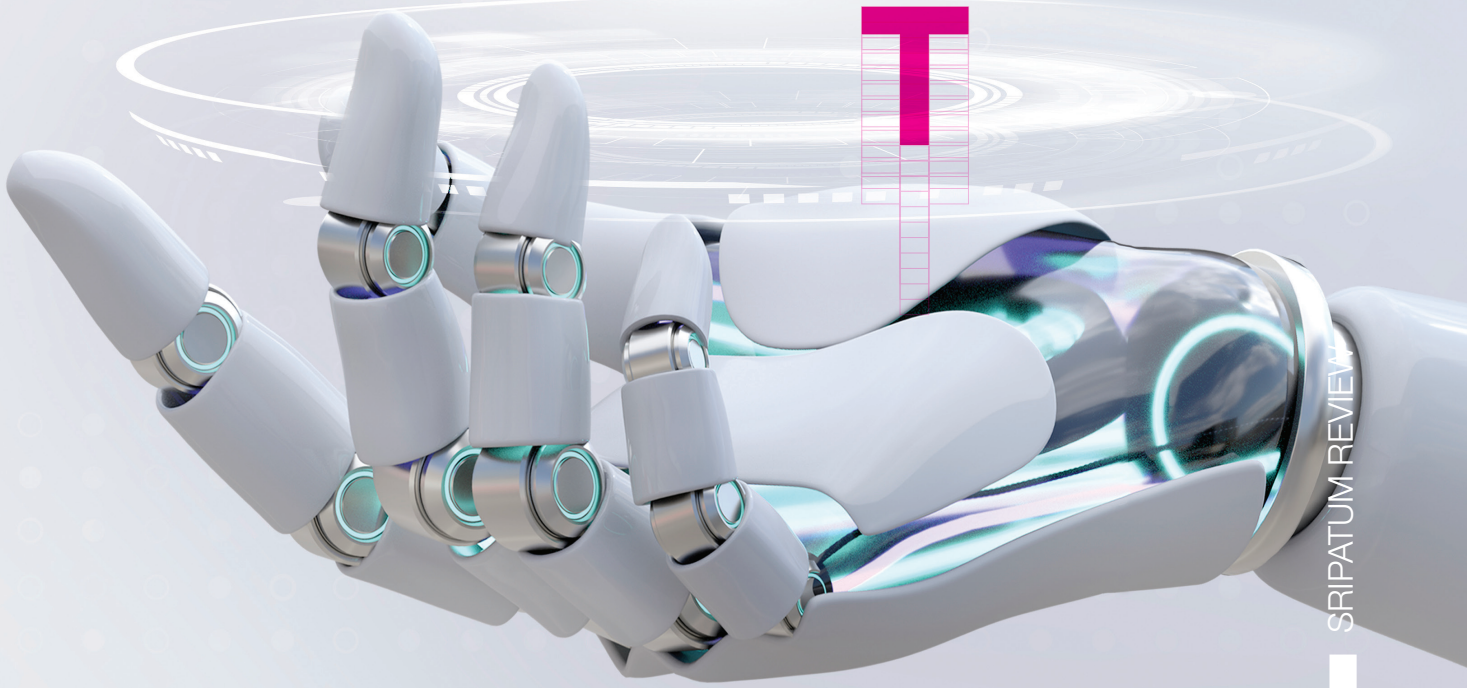
วารสาร SPU ศรีปทุมปริทัศน์

SRIPATUM REVIEW OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ISSN 2228 – 8724 E-ISSN 2672 – 9970

SPURST



SRIPATUM REVIEW

ปีที่ **13** มกราคม - ธันวาคม **2564**
Vol.**13** January - December **2021**

วารสารศรีปทุมปริทัศน์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
SRIPATUM REVIEW OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

วารสารศรีปทุมปริทัศน์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นวารสารทางวิชาการที่มีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่ความรู้ทางวิชาการแก่บุคคลทั่วไป ทั้งแวดวงวิชาการและสังคม ส่งเสริม และกระตุ้นให้เกิดการวิจัยและการพัฒนาองค์ความรู้ในสาขาวิชาต่างๆ 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 วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (องค์การมหาชน) สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (องค์การมหาชน) (สมศ.) สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (สกศ.) หน่วยงานและสถาบันการศึกษาต่างๆ

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
ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนางานวิจัย 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

- กองบรรณาธิการสงวนสิทธิ์ในการพิจารณาและตัดสินการตีพิมพ์บทความในวารสาร
- บทความทุกเรื่องจะได้รับการตรวจสอบทางวิชาการโดยผู้ทรงคุณวุฒิ แต่ข้อความและเนื้อหาในบทความที่ตีพิมพ์เป็นความรับผิดชอบของผู้เขียนแต่เพียงผู้เดียว มิใช่ความคิดเห็นและความรับผิดชอบของมหาวิทยาลัยศรีปทุม
- การคัดลอกอ้างอิงต้องดำเนินการตามการปฏิบัติในหมู่นักวิชาการโดยทั่วไป และสอดคล้องกับกฎหมายที่เกี่ยวข้อง

บทบรรณาธิการ

วารสารศรีปทุมปริทัศน์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นวารสารระดับชาติที่ออกปีละ 1 ฉบับ สำหรับฉบับนี้เป็นปีที่ 13 ประจำเดือน มกราคม-ธันวาคม 2564 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 ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเล่มนี้ยังคงเข้มข้นไปด้วยเนื้อหาสาระทางวิชาการ กองบรรณาธิการได้ให้ความสำคัญในการพิจารณาและคัดเลือกบทความที่มีคุณภาพมาลงตีพิมพ์ โดยทุกบทความได้ผ่านการกลั่นกรองจากกองบรรณาธิการและผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกที่ตรงสาขาเพื่อตรวจสอบคุณภาพของบทความก่อนลงตีพิมพ์ โดยผู้ประเมินไม่ทราบชื่อผู้แต่งและผู้แต่งไม่ทราบชื่อผู้ประเมินบทความ (Double-blind peer review) เพื่อให้วารสารฉบับนี้มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับระดับชาติและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง สำหรับวารสารฉบับนี้ ประกอบด้วย บทความวิจัยจำนวน 14 เรื่อง เช่น *"การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์วิเคราะห์สุขภาพดวงตาด้วยการรู้จำภาพและการประยุกต์ใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก" "การประยุกต์ใช้นิวโรฟัซซีแบบปรับตัวได้เพื่อประเมินเวลาสำรองในโครงการก่อสร้างอุโมงค์" "การวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อรอยยุบตัวของผลิตภัณฑ์ จากกระบวนการฉีดอัดขึ้นรูปพลาสติก"* เป็นต้น

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

Phaiboon Panyakapo

(ศาสตราจารย์ ดร.ไพบูลย์ ปัญญาคะโป)

บรรณาธิการ

วารสารศรีปทุมปริทัศน์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
SRIPATUM REVIEW OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

ISSN 2228 - 8724
E-ISSN 2672 - 9970

ปีที่ 13 เดือนมกราคม – ธันวาคม 2564
VOL. 13 JANUARY - DECEMBER 2021

วัตถุประสงค์

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

เจ้าของ
มหาวิทยาลัยศรีปทุม

บรรณาธิการ
ศาสตราจารย์ ดร.ไพบูลย์ ปัญญาคะโป

บรรณาธิการผู้พิมพ์ผู้โฆษณา
ศาสตราจารย์ ดร.ไพบูลย์ ปัญญาคะโป

กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.นวดล เหล่าศิริพจน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
นาวาอากาศเอก ศาสตราจารย์ ดร.ประสงค์ ประณีตพลกรัง	โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช
ศาสตราจารย์ ดร.มลิวรรณ บุญเสนอ	มหาวิทยาลัยศิลปากร
รองศาสตราจารย์ ดร.กีรติ ชยะกุลคีรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
รองศาสตราจารย์ ดร.อัศม์เดช วานิชชินชัย	มหาวิทยาลัยมหิดล
รองศาสตราจารย์ จันทนี เพชรานนท์	มหาวิทยาลัยพะเยา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เทพฤทธิ์ บัณฑิตวัฒนาวงศ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนา สุขวารี	มหาวิทยาลัยศรีปทุม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เด่นชัย วรเดชจำเริญ	มหาวิทยาลัยศรีปทุม

ฝ่ายจัดการและเลขานุการกองบรรณาธิการ
รองศาสตราจารย์ ดร.สุบิน ยุระรัช

ฝ่ายประชาสัมพันธ์ จัดจำหน่าย และสมาชิก
นางสาวอรกัญญา สุขแก้ว

ฝ่ายศิลปกรรมและจัดทำรูปเล่ม
นางฉวีวรรณ สภาพ นายสุรัตนชัย ชื่นตา

ฝ่ายพิสูจน์อักษร
รองศาสตราจารย์ สมทรง สีตลายัน

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

07 การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์วิเคราะห์สุขภาพดวงตาด้วยการรู้จำภาพและการประยุกต์ใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก
: ณัฐวดี หงษ์บุญมี, ธนวัฒน์ สิทธิโชคชัยสิริ

22 การประยุกต์ใช้นิวโรฟัซซีแบบปรับตัวได้เพื่อประเมินเวลาสำรองในโครงการก่อสร้างอุโมงค์
: ธนิตเชษฐ์ ดวงโสมา

38 การวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อรอยยุบตัวของผลิตภัณฑ์ จากกระบวนการฉีดอัดขึ้นรูปพลาสติก
: ภาสกร จั่นชาวนา, มนัส เหรัญญกิจ, สถาพร ชาตาคม

54 การพัฒนาเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัล
: กิตติภัฏ รัตนจันทร์, สุนทร สิทธิสกุลเจริญ, ศรายุทธ เงินทอง, วัชระ ลายลักษณ์, ณรงค์เดช พัฒนไพบูลย์, พระสุธีรัตนบัณฑิตุ, พระมหาเสรีชน พันธ์ประโคน

65 ขั้นตอนวิธีการสร้างเครื่องมือต้นแบบวิเคราะห์แนวโน้มภาวะโรคซึมเศร้าจากการสังเกตพฤติกรรมขณะทำแบบประเมินภาวะซึมเศร้า PHQ-9 ผ่านโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ
: ณัฐรฐนนท์ กานต์รวีกุลธนา, สัจจาภรณ์ ไวจรรยา, ณัฐโชติ พรหมฤทธิ์, อภิษฎา กอสนาน

83 การสร้างภาพความละเอียดสูงจากภาพขนาดเล็กด้วยเทคนิค IE-T
: อัฐพร กิ่งบู, ปฏิมากร จริยฐิติพงศ์

100 การพัฒนาสื่อประสมเรื่องการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พืชท้องถิ่น ในชุมชนวัดช่อแล อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่
: ศศิณิส์ภา พัชรธนโรจน์, พริ้มไพร วงค์ชมภู

115 ระบบผู้เชี่ยวชาญการใช้สมุนไพรรักษาโรคบนฐานความรู้ภูมิปัญญาสุขภาพด้วยเทคนิคการจำแนกข้อมูลแบบต้นไม้ตัดสินใจ
: อัจฉรา สุมังเกษตร, ณัฐวุฒิ ศรีวิบูลย์

128 ระบบพยากรณ์ความเสี่ยงภาวะหมอนรองกระดูกทับเส้นประสาทผ่านสมาร์ทโฟนด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล
: ณัฐวดี หงส์บุญมี, ติณณภพ โตม่วง

144 ระบบตรวจข้อสอบปรนัยแบบวิธีการฝนด้วยหลักการประมวลผลภาพ
: วรุตม์ บุญเลี่ยม, ศิริเรือง พัฒน์ช่วย

158 ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จของนโยบายการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากภาครัฐสู่เกษตรกร
: เมธา ศิริกูล, นลินภัสร์ บำเพ็ญเพียร, มธุรส ผ่านเมือง

172 การพัฒนาแอปพลิเคชันนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวแบบเสมือนด้วยภาพพาโนรามาในกำแพงเมืองจังหวัดเชียงใหม่
: พิมพ์ชนก สุวรรณศรี, ไพรสันต์ สุวรรณศรี, สุรดิษ จันทร์สว่าง

186 การบำบัดน้ำเสียฟาร์มสุกรโดยใช้ระบบเอสบีอาร์ที่ใช้ยางในของยางรถยนต์บรรทุกขนาดใหญ่ที่ใช้แล้วเป็นตัวกลางเคลื่อนที่
: สุริยะกิจ ย่อมมี, กิตติชนม์ เรืองศรี ภัทรนาวิก, อรรถบูรณ์ วิทูวิทยา

199 การพัฒนาผงฝุ่นจากกระบวนการไพโรไลซิสเพื่อใช้ในการตรวจลายนิ้วมือแฝง
: เนตรนภา พิมพาพร, พัชรา สินลอยมา

ผู้ทรงคุณวุฒิกลั่นกรองบทความ

Reviewers

ศาสตราจารย์ ดร. โกสุม จันทร์ศิริ	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ศาสตราจารย์ ดร.จงจิตร์ หิรัญลาภ	มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี
ศาสตราจารย์ ดร.ชิดชนก เหลือสินทรัพย์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ศาสตราจารย์ ดร.สันทัด ศิริอนันต์ไพบูลย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ศาสตราจารย์ ดร.สุทัศน์ ยกส้าน	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา ยุพาพิน	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ศาสตราจารย์ ดร.ไพบูลย์ ปัญญาคะโป	มหาวิทยาลัยศรีปทุม
รองศาสตราจารย์ ดร.กมล บุษบา	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติชัย ธนทรัพย์สิน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติภูมิ รอดสิน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รองศาสตราจารย์ ดร.จารุวัตร เจริญสุข	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รองศาสตราจารย์ ดร.ชิต เหล่าวัฒนา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.ชุมพล อันตรเสน	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รองศาสตราจารย์ ดร.ฐิติวดี ชัยวัฒน์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รองศาสตราจารย์ ดร.ธนาคม สุนทรชัยนาคแสง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รองศาสตราจารย์ ดร.ธนัญญา วสุศรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.ธรรมศักดิ์ รุจิระยรรยง	มหาวิทยาลัยรังสิต
รองศาสตราจารย์ ดร.เทอดศักดิ์ รองวิริยะพานิช	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รองศาสตราจารย์ ดร.นิพนธ์ เจริญกิจการ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.บดินทร์ รัศมีเทศ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร.บรรยง โตประเสริฐพงศ์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รองศาสตราจารย์ ดร.ปิติ สุคนธสุขกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รองศาสตราจารย์ ดร.ปิยะ โควินทวีวัฒน์	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
รองศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา กอเจริญ	สถาบันเทคโนโลยีจิตรลดา
รองศาสตราจารย์ ดร.พัฒนา อนุรักษ์พงศธร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร.พานิช วุฒิพฤกษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รองศาสตราจารย์ ดร.พีรยุทธ์ ชาญเศรษฐิกุล	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร.พูลพงศ์ สุขสว่าง	มหาวิทยาลับูรพา
รองศาสตราจารย์ ดร. มัลลิกา ปัญญาคะโป	มหาวิทยาลัยศิลปากร
รองศาสตราจารย์ ดร.ยุทธชัย บรรเทิงจิตร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รองศาสตราจารย์ ดร.รุ่งรัศมี บุญดาว	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
รองศาสตราจารย์ ดร.เรืองรอง สุลีสถิระ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.วรา วราวิทย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

รองศาสตราจารย์ ดร.วารุณี เปรมานนท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.วิเชียร ชุติมาสกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.วีระ บุญจริง	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ริจิรวนิช	มหาวิทยาลัยสยาม
รองศาสตราจารย์ ดร.ศิวาพร ลงยันต์	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
รองศาสตราจารย์ ดร.สกนธ์ คล่องบุญจิต	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รองศาสตราจารย์ ดร.สมโพธิ์ วิวิธเกยูรวงศ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร.สร้อยดาว วินิจนันทรัตน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.สุทัศน์ ลีลาทวีวัฒน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.สุวิมล สัจจวาณิชย์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร.อนงค์นาฏ ศรีวิหค	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ ผลเพิ่ม	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ มุ่งวัฒนา	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร.อมร พิมานมาศ	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร.อรรถกร เก่งพล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รองศาสตราจารย์ ชาลี ตระกูลการ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รองศาสตราจารย์ ยืน ภู่วรวรรณ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ศิริชัย พงษ์วิชัย	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รองศาสตราจารย์ สถาพร ชาตาคม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ น.อ.อ. ดร.เกียรติกุลไชย จิตต์เอื้อ	โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กันยารัตน์ ศรีวิสทิยกุล	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติภัฎ รัตนจันทร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขนิษฐา ชัยรัตนาวรรณ	มหาวิทยาลัยศรีปทุม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คเณศ พันธุ์สวาสดิ์	มหาวิทยาลัยศิลปากร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชลธิศ เอี่ยมวรวุฒิกุล	มหาวิทยาลัยศรีปทุม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชุมพล ยวงใย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพร ยวงเงิน	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เด่นชัย วรเดชจำเริญ	มหาวิทยาลัยศรีปทุม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เทพฤทธิ์ บัณฑิตวัฒนาวงศ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรพจน์ เวศพันธุ์	มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิพัทธ์ จงสวัสดิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญอ้อม โฉมที	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เบญจภรณ์ ประภักดี	มหาวิทยาลัยมหิดล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประณต บุญไชยอภิสิทธิ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประภาพรรณ เกษราพงศ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงษ์ศักดิ์ กีรติวินทกร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพจิตร ผาวัน	มหาวิทยาลัยศรีปทุม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาสพิรุฬห์ วัชรศรีสำเริง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนต์ศักดิ์ พิมสาร	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนูกิจ พานิชกุล	สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเซีย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุวนุช กุลาตี	มหาวิทยาลัยนครพนม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วนัฐณพงษ์ คงแก้ว	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรลักษณ์ วงศ์โดยหวัง ศิริเจริญ	มหาวิทยาลัยศิลปากร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศศิพร อุษณวศิน	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เศรษฐชัย ชัยสนิท	มหาวิทยาลัยศรีปทุม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ กรวยสวัสดิ์	มหาวิทยาลัยศรีปทุม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพักตรา สุทธสุภา	มหาวิทยาลัยศิลปากร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพัฒตรา ศรีญาณลักษณ์	มหาวิทยาลัยศรีปทุม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรกิจ ท้วมเพิ่มทรัพย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรศักดิ์ มังสิงห์	มหาวิทยาลัยศรีปทุม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรศิษฐ์ โรจนนันต์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนรรฆ ขันธะชวนะ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัศม์เดช วานิชชินชัย	มหาวิทยาลัยมหิดล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุนนัติ พิณโสภณ	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์จักรินทร์ กลั่นเงิน	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์เชียง เภาชิต	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์เพชร นันทิวัฒนา	สถาบันเทคโนโลยีจิตรลดา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิชัย บุญวาศ	มหาวิทยาลัยศิลปากร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วัชระ เครือรัฐติกาล	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์อำนาจ วังจีน	มหาวิทยาลัยศรีปทุม
พันเอก ดร.พิศุทธิ์ ดารารัตน์	กรมวิทยาศาสตร์ทหารบก
ดร.จักรพันธ์ อร่ามพงษ์พันธ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.จันทร์ศิริ สิงห์เถื่อน	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.ชาญณรงค์ บาลมงคล	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ดร.ชาลี วรกุลพิพัฒน์	ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ สวทช.
ดร.ประกอบ ชาติภุกต์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ดร.ประภาพร รัตนธำรง	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ดร.พรระพีพัฒน์ ภาสบุตร	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ดร.พีรเดช ณ น่าน	กสท.โทรคมนาคม
ดร.มงคล อัศวดิลกฤทธ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ดร.วรพงษ์ ลีวัฒนกิจ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ดร.สมรักษ์ เพชรราตรี	กสท.โทรคมนาคม
ดร.สิรินธร ลิ่มปนาท	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ดร.สุคนทิพย์ สุภาจันทร์	มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
ดร.อภิบาล พฤกษานุบาล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์วิเคราะห์สุขภาพดวงตาด้วยการรู้จำภาพและการประยุกต์ใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก

ณัฐวดี หงษ์บุญมี[1,*], ธนวัฒน์ สิทธิโชคชัยสิริ[2]
[1,2]ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Received: 17 October 2019
Revised: 11 January 2021
Accepted: 12 January 2021

บทคัดย่อ

การตรวจคัดกรองดวงตาช่วยให้ค้นพบความผิดปกติของดวงตาในระยะเริ่มแรกและช่วยให้ค้นพบโรคเกี่ยวกับดวงตาในขณะที่ยังไม่แสดงอาการทำให้รักษาได้ทันท่วงทีก่อนที่อาการจะรุนแรงและอาจสูญเสียดวงตาไปในที่สุด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอวิธีการวิเคราะห์ดวงตาจากภาพถ่ายเพื่อวินิจฉัยปัญหาสุขภาพดวงตาในรูปแบบโปรแกรมประยุกต์บนสมาร์ทโฟนโดยนำเทคนิคการรู้จำภาพและเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ กรอบแนวคิดงานวิจัยประกอบด้วยการสร้างแบบจำลองจำแนกภาพด้วยเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมการเรียนรู้เชิงลึกแบบคอนโวลูชันที่มีการใช้ขั้นตอนวิธีโมบายเน็ทผ่านไลบรารี่เทนเซอร์โฟลสำหรับการจำแนกภาพ ซึ่งฝึกสอนให้สามารถจำแนกภาพจำนวน 7 ประเภท ได้แก่ โรคตาแดง ตากุ้งยิง ต้อลม ต้อเนื้อ ต้อกระจก ต้อหินและตาปกติ โดยสอนด้วยภาพโรคตาประเภทละ 100 ภาพ ฝึกสอนจำนวน 500 รอบ ผลการศึกษาพบว่าแบบจำลองมีความแม่นยำที่สูงถึง 96.40% จากนั้นนำแบบจำลองไปพัฒนาส่วนติดต่อผู้ใช้ในรูปแบบโปรแกรมประยุกต์บนสมาร์ทโฟนเพื่อให้สะดวกในการใช้งาน พัฒนาด้วยโปรแกรมแอนดรอยด์สตูดิโอร่วมกับไลบรารี่เทนเซอร์โฟล ผลการทดสอบความแม่นยำพบว่าโปรแกรมประยุกต์สามารถจำแนกภาพโรคตาได้ถูกต้องมีประสิทธิภาพเฉลี่ย 85.71% สามารถสรุปได้ว่าโปรแกรมประยุกต์นี้มีประสิทธิภาพสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์ปัญหาสุขภาพดวงตาด้วยตนเองเบื้องต้นได้

คำสำคัญ: โรคตา การจำแนกหมวดหมู่ภาพ การเรียนรู้เชิงลึก โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน

[*] ผู้ประสานงานหลัก; อีเมล: nattavadeeho@nu.ac.th

The Development of Application for Analysis of Eye Health with Image Recognition Using Deep Learning Technique

Nattavadee Hongboonmee[1,*], Thanawat Sitthichokchaisiri [2]
[1,2]Department of Computer Science and Information Technology,
Faculty of Science, Naresuan University

Received: 17 October 2019
Revised: 11 January 2021
Accepted: 12 January 2021

Abstract

Eye screening helps to detect eye disorders at an early stage and helps to diagnose eye diseases while still showing no symptoms, allowing treatment before symptoms become severe and may lead to losing the eyes. The aim of this research was to propose an image analysis method for diagnosing eye health problems based on smartphone application using image recognition technique, and deep learning technique. The research framework consists of creating a classification model with deep learning convolutional neural network, using the Mobile Net algorithm through the TensorFlow library for image classification, in which the trainers can classify seven types of images, including pink eye, style, pinguecula, pterygium, cataract, glaucoma and normal eye, each type consists of 100 images to be used as the model for 500 rounds of training. The results of the study indicated that the model was highly efficient with 96.40% accuracy. Then, the model was further developed for connecting with the user through the application via smartphone for ease of use. Application development used the Android Studio program and TensorFlow library. As for the results of application accuracy testing, it was found that the application could classify seven types of image with an average accuracy of 85.71%. In conclusion, this application is effective and can be used for preliminary risk analysis and screening for eye health problems by oneself.

Keywords: Eye disease, Image classification, Deep learning, Convolutional neural network

[*] Corresponding Author; E-mail: nattavadeeho@nu.ac.th

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ดวงตาเป็นอวัยวะที่สำคัญของร่างกายถึงแม้โรคเกี่ยวกับดวงตาจะไม่ทำให้เสียชีวิตแต่ก็รบกวนการดำเนินชีวิตและการมองเห็นของผู้คนในชีวิตประจำวัน บางครั้งอาการผิดปกติเกี่ยวกับดวงตาอาจไม่แสดงในระยะแรกถ้าปล่อยไว้อาการป่วยอาจรุนแรงถึงขั้นสายตาบอดได้ (Kraiphibun, 2013) ดังนั้นการตรวจคัดกรองสุขภาพสายตาจึงมีความสำคัญเพื่อป้องกันและหลีกเลี่ยงความเสี่ยงต่อการเป็นโรคตาที่รุนแรงจึงควรให้ความใส่ใจและตรวจสุขภาพตาเป็นประจำเพื่อการมองเห็นที่ชัดเจนไปอีกนาน แต่ปัญหาของคนส่วนมากในปัจจุบันที่ไม่ค่อยไปตรวจสุขภาพดวงตานั้นคือโรงพยาบาลมีจำนวนผู้ป่วยมากต้องใช้เวลานานในการรอคิวตรวจทำให้ประชาชนส่วนหนึ่งไม่อยากเสียเวลาในการทำงานไปตรวจสุขภาพดวงตา จากปัญหาดังกล่าวถ้ามีเครื่องมือที่สามารถตรวจคัดกรองสุขภาพสายตาได้ด้วยตนเองก็จะช่วยให้ประชาชนสามารถตรวจสุขภาพสายตาได้ด้วยตนเองอย่างสะดวกรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ ปัจจุบันความก้าวหน้าของเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ที่เพิ่มมากขึ้นโดยเฉพาะเทคโนโลยีหนึ่งที่น่าสนใจคือการประยุกต์ใช้การเรียนรู้เชิงลึกเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์จำแนกภาพ ขั้นตอนวิธีการที่เข้ามาใช้ร่วมกันที่น่าสนใจขั้นตอนหนึ่งคือขั้นตอนวิธีการโครงข่ายประสาทเทียมเชิงลึกแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network) ซึ่งเป็นที่นิยมใช้ในปัจจุบันเนื่องจากความสามารถในการเรียนรู้จำแนกข้อมูลแบบอัตโนมัติและมีความแม่นยำที่สูง (Jmour et al., 2018) นอกจากนี้ความแพร่หลายของอุปกรณ์สมาร์ทโฟนทำให้เล็งเห็นว่าถ้าสามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมาร์ทโฟนร่วมกับการเรียนรู้เชิงลึกมาช่วยในเรื่องของการวิเคราะห์สุขภาพดวงตาก็จะช่วยคัดกรองความเสี่ยงการเกิดโรคตาที่รุนแรงได้

ดังนั้นจากที่กล่าวข้างต้น คณะผู้ศึกษาจึงนำเสนอการประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ภาพถ่ายร่วมกับการเรียนรู้เชิงลึกเพื่อวิเคราะห์ปัญหาสุขภาพดวงตาและนำขั้นตอนวิธีที่ได้ทั้งหมดมาพัฒนาเป็นโปรแกรมประยุกต์ (Application) บนสมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน โปรแกรมประยุกต์นี้สามารถตรวจคัดกรองสุขภาพดวงตาด้วยการถ่ายภาพจากกล้องสมาร์ทโฟนพร้อมทั้งแสดงข้อมูลเกี่ยวกับการดูแลสุขภาพดวงตาเบื้องต้น ซึ่งจะช่วยลดความเสี่ยงการเกิดโรคตาที่รุนแรงเนื่องจากถ้าผู้ใช้ทราบว่าตนเองมีแนวโน้มที่จะเสี่ยงต่อโรคจะได้ทำการรักษาได้ทันท่วงทีก่อนที่อาการจะรุนแรงและอาจสูญเสียดวงตาไปในที่สุด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างแบบจำลองจำแนกภาพโรคตาที่มีประสิทธิภาพด้วยเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก
2. เพื่อพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ช่วยวิเคราะห์ปัญหาสุขภาพดวงตาจากภาพถ่ายผ่านสมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. โรคตา

โรคตาเป็นโรคที่พบได้บ่อยพบได้ในทุกอายุตั้งแต่เด็กแรกเกิดไปจนถึงผู้สูงอายุเป็นความผิดปกติต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับดวงตา (Kraiphibun, 2013) และอาจส่งผลถึงการมองเห็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคตาเกิดได้จากสาเหตุเดียวหรือมีหลายสาเหตุร่วมกัน ประเภทของโรคตาที่นำมาศึกษาในงานวิจัยนี้มาจากโรคตาที่พบได้บ่อยจำนวน 6 โรค (Asakun, 2017) ประกอบด้วยโรคต้อกระจก ต้อหิน ต้อเนื้อ ต้อลม ตาแดง ตากุ้งยิง รายละเอียดและลักษณะอาการของโรคตาแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณลักษณะและรายละเอียดของข้อมูลโรคตา (Asakun, 2017)

ภาพอาการของโรคตา	ลักษณะอาการ
โรคต้อกระจก (Cataract)	โรคต้อกระจกเป็นโรคที่พบได้บ่อยในผู้สูงอายุเกิดจากการเสื่อมของเลนส์แก้วตาทำให้บดบังแสงที่ผ่านเข้าไปในตาทำให้เกิดสายตาพร่ามัวหรือฝ้าฟาง
โรคต้อหิน (Glaucoma)	โรคต้อหินเกิดจากความผิดปกติของน้ำหล่อเลี้ยงตาไหลออกจากตาไม่ได้ทำให้ความดันตาสูงการมองเห็นลดลงขั้วประสาทตาถูกทำลาย พบบ่อยในวัยผู้สูงอายุ
โรคต้อลม (Pinguecula)	โรคต้อลมจะมีลักษณะเป็นก้อนนูนเล็กน้อยสีเหลืองอ่อนขนาดประมาณเท่าหัวไม้ขีดไฟ ซึ่งจะพบอยู่บนเยื่อตาขาวใกล้ๆ กับขอบตาดำบริเวณทางด้านหัวตาหรือหางตา
โรคต้อเนื้อ (Pterygium)	โรคต้อเนื้อเกิดจากเยื่อบุตาที่เกิดการเสื่อมและหนาตัวขึ้นไปบนกระจกตาถึงตาดำพบบริเวณหัวตามากกว่าหางตาและจะค่อยๆ โตลุกลามเข้าไปในตาดำ ซึ่งจะปิดบังการมองเห็นทำให้ตามัวได้
โรคตาแดง (Pink eye)	ตาแดงเกิดจากการอักเสบหรือติดเชื้อของเยื่อบุตาติดต่อกันได้ง่าย ลักษณะเป็นเนื้อเยื่อบางใสที่คลุมอยู่ด้านในของเปลือกตาและบนตาขาว โรคตาแดงพบได้บ่อยและมักระบาดในช่วงฤดูฝน
โรคตากุ้งยิง (Stye)	ตากุ้งยิงเป็นโรคที่จากการอักเสบของต่อมไขมันบริเวณเปลือกตา ซึ่งจะสังเกตได้จากการที่มีตุ่มแดงนูนที่บริเวณเปลือกตา มักจะมีอาการปวดร่วมด้วยในบางคนอาจจะมีอาการตาแดงหรือเป็นหนองร่วมด้วย

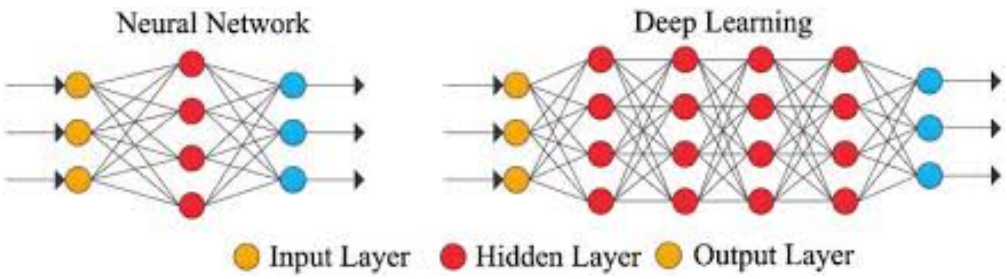
2. การประมวลผลภาพ

การประมวลผลภาพ (Image Processing) คือ การนำภาพมาประมวลผลหรือคิดคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ต้องการทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ (Asanathip and Boonlue, 2015) การรู้จำภาพ (Image Recognition) เป็นเทคนิคหนึ่งของการประมวลผลภาพที่ถูกนำมาใช้ในการรู้จำภาพหรือสิ่งที่สนใจในสื่อดิจิทัล วัตถุในภาพแต่ละชิ้นจะผ่านกระบวนการหลายขั้นตอนก่อนที่จะถูกวิเคราะห์และสรุปผลออกมาเป็นวัตถุประเภทใด

3. การเรียนรู้เชิงลึก

การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) เป็นวิธีการเรียนรู้แบบอัตโนมัติด้วยการเลียนแบบการทำงานของโครงข่ายประสาทของมนุษย์ (Gardezi et al., 2017) โดยนำระบบโครงข่ายประสาท (Neural Network) มาซ้อนกันหลายชั้น (Layer) และทำการเรียนรู้ข้อมูลตัวอย่าง (ภาพที่ 1) ข้อมูลดังกล่าวจะถูกนำไปใช้ในการตรวจจับรูปแบบ (Pattern) หรือจัดหมวดหมู่ข้อมูล การจัดหมวดหมู่ข้อมูลของการเรียนรู้เชิงลึกจะรับข้อมูลดิบเข้าทันทีและทำการประมวลผลอัตโนมัติเพื่อหาข้อมูลตัวอย่างที่จำเป็นในการตรวจจับรูปแบบหรือจัดหมวดหมู่ข้อมูล ความสามารถ

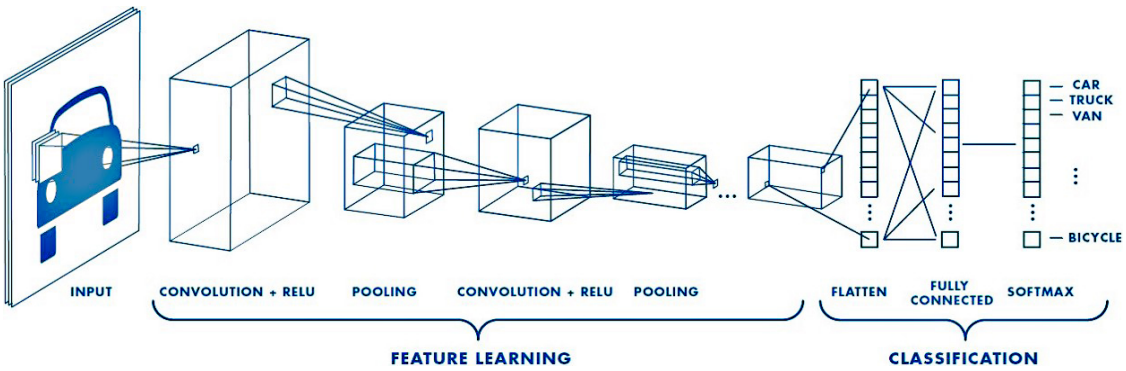
ในการเรียนรู้และจดจำคุณลักษณะอัตโนมัติทำให้การเรียนรู้เชิงลึกเป็นประโยชน์สำหรับการใช้งานในสถานการณ์ต่างๆ อย่างมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 1 โครงสร้างของการเรียนรู้เชิงลึก (Xing and Du, 2018)

4. โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน

โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network: CNN) เป็นรูปแบบหนึ่งของการเรียนรู้เชิงลึกที่เป็นลักษณะโครงข่ายประสาทเทียมเชิงลึก (Deep Learning Neural Network) โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะสร้างเครื่องมือซึ่งมีความสามารถในการเรียนรู้จดจำรูปแบบ (Pattern Recognition) เช่นเดียวกับความสามารถที่มีในสมองมนุษย์ (Jmour et al., 2018) หลักการทำงานของ CNN มี 3 ส่วนดังนี้ (1) ส่วนรับข้อมูล (Input) รับเข้าข้อมูลหรือวัตถุ (2) ส่วนการประมวลผลเป็นชั้นๆ (Hidden Layer) ซึ่งเป็นการเรียนรู้ (Feature Learning) และการคัดแยกประเภทของภาพ (Classification) และ (3) ส่วนแสดงผลลัพธ์ (Output) การคัดแยกคุณสมบัติเป็นผลมาจากใช้การเรียนรู้จำนวนหลายชั้นมาวิเคราะห์จนได้คำตอบแสดงคุณลักษณะของแต่ละภาพที่มองเห็น (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Saha, 2018)

5. ไลบรารี่เทนเซอร์โฟล

เทนเซอร์โฟล (TensorFlow) เป็นโอเพ่นซอร์สไลบรารี่ของกูเกิล (Ertam and Aydin, 2017) เขียนด้วยภาษาไพทอน (Python) สำหรับใช้พัฒนาการเรียนรู้เชิงลึกเพื่อตอบสนองความต้องการของระบบที่นำมาใช้ในการสร้างและรู้จำโครงข่ายประสาทเทียมเชิงลึกเพื่อหารูปแบบและสร้างความรู้ เทนเซอร์โฟลแสดงการคำนวณโดยใช้ดาต้าโฟลกราฟซึ่งแต่ละโหนดของเทนเซอร์โฟลแทนการคำนวณทางคณิตศาสตร์ในขณะที่เส้นเชื่อมโยงแทนข้อมูลอาเรย์แบบหลายมิติซึ่งทั้งสองอย่างนี้จะทำงานเชื่อมระหว่างกัน

6. ขั้นตอนวิธีโมบายเน็ท

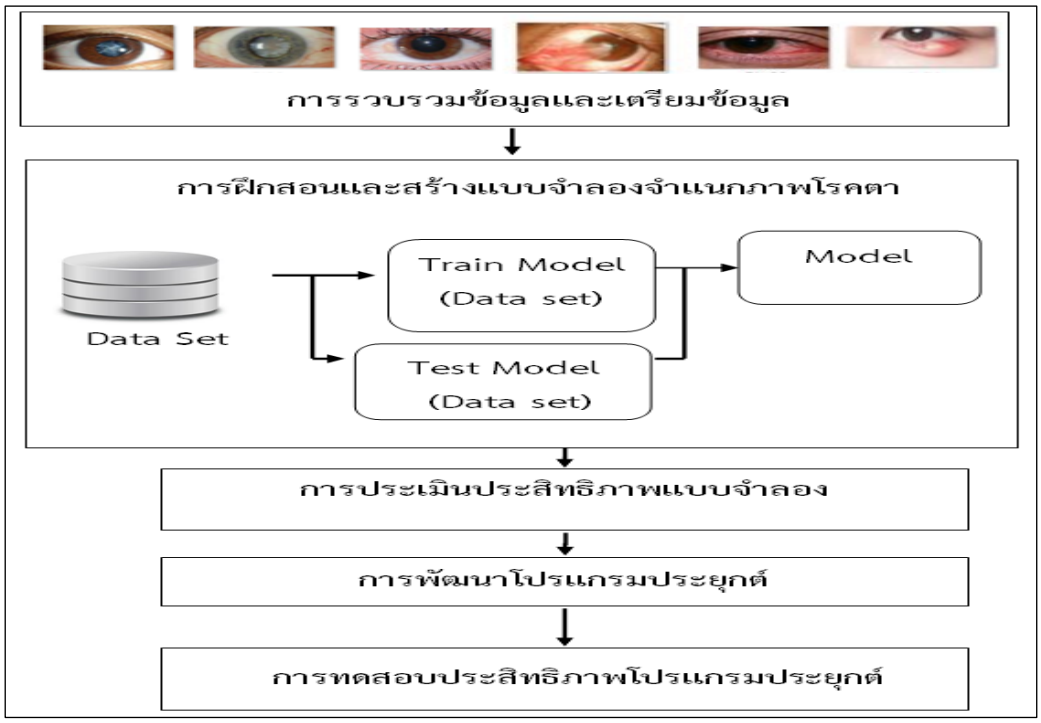
ขั้นตอนวิธีโมบายเน็ท (MobileNet) เป็นโครงข่ายประสาทเทียมเชิงลึก (Sinha and El-Sharkawy, 2019) ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยแอนดรูว์ ฮาวเวิร์ดและคณะในปี พ.ศ. 2560 โดยรูปแบบของโมบายเน็ทถูกพัฒนาให้เป็นโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันที่มีขนาดเล็กกว่าโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันทั่วไปแต่ประสิทธิภาพเท่ากับโครงข่ายประสาทเทียมขนาดใหญ่ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีโมบายเน็ทสำหรับการสร้างแบบจำลองจำแนกภาพเนื่องจากขนาดของโครงข่ายการเรียนรู้จากโมบายเน็ทมีขนาดเล็กซึ่งเหมาะสมกับการนำไปใช้งานบนอุปกรณ์สมาร์ทโฟน

7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาพบว่ามีงานวิจัยที่พัฒนาโดยใช้เทคโนโลยีการเรียนรู้เชิงลึกอยู่จำนวนหนึ่งที่เกี่ยวกับการศึกษาดังต่อไปนี้ Asanathip and Boonlue (2015) นำเสนอการตรวจคัดกรองภาวะตัวเหลืองในทารกแรกเกิดด้วยการประมวลผลภาพ ซึ่งกระบวนการดังกล่าวจะทำการการแบ่งภาพเป็น 2 กลุ่ม คือ มีภาวะตัวเหลืองและไม่มีภาวะตัวเหลือง ตัวอย่างภาพถูกนำมาวิเคราะห์หาค่าบิลิรูบินเพื่อคัดกรองภาวะตัวเหลือง ผลที่ได้สามารถตรวจวัดค่าบิลิรูบินเพื่อคัดกรองภาวะตัวเหลืองในทารกได้ค่าประสิทธิภาพโดยรวม 91.76% Gardezi et al. (2017) นำเสนอวิธีการจำแนกเนื้อเยื่อปกติและผิดปกติจากภาพถ่ายแมมโมแกรมโดยใช้การเรียนรู้เชิงลึกประเภทโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน ผลที่ได้สามารถจำแนกประเภทได้อย่างแม่นยำมีค่าความถูกต้อง 100.00% Sarawong et al. (2018) นำเสนอระบบแจ้งเตือนตรวจสอบและระบุสุนัขที่สูญหายโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโครงข่ายประสาทเทียมการเรียนรู้เชิงลึก โดยนำมาใช้ในการแยกลักษณะสายพันธุ์ของสุนัขนอกจากนั้นยังพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนสมาร์ทโฟนสำหรับผู้ใช้งาน ผลที่ได้สามารถระบุสายพันธุ์สุนัขจำนวน 10 สายพันธุ์ได้ค่าประสิทธิภาพโดยรวมเท่ากับ 86.50% Jmour et al. (2018) นำเสนอการจำแนกภาพเครื่องหมายจราจรโดยใช้เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมการเรียนรู้เชิงลึก โดยฝึกสอนให้สามารถรู้จำภาพจำนวน 4 ประเภท จำนวนภาพทั้งหมด 360 ภาพ ผลที่ได้สามารถจำแนกภาพได้ค่าความแม่นยำอยู่ที่ 93.33% และ Phwanwilai and Kangkachit (2019) นำเสนอการตรวจหาโรคพืชอัตโนมัติด้วยโดรนโดยประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมการเรียนรู้เชิงลึกแบบคอนโวลูชัน ซึ่งใช้ภาพที่ได้จากโดรนที่ถ่ายจากมุมสูงภายในสวนทุเรียนของเกษตรกร ผลที่ได้ทำให้สามารถตรวจจับต้นทุเรียนที่เป็นโรคได้มีความแม่นยำเท่ากับ 75.36% จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่ามีงานวิจัยหลายชิ้นที่มีประสิทธิภาพดีในการจำแนกภาพจากสภาพแวดล้อมที่คงที่ ซึ่งส่วนใหญ่ใช้เทคนิคการประมวลผลภาพร่วมกับการสร้างแบบจำลองด้วยเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกภายใต้โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน ซึ่งมีความสามารถในการประมวลผลภาพและรู้จำภาพที่มีผลลัพธ์การทำนายผลที่แม่นยำและมีประสิทธิภาพสูง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกภายใต้โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันขั้นตอนวิธีโมบายเน็ทมาประยุกต์ใช้สำหรับการจำแนกและรู้จำภาพโรคตาแบบอัตโนมัติผ่านโปรแกรมประยุกต์บนสมาร์ทโฟนต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

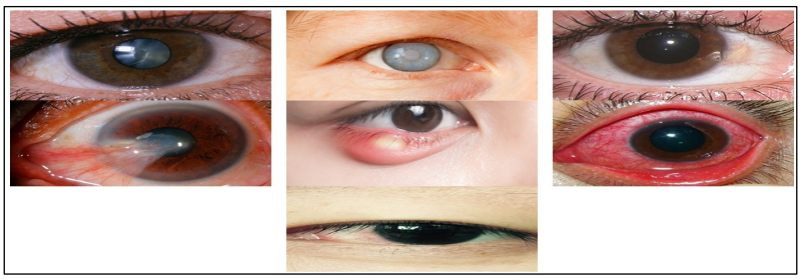
การดำเนินการศึกษานี้สามารถสร้างกรอบแนวคิดในการวิจัยประกอบด้วย 5 ขั้นตอน (ภาพที่ 3) ได้แก่ (1) การรวบรวมและเตรียมข้อมูล (2) การฝึกสอนและสร้างแบบจำลองจำแนกภาพโรคตา (3) การประเมินประสิทธิภาพแบบจำลอง (4) การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ และ (5) การทดสอบประสิทธิภาพโปรแกรมประยุกต์ ซึ่งแต่ละส่วนมีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนดังต่อไปนี้



ภาพที่ 3 กรอบแนวคิดในการวิจัย

การรวบรวมและเตรียมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลรูปภาพกลุ่มตัวอย่างได้มาจากการถ่ายภาพผู้ป่วยคลินิกจักษุ โรงพยาบาลพิษณุเวช ซึ่งข้อมูลภาพได้มาด้วยวิธีการเลือกแบบอาสาสมัคร (Volunteer Sampling) คณะผู้วิจัยได้อธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับการวิจัยและให้อาสาสมัครลงนามในเอกสารยินยอมให้ข้อมูลตามหลักปฏิบัติจริยธรรมการวิจัย แต่ข้อมูลภาพที่รวบรวมได้มีจำนวนน้อยไม่เพียงพอดังนั้นจึงดำเนินการรวบรวมข้อมูลภาพเพิ่มเติมจากเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งจากการปรึกษาผู้เชี่ยวชาญด้านการแพทย์ทำให้คัดเลือกปัญหาสุขภาพดวงตาที่พบได้บ่อยในปัจจุบันมาศึกษาจำนวน 6 โรค ได้แก่ โรคตาแดง ตากุ้งยิง ต้อลม ต้อเนื้อ ต้อกระจก ต้อหิน นอกจากนี้ยังเก็บข้อมูลภาพตาปกติอีก 1 คลาส แบ่งรูปภาพการจำแนกโรคตาเป็น 7 คลาส กลุ่มตัวอย่างคลาสละ 100 ภาพรวมรูปภาพทั้งหมด 700 ภาพ การเก็บข้อมูลแต่ละคลาสแยกเป็นโฟลเดอร์ได้ทั้งหมด 7 โฟลเดอร์ ภาพทั้งหมดกำหนดค่าความละเอียดภาพเท่ากับ 224x224 พิกเซล รายละเอียดดังภาพที่ 4 และตารางที่ 2



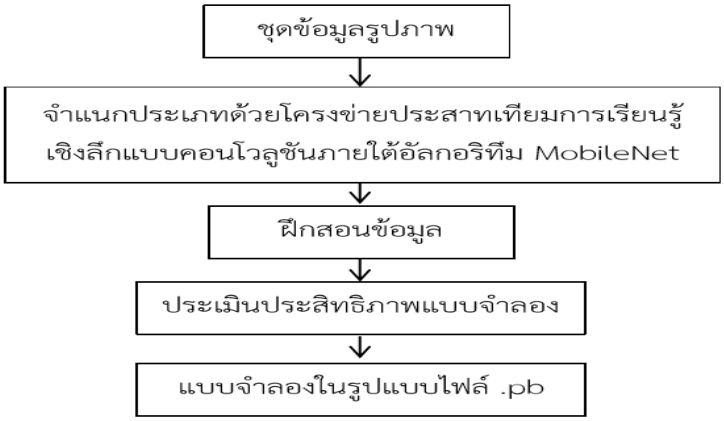
ภาพที่ 4 ตัวอย่างภาพโรคตาแต่ละประเภท

ตารางที่ 2 จำนวนภาพที่นำมาฝึกสอน

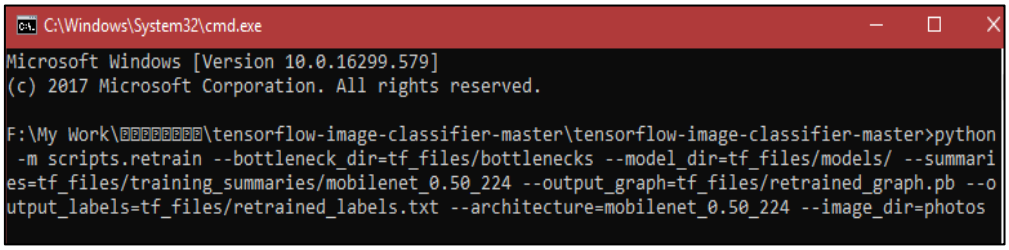
ภาพโรคตา	ข้อมูลฝึกสอน (ภาพ)	ข้อมูลทดสอบ (ภาพ)	จำนวนทั้งหมด (ภาพ)
โรคต้อกระจก	90	10	100
โรคต้อหิน	90	10	100
โรคต้อลม	90	10	100
โรคต้อเนื้อ	90	10	100
โรคตาแดง	90	10	100
โรคตากุ้งยิง	90	10	100
ตาปกติ	90	10	100
รวม	**630**	**70**	**700**

การฝึกสอนและสร้างแบบจำลองจำแนกภาพโรคตา

การสร้างแบบจำลองเป็นการนำข้อมูลที่จัดเตรียมไว้มาทำการประมวลผลเพื่อฝึกสอน (Train Data) และสร้างแบบจำลองเพื่อรู้จำและจำแนกภาพโรคตาประยุกต์ใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกเลือกใช้เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันภายใต้ขั้นตอนวิธีโมบายเน็ท เครื่องมือสำหรับการดำเนินงาน ได้แก่ (1) ไลบรารี่เทนเซอร์โฟล ซึ่งเป็นไลบรารี่สำหรับพัฒนาแบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึกมีความสามารถในการรับข้อมูลและทำการประมวลผลอัตโนมัติเพื่อตรวจจับรูปแบบหรือจัดหมวดหมู่ข้อมูลและสามารถเรียนรู้คุณลักษณะได้แบบอัตโนมัติและ (2) ภาษาไพทอน ซึ่งมีการเรียกใช้ไลบรารี่เทนเซอร์โฟลสำหรับฝึกสอนและสร้างแบบจำลอง โดยกำหนดค่าความละเอียดภาพเท่ากับ 224x224 พิกเซล ชุดข้อมูลภาพทั้งหมดไลบรารี่เทนเซอร์โฟลจะดำเนินการแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนแรก คือข้อมูลฝึกสอน 90% (Train Data) ส่วนที่สอง 10% คือชุดข้อมูลทดสอบ (Test Data) ดำเนินการฝึกสอนจำนวน 500 รอบ ขั้นตอนการทำงานแสดงในภาพที่ 5 ตัวอย่างโค้ดการฝึกสอนข้อมูลและสร้างแบบจำลองแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 5 ขั้นตอนการฝึกสอนและสร้างแบบจำลอง



ภาพที่ 6 ตัวอย่างโค้ดการฝึกสอนด้วยภาษาไพทอน

การประเมินประสิทธิภาพแบบจำลอง

การประเมินประสิทธิภาพแบบจำลองใช้วิธีการแบ่งข้อมูลภาพทั้งหมดออกเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วยชุดข้อมูลเรียนรู้และชุดข้อมูลทดสอบอัตราส่วน 90:10 ข้อมูลทดสอบได้มาจากการสุ่มเลือกจากภาพคลาสโรคตา ซึ่งจะได้ข้อมูลจำนวน 70 ภาพ (คลาสละ 10 ภาพ) มาทำการทดสอบและนำแบบจำลองจำแนกภาพที่สร้างเสร็จเรียบร้อยมาทดสอบค่าความถูกต้องของการทำนาย การวัดประสิทธิภาพใช้ตัวชี้วัด ได้แก่ ค่าความถูกต้อง (Accuracy) (Thongpan et al., 2019) ดังสมการที่ 1

$$\text{Accuracy} = \frac{\text{TP+TN}}{\text{TP+FP+FN+TN}} \tag{1}$$

โดยที่ True Positive (TP) คือ คลาสบอกว่าจริงและทำนายว่าจริง True Negative (TN) คือ คลาสบอกว่าไม่จริงและทำนายว่าไม่จริง False Positive (FP) คือ คลาสบอกว่าจริงและทำนายว่าไม่จริง False Negative (FN) คือ คลาสบอกว่าไม่จริงและทำนายว่าจริง

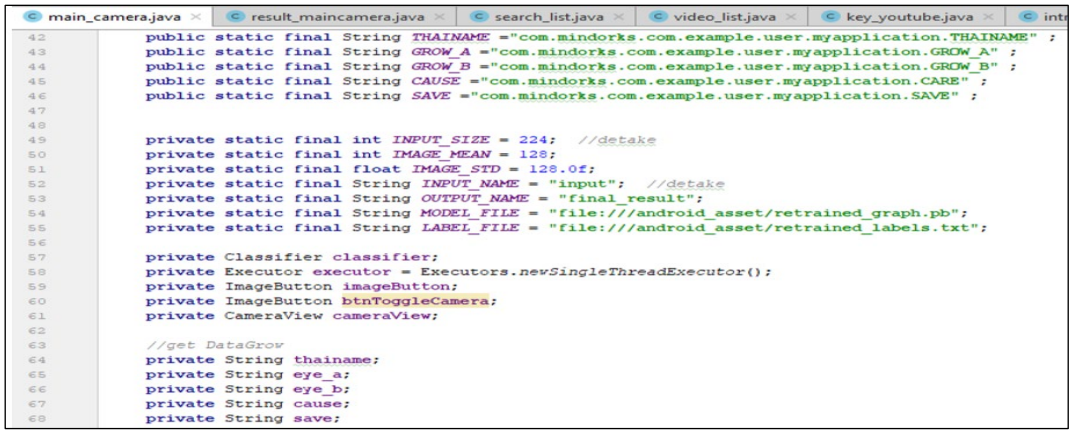
การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์

การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อเรียกใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้นนั้นโปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาขึ้นจะรับข้อมูลภาพจากกล้องสมาร์ทโฟนและจำแนกประเภทของภาพด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม

คอนโวลูชัน (CNN) เพื่อนำข้อมูลภาพที่ได้เข้าสู่กระบวนการรู้จำแล้วแสดงผลลัพธ์ระบุประเภทโรคตากลับมาแสดงผลบนหน้าจอสมาร์ทโฟน แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมประยุกต์ ดังภาพที่ 7

ภาพที่ 7 แสดงขั้นตอนการทำงานโปรแกรมประยุกต์

โปรแกรมประยุกต์พัฒนาด้วยโปรแกรมแอนดรอยด์สตูดิโอและภาษาจาวาเป็นภาษาหลักในการพัฒนาส่วนการเรียกใช้แบบจำลองจำแนกภาพโรคตาใช้ไลบรารี่เทนเซอร์โฟลในการเรียกใช้งานแบบจำลองจากเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมการเรียนรู้เชิงลึกแบบคอนโวลูชัน (CNN)



ภาพที่ 8 แสดงไฟล์แบบจำลองที่นำเข้าโปรแกรมแอนดรอยด์สตูดิโอ

การนำแบบจำลองจำแนกภาพที่ผ่านการฝึกสอนเรียบร้อยแล้วเข้าประมวลผลในโปรแกรมแอนดรอยด์สตูดิโอเพื่อเรียกใช้ประมวลผลในโปรแกรมประยุกต์ ดำเนินการดังภาพที่ 8 ซึ่งไฟล์ที่ได้จากการฝึกสอนจะมีจำนวนสองไฟล์ประกอบด้วยไฟล์ retrained_graph.pb และไฟล์ retrained_labels.txt

การทดสอบประสิทธิภาพโปรแกรมประยุกต์

การทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมประยุกต์ใช้วิธีการทดสอบความถูกต้องของฟังก์ชันการใช้งานและทดสอบความแม่นยำของโปรแกรมประยุกต์ในการจำแนกภาพโรคตาจำนวนโรคละ 20 ภาพ แล้วทำการวัดค่าร้อยละความถูกต้อง ซึ่งผลจากการทดสอบประสิทธิภาพโปรแกรมประยุกต์มีผลลัพธ์ที่จะกล่าวในลำดับต่อไป

ผลการวิจัย

ผลการทดสอบแบบจำลองจำแนกภาพโรคตาโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมการเรียนรู้เชิงลึกแบบคอนโวลูชัน ผลการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์และผลการประเมินประสิทธิภาพโปรแกรมประยุกต์การจำแนกภาพโรคตาด้วยการหาค่าความถูกต้อง แสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ผลการทดสอบประสิทธิภาพแบบจำลอง

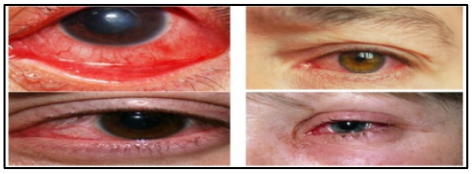
ผลการสร้างและทดสอบประสิทธิภาพแบบจำลองจำแนกภาพโรคตาด้วยเทคโนโลยีการเรียนรู้เชิงลึกได้ผลค่าความถูกต้อง (Accuracy) แสดงรายละเอียดในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพแบบจำลอง

ลำดับ	คลาสโรคตา	ค่าความถูกต้อง (%)
1	ต้อกระจก	99.82%
2	ต้อหิน	95.98%
3	ต้อลม	96.74%
4	ต้อเนื้อ	96.74%
5	ตาแดง	92.33%
6	ตากุ้งยิง	94.62%
7	ตาปกติ	98.60%
เฉลี่ย		**96.40%**

ตารางที่ 3 แสดงให้เห็นถึงค่าความถูกต้องในการเปรียบเทียบการจำแนกภาพโรคตาแต่ละประเภทจำนวน 7 คลาสด้วยการเรียนรู้เชิงลึกโดยใช้วิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน พบว่าการจำแนกภาพโรคต้อกระจกมีความถูกต้องสูงกว่าคลาสอื่น คือ 99.82% ส่วนการจำแนกภาพโรคตาแดงมีความถูกต้องต่ำกว่าคลาสอื่น คือ 92.33% เนื่องจากในชุดข้อมูลของคลาสโรคตาแดงภาพมีลักษณะเนื้อเยื่อสีแดงบนตาขาวคล้ายคลึงใกล้เคียงกับโรคต้อเนื้อ (ดังภาพที่ 9-10) ซึ่งทำให้การทำนายผลมีความคลาดเคลื่อน ค่าความถูกต้องจึงต่ำกว่าคลาสอื่น

ดังนั้น สรุปได้ว่าแบบจำลองจากเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชันขั้นตอนวิธีโมบายเน็ทเป็นแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพในการจำแนกภาพได้ดี ผลลัพธ์ค่าความถูกต้องเฉลี่ย 96.40% มีความเหมาะสมสำหรับนำมาใช้พัฒนาโปรแกรมประยุกต์ช่วยวิเคราะห์โรคตาแบบอัตโนมัติต่อไป



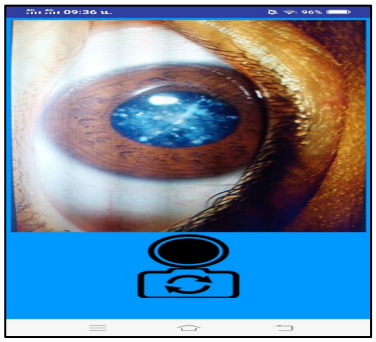
ภาพที่ 9 ตัวอย่างภาพในคลาสโรคตาแดง

ภาพที่ 10 ตัวอย่างภาพในคลาสโรคต้อเนื้อ

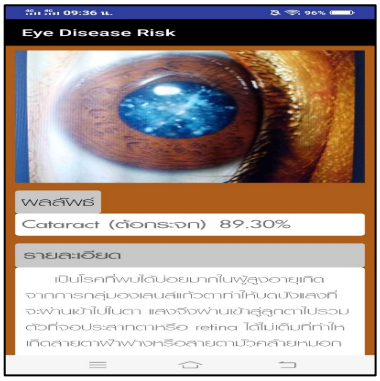
2. ผลการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์

การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์วิเคราะห์สุขภาพดวงตาผ่านการถ่ายภาพจากกล้องสมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ หน้าจอหลักแสดงดังภาพที่ 11 ผู้ใช้งานจะต้องใช้กล้องสมาร์ทโฟนถ่ายภาพดวงตาแล้วโปรแกรมประยุกต์จะเรียกใช้แบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึกเพื่อจำแนกภาพโรคตาและแสดงผลลัพธ์หน้าจอระบุประเภทโรคตากลับไปให้ผู้ใช้ ดังแสดงในรูปที่ 12-13 โดยโปรแกรมประยุกต์จะแสดงว่าเป็นโรคต้อกระจก ต้อหิน ต้อเนื้อ ต้อลม ตาแดง ตากุ้งยิงหรือตาปกติพร้อมระบุเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำ (ภาพที่ 13) นอกจากนี้โปรแกรมประยุกต์ยังมีเมนูการให้ความรู้เกี่ยวกับโรคตาเพิ่มเติม ดังตัวอย่างภาพที่ 14

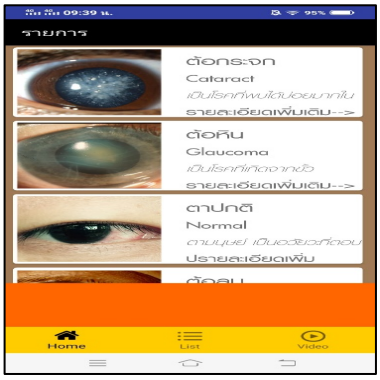
ภาพที่ 11 หน้าจอหลักโปรแกรมประยุกต์



ภาพที่ 12 หน้าจอหลักถ่ายภาพ



ภาพที่ 13 หน้าจอผลลัพธ์การวิเคราะห์



ภาพที่ 14 หน้าจอข้อมูลเกี่ยวกับโรคตา

จากผลการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ พบว่าโปรแกรมประยุกต์สามารถจำแนกและระบุภาพโรคตาแต่ละภาพได้ ซึ่งจะช่วยอำนวยความสะดวกให้ผู้ใช้สามารถถ่ายภาพและวิเคราะห์สุขภาพดวงตาด้วยตนเองเบื้องต้น

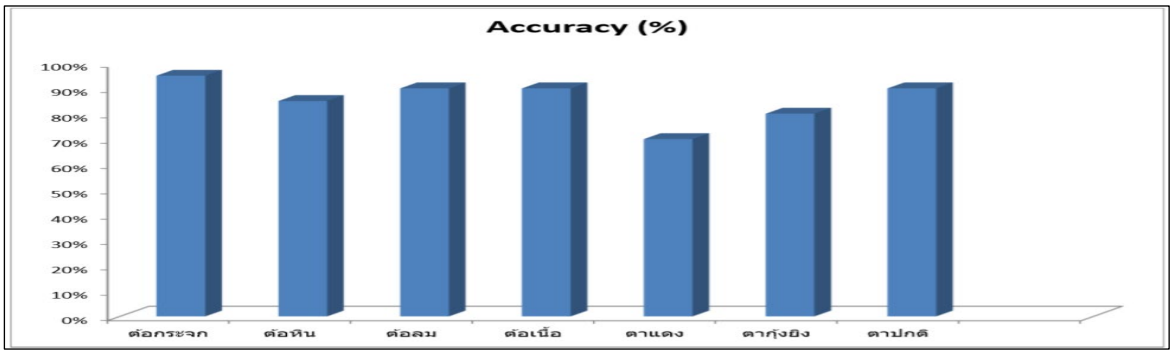
3. ผลการทดสอบประสิทธิภาพโปรแกรมประยุกต์

การทดสอบประสิทธิภาพการจำแนกภาพโรคตา (ตารางที่ 4) ซึ่งเป็นการทดสอบถ่ายภาพดวงตาผ่านกล้องสมาร์ทโฟนจำนวนภาพโรคตาประเภทละ 20 ครั้ง ภาพที่นำมาทดสอบเป็นภาพคนละชุดกับภาพที่นำไปฝึกสอน (Unseen Data) แสดงให้เห็นว่าผลการนำแบบจำลองไปพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ให้ค่าความถูกต้องของการจำแนกภาพโรคตาเฉลี่ย 85.71% โรคตาที่โปรแกรมประยุกต์สามารถทำนายได้ถูกต้องมากที่สุดได้แก่ โรคต้อกระจก ได้ค่าความถูกต้อง 95.00% รองลงมาได้แก่ โรคต้อลม โรคต้อเนื้อและตาปกติ จำแนกได้ถูกต้อง 90.00% โรคต้อหินจำแนก

ได้ค่าความถูกต้อง 85.00% โรคตากุ้งยิงจำแนกได้ถูกต้อง 80.00% ส่วนโรคตาที่ทำนายได้ถูกต้องน้อยที่สุด ได้แก่ โรคตาแดง ค่าความถูกต้องเท่ากับ 70.00% ดังภาพที่ 15

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพโปรแกรมประยุกต์

คลาส	จำนวนความถูกต้อง	จำนวนความผิดพลาด	ค่าความถูกต้อง (%)
ต้อกระจก	19	1	95.00%
ต้อหิน	17	3	85.00%
ต้อลม	18	2	90.00%
ต้อเนื้อ	18	2	90.00%
ตาแดง	14	6	70.00%
ตากุ้งยิง	16	4	80.00%
ตาปกติ	18	2	90.00%
เฉลี่ย			**85.71%**



ภาพที่ 15 กราฟแสดงค่าความถูกต้องการจำแนกโรคตาแต่ละประเภท

อภิปรายผล

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงประยุกต์มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบสำหรับตรวจสอบปัญหาสุขภาพดวงตาผ่านการถ่ายภาพจากกล้องสมาร์ทโฟนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการรู้จำภาพและการเรียนรู้เชิงลึกเพื่ออำนวยความสะดวกแก่ประชาชนทั่วไปที่ต้องการตรวจสอบสุขภาพดวงตาด้วยตนเองเบื้องต้น การดำเนินงานเริ่มจากการรวบรวมข้อมูลกลุ่มตัวอย่างภาพโรคตาโดยแบ่งคลาสที่ต้องการจำแนกออกเป็น 7 คลาส คลาสละ 100 ภาพ จำนวนภาพทั้งหมด 700 ภาพ นำมาสร้างแบบจำลองจำแนกภาพโรคตาด้วยเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมเชิงลึกแบบคอนโวลูชันเลือกใช้ขั้นตอนวิธีโมบายเน็ทเพื่อให้สะดวกต่อการพัฒนาในรูปแบบโปรแกรมประยุกต์บนสมาร์ทโฟน ดำเนินการฝึกสอนและสร้างแบบจำลองด้วยภาษาไพทอนร่วมกับไลบรารี่เทนเซอร์โฟล แบ่งข้อมูลทั้งหมดเป็นชุดข้อมูลฝึกสอน (Train Data Set) จำนวน 90% และชุดข้อมูลทดสอบ (Test Data Set) จำนวน 10% รอบการเทรนจำนวน 500 รอบ ผลการศึกษาพบว่าแบบจำลองมีความแม่นยำที่สูงสามารถจำแนกภาพโรคตาได้ค่าความถูกต้องเฉลี่ย 96.40% ซึ่งมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับดี

จากนั้นนำแบบจำลองนี้ไปพัฒนาส่วนติดต่อผู้ใช้ในรูปแบบโปรแกรมประยุกต์บนสมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์โดยใช้โปรแกรมแอนดรอยด์สตูดิโอและภาษาจาวาเป็นภาษาหลักในการพัฒนา

ผลการทดสอบประสิทธิภาพโปรแกรมประยุกต์ พบว่าโปรแกรมประยุกต์สามารถจำแนกและระบุโรคตาได้อย่างแม่นยำมีค่าความถูกต้องเฉลี่ยสูงถึง 85.17% ซึ่งผลที่ได้จากการทดลอง (ตารางที่ 3 และตารางที่ 4) พบว่าโรคต้อกระจกสามารถจำแนกได้ถูกต้องมากที่สุด ส่วนโรคตาที่จำแนกได้ถูกต้องน้อยที่สุด ได้แก่ โรคตาแดง อาจเป็นเพราะในชุดข้อมูลฝึกสอนของคลาสโรคตาแดง ภาพโรคตาแดงมีลักษณะคล้ายคลึงกับภาพโรคต้อเนื้อซึ่งทำให้การทำนายผลมีความคลาดเคลื่อน แสดงให้เห็นว่าข้อมูลภาพที่นำมาฝึกสอนสร้างแบบจำลองมีผลต่อความแม่นยำในการประมวลผล นอกจากนี้ยังพบว่าคุณภาพของกล้องสมาร์ทโฟนเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้ค่าความถูกต้องการจำแนกโรคตาของตารางที่ 4 มีค่าน้อยกว่าตารางที่ 3

สรุปได้ว่าโปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาขึ้นนี้มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับดี สามารถช่วยวิเคราะห์การเกิดปัญหาสุขภาพดวงตาจากภาพถ่ายด้วยตัวเองเบื้องต้นได้ โดยการใช้งานที่ไม่ยุ่งยากเพียงแค่ถ่ายภาพดวงตาแล้วคลิกหนึ่งครั้งเพื่อทำการวิเคราะห์ ผู้ใช้ก็จะได้ผลลัพธ์ของโรคตาพร้อมคำแนะนำเพื่อให้ผู้ใช้งานนำไปเป็นแนวทางในการดูแลสุขภาพดวงตาตนเองเบื้องต้นได้

งานวิจัยนี้มีข้อจำกัดในส่วนของโปรแกรมประยุกต์ คือ (1) ความละเอียดของกล้องสมาร์ทโฟนมีผลต่อความแม่นยำในการประมวลผล (2) การประมวลผลภาพควรถ่ายภาพในที่ที่มีแสงสว่างเพียงพอและ (3) ระยะห่างระหว่างกล้องสมาร์ทโฟนกับการภาพถ่ายดวงตาไม่ควรห่างกันมากกว่า 3 นิ้ว ถ้ามากกว่าระยะที่กำหนดจะมีผลต่อความแม่นยำในการทำนายได้

ข้อเสนอแนะ

1. ปรับปรุงกระบวนการเตรียมข้อมูลและเพิ่มจำนวนของข้อมูลเพื่อให้การฝึกสอนมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น
2. งานวิจัยนี้ศึกษาการจำแนกภาพด้วยขั้นตอนวิธีโมบายเน็ทเท่านั้น ดังนั้นหากมีการเปรียบเทียบกับวิธีการจำแนกภาพของเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกแบบอื่นเพิ่มเติมจะทำให้การจำแนกมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ป่วยคลินิกจักษุ โรงพยาบาลพิษณุเวช จังหวัดพิษณุโลกที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านข้อมูลในการดำเนินงานวิจัยและขอขอบคุณเจ้าหน้าที่บุคลากรทางการแพทย์ คลินิกจักษุ โรงพยาบาลพิษณุเวชที่ช่วยเหลือติดต่อประสานงานตลอดจนคำปรึกษาแนะนำจนงานวิจัยประสบผลสำเร็จ

เอกสารอ้างอิง

Asakun, S. (2017). *Eye diseases that are found in practice (Revised version 2017).* Chiang Mai: Chiang Mai University. (in Thai)

Asanathip, A. and Boonlue, S. (2015). An Applied of Image Processing for Neonatal Jaundice Screening. *Journal of the Police Nurse*, 7 (1), 166-182. (in Thai)

Ertam, F. and Aydin, G. (2017). Data classification with deep learning using Tensorflow. *The Proceedings of IEEE International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK)*, 5-8 October 2017 at Turkey, 755-758.

Gardezi, S. Awais, M. Faye, I. and Meriaudeau, F. (2017). Mammogram Classification using Deep Learning Features. *The Proceedings of International Conference on Signal and Image Processing Applications (IEEE ICSIPA 2017),* 12-14 September 2017 at Malaysia, 485-488.

Jmour, N., Zayen, S. and Abdelkrim, A. (2018). Convolutional Neural Networks for Image Classification. *The Proceedings of International Conference on Advanced Systems and Electrical Technologies (IC_ASET),* 22-25 March 2018 at Tunisia, 397–402.

Kraiphibun, P. (2013). *Eye Disease*. Bangkok: Amarin Health. (in Thai)

Phwanwilai, R. and Kangkachit, T. (2019). Automated Plant Disease Detection using Drones and Deep Learning. *The Proceedings of the 15th National Conference on Computing and Information Technology (NCCIT2019)*, 4-5 July 2019 at Bangkok, 189–194. (in Thai)

Saha, S. (2018). *A Comprehensive Guide to Convolutional Neural Networks-the ELI5 way.* [Online]. Retrieved May 1, 2020, from: https://towardsdatascience.com/a-comprehensive-guide-to-convolutional-neural-networks-the-eli5-way-3bd2b1164a53

Sarawong, C., Somabut, S. Imtongkhum, P. Pimson, C and So-In, C. (2018). Notification, Validation, and Identification Systems of Lost Dog. *The Proceedings of the 14th National Conference on Computing and Information Technology (NCCIT2018),* 5-6 July 2018 at Chiang Mai, 678–685. (in Thai)

Sinha, D.and El-Sharkawy, M. (2019). Thin MobileNet: An Enhanced MobileNet Architecture. *The Proceedings of IEEE 10th Annual Ubiquitous Computing, Electronics & Mobile Communication Conference (UEMCON)*, 10-12 October 2019 at New York City, USA. 280-285.

Thongpan, N., Rattanasiriwongwut, M. and Ketchum, M. (2019). Prototype of Real-time Lane Detection Device. *Sripatum Review of Science and Technology*, 11, 53-66. (in Thai)

Xing, W. and Du, D. (2018). Dropout Prediction in MOOCs: Using Deep Learning for Personalized Intervention. *Journal of Educational Computing*, 57(3), 1-23.

การประยุกต์ใช้นิวโรฟัซซีแบบปรับตัวได้เพื่อประเมินเวลาสำรองในโครงการก่อสร้างอุโมงค์

ธนิตเชษฐ์ ดวงโสมา*
กองวิชาวิศวกรรมโยธา ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า

Received: 8 July 2020
Revised: 12 January 2021
Accepted: 11 March 2021

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเวลาสำรองของโครงการ ในรูปแบบของเวลารอคอยจากเหตุการณ์ความเสี่ยงที่เกิดขึ้นของกิจกรรมในโครงการก่อสร้างอุโมงค์ ด้วยวิธีเจาะและระเบิด โดยประยุกต์ใช้นิวโรฟัซซีแบบปรับตัวได้ (ANFIS) ร่วมกับแผนกำหนดระยะเวลากิจกรรมแบบสายงานวิกฤต เพื่อนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการทำนายความเป็นไปได้ที่จะเกิดความเสี่ยง โดยอาศัยข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ของโครงการก่อสร้างโรงไฟฟ้า “น้ำเทิน 1” ทำนายความเป็นไปได้ที่จะเกิดเหตุการณ์ความเสี่ยง โดยพิจารณาจากปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงในกรณีต่างๆ การนำเข้าข้อมูลในระบบ ANFIS จะแบ่งข้อมูลเป็น 3 ชุด คือ ชุด A, B และ C โดยแต่ละชุดจะแบ่งข้อมูลเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ใช้เรียนรู้และทดสอบ จากนั้น เลือกชุดข้อมูลที่มีความแม่นยำมากที่สุด โดยพิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนของรากที่สองเฉลี่ย (RMSE) พบว่า ข้อมูลชุด B มีค่า RMSE น้อยที่สุด จึงมีความเหมาะสมในการนำข้อมูลชุดนี้มาใช้ สำหรับการประยุกต์ใช้ในโครงการก่อสร้างจริง ผลการศึกษา พบว่า ระยะเวลาการวางแผนด้วยวิธีสายงานวิกฤตแบบทั่วไป เท่ากับ 122 วัน ระยะเวลาการวางแผนแบบรวมความเสี่ยงด้วย ANFIS เท่ากับ 172 วัน และระยะเวลาการก่อสร้างจริง เท่ากับ 175 วัน เมื่อเปรียบเทียบกันแล้ว ระยะเวลาการวางแผนด้วย ANFIS มีความใกล้เคียงกับระยะเวลาในการก่อสร้างจริง จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนงานก่อสร้างอุโมงค์ด้วยวิธีเจาะและระเบิดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การก่อสร้างอุโมงค์ นิวโรฟัซซีแบบปรับตัวได้ วิธีสายงานวิกฤต

* ผู้ประสานงานหลัก; อีเมล: tanitchet.do@crma.ac.th

Application of Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems for Evaluating Time Contingency in Tunnel Construction Project

Tanitchet Doungsoma*
Department of Civil Engineering, Academic Division,
Chulachomklao Royal Military Academy

Received: 8 July 2020
Revised: 12 January 2021
Accepted: 11 March 2021

Abstract

The objective of this research is to study the time contingency of the project in case of lag time from the risk event of the activities in the tunnel construction project by the method of drilling and blasting. This research applied the Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems (ANFIS) with the Critical Path Method (CPM) in order to be used as a tool for predicting the probability of risk event, based on 5 experts of the Nam Theun 1 Hydropower Construction Project to predict the probability of risk events by considering the factors which cause risk in various cases. Furthermore, the input data in the ANFIS system would be divided into three data sets: A, B, and C. Each set would be divided into two parts which were used for learning and testing. Then, the most accurate data set was chosen by considering the Root Mean Square Error (RMSE). The results showed that data set B had the smallest RMSE which was appropriate to use. When applied to the real construction project, the results showed that the duration of the general CPM method was 122 days. The duration of combined risk planning with ANFIS was 172 days and the actual construction duration was 175 days. When the results are compared, the planning duration with ANFIS is close to the actual construction duration. Therefore, this method can be effectively applied to the tunnel construction by the method of drilling and blasting.

Keywords: Tunnel Construction, Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems (ANFIS), Critical Path Method (CPM)

* Corresponding Author, E-mail: tanitchet.do@crma.ac.th

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โครงการก่อสร้างโรงไฟฟ้า “น้ำเทิน 1” ตั้งอยู่แขวงบอลิคำไซ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (Lao People's Democratic Republic) มีกำลังการผลิตไฟฟ้ารวม 650 เมกะวัตต์ (Song Da 9 Join Stock Company, 2016) โดยมีการแบ่งงานก่อสร้างออกเป็นหลายส่วน และส่วนของงานที่มีความน่าสนใจ คือ การก่อสร้างอุโมงค์ใต้ดิน ซึ่งเป็นงานที่มีความเสี่ยงสูง โดยทั่วไป วิธีที่ได้รับความนิยมและใช้ในการก่อสร้างมี 2 วิธี คือ การก่อสร้างอุโมงค์ด้วยเครื่องจักร (Tunnel Boring Machine: TBM) และการก่อสร้างอุโมงค์ด้วยวิธีเจาะและระเบิด (Drilling and Blasting Method: D & B) ความท้าทายที่สำคัญของโครงการนี้ คือ ช่วงของการก่อสร้างอุโมงค์ ADIT 1 ระยะ 320 เมตร โดยมีสภาพทางธรณีวิทยาทั่วไปเป็นชั้นหินแข็ง จึงเลือกใช้การก่อสร้างด้วยวิธีเจาะและระเบิด ซึ่งมีความเสี่ยงสูงในการปฏิบัติงาน จนอาจส่งผลกระทบทำให้ระยะเวลาการก่อสร้างเกิดความล่าช้า อันมีผลมาจากปัจจัยเสี่ยงด้านต่างๆ เช่น สภาพทางธรณีวิทยา สภาพแวดล้อม และปัจจัยทางด้านการบริหารจัดการ (Pawan and Rujirayanyong, 2019) ซึ่งสิ่งเหล่านี้ ถือว่าเป็นปัจจัยเสี่ยงของโครงการที่ควรจะนำมาพิจารณาร่วมกับการวางแผนงาน เพื่อที่จะสามารถรับมือกับความเสี่ยงได้อย่างเป็นระบบ

การวางแผนกำหนดเวลางาน โดยวิธีสายงานวิกฤต (Critical Path Method: CPM) เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมและสามารถแสดงความสัมพันธ์ของงานต่างๆ ได้อย่างชัดเจน ทำให้ทราบถึงสายงานที่อยู่บนเส้นทางวิกฤต คือ กิจกรรมที่ไม่สามารถล่าช้าได้ เพราะจะส่งผลกระทบต่อระยะเวลาของทั้งโครงการ แต่อย่างไรก็ตาม วิธี CPM ไม่ได้ออกแบบมาเพื่อรับมือกับความไม่แน่นอน (Uncertainty) จึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการวางแผนงานที่มีความเสี่ยงได้โดยตรง (Promsiri and Pawan, 2018) ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้ ได้นำเสนอเทคนิคนิวโรฟัซซีแบบปรับตัวได้ (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems: ANFIS) ร่วมกับการวางแผนงานแบบ CPM เพื่อนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการวางแผนงานโครงการที่มีความเสี่ยงให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาและกำหนดโครงสร้างการจัดแบ่งงาน (Work Breakdown Structure: WBS) ของโครงการก่อสร้างอุโมงค์ ด้วยวิธีเจาะและระเบิด

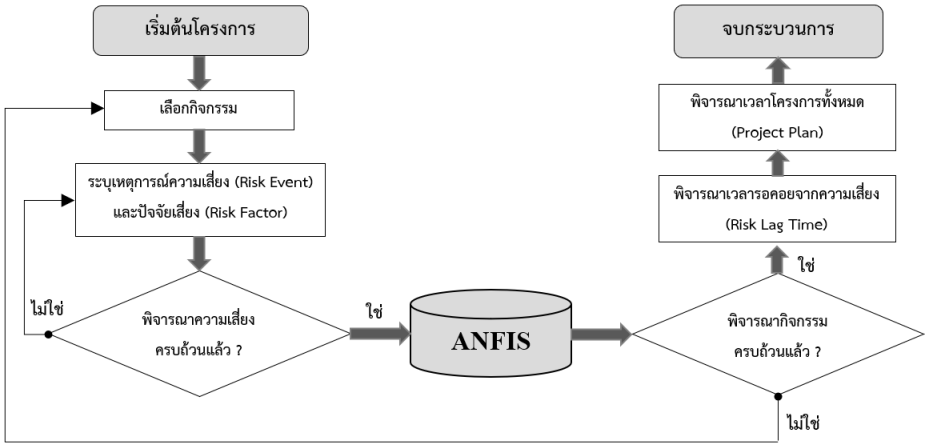
2. เพื่อศึกษาและระบุความเสี่ยง (Risk Identification) โดยการกำหนดโครงสร้างการจัดแบ่งความเสี่ยง (Risk Breakdown Structure: RBS) จากเหตุการณ์ความเสี่ยง (Risk Event) และปัจจัยเสี่ยง (Risk Factor) ของโครงการก่อสร้างอุโมงค์ ด้วยวิธีเจาะและระเบิด

3. เพื่อศึกษาและกำหนดระยะเวลาของโครงการก่อสร้าง โดยการพัฒนากรอบแนวทางปฏิบัติ (Framework) ในการเผื่อเวลารอคอยของกิจกรรมก่อสร้าง และประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment) จากแบบจำลองทำนายโอกาสที่จะเกิดความเสี่ยง (Probability) และผลกระทบ (Impact) ที่เกิดขึ้น ของโครงการก่อสร้างอุโมงค์ ด้วยวิธีเจาะและระเบิด

กรอบแนวคิดในการวิจัย

ผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัย ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก คือ ขั้นที่หนึ่ง การเลือกพิจารณากิจกรรมที่มีความเสี่ยง พร้อมทั้งระบุเหตุการณ์ความเสี่ยง (Risk Event) และปัจจัยเสี่ยง (Risk Factor) ขั้นที่สอง

การเก็บรวบรวมข้อมูลในอดีตและจากผู้เชี่ยวชาญในโครงการ นำเข้าข้อมูลเพื่อเรียนรู้ (Training) และทดสอบ (Testing) ในระบบ ANFIS จากนั้นเลือกโมเดลที่มีความแม่นยำมากที่สุด ขั้นที่สาม การนำข้อมูลที่ได้จาก ANFIS หาค่าระยะเวลาสำรอง (Time Contingency) ของโครงการในรูปแบบของเวลารอคอย (Lag Time) และคำนวณหาระยะเวลาทั้งหมดของโครงการ ดังภาพที่ 1

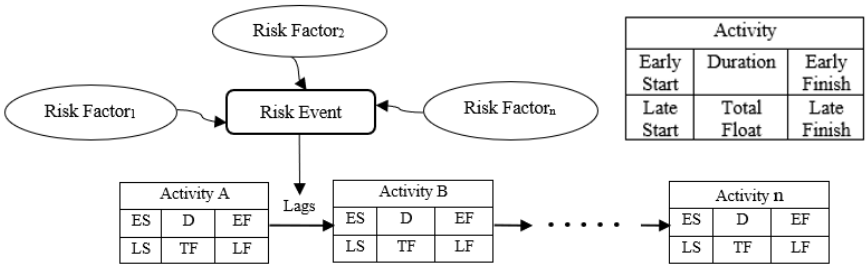


ภาพที่ 1 กรอบการทำงานของการวางแผนโครงการที่มีความเสี่ยงด้วย ANFIS

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. แนวคิดและทฤษฎี

1.1 วิธีสายงานวิกฤต (Critical Path Method: CPM) เป็นเทคนิคที่ได้รับความนิยมในการกำหนดเวลาของโครงการ สามารถบอกวันเริ่มต้นและวันสิ้นสุดโครงการได้ โดยใช้ลูกศรแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมต่างๆ ความสัมพันธ์ที่นิยมใช้มากที่สุด คือ ความสัมพันธ์แบบเสร็จ-เริ่ม (Finish to Start) เนื่องจากเป็นรูปแบบที่เข้าใจได้ง่าย สำหรับการศึกษาครั้งนี้ ได้เพิ่มเวลารอคอย (Lag time) ที่พิจารณาร่วมกับความเสี่ยงลงในสายงาน CPM ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์แบบ Finish to Start เมื่อพิจารณาร่วมกับความเสี่ยง

1.2 โครงสร้างการจัดแบ่งงาน (Work Breakdown Structure: WBS) คือ การแบ่งโครงการออกเป็นกลุ่มงานย่อยตามลำดับชั้นอย่างเป็นระบบ ในแต่ละกลุ่มงานย่อยก็อาจแบ่งย่อยได้อีกจนไปถึงระดับที่เล็กที่สุด คือ ระดับกิจกรรม (Activity) โดยทั่วไปโครงสร้างของ WBS ขึ้นอยู่กับขนาดและความซับซ้อนของแต่ละโครงการ ถ้าเป็น

โครงการที่มีขนาดใหญ่อาจจะประกอบด้วยโครงการที่มีขนาดเล็กอยู่ในนั้น หรือถ้าเป็นโครงการขนาดกลางหรือขนาดเล็กอาจจะมีเพียงกิจกรรมที่ประกอบเป็นโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อนมากนัก

1.3 การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment) คือ การพัฒนากรอบแนวทางปฏิบัติการประเมินเวลารอคอยที่พิจารณาร่วมกับความเสี่ยง ประกอบด้วย กระบวนการระบุความเสี่ยง (Risk Identification) และการวิเคราะห์ความเสี่ยง (Risk Analysis) โดยพิจารณาจากการประเมินโอกาสที่จะเกิดความเสี่ยง (Likelihood/ Probability) และความรุนแรงของผลกระทบจากเหตุการณ์ความเสี่ยง (Impact) การประมาณการความเสี่ยง (Risk Estimation) ของโครงการ สามารถหาได้จากสมการที่ 1

$$\text{Risk (R)} = \text{Probability (P) x Impact (I)} \quad (1)$$

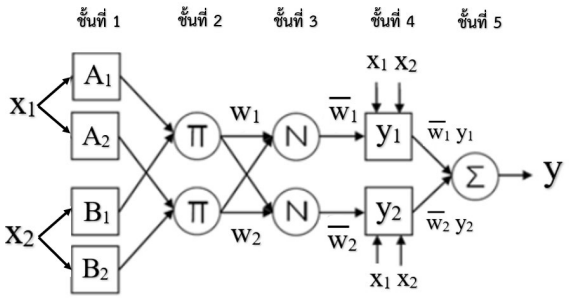
1.4 นิวโรฟัซซีแบบปรับตัวได้ (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems: ANFIS) เป็นการประยุกต์ผสมผสานวิธีการโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) กับฟัซซีลอจิก (Fuzzy Logic) โดยโครงข่ายประสาทเทียมมีจุดเด่นด้านการเรียนรู้จากข้อมูลและการปรับแต่งความรู้ในเครือข่ายที่มีการเชื่อมโยงกันอย่างหนาแน่นคล้ายกับสมองของมนุษย์ สำหรับฟัซซีลอจิก มีจุดเด่นในเรื่องการมีเหตุผลเชิงตรรกะ เนื่องจากโครงสร้างสามารถตีความในรูปถ้า-แล้ว (If-Then Rule) ซึ่งสอดคล้องกับความคิดของมนุษย์ ดังนั้น เมื่อนำข้อดีของทั้งสองรูปแบบมารวมกัน ก็จะกลายเป็นระบบที่มีกระบวนการเรียนรู้ได้ในตัวเองและเป็นระบบที่มีความสามารถในการตีความหมายและให้เหตุผลได้อย่างดีเยี่ยม

โครงสร้างระบบ ANFIS มี 2 อินพุต แต่ละอินพุตแบ่งเป็นสองฟัซซีเซต มิติที่ 1 แบ่งฟัซซีเซตเป็น A1 และ A2 มิติที่ 2 แบ่งเป็น B1 และ B2 ส่วนข้อตามมีพารามิเตอร์เป็น r_{j0}, r_{j1} และ r_{j2} โดยโครงสร้างดังกล่าวมีพื้นฐานแบบ Takagi Sugeno Kang Model (TSK) มีจำนวน L กฎ (Pookyapon and Pawan, 2015) ดังนี้

Rule1: IF x_1 is A_1 and x_2 is B_1 THEN $y_1 = r_{10} + r_{11}x_1 + r_{12}x_2$

Rule2: IF x_1 is A_2 and x_2 is B_1 THEN $y_2 = r_{20} + r_{21}x_1 + r_{22}x_2$

RuleL: IF x_1 is A_2 and x_2 is B_2 THEN $y_2 = r_{L0} + r_{L1}x_1 + r_{L2}x_2$



ภาพที่ 3 โครงสร้างระบบอนุมานนิวโรฟัซซีแบบปรับตัวได้ (ANFIS)

โครงสร้างหลักของ ANFIS แบ่งเป็น 5 ชั้น ดังภาพที่ 3 ได้แก่

ชั้นที่ 1 ประกอบด้วยฟังก์ชันสมาชิกของตัวแปรอินพุตแต่ละตัว ดังสมการที่ 2

$$O^1_j = \mu_{Ai}(x) \tag{2}$$

ชั้นที่ 2 เป็นการคำนวณหาความสัมพันธ์ของอินพุตเวคเตอร์ที่เป็นไปได้ทั้งหมด ดังสมการที่ 3

$$W_j = \mu_{j1}(x_1) \times \mu_{j2}(x_2)\ ,\ j = 1 \ldots L \tag{3}$$

ชั้นที่ 3 เป็นการ Normalize เพื่อหาค่าอินพุตเวคเตอร์ที่ได้จากชั้นที่ 2 ดังสมการที่ 4

$$\overline{W}_j = \frac{W_i}{W_1 + W_2 + \ldots + W_L},\ j = 1 \ldots L \tag{4}$$

ชั้นที่ 4 เป็นการ Output Membership Function ของกฎแต่ละข้อ จากการรับค่าในชั้นที่ 3 กำหนดด้วยสมการโดย (p, q, r) เรียกว่า Consequent parameter ดังสมการที่ 5

$$O^4{}_j = \overline{W}_j\, y_j = \overline{W}_j\,(r_{j0} + r_{j1}x_1 + r_{j2}x_2) \tag{5}$$

ชั้นที่ 5 เป็นการคำนวณเพื่อหาค่าเอาต์พุตที่ได้จากชั้นที่ 4 เป็นจำนวนจริงผลลัพธ์ที่ได้ ดังสมการที่ 6

$$O^5{}_j = \overline{W}^{\,t} y = \sum_{j=1}^{l} \overline{W}_j y_j = \frac{\sum_j W_j y_j}{\sum_j W_j} \tag{6}$$

การทดสอบหาความแม่นยำของแบบจำลอง โดยใช้ค่า Root Mean Square Error (RMSE) ซึ่งเป็นการวัดค่าความแตกต่างระหว่างค่าจริงและค่าที่ประมาณได้ใกล้เคียงกับค่าจริง สามารถหาได้จากสมการที่ 7

$$\mathrm{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(d_i - D_i\right)^2} \times 100\% \tag{7}$$

