เห็นว่าโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำบ้านขุนแปะสามารถผลิตกำลังงานไฟฟ้าจ่ายเข้าสู่ระบบได้ถึง 177,100 หน่วยต่อปี ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นไปได้ที่จะผลิตกำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 50 kW ตลอดทั้งปี



ภาพที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับกำลังการผลิตติดตั้งและปริมาณพลังงานไฟฟ้า

6. อภิปรายผลการศึกษาวิจัย

การผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานน้ำต้องอาศัยการแปลงพลังงานจลน์และพลังงานศักย์จากการไหลของน้ำตามธรรมชาติผ่านใบกังหันพลังน้ำที่เชื่อมต่อกับเพลาเพื่อสร้างพลังงานกล ปัจจัยสำคัญที่ต้องพิจารณาในการออกแบบกำลังการผลิตติดตั้งของโรงไฟฟ้าคืออัตราการไหลของน้ำจริง ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการทำงานของโรงไฟฟ้า การศึกษาข้อมูลในอดีตของโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมากในประเทศไทยพบว่า มีตัวชี้วัดประสิทธิภาพการใช้งาน (Plant Capacity Factor) ที่ต่ำ เนื่องจากการกำหนดกำลังการผลิตติดตั้งไม่สอดคล้องกับอัตราการไหลจริง เพื่อแก้ไขปัญหาในการศึกษานี้ได้นำเสนอแนวทางใหม่ในการวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานน้ำสำหรับประเมินความเหมาะสมของกำลังการผลิตติดตั้ง โดยมุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรน้ำอย่างคุ้มค่าและตอบสนองต่อความต้องการพลังงานอย่างยั่งยืน

การวิจัยได้พัฒนาอัลกอริทึมในโปรแกรม MATLAB โดยใช้ข้อมูลการไหลของน้ำจากกลุ่มน้ำแม่แปะ รวมถึงข้อมูลย้อนหลังของการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าบ้านขุนแปะ และข้อมูลจากสถานีวัดน้ำ เพื่อวิเคราะห์ความน่าจะเป็นของการเกิดอัตราการไหลจริง อัลกอริทึมนี้ออกแบบมาเพื่อประเมินศักยภาพพลังงานน้ำและกำลังการผลิตติดตั้งอย่างแม่นยำและเหมาะสมที่สุด ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าอัตราการไหลเฉลี่ยต่ำมีแนวโน้มเกิดขึ้นตลอดทั้งปี ซึ่งช่วยให้เครื่องกังหันสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง โดยผลลัพธ์จากอัลกอริทึมใกล้เคียงกับค่าการผลิตเฉลี่ยของโรงไฟฟ้าฯ การศึกษานี้จึงบรรลุวัตถุประสงค์ในการพัฒนาแนวทางใหม่ที่สามารถใช้เป็นขั้นตอนสำคัญในการวางแผนก่อนการตัดสินใจก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังน้ำในอนาคต เพื่อให้มั่นใจว่าการใช้ทรัพยากรธรรมชาติเกิดประโยชน์สูงสุด พร้อมทั้งสอดคล้องกับนโยบายพลังงานทดแทนและการพัฒนาอย่างยั่งยืนของประเทศ

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

- (1) ยังมีจำนวนข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์มากก็จะทำให้ผลลัพธ์ของอัลกอริทึม มีความแม่นยำขึ้น
- (2) ชุดข้อมูลอัตราการไหลที่เกิดขึ้นจริง มีความสัมพันธ์กับข้อมูลสภาพภูมิอากาศและปริมาณน้ำฝน เพื่อให้เกิดความน่าเชื่อถือของข้อมูลจึงควรจัดเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่อง และควรใช้ข้อมูลย้อนหลังมากกว่า 5 ปี ร่วมกับการวิเคราะห์

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

- (1) ควรประยุกต์อัลกอริทึมใช้กับแหล่งข้อมูลของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำอื่นๆ เพื่อตรวจสอบความแม่นยำของผลลัพธ์ที่ได้ ก่อนการก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังน้ำฯ
- (2) ควรประยุกต์อัลกอริทึมประเมินศักยภาพการผลิตให้สามารถพิจารณาเลือกชนิดของเครื่องกังหันที่เหมาะสมกับข้อมูลอัตราการไหลและความสูงหัวน้ำที่จะติดตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ที่มอบโอกาสและความไว้วางใจให้ทุนสนับสนุนดำเนินโครงการวิจัยฯ อีกทั้งอำนวยความสะดวกในการติดต่อประสานงานกับหน่วยงานต่างๆ ทั้งภายในและภายนอก ให้การสนับสนุนข้อมูลทางเทคนิค, และให้การดูแลตลอดระยะเวลาในการดำเนินโครงการวิจัย อีกทั้งขอขอบคุณ อธิการบดีมหาวิทยาลัยศรีปทุม คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม ที่ให้การสนับสนุน ส่งเสริมให้เกิดความร่วมมือทางด้านการวิจัยกับหน่วยงานภายนอก

เอกสารอ้างอิง

- Anagnostopoulos, J. S., & Papantonis, D. E. (2007). Optimal sizing of run-of-river small hydropower plants. *Energy Conversion and Management*, 48(10), 2663–2670.
- Cavalcanti, D. L. O., Reis, L. F. R., (2017) Maximum Design Flow Estimates for Large Basins Using the Local Frequency Analysis (LFA) and the Most Probable Maximum Hydrograph (MPMH) Methods – a Critical Analysis. *Water Resource Manage*, 31, 127–141

- Gernaat, D. E. H. J., Bogaart, P. W., & Vuuren, D. P. V. (2017) High-resolution assessment of global technical and economic hydropower potential. *Nature Energy*, 2, 821–828.
- Laodee, P., Ketjoy, N., Sukjai, S., Chamsa-ard, W., & Sonsaree, S. (2013), The Community development with Pico-hydro power plants in Thailand. *Journal of Community Development Research*, 5(2), 15-30.
- Liucci, L., Valigi, D. & Casadei, S., (2014) A New Application of Flow Duration Curve (FDC) in Designing Run-of-River Power Plants. *Water Resource Manage*, 28, 881–895.
- Niadas, I.A., & Mentzelopoulos, P.G., (2008) Probabilistic Flow Duration Curves for Small Hydro Plant Design and Performance Evaluation. *Water Resource Manage*, 22, 509–523.
- Norasretpanya, P., Jittasamroeng, K., & Sintunavarat, W. (2022), Efficiency Analysis of Hydroelectric Power Plant Establishment for Medium Reservoirs: A Case Study of Lampang Province. *Thai Journal of Operations Research*, 10(1), 128-139.
- Paish, O. (2002) Small Hydropower: technology and current status. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 6(6), 537-556.
- Phethuayluk, S. (2014), Potential of Hydroelectricity in Phatthalung Province. *Burapha Science Journal*, 19(2), 122-138.
- Tang, S., Chen, J., Sun, P., Li, Y., Yu, P., & Chen, E. (2019) Current and future hydropower development in Southeast Asia countries (Malaysia, Indonesia, Thailand and Myanmar). *Energy Policy*, 129, 239-249.

คำแนะนำในการเตรียมและการส่งต้นฉบับ

วารสารศรีปทุมปริทัศน์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กองบรรณาธิการ วารสารศรีปทุมปริทัศน์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม มีความยินดีที่จะรับบทความจากทุกท่าน เพื่อตีพิมพ์และเผยแพร่ในวารสาร เพื่อความสะดวกในการพิจารณา จึงขอแนะแนวทางการเตรียมต้นฉบับและส่งต้นฉบับ ดังนี้

ประเภทของบทความ

- บทความวิจัย (Research Article)** หมายถึง เป็นการนำเสนอผลการวิจัยอย่างเป็นระบบ กล่าวถึงความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ ขอบเขตการวิจัย การดำเนินการวิจัย ผลการวิจัย สรุปอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ
- บทความวิชาการ (Academic Article)** หมายถึง งานเขียนซึ่งเป็นเรื่องที่น่าสนใจ เป็นความรู้ใหม่ กล่าวถึง ความเป็นมาของปัญหา วัตถุประสงค์ แนวทางการแก้ปัญหา มีการใช้แนวคิดทฤษฎี ผลงานวิจัยจากแหล่งข้อมูล เช่น หนังสือวารสารวิชาการ อินเทอร์เน็ต ประกอบการวิเคราะห์ วิจัย เสนอแนวทางการแก้ไข
- บทความปริทัศน์ (Review Article)** หมายถึง งานวิชาการที่ประเมินสถานะล่าสุดทางวิชาการ เฉพาะทางที่มีการศึกษาค้นคว้า มีการวิเคราะห์และสังเคราะห์องค์ความรู้ ทั้งทางกว้างและทางลึกอย่างทันสมัย โดยให้ข้อวิพากษ์ที่ชี้ให้เห็นแนวโน้มที่ควรศึกษาและพัฒนาต่อไป
- บทวิจารณ์หนังสือ (Book Review)** หมายถึง บทความที่วิพากษ์วิจารณ์เนื้อหาสาระ คุณค่า และคุณภาพ ของหนังสือ บทความ หรือผลงานสิ่งประดิษฐ์ โดยใช้หลักวิชาและดุลพินิจ อันเหมาะสม