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

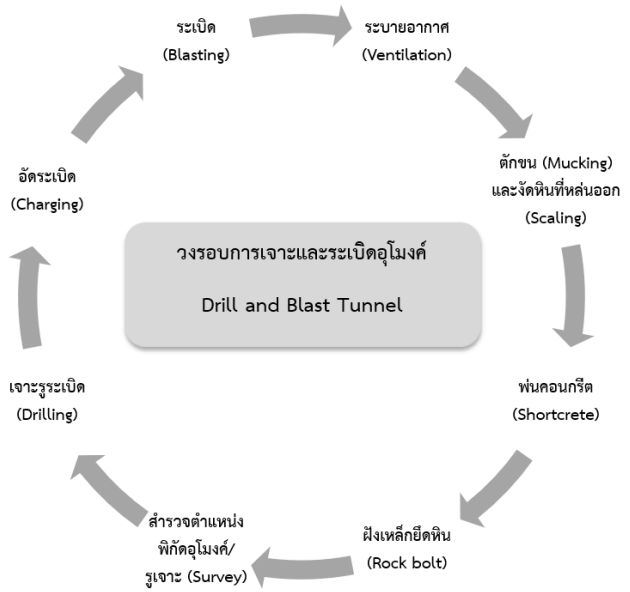
ปัจจุบันระบบ ANFIS ได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในงานด้านต่างๆ อย่างแพร่หลาย เช่น Zhang et al. (2006) ได้ประยุกต์ใช้ ANFIS เพื่อประเมินความสามารถในการรับน้ำหนักของเสาเข็มคอนกรีตอัดแรงในประเทศจีน ผลการศึกษาพบว่า ค่าที่ได้จากแบบจำลองที่สร้างขึ้นและค่าจากการทดสอบจริงมีความใกล้เคียงกัน Ebrat and Ghodsi (2011) ได้ใช้แบบจำลอง ANFIS เพื่อประเมินความเสี่ยงของโครงการก่อสร้างในประเทศอิหร่าน โดยนำข้อมูลจากประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญและการเก็บข้อมูลที่มีในอดีต ผลจากการวิจัยพบว่า แบบจำลองที่สร้างขึ้นมีความแม่นยำมากพอสำหรับการประเมินความเสี่ยงของโครงการก่อสร้าง

Kaewprasit and Mungsing (2015) สร้างแบบจำลองสำหรับการตัดสินใจเพื่อสร้างระบบวินิจฉัยโรคจากผลตรวจเลือด โดยผสมผสานหลักการของโครงข่ายประสาทเทียมกับฟัซซีโลจิกเข้าด้วยกัน ผลการวิจัยพบว่าผลวินิจฉัยโรคจากผลการตรวจเลือดมีความแม่นยำสูง Tavakoli, Sharifara and Najafi (2020) ประยุกต์ใช้ ANFIS ร่วมกับ ANN (โครงข่ายประสาทเทียม) เพื่อประเมินอายุการใช้งานของระบบท่อจ่ายน้ำในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยนำเข้าข้อมูลปัจจัยด้านต่างๆ ที่ทำให้ท่อเกิดการเสื่อมสภาพ ผลจากการวิจัยพบว่า แบบจำลองมีความแม่นยำและสามารถใช้ในการทำนายอายุการใช้งานของท่อได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วิธีดำเนินการวิจัย

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ทำการรวบรวมข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับการก่อสร้างอุโมงค์ด้วยวิธีเจาะและระเบิด โดยทั่วไปแล้วจะมีลักษณะการทำงานที่เป็นวงรอบ ดังภาพที่ 4 (Pawan and Rujirayanyong, 2019) จากนั้น จัดทำโครงสร้างการจัดแบ่งงาน (WBS) ของการก่อสร้างอุโมงค์ด้วยวิธีเจาะและระเบิด ดังตารางที่ 1



ภาพที่ 4 วงรอบทั่วไปของการก่อสร้างอุโมงค์ด้วยวิธีเจาะและระเบิด

ตารางที่ 1 โครงสร้างการจัดแบ่งงาน (WBS) ของการก่อสร้างอุโมงค์ด้วยวิธีเจาะและระเบิด

WBS	สัญลักษณ์	รายการ	ระยะเวลา (ชั่วโมง)	กิจกรรมก่อนหน้า
1	A	การเจาะและระเบิด	6	-
2	B	สกัดหินและขนย้าย	6	A
3	C	การทำแผนที่	3	B
4	D	สำรวจและตรวจสอบพิกัด	2	B
5	E	ติดตั้งเหล็กค้ำยันเพิ่มเติม	2	C, D
6	F	ติดตั้งตะแกรงเหล็กและพ่นคอนกรีตเคลือบชั้นที่ 1	3	E
7	G	ติดตั้งตะแกรงเหล็กและพ่นคอนกรีตเคลือบชั้นที่ 2	3	F
8	H	ฝังเหล็กยึดหินและติดตั้งท่อระบาย	1	G

การระบุความเสี่ยง (Risk Identification: RI)

การระบุความเสี่ยง ทำให้ผู้วางแผนงานมีความเข้าใจว่ากิจกรรมใดมีความเสี่ยงมากเป็นพิเศษ จำเป็นที่จะต้องพิจารณาอย่างถี่ถ้วนและเป็นระบบ โดยแยกเป็นโครงสร้างคล้ายกับ WBS ลงในกิจกรรมนั้น เรียกว่า โครงสร้าง

การจัดแบ่งความเสี่ยง (Risk Breakdown Structure: RBS) โดยแบ่งเป็น เหตุการณ์ความเสี่ยง (Risk Event) และปัจจัยเสี่ยง (Risk Factor) ที่ทำให้เกิดเหตุการณ์ความเสี่ยงนั้น สำหรับโครงการก่อสร้างอุโมงค์ด้วยวิธีเจาะและระเบิด สามารถเขียน RBS ได้ดังตารางที่ 2 นอกจากนี้ ได้จัดทำเกณฑ์ชี้วัดปัจจัยเสี่ยง โดยใช้ตัวอย่างเหตุการณ์ความเสี่ยง “น้ำท่วมพื้นที่ก่อสร้าง” ซึ่งประกอบด้วย 3 ปัจจัยเสี่ยง คือ ประสิทธิภาพในการระบายน้ำ ปริมาณน้ำใต้ดิน และอัตราการไหลซึมของน้ำใต้ดิน เพื่อช่วยในการประเมินระดับในการเกิดปัจจัยเสี่ยงในด้านต่างๆ ดังตารางที่ 3-5

ตารางที่ 2 ตัวอย่างการกำหนดโครงสร้างการจัดแบ่งความเสี่ยง (RBS) ด้วยวิธีเจาะและระเบิด

RBS: Risk Breakdown Structure โครงการก่อสร้างอุโมงค์ ด้วยวิธีเจาะและระเบิด				
เหตุการณ์ความเสี่ยง (Risk Event)	**ปัจจัยเสี่ยง (Risk Factor)**	**ระดับความเสี่ยง**		
		1	**2**	**3**
R1. น้ำท่วมพื้นที่ก่อสร้าง	R1F1. ประสิทธิภาพในการระบายน้ำ	มาก	ปานกลาง	น้อย
	R1F2. ปริมาณน้ำใต้ดิน	น้อย	ปานกลาง	มาก
	R1F3. อัตราการไหลซึมของน้ำใต้ดิน	น้อย	ปานกลาง	มาก
R2. ชั้นดินหรือหินเกิดการเคลื่อนตัว	R2F1. การสั่นสะเทือนจากการทำงาน	น้อย	ปานกลาง	มาก
	R2F2. ความแข็งแรงของระบบค้ำยัน	มาก	ปานกลาง	น้อย
	R2F3. เกิดเหตุการณ์ไม่คาดคิด	น้อย	ปานกลาง	มาก
R3. เครื่องมือเกิดความเสียหาย	R3F1. ประสบการณ์และความชำนาญ	น้อย	ปานกลาง	มาก
	R3F2. การบำรุงและซ่อมแซม	มาก	ปานกลาง	น้อย
	R3F3. สมรรถนะของเครื่องมือ	มาก	ปานกลาง	น้อย
R4. การร้องเรียนจากชุมชนใกล้เคียง	R4F1. มลภาวะทางเสียง	น้อย	ปานกลาง	มาก
	R4F2. มลภาวะทางอากาศ	น้อย	ปานกลาง	มาก
	R4F3. การรบกวนจากคนงาน	น้อย	ปานกลาง	มาก
R5. ผลกระทบด้านเศรษฐกิจ	R5F1. ขาดแคลนแรงงาน	น้อย	ปานกลาง	มาก
	R5F2. ขาดสภาพคล่อง	น้อย	ปานกลาง	มาก
	R5F3. ความไม่มั่นคงทางเศรษฐกิจ	น้อย	ปานกลาง	มาก
R6. ความล่าช้าของงานสำรวจ	R6F1. ความผิดพลาดจากอุปกรณ์	น้อย	ปานกลาง	มาก
	R6F2. ประสบการณ์ของชุดสำรวจ	มาก	ปานกลาง	น้อย
	R6F3. ขาดการติดต่อสื่อสารที่ดี	น้อย	ปานกลาง	มาก

ตารางที่ 3 เกณฑ์ชี้วัดปัจจัย “ประสิทธิภาพในการระบายน้ำ”

เกณฑ์ชี้วัด	**ประสิทธิภาพในการระบายน้ำ**	**ความหมาย**
1	มาก	ประสิทธิภาพในการระบายน้ำได้มากจะส่งผลให้โอกาสที่น้ำจะท่วมพื้นที่ก่อสร้างได้น้อย
2	ปานกลาง	ประสิทธิภาพในการระบายน้ำได้ปานกลางจะส่งผลให้โอกาสที่น้ำจะท่วมพื้นที่ก่อสร้างได้ปานกลาง
3	น้อย	ประสิทธิภาพในการระบายน้ำได้น้อยจะส่งผลให้โอกาสที่น้ำจะท่วมพื้นที่ก่อสร้างได้มาก

ตารางที่ 4 เกณฑ์ชี้วัดปัจจัย “ปริมาณน้ำใต้ดิน”

เกณฑ์ชี้วัด	ปริมาณน้ำใต้ดิน	ความหมาย
1	น้อย	ปริมาณน้ำใต้ดินมีน้อยจะส่งผลให้โอกาสที่น้ำจะท่วมพื้นที่ก่อสร้างได้น้อย
2	ปานกลาง	ปริมาณน้ำใต้ดินมีปานกลางจะส่งผลให้โอกาสที่น้ำจะท่วมพื้นที่ก่อสร้างได้ปานกลาง
3	มาก	ปริมาณน้ำใต้ดินมีมากจะส่งผลให้โอกาสที่น้ำจะท่วมพื้นที่ก่อสร้างได้มาก

ตารางที่ 5 เกณฑ์ชี้วัดปัจจัย “อัตราการไหลซึมของน้ำใต้ดิน”

เกณฑ์ชี้วัด	อัตราการไหลซึมของน้ำใต้ดิน	ความหมาย
1	น้อย	อัตราการไหลซึมของน้ำใต้ดินน้อยจะส่งผลให้โอกาสที่น้ำจะท่วมพื้นที่ก่อสร้างได้น้อย
2	ปานกลาง	อัตราการไหลซึมของน้ำใต้ดินปานกลางจะส่งผลให้โอกาสที่น้ำจะท่วมพื้นที่ก่อสร้างได้ปานกลาง
3	มาก	อัตราการไหลซึมของน้ำใต้ดินมากจะส่งผลให้โอกาสที่น้ำจะท่วมพื้นที่ก่อสร้างได้มาก

การวิเคราะห์ความเสี่ยง (Risk Analysis)

กำหนดรูปแบบสถานการณ์การเกิดเหตุความเสี่ยง เพื่อสอบถามความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ ที่เป็นผู้ควบคุมงานก่อสร้างอุโมงค์ด้วยวิธีเจาะและระเบิด จำนวน 5 ท่าน เกี่ยวกับความเป็นไปได้ที่จะเกิดเหตุการณ์ความเสี่ยงในแต่ละสถานการณ์ ตัวอย่างการประเมินความน่าจะเป็นเกี่ยวกับความเสี่ยง “น้ำท่วมพื้นที่ก่อสร้าง” จำนวน 9 สถานการณ์ของผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1 ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ตัวอย่างการกำหนดสถานการณ์ที่จะเกิดเหตุการณ์ความเสี่ยง “น้ำท่วมพื้นที่ก่อสร้าง”

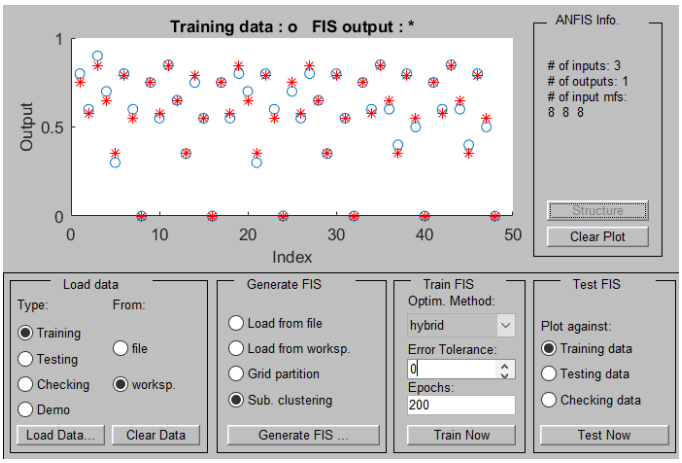
	สถานการณ์	เหตุการณ์ความเสี่ยงเกี่ยวกับน้ำท่วมพื้นที่ก่อสร้าง									ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับน้ำท่วมพื้นที่ก่อสร้าง
		ระดับปัจจัยเสี่ยง									
		ประสิทธิภาพในการระบายน้ำ			ปริมาณน้ำใต้ดิน			อัตราการไหลซึมของน้ำใต้ดิน			
		น้อย	ปานกลาง	มาก	มาก	ปานกลาง	น้อย	มาก	ปานกลาง	น้อย	ความเป็นไปได้
		3	2	1	3	2	1	3	2	1	(0-1)
ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1	1	✓			✓			✓			1.00
	2	✓				✓			✓		0.75
	3	✓					✓			✓	0.55
	4		✓		✓			✓			0.80
	5		✓			✓			✓		0.65
	6		✓				✓			✓	0.35
	7			✓	✓			✓			0.80
	8			✓		✓			✓		0.55
	9			✓			✓			✓	0.00

พัฒนาแบบจำลองจากระบบ ANFIS

การพัฒนาโมเดลด้วยระบบ ANFIS โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 3 ชุด คือ ชุด A, B, และ C และแต่ละชุดข้อมูลจะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่หนึ่งสำหรับการเรียนรู้ (Training data) และส่วนที่สองสำหรับการทดสอบ (Testing data) สำหรับงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม MATLAB R2016b ช่วยในการพัฒนาโมเดล ภาพที่ 5 แสดงตัวอย่างการนำข้อมูลชุด A ไปฝึกฝน เพื่อพัฒนาโมเดล โดยอาศัยหลักการ Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems (ANFIS) ซึ่งใช้อัตราการเรียนรู้ ต่อ การทดสอบ เท่ากับ 90 ต่อ 10 (90/10) (Nontarungsee and Pawan, 2016) ดังนั้นจากการประเมินความเสี่ยง “น้ำท่วมพื้นที่ก่อสร้าง” จำนวนทั้งสิ้น 45 ข้อมูล แบ่งเป็นข้อมูลที่ใช้เรียนรู้ 40 ข้อมูล (90%) และทดสอบ 5 ข้อมูล (10%) มีขั้นตอนดังนี้

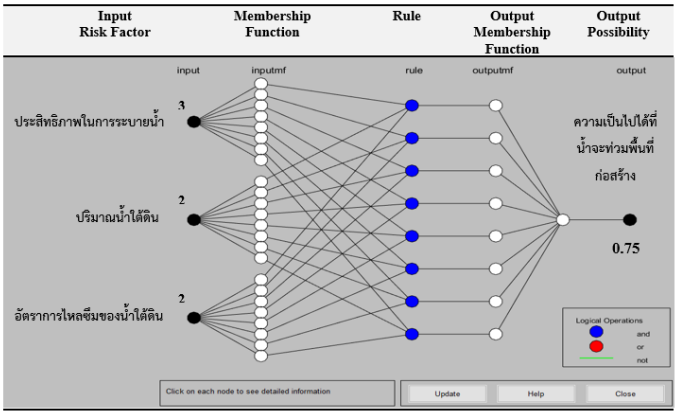
1. นำเข้าข้อมูลชุด A เพื่อฝึกฝน

- โหลดข้อมูลสำหรับการฝึกฝน (Training data)
- กำหนดจำนวนรูปแบบฟังก์ชันสมาชิกและหากฎฟัซซีเริ่มต้น การหาตัวแบบที่เหมาะสมในงานวิจัยนี้จะก่อกำเนิด (Generate) ชุดข้อมูลด้วยวิธีการจัดกลุ่มแบบลบออก (Subtractive Clustering) เรียนรู้ จำนวน 200 รอบ เพื่อฝึกฝนให้ตัวแบบเรียนรู้ โดยพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนของโมเดลจนลู่เข้าค่าคงที่
- โหลดข้อมูลสำหรับการทดสอบ (Testing data) มาใช้ในการทดสอบการเรียนรู้

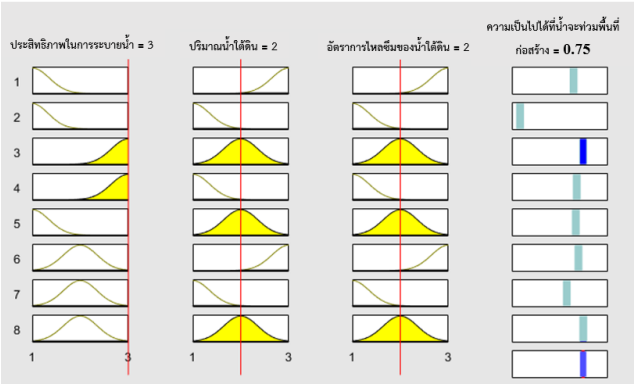


ภาพที่ 5 การนำเข้าข้อมูลเพื่อฝึกฝนในระบบ ANFIS

ผลลัพธ์การนำเข้าข้อมูลจากการเรียนรู้ ในระบบ ANFIS เมื่อครบจำนวนรอบที่กำหนดจะได้โครงสร้างแบบจำลอง ดังภาพที่ 6 นอกเหนือจากผลลัพธ์ที่แสดงออกมาเป็นโครงสร้างโมเดลแล้ว ANFIS ยังสามารถแสดงผลลัพธ์ออกมาเป็นกฎ (Rule) ที่เหมาะสมโดยใช้ Rule Viewer ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 6 ตัวอย่างโครงสร้างแบบจำลองการทำนายการเกิดเหตุการณ์ความเสี่ยง “น้ำท่วมพื้นที่ก่อสร้าง”



ภาพที่ 7 ตัวอย่างการทดสอบข้อมูลโดยใช้ Rule Viewer

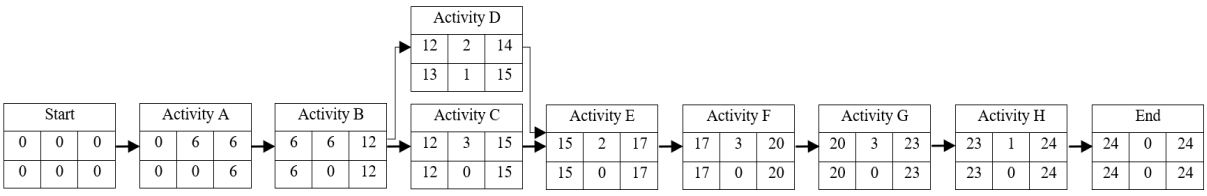
2. การเลือกโมเดลที่ดีที่สุด คือ การตรวจสอบว่าโมเดลชุดใดมีความแม่นยำและเหมาะสมในการนำมาใช้ โดยพิจารณาจากค่า RMSE ที่น้อยที่สุด สำหรับข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง จำนวน 5 ข้อมูล (10%) เป็นชุดข้อมูลที่ไม่ได้นำไปใช้ในการพัฒนาโมเดล แต่จะเป็นชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำ ผลจากตรวจสอบความแม่นยำของชุดข้อมูล A, B และ C ดังตารางที่ 7 พบว่า ข้อมูลชุด B มีค่า RMSE ต่ำที่สุด คือ 0.0374 จึงเหมาะสมในการนำชุดข้อมูลนี้มาใช้เพื่อทำนายหาค่าความเป็นไปได้จากเหตุการณ์ความเสี่ยง

ตารางที่ 7 ตรวจสอบความแม่นยำของชุดข้อมูล A, B และ C

		Data Set		
		A	B	C
Test scenario No.1	Data scenario	1	4	8
	Expert (prob)	1.00	0.80	0.55
	ANFIS (prob)	0.92	0.84	0.55
	APE (%)	8.00	5.00	0.00
Test scenario No.2	Data scenario	10	13	17
	Expert (prob)	0.90	0.85	0.55
	ANFIS (prob)	0.92	0.84	0.55
	APE (%)	2.22	1.18	0.00
Test scenario No.3	Data scenario	19	22	26
	Expert (prob)	0.95	0.80	0.60
	ANFIS (prob)	0.92	0.84	0.55
	APE (%)	3.16	5.00	8.33
Test scenario No.4	Data scenario	28	31	35
	Expert (prob)	1.00	0.90	0.60
	ANFIS (prob)	0.92	0.84	0.55
	APE (%)	8.00	6.67	8.33
Test scenario No.5	Data scenario	37	40	44
	Expert (prob)	1.00	0.85	0.50
	ANFIS (prob)	0.92	0.84	0.55
	APE (%)	8.00	1.18	10.00
RMSE		0.0640	**0.0374**	0.0387

ผลการวิจัย

หลังจากที่ได้ทำการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไป คือ การประยุกต์ใช้แบบจำลอง ANFIS ที่พัฒนาขึ้นมากับโครงการก่อสร้างจริง ในโครงการก่อสร้างอุโมงค์ ADIT 1 ด้วยวิธีเจาะและระเบิด ระยะทาง 320 เมตร โดยจัดทำแผนกำหนดเวลาเป็นแบบ สายงานวิกฤต (CPM) กิจกรรม A, B, C, E, F, G และ H เป็นกิจกรรมที่อยู่บนสายงานวิกฤต มีระยะเวลาปฏิบัติงานเป็นวงรอบ 24 ชั่วโมง ในขณะที่กิจกรรม D ไม่ได้อยู่บนสายงานวิกฤตและมีเวลาลอยตัว (Float) 1 ชั่วโมง ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 แผนกำหนดเวลาการก่อสร้างอุโมงค์ ADIT 1

การวิเคราะห์และการประเมินความเสี่ยงของผู้เชี่ยวชาญ จากสภาพแวดล้อมและสภาพทางธรณีวิทยาที่หน้างานก่อสร้าง พบว่า กิจกรรมที่มีความเสี่ยงประกอบด้วย กิจกรรมที่ 1 คือ การเจาะและระเบิด (A) มีเหตุการณ์ความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น คือ น้ำท่วมพื้นที่ก่อสร้าง (R1) และชั้นดินหรือหินเกิดการเคลื่อนตัว (R2) กิจกรรมที่ 2 คือ สำรวจและตรวจสอบพิกัด (D) มีเหตุการณ์ความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นคือ ความคลาดเคลื่อนของงานสำรวจ (R6) จากนั้นทำการประเมินระดับปัจจัยเสี่ยงกรณีต่างๆ นำเข้าข้อมูลในระบบ ANFIS ได้ค่าความเป็นไปได้ของเหตุการณ์ความเสี่ยง ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ค่าความเป็นไปได้ของเหตุการณ์ความเสี่ยงโดยแบบจำลอง ANFIS

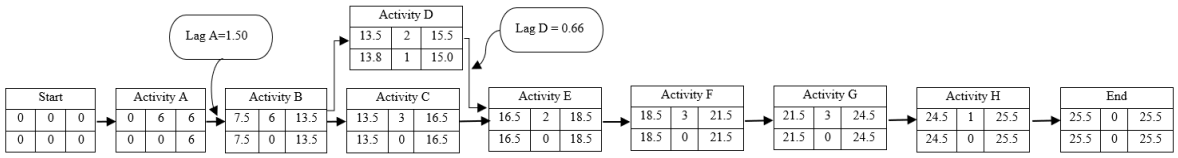
กิจกรรม (Activity)	เหตุการณ์ความเสี่ยง (Risk Event)	ปัจจัยเสี่ยง (Risk Factor)	ระดับปัจจัยเสี่ยง	ความเป็นไปได้ของเหตุการณ์ความเสี่ยงโดย ANFIS
(A) การเจาะและระเบิด	(R1) น้ำท่วมพื้นที่ก่อสร้าง	R1F1. ประสิทธิภาพในการระบายน้ำ	2	0.75
		R1F2. ปริมาณน้ำใต้ดิน	3	
		R1F3. อัตราการไหลซึมของน้ำใต้ดิน	2	
	(R2) ชั้นดินหรือหินเกิดการเคลื่อนตัว	R2F1. การสั่นสะเทือนจากการทำงาน	3	0.58
		R2F2. ความแข็งแรงของระบบค้ำยัน	1	
		R2F3. เกิดเหตุการณ์ไม่คาดคิด	1	
(D) สำรวจและตรวจสอบพิกัด	(R6) ความล่าช้าของงานสำรวจ	R6F1. ความผิดพลาดจากอุปกรณ์	1	0.55
		R6F2. ประสบการณ์ของชุดสำรวจ	2	
		R6F3. ขาดการติดต่อสื่อสารที่ดี	2	

ตารางที่ 9 การหาค่าเวลารอคอยจากเหตุการณ์ความเสี่ยง

กิจกรรม	เหตุการณ์ความเสี่ยง	ระยะเวลาปกติ (ชั่วโมง)	ความเป็นไปได้ของเหตุการณ์ (Probability)	ระยะเวลาสำรองจากผู้เชี่ยวชาญ (Impact) (ชั่วโมง)	เวลารอคอยจากความเสี่ยง Risk = Prob. x Impact (ชั่วโมง)
(A) การเจาะและระเบิด	(R1) น้ำท่วมพื้นที่ก่อสร้าง	6	0.75	2.0	1.50
	(R2) ชั้นดินหรือหินเกิดการเคลื่อนตัว	6	0.58	2.0	1.16
(D) สำรวจและตรวจสอบพิกัด	(R6) ความล่าช้าของงานสำรวจ	2	0.55	1.2	0.66

จากตารางที่ 9 เมื่อพิจารณากิจกรรม A พบว่ามีเหตุการณ์ความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น 2 เหตุการณ์ คือ R1 และ R2 กรณีที่มีเหตุการณ์ความเสี่ยงมากกว่าหนึ่งเหตุการณ์เกิดขึ้นในกิจกรรมเดียวกัน เวลารอคอยจากความเสี่ยงที่จะเพิ่มเข้าไปในกิจกรรม จะเลือกจากเหตุการณ์ความเสี่ยงที่มีค่ามากที่สุด เนื่องจากโดยทั่วไปแล้วในกิจกรรมเดียวกันเหตุการณ์ความเสี่ยงจะเกิดขึ้นทีละเหตุการณ์ หรือถ้าเกิดมากกว่าหนึ่งเหตุการณ์ก็มักจะเกิดในลักษณะคู่ขนานกันไป ดังนั้น การเลือกเวลารอคอยที่มากที่สุดก็จะครอบคลุมเวลารอคอยของเหตุการณ์อื่นในกิจกรรมเดียวกันด้วย จากตารางพบว่า เวลารอคอยที่มากที่สุดจากเหตุการณ์ความเสี่ยงของกิจกรรม A มีค่าเท่ากับ 1.50 ชั่วโมง ในส่วนของกิจกรรม D มีเหตุการณ์ความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น 1 เหตุการณ์ คือ R6 ดังนั้นจึงมีเวลารอคอยที่รวมความเสี่ยงแล้วเท่ากับ 0.66 ชั่วโมง

เมื่อได้เวลารอคอยที่รวมความเสี่ยงจากกิจกรรม A และ D ทำการคำนวณระยะเวลาทั้งหมดของโครงการอีกครั้ง จากผลการคำนวณระยะเวลาของโครงการที่รวมเวลารอคอยจากความเสี่ยงแล้ว พบว่า ระยะเวลาของโครงการทั้งหมดในหนึ่งวงรอบการทำงานเท่ากับ 25.50 ชั่วโมง ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 ระยะเวลาของโครงการเมื่อรวมเวลารอคอยจากความเสี่ยง

ตารางที่ 10 เปรียบเทียบระยะเวลาการวางแผนงานแบบ CPM แบบ ANFIS และระยะเวลาก่อสร้างจริง

แผนงานในการก่อสร้างอุโมงค์ ADIT 1 ด้วยวิธีเจาะและระเบิด (ความยาว 320 เมตร)	ระยะเวลาการก่อสร้างต่อหนึ่งวงรอบการทำงาน		ระยะเวลาการก่อสร้างทั้งหมด (วัน)
	(ชั่วโมง)	(วัน)	
ระยะเวลาเมื่อวางแผนด้วย CPM (ปกติ)	24.00	1.00	122
ระยะเวลาเมื่อวางแผนด้วย ANFIS (รวมความเสี่ยง)	25.50	1.07	172
ระยะเวลาก่อสร้างจริง	-	-	175

จากตารางที่ 10 แผนงานในการก่อสร้างอุโมงค์ ADIT 1 ระยะทาง 320 เมตร ด้วยวิธีการเจาะและระเบิด ผลการเก็บข้อมูลของชุดสำรวจพบว่า อัตราการเจาะอุโมงค์โดยเฉลี่ย เท่ากับ 2 เมตรต่อวงรอบของการทำงาน เมื่อวางแผนด้วยวิธี CPM (ไม่รวมความเสี่ยง) จะได้ระยะเวลารวมของโครงการเท่ากับ 122 วัน ด้วยอัตราการทำงาน 1 วันต่อวงรอบการทำงาน แต่เมื่อพิจารณาระยะเวลาก่อสร้างที่เกิดขึ้นจริงมีค่าเท่ากับ 175 วัน ซึ่งมีค่าความแตกต่างจากที่วางแผนไว้ถึง 53 วัน แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อทำการปรับวิธีการวางแผนใหม่โดยใช้แบบจำลอง ANFIS และรวมเวลารอคอยที่เกิดจากความเสี่ยง เพื่อคำนวณหาเวลาสำรองของโครงการ พบว่า ได้ระยะเวลารวมของโครงการเท่ากับ 172 วัน ด้วยอัตราการทำงาน 1.07 วันต่อวงรอบการทำงาน ซึ่งจะเห็นได้ว่า ค่าที่ได้มีความใกล้เคียงกับเวลาการก่อสร้างที่เกิดขึ้นจริง ดังนั้น การนำแบบจำลอง ANFIS เข้ามาช่วยในการวางแผนงานกิจกรรมที่มีความเสี่ยง ทำให้ได้ระยะเวลาของโครงการมีความใกล้เคียงกับการปฏิบัติงานจริง และถือเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสำหรับการวางแผนงานโครงการก่อสร้าง

อภิปรายผล

ผลการศึกษาสรุปได้ว่า การก่อสร้างอุโมงค์ด้วยวิธีการเจาะและระเบิด เป็นงานที่มีความเสี่ยงสูง ผู้วางแผนงานควรที่จะนำความเสี่ยงเข้ามาพิจารณาร่วมกับการวางแผนงานแบบปกติ ด้วยการเผื่อเวลาสำรองในรูปแบบของเวลารอคอยที่พิจารณาจากเหตุการณ์ความเสี่ยงและปัจจัยเสี่ยง จากการศึกษาในครั้งนี้ สามารถนำแบบจำลอง ANFIS มาประยุกต์ใช้ในงานก่อสร้างอุโมงค์ด้วยวิธีเจาะและระเบิด ได้อย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ ทำให้ระยะเวลาของแผนงานโครงการก่อสร้างมีความใกล้เคียงกับการปฏิบัติงานจริง

ข้อเสนอแนะ

โครงการก่อสร้างโดยส่วนใหญ่มักจะเผชิญกับความเสี่ยงที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับลักษณะของการปฏิบัติงานและปัจจัยหลายอย่าง ดังนั้น ในการปฏิบัติงานจริง จะต้องอาศัยทั้งหลักวิชาการและประสบการณ์ส่วนตัวของผู้วางแผนงาน ในการที่จะกำหนดเหตุการณ์ความเสี่ยงและปัจจัยเสี่ยงได้อย่างรอบคอบ

ในการศึกษาครั้งนี้ มุ่งเน้นไปที่การรวบรวมข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญที่ชำนาญการควบคุมที่หน้างานก่อสร้าง สำหรับการวิจัยในอนาคต ควรที่จะเพิ่มเติมข้อมูลจากส่วนต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ผู้ควบคุมงาน ผู้บริหารโครงการ ผู้รับเหมา ผู้ออกแบบ และเจ้าของโครงการ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

Ebrat, M. and Ghodsi, R. (2011). Risk Assessment of Construction Projects using Network based Adaptive Fuzzy System. *International Journal of Academic Research*, 3, 411-417.

Kaewprasert, R. and Mungsing, S. (2015). Semantic Decision Making based on Adaptive Neuro-Fuzzy Rules for Blood Diagnosis. *Sripatum Review of Science and Technology*, 7, 47-60. (in Thai)

Nontarungsee, S. and Pawan, P. (2016). Application of ANFIS for Evaluating the Strength of the Concrete Road During Construction. *Sripatum Review of Science and Technology*, 8, 79-87. (in Thai)

Pawan, P. and Rujirayanyong, T. (2019). Contingency Estimation based on Risk Events of Tunnel Construction: Case study Nam Theun 1 Hydropower Project. *The Proceedings of the 4th RSU International Research Conference*, 26 April 2019 at RSU, 364-374.

Pookayaporn, S., Pawan, P. and Yomnak, T. (2015). Application of Expert Systems for Selecting Wall Systems. *Sripatum Review of Science and Technology*, 7, 61-69. (in Thai)

Promsiri, A. and Pawan, P. (2018). Lag Time in Project Scheduling Network with respect to Risk event of Weir Construction. *Sripatum Review of Science and Technology*, 10, 198-210. (in Thai)

Song Da 9 Join Stock Company. (2016). *NAM THEUN 1 Hydropower Plant.* [Online]. Retrieved March 15, 2020, from: http://www.songda9.com/nam-theun-1-hydropower-plant-27834.

Tavakoli, R., Sharifara, A. and Najafi, M. (2020). Artificial Neural Networks and Adaptive Neuro-Fuzzy Models to Predict Remaining Useful Life of Water Pipelines. *The Proceedings of World Environmental and Water Resources Congress 2020*, 17-21 May 2020 at Henderson, Nevada, 191-204.

Zhang, Z., Ding, D., Rao, L. and Bi, Z. (2006). An ANFIS Based Approach for Predicting the Ultimate Bearing Capacity of Single Piles. *The Proceedings of GeoShanghai International Conference 2006*, 6-8 June 2006 at Shanghai, China, 159-166.

การวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อรอยยุบตัวของผลิตภัณฑ์จากกระบวนการฉีดอัดขึ้นรูปพลาสติก

ภาสกร จั่นชาวนา[1,*], มนัส เหรัญญกิจ[2], สถาพร ชาตาคม[3]
[1, 2, 3]ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

Received: 22 June 2020
Revised: 17 March 2021
Accepted: 18 March 2021

บทคัดย่อ

ปัญหารอยยุบตัวในกระบวนการฉีดพลาสติกส่งผลต่อคุณภาพของชิ้นงาน งานวิจัยนี้ทำการศึกษาทดลองกระบวนการฉีดอัดขึ้นรูปพลาสติก เพื่อแก้ไขปัญหารอยยุบตัว ชิ้นงานผลิตภัณฑ์บรรจุภัณฑ์ที่มีความหนาโดยเฉลี่ย 5.87 มิลลิเมตร โดยทำการเปรียบเทียบพลาสติก 2 กลุ่มได้แก่ พลาสติกในกลุ่มกึ่งผลึก (พอลิโพรไพลีน) และพลาสติกในกลุ่มอสัณฐาน (อะคริโลไนไตรล์-บิวทาไดอีน-สไตรีน) ศึกษาความดันในช่วงการอัด 300, 600, 900 กิโลนิวตัน และระยะในการอัด 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 มิลลิเมตร ผลการวิเคราะห์กระบวนการไฟไนต์เอลิเมนต์ด้วยโปรแกรม Moldex3D พบว่าพลาสติกในกลุ่มกึ่งผลึกวิเคราะห์ด้วยกระบวนการฉีดพลาสติกพบรอยยุบตัว 0.419 มิลลิเมตร และเมื่อวิเคราะห์ด้วยกระบวนการฉีดอัดพลาสติกพบรอยยุบตัว 0.228, 0.190, 0.164 และ 0.150 มิลลิเมตร ตามลำดับ พลาสติกในกลุ่มอสัณฐานวิเคราะห์ด้วยกระบวนการฉีดพลาสติกพบรอยยุบตัว 0.125 มิลลิเมตร และเมื่อวิเคราะห์ด้วยกระบวนการฉีดอัดพลาสติกพบรอยยุบตัว 0.092, 0.059, 0.038 และ 0.026 มิลลิเมตร ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่ากระบวนการฉีดอัดพลาสติกช่วยลดรอยยุบตัวของพลาสติกในกลุ่มกึ่งผลึก 0.499 มิลลิเมตร และพลาสติกในกลุ่มอสัณฐานมีรอยยุบตัวลดลง 0.188 มิลลิเมตร ที่ระยะในการอัด 1.5 มิลลิเมตร ความดันในการอัด 600 กิโลนิวตัน

คำสำคัญ: รอยยุบตัว กระบวนการฉีดอัดพลาสติก ความดันในการอัด ระยะในการอัด

[*] ผู้ประสานงานหลัก; อีเมล: peembangmod@gmail.com

Analysis of Parameters Affecting the Product's Sink Mark from Injection Molding Process

Passakorn Janchaowna[1,*], Manat Hearunyakij[2], Sathaporn Chatakom[3]
[1, 2, 3]Mechanical Engineering Department, College of Industrial Technology,
King Monkut's University of Technology North Bangkok

Received: 22 June 2020
Revised: 17 March 2021
Accepted: 18 March 2021

Abstract

Problems of sink marks in the plastic injection process affect the quality of the work piece. This study aimed to investigate the plastic injection molding process to solve the problem of product deflection for packaging products with an average thickness of 5.87 mm. The research was done to compare two groups of plastics: semi-crystalline plastics (Polypropylene) and amorphous plastics (Acrylonitrile-butadiene-styrene). This research studied the pressure in the compression ranges of 300, 600, and 900 kN and the compression ranges of 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0 mm. The results of analysis of the finite element process with Moldex3D program showed that the semi crystalline plastics which were analyzed by the plastic injection process resulted in finding a 0.419 mm abrasion, and when analyzed by the injection molding process, the deflation marks were 0.228, 0.190, 0.164 and 0.150 mm respectively. The amorphous plastics which were analyzed by the plastic injection process resulted in finding a 0.125 mm crease, and when analyzed by the injection molding process, the cracks were 0.092, 0.059, 0.038 and 0.026 mm respectively. From the results of the experiment, it was found that the injection molding process reduced the collapse of the semi-crystalline plastics 0.499 mm and the amorphous plastics had a decrease of 0.188 mm at the compression distance of 1.5 mm under the compression pressure of 600 kN.

Keywords: Sink mark, Injection molding process, Compression pressure, Compression distance

[*] Corresponding Author; Email: peembangmod@gmail.com

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กระบวนการฉีดอัดพลาสติกเป็นกระบวนการแปรรูปที่มีประสิทธิภาพในเรื่องของปริมาณและขนาดชิ้นงาน โดยเริ่มจากการหลอมเม็ดพลาสติกด้วยแรงตัดเฉือนและอุณหภูมิสูง อัดพลาสติกหลอมเหลวด้วยความดันเข้าสู่โพรงแบบของแม่พิมพ์และทำการลดอุณหภูมิในเวลาที่รวดเร็วเม็ดพลาสติกจะมีรูปร่างเช่นเดียวกับโพรงแบบของแม่พิมพ์ ภาคอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์มีการแข่งขันในเรื่องรูปลักษณ์ของบรรจุภัณฑ์เป็นอย่างมากปัญหาที่พบได้บ่อยจากกระบวนการฉีดพลาสติกคือปัญหารอยยุบตัว (Sink Mark) มักจะเกินเกณฑ์ที่ลูกค้ายอมรับได้ที่ผ่านมามีแนวทางการแก้ไขเช่น เพิ่มปริมาณพลาสติก (Shot Size) เพิ่มแรงดันฉีด (Injection Pressure) และเพิ่มแรงดันฉีดย้ำ (Holding Pressure) ซึ่งส่งผลให้ชิ้นงานมีความเค้นตกค้าง (Residual Stress) เพิ่มมากขึ้นบางครั้งชิ้นงานยังคงมีรอยยุบตัวในตำแหน่งที่ไกลจากทางเข้าน้ำพลาสติก (Gate) เนื่องจากแรงดันในการฉีดย้ำไม่สามารถเข้าถึงได้

งานวิจัยนี้ศึกษากระบวนการฉีดอัดพลาสติก (Injection Compression Molding, ICM) ซึ่งแม่พิมพ์ฝั่งเคลื่อนที่จะทำหน้าที่ในการเพิ่มแรงดันภายในแม่พิมพ์เพื่อทำให้โพรงแบบมีแรงดันที่ใกล้เคียงกันและลดปัญหาเรื่องรอยยุบตัวในจุดที่แรงดันจากทางเข้าน้ำพลาสติกไปไม่ถึงโดยทำการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยวิเคราะห์เพื่อหาจุดสมดุลของระยะการอัดและแรงดันในการอัดเพื่อเป็นแนวทางในการทำการทดลองต่อไป

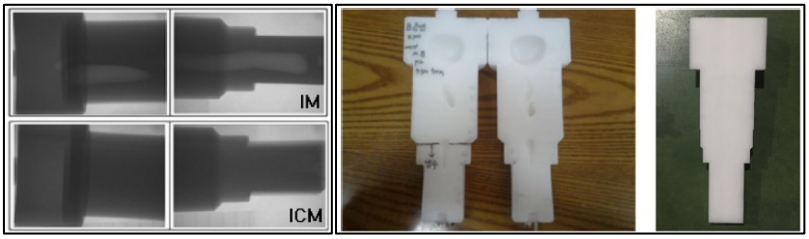
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษารอยยุบตัว (Sink Mark) เมื่อทำการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ ความดันในการอัด (Compression Pressure) และระยะในการอัด (Compression Distance)
2. เปรียบเทียบปัญหารอยยุบตัวของพอลิเมอร์ในกลุ่ม Amorphous และ Semi-crystalline

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากปัญหารอยยุบตัวและการประยุกต์ใช้กระบวนการฉีดอัดพลาสติกผู้วิจัยได้นำปัญหามาศึกษาวิเคราะห์ และค้นคว้าหาที่มาจากแหล่งข้อมูลต่างๆพบว่า (Ming-Shyan and Chin-Feng, 2010) ทำการศึกษาทดลองใช้กระบวนการฉีดอัดพลาสติก (ICM) กับชิ้นงานแผ่นพลาสติกนำแสง มีลักษณะบางและมีพื้นผิวเป็นร่องตัว V กว้าง 0.010 mm ลึก 0.005 mm มุม 90° พบว่าอุณหภูมิของแม่พิมพ์และอุณหภูมิการหลอมเหลวเป็นปัจจัยสำคัญในการขึ้นรูปชิ้นงานที่มีขนาดเล็กรวมถึงตัวแปรของกระบวนการเช่น ความเร็วในการฉีดและความเร็วในการบีบอัด กระบวนการฉีดอัดพลาสติก (ICM) ทำให้ผิวของชิ้นงานสมบูรณ์มากกว่ากระบวนการแบบปกติจากผลการทดลองยังกล่าวว่าการฉีดชิ้นงานขนาดเล็กที่มีผนังบางจำเป็นต้องใช้ความเร็วในการฉีดสูง (Han et al., 2016) พบปัญหาในการผลิตส่วนประกอบของวาล์วแก๊สปัญหา คือเกิดโพรงอากาศภายในชิ้นงานได้ทำการศึกษาการแก้ไขปัญหาด้วยกระบวนการฉีดอัดขึ้นรูปพลาสติกก่อนการทดลองได้ทำการผ่านวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์พบว่ากระบวนการฉีดปกติเกิดการหดตัวของชิ้นงานมากถึง 20.22% และกระบวนการฉีดอัดพลาสติกเกิดการหดตัวของชิ้นงาน 6.65% การทดลองปรับฉีดพลาสติกกระบวนการฉีดพลาสติก V/P Switch Over อยู่ที่ 99% ของการเติมเต็มพลาสติก กระบวนการฉีดอัดพลาสติก V/P Switch Over อยู่ที่ 105% ที่ระยะในการบีบอัด 5 mm ของปริมาตรโพรงแบบที่มีระยะในการบีบอัด พบว่าการทดลองฉีดพลาสติกเปรียบเทียบระหว่าง 2 กระบวนการและทำการ X-Ray ชิ้นงานเพื่อตรวจสอบโพรงอากาศชิ้นงานที่ผลิตด้วยกระบวนการฉีดอัดพลาสติกไม่มีโพรงอากาศภายในจากนั้นทำการตัดผ่าชิ้นงานเพื่อตรวจสอบซ้ำเพื่อยืนยันผลพบว่าผลเป็นเช่นเดียวกับการตรวจสอบด้วยการ X-Ray

(Isik Isil and Miko, 2015) ศึกษาการผลิตจอภาพด้วยกระบวนการฉีดอัดขึ้นรูปซึ่งเป็นหนึ่งในขั้นตอนการผลิตจอภาพ (Liquid Crystal Displays) จากการทดลองผลิตด้วยกระบวนการฉีดอัดขึ้นรูปพลาสติก พบว่าสามารถลดปัญหาการบิดงอของจอภาพได้ได้มากถึง 16% (Wei-Sheng and Han-Xiong, 2012) ทำการศึกษาการไหลกลับของพลาสติกภายในโพรงแบบระหว่างกระบวนการบีบอัด (Back Melt Flow) ชิ้นงานมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 150 x 20 x 2 mm พบว่า (1) เมื่ออุณหภูมิการหลอมเหลว (Melt Temperature) สูงขึ้นส่งผลให้การไหลกลับของน้ำพลาสติกมากขึ้นในช่วงแรกของกระบวนการและการไหลกลับจะลดลงเมื่อกระบวนการดำเนินต่อไป (2) ความดันในการอัด (Compression Pressure) 165-270 kN เกิดการไหลกลับสูงขึ้นในช่วงแรกและลดลงในช่วงท้ายของกระบวนการยกเว้นในกรณีความดันในการอัด 130 kN ซึ่งเกิดการไหลกลับมากขึ้นในช่วงท้าย (3) ความเร็วในการบีบอัด (Compression Speed) ที่ส่งผลดีอยู่ระหว่าง 10–15 mm/s เมื่อความเร็วในการบีบอัดสูงขึ้นส่งผลให้เกิดการไหลกลับมากขึ้น (4) ระยะในการบีบอัด (Compression Distance) และความเร็วในการฉีด (Injection rate) ส่งผลกระทบต่อชิ้นงานน้อยมาก การไหลกลับของน้ำพลาสติกภายในโพรงแบบเกิดจากกระบวนการอัดพลาสติก (Compression Stage) ที่บริเวณทางเข้า (Gate) ยังไม่แข็งตัวตัวแปรที่สำคัญที่ทำให้เกิดการไหลกลับของน้ำพลาสติกคือการใช้แรงในการอัดที่สูงและระยะในการอัดที่น้อยส่วนตัวแปรอื่นมีผลน้อยมาก (Jae-Yun Ho et al., 2012) ทำการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ด้วยการสร้างแบบจำลองสามมิติของอุปกรณ์เลนส์แว่นตาด้วยกระบวนการฉีดอัดพลาสติกทำการเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการฉีดพลาสติกและกระบวนการฉีดอัดพลาสติก จากผลการวิเคราะห์พบว่ากระบวนการฉีดอัดพลาสติก (ICM) ส่งผลทำให้ลดอัตราการกระจายและเพิ่มความสม่ำเสมอของแรงเฉือน (Shear Force) และความเค้น (Stress) ระหว่างการขึ้นรูปทำให้ชิ้นงานเลนส์ที่ผลิตนั้นลดการหักเหของแสงซึ่งเป็นคุณสมบัติที่เลนส์นั้นต้องการนอกจากนี้ยังอธิบายไว้ถึงตัวแปรที่มีผลกระทบต่อกระบวนการฉีดอัดพลาสติกคือ ความเร็วในการบีบอัดและระยะในการบีบอัด (Nitikanchanatal et al., 2018) ศึกษาวิเคราะห์การหดตัวของผลิตภัณฑ์ด้วยกระบวนการฉีดขึ้นรูปพลาสติกรีไซเคิลทำการศึกษาแบบจำลองวิเคราะห์การไหลด้วยโปรแกรม SOLIDWORKS plastics กำหนด mesh เป็นพีระมิดฐานสามเหลี่ยม โดยใช้วัสดุชนิด PP (r-PP) ดัชนีการไหล 26.58 g/10min วัสดุแม่พิมพ์ P20 จากผลการจำลองโดยใช้ค่าตั้งต้นของโปรแกรม SOLIDWORK plastic พบว่าเกิดการหดตัวสูงสุด 18.915% ภายหลังเมื่อผ่านกระบวนการทากุชิและนำพารามิเตอร์ไปทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมอีกครั้งพบว่ามีค่าหดตัวสูงสุดอยู่ที่ 15.1719% พบว่าตัวแปรที่มีความสำคัญต่อการหดตัวคือ อุณหภูมิหลอมเหลว เวลาในการฉีดย้ำ แรงดันในการฉีดย้ำ เวลาหล่อเย็น และอุณหภูมิแม่พิมพ์ตามลำดับ



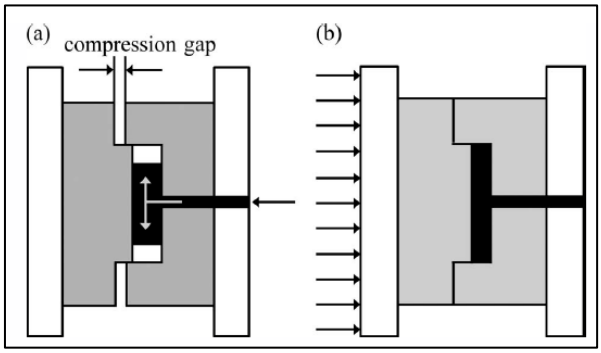
ภาพที่ 1 (ซ้าย) ภาพ X-ray ชิ้นงานของทั้ง 2 กระบวนการ **(ขวา)** ภาพชิ้นงานที่ผลิตด้วยกระบวนการฉีดพลาสติกและกระบวนการฉีดอัดพลาสติก (Han et al., 2016)

กระบวนการฉีดอัดพลาสติก (Injection Compression Molding)

กระบวนการฉีดอัดพลาสติกเป็นกระบวนการที่รวมข้อดีของ 2 กระบวนการเข้าด้วยกันคือ กระบวนการฉีดพลาสติกและกระบวนการอัดพลาสติกจุดเด่นที่สำคัญของกระบวนการฉีดอัดพลาสติกคือการกระจายแรงดันภายในโพรงแบบด้วยการเคลื่อนที่ของแม่พิมพ์ฝั่งเคลื่อนที่ในจังหวะการฉีดย้ำทำให้แรงดันภายในแม่พิมพ์นั้นกระจายใกล้เคียงกันทั้งโพรงแบบส่งผลให้เกิดข้อดีหลายประการเช่น ลดแรงดันในการฉีด ลดความเค้นตกค้างภายในชิ้นงาน ลดการจัดเรียงตัวของโมเลกุล ลดรอยยุบตัวและการบิดงอ ลดการหักเหของแสงสำหรับชิ้นงานที่มีลักษณะใส ลดเวลาการผลิตต่อรอบมีส่วนทำให้ขนาดของชิ้นงานแม่นยำขึ้นและเป็นการระบายอากาศแต่การเคลื่อนที่ของแม่พิมพ์ฝั่งเคลื่อนที่นั้นจำเป็นต้องมีระยะในการเคลื่อนที่ซึ่งเป็นจุดอ่อนของกระบวนการเนื่องจากทำให้การปรับตั้งค่าพารามิเตอร์มีความซับซ้อนมากขึ้นเช่นเมื่อทำการเติมพลาสติกเข้าสู่โพรงแบบมากเกินไปก่อนเริ่มกระบวนการอัดทำให้เกิดปัญหาครีบ (Flash) และชิ้นงานที่มีลักษณะลึกในทิศทางการฉีดจะไม่เหมาะกับกระบวนการนี้เนื่องจากทำการเติมเนื้อพลาสติกในโพรงแบบได้น้อยกว่าชิ้นงานที่มีลักษณะแบน และกว้างตามทิศทางการฉีด

ขั้นตอนการทำงานของกระบวนการฉีดอัดพลาสติก

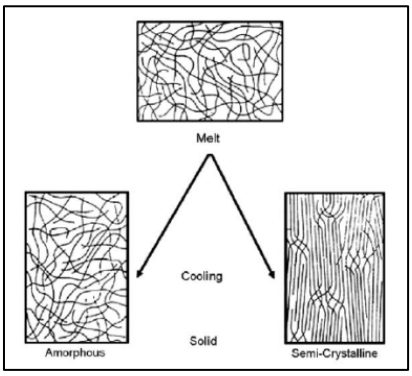
กระบวนการฉีดอัดพลาสติกแบ่งขั้นตอนการทำงานออกเป็น 2 จังหวะหลักคือจังหวะปิดแม่พิมพ์โดยการปิดแม่พิมพ์นี้จะมีระยะห่างระหว่างแม่พิมพ์ฝั่งเคลื่อนที่และฝั่งอยู่กับที่จากนั้นทำการเติมเนื้อพลาสติกเข้าสู่โพรงแบบต่อมาคือจังหวะการปิดแม่พิมพ์ด้วยแรงดันสูงแม่พิมพ์ฝั่งเคลื่อนที่ประกบสนิทกับแม่พิมพ์ฝั่งอยู่กับที่และรักษาแรงดันการปิดแม่พิมพ์ไว้ระยะหนึ่งเพื่อให้ชิ้นงานคงสภาพก่อนทำการเปิดแม่พิมพ์เพื่อปลดชิ้นงาน ดังแสดงตามภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการทำงานของกระบวนการฉีดอัดพลาสติก (Jae-Yun Ho et al., 2012)

คุณสมบัติของพลาสติกที่ใช้ในกระบวนการวิจัย

เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) แบ่งออกเป็นพลาสติก 2 ชนิดด้วยกันคือพลาสติกกลุ่มอสัณฐาน (Amorphous) ลักษณะของโครงสร้างสายโซ่โมเลกุลของพลาสติกกลุ่มนี้จะคล้ายคลึงกับช่วงที่มีการหลอมเหลว พลาสติกกลุ่มนี้มักมีการหดตัวน้อยและมีความใสเนื่องจากแสดงสามารถส่องผ่ายสายโซ่โมเลกุลได้ตัวอย่างเช่น Acrylonitrile-Butadiene-Styrene (ABS) Polystyrene (PS) Polymethyl Methacrylate (PMMA) และพลาสติกกลุ่มที่มีการตกผลึก (Semi-Crystalline) ลักษณะของสายโซ่โมเลกุลตกเป็นผลึกภายหลังจากการหลอมเหลวทำให้ขนาดของชิ้นงานนั้นมีขนาดเล็กลงคือมีการหดตัวที่มากกว่าแสงสามารถส่องผ่านได้น้อยกว่า ตัวอย่างเช่น Polypropylene (PP) Polyethylene (PE) Low Density Polyethylene (LDPE) High Density Polyethylene (HDPE)

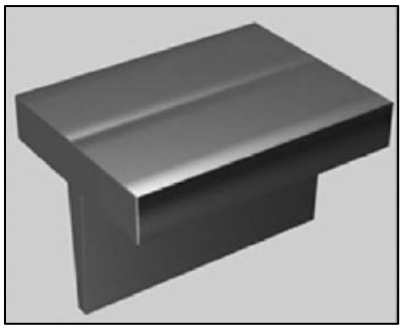


ภาพที่ 3 ลักษณะของสายโซ่โมเลกุลพลาสติก (Peter, 2008)

ปัญหาการยุบตัวและฟองอากาศ (Sink Mark and Voids)

1. การยุบตัวจากการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์เมื่อแรงดันในการฉีดพลาสติกหรือแรงดันในการฉีดย้ำไม่เพียงพอ เช่น เวลาในการฉีดย้ำน้อยเกินไปแรงดันในการฉีดย้ำน้อยเกินไปส่งผลให้ชิ้นงานบริเวณนั้นๆ มีความหนาแน่นของพลาสติกไม่เพียงพอส่งผลให้เกิดการยุบตัวหรือการปรับตั้งเวลาในการหล่อเย็นชิ้นงานพลาสติกน้อยเกินไปทำให้ชิ้นงานเกิดการยุบตัว

2. การยุบตัวจากการออกแบบผลิตภัณฑ์เมื่อผลิตภัณฑ์ถูกออกแบบให้มีความหนาบางจุดมากกว่าปกติด้วยเงื่อนไขจากการออกแบบความแตกต่างของขนาดชิ้นงานและอุณหภูมิของชิ้นงานพลาสติกทำให้เกิดการจัดเรียงตัวของโมเลกุลทำให้เกิดการยุบตัวและโพรงอากาศ

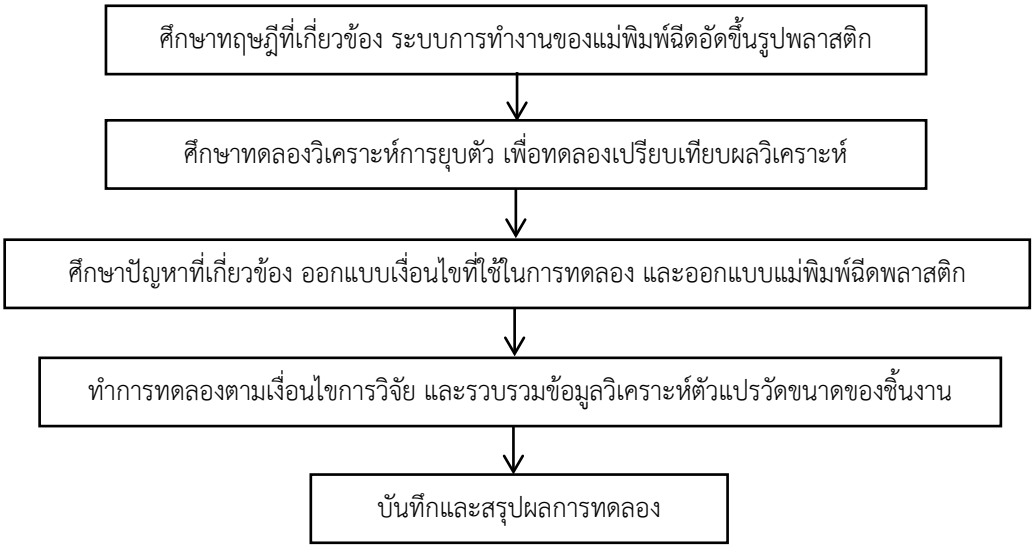


ภาพที่ 4 ปัญหาการยุบตัว (Peter, 2008)

วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการวิจัย

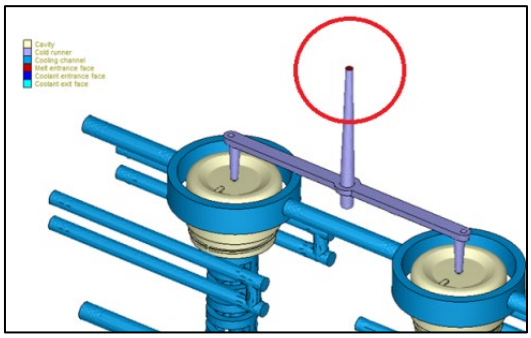
ในการดำเนินการวิจัยนี้มีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยดังนี้



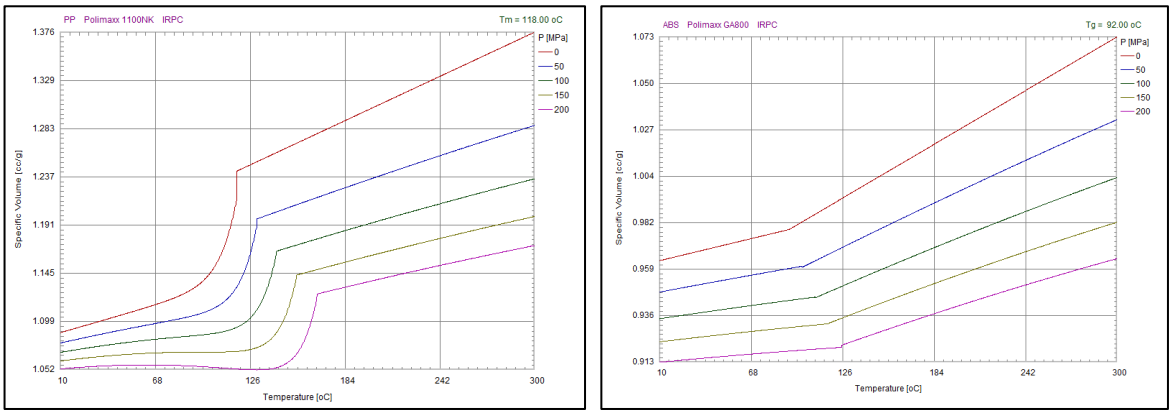
ภาพที่ 5 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

การวิเคราะห์การไหลของพลาสติกด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ลักษณะบรรจุภัณฑ์ประเภทกระปุกปริมาตร 29.76 cm^3 ตำแหน่งทางเข้าน้ำพลาสติกด้านใต้ผลิตภัณฑ์ขนาดของทางเข้ามีลักษณะวงกลมขนาดเท่ากับ 1.5 mm สำหรับทางวิ่ง (Runner) ระบบทางเข้าน้ำพลาสติกออกแบบให้มีลักษณะสี่เหลี่ยมคางหมู (Trapezoid) ปริมาตร 9.0 cm^3 เพื่อเป็นแนวทางในการทดลองผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์การไหลของพลาสติกด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์โดยใช้โมเดลชิ้นงานที่ใช้ในการผลิตแม่พิมพ์มาทำการวิเคราะห์ใช้โครงสร้าง Boundary Layer (Hybrid) Mesh ชิ้นงานมีจำนวน 148,479 โหนด 551,624 เอลิเมนต์ ระบบทางวิ่งจำนวน 33764 โหนด 116,319 เอลิเมนต์ มีค่า Offset Ratio 1.4 ตำแหน่งทางเข้าน้ำพลาสติกแสดงในภาพที่ 6 เพื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการฉีดพลาสติกและกระบวนการฉีดอัดพลาสติกเพื่อทำนายผลกระทบที่เกิดขึ้นกับชิ้นงานของพลาสติก 2 ชนิดคือ PP Polymaxx 1100NK ดัชนีการไหล 11 g/10min ที่อุณหภูมิ 230 °C และ ABS Polymaxx GA800 ดัชนีการไหล 20 g/10min ที่อุณหภูมิ 220 °C ตามมาตรฐาน ASTM 1238



ภาพที่ 6 โมเดลที่ใช้ในกระบวนการวิเคราะห์การไหลด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์



ภาพที่ 7 (ซ้าย) PVT – diagram ของพลาสติกชนิด PP เกรด Polymaxx 1100NK

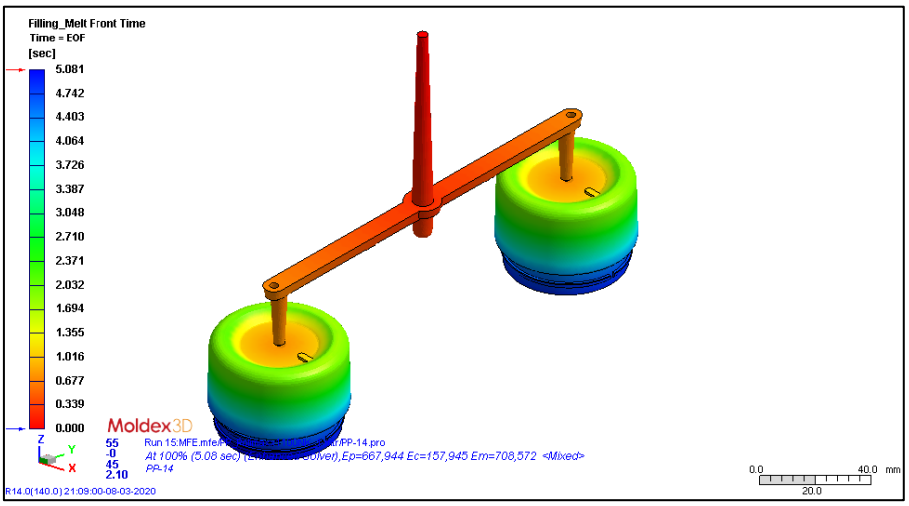
(ขวา) PVT – diagram ของพลาสติกชนิด ABS เกรด Polymaxx GA800

การกำหนดเงื่อนไขต่างๆ ของการวิเคราะห์การไหลด้วยกระบวนการฉีดพลาสติก

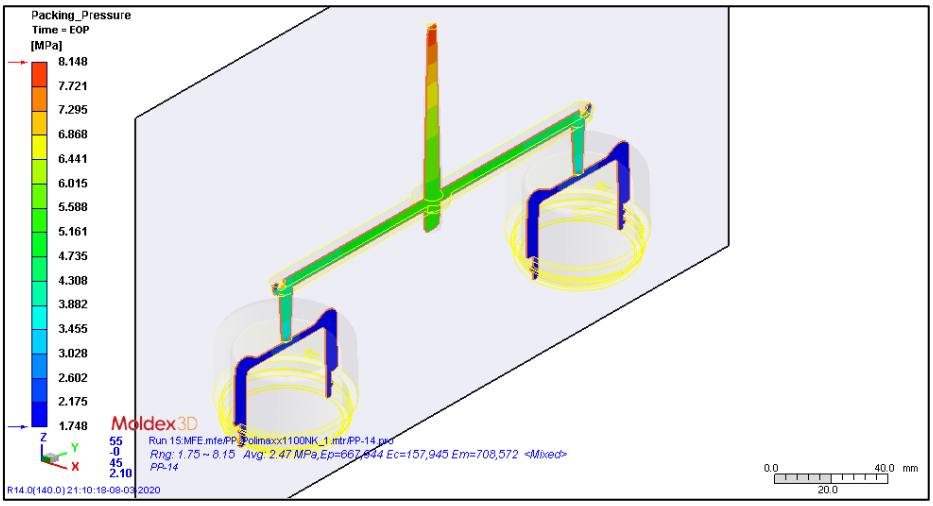
- ขนาดของเครื่องฉีดพลาสติกที่ใช้ = 110 tons
- อุณหภูมิหลอมละลาย (Melt Temperature) PP 1100NK = 210 °C
- อุณหภูมิหลอมละลาย (Melt Temperature) ABS GA800 = 230 °C
- เวลาในการฉีดพลาสติก (Filling Time) 5 sec
- เวลาที่ใช้ในการรักษาความดันภายในแม่พิมพ์ (Packing Pressure) = 6 sec

การกำหนดเงื่อนไขเพิ่มเติมของการวิเคราะห์การไหลด้วยกระบวนการฉีดอัดพลาสติก

- ปรับเวลาในการฉีดพลาสติก (Filling Time) 2 sec
- ระยะในการอัดพลาสติก (Compression Distance) = 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 mm
- แรงดันในการบีบอัดพลาสติก (Compression Pressure) = 300, 600, 900 kN
- เวลาที่ใช้ในการรักษาความดันภายในแม่พิมพ์ (Packing Pressure) = 6 sec

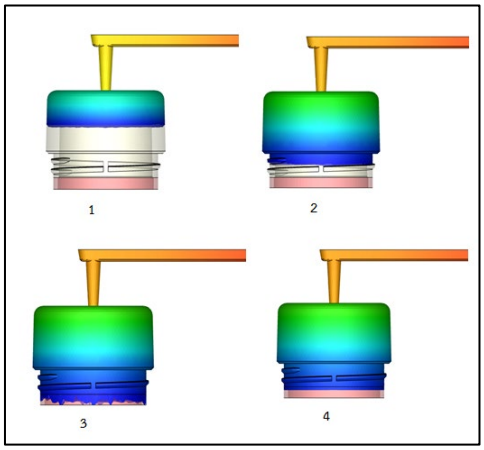


ภาพที่ 8 Filling Melt Front Time



ภาพที่ 9 Packing Pressure

เมื่อทำการกำหนดเงื่อนไขการวิเคราะห์เรียบร้อยแล้วผลที่ได้จากการวิเคราะห์การไหลของพลาสติกในช่วงของการเติมเต็มเนื้อพลาสติกแสดงในภาพที่ 8 แสดงให้เห็นว่าระบบทางวิ่งสามารถเติมเต็มพลาสติกเหลวเข้าไปภายในเบ้าพิมพ์ได้ในเวลาที่ใกล้เคียงกันทั้ง 2 Cavity โดยใช้เวลาประมาณ 5 วินาทีและแสดงภาพภายหลังการคงสภาพแรงดันเป็นเวลา 6 วินาที ดังภาพที่ 9



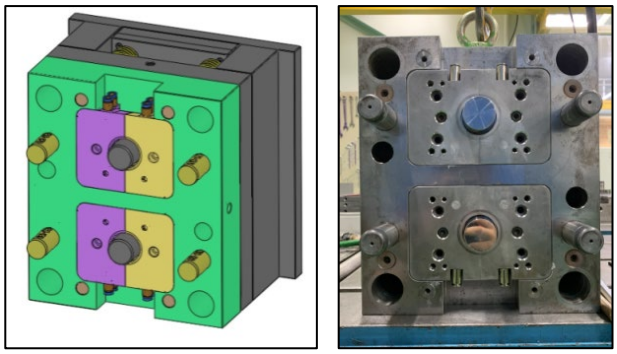
ภาพที่ 10 การวิเคราะห์การไหลด้วยกระบวนการฉีดอัดพลาสติก

จากภาพที่ 10 แสดงให้เห็นถึงกระบวนการฉีดอัดพลาสติกในกระบวนการวิเคราะห์ขั้นตอนที่ 1 และขั้นตอนที่ 2 พลาสติกไหลเข้าสู่ส่วนต่างๆของโพรงแบบขั้นตอนที่ 3 พลาสติกไหลเข้าสู่โพรงแบบในส่วนที่ทำการบีบอัดขั้นตอนที่ 4 พลาสติกอยู่ในขั้นตอนการคงสภาพแรงดันในการแบบอัดพร้อมทั้งมีการคงแรงดันจากระบบป้อนพลาสติก

การสร้างแม่พิมพ์และการทดลองฉีดพลาสติก

แม่พิมพ์ที่ใช้ในการวิจัยนั้นเป็นแม่พิมพ์ชนิด 3 แผ่นเนื่องจากต้องการแยกระบบป้อนพลาสติกกับชิ้นงานพลาสติกออกจากกันในจังหวะการเปิดแม่พิมพ์และมีชุดยก (Lifter) ทำหน้าที่ในการปลดเกลียวบริเวณปากของกระปุก

ซึ่งมีทิศทางขวางการปลด (Under Cut) โครงสร้างแม่พิมพ์ใช้วัสดุหลักคือเหล็กเกรด S50C มีความแข็งอยู่ที่ 179-235 HB ส่วนอินเสิร์ทใช้วัสดุ CENA-V (Hitachi) มีความแข็ง 38-42 HRC



ภาพที่ 11 ภาพแม่พิมพ์ที่ใช้ในการวิจัย

โดยในการทดลองฉีดพลาสติกนั้นจะใช้เครื่องฉีดพลาสติก NISSEI รุ่น FNXIIIT มีแรงดันปิดแม่พิมพ์ขนาด 110 ตัน เป็นเครื่องฉีดระบบไฮบริดจ์ทางบริษัท NISSEI PLASTIC (THAILAND) CO.,LTD.

ภาพที่ 12 การยุบตัวของพลาสติก **(ซ้าย)** PP เกรด 1100NK **(ขวา)** ABS เกรด GA800

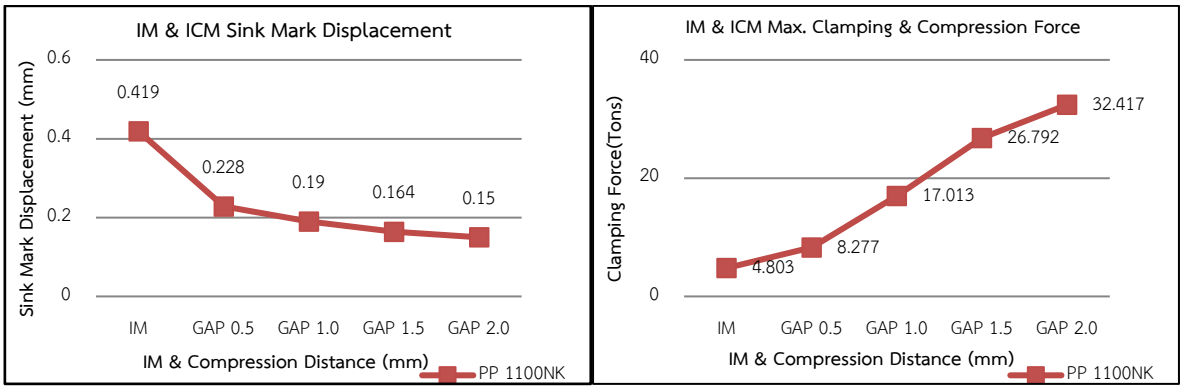
ขั้นตอนการเปรียบเทียบผลวิเคราะห์กับผลการวัดขนาดชิ้นงาน

ในการวัดขนาดของชิ้นงานที่ได้จากกระบวนการฉีดพลาสติกนั้น ใช้เครื่องจักร CNC Machining Center DMG Mori NVX 5080 II HSC ทำการวัดขนาดด้วยอุปกรณ์ RENISHAW OMP60 โดยทำการวัดจากชิ้นงานตามเงื่อนไขการฉีดทั้งกระบวนการฉีดแบบปกติ (IM) และกระบวนการฉีดอัด (ICM) ทั้งหมด 5 ชิ้นเพื่อหาค่าเฉลี่ยของขนาดชิ้นงานที่ได้จากการทดลองฉีดดังแสดงในภาพที่ 13

ภาพที่ 13 (ซ้าย) เครื่องจักร DMG Mori NVX 5080 II HSC **(ขวา)** อุปกรณ์ RENISHAW OMP60

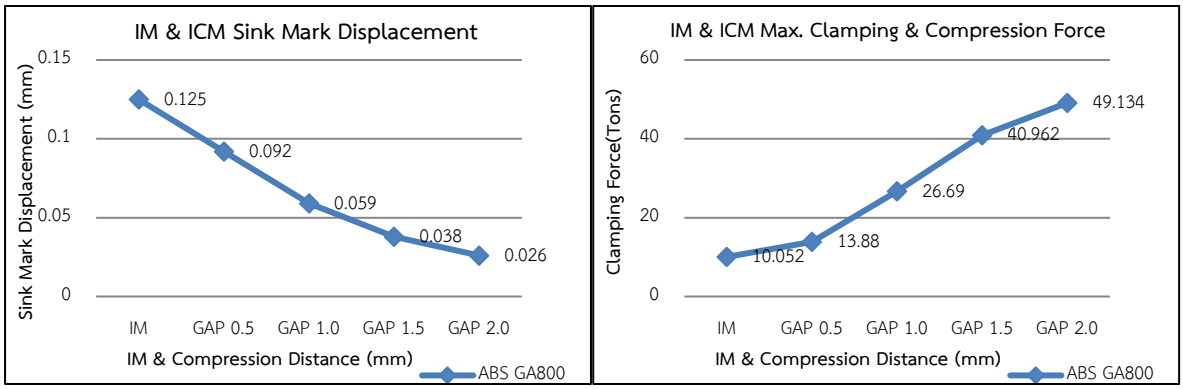
ผลการวิจัย

การศึกษาเทคนิคการลดรอยยุบตัวด้วยกระบวนการฉีดอัดขึ้นรูปพลาสติกก็เพื่อต้องการพัฒนาวิธีการในการผลิตบรรจุภัณฑ์กระปุกเครื่องสำอางที่มีรอยยุบตัวน้อยกว่ากระบวนการฉีดแบบปกติโดยเมื่อพิจารณาจากผลของการวิเคราะห์นั้นสามารถสรุปผลได้ดังนี้



ภาพที่ 14 (ซ้าย) ผลวิเคราะห์ Sink mark displacement **(ขวา)** Clamping force & Compression force ของพลาสติกชนิด PP เกรด 1100NK

จากภาพที่ 14 แสดงผลการวิเคราะห์พลาสติกชนิด PP ซึ่งอยู่ในกลุ่ม Semi-Crystalline ทำการเพิ่มระยะในการอัดส่งผลให้การยุบตัวลดลงเมื่อถึงระยะที่ 1.5 mm การยุบตัวเริ่มชะลอลงอย่างเห็นได้ชัดและผลวิเคราะห์แรงดันในการอัดเมื่อทำการเพิ่มระยะในการอัดมีความต้องการแรงในการอัดมากขึ้นตามไปด้วย



ภาพที่ 15 (ซ้าย) ผลวิเคราะห์ Sink mark displacement **(ขวา)** Clamping force & Compression force ของพลาสติกชนิด ABS เกรด GA800

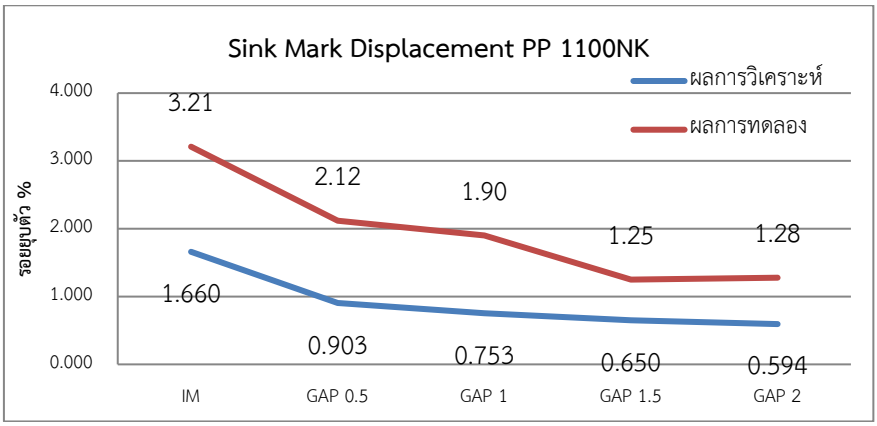
จากภาพที่ 15 แสดงผลการวิเคราะห์พลาสติกชนิด ABS ซึ่งอยู่ในกลุ่ม Amorphous เมื่อทำการเพิ่มระยะในการอัดจะทำให้การยุบตัวลดลงซึ่งการยุบตัวมีค่าต่ำกว่าพลาสติกชนิด PP และผลวิเคราะห์แรงในการอัดเมื่อทำการเพิ่มระยะในการอัดมีความต้องการแรงในการอัดมากขึ้น

เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ด้วยกระบวนการไฟไนต์เอลิเมนต์ทำให้ได้ผลรอยยุบตัวและความดันในการอัดแล้ว จากนั้นนำค่าพารามิเตอร์ที่ได้มาทำการทดลองด้วยเครื่องฉีดพลาสติก (เมื่อทำการทดลองด้วยเครื่องฉีดพลาสติกทำการปรับค่าพารามิเตอร์ความดันในการอัดเป็น 300, 600, 900 กิโลนิวตัน) ทำการเก็บตัวอย่างชิ้นงานที่สมบูรณ์จำนวน 5 ชิ้นต่อเงื่อนไขการทดลองเผื่อหาค่าเฉลี่ยของขนาดเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 1 และตารางที่ 2

ตารางที่ 1 การตรวจวัดขนาดกระบวนการฉีดพลาสติกของพลาสติกชนิด PP เกรด 1100NK

แรงปิดแม่พิมพ์ (kN)	ระยะการอัด (mm)	รอยยุบตัว ผลการวิเคราะห์ (mm)	รอยยุบตัวผล การวิเคราะห์ (%)	รอยยุบตัว ผลการทดลอง (mm)	รอยยุบตัว ผลการทดลอง (%)
300	0.0	0.419	1.66	0.810	3.21
300	0.5			0.529	2.14
600	0.5	0.228	0.903	0.523	2.12
900	0.5			0.522	2.11
300	1.0			0.471	1.90
600	1.0	0.190	0.753	0.470	1.90
900	1.0			0.465	1.88
300	1.5			0.335	1.35
600	1.5	0.164	0.650	0.311	1.25
900	1.5			0.314	1.26
300	2.0			0.322	1.29
600	2.0	0.150	0.594	0.319	1.28
900	2.0			0.318	1.28

จากตารางที่ 1 ผลวิเคราะห์มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อเพิ่มระยะในการอัดและผลการทดลองมีแนวโน้มลดลงจนกระทั่งเมื่อถึงระยะในการอัดที่ 1.5 มิลลิเมตร และแนวโน้มรอยยุบตัวเริ่มเพิ่มขึ้นที่ระยะ 2.0 มิลลิเมตร ที่ระยะ 1.5 มิลลิเมตร จากโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์พบว่ามีรอยยุบตัว 0.650 % ผลการทดลองพบว่ามีรอยยุบตัว 1.25 - 1.35 % และความดันในการอัดไม่ได้ส่งผลอย่างชัดเจนต่อการทดลอง แสดงภาพเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์และผลการทดลองตามภาพที่ 16

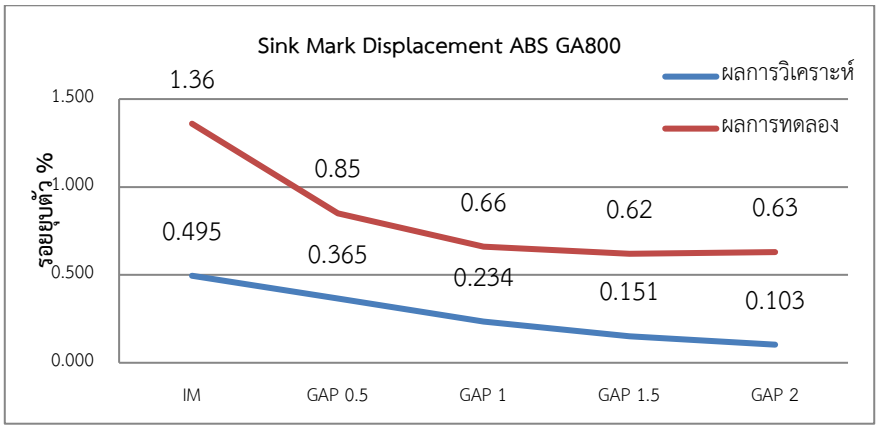


ภาพที่ 16 ผลการวัดขนาดเปรียบเทียบทั้ง 2 กระบวนการของพลาสติกชนิด PP เกรด 1100NK

ตารางที่ 2 การตรวจวัดขนาดกระบวนการฉีดพลาสติกของพลาสติกชนิด ABS เกรด GA800

แรงปิดแม่พิมพ์ (kN)	ระยะการอัด (mm)	รอยยุบตัว ผลการวิเคราะห์ (mm)	รอยยุบตัว ผลการวิเคราะห์ (%)	รอยยุบตัว ผลการทดลอง (mm)	รอยยุบตัว ผลการทดลอง (%)
300	0.0	0.125	0.495	0.343	1.36
300	0.5			0.215	0.86
600	0.5	0.092	0.365	0.212	0.85
900	0.5			0.210	0.84
300	1.0			0.164	0.65
600	1.0	0.059	0.234	0.165	0.66
900	1.0			0.164	0.66
300	1.5			0.158	0.63
600	1.5	0.038	0.151	0.155	0.62
900	1.5			0.159	0.63
300	2.0			0.158	0.63
600	2.0	0.026	0.103	0.157	0.63
900	2.0			0.158	0.63

จากตารางที่ 2 ผลวิเคราะห์มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อเพิ่มระยะในการอัดและผลการทดลองมีแนวโน้มลดลงจนถึงระยะที่ 1.0 มิลลิเมตร รอยยุบตัวนั้นเริ่มลดลงอย่างช้าๆ จนถึงระยะที่ 2.0 มิลลิเมตร ที่ระยะ 1.0 มิลลิเมตร จากโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์พบว่ามีรอยยุบตัว 0.234 % ผลการทดลองพบว่ามีรอยยุบตัว 0.65-0.66% และความดันในการอัดไม่ได้ส่งผลอย่างชัดเจนต่อการทดลองแสดงภาพเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์และผลการทดลองตามภาพที่ 17



ภาพที่ 17 ผลการวัดขนาดเปรียบเทียบทั้ง 2 กระบวนการของพลาสติกชนิด ABS เกรด GA800

ชนิดของพลาสติกส่งผลโดยตรงต่อการยุบตัวของชิ้นงานโดยชิ้นงานที่ผลิตด้วยพลาสติกกลุ่ม (Semi-Crystalline) มีแนวโน้มในการยุบตัวมากกว่าพลาสติกในกลุ่ม (Amorphous) ซึ่งอาจเป็นข้อจำกัดของกลุ่มวัสดุเนื่องจากพลาสติกในกลุ่ม (Semi-Crystalline) มีโครงสร้างเป็นผลึกทึบแสงเมื่อวัสดุเย็นตัวลงจะทำให้เกิดการยุบตัวมาก

1. ระยะในการอัดพลาสติก (Compression Distance) ส่งผลโดยตรงต่อการยุบตัวเมื่อระยะในการอัดพลาสติกเพิ่มขึ้นจะทำให้การยุบตัวนั้นน้อยลงทั้งนี้ต้องพิจารณาระยะในการอัดพลาสติกด้วยเนื่องจากเมื่อมีระยะมากขึ้นจะส่งผลให้เกิดครีบที่ชิ้นงานทำให้เสียเวลาในการตัดครีบที่ชิ้นงาน

2. แรงที่ใช้ในการอัด (Compression Force) จากการทดลองนั้นพบว่าแรงที่ใช้ในการอัดส่งผลต่อชิ้นงานน้อยมากและผลที่ได้นั้นไม่แน่นอน แต่เมื่อใช้แรงในการอัดน้อยกว่าปกติจะทำให้แม่พิมพ์ปิดไม่สนิทชิ้นงานเกิดครีบและชิ้นงานยุบตัวมากขึ้นเนื่องจากไม่สามารถรักษาแรงดันภายในแม่พิมพ์ได้

อภิปรายผล

จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์รอยยุบตัวของผลิตภัณฑ์พลาสติกชนิด PP ลดลงต่ำที่สุด 0.594% ที่ระยะในการอัด 2.0 mm ผลการทดลองพบว่า สามารถลดรอยยุบตัวต่ำสุด 1.25% ที่ระยะการอัด 1.5 mm ความดันในการอัด 600 kN ผลิตภัณฑ์พลาสติกชนิด ABS จากผลการวิเคราะห์รอยยุบตัวลดลงต่ำที่สุด 0.103% ที่ระยะในการอัด 2.0 mm ผลการทดลองพบว่า สามารถลดรอยยุบตัวต่ำสุด 0.62% ที่ระยะการอัด 1.5 mm ความดันในการอัด 600 kN แนวโน้มของการเพิ่มแรงดันในการปิดแม่พิมพ์มีผลกระทบต่อการยุบตัวน้อยมากทั้ง 2 วัสดุแต่เมื่อทำการลดแรงดันในการปิดแม่พิมพ์ต่ำเกินไปจะทำให้ไม่สามารถปิดแม่พิมพ์ได้สนิทเกิดปัญหาครีบบริเวณขอบชิ้นงาน

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1.1 การเลือกใช้เครื่องฉีดพลาสติกเพื่อรองรับกระบวนการฉีดอัดพลาสติกควรเลือกเครื่องฉีดพลาสติกระบบไฟฟ้า จะทำให้ได้ประสิทธิ์ภาพในการผลิตมากกว่า เนื่องจากเครื่องฉีดระบบไฟฟ้ามีความแม่นยำในการปิด-เปิดแม่พิมพ์มากกว่าเครื่องระบบไฮบริดจ์และระบบการทำงานของสกรูเครื่องฉีดระบบไฟฟ้าทำงานแยกกับระบบ ปิด-เปิดแม่พิมพ์ทำเครื่องจักรสามารถเติมเนื้อพลาสติกเข้าสู่โพรงแบบพร้อมกับการปิดแม่พิมพ์ได้คาดว่าจะส่งผลทำให้ใช้แรงในการปิดแม่พิมพ์น้อยกว่า

1.2 การเลือกผลิตภัณฑ์ในการใช้งานร่วมกับกระบวนการฉีดอัดพลาสติกควรเลือกชิ้นงานที่มีลักษณะหน้ากว้างและชิ้นงานไม่ลึกมากนักจะทำให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าการใช้ชิ้นงานที่มีลักษณะลึกเช่นกระปุก

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ความเร็วในการบีบอัด (Compression Speed) เมื่อทำการบีบอัดด้วยความเร็วสูงหรือต่ำผลที่ได้จะเป็นเช่นไร

2.2 เวลาในการบีบอัด (Compression Time) เมื่อใช้เวลาในการบีบอัดมากขึ้นหรือลดลงมีผลกระทบอย่างไร

2.3 การใช้กระบวนการทากุชิเพื่อช่วยปรับปรุงกระบวนการต่างๆ จะทำให้ได้ผลลัพธ์ที่ดียิ่งขึ้นการทำวิจัยครั้งต่อไปควรพิจารณาในส่วนนี้เพื่อปรับปรุงผลลัพธ์ดังกล่าว

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนในด้านแม่พิมพ์และเครื่องมือตรวจสอบขนาดชิ้นงาน บริษัท A.BEST INTERPRODUCT CO., LTD. งานวิจัยได้รับการสนับสนุนโปรแกรมวิเคราะห์การไหลพลาสติกจาก บริษัท Moldex3d Thailand ในด้านการสนับสนุนการประยุกต์ระบบเครื่องฉีดพลาสติกจากบริษัท NISSEI PLASTIC (THAILAND) CO., LTD.

เอกสารอ้างอิง

Han, et al. (2016). Numerical and experimental studies of injection compression molding process for thick plastic gas valve stem. *The International Journal of Advance Manufacturing Technology*, 89, 651-660.

Isik Isil, N. and Miko, C. (2015). Instrumented film-insert injection compression molding for lens encapsulation of liquid crystal displays. *Displays*, 38, 20-31.

Jae-Yun Ho, et al. (2012). Three-Dimension Numerical Analysis of Injection-Compression Molding Process. *Polymer Engineering and Science*, 52, 901-911.

Ming-Shyan, H. and Chin-Feng, C. (2010). Injection Molding and Injection Compression Molding of Thin-Walled Light-Guided Plates with V-Grooved Microfeatures. *Journal of Applied Polymer Science*, 121, 1151-1159.

Nitikanchanatal, et al. (2018). Analysis Shrinkage of Recycle Plastic Injection Molding by using Taguchi Methodolygy. *UBE Engineering Journal*, 12-(2), 123-134.

Peter, J. (2008). *The Mould Design Guide*. Shawbury: SMITHERS rapra.

Wei-Sheng, G. and Han-Xiong, H. (2012). Back melt flow in injection-compression molding: Effect on part thickness distribution. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 39, 792-797.

การพัฒนาเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัล

กิตติภัฎ รัตนจันทร์[1], สุนทร สิทธิสกุลเจริญ[2], ศรายุทธ เงินทอง[3,*], วัชระ ลายลักษณ์[4]
ณรงค์เดช พัฒนไพบูลย์[5], พระสุธีรัตนบัณฑิต[6], พระมหาเสรีชน พันธ์ประโคน[7]
[1,2,3,4,5] วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
[6,7] สถาบันวิจัยพุทธศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย

Received: 4 June 2020
Revised: 17 March 2021
Accepted: 4 June 2021

บทคัดย่อ

คัมภีร์ใบลานเอกสารโบราณสำคัญชนิดหนึ่ง วัสดุที่ใช้ในการผลิตมีความคงทนกว่ากระดาษ ที่จัดอยู่ในประเภทที่มีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบ แต่มีโอกาสเกิดการชำรุดเสียหายได้ การอนุรักษ์เอกสารประเภทใบลานจึงเป็นการเก็บรักษาข้อมูลสำคัญที่เป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นให้คงอยู่ตลอดไป การจัดเก็บข้อมูลประวัติศาสตร์เหล่านั้นสามารถทำได้โดยการจัดเก็บให้อยู่ในรูปของภาพถ่ายดิจิทัล ดังนั้นคณะวิจัยได้นำข้อมูลในด้านต่างๆ เข้าสู่กระบวนการออกแบบโดยมีการศึกษาข้อมูลและรวบรวมข้อมูล กำหนดขั้นตอนในการทำงานของเครื่อง กำหนดขอบเขตของเครื่องจักร และการเลือกใช้กลไกการทำงานต่างๆ จากการดำเนินการต่างๆ แล้วจึงได้การทำงานของเครื่องจักรดังนี้คือ มีชุดรองรับคัมภีร์ที่ถูกคัดแยกแล้วจะเคลื่อนที่ขึ้นด้านบนจนชนหัวชุดดูดแผ่นคัมภีร์ใบลาน หลังจากนั้นหัวดูดจะดูดแผ่นคัมภีร์แผ่นบน ชุดรองรับกองแผ่นคัมภีร์จะเลื่อนลง ชุดหัวดูดจะเลื่อนแผ่นคัมภีร์สู่ฐานรองรับเพื่อถ่ายภาพ หลังจากนั้นแผ่นใบลานจะถูกวางลงบนพื้นชุดรองรับ และถูกชุดกดแผ่นคัมภีร์ใบลาน กดให้แนบกับพื้นเพื่อให้ปราศจากแสงเงาด้านล่าง หลังจากนั้นกล้องถ่ายภาพจะบันทึกภาพเมื่อบันทึกแล้ว แผ่นคัมภีร์จะถูกทิ้งตัวลงสู่กล่องรวบรวมด้วยกลไก จากการออกแบบเรียบร้อยแล้วจึงสร้างและทำการทดลองใช้งานเครื่อง พบว่า การทดลองของเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัลนั้น กลไกการทำงานที่ออกแบบไว้สามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ และการถ่ายภาพแต่ละแผ่นใช้เวลาเท่ากับ 30.1 วินาที และภาพมีความชัดเจนเป็นที่น่าพอใจ

คำสำคัญ: คัมภีร์ใบลาน การถ่ายภาพดิจิทัล การอนุรักษ์ เครื่องจับยึดและพลิก

---

[*] ผู้ประสานงานหลัก; อีเมล; sarayut.n@cit.kmutnb.ac.th

The Development of the Automatic Gripper for Palm Leaf Manuscripts for Digital Photography

Kittiphat Ratanachan[1], Sunthorn Sittisakuljaroen[2], Sarayut Ngerntong[3,*], Vatchara Laylak[4]
Narongdet Pattanaphiboon[5], Phra Sutheerattanabundit[6], Phramaha Serichon Phanprakhon[7]
[1,2,3,4,5]College of Industrial Technology, King Mongkut's of Technology North Bangkok
[6,7]Buddhist Research Institute, Mahachulalongkornrajavidyalaya University

Received: 4 June 2020
Revised: 17 March 2021
Accepted: 4 June 2021

Abstract

The palm leaf scripture is an important document. The materials used in production are more durable than paper which contains cellulose as an element. However, there is a chance of the scripture being damaged. Therefore, conservation of the palm leaf scripture is the preservation of important information that is the local wisdom so that it will last forever. Storing those historical data can be done by storing them in the form of digital photos. So, the research team has taken the information in various aspects to enter the design process by studying and collecting the data, setting the machine's working procedures, determining the scope of the machine, and selecting various working mechanisms from various operations. Consequently, the machine has been operated as follows: There is a scripture support set for classified scripture that will move upwards until it hits the head. After that, the suction nozzle will suck on the top sheet of scripture. The set supports the stack of scripture sheets to scroll down. The suction nozzle will move the scripture pad to the support base for photographing. After that, the palm leaf sheet will be placed on support, the first support unit is pressed against the ground to avoid the shadows below. After that, the camera will record the image of the scripture. After the recording, the scripture plates will be dropped into a collection box by mechanism. After the design was complete, the researcher team created and tested the machine. It was found that in the experimental operation of the automatic grips and grinders for digital photography, the designed working mechanism could be operated as intended, and the digital photography of each sheet took 30.1 seconds and the image was clear and satisfactory

Keywords: Palm Leaf Manuscript, Digital Photography, Conservation, Automatic Grip and Grinder

[*] Corresponding Author; E-mail; sarayut.n@cit.kmutnb.ac.th

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในขณะที่เทคโนโลยีมีการพัฒนาอย่างก้าวกระโดด การเติบโตเกิดขึ้นจากรากฐานทางวัฒนธรรมในอดีตที่มั่นคง ความรู้พื้นฐานต่างๆ ได้ถูกเรียบเรียงเก็บไว้ในรูปของเอกสารโบราณ เอกสารเหล่านี้จึงเป็นเหมือนกระจกเงาที่สะท้อนให้เห็นภาพของอารยธรรม วัฒนธรรม จริยธรรม จารีตประเพณี และคุณธรรมของบรรพชนได้เป็นอย่างดี เอกสารโบราณแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ จารึก หนังสือสมุดไทย และหนังสือคัมภีร์ใบลาน ดังนั้นเอกสารใบลาน จึงเป็นเอกสารโบราณชนิดหนึ่งที่ปรากฏอยู่ในลักษณะของคัมภีร์ใบลาน แม้ใบลานเป็นวัสดุที่มีความคงทนกว่ากระดาษ ที่จัดอยู่ในประเภทที่มีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบ แต่มีโอกาสเกิดการชำรุดเสียหายได้ ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของการเก็บรักษา การอนุรักษ์เอกสารประเภทใบลานจึงเป็นการเก็บรักษาเอกสารใบลานที่เป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นให้คงอยู่ตลอดไป ซึ่งมีวิธีการดังนี้ การสำรวจและรวบรวมเอกสารใบลานในท้องถิ่น ทำบัญชีรายการและเก็บรักษาไว้ การทำเอกสารสำรองไว้ถ้าจำเป็นโดยการถ่ายภาพดิจิทัล หรือถ่ายด้วยไมโครฟิล์ม ซึ่งในมุมมองของเอกสารถือว่าได้ทำการอนุรักษ์เอกสารไว้และสามารถให้การบริการได้โดยต้นฉบับสามารถเก็บรักษาไว้ เป็นการป้องกันเอกสารต้นฉบับมิให้ชำรุด และการอนุรักษ์โดยวิธีทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการถ่ายภาพดิจิทัลเป็นการอนุรักษ์ข้อมูลประวัติศาสตร์ไว้เป็นอย่างดี แต่เนื่องด้วยคัมภีร์ใบลานที่มีอยู่เป็นจำนวนมาก ทำให้การเก็บรวบรวมข้อมูลในรูปของภาพถ่ายดิจิทัลต้องให้เวลาประมาณ 5 นาทีต่อภาพ 1ภาพ และส่งผลต่อความเสียหายของคัมภีร์ใบลานจำนวนมากที่รอการเก็บรวบรวมข้อมูล งานวิจัยนี้คณะวิจัยได้นำปัญหาจากการเก็บข้อมูลคัมภีร์ใบลานในรูปแบบไฟล์ดิจิทัลซึ่งใช้เวลาในการดำเนินการนาน ต้องใช้คนดำเนินการต่อเนื่อง โดยจัดสร้างเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัลเพื่ออนุรักษ์คัมภีร์ธรรมทางพระพุทธศาสนา เครื่องดังกล่าวถูกออกแบบให้สามารถลำเลียงใบลานเข้าเพื่อจัดวางคัมภีร์ใบลาน ลำเลียงใบลานออก และถ่ายภาพดิจิทัลได้แบบต่อเนื่องโดยใช้คนดำเนินการน้อยที่สุดขณะเดียวกันเครื่องยังถูกออกแบบให้ลดระยะเวลาในการดำเนินงานถ่ายภาพ ส่งผลให้การจัดเก็บรวบรวมภาพถ่ายดิจิทัลของคัมภีร์ใบลานในแต่ละมัดทำได้รวดเร็วขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัล
2. เพื่อทดลองใช้เครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัล

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับคัมภีร์ใบลานและเทคโนโลยีของการจัดเก็บข้อมูลเอกสารคัมภีร์ใบลาน

คณะวิจัยได้เข้ารวบรวมข้อมูลจากศูนย์อนุรักษ์คัมภีร์ใบลาน ซึ่งข้อมูลดังกล่าวถูกนำมาใช้สำหรับเป็นข้อมูลในโครงการการออกแบบเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัลเพื่ออนุรักษ์คัมภีร์ธรรมทางพระพุทธศาสนา ซึ่งคำภีร์ใบลานมีลักษณะเฉพาะโดยที่ใช้พืชเป็นวัสดุในการบันทึก ได้แก่ ใบลาน อีกทั้งยังมีกรรมวิธีการบันทึก ได้แก่ การจารด้วยเหล็กแหลม การชุบด้วยหมึก และการห่อด้วยผ้า รวมถึงการประดับตกแต่งคัมภีร์ใบลานด้วยวัสดุต่างๆ ที่วิจิตรงดงามตามที่แสดงดังภาพที่ 1 (Phra Akhdetchanayot, 2015) การอนุรักษ์เอกสารประเภทใบลานจึงเป็นการเก็บรักษาเอกสารใบลานที่เป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นให้คงอยู่ตลอดไปซึ่งมีวิธีการ เช่น การถ่ายภาพดิจิทัล หรือถ่ายด้วยไมโครฟิล์ม จากการศึกษาขนาดคัมภีร์ใบลานพบว่าคัมภีร์ใบลานมีขนาดแตกต่างกัน

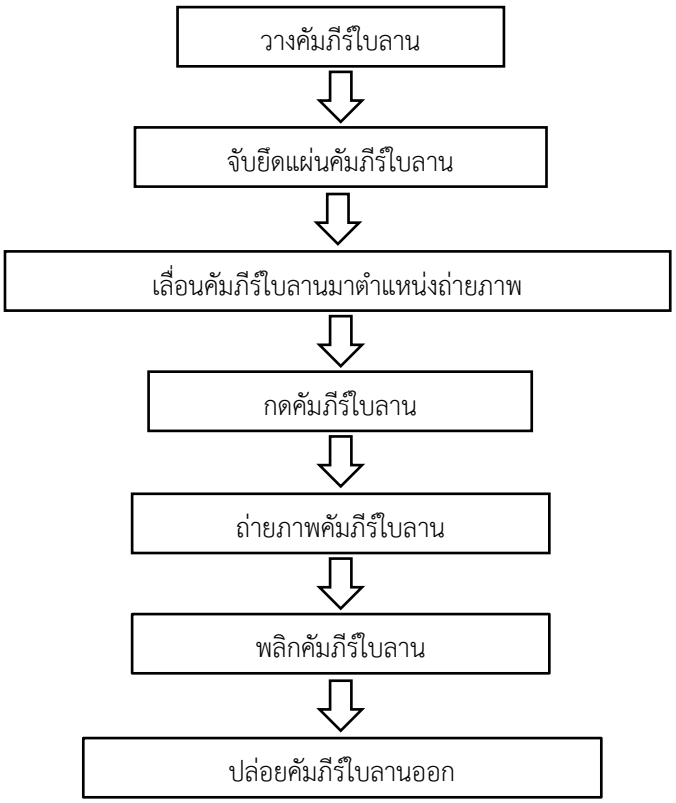
ดังนั้นขนาดของคัมภีร์ใบลานที่มีขนาดมากที่สุดจะถูกนำมากำหนดขอบเขตในการสร้างเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัล ขนาดของคัมภีร์ใบลานด้านต่างๆมีขนาดดังนี้ ความกว้าง 50 มม. ความยาว 580 มม. และความสูง 40 มม. ความหนาของคัมภีร์ใบลานมีขนาดใกล้เคียงกัน 0.5 มม.

ภาพที่ 1 คัมภีร์ใบลาน

การออกแบบเครื่องช่วยในการพลิกหนังสือเพื่อสแกนภาพดิจิทัลได้มีการออกแบบให้กลไกเครื่องช่วยพลิกเพื่อสแกนหนังสือที่สามารถทำงานได้อย่างรวดเร็วและมีความแม่นยำ (Watanabe et al., 2013) ในการออกแบบของเครื่องก่อนหน้านี้ได้ออกแบบกลไกการพลิกโดยใช้ลมเป่าหน้ากระดาษเพื่อพลิกเปิดหนังสือ (Priyanka Bhanudas Deshmukh, 2016) การสแกนภาพที่มีลักษณะ 3 มิติได้ออกแบบโดยใช้เทคนิคการสแกนภาพ 3 มิติที่สามารถทำงานได้ง่ายและรวดเร็วเซนเซอร์ที่ใช้ในการตรวจสอบจะสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยเฉพาะการสแกนเอกสารที่เสียรูป บิดเบี้ยว ภาพจะถูกถ่ายจากกล้อง ภาพที่บิดเบี้ยวจะถูกจัดการให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น (Nakashima et al., 2014) เครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัลสามารถถ่ายภาพโดยใช้เวลาถ่ายภาพ 35 วินาที/ภาพ และภาพมีความชัดเจน (Ngerntong et al., 2018)

การออกแบบเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัล

ขั้นตอนในการออกแบบอย่างเป็นระบบ คือ การออกแบบเป็นกระบวนการที่เริ่มต้นจากการรับทราบข้อมูลหรือการรับทราบความคิดเห็นว่ามีอะไรบ้างที่เป็นความต้องการในด้านธุรกิจหรือมีความต้องการเครื่องจักรใหม่ๆ การศึกษาลักษณะเฉพาะต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์หรือสิ่งที่สนใจ เพื่อนำมาสังเคราะห์ให้เป็นความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบเบื้องต้น เพื่อทำการปรับปรุงและออกแบบอย่างละเอียดในการสร้างต้นแบบเพื่อการทดสอบและปรับปรุง (Ngerntong and Layluk., 2018) การออกแบบเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัลให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพจำเป็นต้องพิจารณาขั้นตอนการทำงานของเครื่องให้สามารถทำงานตอบสนองความต้องการได้ จากการศึกษาขนาดคัมภีร์ใบลานพบว่าคัมภีร์ใบลานมีขนาดแตกต่างกัน ดังนั้นจึงเลือกใช้ขนาดของคัมภีร์ใบลานที่มีขนาดใหญ่ที่สุดซึ่งมีมิติของขนาดคือ ความกว้าง 50 มม. ความยาว 580 มม. และความสูง 40 มม. โดยความหนาของคัมภีร์ใบลานในแต่ละใบมีขนาดใกล้เคียงกันเท่ากับ 0.5 มม. จากมิติของคัมภีร์ใบลานจึงได้กำหนดความสามารถของเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัลอัตโนมัติกำหนดให้ทำงานกับคัมภีร์ใบลานที่มีขนาดสูงสุด 68 x 662 x 50 มม. ขณะที่คัมภีร์ใบลานที่มีความสูงมากกว่านี้จะถูกแบ่งออกเป็นชุดแล้วถ่ายภาพเพื่อให้เครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัลอัตโนมัติที่ถูกออกแบบให้มีความกระทัดรัด และมีขั้นตอนการทำงานดังแสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำงานของเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติ สำหรับการถ่ายภาพดิจิทัล

ขอบเขตเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัล

เครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัลสามารถทำงานได้ดังนี้ พื้นที่การถ่ายภาพขนาด กว้าง 68 มม. X ยาว 662 มม. มีความละเอียดของไฟล์ภาพถ่าย 24.2 ล้านพิกเซล มีอุปกรณ์จับยึดและสามารถพลิกหรือเปิดคัมภีร์ใบลานโดยอัตโนมัติได้อย่างต่อเนื่อง การถ่ายภาพใช้กล้องถ่ายภาพดิจิทัลความเร็วสูง มีระบบป้องกันการชนของส่วนประกอบของเครื่อง ใบลานที่ใช้ในการถ่ายภาพต้องอยู่ในสภาพสมบูรณ์ ไม่กรอบแตกหักง่าย มีความยืดหยุ่น คัมภีร์ใบลานที่ไม่อยู่ในสภาพสมบูรณ์ไม่เหมาะสมสำหรับการถ่ายภาพด้วยเครื่องนี้ เนื่องจากอาจเกิดความเสียหายของคัมภีร์ใบลานได้

แนวคิดในการการออกแบบเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัล

เครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัลถูกออกแบบมาโดยนำข้อมูลของปัญหาที่เกิดจากงานวิจัยก่อนหน้าที่ผ่านมา และนำปัญหาต่างๆที่ทราบมาพัฒนาให้เครื่องทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นโดยกลไกและขั้นตอนจะมีหลักการการทำงานดังนี้

ชุดรองรับคัมภีร์และเลื่อนคัมภีร์ใบลานทำหน้าที่ในการรองรับกองคัมภีร์ใบลานที่ถูกคัดแยกแล้ว จะเคลื่อนที่ขึ้นด้านบนจนชนหัวชุดดูดแผ่นคัมภีร์ใบลาน หลังจากนั้นหัวดูดจะดูดแผ่นคัมภีร์แผ่นบน ชุดรองรับกองแผ่นคัมภีร์จะเลื่อนลง ชุดหัวดูดจะเลื่อนแผ่นคัมภีร์สู่ฐานรองรับเพื่อถ่ายภาพ หลังจากนั้นแผ่นใบลานจะถูกวางลงเพื่อทำการถ่ายภาพ ซึ่งแผ่นคัมภีร์ที่ถูกวางลงบนพื้นชุดรองรับที่ 1 จะถูกแผ่นชุดกดแผ่นคัมภีร์ใบลาน กดทับแผ่นคัมภีร์ให้แนบกับพื้นชุดรองรับที่ 1 เพื่อให้ปราศจากแสงเงาด้านล่าง หลังจากนั้นกล้องถ่ายภาพจะบันทึกภาพเมื่อบันทึกแล้ว ชุดกดแผ่น

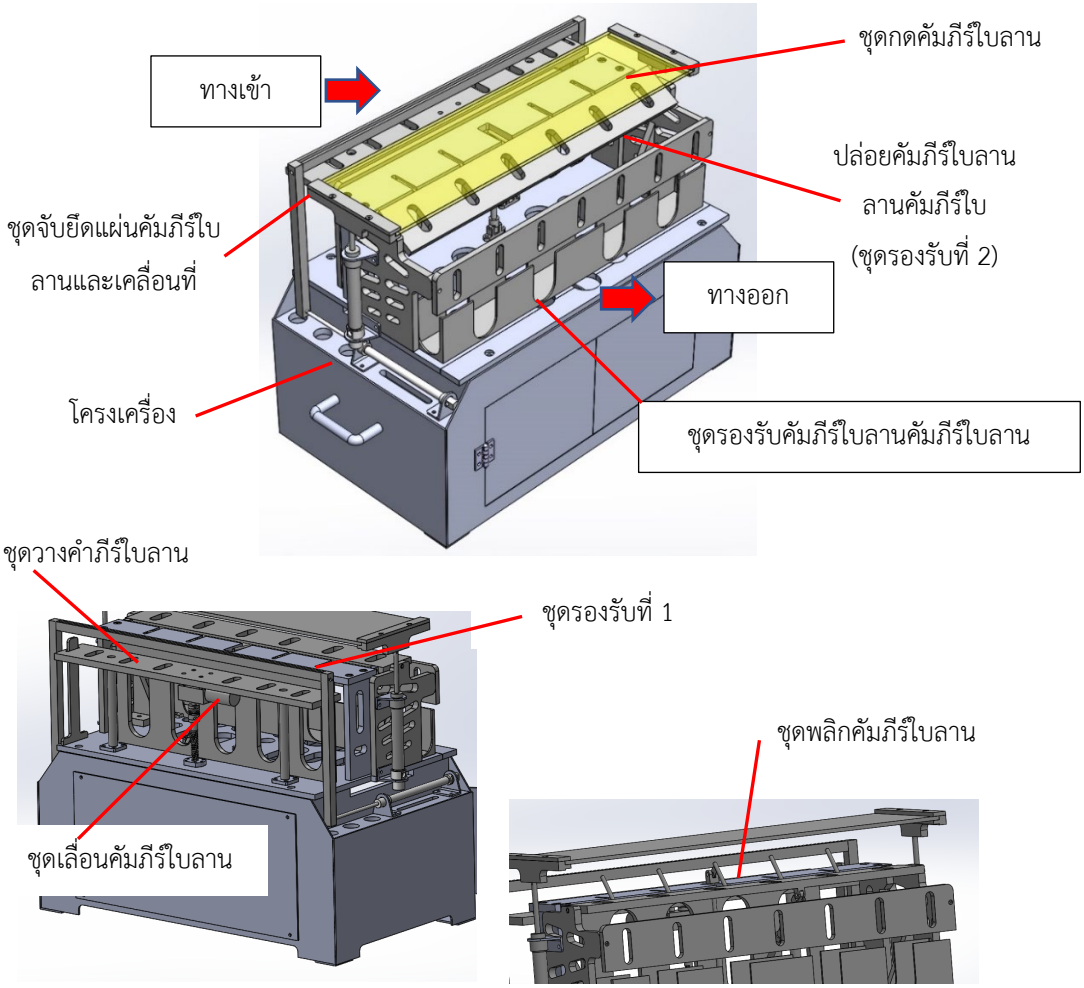
คัมภีร์ใบลานจะยกขึ้น และชุดรองรับจะพลิกแผ่นคัมภีร์ใบลานไปชุดรองรับที่ 2 เพื่อถ่ายภาพด้านหลัง จากนั้นหัวดูดจะลำเลียงแผ่นคัมภีร์แผ่นใหม่มาวางในตำแหน่งรองรับที่ 1 และชุดกดจะเลื่อนลงมากดแผ่นคัมภีร์ทั้ง 2 แผ่น กล้องถ่ายภาพบันทึกภาพ ชุดกดแผ่นคัมภีร์ใบลานจะยกขึ้น ชุดรองรับที่ 2 จะพลิกตัวเพื่อให้แผ่นคัมภีร์แผ่นที่ 1 ทิ้งตัวลงสู่กล่องรวบรวม การทำงานของเครื่องจะทำงานซ้ำจนแผ่นคัมภีร์ถูกบันทึกภาพจนหมด

แนวคิดในการการออกแบบกลไกการทำงานของเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัล

แนวความคิดในการออกแบบกลไกการทำงาน หลังจากการที่ได้ออกแบบหลักการทำงานในข้างต้นแล้ว ทำการเลือกใช้กลไกในการทำงานในขั้นตอนต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 กรอบแนวความคิดในการออกแบบกลไกการทำงาน

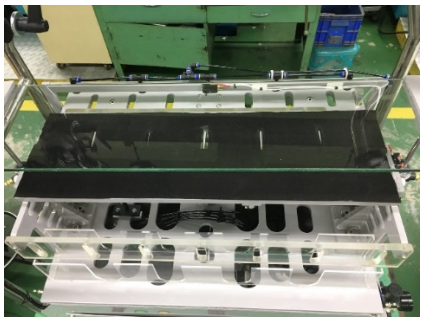
ลำดับที่	หน้าที่ในการทำงาน	โดยใช้หลักการ
1	วางคำภีร์ใบลาน	ใช้แรงงานคน
2	จับยึดแผ่นคัมภีร์ใบ	กฎทางฟิสิกโดยใช้ระบบนิวเมติในการทำงาน
3	เลื่อนคัมภีร์ใบลาน	กระบอกนิวเมติและเกลียวนำเลื่อนในการเคลื่อนที่
4	กดคัมภีร์ใบลาน	กระบอกนิวเมติในการเคลื่อนที่และใช้แผ่นกระจกเป็นตัวกดทับ
5	ถ่ายภาพคัมภีร์ใบลาน	กล้องดิจิทัล
6	พลิกคัมภีร์ใบลาน	ลูกเบี้ยวร่วมกับกระบอกนิวเมติกเพื่อกำหนดการพลิก
7	ปล่อยคัมภีร์ใบลาน	แร่งโน้มถ่วงและแรงลมเป่าเพื่อลดการเสียดทาน
8	ควบคุมการทำงาน	ระบบไฟฟ้าเบื้องต้น



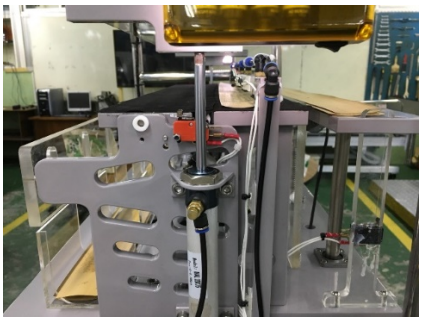
ภาพที่ 3 เครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัลจากการออกแบบ

การสร้างเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัล

หลังจากที่ได้ทำการออกแบบชิ้นส่วนต่างๆ แล้วจึงได้ดำเนินการสร้างชิ้นส่วนต่างๆ แล้วทำการประกอบและติดตั้งชุดควบคุมดังภาพที่ 6



ภาพที่ 4 เครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัลด้านบน



ภาพที่ 5 เครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัลด้านข้าง

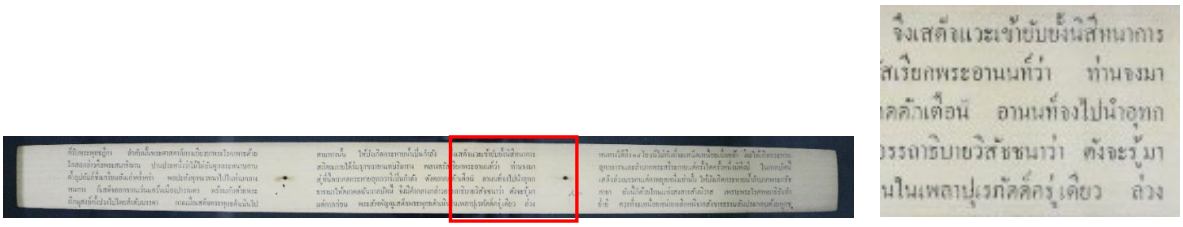
ภาพที่ 6 เครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัล

การทดลองเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัล

ในการดำเนินการทดลองเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัล โดยเริ่มจากการคัดแยกคัมภีร์ใบลานที่มีสภาพสมบูรณ์ ไม่บิดงอ แล้วแยกออกเชือกมัด นำคัมภีร์ใบลานใส่ในชุดรองรับกองคัมภีร์ใบลานเข้าเครื่อง เตรียมติดตั้งกล้องถ่ายภาพให้พร้อม โดยตรวจสอบหน่วยความจำให้เพียงพอ ตรวจสอบสภาพเครื่องและเปิดเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัล และถังลมให้พร้อมสำหรับการทำงาน แล้วเริ่มต้นทำงานและจับเวลาการทำงานละครั้ง สุดท้ายตรวจสอบความสมบูรณ์ของภาพที่ได้จากหน่วยความจำของกล้องถ่ายภาพ

ผลการวิจัย

จากการออกแบบเครื่องให้มีขนาดกะทัดรัดมากขึ้น ความซับซ้อนของเครื่องมีน้อยจึงทำให้การทำงานของเครื่องไม่ซับซ้อนพบว่าเครื่องที่ออกแบบมานั้นทำงานได้เป็นที่พอใจ จึงได้ทำการทดลองการทำงานและจากการทดลองเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัลแล้วนั้น จากตารางที่ 2 ในการทดลองครั้งที่ 1 พบว่าเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัลสามารถทำงานได้ โดยใช้เวลาในการถ่ายภาพไม่เป็นที่พอใจซึ่งเวลาที่ใช้ในการทำงานในการถ่ายภาพแต่ละแผ่นเท่ากับ 40.4 วินาที และภาพที่ได้มีความชัดเจนดังภาพที่ 7 จากการทดลองครั้งที่ 1 พบว่าเวลาที่ใช้ในการถ่ายภาพนั้นสามารถที่จะลดลงได้โดยการปรับกลไกและอุปกรณ์ของเครื่องได้ทางผู้วิจัยจึงได้ทำการปรับอุปกรณ์และทำการทดลองซ้ำอีกครั้ง



ภาพที่ 7 ภาพถ่ายคัมภีร์ใบลานจากเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัล

ตารางที่ 2 ผลการทดลองใช้เครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัลจากการทดลองครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2

ครั้งที่	การทดสอบครั้งที่ 1		การทดสอบครั้งที่ 2	
	เวลาทำงาน (วินาที)	ภาพที่ได้จากการถ่ายภาพ	เวลาทำงาน (วินาที)	ภาพที่ได้จากการถ่ายภาพ
1	42	ภาพมีความชัดเจน	32	ภาพมีความชัดเจน
2	40	ภาพมีความชัดเจน	30	ภาพมีความชัดเจน
3	41	ภาพมีความชัดเจน	30	ภาพมีความชัดเจน
4	42	ภาพมีความชัดเจน	29	ภาพมีความชัดเจน
5	39	ภาพมีความชัดเจน	29	ภาพมีความชัดเจน
6	40	ภาพมีความชัดเจน	30	ภาพมีความชัดเจน
7	41	ภาพมีความชัดเจน	31	ภาพมีความชัดเจน
8	40	ภาพมีความชัดเจน	31	ภาพมีความชัดเจน
9	39	ภาพมีความชัดเจน	30	ภาพมีความชัดเจน
10	41	ภาพมีความชัดเจน	29	ภาพมีความชัดเจน
เฉลี่ย	40.4	-	30.1	-

ในการทดลองซ้ำของเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัล ถูกปรับแต่งกลไกลมชุดกระบอกสูบทุกตัว และการทำงานในกลไกต่างๆ ของเครื่องให้ทำงานเร็วขึ้น จึงได้ทำการทดลองซ้ำแล้วได้ผลตามตารางที่ 2 ซึ่งเวลาที่ใช้ในการทำงานในการถ่ายภาพแต่ละแผ่นเท่ากับ 30.1 วินาที และภาพมีความชัดเจน ซึ่งจากการพิจารณาภาพที่ถ่ายจากเครื่องแล้วได้พบว่า ตัวอักษรที่ปรากฏในภาพไม่เลือนและเบลอ เส้นตัวอักษรมีความต่อเนื่องคมชัดไม่ขาด

อภิปรายผล

จากการออกแบบเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัลให้มีขนาดกะทัดรัดมากขึ้น และความซับซ้อนของเครื่องน้อยลงนั้นพบว่าการทำงานของเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัลสามารถที่จะทำการถ่ายภาพและเก็บข้อมูลแต่ละแผ่นเท่ากับ 30.1 วินาที และภาพมีความชัดเจน ตัวอักษรที่ปรากฏในภาพไม่เลือนและเบลอ เส้นตัวอักษรที่บันทึกได้มีความต่อเนื่องคมชัดไม่ขาด ซึ่งในการพัฒนาและสร้างเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานได้มีการพัฒนาและปรับกลไก พร้อมทั้งใช้อุปกรณ์ที่มีความรวดเร็วและแม่นยำ รวมทั้งปรับแต่งกลไกลมชุดกระบอกสูบตามที่ได้มีการออกแบบตามหลักการข้างต้นที่ได้กล่าวไว้จึงทำให้การทำงานของนั้นทำงานได้ตามที่กำหนด ซึ่งผลการพัฒนาเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัล ส่งผลให้การรวบรวมข้อมูลจากคัมภีร์ใบลานซึ่งเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญต่อการอนุรักษ์ถูกจัดเก็บอยู่ในรูปของข้อมูลดิจิทัล โดยการใช้เครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัลช่วยในการอนุรักษ์ ส่งผลให้การดำเนินการอนุรักษ์ข้อมูลจากคัมภีร์ใบลานจำนวนมากถูกจัดเก็บได้รวดเร็วขึ้น ทำให้ผู้ที่ทำหน้าที่จัดเก็บข้อมูลสามารถดำเนินการได้โดยไม่จำเป็นต้องอยู่กับเครื่องตลอดเวลา ข้อมูลที่มีความสำคัญจะยังคงอยู่เพื่อการศึกษาและค้นคว้าต่อไป

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัลช่วยให้การอนุรักษ์คัมภีร์ใบลานซึ่งมีอยู่จำนวนมากถูกเก็บและบันทึกในรูปแบบดิจิทัล ข้อมูลที่มีความสำคัญต่างๆ ถูกอนุรักษ์ไว้โดยไม่เกิดการสูญหายไปพร้อมกับความเสื่อมสภาพของคัมภีร์ใบลาน โดยเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัลมีขนาด สามารถถ่ายภาพโดยใช้เวลาถ่ายภาพ 30.1 วินาที/หนึ่งหน้าใบลานและภาพมีความชัดเจน ดังนั้นการออกแบบเครื่องให้มีขั้นตอนทำงานที่ซับซ้อนน้อยลงช่วยทำให้เครื่องทำงานได้เร็วขึ้น จึงทำให้ต้นทุนการผลิตเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัลมีต้นทุนต่ำ

ข้อเสนอแนะ

ในการพัฒนาการเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัลนั้นทางผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะควรที่จะมีการพัฒนากลไกสำหรับการจับยึดคัมภีร์ใบลานเพื่อให้สามรถใช้กับใบลานที่มีอายุมากโดยที่ไม่ส่งผลกระทบต่อคัมภีร์ใบลาน และควรจะพัฒนาระบบควบคุมและการส่งข้อมูลภาพที่บันทึกได้เข้ากับคอมพิวเตอร์โดยตรงและมีการจัดเรียงหน้าคัมภีร์ใบลานเป็นอัตโนมัติเพื่อง่ายต่อการจัดระเบียบของภาพที่บันทึกได้และมีความรวดเร็วในการจัดเก็บข้อมูล

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยพุทธศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์ทุนวิจัยพัฒนาเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัล และขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมการออกแบบและผลิตเครื่องจักรกล ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล และคณะผู้บริหารวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ให้การสนับสนุนการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Nakashima, T., Watanabe, Y., Komuro, T., and Ishikawa, M. (2014). *Book Flipping Scanning*. [Online]. Retrieved March 18, 2020, from: https://www.researchgate.net/profile/Masatoshi_Ishikawa/publication/229042817_Book_flipping_scanning/links/00b7d51bd3d346555c000000/Book-flipping-scanning.pdf.

Ngerntong, S. and Layluk, V. (2018). Systematic Design of Double Enveloping Worm Cutting Attachment on Lathe. *Sripatum Review of Science and Technology*, 10, 129-145. (in Thai)

Ngerntong, S., Saivaew, N., Swatdisan, T., and Phra Suthirattanabundit. (2018). Automatic-Technology Development for Secured and Flip Palm-Leaf Manuscripts for Digital Photography to Preserve the Buddhist Manuscripts. *The Proceedings of Industrial Engineering Network Conference 2018*, 23-26 July 2018 Ubon Ratchathani, 924-928. (in Thai)

Phra Akhdetchanayote (Lohaphon). (2015). The Bann Mon Book in Thailand. *Electronic Journal of Open and Distance Innovative Learning, Chulalongkorn University Royal College*, 5(1), 35-40. (in Thai)

Priyanka Bhanudas Deshmukh. (2016). Book Flipping and Scanning Machine Review. *International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology (IJLTET)*, 7(1). 234-236.

Watanabe, Y., Tamei, M., Yamada, M., and Ishikawa, M. (2013). Automatic Page Turner Machine for High-speed Book Digitization. *The Proceedings of IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, 3-7 November 2013 Tokyo Japan, 272-279.

ขั้นตอนวิธีการสร้างเครื่องมือต้นแบบวิเคราะห์แนวโน้มภาวะโรคซึมเศร้าจากการสังเกตพฤติกรรมขณะทำแบบประเมินภาวะซึมเศร้า PHQ-9 ผ่านโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ

ณัฐรฐนนท์ กานต์รวีกุลธนา[1], สัจจาภรณ์ ไวจรรยา[2,*], ณัฐโชติ พรหมฤทธิ์[3], อภิษฎา กอสนาน[4]
[1,2,3] ศูนย์เชี่ยวชาญปัญญาประดิษฐ์ และภาษาธรรมชาติ ภาควิชาคอมพิวเตอร์
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
[4] กลุ่มงานจิตเวชและยาเสพติด โรงพยาบาลสมเด็จพระพุทธเลิศหล้า

Received: 7 October 2020
Revised: 8 June 2021
Accepted: 8 June 2021

บทคัดย่อ

ภาวะซึมเศร้าเป็นปัญหาที่กระทบต่อการใช้ชีวิตของบุคคลในสังคม เครื่องมือสำหรับการคัดกรองหรือวินิจฉัยเบื้องต้นก่อนเข้าสู่กระบวนการทางการแพทย์ นิยมใช้การทำแบบประเมินภาวะซึมเศร้า PHQ-9 ซึ่งผู้รับการประเมินอาจบิดเบือนคำตอบส่งผลให้ผลการประเมินที่ได้ไม่สมบูรณ์ จึงนำมาสู่วัตถุประสงค์การวิจัย เพื่อออกแบบและพัฒนาขั้นตอนวิธีของการสร้างเครื่องมือต้นแบบวิเคราะห์แนวโน้มภาวะโรคซึมเศร้าจากการสังเกตพฤติกรรมขณะทำแบบประเมินภาวะซึมเศร้า PHQ-9 ผ่านโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ โดยใช้แนวทางการวิจัยเชิงทดลอง จากกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการเลือกแบบเจาะจง จากกลุ่มนักศึกษาระดับปริญญาตรี ที่ได้รับความยินยอมในการเป็นอาสาสมัครและทำแบบประเมินภาวะซึมเศร้า PHQ-9 การวิจัยได้จำแนกพฤติกรรมทางคลินิกทั้ง 3 ด้านที่ต้องการศึกษาและนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือจับคู่ระหว่างพฤติกรรมทางคลินิกกับเครื่องมือทางเทคโนโลยี ผลการวิจัย พบว่าพฤติกรรมที่แสดงออกระหว่างการทำแบบประเมินเป็นไปตามรูปแบบของลักษณะอาการทางคลินิกของภาวะซึมเศร้าซึ่งสามารถวิเคราะห์ด้วยเทคนิคดังต่อไปนี้ (1) เทคนิคการวิเคราะห์อารมณ์บนใบหน้า สำหรับนำมาใช้ในการศึกษาอาการทางคลินิกด้านอารมณ์ ที่เกี่ยวข้องกับความรู้สึกเศร้า สีหน้าหดหู่ สะเทือนใจ ร้องไห้ง่าย โดยการตรวจจับอารมณ์ การแสดงออกทางสีหน้า การเปลี่ยนแปลงและเคลื่อนไหวของดวงตา คิ้ว และมุมปาก ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์อารมณ์บนใบหน้า (2) การติดตามพฤติกรรม สำหรับนำมาใช้ในการศึกษาอาการทางคลินิกด้านการรับรู้/ความรู้ความเข้าใจ โดยเกี่ยวข้องกับสมาธิของผู้ป่วยที่แย่ลง เหม่อลอย ความคิดช้าหรือนาน ลังเลใจ เปลี่ยนคำตอบและระยะเวลาของการทำแบบประเมินภาวะซึมเศร้า (PHQ-9) ผ่านโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ และ (3) เทคนิคการเคลื่อนไหวของศีรษะ สำหรับนำมาใช้ในการศึกษาอาการทางคลินิกด้านทัศนคติด้านการปฏิบัติ ประยุกต์การตรวจจับการแสดงหรือการเคลื่อนไหวของศีรษะ ด้วยเทคนิควิเคราะห์การเคลื่อนไหวของศีรษะ เพื่อประกอบการวินิจฉัยภาวะซึมเศร้าเบื้องต้นของนักเรียน นักศึกษา และบุคลากร และสามารถสนับสนุนการวินิจฉัยภาวะซึมเศร้าของสถานพยาบาลได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

คำสำคัญ: แบบประเมินภาวะซึมเศร้า เทคโนโลยีการรู้จำอารมณ์บนใบหน้า การติดตามพฤติกรรม

[*] ผู้ประสานงานหลัก; อีเมล: waijanya_s@silpakorn.edu

The Algorithms for the Prototyping of the Depression Analysis from Behavioural Observation While Conducting the PHQ-9 Assessment via the Web Application

Natratanon Kanraweekultana[1], Sajjaporn Waijanya[2,*], Nuttachot Promrit[3], Apisada Korsanan[4]
[1,2,3]Center of Excellence in AI and NLP, Department of Computing,
Faculty of Science, Silpakorn University
[4]Psychiatry and Addiction Division Somdetphraphutthaloetla Hospital

Received: 7 October 2020
Revised: 8 June 2021
Accepted: 8 June 2021

Abstract

Depression is a problem that affects a person's life in society. A preferred tool for early screening or diagnosis of the problem before entering a medical procedure is the use of the PHQ-9 assessment in which the assessed person may distort the responses, resulting in incorrect or incomplete assessment. The objectives of this research were to design and develop algorithms for the prototype tool for analysis of the depression trend from behavioral observation while conducting the PHQ-9 assessment via the web-based application. This research used the experimental research approach and selected sample by purposive method from a group of undergraduate students who were volunteers to be assessed with the PHQ-9 assessment. The research identified 3 areas of clinical behaviors to be studied and the results were analyzed with the matching of clinical behaviors with the technological tools. The results were as follows: The behaviors demonstrated during the assessment followed a pattern of characteristics of clinical behaviors of depression, which could be analyzed with the following techniques: (1) the technique of analysis of facial emotions, which is used for the study of clinical mood/emotion symptoms related to feelings of sadness, depressed faces, depressed emotion, and crying easily; the depressed emotions could be detected by observation of facial expression changes and movements of eyes, eyebrows and corners of the mouth; (2) the technique of behavior tracking, which is used for the study of clinical cognition symptoms related to the deterioration of the patient's concentration, absent-mindedness, slow or long thoughts, hesitation, changing of answers and reaction time while doing the PHQ-9 depression assessment through web-based application; and (3) the technique of analysis of head movement, which is used for the study of clinical psychomotor symptoms, applying for detecting the presence or movement of the head in order to be used in the diagnosis of primary depression of students and staff, and in support of depression diagnosis in the hospital in the future.

Keywords: PHQ-9, Facial Emotion Recognition, Behavior Tracking

* Corresponding Author; E-mail: waijanya_s@silpakorn.edu

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัญหาทางจิตเกิดจากปัจจัยทางสภาพแวดล้อม หรือปัจจัยทางชีวภาพ ที่ส่งกระทบทั้งชีวิตส่วนบุคคล ครอบครัว การทำงาน รวมถึงกระทบต่อปฏิสัมพันธ์ทางสังคม (Lehtinen, Riikonen, and Lahtinen, 1997) โดยความเจ็บป่วยทางจิตเวชพบได้บ่อยและเป็นปัญหาสากลที่ทั่วโลกให้ความสำคัญ ซึ่งที่ผ่านมา WHO (2019) ได้นำเสนอข้อมูลไว้ในรายงาน 'Depression and Other Common Mental Disorders: Global Health Estimates' ว่า ในปี ค.ศ. 2019 ทั่วโลกมีผู้ป่วยซึมเศร้าราว 322 ล้านคน อีกทั้งเมื่อศึกษาจากดัชนีปีสุขภาวะโลก (Disability-Adjusted Life Years: DALYs) โรคที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพจิตและปัญหาพฤติกรรมคาดการณ์ว่ามีอัตราเพิ่มขึ้นจากเดิม 15% ในปี 2020 จากโรคทั้งหมด (WHO, 2019) ซึ่งถือเป็นเรื่องที่มีความสำคัญและทุกภาคส่วนให้ความสำคัญในเรื่องนี้ รวมถึงประเทศไทยในรายงานพบว่า ผู้ป่วยที่มีภาวะซึมเศร้ามีประมาณ 2.9 ล้านคนหรือประมาณ 4.4% ของประชากรไทยทั้งประเทศ โดยช่วงอายุผู้มีภาวะซึมเศร้าส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุวัยรุ่น ปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดภาวะเครียดในหมู่วัยรุ่นมากที่สุด คือ ครอบครัว หน้าที่การงาน/ภาระที่รับผิดชอบ และปัญหาการถูกกลั่นแกล้ง (Thai Health Promotion Foundation, 2020) โดยการคัดกรองหรือตรวจหาโรคซึมเศร้าสามารถทำได้หลายรูปแบบทั้งทำแบบประเมิน สังเกตพฤติกรรม การพูดคุย หรือการดูข้อมูลส่วนบุคคล เพื่อประกอบการพิจารณาร่วมกับประสบการณ์ของจิตแพทย์ หรือนักจิตวิทยาคลินิก ซึ่งปัจจุบันการคัดกรองภาวะซึมเศร้าเบื้องต้นของหน่วยงานทั้งภาครัฐ เอกชน หรือสถานศึกษา คือ การตอบแบบประเมินภาวะซึมเศร้า 2Q และ 9Q หรือเพิ่มเติม 8Q เพื่อประเมินภาวะซึมเศร้าและระดับของภาวะซึมเศร้า (Department of Mental Health, 2018) โดยเริ่มต้นจาก แบบคัดกรองโรคซึมเศร้า (2Q) เมื่อผู้ตอบมีภาวะซึมเศร้าจะนำมาสู่การประเมินโรคซึมเศร้า 9 คำถาม (9Q หรือ PHQ-9) ซึ่งมีรูปแบบการประเมินช่วง 2 สัปดาห์ที่ผ่านมา โดยเน้นไปที่อาการทางคลินิกด้านร่างกายและอารมณ์ของผู้ตอบแบบสอบถามที่เป็น แนวทางสากลแนะนำให้คัดกรองภาวะซึมเศร้าและแบบสอบถามสุขภาพผู้ป่วย (Costantini. et al., 2021; Schuler et al., 2018; Scoppetta. et al., 2021) แต่อย่างไรก็ตามผู้เข้ารับการประเมินอาจบิดเบือนคำตอบส่งผลให้ผลการประเมินที่ได้ไม่สมบูรณ์ตามความเป็นจริง ประกอบกับสถานการณ์การเพิ่มขึ้นของผู้มีภาวะซึมเศร้าอีกทั้งยังมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง หลายหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจึงได้พัฒนาแบบประเมินภาวะซึมเศร้าในรูปแบบออนไลน์สำหรับคัดกรองเบื้องต้นด้วยตนเอง ซึ่งผลการทดสอบที่เกิดขึ้นอาจเกิดจากการบิดเบือนหรือเลี่ยงคำตอบของผู้เข้ารับการประเมินซึ่งอาจก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อน ทำให้ผู้ที่มีสภาวะปกติแต่มีคะแนนเข้าเกณฑ์จึงเข้าสู่กระบวนการคัดกรองของสถานพยาบาลเป็นจำนวนมาก หรือยิ่งไปกว่านั้นผู้ที่มีภาวะซึมเศร้าจริงแต่คะแนนประเมินไม่ถึงเกณฑ์กลับเสียโอกาสในการรักษาหรือบำบัดที่อาจส่งผลต่อความรุนแรงของอาการที่ตามมา ซึ่งเป็นผลมาจากการขาดขั้นตอนของการสังเกตพฤติกรรมร่วมระหว่างทำแบบประเมินควบคู่กัน

บทความวิจัยนี้ จึงนำเสนอขั้นตอนวิธีการสร้างเครื่องมือต้นแบบวิเคราะห์แนวโน้มภาวะโรคซึมเศร้าจากการสังเกตพฤติกรรมขณะทำแบบประเมิน PHQ-9 ผ่านโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ เพื่อเป็นแนวทางในการนำเสนอข้อมูลการทำแบบประเมินที่เอื้อประโยชน์ทั้งในหน่วยงานภาครัฐ เอกชน หรือสถานศึกษาที่สามารถนำไปใช้ในการประกอบการวินิจฉัยภาวะซึมเศร้าเบื้องต้นของนักเรียน นักศึกษา และบุคลากร อีกทั้งยังจะเป็นเครื่องมือที่ช่วยสนับสนุนให้นักจิตวิทยา และบุคลากรทางการแพทย์ได้นำไปใช้ประกอบ เพื่อมุ่งเน้นด้านการรักษาและบำบัดผู้ป่วยได้เต็มกำลังอย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อออกแบบและพัฒนาขั้นตอนวิธีการสร้างเครื่องมือต้นแบบวิเคราะห์แนวโน้มภาวะโรคซึมเศร้าจากการสังเกตพฤติกรรมขณะทำแบบประเมินภาวะซึมเศร้า PHQ-9 ผ่านโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ภาวะซึมเศร้าเป็นโรคทางอารมณ์ที่แพร่หลายมากที่สุดทั่วโลกซึ่งมีผลกระทบอย่างมากต่อความเป็นอยู่ การทำงานและผลกระทบส่วนบุคคล ครอบครัว และสังคม ภายใต้สภาวะความเครียดและความวิตกกังวลที่มีบทบาทสำคัญในคุณภาพชีวิตส่วนตัวของบุคคล เช่น ความรู้ความเข้าใจ อารมณ์ (Giannakakis, et al., 2017) ที่นำมาสู่ภาวะซึมเศร้าได้ในอนาคต โดยการคัดกรองระดับภาวะซึมเศร้าเบื้องต้นทางการแพทย์ หรือทางจิตวิทยาจะใช้แบบประเมินภาวะซึมเศร้า ซึ่งเป็นแบบประเมินที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการประเมินความรุนแรงของภาวะซึมเศร้า โดยนำไปแปลเป็นภาษาต่างๆ ใช้ในระดับสากล ซึ่งในปัจจุบันได้พัฒนาแบบประเมินให้อยู่ในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์ หรือบนระบบอินเตอร์เน็ตสำหรับประเมินภาวะซึมเศร้า โดยมีการศึกษาในเรื่องถ่ายโอนจากรูปแบบกระดาษไปยังการใช้งานคอมพิวเตอร์ได้โดยไม่ส่งผลกระทบคุณสมบัติการวัดทางจิตวิทยา (Psychometric Properties) ในลักษณะที่มีความหมายทางการแพทย์ (Erbe, Eichert, Rietz, and Ebert, 2016) หรือแม้แต่การเปลี่ยนรูปแบบทางภาษาก็ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพของแบบประเมินภาวะซึมเศร้า (Muramatsu, et al., 2018) เพื่อใช้สำหรับประเมินสภาวะซึมเศร้าได้ด้วยตนเอง แต่อย่างไรก็ตามลักษณะอาการทางคลินิกของผู้ป่วยในแต่ละรายจะมีอาการที่แตกต่างกันออกไป โดยในบางอาการแบบประเมินอาจจะไม่สามารถวินิจฉัยหรือได้คำตอบของอาการที่แท้จริงจากการทำแบบประเมิน ตัวอย่างเช่น (1) อาการด้านอารมณ์ ได้แก่ รู้สึกเศร้า หดหู่ สะเทือนใจ ร้องไห้ง่าย (2) อาการด้านร่างกาย (Neurovegetative) คือ อาการนอนไม่หลับ เบื่ออาหาร น้ำหนักลด อ่อนเพลียทั้งวัน ในเพศหญิงอาจจะมีประจำเดือนผิดปกติ หรือในบางรายอาจนอนหลับหรือกินมากกว่าปกติ (3) อาการด้านทัศนคติด้านการปฏิบัติ (Psychomotor) อาจมีอาการ Psychomotor Retardation คือ อาการเชื่องช้า เฉื่อยชาลง พูดน้อย คิดนาน ซึม อยู่เฉยๆ ได้เป็นระยะเวลานาน หรือในทางตรงกันข้ามอาจมีอาการ Psychomotor Agitation คือ อาการกระสับกระส่าย อยู่ไม่เฉย ลุกเดินไปมา และ (4) อาการด้านการรับรู้ความรู้ความเข้าใจ (Cognition) คือ สมาธิของผู้ป่วยแย่ลง เหม่อลอย หลงลืมง่าย ความคิดช้า ลังเลใจ ไม่เชื่อมั่นในตนเอง เป็นต้น (Faculty of Medicine Ramathibodi Hospital, 2015)

การวินิจฉัยเบื้องต้นด้วยแบบประเมินภาวะซึมเศร้านั้นอาจจะไม่เพียงพอต่อการประเมินภาวะซึมเศร้า ซึ่งการศึกษาที่ผ่านมาได้มีการประยุกต์เอาปัญญาประดิษฐ์ (AI : Artificial Intelligence) มาสนับสนุนการศึกษาด้านภาวะซึมเศร้า โดยในการวิเคราะห์สถานะทางอารมณ์ของการแสดงออกทางสีหน้าถือเป็นเรื่องการวิจัยที่มีความสำคัญของการตรวจจับอารมณ์ ในขณะเดียวกันในทางการแพทย์ได้ใช้เครื่องมือคัดกรองเบื้องต้นสำหรับโรคซึมเศร้า ที่ยังมีความจำเป็นเร่งด่วนทางจิตวิทยาคลินิก ที่จะทำหน้าที่นำเสนอความแตกต่างในการแสดงออกทางสีหน้าระหว่างผู้ป่วยซึมเศร้า กับคนปกติ โดย Wang, Yang, and Yu (2018) ได้นำเอากระบวนการในการรวบรวมวิดีโอของผู้ป่วยโรคซึมเศร้าและกลุ่มควบคุม ที่ศูนย์สุขภาพจิตมณฑลซานตง (Shandong Mental Health Center) ในประเทศจีน โดย The Key Facial Features ที่สำคัญถูกดึงมาจากการรวบรวมใบหน้าในวิดีโอ ด้วย Person Specific Active Appearance Model บนพื้นฐานของการค้นหาคุณสมบัติใบหน้า และจำแนกภาวะซึมเศร้า (Classified Depression) ด้วยการเปลี่ยนแปลงและเคลื่อนไหวของดวงตา คิ้ว และมุมปาก รวมถึงการเคลื่อนไหวศีรษะ โดย Features เหล่านี้มี

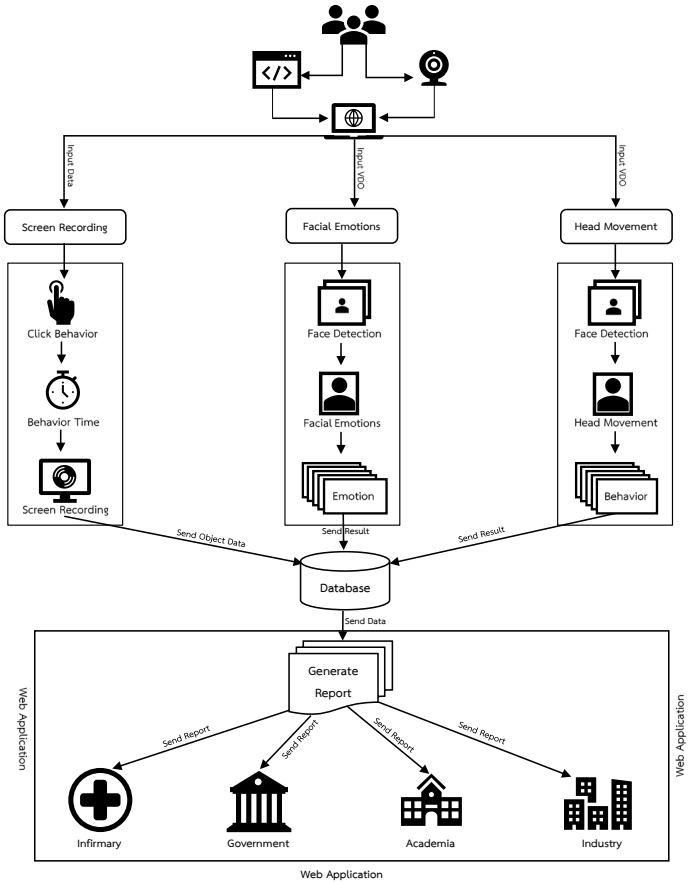
ประสิทธิภาพสำหรับการจำแนกผู้ป่วยโรคซึมเศร้าโดยอัตโนมัติ และ Reece and Danforth (2017) ได้นำเสนอประยุกต์ใช้เครื่องมือ Machine Learning เพื่อระบุภาวะซึมเศร้า ผ่าน Statistical Features ถูกสกัดออกมาจากภาพถ่าย โดยใช้ Color Analysis / Metadata Components และ Algorithmic Face Detection ที่เป็นตัวทำนายหรือพยากรณ์ที่ปรับตัวลดลงของภาวะซึมเศร้า ซึ่งสอดคล้องกับ Giannakakis et al., (2017) ได้นำเสนอ การตรวจจับความเครียดและความวิตกกังวลโดยใช้ตัวชี้นำใบหน้าจากวิดีโอ โดยการศึกษาครั้งนี้พัฒนากรอบการทำงานสำหรับการตรวจจับและวิเคราะห์สถานะทางอารมณ์ของความเครียด / ความวิตกกังวลผ่านการชี้นำใบหน้าที่บันทึกด้วยวิดีโอในสถานะอารมณ์ เป็นกลาง (Neutral) ผ่อนคลาย (Relaxed) และเครียด / วิตกกังวล (Stressed/Anxious) จากเคลื่อนไหวของตา ปาก ศีรษะ และการเต้นของหัวใจ จากกล้องทำให้เกิดความแม่นยำที่ดีและเหมาะสำหรับเป็นดัชนีชี้วัดความเครียดและความวิตกกังวล โดยบุคคลที่มีภาวะซึมเศร้ามีแนวโน้มที่จะแสดงคิดเห็นเชิงลบต่อสิ่งเร้า หรือการทำแบบประเมินภาวะซึมเศร้าอาจก่อให้เกิดพฤติกรรมหรือลักษณะอาการทางคลินิกของผู้มีภาวะซึมเศร้าที่สามารถเกิดหรือปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสอดคล้องกับอารมณ์ (Van Vleet et al., 2019) และประกอบกับในปัจจุบันมีงานวิจัยที่พัฒนาและทดสอบวิธีการทางการแพทย์ที่สามารถตรวจจับสัญญาณของภาวะซึมเศร้า และสนับสนุนการตัดสินใจของแพทย์ ด้วยการวิเคราะห์เมตาดาต้าเชิงปริมาณของผลลัพธ์นำเสนอ เพื่อนำมาพิจารณาในการศึกษาในอนาคตเกี่ยวกับการประเมินภาวะซึมเศร้าอัตโนมัติโดยใช้ตัวชี้นำภาพเพียงอย่างเดียว ร่วมกับสัญญาณเสียง งานที่นำเสนอยังทำนายระดับความซึมเศร้าของรูปภาพใบหน้า ผ่านการวิเคราะห์อารมณ์ใบหน้าด้วยโมเดล FER2013 (Meher, Kirad, Deshpande, Patil, and Deshpande, 2020) ตามลักษณะของระดับความรุนแรงของภาวะซึมเศร้าหลายระดับตามพฤติกรรมที่แตกต่างกันออกไป (Watzk, et al., 2020) แต่อย่างอย่างไรก็ตามการตรวจหาสัญญาณที่เกี่ยวข้องกับภาวะซึมเศร้า ผ่านแบบประเมินเพียงอย่างเดียวอาจก่อให้เกิดอคติต่อการทำแบบประเมิน หรือบิดเบือนความเป็นจริง หรือทำให้ผู้ป่วยมีภาวะซึมเศร้ามากขึ้นขณะที่ทำแบบประเมินโดยจะแสดงออกทางสีหน้าที่สอดคล้องกับอารมณ์ที่เกิดขึ้น (Van Vleet et al., 2019) ประกอบกับ Na, et al. (2018) ได้นำเสนอว่า PHQ-9 เป็นเครื่องมือประเมินที่อาจไม่เพียงพอสำหรับความเสี่ยงต่อการฆ่าตัวตายและความคิดฆ่าตัวตายซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของอาการโรคซึมเศร้าที่ต้องมีการตรวจสอบเพิ่มเติม ดังนั้น ในการศึกษาแนวทางเพื่อพัฒนาเครื่องมือสำหรับร่วมทำงานกับแบบประเมินภาวะซึมเศร้า PHQ-9 ที่เพิ่มประสิทธิภาพในการคัดกรองภาวะซึมเศร้า

วิธีดำเนินการวิจัย

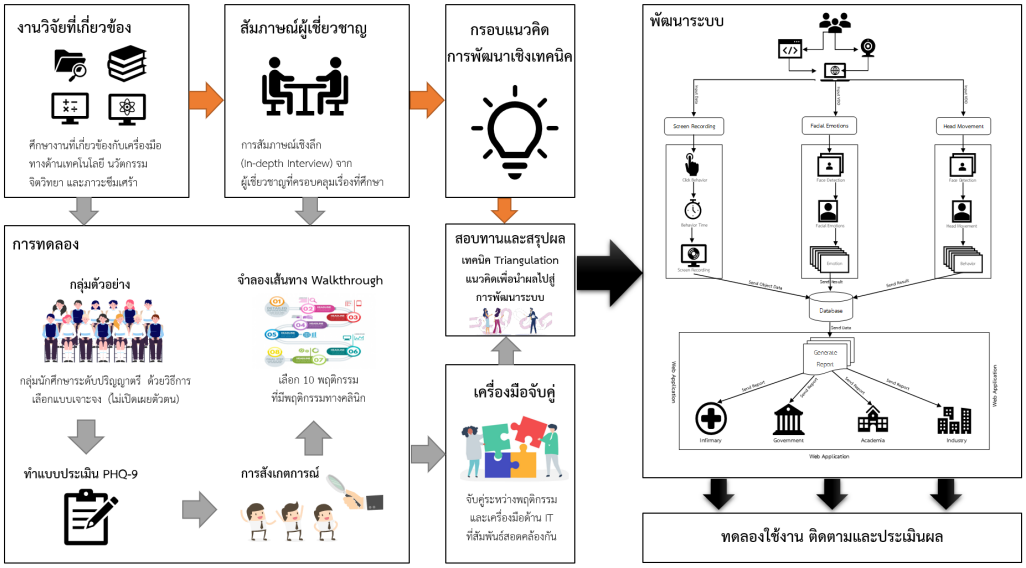
จากวิธีดำเนินการวิจัยเพื่อศึกษาขั้นตอนวิธีการสร้างต้นแบบวิเคราะห์แนวโน้มการเป็นโรคซึมเศร้าจากการสังเกตพฤติกรรมขณะการทำแบบประเมินภาวะซึมเศร้า PHQ-9 ผ่านโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ โดยศึกษาด้านการติดตามพฤติกรรมระหว่างทำแบบประเมิน พร้อมทำนายอารมณ์โดยในการวิเคราะห์แบ่งเป็น 7 อารมณ์ ประกอบด้วย ไม่พอใจ / กังวล / มีความสุข / เศร้า / ประหลาดใจ / ไม่พอใจ และเป็นกลาง และพฤติกรรมการเคลื่อนไหวของศีรษะ ประกอบด้วย เอียงซ้าย เอียงขวา หันซ้าย หันขวา เงยหน้า ก้มหน้า และหน้าตรง ที่อาจบ่งชี้ถึงพฤติกรรมทางอาการภาวะซึมเศร้า ซึ่งสามารถออกแบบสถาปัตยกรรมระบบ ที่มีขั้นตอนวิธีการของการออกแบบสถาปัตยกรรมระบบ ดังรายละเอียดตามภาพที่ 1

การศึกษาครั้งนี้ใช้แนวทางการวิจัยเชิงทดลอง ที่เน้นกระบวนการค้นหาความจริงและแนวโน้มของเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้น ภายใต้หลักทฤษฎี องค์ความรู้ และเทคโนโลยี ผ่านการศึกษาพฤติกรรมหรือสถานการณ์ โดยวิธีการ

เปรียบเทียบความแตกต่างของตัวแปรที่เปลี่ยนไปกับพฤติกรรมที่เกิดขึ้น ในสภาพที่ถูกควบคุม ซึ่งได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้สำหรับศึกษาแนวทางของขั้นตอนวิธีการสร้างเครื่องมือต้นแบบวิเคราะห์แนวโน้มภาวะโรคซึมเศร้าจากการสังเกตพฤติกรรม ขณะทำแบบประเมินภาวะซึมเศร้า PHQ-9 ผ่านโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ เพิ่มประสิทธิภาพในการคัดกรองภาวะซึมเศร้า มีขั้นตอนในการดำเนินงานที่ศึกษาจากงานวิจัยที่ผ่านมา เพื่อให้ได้มาซึ่งขั้นตอนวิธีการสร้างเครื่องมือต้นแบบและนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อนำมาสู่เครื่องมือต้นแบบวิเคราะห์แนวโน้มภาวะโรคซึมเศร้า ดังรายละเอียดตามภาพที่ 2



ภาพที่ 1 การออกแบบสถาปัตยกรรมระบบ



ภาพที่ 2 กรอบแนวคิดการวิจัย

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การทบทวนและศึกษางานที่เกี่ยวข้องกับเรื่องเครื่องมือทางด้านเทคโนโลยี นวัตกรรม จิตวิทยา และภาวะซึมเศร้า เพื่อค้นหาแนวทางที่มีความเหมาะสมกับบริบทที่ศึกษา รวมไปถึงประเด็นสำคัญที่เป็นช่องว่างทางวิชาการผ่านบทความวิชาการ บทความวิจัย เอกสารวิชาการ หนังสือ ตำรา ภายใต้ขอบเขตการวิจัยในการพัฒนาเครื่องมือสำหรับร่วมทำงานกับแบบประเมินภาวะซึมเศร้า PHQ-9

สัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ

ขั้นตอนการขอความเห็นจากผู้เชี่ยวชาญเป็นกระบวนการหลังจากการทบทวนและศึกษางานที่เกี่ยวข้องเมื่อปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ต้องการศึกษาแล้ว จากนั้นดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง (Semi-structured Interview) และนำไปสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้วยเทคนิคการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) จากผู้เชี่ยวชาญที่ครอบคลุมเรื่องที่ศึกษา และนำมาผลที่ได้จากการสัมภาษณ์มาสรุปเป็นแนวทางที่ได้จากการศึกษาเบื้องต้นทั้ง 2 ส่วน

การทดลอง

ขั้นตอนการทดลองสำหรับศึกษาแนวทางการพัฒนาเครื่องมือสำหรับร่วมทำงานกับแบบประเมินภาวะซึมเศร้า PHQ-9 โดยการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Selection) จากกลุ่มนักศึกษาระดับปริญญาตรี ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีอัตราผู้มีภาวะซึมเศร้าค่อนข้างสูงและเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (Thai Health Promotion Foundation, 2020) ซึ่งกลุ่มตัวอย่างได้รับการยินยอมในการเป็นอาสาสมัคร และร่วมทำแบบประเมินภาวะซึมเศร้า PHQ-9 ในรูปแบบของกระดาษ พร้อมทั้งร่วมสังเกตพฤติกรรมระหว่างการทำแบบประเมินของกลุ่มอาสาสมัครเพื่อจำแนกพฤติกรรมทางคลินิกทั้ง 3 ด้านที่ต้องการศึกษา จากนั้นเลือกพฤติกรรมการทำแบบประเมินเพียง 10 รูปแบบ มาทำการทดลองจากพฤติกรรมอาการทางคลินิกที่ปรากฏ 3 กลุ่ม ซึ่งละเว้นในกลุ่มด้านร่างกาย (Neurovegetative) เนื่องจากพฤติกรรมอาการนี้สามารถคัดกรองได้จากการตอบแบบประเมินภาวะซึมเศร้า PHQ-9 ส่งผลให้การทดลองศึกษาเพียงพฤติกรรมทางคลินิกด้านอารมณ์ (Emotion) ด้านทัศนคติด้านการปฏิบัติ

(Psychomotor) และอาการด้านการรับรู้ความรู้ความเข้าใจ (Cognition) โดยไม่เปิดเผยตัวตนและข้อมูลส่วนตัวของอาสาสมัคร เพื่อจำลองเส้นทาง (Walkthrough) ซึ่งเป็นการทบทวนทางเทคนิคอย่างเป็นระบบตามลักษณะของเครื่องตามที่ได้จำลองการออกแบบ และนำผลที่ได้เข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ผ่านเครื่องมือที่มีความเหมาะสม (Tools Matching) ตามลักษณะรูปแบบที่ต้องการศึกษา ดังรายละเอียดในภาพที่ 3

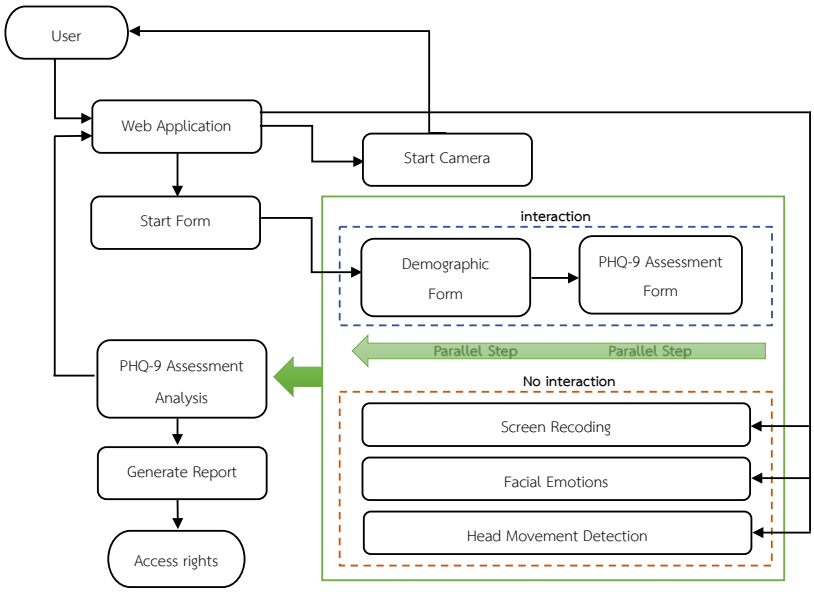
ภาพที่ 3 ขั้นตอนการทดลอง

สอบทานผลการทดลอง

ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในทุกขั้นตอนมาสอบทานโดยวิธีการตรวจสอบด้วยเทคนิค Triangulation ซึ่งรูปแบบการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลผ่านการยืนยันแบบไขว้สำหรับการประยุกต์ใช้แบบประสานข้ามศาสตร์สาขาวิชา รวมไปถึงผสานวิธีการวิจัยในหลายวิทยาการ เพื่อผนวกผลการศึกษาเบื้องต้นจากกรอบแนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบในเชิงเทคนิคทางเทคโนโลยีสารสนเทศ พร้อมทั้งความคิดเห็นและแนวทางด้านภาวะซึมเศร้าจากนักจิตวิทยาคลินิก และผลการทดลองที่ได้จากกลุ่มอาสาสมัคร เพื่อนำมาสู่ขั้นตอนวิธีการสร้างต้นแบบฯ และสามารถนำไปทดลองใช้งาน พร้อมทั้งติดตามและประเมินผลต่อไป

ขั้นตอนวิธีการสร้างเครื่องมือต้นแบบ

เพื่อสร้างเครื่องมือต้นแบบวิเคราะห์แนวโน้มภาวะโรคซึมเศร้าจากการสังเกตพฤติกรรมขณะทำแบบประเมินภาวะซึมเศร้า PHQ-9 ผ่านโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ งานวิจัยนี้จึงออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบ ดังภาพที่ 3 ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วนประกอบหลัก ซึ่งมีขั้นตอนวิธีการทำงานโดยรวม ดังผังงาน ต่อไปนี้

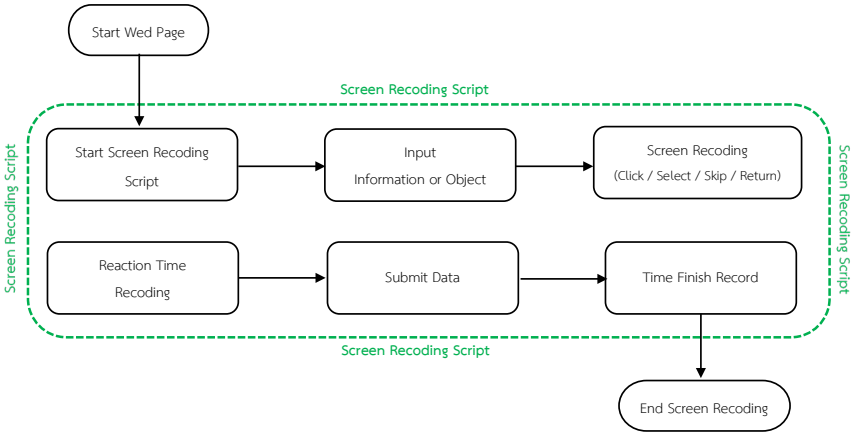


ภาพที่ 4 ขั้นตอนวิธีการสร้างเครื่องมือต้นแบบ

จากขั้นตอนวิธีการทำงานโดยรวม ในงานวิจัยนี้มีการทำงานของส่วนย่อยๆ ทั้งส่วนที่ปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้ และไม่ปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้ ซึ่งต้องมีกระบวนการเก็บข้อมูลทั้งข้อมูลจากแบบประเมิน และข้อมูลรูปแบบพฤติกรรมขณะทำแบบประเมิน ซึ่งการเก็บข้อมูลรูปแบบพฤติกรรม แยกอธิบายแต่ละขั้นตอนวิธีย่อย ดังนี้

ขั้นตอนวิธี Screen Recoding

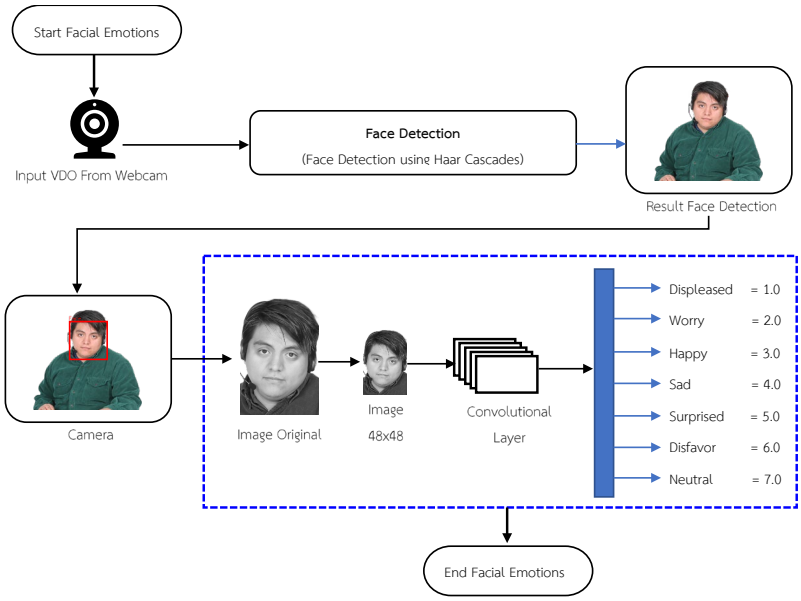
การเก็บข้อมูลในขั้นตอน Screen Recoding จะต้องฝัง Script สำหรับ Record หน้าจอไว้ที่ Web Page ที่ต้องการบันทึกข้อมูลก่อน จากนั้นเมื่อ Web Page ถูกเรียก Script จะส่งข้อมูลพฤติกรรมที่มีปฏิสัมพันธ์ ของผู้ใช้ส่งไปเก็บยังฐานข้อมูล ซึ่งขั้นตอนวิธีการทำงานของส่วน Screen Recoding มีดังนี้



ภาพที่ 5 ขั้นตอนวิธีการรอัดวิดีโอหน้าจอ (Screen Recoding)

ขั้นตอนวิธี Model Facial Emotions

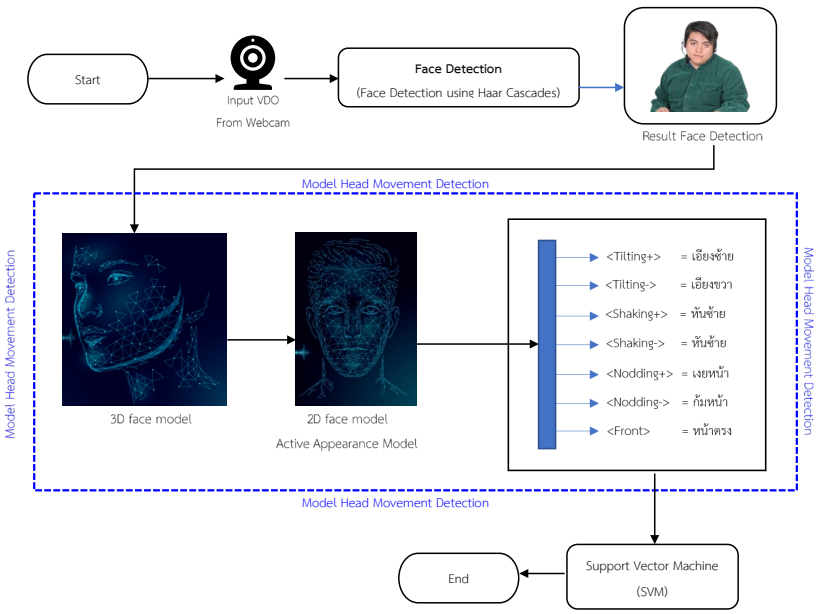
การเก็บข้อมูลในขั้นตอน Facial Emotions จะต้องฝัง Script สำหรับตรวจจับอารมณ์บนใบหน้า โดยกำหนดให้เริ่มการทำงานด้วยการเปิดกล้อง จากนั้นระบบจะเรียกระบบย่อย เพื่อทำงานแบบขนาน ส่วนที่ไม่ต้องปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้แต่ทำงานในลักษณะการสังเกตพฤติกรรมขณะที่ทำแบบประเมิน และส่งไปเก็บยังฐานข้อมูล ด้วยการตรวจค้นหาใบหน้า (Face Detection) ด้วย Face Detection using Haar Cascades และการวิเคราะห์อารมณ์บนใบหน้า (Facial Emotional) ด้วย Fer2013 Model ซึ่งขั้นตอนวิธีการทำงานของส่วน Facial Emotions Model มีดังนี้



ภาพที่ 6 ขั้นตอนวิธีการของแบบจำลองอารมณ์บนใบหน้า (Model Facial Emotions)

ขั้นตอนวิธีการของแบบจำลองการเคลื่อนไหวของศีรษะ (Model Head Movement Detection)

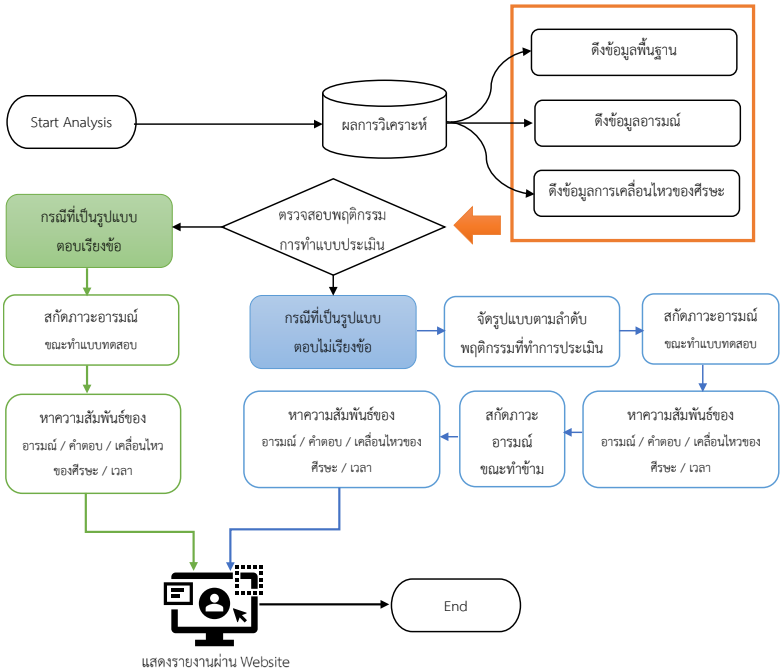
การวิเคราะห์และเก็บข้อมูลในขั้นตอน Model Head Movement Detection ฝัง Script สำหรับตรวจจับการเคลื่อนไหวของศีรษะ โดยกำหนดให้เริ่มการทำงานด้วยการเปิดกล้องจากนั้นระบบจะเรียกระบบย่อย เพื่อทำงานแบบขนาน ส่วนที่ไม่ต้องปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้แต่ทำงานในลักษณะการสังเกตพฤติกรรมขณะที่ทำแบบประเมิน ด้วยวิธี AAM (Active Appearance Model) จำแนกพฤติกรรมตามคุณลักษณะทางสถิติด้วย Support Vector Machine: SVM ซึ่งขั้นตอนวิธีการทำงานของส่วน Head Movement Detection มีดังนี้



ภาพที่ 7 ขั้นตอนวิธีการของแบบจำลองการเคลื่อนไหวของศีรษะ (Model Head Movement Detection)

ขั้นตอนวิธีวิเคราะห์แนวโน้มภาวะซึมเศร้า (The PHQ-9 Assessment Analysis)

เมื่อระบบบันทึกข้อมูลจากแบบฟอร์มเก็บข้อมูลพื้นฐาน แบบประเมิน และข้อมูลพฤติกรรมขณะทำแบบประเมินแล้ว ระบบจะนำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ โดยมีขั้นตอนวิธีดังนี้



ภาพที่ 8 ขั้นตอนวิธีการวิเคราะห์แนวโน้มภาวะซึมเศร้า (The PHQ-9 Assessment Analysis)

การออกแบบวิธีวัดประสิทธิภาพ (Measurement)

การวิจัยนี้ต้องการศึกษาพฤติกรรมขณะการทำแบบประเมิน PHQ-9 ผ่านโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ ดังนั้น การวัดประสิทธิภาพของโมเดลโดยจำแนกประเภทข้อมูลซึ่งมีสมการคำนวณ ประกอบด้วย

- ค่า Precision ดังสมการที่ (1) โดยที่ Precision คือ จำนวนผลลัพธ์ที่จำแนกกับชุดข้อมูลที่ถูก False Negative คือ สิ่งที่โปรแกรมทำนายว่าถูกและตรงกับข้อมูลที่ผิด และ False Negative คือ สิ่งที่โปรแกรมทำนายว่าถูกและตรงกับข้อมูลที่ผิด

$$\text{Precision} = \frac{\text{True Positive}}{\text{True Positive} + \text{False Positive}} \quad (1)$$

- ค่า Recall ดังสมการที่ (2) โดยที่ Recall คือ จำนวนผลลัพธ์ที่จำแนกถูก True Positive คือ สิ่งที่โปรแกรมทำนายว่าถูกและตรงกับข้อมูลที่ถูก และ False Negative คือ สิ่งที่โปรแกรมทำนายว่าถูกและตรงกับข้อมูลที่ผิด

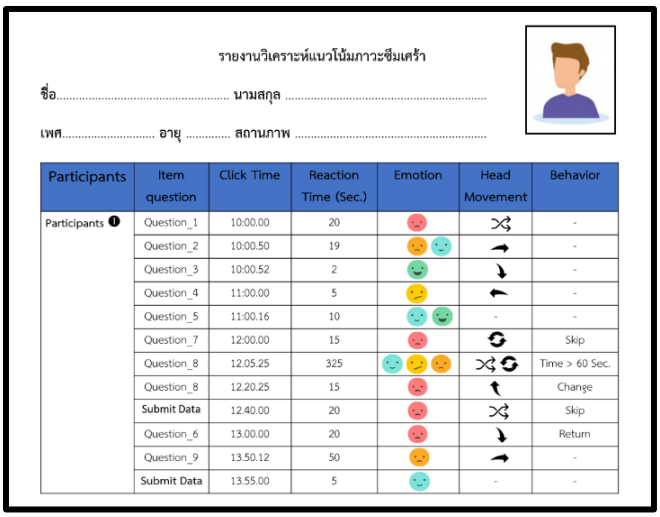
$$\text{Recall} = \frac{\text{True Positive}}{\text{True Positive} + \text{False Negative}} \quad (2)$$

- ค่า Accuracy ดังสมการที่ (3) โดยที่ Accuracy คือ ค่าความถูกต้อง True Positive คือ สิ่งที่โปรแกรมทำนายว่าถูกและตรงกับข้อมูลที่ถูก True Positive คือ สิ่งที่โปรแกรมทำนายว่าถูกและตรงกับข้อมูลที่ถูก False Positive คือ สิ่งที่โปรแกรมทำนายว่าผิดและตรงกับข้อมูลที่ถูก และ False Negative คือ สิ่งที่โปรแกรมทำนายว่าถูกและตรงกับข้อมูลที่ผิด

$$\text{Accuracy} = \frac{\text{True Positive} + \text{True Negative}}{\text{True Positive} + \text{True Negative} + \text{False Positive} + \text{False Negative}} \quad (3)$$

รายงานความสัมพันธ์ด้านพฤติกรรมเชิงนัยยะ

จากการวิจัย ขั้นตอนวิธีการสร้างเครื่องมือต้นแบบวิเคราะห์แนวโน้มภาวะโรคซึมเศร้าจากการสังเกตพฤติกรรม ขณะทำแบบประเมินภาวะซึมเศร้า PHQ-9 ผ่านโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ มาทดลองตามแผนจำลองเส้นทาง (Walkthrough) และนำข้อมูลพฤติกรรมทางคลินิกจากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอาสาสมัคร มาวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือจับคู่ (Tools Matching) ตามคุณลักษณะและความสอดคล้องระหว่างพฤติกรรมทางคลินิก และเครื่องมือด้านเทคโนโลยีที่กำหนด เพื่อนำมาสู่รูปแบบรายงานความสัมพันธ์เชิงนัยยะที่เกิดขึ้น ดังภาพที่ 9


รายงานวิเคราะห์แนวโน้มภาวะซึมเศร้า

ชื่อ..... นามสกุล .....

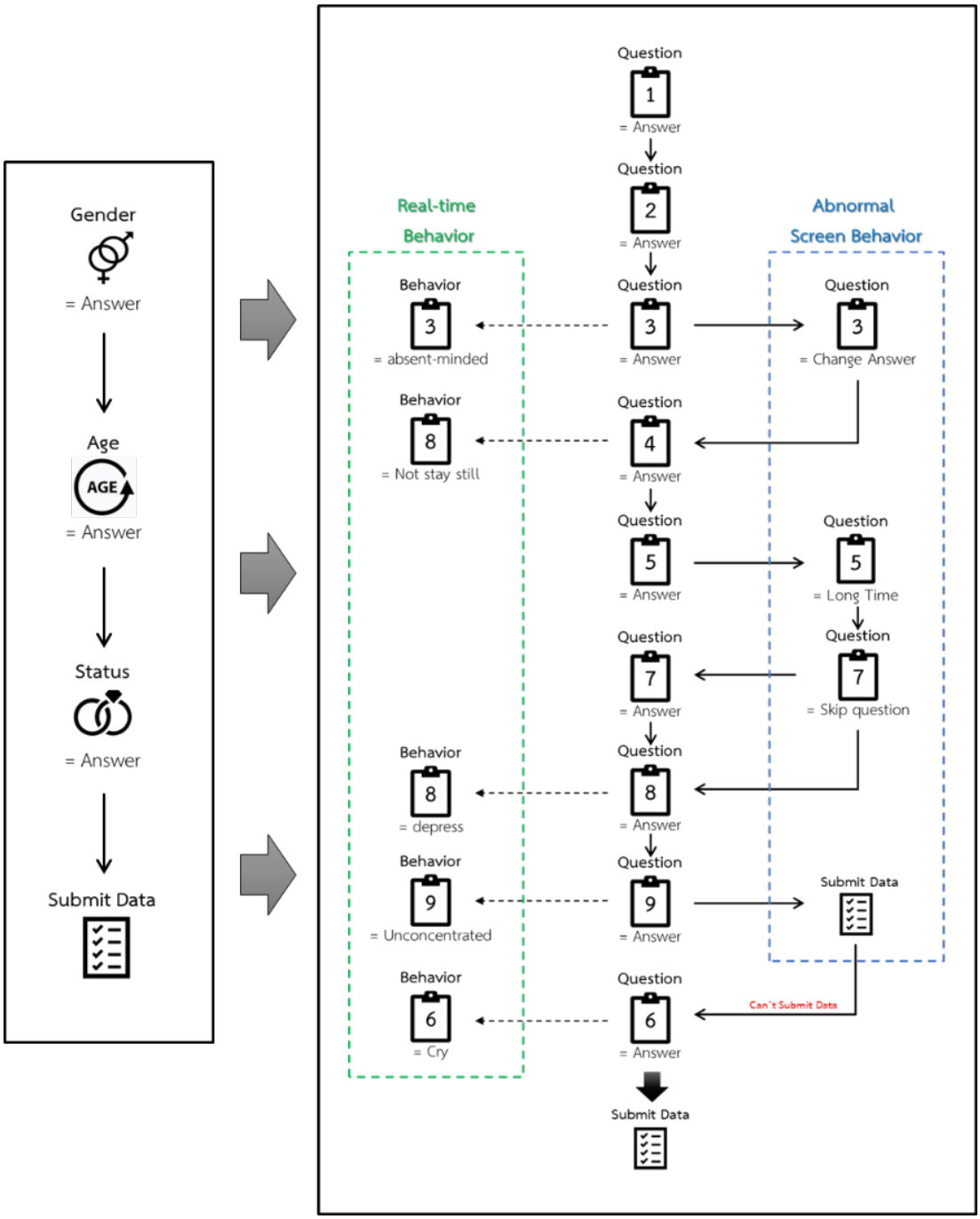
เพศ..... อายุ ..... สถานภาพ .....