องค์ประกอบของบทความ

- บทความวิจัย (Research Article)**
บทความวิจัย ประกอบด้วยหน้าชื่อเรื่อง บทคัดย่อ และเนื้อหาของบทความ โดยมีข้อมูลตามลำดับดังนี้ ชื่อเรื่อง ชื่อผู้เขียน สังกัด (ภาควิชา คณะ สถาบัน) และอีเมล ของผู้เขียนสำหรับติดต่อ ในส่วนบทคัดย่อต้องระบุถึงแบบแผนการวิจัย วัตถุประสงค์ ประชากรและตัวอย่าง เครื่องมือวิจัย การเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และผลการวิจัย ความยาวไม่เกิน 250 คำ ในกรณีที่ต้นฉบับเป็นภาษาไทย ให้เขียนบทคัดย่อทั้งภาษาไทย และภาษาอังกฤษ ระบุคำสำคัญของเรื่อง (Keywords) จำนวนไม่เกิน 5 คำ ในส่วนเนื้อหาของบทความ ให้เริ่มต้นจากความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ กรอบแนวคิดในการวิจัย (ถ้ามี) สมมติฐานการวิจัย (ถ้ามี) วิธีดำเนินการวิจัย ผลการวิจัย อภิปรายผล ข้อเสนอแนะ และกิตติกรรมประกาศ (ถ้ามี)
- บทความวิชาการ (Academic Article)**
บทความวิชาการ ประกอบด้วยชื่อเรื่อง บทคัดย่อ และเนื้อหาของบทความ โดยเรียงลำดับดังนี้ ชื่อเรื่อง ชื่อผู้เขียน สังกัด (ภาควิชา คณะ สถาบัน) และอีเมลของผู้พิมพ์ สำหรับติดต่อ ในส่วนบทคัดย่อ ต้องระบุถึงวัตถุประสงค์ หัวข้อที่นำเสนอ สรุป และข้อเสนอแนะ โดยเนื้อหาในบทคัดย่อความยาวไม่เกิน 250 คำ ในกรณีที่ต้นฉบับเป็น

ภาษาไทย ให้เขียนบทคัดย่อทั้งภาษาไทย และภาษาอังกฤษ ระบุคำสำคัญของเรื่อง (Keywords) จำนวนไม่เกิน 5 คำ ในส่วนเนื้อหาของบทความ ให้เริ่มต้นจากบทนำ ที่แสดงเหตุผลหรือที่มาของประเด็นที่ต้องการอธิบายหรือวิเคราะห์ ในส่วนเนื้อหาสาระ จะเป็นการอธิบายหรือวิเคราะห์ประเด็นตามหลักวิชาการ โดยมีการสำรวจเอกสารหรืองานวิจัย เพื่อสนับสนุนจนสามารถสรุปผลการวิเคราะห์ในประเด็นนั้นได้ อาจเป็นการนำความรู้จากแหล่งต่างๆ มาประมวลร้อยเรียงเพื่อวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ โดยผู้เขียนสามารถแสดงทัศนะทางวิชาการของตนเองไว้อย่างชัดเจนด้วย ส่วนสุดท้ายจะเป็นส่วนสรุปและข้อเสนอแนะ มีการเขียนเอกสารอ้างอิงที่ครบถ้วนสมบูรณ์

3. บทความปริทัศน์ (Review Article)

บทความปริทัศน์ ประกอบด้วยชื่อเรื่อง ชื่อผู้เขียน สังกัด (ภาควิชา คณะ สถาบัน) และอีเมลของผู้เขียน สำหรับติดต่อ บทความปริทัศน์เป็นการนำเสนอภาพรวมของเรื่องที่น่าสนใจ ในส่วนของเนื้อหาของบทความ ต้องมีบทนำ เพื่อกล่าวถึงความน่าสนใจของเรื่องที่น่าสนใจก่อนเข้าสู่เนื้อหาในแต่ละประเด็น และต้องมีบทสรุปเรื่องที่เสนอ พร้อมข้อเสนอแนะจากผู้เขียนเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวสำหรับให้อ่านได้พิจารณาประเด็นที่น่าสนใจต่อไปผู้เขียนควรตรวจสอบเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับบทความที่น่าสนใจอย่างละเอียด โดยเฉพาะอย่างยิ่งเนื้อหาที่ใหม่ที่สุด ข้อมูลที่น่าสนใจจะต้องไม่จำเพาะเจาะจงเฉพาะผู้อ่านที่อยู่ในสาขาของบทความเท่านั้น แต่ต้องนำเสนอข้อมูลที่ซึ่งผู้อ่านในสาขาอื่นสามารถเข้าใจได้

4. บทวิจารณ์หนังสือ (Book Review)

บทวิจารณ์หนังสือ ประกอบด้วยชื่อเรื่อง ชื่อผู้เขียน สังกัด (ภาควิชา คณะ สถาบัน) และอีเมลของผู้เขียน สำหรับติดต่อ ชื่อเรื่องของบทวิจารณ์หนังสือควรเรียกร้องความสนใจของผู้อ่านและสื่อความหมายได้ชัดเจน เช่น ตั้งชื่อตามชื่อหนังสือที่ต้องการวิจารณ์ ตั้งชื่อตามจุดมุ่งหมายของเรื่อง ตั้งชื่อด้วยการให้ประเด็น ขวนคิด ขวนสงสัย เป็นต้น ในส่วนบทนำ เป็นการเขียนนำเกี่ยวกับหนังสือที่จะวิจารณ์ ในส่วนเนื้อหา เป็นส่วนแสดงความคิดเห็นและรายละเอียด ในการวิจารณ์ โดยนำเสนอจุดเด่น และจุดบกพร่องของเรื่องอย่างมีหลักเกณฑ์และมีเหตุผล และส่วนสุดท้ายเป็นบทสรุป เป็นการเขียนสรุปความคิดทั้งหมดที่วิจารณ์และให้แง่คิด หรือข้อสังเกตที่เป็น ประโยชน์ต่อผู้อ่าน นอกจากนี้บทสรุปยังช่วยให้ผู้อ่านได้ทบทวน ประเด็นสำคัญของเรื่องและความคิดสำคัญของผู้วิจารณ์ แม้ว่าผู้อ่านอาจจะไม่ได้อ่านบทวิจารณ์ทั้งบท แต่ได้อ่านบทสรุปก็สามารถทราบเรื่องของหนังสือที่นำมาวิจารณ์ รวมทั้งความคิดเห็นของผู้วิจารณ์ที่มีต่อหนังสือเรื่องนั้นได้

การเตรียมต้นฉบับ

1. ขนาดของบทความ: ควรจัดพิมพ์บทความด้วย Microsoft Word บนกระดาษขนาด A4 หน้าเดียว ประมาณ 26 บรรทัด ต่อ 1 หน้า แบบแนวตั้ง (Portrait) รูปแบบตัวอักษร (Font) ให้ใช้ตัวอักษร TH Sarabun PSK ขนาดของตัวอักษร (Font size) เท่ากับ 16 และใส่เลขหน้าตั้งแต่ต้นจนจบบทความที่ด้านบนขวาของกระดาษ (ยกเว้นหน้าแรก) ความยาวของบทความไม่ควรเกิน 15 หน้า สำหรับการตั้งค่าหน้ากระดาษ (Page setup) และส่วนระยะขอบ (Margins) กำหนดดังนี้

ด้านบน (Top)	2.54 ซม.	ด้านล่าง (Bottom)	2.54 ซม.
ด้านซ้าย (Left)	2.54 ซม.	ด้านขวา (Right)	2.54 ซม.
หัวกระดาษ (Header)	1.25 ซม.	ท้ายกระดาษ (Footer)	1.25 ซม.

2. ชื่อเรื่อง ชื่อผู้เขียน และสังกัด (Title, Author's name, Author's affiliation): ชื่อเรื่องภาษาไทยและภาษาอังกฤษจัดกึ่งกลาง ให้ใช้ตัวอักษร TH Sarabun PSK ขนาดของตัวอักษร 18 ตัวหนา ส่วนชื่อ-นามสกุลผู้เขียน และสังกัด ให้เขียนทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ทั้งนี้ ชื่อผู้เขียนให้ใช้ตัวอักษร TH Sarabun PSK ขนาดของตัวอักษร 16 ตัวหนา และไม่ต้องระบุค่านำหน้าชื่อ เช่น นาย นาง นางสาว ดร. ผศ. รศ. ศ. เป็นต้น ส่วนสังกัดให้ใช้ตัวอักษร TH Sarabun PSK ขนาดของตัวอักษร 16 ตัวหนา ให้ระบุสาขาวิชา ภาควิชา คณะ สถาบัน หรือหน่วยงานที่สังกัด พร้อมอีเมลในการติดต่อ ทั้งนี้ กรณีมีผู้เขียนมากกว่า 1 คน ให้ระบุด้วยว่าใคร คือ ผู้ประสานงานหลัก (Corresponding Author)