Participants	Item question	Click Time	Reaction Time (Sec.)	Emotion	Head Movement	Behavior
Participants ❶	Question_1	10:00.00	20			-
	Question_2	10:00.50	19			-
	Question_3	10:00.52	2			-
	Question_4	11:00.00	5			-
	Question_5	11:00.16	10		-	-
	Question_7	12:00.00	15			Skip
	Question_8	12.05.25	325			Time > 60 Sec.
	Question_8	12.20.25	15			Change
	Submit Data	12.40.00	20			Skip
	Question_6	13.00.00	20			Return
	Question_9	13.50.12	50			-
	Submit Data	13.55.00	5		-	-

ภาพที่ 9 รายงานวิเคราะห์แนวโน้มภาวะซึมเศร้า

ผลการวิจัย

การศึกษาเพื่อค้นหาแนวทางการพัฒนาเครื่องมือสำหรับร่วมทำงานกับแบบประเมินภาวะซึมเศร้า PHQ-9 เป็นการทบทวนและศึกษางานที่เกี่ยวข้องกับการบูรณาการระหว่างเครื่องมือทางด้านเทคโนโลยี นวัตกรรม จิตวิทยาและภาวะซึมเศร้า เพื่อนำข้อมูลที่ได้รับความเห็นจากนักจิตวิทยา ผ่านการสัมภาษณ์เชิงลึก เพื่อประมวลข้อมูลที่ได้จากการศึกษางานที่เกี่ยวข้อง และทบทวนกระบวนการของการทดลอง จากนั้นทดลองกับกลุ่มนักศึกษาระดับปริญญาตรีที่ยินยอมเป็นอาสาสมัคร โดยคัดเลือกพฤติกรรมเพียง 10 รูปแบบ ประกอบด้วยพฤติกรรมทางคลินิกในด้านอารมณ์ ด้าน Psychomotor และด้าน Cognition มาจำลอง เส้นทาง (Walkthrough) ดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 ตัวอย่างแผนภาพการจำลองเส้นทาง (Walkthrough)

จากการทดลองตามแผนจำลองเส้นทาง (Walkthrough) นำข้อมูลพฤติกรรมทางคลินิกจากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอาสาสมัคร 10 ราย โดยไม่ระบุบุคคล หรือข้อมูลที่บ่งชี้ถึงอาสาสมัคร สรุปเฉพาะส่วนที่ประเมินด้วย แบบประเมินภาวะซึมเศร้า PHQ-9 เพื่อให้เห็นแนวทาง และพฤติกรรมทางคลินิก ที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนแบบเป็นขั้นเป็นตอน (Step by Step) จากนั้นนำมาวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือจับคู่ (Tools Matching) ตามคุณลักษณะของความสอดคล้องระหว่างพฤติกรรมทางคลินิกและเครื่องมือด้านเทคโนโลยี และตอบโจทย์ของปัญหาด้านพฤติกรรมทางคลินิก ดังรายละเอียดรายพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจากการทดลองในคอลัมน์ ดังปรากฏในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงพฤติกรรมการทำแบบประเมินของอาสาสมัคร

Step		Participants (Volunteer)									
		❶	❷	❸	❹	❺	❻	❼	❽	❾	❿
1	Question Behavior	1 ตอบ	1 ตอบ	1 ตอบ	1 ตอบ	1 ตอบ	1 ตอบ	1 ตอบ	1 ตอบ	1 ตอบ	1 ตอบ
2	Question Behavior	2 ตอบ	2 ตอบ	2 ตอบ	2 ตอบ	2 อยู่ไม่นิ่ง	2 ตอบ	2 ตอบ	2 ตอบ	2 ตอบ	1 เปลี่ยน
3	Question Behavior	3 ตอบ	2 เปลี่ยน	3 คิดนาน	3 ตอบ	2 ตอบ	4 ตอบ	3 ไม่มีสมาธิ	3 เหม่อลอย	3 ตอบ	2 ตอบ
4	Question Behavior	4 ตอบ	3 ตอบ	3 ตอบ	4 ตอบ	3 อยู่ไม่นิ่ง	3 ตอบ	3 ตอบ	4 ตอบ	4 ตอบ	3 ตอบ
5	Question Behavior	5 ตอบ	4 ตอบ	4 ตอบ	5 ตอบ	3 ตอบ	5 ตอบ	4 ตอบ	5 ตอบ	5 ตอบ	4 ตอบ
6	Question Behavior	6 ตอบ	5 ตอบ	5 ตอบ	6 ไม่มีสมาธิ	4 ตอบ	8 คิดนาน	5 อยู่ไม่นิ่ง	6 คิดนาน	5 เปลี่ยน	5 ตอบ
7	Question Behavior	7 ตอบ	6 คิดนาน	6 คิดนาน	6 ตอบ	5 ตอบ	8 ตอบ	5 ตอบ	6 ตอบ	6 ตอบ	6 ร้องไห้
8	Question Behavior	8 ตอบ	6 สีหน้าหดหู่	6 ตอบ	7 ตอบ	8 ตอบ	9 สีหน้าหดหู่	6 ตอบ	7 ตอบ	6 เปลี่ยน	7 ตอบ
9	Question Behavior	9 ตอบ	6 ตอบ	6 เปลี่ยน	7 ตอบ	9 ตอบ	9 ตอบ	7 ตอบ	7 เปลี่ยน	7 ตอบ	9 คิดนาน
10	Question Behavior	**ส่ง คำตอบ**	7 ตอบ	7 ตอบ	8 สีหน้าหดหู่	6 ตอบ	6 ตอบ	8 ตอบ	8 ตอบ	7 เปลี่ยน	9 ตอบ
11	Question Behavior	-	8 ตอบ	8 เหม่อลอย	8 ตอบ	**ส่ง คำตอบ**	6 เปลี่ยน	9 ตอบ	9 คิดนาน	8 ตอบ	8 ตอบ
12	Question Behavior	-	9 ตอบ	8 ตอบ	9 ร้องไห้	-	**ส่ง คำตอบ**	**ส่ง คำตอบ**	9 ร้องไห้	8 เปลี่ยน	**ส่ง คำตอบ**
13	Question Behavior	-	**ส่ง คำตอบ**	9 ตอบ	9 ตอบ	-	-	-	9 ตอบ	9 ตอบ	-
14	Question Behavior	-	-	9 เปลี่ยน	**ส่ง คำตอบ**	-	-	-	**ส่ง คำตอบ**	9 เปลี่ยน	-
15	Question Behavior	-	-	**ส่ง คำตอบ**	-	-	-	-	-	**ส่ง คำตอบ**	-
Psychometric		- Nor.	- Cogn.	- Cogn. - Psy.	- Emo. - Cogn.	- Psy.	- Emo. - Cogn.	- Psy. - Cogn.	- Cogn. - Emo. - Psy.	- Cogn.	- Emo. - Cogn. - Psy.
Tools Matching		UBT	FE, UBT	FE, UBT, HM	FE, HM	UBT, HM	FE, UBT	HM	FE, UBT, HM	UBT	FE, UBT, HM

Note: **Nor.** = Normal **Emo.** = Emotion **Cogn.** = Cognition **Psy.** = Psychomotor
FE = Facial Emotions **HM** = Head Movement **UBT** = User Behavior Tracking

จากผลการศึกษาที่เกี่ยวกับพฤติกรรมอาการทางคลินิก เพื่อนำมาสู่การพัฒนาแนวทางการพัฒนาเครื่องมือสำหรับร่วมทำงานกับแบบประเมินภาวะซึมเศร้า PHQ-9 เมื่อจับคู่เครื่องมือทางเทคโนโลยีตามลักษณะรูปแบบของลักษณะอาการทางคลินิกทั้ง 3 อาการ พบว่า

พฤติกรรมของอาการทางคลินิกด้าน Emotion มีความสอดคล้องกับการวิเคราะห์อารมณ์บนใบหน้า (Facial Emotions) โดยเริ่มต้นจากการใช้เทคนิค Face Detection using Haar Cascades เป็น Library ของ OpenCV ที่จะค้นหาใบหน้าของบุคคลในวิดีโอและตรวจจับส่วนของใบหน้า จากนั้นผลลัพธ์ของการตรวจจับใบหน้าถูกส่งไปยังส่วนของการวิเคราะห์อารมณ์บนใบหน้า โดยเรียกใช้ Fer2013 Model ผ่านกระบวนการปรับเปลี่ยนองค์ประกอบภาพจากภาพสี RGB เป็นภาพ Grayscale จากนั้นลดขนาดภาพให้มีขนาด 48x48 Pixel เพื่อเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์องค์ประกอบ Convolution Layer สุดท้ายแล้ว นำภาพที่ได้มาวิเคราะห์ตาม Class เพื่อทำนายอารมณ์ โดยจำแนกอารมณ์ ออกเป็น 7 อารมณ์ ประกอบด้วย 1.0 = Displeased (ไม่พอใจ), 2.0 = Worry (กังวล), 3.0 = Happy (มีความสุข), 4.0 = Sad (เศร้า), 5.0 = Surprised (ประหลาดใจ), 6.0 = Disfavor (ไม่พอใจ) และ 7.0 = Neutral (เป็นกลาง) โดยการวิเคราะห์จะแสดงผลการทำนายพร้อมกับค่า Confidence แบบ Real-time ขณะที่กล้องกำลังตรวจจับใบหน้าของอาสาสมัคร จากนั้นใช้ Function numpy.maximum ใน Python เพื่อการหาค่าการทำนายใน 1 เฟรม ที่มากที่สุด เพียง 1 ค่า

พฤติกรรมของอาการด้าน Psychomotor มีความสอดคล้องกับเทคนิคการติดตามพฤติกรรม (User Behavior Tracking) ใช้กระบวนการบันทึกหน้าจอการคลิกเมาส์ ใช้คำสั่งของ JavaScript ในการบันทึกการคลิกเมาส์และตรวจสอบว่า พฤติกรรมของอาสาสมัครที่เกิดขึ้น ด้วยคำสั่ง jQuery ซึ่งเป็น JavaScript Library สำหรับตรวจสอบการคลิกทุกครั้งเกิดขึ้นตามที่กำหนดไว้ และเมื่อคลิกที่ Object แล้วข้อมูลจะถูกบันทึกลง Database พร้อมระยะเวลาการคลิกที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน และเวลาการคลิกก่อนหน้านี้ พร้อมคำนวณระยะเวลาห่างที่เกิดขึ้นเพื่อแสดงภาวะการตัดสินใจตอบคำถาม โดยกระบวนการจะดำเนินไปจนกว่าจะสิ้นสุดการทำแบบประเมินภาวะซึมเศร้า PHQ-9

พฤติกรรมของอาการด้าน Psychomotor มีความสอดคล้องกับการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของศีรษะ (Head Movement) โดยการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของท่าทางการเคลื่อนไหวของศีรษะ ที่ดึงมาจากวิดีโอใบหน้าโดยใช้แบบจำลองใบหน้า 3 มิติ มาฉายลงบนแบบจำลองใบหน้า 2D ด้วยวิธี AAM (Active Appearance Model) เพื่อจำแนกพฤติกรรมตามคุณลักษณะทางสถิติด้วย Support Vector Machine: SVM เป็นตัวจำแนกเชิงเส้น (Linear Classifier) สำหรับใช้จำแนกการหมุนศีรษะและการเคลื่อนไหว โดยการทำงานจะแสดงให้เห็นคุณสมบัติรูปแบบพฤติกรรมหลายประการสำหรับผู้ที่มีอาการด้าน Psychomotor เพื่อหาผลลัพธ์ของพฤติกรรมการเคลื่อนไหวของศีรษะ ประกอบด้วย เอียงซ้าย เอียงขวา หันซ้าย หันขวา เงยหน้า ก้มหน้า และหน้าตรง ที่อาจบ่งชี้ถึงพฤติกรรมทางอาการภาวะซึมเศร้าได้

ข้อมูลทั้งหมดได้จากการวิเคราะห์ถูกส่งมายังฐานข้อมูลเพื่อสร้างรายงานผลจากระบบ เพื่อหาความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้ง 3 ส่วนโดยใช้ข้อมูลเวลาเป็นตัวหาความสัมพันธ์ ข้อมูลการวิเคราะห์อารมณ์บนใบหน้า การเคลื่อนไหวของศีรษะ และการคลิกเมาส์ในเวลานั้นออกมาเป็นผลลัพธ์เชิงนัยยะสัมพันธ์ที่มีต่อภาวะซึมเศร้า

อภิปรายผล

การพฤติกรรมการทำแบบประเมินของอาสาสมัคร สำหรับเป็นแนวทางการตรวจหาสัญญาณที่เกี่ยวข้องกับภาวะซึมเศร้า ซึ่งการประเมินผ่านแบบประเมินเพียงอย่างเดียวอาจยังไม่เพียงพอ ซึ่งปัจจุบันต้องอาศัยทักษะ และประสบการณ์ในการวินิจฉัยของจิตแพทย์ หรือนักจิตวิทยา ดังนั้น พฤติกรรมที่แสดงออกระหว่างการทำแบบประเมินเป็นไปตามรูปแบบของลักษณะอาการทางคลินิกทั้ง 3 อาการ (Faculty of Medicine Ramathibodi Hospital, 2015) จึงนำมาสู่แนวทางการพัฒนาขั้นตอนวิธีของการวิเคราะห์แนวโน้มภาวะโรคซึมเศร้าจากการสังเกตพฤติกรรมขณะทำแบบประเมินภาวะซึมเศร้า PHQ-9 ผ่านโปรแกรมประยุกต์บนเว็บนั้น ควรศึกษาด้วยเทคนิคทั้ง 3 ส่วนประกอบด้วย (1) การวิเคราะห์อารมณ์บนใบหน้า (Facial Emotions) สำหรับนำมาใช้ในการศึกษาอาการทางคลินิกด้าน Emotion ที่เกี่ยวข้องกับ ความรู้สึกเศร้า สีหน้าหดหู่ สะเทือนใจ ร้องไห้ง่าย โดยการตรวจจับอารมณ์การแสดงออกทางสีหน้า การเปลี่ยนแปลงและเคลื่อนไหวของดวงตา คิ้ว และมุมปาก ซึ่งสอดคล้องกับ (Giannakakis et al., 2017; Wang, Yang, and Yu, 2018; Reece and Danforth, 2017; Van Vleet et al., 2019; Meher, Kirad, Deshpande, Patil, and S.A.Deshpande, 2020) (2) การติดตามพฤติกรรม (User Behavior Tracking) สำหรับนำมาใช้ในการศึกษาอาการทางคลินิกด้าน Cognition ที่เกี่ยวข้องกับ สมาธิของผู้ป่วยแย่ลง เหม่อลอย ความคิดช้า/นาน ลังเลใจ เปลี่ยนคำตอบ ผ่านการทำแบบประเมินภาวะซึมเศร้า PHQ-9 และประยุกต์ร่วมกับการติดตามพฤติกรรม โดยมีพฤติกรรม (Behavior) การตัดสินใน (Decision) การเปลี่ยนคำตอบ (Change) การข้ามคำตอบ (Skip) หรือระยะเวลาการตอบสนอง (Reaction Time) ซึ่งสอดคล้องกับ (Erbe, Eichert, Rietz, and Ebert, 2016; Van Vleet et al., 2019; Meher, Kirad, Deshpande, Patil, and S.A.Deshpande, 2020) และ (3) การเคลื่อนไหวของศีรษะ (Head Movement) สำหรับนำมาใช้ในการศึกษาอาการด้าน Psychomotor ที่เกี่ยวข้องกับอาการด้าน Psychomotor โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ Psychomotor Retardation คือ อาการเชื้องช้าเฉื่อยชาลง หรือในทางตรงกันข้ามอาจมีอาการ Psychomotor Agitation คือ อาการกระสับกระส่าย อยู่ไม่เฉยลุกเดินไปมา โดยการตรวจจับการแสดงหรือการเคลื่อนไหวของศีรษะที่ช้าลง หรือเร็วขึ้น การเปลี่ยนตำแหน่งศีรษะน้อยลง และระยะเวลาในแต่ละช่วง รวมถึงพฤติกรรมการการร้องไห้ที่เกิดขึ้นได้ ซึ่งสอดคล้องกับ (Alghowinem, Goecke, Wagner, Parkerx, and Breakspear, 2013; Wang, Yang, and Yu, 2018; Reece and Danforth, 2017)

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1.1 การศึกษาแนวทางการพัฒนาเครื่องมือสำหรับร่วมทำงานกับแบบประเมินภาวะซึมเศร้า PHQ-9 เท่านั้น ไม่ได้รวมแบบประเมินที่เกี่ยวข้องกับทางจิตเวชศาสตร์ ดังนั้นผลที่ได้จากการศึกษาจึงเป็นเพียงแนวทางการพัฒนาเครื่องมือที่มาสนับสนุนเฉพาะแบบประเมินระดับภาวะซึมเศร้า PHQ-9

1.2 ผลการศึกษานำเสนอเพียงเครื่องมือที่มีความสอดคล้องกับรูปแบบพฤติกรรมของลักษณะอาการทางคลินิกที่มีความสอดคล้องกับเทคนิคทางคอมพิวเตอร์ โดยแต่ละเครื่องมือจะมีแบบจำลอง หรือโมเดลทางด้านคอมพิวเตอร์ที่หลากหลาย ควรเลือกตามความเหมาะสมภายใต้ข้อจำกัดที่ต้องการศึกษาและพัฒนา

1.3 การพัฒนาเครื่องมือต้นแบบสำหรับในเชิงเทคนิคอุปกรณ์ที่ใช้งานต้องมีประสิทธิภาพสูง และติดตั้งกล้องเพื่อรองรับการทำงานระหว่างทำแบบประเมินและเก็บข้อมูลการปฏิสัมพันธ์แบบบบทันที (Real-time)

เพื่อนำมาวิเคราะห์ การทำงานประสานกันของระบบที่ประกอบด้วยเทคนิคการวิเคราะห์อารมณ์บนใบหน้า การติดตามพฤติกรรม และการเคลื่อนไหวของศีรษะ และนำไปสู่รายงานผลต่อไป

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 การศึกษานี้เป็นเพียงการนำเสนอแนวทางการพัฒนาเครื่องมือสำหรับร่วมทำงานกับแบบประเมินภาวะซึมเศร้า PHQ-9 ควรมีการพัฒนาระบบเพื่อนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างเพื่อศึกษาผลในระยะต่อไป

2.2 กระบวนที่ได้จากการศึกษาทุกขั้นตอนควรนำผลที่ได้ไปปรึกษา หรือขอความเห็นจากผู้เชี่ยวชาญที่เป็นนักจิตวิทยาคลินิกหรือจิตแพทย์ เพื่อนำเฝ้าระวังผลกระทบที่อาจตามมาระหว่างการศึกษา และวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Alghowinem, S., Goecke, R., Wagner, M., Parkerx, G., and Breakspear, M. (2013). Head Pose and Movement Analysis as an Indicator of Depression. *The Proceedings of the 2013 Humaine Association Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction*, 5 September 2013, Geneva, Switzerland, 283-288.

Costantini, et al., (2020). Screening for depression in primary care with Patient Health Questionnaire-9 (PHQ-9): a systematic review. *Journal of Affective Disorders. 279*(15), 473-483.

Department of Mental Health. (2018). *Department of Mental Health Annual Report 2018*. Bangkok: Department of Mental Health. (in Thai)

Erbe, D., Eichert, H. C., Rietz, C., and Ebert, D. (2016). Interformat reliability of the patient health questionnaire: Validation of the computerized version of the PHQ-9. *Internet Interv, 5*, 1-4.

Faculty of Medicine Ramathibodi Hospital. (2015). *Ramathibodi Essential Psychiatry*. Bangkok: Chulalongkorn University. (in Thai)

Giannakakis et al.. (2017). Stress and anxiety detection using facial cues from videos. *Biomedical Signal Processing and Control, 31*, 89-101.

Jasso-Medrano, J. L., and López-Rosales, F. (2018). Measuring the relationship between social media use and addictive behavior and depression and suicide ideation among university students. *Computers in Human Behavior, 87*, 183-191.

Lehtinen, V., Riikonen, E., and Lahtinen, E. (1997). *Promotion of Mental Health on the European Agenda*. Finland: National Research and Development Centre for Welfare and Health.

Meher, S., Kirad, N., Deshpande, T., Patil, P., and S.A.Deshpande, M. (2020). Automatic Depression Level Analysis. *International Journal of Research and Analytical Reviews (IJRAR), 7*(2), 6.

Muramatsu, K. et al.. (2018) Performance of the Japanese version of the Patient Health Questionnaire-9 (J-PHQ-9) for depression in primary care. *General Hospital Psychiatry, 52*, 64-69.

Na, P. J., et al.. (2018). The PHQ-9 Item 9 based screening for suicide risk: a validation study of the Patient Health Questionnaire (PHQ)-9 Item 9 with the Columbia Suicide Severity Rating Scale (C-SSRS). *J Affect Disord, 232*, 34-40.

Reece, A. G., and Danforth, C. M. (2017). Instagram photos reveal predictive markers of depression. *EPJ Data Science, 6*(1). 1-34.

Schuler, M. et al.. (2018) Assessment of depression before and after inpatient rehabilitation in COPD patients: Psychometric properties of the German version of the Patient Health Questionnaire (PHQ-9/PHQ-2). *Journal of Affective Disorders, 232,* 268-275.

Scoppetta, O. et al.. (2021) Validity of the patient health questionnaire-2 (PHQ-2) for the detection of depression in primary care in Colombia. *Journal of Affective Disorders 278*. 576-582.

Thai Health Promotion Foundation. (2020). *Thaihealth Watch 2020*. Bangkok: Thai Health Promotion Foundation. (in Thai)

Van Vleet et al. (2019). Biases in processing of mood-congruent facial expressions in depression. *Psychiatry Research, 275*, 143-148.

van Zoonen, W., Verhoeven, J. W. M., and Vliegenthart, R. (2016). How employees use Twitter to talk about work: A typology of work-related tweets. *Computers in Human Behavior, 55*, 329-339.

Wang, Q., Yang, H., and Yu, Y. (2018). Facial expression video analysis for depression detection in Chinese patients. *Journal of Visual Communication and Image Representation, 57*, 228-233.

Watzke, B., Heddaeus, D., Steinmann, M., Daubmann, A., Wegscheider, K., and Harter, M. (2020). Does symptom severity matter in stepped and collaborative care for depression? *J Affect Disord, 277*, 287-295.

WHO. (2019). *World Health Statistics 2019: Monitoring health for the SDGs*. Switzerland: L'IV Com Sàrl.

การสร้างภาพความละเอียดสูงจากภาพขนาดเล็กด้วยเทคนิค IE-T

อัฐพร กิ่งบู[1,*], ปฏิมากร จริยฐิติพงศ์[2]
[1,2]คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ

Received: 2 September 2020
Revised: 10 August 2021
Accepted: 11 August 2021

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเทคนิคสำหรับการปรับปรุงความละเอียดของภาพที่ได้จากการขยายภาพที่มีขนาดเล็กให้มีความละเอียดเพิ่มขึ้นโดยใช้วิธีการปรับปรุงค่าพิกเซลใหม่ที่ได้จากการประมาณค่าจากพิกเซลรอบข้างที่มีขนาด 2 x 2 พิกเซล ทำให้พิกเซลใหม่มีความเหมาะสมกับพิกเซลรอบข้างมากที่สุด จึงทำให้ภาพที่ได้จากการขยายมีความละเอียด และความคมชัดของภาพเพิ่มมากขึ้น ลดปัญหารอยหยักของภาพ เทคนิคงานวิจัยนี้มีการพัฒนามาจากพื้นฐานของการประมาณค่า ซึ่งเป็นวิธีการสำหรับประมาณค่าให้กับพิกเซลใหม่ที่ได้รับความนิยมและนำมาใช้สำหรับแก้ปัญหาในการเพิ่มความละเอียดของภาพได้เป็นอย่างดี และประเมินประสิทธิภาพของเทคนิคด้วยวิธีการหาค่า PSNR และ SSIM เปรียบเทียบผลการทดลองกับเทคนิค อื่นที่ใช้ในการทดลองจากผลการทดลองเทคนิค IE-T มีค่า PSNR และ SSIM ที่มีค่าสูงกว่าเทคนิคอื่นในทุกๆ ภาพที่ใช้ในการทดลองและมีความสามารถในการแก้ปัญหาภาพที่มีความละเอียดและความคมชัดต่ำที่มีขนาดเล็ก และลดรอยหยักจากภาพที่ขยายได้ดี แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของเทคนิค IE-T ในการเพิ่มความละเอียดและความคมชัดของภาพที่ได้จากการขยายได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การปรับปรุงคุณภาพของภาพ การขยายภาพ การประมาณค่าภาพความละเอียดสูง

[*] ผู้ประสานงานหลัก; อีเมล: atha2556@hotmail.com

Super-Resolution from Smaller Image by IE-T Technique

Athaporn Kingboo[1,*], Patimakorn Chariyathitipong[2]
[1,2]Faculty of Liberal Arts and Science, Sisaket Rajabhat University

Received: 2 September 2020
Revised: 10 August 2021
Accepted: 11 August 2021

Abstract

The objective of this research is to develop a technique for improving the quality of enlarged images by adjusting the coefficients for the new pixels obtained from estimating or predicting values from the nearest neighboring 2 x 2 pixels to create the high-resolution and high-sharpness images, and anti-aliasing. The Interpolation Based Enhancement Technique (IE-T) has been developed based on the interpolation technique, which is a popular method for estimating the new pixels, and for solving problems in increasing the resolution of the image as well. The experimental results by evaluating the efficiency of the technique using the PSNR and SSIM show that the IE-T has average PSNR and SSIM values which are higher than the obtained values from other technique, and also has the ability to reduce the aliasing effects of the enlarged images. The research results demonstrate the effectiveness of the IE-T technique in increasing the resolution and sharpness of the enlarged images efficiently.

Keywords: Image Enhancement, Image Enlargement, Interpolation, Image Super-Resolution

[*] Corresponding Author; E-mail: atha2556@hotmail.com

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ภาพดิจิทัล (Digital Image) สามารถแบ่งออกได้ 2 แบบ คือ ภาพแรสเตอร์ (Raster) และภาพเวกเตอร์ (Vector) แต่ถ้านำภาพแรสเตอร์ มาทำการขยายภาพให้มีขนาดใหญ่ขึ้นมากๆ เกินกว่าภาพต้นฉบับ ภาพที่ได้จากการขยายจะมีลักษณะเป็นสีเหลียมเล็กๆ หรือรอยหยัก (Aliasing) ทำให้ภาพหลังการขยายไม่มีความละเอียดและความคมชัดของภาพโดยเฉพาะภาพต้นฉบับที่มีขนาดเล็ก ที่มีการใช้ในระบบอินเทอร์เน็ตเป็นจำนวนมากจึงเป็นปัญหาสำคัญสำหรับนำภาพนั้นไปใช้งานหรือต้องการนำภาพไปขยายในจุดที่สนใจจำเป็นที่ต้องมีการปรับปรุงคุณภาพของภาพที่ได้จากการขยายให้มีความคมชัดเพิ่มมากขึ้นเพื่อสามารถนำภาพนั้นๆ ไปใช้งานได้ตามที่ต้องการมีหลายเทคนิคที่นำมาใช้ปรับปรุงคุณภาพของภาพให้มีคุณภาพในด้านต่างๆ เพิ่มมากขึ้น ซึ่งเทคนิคที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของภาพมีวิธีการและความสามารถในการปรับปรุงคุณภาพของภาพที่แตกต่างกัน ปัจจุบันมีเทคนิคสำหรับการปรับปรุงคุณภาพของภาพที่นิยมนำไปพัฒนาเป็นโปรแกรมประยุกต์ เพื่อช่วยในการปรับปรุงคุณภาพของภาพ ได้แก่ (1) การประมาณค่า (Interpolation) (Jieying et al., 2020) (2) การเน้นขอบภาพ (Edge detection) (Thongpan, Rattanasiriwongwut, and Ketchum, 2019) (3) การปรับปรุงความมืด ความสว่าง (Brightness) และ (4) การกรองภาพ (Filter) (Yun, Yan, and Qi, 2018) การประมาณค่าเป็นวิธีการหนึ่งที่นิยมนำมาใช้สำหรับการประมวลผลข้อมูลภาพ การประมาณค่าเป็นวิธีหาค่าของจุดสี (Pixel) จากจุดรอบข้าง ที่ต้องการประมาณ นำมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของภาพให้มีความคมชัดเพิ่มมากขึ้น การประมาณค่ามีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องในปัจจุบันมีเทคนิคที่พัฒนามาจากพื้นฐานการประมาณค่าหลายวิธี และมีประสิทธิภาพในการปรับปรุงคุณภาพของภาพได้เป็นอย่างดี และในปัจจุบันมีเทคนิคด้านการประมาณค่าที่นิยมนำมาใช้งาน ได้แก่ (1) Nearest Neighbor (Jieying et al., 2020) (2) Bicubic (Motmaen et al., 2018) (3) Gaussian interpolation (Zhang et al., 2017) (4) Bilinear (Suresha and Prakash, 2016) (5) Cubic Box (Li et al., 2018) และพื้นฐานการประมาณค่ายังสามารถนำไปพัฒนาให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการปรับปรุงคุณภาพของภาพเคลื่อนไหวได้หลายวิธีและปัจจุบันมีเทคนิคหนึ่งที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก คือ เทคนิค Super-Resolution (Jing et al., 2020) เป็นเทคนิคที่มีกระบวนการในการสร้างภาพใหม่จากภาพหลายๆ ภาพ ในการประมวลผลเพื่อประมาณค่าให้กับพิกเซลใหม่จึงต้องใช้พิกเซลรอบข้าง ณ ตำแหน่งที่ต้องการประมาณค่าจากภาพหลายภาพๆ จึงทำให้พิกเซลใหม่ที่ประมาณค่าแล้วมีความเหมาะสมกับพิกเซลรอบข้างมากที่สุด ทำให้ภาพที่ได้มีความละเอียดและความคมชัดเพิ่มมากขึ้นพร้อมภาพมีขนาดที่ใหญ่ขึ้น จึงเป็นวิธีการเพิ่มความละเอียดและความคมชัดของภาพที่ดีกว่าวิธีการอื่น และยังลดปัญหาภาพมีสัญญาณรบกวนได้ดี แต่มีข้อเสียในด้านความล่าช้าในการประมวลผล และภาพที่ได้มีความจุข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ขึ้นจากหลายๆ เทคนิคถูกนำมาพัฒนาในรูปแบบโปรแกรมให้สามารถใช้งานได้อย่างง่าย ถึงแม้ว่าเทคนิคทางด้านการประมาณค่าข้อมูลภาพจะมีประสิทธิภาพในการเพิ่มความละเอียดของภาพ แต่ภาพที่ได้จากเทคนิคการประมาณค่า จะมีลักษณะเบลอ (Xueling et al., 2020) สีของภาพผิดเพี้ยนไป ภาพขาดเส้นขอบของภาพ ภาพเน้นไปโทนสีใดสีหนึ่งที่มีค่ามากที่สุด จึงทำให้ภาพไม่มีความคมชัด และภาพที่ได้มีขนาดของข้อมูลภาพใหญ่ขึ้นส่งผลให้ต้องใช้พื้นที่ในจัดเก็บมากขึ้น รวมทั้งต้องใช้ฮาร์ดแวร์ในการประมวลผลที่มีประสิทธิภาพสูง

งานวิจัยนี้จึงนำเสนอเทคนิค IE-T ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น สำหรับการปรับปรุงคุณภาพของภาพ ด้วยวิธีการประมาณค่า ใช้สำหรับการปรับปรุงภาพที่ได้จากการขยายภาพให้มีคุณภาพด้านความละเอียดและความคมชัดเพิ่มมากขึ้น โดยใช้วิธีการประมวลผลภาพนิ่งภายในพื้นที่ภาพ (Spatial Domain) บนพื้นฐานของเทคนิคการประมาณค่า

และกำหนดพิกเซลรอบข้างจุดที่ต้องการประมาณค่าสี ให้มีขนาด 2 x 2 พิกเซล และประเมินประสิทธิภาพเทคนิคโดยการหาค่า Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR) (Zhang et al., 2018) และ Structural similarity (SSIM) (Li et al., 2018)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาเทคนิคสำหรับการปรับปรุงคุณภาพของภาพที่ได้จากการขยายภาพ จากภาพที่มีคุณภาพต่ำที่มีขนาดเล็ก ให้มีความละเอียดและความคมชัดเพิ่มขึ้น

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การประมาณค่า(Interpolation)

การประมาณค่า (Jieying et al., 2020) เป็นเทคนิคที่ใช้สำหรับการปรับปรุงคุณภาพของภาพด้านต่างๆ กระบวนการทำงานที่สำคัญของเทคนิค คือ การประมาณค่าของจุดภาพ หรือค่าความสว่างของจุดภาพใหม่ ซึ่งจะเพิ่มความละเอียดของภาพขึ้นมาใหม่ การทำงานของการประมาณค่า จะใช้การสันนิษฐานจากลักษณะการกระจายตัวของวัตถุต่างๆ ในพื้นที่ศึกษาที่สัมพันธ์กัน สมการโดยทั่วไปของการประมาณค่าในการหาผลรวมจากน้ำหนักของข้อมูลมีดังนี้

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^{N} \lambda_i \, Z(s_i) \tag{1}$$

กำหนดให้

$Z(s_i)$ คือ ค่าของจุดที่ได้ ณ ตำแหน่ง

λ_i คือ น้ำหนักที่ยังไม่ทราบค่า จากจุดที่ต้องการวัดค่า

s_0 คือ ตำแหน่งที่ต้องการประมาณค่า

N คือ จำนวนของจุดทั้งหมดที่วัดค่า

Bicubic Interpolation

Bicubic Interpolation (Motmaen et al., 2018) เป็นเทคนิคสำหรับการประมวลผลภาพ ที่มีการนำไปพัฒนาอย่างแพร่หลาย เป็นเทคนิคเพิ่มความละเอียดให้กับภาพ โดยวิธีการของเทคนิคนี้จะประมาณค่าพิกเซลที่เราสนใจ มีพื้นฐานการประมวลผล จากการประมาณค่าของสีในพิกเซลที่อยู่รอบข้างจุดสนใจ พิกเซลรอบข้างพิกเซลที่สนใจจะถูกเรียกว่า “Nearest Neighbor” (Jieying et al., 2020) โดยมีการประมาณค่าสีของพิกเซลใหม่จากพิกเซลรอบข้างขนาด 4 x 4 พิกเซล และมีการคำนวณจุดที่ต้องการประมาณค่าในมิติ (Dimension) มี 2 แบบ คือ One-dimension และ Two-dimension ตามสมการ (2) และสมการ (3)

One-dimension

$$u(s) = \begin{cases} (3/2)|s|3 - (5/2)|s|2 + 1 & 0 \le |s| < 1 \\ \left(-\frac{1}{2}\right)|s|3 - (\frac{5}{2})|s|2 - 4|s| - 2 & 1 \le |s| < 2 \\ 0 & 2 < |s| \end{cases} \tag{2}$$

Two-dimension

$$g(x,y) = \sum_{i=-1}^{2}\sum_{m=-1}^{2} c_{j+i,k+m} u(\text{distan ce}_x)\, u(\text{distan ce}_y) \tag{3}$$

กำหนดให้

(x,y) คือ จุดที่ประมาณค่าสี j,k คือ ขนาดพิกเซลของภาพ $u(\,)$ คือ ระยะจุดที่ประมาณ

i,m คือ จุดเพื่อนบ้าน (Nearest Neighbor) ขนาด 4 x 4 พิกเซล

Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR)

PSNR (Zhang et al., 2018) เป็นเครื่องมือการประเมินประสิทธิภาพของเทคนิคการปรับปรุงคุณภาพของภาพที่ได้รับความนิยมมากที่สุด โดยค่าที่คำนวณได้นำไปเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับ ค่าที่ได้จะอยู่ในช่วง 1–100 ถ้าค่า PSNR สูงเข้าใกล้ 100 จะชี้ให้เห็นถึงคุณภาพของภาพที่ใกล้เคียงกับภาพต้นฉบับ ซึ่งเป็นมาตรฐานที่นำมาใช้ในการเปรียบเทียบคุณภาพของรูปภาพดิจิทัล รวมทั้งการประเมินประสิทธิภาพของเทคนิคด้านความละเอียด และการกรองภาพ สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (4) ต่อไปนี้

$$PSNR = 10\log_{10}\frac{b}{RMSE} \tag{4}$$

กำหนดให้ b = 255 และ $RMSE$ คือ ค่า Root Mean Square Error สามารถหาค่าได้จากสมการที่ (5) ดังต่อไปนี้

$$RMSE = \sqrt{\sum\frac{(Obs - predict)^2}{n}} \tag{5}$$

กำหนดให้

Obs คือ ค่าที่แท้จริง

$predict$ คือ ค่าประมาณจากแบบจำลอง

n คือ จำนวนข้อมูล

Structural similarity (SSIM)

SSIM (Li et al., 2018) คือเครื่องมือชี้วัดที่มีหน้าที่ในการประเมินผลเพื่อใช้ในการวัดประสิทธิภาพของเทคนิคทางด้านภาพโดยใช้ในการวัด เรื่องแสงและความคมชัด และ โครงสร้างของรูปภาพ มีวิธีการในการประมวลผลดังสมการที่ (6)

$$SSIM[f(i)g(i)] = 1[l[f(i),g(i)]c[f(i),g(i)]s[f(i),g(i)]] \tag{6}$$

โดยที่ $f(i)$ และ $g(i)$ เป็นค่าของภาพ และวัดความคล้ายคลึงกันระหว่างสองภาพ ซึ่งค่าที่ได้จากการประมวลผลจะอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เทคนิค Adaptive Sparse Domain Selection and Adaptive Regularization หรือ ASDS_LR_NL_TD2 (Xueling et al., 2020; Jing et al., 2020) เป็นวิธีการปรับปรุงคุณภาพสำหรับภาพเบลอ และภาพมีสัญญาณรบกวน โดยการเพิ่มความละเอียดของภาพเพิ่มมากขึ้น ใช้วิธีการ adaptive sparse domain selection (ASDS) และ adaptive regularization (AREG) มีการปรับปรุงข้อมูลภาพให้มีความถูกต้องโดยการฝึก (Training) และการเรียนรู้ (Learning) จากข้อมูลที่มีคุณภาพสูง ดังนั้นเพื่อเป็นการปรุงปรุงคุณภาพของภาพให้ดีขึ้น จึงได้ใช้ 2 วิธี คือ AREG และ ASDS ข้อดีของวิธีการนี้ คือ พิกเซลใหม่ที่ได้จากเทคนิคมีความใกล้เคียงกับพิกเซลรอบข้าง จึงทำให้ภาพมีค่าข้อมูลของพิกเซลที่ไม่ผิดเพี้ยนจากภาพต้นฉบับ ลดปัญหาการเบลอและสัญญาณรบกวนของภาพได้ ภาพมีความละเอียดและความคมชัดเพิ่มมากขึ้น ข้อเสียคือ ถ้ามีการกำหนดสัญญาณรบกวนหรือการเบลอภาพมากๆ ภาพที่ได้จะเบลอมากขึ้น มีการประมวลผลที่ล่าช้าภาพมีขนาดที่ใหญ่ มีความจุข้อมูลภาพที่สูง

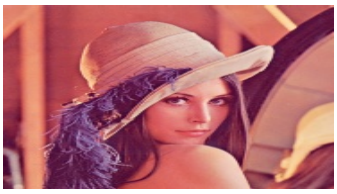
เทคนิค Image Super-Resolution Using Deep Convolutional Networks (SCN) หรือเทคนิค Demo_SR (Li et al., 2018; Jieying et al., 2020; Yunfeng et al., 2020) เป็นเทคนิคสำหรับการปรับปรุงคุณภาพจากภาพที่มีคุณภาพต่ำ ให้ภาพใหม่ที่สร้างขึ้นมีความละเอียดเพิ่มมากขึ้น โดยมีพื้นฐานของเทคนิค มาจากเทคนิค Deep Convolution Neural Networks (CNN) (Haiwu et al., 2020) วิธีการ SCN จะใช้ความหลักความสัมพันธ์จากการเชื่อมต่อกันของพิกเซลในแต่ละภาพ โดยการฝึก (Training) และการเรียนรู้จากภาพนิ่งหลายภาพจากนั้นหาค่าพิกเซลให้กับภาพใหม่ เพื่อสร้างภาพที่มีความละเอียดสูงข้อดีของวิธีการนี้คือ พิกเซลใหม่ที่ได้จากเทคนิคมีความใกล้เคียงกับพิกเซลรอบข้าง เพราะมีการประมาณค่าจากภาพหลายๆ ภาพ จึงทำให้ภาพมีค่าข้อมูลของพิกเซลที่มีความถูกต้องและใกล้เคียงกัน ลดปัญหาการเบลอ และสัญญาณรบกวนของภาพได้ดี ภาพมีความละเอียดและความคมชัดเพิ่มมากขึ้น มีการประมวลผลที่เร็วข้อเสียคือ ในการประมวลผลต้องมีการสร้างภาพหลายๆ ภาพเพื่อช่วยในการประมาณค่า หากภาพมีคุณภาพต่ำมากๆ ภาพที่ได้จากการประมวลผลจะเบลอมาก ภาพมีขนาดที่ใหญ่ มีความจุข้อมูลภาพที่สูง

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาเทคนิคงานวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาเทคนิคที่ทำงานร่วมกับเทคนิค Bicubic โดยใช้วิธีการปรับปรุงพื้นฐานเทคนิคการประมาณค่า ในด้านการเพิ่มความละเอียดและความคมชัดให้กับภาพ เพื่อแก้ปัญหาของภาพที่มีความละเอียดและความคมชัดต่ำที่ได้จากการขยาย สำหรับเทคนิคที่พัฒนาขึ้นมีวิธีดำเนินการวิจัยและขั้นตอนในการพัฒนาเทคนิค โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ข้อมูลภาพ

การประมวลผลข้อมูลภาพในงานวิจัยในนี้จะใช้ภาพแบบเกรย์สเกล (Gray Scale) ภาพเกรย์สเกลจะมีค่าพิกเซลอยู่ในช่วง 0-255 และเป็นการประมวลผลภาพแบบ Two-dimension ในแนวของแกน X, Y ภาพที่ใช้ในการทดสอบเป็นภาพสี แบบแรสเตอร์ ที่ได้จากแหล่งข้อมูลภาพ (Programmersougth, 2018) จำนวน 6 ภาพ ภาพที่นำมาใช้ในการทดลองงานวิจัยนี้ เป็นภาพที่มีการนำมาใช้งานในการทดลองทางด้านการประมวลผลภาพที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลาย มีลักษณะของภาพตามตัวอย่างภาพที่ 1



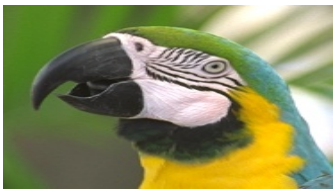
(ก) Lena

(ข) Hat

(ค) Bike

(ง) Baboon

(จ) Butterfly



(ฉ) Parrots

ภาพที่ 1 ภาพมาตรฐานทั่วไปจากแหล่งข้อมูลภาพในระบบอินเทอร์เน็ต

และมีคุณสมบัติของภาพตามตารางที่ 1 โดยภาพตัวอย่างที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งนี้จะมีความละเอียดและความคมชัดของภาพสูง และภาพเหล่านี้จะใช้เป็นภาพต้นฉบับในการทดลอง เพื่อวัดประสิทธิภาพของเทคนิค

ภาพต้นฉบับที่ได้จากแหล่งข้อมูลภาพ จะถูกปรับให้เป็นภาพแบบเกรย์สเกล เพื่อช่วยในประหยัดเวลาในด้านการประมวลผลของเทคนิคและไม่จำเป็นต้องใช้ฮาร์ดแวร์ที่มีประสิทธิภาพสูง และเป็นที่นิยมนำมาใช้ในการประมวลผลภาพในการทดลองเทคนิคต่างๆ และเมื่อต้องการนำภาพไปใช้งานจริงสามารถแปลงภาพแบบเกรย์สเกลเป็นภาพสีแบบ RGB ได้ตามต้องการ สำหรับการทดลองจำเป็นต้องมีภาพที่มีคุณภาพต่ำ ซึ่งภาพคุณภาพต่ำถูกสร้างมาจากภาพเกรย์สเกลที่มีคุณภาพสูงที่เป็นภาพต้นฉบับ แต่ถูกลดทอนคุณภาพให้ต่ำลงกว่าภาพต้นฉบับ โดยการเพิ่มสัญญาณรบกวนที่ระดับ 1dB-20dB และเพิ่มการเบลอ โดยใช้โปรแกรม MATLAB เวอร์ชั่น 14(B) พร้อมทั้งปรับขนาดของภาพแต่ละภาพให้มีขนาดเล็กลงจะได้ภาพที่มีคุณภาพต่ำที่นำมาใช้ในการทดลองทั้งหมดจำนวน 120 ภาพ ตามตารางที่ 1 ด้านภาพคุณภาพต่ำ และภาพคุณภาพต่ำเหล่านี้ เมื่อนำมาใช้ในการทดลองจะถูกขยายภาพให้มีขนาดที่ใหญ่ขึ้น โดยมีการขยายขนาดที่ระดับ x2, x4, x6, x8 และ x10 จะได้ภาพที่ถูกขยายขนาดที่นำมาใช้ในการทดลองทั้งหมด 720 ภาพ และมีข้อมูลภาพที่มีคุณภาพต่ำทั้งหมดที่ใช้ในการทดลองจำนวน 840 ภาพ และภาพเหล่านี้จะถูกปรับให้เป็นภาพขนาด 8 บิต เพื่อความรวดเร็วในการประมวลผลภาพ

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของภาพมาตรฐานทั่วไปจากแหล่งข้อมูลภาพในระบบอินเทอร์เน็ตที่ใช้ในการทดลอง

ภาพ	ภาพคุณภาพสูง				ภาพคุณภาพต่ำ			
	ไฟล์ภาพ	ขนาดภาพ (RGB)	ข้อมูลภาพ (KB)	จำนวนภาพที่ใช้	ปรับขนาดลง	ขนาดภาพ (ระดับสีเทา)	ข้อมูลภาพ (KB)	จำนวนภาพที่ใช้
Lena	Bitmap	309 x 309	280	1	3 เท่า	103 x 103	11.5	20
Hat	Tiff	256x256	192	1	8 เท่า	32 x 32	.268	20
Bike	Tiff	256 x 256	192	1	4 เท่า	64x 64	8.15	20
Baboon	Bitmap	309x309	280	1	3 เท่า	103 x 103	11.5	20
Butterfly	Tiff	256x256	192	1	8 เท่า	32 x 32	.268	20
Parrots	Tiff	256 x 256	192	1	2 เท่า	128x128	63.7	20

เทคนิค Bicubic

พื้นฐานของเทคนิค Bicubic จะใช้ข้อมูลสำหรับการประมวลผลจากภาพต้นฉบับ โดยใช้พิกเซลล้อมรอบจุดที่ต้องการประมาณค่าสีที่มีเมทริกซ์ขนาด 4 x 4 พิกเซล เมื่อทำการประมาณค่าสีเสร็จแล้วจะสร้างจุดสีขึ้นมาใหม่จนครบกระบวนการของเทคนิค ซึ่งจะได้ภาพใหม่ ที่มีการประมาณค่าสีให้กับภาพที่ต้องการขยาย ขั้นตอนการประมวลผลจะเริ่มต้นจากการประมวลผลในส่วนของ One-dimension มีรูปแบบการทำงานของเทคนิคเป็นแบบบรรทัด (Row) และคอลัมน์ (Column) การหาค่าจุดที่ต้องการประมาณค่าสี ถ้าต้องการหาค่า P ซึ่งเป็นจุดที่สนใจสำหรับการประมาณค่า สามารถคำนวณหาค่าระยะห่างของ $\widehat{\mathrm{P}}_{\mathrm{x}}$ และ $\widehat{\mathrm{P}}_{\mathrm{y}}$ จากจุดสี่จุดที่ใกล้เคียงตามแนวของแกน X และ Y และกำหนดพื้นที่ภาพเพื่อทำการประมาณค่าขึ้นมาใหม่ สามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$\widehat{\mathrm{P}}_{\mathrm{x}} = \frac{P_x - X_{22}}{X_{23} - X_{22}} \tag{7}$$

$$\widehat{\mathrm{P}}_{\mathrm{y}} = \frac{P_y - Y_{22}}{Y_{23} - Y_{22}} \tag{8}$$

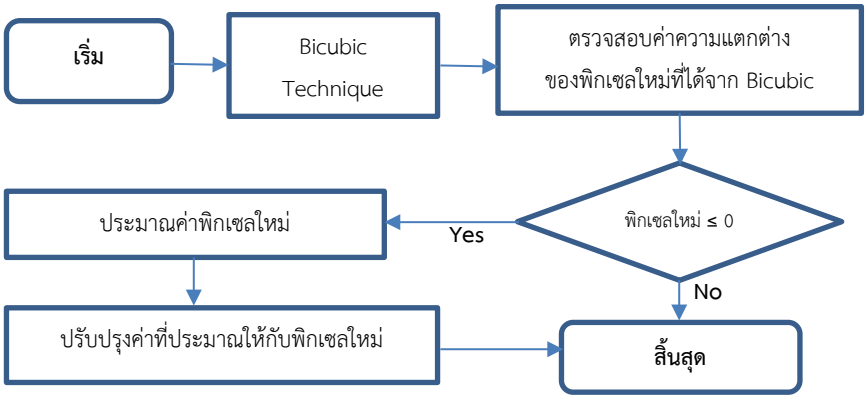
$$R_i = A_i x^3 + B_i x^2 + C_i x + D_i \tag{9}$$

ค่า R_i ใดๆ ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการคำนวณระยะห่างจากสี่จุดในแนวของ Row โดยกำหนดให้จุด A_i, B_i, C_i และ D_i แทน Column ในตำแหน่งต่างๆ สามารถหาค่า R_i ได้จากสมการที่ (9) แต่วิธีเทคนิค จากวิธีการของเทคนิค Bicubic เมื่อนำไปใช้ในการประมวลผลภาพ เพื่อปรับปรุงคุณภาพของภาพ ที่ต้องการขยายภาพให้มีขนาดใหญ่ขึ้นกว่าภาพต้นฉบับ ภาพใหม่ที่ได้จากเทคนิคนี้จะมีลักษณะเบลอ ภาพไม่มีความคมชัด และภาพขาดเส้นขอบ

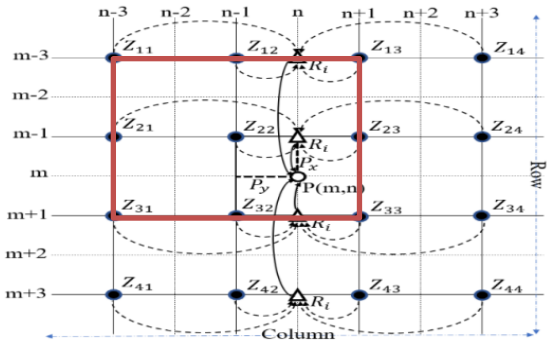
เทคนิค IE-T (Interpolation Based Enhancement Technique)

เพื่อให้ภาพที่ได้จากการขยายมีความละเอียดและความคมชัดของภาพเพิ่มมากขึ้น พร้อมทั้งลดปัญหาในความซับซ้อนของวิธีการ จึงได้ทำการปรับปรุงประสิทธิภาพของเทคนิค Bicubic ในบางส่วน โดยการเพิ่มวิธีการของเทคนิค IE-T เพื่อช่วยในการปรับปรุงคุณภาพของภาพให้มีความละเอียดและความคมชัดเพิ่มมากขึ้น เทคนิค IE-T มีขั้นตอนการประมวลผลตามภาพที่ 2 การประมวลผลภาพเพื่อแก้ปัญหาภาพไม่มีความคมชัดโดยวิธีการของเทคนิค IE-T จะทำงานหลังจากการประมวลผลของเทคนิค Bicubic ค่าข้อมูล ณ ตำแหน่งที่ต้องการประมาณค่าในเทคนิค

Bicubic จะถูกนำมาประมาณค่าอีกครั้งหนึ่งตามวิธีการของเทคนิค IE-T เพื่อให้พิกเซลใหม่ที่ต้องการประมาณค่ามีความถูกต้องมากที่สุด ในการประมาณค่าพิกเซล จะใช้วิธีปรับปรุงพิกเซลที่มีค่าความแตกต่างกับพิกเซลภายในพื้นที่ภาพโดยกำหนดขนาดพื้นที่ ใช้ในการหาค่าพิกเซล 3 x 3 พิกเซล มีการกำหนดขอบเขตให้กับภาพตามภาพที่ 3



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการทำงานของเทคนิค IE-T



ภาพที่ 3 กำหนดขอบเขตการประมาณค่าของเทคนิค IE-T

เพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการประมาณค่าพิกเซลและสามารถนำมาเขียนเป็นเมทริกซ์ของพื้นฐานการประมวลผลตามสมการที่ (10) จากนั้นทำการแทรกพิกเซลใหม่ที่มีค่าที่เหมาะสม แทนพิกเซลที่มีความแตกต่าง มีวิธีการสำหรับการประมวลผลของเทคนิคสำหรับการหาพิกเซลและประมาณค่าสีให้พิกเซลใหม่ดังต่อไปนี้

$$W_i = \begin{bmatrix} Z_{11}Z_{12}Z_{13} \\ Z_{21}Z_{22}Z_{23} \\ Z_{31}Z_{23}Z_{33} \end{bmatrix} \tag{10}$$

$$c_i = \frac{|Z_i - \bar{Z}_i|}{\bar{Z}_i} \tag{11}$$

$$\tilde{c}_i = \frac{Z_i - \bar{Z}_i}{\bar{Z}_i} \tag{12}$$

$$P_i = \frac{c_i - \tilde{c}_i}{\sum_{i=1}^{n} c_i} \tag{13}$$

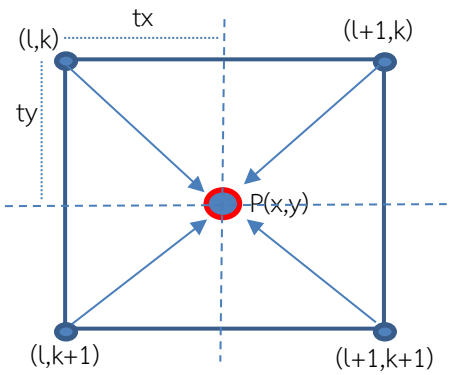
โดย $$P_i \begin{cases} P_i \leq 0 & \text{ประมาณค่าพิกเซลใหม่} \\ P_i > 0 & \text{ไม่ประมาณค่าพิกเซล} \end{cases} \quad (14)$$

กำหนดให้

$c_i, \tilde{c}_i$ คือ ค่าพิกเซลใหม่ภายในพื้นที่ W_i z_i คือ ค่าพิกเซลภาพต้นฉบับคุณภาพต่ำ

$\bar{z}_i$ คือ ค่าเฉลี่ยของพิกเซล P_i คือ ค่าของพิกเซลจุดที่สนใจ

จากพื้นที่ W_i กำหนดให้ Z_{22} เป็นพิกเซลที่ต้องการหาค่าความแตกต่างระหว่างพิกเซลรอบข้างภายในพื้นที่ W_i มีความแตกต่างกันมากน้อยเท่าใด ค่าที่ได้จะเป็นตัวกำหนดว่า พิกเซล Z_{22} ที่ได้จากการประมวลผลของ Bicubic ควรจะมีการปรับปรุงค่าพิกเซลใหม่หรือไม่ พิจารณาจากสมการที่ (15) ถ้าค่าพิกเซล P_i ที่ประมวลผลได้มีความแตกต่างจากพิกเซลรอบข้างมาก ค่าของพิกเซล P_i จะมีเท่ากับ 0 แต่ถ้าไม่มีความแตกต่างหรือมีความแตกต่างน้อย ค่าพิกเซล P_i จะมีค่ามากกว่า 0 ดังนั้น จึงนำหลักการนี้มาทำการปรับปรุงพิกเซลใหม่ให้กับภาพ โดยทำการตรวจสอบหาค่าพิกเซล P_i ที่มีค่าเป็น 0 เมื่อได้ตำแหน่งที่พิจารณาแล้วนำพิกเซล P_i ไปประมาณค่าพิกเซลใหม่ให้มีความใกล้เคียงกับพิกเซลรอบข้าง แต่ถ้าพิกเซล P_i มีค่ามากกว่า 0 ณ ตำแหน่งพิกเซลที่พิจารณาก็จะไม่ถูกนำไปประมาณค่าพิกเซลใหม่หรือไม่ถูกนำไปประมวลผลเพื่อปรับปรุงพิกเซลใหม่ ในการประมาณค่าพิกเซลใหม่ของเทคนิค IE-T จะมีวิธีการประมาณค่าดังแสดงตามภาพที่ 4



ภาพที่ 4 วิธีการประมาณค่าของเทคนิค IE-T

$$P(x,y) = (1-tx) \times im(l,k) + (1-tx) \times ty \times im(l,k+1) + tx \times (1-ty) \times im(l+1,k) + tx \times ty \times im(l+1,k+1) \quad (15)$$

โดย $tx = x - 1, ty = y - k$

กำหนดให้

$P(x,y)$ คือ พิกเซลใหม่ที่มีการประมาณค่าที่เหมาะสม

im คือ พิกเซลรอบข้าง

สำหรับการประมวลผลเพื่อประมาณค่าพิกเซลของงานวิจัยนี้ สามารถคำนวณหาค่าที่เหมาะสมของพิกเซลใหม่ได้จากสมการที่ (15) ในการประมาณค่าให้พิกเซลที่ได้ทำการหาค่าความแตกต่างแล้ว ณ ตำแหน่งที่สนใจจะใช้ข้อมูลภาพที่มีพิกเซลที่เป็นพิกเซลรอบข้างมาช่วยในการประมวลผล โดยจะใช้พิกเซลของภาพรอบข้างขนาด 2 x 2

พิกเซล เพื่อให้ได้ข้อมูลพิกเซลที่ต้องการประมาณค่าใหม่มีความถูกต้องมากที่สุด ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาเทคนิคและสามารถเขียนเป็นขั้นตอนวิธี (Algorithm) ของการตรวจสอบและพิจารณาพิกเซลในงานวิจัยนี้ตาม Algorithm 1

Algorithm 1: IE-T (การตรวจสอบพิกเซลที่แตกต่างและปรับปรุงพิกเซลใหม่)

```
1.  Bicubic Interpolation; set variable;
2.  input image, set variable;create Matrix zero(c,r,d); Loop,  read number into variable; m = 3, n = 3; l = 2, k= 2;
3.  for x = 0, x<m;For y = 0, y<n;   ZBar= MeanWindows(x, y);
4.  ZBc(x,y) = [Z(x,y) – Zbar] / ZBar;                    //สมการที่ (11)
5.  ZBC(x,y) = (Z(x,y) – Zbar) / ZBar;                    //สมการที่ (12)
6.  MeanW = SumWindows(x,y);
7.  P = ZBc(x,y) - ZBC(x,y) / MeanW;                      //สมการที่ (13)
8.  if ( P>0)(x,y) = ZB(x,y); end if ;                    //สมการที่ (14)
9.  if ( P ≤ 0) (x,y) = RemoveNoise;
10. (x,y) = OutputP(x,y);                                 //สมการที่ (15)
11. else  (x,y) = Z(x,y);
12. end;  End loop;
```

จาก Algorithm 1 เป็นวิธีการหาค่าพิกเซลที่มีความแตกต่างกันภายในพื้นที่สนใจภายในพื้นที่ภาพ ข้อมูลภาพที่นำเข้า Z(x,y) เป็นพิกเซลที่ตำแหน่ง (x,y) ของภาพและมีขนาด m x n ตำแหน่งของ (x, y) จะมีค่า โดย x = 0, 1, 2, ..., m-1 และ y = 0, 1, 2, ..., n-1 กำหนดพื้นที่ W_i สำหรับการพิจารณาหาค่าพิกเซลที่มีความแตกต่างจากพื้นที่ โดยวิธีการของเทคนิค IE-T สามารถกำหนดขนาดของเมทริกซ์ m x n กำหนดให้ m = 3 และ n = 3 ดังนั้นการหาค่าพิกเซลที่มีความแตกต่างจากพิกเซลที่ใกล้เคียงสามารถหาได้จากพื้นที่นี้ การประมวลผลของเทคนิค IE-T ในลำดับแรกจะต้องดำเนินการหาค่าเฉลี่ยของพื้นที่โดยหาได้จากฟังก์ชัน MeanWindows จากนั้นจะดำเนินการหาค่าความแตกต่างของพิกเซลภายในพื้นที่ W_i ที่ตำแหน่ง (x,y) สามารถคำนวณหาพิกเซลที่แตกต่างจากกลุ่มได้ตามสมการที่ (11) สมการที่ (12) และสมการที่ (13) และใช้ฟังก์ชัน SumWindows ในการประมวลผลเพื่อหาค่าผลรวมของพื้นที่ W_i จากนั้นทำการตรวจสอบพิกเซลที่สนใจ มีความแตกต่างจากพิกเซลในพื้นที่ W_i หรือไม่ โดยใช้สมการที่ (14) ถ้าพิกเซลที่สนใจมีค่ามากกว่า 0 แสดงว่าพิกเซลนั้น ไม่มีความแตกต่างจะไม่ถูกนำไปประมาณค่าพิกเซลใหม่ แต่ถ้าพิกเซลที่สนใจมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0 แสดงว่ามีความแตกต่างจากพิกเซลรอบข้าง จะทำการปรับปรุงพิกเซลที่เป็นพิกเซลที่ตำแหน่งที่มีความแตกต่างจากพิกเซลอื่น โดยทำการประมาณค่าพิกเซลใหม่ให้มีความเหมาะสมกับพิกเซลรอบข้างให้มากที่สุด สำหรับการประมาณค่าจะใช้สมการที่ (15) ช่วยในการประมวลผลร่วมกับการลดสัญญาณรบกวนด้วยฟังก์ชัน RemoveNoise และกำหนดขนาดของเมทริกซ์ l x k กำหนดให้ l = 2 และ k = 2 จากวิธีการเทคนิค IE-T เพื่อทำให้ภาพที่มีคุณภาพต่ำ ที่มีสัญญาณรบกวน มีความละเอียดและความคมชัดเพิ่มมากขึ้น และลดปัญหาความซับซ้อนของวิธีการ จึงได้ทำการปรับปรุงประสิทธิภาพบางส่วนของเทคนิค Bicubic ตามวิธีการ Algorithm 1 เพื่อประมาณค่าให้กับพิกเซลที่สนใจมีความถูกต้องมากที่สุด โดยสามารถพัฒนาเป็น Algorithm นำไปใช้ประมวลผลปรับปรุงคุณภาพของภาพและเพิ่มการปรับปรุงประสิทธิภาพสำหรับการตรวจสอบและประมาณค่าพิกเซลใหม่ของเทคนิค Bicubic โดยเพิ่มวิธีการของเทคนิค IE-T ตาม Algorithm1

ผลการวิจัย

การประเมินประสิทธิภาพของเทคนิค IE-T จะใช้ผลการทดลองจากค่า PSNR และค่า SSIM ซึ่งค่าที่ได้จะเป็นการวัดประสิทธิภาพของเทคนิคในการปรับปรุงคุณภาพจากภาพที่มีคุณภาพต่ำให้มีคุณภาพของภาพที่เพิ่มมากขึ้น โดยทำการเปรียบเทียบภาพที่ได้จากเทคนิคกับภาพต้นฉบับที่มีความละเอียดสูง และเพื่อให้เห็นถึงประสิทธิภาพของเทคนิค IE-T ในการปรับปรุงคุณภาพของภาพด้านการประมาณค่าพิกเซลในการเพิ่มความละเอียดและความคมชัดของภาพ จึงได้ทำการเปรียบเทียบผลการทดลองกับเทคนิค ASDS_LR_NL และเทคนิค Demo_SR ทั้งสองเทคนิคนี้เป็นเทคนิคที่ได้รับการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง และเป็นเทคนิคสำหรับการสร้างภาพความละเอียดสูง (Super-Resolution) ที่มีวิธีการสร้างภาพพื้นฐานจากการประมาณค่า พร้อมทั้งเปรียบเทียบผลการทดลองกับเทคนิค Bicubic มีผลการทดลองจากค่า PSNR และ SSIM ของภาพที่ได้จากเทคนิคดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2 ผลการทดลองกับภาพ Lena, Hat ที่ระดับสัญญาณรบกวนที่ 20dB

Scale	Lena						Hat					
	ASDS_AR_NL		Demo_SR		IE-T		ASDS_AR_NL		Demo_SR		IE-T	
	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM
x2	17.895	0.542	16.067	0.313	16.212	0.375	20.120	0.662	18.094	0.401	18.515	0.53
x4	12.767	0.187	14.701	0.155	15.672	0.236	11.378	0.124	14.983	0.141	17.122	0.274
x6	9.014	0.074	13.123	0.100	14.814	0.162	7.070	0.037	12.345	0.073	15.350	0.160
x8	8.063	0.043	12.202	0.072	13.531	0.154	6.281	0.016	11.240	0.037	14.390	0.105
x10	6.150	0.015	11.120	0.054	12.620	0.110	5.412	0.010	10.100	0.020	13.300	0.065
เฉลี่ย	10.777	0.172	13.442	0.138	**14.569**	**0.207**	10.052	0.170	13.352	0.134	**15.735**	**0.227**

ตารางที่ 3 ผลการทดลองกับภาพ Bike, Baboon ที่ระดับสัญญาณรบกวนที่ 20dB

Scale	Bike						Baboon					
	ASDS_AR_NL		Demo_SR		IE-T		ASDS_AR_NL		Demo_SR		IE-T	
	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM
x2	18.773	0.527	17.172	0.330	17.494	0.416	22.819	0.588	20.370	0.381	836.20	488.0
x4	11.890	0.157	14.735	0.144	16.445	0.250	14.415	0.134	17.356	0.142	446.19	269.0
x6	7.443	0.048	12.424	0.080	14.968	0.161	9.731	0.039	14.878	0.077	745.17	164.0
x8	5.290	0.021	11.300	0.056	14.752	0.115	7.623	0.024	13.560	0.043	17.120	0.135
x10	3.806	0.010	10.105	0.038	13.604	0.090	5.536	0.011	12.610	0.023	16.850	0.102
เฉลี่ย	9.440	0.153	13.147	0.130	**15.453**	**0.206**	12.024	0.159	15.754	0.133	**18.399**	**0.231**

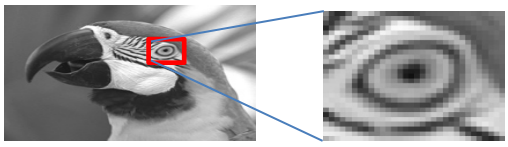
ตารางที่ 4 ผลการทดลองกับภาพ Butterfly, Parrots ที่ระดับสัญญาณรบกวนที่ 20dB

Scale	Butterfly						Parrots					
	ASDS_AR_NL		Demo_SR		IE-T		ASDS_AR_NL		Demo_SR		IE-T	
	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM
x2	23.766	0.680	21.665	0.427	22.621	0.576	20.980	0.610	18.998	0.349	19.317	0.470
x4	12.420	0.101	16.520	0.133	19.736	0.280	13.840	0.137	16.595	0.123	18.297	0.249
x6	7.479	0.022	13.312	0.064	17.047	0.156	9.470	0.050	14.427	0.069	16.946	0.147
x8	5.340	0.014	12.550	0.027	16.090	0.115	8.550	0.024	13.310	0.054	15.420	0.095
x10	3.452	0.000	11.425	0.007	15.200	0.045	7.400	0.015	12.215	0.025	14.820	0.045
เฉลี่ย	10.491	0.163	15.094	0.132	**18.139**	**0.234**	12.048	0.167	15.109	0.124	**16.960**	**0.201**

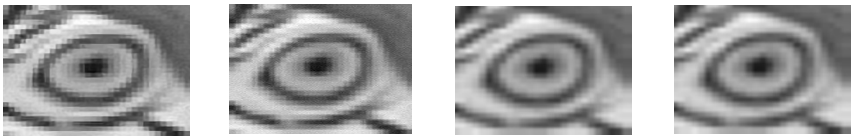
ตารางที่ 5 ผลการทดลองค่า PSNR และ SSIM กับภาพที่ใช้ในการทดลองกับเทคนิค Bicubic และ IE-T

Scale	PSNR						SSIM					
	Baboon		Butterfly		Hat		Baboon		Butterfly		Hat	
	Bicubic	IE-T	Bicubic	IE-T	Bicubic	IE-T	Bicubic	IE-T	Bicubic	IE-T	Bicubic	IE-T
x2	19.655	19.733	15.059	15.068	21.838	21.922	0.255	0.258	0.460	0.465	0.534	0.549
x4	18.434	18.676	14.31	14.41	19.064	19.407	0.172	0.182	0.300	0.311	0.242	0.263
x5	17.621	.17951	13.769	13.923	17.629	18.047	0.141	0.151	0.252	0.263	0.175	0.192
x8	15.530	16.012	12.700	12.830	15.630	16.020	0.073	0.095	0.196	0.209	0.103	0.117
x10	14.600	15.210	11.620	11.745	14.55	15.422	0.040	0.078	0.143	0.174	0.053	0.088
เฉลี่ย	17.168	**17.516**	13.491	**13.595**	17.742	**18.163**	0.136	**0.152**	0.270	**0.284**	0.221	**0.241**

จากผลการทดลองเทคนิค ตามตารางที่ 2, 3, 4 และ 5 กับภาพคุณภาพต่ำ และเพิ่มการขยายภาพให้มีขนาดที่ใหญ่ขึ้น ตามขนาด x2, x4, x6, x8 และ x10 เท่า เมื่อพิจารณาเฉพาะค่า PSNR เทคนิค IE-T มีค่า PSNR ในแต่ละภาพที่สูงกว่าเทคนิคอื่นที่ใช้ในการทดลองและมีค่าเฉลี่ยสูงสุดกับภาพ Baboon ตามตารางที่ 3 ที่ PSNR 18.399 และพิจารณาเฉพาะค่า SSIM เทคนิค IE-T มีค่า SSIM ในแต่ละภาพที่สูงกว่าเทคนิคอื่นที่ใช้ในการทดลองและมีค่าเฉลี่ยสูงสุดกับภาพ Butterfly ตามตารางที่ 4 ที่ SSIM 0.234 ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพของเทคนิค IE-T ที่มีความสามารถในการปรับปรุงคุณภาพของภาพที่มีคุณภาพต่ำที่มีขนาดเล็ก เมื่อทำการขยายภาพแล้วทำให้ภาพที่ได้จากการขยายมีคุณภาพในด้านความละเอียดและความคมชัดเพิ่มมากขึ้น สามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของภาพที่มีขนาดเล็ก ที่ต้องการขยายภาพให้มีขนาดที่ใหญ่ขึ้น ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และดีกว่าเทคนิคอื่นที่ใช้ในการทดลองและมีค่า PSNR และ SSIM ที่มีค่าสูงกว่า เทคนิค Bicubic ในทุกภาพที่ใช้ในการทดลอง

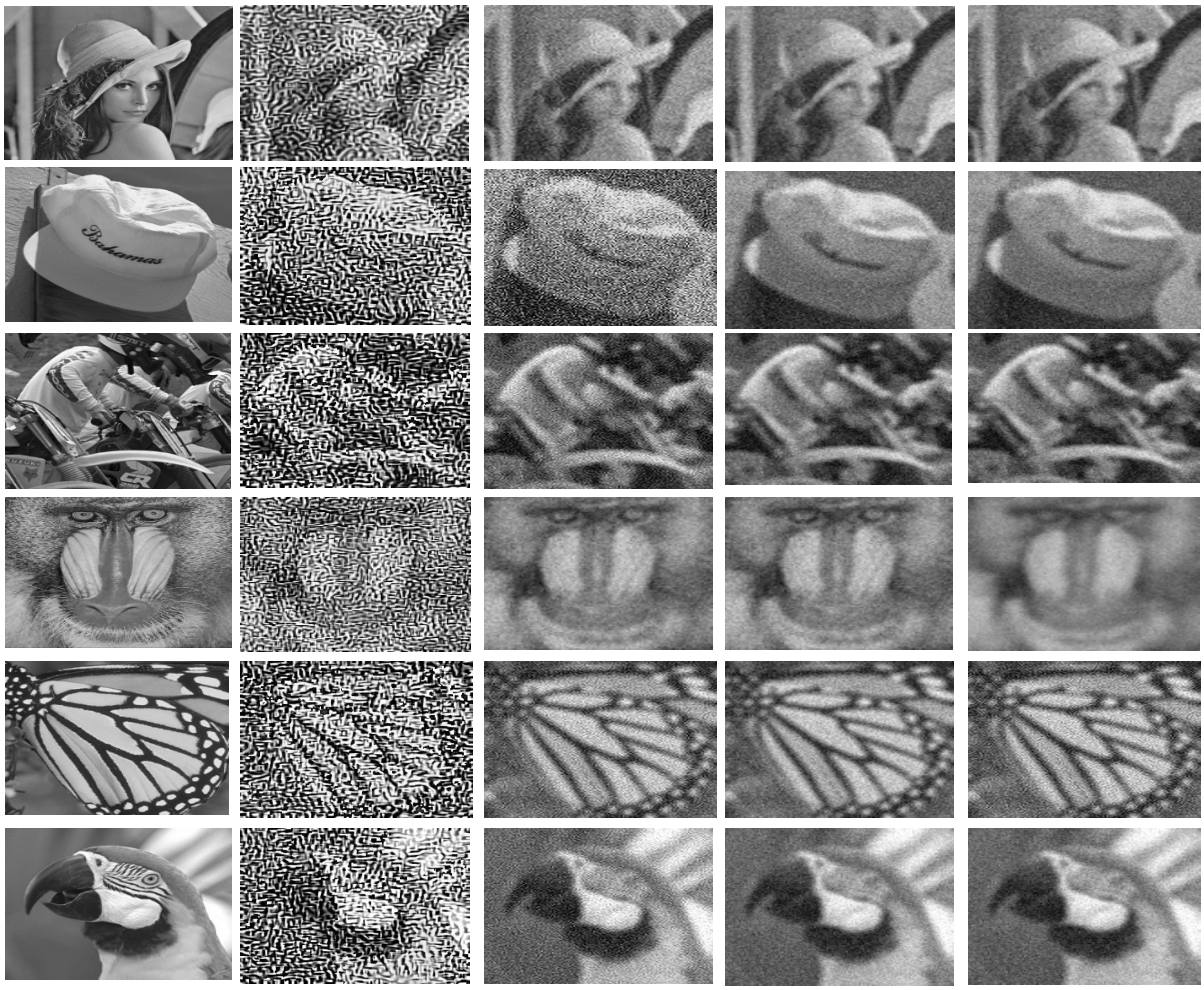


(ก) ภาพต้นฉบับ (ข) ภาพความละเอียดต่ำขยายขนาด 10 เท่า



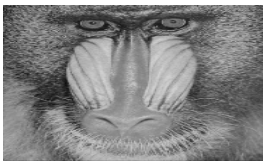
(ค) ASDS_AR_NL (ง) Demo_SR (จ) Bicubic (ฉ) IE-T

ภาพที่ 5 ผลการทดลองเทคนิค กับภาพ Parrots ที่มีการขยายภาพเฉพาะจุด ขนาด 10 เท่า



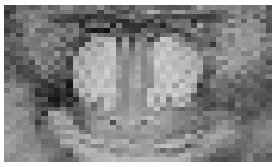
(ก) ภาพต้นฉบับ (HR) (ข) ASDS_AR_NL (ค) Demo_SR (ง) Bicubic (จ) IE-T

ภาพที่ 6 ภาพความละเอียดสูงจากผลการทดลองเทคนิคที่ใช้ในงานวิจัย ที่ได้จากขยายขนาด 10 เท่า เมื่อเทียบกับภาพต้นฉบับที่มีความละเอียดสูง (High-Resolution : HR)

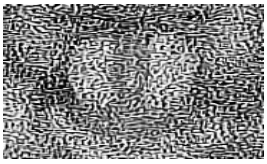


(ก) ภาพต้นฉบับ

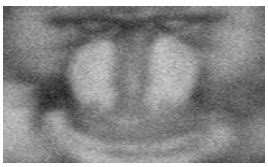
(ข) ภาพขนาดเล็กคุณภาพต่ำลดขนาด 4 เท่า



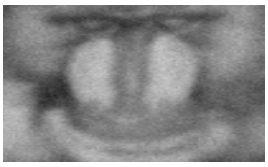
(ค) ภาพคุณภาพต่ำขยายขนาด 4 เท่า



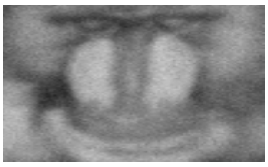
(ง) ASDS_AR_NL



(จ) Demo_SR



(ฉ) Bicubic



(ช) IE-T

ภาพที่ 7 ผลการทดลองเทคนิคที่ใช้ในงานวิจัย กับภาพ Baboon (ข) ที่มีการลดขนาดลง 4 เท่า

เมื่อพิจารณาจากภาพตัวอย่างจากผลการทดลอง ตามภาพที่ 6 และภาพที่ 7 เมื่อพิจารณาด้วยตาเปล่า ภาพที่ได้จากเทคนิค IE-T มีความราบเรียบ (Smooth) มากขึ้นกว่าเทคนิคอื่นที่ใช้ในการทดลองภาพมีความชัดเจนมากขึ้น แสดงให้เห็นว่าถึงประสิทธิภาพของเทคนิค IE-T ที่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มความละเอียดให้กับภาพที่ต้องการขยายได้ดีกว่าวิธีอื่นที่ใช้ในการทดลอง และสามารถแก้ปัญหาภาพที่มีสัญญาณรบกวนได้ดี เมื่อพิจารณาภาพที่ได้จากการขยายเฉพาะจุด ตามภาพที่ 5 จะสังเกตเห็นว่า ภาพที่ได้จากการปรับปรุงคุณภาพจากเทคนิค IE-T สามารถแก้ปัญญารอยหยัก ที่เกิดจากการขยายภาพให้มีขนาดใหญ่ขึ้นได้ดี สามารถขจัดรอยหยักของภาพที่ได้จากขยายได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อภิปรายผล

งานวิจัยนี้นำเสนอเทคนิค IE-T ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาบนพื้นฐานวิธีการประมาณค่าเพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาภาพที่มีขนาดเล็กที่ต้องการขยายภาพให้มีขนาดที่ใหญ่ขึ้น เทคนิค IE-T มีขั้นตอนในการประมวลผลร่วมกับเทคนิค Bicubic และใช้ข้อมูลภาพสำหรับการประมวลผลเทคนิคเป็นภาพแบบเกรย์สเกล กระบวนการประมวลผลของเทคนิคจะรับค่าของพิกเซลที่ประมวลผลได้จากเทคนิค Bicubic จะถูกนำมาพิจารณาหาตำแหน่งของพิกเซลที่มีความแตกต่างมากๆ จากพิกเซลรอบข้าง ภายในพื้นที่กำหนดที่มีขนาด 3 x 3 พิกเซล โดยที่พิกเซลที่มีความแตกต่างกันมากจะมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0 และจะถูกนำมาปรับปรุงพิกเซลใหม่ และถ้าพิกเซลที่มีความแตกต่างกันน้อยหรือไม่แตกต่างกันจะมีค่ามากกว่า 0 พิกเซลที่มีค่ามากกว่า 0 จะไม่ถูกนำมาปรับปรุงพิกเซล เมื่อพิจารณาหาพิกเซลที่มีความแตกต่างจากพื้นที่กำหนดแล้ว จะทำการปรับปรุงพิกเซลที่มีความแตกต่างนั้นจากพิกเซลรอบข้างขนาด 2 x 2 พิกเซล ซึ่งการกำหนดขนาดพิกเซลนี้ เมื่อมีการขยายภาพขนาดเล็กให้มีขนาดที่ใหญ่จะทำให้พิกเซลใหม่ที่สร้างขึ้นมามีค่าใกล้เคียงกับพิกเซลรอบข้าง จึงทำให้ภาพที่ได้จากเทคนิคนี้มีความละเอียดและความคมชัดเพิ่มมากขึ้น และยังสามารถแก้ปัญหาภาพที่มีสัญญาณรบกวนและภาพที่มีการเบลอได้ดี จากการทดลองเทคนิค IE-T ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพในการปรับปรุงความละเอียดและความคมชัดของภาพจากการขยายภาพขนาดเล็กให้มีขนาดที่ใหญ่ขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นวิธีการที่ง่าย และมีความรวดเร็วในการประมวลผลสามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงภาพที่มีคุณภาพต่ำจากภาพขนาดเล็ก ที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายในระบบเครือข่าย Internet ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

การปรับปรุงคุณภาพของภาพจากเทคนิค IE-T ฟังก์ชั่น (Function) ของเทคนิคจะทำงานร่วมกับโปรแกรม MATLAB การนำไปใช้งานเพื่อปรับปรุงคุณภาพของภาพจากการขยายภาพขนาดเล็ก ภาพที่นำมาใช้งานจะเป็นภาพแบบแรสเตอร์ และจะต้องปรับภาพให้เป็นภาพแบบ Gray Scale เพื่อให้ฟังก์ชั่นของเทคนิคงานวิจัยสามารถประมวลผลได้ เมื่อประมวลผลเสร็จแล้วจึงแปลงภาพให้เป็นภาพสีตามที่ต้องการโดยใช้เครื่องมือในโปรแกรม

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ผู้วิจัยจะนำไปพัฒนาต่อยอดในการเพิ่มความละเอียดและความคมชัดให้กับภาพที่มีสัญญาณรบกวนและภาพมีการเบลอมากๆ จากภาพที่ได้จากการบันทึกของระบบกล้องวงจรปิดหรือภาพวิดีโอ

เอกสารอ้างอิง

Haiwu, Z., Ming, H., Guawei, T., Xiwu, S., Guozhong, W. and Yiyan, F. (2020). A CNN-Based Post-Processing Algorithm for Video Coding Efficiency Improvement. *IEEE Access*, 8, 920-929.

Jieying, Z., Wanru, S., Yahong, W. and Feng, L. (2020). Image interpolation with adaptive k-nearest neighbours search and random nonlinear regression. *IET Image Processing*, 14(8), 1539-1548.

Jing, Z., Minhao, S., Lulu, Y. and Yunsong, L. (2020). Image super-resolution reconstruction based on sparse representation and deep learning. *Signal Processing: Image Communication,* 87, 75-89.

Li, H., Gao, Y., Dong, J. and Feng, G. (2018). Super-Resolution Based on Noise Resistance Deep Convolutional Network. *The Proceedings of the 2018 6th International Conference on Bioinformatics and Computational Biology*, 12-14 march 2018 at Chengdu China, 88-94.

Motmaen, M., Mohrekesh, M., Akbari, M., Karimi, N. and Samavi, S. (2018). Image Inpainting by Hyperbolic Selection of Pixels for Two-Dimensional Bicubic Interpolations. *The Proceedings of Electrical Engineering (ICEE), Iranian Conference*, 8-10 May 2018 at Mashhad Iran, 665-669.

Programmersought. (2018). *Digital image processing common data set Resources*. [Online]. Retrieved Jan 6, 2019, form: http://www.programmersought.com/article/7373391357/.

Suresha, D. and Prakash, H. (2016). Single picture super resolution of natural images using N -Neighbor Adaptive Bilinear Interpolation and absolute asymmetry based wavelet hard thresholding. *The Proceedings of the 2016 2nd International Conference on Applied and Theoretical Computing and Communication Technology(iCATccT)*, 21-23 July 2016 at Bangalore India, 387-393.

Thongpan, N., Rattanasiriwongwut, M. and Ketchum, M. (2019). Prototype of Real-time lane Detection device. *Sripatum Review of Science and Technology*, 11, 53-66. (in Thai)

Xueling, C., Yu, Z., Wei, L., Jinqiu, S. and Yanning, Z. (2020). Blur kernel estimation of noisy-blurred image via dynamic structure prior. *Neurocomputing*, 403, 268-281.

Yun, C., Yan, W. and Qi, L. (2018). Research on Digital Image Scaling Based on Bicubic Filter Algorithm. *The Proceedings of the 2018 IEEE 3rd International Conference on Image, Vision and Computing (ICIVC)*, 27-29 June 2018 at Chongqing China, 225-229.

Yunfeng, Z,, Ping, W., Fangxun, B., Xunxiang, Yao., Caiming, Z. and Hongwei, L. (2020). A Single Image Super-Resolution Method Based on ProgressiveIterative Approximation. *IEEE Transactions on Multimedia*, 22(6), 1407-1422.

Zhang, J., Cui, Y., Lu, S. and Xiao, L. (2017). Multilayer image segmentation based on Gaussian weighted Euclidean distance and nonlinear interpolation. *The Proceedings of the 2017 10th International Congress on Image and Signal Processing, BioMedical Engineering and Informatics (CISP-BMEI)*, 14-16 October 2017 at Shanghai China, 1-5.

Zhang, Y., Fan, Q., Bao, F., Liu, Y. and Zhang, C. (2018). Single-Image Super-Resolution Based on Rational Fractal Interpolation. *IEEE Transactions on Image Processing*, 27(8), 3782-3797.

การพัฒนาสื่อประสมเรื่องการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พืชท้องถิ่น ในชุมชนวัดช่อแล อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่

ศศิณิส์ภา พัชรธนโรจน์[1,*], พริ้มไพร วงค์ชมภู[2]
[1,2]ภาควิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

Received: 9 June 2020
Revised: 18 January 2021
Accepted: 5 November 2021

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยเรื่องนี้มีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้ (1) เพื่อพัฒนาสื่อประสมเรื่องการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พืชท้องถิ่น (2) เพื่อประเมินคุณภาพและประสิทธิภาพของสื่อประสม (3) เพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและประสิทธิผลทางการเรียนรู้ของผู้เรียนที่เรียนด้วยสื่อประสม (4) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนในการใช้สื่อประสม กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เลือกศึกษาจากประชากรที่มีลักษณะตรงตามวัตถุประสงค์ที่จะศึกษา โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือ (1) กลุ่มตัวอย่างผู้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับพืชท้องถิ่นในชุมชน ได้มาจากการสุ่ม จำนวน 86 คน (2) กลุ่มตัวอย่างร่วมจัดทำสื่อประสมโดยคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง คือ ตัวแทนชาวบ้านในชุมชน จำนวน 3 ท่าน และตัวแทนปราชญ์ชุมชนจำนวน 2 ท่าน (3) กลุ่มตัวอย่างผู้เชี่ยวชาญ คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง คือ ปราชญ์ชุมชนจำนวน 3 ท่านและตัวแทนครู จำนวน 2 ท่าน (4) กลุ่มตัวอย่างผู้ใช้งานสื่อประสมได้คัดเลือกตัวแทนคนในชุมชนและนักเรียนที่ได้จากการสุ่มอย่างง่าย จำนวน 28 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย การสนทนากลุ่ม การสัมภาษณ์ แบบสอบถาม แบบประเมินคุณภาพสื่อ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ แบบประเมินความพึงพอใจสื่อ ผลการวิจัยพบว่า (1) ผลการประเมินคุณภาพของสื่อมีค่าเฉลี่ยรวมเป็น 4.52 หมายถึงคุณภาพสื่อประสมอยู่ในระดับคุณภาพดีมาก (2) ผลการประเมินประสิทธิภาพของสื่อประสม พบว่ามีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ (E1/ E2) เท่ากับ 80.86/81.07 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 80/80 (3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่เรียนด้วยสื่อประสม พบว่าคะแนนการทดสอบก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.07 และคะแนนการทดสอบหลังเรียน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 24.32 พบว่าคะแนนเฉลี่ยของการทดสอบหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (4) ประสิทธิผลทางการเรียนรู้ของผู้เรียนที่เรียนด้วยสื่อประสม พบว่าพัฒนาการทางการเรียนของผู้เรียนดีขึ้น โดยคิดเป็นร้อยละของคะแนนทีเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 40.64 และ (5) ผลความพึงพอใจในการใช้สื่อประสม พบว่ามีความพึงพอใจโดยรวมแล้วเฉลี่ยเท่ากับ 4.56 ซึ่งอยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด

คำสำคัญ: สื่อประสม การอนุรักษ์ พืชท้องถิ่น

[*] ผู้ประสานงานหลัก; อีเมล: sasinipapat16@gmail.com

Development of Multimedia Media on Conservation and Use of Local Plants in Wat Cho Lae Community, Mae Taeng District, Chiang Mai Province

Sasinipa Patcharathanaroach[1,*], Phrimphrai Wongchomphu[2]
[1,2]Department of Computer, Faculty of Science and Technology,
Chiang Mai Rajabhat University

Received: 9 June 2020
Revised: 18 January 2021
Accepted: 5 November 2021

Abstract

The objectives of this research were as follows: (1) to develop multimedia on conservation and uses of local plants; (2) to assess the quality and efficiency of the developed multimedia; (3) to assess the learning achievement and learning effectiveness of learners who learned from the multimedia; (4) to study the satisfaction of learners with using the multimedia. The sample groups used in this study were selected from the groups of population relevant to the research objectives. So, there were four following groups of research sample: (1) the sample group of 86 randomly selected people who provided information of local plants in theirs community; (2) the sample group for the multimedia creation team consisting of five purposively selected people classified into three community representatives and two local wisdom representatives; (3) the sample group of purposively selected experts consisting of three local wisdom persons in the community and two teacher representatives; and (4) the sample group of 28 multimedia users consisting of selected community representatives and randomly selected students. Research data were collected via the focus group discussion, interviews, and the use of a questionnaire, a scale to assess the media quality, a learning achievement test, and a scale to assess satisfaction with the media. The results revealed that (1) the rating mean for the overall quality of the media was 4.52 indicating that quality of the multimedia was at the excellent level; (2) the result on efficiency assessment of the multimedia based on the E_1/E_2 efficiency criterion revealed that the multimedia were efficient at 80.86/81.07 that was higher than the set efficiency criterion of 80/80; (3) the result on comparison of learning achievements of students who learned from the multimedia revealed that their post-learning mean score (24.32) was significantly higher than their pre-learning mean score (14.07) at the .05 level of statistical significance; and (4) the result on learning effectiveness of students who learned from the multimedia revealed that their learning development was increased as calculated to be 40.64% of the increase of the learning mean; and (5) the result on satisfaction with the multimedia revealed that rating mean for satisfaction was 4.56 indicating that the satisfaction was at the highest level.