3. บทคัดย่อ (Abstract): หัวข้อบทคัดย่อให้ใช้ตัวอักษร TH Sarabun PSK ขนาดของตัวอักษร 18 ตัวหนา และขีดซ้าย ส่วนเนื้อความในบทคัดย่อและคำสำคัญให้ใช้ตัวอักษร TH Sarabun PSK ขนาดของตัวอักษร 16 ตัวธรรมดา หากเป็นบทความภาษาไทยให้เขียนบทคัดย่อทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ หากเป็นบทความภาษาอังกฤษให้เขียนบทคัดย่อเป็นภาษาอังกฤษ (หรืออาจมีบทคัดย่อภาษาไทยด้วยหรือไม่ก็ได้) ทั้งนี้ บทคัดย่อภาษาไทยและภาษาอังกฤษ รวมกันไม่ควรเกิน 1 หน้ากระดาษ A4 ให้จัดพิมพ์เป็น 1 คอลัมน์ มีความยาวประมาณ 250 คำ จะต้องพิมพ์คำสำคัญในบทคัดย่อภาษาไทย และพิมพ์ Keywords ในบทคัดย่อภาษาอังกฤษของบทความเรื่องนั้นด้วยจำนวนไม่เกิน 5 คำ

4. เนื้อหา (Content): หัวข้อให้ใช้ตัวอักษร TH Sarabun PSK ขนาดของตัวอักษร 18 ตัวหนาและขีดซ้าย ส่วนเนื้อความในแต่ละหัวข้อให้ใช้ตัวอักษร TH Sarabun PSK ขนาดของตัวอักษร 16 ตัวธรรมดา

5. รูปภาพและตารางประกอบ: ควรมีภาพที่ชัดเจน ถ้าเป็นรูปถ่ายควรมีภาพถ่ายจริงแนบมาด้วย หากเป็นภาพที่คัดลอกมาจากแหล่งอื่นควรเขียนแหล่งอ้างอิงนั้นด้วยตามหลักวิชาการ กรณีรูปภาพให้ใช้คำว่า “ภาพที่” กรณีตารางให้ใช้คำว่า “ตารางที่”

6. เอกสารอ้างอิง (References): การเขียนอ้างอิงให้ใช้ระบบ APA โดยมีเงื่อนไขดังนี้

6.1 เอกสารที่นำมาอ้างอิงต้องมีไม่เกิน 20 รายการ และไม่ควรมีอายุเกิน 10 ปี ยกเว้นแนวคิดหรือทฤษฎีที่เกิดขึ้นก่อน 10 ปีและในปัจจุบันยังมิได้นำมาใช้ อนุโลมให้นำมาใช้อ้างอิงได้

6.2 ให้จัดพิมพ์เป็น 1 คอลัมน์ และเรียงตามลำดับตัวอักษร

6.3 ต้องมีการอ้างอิงบทความที่มีการตีพิมพ์ในวารสารศรีปทุมปริทัศน์ ฉบับมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ อย่างน้อย 1 บทความ

6.4 การอ้างอิงในเนื้อหา ใช้ระบบนามปี [นามสกุล, ปี หรือ นามสกุล (ปี)] และอ้างอิงโดยใช้นามสกุลภาษาอังกฤษเท่านั้น เช่น Yurarach (2017) หรือ (Yurarach, 2017) เป็นต้น ทั้งนี้ หากมีผู้แต่ง 2 คน ให้ใส่นามสกุลทั้งสองคน เช่น Yurarach and Yoothanom (2017) หรือ (Yurarach and Yoothanom, 2017) หากมีผู้แต่งมากกว่า 2 คน ให้ใส่นามสกุลของผู้แต่งคนแรก และตามด้วย “et al.” เช่น Yurarach et al. (2017) หรือ (Yurarach et al., 2017) เป็นต้น

6.5 เอกสารอ้างอิงฉบับภาษาไทยต้องแปลเป็นภาษาอังกฤษทั้งหมด โดยมีแนวทางดังนี้

(1) ต้องแปลเอกสารอ้างอิงภาษาไทยเป็นภาษาอังกฤษทุกรายการ โดยยังคงเอกสารอ้างอิงภาษาไทยเดิมไว้ด้วย เขียนจัดเรียงคู่กัน โดยให้เอกสารอ้างอิงภาษาอังกฤษที่แปลขึ้นก่อนและตามด้วยเอกสารอ้างอิงภาษาไทย และเติมคำว่า “(in Thai)” ต่อท้ายเอกสารอ้างอิงภาษาอังกฤษที่แปลจากภาษาไทย