Keywords: Multimedia, Conservation, Local Plants

[*] Corresponding Author; Email: sasinipapat16@gmail.com

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

พืชในท้องถิ่นหรือพรรณพืชผักพื้นบ้าน คือ ผักหรือพืชไม้ที่เจริญในท้องถิ่น ส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ป่าเขา ห้วยบึง ริมน้ำ ทุ่งนา หรือถูกนำมาปลูกไว้ที่บ้าน ซึ่งผักพื้นบ้านมีหลากหลายชนิดมีชื่อเฉพาะของแต่ละท้องถิ่นและสามารถนำไปประกอบอาหารประจำถิ่นได้ การบริโภคส่วนใหญ่จะนำยอดอ่อน ดอก ผล และเมล็ด เรียกผักที่ให้ คุณค่าทางยานี้ว่า ผักพื้นบ้านสมุนไพร เพราะผักพื้นบ้านมีคุณค่ามหาศาล หาได้ง่าย ราคาถูก ปลูกง่าย ทนทานต่อดินฟ้าอากาศ ไม่ต้องดูแลมากเพียงเก็บ ยอด ดอก ใบ ก็จะแตกหน่อขึ้นมา (Thinkhaonoi, 2010)

พืชในท้องถิ่นสามารถหาได้ทั่วไปในท้องถิ่นมีติดครัวเรือนกันอยู่แล้วในรูปแบบของพืชผักสวนครัว เช่น ข่า ตะไคร้ มะนาว บางชนิดก็สวยงามพอที่จะปลูกเพื่อประดับสวนได้ด้วย พืชในท้องถิ่นเป็นพืชผักที่ไม่ใช้สารเคมี จึงปลอดภัยราคาไม่แพงมากนัก อีกทั้งยังมีคุณประโยชน์มากมายมหาศาล ทั้งคุณค่าทางอาหารสูง ทั้งวิตามิน เกลือแร่ ชาวบ้านนำมาบริโภคเป็นอาหารเป็นยารักษาโรคหรือนำมาทำเป็นของใช้สอยในครัวเรือน ผักพื้นบ้านนอกจากจะมีคุณค่าทางโภชนาการแล้ว ส่วนใหญ่ยังมีสรรพคุณเป็นยาสมุนไพร เนื่องจากมีรสยา ที่หลากหลายอยู่ในผักพื้นบ้าน ตามทฤษฎีการแพทย์แผนไทย ให้ความสำคัญกับรสอาหารพื้นบ้าน (Leewairoj, 2020) ปัจจุบันพบว่าพืชในท้องถิ่นเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์เป็นอย่างมากเนื่องจากประชาชนขาดความรู้เกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากพืชท้องถิ่น มีการนำพืชท้องถิ่นมาใช้ประโยชน์แต่ขาดการดูแลรักษาและอนุรักษ์จนปริมาณลดลง และเกือบสูญพันธุ์จากถิ่นกำเนิดพืชบางชนิดมีมาช้านาน แต่มิได้เป็นที่ล่วงรู้ถึงคุณประโยชน์จนอาจถูกละเลยหรือถูกทำลายไปอย่างน่าเสียดายทำให้เกิดการทำลายทั้งโดยตั้งใจและไม่ตั้งใจ หากไม่มีการดูแลหรือการอนุรักษ์จะทำให้เกิดการสูญพันธุ์ของพืชท้องถิ่นในอนาคต (Chomjumpee, 2018)

การนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้และพัฒนาสื่อประสมในการถ่ายทอดความรู้เกี่ยวกับพืชในท้องถิ่นให้กับผู้เรียนและผู้ที่สนใจมากยิ่งขึ้น เช่น งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง พืชใกล้ตัวเรา สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้ทฤษฎีพฤติกรรมนิยม พบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประสิทธิภาพ เท่ากับ 82.00/83.56 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้ และ มีค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติที่ระดับ .05 (Tantlert, 2017) และงานวิจัยเรื่อง การพัฒนาสื่อการสอนทางอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง สมุนไพรเพื่อสุขภาพ โดยกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชนในเทศบาลเมืองเมืองแกนพัฒนา อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ ผลพบว่า สื่อการสอนที่ได้พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด และผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจกลุ่มตัวอย่างที่ใช้งานสื่อการสอน มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก (Maneelert, 2017) และการพัฒนาสื่อประสมแบบปฏิสัมพันธ์เพื่อส่งเสริม ความฉลาดทางอารมณ์ สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่า วิดีโอเหตุการณ์จำลองที่ใช้ ตัวละครและภาพเคลื่อนไหวด้วยการ์ตูนแอนิเมชั่น 2 มิติโดยรวมมีคุณภาพดีมาก สื่อประสมแบบปฏิสัมพันธ์มีประสิทธิภาพเท่ากับ 85/94 และมีค่าดัชนีประสิทธิผลความฉลาด ทางอารมณ์ที่พัฒนาขึ้นร้อยละ 68.36 และหลังการใช้สื่อประสมแบบปฏิสัมพันธ์เพื่อส่งเสริมความฉลาด ทางอารมณ์ นักเรียนมีความพึงพอใจโดยรวมและรายด้านอยู่ในระดับมาก (Samutsri, 2018)

สื่อประสมที่ดีควรมีการออกแบบและการนำเสนอเนื้อหาที่ทำให้ผู้เรียนได้ความรู้และความเข้าใจตรงตามจุดประสงค์ของบทเรียน เรียงลำดับเนื้อหาจากระดับง่ายไปสู่ยากจะช่วยให้ผู้เรียนสนใจและเข้าใจเนื้อหาได้เร็วขึ้น ผู้เรียนต้องสามารถเรียนรู้หรือทำกิจกรรมด้วยตนเอง สามารถทบทวนซ้ำได้บ่อยครั้ง มีการโต้ตอบกับผู้เรียน ซึ่งจะทำให้ผู้เรียน ได้เข้าใจเนื้อหามากขึ้น นอกจากนี้การนำสื่อต่างๆ ที่นำมารวมไว้ในสื่อประสม เช่น ตัวอักษร ภาพ เสียง

ภาพเคลื่อนไหว และวีดิโอจะต้องมีความเหมาะสมซึ่งสื่อที่มีคุณภาพควรได้รับการตรวจสอบประสิทธิภาพของสื่อให้อยู่ในระดับที่ต้องการก่อนจะนำไปใช้ ดังนั้นสื่อประสมควรจะได้รับการประเมินทั้งคุณภาพของสื่อที่มีต่อการเรียนการสอน การออกแบบหน้าจอการใช้งานและประสิทธิภาพของสื่อประสมนั้นด้วย

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาสื่อประสมเรื่องการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พืชท้องถิ่น ในชุมชนวัดช่อแล อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ โดยการใช้ประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ผสมผสานรูปแบบการนำเสนอข้อมูล รวบรวมข้อมูลวิเคราะห์และออกแบบให้ตอบสนองต่อการรับรู้และเรียนรู้ด้วยตนเองในรูปแบบของภาพประกอบ ภาพเคลื่อนไหว เสียง และวิดีทัศน์ ที่จะช่วยอธิบายเนื้อหาในเรื่องที่เรียนได้ดียิ่งขึ้นส่งผลให้เพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนการสอน รวมทั้งสามารถพัฒนารูปแบบและรายวิชาที่เป็นความรู้ทางด้านการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พืชท้องถิ่นนำมาจัดสร้างเป็นสื่อการสอนในรูปแบบสื่อประสม โดยการออกแบบได้นำความก้าวหน้าด้านเทคโนโลยีสารสนเทศบูรณาการเข้ากับแนวคิดทฤษฎีการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นสอนให้ความรู้กับนักเรียนและประชาชนที่สนใจได้เรียนรู้ สร้างจิตสำนึกปลูกฝังให้เด็กมีความสนใจที่จะทำการศึกษาและอนุรักษ์พันธ์พืชท้องถิ่น โดยให้เห็นคุณค่าประโยชน์และมุ่งหวังให้ประชาชนในพื้นที่ตระหนักร่วมคิด ร่วมปฏิบัติ สร้างจิตสำนึกให้คนในชุมชนมีความรักในการอนุรักษ์พันธ์พืชท้องถิ่นในการใช้ประโยชน์พืชท้องถิ่น เพื่อถ่ายทอดไปยังผู้เรียน ตลอดจนให้มีการเผยแพร่สื่อสื่อประสมให้แพร่หลาย สื่อถึงกันได้ทั่วประเทศเกี่ยวกับการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์จากพืชท้องถิ่นอย่างยั่งยืนต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาสื่อประสมเรื่องการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พืชท้องถิ่น ในชุมชนวัดช่อแล อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่
2. เพื่อประเมินคุณภาพและประสิทธิภาพของสื่อประสมเรื่องการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พืชท้องถิ่น
3. เพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและประสิทธิผลทางการเรียนรู้ของผู้เรียนที่เรียนด้วย สื่อประสมเรื่องการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พืชท้องถิ่น
4. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนในการใช้สื่อประสมเรื่องการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พืชท้องถิ่น

วิธีดำเนินการวิจัย

แบบแผนการวิจัย

แบบแผนของการวิจัยนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development)

ประชากรและตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ บุคคลที่อาศัยอยู่ในชุมชนวัดช่อแล อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่

กลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยได้เลือกวิธีการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง โดยเลือกศึกษาจากประชากรที่มีลักษณะตรงตามวัตถุประสงค์ที่จะศึกษา เพื่อให้ได้บุคคลที่สามารถให้ข้อมูลตรงตามที่ต้องการและมีส่วนได้ ส่วนเสียกับผลการวิจัยได้ โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มตัวอย่างผู้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับพืชท้องถิ่นในชุมชน คือ ตัวแทนที่สามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับพื้นฐานเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากพืชท้องถิ่นที่เชื่อถือได้จากจำนวนประชากรทั้งหมด 110 คน ทำการกำหนดกลุ่มตัวอย่างของ Taro Yamane ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สัดส่วนความคลาดเคลื่อน 0.05 โดยกลุ่มตัวอย่างได้มาจากการสุ่มเป็นเพศชาย ช่วงอายุ 28-45 ปี จำนวน 44 คนและเพศหญิง ช่วงอายุ 28-45 ปี จำนวน 42 คน รวมทั้งหมด 86 คน

2. กลุ่มตัวอย่างร่วมทำสื่อประสมการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์จากพืชท้องถิ่น โดยคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงที่มีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับพืชท้องถิ่นในชุมชน ซึ่งการศึกษานี้ได้คัดเลือกตัวแทน คือ ตัวแทนชาวบ้านในชุมชนเป็นเพศหญิง ช่วงอายุ 28-45 ปี จำนวน 3 ท่าน และตัวแทนปราชญ์ชุมชนเป็นเพศชาย ช่วงอายุ 30-45 ปี จำนวน 2 ท่าน

3. กลุ่มตัวอย่างผู้เชี่ยวชาญ คือ ผู้ที่สามารถให้ข้อมูลองค์ความรู้เกี่ยวกับการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พืชท้องถิ่น และตรวจสอบความถูกต้องของสื่อประสม และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ เรื่อง การอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พืชท้องถิ่น ซึ่งการศึกษานี้ได้คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง คือ ปราชญ์ชุมชนเป็นเพศชาย ช่วงอายุ 30-45 ปี จำนวน 3 ท่าน และตัวแทนครูเป็นเพศหญิง ช่วงอายุ 28-40 ปี จำนวน 2 ท่าน เป็นครูผู้สอนรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานในชุมชนวัดช่อแล อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่

4. กลุ่มตัวอย่างผู้ใช้งานสื่อประสมสำหรับทดสอบประสิทธิภาพของสื่อประสมเรื่องการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พืชท้องถิ่น ซึ่งการศึกษานี้ได้คัดเลือกตัวแทนคนในชุมชน ช่วงอายุ 30-45 ปีเป็นเพศชาย 3 คน เพศหญิง 4 คนและนักเรียนชาย จำนวน 9 คน นักเรียนหญิง 12 คน ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวัดช่อแล อำเภอ แม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ ทั้งหมดได้จากการสุ่มอย่างง่าย รวมจำนวน 28 คน

เครื่องมือวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อดำเนินการศึกษางานวิจัยครั้งนี้ โดยวิธีการใช้แบบสอบถามการจัดเวทีชาวบ้าน เพื่อระดมความคิดของประชากรเป็นวิธีการหลัก โดยการพิจารณาภายใต้สภาพแวดล้อมและความเป็นจริงที่เกิดขึ้นในชุมชน โดยผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลดังต่อไปนี้ 1. แบบสอบถามเพื่อใช้สำรวจและสัมภาษณ์เกี่ยวกับบริบททั่วไปของชุมชน ผู้วิจัยใช้แบบสอบถามในการรวบรวมข้อมูลโดยได้กำหนดกรอบกว้างๆ ตามที่เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์จากพืชในท้องถิ่น

2. สื่อประสม เรื่อง การอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พืชท้องถิ่น

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ เรื่อง การอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พืชท้องถิ่น ซึ่งแบบทดสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

4. แบบประเมินคุณภาพสื่อประสม เพื่อใช้ประเมินคุณภาพสื่อประสมจากผู้เชี่ยวชาญ เป็นการประเมินของผู้เชี่ยวชาญจากแบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Wasukri, 2010) โดยการมีการแบ่งระดับคุณภาพ ดังนี้

5	หมายถึง	คุณภาพดีมาก
4	หมายถึง	คุณภาพดี
3	หมายถึง	คุณภาพปานกลาง
2	หมายถึง	คุณภาพน้อย
1	หมายถึง	คุณภาพน้อยที่สุด

การแปรผลจากการตอบแบบประเมิน สามารถแปรผลได้ ดังนี้

5.00 – 4.50	หมายถึง	คุณภาพดีมาก
4.49 – 3.50	หมายถึง	คุณภาพดี
3.49 – 2.50	หมายถึง	คุณภาพปานกลาง
2.49 – 1.50	หมายถึง	คุณภาพน้อย
1.49 – 0.00	หมายถึง	คุณภาพน้อยที่สุด

5. แบบประเมินความพึงพอใจการเรียนรู้ด้วยสื่อประสม เรื่อง การอนุรักษ์และใช้ประโยชน์จากพืชท้องถิ่น ความพึงพอใจจากการรับชมสื่อจากการหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีลักษณะแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) วิธีการของ Likert (Srisaad, 2010) ซึ่งมี 5 ระดับ คือ พึงพอใจมากที่สุด พึงพอใจมาก พึงพอใจปานกลาง พึงพอใจน้อย และพึงพอใจ น้อยที่สุด ดังนี้

เกณฑ์การให้คะแนนความพึงพอใจต่อสื่อประสมดังนี้

ความพึงพอใจมากที่สุด	กำหนดให้	5	คะแนน
ความพึงพอใจมาก	กำหนดให้	4	คะแนน
ความพึงพอใจปานกลาง	กำหนดให้	3	คะแนน
ความพึงพอใจน้อย	กำหนดให้	2	คะแนน
ความพึงพอใจน้อยที่สุด	กำหนดให้	1	คะแนน

นำผลการประเมินที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยโดยยึดเกณฑ์การตัดสินใจ ดังนี้

ระดับคะแนน		เกณฑ์การประเมิน
4.50 – 5.00	หมายถึง	ความพึงพอใจมากที่สุด
3.50 – 4.49	หมายถึง	ความพึงพอใจมาก
2.50 – 3.49	หมายถึง	ความพึงพอใจปานกลาง
1.50 – 2.49	หมายถึง	ความพึงพอใจน้อย
1.00 – 1.49	หมายถึง	ความพึงพอใจน้อยที่สุด

6. ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนาสื่อประสม ได้แก่ โปรแกรม Adobe Animate CC ใช้ในการออกแบบ story board โปรแกรม Adobe Flash CS6 ใช้ในการสร้างภาพเคลื่อนไหวในสื่อประสม และโปรแกรม Adobe Illustrator CS6 ใช้ในการวาดภาพและตกแต่งภาพในสื่อประสม โปรแกรม Adobe Audition CS6 ใช้ในการอัดเสียงและตกแต่งเสียง และใช้โปรแกรม Adobe Premiere Pro 2020 ใช้ในการตัดต่อภาพและเสียงในสื่อประสม

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้ ได้นำหลักการทางด้านกระบวนการผลิตสื่อประสมมาประยุกต์ใช้ ได้แก่ ขั้นตอนการดำเนินการดังต่อไปนี้ (Songkram, 2014)

1. การวางแผน (Planning) คือ การกำหนดเป้าหมายของการเรียนให้ชัดเจนรวมทั้งกลุ่มเป้าหมายและความต้องการรวมถึงการวางแผนการปฏิบัติงาน โดยแบ่งขั้นตอนการทำงานออกเป็นระยะๆ

2. การออกแบบ (design) เป็นการกำหนดรูปแบบ วางโครงสร้างของเนื้อหา การเขียนแผนโครงเรื่อง (Storyboard) ตั้งแต่เฟรมแรกจนถึงเฟรมสุดท้ายว่าจะนำเสนอข้อมูลนั้นด้วยวิธีการแบบใด

3. การพัฒนา (Development) เป็นขั้นตอนการ เขียนโปรแกรม โดยนำกราฟิกหน้าจอ รวมทั้งภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว วีดิทัศน์ และเสียงที่ได้จัดเตรียมไว้แล้วมาประกอบลงในโปแกรมจนสมบูรณ์ สวยงาม

4. การประเมินและปรับปรุง (Evaluation and Revise) ประกอบด้วยขั้นตอนการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ และทดลองใช้กับผู้เรียน ตลอดจนการปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้บทเรียนมีคุณภาพ

จากการหลักการทางด้านกระบวนการผลิตสื่อประสมที่กล่าวข้างต้น ผู้จัดทำได้นำมามาประยุกต์ใช้ โดยแบ่งขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย ประกอบด้วยการดำเนินงาน 5 ระยะ โดยรายละเอียดการดำเนินการวิจัยมีทั้งหมด ดังนี้

1. ศึกษา สร้างความเข้าใจ และการมีส่วนร่วมกับผู้ที่เกี่ยวข้อง เป็นการประสานงานสร้างความร่วมมือในการดำเนินงานให้ผู้เกี่ยวข้องได้รับทราบ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลบริบทของชุมชนเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากพืชในท้องถิ่น ผู้วิจัยลงพื้นที่เพื่อพบปะพูดคุยกับชาวบ้านในชุมชนโดยการสัมภาษณ์จากแบบสอบถาม การสังเกตแบบมีส่วนร่วม และการสนทนากลุ่มในเรื่องการใช้ประโยชน์และแนวทางอนุรักษ์พืชในท้องถิ่น ซึ่งได้รับความร่วมมือจากชาวบ้าน ปราชญ์ชุมชน ครูและนักเรียนในโรงเรียนวัดช่อแล อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ เป็นอย่างดีโดยมีการแลกเปลี่ยนข้อคิดเห็นเกี่ยวกับความต้องการของชุมชนรับทราบประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นร่วมกันและรับทราบข้อจำกัดที่มีอยู่ในชุมชนเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาสื่อประสมร่วมกัน

2. จัดสร้างสื่อประสม ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากการศึกษาบริบทชุมชน และการสำรวจพื้นที่และข้อมูลการใช้ประโยชน์จากพืชท้องถิ่นในชุมชน มาออกแบบจัดวางโครงเรื่องพัฒนาสื่อประสมโดยใช้หลักการ ทฤษฎีทางด้านการผลิตสื่อประสม มาประยุกต์ใช้ในการดำเนินงาน โดยกระบวนการมีส่วนร่วมกับชุมชนโดยคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงที่มีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับพืชท้องถิ่นในชุมชนซึ่งการศึกษานี้ผู้วิจัยได้คัดเลือกตัวแทน คือ ตัวแทนชาวบ้านเป็นเพศหญิง ช่วงอายุ 28-45 ปี จำนวน 3 ท่าน และตัวแทนปราชญ์ชุมชนเป็นเพศชายช่วงอายุ 30-45 ปี จำนวน 2 ท่าน เพื่อร่วมกันคิดวิธีการนำเสนอสื่อในลักษณะต่างๆ และร่วมกันสร้างรูปแบบของสื่อประสม จนกระทั่งตรวจสอบลำดับเนื้อหาข้อมูลความรู้เกี่ยวกับพืชท้องถิ่นและพิจารณาความสอดคล้องขององค์ความรู้ที่ได้ เพื่อสามารถนำไปเป็นสื่อประกอบการเรียนการสอนทั้งในห้องเรียนและนอกห้องเรียนได้อย่างเหมาะสมตรงตามความต้องการ

3. สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ เรื่อง การอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พืชท้องถิ่น หลังจากพัฒนาสื่อประสมแล้วจึงนำสื่อเข้าสู่กระบวนการหาประสิทธิภาพของสื่อเพื่อให้มีประสิทธิภาพก่อนนำไปทดลองใช้งาน โดยได้นำสื่อไปประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญโดยคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง จำนวน 5 ท่าน ได้แก่ ปราชญ์ชุมชนเป็นเพศชายช่วงอายุ 30-45 ปี จำนวน 3 ท่านและตัวแทนครูเป็นเพศหญิง ช่วงอายุ 28-40 ปี จำนวน 2 ท่าน เป็นครูผู้สอนรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานในชุมชนวัดช่อแล อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ ที่สามารถตรวจสอบความถูกต้องของสื่อประสมและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เรื่องการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พืชท้องถิ่น ตรวจสอบความเหมาะสมโดยหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ได้เท่ากับ 1 แสดงว่า ข้อคำถามในแบบทดสอบวัดได้ตรงจุดประสงค์และตรงตามเนื้อหานั้น สามารถนำแบบทดสอบไปใช้งานได้

4. นำสื่อประสม เรื่อง การอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พืชท้องถิ่น ที่ผ่านการตรวจสอบความถูกต้องและประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ และปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้งานสื่อประสมเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของสื่อประสม ซึ่งการศึกษานี้ได้คัดเลือกตัวแทนคนในชุมชน ช่วงอายุ 30-45 ปี เป็นเพศชาย 3 คน เพศหญิง 4 คน และนักเรียนชาย จำนวน 9 คน นักเรียนหญิง 12 คน ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวัดช่อแล อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ ทั้งหมดได้จากการสุ่มอย่างง่าย รวมจำนวน 28 คน โดยเริ่มให้กลุ่มตัวอย่างผู้ใช้งานทำแบบทดสอบก่อนเรียนและเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้ทำแบบทดทดสอบ จากนั้นทดลองเรียนโดยใช้สื่อประสม เรื่อง การอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พืชท้องถิ่น ระหว่างเรียนจะมีการทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียนและเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการทำแบบฝึกหัด เมื่อทดลองเรียนครบหมดทุกเรื่องแล้วให้กลุ่มตัวอย่างผู้ใช้งานทำแบบทดสอบหลังเรียนและเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการทำแบบทดสอบ สุดท้ายขอความร่วมมือกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้งานทำแบบประเมินความพึงพอใจสื่อประสมแล้วนำผลมาวิเคราะห์ ด้วยวิธีทางสถิติ เพื่อพิจารณาความเหมาะสม และร่วมกันให้ข้อเสนอแนะเพื่อให้การเรียนรู้ด้วยสื่อประสมสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้และระดับของผู้เรียน จากนั้นผู้วิจัยรวบรวมข้อเสนอแนะและร่วมกันทำการปรับปรุงแก้ไขให้มีความถูกต้องแล้วจึงดำเนินการจัดทำคู่มือใช้งาน

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบ โดยหาค่าความเที่ยงตรงของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์กับแบบทดสอบด้วยการหาค่า IOC (Index of Item objective Congruence) ซึ่งอาศัยผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบกระบวนการสร้างแบบทดสอบ เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของแบบทดสอบก่อนที่จะนำแบบทดสอบไปใช้งานจริง

2. การประเมินประสิทธิภาพของสื่อประสมที่ทำให้ผู้เรียนมีความสามารถทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียน และแบบทดสอบหลังเรียนได้บรรลุวัตถุประสงค์ตามที่วางไว้ โดยการกำหนด E1/E2 เนื่องจากในการพิจารณาตามเกณฑ์มาตรฐาน เนื้อหาของสื่อประสมเป็นรายวิชาที่เป็นความรู้ ความจำ ที่มีความยากง่ายปานกลาง จึงพิจารณาตั้งเกณฑ์ให้อยู่ประมาณ 80/80 ดังนั้นผู้วิจัยได้เลือกการกำหนด E1/E2 ไว้ ที่ 80/80 เมื่อเรียนจากสื่อประสมแล้วผู้เรียนจะสามารถทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียนได้ผลเฉลี่ย 80% และประเมินหลังเรียนด้วยแบบทดสอบได้ผลเฉลี่ย 80%

3. การประเมินเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ก่อนและหลังเรียนของผู้เรียนที่นำสื่อประสมไปใช้ในการเรียนรู้ โดยนำข้อมูลคะแนนการทำแบบทดสอบก่อนเรียน และแบบทดสอบหลังเรียนของผู้ใช้งานสื่อประสมมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยและการวิเคราะห์เปรียบเทียบด้วยสถิติ โดยใช้การทดสอบค่าที (t-test)

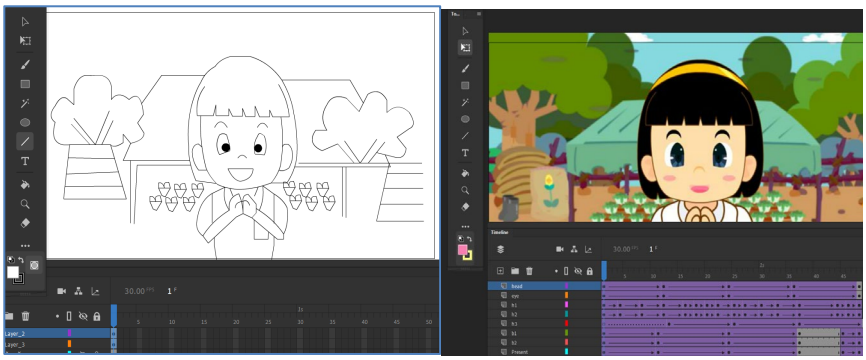
4. การประเมินประสิทธิผลทางการเรียนของผู้เรียนหลังจากการนำสื่อประสม เรื่อง การอนุรักษ์ และใช้ประโยชน์พืชท้องถิ่นไปใช้ในกระบวนการเรียนรู้ซึ่งทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยการหาค่าร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าทีเฉลี่ย และเปรียบเทียบประสิทธิผลทางการเรียนรู้ด้วยการทดสอบค่า t-score

5. การวิเคราะห์ความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่นำสื่อประสม เรื่อง การอนุรักษ์และใช้ประโยชน์จากพืชท้องถิ่นไปใช้ในกระบวนการเรียนรู้ นำมาวิเคราะห์ความพึงพอใจจากการรับชมสื่อจากการหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีลักษณะแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale)

ผลการวิจัย

1. ผลจากการพัฒนาสื่อประสมการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พืชท้องถิ่นนำข้อมูลจากการศึกษาบริบทชุมชนและการสำรวจข้อมูลการใช้ประโยชน์จากพืชท้องถิ่นในชุมชน มาออกแบบจัดวางโครงเรื่องพัฒนาสื่อประสมโดยใช้หลักการทฤษฎีทางด้านการผลิตสื่อประสมมาประยุกต์ใช้ในการดำเนินงานโดยกระบวนการมีส่วนร่วมกับชุมชนที่มีลักษณะการนำเสนอในรูปแบบของการ์ตูนเล่าเรื่องและเป็นตัวดำเนินเรื่องให้เกิดเหตุการณ์ต่างๆ ประกอบกับการใช้วีดีโอสาธิตในการนำเสนอ ตามตัวอย่าง ดังภาพที่ 1 และภาพที่ 2

ภาพที่ 1 ตัวอย่างสื่อประสม ฉากแนะนำพืชท้องถิ่น



ภาพที่ 2 ตัวอย่างการออกแบบ storyboard และภาพแสดงการใช้ซอฟต์แวร์ระหว่างการสร้างสื่อประสม

2. ผลการวิเคราะห์คุณภาพสื่อประสม เรื่อง การอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พืชท้องถิ่น โดยคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง ซึ่งการศึกษานี้ได้คัดเลือกตัวแทน คือ ปราชญ์ชุมชน เพศชายช่วงอายุ 30-45 ปี จำนวน 3 ท่าน และตัวแทนครูเป็นเพศหญิง ช่วงอายุ 28-40 ปี จำนวน 2 ท่าน เป็นครูผู้สอนรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานในโรงเรียนวัดช่อแล อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ ทำการตรวจสอบและประเมินคุณภาพสื่อประสม เรื่องการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พืชท้องถิ่น โดยได้ผลการประเมิน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพสื่อประสม เรื่อง การอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พืชท้องถิ่น

รายการประเมิน	Mean	S.D.	ระดับคุณภาพ
การลำดับขั้นตอนในการนำเสนอเนื้อหา	4.40	0.55	ดี
ความเหมาะสมของภาพประกอบสื่อ	4.60	0.55	ดีมาก
การนำเสนอน่าสนใจ	4.40	0.55	ดี
ความชัดเจนของเสียงบรรยาย	4.80	0.45	ดีมาก
ความถูกต้องครบถ้วนของข้อมูล	4.40	0.55	ดี
ค่าเฉลี่ยรวม	4.52	0.53	ดีมาก

จากตารางที่ 1 สรุปได้ว่า พบว่า ด้านที่มีคุณภาพสูงที่สุดคือ ด้านที่ 4 ความชัดเจนของเสียงบรรยาย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.80 หมายถึง ระดับคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก รองลงมาคือด้านที่ 2 ความเหมาะสมของภาพประกอบสื่อ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.60 ระดับคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก และด้านที่มีคุณภาพน้อยสุด คือ ด้านที่ 1 การลำดับขั้นตอนในการนำเสนอเนื้อหา มีค่าเฉลี่ยเป็น 4.40 ระดับคุณภาพอยู่ในระดับดี และโดยภาพรวมคุณภาพสื่อมีค่าเฉลี่ยรวมเป็น 4.52 หมายถึงคุณภาพสื่อประสมอยู่ในระดับคุณภาพดีมาก ผ่านเกณฑ์การประเมินคุณภาพสื่อ และสามารถนำไปใช้กับผู้เรียนได้

3. การประเมินประสิทธิภาพของสื่อประสม เรื่อง การอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พืชท้องถิ่น ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลคะแนนจากกลุ่มตัวอย่างผู้เรียน ช่วงอายุ 30-45 ปี เป็นเพศชาย 3 คน เพศหญิง 4 คน และนักเรียนชายจำนวน 9 คน นักเรียนหญิง 12 คน ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวัดช่อแล อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ ทั้งหมดได้จากการสุ่มอย่างง่าย รวมจำนวน 28 คน ในการทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียน และแบบทดสอบหลังเรียน และเมื่อนำมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของสื่อประสม ผลการประเมินประสิทธิภาพ E1 และ E2 โดยเปรียบเทียบคะแนน

การทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียน คือ E1 และคะแนนการทำแบบทดสอบหลังเรียน คือ E2 ซึ่งในการทำวิจัยครั้งนี้ได้กำหนด E1 / E2 ไว้ที่ 80.00/80.00 ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงผลการประเมินประสิทธิภาพของสื่อประสมเรื่องการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พืชท้องถิ่น

รายการ	จำนวนผู้เรียน	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้เฉลี่ย	ประสิทธิภาพ
คะแนนการทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียน (E1)	28	30	24.26	80.86
คะแนนการทำแบบทดสอบ หลังเรียน (E2)	28	30	24.32	81.07

จากตารางที่ 2 แสดงผลวิเคราะห์ประสิทธิภาพของสื่อประสมเรื่อง การอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พืชท้องถิ่น พบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนการทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียน และแบบทดสอบหลังเรียนเท่ากับ 80.86 และ 81.07 ตามลำดับ แสดงว่า มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ (E1/ E2) เท่ากับ 80.86/81.07 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 80/80 สรุปได้ว่าสื่อประสมที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ สามารถนำไปใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์

4. การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้หลังการใช้งานสื่อประสมของกลุ่มตัวอย่าง โดยการเปรียบเทียบความแตกต่างของ คะแนนการทดสอบก่อนเรียน กับคะแนนการทดสอบหลังเรียน ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบความแตกต่างระหว่างผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียนผู้เรียนโดยใช้สื่อประสม เรื่อง การอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พืชท้องถิ่น โดยใช้การทดสอบค่าที (t-test) โดยใช้ค่าคะแนน เฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เมื่อนำคะแนนรวมของแบบทดสอบก่อนเรียน และคะแนนรวมของแบบทดสอบหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่างในช่วงอายุ 30-45 ปี เป็นเพศชาย 3 คน เพศหญิง 4 คน และนักเรียนชายจำนวน 9 คน นักเรียนหญิง 12 คน ในระดับชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวัดช่อแล อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ ทั้งหมดได้จากการสุ่มอย่างง่าย รวมจำนวน 28 คน นำมาหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน รวมทั้งศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของผู้เรียนที่เรียนโดยใช้สื่อประสม เรื่อง การอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พืชท้องถิ่นได้ผลการวิเคราะห์ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของผู้เรียนด้วยสื่อประสม เรื่อง การอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พืชท้องถิ่น

การทดสอบ	N (คน)	คะแนนเต็ม	Mean	S.D.	ค่าเฉลี่ยของผลต่าง	S.D. ค่าเฉลี่ยของผลต่าง	df	t
คะแนนก่อนเรียน	28	30	14.07	2.21	10.25	4.097	27	-13.238*
คะแนนหลังเรียน	28	30	24.32	3.28				

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 28 คน ที่เรียนด้วยสื่อประสม เรื่อง การอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พืชท้องถิ่นพบว่า คะแนนการทดสอบก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 14.07 และคะแนนการทดสอบหลังเรียน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 24.32 เมื่อเปรียบเทียบทั้งสองครั้ง พบว่า คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบหลังเรียน สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t = -13.238) สรุปได้ว่าการใช้วิธีการเรียนด้วยสื่อประสมทำให้ผู้เรียนสามารถ เรียนรู้และเข้าใจในบทเรียนได้ด้วยตนเองดังนั้นวิธีการเรียนรู้ดังกล่าวทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนมีประสิทธิผลดีขึ้น

5. การหาประสิทธิผลทางการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยหาได้จากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของผู้เรียน เพื่อเปรียบเทียบกับการวัดผลคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนได้ผลวิเคราะห์ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงผลการหาประสิทธิผลทางการเรียนรู้ของผู้เรียนด้วยสื่อประสม เรื่อง การอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พืชท้องถิ่น

ประสิทธิผลทางการเรียนรู้	จำนวนผู้เรียน	ค่าเฉลี่ยคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน	ความแตกต่างค่า Average T score ก่อนเรียนและหลังเรียน	Average T score เพิ่มขึ้นร้อยละ
Average T score ก่อนเรียน - Average T score หลังเรียน	28	19.09	5.94	16.89	40.64

จากตารางที่ 4 สรุปได้ว่าผลการหาประสิทธิผลทางการเรียนรู้ของผู้เรีนนด้วยสื่อประสมเพื่อเปรียบเทียบความสามารถของผู้เรียนโดยใช้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 28 คน พบว่าความแตกต่างของค่าทีเฉลี่ยคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนเท่ากับ 16.89 แสดงว่าพัฒนาการทางการเรียนของผู้เรียนดีขึ้นโดยคิดเป็นร้อยละของคะแนนทีเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 40.64

6. การวิเคราะห์ความพึงพอใจในการใช้สื่อประสม เรื่อง การอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พืชท้องถิ่นหลังจากนำสื่อดังกล่าวไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ที่ได้คัดเลือกตัวแทนคนในชุมชนและ นักเรียนในโรงเรียนวัดช่อแล อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ ที่ได้จากการสุ่มอย่างง่ายซึ่งอยู่ช่วงอายุ 30-45 ปีเป็นเพศชาย 3 คน เพศหญิง 4 คนและนักเรียนชายจำนวน 9 คน นักเรียนหญิง 12 คน ในระดับชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวัดช่อแล อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ ทั้งหมดได้จากการสุ่มอย่างง่าย รวมจำนวน 28 คนรับชมสื่อดังกล่าวแล้วทำการตอบแบบประเมินความพึงพอใจ โดยนำผลดังกล่าวมาทำการวิเคราะห์ได้ผล ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้สื่อประสมเรื่องการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พืชท้องถิ่น

รายการประเมิน	Mean	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. ลำดับเนื้อหาขั้นตอนการในการนำเสนอ	4.40	0.55	มาก
2. กระตุ้นและเร้าความสนใจของผู้เรียน	4.60	0.55	มากที่สุด
3. รูปแบบ สีสัน ความสวยงาม ของสื่อ	4.40	0.55	มาก
4. เนื้อหารัดกุม เข้าใจง่าย ไม่น่าเบื่อ	4.80	0.45	มาก
5. ความถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์ของข้อมูล	4.20	0.84	มาก
6. การนำเสนอเนื้อหาของสื่อเข้าใจง่าย	4.80	0.45	มากที่สุด
7. ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง	4.60	0.55	มากที่สุด
8. ผู้เรียนได้ประโยชน์จากการรับชมสื่อ	4.80	0.45	มากที่สุด
9. ความยากง่ายเหมาะสมกับผู้เรียน	4.40	0.55	มาก
10. ความเหมาะสมโดยภาพรวมของสื่อ	4.60	0.55	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม	5.56	0.55	มากที่สุด

จากตารางที่ 5 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนในการใช้สื่อประสม เรื่อง การอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พืชท้องถิ่น จำนวน 28 คน จากแบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ แยกประเมินความพึงพอใจเป็น 10 ด้าน พบว่ามีความพึงพอใจโดยรวมแล้วเฉลี่ยเท่ากับ 4.56 ซึ่งอยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด เมื่อพิจารณารายประเด็นในแต่ละด้าน พบว่าด้านที่ได้รับความพึงพอใจมากที่สุด ได้แก่ ด้านที่ 6 การนำเสนอเนื้อหาของสื่อเข้าใจง่าย และด้านที่ 9 ผู้เรียนได้ประโยชน์จากการรับชมสื่อมีความพึงพอใจ โดยเฉลี่ยเท่ากับ 4.80 รองลงมา คือ ด้านที่ 7 ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง ด้านที่ 2 กระตุ้นและเร้า ความสนใจของผู้เรียน และด้านที่ 10 ความเหมาะสมโดยภาพรวมของสื่อ มีความพึงพอใจโดยเฉลี่ยเท่ากับ4.60 อยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด

อภิปรายผล

การพัฒนาสื่อประสม เรื่อง การอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พืชท้องถิ่น เป็นสื่อประสมที่มีการรวมองค์ประกอบของประสม ทั้ง ข้อความ ภาพ เสียง ภาพเคลื่อนไหว และวีดีโอ ลักษณะการนำเสนอในรูปแบบของการ์ตูนเล่าเรื่องและเป็นตัวดำเนินเรื่องให้เกิดเหตุการณ์ต่างๆ ประกอบกับการใช้วีดีโอสาธิตในการนำเสนอ ตามตัวอย่าง สอดคล้องกับ Satiman (2013) เรื่อง การพัฒนาสื่อประสมเพื่อการเรียนรู้ เรื่อง ดนตรีจีนชุมชนบางหลวง มีการนำเสนอเนื้อหาอย่างเป็นลำดับขั้นตอน ทำให้นักเรียน สามารถสื่อความหมายได้ชัดเจนเหมาะสม ด้านส่วนประกอบด้วยประสมมีการออกแบบหน้าจอที่เหมาะสม ง่ายต่อการใช้งาน

การประเมินคุณภาพสื่อประสม เรื่อง การอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พืชท้องถิ่น โดยทำการประเมินคุณภาพสื่อจากผู้เชี่ยวชาญ ทั้ง 5 ท่าน โดยภาพรวมคุณภาพสื่อ มีค่าเฉลี่ยรวมเป็น 4.52 หมายถึง คุณภาพสื่อประสมอยู่ในระดับคุณภาพดีมาก ผ่านเกณฑ์การประเมินคุณภาพสื่อ ซึ่งเป็นข้อบ่งชี้ถึงคุณภาพของสื่อที่มีการนำตัวการ์ตูนมาเป็นตัวดำเนินเรื่องราวและนำไปสู่การนำเสนอเนื้อหา สอดคล้องกับ Janchalong (2015) เรื่อง การพัฒนาสื่อประสมเรื่องการสร้างภาพเคลื่อนไหว 2 มิติแบบเฟรมต่อเฟรม พบว่า ผลการประเมินคุณภาพสื่อประสม ที่ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญรวมคุณภาพทั้ง 3 ด้านมีค่าเฉลี่ยรวมเป็น 4.52 ซึ่งระดับคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก และสอดคล้องกับกับ Kantawang (2014) เรื่อง การออกแบบสื่ออิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง การดุนลายอลูมิเนียมเบื้องต้น ซึ่งพบว่าผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อเห็นว่าสื่ออิเล็กทรอนิกส์มีคุณภาพ ดี โดยมีค่าเฉลี่ย3.30 และผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา เห็นว่า การนำเสนอเนื้อหาของสื่ออิเล็กทรอนิกส์มีคุณภาพดีมาก

การประเมินประสิทธิภาพของสื่อประสม เรื่อง การอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พืชท้องถิ่น ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลคะแนนจากกลุ่มตัวอย่างผู้เรียน จำนวน 28 คน ในการทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียน และแบบทดสอบหลังเรียน พบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนการทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียน และแบบทดสอบหลังเรียนเท่ากับ 80.86 และ 81.07 ตามลำดับ แสดงว่า มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ (E1/ E2) เท่ากับ 80.86/81.07 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 80/80 สรุปได้ว่าสื่อประสมที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ สามารถนำไปใช้ในงานได้ตามวัตถุประสงค์ สอดคล้องกับ Maneelert (2017) เรื่อง การพัฒนาสื่อการสอนทางอิเล็กทรอนิกส์เรื่อง สมุนไพรเพื่อสุขภาพ โดยกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชนในเทศบาลเมืองเมืองแกนพัฒนา อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งได้ผลวิเคราะห์ประสิทธิภาพของบทเรียนในสื่อการสอนทางอิเล็กทรอนิกส์เรื่องสมุนไพรเพื่อสุขภาพนี้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ (E1/ E2) เท่ากับ 81.52/81.54 เมื่อทดสอบประสิทธิภาพด้วยการทำแบบทดสอบหลังเรียน พบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนแบบทดสอบท้ายบทเรียนและแบบทดสอบหลังเรียนเท่ากับ 81.52 และ 24.46 ตามลำดับ

การวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่เรียนด้วยสื่อประสม เรื่อง การอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พืชท้องถิ่น โดยใช้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 28 คน พบว่า คะแนนการทดสอบก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 14.07 และคะแนนการทดสอบหลังเรียน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 24.32 เมื่อเปรียบเทียบทั้งสองครั้ง พบว่า คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบหลังเรียน สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t = -13.238) สรุปได้ว่าการใช้วิธีการเรียนด้วยสื่อประสมทำให้ผู้เรียนสามารถ เรียนรู้และเข้าใจในบทเรียนได้ด้วยตนเอง ดังนั้นวิธีการเรียนรู้ดังกล่าวจึงทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนมีประสิทธิผลดีขึ้น สอดคล้องกับกับ Buaplan (2013) เรื่อง การสร้างสื่อประสมเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สารในชีวิตประจำวัน สำหรับนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สารในชีวิตประจำวัน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนได้รับการเรียนรู้ด้วยสื่อประสม จำนวน 10 บทเรียนอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้แสดงว่า ก่อนเรียนด้วยสื่อประสม นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสารในชีวิตประจำวันเล็กน้อย เมื่อได้เรียนด้วยสื่อประสมแล้วทำให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจมากยิ่งขึ้น จึงสามารถนำความรู้มาทำแบบทดสอบหลังเรียนและได้คะแนนมากกว่าก่อนเรียน ฉะนั้นแสดงว่าสื่อประสม เรื่อง สารในชีวิตประจำวันเป็นสื่อที่มีประสิทธิภาพ

การหาประสิทธิผลทางการเรียนรู้ของผู้เรียนด้วยสื่อประสม เรื่อง การอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พืชท้องถิ่นโดยหาได้จากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของผู้เรียน เพื่อเปรียบเทียบกับการวัดผลคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 28 คน พบว่าความแตกต่างของค่าทีเฉลี่ยคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนเท่ากับ 16.89 แสดงว่าพัฒนาการทางการเรียนของผู้เรียนดีขึ้นโดยคิดเป็นร้อยละของคะแนนทีเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 40.64 สอดคล้องกับ Rattanachuchok and Maneelert (2018) เรื่อง สื่อประสมส่งเสริมสุขภาพของผู้สูงอายุ ในพื้นที่เทศบาลเมืองเมืองแกนพัฒนา อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ พบว่าคะแนนสอบหลังเรียน และคะแนนสอบก่อนเรียนมีความแตกต่างกัน มีค่าเฉลี่ยของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนเท่ากับ 18.55 พบว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเพิ่มขึ้นจากคะแนนก่อนเรียนคิดเป็นร้อยละ 45.54

การวิเคราะห์ความพึงพอใจในการใช้สื่อประสม เรื่อง การอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พืชท้องถิ่น หลังจากนำสื่อดังกล่าวไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ที่ได้คัดเลือกตัวแทนคนในชุมชนและ นักเรียนในโรงเรียนวัดช่อแล อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่ ที่ได้จากการสุ่มอย่างง่าย จำนวน 28 พบว่ามีความพึงพอใจโดยรวมแล้วเฉลี่ยเท่ากับ 4.56 ซึ่งอยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุดแสดงว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการใช้การใช้สื่อประสม เรื่อง การอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พืชท้องถิ่น เป็นข้อสังเกตที่ว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจกับการใช้สื่อประสมในการนำเสนอในรูปแบบของการดำเนินเรื่องด้วยการ์ตูน ประกอบกับมีคลิปวีดีโอ ที่ช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในขั้นตอนวิธีการได้ง่ายขึ้น สอดคล้องกับ Kaewcharoen (2013) เรื่อง การใช้สื่อประสมเพื่อพัฒนาความสามารถด้านการอ่านทำนองเสนาะของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งพบว่า ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อสื่อประสมประเภทคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เพื่อพัฒนาความสามารถด้านการอ่านทำนองเสนาะของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จากผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีความคิดเห็นเฉลี่ยต่อสื่อประสมประเภทคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เพื่อพัฒนาความสามารถด้านการอ่านทำนองเสนาะของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่1 ในระดับมาก (Mean = 4.46, S.D.= 0.59)

ข้อเสนอแนะ

1. ควรนำเอากิจกรรมที่ได้ดำเนินการในพื้นที่ ไปเผยแพร่ และเพิ่มเครือข่ายเป็นกลุ่มเป้าหมายอื่นนอกจากโรงเรียนในชุมชน เช่น กลุ่มโรงเรียนในชุมชนใกล้เคียง
2. ควรเผยแพร่ สื่อประสมที่ได้ให้มากขึ้น เช่น พัฒนาเป็น Application บน mobile

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนวิจัยจากโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (อพ.สธ.) ปีงบประมาณ พ.ศ. 2562

เอกสารอ้างอิง

Buaplan, C. (2013). *The Multimedia Creation for Developing Academic Achievement Untitled chemical substance in a daily life. For students in Pratomsuksa 6*. Thesis of the Degree of Master of Education Program in Science Education. Songkha: Songkha Rajabhat University. (in Thai)

Chomjumpee, S. (2018). *Conservation of local plants for young people*. [Online]. Retrieved 13 September 2020 from: http://thainews.prd.go.th/th/news/print_news/WNRPT6102210010001. (in Thai)

Janchalong, C. (2015). Development of Multimedia 2D Animation Frame by Frame. *Journal of Research and Development Wailai Alongkorn, Under Royal Patronage*, 10(3), 65-74. (in Thai)

Kaewcharoen, S. (2013). multimedia developing Thai verse chanting skill of Muthayomsuksa 1 Students. *Veridian E-Journal, Silpakorn University (Humanities, Social Sciences and arts)*, 6(2), 1-13. (in Thai).

Kantawang, N. (2014). *Designing Electronic Media Entitled Basic Aluminum Embossing*. Thesis of the Degree of Master of Education. Chiang Mai: Chiang Mai University. (in Thai)

Leewairoj, D. (2020). *Vegetables and garden designs for growing vegetables and herbs*. Bangkok: Amarin Printing & Publishing Public. (in Thai)

Maneelert, C. (2017). The Development of E–Learning System on Healthy Herbs by the Community Participation Process in Muang Kaen Pattana Municipality Area, Mae Taeng District, Chiang Mai Province. *FEU Academic Research Journal*, 11(4), 111-120. (in Thai)

Rattanachuchok, P and Maneelert, C. (2018). Multimedia for Health Promotion of the Elderly in Mueang Kaen Pattana Municipality, Mae Taeng District, Chiang Mai. *Sripatum Review of Science and Technology*, 10(1), 58-70. (in Thai)

Samutsri, W. et al. (2018). Multimedia Simulation for Child Emotional Intelligent Development in Prathomsuksa 6 Students. *NRRU Community Research Journal*, 9(1), 229-242. (in Thai)

Satiman, A. et al. (2013). The Development of Multimedia for Learning on Bang Luang's Chinese Music. *Silpakorn Educational Research Journal*, 5(1), 34-47. (in Thai)

Songkram ,N. (2014). *Multimedia design and development for learnin*g. 3rd ed. Bangkok: Chulalongkorn University. (in Thai)

Srisaad, B. (2010). *Preliminary Research*. 2nd ed. Bangkok: Suveriyasan. (in Thai)

Tantlert, P. et al. (2017). A Development of Computer Assisted Instruction in Subject "Plant Around Us" for Prathomsuksa 4 Students using behaviorism theory. *Journal of Project in Computer Science and Information Technology*, 3(2), 63-71. (in Thai)

Thinkhaonoi, S. (2010). *Plant food against disease*. Bangkok: Neon Book Media Publishing. (in Thai)

Wasukri, S. (2010). A Study of the Satisfaction of Learners Towards Teaching and Learning Activities in Mathematics By using Evaluation Techniques in Class. *Journal of Rangsit University: Teaching & Learning*, 4(2), 24–37. (in Thai)

ระบบผู้เชี่ยวชาญการใช้สมุนไพรรักษาโรคบนฐานความรู้ภูมิปัญญาสุขภาพด้วยเทคนิคการจำแนกข้อมูลแบบต้นไม้ตัดสินใจ

อัจฉรา สุมังเกษตร[1,*], ณัฐวุฒิ ศรีวิบูลย์[2]
[1,2]หลักสูตรวิทยาการสารสนเทศและดิจิทัล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสุขภาพ
มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

Received: 4 June 2020
Revised: 18 January 2021
Accepted: 5 November 2021

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญการใช้สมุนไพรรักษาโรคบนฐานความรู้ภูมิปัญญาสุขภาพ ผู้วิจัยใช้กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม และกระบวนการพัฒนาระบบด้วยแบบวงจรชีวิตการพัฒนาระบบ ใช้แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างเป็นเครื่องมือรวบรวมองค์ความรู้การใช้สมุนไพรรักษาโรคบนฐานความรู้ภูมิปัญญาสุขภาพจากปราชญ์ชาวบ้านทั้งสิ้น 96 คน ใน 6 ตำบลของอำเภอเขาวง จังหวัดกาฬสินธุ์ โดยเลือกแบบเจาะจงแล้วพัฒนาเป็นระบบผู้เชี่ยวชาญการใช้สมุนไพรรักษาโรคบนฐานความรู้ภูมิปัญญาสุขภาพของปราชญ์ชาวบ้าน โดยการประยุกต์ใช้เทคนิคการจำแนกข้อมูลแบบต้นไม้ตัดสินใจ ผลวิจัยพบว่าสมุนไพรที่ใช้ในชุมชนมีจำนวน 115 ชนิด ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบและให้คำแนะนำการใช้สมุนไพรรักษาโรคบนฐานความรู้ภูมิปัญญาสุขภาพจากแบบจำลองอัลกอริธึม C4.5 โดยมีค่าความแม่นยำคือ 88% และผลการประเมินคุณภาพการใช้งานระบบโดยผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ: ภูมิปัญญาสุขภาพท้องถิ่น ปราชญ์ชาวบ้าน ต้นไม้ตัดสินใจ อัลกอริธึม C4.5

[*] ผู้ประสานงานหลัก; อีเมล: achara.su@ksu.ac.th

The Expert System for Herbs Usage Based on Wisdom-Knowledge in Terms of Health Using Tree Classification Decision Techniques

Achara Sumungkaset[1,*], Nattavut Sriwiboon[2]
[1,2]Department of Informatics and Digital, Faculty of Science and Health Technology, Kalasin University

Received: 4 June 2020
Revised: 18 January 2021
Accepted: 5 November 2021

Abstract

The objective of this research was to develop an expert system for herbs usage based on health wisdom knowledge. The researchers used the participatory action research (PAR) process and the system development life cycle (SDLC) process. A structured interview form was used in the interviews of 96 purposively selected local wisdom villagers in 6 sub-districts of Khao Wong district, Kalasin province to obtain the body of knowledge on the uses of herbs to treat diseases based on health wisdom knowledge. Then, we developed the expert system for the use of herbs to treat diseases based on health wisdom knowledge of the local wisdom villagers with the application of the tree classification decision techniques. The research results showed that there were 115 types of herbs used in the community. The developed system could provide answers and advices on the use of herbs to treat diseases based on health wisdom knowledge of local wisdom villagers, by creating a model using the C4.5 algorithm with the accuracy of 88 %, and the result of the system's quality evaluation by experts indicated that the system's quality was at the high level.

Keywords: Local Health Wisdom, Local Wisdom Villager, Decision Tree, C4.5 Algorithm

[*] Corresponding Author; E-mail: achara.su@ksu.ac.th

ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

ภูมิปัญญาสุขภาพ (Tubtong, Suksut and Singha, 2014) เป็นการเรียนรู้เพื่อใช้ชีวิตอยู่ร่วมกับสิ่งแวดล้อมอย่างเกิดประโยชน์สูงสุด เช่น การรับประทานผักเพื่อบำรุงร่างกาย การรักษาโรคด้วยสุมนไพร การนวดเพื่อบำบัดบรรเทาการเจ็บป่วย เป็นต้น ปราชญ์ชาวบ้านรู้วิธีในการนำสมุนไพรมารักษาอาการป่วยหรือรักษาโรคซึ่งเป็นความรู้ที่สั่งสมมาแต่บรรพบุรุษสืบทอดจากคนรุ่นหนึ่งไปสู่อีกรุ่นหนึ่ง วิธีการสืบทอดอยู่ในรูปแบบของการเล่าเรื่อง และสอนให้ทำโดยมีการปรับปรุง ประยุกต์ และเปลี่ยนแปลงตามวิถีชุมชน ปัจจุบันภูมิปัญญาท้องถิ่นได้รับความสนใจโดยนำความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นที่มีมาตั้งแต่อดีตมาปรับใช้ให้มีคุณสมบัติเหมาะสมกับการใช้งานในยุคปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งภูมิปัญญาการใช้สมุนไพร (Sumungkaset and Nantasri, 2019) หนึ่งในภูมิปัญญาที่มนุษย์ใช้พืช สัตว์ หรือแร่ธาตุ มาผสมปรุง หรือแปรสภาพสมุนไพรใช้เป็นยารักษาโรค ซึ่งมีความหมายต่อชีวิตมนุษย์ในด้านสุขภาพทั้งการส่งเสริมสุขภาพและการรักษาโรค การพัฒนายาจากสมุนไพรในปัจจุบันมุ่งพัฒนารูปแบบยาเตรียมจากสมุนไพรโดยมีข้อมูลยืนยันผลการรักษาจากผู้เชี่ยวชาญ เช่น ปราชญ์ชาวบ้านแนะนำให้ใช้แก่นฝางรักษาอาการปวดเมื่อย หรือการใช้ปีกไก่ดำรักษาโรคมะเร็งได้ เป็นต้น

บริบทชุมชนในปัจจุบันองค์ความรู้ภูมิปัญญาสุขภาพยังคงเป็นความรู้ที่อยู่ในตัวบุคคล และอยู่ในรูปแบบของตำราเข้าถึงได้ยากอาจสูญหายได้ถ้ามิได้ถ่ายทอดองค์ความรู้นี้ไว้ให้กับลูกหลาน และปราชญ์ชาวบ้านเสียชีวิต ดังนั้นการนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาเป็นเครื่องมือในการรวบรวมองค์ความรู้ วิธีคิด สร้างเป็นฐานความรู้ ทำหน้าที่เป็นผู้เชี่ยวชาญที่สามารถให้คำแนะนำ ปรึกษา มีวิธีการแก้ไขปัญหา โดยการพัฒนาเป็นระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System) สามารถโต้ตอบกับผู้ใช้ ตอบคำถาม แนะนำ และช่วยในกระบวนการตัดสินใจ ทั้งนี้การทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) (Daniel, 2005) ถูกนำมาประยุกต์ใช้กับระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้สามารถค้นหารูปแบบ และความสัมพันธ์ที่ในชุดข้อมูลนั้น การทำเหมืองข้อมูล คือ วิวัฒนาการในการจัดเก็บ และตีความข้อมูล ซึ่งจากเดิมที่มีการจัดเก็บข้อมูลอย่างง่ายๆ แล้วค้นหาข้อมูลสารสนเทศมาใช้จนถึงการทำเหมืองข้อมูลที่สามารถค้นพบความรู้ที่อยู่ในข้อมูลรวมถึงการทำนายล่วงหน้า เช่น การทำนายการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม หรือแสดงผลองค์ความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นการใช้สมุนไพรรักษาโรคโดยปราชญ์ชาวบ้านที่เกี่ยวกับอาการของผู้ป่วย เป็นต้น

ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) (Kaminski *et al.*, 2017) คือ หนึ่งในวิธีการทำเหมืองข้อมูลเพื่อจัดการกับข้อมูลที่ถูกจัดเก็บไว้เป็นจำนวนมาก โดยอาศัยอัลกอริธึม C4.5 (Quinlan, 1993) เป็นอัลกอริธึมที่สามารถสร้างต้นไม้ตัดสินใจถูกเสนอโดย Quinlan มีความสามารถในการทำเหมืองข้อมูลใช้งานง่ายและกระบวนการทำงานไม่ซับซ้อน หลักการทำงานของอัลกอริธึมจะคัดเลือก Attribute ที่สำคัญที่สุดมาเป็นโหนดราก (Root Node) โครงสร้างการทำงานของอัลกอริธึม C4.5 สามารถจำแนกประเภทข้อมูล (Classification) ได้ โดยปกติแล้วหลักการทำงานของอัลกอริธึม C4.5 จะมีรูปแบบ คือ “ถ้าเงื่อนไขเป็นแล้ว ผลลัพธ์คืออะไร” ยกตัวอย่างเช่น ถ้าเป็นโรคมะเร็ง แล้วผลลัพธ์ชนิดของสมุนไพรจากปราชญ์ชาวบ้านที่ใช้รักษาโรค คือ ปีกไก่ดำ จากผลลัพธ์ที่ดีของการใช้ต้นไม้ตัดสินใจในการนำไปใช้พยากรณ์ข้อมูล

งานวิจัยนี้จึงได้ดำเนินการรวบรวมองค์ความรู้การรักษาโรคบนฐานความรู้ภูมิปัญญาสุขภาพ จากปราชญ์ชาวบ้านจำนวนทั้งสิ้น 96 คน ใน 6 ตำบลของอำเภอเขาวง จังหวัดกาฬสินธุ์ สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลสมุนไพรที่ใช้ในชุมชนมีจำนวน 115 ชนิด แล้วพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญการใช้สมุนไพรรักษาโรคบนฐานความรู้ภูมิปัญญาสุขภาพของปราชญ์ชาวบ้านโดยการประยุกต์ใช้เทคนิคการจำแนกข้อมูลแบบต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) (Kaminski,

Jakubczyk and Szufel, 2017) งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (Participatory Action Research) ร่วมกันระหว่างของชุมชนเพื่อเป็นการสังเคราะห์ให้ได้ฐานความรู้และสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้ผู้ใช้ได้รับความสะดวกในการถามตอบ และให้คำแนะนำ การใช้สมุนไพรรักษาโรคบนฐานความรู้ภูมิปัญญาสุขภาพของปราชญ์ชาวบ้าน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อรวบรวมองค์ความรู้การรักษาโรคบนฐานความรู้ภูมิปัญญาสุขภาพจากปราชญ์ชาวบ้านทั้งสิ้น 96 คน ใน 6 ตำบลของอำเภอเขาวง จังหวัดกาฬสินธุ์
2. เพื่อพัฒนาเป็นระบบผู้เชี่ยวชาญการใช้สมุนไพรรักษาโรคบนฐานความรู้ภูมิปัญญาสุขภาพของปราชญ์ชาวบ้านโดยการประยุกต์ใช้เทคนิคการจำแนกข้อมูลแบบต้นไม้ตัดสินใจ
3. เพื่อให้ผู้ใช้ได้รับความสะดวกในการถามตอบและให้คำแนะนำการใช้สมุนไพรรักษาโรคบนฐานความรู้ภูมิปัญญาสุขภาพของปราชญ์ชาวบ้าน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Sumungkaset and Nantasri (2019) ได้พัฒนาระบบฐานข้อมูลหมอยาพื้นบ้าน อำเภอนามน จังหวัดกาฬสินธุ์ โดยได้สัมภาษณ์และแบบสอบถามหมอยาพื้นบ้านในเขตอำเภอนามน จังหวัดกาฬสินธุ์ จำนวน 45 คน จากนั้นได้รวบรวมข้อมูลแล้วนำไปพัฒนาระบบในรูปแบบโปรแกรมเว็บแอพพลิเคชั่นเพื่อจัดทำฐานข้อมูลหมอยาพื้นบ้าน โดยระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถค้นหาข้อมูลหมอยาพื้นบ้านได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Srichaiwong, Trakulsuk and Boonlue (2014) ได้ศึกษาเรื่องการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อวินิจฉัยโรคใบลำไยด้วยต้นไม้ตัดสินใจ โดยได้สร้างฐานความรู้จากข้อมูลความรู้และคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญด้านโรคที่เกิดขึ้นกับลำไย แล้วพัฒนาระบบเพื่อจัดหมวดหมู่ความรู้ให้เป็นระเบียบและสร้างแบบจำลองสำหรับวินิจฉัยโรคใบลำไย หลังจากนั้นนำแบบจำลองพัฒนาระบบในรูปของเว็บแอพพลิเคชั่น ผลการทดสอบพบว่าแบบจำลองวินิจฉัยโรคใบลำไย มีผลให้ค่าความถูกต้องเท่ากับ 85.3% และระบบที่พัฒนามีผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญโดยรวมอยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 4.10, S.D. = 0.51) และผู้ใช้งานระบบมีประสิทธิภาพโดยรวมอยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 3.99, S.D. = 0.60)

Cheewaprakobkit (2013) ได้เสนองานวิจัยที่ใช้เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจด้วยอัลกอริธึม C4.5 เพื่อแยกประเภทของปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาระดับปริญญาตรีในหลักสูตรนานาชาติ ผลจากงานวิจัยแสดงให้เห็นว่า C4.5 ให้ความแม่นยำในการสร้างแบบจำลองที่ 85.13% งานวิจัย (Muntham and Ingsrisawang, 2010) ได้เสนองานวิจัยที่ใช้ต้นไม้ตัดสินใจด้วยอัลกอริธึม C4.5 เพื่อวินิจฉัยโรคระบบการหายใจโดยใช้ข้อมูลจากเวชระเบียนจำนวน 7,327 ราย ผลการสร้างแบบจำลองได้ค่าความถูกต้องของการจำแนกเท่ากับ 92.32% สำหรับโรคปอดอักเสบพบว่า ได้ค่าความถูกต้องของการจำแนกเท่ากับ 94.70% และโรคโพรงอากาศข้างจมูกอักเสบเฉียบพลันพบว่าได้ค่าความถูกต้องของการจำแนกเท่ากับ 94.69%

Sriwiboon (2016) ได้เสนอการทำเหมืองข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดโรคมะเร็งโดยเปรียบเทียบอัลกอริธึมสำหรับทำเหมืองข้อมูลประกอบด้วยอัลกอริธึม C4.5 อัลกอริธึม k-Nearest Neighbor และ

อัลกอริธึม Naïve Bayes พบว่าอัลกอริธึม C4.5 มีประสิทธิภาพสูงสุดที่ 98.63% ในการสร้างแบบจำลองเพื่อทำนายปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดโรคมะเร็ง

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง คือ ปราชญ์ชาวบ้านอำเภอเขาวง จังหวัดกาฬสินธุ์ ที่มีองค์ความรู้ด้านการใช้สมุนไพรรักษาโรค จำนวน 96 คน

การเก็บรวมรวมข้อมูล

ใช้แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างเป็นเครื่องมือรวบรวมองค์ความรู้การใช้สมุนไพรรักษาโรคจากปราชญ์ชาวบ้านที่ได้นำเอาองค์ความรู้ภูมิปัญญาการใช้สมุนไพรมาทำการรักษาโรคหรือบรรเทาอาการป่วยและเกิดผลการรักษาในทางบรรเทาและหายขาด ใน 6 ตำบลของอำเภอเขาวง จังหวัดกาฬสินธุ์ จำนวนทั้งสิ้น 96 คน โดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง ทั้งนี้ปราชญ์ชาวบ้านเป็นเพศหญิงมากกว่าเพศชาย มีอาชีพหลักเป็นเกษตรกร รวบรวมข้อมูลสมุนไพรที่ใช้ในชุมชนมีจำนวน 115 ชนิด

การเตรียมข้อมูล

จากการศึกษางานวิจัยก่อนหน้านี้การประยุกต์ใช้ต้นไม้ตัดสินใจด้วยอัลกอริธึม C4.5 มีความแม่นยำในการจำแนกข้อมูลในลักษณะของข้อมูลที่ไม่มีความซับซ้อน ดังนั้นในขั้นตอนนี้เป็นการเตรียมข้อมูลโดยการสร้างฐานความรู้เพื่อใช้ในการสร้างต้นไม้ตัดสินใจ สำหรับการเรียนรู้ (Train) ทดสอบ (Test) และสร้างแบบจำลองจำแนกประเภทข้อมูล โดยแบ่งข้อมูลออกเป็นกลุ่ม (Class) ต่างๆ ตามคุณลักษณะ (Attribute) ข้อมูลในการจำแนกประเภทโดยวิเคราะห์จากเนื้อหาและองค์ประกอบของกลุ่มอาการกับการใช้สมุนไพรที่ได้รับข้อมูลการยืนยัน ผลการรักษาจากองค์ความรู้ของปราชญ์ชาวบ้านที่ได้ดำเนินการเก็บรวมรวมข้อมูล แล้ววิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูล จากนั้นกำหนดคุณลักษณะและค่าข้อมูลที่เป็นไปได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การกำหนดคุณลักษณะและค่าข้อมูลที่เป็นไปได้

Class	กลุ่มอาการ	สมุนไพร
A	- ไอ - เจ็บคอ - ไข้หวัด	- รากประสงค์ - ฟ้าทะลายโจร - รากไส้ช้าง
B	วิงเวียน	- นมวัว - ปลาไหลเผือก
C	ปวดท้องประจำเดือน	- รากสามสิบ - อ้อยสามสาน
C	ปวดท้อง	- ปลาไหลเผือก
D	ปวดฟัน	- ปลาไหลเผือก
E	- ท้องอืดท้องเฟ้อ - กระเพาะอาหาร - อาหารเป็นพิษ - ปัสสาวะแสบขัด	- อ้อยสามสาน - รางจืด - ว่านไพล - ย่านางแดง - ต้นเอื้อง
F	ตาแดง	- ปีกไก่ดำ
G	มะเร็งต่อมน้ำเหลือง	- ปลาไหลเผือก
H	- แผลเลือดออก - ฝีหนอง - งูสวัด - แผลพุพอง	- สาบเสือ - ปลาไหลเผือก - เสลดพังพอน - ว่านหางจระเข้
I	- บวมตามข้อ - ปวดเมื่อยตามร่างกาย	- ประดงแดง - ตะไคร้ต้น - ม้ากระทืบโรง - พลังข้าวสาร - พญาท้าวเอว - พญาเสือโคร่ง - เสือสิบเอ็ดตัว

การทดสอบแบบจำลองการจำแนกประเภท

การทดสอบความแม่นยำการสร้างแบบจำลองจำแนกประเภท วัดประสิทธิภาพค่าความแม่นยำโดยใช้การวัดค่าความแม่นยำ (Accuracy) (Tilmann, 2007) เป็นค่าที่ได้จากการทดสอบเพื่อหาค่าพยากรณ์ความถูกต้องจากการจำแนกประเภทข้อมูลด้วยต้นไม้ตัดสินใจโดยคิดเป็นค่าร้อยละ (%) ใช้สูตรการคำนวณดังนี้

$$\text{Accuracy} = \frac{(TP+TN)}{(TP+TN+FP+FN)} \times 100 \qquad (1)$$

โดย TP คือ ค่าที่พยากรณ์ถูกต้องเชิงบวก
TN คือ ค่าที่พยากรณ์ถูกต้องเชิงลบ
FP คือ ค่าที่พยากรณ์ผิดพลาดเชิงบวก
FN คือ ค่าที่พยากรณ์ผิดพลาดเชิงลบ

เครื่องมือวิจัย

1. เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยใช้แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างสัมภาษณ์ปราชญ์ชาวบ้าน อำเภอเขาวง จังหวัดกาฬสินธุ์แบบเจาะลึก เพื่อได้ข้อมูลภูมิปัญญาสุขภาพในประเด็นองค์ความรู้การใช้สมุนไพรรักษาโรค การหาประสิทธิภาพของเครื่องมือโดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Consistency) จำนวน 3 คน

2. เครื่องมือในการประเมินคุณภาพการใช้ระบบ

ผู้วิจัยใช้แบบสอบถามคุณภาพการใช้งานระบบโดยมีมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ประกอบด้วยรายการประเมิน 4 ด้าน ได้แก่ (1) ด้านความสามารถของระบบ (2) ด้านความถูกต้องของระบบ (3) ด้านการใช้งานและการออกแบบระบบ และ (4) ด้านประสิทธิภาพของระบบ

3. เครื่องมือในการพัฒนาระบบ

ผู้วิจัยสร้างฐานความรู้ ใช้การสร้างแบบจำลองจากอัลกอริธึมต้นไม้ตัดสินใจ ซึ่งมีซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง และพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญการใช้สมุนไพรรักษาโรคบนฐานความรู้ภูมิปัญญาสุขภาพของปราชญ์ชาวบ้านดังนี้

- เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ Central Processing Unit (CPU) ใช้ Intel (R) Core i5-4260U CPU @ 1.4 GHz และหน่วยความจำหลัก (Random Access Memory: RAM) ขนาด 4GB
- ภาษา Python และ PHP
- Library: Scikit-learn (Treerungroj, 2017)

การวิเคราะห์ข้อมูล

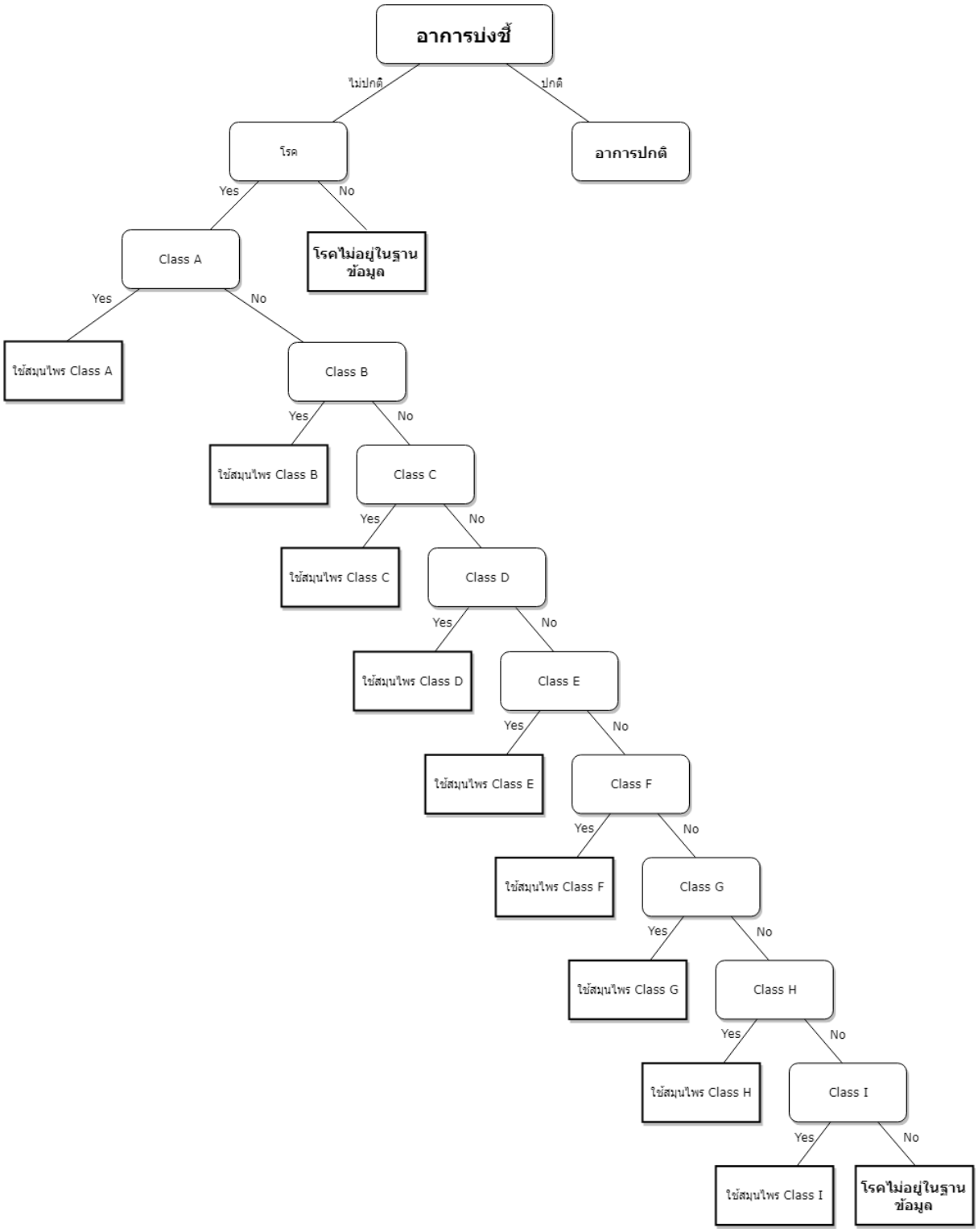
1. ข้อมูลเชิงปริมาณใช้สถิติพื้นฐานในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ความถี่ร้อยละค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)
2. ข้อมูลเชิงคุณภาพ ใช้การวิเคราะห์เนื้อหา สังเคราะห์ สรุปเขียนพรรณนาเป็นความเรียง

ผลการวิจัย

1. ผลการสร้างแบบจำลองการจำแนกประเภท

การสร้างแบบจำลองด้วยต้นไม้ตัดสินใจเพื่อหาความสัมพันธ์ของข้อมูลกลุ่มอาการกับการใช้สมุนไพรจากองค์ความรู้ของปราชญ์ชาวบ้าน กระบวนการสร้างแบบจำลองเริ่มจากการแบ่งชุดข้อมูลออกเป็น 2 ชุดคือ ชุดข้อมูลสำหรับสร้างการเรียนรู้ (Training Dataset) และชุดข้อมูลสำหรับทดสอบ (Testing Dataset) งานวิจัยนี้ใช้การกำหนดค่าการตรวจสอบแบบไขว้ (k-fold cross validation) (Kohavi, 1995) คือ k=10 ซึ่งจะแบ่งข้อมูลออกเป็น 10 ชุดโดยในการสร้างการเรียนรู้ให้กับแบบจำลองในครั้งที่ 1 ข้อมูลชุดที่ 1 จะเป็นชุดข้อมูลสำหรับทดสอบ

และชุดที่ 2 ถึง 10 จะเป็นชุดข้อมูลสำหรับสร้างการเรียนรู้ทำงานในลักษณะนี้จนครบ 10 รอบดังนั้นข้อมูลทั้งหมดมีโอกาสเป็นได้ทั้งข้อมูลสำหรับสร้างการเรียนรู้และข้อมูลสำหรับทดสอบ โดยเงื่อนไขการตัดสินใจแสดงดังภาพที่ 1

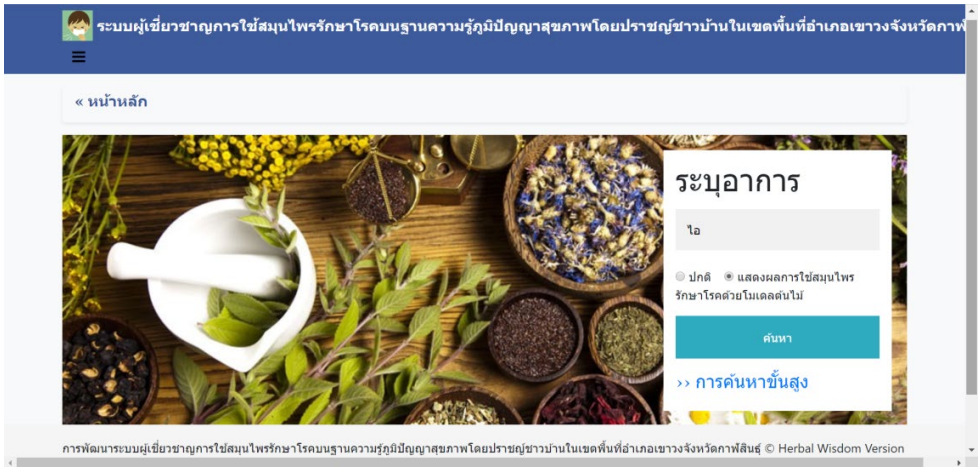


ภาพที่ 1 เงื่อนไขการตัดสินใจจากการใช้วิธีต้นไม้ตัดสินใจ

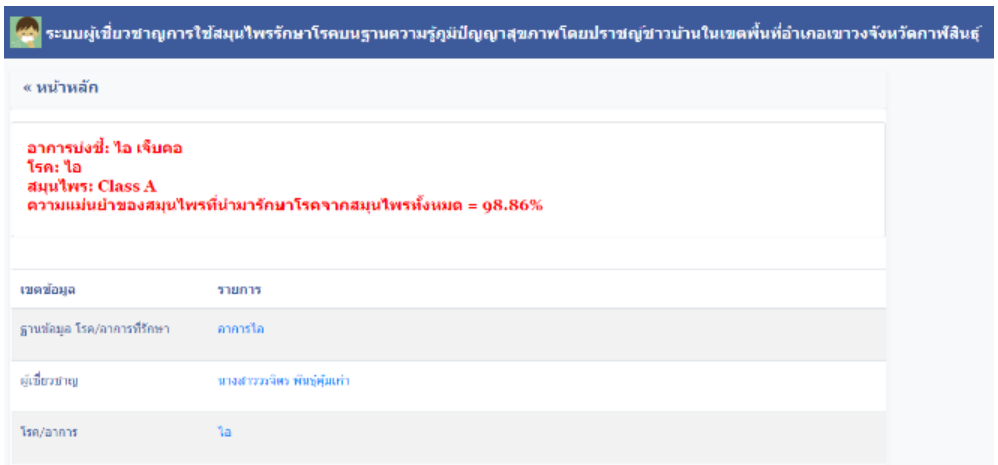
จากนั้นงานวิจัยนี้ได้ดำเนินการพัฒนาเครื่องมือด้วยภาษา Python โดยใช้อัลกอริธึม C4.5 สำหรับสร้างแบบจำลอง ซึ่งผลการสร้างแบบจำลองได้ค่าความแม่นยำสูงถึง 88% มีความสอดคล้องกับงานวิจัย (Srichaiwong, Trakulsuk and Boonlue, 2014; Cheewaprakobkit, 2013; Muntham and Ingsrisawang, 2010; Sriwiboon, 2016) ที่ใช้ต้นไม้ตัดสินใจเพื่อจัดการกับข้อมูลที่ถูกจัดเก็บไว้เป็นจำนวนมากแล้วได้ความรู้ (Knowledge) ที่มีความแม่นยำสูงในการสร้างแบบจำลอง สามารถนำมาใช้ในการตัดสินและหาคำตอบของปัญหาได้

2. การนำแบบจำลองจำแนกประเภทไปใช้งาน

การพัฒนาระบบเพื่อนำแบบจำลองไปใช้งาน งานวิจัยนี้ใช้ภาษา Python ร่วมกับภาษา PHP ในการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญการใช้สมุนไพรรักษาโรคบนฐานความรู้ภูมิปัญญาสุขภาพโดยปราชญ์ชาวบ้าน โดยตัวอย่างการใช้งานระบบ ผู้ใช้สามารถระบุคำค้นดังภาพที่ 2 จากนั้นระบบผู้เชี่ยวชาญจะเรียกใช้แบบจำลองเพื่อจำแนกความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มอาการกับการใช้สมุนไพรจากองค์ความรู้ของปราชญ์ชาวบ้านดังภาพที่ 3



ภาพที่ 2 ตัวอย่างการใช้งานระบบของผู้ใช้สำหรับระบุคำค้น



ภาพที่ 3 ตัวอย่างระบบผู้เชี่ยวชาญแสดงผลการใช้สมุนไพรรักษาโรคบนฐานความรู้ภูมิปัญญาสุขภาพของปราชญ์ชาวบ้าน

3. การประเมินคุณภาพการทำงานของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ

ผลการประเมินคุณภาพในการใช้งานระบบประเมินจากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 3 ท่าน แบ่งระดับผลคะแนนการประเมินจากน้อยที่สุดไปหามากที่สุดระดับ 1 ถึง 5 โดย ให้ 1 คือ ระดับการประเมินคุณภาพการใช้งานมีคุณภาพน้อยที่สุด ส่วน 5 คือระดับการประเมินคุณภาพการใช้งานมีคุณภาพมากที่สุด โดยการแปรผลการให้ระดับคะแนนประเมินจากแบบสอบถามพิจารณาจากค่าเฉลี่ยโดยใช้เกณฑ์ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.24 - 5.00 หมายถึง มากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.43 – 4.23 หมายถึง มาก

ค่าเฉลี่ย 2.62 – 3.42 หมายถึง ปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.81 – 2.61 หมายถึง น้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.80 หมายถึง น้อยที่สุด

ผลการประเมินคุณภาพการใช้งานระบบแสดงผลตามราย ด้านดังตารางที่ 2 จากผลการประเมินคุณภาพการใช้งานระบบในภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.84, S.D = 1.13) เมื่อพิจารณาผลประเมินรายด้านพบว่า รายการประเมิน 4 ด้านมีความเหมาะสมอยู่ระดับมากทั้ง 4 ด้าน โดยด้านประสิทธิภาพของระบบมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.22, S.D = 0.97) และด้านการประเมินความถูกต้องของระบบมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ($\bar{X}$ = 3.67, S.D = 1.22) เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากการสำรวจมีปริมาณน้อยส่งผลให้การสร้างแบบจำลองเพื่อทำนายการใช้สมุนไพรรักษาโรคมีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อยอย่างไรก็ตามถือว่าอยู่ในระดับดี เมื่อพิจารณารายการประเมินเป็นรายข้อพบว่า 1) ข้อที่มีความเหมาะสมมากที่สุดจำนวน 2 ข้อ โดยเรียงลำดับค่าเฉลี่ยจากมากไปน้อย ดังนั้นระบบมีความเสถียรภาพในการเข้าใช้งาน ($\bar{X}$ = 4.67, S.D = 0.58) และสามารถให้ผลลัพธ์ได้อย่างรวดเร็ว ($\bar{X}$ = 4.33, S.D = 0.58) เรียงตามลำดับ 2) ข้อที่มีความเหมาะสมมากจำนวน 11 ข้อ โดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ ความสามารถของส่วนนำเข้าข้อคำถาม/ระบุอาการตรงตามความต้องการของท่าน ($\bar{X}$ = 4.00, S.D = 1.73) ผลลัพธ์การค้นหาเป็นปัจจุบันล่าสุดหรือไม่ สามารถนำผลการค้นหาไปใช้ประโยชน์ในการรักษาได้ ($\bar{X}$ = 4.00, S.D = 1.73) เมื่อป้อนคำถามด้วยคำค้น 1 คำ ผลลัพธ์ที่ได้ถูกต้อง และเป็นไปตามความต้องการของท่าน ($\bar{X}$ = 4.00, S.D = 1.73) การเชื่อมโยงไปยังฐานความรู้ที่ค้นพบมีความเหมาะสม ($\bar{X}$ = 4.00, S.D = 1.00) และความเหมาะสมในการปฏิสัมพันธ์โต้ตอบกับผู้ใช้ ($\bar{X}$ = 4.00, S.D = 1.00) สำหรับข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ ท่านสามารถใช้ระบบเพื่อเข้าถึงองค์ความรู้ภูมิปัญญาสุขภาพด้านการใช้สมุนไพรรักษาโรคได้ตามที่ต้องการหรือไม่ ($\bar{X}$ = 3.67, S.D = 1.53) ข้อมูล/สารสนเทศ/ความรู้ในระบบ เป็นสิ่งที่ถูกต้อง สามารถใช้ในการวิเคราะห์ และรักษาได้จริง ($\bar{X}$ = 3.67, S.D = 0.58) ขนาด สี รูปแบบ ตัวอักษร กราฟฟิค มีความเหมาะสม ($\bar{X}$ = 3.67, S.D = 1.53) องค์ประกอบของระบบจัดวางเหมาะสม ($\bar{X}$ = 3.67, S.D = 0.58) รูปแบบของการระบุคำถาม/ระบุอาการสะดวกต่อการใช้งาน ($\bar{X}$ = 3.67, S.D = 1.53) และระบบมีความแม่นยำในการแสดงผลลัพธ์ ($\bar{X}$ = 3.67, S.D = 1.53) 3) ข้อที่มีความเหมาะสมปานกลางจำนวน 2 ข้อ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากันทั้ง 2 ข้อ ดังนี้ คือ ได้ผลลัพธ์ตรงตามความต้องการของท่าน สามารถค้นหาผลลัพธ์ที่ต้องการได้ทุกอาการหรือไม่ ($\bar{X}$ = 3.33, S.D = 1.15) และ เมื่อป้อนคำถามด้วยคำค้นมากกว่า 1 คำ ผลลัพธ์ที่ได้ถูกต้องและเป็นไปตามความต้องการของท่าน ($\bar{X}$ = 3.33, S.D = 1.53) ดังนั้นเมื่อพิจารณาผลการประเมินจึงกล่าวได้ว่าภาพรวมของคุณภาพในการใช้งานระบบมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก

ตารางที่ 2 รายละเอียดผลการประเมินคุณภาพการใช้งานระบบ

รายการประเมิน	$\bar{x}$	S.D.	ความหมาย
1. ด้านความสามารถของระบบ (Functional requirement test)	3.75	1.36	มาก
1.1 ความสามารถของส่วนนำเข้าข้อคำถาม/ระบุอาการตรงตามความต้องการของท่าน	4.00	1.73	มาก
1.2 ได้ผลลัพธ์ตรงตามความต้องการของท่าน สามารถค้นหาผลลัพธ์ที่ต้องการได้ทุกอาการหรือไม่	3.33	1.15	ปานกลาง
1.3 ผลลัพธ์การค้นหาเป็นปัจจุบันล่าสุดหรือไม่ สามารถนำผลการค้นหาไปใช้ประโยชน์ในการรักษาได้	4.00	1.73	มาก
1.4 ท่านสามารถใช้ระบบเพื่อเข้าถึงองค์ความรู้ภูมิปัญญาสุขภาพด้านการใช้สมุนไพรรักษาโรคได้ตามที่ต้องการหรือไม่	3.67	1.53	มาก
2. ด้านความถูกต้องของระบบ (Functional test)	3.67	1.22	มาก
2.1 เมื่อป้อนคำถามด้วยคำค้น 1 คำ ผลลัพธ์ที่ได้ถูกต้อง และเป็นไปตามความต้องการของท่าน	4.00	1.73	มาก
2.2 เมื่อป้อนคำถามด้วยคำค้นมากกว่า 1 คำ ผลลัพธ์ที่ได้ถูกต้องและเป็นไปตามความต้องการของท่าน	3.33	1.53	ปานกลาง
2.3 ข้อมูล/สารสนเทศ/ความรู้ในระบบ เป็นสิ่งที่ถูกต้อง สามารถใช้ในการวิเคราะห์และรักษาได้จริง	3.67	0.58	มาก
3. ด้านการใช้งานและการออกแบบระบบ (Usability and User Interface test)	3.80	1.01	มาก
3.1 ขนาด สี รูปแบบ ตัวอักษร กราฟฟิค มีความเหมาะสม	3.67	1.53	มาก
3.2 องค์ประกอบของระบบจัดวางเหมาะสม	3.67	0.58	มาก
3.3 การเชื่อมโยงไปยังฐานความรู้ที่ค้นพบมีความเหมาะสม	4.00	1.00	มาก
3.4 รูปแบบของการระบุคำถาม/ระบุอาการสะดวกต่อการใช้งาน	3.67	1.53	มาก
3.5 ความเหมาะสมในการปฏิสัมพันธ์โต้ตอบกับผู้ใช้	4.00	1.00	มาก
4. ด้านประสิทธิภาพของระบบ (Performance test)	4.22	0.97	มาก
4.1 สามารถให้ผลลัพธ์ได้อย่างรวดเร็ว	4.33	0.58	มากที่สุด
4.2 ระบบมีความเสถียรภาพในการเข้าใช้งาน	4.67	0.58	มากที่สุด
4.3 ระบบมีความแม่นยำในการแสดงผลลัพธ์	3.67	1.53	มาก
สรุปรวมทุกด้าน	**3.84**	**1.13**	**มาก**

ผลการวิจัย

ภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านสุขภาพได้รับความสนใจในการนำองค์ความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นจากปราชญ์ชาวบ้านด้านการนำสมุนไพรมารักษาอาการป่วยหรือโรคที่มีมาตั้งแต่อดีต มาปรับใช้ให้มีคุณสมบัติเหมาะสมกับการใช้งานในยุคปัจจุบัน งานวิจัยนี้จึงได้ดำเนินการรวบรวมองค์ความรู้การรักษาโรคด้วยสมุนไพรบนฐานความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นจากปราชญ์ชาวบ้าน นำมาพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญการใช้สมุนไพรรักษาโรคบนฐานความรู้ภูมิปัญญาสุขภาพด้วยเทคนิคการจำแนกข้อมูลแบบต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree)

ผลของการวิจัย พบว่า ระบบผู้เชี่ยวชาญที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพในการตอบ และให้คำแนะนำการใช้สมุนไพรรักษาโรคบนฐานความรู้ภูมิปัญญาสุขภาพของปราชญ์ชาวบ้านได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากแบบจำลองอัลกอริธึม C4.5 ได้ค่าความแม่นยำ คือ 88% และผลการประเมินคุณภาพการใช้งานระบบอยู่ในระดับมาก อีกทั้งเป็นเครื่องมือที่ใช้ถ่ายทอดองค์ความรู้แก่ผู้สนใจ ยังเกิดประโยชน์ให้การรักษาองค์ความรู้ของปราชญ์ชาวบ้านด้านการรักษาโรคด้วยสมุนไพรที่มีมาแต่บรรพบุรุษคงอยู่ในชุมชนต่อไป

อภิปรายผล

ระบบผู้เชี่ยวชาญระบุพันธุ์เห็ดนี้พัฒนาให้สามารถทำงานได้บนเว็บบราวเซอร์ โดยพัฒนาหน้าเว็บส่วนติดต่อโดยการสร้างกฎเพื่อจำแนกลักษณะอาการของโรคแล้วจึงมาวิเคราะห์เพื่อสร้างเป็นผังต้นไม้ (Decision Tree) ตามอัลกอริทึม C4.5 มีค่าความแม่นยำ (Precision) 88 % อยู่ในระดับดี สอดคล้องกับงานวิจัย (Srichaiwong, Trakulsuk and Boonlue, 2014; Cheewaprakobkit, 2013; Muntham and Ingsrisawang, 2010; Sriwiboon, 2016)

ผลการประเมินคุณภาพการใช้งานระบบที่พัฒนาโดยงานวิจัยนี้โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านซึ่งมีความรู้ความเชี่ยวชาญในด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ ด้านวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ และด้านสารสนเทศศาสตร์ พบว่าผลการประเมินการหาคุณภาพในการใช้งานระบบในภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ระดับมาก ($\overline{X}$ = 3.84, S.D = 1.13) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ทั้ง 4 ด้านมีความเหมาะสมอยู่ระดับมากทั้ง 4 ด้าน สรุป ระบบที่พัฒนาขึ้นนี้มีความเหมาะสมสามารถนำไปใช้งานได้จริง สามารถช่วยแนะนำแนวทางการใช้สมุนไพรเพื่อรักษาโรคหรืออาการได้

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1.1 ควรจัดทำบทเรียนท้องถิ่นด้านการใช้สมุนไพรรักษาโรคขึ้น เพื่อส่งเสริมให้กลุ่มคนรุ่นใหม่ทั้งนักเรียน และผู้สนใจได้ตระหนักถึงความสำคัญ ซึ่งจะส่งผลทำให้เกิดความสนใจ และเข้ามามีบทบาทและมีส่วนร่วมในการดำเนินงานเพื่อส่งเสริมและอนุรักษ์ภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านการใช้สมุนไพรรักษาโรคของชุมชม

1.2 หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรสนับสนุนให้มีการรวมกลุ่มทำกิจกรรมร่วมกันระหว่างปราชญ์ชาวบ้านและคนในชุมชนอย่างต่อเนื่อง เช่น ส่งเสริมให้คนในชุมชนเห็นคุณค่า และคุณประโยชน์ของสมุนไพรทุกครัวเรือนเพื่อการดูแลสุขภาพ ส่งเสริมให้ทุกครัวเรือนแปรรูปสมุนไพรเพื่อจัดจำหน่ายเป็นรายได้เสริมส่งให้ผลให้ภาพรวมของเศรษฐกิจชุมชนดีขึ้น และเป็นตัวอย่างให้กับชุมชนใกล้เคียงนำสู่การเสริมสร้างเศรษฐกิจชุมชนที่เข็มแข็งและยั่งยืน

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 พัฒนาระบบในรูปแบบถาม-ตอบที่ใช้หลักการของปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) เช่น การพัฒนาแชทบอทเพื่อช่วยตอบคำถามได้ง่ายและสะดวกขึ้น

2.2 ควรนำระบบบูรณาการเข้ากับการเรียนการสอนให้หลากหลายเพื่อให้คนรุ่นต่อๆ ไปได้ศึกษาเรียนรู้ทั้งเอกสารวิชาการ และเรียนรู้จากประสบการณ์จริงจากปราชญ์ในชุมชน เพื่อเป็นการรักษาและคงไว้ให้คงอยู่กับชุมชนต่อไป

เอกสารอ้างอิง

Chansakul, S. (2018). Data Mining Techniques for Nursing Data Analysis. *EAU Heritage Journal Science and Technology,* 2(12), 83-96. (in Thai)

Cheewaprakobkit, P. (2013). Study of Factors Analysis Affecting Academic Achievement of Undergraduate Students in International Program, 1-5. *The Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists* 2013 (IMECS 2013), March 13-15, 2013, Hong Kong, 1-5.

Daniel, T. (2005). *Discovering Knowledge in Data*. New York, United States: John Wiley & Sons.

Kaminski, B., Jakubczyk, M. and Szufel, P. (2017). A framework for sensitivity analysis of decision trees. *Central European Journal of Operations Research*, 26(1), 135–159.

Kohavi, R. (1995). A study of crossvalidation and bootstrap for accuracy estimation and model selection. *The Proceedings of the Fourteenth International joint conference on Artificial Intelligence*, Montreal, Canada, 20-25 August 1995, 1137-1143.

Muntham, D. and Ingsrisawang, L. (2010). An Application of Decision Tree Algorithms for Diagnosis of the Respiratory System: A Case Study of Pranakorn Sri Ayudthaya Hospital. *Journal of Health Systems Research*, 4(1), 73-81. (in Thai)

Quinlan, J. (1993). *C4.5: Programs for Machine Learning***.** San Francisco, USA: Morgan Kaufmann Publishers.

Srichaiwong, C., Trakulsuk, P. and Boonlue, S. (2014). Decision Support Systems For Longan Leaf Disease Diagnosis with Decision Tree Technical. *Veridian E-Journal Science and Technology Silpakorn University*, 1(6), 1-14. (in Thai)

Sriwiboon, N. 2016. A comparative efficiency of data mining algorithms for analysis of factors affecting the cancer. *SNRU Journal of Science and Technology*, 8(3), 344–352. (in Thai)

Sumungkaset, A. and Nantasri, C. (2019). Folk Medicine Databases System of NaMon District Kalasin Province. *Koch Cha Sarn Journal of Science*, 40(2), 74-87. (in Thai)

Tilmann, B. (2007). *Programs for Machine Learning*. San Francisco, USA: Morgan Kaufmann Publishers.

Treerungroj, M. (2017). *Machine Learning & Supervised Learning with basic scikit-learn*. [Online]. Retrieved November, 2019 from https://medium.com/@m.treerungroj/ machine-learning-supervised-learning-with-basic-scikit-learn-part1-99b8b2327c9. (in Thai)

Tubtong, A., Suksut, P. and Singha, S. (2014). *The knowledge management of Thai wisdom on health in primary care service system and community health care*. Bangkok: Health Systems Research Institute (HSRI), National Library of Thailand. (in Thai)

ระบบพยากรณ์ความเสี่ยงภาวะหมอนรองกระดูกทับเส้นประสาทผ่านสมาร์ทโฟน ด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล

ณัฐวดี หงษ์บุญมี[1,*], ติณณภพ โตม่วง[2]
[1,2]ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Received: 12 April 2020
Revised: 13 August 2021
Accepted: 5 November 2021

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาระบบพยากรณ์ความเสี่ยงภาวะหมอนรองกระดูกทับเส้นประสาทด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูลผ่านสมาร์ทโฟน การดำเนินงานเริ่มจากการรวบรวมข้อมูลกลุ่มตัวอย่างจำนวน 500 ชุดข้อมูลประยุกต์ใช้เทคนิคเหมืองข้อมูลสำหรับสร้างแบบจำลองพยากรณ์โดยเลือกเปรียบเทียบ 3 เทคนิคได้แก่ ต้นไม้ตัดสินใจ นาอีฟเบย์และโครงข่ายประสาทเทียม วัดประสิทธิภาพแบบจำลองด้วยค่าความถูกต้อง ค่าความแม่นยำ ค่าความระลึกและค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย จากนั้นนำแบบจำลองไปวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดโรคหมอนรองกระดูกทับเส้นประสาทและนำแบบจำลองที่ได้ค่าประสิทธิภาพดีที่สุดมาพัฒนาแอปพลิเคชัน ผลการวิจัยพบว่า (1) แบบจำลองพยากรณ์ที่มีค่าประสิทธิภาพสูงสุดได้แก่แบบจำลองจากเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมมีค่าความถูกต้อง 94.60% ค่าความแม่นยำ 94.60% ค่าความระลึก 94.60% และค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 0.218 (2) ผลการค้นหาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดโรคหมอนรองกระดูกทับเส้นประสาทพบว่าปัจจัยที่มีความสำคัญสูงสุด คือ อาการปวดชาบริเวณสะโพกฝ่าเท้าหรือนิ้วเท้า รองลงมา ได้แก่ การนอนคว่ำบ่อยๆ และอาการขาไม่มีแรงตามลำดับ และ (3) ผลการประเมินความพึงพอใจของระบบที่พัฒนาขึ้นโดยผู้ใช้งาน พบว่ามีค่าเฉลี่ยรวม 4.20 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.53 อยู่ในระดับดี สรุปได้ว่าระบบที่พัฒนาขึ้นนี้มีความเหมาะสมสามารถนำไปใช้งานได้จริงสามารถช่วยวิเคราะห์ความเสี่ยงโรคด้วยตนเองและแนะนำแนวทางการรักษาเบื้องต้นได้

คำสำคัญ : พยากรณ์ความเสี่ยง หมอนรองกระดูกทับเส้นประสาท เหมืองข้อมูล โครงข่ายประสาทเทียม แอปพลิเคชัน

[*] ผู้ประสานงานหลัก; อีเมล: nattavadeeho@nu.ac.th

Predictive System for Risk of Herniated Disc via Smartphone using Data Mining Techniques

Nattavadee Hongboonmee[1,*], Tinnapop Tomuang[2]
[1,2]Department of Computer Science and Information Technology,
Faculty of Science, Naresuan University

Received: 12 April 2020
Revised: 13 August 2021
Accepted: 5 November 2021

Abstract

This research proposed a prediction system for the risk of herniated disc using data mining techniques on smartphone. A total of 500 data sets were collected and used for sample data. We applied three data mining techniques, namely, Decision Tree, Artificial Neural Network, and Naïve Bay to create three prediction system models. Then, the levels of efficiency of the three models were measured and compared in terms of accuracy value, precision value, recall value, and RMSE value. After that, the models were analyzed to identify the factors that affected the risk of the occurring of herniated disc and then the model with the highest efficiency was chosen for application development. The results revealed that (1) the most efficient model for prediction of herniated disc was the prediction model based on Artificial Neural Network technique with an accuracy of 94.60% , precision of 94.60% , recall of 94.60% and RMSE of 0.218; (2) the result of identifying the factors affecting the herniated disc revealed that the most important factor was the pain in the hips, soles or toes, to be followed by the frequent lying prone down, and the condition of weakening legs, respectively; and (3) the result of evaluation of the users' satisfaction with the developed system showed that the rating mean for users' satisfaction was 4.20 with standard deviation of 0.53, indicating that the users were satisfied with the system at the high level. In conclusion, the developed system is appropriate and can be applied for analysis of the risk of herniated disc. It helps the patients to analyze the risk of herniated disc on their own and can suggest guidelines for preliminary treatment of the disease.

Keywords: Risk Prediction, Herniated Disc, Data Mining, Artificial Neural Network, Application

[*] Corresponding Author; E-mail: nattavadeeho@nu.ac.th

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันประเทศไทยมีอัตราผู้ป่วยด้วยภาวะหมอนรองกระดูกสันหลังทับเส้นประสาทในวัยทำงาน (อายุ 25-60 ปี) มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น (Yingsakmongkol, 2018) เนื่องจากการทำงานที่เคร่งเครียดไม่มีการปรับเปลี่ยนอิริยาบถส่งผลให้ร่างกายเกิดความเสื่อม ลักษณะอาการของโรคหมอนรองกระดูกทับเส้นประสาทผู้ป่วยจะมีอาการปวดจนถึงอาการปวดค่อนข้างมากขึ้นอยู่กับความรุนแรงของโรคซึ่งอาจจะต้องหยุดพักงานเป็นเวลานานเพื่อทำการบำบัดรักษา อย่างไรก็ตามโรคหมอนรองกระดูกทับเส้นประสาทก็ถือเป็นโรคที่ก่อให้เกิดอุปสรรคในการดำเนินชีวิตประจำวันและคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยได้ ถึงแม้ว่าปัจจุบันวิวัฒนาการทางการแพทย์มีความเจริญก้าวหน้ามีการพัฒนาอุปกรณ์ทางการแพทย์ในการตรวจวินิจฉัยโรคที่มีความแม่นยำและรวดเร็วแต่การพัฒนาเครื่องมือช่วยในการตรวจวิเคราะห์และพยากรณ์โรคจำเป็นต้องอาศัยความรู้ความสามารถในการวิเคราะห์ที่ซับซ้อนเพื่อลดความเสี่ยงในขั้นตอนการตัดสินใจจำเป็นต้องใช้การพยากรณ์ที่ถูกต้องเป็นสิ่งสำคัญ นอกจากนี้การประเมินความเสี่ยงในการเกิดโรคหมอนรองกระดูกทับเส้นประสาทเบื้องต้นจะเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนป้องกันรักษาและดูแลสุขภาพเนื่องจากการรักษาโรคหมอนรองกระดูกทับเส้นประสาทต้องได้รับการดูแลรักษาที่เหมาะสมกับความรุนแรงและระยะเวลาที่ผู้ป่วยมีอาการ

จากปัญหาข้างต้นคณะผู้วิจัยเล็งเห็นถึงความสำคัญของการพยากรณ์ความเสี่ยงภาวะหมอนรองกระดูกทับเส้นประสาทเพื่อช่วยคัดกรองความเสี่ยงด้วยตนเองเบื้องต้นจึงได้นำเทคโนโลยีเหมืองข้อมูลมาช่วยวิเคราะห์สร้างแบบจำลองและนำเทคโนโลยีสมาร์ทโฟนมาประยุกต์ใช้กับการดูแลสุขภาพ โดยการพัฒนาระบบพยากรณ์ความเสี่ยงภาวะหมอนรองกระดูกทับเส้นประสาทผ่านสมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อสะดวกต่อการใช้งานและเป็นประโยชน์สำหรับบุคคลทั่วไปที่ต้องการทราบโอกาสเสี่ยงของตนเองในการเกิดโรคหมอนรองกระดูกทับเส้นประสาทให้สามารถวางแผนป้องกันและดูแลสุขภาพตนเองเบื้องต้นได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างแบบจำลองสำหรับพยากรณ์ความเสี่ยงโรคหมอนรองกระดูกทับเส้นประสาทด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล
2. เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดโรคหมอนรองกระดูกทับเส้นประสาท
3. เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันช่วยพยากรณ์ความเสี่ยงผ่านสมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการดำเนินงานวิจัยนั้นได้มีการศึกษาและนำทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมาประยุกต์ใช้ดังนี้

1. หมอนรองกระดูกทับเส้นประสาท

หมอนรองกระดูกสันหลัง คือ เนื้อเยื่อชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่ผ่อนแรงที่รองรับระหว่างกระดูกสันหลังสองชิ้นทุกครั้งที่มีการเคลื่อนไหวก้มเงยหมอนรองกระดูกสันหลังจะเป็นตัวรับน้ำหนักและรับแรงกระแทกระหว่างกระดูกเมื่ออายุมากขึ้นหรือใช้งานกระดูกสันหลังอย่างหนัก เช่น เล่นกีฬา ยกของหนัก หมอนรองกระดูกสันหลังก็จะเสื่อมหรือเคลื่อนหลุดออกมาและไปกดทับเส้นประสาทของกระดูกสันหลังได้ (Yingsakmongkol, 2018) โดยปกติหมอนรองกระดูกจะค่อยๆ เสื่อมสภาพตั้งแต่อายุ 25 ปี แต่ถ้าน้ำหนักตัวมากร่างกายรับน้ำหนักตลอดเวลา นั่งทำงานนานๆ

ยกของหนักหรือสูบบุหรี่ก็จะทำให้มีการเสื่อมของหมอนรองกระดูกสันหลังเร็วขึ้นทั้งนี้โรคของหมอนรองกระดูกที่พบได้บ่อย คือ โรคหมอนรองกระดูกทับเส้นประสาท (Herniated Disc) เกิดจากการเคลื่อนของหมอนรองกระดูกรวมถึงการแตกของหมอนรองกระดูก (Thai Health Promotion Foundation, 2019) ถ้าทิ้งไว้นานเส้นประสาทจะทำงานได้น้อยลงกล้ามเนื้อขาอ่อนแรงเดินและควบคุมการขับถ่ายไม่ได้อาจถึงขั้นเป็นอัมพฤกษ์อัมพาตดังนั้นเมื่อมีอาการควรพบแพทย์เพื่อทำการรักษา

2. เหมืองข้อมูล

เหมืองข้อมูล (Data Mining) คือ การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อแยกประเภทจำแนกรูปแบบและความสัมพันธ์ของข้อมูลจากฐานข้อมูลที่มีขนาดใหญ่หรือคลังข้อมูลโดยมีวิธีต่างๆ หลายวิธี (Sinsomboonthong, 2015) ซึ่งรูปแบบการทำเหมืองข้อมูลนั้นได้รวบรวมความรู้จากหลายแขนงเข้าไว้ด้วยกันประกอบด้วยระบบการเรียนรู้ของเครื่องจักร (Machine Learning) และการจดจำรูปแบบ (Pattern Recognition) สำหรับการประมวลผลข้อมูลขนาดใหญ่จำเป็นที่จะต้องใช้เครื่องคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยวิเคราะห์และประมวลผลเพื่อให้เกิดความสะดวกและมีประสิทธิภาพ

3. ต้นไม้ตัดสินใจ

ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) เป็นเทคนิคหนึ่งของการทำเหมืองข้อมูลสำหรับการจำแนกข้อมูล (Classification Rules) โดยเป็นการนำข้อมูลมาสร้างแบบจำลองพยากรณ์เพื่อการทำนายหรือการจำแนกออกเป็นประเภทต่างๆ โดยมีโครงสร้างในลักษณะที่เป็นต้นไม้ (Sinsomboonthong, 2015) โครงสร้างของต้นไม้ตัดสินใจประกอบด้วยโหนดราก (Root Node) กิ่ง (Branch) และโหนดใบ (Leaf Node)

4. โครงข่ายประสาทเทียม

โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network: ANN) หลักการสำคัญคือความพยายามที่จะลอกเลียนแบบการทำงานของเซลล์ประสาทในสมองของมนุษย์เพื่อทำงานให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Sinsomboonthong, 2015) ลักษณะของโครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น (Multilayer) ประกอบด้วยชั้นสัญญาณประสาทขาเข้า ชั้นสัญญาณประสาทขาออกและมีชั้นแอบแฝง (Hidden Layer) เพิ่มขึ้นโดยอยู่ส่วนกลางระหว่างชั้นนำข้อมูลป้อนเข้าและชั้นส่งข้อมูลออกทั้งนี้ชั้นแอบแฝงอาจมีมากกว่า 1 ชั้นได้

5. นาอีฟเบย์

นาอีฟเบย์ (Naïve Bayes) หรือการเรียนรู้แบบเบย์เป็นวิธีการเรียนรู้ที่อาศัยความน่าจะเป็นตามทฤษฎีของเบย์ (Bayes Theorem) เป็นขั้นตอนวิธีในการจำแนกข้อมูลโดยการเรียนรู้ปัญหาที่เกิดขึ้นเพื่อนำมาสร้างเงื่อนไขการจำแนกข้อมูลใหม่ (Suwanco et al., 2017) เหมาะกับกรณีของเซตตัวอย่างที่มีจำนวนมากและลักษณะของตัวอย่างไม่ขึ้นต่อกัน

6. การตรวจสอบแบบไขว้

การตรวจสอบแบบไขว้ (k-fold Cross Validation) (Sinsomboonthong, 2015) เป็นวิธีการทดสอบโดยแบ่งกลุ่มข้อมูลออกเป็น k กลุ่มข้อมูลในแต่ละกลุ่มจะมีจำนวนเท่ากัน ข้อมูลจะถูกวนให้เป็นข้อมูลการสอน (Train Set) และข้อมูลทดสอบ (Test Set) ตัวอย่างเช่น การแบ่งชุดข้อมูลออกเป็น 5 กลุ่ม (k = 5) โดยในรอบที่ 1 จะใช้ชุดข้อมูล 2-5 เป็นชุดข้อมูลการสอนและใช้ชุดข้อมูลที่ 1 เป็นชุดข้อมูลทดสอบและทำการสับเปลี่ยนข้อมูลจนครบ 5 รอบ อธิบายการทำงานดังแสดงในภาพที่ 1

Iteration 1: train on	**2**	**3**	**4**	**5**	**test on**	**1**
Iteration 2: train on	**1**	**3**	**4**	**5**	**test on**	**2**
Iteration 3: train on	**1**	**2**	**4**	**5**	**test on**	**3**
Iteration 4: train on	**1**	**2**	**3**	**5**	**test on**	**4**
Iteration 5: train on	**1**	**2**	**3**	**4**	**test on**	**5**

ภาพที่ 1 แสดงการแบ่งชุดข้อมูลแบบ k-fold โดยที่ k=5

7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

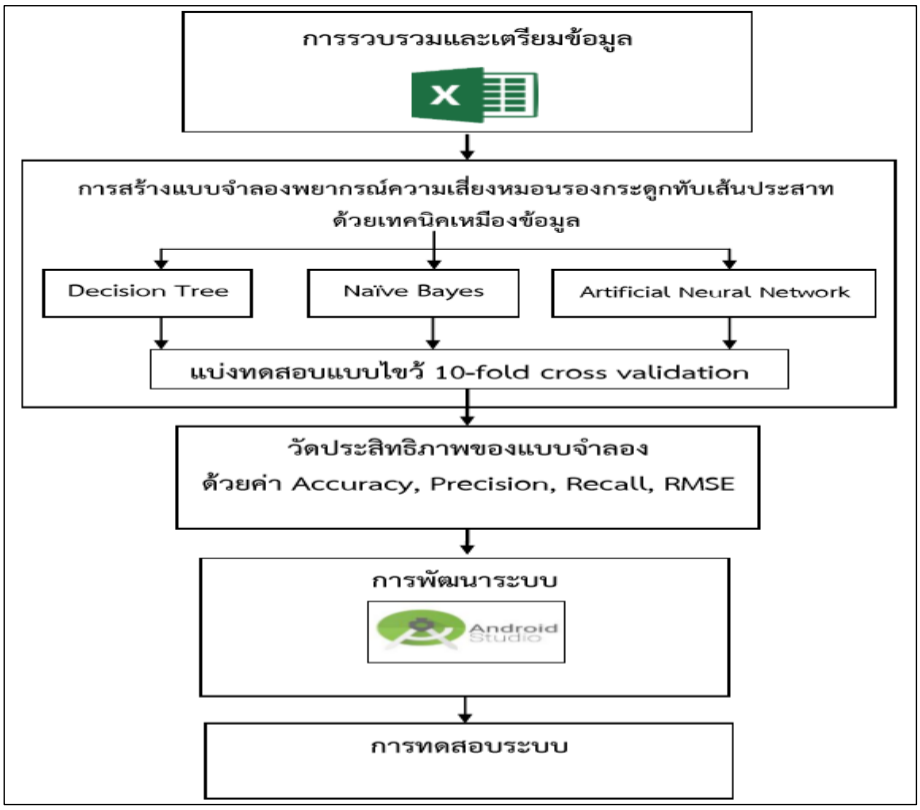
จากการศึกษาพบว่ามีงานวิจัยจำนวนไม่น้อยได้พัฒนาขึ้นเพื่อพยากรณ์การเกิดโรคหลายโรค คณะผู้วิจัยศึกษางานวิจัยที่มีความเกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

Sripaoraya and Sinsomboonthong (2017) ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการจำแนกกลุ่มการเป็นโรคไตเรื้อรังโดยเลือกเปรียบเทียบ 7 เทคนิคได้แก่ วิธีความใกล้เคียงกันมากที่สุด ต้นไม้ตัดสินใจ โครงข่ายประสาทเทียม ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน ฐานกฎการถดถอยลอจิสติกและนาอีฟเบย์ เพื่อวัดประสิทธิภาพการจำแนกกลุ่มโดยใช้ข้อมูลผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังของประเทศอินเดีย ผลการทดลองพบว่าวิธีการจำแนกกลุ่มที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด คือ ต้นไม้ตัดสินใจให้ค่าความถูกต้อง 100% Bundasak, Srisawang and Tongkom (2016) ศึกษาเรื่องการคัดกรองสุขภาพสำหรับผู้ที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคข้อเข่าเสื่อมโดยใช้เหมืองข้อมูล เก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์จำนวน 383 ชุดข้อมูล เลือกใช้ 4 อัลกอริทึมจากเหมืองข้อมูล คือ ต้นไม้ตัดสินใจ โครงข่ายประสาทเทียม ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนและนาอีฟเบย์ ผลการทดลองพบว่านาอีฟเบย์มีประสิทธิภาพค่าความถูกต้องสูงสุดที่ 92.14% Sangmanee et al. (2017) พัฒนาตัวแบบพยากรณ์การกลับมารักษาตัวซ้ำของผู้ป่วยโรคเบาหวานโดยใช้เทคนิคเหมืองข้อมูล ผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพด้านความถูกต้องของตัวแบบพยากรณ์การเกิดโรคเบาหวานเท่ากับ 85.50% Dolkool, Thongkam and Sukmak (2014) ทำการวิจัยเรื่องการสร้างแบบจำลองเพื่อพยากรณ์การเกิดแผลที่เท้าของผู้ป่วยโรคเบาหวานเพื่อช่วยในการวางแผนการรักษาและป้องกันการเกิดแผลที่เท้าของผู้ป่วยโรคเบาหวานโดยใช้เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม ซัพพอร์ตเวคเตอร์แมทชีนและต้นไม้ตัดสินใจ ผลการวิจัยพบว่าแบบจำลองจากต้นไม้ตัดสินใจมีความแม่นยำการพยากรณ์ดีที่สุดที่ 75.90% AlAgha et al. (2018) ศึกษาการจำแนกพาหะเบต้าธาลัสซีเมียด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูลหลายเทคนิคโดยทำการแบ่งชุดข้อมูลทดสอบแบบไขว้ 10-fold Cross Validation ผลการศึกษาพบว่าเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมมีประสิทธิภาพในการจำแนกได้ถูกต้องมากที่สุดที่ 99.73 %

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าเทคนิคเหมืองข้อมูล เช่น โครงข่ายประสาทเทียม ต้นไม้ตัดสินใจและนาอีฟเบย์เป็นเทคนิคที่ได้รับความนิยมและมีประสิทธิภาพที่ดีในการจำแนกกลุ่มข้อมูล ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำเทคนิคเหมืองข้อมูลดังกล่าวมาประยุกต์ใช้กับการจำแนกและสร้างแบบจำลองพยากรณ์ความเสี่ยงโรคหมอนรองกระดูกทับเส้นประสาท

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การดำเนินการวิจัยประกอบด้วยกรอบแนวคิดในการวิจัย 5 ขั้นตอนได้แก่ (1) การรวบรวมและเตรียมข้อมูล (2) การสร้างแบบจำลอง (3) การวัดประสิทธิภาพแบบจำลอง (4) การพัฒนาระบบ และ (5) การทดสอบระบบ มีรายละเอียดแต่ละขั้นตอนดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กรอบแนวคิดในการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

การรวบรวมและเตรียมข้อมูล

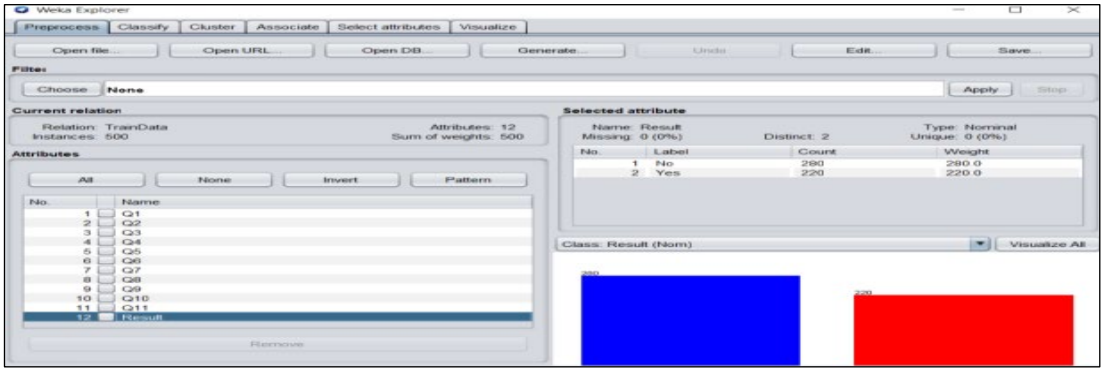
การศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยโดยศึกษาจากเอกสารหนังสืองานวิจัยและสอบถามข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญทางด้านการแพทย์ จากนั้นดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำมาคัดเลือกปัจจัยตัวแปรสำหรับนำมาใช้สร้างแบบจำลองพยากรณ์ ซึ่งสามารถคัดเลือกปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดภาวะหมอนรองกระดูกทับเส้นประสาทได้จำนวน 11 ปัจจัย แบ่งระดับความเสี่ยงเป็น 2 ระดับ คือ มีความเสี่ยงและไม่มีความเสี่ยง ข้อมูลปัจจัยได้รับการตรวจสอบความถูกต้องโดยผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์ รายละเอียดข้อมูลตัวแปรที่ใช้สำหรับวิเคราะห์มีรายละเอียดในตารางที่ 1 การเตรียมข้อมูลได้ดำเนินการจัดทำแบบสอบถามโดยเก็บข้อมูลจากการสุ่มกลุ่มตัวอย่างคละช่วงอายุและเพศรวบรวมข้อมูลจากโรงพยาบาลเอกชน 3 แห่งในจังหวัดพิษณุโลกจำนวน 500 ชุดข้อมูล ดำเนินการเก็บข้อมูลลงในโปรแกรม Microsoft Excel แล้วทำการแปลงข้อมูลเพื่อเข้าสู่โปรแกรม WEKA แบ่งเป็นมีความเสี่ยงจำนวน 220 ชุดข้อมูล ไม่มีความเสี่ยง จำนวน 280 ชุดข้อมูล

ตารางที่ 1 ข้อมูลตัวแปรสำหรับการวิเคราะห์

ตัวแปร	ความหมาย	ค่าของตัวแปร
Q1	อายุอยู่ในช่วง 25-60 ปี	ใช่, ไม่ใช่
Q2	นั่งหลังโก่งหลังงอและนั่งก้มมองจอคอมพิวเตอร์เป็นเวลานาน	ใช่, ไม่ใช่
Q3	ชอบนั่งเก้าอี้ต่ำบ่อยๆ	ใช่, ไม่ใช่
Q4	มีภาวะน้ำหนักตัวเกินมาตรฐาน (overweight)	ใช่, ไม่ใช่
Q5	สูบบุหรี่	ใช่, ไม่ใช่
Q6	นอนคว่ำบ่อยๆ	ใช่, ไม่ใช่
Q7	ใช้รองเท้าส้นสูงบ่อยๆ	ใช่, ไม่ใช่
Q8	ยกของหนักด้วยท่าที่ไม่ถูกต้อง	ใช่, ไม่ใช่
Q9	เคยเกิดอุบัติเหตุช่วงบริเวณกระดูกสันหลัง	ใช่, ไม่ใช่
Q10	ปวดชาบริเวณสะโพกหรือฝ่าเท้าหรือนิ้วเท้า	ใช่, ไม่ใช่
Q11	ขาไม่มีแรง	ใช่, ไม่ใช่
Result	ผลลัพธ์การวิเคราะห์ความเสี่ยงโรค	มีความเสี่ยง, ไม่มีความเสี่ยง

การสร้างแบบจำลอง

จากการเตรียมข้อมูลทำให้ได้ตัวแปรนำเข้าจำนวน 11 ตัวแปรและตัวแปรผลลัพธ์จำนวน 1 ตัวแปรโดยชุดข้อมูลทั้งหมดจำนวน 500 ชุดข้อมูล นำข้อมูลที่จัดเตรียมทั้งหมดไปสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม WEKA เวอร์ชั่น 3.8 เทคนิคเหมืองข้อมูลที่นำมาใช้ในการทดลองนี้เลือกเปรียบเทียบ 3 เทคนิค คือ เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ นาอีฟเบย์ และโครงข่ายประสาทเทียม



ภาพที่ 3 ตัวอย่างข้อมูลในโปรแกรม WEKA

การวัดประสิทธิภาพแบบจำลอง

การวัดประสิทธิภาพแบบจำลองด้วยวิธีการตรวจสอบแบบไขว้ 10-fold Cross Validation และเป็นการจำแนกข้อมูลออกเป็นสองกลุ่ม คือ (1) กลุ่มที่ต้องการนำไปใช้เป็นข้อมูลการสอนหรือ Training Set (2) กลุ่มข้อมูลที่ต้องการนำไปใช้เป็นข้อมูลทดสอบหรือ Testing Set ทำการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) ในอัตราส่วนของชุดข้อมูลการเรียนรู้และชุดข้อมูลการทดสอบแล้วสลับชุดข้อมูลเพื่อให้ได้รับการทดสอบจนครบ 10 ชุด ตัวชี้วัด

ประสิทธิภาพใช้การวัด 4 ตัวชี้วัด ได้แก่ (1) Accuracy คือ ค่าความถูกต้อง (2) Precision คือ ค่าความแม่นยำ (3) Recall คือ ค่าความระลึก และ (4) RMSE (Root Mean Square Error) คือ ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย ซึ่งเป็นวิธีการคำนวณความผิดพลาดการพยากรณ์หมายความว่าถ้าค่าเข้าใกล้ศูนย์หรือมีค่าน้อยแสดงว่าแบบจำลองพยากรณ์ออกมาได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริง (Manakitphaisan and Thaweesuk, 2018) ได้จากสมการดังนี้

$$\text{Accuracy} = \frac{\text{TP+TN}}{\text{TP+FP+FN+TN}} \tag{1}$$

$$\text{Precision} = \frac{\text{TP}}{\text{TP+FP}} \tag{2}$$

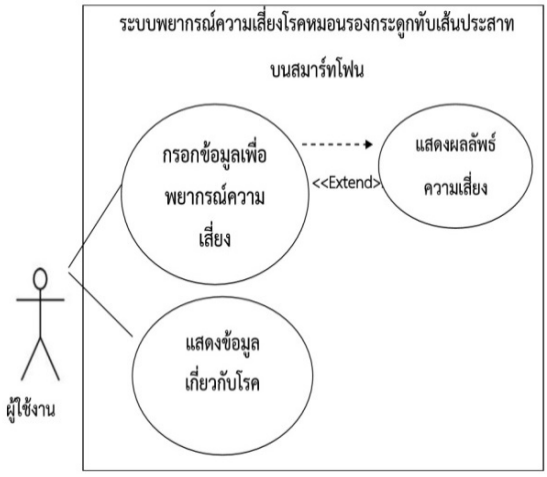
$$\text{Recall} = \frac{\text{TP}}{\text{TP+FN}} \tag{3}$$

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(Y_i' - Y_i)^2} \tag{4}$$

โดยที่ TP = ข้อมูลเป็นจริงและผลการทำนายบอกว่าจริง
TN = ข้อมูลเป็นข้อมูลไม่จริงและผลการทำนายบอกว่าไม่จริง
FP = ข้อมูลเป็นจริงแต่ผลการทำนายบอกว่าไม่จริง
FN = ข้อมูลเป็นข้อมูลไม่จริงแต่ผลการทำนายบอกว่าจริง
Y_i = ค่าของข้อมูลที่เกิดขึ้นจริง
Y_i' = ค่าที่ได้จากการพยากรณ์
n = จำนวนนำเข้าทั้งหมด

การพัฒนาระบบ

เมื่อสร้างแบบจำลองพยากรณ์แล้วเพื่อให้สะดวกต่อการนำไปใช้งานจึงนำแบบจำลองไปพัฒนาเป็นระบบสารสนเทศมีขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาระบบดังนี้ การออกแบบระบบเพื่อให้ทราบถึงขั้นตอนการทำงานของระบบจึงเลือกใช้แผนภาพ UML (Unified Modeling Language) แสดงฟังก์ชันการทำงานทั้งหมดในระบบดังภาพที่ 4 ซึ่งประกอบด้วยส่วนการพยากรณ์ความเสี่ยงหมอนรองกระดูกทับเส้นประสาทและส่วนข้อมูลความรู้เกี่ยวกับโรค



ภาพที่ 4 Use Case Diagram ของระบบ

```
Sigmoid Node 5
    Inputs    Weights
    Threshold    -0.11402519257024608
    Attrib Q1=Yes    -0.19065101518582853
    Attrib Q2=Yes    -0.5925421663469992
    Attrib Q3=Yes    -0.3698512800111977
    Attrib Q4=No    0.3784105913043841
    Attrib Q5=Yes    -0.1433061713833213
    Attrib Q6=Yes    -0.18347820827620798
    Attrib Q7=Yes    -0.026367159591298674
    Attrib Q8=Yes    -0.4464240751694696
    Attrib Q9=Yes    -0.3271523479547157
    Attrib Q10=Yes    -1.0944612060925256
    Attrib Q11=Yes    -0.8581548485131403
```

ภาพที่ 5 ค่าน้ำหนักของแอททริบิวต์ Hidden node 5

หลังจากขั้นตอนการออกแบบระบบแล้วจึงดำเนินการพัฒนาระบบงานด้วยโปรแกรม Android Studio และภาษา JAVA เป็นภาษาหลักในการพัฒนาสำหรับการพัฒนาระบบในรูปแบบแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยนำแบบจำลองที่ได้จากการสร้างและทดสอบแบบจำลองที่มีค่าประสิทธิภาพดีที่สุด ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้แก่แบบจำลองจากโครงข่ายประสาทเทียมมาประยุกต์ใช้ในการพยากรณ์ความเสี่ยงโรคหมอนรองกระดูกทับเส้นประสาท

วิธีการแปลงแบบจำลองเป็นโค้ดสำหรับแอปพลิเคชันมีขั้นตอนดังนี้ นำค่าน้ำหนัก (Weight) ในแต่ละแอททริบิวท์และ Hidden Node ที่ได้จากการวิเคราะห์โดย WEKA ดังตัวอย่างในภาพที่ 5 เมื่อได้ค่าน้ำหนักของแต่ละแอททริบิวต์และ Hidden Node แล้วจึงนำค่าน้ำหนักของ Node ต่างๆ มาเขียนโค้ดด้วยภาษาจาวาเพื่อพัฒนาเป็นเงื่อนไขในการวิเคราะห์คลาสผลลัพธ์ความเสี่ยงต่อไป

```
double att2 = Nodeinput2(Q1,Q2,Q3,Q4,Q5,Q6,Q7,Q8,Q9,Q10,Q11);
double att3 = Nodeinput3(Q1,Q2,Q3,Q4,Q5,Q6,Q7,Q8,Q9,Q10,Q11);
double att4 = Nodeinput4(Q1,Q2,Q3,Q4,Q5,Q6,Q7,Q8,Q9,Q10,Q11);
double att5 = Nodeinput5(Q1,Q2,Q3,Q4,Q5,Q6,Q7,Q8,Q9,Q10,Q11);
double att6 = Nodeinput6(Q1,Q2,Q3,Q4,Q5,Q6,Q7,Q8,Q9,Q10,Q11);

double hd0 = Nodeoutput0(att2,att3,att4,att5,att6);
double hd1 = Nodeoutput1(att2,att3,att4,att5,att6);

double result = hd0+hd1;

return result;
```

ภาพที่ 6 ตัวอย่างโค้ดการวิเคราะห์ผลลัพธ์ความเสี่ยง

การทดสอบระบบ

การทดสอบระบบใช้วิธีทดสอบแบบแบล็กบอกซ์ (Black Box Testing) ซึ่งเป็นการทดสอบระบบโดยภาพรวมว่าระบบสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการหรือไม่รวมทั้งหาข้อบกพร่องและปรับปรุงแก้ไข จากนั้นนำระบบนี้ไปให้กลุ่มตัวอย่างทดลองใช้งานจำนวน 30 คน ทดสอบฟังก์ชันต่างๆ ของระบบและประเมินความพึงพอใจในการใช้ระบบ ผลจากการทดสอบระบบมีผลลัพธ์ที่จะกล่าวในลำดับต่อไป

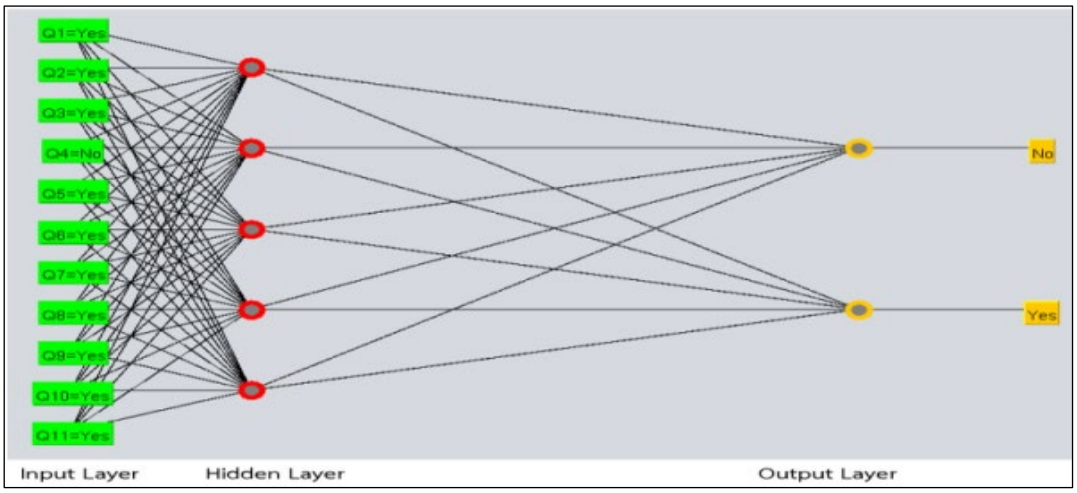
ผลการวิจัย

1. ผลการสร้างแบบจำลอง

ผลการสร้างแบบจำลองจากเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมเลือกใช้อัลกอริทึม Multilayer Perceptron ใช้การแบ่งชุดข้อมูลด้วยการทดสอบแบบไขว้กำหนดค่า K=10 ซึ่งคิดเป็นอัตราข้อมูลทดสอบต่อข้อมูลฝึกสอนเป็นอัตราส่วน 10:90 ทำการกำหนดอัตราการเรียนรู้ (Learning Rate) ที่ 0.001 และปรับจำนวนโหนดของชั้นซ่อน (Hidden Layer) จาก 2 โหนดไปจนถึง 10 โหนด เพื่อเปรียบเทียบค่าความถูกต้องของแบบจำลอง รายละเอียดดังตารางที่ 2 พบว่าแบบจำลองที่ดีที่สุด ได้แก่แบบจำลอง 11:5:2 ได้ค่าความถูกต้องสูงที่สุด (94.60%) คือ ชั้นข้อมูลนำเข้าจำนวน 11 โหนด ชั้นซ่อนจำนวน 5 โหนดและชั้นแสดงผลจำนวน 2 โหนด ซึ่งใช้อัตราการเรียนรู้เท่ากับ 0.2 ได้โครงข่ายประสาทเทียม ดังภาพที่ 7

ตารางที่ 2 ค่าประสิทธิภาพของแบบจำลองจากเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม

Model	Accuracy (%)	Precision (%)	Recall (%)	RMSE
11:2:2	94.40	94.40	94.40	0.230
11:3:2	94.60	94.60	94.60	0.228
11:4:2	94.60	94.60	94.60	0.227
11:5:2	**94.60**	**94.60**	**94.60**	**0.218**
11:6:2	94.40	94.40	94.40	0.217
11:7:2	94.40	94.40	94.40	0.217
11:8:2	94.40	94.40	94.40	0.217
11:9:2	94.40	94.40	94.40	0.217
11:10:2	94.40	94.40	94.40	0.216



ภาพที่ 7 แบบจำลองที่ดีที่สุดของโครงข่ายประสาทเทียม

การทดสอบแบบจำลองจากเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจเลือกใช้อัลกอริทึม J48 ใช้การแบ่งชุดข้อมูลด้วยการทดสอบแบบไขว้กำหนดค่า K=10 เพื่อเปรียบเทียบค่าความถูกต้องของแบบจำลอง พบว่าแบบจำลองมีค่าความถูกต้องเท่ากับ 93.40% ส่วนการทดสอบแบบจำลองจากเทคนิคนาอีฟเบย์ใช้การแบ่งชุดข้อมูลด้วยการทดสอบแบบไขว้กำหนดค่า K=10 พบว่าแบบจำลองมีค่าความถูกต้องเท่ากับ 94.00%

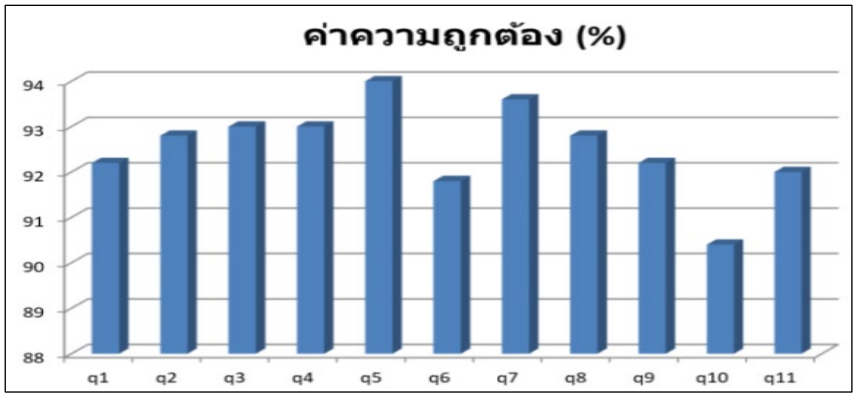
ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบบจำลอง

เทคนิค	Accuracy (%)	Precision (%)	Recall (%)	RMSE
Decision Tree	93.40	93.40	93.40	0.239
Naïve Bayes	94.00	94.00	94.00	0.218
Artificial Neural Network	**94.60**	**94.60**	**94.60**	**0.218**

การทดสอบและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการพยากรณ์ความเสี่ยง (ตารางที่ 3) การพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อน คือ ผลต่างระหว่างค่าที่พยากรณ์ได้กับค่าที่แท้จริง ถ้าค่าใกล้เคียงกับศูนย์แสดงว่ามีความแม่นยำหรือความถูกต้องสูง ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ RMSE พบว่าแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมและนาอีฟเบย์มีค่า RMSE ที่แม่นยำสูงกว่าแบบจำลองต้นไม้ตัดสินใจโดยมีค่า RMSE ที่เท่ากัน คือ 0.218 ส่วนการพิจารณาค่าความถูกต้อง ค่าความแม่นยำและค่าความระลึก พบว่าแบบจำลองจากโครงข่ายประสาทเทียมให้ประสิทธิภาพดีที่สุดโดยมีค่าความถูกต้อง 94.60% ค่าความแม่นยำ 94.60% ค่าความระลึก 94.60% สูงกว่าแบบจำลองนาอีฟเบย์ที่ได้ค่าความถูกต้องเท่ากับ 94.00% ค่าความแม่นยำ 94.00% ค่าความระลึก 94.00% ดังนั้นจึงนำแบบจำลองที่สร้างจากโครงข่ายประสาทเทียมมาพัฒนาเป็นระบบสำหรับพยากรณ์ความเสี่ยงภาวะหมอนรองกระดูกทับเส้นประสาทบนสมาร์ทโฟนต่อไป

2. ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดภาวะหมอนรองกระดูกทับเส้นประสาท

งานวิจัยนี้ได้นำแบบจำลองจากโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งได้ค่าประสิทธิภาพสูงที่สุดมาวิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดโรค โดยนำค่าความถูกต้องมาใช้ในการวัดระดับความสำคัญของตัวแปรที่มีผลต่อการพยากรณ์เพื่อเลือกตัวแปรที่ดีที่สุด แสดงรายละเอียดผลการวิเคราะห์ปัจจัยทั้งหมดในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ผลการวิเคราะห์ปัจจัย

ตารางที่ 4 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดโรคสูงสุด 3 อันดับ

ลำดับ	ปัจจัย	ค่าความถูกต้อง (%)
1	Q10: ปวดชาบริเวณสะโพกหรือฝ่าเท้าหรือนิ้วเท้า	90.40
2	Q6: นอนคว่ำบ่อยๆ	91.80
3	Q11: ขาไม่มีแรง	92.00

ตารางที่ 5 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดโรคน้อยที่สุด

ลำดับ	ปัจจัย	ค่าความถูกต้อง (%)
1	Q5: สูบบุหรี่	94.00
2	Q7: ใช้รองเท้าส้นสูงบ่อยๆ	93.60
3	Q3: นั่งเก้าอี้ต่ำบ่อยๆ	93.00
4	Q4: น้ำหนักตัวเกินมาตรฐาน	93.00

จากตารางที่ 4-5 แสดงระดับความสำคัญของตัวแปรซึ่งเป็นปัจจัยในการพยากรณ์ พบว่าปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความเสี่ยงการเกิดโรคหมอนรองกระดูกทับเส้นประสาทโดยเรียงลำดับความสำคัญตามค่าความถูกต้องที่ลดลงมากที่สุด พบว่าอาการปวดชาบริเวณสะโพกฝ่าเท้าหรือนิ้วเท้ามีค่าความถูกต้องลดลงสูงสุด แสดงให้เห็นว่าลักษณะอาการปวดชาบริเวณสะโพกฝ่าเท้าหรือนิ้วเท้าส่งผลต่อการเกิดโรคหมอนรองกระดูกทับเส้นประสาทได้มากกว่าปัจจัยอื่นๆ รองลงมา ได้แก่ การนอนคว่ำบ่อยๆและอาการขาไม่มีแรง ส่วนปัจจัยที่ค่าความถูกต้องที่ลดลงน้อยที่สุด 3 อันดับ คือ การสูบบุหรี่ การใช้รองเท้าส้นสูงบ่อยๆ การนั่งเก้าอี้ต่ำและน้ำหนักตัวเกินมาตรฐาน แสดงให้เห็นว่าการสูบบุหรี่ไม่ใช่ปัจจัยที่ส่งผลสูงสุดต่อการเกิดหมอนรองกระดูกทับเส้นประสาท เช่นเดียวกับการใช้รองเท้าส้นสูงบ่อยๆ การนั่งเก้าอี้ต่ำบ่อยๆ และน้ำหนักตัวเกินมาตรฐานเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบเล็กน้อยต่อการเกิดโรคหมอนรองกระดูกทับเส้นประสาท

3. แอปพลิเคชันช่วยพยากรณ์ความเสี่ยงโรคหมอนรองกระดูกทับเส้นประสาท

3.1 ผลการพัฒนาระบบ

ผลการพัฒนาระบบในรูปแบบแอปพลิชันบนสมาร์ทโฟนเพื่อให้สะดวกต่อการใช้งาน แอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นสามารถวิเคราะห์ความเสี่ยงโรคหมอนรองกระดูกทับเส้นประสาทว่ามีความเสี่ยงอยู่ในระดับใดโดยใช้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมเป็นเครื่องมือในการพยากรณ์และให้ความรู้เกี่ยวกับการโรคหมอนรองกระดูกทับเส้นประสาทเบื้องต้น การทำงานของระบบประกอบไปด้วยสองส่วนหลักคือการทำแบบสอบถามเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลความเสี่ยงโรคและการให้ข้อมูลความรู้เกี่ยวกับโรคหมอนรองกระดูกทับเส้นประสาท ดังหน้าจอหลักแอปพลิเคชันในภาพที่ 9 การทำงานผู้ใช้ระบบต้องตอบคำถามลักษณะอาการต่างๆ จากนั้นระบบจะทำการวิเคราะห์ประมวลผลโดยอิงกับแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมและแสดงผลลัพธ์การวิเคราะห์ความเสี่ยงเบื้องต้น ภาพที่ 10-11 พร้อมทั้งมีข้อมูลเกี่ยวกับโรคเพิ่มเติมเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถทราบถึงวิธีการดูแลตนเองและการวางแผนป้องกันได้อย่างถูกต้อง ดังภาพที่ 12-13

ภาพที่ 9 หน้าจอหลักแอปพลิเคชัน

ภาพที่ 10 หน้าจอคำถาม

ภาพที่ 11 หน้าจอผลลัพธ์

ภาพที่ 12 หน้าจอเมนูข้อมูลเพิ่มเติม

ภาพที่ 13 หน้าจอข้อมูลเกี่ยวกับโรค

3.2 ผลการประเมินระบบ

การประเมินระบบที่พัฒนาใช้การประเมินความพึงพอใจจากผู้ใช้งานระบบ ซึ่งเป็นผู้ใช้งานทั่วไปจำนวน 30 คน โดยยึดตามหลักสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เป็นเครื่องชี้วัดความพึงพอใจโดยรวมเกณฑ์การให้คะแนนประเมินตามหลัก Likert Scale ที่มีระดับคะแนนอยู่ที่ 1-5 คะแนน ระดับคะแนน 5 แสดงถึง ความพึงพอใจมากที่สุดและไล่เรียงระดับความพึงพอใจที่น้อยลงไปจนถึงระดับคะแนน 1 ซึ่งแสดงถึงความเห็นว่าต้องปรับปรุง จากการประเมินประสิทธิภาพโดยผู้ใช้งานพบว่าระบบมีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.20 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.53 ดังนั้นระบบมีคุณภาพอยู่ในระดับดี รายละเอียดดังตารางที่ 6

กำหนดค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจเป็น 5 ระดับ ดังนี้

- ระดับคะแนนเฉลี่ย 4.51 – 5.00 ความพึงพอใจระดับดีที่สุด
- ระดับคะแนนเฉลี่ย 3.51 – 4.50 ความพึงพอใจระดับดี
- ระดับคะแนนเฉลี่ย 2.51 – 3.50 ความพึงพอใจระดับปานกลาง
- ระดับคะแนนเฉลี่ย 1.51 – 2.50 ความพึงพอใจระดับน้อย
- ระดับคะแนนเฉลี่ย 0.00 – 1.50 ความพึงพอใจระดับน้อยที่สุด

ตารางที่ 6 ผลการประเมินระบบจากผู้ใช้

รายการประเมิน	Mean	S.D.	การแปลผล
1.ด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันการใช้งาน	4.17	0.58	ดี
2.ด้านความสะดวกในการใช้งาน	4.23	0.56	ดี
3.ด้านตรงความต้องการของผู้ใช้	4.10	0.47	ดี
4.ด้านประโยชน์ที่ได้รับจากระบบ	4.30	0.53	ดี
รวม	**4.20**	**0.53**	**ดี**

อภิปรายผล

1. งานวิจัยนี้นำเสนอระบบเพื่อพยากรณ์ความเสี่ยงภาวะหมอนรองกระดูกทับเส้นประสาทด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูลเป็นระบบที่พัฒนาขึ้นมีลักษณะเป็นแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ การดำเนินงานเริ่มจากการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาคัดเลือกปัจจัยสำหรับสร้างแบบจำลองพยากรณ์ โดยสามารถคัดเลือกปัจจัยได้ 11 ปัจจัย และคลาสผลลัพธ์แบ่งเป็นสองระดับ ได้แก่ มีความเสี่ยงและไม่มีความเสี่ยง เก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่างจำนวนทั้งหมด 500 ชุดข้อมูล การสร้างแบบจำลองพยากรณ์เลือกเปรียบเทียบเทคนิคเหมืองข้อมูล 3 เทคนิค ได้แก่ เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ นาอีฟเบย์และโครงข่ายประสาทเทียม แบ่งข้อมูลเป็นชุดข้อมูลเรียนรู้และชุดข้อมูลทดสอบด้วยวิธีการตรวจสอบไขว้ 10-fold Cross Validation จากผลการทดลองของการศึกษาครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองจากเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมมีประสิทธิภาพสูงสุดโดยมีค่าความถูกต้องเท่ากับ 94.60% ค่าความแม่นยำ 94.60% ค่าความระลึก 94.60% และการพยากรณ์ที่เที่ยงตรงจากการพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าจริงและค่าที่พยากรณ์ได้ (RMSE) เท่ากับ 0.218 ซึ่งนับได้ว่ามีความแม่นยำที่สูงจึงนำแบบจำลองพยากรณ์นี้ไปสร้างเป็นแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนต่อไป

2. ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดโรคหมอนรองกระดูกทับเส้นประสาท พบว่า ปัจจัยที่มีความสำคัญสูงสุด 3 อันดับ ได้แก่ ลักษณะอาการปวดชาบริเวณสะโพกฝ่าเท้าหรือนิ้วเท้ารองลงมา คือ การนอนคว่ำบ่อยๆ และอาการขาไม่มีแรง ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลเกี่ยวกับโรค (Thai Health Promotion Foundation, 2019) พบว่าลักษณะอาการที่พบได้บ่อย คือ อาการปวดบริเวณเอวส่วนล่างหรือสะโพกมักมีอาการในท่านั่ง ซึ่งเป็นท่าที่หมอนรองกระดูกได้รับแรงกดทับมากที่สุด นอกจากนี้อาการที่ขาก็เป็นสิ่งบ่งชี้สำคัญ เนื่องจากถ้ามีอาการแสดงที่ขา เช่น อาการปวดชาหรือการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อแสดงว่าเกิดการรบกวนเส้นประสาทสันหลังที่วิ่งไปเลี้ยงที่ขาแล้ว ส่วนปัจจัยด้านการสูบบุหรี่ การใช้รองเท้าส้นสูงบ่อยๆ การนั่งเก้าอี้ต่ำและน้ำหนักตัวเกินมาตรฐานเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบเล็กน้อยต่อการเกิดภาวะหมอนรองกระดูกทับเส้นประสาท

3. ผลการประเมินความพึงพอใจแอปพลิเคชันโดยผู้ใช้งานพบว่าโดยรวมผู้ใช้มีความพึงพอใจระบบอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยรวม 4.20 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.53 ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นนี้มีความเหมาะสมนำไปใช้งานได้จริง เนื่องจากถ้าสามารถคัดกรองความเสี่ยงโรคได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำย่อมทำให้ผลการรักษาดีกว่าการตรวจพบเมื่อมีอาการรุนแรงจนเกิดความพิการแล้ว ดังนั้นหากผู้ใช้ระบบที่พัฒนาขึ้นตรวจคัดกรองตนเองแล้วพบว่ามีความเสี่ยงร่วมกับมีปัจจัยเสี่ยงสูง ได้แก่ มีอาการปวดสะโพกฝ่าเท้านิ้วเท้าร่วมกับมีอาการกล้ามเนื้อขาอ่อนแรงควรรีบไปพบแพทย์เฉพาะทางเพื่อรับการรักษาอย่างรวดเร็วอันจะส่งผลต่อประสิทธิภาพในการรักษาได้

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

เนื่องจากประสิทธิภาพของแบบจำลองพยากรณ์ที่ได้จากงานวิจัยนี้มีค่าความแม่นยำ 94.60% และค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 0.218 ดังนั้นการนำไปใช้ต้องพิจารณาถึงความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้น

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการศึกษาข้อมูลปัจจัยที่มีผลต่อการการเกิดภาวะหมอนรองกระดูกทับเส้นประสาทเพิ่มเติมเพื่อให้ครอบคลุมกับการวินิจฉัยทางการแพทย์

2.2 ควรใช้จำนวนข้อมูลให้มีปริมาณมากขึ้นซึ่งจะส่งผลต่อประสิทธิภาพของแบบจำลอง

เอกสารอ้างอิง

AlAgha, A., Faris, H., Hammo, B. and Al-Zoubi, A. (2018). Identifying beta-thalassemia carriers using a data mining approach: The case of the Gaza Strip. Palestine. *Artif Intell Med*, 88, 70-83.

Bundasak, S., Srisawang, B. and Tongkom, S. (2016). Health Screening for People at Rrisk for Osteoarthritis using Data Mining Techniques. *The Proceedings of the 8th National Conference on Information Technology (NCIT2016)*, 25-26 October 2016 at Walailak University, 168–174. (in Thai)

Dolkool, B., Thongkam, J. and Sukmak, V. (2014). Building Diabetic Foot Ulcer Prediction Models using Data Mining Techniques. *Journal of Science and Technology Mahasarakham University*, 33(6), 703-710. (in Thai)

Manakitphaisan, W. and Thaweesuk, P. (2018). Assessment of Retail Management System (SAVEQ) that Affects Efficiency of Store Management: A Case Study of a Convenience Store in Bangkok Operation Zone-South. *Sripatum Review of Humanities and Social Sciences*, 18(1), 7-16. (in Thai)

Sangmanee, W., Rattanacharoenlert, W., Phothirat, N. and Nuswad, P. (2017). Building the Predicting Model of the Chance of Repeating the Treatment of Diabetes Patient using Data Mining. *The Proceedings of 5th Undergraduate Conference in Computing (AUCC2017)*, 20-22 April 2017 at Naresuan University, 13–20. (in Thai)

Sinsomboonthong, S. (2015). *Data Mining*. Bangkok: Jamjuree Product. (in Thai)

Sripaoraya, S. and Sinsomboonthong, S. (2017). Efficiency Comparison of Data Mining Classification Methods for Chronic Kidney Disease: A Case Study of a Hospital in India. *Journal of Science and Technology*, 25(5), 839–853. (in Thai)

Suwanco, P., Chamnongsri, N. and Angsakul, C. (2017). A Prediction Model for Road Accident Risk in the New Year with Data Mining. *Journal of Information Science and Technology*, 7(2), 10–19. (in Thai)

Thai Health Promotion Foundation. (2019). *Chronic back pain risk of herniated disc*. [Online]. Retrieved March 20, 2019, from: www.thaihealth.or.th/Content/24453-ChronicBack pain,riskofherniateddisc.html (in Thai)

Yingsakmongkol, W. (2018). *Herninted disc*. [Online]. Retrieved April 29, 2018, from: http://ortho2.md.chula.ac.th/index.php/2014-06-09-04-08-48/knowledgeforpeople/39-Herninred-by-Wichai-Yingsakmongkol.html (in Thai)

ระบบตรวจข้อสอบปรนัยแบบวิธีการฝนด้วยหลักการประมวลผลภาพ

วรุตม์ บุญเลี่ยม[1,*], ศิริเรือง พัฒน์ช่วย[2]
[1,2]คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

Received: 29 April 2020
Revised: 13 August 2021
Accepted: 5 November 2021

บทคัดย่อ

การวิจัยเรื่องมีวัตถุประสงค์ 2 ข้อ คือ (1) เพื่อพัฒนาระบบตรวจข้อสอบปรนัยแบบวิธีการฝนด้วยหลักการประมวลผลภาพบนกระดาษขนาด A4 แบบธรรมดา และ (2) เพื่อทดสอบประสิทธิภาพความถูกต้องแม่นยำของระบบ เนื่องจากระบบการตรวจข้อสอบแบบปรนัยได้รับความสนใจเป็นอย่างมากในปัจจุบัน โดยเฉพาะในสถาบันการศึกษา ซึ่งมีความจำเป็นที่จะต้องใช้สำหรับการตรวจข้อสอบนักศึกษา ทำให้มีบริษัทมากมายพยายามพัฒนาระบบที่มีประสิทธิภาพเพื่อตอบสนองกับความต้องการของสถาบันการศึกษาและองค์กรอื่นๆ แต่ระบบก็มีข้อจำกัดในเรื่องของกระดาษที่ใช้งานกับตัวเครื่อง ซึ่งในงานวิจัยได้นำเทคนิคการประมวลผลภาพมาใช้ ได้แก่ การหาทิศทางของขอบภาพวิธีแคนนี และการตัดภาพเฉพาะส่วน โดยการทดลองระบบใช้อุปกรณ์การฝนคำตอบ 5 ประเภท คือ ดินสอ HB ดินสอ 2B ปากกาแดง ปากกาดำ และปากกาน้ำเงิน ผลวิจัยแสดงค่าความถูกต้องของระบบร้อยละ 96.3, 100, 100, 100 และ 100 ตามลำดับ

คำสำคัญ: ระบบตรวจข้อสอบปรนัย วิธีการฝน การประมวลผลภาพ

[*] ผู้ประสานงานหลัก; อีเมล: waroot.boo@rmutr.ac.th

The Multiple Choice System for Optical Answer Sheet Using Image Processing

Waroot Boonliam[1,*], Siriruang Phatchuay[2]

[1,2] Faculty of Industry and Technology, Rajamangala University of Technology Rattanakosin

Received: 29 April 2020

Revised: 13 August 2021

Accepted: 5 November 2021

Abstract

The objectives of this research were (1) to develop an examination system for multiple-choice test items using the image processing principle for marking on the normal A4 answer sheet template; and (2) to test the efficiency and accuracy of the system. Nowadays, multiple-choice answer sheet examination system has been receiving increasing attention, especially in educational organizations for examining the correct answers of multiple-choice questions of the students. In order to respond to the increasing demand of educational institutions and other organizations, many companies have undertaken on development of effective system. However, the specific types of multiple-choice answer sheets hinder the potential of system using. Image processing techniques, i.e. canny edge detection and image segmentation were used in this research. In the experimentation of the designed system by marking the answer sheet papers with five types of stationery, namely, HB pencil, 2B pencil, red ink pen, black ink pen, and blue ink pen, the results showed that the accuracy values were 96.3%, 100%, 100%, 100% and 100%, respectively.

Keywords: Multiple-Choice Item Examination System, Optical Answer Sheet, Image Processing

[*] Corresponding Author; E-mail: waroot.boo@rmutr.ac.th

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สำหรับปัจจุบันเครื่องตรวจกระดาษคำตอบแบบอัตโนมัติมีการพัฒนาไปไกลมาก การพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อให้ตอบโจทย์ของผู้ใช้นั้นมีความสำคัญอันดับแรก แต่สำหรับบางองค์กรก็ยังไม่ได้มีการใช้งานอย่างทั่วถึงเนื่องจากงบประมาณที่ต้องใช้ซื้อครุภัณฑ์มีจำนวนจำกัดอีกทั้งจำนวนของนักศึกษาในปัจจุบันของแต่ละหลักสูตรก็มีจำนวนลดลง ทำให้องค์กรต้องมีการตัดสินใจเพื่อการพิจารณาจัดซื้อครุภัณฑ์

โดยการพัฒนาระบบเครื่องตรวจกระดาษคำตอบมีลักษณะการใช้งานที่แตกต่างกันออกไป โดย (Yimyam and Ketcham, 2018) ได้พัฒนาซอฟต์แวร์การตรวจข้อสอบแบบข้อกากบาท ด้วยภาษาจาวาและทำงานบนโทรศัพท์มือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอย์ โดยมุ่งเน้นไปที่การประหยัดค่าใช้จ่ายและประหยัดเวลา อีกทั้ง (Kumar, Singal and Bhavsar, 2018) ได้ศึกษาถึงกระบวนการและวิธีที่ทำให้ประหยัดการใช้ทรัพยากร โดยใช้วิธีแปลงข้อมูลของตำแหน่งขอบภาพแบบจุดศูนย์กลาง เพื่อแก้ไขลักษณะการวางของแนวกระดาษคำตอบ อีกทั้ง (Catalan, 2017) ก็ได้ปรับปรุงความผิดพลาดที่เกิดตั้งแต่กระบวนการของการสแกนไฟล์กระดาษคำตอบเพื่อให้ได้ไฟล์ภาพที่สมบูรณ์ และ (Gonzalez, 2019) ได้กล่าวถึงวิธีการตรวจข้อสอบแบบวิธีการฝนโดยใช้เครื่องมือเครื่องอ่านสัญลักษณ์ด้วยแสง โดยการทำงานของระบบแบ่งการทำงานออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ การตีกรอบในลักษณะกริด และทำการแบ่งภาพออกมาเพื่อใช้ในการหาคำตอบแบบดูค่าเซนทรอยด์ จากประเด็นข้างต้นทำให้งานวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่การประหยัดค่าใช้จ่ายโดยสามารถใช้กระดาษคำตอบแบบกระดาษ A4 ธรรมดาโดยจะนำมาใช้ในองค์กร ทำให้การออกแบบระบบต้องมีการประยุกต์ให้สามารถใช้งานได้จริงตามทรัพยากรที่มีอยู่ขององค์กร

ดังนั้นในงานวิจัยจึงนำเทคนิคการประมวลผลภาพมาใช้ในส่วนของกระบวนการการปรับปรุงคุณภาพของภาพโดยในการแก้ปัญหาดังกล่าว คือ การสแกนข้อสอบของนักศึกษาเก็บไว้ในลักษณะไฟล์ภาพ และมีกระบวนการทำงาน 7 กระบวนการ ตั้งแต่ การตัดกรอบของกระดาษคำตอบด้วยวิธีการหาทิศทางของขอบภาพวิธีแคนนี การตรวจสอบภาพกลับหัว และแบ่งย่อยสำหรับการตัดกรอบรหัสวิชาและรหัสนักศึกษาการหาวงกลมของส่วนรหัสวิชาและรหัสนักศึกษา การจัดเรียงและหาวงกลมที่ระบาย(รหัสวิชาและรหัสนักศึกษา) การหาวงกลมของส่วนคำตอบและขั้นตอนท้ายสุดคือจัดเรียงและหาวงกลมระบาย ซึ่งระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้งานได้เป็นอย่างดี

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อพัฒนาระบบสำหรับตรวจข้อสอบปรนัยแบบวิธีการฝนด้วยหลักการประมวลผลภาพ

กรอบแนวคิดในการวิจัย

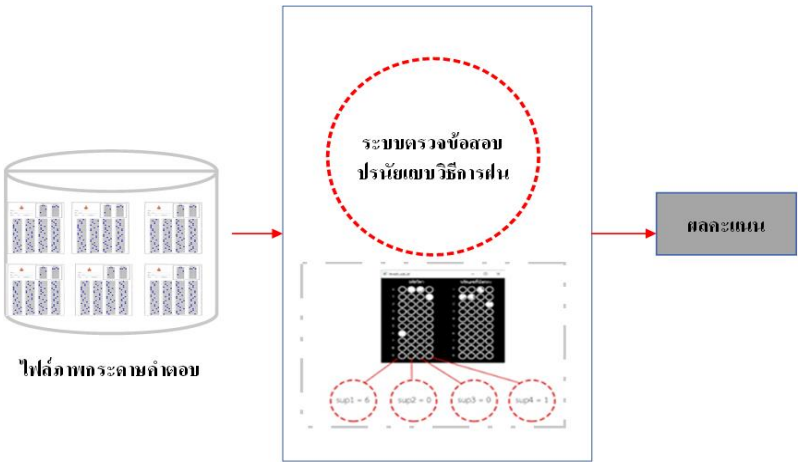
ในงานวิจัยแบ่งการประมวลผลของการทำงานของระบบออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. การรับข้อมูลเข้า (Input) เริ่มต้นด้วยการนำกระดาษคำตอบไปสแกนกับเครื่องสแกนเนอร์ เพื่อให้ได้ไฟล์ภาพนามสกุล .jpg เมื่อเตรียมไฟล์ภาพเสร็จ ย้ายไฟล์ภาพไปเก็บไว้ในพื้นที่จัดเก็บไฟล์ข้อมูล ของโปรแกรม

2. การประมวลผล (Process) เมื่อมีไฟล์ภาพอยู่ในพื้นที่จัดเก็บ นำชื่อไฟล์มาใส่ในคำสั่งเรียกไฟล์ของโปรแกรม ทำการปรับปรุงคุณภาพของภาพ เพื่อตัดเฉพาะส่วนที่ตีกรอบไว้ เมื่อได้ภาพที่ตัดกรอบ ระบบจะทำการตรวจสอบลักษณะของภาพว่าปกติหรือกลับหัว และขั้นตอนต่อไปคือการตัดภาพในส่วนที่เป็นรหัสนักศึกษาและ

รหัสวิชา หลังจากนั้นนำภาพมาปรับปรุงคุณภาพของภาพเพื่อวิเคราะห์ว่ากระดาษคำตอบฉบับนี้มี รหัสนักศึกษา และรหัสวิชา อะไร เมื่อได้รหัสนักศึกษาและรหัสวิชาแล้ว ระบบคำนวณคะแนนจนเสร็จ

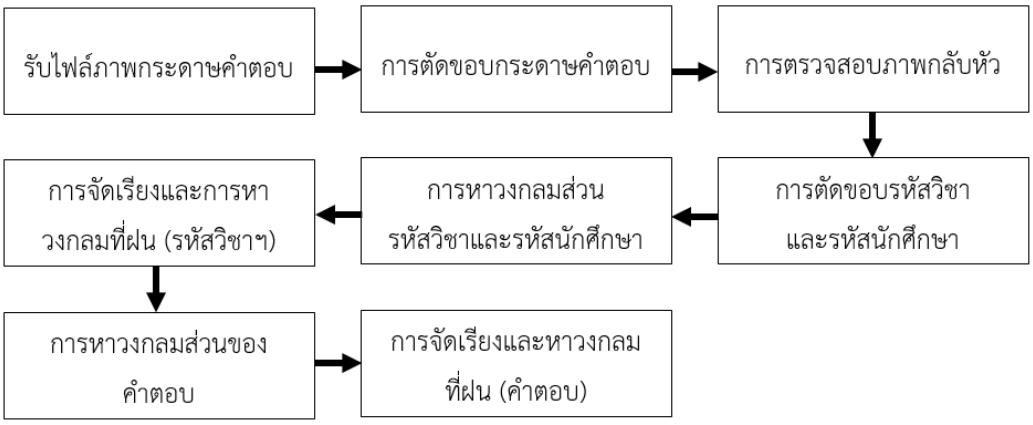
3. การส่งข้อมูลออก (Output) ในส่วนของการส่งออกโปรแกรมจะแสดงภาพที่ระบายข้อถูกหรือข้อผิดและเก็บคะแนนไว้



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดของงานวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

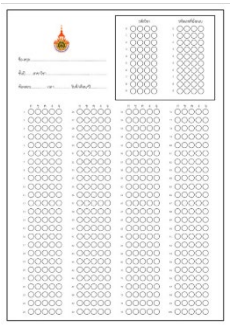
กระบวนการตรวจข้อสอบปรนัยแบบวิธีการฝนแบบกระดาษธรรมดาด้วยหลักการประมวลผลภาพเพื่อประยุกต์ใช้งานในองค์กร ประกอบด้วย 7 ขั้นตอนดังนี้



ภาพที่ 2 ขั้นตอนกระบวนการทำงาน 7 ขั้นตอน

จากภาพที่ 2 แสดงระบบตรวจข้อสอบที่พัฒนาขึ้นจำเป็นจะต้องใช้รูปแบบกระดาษคำตอบที่ออกแบบขึ้นมาสำหรับใช้งานจริงในองค์กรโดยเฉพาะเท่านั้นไม่สามารถใช้ร่วมกับกระดาษคำตอบแบบทั่วไปได้ กระดาษคำตอบแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ (1) ส่วนให้กรอกข้อมูลแบบตัวอักษร เช่น ชื่อ ชื่อวิชา รหัสวิชา (2) ส่วนให้ฝนรหัสวิชาและรหัสนักศึกษามีขนาดอย่างละ 10 แถว 4 คอลัมน์ (3) ส่วนตอบข้อสอบแบบปรนัยชนิดฝนมี 4 ชุด จากซ้ายไปขวา

แต่ละชุดจะมีขนาด 25 แถว 5 คอลัมน์ คือมีช่องให้ฝนได้ชุดละ 25 ข้อ แบบ 5 ตัวเลือก 4 ชุด สามารถใช้ตอบคำถามได้ทั้งหมด 100 ข้อ แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ภาพกระดาษคำตอบที่ออกแบบ

เมื่อทำการออกแบบกระดาษคำตอบเรียบร้อยแล้วก็จะเข้าสู่กระบวนการของการทำงานของระบบ 7 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ส่วนตัดกรอบของกระดาษคำตอบในส่วนนี้จะมีกระบวนการทั้งหมด 6 กระบวนการ

1. การโหลดไฟล์ภาพและลดขนาด

ระบบทำการโหลดไฟล์ภาพกระดาษคำตอบ (Nordenfelt, Cooper and Hochstetter, 2018) โดยใช้คำสั่ง cv2.imread จากนั้นนำข้อมูลภาพกระดาษคำตอบที่ถูกเก็บไว้ในตัวแปร ทำการลดขนาดของภาพ (Zhang et al., 2018) เพื่อให้ภาพคมชัดและนำไปใช้ในขั้นตอนปรับปรุงคุณภาพ โดยใช้คำสั่ง cv2.resize กำหนดขนาด 1000*1300 พิกเซล แสดงดังภาพที่ 4 (ก)

2. แปลงภาพสีเทา

สำหรับการการแปลงค่าสี RGB เป็นสีเทา (Padmavathi and Thangadurai, 2016) ; Thimthong and Soteyome, 2019) ซึ่งเป็นขั้นตอนการเตรียมภาพเพื่อให้การประมวลผลมีความรวดเร็วขึ้นโดยทำการแปลงค่าสีเป็นสีเทาโดยค่าอยู่ที่ 0-255 โดยหาได้จากสมการ(1) ดังนี้ และผลที่ได้แสดงดังภาพที่ 4 (ข)

$$G' = 0.3R + 0.59G + 0.11B \tag{1}$$

โดยกำหนดให้

G' คือ ค่าระดับสีเทา

R คือ ค่าระดับสีแดง

G คือ ค่าระดับสีเขียว

B คือ ค่าระดับสีน้ำเงิน

3. การเบลอภาพ

การทำเบลอรูปภาพเพื่อที่จะให้จุดที่ต่อกันเป็นรูปทรงต่างๆ ขยายตัวแล้วเส้นก็จะชิดกันมากขึ้น ลดสัญญาณรบกวนความถี่สูง เพื่อให้กระบวนการตรวจจับรูปทรงมีความแม่นยำยิ่งขึ้น คำสั่งที่ใช้ในการเบลอภาพ (Ali and Medhat, 2018) ; Achilleas et al., 2017) เพื่อลดสัญญาณรบกวน คือ cv2.GaussianBlur โดยนำข้อมูลภาพ

กระดาษคำตอบที่ผ่านการแปลงภาพสีเทามาใช้งานในการทำภาพเบลอ โดยหาได้จากสมการ (2) ดังนี้ และผลที่ได้จากการกำหนดใช้เคอร์เนล 5 x 5 แสดงดังภาพที่ 4 (ค)

$$G_\sigma(x,y) = e^{-\frac{r^2}{2\sigma^2}} = e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (2)$$

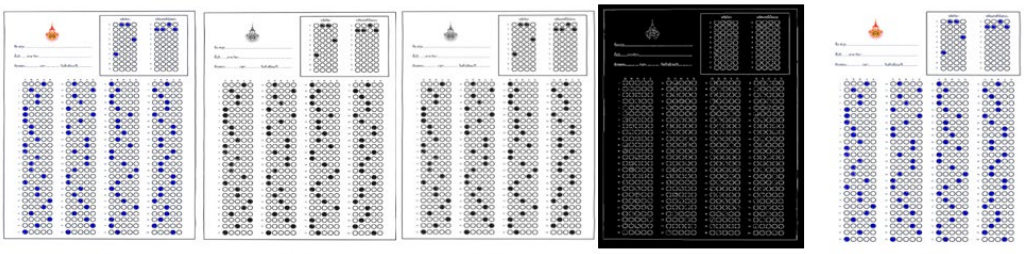
โดยกำหนดให้

σ คือ ค่า Standard deviation ของความกว้างของการกระจาย

r คือ รัศมีจากจุดศูนย์กลางของ filter

4. ค้นหาเส้นขอบของภาพ

การค้นหาขอบภาพด้วยวิธีแบบแคนนี (Permpoonsinsup and Chatwaranon, 2018) เพื่อให้เห็นภาพชัดขึ้น (Baştan, Bukhari and Breuel, 2017) โดยคำสั่ง cv2.canny โดยเรียกข้อมูลภาพกระดาษคำตอบที่ผ่านการเบลอภาพมาใช้ค้นหาเส้นขอบของภาพลักษณะพื้นหน้าหรือเส้นขอบสีขาว บนพื้นหลังสีดำ ดังภาพที่ 4 (ง)

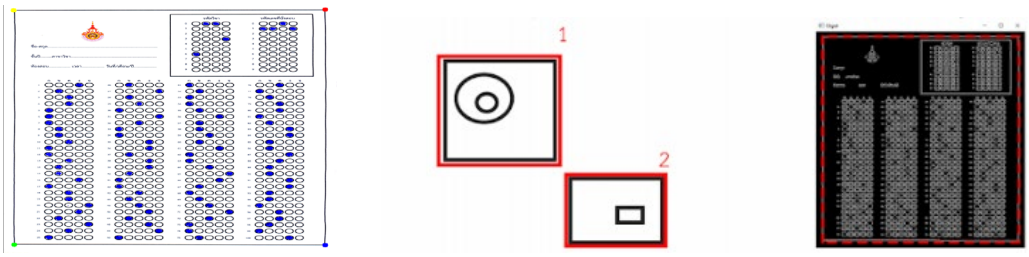


(ก) (ข) (ค) (ง) (จ)

ภาพที่ 4 (ก) ภาพที่ถูกลดขนาด (ข) ภาพที่แปลงสีเทา (ค) ภาพที่ถูกเบลอภาพ (ง) ภาพค้นหาเส้นขอบ (จ) ภาพหาเส้นขอบ (canny) ตัดมุมสี่มุม

5. ค้นหามุมจากรูปทรงของขอบภาพ

การค้นหามุมจากรูปทรงใช้คำสั่ง cv2.findcontours โดยกำหนดให้ค้นหารูปทรงนอกสุดของข้อมูลภาพกระดาษคำตอบที่ผ่านการค้นหาเส้นขอบของภาพทั้งภาพ แล้วการวนลูปข้อมูลทั้งหมด เพื่อค้นหามุมสี่มุมในการกำหนดการตัดขอบภาพกระดาษคำตอบที่ไม่ใช้งาน คงเหลือไว้เฉพาะข้อมูลภาพกระดาษคำตอบที่ต้องการ ซึ่งเป็นส่วนที่อยู่ในกรอบมุมทั้งสี่ โดยใช้ในคำสั่ง cv2.approxPolyDP ในการหามุมของสี่เหลี่ยมของภาพ ดังภาพที่ 5 เป็นภาพแสดงผลลัพธ์การค้นหาพิกัดมุมทั้งสี่ จุดสีแดง คือ จุดที่ 1 จุดสีเหลือง คือ จุดที่ 2 จุดสีเขียว คือ จุดที่ 3 จุดสีน้ำเงิน คือ จุดที่ 4 ต่อมาเป็นการตัดภาพจากข้อมูลมุมทั้ง 4 มุม

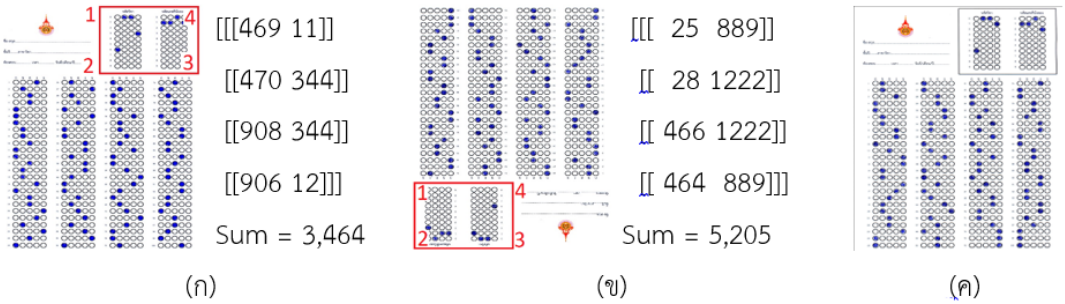


ภาพที่ 5 การใช้คำสั่งการค้นหามุมกรอบภาพจากด้านนอกสุด และการครอปภาพ

6. การตัดกรอบภาพกระดาษคำตอบเก็บ โดยการตัดกรอบภาพกระดาษคำตอบ ด้วย four_point_tranform เป็นคำสั่งที่ใช้ในการตัดภาพ เพื่อให้ภาพมีเฉพาะข้อมูลที่ต้องการ (ด้านในของมุมทั้งสี่) โดยการนำข้อมูลจากการค้นหามุมขอบภาพ แล้วตัดภาพส่วนกรอบออกเหลือภาพที่ไม่มีกรอบ ดับภาพที่ 4 (จ)

ขั้นตอนที่ 2 การตรวจสอบภาพกลับหัว

จากขั้นตอนที่ 1 เป็นการประมวลผลภาพการตัดกรอบภาพกระดาษคำตอบ เพื่อให้ภาพมีเฉพาะข้อมูลที่ต้องการ นำผลลัพธ์เก็บไว้ที่ตัวแปร 3 ตัว ขั้นตอนนี้จะเรียกใช้ตัวแปรข้อมูลภาพกระดาษคำตอบที่ค้นหาเส้นขอบของภาพและผ่านการตัดกรอบนอกออก โดย (Babu and Raghunadh, 2016) เพื่อค้นหารูปทรงสี่เหลี่ยมในภาพ จากนั้นทำการวนลูปข้อมูลทั้งหมด เพื่อค้นหามุมสี่มุมของกรอบสี่เหลี่ยมของส่วนรหัสวิชากับรหัสนักศึกษา โดยใช้ในคำสั่ง cv2.approxPolyDP คำสั่งนี้เป็นการหามุมของสี่เหลี่ยมของภาพ การตรวจสอบว่าภาพนั้นกลับหัวหรือไม่ โดยใช้วิธีการนำค่าข้อมูล array ของตำแหน่งมุม 4 มุม มาหาผลรวมด้วยฟังก์ชั่น sum( ) เพื่อรวมค่าในตัวแปรทั้งหมด ฉะนั้นหากกรอบสี่เหลี่ยมของส่วนรหัสวิชากับรหัสนักศึกษาอยู่ส่วนบนของกระดาษคำตอบ ค่า array ที่รวมกันจะได้น้อยกว่า 4,000 แต่ถ้าภาพนั้นกลับหัวอยู่ ค่า array ที่รวมกันจะได้มากกว่า 4,000 เมื่อถ้าค่ามากกว่า 4,000 ก็จะตรงตามเงื่อนไขที่กำหนดโดยให้หมุน 180 องศา ด้วยคำสั่ง cv2.getRotationMatrix2D ดังภาพที่ 6



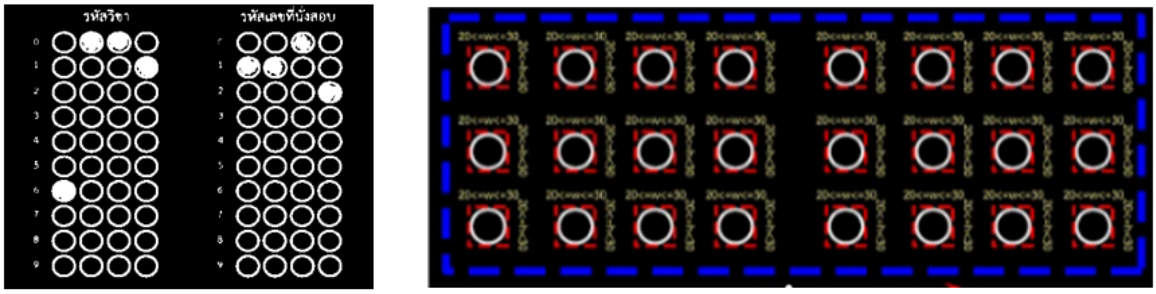
ภาพที่ 6 (ก) ตรวจสอบการกลับหัวกระดาษคำตอบปกติ (ข) ตรวจสอบการกลับหัวกระดาษคำตอบที่กลับหัว (ค) ภาพที่โปรแกรมสั่งกลับหัวเมื่อผลรวมของตำแหน่งมุม 4 มุม เกิน 4,000

ขั้นตอนที่ 3 การตัดกรอบรหัสวิชาและรหัสนักศึกษา

นำข้อมูลภาพกระดาษคำตอบที่ผ่านการตรวจสอบการกลับหัว มาทำการค้นหารูปทรงและหามุมกรอบสี่เหลี่ยมของกรอบรหัสวิชาและรหัสนักศึกษา แล้วใช้คำสั่ง four_point_tranform ตัดกรอบสี่เหลี่ยมรหัสวิชาและรหัสนักศึกษาออก และนำข้อมูลภายในกรอบรหัสวิชาและรหัสนักศึกษาเก็บไว้ในตัวแปร ดังภาพที่ 7 (ก)

ขั้นตอนที่ 4 การหาวงกลมในส่วนรหัสวิชาและรหัสนักศึกษา

เป็นการกำหนดขนาดของภาพ โดย (Moon et al., 2018) ; Pataky, Robinson and Vanrenterghem, 2016) นำหลักการ Region-of-interest (ROI) มาใช้โดยนำข้อมูลภาพรหัสวิชาและรหัสนักศึกษา ใช้ในการหาวงกลมซึ่งข้อมูลภาพรหัสวิชาและรหัสนักศึกษานี้จะถูกแปลข้อมูลภาพเป็นภาพสีเทา ต่อมาจะทำการแปลงภาพเป็นภาพไบนารี่โดยใช้คำสั่ง cv2.threshold จากคำสั่งกำหนดให้ภาพที่แปลงนั้นเป็นลักษณะภาพแบบกลับสีจากสีดำเป็นสีขาวจากสีขาวเป็นสีดำ ด้วยคำสั่ง cv2.THRESH_BINARY_INV เมื่อทำการแปลงภาพเสร็จจะนำข้อมูลภาพกรอบรหัสวิชาและรหัสนักศึกษาที่ผ่านการแปลงภาพเป็นภาพไบนารี่และสลับโทนสี ทำการค้นหารูปทรงวงกลมจากข้อมูลภาพทั้งภาพโดยใช้คำสั่ง cv2.findContours แล้วนำข้อมูลรูปทรงวงกลมมาตรวจสอบตามเงื่อนไขที่กำหนดคือขนาดของวงกลมที่ต้องการหาในภาพ โดยกำหนดให้ 20<= w <=30, 20<=h<=30,0.7<=ar<=1.5 ข้อมูลวงกลมที่ผ่านการตรวจสอบจำนวน 80 วงกลม เก็บที่ตัวแปร questionCnts ดังภาพที่ 7 (ข)

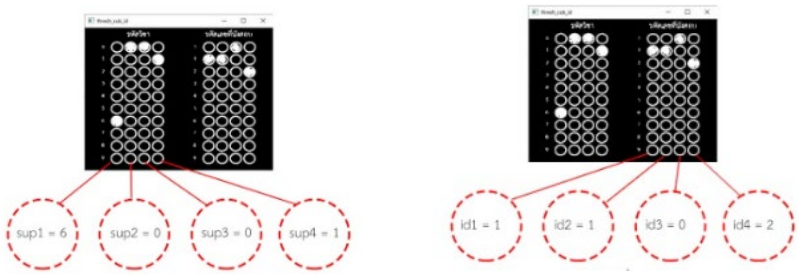


(ก) (ข)

ภาพที่ 7 (ก) ภาพตัดกรอบจากการหามุม 4 มุมของกรอบรหัสวิชาและรหัสนักศึกษา
(ข) เงื่อนไขการค้นหารูปทรงวงกลมของภาพ

ขั้นตอนที่ 5 การจัดเรียงและหาวงกลมที่ถูกฝน (ส่วนรหัสวิชาและรหัสนักศึกษา)

สำหรับการจัดเรียงข้อมูล (Othman et al., 2018) ในที่นี้คือวงกลมที่ผ่านการตรวจสอบจำนวน 80 วงกลม โดยใช้คำสั่ง sort_contours ซึ่งถ้าไม่ได้กำหนด Method ด้านหลัง ค่ามาตรฐานก็คือ การเรียงจากซ้ายไปขวา ที่ทำการจัดเรียงข้อมูลในส่วนนี้เพื่อให้มั่นใจว่าข้อมูลแรกจะอยู่ด้านซ้ายบนสุดเสมอ จากนั้นทำการตรวจสอบวงกลมที่ถูกฝนทีละคอลัมน์ โดยการจัดเรียงข้อมูลจากบนลงล่างครั้งละ 10 ข้อมูลตามลำดับ และตรวจสอบการฝน หากมีการฝนให้เก็บข้อมูลที่ตัวแปร sub1 โดยเก็บลำดับที่และปริมาณการฝน ทำไปให้ครบ 4 คอลัมน์ จะได้ข้อมูล sub1, sub2, sub3 และ sub4 ตามลำดับ นำข้อมูลมารวมกันซึ่งเป็นข้อมูลรหัสวิชา จากนั้นทำการตรวจสอบวงกลมที่ถูกฝนของรหัสนักศึกษาซึ่งเป็นข้อมูล 40 ตัวท้าย ตรวจสอบการฝนรหัสนักศึกษาต่อ โดยการฝนไว้ที่ตัวแปร id1, id2, id3 และ id4 นำข้อมูลมารวมกันได้เป็นข้อมูลรหัสนักศึกษา ดังภาพที่ 8



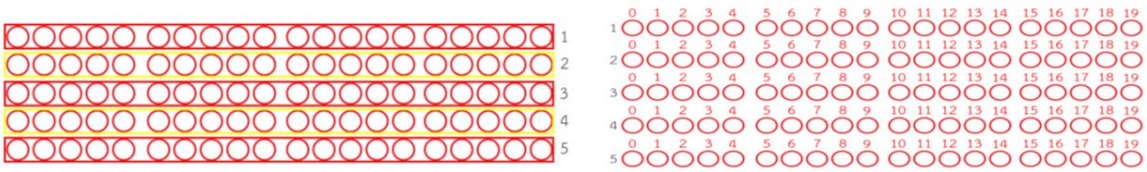
ภาพที่ 8 ตรวจสอบและเก็บข้อมูลการฝนรหัสวิชาและรหัสนักศึกษา

ขั้นตอนที่ 6 การหาวงกลมในส่วนของกระดาษคำตอบ

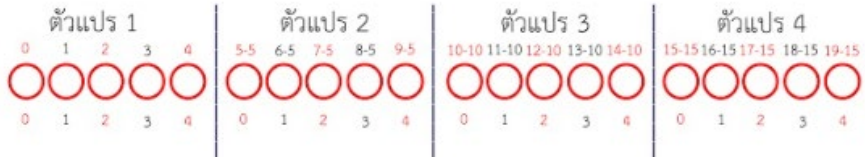
นำข้อมูลภาพกระดาษคำตอบที่ผ่านการตรวจสอบการกลับหัวในแบบสีเทามาใช้ในการหาวงกลม ต่อมาจะทำการแปลงภาพเป็นภาพไบนารี่ (Ma and Chen, 2017) โดยใช้คำสั่ง cv2.threshold เมื่อทำการแปลงภาพเสร็จจะนำข้อมูลภาพมาทำการค้นหาข้อมูลวงกลมทั้งภาพ (Buyukyilmaz et al., 2017) โดยใช้คำสั่ง cv2.findContours เก็บข้อมูลวงกลมที่หาเจอในภาพ และเป็นการนำข้อมูลภาพวงกลมมาคำนวณตามเงื่อนไขที่กำหนดก็คือ ขนาดของวงกลมที่หาในภาพ 20<= w <=30, 20<=h<=30,0.7<=ar<=1.5 ข้อมูลวงกลมที่ผ่านการตรวจสอบจำนวน 500 วง

ขั้นตอนที่ 7 การจัดเรียงและหาวงกลมถูกฝน(ส่วนตอบข้อสอบ)

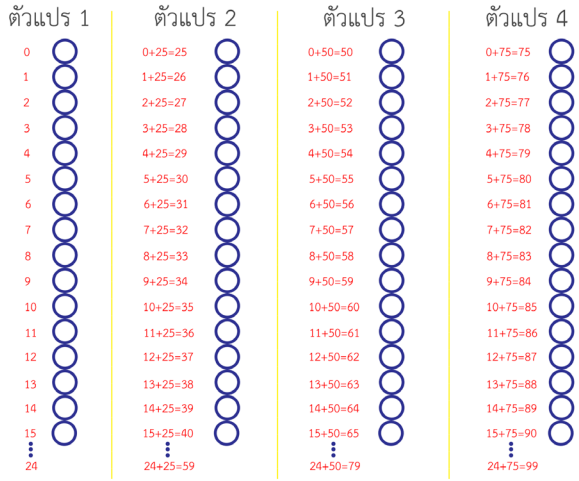
การนำข้อมูลวงกลมที่ผ่านการตรวจสอบจำนวน 500 วงมาจัดเรียง โดยใช้คำสั่ง contours.sort_contours กำหนดรูปแบบการจัดเรียงคือจากบนลงล่าง และทำการจัดเรียงอีกครั้งโดยเรียงจากซ้ายไปขวา ซึ่งจะได้ผลลัพธ์การเรียงลำดับวงกลมคำตอบ จาก 0 ถึง 19 ในแนวนอน ดังภาพที่ 9 นำข้อมูลที่ถูกจัดเรียงแล้วนำเข้าตัวแปรโดยแบ่งตัวแปรออกเป็น 4 ตัว โดยตัวแปรที่ 1 จะเก็บข้อมูลวงกลมคำตอบที่ฝนคำตอบลำดับที่ 0-4 (ข้อที่ 1) ตัวแปรที่ 2 จะเก็บข้อมูลวงกลมคำตอบที่ฝนคำตอบลำดับที่ 5-9 (ข้อที่ 26) ตัวแปรที่ 3 จัดเก็บข้อมูลวงกลมคำตอบที่ฝนคำตอบลำดับที่ 10-14 (ข้อที่ 51) และตัวแปรที่ 4 จะเก็บข้อมูลวงกลมคำตอบที่ฝนคำตอบลำดับที่ 15-19 (ข้อที่ 76) โดยแต่ละตัวแปรจะมีค่าคงที่ในการลบลำดับที่ของแต่ละตัวแปรคือตัวแปรที่ 1 จะลบด้วยค่า 0 ตัวแปรที่ 2 จะลบด้วยค่า 5 ตัวแปรที่ 3 จะลบด้วยค่า 10 ตัวแปรที่ 4 จะลบด้วย 15 เพื่อให้ข้อมูลในแต่ละตัวแปรมีการเรียงลำดับที่เหมือนกัน คือ 0 1 2 3 และ 4 โดย 0 แทนคำตอบ ก. 1 แทนคำตอบ ข. 2 แทนคำตอบ ค. 3 แทนคำตอบ ง. และ 4 แทนคำตอบ จ. ดังภาพที่ 10 ทำการวนซ้ำตรวจสอบการ ฝนคำตอบจนครบตามจำนวนแถว คือ 25 ครั้ง เมื่อทำครบจะนำค่าคงที่บวกไปยังตำแหน่งของตัวแปรที่เก็บข้อมูลการฝนคำตอบ เพื่อให้ข้อมูลมีการเรียงข้อ โดยตัวแปรที่ 1 + 0 ตัวแปรที่ 2 + 25 ตัวแปรที่ 3 + 50 และตัวแปรที่ 4 + 75 ดังภาพที่ 11 นำข้อมูลคำตอบที่ถูกต้องมาเปรียบเทียบกับข้อมูลในตัวแปรที่ 1 ตัวแปรที่ 2 ตัวแปรที่ 3 และตัวแปรที่ 4 แล้วทำการแสดงผลหาข้อที่ฝนคำตอบถูกก็จะแสดงสีเขียว หาข้อที่ฝนผิดก็จะแสดงสีแดง และนับคะแนนรวมข้อที่ตอบถูกที่ถูกแสดงผล



ภาพที่ 9 การจัดเรียงลำดับวงกลมคำตอบ จากบนลงล่างและจากซ้ายไปขวา



ภาพที่ 10 การเก็บข้อมูลวงกลมคำตอบเข้าตัวแปร

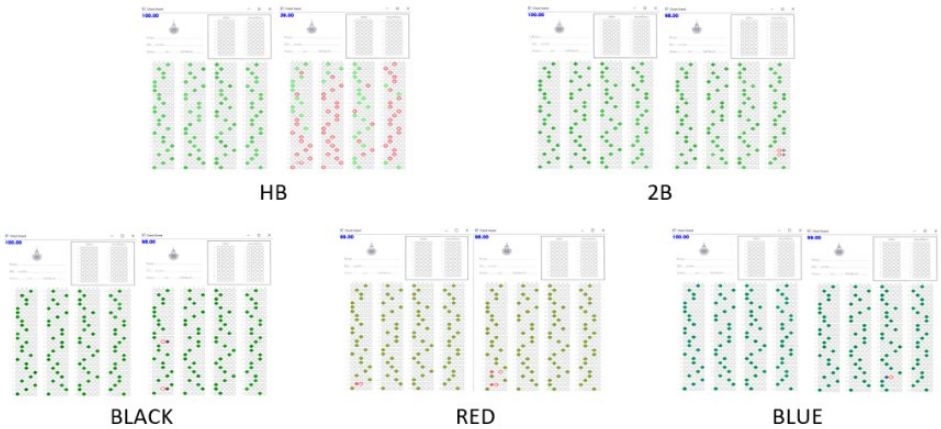


ภาพที่ 11 การกำหนดลำดับค่าของตัวแปรเพื่อให้สอดคล้องกับเลขข้อของคำตอบ

ผลการวิจัย

ในการทดสอบการทำงานของระบบตรวจข้อสอบแบบปรนัยโดยวิธีการฝนมีรายละเอียดดังนี้

1. ทดสอบความผิดพลาดการทำงานของโปรแกรมด้วยอุปกรณ์การฝนคำตอบ 5 ประเภท ระบบที่พัฒนาขึ้นทำการทดสอบโดยใช้กระดาษคำตอบที่ฝนเครื่องหมายวงกลมทึบแบบเต็มวง 100 ข้อ จำนวนอย่างละ 30 แผ่น โดยจะใช้อุปกรณ์การฝนคำตอบ 5 ประเภท คือ (1) ดินสอ HB (2) ดินสอ 2B (3) ปากกาแดง (4) ปากกาดำ (5) ปากกาน้ำเงิน รวมใช้ภาพกระดาษคำตอบตัวอย่างทั้งหมด 150 ภาพ ฝนคำตอบ 15,000 ข้อ ใช้รูปแบบการฝนกระดาษคำตอบเต็มวง ผลวิจัยใช้อุปกรณ์การฝนคำตอบ ดินสอ HB ดินสอ 2B ปากกาแดง ปากกาดำ และปากกาน้ำเงิน ค่าความถูกต้องของระบบร้อยละ 96.3, 100, 100, 100 และ 100 ตามลำดับ ดังภาพที่ 12 และตารางที่ 1



ภาพที่ 12 ผลการทำงานอุปกรณ์แต่ละประเภท

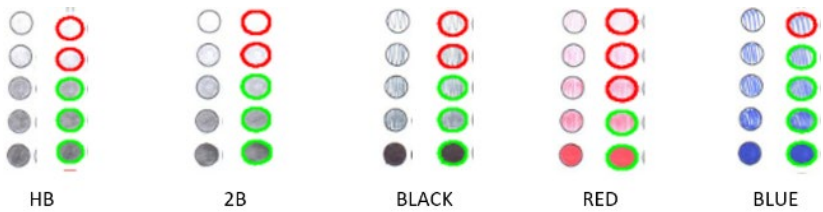
ตารางที่ 1 ค่าความผิดพลาดและค่าความถูกต้องของอุปกรณ์แต่ละประเภท

ประเภทอุปกรณ์	จำนวน (แผ่น)	ความถูกต้อง (ข้อ)	ความผิดพลาด (ข้อ)	ความถูกต้องแม่นยำ (%)
ดินสอ HB	30	2,889	111	96.3%
ดินสอ 2B	30	3,000	0	100%
ปากกาแดง	30	3,000	0	100%
ปากกาดำ	30	3,000	0	100%
ปากกาน้ำเงิน	30	3,000	0	100%

2. การทดสอบโดยใช้กระดาษคำตอบที่ฝนวงกลม 7 รูปแบบที่แตกต่างกัน จำนวน 10 ข้อ อย่างละ 20 แผ่น โดยจะใช้อุปกรณ์การฝนแบบเดิม คือ ดินสอ HB, ดินสอ 2B, ปากกาแดง, ปากกาดำ และปากกาน้ำเงิน โดยจะแบ่งรูปแบบต่างๆ รวมใช้ภาพกระดาษคำตอบตัวอย่างทั้งหมด 700 ภาพ จากการประมวลผลดังนี้ (1) แบบฝนครึ่งวงกลมแถวแนวนอน ความถูกต้องร้อยละ 87.9 (2) แบบฝนวงกลมไม่เต็มวง ความถูกต้องร้อยละ 96.7 (3) แบบฝนเกินช่องวงกลมซ้ายและขวา(ฝนขอบเส้นข้อข้างเคียง) ความถูกต้องร้อยละ 0 (4) แบบฝนเกินช่องวงกลมชิดขวา(ฝนขอบเส้นข้อข้างเคียง) ความถูกต้องร้อยละ 0 (5) แบบฝนเต็มวงแบบบาง ความถูกต้องร้อยละ 38 (6) แบบฝนจุดตรงกลาง ความถูกต้องร้อยละ 0 (7) แบบฝนกระดาษคำตอบเต็มวง ความถูกต้องร้อยละ 100

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบสำหรับตรวจข้อสอบปรนัยแบบวิธีการฝนแบบกระดาษธรรมดาด้วยหลักการประมวลผลภาพเพื่อประยุกต์ใช้งานในองค์กร โดยใช้ไฟล์ภาพจำนวนอย่างละ 30 ไฟล์กับอุปกรณ์การฝนคำตอบ 5 ประเภท รวมใช้ภาพกระดาษคำตอบตัวอย่างทั้งหมด 150 ภาพ ฝนคำตอบ 15,000 ข้อ ใช้รูปแบบการฝนกระดาษคำตอบเต็มวง เป็นกลุ่มตัวอย่างสำหรับทดสอบระบบ ซึ่งวิจัยครั้งนี้ได้นำกระบวนการและเทคนิคการประมวลผลภาพมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการของการปรับปรุงคุณภาพของภาพ อาทิ การลดสัญญาณรบกวนภาพด้วยวิธีเกาเซียน การค้นหาเส้นขอบของภาพ และกระบวนการทำงานของระบบประกอบด้วย 7 ขั้นตอนซึ่งทดลองและเปรียบเทียบการทำงานความถูกต้องแม่นยำ ระบบโดยใช้อุปกรณ์การฝนคำตอบ 5 ประเภท คือ ดินสอ HB ดินสอ 2B ปากกาแดง ปากกาดำ และปากกาน้ำเงิน ผลวิจัยแสดงค่าความถูกต้องของระบบร้อยละ 96.3, 100, 100, 100 และ 100 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าแบบดินสอ 2B ปากกาแดง ปากกาดำ และปากกาน้ำเงิน มีค่าความถูกต้องเท่ากัน ส่วนดินสอ HB มีความถูกต้องแม่นยำน้อยกว่า เกิดจากความเข้มของการฝนกระดาษคำตอบดินสอ HB ไม่เข้มพอที่ระบบทำการตรวจจับได้ ดังภาพที่ 13 ระบบจึงแจ้งไม่พบการฝนคำตอบ ทำให้ข้อดังกล่าวระบบแจ้งว่าผิด และการทดสอบโดยใช้กระดาษคำตอบที่ฝนวงกลม 7 รูปแบบที่แตกต่างกัน ซึ่งวิธีที่ให้ความถูกต้องดีที่สุด คือ รูปแบบการฝนกระดาษคำตอบวงกลมแบบวงกลมสมบูรณ์ คิดเป็นร้อยละ 100 ของระบบข้อสอบได้จริงและผลที่ออกมาก็เป็นที่น่าพอใจ เป็นที่ยอมรับได้มากสุดสำหรับการใช้งานทั้ง 7 รูปแบบ



ภาพที่ 13 การตอบสนองความเข้มของอุปกรณ์การฝน 5 ประเภท

อภิปรายผล

ผู้วิจัยใช้ตัวอย่างไฟล์ภาพของกระดาษคำตอบกับอุปกรณ์การฝนคำตอบ 5 ประเภท ใช้รูปแบบการฝนกระดาษคำตอบเต็มวง เพื่อใช้ในการทดลองประสิทธิภาพของระบบ ด้วยการรับไฟล์ภาพนามสกุล. JPG และทำการประมวลผลภาพเบื้องต้นด้วยวิธีการแปลงภาพเป็นสีเทา และการเบลอภาพเพื่อลดสัญญาณรบกวนสำหรับนำภาพที่ได้ไปค้นหาขอบภาพ โดยงานวิจัยนี้ใช้วิธีการค้นหาขอบภาพด้วยวิธีแคนนี เพื่อให้ได้ระดับความคมชัดของภาพ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Li et al., 2018) ; Guiming and Jidong, 2018) ที่ใช้อัลกอริทึมแบบตรวจจับขอบภาพแบบแคนนีและวิธีการเพื่อลดสัญญาณรบกวนของภาพแบบเกาส์เซียนเข้ามาช่วยในการปรับปรุงคุณภาพของภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสามารถตีขอบภาพกระดาษคำตอบที่ได้ทำการออกแบบไว้ได้อยู่ในระดับที่น่าพอใจ ซึ่งจากภาพที่ใช้วิธีการแบบเคนนี สามารถนำภาพไปใช้ในกระบวนการค้นหามุมจากรูปทรงของขอบภาพ เพื่อเข้าสู่ขั้นตอนต่อไปของการทำงานของระบบสำหรับใช้หาผลลัพธ์ของกระดาษคำตอบต่อไป

ข้อเสนอแนะ

ระบบการตรวจข้อสอบที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปต่อยอดเพื่อพัฒนาการใช้งานรูปแบบแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน ทั้งนี้เพื่อเพิ่มความสะดวกให้กับอาจารย์ผู้สอนโดยไม่จำเป็นต้องสแกนเอกสารกระดาษคำตอบในรูปแบบไฟล์ภาพ ซึ่งทำให้ช่วยลดระยะเวลาในการตรวจข้อสอบได้

เอกสารอ้างอิง

Achilleas, M., Eleni, D., Paris-Alexandros, K., and Minas, D. (2017). Real time detection of suspicious objects in public areas using computer vision. *The Proceedings of the 21st Pan-Hellenic Conference on Informatics.* September 2017, at Greek Com Soc, University of Thessaly, 1-2.