(2) การเรียงลำดับเอกสารอ้างอิง กรณีเอกสารอ้างอิงที่แปลจากภาษาไทยเป็นภาษาอังกฤษให้เรียงลำดับตามตัวอักษรภาษาอังกฤษ และรายการเอกสารอ้างอิงทุกรายการ หากมีผู้เขียนไม่เกิน 6 คน ให้ใส่ชื่อให้ครบทุกคน แต่หากมีมากกว่า 6 คน ให้ใส่ชื่อทั้ง 6 คน หลังจากคนที่ 6 ให้ตามด้วย “และคณะ” หรือ “et al”

ตัวอย่างการแปลเอกสารอ้างอิงภาษาไทยเป็นภาษาอังกฤษ

ตัวอย่างที่ 1 หนังสือ

ชื่อผู้แต่ง. (ปีพิมพ์). ชื่อหนังสือ. พิมพ์ครั้งที่ (ถ้ามี). สถานที่พิมพ์ (เมือง): สำนักพิมพ์หรือโรงพิมพ์.

Iamsiriwong, O. (2008). *Database Systems*. Bangkok: SE-Education. (in Thai)

โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. (2551). *ระบบฐานข้อมูล*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ด ยูเคชั่น.

ตัวอย่างที่ 2 วารสาร

ชื่อผู้แต่ง. (ปีพิมพ์). ชื่อบทความ. ชื่อวารสาร, ปีที่ (ฉบับที่), หน้าแรก-หน้าสุดท้าย.

Jitsakul, W. and Sodsri, S. (2017). Text Classification Analysis by Stability Comparison of Algorithms. *Sripatum Review of Science and Technology*, 9, 19-31. (in Thai)

วัชรวิวัฒน์ จิตต์สกุล และสุนันทา สดสี. (2559). การวิเคราะห์การจำแนกข้อความด้วยการเปรียบเทียบความเสถียรของอัลกอริทึม. *วารสารศรีปทุมปริทัศน์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 9, 19-31.

ตัวอย่างที่ 3 เว็บไซต์

ชื่อผู้แต่ง. (ปีพิมพ์). ชื่อเรื่อง. [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ วัน เดือน ปี, จาก: URL.

Wikipedia free encyclopedia. (2018). *Globalization* [Online]. Retrieved May 23, 2018, from: <http://th.wikipedia.org/wiki/Globalization>. (in Thai)

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. (2561). *โลกาภิวัตน์* [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 23 พฤษภาคม 2561, จาก : <http://th.wikipedia.org/wiki/Globalization>.

ตัวอย่างที่ 4 รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการ

ชื่อผู้แต่ง. (ปีพิมพ์). ชื่อบทความ. รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการ (ชื่อเอกสาร), วัน เดือน ปี สถานที่จัด, หน้าแรก-หน้าสุดท้าย.

Chaksupa, T. and Bunditwattanawong, T. (2015). An Ontology for Quality Hands-on Examination Development in Information Technology. *The Proceedings of the 10th National Sripatum University Conference (SPUCON2015)*, 22 December 2015 at Sripatum University (Bangkhen Campus), 1581-1589. (in Thai)

ทนุงค์ จักขุพา และเทพฤทธิ์ บัณฑิตวัฒนาวงศ์. (2558). “ออนโทโลยีปัจจัยคุณภาพสำหรับออกข้อสอบภาคปฏิบัติสาขาไอที.” รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยศรีปทุม ครั้งที่ 10 ประจำปี 2558, วันที่ 22 ธันวาคม 2558 ณ มหาวิทยาลัยศรีปทุม, 1581-1589.

ตัวอย่างที่ 5 วิทยานิพนธ์

ชื่อผู้แต่ง. (ปีพิมพ์). ชื่อวิทยานิพนธ์. ระดับปริญญาของวิทยานิพนธ์, ชื่อมหาวิทยาลัย.

Chaksupa, T. (2015). *Ontology Development for Recommender System with Qualitative Factors for Hands-on Examination Selection in Information Technology*. Thesis of the Degree of Doctor of Philosophy Program in Information Technology. Sripatum University. (in Thai)

ทनुวงศ์ จักขุพา. (2559). *การพัฒนาออนโทโลยีปัจจัยเชิงคุณภาพสำหรับระบบค้นหาเชิงความหมาย ในการออกข้อสอบภาคปฏิบัติสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ. วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ. มหาวิทยาลัยศรีปทุม.*

7. บทความทุกเรื่องที่จะให้กองบรรณาธิการพิจารณา ต้องไม่ได้รับการเผยแพร่ที่ไหนมาก่อน หรืออยู่ระหว่างการพิจารณาเผยแพร่ของวารสารอื่นๆ