Ali, Y. H., and Medhat, R. A. (2018). Enhancement of Principal Component Analysis using Gaussian Blur Filter. *Iraqi Journal of Science*, 59(3B), 1509-1517.

Babu, K. M., and Raghunadh, M. V. (2016). Vehicle number plate detection and recognition using bounding box method. *The Proceedings of the International Conference on Advanced Communication Control and Computing Technologies (ICACCCT)*, 25-27 May 2016, at Ramanathapuram, India, 106-110.

Baştan, M., Bukhari, S. S., and Breuel, T. (2017). Active Canny: edge detection and recovery with open active contour models. *IET Image Processing, 11*(12), 1325-1332.

Buyukyilmaz, M., Cibikdiken, A. O., Abdalla, M. A., and Seker, H. (2017). Identification of Chicken Eimeria Species from Microscopic Images by Using MLP Deep Learning Algorithm. *The Proceedings of the International Conference on Video and Image Processing*, December 2017 ,at Nanyang Technological University, 84-88.

Catalan, J. A. (2017). A framework for automated multiple-choice exam scoring with digital image and assorted processing using readily available software. *The Proceedings of the DLSU research congress 2017*, 20-22 June 2017,at De La Salle University, Manila, Philippines,1-5.

Gonzalez, N. (2019). Optical Mark Recognition Based on Image Processing Techniques for the Answer Sheets of the Colombian High-Stakes Tests. *The Proceedings of the Applied Computer Sciences in Engineering: 6th Workshop on Engineering Applications, WEA 2019*, 16–18 October 2019, at Santa Marta, Colombi, 167-176.

Guiming, S., and Jidong, S. (2018). Multi-Scale Harris Corner Detection Algorithm Based on Canny Edge-Detection. *The Proceedings of the 2018 IEEE International Conference on Computer and Communication Engineering Technology (CCET)*, 18-20 August 2018 ,at Beijing, China, 1-5.

Kumar, A., Singal, H., and Bhavsar, A. (2018). Cost Effective Real-Time Image Processing Based Optical Mark Reader. *International Journal of Computer and Information Engineering, 12*(9), 787-791.

Li, R. et al. (2018). Canny Threshold Selection Algorithm Based on the Second Derivative of Image Gradient. *The Proceedings of the* 2018 *International Conference on Information Systems and Computer Aided Education (ICISC*AE*)*, 6-8 July 2018, at Changchun, China,1-6.

Ma, X., and Chen, C. (2017). An Intelligent Bird-repellent Device Based on Raspberry Pi. *The Proceedings of the 7th International Conference on Education, Management, Information and Mechanical Engineering (EMIM 2017)*, 28-30 April 2017, in Shenyang, China, 649-653.

Moon, J. H., Hwang, J.-Y., Park, J. S., Koh, S. H., and Park, S.-Y. (2018). Impact of region of interest (ROI) size on the diagnostic performance of shear wave elastography in differentiating solid breast lesions. *Acta Radiologica, 59*(6), 657-663.

Nordenfelt, P., Cooper, J. M., and Hochstetter, A. (2018). Matrix-masking to balance nonuniform illumination in microscopy. *Optics express, 26*(13), 17279-17288.

Othman, N. A., Salur, M. U., Karakose, M., and Aydin, I. (2018). An Embedded Real-Time Object Detection and Measurement of its Size. *The Proceedings of the 2018 International Conference on Artificial Intelligence and Data Processing (IDAP),* 28-30 September 2018, at Malatya, Turkey,1-5.

Padmavathi, K., and Thangadurai, K. (2016). Implementation of RGB and grayscale images in plant leaves disease detection–comparative study. *Indian Journal of Science and Technology, 9*(6), 1-6.

Pataky, T. C., Robinson, M. A., and Vanrenterghem, J. (2016). Region-of-interest analyses of one-dimensional biomechanical trajectories: bridging 0D and 1D theory, augmenting statistical power. *PeerJ Chemistry Journals, 4*, e2652,1-15.

Permpoonsinsup, W. and Chatwaranon, Y. (2018). Image Processing Based on Fuzzy Logic Edge Detection for Identifying Water Level of Natural Canal. *Pathumwan Academic Journa*l, 8(22), 25-36. (in Thai)

Thimthong,T. and Soteyome, U. (2019). Development of an Automatic Water Level Measurement System from CCTV Pictures Using Gray Scale - Thresholding and Regression Analysis Techniques (Pilot Phase). *Information Technology Journal*, 15(1), 40-49. (in Thai)

Yimyam, W., and Ketcham, M. (2018). The Grading Multiple Choice Tests System via Mobile Phone using Image Processing Technique.*International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET), 13*(10), 260-269.

Zhang, Y., Luo, X., Wang, J., Yang, C., and Liu, F. (2018). A robust image steganography method resistant to scaling and detection. *Journal of Internet Technology, 19*(2), 607-618.

ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จของนโยบายการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากภาครัฐสู่เกษตรกร

เมธา ศิริกูล[1,*], นลินภัสร์ บำเพ็ญเพียร[2], มธุรส ผ่านเมือง[3]
[1,2]คณะเทคโนโลนีสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระเจอมเกล้าพระนครเหนือ
[3]คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

Received: 22 April 2021
Revised: 1 June 2021
Accepted: 8 November 2021

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จของนโยบายการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากภาครัฐสู่เกษตรกร งานวิจัยนี้เป็นวิจัยเชิงปริมาณและเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามจากเกษตรกร จำนวน 1,189 คน วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบ Stepwise ผลการวิจัยพบว่า มีปัจจัย 5 ด้าน รวม 15 ปัจจัยที่ส่งผลและสามารถพยากรณ์ความสำเร็จของนโยบายได้ร้อยละ 62.30 ได้แก่ 1) ด้านองค์กร มี 1 ปัจจัย คือ การตัดสินใจ การดำเนินงาน และประเมินผล เกิดจากการมีส่วนร่วมของคนในองค์กร 2) ด้านนโยบายของหน่วยงานภาครัฐ มี 3 ปัจจัย คือ มีการปฏิบัติตามนโยบายเพื่อให้มีการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่เกษตรกร มีบุคลากรที่มีศักยภาพเพียงพอในการดำเนินการตามนโยบาย และการสนับสนุนและช่วยเหลืออย่างเพียงพอแก่เกษตรกรหลังจากได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อการดำเนินงานของเกษตรกร 3) ด้านผู้ถ่ายทอดเทคโนโลยี มี 4 ปัจจัย คือ ความสามารถเข้าใจปัญหาและความต้องการของเกษตรกรและนำมาใช้ในการถ่ายทอดเทคโนโลยีได้ ทัศนคติที่ดีและเข้าใจต่อความต้องการของผู้รับการถ่ายทอด ทักษะทางภาษาและความสามารถในการใช้สื่อเพื่อการถ่ายทอดได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีสถานภาพด้านความรู้และวุฒิภาวะมีความน่าเชื่อถือและเป็นที่ยอมรับของกลุ่มผู้รับการถ่ายทอด 4) ด้านผู้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี มี 3 ปัจจัย คือ มีความรู้พื้นฐานเพียงพอต่อการรับความรู้เพื่อเข้าร่วมกิจกรรมการถ่ายทอดเทคโนโลยีได้ มีทัศนคติที่ดีต่อการยอมรับการถ่ายทอดและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในการพัฒนางานเกษตร และสามารถนำเทคโนโลยีที่ได้รับจากการถ่ายทอดไปประยุกต์ใช้งานในการทำเกษตรของตนเองและเครือข่ายได้ และ 5) ด้านกระบวนการและเทคโนโลยีที่ใช้ในการถ่ายทอด มี 4 ปัจจัย คือ รูปแบบและเทคโนโลยีที่ถ่ายทอดมีขั้นตอนการใช้งานเข้าใจง่ายและไม่ซับซ้อน กระบวนการและเทคโนโลยีในกิจกรรมการถ่ายทอดแก่เกษตรกรมีความเหมาะสม เทคโนโลยีมีความเหมาะสมในการถ่ายทอดและสามารถเพิ่มผลผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเทคโนโลยีที่ถ่ายทอดมีวิธีการดูแลรักษาและสามารถซ่อมบำรุงได้ง่าย

คำสำคัญ: นโยบายภาครัฐ การถ่ายทอดเทคโนโลยี เกษตรกร เทคโนโลยี

[*] ผู้ประสานงานหลัก; อีเมล: s5807011910054@email.kmutnb.ac.th

Factors Influencing Success in Policies of Technology Transfer from Government to Farming Sectors

Metha Sirigool[1,*], Nalinpat Bhumpenpein[2], Mathuros Panmuang[3]
[1,2]Faculty of Information Technology, King Mongkut's University North Bangkok
[3]Faculty of Technical Education, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand

Received: 22 April 2021
Revised: 1 June 2021
Accepted: 8 November 2021

Abstract

The purpose of this research was to study factors influencing the success in policies of technology transfer from the state sector to farmers. This study was quantitative research with the use of a questionnaire to collect data from 1,189 farmers. The collected data were analyzed with stepwise multiple regression analysis. The results revealed that there were five factor elements with the total of 15 influential factors that could predict the success in technology transfer policies by 62.30%. These factor elements including their factors were the following: (1) the organization element including one factor, i.e. the decisions, operations, and evaluation based on the cooperation of organizational personnel; (2) the policy of the state sector work agency element including three factors, i.e. having the practice in compliance with the policy in order to have the transfer of technology to the farmers; having the personnel with sufficient potential for operation based on the policy; and the adequate support and assistance to farmers after they have received the transfer of technology for their operations; (3) the technology transferor element including four factors, i.e. being able to understand problems and the needs of farmers in order to apply them in the transfer of technology; having positive attitude toward and understanding of the transferees' needs; having language skills and ability to use media for efficient transfer; and having reliable knowledge and maturity accepted by transferees; (4) the transferee element including three factors, i.e. having sufficient basic knowledge for receiving the technology transfer in order to participate in the technology transfer activities; having positive attitude towards transfer acceptance and application of technology for their own farming work development; and being able to apply the transferred technology for their own and the networks' farming; and (5) the process and technology used in the transfer element including four factors, i.e. the transferred

[*] Corresponding Author; E-mail: s5807011910054@email.kmutnb.ac.th

model and technology having operating procedures that are easy to understand and not complex; the procedures and technology transfer activities being appropriate for the farmers; the technology being appropriate for transfer and being able to help increase productivity efficiently; and the transferred technology having methods for easily fixing and maintenance.

Keywords: Organizational Policy, Technology Transfer, Farmer, Technology

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในช่วงที่ผ่านมา ภาคการเกษตรมีการปรับตัวที่ค่อนข้างช้าเมื่อเปรียบเทียบกับภาวะที่โลกปรับเปลี่ยนเข้าสู่ระบบเศรษฐกิจที่อาศัยฐานความรู้ในการพัฒนาเป็นปัจจัยสำคัญ มีการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างสิ้นเปลือง ขาดการอนุรักษ์ฟื้นฟูอย่างเป็นระบบ ส่งผลต่อการพัฒนาที่ยั่งยืน อีกทั้งเกษตรกรยังขาดความเข้มแข็งในการมีส่วนร่วมพัฒนาศักยภาพเกษตรกรและภาคการเกษตรโดยรวม (Pompranee, 2015) การวางแผนพัฒนาการเกษตรที่ผ่านมาตกอยู่ในสภาพต้องพึ่งพาระบบเงินทุน เทคโนโลยี เครื่องมือเครื่องจักรสมัยใหม่ และการตลาด จนขาดอิสรภาพในการตัดสินใจเลือกทางเดินในการพัฒนาตนเอง ไม่ได้คำนึงต้นทุนทางด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (Sommong, 2009) ภาคการเกษตรของไทยถือได้ว่าเป็นตัวขับเคลื่อนการพัฒนาเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ เมื่อพิจารณาอัตราการเจริญเติบโตของภาคเกษตรในช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 7 พบว่าผลิตภัณฑ์มวลรวมภาคเกษตรขยายตัวเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 3.94 ต่อปี และในแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 8-11 นั้นอัตราการเติบโตของภาคเกษตร มีแนวโน้มชะลอตัวลงจนกระทั่งในช่วงแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 11 ภาคการเกษตรขยายตัวเพียงร้อยละ 0.10 ต่อปี การพัฒนาภาคเกษตรในอนาคตต้องเผชิญกับบริบทการเปลี่ยนแปลงของเศรษฐกิจโลกที่ส่งผลกระทบต่อภาคการเกษตรของประเทศ รวมถึงการเปลี่ยนแปลงภายในประเทศทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อม การเมืองและการพัฒนาในระดับภูมิภาคต่าง ๆ จำเป็นต้องมีการเตรียมการเพื่อรับมือกับการเปลี่ยนแปลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Office of Agricultural Economics, and Ministry of Agriculture and Cooperatives, 2015)

ในปัจจุบันการสนับสนุนจากรัฐบาลได้มุ่งเน้นให้ภาคการเกษตรได้มีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีต่างๆ เข้ามาช่วยในกระบวนการผลิต โดยได้กำหนดวิสัยทัศน์ คือ “ภาคเกษตรก้าวไกลด้วยเทคโนโลยีและนวัตกรรม ตลาดนำการผลิต ชีวิตเกษตรกรมีคุณภาพ ทรัพยากรการเกษตรมีความสมดุลและยั่งยืน” โดยมีเป้าหมายเพื่อความผาสุกของเกษตรกรและมีรายได้เพิ่มขึ้นนั้น เศรษฐกิจภาคเกษตรเติบโตเฉลี่ยร้อยละ 3 ต่อปี รวมถึงจำนวนงานวิจัย เทคโนโลยีและนวัตกรรมด้านการเกษตรถูกนำไปใช้ประโยชน์เพิ่มขึ้นอย่างน้อยร้อยละ 5 ต่อปี และทรัพยากรการเกษตรได้รับการฟื้นฟูและใช้ประโยชน์อย่างสมดุลและยั่งยืน การนำเทคโนโลยีต่างๆ เข้ามาใช้ในภาคการเกษตรจึงเป็นอีกหนึ่งแนวทางที่จะช่วยให้เกษตรกรได้รับประโยชน์เพิ่มขึ้น มีกระบวนการบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพ ทำให้ผลผลิตมีคุณภาพและเกิดการเติบโตอย่างมีศักยภาพ (Janssen et al., 2017) ด้วยเหตุนี้ การนำเทคโนโลยีมาใช้ในการทำเกษตรกรรมจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการขยายกำลังการผลิต ลดต้นทุนการผลิต ลดระยะเวลาในการเพาะปลูก ลดการใช้แรงงาน และเพิ่มประสิทธิภาพผลผลิตให้สูงขึ้น

สำหรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีของประเทศไทยถือได้ว่าเป็นกระบวนการดำเนินงานต่างๆ โดยการเข้าไปแนะนำถ่ายทอดเทคโนโลยีให้แก่เกษตรกร เพื่อใช้เทคโนโลยีเป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาคุณภาพการทำเกษตรกรรม

การใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อการยกคุณภาพชีวิตของเกษตรกร แต่ปัจจุบันยังคงมีปัญหาการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากภาครัฐสู่เกษตรกรของประเทศไทย เนื่องจากกลุ่มเกษตรกรมีบริบทที่แตกต่างกันมากในแต่ละภูมิภาค อีกทั้งอาจเกิดจากปัญหาอยู่ 2 ประการ คือ ปัญหาความเหมาะสมของเทคโนโลยี กล่าวคือ ในสังคมของภาคเกษตรมีความหลากหลายเป็นอย่างมาก ทั้งทักษะความรู้ ความสามารถ ของเกษตรกร หากเทคโนโลยีมีความยากหรือไม่เหมาะสมเพียงพอจะทำให้เกิดการต่อต้านและไม่อยากเรียนรู้ อีกปัญหาก็คือ ปัญหาของกระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีซึ่งจะเกี่ยวข้องกับกระบวนการต่างๆ ที่มีเจ้าหน้าที่เข้ามาเกี่ยวข้อง หากไม่มีความรู้หรือทักษะในการถ่ายทอดจะทำให้เกิดปัญหาทั้งจากผู้ถ่ายทอดและผู้รับการถ่ายทอดนั่นก็คือเกษตรกร (Intuwong, 2015) เพราะฉะนั้นหากมีแนวทางหรือกรอบนโยบายในการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากภาครัฐสู่เกษตรกรที่เหมาะสม จะทำให้เกษตรกรได้รับประโยชน์จากการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในการทำเกษตรกรรมและการดำเนินงานด้านต่างๆ ได้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาว่าปัจจัยต่างๆ ส่งผลต่อความสำเร็จหรือสามารถทำนายความสำเร็จของนโยบายการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากภาครัฐสู่เกษตรกรได้อย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จของนโยบายการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากภาครัฐสู่เกษตรกร

สมมติฐานของการวิจัย

ปัจจัยด้านองค์กร ด้านนโยบายของหน่วยงานภาครัฐ ด้านผู้ถ่ายทอดเทคโนโลยี ด้านผู้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีและด้านกระบวนการและเทคโนโลยีที่ใช้ในการถ่ายทอด ร่วมกันทำนายความสำเร็จของนโยบายการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากภาครัฐสู่เกษตรกรได้

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. นโยบายการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากภาครัฐสู่เกษตรกร

“ไทยแลนด์ 4.0” เป็นวิสัยทัศน์เชิงนโยบายการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศไทยบนวิสัยทัศน์ “มั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน” ที่มีภารกิจสำคัญในการขับเคลื่อนปฏิรูปประเทศด้านต่างๆ เพื่อปรับแก้ จัดระบบ ปรับทิศทาง และสร้างหนทางพัฒนาประเทศให้เจริญสามารถรับมือกับโอกาสและภัยคุกคามแบบใหม่ที่เปลี่ยนแปลงอย่างเร็วในศตวรรษที่ 21 ตามแนวทางที่แผนยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี ด้วยการสร้างความเข้มแข็งจากภายในควบคู่ไปกับการเชื่อมโยงกับประชาคมโลกตามแนวคิด“ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง” ประกอบกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560-2564) เน้นให้ความสำคัญกับกระบวนการมีส่วนร่วมของภาคประชาชนกับการพัฒนา กระทรวงเกษตรและสหกรณ์จึงได้กำหนดกรอบนโยบายเพื่อผลักดันและช่วยเหลือเกษตรกร ซึ่งเป็นกำลังหลักของการพัฒนาประเทศ โดยในปี 2559 ได้ผลักดันให้เกิดแนวทางการพัฒนาภาคการเกษตรไทยที่ว่า “ภาคเกษตรก้าวไกลด้วยเทคโนโลยีและนวัตกรรม ตลาดนำการผลิต ชีวิตเกษตรกรมีคุณภาพ ทรัพยากรการเกษตรมีความสมดุลและยั่งยืน” ดังนั้นจึงทำให้เกิดแผนพัฒนาการเกษตรโดยมียุทธศาสตร์ที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับภาคการเกษตร เพื่อให้นโยบายที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายทอดเทคโนโลยีประสบความสำเร็จ จึงมีการกำหนดกระบวนการขับเคลื่อนแผนไปสู่การปฏิบัติประกอบด้วย 1) กลไกการขับเคลื่อนแผนพัฒนาการเกษตร 2) การแปลงแผนพัฒนาการเกษตรไปสู่การปฏิบัติ และ

3) การติดตาม และประเมินผลการปฏิบัติงาน (Office of Agricultural Economics, and Ministry of Agriculture and Cooperatives, 2016)

2. เทคโนโลยี

เทคโนโลยี (Technology) หมายถึง การประยุกต์ใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ ความรู้ความเชี่ยวชาญและประสบการณ์ที่สั่งสมมา เพื่อให้เกิดประโยชน์และบรรลุวัตถุประสงค์ตามที่ได้วางไว้ โดยเทคโนโลยีนั้น สามารถที่จะถูกถ่ายทอดจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งได้ Sun, Lee and Law (2019) ให้ความหมายว่าเทคโนโลยีเป็นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่มีวัตถุประสงค์มุ่งเน้นการคิดค้นและพัฒนาระบบ วิธีการ เครื่องมือ ที่จะนำไปสู่การเพิ่มประสิทธิผลของการทำงานหรือการใช้ชีวิต นอกจากนั้น Hussein (2017) กล่าวว่า เทคโนโลยีเป็นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างเครื่องมือ วิธีการและระบบต่างๆ โดยอาศัยการพัฒนาอย่างเป็นระเบียบแบบแผนซึ่งสิ่งสร้างขึ้นต้องก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ตลอดจนแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

3. การถ่ายทอดเทคโนโลยี

การถ่ายทอดเทคโนโลยีเป็นการประยุกต์เทคโนโลยีที่แตกต่างออกไปผู้ใช้งานเดิมหรือเทคโนโลยีใหม่สำหรับผู้ใช้กลุ่มใหม่ การถ่ายทอดเทคโนโลยีคืองานที่สนับสนุนเพื่อก่อให้เกิดนวัตกรรมทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในประเทศ การดำเนินงานทางด้านการถ่ายทอดเทคโนโลยีและการบริการเป็นการทำให้ผลงานต่างๆ ที่ได้จากการวิจัยและพัฒนาสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประสิทธิผล ตลอดจนสามารถตอบสนองได้ตามวัตถุประสงค์ของการทำวิจัยและพัฒนานั้นๆ ซึ่งมีการสรุปเกี่ยวกับการถ่ายทอดเทคโนโลยีไว้ว่า เป็นการถ่ายโอนความรู้หรือเทคโนโลยีที่ส่งมอบให้แก่บุคคลเพียงคนเดียวหรือเป็นกลุ่มบุคคล โดยเมื่อมีการถ่ายโอนความรู้แล้ว จะทำให้เกิดความรู้ทั้งผู้ที่ถ่ายโอนความรู้และผู้รับโอนความรู้นั้นเพิ่มเติมมากขึ้น (Osabutey and Croucher, 2018) ซึ่งกระบวนการที่เกิดขึ้นจากการได้รับความรู้และนำเอาความรู้ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์โดยปรับปรุงให้ดีขึ้นเพื่อให้เกิดความรวดเร็วและทำให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงานได้มากที่สุด (Dardak and Adham, 2014) ดังนั้นการถ่ายทอดเทคโนโลยีจึงหมายถึง กระบวนการที่นำเทคโนโลยีหรือองค์ความรู้จากที่หนึ่งไปยังที่อื่นเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีให้แก่พื้นที่นั้น การนำความรู้ที่ได้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ เช่น ลดต้นทุน แก้ไขปัญหา และพัฒนาองค์กร

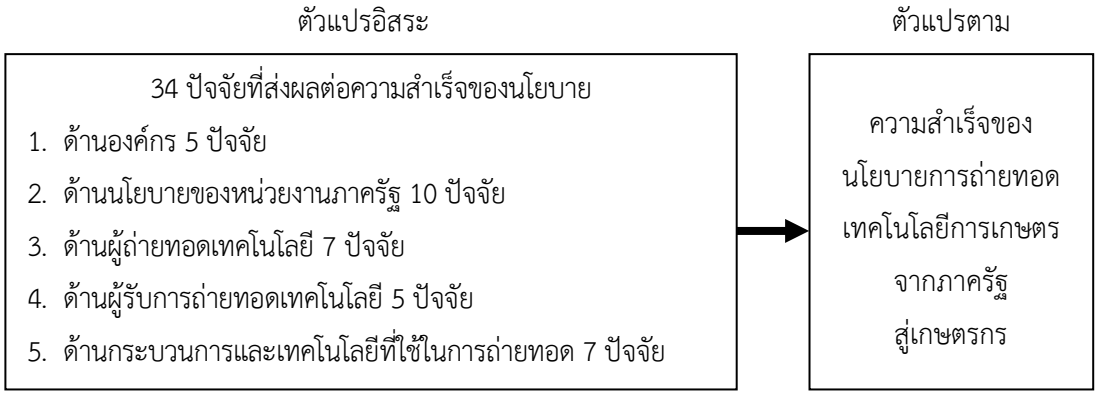
4. ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จของนโยบายการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากภาครัฐสู่เกษตรกร

ในการค้นหาปัจจัยที่ส่งผลต่อนโยบายการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากภาครัฐสู่เกษตรกร ผู้วิจัยได้ทบทวนและสังเคราะห์วรรณกรรมจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศ จำนวน 15 ผลงาน พบว่า มี 5 ด้าน รวม 34 ปัจจัย ที่ส่งผลต่อความสำเร็จของนโยบายการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากภาครัฐสู่เกษตรกร ดังต่อไปนี้ 1) ด้านองค์กร จำนวน 5 ปัจจัย ได้แก่ (X_1) วัฒนธรรมองค์กรที่พึงประสงค์และสนับสนุนการถ่ายทอดเทคโนโลยี (X_2) การตัดสินใจ การดำเนินงาน และประเมินผลเกิดจากการมีส่วนร่วมของคนในองค์กร (X_3) ความผูกพันของคนภายในองค์กรที่ดี (X_4) องค์กรหรือบุคลากรส่วนใหญ่มีภาวะผู้นำที่ดีต่อเกษตรกร (X_5) ความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างองค์กรและเครือข่าย 2) ด้านนโยบายของหน่วยงานภาครัฐ จำนวน 10 ปัจจัย ได้แก่ (X_6) นโยบายมีความชัดเจนและความสอดคล้องกับความต้องการและแก้ปัญหาของเกษตรกรได้ (X_7) มีการปฏิบัติตามนโยบายเพื่อให้มีการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่เกษตรกร (X_8) มีการกำกับและติดตามการดำเนินงานตามนโยบายเพื่อให้เกิดการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่เกษตรกรและให้บรรลุวัตถุประสงค์ (X_9) มีการประเมินผลการดำเนินงานตามนโยบายการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่เกษตรกรโดยมีวัตถุประสงค์ที่ชัดเจนและปฏิบัติได้ (X_{10}) มีงบประมาณเพียงพอในการดำเนินนโยบายการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่เกษตรกร (X_{11}) มีการประสานงานและการติดต่อสื่อสารระหว่างหน่วยงานภาครัฐ ผู้นำชุมชน และ

เกษตรกร อย่างมีระบบและต่อเนื่อง (X_{12}) มีการประชาสัมพันธ์และการเผยแพร่นโยบายการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่เกษตรกรอย่างเพียงพอและชัดเจน (X_{13}) มีบุคลากรที่มีศักยภาพเพียงพอในการดำเนินการตามนโยบาย (X_{14}) มีการสำรวจทรัพยากรทางการเกษตรและความต้องการที่สอดคล้องและเหมาะสมในการกำหนดแผนตามนโยบายการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่เกษตรกร (X_{15}) การสนับสนุนและช่วยเหลืออย่างเพียงพอแก่เกษตรกรหลังจากได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อการดำเนินงานของเกษตรกร 3) ด้านผู้ถ่ายทอดเทคโนโลยี จำนวน 7 ปัจจัย ได้แก่ (X_{16}) สามารถเข้าใจปัญหาและความต้องการของเกษตรกร และนำมาใช้ในการถ่ายทอดเทคโนโลยีได้ (X_{17}) สามารถใช้ความรู้เทคโนโลยีได้อย่างครอบคลุมและครบถ้วนในการถ่ายทอดและสามารถเป็นผู้นำในการเปลี่ยนแปลงได้ (X_{18}) มีทัศนคติที่ดีและเข้าใจต่อความต้องการของผู้รับการถ่ายทอด (X_{19}) มีทักษะทางภาษาและความสามารถในการใช้สื่อเพื่อการถ่ายทอดได้อย่างมีประสิทธิภาพ (X_{20}) สามารถสร้างแรงบันดาลใจในการแก้ปัญหาสู่ความสำเร็จและมีความเป็นที่ปรึกษาที่ดีในการถ่ายทอดแก่ผู้รับการถ่ายทอดได้ (X_{21}) สามารถสร้างเครือข่ายและเป็นผู้ประสานงานให้เกิดความสำเร็จในการดำเนินงานในแต่ละกิจกรรมในการถ่ายทอดสู่การปฏิบัติ (X_{22}) มีสถานภาพด้านความรู้และวุฒิภาวะมีความน่าเชื่อถือและเป็นที่ยอมรับของกลุ่มผู้รับการถ่ายทอด 4) ด้านผู้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี จำนวน 5 ปัจจัย ได้แก่ (X_{23}) มีความรู้พื้นฐานเพียงพอต่อการรับความรู้เพื่อเข้าร่วมกิจกรรมการถ่ายทอดเทคโนโลยีได้ (X_{24}) สามารถเรียนรู้และเข้าใจเทคโนโลยีที่ถูกถ่ายทอดและเป็นผู้ที่ยอมรับการเปลี่ยนแปลงได้ (X_{25}) มีความมุ่งมั่น ตั้งใจและต้องการเรียนรู้ในกิจกรรมการถ่ายทอดเทคโนโลยี (X_{26}) มีทัศนคติที่ดีต่อการยอมรับการถ่ายทอดและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในการพัฒนางานเกษตร (X_{27}) สามารถนำเทคโนโลยีที่ได้รับจากการถ่ายทอดไปประยุกต์ใช้งานในการทำเกษตรของตนเองและเครือข่ายได้ 5) ด้านกระบวนการและเทคโนโลยีที่ใช้ในการถ่ายทอด จำนวน 7 ปัจจัย ได้แก่ (X_{28}) รูปแบบและเทคโนโลยีที่ถ่ายทอดมีขั้นตอนการใช้งานเข้าใจง่ายและไม่ซับซ้อน (X_{29}) เทคโนโลยีที่ถ่ายทอด ผู้รับการถ่ายทอดสามารถไปจัดหามาใช้งานได้ง่าย (X_{30}) กระบวนการและเทคโนโลยีในกิจกรรมการถ่ายทอดแก่เกษตรกรมีความเหมาะสม (X_{31}) ต้นทุนของเทคโนโลยีที่ถ่ายทอดมีความเหมาะสมในการนำมาใช้ทำการเกษตร (X_{32}) เทคโนโลยีที่ถ่ายทอดมีความคุ้มค่าต่อการลงทุนในการนำมาใช้ทำการเกษตร (X_{33}) เทคโนโลยีมีความเหมาะสมในการถ่ายทอดและสามารถเพิ่มผลผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ (X_{34}) เทคโนโลยีที่ถ่ายทอดมีวิธีการดูแลรักษาและสามารถซ่อมบำรุงได้ง่าย (Kawichai, et al. (2017), Chupom (2019), Toyama, Kongmuamg and Toyama (2015), Vongyuttakra (2013), Dardak and Adham (2014), Awang et al. (2017), Andrzejczak (2017), Jin et al. (2016), Tsuji et al. (2016), Perkins (1993), Necoechea-Mondragón, Pineda-Domínguez and Soto-Flores (2013), Lal (2008), Schuh and Aghassi (2013), Obi and Nwakaire (2014), Al Hajri and Hasan (2011))

กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากแนวคิดและการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จึงกำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัยได้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

แบบแผนของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้แบบแผนการวิจัยเชิงปริมาณ

ประชากรและตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ เกษตรกรในประเทศไทย จำนวน 2,598,592 คน (Office of Agricultural Economics, and Ministry of Agriculture and Cooperatives, 2016) กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ เกษตรกร จำนวน 1,189 คน คำนวณจากสูตรของ Yamane (1979) โดยเก็บจากจังหวัดอ่างทอง สุพรรณบุรี พิจิตร อุตรดิตถ์ สุโขทัย และหนองคาย สาเหตุที่เลือกจังหวัดเหล่านี้ เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีการทำเกษตรในปริมาณมากและเป็นพื้นที่ที่มีการถ่ายทอดเทคโนโลยีและไม่ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี และใช้วิธีสุ่มตัวอย่างแบบ Convenience Sampling เก็บข้อมูลระหว่าง เดือนมีนาคม-เดือนกรกฎาคม 2562

เครื่องมือวิจัย

เป็นแบบสอบถาม (Questionnaire) แบ่งเป็น 3 ตอน คือ ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ตอนที่ 2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จของนโยบายการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากภาครัฐสู่เกษตรกร โดยให้ความคิดเห็นแบบมาตรส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating scale) ตามแนวคิดของ Likert จำนวน 42 ข้อ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนตั้งแต่ 1 คะแนน หมายถึง เห็นด้วยน้อยที่สุด จนถึง 5 คะแนน หมายถึง เห็นด้วยมากที่สุด และตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม เป็นคำถามปลายเปิด (Opened-End) ตรวจสอบความเที่ยงตรงด้านเนื้อหาด้วยวิธี IOC พบว่าทุกข้อคำถามมีค่ามากกว่า 0.5 และตรวจสอบความเชื่อมั่นของแบบสอบถามทั้งฉบับ พบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์คอนบาคอัลฟา (Cronbach’s Coefficient Alpha) เท่ากับ 0.825

การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาครั้งนี้วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) และการวิเคราะห์สมการถดถอยแบบพหุคูณ (Multiple Regressions) ด้วยวิธีเลือกตัวแปรอิสระแบบ Stepwise โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

ผลการวิจัย

1. ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 1,189 คน โดยใช้สถิติเชิงพรรณนาพบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศชาย ร้อยละ 53.87 ช่วงอายุน้อยกว่า 25 ปี ร้อยละ 22.90 มีระดับการศึกษาประถมศึกษา ร้อยละ 26.71 เป็นเกษตรกร ร้อยละ 60.22 ระยะเวลาในการทำงานด้านเกษตรน้อยกว่า 5 ปี ร้อยละ 40.66 มีงบประมาณประจำปีของหน่วยงานภาครัฐสำหรับนโยบายการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากภาครัฐสู่เกษตรกรน้อยกว่า 1 ล้านบาท ร้อยละ 76.61 ประเภทเกษตรกรรมเป็นพืช ร้อยละ 67.76 ประเภทของเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการทำงานด้านการเกษตรเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่น ร้อยละ 83.66 ส่วนใหญ่ไม่เคยได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากภาครัฐสู่เกษตรกร ร้อยละ 42.22 ส่วนใหญ่ประโยชน์ที่ได้รับจากนโยบายการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากภาครัฐสู่เกษตรกรเป็นการเพิ่มผลผลิต ร้อยละ 52.90

2. ผลวิเคราะห์ระดับความคิดเห็นของปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จของนโยบายการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากภาครัฐสู่เกษตรกร

ระดับความคิดเห็นโดยรวมในแต่ละด้านปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จของนโยบายการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากภาครัฐสู่เกษตรกร ดังนี้ 1) ด้านองค์กร อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.56; S.D. = 0.757) 2) ด้านนโยบายของหน่วยงานภาครัฐ อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ =3.50; S.D.= 0.634) 3) ด้านผู้ถ่ายทอดเทคโนโลยี อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.50; S.D. = 0.688) 4) ด้านผู้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.50; S.D. = 0.679) 5) ด้านกระบวนการและเทคโนโลยีที่ใช้ในการถ่ายทอด อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.48; S.D. = 0.673) และ 6) ความสำเร็จของนโยบายการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากภาครัฐสู่เกษตรกร อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.58; S.D. = 0.682) รายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ระดับความคิดเห็นโดยรวมในแต่ละด้าน

ปัจจัย	ระดับความคิดเห็น		
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
1. ด้านองค์กร	3.56	0.757	มาก
2. ด้านนโยบายของหน่วยงานภาครัฐ	3.50	0.634	มาก
3. ด้านผู้ถ่ายทอดเทคโนโลยี	3.50	0.688	มาก
4. ด้านผู้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี	3.50	0.679	มาก
5. ด้านกระบวนการและเทคโนโลยีที่ใช้ในการถ่ายทอด	3.48	0.673	มาก
6. ความสำเร็จของนโยบายการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากภาครัฐสู่เกษตรกร	3.58	0.682	มาก

3. ผลการทดสอบสมมติฐาน

การทดสอบสมมติฐานการวิจัยที่ว่า ปัจจัยด้านองค์กร ด้านนโยบายของหน่วยงานภาครัฐ ด้านผู้ถ่ายทอดเทคโนโลยี ด้านผู้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีและด้านกระบวนการและเทคโนโลยีที่ใช้ในการถ่ายทอด ร่วมกันทำนายความสำเร็จของนโยบายการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากภาครัฐสู่เกษตรกรได้ โดยใช้สถิติการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบ Stepwise ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า มีปัจจัยที่ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อความสำเร็จของนโยบายการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากภาครัฐสู่เกษตรกร 5 ด้าน ณ ระดับนัยสำคัญ 0.05 รวม 15 ปัจจัย โดยปัจจัยที่มีค่า

อิทธิพลมากที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ ตัวแปร X_{25} มีทัศนคติที่ดีต่อการยอมรับการถ่ายทอดและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในการพัฒนางานเกษตร รองลงมาคือ ตัวแปร X_{22} มีสถานภาพด้านความรู้และวุฒิภาวะมีความน่าเชื่อถือและเป็นที่ยอมรับของกลุ่มผู้รับการถ่ายทอด และ ตัวแปร X_{23} มีความรู้พื้นฐานเพียงพอต่อการรับความรู้เพื่อเข้าร่วมกิจกรรมการถ่ายทอดเทคโนโลยีได้ ตามลำดับ มีค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลเท่ากับ 0.134, 0.129 และ 0.126 ตามลำดับ ทั้ง 15 ปัจจัย สามารถร่วมกันทำนายความสำเร็จของนโยบายการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากภาครัฐสู่เกษตรกร ได้ร้อยละ 62.30 ดังตารางที่ 2 และ ตารางที่ 3

ตารางที่ 2 กลุ่มปัจจัยรายด้านที่ส่งผลต่อความสำเร็จของนโยบายการถ่ายทอดเทคโนโลยี

กลุ่มปัจจัยรายด้าน	B	SE.	Beta	t	Sig.
ค่าคงที่	.428	.075	-	5.707	.000
องค์กร	.052	.024	.058	2.148	.032
นโยบายของหน่วยงานภาครัฐ	.145	.036	.134	4.019	.000
ผู้ถ่ายทอดเทคโนโลยี	.203	.032	.205	6.410	.000
ผู้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี	.263	.028	.262	9.361	.000
กระบวน การและเทคโนโลยีที่ใช้ในการถ่ายทอด	.239	.032	.235	7.544	.000
F = 372.294, P = .000, R^2 = .612, R^2 Adjusted = .611					

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จของนโยบายการถ่ายทอดเทคโนโลยี

ปัจจัย	B	SE.	Beta	t	Sig.
ค่าคงที่	.505	.075		6.715	.000
1. ด้านองค์กร					
X_2 การตัดสินใจ การดำเนินงาน และประเมินผลเกิดจากการมีส่วนร่วมของคนในองค์กร	.040	.016	.054	2.514	.012
2. ด้านนโยบายของหน่วยงานภาครัฐ					
X_7 มีการปฏิบัติตามนโยบายเพื่อให้มีการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่เกษตรกร	.053	.016	.070	3.230	.001
X_{13} มีบุคลากรที่มีศักยภาพเพียงพอในการดำเนินการตามนโยบาย	.043	.016	.060	2.697	.007
X_{15} การสนับสนุนและช่วยเหลืออย่างเพียงพอแก่เกษตรกรหลังจากได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อการดำเนินงานของเกษตรกร	.037	.015	.056	2.463	.014
3. ด้านผู้ถ่ายทอดเทคโนโลยี					
X_{16} สามารถเข้าใจปัญหาและความต้องการของเกษตรกร และนำมาใช้ในการถ่ายทอดเทคโนโลยีได้	.064	.018	.082	3.650	.000
X_{18} ทัศนคติที่ดีและเข้าใจต่อความต้องการของผู้รับการถ่ายทอด	.049	.016	.071	3.126	.002
X_{19} ทักษะทางภาษาและความสามารถในการใช้สื่อเพื่อการถ่ายทอดได้อย่างมีประสิทธิภาพ	.040	.016	.057	2.496	.013
X_{22} มีสถานภาพด้านความรู้และวุฒิภาวะมีความน่าเชื่อถือและเป็นที่ยอมรับของกลุ่มผู้รับการถ่ายทอด	.086	.016	.129	5.399	.000

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ปัจจัย	B	SE.	Beta	t	Sig.
ค่าคงที่	.505	.075		6.715	.000
4. ด้านผู้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี					
X_{23} มีความรู้พื้นฐานเพียงพอต่อการรับความรู้เพื่อเข้าร่วมกิจกรรมการถ่ายทอดเทคโนโลยีได้	.087	.015	.126	5.805	.000
X_{25} มีทัศนคติที่ดีต่อการยอมรับการถ่ายทอดและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในการพัฒนางานเกษตร	.098	.017	.134	5.901	.000
X_{27} สามารถนำเทคโนโลยีที่ได้รับจากการถ่ายทอดไปประยุกต์ใช้งานในการทำเกษตรของตนเองและเครือข่ายได้	.075	.017	.105	4.512	.000
5. ด้านกระบวนการและเทคโนโลยีที่ใช้ในการถ่ายทอด					
X_{28} รูปแบบและเทคโนโลยีที่ถ่ายทอดมีขั้นตอนการใช้งานเข้าใจง่ายและไม่ซับซ้อน	.046	.017	.061	2.711	.007
X_{30} กระบวนการและเทคโนโลยีในกิจกรรมการถ่ายทอดแก่เกษตรกรมีความเหมาะสม	.053	.017	.074	3.186	.001
X_{33} เทคโนโลยีมีความเหมาะสมในการถ่ายทอดและสามารถเพิ่มผลผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ	.062	.017	.086	3.681	.000
X_{34} เทคโนโลยีที่ถ่ายทอดมีวิธีการดูแลรักษาและสามารถซ่อมบำรุงได้ง่าย	.048	.017	.069	2.830	.005
F = 125.473, P = .000, R^2 = .623, R^2 Adjusted = .618					

สรุปผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติได้ว่าโมเดลปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จของนโยบายการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากภาครัฐสู่เกษตรกรมีความเหมาะสมและสามารถใช้พยากรณ์แนวโน้มของเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นได้ร้อยละ 62.30 ดังสมการ (1)

$$Y = .054x_2 + .070x_7 + .060x_{13} + .056x_{15} + .082x_{16} + .071x_{18} + .057x_{19} + .129x_{22} + .126x_{23} + .134x_{25} + .105x_{27} + .061x_{28} + .074x_{30} + .086x_{33} + .069x_{34} \quad (1)$$

ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่าสมมติฐานเป็นจริง กล่าวคือ ปัจจัยด้านองค์กร ด้านนโยบายของหน่วยงานภาครัฐ ด้านผู้ถ่ายทอดเทคโนโลยี ด้านผู้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีและด้านกระบวนการและเทคโนโลยีที่ใช้ในการถ่ายทอดร่วมกันทำนายความสำเร็จของนโยบายการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากภาครัฐสู่เกษตรกรได้

อภิปรายผล

ผลการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จของนโยบายการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากภาครัฐสู่เกษตรกรจากกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 1,189 คน พบว่ามีปัจจัย 5 ด้าน รวม 15 ปัจจัย มีนัยสำคัญที่ส่งผลต่อความสำเร็จของนโยบายได้ร้อยละ 62.30 โดยปัจจัยที่มีค่าอิทธิพลมากที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ ผู้รับการถ่ายทอดมีทัศนคติที่ดีต่อการยอมรับ

การถ่ายทอดและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในการพัฒนางานเกษตร รองลงมาคือ ผู้ถ่ายทอดมีสถานภาพด้านความรู้และวุฒิภาวะมีความน่าเชื่อถือและเป็นที่ยอมรับของกลุ่มผู้รับการถ่ายทอด และผู้รับการถ่ายทอดมีความรู้พื้นฐานเพียงพอต่อการรับความรู้เพื่อเข้าร่วมกิจกรรมการถ่ายทอดเทคโนโลยีได้ ตามลำดับ มีค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลเท่ากับ 0.134, 0.129 และ 0.126 ตามลำดับ สอดคล้องกับ Saengduangdee (2018) ที่พบว่า แผนกลยุทธ์การสื่อสารแบบมีส่วนร่วมเพื่อเสริมสร้างความรู้ ทัศนคติและการยอมรับการเกษตรโดยไม่ใช้สารเคมีของเกษตรกร ประกอบด้วย แผนกลยุทธ์การสื่อสารเพื่อสร้างความตระหนักในการทำเกษตรทางเลือก แผนกลยุทธ์การสื่อสารเพื่อเสริมสร้างความรู้และความเชื่อมั่นในการทำเกษตรทางเลือกและแผนกลยุทธ์เพื่อสร้างการยอมรับในการทำเกษตรทางเลือก ดังนั้น ผู้บริหารภาครัฐและเจ้าหน้าที่จะต้องเป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถ โดยนำเอาพื้นฐานความรู้และประสบการณ์เชิงเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้กับถ่ายทอด นอกจากนี้การให้การศึกษาแก่เกษตรกร โดยพิจารณาจากความจำเป็นและความต้องการของเกษตรกรเป็นสำคัญ องค์กรและหน่วยงานต่างๆ ทั้งภาครัฐและภาคเอกชนเข้าไปมีบทบาทในการส่งเสริมการเกษตร การให้ข้อมูลข่าวสารต่างๆ ด้านการเกษตร ด้านเศรษฐกิจ และสังคมแก่เกษตรกร และชี้แนะแนวทางในการใช้ข้อมูลข่าวสารต่างๆ ให้เกิดประโยชน์ต่อเกษตรกร จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผลการศึกษาในงานวิจัยนี้สอดคล้องกับผลการวิจัยของ ภควัต บุญห่อ (2016) นำเสนอว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน ประกอบด้วย 3 ปัจจัยหลัก ได้แก่ 1) คุณลักษณะของผู้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี ถือว่าเป็นปัจจัยสำคัญมากที่สุด และให้ความสำคัญในเรื่องของความรู้พื้นฐานทางเทคโนโลยี 2) กระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยี ให้ความสำคัญกับรูปแบบการถ่ายทอดเทคโนโลยี และ 3) คุณลักษณะของผู้ถ่ายทอดเทคโนโลยี ให้ความสำคัญในองค์ความรู้เฉพาะทาง นอกจากนี้ ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Tooksoon and Opatpatanakit (2018) นำเสนอว่า ศักยภาพของเจ้าหน้าที่เกษตร คือ ความสามารถในการจัดทำแผนพัฒนาการผลิตข้าวที่สอดคล้องกับศักยภาพ และปัญหาของเกษตรกร มีข้อจำกัด คือ ขาดความรู้และเทคโนโลยีใหม่ๆ ด้านการผลิตข้าว ศักยภาพและปัญหาของกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกข้าวได้ถูกนำมาใช้ในการวางแผนให้เหมาะสม โดยนำศักยภาพที่กลุ่มเกษตรกรมีอยู่มาใช้เป็นฐานในการแก้ไขปัญหา ได้แก่ องค์ความรู้ในการผลิตข้าวที่สามารถถ่ายทอดและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน ทำให้เกิดแผนพัฒนากลุ่มเกษตรกรที่เหมาะสมขึ้น นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ GEF and UNDP (2006) ที่ศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบจากความเสื่อมโทรมของที่ดินกิจกรรมของมนุษย์ ในงานวิจัยดังกล่าว พบว่า การกำหนดนโยบายที่ชัดเจนของรัฐ จะช่วยผลักดันให้กระบวนการถ่ายทอดความรู้เกี่ยวกับการแก้ไขปัญหาดินเสื่อมโทรมได้มีประสิทธิภาพ เพราะการถ่ายทอดความรู้ของประเทศปากีสถาน นับได้ว่ามีความซับซ้อนเนื่องจากคุณลักษณะของประชากรที่แตกต่างกัน การมีนโยบายที่ดีในการส่งเสริมการถ่ายทอด จะช่วยทำให้กระบวนการถ่ายทอดวิธีการที่มีประสิทธิภาพประสบความสำเร็จได้ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับแนวคิดของ Hudson et al. (1993) ได้ให้ข้อเสนอแนวคิดในการดำเนินงานเพื่อการใช้ดินที่ยั่งยืน ซึ่งได้เสนอว่า การใช้ดินที่ยั่งยืน จะต้องมีกระบวนการถ่ายทอดความรู้จากภาครัฐที่ชัดเจน มีหน่วยงานสนับสนุนที่มีความรู้เชิงวิชาการ ซึ่งทั้งหมดนี้จะต้องมาโดยการขับเคลื่อนด้วยกระบวนการทางนโยบายที่ชัดเจนของรัฐบาล การบังคับใช้กฎหมายที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งผลจากการศึกษานี้ผู้วิจัยจะนำปัจจัยไปใช้ในการพัฒนากรอบนโยบายการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากภาครัฐสู่เกษตรกร เพื่อให้ภาครัฐสามารถกำหนดนโยบายการถ่ายทอดเทคโนโลยีให้เกิดประโยชน์แก่เกษตร และเกษตรสามารถใช้เทคโนโลยีในการพัฒนาการเกษตรให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากยิ่งขึ้นต่อไป

ข้อเสนอแนะ

ภาครัฐควรมีการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จของนโยบายการถ่ายทอดเทคโนโลยี การเกษตรจากภาครัฐสู่เกษตรกร เพื่อทราบถึงจุดเด่นและจุดควรพัฒนาเพื่อคงความเป็นจุดเด่นไว้ และพัฒนาจุดด้อยให้ดียิ่งขึ้น รวมทั้งให้มีการกำกับ ติดตาม และประเมินผลนโยบาย อย่างต่อเนื่อง นำผลการประเมินมาจัดทำแผนนโยบายการถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกษตร เพื่อให้นโยบายการถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกษตรบรรลุวัตถุประสงค์ตามภารกิจและเป้าหมายของภาครัฐที่กำหนดไว้ซึ่งผู้ที่สนใจอาจจะลองใช้วิธีการประเมินความสำเร็จของการดำเนินนโยบายการถ่ายทอดเทคโนโลยี การเกษตรจากภาครัฐสู่เกษตรกรแบบอื่นๆ ยังมีอีกหลายรูปแบบ ซึ่งรูปแบบการประเมินแต่ละแบบจะมีความเหมาะสมกับประเภทของนโยบายและองค์กรแตกต่างกัน

เอกสารอ้างอิง

Al Hajri, A.S. and Hasan, M. (2011). Logistics technology transfer process model. *The Proceedings of the International Conference on Book Logistics technology transfer process model (IEEE 2011)*, 944-956.

Andrzejczak, K. (2017). Conditions for technology transfer in the agriculture of Congo Republic. *Journal of Agribusiness and Rural Development,* 1(43), 5-16.

Awang, A.H., et al. (2017). Agriculture technology transfer and productivity of independent oil palm smallholders. *International Journal of Management and Applied Science,* 3(2), 19-23. (in Thai)

Chum, B. (2019). *Agricultural production technology transfer, agricultural career promotion project in border provinces of southern Thailand, 2014-2015*. Songkhla: Office of Agricultural Research and Development, Region 8, Songkhla Province, Department of Agriculture. (in Thai)

Dardak, R.A. and Adham, K.A. (2014). Transferring agricultural technology from government research institution to private firms in Malaysia. *Social and Behavioral Sciences*, 115(1), 346-360.

GEF and UNDP. (2006). *Barriers to Sustainable Land Management in Pakistan: Sustainable Land Management Project, Ministry of Environment*. Pakistan: Islamabad.

Hudson et al. (1993). *Working with farmers for better land husbandry*. London : Intermediate Technology Publications.

Hussein, Z. (2017). *Leading to Intention: The Role of Attitude in Relation to Technology Acceptance Model in E-Learning. The Proceedings of the IEEE International Symposium on Robotics and Intelligent Sensors, IRIS 2016*, 17-20 December 2016, Tokyo, Japan, 159-164.

Intuwong, G. (2015). Technology Transfer for Adoption of Social Innovation. *Academic Journal: Uttaradit Rajabhat University*, 10(2), 1-10.

Janssen et al. (2017). Towards a new generation of agricultural system data, models and knowledge products: Information and communication technology. *Agricultural systems*, 155, 200-212.

Jin, D., et al. (2016). Key management processes to technology transfer success. *The Proceedings of the 2016 IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology (ICMIT)*. Bangkok Thailand, 67-71. (in Thai)

Kawichai, P. et al. (2017). Factors Affecting Development of Organic Agriculture Policy of Local Administrative Organization: Case Studies of Mae Tha Tambon Administrative Organization, Mae On District, and Luang Nuea Tambon Mun. *Journal of Community Development and Quality of Life*, 5(1), 142-154. (in Thai)

Lal, B. (2008). Technology Transfer and the Seed Innovation System in India. *The Proceedings of the EU-US Early Research Conference on Research and Innovation Studies, STeHPS Universiteit of Twenty, The Netherlands,* During 1-4th July, 2008 under PRIME Network of Excellence, 1-38.

Necoechea-Mondragón, H., Pineda-Domínguez, D., and Soto-Flores, R. (2013). A conceptual model of technology transfer for public universities in Mexico. *Journal of technology management and innovation,* 8(4), 24-35.

Obi, O.F. and Nwakaire, J.N. (2014). Repositioning agricultural development in Africa through appropriate technology transfer. *African Journal of Science,Technology, Innovation and Development*, 6(1), 45-50.

Office of Agricultural Economics, and Ministry of Agriculture and Cooperatives. (2016). *Agricultural Development Plan during the 12th National Economic and Social Development Plan (2017-2021)*. Bangkok: Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai)

Osabutey, E.L.C. and Croucher, R. (2018). Intermediate institutions and technology transfer in developing countries: The case of the construction industry in Ghana. *Technological Forecasting and Social Change*, 128(6), 154-163.

Perkins, J.M. (1993). Social perspectives on technology transfer. *IEEE Transactions on Professional Communication,* 36(4), 185-189.

Pompranee, P. (2015). Development of Innovation and knowledge of Agriculture Appropriate Technology by Sufficiency Economy of Philosophy Transfer to farmers in the Community, Nakhon Pathom. *Journal of Development Research (Humanities And Social Sciences),* 8(1), 134-149. (inThai)

Sommong, N. (2009). *Participation increating the subdistrice agricultural development plans of the committees of subdistrict agricultural technology transfer and servoce centers in Muang District, Buriram Province*. Buriram: Buriram Rajabhat University. (in Thai)

Sunny, S., Patrick, L., and Rob, L. (2019). Impact of cultural values on technology acceptance and technology readiness. *International Journal of Hospitality Management*, 77, 89-96.

Tooksoon, C. and Opatpatanakit. A. (2018). Potential Analysis of Agricultural Officers of Local Administrative Organizations and Rice. *Journal Community Development and Life Quality*, 4(2), 200-211. (in Thai)

Toyama, O., Kongmuamg, S. and Toyama, M. (2015). Technology transfer and technological capability in different sizes of Thai pharmaceutical Manufacturer. *Tbps*, 10(1), 14-29. (in Thai)

Tsuji, M. et al. (2016). Connectivity in the technology transfer process among local ASEAN Firms. *The Proceedings of the 2016 IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology (ICMIT),* Bangkok, Thailand, 264-269.

Vongyuttakra, P. (2013). Technology transfer in car assembly industries. *Srinakharinwirot University Journal of Science and Technology*, 5(10), 60-72. (in Thai)

Yamane, T. (1979). *Statistics: An Introductory Analysis*. 3rd ed. New York: Harper and Row.

การพัฒนาแอปพลิเคชันนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวแบบเสมือนด้วยภาพพาโนรามา ในกำแพงเมืองจังหวัดเชียงใหม่

พิมพ์ชนก สุวรรณศรี[1,*], ไพรสันต์ สุวรรณศรี[2], สุรดิษ จันทร์สว่าง[3]
[1,3]ภาควิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
[2] โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

Received: 2 May 2020
Revised: 28 September 2021
Accepted: 10 November 2021

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวแบบเสมือนด้วยภาพพาโนรามาในกำแพงเมืองจังหวัดเชียงใหม่ กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพแอปพลิเคชัน จำนวน 3 คน ได้มาโดยการคัดเลือกแบบเจาะจง และผู้ใช้ในการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานแอปพลิเคชัน จำนวน 68 คน ได้มาโดยวิธีสุ่มอย่างง่าย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย (1) แอปพลิเคชันนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวแบบเสมือนด้วยภาพพาโนรามาในกำแพงเมืองจังหวัดเชียงใหม่ ที่ทำการพัฒนาด้วยโปรแกรม Netbean โปรแกรม Android Studio และ ระบบฐานข้อมูล MySQL (2) แบบประเมินคุณภาพแอปพลิเคชัน และ (3) แบบประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานแอปพลิเคชัน ผลการวิจัย พบว่า แอปพลิเคชันใช้งานผ่านสมาร์ทโฟนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยการนำเสนอข้อมูลแหล่งท่องเที่ยวในกำแพงเมืองจังหวัดเชียงใหม่ด้วยภาพพาโนรามา ผู้ใช้สามารถโต้ตอบการใช้งานของแอปพลิเคชันในการนำเสนอข้อมูลผ่านปุ่มต่างๆ เพื่อควบคุมการแสดงผลข้อมูลภายในแหล่งท่องเที่ยวนั้นเสมือนกับการเดินชมภายในบริเวณของสถานที่นั้น สามารถระบุตำแหน่งปัจจุบันของผู้ใช้ และแนะนำเส้นทางโดยผู้ใช้สามารถเชื่อมต่อแผนที่เพื่อนำทางไปยังสถานที่ท่องเที่ยวได้ และนำไปทดลองใช้งานกับกลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจในภาพรวมเท่ากับ 4.17 อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก

คำสำคัญ: การพัฒนาแอปพลิเคชัน การโต้ตอบ พาโนรามา การท่องเที่ยว เชียงใหม่

* ผู้ประสานงานหลัก; อีเมล: pimchanok_tham@cmru.ac.th

A Development of Application Presenting Virtual Tourist Attractions with Panoramic Image on the City Wall in Chiang Mai Province

Pimchanok Suwannasri[1,*], Praisun Suwannasri[2], Suradit Junsawang[3]
[1,3] Department of Computer, Faculty of Science and Technology,
Chiang Mai Rajabhat University
[2] Chiang Mai Rajabhat University Demonstration School

Received: 2 May 2020
Revised: 28 September 2021
Accepted: 10 November 2021

Abstract

The objective of this research was to develop an application presenting virtual tourist attractions with panoramic images on the city wall in Chiang Mai province. The sample group in this research consisted of 3 application quality evaluation experts who were purposively selected and 68 randomly selected application users for assessment of their satisfaction with the application. The research instruments consisted of (1) an application presenting virtual tourist attractions with panoramic images of the city wall in Chiang Mai province, developed by using the Netbean program, Android Studio program, and MySQL database system; (2) an application quality evaluation form; and (3) an application satisfaction assessment form. Results of the research revealed that the application could be used via a smartphone on the Android operating system to virtually present information about tourist attractions on the city wall of Chiang Mai with panoramic images. Users could interact with the application's presentation of information via various buttons to control the display of information in each tourist attraction as if walking within the area of that place. The user's current location could be identified and routes were recommended, and users could connect the application to the map to navigate to each location. The application was tried out with the samples resulting in finding their overall satisfaction of 4.17, which was considered a high level of satisfaction.

Keywords: Application Development, Interactive, Panorama, Tourism, Chiang Mai

[*] Corresponding Author; E-mail: pimchanok_tham@cmru.ac.th

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จังหวัดเชียงใหม่มีสถานที่ท่องเที่ยวที่เป็นจุดดึงดูดนักท่องเที่ยวทั้งชาวไทยและชาวต่างประเทศ เชียงใหม่จึงเป็นเมืองท่องเที่ยวที่สำคัญของประเทศและระดับโลก เพราะเชียงใหม่มีแหล่งอำนวยความสะดวกทันสมัยสำหรับนักท่องเที่ยว ทั้งที่พัก โรงแรม รีสอร์ทโฮมสเตย์ และร้านอาหารที่มีชื่อเสียงจำนวนมาก นอกจากนี้ที่สำคัญยังมีรูปแบบกิจกรรมการท่องเที่ยวที่หลากหลาย อาทิ การท่องเที่ยวแบบพำนักระยะยาว การท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ การท่องเที่ยวเชิงการศึกษา การท่องเที่ยวเพื่อการประชุมสัมมนา และการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม (Strategy and Information Group, 2017) ในจังหวัดเชียงใหม่มีสถานที่ท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมอยู่หลายแห่ง โดยเฉพาะในเขตกำแพงเมืองเชียงใหม่ หรือ กำแพงเวียงเชียงใหม่ เป็นกำแพงของเมืองนครพิงค์เชียงใหม่ สร้างขึ้นพร้อมๆ กับการสถาปนาอาณาจักรล้านนา ในรัชสมัยพญามังราย เพื่อเป็นเมืองหลวงของล้านนา โดยขั้นแรกได้ขุดคูเมืองเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีความยาวด้านละประมาณ 1,600 เมตร และนำดินที่ได้จากการขุดคูเมืองนั้นขึ้นไปถมเป็นแนวกำแพงเมือง โดยเริ่มขุดที่มุมตะวันออกเฉียงเหนือคือแจ่งศรีภูมิอันเป็นทิศมงคลก่อน แล้วก่ออิฐขนาบสองข้างกันดินพังทลาย ข้างบนกำแพงปูอิฐตลอดแนวทำเสมาไว้บนกำแพงทั้งสี่ด้านและประตูเมืองอีกทั้งสี่แห่ง (Chiang Mai Cultural Office, 2016) ภายในเขตกำแพงเมืองมีวัดเก่าแก่จำนวนมาก วัดแต่ละแห่งมีประวัติอันยาวนานมาหลายร้อยปี เช่น วัดเจดีย์หลวงวรวิหาร เป็นสถานที่ประดิษฐานเจดีย์ใหญ่ที่สุดในจังหวัดเชียงใหม่ เป็นพระอารามหลวงแบบโบราณเก่าแก่ของเชียงใหม่ ที่สร้างขึ้นใจกลางตัวเมืองเชียงใหม่ในสมัยราชวงศ์เม็งรายราวกว่า 600 ปีก่อน ที่สำคัญวัดนี้เป็นวัดที่ชาวเชียงใหม่ศรัทธากันมาก เพราะเป็นที่ตั้งศาลหลักเมืองของเชียงใหม่ หรือเรียกกันว่า หออินทขิล และมีความสำคัญต่อชาวเชียงใหม่เป็นอย่างมาก หรือ วัดพระสิงห์วรมหาวิหาร ที่สร้างขึ้นกว่า 600 ปีก่อนและได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นโบราณสถานของชาติ เป็นที่ประดิษฐานพระพุทธสิหิงค์จำลอง พระพุทธรูปอันศักดิ์สิทธิ์คู่บ้านคู่เมืองของล้านนา วัดเก่าแก่ในจังหวัดเชียงใหม่ไม่เพียงแต่มีประวัติอันยาวนานที่น่าสนใจซึ่งเป็นแหล่งวัฒนธรรมของชาวเชียงใหม่แล้ว ยังเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่นิยมอันดับต้นๆ สำหรับนักท่องเที่ยวที่มาเที่ยวจังหวัดเชียงใหม่ด้วย

ปัจจุบันมีการประชาสัมพันธ์ และนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวผ่านแอปพลิเคชันต่างๆ โดยการนำเสนอข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยว ตำแหน่งสถานที่ท่องเที่ยว และการนำทางไปยังสถานที่ท่องเที่ยวนั้นๆ เพื่อเป็นการอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งาน อย่างเช่น Junpoom, Junpoom and Jarutan (2017) พัฒนาโมบายแอปพลิเคชั่นแหล่งท่องเที่ยวในจังหวัดสกลนคร บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ซึ่งสามารถแสดงข้อมูลสถานที่ ระบุตำแหน่งปัจจุบันของผู้ใช้งาน แสดงข่าวประชาสัมพันธ์จากเว็บไซต์ และค้นหาข้อมูลสถานที่ได้ สอดคล้องกับ Chorhmuan, Jaidee and Kasedpaisit (2014) พัฒนาแอปพลิเคชั่นบนอุปกรณ์พกพาสำหรับการท่องเที่ยว เพื่อช่วยเหลือนักท่องเที่ยวที่ต้องการเดินทางท่องเที่ยวในจังหวัดกาญจนบุรี โดยการตรวจสอบข้อมูลและวิดีโอของสถานที่ท่องเที่ยวก่อนตัดสินใจเลือกรายการสถานที่ท่องเที่ยว เพื่อจัดเรียงลำดับสถานที่ตามทฤษฎีกราฟและจำลองเส้นทางที่สั้นที่สุดก่อนการเดินทาง เพื่อช่วยลดค่าใช้จ่ายและระยะเวลาในการเดินทางได้ รวมถึงการระบุตำแหน่งของนักท่องเที่ยวในขณะการเดินทาง ทำให้เดินทางไปยังจุดหมายปลายทางได้อย่างถูกต้องตามเวลาที่กำหนด นอกจากแอปพลิเคชันในการนำเสนอข้อมูลต่างๆ ประกอบการตัดสินใจจากงานวิจัยข้างต้น ยังมีงานวิจัยที่มีการนำเทคโนโลยีเสมือนจริงมาเป็นจุดเด่นในการนำเสนอเพื่อให้ผู้ใช้งานรู้สึกใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น Khampliw, Chalermsuk and Chuemsombat (2018) พัฒนาแอปพลิเคชันแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวในประเทศไทยโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่มีจุดเด่นด้านการแสดงภาพหรือสภาพแวดล้อมเสมือนจริงในลักษณะ 3 มิติ ทำให้ผู้ใช้งานรู้สึก

เสมือนอยู่ในสถานที่ท่องเที่ยวจริงและสามารถมีปฏิสัมพันธ์กับสถานที่ท่องเที่ยวได้ Sricharoen, Siharad and Sukparsert (2019) พัฒนาแอปพลิเคชันส่งเสริมการท่องเที่ยว 8 แหล่งท่องเที่ยวที่ต้องไปในจังหวัดเพชรบูรณ์ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง ที่มีการนำเสนอรูปภาพ คำบรรยายสั้นๆ บอกเล่าเรื่องราวต่างๆ แสดงสามารถแสดงวิดีโอในรูปแบบเทคโนโลยีเสมือนจริงได้ การนำเสนอในลักษณะเสมือนจริงในรูปแบบ 3 มิติ ช่วยให้ผู้ใช้งานรู้สึกเสมือนได้สัมผัสกับของจริงที่อยู่ตรงหน้า Sahapong (2019) พัฒนาแอปพลิเคชันความจริงเสมือน “สะดืออีสาน” อำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม ในรูปแบบโมเดล 3 มิติ มีภาพเสียงเพื่อความน่าสนใจและเป็นแอปพลิเคชันในระบบแอนดรอยด์ แต่นอกจากการใช้เทคโนโลยีเสมือนจริงในลักษณะของรูปแบบ 3 มิติ มีงานวิจัยหนึ่งนำเสนอแหล่งเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีภาพถ่ายพาโนรามา 360 องศา โดยดำเนินการเผยแพร่สื่อเสมือนจริง 360 องศาผ่านทางเว็บไซต์ ซึ่งเป็นสื่อที่พัฒนาขึ้นเป็นสื่อผสมแบบใหม่ที่ทำให้ผู้เข้าชมมีความรู้สึกเหมือนได้เข้าไปศึกษารับชมเหมือนได้เข้าไปศึกษาอยู่ในสถานที่จริง ผู้รับชมสามารถมองได้รอบตัว 360 องศา และดูสิ่งที่เห็นได้อย่างชัดเจน หลากหลายมิติ ทำให้สื่อการเรียนรู้ไม่น่าเบื่อ และสื่อมีปฏิสัมพันธ์กระตุ้นการเรียนรู้ได้อย่างดี (Pattarakoson, 2016)

จากการศึกษาจุดเด่นต่างๆ จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับลักษณะการนำเสนอข้อมูลแหล่งท่องเที่ยว และข้อมูลที่สำคัญสำหรับนักท่องเที่ยว ผู้วิจัยมีแนวคิดในการพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวในกำแพงเมืองจังหวัดเชียงใหม่โดยให้ผู้ใช้มีความรู้สึกเสมือนกับกำลังเดินเที่ยวชมอยู่ในสถานที่จริง สามารถรับชมสถานที่ท่องเที่ยวโดยรอบของแหล่งท่องเที่ยวนั้นๆ ได้ สามารถควบคุมการเดินเที่ยวชมภายในสถานที่นั้นๆ ได้ตามความต้องการ สามารถรับรู้ข้อมูลหรือจุดที่น่าสนใจเสมือนกับมีคนแนะนำสถานที่ และสามารถนำทางผู้ใช้งานไปยังสถานที่จริงได้อย่างถูกต้อง ดังนั้นจึงทำการพัฒนาแอปพลิเคชันนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวแบบเสมือนด้วยภาพพาโนรามาในกำแพงเมืองจังหวัดเชียงใหม่

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวแบบเสมือนด้วยภาพพาโนรามาในกำแพงเมืองจังหวัดเชียงใหม่

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อนำเสนอข้อมูลแหล่งท่องเที่ยว และเส้นทางการท่องเที่ยวในกำแพงเมืองจังหวัดเชียงใหม่ สำหรับนักท่องเที่ยว และบุคคลทั่วไปทั้งชาวไทย และชาวต่างชาติ เพื่อให้รู้จักและสามารถเดินทางไปยังแหล่งท่องเที่ยวได้

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพแอปพลิเคชัน จำนวน 3 คน ได้มาโดยการคัดเลือกแบบเจาะจง และผู้ใช้ในการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานแอปพลิเคชัน จำนวน 68 คน ได้มาโดยวิธีสุ่มอย่างง่าย

เครื่องมือวิจัย

1. แอปพลิเคชันนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวแบบเสมือนด้วยภาพพาโนรามาในกำแพงเมืองจังหวัดเชียงใหม่ โดยเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชัน มีอยู่ 2 ส่วน คือ ส่วนของฮาร์ดแวร์ ประกอบด้วย เครื่องคอมพิวเตอร์

หน่วยประมวลผลกลาง Intel Core i7 หน่วยความจำหลัก 4 กิกะไบต์ การ์ดจอแสดงผล NVIDIA GEFORCE DDR3 610M 2 กิกกะไบต์ โทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เวอร์ชั่น 7.0 สำหรับทดสอบการทำงานของแอปพลิเคชัน และส่วนของซอฟต์แวร์ ประกอบด้วย โปรแกรม Netbeans โปรแกรม Android Studio ในการพัฒนาแอปพลิเคชันด้วยภาษาจาวา โปรแกรมระบบฐานข้อมูล MySQL

2. เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินคุณภาพของแอปพลิเคชัน คือ แบบประเมินคุณภาพแอปพลิเคชัน สำหรับผู้เชี่ยวชาญ และ แบบประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานแอปพลิเคชัน สำหรับผู้ใช้งาน ซึ่งเป็นแบบสำรวจเรียงอันดับชนิดประมาณค่า 5 ระดับ

วิธีการพัฒนาระบบ

การพัฒนาแอปพลิเคชันนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวแบบเสมือนด้วยภาพพาโนรามาในกำแพงเมืองจังหวัดเชียงใหม่ มีกระบวนการพัฒนาทั้งหมด 7 ขั้นตอน (Suwannasri and Patcharatanaroach, 2018) ดังนี้

1. เก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยทำการรวบรวมข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยวในกำแพงเมืองจังหวัดเชียงใหม่ โดยเน้นสถานที่ท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในพื้นที่ดังกล่าว คือ วัดต่างๆ ซึ่งจังหวัดเชียงใหม่เป็นจังหวัดที่มีวัดเป็นจำนวนมาก วัดที่ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลเพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันเป็นวัดที่อยู่ในเขตกำแพงเมือง มีจำนวน 38 วัด โดยตั้งอยู่ในตำบลพระสิงห์ จำนวน 18 วัด และตั้งอยู่ในตำบลศรีภูมิ จำนวน 20 วัด ประกอบกับศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการพัฒนาแอปพลิเคชันรวมทั้งความต้องการของผู้ใช้ในการใช้งานแอปพลิเคชัน ผู้ใช้งานส่วนมากมีความพึงพอใจต่อการแอปพลิเคชันที่มีการตอบสนองหรือสามารถโต้ตอบกับผู้ใช้ได้

2. วิเคราะห์และกำหนดขอบเขต

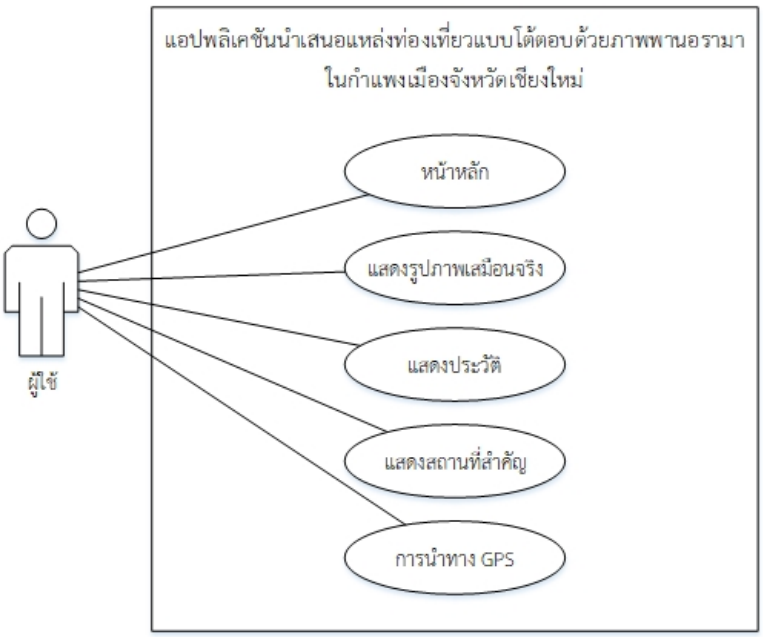
หลังจากทำการรวบรวมข้อมูลแล้ว ต่อไปจึงนำข้อมูลดังกล่าวมาทำการวิเคราะห์และกำหนดขอบเขตของแอปพลิเคชัน โดยการทำงานของแอปพลิเคชันเป็นการนำเสนอสถานที่ท่องเที่ยวผ่านสมาร์ทโฟนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยใช้ภาพพาโนรามาในการนำเสนอเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถมองเห็นบริเวณโดยรอบของแหล่งท่องเที่ยวได้เสมือนกับได้อยู่ในแหล่งท่องเที่ยวนั้นจริง สามารถโต้ตอบกันระหว่างแอปพลิเคชันและผู้ใช้งานในการควบคุมการนำเสนอข้อมูล รวมทั้งมีการนำทางไปยังแหล่งท่องเที่ยวดังกล่าวด้วยกูเกิ้ลแมพ และอีกส่วนหนึ่งคือ ระบบบริหารจัดการแอปพลิเคชันสำหรับการนำข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับสถานที่ท่องเที่ยวเข้าสู่ระบบเพื่อนำเสนอผ่านแอปพลิเคชันต่อไป

3. การออกแบบ

หลังจากทำการวิเคราะห์ระบบแล้ว ต่อไปจึงทำการออกแบบระบบทั้งในส่วนของแอปพลิเคชัน และส่วนของระบบบริหารจัดการแอปพลิเคชัน โดยให้ทั้งสองส่วนมีรูปแบบที่เรียบง่ายไม่ซับซ้อน สามารถใช้งานได้อย่างสะดวก การทำงานของแอปพลิเคชันสามารถออกแบบผังความต้องการของแอปพลิเคชัน ได้ดังนี้

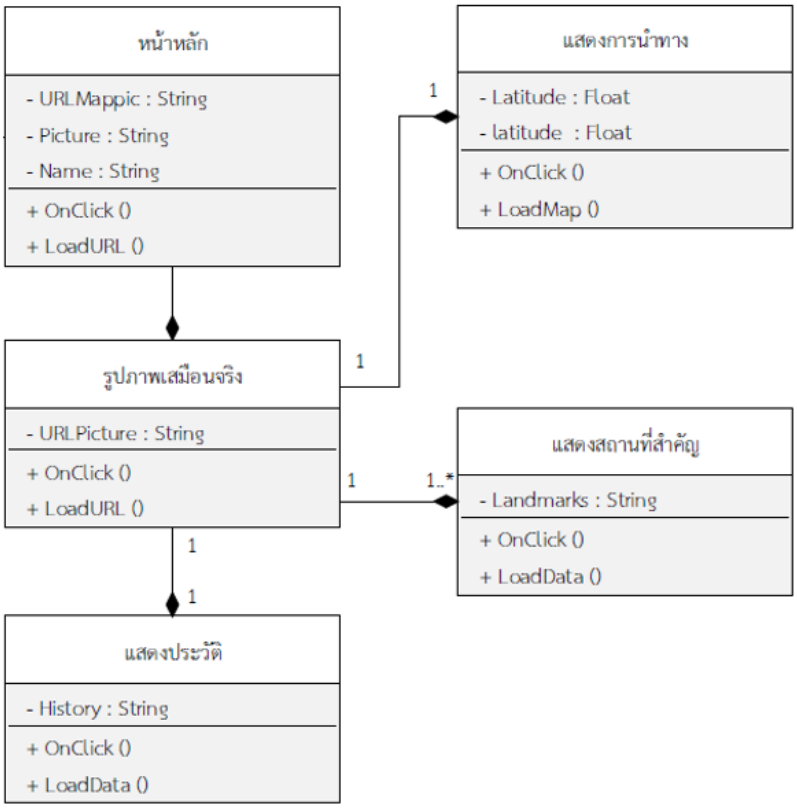
3.1 ส่วนของแอปพลิเคชัน

(1) แผนภาพยูสเคสไดอะแกรม (Use Case Diagram)



ภาพที่ 1 Use Case Diagram ของแอปพลิเคชัน
(ที่มา: Suwannasri et al., 2019)

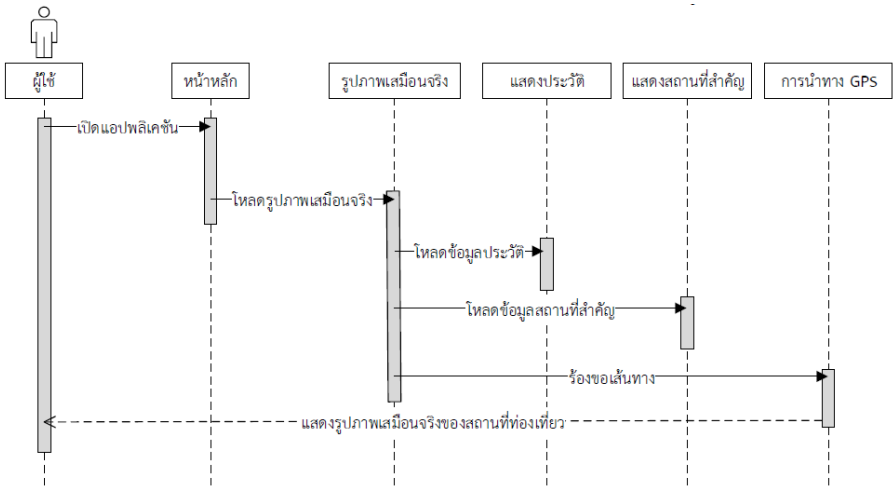
(2) แผนภาพคลาสไดอะแกรม (Class Diagram)



ภาพที่ 2 Class Diagram ของแอปพลิเคชัน (ที่มา: Suwannasri et al., 2019)

จากภาพที่ 2 แสดง Class Diagram ของแอปพลิเคชัน เมื่อเริ่มใช้งานแอปพลิเคชันจะมีคลาสหน้าหลัก เป็นคลาสแสดงโครงสร้างต่างๆ ของแอปพลิเคชัน คือ คลาสรูปภาพเสมือนจริง เมื่อผู้ใช้เข้าเลือกในส่วนนี้ จะเข้าสู่คลาสรูปภาพเสมือนจริง จะประกอบด้วย คลาสแสดงประวัติ คลาสแสดงสถานที่สำคัญ และคลาสแสดงการนำทาง

(3) แผนภาพซีเควนซ์ไดอะแกรม (Sequence Diagram)

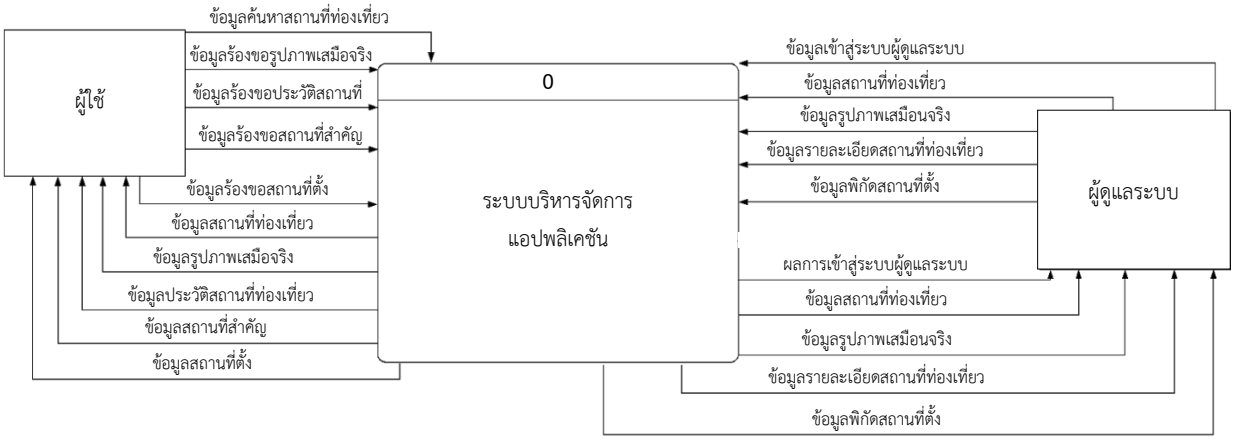


ภาพที่ 3 Sequence Diagram ของแอปพลิเคชัน
(ที่มา: Suwannasri et al., 2019)

จากภาพที่ 3 แสดง Sequence Diagram เมื่อผู้ใช้เลือกสถานที่ท่องเที่ยวแล้ว ระบบจะแสดงรูปภาพเสมือนจริงของสถานที่นั้น มีการแสดงข้อมูลประวัติโดยสังเขป แสดงข้อมูลสถานที่จุดสำคัญในวัด และสามารถเปิดการนำทาง GPS ไปยังสถานที่ท่องเที่ยวนั้นๆ

3.2 ส่วนของระบบบริหารจัดการแอปพลิเคชัน

(1) แผนภาพกระแสข้อมูล



ภาพที่ 4 แผนภาพกระแสข้อมูลระบบบริหารจัดการแอปพลิเคชัน (ที่มา: Suwannasri et al., 2019)

(2) ระบบฐานข้อมูลระบบบริหารจัดการแอปพลิเคชัน

ตารางที่ 1 ระบบฐานข้อมูลของระบบบริหารจัดการแอปพลิเคชัน

ลำดับ	ชื่อตาราง	คำอธิบาย	ประเภท
D1	admin	แฟ้มข้อมูลผู้ดูแลระบบ	Master File
D2	place	แฟ้มข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยว	Master File
D3	album_photo	แฟ้มข้อมูลอัลบั้มรูปภาพ	Reference file
D4	album_panorama	แฟ้มข้อมูลรูปภาพเสมือนจริง	Reference file
D5	point	แฟ้มข้อมูลสถานที่สำคัญ	Reference file

ส่วนของระบบบริหารจัดการแอปพลิเคชัน คือ ระบบที่ใช้ในการจัดเก็บข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยว โดยเก็บข้อมูลในระบบฐานข้อมูล คือ ข้อมูลผู้ดูแลระบบ ข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยว โดยเก็บข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องของสถานที่นั้น รวมทั้งพิกัดตำแหน่งของสถานที่ รูปภาพที่แสดงผลในรูปแบบพาโนรามา และข้อมูลสถานที่สำคัญในแต่ละจุดของแต่ละสถานที่

4. การพัฒนาแอปพลิเคชัน

การพัฒนาแอปพลิเคชันนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวแบบเสมือนด้วยภาพพาโนรามาในกำแพงเมืองจังหวัดเชียงใหม่ พัฒนาแอปพลิเคชันด้วยภาษาจาวา จากโปรแกรม Android Studio และโปรแกรม Netbeans การบริหารจัดการข้อมูลด้วยระบบฐานข้อมูล MySQL ทำการตกแต่งรูปภาพให้เป็นภาพพาโนรามาก่อนการนำไปใช้จริงด้วยโปรแกรมตกแต่งรูปภาพ และการใช้กูเกิลเอพีไอสำหรับการค้นหาเส้นทางไปยังสถานที่ท่องเที่ยวต่างๆ

5. การทดสอบแอปพลิเคชัน

กระบวนการทดสอบการทำงานของแอปพลิเคชัน เริ่มจากผู้วิจัยทำการทดสอบการเข้าถึงข้อมูล การใช้งานฟังก์ชันต่างๆ การเลือกสถานที่ การเยี่ยมชมสถานที่ในรูปแบบเสมือน รวมทั้งการนำทางไปยังสถานที่นั้นๆ และเพื่อให้การพัฒนาแอปพลิเคชันมีความสมบูรณ์มากขึ้น ผู้วิจัยจึงนำแอปพลิเคชันดังกล่าวให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาแอปพลิเคชันตรวจสอบ เพื่อเป็นการประเมินคุณภาพของแอปพลิเคชัน และตอบแบบประเมินคุณภาพ

6. การทดลองใช้งานแอปพลิเคชัน

หลังจากทำการทดสอบและประเมินคุณภาพของแอปพลิเคชันเป็นที่เรียบร้อย จึงนำแอปพลิเคชันไปทดลองใช้กับกลุ่มเป้าหมาย และให้ผู้ใช้ตอบแบบประเมินความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชัน

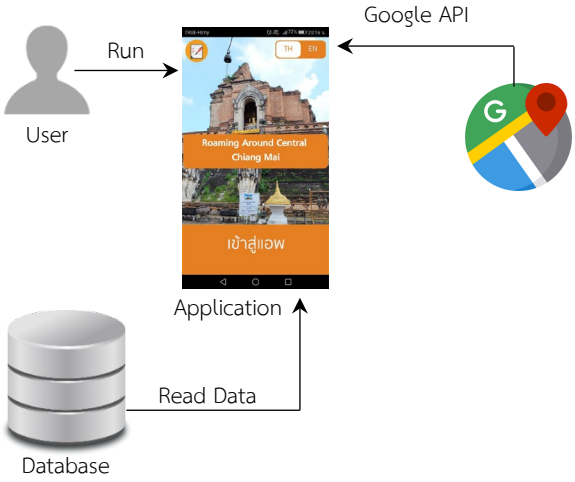
7. การวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล

หลังจากนำแอปพลิเคชันไปทดลองใช้กับกลุ่มเป้าหมายและทำการตอบแบบประเมินความพึงพอใจ ผู้วิจัยทำการรวบรวมข้อมูลสำหรับวิเคราะห์ผลด้วยวิธีทางสถิติเพื่อหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อสรุปผล