8. การส่งต้นฉบับบทความ (Submission)

8.1 ส่งต้นฉบับบทความ (Manuscript) ที่จัดเตรียมตามคำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับและตามรูปแบบการอ้างอิงที่วารสารกำหนด (นามสกุล .docx และ .pdf) และส่งผ่านระบบ ThaiJo โดยให้ผู้เขียนเข้าไปลงทะเบียนและทำตามขั้นตอนของระบบ โดยสามารถเข้าไปดำเนินการได้ที่ <https://www.tci-thaijo.org/index.php/spurst>

8.2 กรณีที่บทความไม่ผ่านการพิจารณาเบื้องต้นจากกองบรรณาธิการ ผู้เขียนไม่จำเป็นต้องจ่ายค่าดำเนินการใดๆ แต่กรณีที่กองบรรณาธิการพิจารณาเบื้องต้นแล้วเห็นว่า ควรส่งผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer reviewers) จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบและประเมินคุณภาพของบทความ ผู้เขียนจะต้องจ่ายค่าดำเนินการ (Operation fee) ในอัตรา 6,000 บาท ต่อ 1 บทความ โดยใช้วิธีการโอนเงินเข้าบัญชีธนาคารและส่งสลิปเงินโอนมาที่กองบรรณาธิการวารสารศรีปทุมปริทัศน์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ผ่านช่องทางอีเมล spujournal@spu.ac.th หรือทางไปรษณีย์

(1) ชื่อบัญชีธนาคาร

ธนาคารกรุงเทพ สาขามหาวิทยาลัยศรีปทุม

ชื่อบัญชี มหาวิทยาลัยศรีปทุม ประเภทบัญชี ออมทรัพย์

เลขที่บัญชี 006-8-07686-8

(2) กองบรรณาธิการ วารสารศรีปทุมปริทัศน์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ที่อยู่ ศูนย์ส่งเสริมการวิจัยและการประกันคุณภาพการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีปทุม

เลขที่ 2410/2 ถนนพหลโยธิน แขวงเสนานิคม เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

โทรศัพท์ 0-2579-1111 ต่อ 1331, 1336, 1155

นโยบายและเงื่อนไขในการพิจารณาบทความ (Editorial Policy)

1. บทความที่ส่งมาเพื่อพิจารณาตีพิมพ์ต้องเป็นผลงานที่อยู่ในสาขาวิชาใดวิชาหนึ่งตามวัตถุประสงค์ของวารสาร ได้แก่ (1) General Computer Science (2) General Energy (3) General Engineering (4) Architecture และ (5) General Environmental Science

2. บทความที่ส่งมาต้องไม่เคยได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ที่วารสารใดมาก่อนและต้องไม่อยู่ระหว่างการเสนอเพื่อพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารฉบับอื่น

3. บทความที่ส่งมาจะได้รับการประเมินคุณภาพเบื้องต้นจากกองบรรณาธิการก่อน โดยจะพิจารณาถึงความเหมาะสมและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของวารสาร โดยการพิจารณาแยกเป็น 2 กรณี คือ

3.1 ในกรณีที่บทความไม่ผ่านการพิจารณาเบื้องต้นจากกองบรรณาธิการ บรรณาธิการจะแจ้งปฏิเสธการรับตีพิมพ์บทความ (Reject) พร้อมเหตุผล ข้อเสนอแนะ หรือข้อสังเกตสั้นๆ ให้ผู้ส่งบทความได้รับทราบ ทั้งนี้ผู้เขียนไม่จำเป็นต้องจ่ายค่าดำเนินการใดๆ

3.2 ในกรณีที่บทความผ่านการพิจารณาเบื้องต้นจากกองบรรณาธิการ ผู้เขียนจะต้องจ่ายค่าดำเนินการ (Operation fee) ในอัตรา 6,000 บาท ต่อ 1 บทความ และบรรณาธิการจะส่งบทความให้ผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer reviewers) ในสาขาที่เกี่ยวข้องจำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบคุณภาพของบทความก่อนลงตีพิมพ์ โดยผู้ประเมินไม่ทราบชื่อผู้แต่งและผู้แต่งไม่ทราบชื่อผู้ประเมินบทความ (Double-blind peer review) ทั้งนี้ การจ่ายเงินค่าดำเนินการให้จ่ายผ่านระบบการโอนเข้าบัญชีธนาคารเท่านั้น

4. เมื่อผู้ทรงคุณวุฒิได้พิจารณากลับกรองบทความเรียบร้อยแล้ว กองบรรณาธิการจะพิจารณาว่าบทความนั้นๆ ควรได้ลงตีพิมพ์ (Accept) หรือควรส่งคืนให้ผู้เขียนแก้ไขเพื่อพิจารณาอีกครั้งหนึ่ง (Major/Minor Revision) หรือควรแจ้งปฏิเสธการลงตีพิมพ์ (Reject)

5. กองบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์ในการพิจารณาและตัดสินใจการตีพิมพ์บทความในวารสาร และจะไม่คืนเงินไม่ว่าในกรณีใดๆ

แบบฟอร์มส่งบทความเพื่อพิจารณานำลงวารสารศรีปทุมปริทัศน์

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

เรียน บรรณาธิการ

ข้าพเจ้า (นาย/นาง/นางสาว).....

ตำแหน่ง.....อาจารย์ประจำสาขาวิชา/ภาควิชา.....

คณะ.....มหาวิทยาลัย.....

ขอส่ง () บทความวิจัย () บทความวิชาการ

() บทความหนังสือ () บทความปริทัศน์

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก

ชื่อเรื่อง (ภาษาไทย)

ชื่อเรื่อง (ภาษาอังกฤษ)

คำสำคัญ (ภาษาไทย)

Keywords (ภาษาอังกฤษ)

ชื่อผู้เขียน (ภาษาไทย)

ชื่อผู้เขียน (ภาษาอังกฤษ)

ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวกหมู่ที่.....ซอย.....

ถนน.....ตำบล/แขวง.....อำเภอ/เขต.....

จังหวัด.....รหัสไปรษณีย์.....โทรศัพท์.....

โทรศัพท์มือถือ.....โทรสาร.....E-mail.....

ข้าพเจ้าขอรับรองว่าบทความนี้

() เป็นผลงานของข้าพเจ้าแต่เพียงผู้เดียว

() เป็นผลงานของข้าพเจ้าและผู้ร่วมงานตามชื่อที่ระบุในบทความจริง

บทความนี้ไม่เคยลงตีพิมพ์ในวารสารใดมาก่อน และจะไม่นำไปเพื่อพิจารณาลงตีพิมพ์ในวารสารอื่นๆ อีก นับจากวันที่ข้าพเจ้าได้ส่งบทความฉบับนี้มายังกองบรรณาธิการวารสารศรีปทุมปริทัศน์

ลงนาม

(.....)



NATIONAL AND
INTERNATIONAL
SRIPATUM
UNIVERSITY
CONFERENCE
2025

วารสารศรีปทุมปริทัศน์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

SRIPATUM REVIEW OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

ปีที่ 16 มกราคม – ธันวาคม 2567

บทความวิจัย

- 11 การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องนึ่งลูกประคบสมุนไพรที่ควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติ
: ปาณิดัตร์ แก่นสม, พรหมพิตร บุนนรักษา, ศักดิ์ศรี แก่นสม
- 26 การพัฒนาฟองฟู่คาร์บอนจากกากมะพร้าวเพื่อสำหรับการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง
: สุพิชญ์ชัย แสงแก้วสุข, ปรีณดา สีลาพันธ์
- 39 การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อพยากรณ์คุณภาพการบริหารหลักสูตร
สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
: พิมพ์ประวีร์ รอดอุษา
- 55 ตัวแบบทำนายความเสี่ยงภาวะซึมเศร้าด้วยเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกจาก
ความพึงพอใจพื้นฐานในการดำรงชีพ กรณีศึกษากลุ่มประชากรในจังหวัดกรุงเทพมหานคร
: เมธาสิทธิ์ มีบวร, พัน ดัชนีแก้วมณี
- 73 การจำแนกสายพันธุ์กระเบื้องของเพชรด้วยโมเดลการเรียนรู้เชิงลึก
: จักรินทร์ สันติรัตนภักดิ์, นิชาภัทร ตูลาธาร
- 95 การพัฒนาแพลตฟอร์มดิจิทัลและโมบายแอปพลิเคชันสำหรับส่งเสริมการค้าออนไลน์
ของทุเรียนภูเขาไฟจังหวัดศรีสะเกษ
: พิศาล สุขชัย, สิทธิกลยา สุขชัย
- 111 การพัฒนาเทคนิคการวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานน้ำเพื่อการพัฒนาโรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบยั่งยืน
: เกียรติศักดิ์ สกุลพันธ์, ธนาภัทร พรหมวันนภักดิ์

<https://www.tci-thaijo.org/index.php/spurst>

ISSN 2985 - 1734



NATIONAL AND
INTERNATIONAL
SRIPATUM
UNIVERSITY
CONFERENCE
2025