ผลการวิจัย

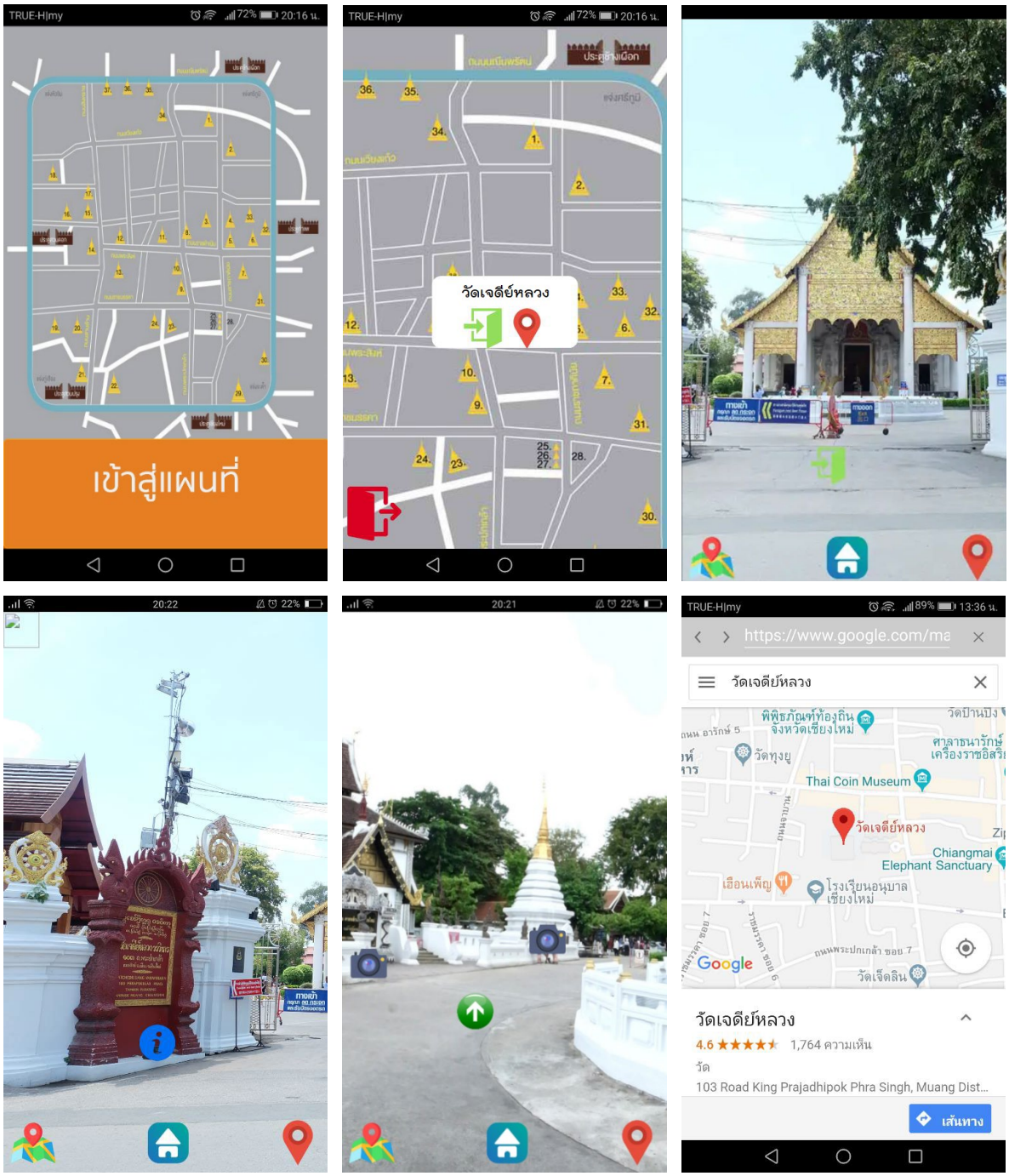
1. ผลการพัฒนาแอปพลิเคชันนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวแบบเสมือนด้วยภาพพาโนรามาในกำแพงเมืองจังหวัดเชียงใหม่

1.1 ส่วนของแอปพลิเคชัน



ภาพที่ 5 การทำงานของแอปพลิเคชัน (ที่มา: Suwannasri et al., 2019)

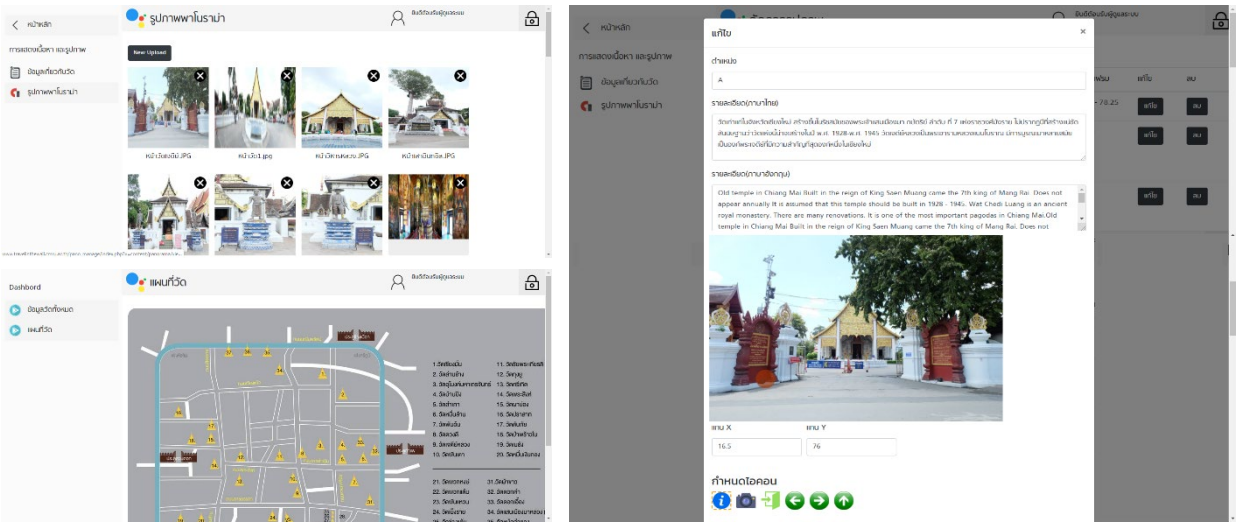
การพัฒนาแอปพลิเคชันนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวแบบเสมือนด้วยภาพพาโนรามาในกำแพงเมืองจังหวัดเชียงใหม่ ด้วยกระบวนการพัฒนา 7 ขั้นตอน ทำให้ได้แอปพลิเคชันจากการเรียกใช้งานผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่มีการนำเสนอข้อมูลแหล่งท่องเที่ยวในกำแพงเมืองจังหวัดเชียงใหม่ด้วยภาพพาโนรามา คือ วัดที่อยู่ในกำแพงเมืองจำนวน 38 วัด แอปพลิเคชันมีการนำเสนอแผนที่ตำแหน่งของวัดทั้ง 38 แห่ง ผู้ใช้สามารถเลือกเข้าสู่วัดที่สนใจได้โดยการเลือกวัดที่สนใจ แอปพลิเคชันจะนำสู่ข้อมูลวัดนั้น โดยเริ่มจากประตูวัดเสมือนกับผู้ใช้กำลังเดินชมวัด ด้วยการแสดงรูปภาพโดยรอบจากตำแหน่งปัจจุบันและสามารถเลื่อนดูบริเวณโดยรอบได้ด้วยการใช้มือเลื่อนรูปภาพที่ปรากฏบนแอปพลิเคชัน และสามารถย้ายตำแหน่งไปยังตำแหน่งอื่นๆ ได้ด้วยปุ่มควบคุมต่างๆ โดยแต่ละหน้าจอที่แสดงผลจะมีปุ่มต่างๆ ปรากฏสำหรับผู้ใช้เลือกทำงานต่อไป คือ รูปประตูสีเขียว หมายถึง เข้าชมวัด รูปลูกศรชี้ขึ้น หมายถึง การเดินตรงไป รูปลูกศรชี้ซ้าย หมายถึง การเลี้ยวซ้าย รูปลูกศรชี้ขวา หมายถึง การเลี้ยวขวา รูปกล้อง หมายถึง การขยายรูปภาพ รูปตัวอักษรไอ หมายถึง แสดงข้อมูลรายละเอียด รูปประตูสีแดง หมายถึง ออกจากวัด รูปบ้าน หมายถึง กลับสู่หน้าหลัก รูปลูกศรแดงบนแผนที่ หมายถึง กลับหน้าจอแผนที่ และรูปลูกศรสีแดง หมายถึง การนำทาง ผู้ใช้สามารถเลือกใช้ปุ่มต่างๆ ดังกล่าวเพื่อควบคุมการทำงานของแอปพลิเคชัน นอกจากนี้แอปพลิเคชันยังมีเมนูสำหรับการนำทางไปยังสถานที่นั้นซึ่งเป็นการนำทางผ่านกูเกิลแม็ป แสดงผลการพัฒนาแอปพลิเคชันดังรูปที่ 6



ภาพที่ 6 แอปพลิเคชันนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวแบบเสมือนด้วยภาพพาโนรามาในกำแพงเมืองจังหวัดเชียงใหม่ (ที่มา: Suwannasri et al., 2019)

1.2 ส่วนของระบบบริหารจัดการแอปพลิเคชัน

สำหรับส่วนของระบบบริหารจัดการแอปพลิเคชันเป็นส่วนที่ผู้ดูแลระบบนำข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับสถานที่ท่องเที่ยวเข้าสู่ระบบเพื่อแสดงผลผ่านแอปพลิเคชัน คือ ข้อมูลรายละเอียดสถานที่ ข้อมูลรูปภาพแบบพาโนรามา ข้อมูลตำแหน่งสถานที่ และการกำหนดปุ่มต่างๆ



ภาพที่ 6 ระบบบริหารจัดการแอปพลิเคชัน
(ที่มา: Suwannasri et al., 2019)

2. ผลการประเมินคุณภาพแอปพลิเคชัน

ผู้วิจัยวิเคราะห์ผลข้อมูลการประเมินคุณภาพแอปพลิเคชันโดยใช้สถิติเชิงบรรยาย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แปลผลคุณภาพโดยวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยเทียบเกณฑ์ประเมิน ดังนี้

4.50 – 5.00 หมายถึง มีคุณภาพดีมาก
3.50 – 4.49 หมายถึง มีคุณภาพดี
2.50 – 3.49 หมายถึง มีคุณภาพปานกลาง
1.50 – 2.49 หมายถึง มีคุณภาพน้อย
1.00 – 1.49 หมายถึง มีคุณภาพน้อยที่สุด

ตารางที่ 2 ผลการตอบแบบประเมินคุณภาพแอปพลิเคชัน

รายการประเมิน	Mean	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. การแสดงผลรายละเอียดข้อมูลชัดเจน	4.33	0.47	คุณภาพดี
2. การแสดงรูปภาพเสมือนจริงเหมาะสม	4.33	0.47	คุณภาพดี
3. การนำเสนอตำแหน่งที่ตั้งมีความถูกต้อง	4.67	0.47	คุณภาพดีมาก
4. การแนะนำเส้นทางมีความถูกต้อง	5	0	คุณภาพดีมาก
5. ประสิทธิภาพของการใช้งานของแอปพลิเคชัน	4	0.82	คุณภาพดี
เฉลี่ยในภาพรวม	**4.47**	**0.56**	**คุณภาพดี**

ทำการตรวจสอบคุณภาพของแอปพลิเคชันโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาแอปพลิเคชัน จำนวน 3 คน เพื่อเป็นการประเมินคุณภาพแอปพลิเคชัน จากการตอบแบบประเมินพบว่าแอปพลิเคชันมีคุณภาพโดยรวมแล้วเฉลี่ยเท่ากับ 4.47 ซึ่งอยู่ในระดับคุณภาพดี

3. ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานแอปพลิเคชัน

ผู้วิจัยวิเคราะห์ผลข้อมูลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานแอปพลิเคชันโดยใช้สถิติเชิงบรรยาย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แปลผลความพึงพอใจโดยวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยเทียบเกณฑ์ประเมิน ดังนี้

4.50 – 5.00 หมายถึง มีความพึงพอใจมากที่สุด
3.50 – 4.49 หมายถึง มีความพึงพอใจมาก
2.50 – 3.49 หมายถึง มีความพึงพอใจปานกลาง
1.50 – 2.49 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อย
1.00 – 1.49 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อยที่สุด

ตารางที่ 3 ผลการตอบแบบประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานแอปพลิเคชัน

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ความพึงพอใจ
1. ความเหมาะสมในการแสดงรูปภาพในแอปพลิชัน	4.23	0.66	พอใจมาก
2. ความเหมาะสมในการแสดงข้อมูลรายละเอียดสถานที่ท่องเที่ยว	4.12	0.63	พอใจมาก
3. ความเหมาะสมในการแสดงรูปภาพเสมือนจริงและข้อมูลประวัติต่างๆ	4.20	0.65	พอใจมาก
4. การออกแบบสวยงามและใช้งานได้ง่าย	4.12	0.67	พอใจมาก
5. การแสดงพิกัดและตำแหน่งได้ถูกต้อง	4.07	0.67	พอใจมาก
6. การนำทางไปยังสถานที่ท่องเที่ยวได้อย่างถูกต้อง	4.04	0.67	พอใจมาก
7. ความเร็วในการดาวน์โหลดข้อมูลประวัติและรายละเอียดต่างๆ	4.26	0.69	พอใจมาก
8. ความเร็วในการดาวน์โหลดข้อมูลรูปภาพเสมือนจริง	4.25	0.57	พอใจมาก
9. ความเร็วในการดาวน์โหลดแผนที่	4.26	0.67	พอใจมาก
10. การค้นหาแอปพลิเคชันทำได้โดยง่าย	4.22	0.66	พอใจมาก
11. สามารถติดตั้งและถอนแอปพลิเคชันได้ง่าย	4.29	0.62	พอใจมาก
12. การแสดงผลผ่านหน้าจอสมาร์ทโฟนเหมาะสม	4.16	0.58	พอใจมาก
13. สามารถลดขั้นตอนในการค้นหาสถานที่ท่องเที่ยว	3.99	0.67	พอใจมาก
14. สามารถสนับสนุนการท่องเที่ยวของจังหวัดเชียงใหม่	4.19	0.71	พอใจมาก
เฉลี่ยในภาพรวม	**4.17**	**0.66**	**พอใจมาก**

นำแอปพลิเคชันไปทดลองใช้กับกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 68 คน และให้ผู้ใช้ตอบแบบประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานแอปพลิเคชัน พบว่าผู้ใช้มีความพึงพอใจในการใช้งานแอปพลิเคชันโดยรวมแล้วเฉลี่ยเท่ากับ 4.17 ซึ่งอยู่ในระดับความพึงพอใจมาก

สรุปผลการวิจัย

แอปพลิเคชันนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวแบบเสมือนด้วยภาพพาโนรามาในกำแพงเมืองจังหวัดเชียงใหม่ เป็นแอปพลิเคชันสำหรับนำเสนอข้อมูลแหล่งท่องเที่ยวในจังหวัดเชียงใหม่ โดยเฉพาะในเขตกำแพงเมือง ซึ่งเน้นการนำเสนอข้อมูลแบบเสมือนด้วยการใช้ภาพพาโนรามาในการนำเสนอ เพื่อให้ผู้ใช้งานรู้สึกเสมือนได้เห็นบรรยากาศ

โดยรอบของแหล่งท่องเที่ยว และผู้ใช้สามารถโต้ตอบกับแอปพลิเคชันได้โดยการควบคุมการใช้งานผ่านปุ่มต่างๆ บนหน้าจอ เพื่อควบคุมทิศทางการนำเสนอข้อมูลเสมือนการเคลื่อนที่ไปยังจุดต่างๆ ภายในแหล่งท่องเที่ยว ซึ่งเป็นการพัฒนาแอปพลิเคชันด้วยภาษาจาวา ด้วยโปรแกรม Android Studio และโปรแกรม Netbeans ในการออกแบบหน้าจอ การจัดการกับข้อมูลใช้การบริหารจัดการข้อมูลด้วยระบบฐานข้อมูล MySQL โดยทำการตกแต่งรูปภาพให้เป็นภาพพาโนรามาจากการถ่ายภาพสถานที่ในรูปแบบของคลิปวิดีโอ แล้วนำมาแปลงเป็นไฟล์รูปภาพด้วยโปรแกรมแปลงไฟล์วิดีโอเป็นไฟล์รูปภาพ ก่อนการนำไปใช้งานจริง ผู้ใช้สามารถใช้การนำทางไปยังสถานที่จริงได้ด้วยการใช้กูเกิลเอพีไอสำหรับการค้นหาเส้นทางไปยังสถานที่ท่องเที่ยว ซึ่งสามารถนำทางได้อย่างถูกต้อง

ผลการประเมินคุณภาพของแอปพลิเคชันจากผู้เชี่ยวชาญ พบว่าแอปพลิเคชันมีคุณภาพโดยรวมแล้วเฉลี่ยเท่ากับ 4.47 ซึ่งอยู่ในระดับคุณภาพดี และผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานแอปพลิเคชัน พบว่าผู้ใช้มีความพึงพอใจในการใช้งานแอปพลิเคชันโดยรวมแล้วเฉลี่ยเท่ากับ 4.17 ซึ่งอยู่ในระดับความพึงพอใจมาก

อภิปรายผล

ผลการพัฒนาแอปพลิเคชันนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวแบบเสมือนด้วยภาพพาโนรามาในกำแพงเมืองจังหวัดเชียงใหม่ เป็นแอปพลิเคชันนำเสนอข้อมูลแหล่งท่องเที่ยว ทั้งรูปภาพ และข้อความ เพื่อเป็นการประชาสัมพันธ์แหล่งท่องเที่ยวผ่านแอปพลิเคชัน และสามารถค้นหาเส้นทางไปยังสถานที่ท่องเที่ยวนั้นได้ ด้วย กูเกิลเอพีไอ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Junpoom, Junpoom and Jarutan (2017), Chorhmuan, Jaidee and Kasedpaisit (2014), Sricharoen, Siharad and Sukparsert (2019), Bootla, (2009) และ Khampliw, Chalermsuk and Chuemsombat (2018) ที่สามารถค้นหาตำแหน่งสถานที่เพื่อนำทางไปยังสถานที่นั้นได้ ซึ่งเป็นการอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งานยิ่งขึ้น สำหรับจุดเด่นของแอปพลิเคชันในงานวิจัยนี้ ที่แตกต่างจากแอปพลิเคชันในการนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริงจากที่ได้ศึกษามา คือ งานวิจัยนี้นำเสนอแหล่งท่องเที่ยวด้วยการใช้ภาพพาโนรามา เพื่อแสดงผลบริเวณโดยรอบเสมือนกับการอยู่ในสถานที่จริง และมองไปรอบๆ ตัว แทนการนำเสนอด้วยการใช้รูปแบบโมเดล 3 มิติ แต่ให้ความรู้สึกเสมือนได้อยู่ในจุดนั้นจริง สอดคล้องกับ Pattarakoson (2016) นำเสนอแหล่งเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีภาพถ่ายพาโนรามา 360 องศา ซึ่งเป็นสื่อที่พัฒนาขึ้นเป็นสื่อผสมแบบใหม่ที่ทำให้ผู้เข้าชมมีความรู้สึกเหมือนได้เข้าไปศึกษารับชมเหมือนได้เข้าไปศึกษาอยู่ในสถานที่จริง ผู้รับชมสามารถมองได้รอบตัว 360 องศา และดูสิ่งที่เห็นได้อย่างชัดเจน หลากหลายมิติ ทำให้สื่อการเรียนรู้ไม่น่าเบื่อ และสื่อมีปฏิสัมพันธ์กระตุ้นการเรียนรู้ได้อย่างดี เช่นเดียวกับแอปพลิเคชันนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวแบบเสมือนด้วยภาพพาโนรามาในกำแพงเมืองจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งแอปพลิเคชันที่พัฒนาในครั้งนี้ยังสามารถโต้ตอบระหว่างแอปพลิเคชันกับผู้ใช้งานได้ด้วยการควบคุมทิศทางในการเลือกชมจุดต่างๆ ในสถานที่นั้นได้จากปุ่มต่างๆ ที่ปรากฏบนหน้าจอแอปพลิเคชัน เช่น การเดินหน้า เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา การขยายภาพมุมมองตรงหน้า หรือการแสดงข้อมูลในจุดต่างๆ ซึ่งทำให้แอปพลิเคชันมีความน่าสนใจมากขึ้น เพราะนักท่องเที่ยวที่ยังไม่เคยมายังสถานที่นี้ จะสามารถเข้าถึงแหล่งท่องเที่ยวนี้ได้เสมือนจริง และเป็นการประชาสัมพันธ์แหล่งท่องเที่ยวในกำแพงเมืองจังหวัดเชียงใหม่ อีกทางหนึ่ง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานการวิจัยแห่งชาติในการสนับสนุนทุนวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Bootla, A. (2009). *Applying Google Map to Bangkok Taxi Fare Calculator System.* Independent Study of the Degree of Master of Science. Bangkok: Bangkok University. (in Thai)

Chiang Mai Cultural Office. (2016). *City wall and Chiang Mai m*oat. [Online]. Retrieved August 31, 2019, from: https://www.m-culture.go.th/chiangmai/ewt_news.php?nid=674&file name=index. (in Thai)

Chorhmuan, S., Jaidee, S., and Kasedpaisit, S. (2014). The Development Android Application for tourist Case study in Kanchanaburi Province. *Journal of Western Rajabhat Universities,* 9(1), 49-60. (in Thai)

Junpoom, S., Junpoom, P., and Jarutan, P. (2017). The Development Mobile Application Tourist Attraction in Sakon Nakhon Province on Android. *Journal of Information Technology Management and Innovation,* 4(2), 114-120. (in Thai)

Khampliw, A., Chalermsuk, C., and Chuemsombat, K. (2018). Development of Thailand Tourism Application Using Virtual Reality Technology. *The Proceedings of the 2nd UTCC Academic Day, University of the Thai Chamber of Commerce*, 8 June 2018, 1873-1885. (in Thai)

Pattarakoson, D. (2016). A Development of Virtual Reality Learning on Computer Network with 360-degree Panoramic Photos Technology: A Case Study of MahaSarakham University Learning Center DatabaseWebsite. *Journal of Information Technology Management and Innovation,* 3(1), 53-58. (in Thai)

Sahapong, T. (2019). The Development of Augmented Reality Application “Sadue E-San”, Kosum Phisai District, Maha Sarakham Province. *Sripatum review of science and technology,* 11, 139-151. (in Thai)

Sricharoen, J., Siharad, D., and Sukparsert, A. (2019). The Tourism Promotion Application of 8 Attractions that Need to go to in Phetchabun Province with the Augmented Reality Technology. *Journal of Project in Computer Science and Information Technology,* 5(1), 84-94. (in Thai)

Strategy and Information Group for Provincial Development Chiang Mai Provincial Office. (2017). *Chiang Mai briefing Chiang Mai general information*. [Online]. Retrieved August 31, 2019, from: http://www.chiangmai.go.th/managing/public/D8/8D01Feb2017150134 .pdf (in Thai)

Suwannasri, P., and Patcharatanaroach, S. (2018). Smartphone Application Development for Tourist Destinations in Muang Kaen Pattana Municipality, Mae Tang District, Chiang Mai Province. *Journal of Science and Technology Mahasarakham University,* 37(3), 424-430. (in Thai)

Suwannasri, P., Suwannasri, P. and Junsawang, S. (2019). *Promoting Cultural Tourism Routes with Virtual Technology for Thai and Foreign Tourists by Engaging Community in Muang District Chiangmai Province.* Chiangmai: Chiangmai Rajabhat University. (in Thai)

การบำบัดน้ำเสียฟาร์มสุกรโดยใช้ระบบเอสบีอาร์ที่ใช้ยางในของยางรถยนต์บรรทุกขนาดใหญ่ที่ใช้แล้วเป็นตัวกลางเคลื่อนที่

สุริยะกิจ ย่อมมี[1,*], กิตติชนม์ เรืองศรี ภัทรนาวิก[2], อรรถบูรณ์ วิทูวิทยา[3]
[1,2,3]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

Received: 18 November 2020
Revised: 16 August 2021
Accepted: 10 November 2021

บทคัดย่อ

ปัจจุบันฟาร์มเลี้ยงสุกรมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้เพื่อตอบสนองความต้องการทั้งในและต่างประเทศ การเลี้ยงสุกรทำให้เกิดน้ำเสียที่มีค่าความสกปรกสูง ซึ่งระบบบำบัดน้ำเสียส่วนใหญ่ที่ใช้ในประเทศไทยเป็นระบบบำบัดทางชีวภาพที่ใช้พื้นที่ในการก่อสร้างมากและบางระบบอาจก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นรบกวน ทั้งนี้ลักษณะของน้ำเสียจากฟาร์มสุกรมักเกิดขึ้นเป็นบางช่วงเวลา (batch) งานวิจัยนี้จึงใช้ระบบบำบัดชนิด sequencing batch reactor (SBR) ที่ต้องการพื้นที่ในการก่อสร้างและใช้พลังงานน้อยกว่าและเหมาะสมกับลักษณะของน้ำเสียฟาร์มสุกร ทำการบำบัดน้ำเสียฟาร์มสุกรโดยเปรียบเทียบระบบ SBR แบบไม่ใช้ตัวกลาง และระบบ SBR ที่ใช้ชิ้นส่วนยางในของรถบรรทุกขนาดใหญ่ (10 ล้อ) เป็นตัวกลาง เรียกว่าระบบ moving-bed sequencing batch biofilm reactor (MSBBR) เพื่อสร้างจุลินทรีย์แบบฟิล์มชีวภาพ และศึกษาการบำบัดน้ำเสียฟาร์มสุกรโดยใช้ระยะเวลาในการกักเก็บน้ำ (HRT) ต่างกันคือ 1.5 3 และ 5 วัน พารามิเตอร์ที่วิเคราะห์ได้แก่บีโอดี ซีโอดี ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น และของแข็งแขวนลอย ผลการศึกษาพบว่าระบบ MSBBR (ใช้ตัวกลาง) มีประสิทธิภาพในการบำบัดบีโอดี ซีโอดี ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น และของแข็งแขวนลอยสูงสุดที่ระยะเก็บกัก 5 วันได้ร้อยละ 66.7 86.8 81.2 และ 69.2 ตามลำดับซึ่งดีกว่าระบบ SBR แบบธรรมดา ยังทำให้น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดมีความเข้มข้นเฉลี่ยของซีโอดี ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น ของแข็งแขวนลอย และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ผ่านเกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดมลพิษประเภทการเลี้ยงสุกรด้วย

คำสำคัญ: เอสบีอาร์ น้ำเสียฟาร์มสุกร ตัวกลางเคลื่อนที่

[*] ผู้ประสานงานหลัก; อีเมล; suriyakit@sci.tu.ac.th

Piggery Wastewater Treatment using SBR System with used Inner Tube of Heavy Truck Tyre as Moving-bed

Suriyakit Yommee[1,*], Kiitichon Reungsee Pataranawik[2], Atthaboon Witowitaya[3]
[1,2,3]Environmental Science Department, Faculty of Science and Technology
Thammasat University (Rangsit Campus)

Received: 18 November 2020
Revised: 16 August 2021
Accepted: 10 November 2021

Abstract

At present, swine farming has been expanded continuously in responding to increasing demands of both domestically and internationally. Swine farming creates piggery wastewater that is highly polluted, with high organic loading and foul odors causing distress to the community. Most of the wastewater treatment systems used in Thailand are biological treatment systems that occupy a large area of construction and some systems may also cause a disturbing odor. As such, the characterization of piggery wastewater often occurs in batches. So, this research used a sequencing batch reactor (SBR) treatment system that requires less space for construction and uses less energy for the treatment processes. The research aimed at (1) comparing between the conventional SBR system (non-media) and moving-bed sequencing batch biofilm reactor (MSBBR) treatment system using the inner tube of heavy trucks (10 wheels truck) tires as the moving-beds for forming biofilm; and (2) studying the appropriate water retention time (HRT) using a variety of 1.5, 3, and 5 days for treating the wastewater. Biochemical Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Total Kjeldahl Nitrogen (TKN), and Suspended Solids (SS) were analyzed. Research results showed that performance resulted from the MSBBR system was much better than that of the conventional system with the percentages of reduction of BOD, COD, TKN, and SS being 66.7, 86.8, 81.2, and 69.2, respectively. The appropriated HRT was 5 days resulted in the treated effluent concentrations of COD, TKN, SS and pH passing the standard criteria for piggery wastewater control from swine farms.

Keywords: SBR, Piggery Wastewater, Moving-bed

[*] Corresponding author; E-mail; suriyakit@sci.tu.ac.th

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันฟาร์มเลี้ยงสุกรมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสังคมแบบเกษตรกรรมเป็นสังคมอุตสาหกรรม ประกอบกับความรู้และเทคโนโลยีในการเลี้ยงสุกรมีความก้าวหน้ามากขึ้น การเลี้ยงสุกรจึงเป็นการตอบสนองความต้องการบริโภคของประชาชนทั้งในและต่างประเทศ (Faculty of Public Health, Mahidol University, 2018) การเลี้ยงสุกรทำให้เกิดน้ำเสียที่มีความสกปรกสูง ปัญหากลิ่นเหม็น และแมลงรบกวน ซึ่งอาจทำให้เกิดความเดือดร้อนแก่ชุมชนใกล้เคียงได้ (Pollution Control Department, 2003) ฟาร์มเลี้ยงสุกรถูกจัดเป็นกิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพประเภทการประกอบกิจการที่เกี่ยวกับสัตว์เลี้ยงตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง กิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ พ.ศ. 2558 (Faculty of Public Health, Mahidol University, 2018) น้ำเสียจากฟาร์มสุกรส่วนใหญ่เกิดจากคอกและโรงเรือน เช่น น้ำล้างทำความสะอาดคอกสุกร น้ำที่ใช้ฉีดล้างตัวสุกร น้ำจากระบบส้วม น้ำจากรางระบายน้ำเสียรวมถึงปัสสาวะจากโรงเรือน โดยค่าความสกปรกในรูปบีโอดี โดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1,500-3,000 มก./ล ค่าซีโอดี 4,000-7,000 มก./ล ค่าไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น 400-800 มก./ล ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด 8-17 มก./ล ค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมด 2,000-4,800 มก./ล และค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6-8 (Pollution Control Department, 2003)

น้ำเสียจากฟาร์มสุกรเป็นน้ำเสียอินทรีย์ที่มีค่าความสกปรกสูงดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ดังนั้นระบบบำบัดน้ำเสียส่วนใหญ่ที่เจ้าของกิจการนิยมใช้เป็นระบบที่ใช้กระบวนการทางชีวภาพ ระบบบำบัดน้ำเสียฟาร์มสุกรที่นิยมใช้ในปัจจุบันมีหลายแบบ เช่น ระบบบ่อผึ่ง (oxidation pond) หรือบ่อปรับเสถียร (waste stabilization pond) ระบบบ่อหมักแบบไร้อากาศ (anaerobic digester pond) รวมถึงระบบผลิตแก๊สชีวภาพ เช่น UASB (Faculty of Public Health, Mahidol University, 2018) อย่างไรก็ตามระบบต่าง ๆ เหล่านี้เป็นระบบที่ใช้พื้นที่ในการก่อสร้างมาก และบางระบบอาจก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นรบกวน ซึ่งแนวโน้มความต้องการพื้นที่อยู่อาศัยเพื่อรองรับการขยายตัวของเมืองทั้งในปัจจุบันและอนาคตทำให้พื้นที่สำหรับสร้างระบบบำบัดเหล่านี้เป็นไปได้ยากมากขึ้น ประกอบกับลักษณะของน้ำเสียจากฟาร์มสุกรซึ่งจะเกิดขึ้นเป็นบางช่วงเวลา (batch) งานวิจัยนี้จึงใช้ระบบบำบัดชนิดเอสบีอาร์ (Sequencing Batch Reactor : SBR) ซึ่งเป็นระบบตะกอนเร่งแบบชีวภาพ มีการทำงานแบบทีละเท (Batch) ประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน คือ การเติมน้ำเสีย (Fill) การทำปฏิกิริยาเพื่อบำบัด (React) การตกตะกอน (Settle) การถ่ายน้ำออก (Draw) และการพักระบบ (Idle) ระบบนี้สามารถบำบัดสารอินทรีย์หรือสารอาหารเช่น ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสได้ดี เป็นระบบที่พัฒนามาจากระบบตะกอนเร่งแบบเดิมให้สามารถควบคุมดูแลระบบได้สะดวกยิ่งขึ้น เหมาะสำหรับน้ำเสียที่เกิดขึ้นเป็นช่วงทั้งน้ำเสียชุมชนและน้ำเสียอุตสาหกรรมที่มีค่าความสกปรกไม่สูงมากได้ ข้อดีของระบบ SBR คือ มีถังเติมอากาศและตกตะกอนในถังเดียวกันทำให้ประหยัดพื้นที่มากขึ้น สามารถแยกส่วนน้ำใสกับตะกอนหลังการบำบัดได้ดี ทำให้น้ำทิ้งมีคุณภาพตามต้องการ สามารถกำหนดรอบระยะเวลาบำบัดตามสภาพของน้ำเสียได้ สามารถควบคุมการเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่น-ดีไนตริฟิเคชั่นได้ ไม่จำเป็นต้องหมุนเวียนตะกอนมากนักเนื่องจากมีตะกอนอยู่ภายในถังทำปฏิกิริยาอยู่ตลอดเวลา และกลิ่นรบกวนน้อย จึงเป็นระบบบำบัดอีกรูปแบบหนึ่งที่เหมาะสมกับลักษณะของน้ำเสียฟาร์มสุกร ทั้งนี้ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของระบบ SBR ได้แก่ ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ปริมาณธาตุอาหาร ค่าออกซิเจนละลายน้ำ ระยะเวลาในการบำบัด ค่าความเป็นกรด-ด่าง ความสมบูรณ์ในการกวนน้ำเสีย อุณหภูมิ และปริมาณสารพิษที่มีอยู่ในระบบ (Sombatsomphob, 2008)

โดยทั่วไประบบ SBR ที่ใส่ตัวกลางเพื่อเลี้ยงจุลินทรีย์แบบฟิล์มชีวภาพ (biofilm) จะมีประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสูงกว่าระบบที่ใช้จุลินทรีย์แบบแขวนลอยเพียงอย่างเดียว เช่น งานวิจัยของ Sirianuntapiboon and Yommee (2006) ที่บำบัดน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้ระบบ SBR แบบธรรมดาที่ใช้จุลินทรีย์แบบแขวนลอยเพียงอย่างเดียว เปรียบเทียบกับระบบ SBR แบบ moving-bed sequencing batch biofilm reactor (MSBBR) ที่ใช้จุลินทรีย์แบบแขวนลอยร่วมกับจุลินทรีย์แบบฟิล์มชีวภาพที่มีตัวกลางเป็นชิ้นส่วนยางในของรถบรรทุก ผลการศึกษาพบว่าระบบ SBR แบบธรรมดามีประสิทธิภาพในการบำบัดซีโอดี บีโอดี และทีเคเอ็นร้อยละ 96.1 97.2 และ 96.5 ตามลำดับ ส่วนระบบบำบัดน้ำเสียแบบ MSBBR มีประสิทธิภาพในการบำบัดซีโอดี บีโอดี และทีเคเอ็นร้อยละ 97.5 97.9 และ 97.6 ตามลำดับ นอกจากนี้ในงานวิจัยอื่นๆ พบว่าระยะเวลากักเก็บน้ำ (HRT) มีผลต่อประสิทธิภาพใน การบำบัดน้ำเสียของระบบ SBR ด้วย

ดังนั้นการศึกษานี้จึงทำการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำเสียจริงจากฟาร์มสุกร ใช้ระบบบำบัดแบบ SBR ชนิดธรรมดา (ไม่ใช้ตัวกลาง) เปรียบเทียบกับระบบ SBR ที่ใช้ตัวกลางชนิดเคลื่อนที่ คือชิ้นส่วนยางในของรถบรรทุกขนาดใหญ่ (10 ล้อ) ซึ่งเรียกว่าระบบ moving-bed sequencing batch biofilm reactor (MSBBR) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัด ใช้ระยะเวลาในการกักเก็บน้ำ (HRT) ต่างกันคือ 1.5 3 และ 5 วัน พารามิเตอร์ที่วิเคราะห์ได้แก่บีโอดี ซีโอดี ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น และของแข็งแขวนลอย ทั้งนี้มีการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำหลังการบำบัดกับค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดมลพิษประเภทการเลี้ยงสุกร (Pollution Control Department, 2003) ด้วยผลการศึกษาจะช่วยให้สามารถนำวัสดุเหลือใช้ไปใช้ในกระบวนการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียจากกิจการฟาร์มสุกรได้อย่างมีประสิทธิภาพและลดปัญหามลพิษทางน้ำจากฟาร์มสุกรได้

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ฟาร์มสุกรในปัจจุบันมีอยู่เป็นจำนวนมากและกระจายอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศ ของเสียจากฟาร์มสุกรที่สำคัญมาจากการล้างคอกด้วยน้ำ และปัสสาวะสุกรซึ่งจะกลายเป็นน้ำเสีย โดยฟาร์มสุกรขุนจะมีค่าความสกปรกของน้ำเสียมากกว่าฟาร์มสุกรพ่อ-แม่พันธุ์ น้ำเสียจากฟาร์มสุกรเป็นแหล่งที่ทำให้แหล่งน้ำธรรมชาติเสื่อมโทรมเนื่องจากฟาร์มส่วนใหญ่มักตั้งอยู่ใกล้แหล่งน้ำ ฟาร์มบางแห่งมีบ่อกักเก็บน้ำเสียแต่อาจเกิดการไหลล้นจากน้ำฝนออกนอกฟาร์ม ดังนั้นฟาร์มสุกรต้องจัดการของเสียและน้ำเสียจากฟาร์มสุกรอย่างเหมาะสม (Pollution Control Department, 2003) ฟาร์มเลี้ยงสุกรถูกจัดเป็นกิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพประเภทการประกอบกิจการที่เกี่ยวกับสัตว์เลี้ยงตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง กิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ พ.ศ. 2558 ซึ่งในกิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพทั้งหมด 141 ประเภทนั้น การเลี้ยงสัตว์จัดเป็นกิจการที่ถูกร้องเรียนมากเป็นอันดับที่ 1 โดยกิจการที่มีข้อพิพาทกับชุมชนเป็นประจำคือการประกอบกิจการเลี้ยงสุกร เนื่องจากฟาร์มสุกรจำนวนมากตั้งอยู่ใกล้ชุมชน บางแห่งขาดการดูแลสิ่งแวดล้อมและสุขลักษณะจนก่อให้เกิดมลพิษ โดยเฉพาะเรื่องกลิ่นเหม็นซึ่งกลิ่นจากฟาร์มเลี้ยงสุกรประกอบด้วยสารประกอบไนโตรเจน เช่น แอมโมเนีย เอมีน สารประกอบซัลเฟอร์ เช่น ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ เมอร์แคปแทน รวมถึงสารระเหยอินทรีย์มากกว่า 300 ชนิด (Faculty of Public Health, Mahidol University, 2018)

คุณลักษณะของน้ำเสียจากฟาร์มสุกร มีค่าความสกปรกในรูปบีโอดี โดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1,500-3,000 มก./ล ค่าซีโอดี 4,000-7,000 มก./ล ค่าไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น 400-800 มก./ล ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด 8-17 มก./ล ค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมด 2,000-4,800 มก./ล และค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6-8 ในส่วนของค่าบีโอดีนั้น

หากเจ้าของฟาร์มสุกรไม่ได้ทำความสะอากคอกก่อนล้างพื้น อาจมีค่าบีโอดีในน้ำเสียสูงถึง 7,000-10,000 มก./ล ส่วนการทำความสะอาดคอกโดยเก็บกวาดมูลสุกรออกก่อนจะลดค่าบีโอดีในน้ำเสียให้เหลือไม่เกิน 1,000 มก./ล ได้ การระบายน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรนั้นต้องบำบัดน้ำเสียให้ได้คุณภาพตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดมลพิษประเภทการเลี้ยงสุกร พ.ศ. 2548 โดยน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรขนาดใหญ่ (น้ำหนักหน่วยปศุสัตว์ (นปส. หรือ Livestock Unit) มากกว่า 600 นปส. เทียบเท่าจำนวนสุกรมากกว่า 5,000 ตัว) ต้องมีค่าบีโอดี ≤ 60 มก./ล ซีโอดี ≤ 300 มก./ล ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น ≤ 120 มก./ล และสารแขวนลอย ≤ 150 มก./ล ส่วนฟาร์มสุกรขนาดกลาง (น้ำหนักหน่วยปศุสัตว์ 60-600 นปส. เทียบเท่าจำนวนสุกรมากกว่า 500-5,000 ตัว) และขนาดเล็ก (น้ำหนักหน่วยปศุสัตว์ตั้งแต่ 6 ถึงน้อยกว่า 60 นปส. เทียบเท่าจำนวนสุกรตั้งแต่ 50 ถึงน้อยกว่า 500 ตัว) ต้องมีค่าบีโอดี ≤ 100 มก./ล ซีโอดี ≤ 400 มก./ล ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น ≤ 200 มก./ล และสารแขวนลอย ≤ 200 มก./ล (Pollution Control Department, 2003) ดังนั้นจึงต้องการระบบบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมเพื่อรองรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่ค่อนข้างสูงจากแหล่งกำเนิดฟาร์มสุกร ระบบบำบัดน้ำเสียส่วนใหญ่ที่เจ้าของกิจการนิยมใช้เป็นระบบที่ใช้กระบวนการทางชีวภาพ ปัจจุบันมีหลายแบบที่นิยมใช้ เช่น ระบบบ่อผึ่ง (oxidation pond) หรือบ่อปรับเสถียร (waste stabilization pond) ระบบบ่อหมักแบบไร้อากาศ (anaerobic digester pond) รวมถึงระบบผลิตแก๊สชีวภาพ เช่น Upflow anaerobic sludge blanket (UASB) (Faculty of Public Health, Mahidol University, 2018) แต่ระบบต่างๆ เหล่านี้ต้องการพื้นที่ก่อสร้างมาก และอาจเกิดกลิ่นรบกวนชุมชนรอบข้างได้

ระบบ sequencing batch reactor (SBR) เป็นระบบตะกอนเลี้ยงเชื้อที่มีลักษณะเฉพาะ คือ มีถังตกตะกอนและถังเติมอากาศเป็นถังเดียวกัน ทำหน้าที่ตกตะกอนและเติมอากาศในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งขั้นตอนในการบำบัดของระบบประกอบด้วยขั้นตอนการป้อนน้ำเสียเข้า (fill) การบำบัดและการเติมอากาศ (react and aerate) การตกตะกอน (settle) การระบายน้ำที่ผ่านการบำบัดและตะกอนส่วนเกินออกจากถังปฏิกิริยา (draw) (Sombatsomphob, 2008) ดังนั้นระบบ SBR จึงเป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่สามารถลดพื้นที่ในการก่อสร้างและใช้พลังงานในการดำเนินระบบบำบัดน้ำเสียน้อย โดยค่าออกแบบ (design parameters) ของระบบ SBR ที่สำคัญคือ ค่า F/M ratio ระยะเวลาการบำบัด (หรือช่วงเติมอากาศ) MLSS และระยะเวลาเก็บกักน้ำ (HRT) (US.EPA, 1999) ระบบ SBR สามารถบำบัดทั้งความสกปรกในรูปบีโอดี ซีโอดี รวมถึงธาตุอาหารได้ดี และระบบ SBR ที่ใส่ตัวกลางเพื่อเลี้ยงจุลินทรีย์แบบฟิล์มชีวภาพ (biofilm) จะมีประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสูงกว่าระบบที่ใช้จุลินทรีย์แบบแขวนลอยเพียงอย่างเดียว เช่น งานของ Sirianuntapiboon and Yommee (2006) บำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีค่าปริมาณบรรทุกสารอินทรีย์สูง 800 มก./ล โดยใช้ระบบ SBR แบบธรรมดาที่ใช้จุลินทรีย์แบบแขวนลอยเพียงอย่างเดียว และระบบ SBR แบบ moving-bed sequencing batch biofilm reactor (MSBBR) ที่ใช้จุลินทรีย์แบบแขวนลอยร่วมกับจุลินทรีย์แบบฟิล์มชีวภาพที่ใช้ตัวกลางเป็นชิ้นส่วนยางในรถบรรทุกสิบล้อ ผลการศึกษาพบว่าระบบ SBR ธรรมดามีประสิทธิภาพในการบำบัดซีโอดี บีโอดี และไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น ร้อยละ 96.1 97.2 และ 96.5 ตามลำดับ เทียบกับระบบบำบัดน้ำเสียแบบ MSBBR ซึ่งมีประสิทธิภาพในการบำบัดซีโอดี บีโอดี และไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น ร้อยละ 97.5 97.9 และ 97.6 ตามลำดับ งานของ Helness and Ødegaard (1999) บำบัดน้ำเสียสังเคราะห์แบบ sequencing batch moving bed biofilm reactor (SBMBBR) โดยใช้ถังปฏิกิริยาปริมาตร 10 ลิตร บรรจุตัวกลางพลาสติก KMT ให้จุลินทรีย์ยึดเกาะคิดเป็นร้อยละ 53 ของปริมาตรถัง ใช้ช่วงวัฏจักรของระบบ 4-6 ชม. ผลการศึกษาพบว่าสามารถบำบัดฟอสเฟตได้ถึงร้อยละ 98 นอกจากนี้เริ่มมีการใช้ระบบ SBR เพื่อบำบัดน้ำเสียฟาร์มสุกร เช่น งานวิจัยของ Sombatsompop et al. (2011)

ใช้ระบบ SBR ที่เรียกว่า moving-bed sequencing batch reactor ใช้ฟองน้ำชนิด poly vinyl chloride เป็นตัวกลางให้จุลินทรีย์ยึดเกาะในการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกร มีค่าภาระบรรทุก 1.18-2.36 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ผลการศึกษาพบว่ามีประสิทธิภาพในการบำบัดซีโอดีร้อยละ 83-86 และบีโอดีร้อยละ 90-91 การพัฒนาระบบ SBR ที่มีตัวกลางสัมผัสให้จุลินทรีย์ยึดเกาะ ทำให้ระบบเกิดการตกตะกอนอย่างมีประสิทธิภาพ แก้ปัญหาตะกอนลอยและสามารถควบคุมปริมาณจุลินทรีย์ในระบบได้ดีขึ้นด้วย (Pastorelli et al. 1999; Ødegaard, Rusten and Badin, 1993)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกรของระบบ SBR แบบธรรมดา (ไม่ใช้ตัวกลาง) และระบบ MSBBR (ใช้ตัวกลางเลี้ยงจุลินทรีย์แบบไบโอฟิล์ม) ที่ใช้ตัวกลางเคลื่อนที่ในการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ และศึกษาผลของระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย (HRT) ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียฟาร์มสุกร

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้วิเคราะห์ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกรของฟาร์มสุกรจำเนียร ตำบลคลองสาม อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี ซึ่งเป็นฟาร์มสุกรขนาดเล็ก (ประมาณ 200 ตัว) คุณลักษณะของน้ำเสียที่ระบายออกจากฟาร์มสุกร (ความเข้มข้นเริ่มต้น) คือบีโอดีในช่วง 300-450 มก./ล ซีโอดีในช่วง 600-1,000 มก./ล ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นในช่วง 140-320 มก./ล และของแข็งแขวนลอย ในช่วง 210-560 มก./ล ถังปฏิกิริยา (reactor) ของระบบ SBR ที่ใช้ทำจากอะครีลิกรูปทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลาง 18 เซนติเมตร สูง 40 เซนติเมตร มีการติดตั้งสายเติมอากาศและใบพัดเข้ากับมอเตอร์เพื่อทำหน้าที่ในการกวนน้ำเสียให้เข้ากัน มีช่องเปิดเพื่อถ่ายเทน้ำใสที่บำบัดเสร็จแล้ว สำหรับในถังปฏิกิริยาที่ใช้ตัวกลาง หรือเรียกว่า MSBBR นั้น จะใส่ตัวกลางที่เป็นยางในรถบรรทุกขนาดใหญ่ (10 ล้อ) ตัดเป็นรูปลูกบาศก์ขนาดกว้างxยาวxสูง เท่ากับ 2x2x2 มิลลิเมตร (คิดเป็นพื้นที่ผิวรวมต่อชิ้นประมาณ 0.24 ตารางเซนติเมตร) ก่อนใช้งานจะล้างตัวกลางแล้วนำไปอบให้แห้ง จากนั้นชั่งตัวกลางให้มีน้ำหนักรวม 300 กรัมต่อหนึ่งถังปฏิกิริยา

ในการวิจัยผู้ศึกษามีการเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ลงไปเพื่อให้มีปริมาณจุลินทรีย์เพียงพอในการทำปฏิกิริยา โดยใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์จากระบบตะกอนเร่ง (AS) ของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำประชานิเวศน์ 3 จังหวัดนนทบุรี ก่อนทดลองจริงมีการปรับสภาพเชื้อจุลินทรีย์ให้คุ้นชินกับน้ำเสียก่อน (acclimatization) โดยใช้ถังขนาดใหญ่ที่ใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์แล้วค่อย ๆ ใส่น้ำเสียฟาร์มสุกรไว้ โดยปรับสัดส่วนปริมาตรน้ำเสียในแต่ละวันเพิ่มขึ้นไปเรื่อยๆ เพื่อให้เชื้อปรับสภาพ โดยดำเนินการปรับสภาพเป็นเวลา 14 วัน

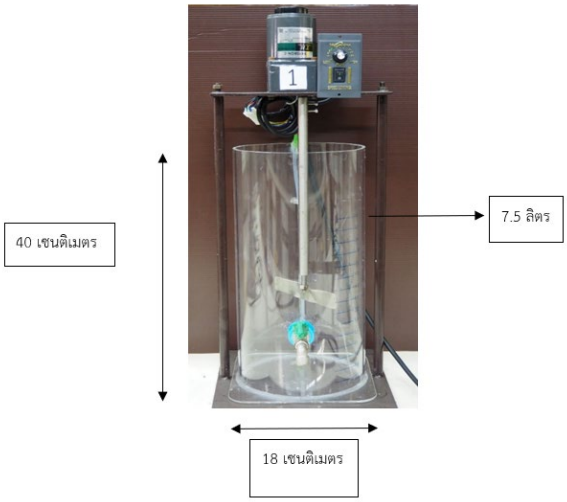
เมื่อทำให้เชื้อปรับสภาพแล้ว จึงเริ่มทดลองจริงโดยนำน้ำเสียฟาร์มสุกรใส่ในถังปฏิกิริยาจำนวน 6 ถังๆ ละ 7.5 ลิตร แบ่งเป็น 2 ชุด คือ ชุดที่เป็นระบบ SBR แบบธรรมดา (ไม่ใส่ตัวกลาง) และชุดที่เป็นระบบ MSBBR ซึ่งบรรจุตัวกลางที่เป็นยางในรถบรรทุกขนาดใหญ่เอาไว้ โดยในการทดลองมีการแปรผันระยะเวลาเก็บกักน้ำที่ต่างกัน 3 ค่า คือ 1.5 3 และ 5 วัน ดังนั้นจึงมีชุดทดลอง SBR จำนวน 3 ถัง และชุด MSBBR จำนวน 3 ถัง โดยคำนวณเวลาเก็บกักน้ำได้จากสมการ

$$HRT = V/Q$$

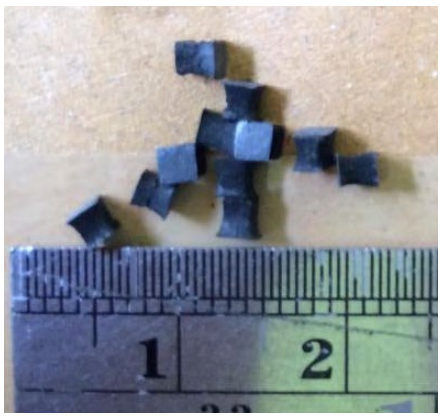
โดย HRT คือระยะเวลาที่ใช้เก็บกักน้ำ (วัน) V คือปริมาตรของน้ำในถัง (มิลลิลิตร) และ Q คือปริมาตรน้ำที่ถ่ายออกต่อวัน (มิลลิลิตรต่อวัน) ดังนั้นระยะเวลากักเก็บน้ำ 1.5 วัน จะต้องระบายน้ำออก 5,000 มิลลิลิตรต่อวัน ระยะเวลากักเก็บน้ำ 3 วัน จะต้องระบายน้ำออก 2,500 มิลลิลิตรต่อวัน และระยะเวลากักเก็บน้ำ 5 วัน จะต้องระบายน้ำออก 1,500 มิลลิลิตรต่อวัน การทดลองใช้วัฏจักร 24 ชั่วโมงต่อรอบ แบ่งขั้นตอนออกเป็นกระบวนการเติมน้ำเสียเข้า/ออก 1 ชั่วโมง เติมอากาศ 19 ชั่วโมง ตกตะกอน 3 ชั่วโมง และระยะพักระบบ 1 ชั่วโมง ทุกวันที่ทดลองจะควบคุมความเข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์ในรูป MLSS ในช่วง 2,000-2,500 มก./ล และมีการปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ให้อยู่ในช่วง 6.5-8.0 โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (ยี่ห้อ UNIVAR ความบริสุทธิ์ร้อยละ 97) และกรดซัลฟูริค (ยี่ห้อ Qrec ความบริสุทธิ์ร้อยละ 98) การเก็บตัวอย่างน้ำหลังการบำบัดเพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพจะเก็บตัวอย่างแบบวันเว้นวัน ดำเนินการทดลองทั้งหมด 30 วัน ดังนั้นจึงมีผลของประสิทธิภาพทั้งหมด 15 ครั้ง

ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบบำบัด ทำโดยวิเคราะห์บีโอดี ซีโอดี ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น และของแข็งแขวนลอยของน้ำเสียก่อนเริ่มเดินระบบ (Influent) และน้ำทิ้งหลังเดินระบบครบรอบวัฏจักรแล้ว (Effluent) โดยวิเคราะห์บีโอดีด้วย Azide Modification Method วิเคราะห์ซีโอดีด้วยวิธีรีฟลักซ์แบบปิด/การไตเตรท (Closed Reflux, Titrimetric Method) วิเคราะห์ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นด้วย Kjeldahl Method และวิเคราะห์ของแข็งแขวนลอยด้วย Gravimetric Method โดยกรองตัวอย่างด้วยกระดาษกรองใยแก้วแล้วนำไปอบที่ 103-105 องศาเซลเซียส

เมื่อศึกษาครบระยะเวลา 30 วันแล้ว ผู้ศึกษามีการวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวฟิล์มชีวภาพที่ติดบนตัวกลาง โดยนำตัวกลางไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสจนตัวอย่างแห้งลง แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM; ยี่ห้อ Hitachi รุ่น SU8230) กำลังขยาย 1000 5000 และ 10000 เท่า ที่ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)



ภาพที่ 1 ถังปฏิกิริยาที่ใช้ทดลอง (บรรจุน้ำเสียฟาร์มสุกรปริมาตร 7.5 ลิตร)

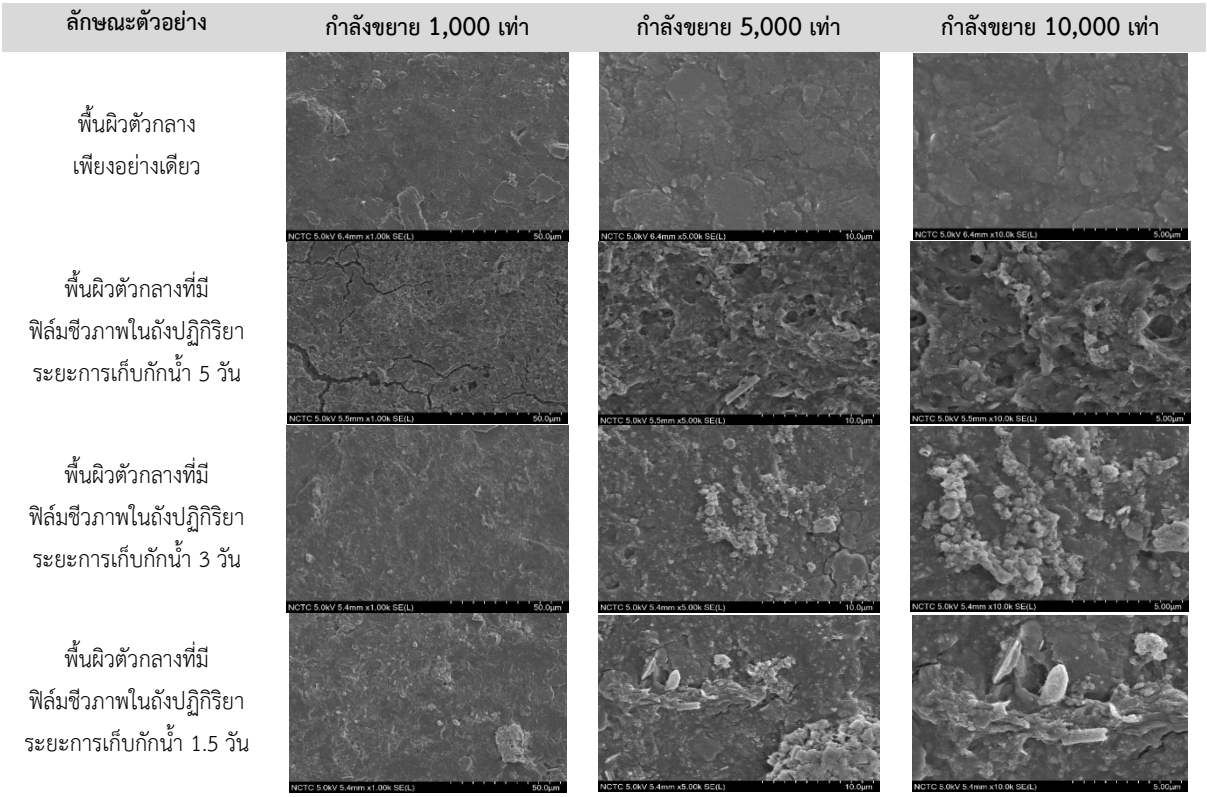


ภาพที่ 2 ตัวกลางขนาด 2 มิลลิเมตร x 2 มิลลิเมตร

ผลการวิจัย

1. การวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวตัวกลางด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)

จากการวิเคราะห์พื้นผิวฟิล์มชีวภาพที่เกาะบนตัวกลางยางรถยนต์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) กำลังขยาย 1000 5000 และ 10000 เท่า ได้ผลดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ลักษณะฟิล์มชีวภาพที่ยึดติดอยู่บนตัวกลางของระบบ MSBBR
เมื่อใช้ระยะเวลาเก็บกักน้ำ 1.5 3 และ 5 วัน

จากภาพที่ 3 พบว่าพื้นผิวของตัวกลางเพียงอย่างเดียวก่อนการทำปฏิกิริยา มีลักษณะเรียบสม่ำเสมอกัน ในขณะที่ตัวกลางยางรถบรรทุกซึ่งผ่านการบำบัดน้ำเสียโดยใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำที่ต่างกัน 1.5 3 และ 5 วัน พบว่าสัณฐานของฟิล์มชีวภาพมีการเกาะกับตัวกลางเป็นแผ่นและเป็นกลุ่มก้อนอย่างชัดเจนในทุกระยะเวลาเก็บกักน้ำ

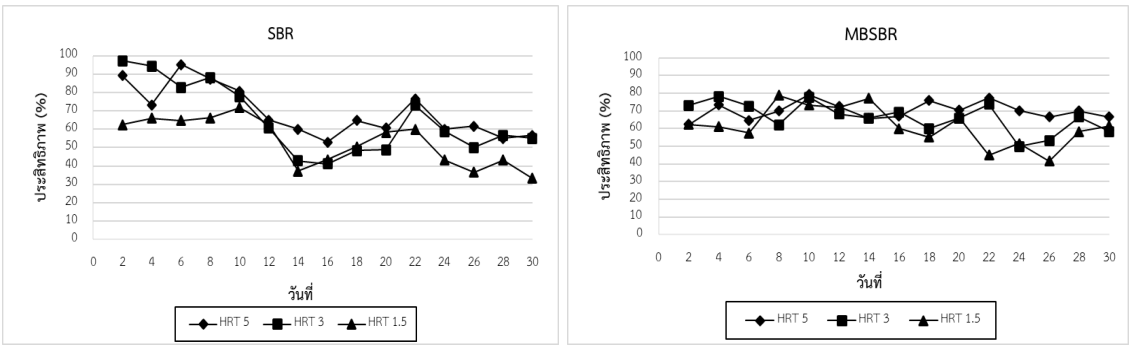
2. ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียฟาร์มสุกรของระบบ MSBBR

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งฟาร์มสุกรที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบ MSBBR เมื่อคุณลักษณะของน้ำเสียที่ระบายออกจากฟาร์มสุกร (ความเข้มข้นเริ่มต้น) ได้แก่ บีโอดีในช่วง 300-450 มก./ล ซีโอดีในช่วง 600-1,000 มก./ล ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นในช่วง 140-320 มก./ล และของแข็งแขวนลอย ในช่วง 210-560 มก./ล เมื่อกระบวนการบำบัดใช้ระยะเวลาในการกักเก็บน้ำแตกต่างกันคือ 1.5 3 และ 5 วัน พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดทั้งบีโอดี ซีโอดี ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น และของแข็งแขวนลอย ของชุดปฏิกิริยา MSBBR ที่มีตัวกลางยางรถบรรทุก มีประสิทธิภาพการบำบัดที่ดีกว่าระบบ SBR แบบธรรมดาที่ไม่ใส่ตัวกลาง โดยค่าบีโอดีมีประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุดร้อยละ 66.7 เมื่อเทียบกับแบบไม่มีตัวกลางซึ่งมีประสิทธิภาพสูงสุดร้อยละ 56.7 ประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีสูงสุดร้อยละ 86.8 เมื่อเทียบกับแบบไม่มีตัวกลางซึ่งมีประสิทธิภาพสูงสุดร้อยละ 66.6 ประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นสูงสุดร้อยละ 81.2 เมื่อเทียบกับแบบไม่มีตัวกลางซึ่งมีประสิทธิภาพสูงสุดร้อยละ 76.8 และประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอยสูงสุดร้อยละ 69.2 เมื่อเทียบกับแบบไม่มีตัวกลางซึ่งมีประสิทธิภาพสูงสุดร้อยละ 50.0

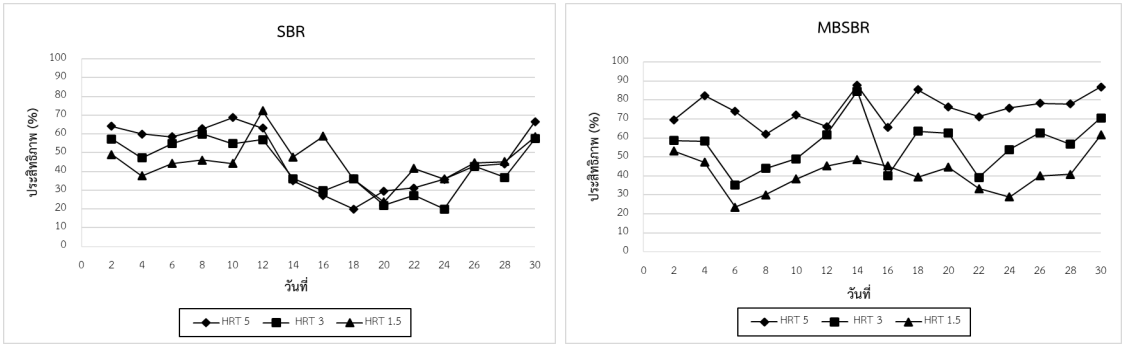
สำหรับผลของระยะเวลาเก็บกักน้ำต่างๆ กันเมื่อใช้ตัวกลางยางรถบรรทุกนั้นพบว่าการใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำ 5 วัน สามารถบำบัดบีโอดี ซีโอดี ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น และของแข็งแขวนลอยได้มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 66.7 86.8 81.2 และ 69.2 ตามลำดับ โดยตารางที่ 1 และภาพที่ 4 เป็นการสรุปประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียฟาร์มสุกรของระบบ SBR และ MSBBR เมื่อใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำ 1.5 3 และ 5 วัน

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียฟาร์มสุกรเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บน้ำต่างๆ กัน ของระบบ SBR และ MSBBR

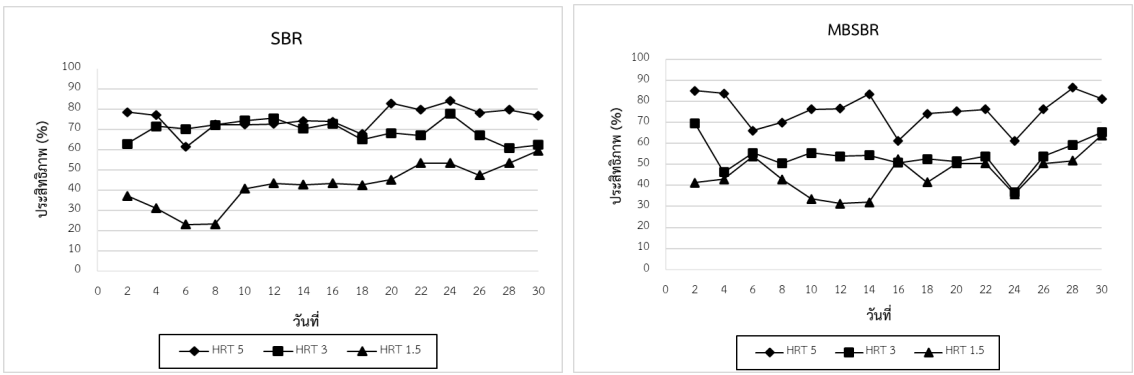
ดัชนีตรวจวัด	ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียฟาร์มสุกรโดยเฉลี่ย (ร้อยละ)					
	HRT 1.5 วัน		HRT 3 วัน		HRT 5 วัน	
	SBR	MSBBR	SBR	MSBBR	SBR	MSBBR
บีโอดี	33.3	61.7	55.0	58.3	56.7	66.7
ซีโอดี	58.5	61.5	57.5	70.6	66.6	86.8
ทีเคเอ็น	59.4	63.8	62.3	65.2	76.8	81.2
ของแข็ง ฯ	40.4	50.0	48.0	51.9	50.0	69.2



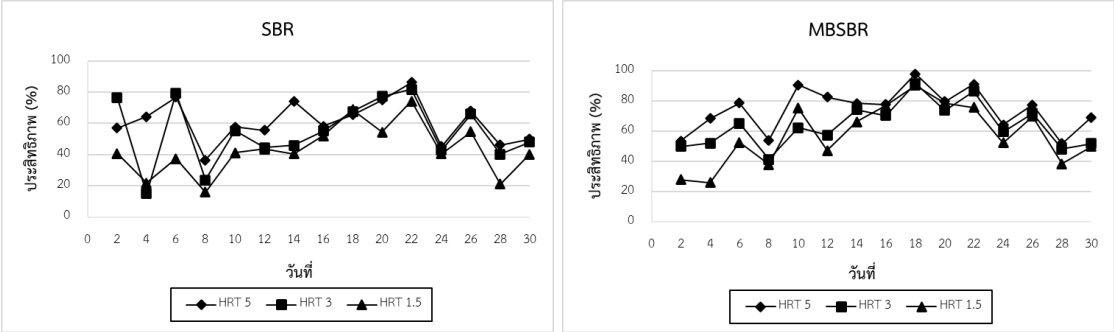
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

ภาพที่ 4 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียฟาร์มสุกรเมื่อใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำแตกต่างกัน 1.5 3 และ 5 วัน (ก) บีโอดี (ข) ซีโอดี (ค) ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น และ (ง) ของแข็งแขวนลอย

3. ผลเปรียบเทียบน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร

เมื่อนำความเข้มข้นโดยเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทดลอง ของบีโอดี ซีโอดี ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น และของแข็งแขวนลอย ของน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบ MSBBR (ดังตารางที่ 2) มาเปรียบเทียบกับมาตรฐานเพื่อควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร ตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดมลพิษประเภทการเลี้ยงสุกร โดยใช้เกณฑ์มาตรฐานสูงสุดตามมาตรฐาน ข (มีน้ำหนักปศุสัตว์เทียบเท่าจำนวนสุกรตั้งแต่ 50-น้อยกว่า 500 ตัว) พบว่าการบำบัดน้ำเสียฟาร์มสุกรด้วยระยะเวลาเก็บกักน้ำ 5 วัน ทำให้ความเข้มข้นเฉลี่ยของซีโอดี ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น ของแข็งแขวนลอย และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในน้ำทิ้งผ่านเกณฑ์มาตรฐานสูงสุดทั้งหมด ยกเว้นบีโอดีซึ่งสูงกว่าค่ามาตรฐานเล็กน้อย (ดังตารางที่ 2) ทั้งนี้ค่าไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น ของแข็งแขวนลอย และค่า pH ของน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดโดยใช้ระยะเวลาเก็บกักน้ำทั้ง 3 แบบผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบคุณภาพน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบ MSBBR กับมาตรฐานเพื่อควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร

ดัชนีตรวจวัด	ความเข้มข้นเฉลี่ยของน้ำทิ้งเมื่อบำบัดด้วยระบบ MSBBR โดยใช้ระยะเวลาเก็บกักน้ำต่างกัน (มก./ล)			เกณฑ์มาตรฐานสูงสุด* ตามมาตรฐาน ข (มก./ล)
	1.5 วัน	3 วัน	5 วัน	
บีโอดี	143.06±58.58	124.80±62.15	110.85±44.85	100
ซีโอดี	542.56±82.58	406.34±106.34	227.41±71.35	400
ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น	198.00±100.66	165.82±100.56	88.06±44.82	200
ของแข็งแขวนลอย	173.98±82.58	149.25±63.55	105.69±51.69	200
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	8.3±0.5	8.5±0.3	8.6±0.3	5.5-9.0
บีโอดี : ซีโอดี	0.26	0.31	0.49	

*ที่มา: ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดมลพิษประเภทการเลี้ยงสุกร ลงวันที่ 7 พฤศจิกายน 2548 ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเล่มที่ 122 ตอนที่ 125ง วันที่ 29 ธันวาคม 2548

4. น้ำหนักฟิล์มชีวภาพบนตัวกลาง

การคำนวณน้ำหนักฟิล์มชีวภาพบนตัวกลาง ทำโดยสุ่มหยิบตัวกลางยางในรถบรรทุกในถังปฏิกิริยาหลังทดลองแล้วเสร็จมาจำนวน 30 ชิ้นจากนั้นล้างตัวกลางโดยให้น้ำไหลผ่านจนกระทั่งฟิล์มชีวภาพหลุดออกมาจากชิ้นยางทั้งหมด นำน้ำที่ชะล้างทั้งหมดมาวิเคราะห์หาค่าของแข็งแขวนลอยเพื่อหาน้ำหนักมวลชีวภาพในหน่วยมิลลิกรัมต่อชิ้นตัวกลาง และคำนวณมวลชีวภาพถังหมดในแต่ละถังปฏิกิริยา ค่าที่ได้แสดงดังตารางที่ 3 การศึกษาพบว่าตัวกลางของชุดปฏิกิริยาที่ใช้ระยะเวลาเก็บกักน้ำ 3 วัน มีมวลชีวภาพเกิดขึ้นในระบบมากที่สุด ส่วนระยะเวลาเก็บกักน้ำ 5 วัน พบว่าปริมาณมวลชีวภาพบนตัวกลางมีน้อยที่สุด ในการบำบัดสารอินทรีย์เมื่อใช้ระยะเวลาเก็บกักน้ำ 5 วัน มีประสิทธิภาพสูงสุด ทั้งนี้อาจเกิดจากเมื่อทดลองด้วยระยะเวลานานขึ้น พื้นที่ผิวของตัวกลางในการเกาะของจุลินทรีย์เริ่มเป็นปัจจัยจำกัด ทำให้มวลจุลินทรีย์บางส่วนหลุดออกมาในรูปจุลินทรีย์แขวนลอยในปริมาณที่มากขึ้น ส่งผลให้สามารถกำจัดสารอินทรีย์ได้มีประสิทธิภาพสูงสุด

ตารางที่ 3 น้ำหนักมวลชีวภาพบนตัวกลางของระบบ MSBBR

ระยะเวลาเก็บกักน้ำ (วัน)	มวลฟิล์มชีวภาพบนตัวกลาง (มิลลิกรัม/ชิ้นตัวกลาง)	มวลชีวภาพทั้งหมด (มิลลิกรัม/ถังปฏิกิริยา)
5	0.347±0.10	16,660±699
3	0.395±0.15	18,802±1,334
1.5	0.370±0.13	17,612±1,109

อภิปรายผล

จากผลการศึกษาการบำบัดน้ำเสียฟาร์มสุกรโดยใช้ระบบ MSBBR ซึ่งใช้ตัวกลางยางในรถบรรทุกเป็นตัวกลาง เปรียบเทียบกับระบบ SBR แบบธรรมดา และศึกษาระยะเวลากักเก็บน้ำต่างกันได้แก่ 1.5 3 และ 5 วัน ผลการศึกษาพบว่าระบบ MSBBR มีประสิทธิภาพในการบำบัดบีโอดี ซีโอดี ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น และของแข็งแขวนลอยดีกว่าระบบ SBR แบบธรรมดา สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Sirianuntapiboon and Yommee (2006) ที่ศึกษาการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีค่าปริมาณบรรทุกสารอินทรีย์สูง (800 มก./ล) โดยใช้ระบบ SBR แบบธรรมดาที่ใช้จุลินทรีย์แบบแขวนลอยเพียงอย่างเดียว และระบบ SBR แบบ moving-bed sequencing batch biofilm reactor (MSBBR) ที่ใช้จุลินทรีย์แบบแขวนลอยร่วมกับจุลินทรีย์แบบฟิล์มชีวภาพที่มีตัวกลางเป็นยางในรถบรรทุก พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี ซีโอดี ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น ฟอสฟอรัสทั้งหมด และของแข็งแขวนลอย ของชุดปฏิกิริยาที่มีตัวกลางให้ประสิทธิภาพในการบำบัดดีกว่า สอดคล้องกับการศึกษาของ Binnima (2006) ที่ศึกษาการบำบัดน้ำเสียโดยใช้เชือกไนลอนเป็นตัวกลางในการเลี้ยงจุลินทรีย์ เปรียบเทียบกับแบบไม่ใช้ตัวกลาง พบว่าการบำบัดน้ำเสียแบบที่ใช้ตัวกลางมีประสิทธิภาพในการบำบัดบีโอดี ซีโอดี และของแข็งแขวนลอย ดีกว่าแบบไม่ใช้ตัวกลาง ทั้งนี้เนื่องจากการใส่ตัวกลางเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างจุลินทรีย์กับน้ำเสีย นอกจากนี้ชั้นฟิล์มชีวภาพที่หนามากขึ้นบนยางในรถบรรทุก จะเกิดชั้น Slime layer ซึ่งมีทั้งชั้นแอโรบิก (ใช้อากาศ) ที่สัมผัสกับน้ำเสีย และชั้นแอนแอโรบิก (ไม่ใช้อากาศ) ที่แนบอยู่บนผิวตัวกลาง (Sirianuntapiboon and Yommee, 2006) ทำให้สามารถกำจัดไนโตรเจนออกจากระบบด้วยปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่นและดีไนตริฟิเคชั่นในเวลาเดียวกันได้

สำหรับผลของระยะเวลาการกักเก็บน้ำที่ใช้ต่างๆ กัน พบว่าการใช้ระยะเวลาการกักเก็บน้ำ 5 วัน สามารถบำบัดบีโอดี ซีโอดี ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น และของแข็งแขวนลอย ได้มากที่สุดเช่นเดียวกัน โดยความเข้มข้นเฉลี่ยของซีโอดี ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น ของแข็งแขวนลอย และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในน้ำทิ้งผ่านเกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดมลพิษประเภทการเลี้ยงสุกร (เกณฑ์มาตรฐานสูงสุดตามมาตรฐาน ข) ทั้งหมด สอดคล้องกับการศึกษาของ Song et al. (2020) และ Zinatizadeh and Ghaytooli (2015) ศึกษาการบำบัดน้ำเสียแบบฟิล์มชีวภาพที่เจริญเติบโตบนตัวกลาง Kaldness โดยทำการควบคุมระยะเวลาในการเก็บกักน้ำภายในถังปฏิกรณ์ที่ยาวนานมากขึ้น ส่งผลให้การกำจัดไนโตรเจนในระบบสามารถทำงานดียิ่งขึ้นและมีประสิทธิภาพคงที่ การที่ระยะเวลาการกักเก็บน้ำมากขึ้นจะส่งผลให้บำบัดได้ดีนั้น เนื่องจากการเพิ่มระยะเวลากักเก็บน้ำเสียทำให้แบคทีเรียมีเวลาสัมผัสกับน้ำเสียได้นานขึ้น การย่อยสลายจึงมีมากกว่าการใช้ระยะเวลากักเก็บน้ำเสียน้อย (Young and Dahab, 1982) และทำให้บำบัดสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ดีขึ้นด้วย (Sirianuntapiboon and Yommee, 2006) ซึ่งสอดคล้องกับผลในตารางที่ 2 ที่เมื่อเพิ่มระยะเวลากักเก็บน้ำนานขึ้นจะทำให้อัตราส่วนบีโอดีต่อซีโอดีเพิ่มมากขึ้น แสดงถึงการบำบัดสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายยากได้ดีขึ้นด้วย

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1.1 เนื่องจากความเข้มข้นเฉลี่ยของบีโอดีภายหลังการบำบัดในการศึกษานี้ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน จึงควรเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ในระบบและปริมาณตัวกลางในถังปฏิกิริยาให้สูงขึ้น

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ศึกษาตัวกลางที่มีน้ำหนักเบาเพื่อให้เคลื่อนที่ได้อย่างทั่วถึงในถังปฏิกิริยา

2.2 ศึกษาน้ำเสียฟาร์มสุกรที่มีภาระบรรทุกอินทรีย์สูงขึ้นเพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบ MSBBR

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัย สำหรับนักวิจัยรุ่นใหม่ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ และขอขอบคุณโรงงานปรับปรุงคุณภาพน้ำประชานิเวศน์ 3 เทศบาลนครนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี ให้ความเอื้อเฟื้อเชื้อจุลินทรีย์ตลอดช่วงงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Binnima, N. (2006). *Wastewater Treatment by Microorganisms with Nylon Fiber Media by sludge System*. Thesis of the Degree of Master of Engineering Program in Environmental Engineering. Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)

Faculty of Public Health, Mahidol University. (2018). *A Study the Pattern of Management of Nuisance Events that are Hazardous to Health in Swine Farming.* [Online]. Retrieved September 10, 2020, from: https://bit.ly/31JfsXQ (in Thai)

Helness, H. and Ødegaard, H. (1999). Biological Phosphorus Removal in a Sequencing Batch Moving Bed Biofilm Reactor. *Water Science and Technology*, 40, 161-168.

Ødegaard, H., Rusten, B. and Badin, H. (1993). Small Wastewater Treatment Plants Based on Moving Bed Biofilm Reactors. *Water Science and Technology*, 28, 351-359.

Pastorelli, G., Canziani, R., Pedrazzi, L. and Rozzi, A. (1999). Phosphorus and Nitrogen Removal in Moving-Bed Sequence Batch Biofilm Reactors. *Water Science and Technology*, 40, 169-176.

Pollution Control Department. (2003). Handbook of Selection, Care and Maintenance of The Piggery Wastewater Treatment System according to The Standard Form of The Department of Livestock Development. [Online]. Retrieved September 10, 2020, from: https://bit.ly/3mlfMUP (in Thai)

Sirianuntapiboon, S. and Yommee, S. (2006). Application of a new type of moving bio-film in aerobic sequencing batch reactor (aerobic-SBR). *Journal of Environmental Management*, 78, 149-156.

Sombatsomphob, K. (2008). SBR Wastewater Treatment. *Journal of King Mongkut's University of Technology North Bangkok*, 18, 96-103. (in Thai)

Sombatsompop, K., Songpim, A., Reabroi, S. and Inkong-ngam, P. (2011). A comparative study of sequencing batch reactor and moving-bed sequencing batch reactor for piggery wastewater treatment. *Maejo International Journal of Science and Technology*, 5, 191-203.

Song, X., Yang, X., Hallerman, E., Jiang, Y. and Huang, Z. (2020). Effects of Hydraulic Retention Time and Influent Nitrate-N Concentration on Nitrogen Removal and the Microbial Community of an Aerobic Denitrification Reactor Treating Recirculating Marine Aquaculture System Effluent. *Water*, 12(3), 650, https://doi.org/10.3390/w12030650.

Temmink, H., Klapwijk, A. and de Korte, K. F. (2001). Feasibility of the BIOFIX-Process for Treatment of Municipal Wastewater. *Water Science and Technology*, 43 (1), 241-249.

Tuntoolavest, M. (1982). *SBR System for Small Industrial Wastewater Treatment*. Bangkok: Research and Development Institute of the Faculty of Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University. (in Thai)

US.EPA. (1999). W*astewater Technology Fact Sheet: Sequencing Batch Reactors.* [Online]. Retrieved August 10, 2020, from: https://www3.epa.gov/npdes/pubs/sbr_new.pdf.

Young, J.C. and Dahab, M.F. (1982). Effect of media design and the performance of fixed-bed anaerobic reactors. *Water Science and Technology,* 15(8-9), 369–383.

Zinatizadeh, A.A.L. and Ghaytooli, E. (2015) Simultaneous nitrogen and carbon removal from wastewater at different operating conditions in a moving bed biofilm reactor (MBBR): Process modeling and optimization. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 53, 98–111.

การพัฒนาผงฝุ่นจากกระบวนการไพโรไลซิสเพื่อใช้ในการตรวจลายนิ้วมือแฝง

เนตรนภา พิมพาพร[1,*], พัชรา สินลอยมา[2]
[1,2]คณะนิติวิทยาศาสตร์ โรงเรียนนายร้อยตำรวจ

Received: 4 February 2021
Revised: 17 June 2021
Accepted: 11 November 2021

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผงฝุ่นสำหรับตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงโดยใช้ผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์ที่ผ่านกระบวนการไพโรไลซิสและนำมาเปรียบเทียบการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงระหว่างผงฝุ่นที่พัฒนาขึ้นกับผงฝุ่นมาตรฐานที่นำเข้าจากประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศญี่ปุ่น การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยทำการประเมินผลการนำไปใช้หารอยนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวเรียบไม่มีรูพรุน ทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ แก้วกระจก แก้วพลาสติก แฟ้มพลาสติก ด้านหลังแผ่นซีดี และกระป๋องน้ำอัดลม และนำรอยลายนิ้วมือแฝงมาวิเคราะห์หาจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษด้วยเครื่อง AFIS ผลวิจัยพบว่า ผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์มีขนาดอนุภาคอยู่ที่ 45.9 ± 3.49 ไมโครเมตร เมื่อนำมาเปรียบเทียบขนาดของผงฝุ่นที่ผลิตได้กับผงฝุ่นที่มีขายอยู่ทั่วไป พบว่า ขนาดของอนุภาคมีขนาดใกล้เคียงกับผงฝุ่นที่นำเข้าจากประเทศญี่ปุ่น ซึ่งมีขนาดอนุภาคอยู่ที่ 39.5 ± 0.56 ไมโครเมตร และเมื่อพิจารณาจากการปรากฏขึ้นของรอยลายนิ้วมือแฝงของผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์ และผงฝุ่นมาตรฐานจากทั้งสองประเทศ พบว่า ผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์ สามารถตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวทั้ง 5 ชนิดได้ แต่มีความคมชัดแตกต่างกันในแต่ละพื้นผิววัตถุ โดยบนพื้นผิวแก้วพลาสติกมีความคมชัดมากที่สุด รองลงมาคือ กระป๋องน้ำอัดลม แฟ้มพลาสติก แก้วกระจก และด้านหลังแผ่นซีดี ตามลำดับ

คำสำคัญ: ผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์ ผงฝุ่นที่นำเข้าจากต่างประเทศ รอยลายนิ้วมือแฝง

[*] ผู้ประสานงานหลัก; อีเมล: netnapa.pimpa@gmail.com

Development of Black Powder from Pyrolysis Process for Latent Fingerprint Detection

Netnapa Pimpaporn[1,*], Patchara Sinloyma[2]
[1,2]Faculty of Forensic Science, Royal Police Cadet Academy

Received: 4 February 2021
Revised: 17 June 2021
Accepted: 11 November 2021

Abstract

This research aimed to develop dust for the detection of latent fingerprints using carbon powder produced from the pyrolysis of tires and to compare the detection of latent fingerprints between the developed dust and the standard powder imported from the United States and Japan. This study was done through experimental research by evaluating the results from the detection of latent fingerprints on five types of smooth and non-porous surfaces (glass, a plastic cup, a plastic file, the back of a CD, and a soft drink can) and the latent fingerprints were analyzed for a number of special features with AFIS. The results showed that the carbon dust from tires had a particle size of 45.9 ± 3.49 μm, which was close to the commercially available powder particles imported from Japan (particle size of 39.5 ± 0.56 μm). In addition, the clarity of latent fingerprints generated from tire carbon powder on five types of surfaces, were plastic cup surface > soft drink can > the plastic file > drinking glass > and the back of a CD, respectively.

Keywords: Carbon Black, Imported Powder, Latent Fingerprints

[*] Corresponding Author; E-mail: netnapa.pimpa@gmail.com

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากรายงานผลการปฏิบัติตามแผนป้องกันปราบปรามอาชญากรรมของสำนักงานตำรวจแห่งชาติ ปีงบประมาณ 2563 (ตุลาคม 2562 – กันยายน 2563) สรุปผลการวิเคราะห์สถานภาพอาชญากรรมคดีอาญา 4 กลุ่ม มีการดำเนินการจับกุมรวมทั้งสิ้น 669,753 คดี (Counter Crime Planning Division, 2020) จากรายงานจะเห็นได้ว่ามีจำนวนคดีเกิดขึ้นหลากหลาย และบางคดีมีความจำเป็นในการนำหลักการทางนิติวิทยาศาสตร์มาใช้โดยสิ่งสำคัญในการรวบรวมพยานหลักฐานจะต้องมีการเก็บวัตถุพยานในที่เกิดเหตุ รวมถึงการเก็บลายนิ้วมือแฝงมาตรวจหาลายนิ้วมือที่ปรากฏในที่เกิดเหตุ และในกระบวนการดังกล่าวจะต้องใช้อุปกรณ์เฉพาะทางไม่ว่าจะเป็นแปรงปัดผงฝุ่นหรือแม้แต่ผงฝุ่นที่ต้องใช้ในการทำให้ลายนิ้วมือปรากฏ ทั้งนี้หากมองจำนวนคดีทั่วประเทศซึ่งต้องใช้ผงฝุ่นในการตรวจเก็บลายนิ้วมือแฝงเป็นจำนวนมาก โดยปัจจุบันผงฝุ่นที่มีการใช้เพื่อทำให้ร่องรอยของลายนิ้วมือปรากฏนั้นได้มีการนำเข้ามาจากต่างประเทศ ได้แก่สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น ออสเตรเลีย เพื่อใช้ในการตรวจเก็บลายนิ้วมือแฝง

ทั้งนี้ ยังมีงานวิจัยที่ศึกษาและทดลองนำผงฝุ่นที่เป็นวัสดุจากธรรมชาติมาทดแทน เช่น ผงขมิ้น (Songnonlek, 2012) ผงฝุ่นต้นแบบจากถ่านหิน (Sangkaew, 2012) ผงฝุ่นจากแกลบดำ (Thongthammachad and Witchuwanich, 2019) และผงฝุ่นจากสปอร์เฟิร์นริบบิ้น (Chaiheng and Witchuwanich, 2019) นอกจากนี้ยังมีผงฝุ่นที่ได้จากกระบวนการการกำจัดของเสียที่ เรียกว่า ไพโรไลซิส (Pyrolysis) คือการย่อยสลาย โมเลกุลด้วยความร้อนในบรรยากาศที่ปราศจากออกซิเจนเพื่อได้ผลิตภัณฑ์เป็น น้ำมันชีวภาพ (Bio-oil) ถ่านชีวภาพ (Bio-char) และแก๊สที่ไม่ควบแน่น (Non-Condensable Gas) น้ำมันชีวภาพที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิสมีศักยภาพที่จะใช้เป็นเชื้อเพลิง (Fuel) หรือสารเคมีที่จะใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นในกระบวนการผลิตต่างๆ โดยองค์ประกอบทางเคมีขึ้นอยู่กับชนิดของชีวมวลที่ใช้และสภาวะในกระบวนการผลิต (Chanthanumat et al., 2019) ซึ่งการเปลี่ยนยางรถยนต์เป็นน้ำมัน โดยใช้การผลิตพลังงานจากการไพโรไลซิสยางรถยนต์ที่มีศักยภาพช่วยลดปัญหาพลังงานได้ซึ่งปัจจุบันมีขยะที่ถูกทิ้งอย่างไร้ค่ามากถึง 14 ล้านตันต่อปี จำนวนขยะนี้มียางรถยนต์เก่าถูกทิ้งไปจำนวนไม่น้อย โดยในประเทศไทยมียางรถยนต์เก่าเกิดขึ้น 56.7-170 ล้านตันต่อปี หรือประมาณ 1.7 ล้านตัน ซึ่งที่ผ่านมามีการนำยางรถยนต์เก่ามาเผาเป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตยางรถยนต์ใหม่ และใช้ในกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ นอกจากนั้น มีการนำมารีไซเคิล ทำยางมะตอย ผลิตเป็นเชื้อเพลิงแปรรูป เป็นต้น แต่สิ่งที่น่าสนใจของยางรถยนต์เก่าอยู่ที่การมีองค์ประกอบเป็นสารไฮโดรคาร์บอนต่อกันเป็นโซ่ขนาดใหญ่ ซึ่งเมื่อทำการสลายสายโซ่ไฮโดรคาร์บอนให้มีขนาดเล็กลง จะได้สายโซ่ที่คล้ายกับองค์ประกอบสายโซ่ไฮโดรคาร์บอนของน้ำมัน (Jitkranka, 2008) และที่สำคัญยังได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นผงฝุ่นคาร์บอนที่นำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง แต่มีลักษณะและองค์ประกอบที่สามารถนำประยุกต์ใช้และทำให้เกิดประโยชน์ในด้านงานตรวจพิสูจน์หลักฐานหรืองานนิติวิทยาศาสตร์ รวมทั้งเป็นการเพิ่มมูลค่าของวัสดุเหลือใช้หลังการเก็บเกี่ยวหรือแปรรูปของโรงงานอุตสาหกรรม

ภาพที่ 1 ผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์ที่ผ่านกระบวนการไพโรไลซิส

เมื่อบทบาทของงานนิติวิทยาศาสตร์ได้ถูกนำมาใช้เพื่อคลี่คลายคดี โดยเน้นความสำคัญของประจักษ์พยานมาสู่ระบบพิสูจน์การกระทำความผิดโดยรับฟังพยานหลักฐานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์มากขึ้น มีการนำหลักนิติวิทยาศาสตร์มาใช้ควบคู่กับกระบวนการยุติธรรมเพื่อใช้เป็นมาตรการป้องกันและปราบปรามการก่ออาชญากรรม ซึ่งลายนิ้วมือเป็นพยานหลักฐานที่สำคัญที่ได้จากสถานที่เกิดเหตุและมีการจัดเก็บประวัติลายนิ้วมือของ ผู้ต้องหา คนร้าย ผู้ต้องสงสัย หรือบุคคลกลุ่มเสี่ยงไว้ในระบบฐานข้อมูลทะเบียนประวัติอาชญากรของสำนักงานตำรวจแห่งชาติ ตั้งแต่ปี 2537 (ระบบ Automated Fingerprint Identification System: AFIS) เพื่อใช้ในการตรวจสอบประวัติข้อมูลของผู้กระทำความผิดซึ่งส่วนใหญ่ก่อนได้ข้อมูลจะต้องมีการตรวจหา และเก็บร่องรอยของลายนิ้วมือแฝงเพื่อใช้ในการพิสูจน์หาผู้กระทำความผิดหรือพิจารณาความเชื่อมโยงต่อคดี โดยวิธีที่ได้รับการยอมรับ เป็นมาตรฐานสากล คือ วิธีของการปัดผงฝุ่นเมื่อทำการปัดด้วยผงฝุ่นจะทำให้รอยลาย นิ้วมือแฝงที่อยู่ในสถานที่เกิดเหตุปรากฏขึ้นมา โดยอนุภาคของผงฝุ่นจะยึดจับกับลายเส้นของลายนิ้วมือซึ่งอนุภาคของผงฝุ่นที่มีขนาดเล็กจะยึดจับกับรอยลายนิ้วมือได้ดีกว่าผงฝุ่นที่มีขนาดใหญ่กว่า (Sodhi and Kaur, 2003) สำหรับประเทศไทยนั้นหน่วยงานที่มีหน้าที่เกี่ยวข้อง กับการเก็บรวบรวมพยานหลักฐานและการตรวจพิสูจน์ทางนิติวิทยาศาสตร์ซึ่งหน่วยงานหลักก็ คือ สำนักงานพิสูจน์หลักฐานตำรวจ ซึ่งมีหน้าที่ในการเก็บรวบรวมพยานหลักฐานในการตรวจพิสูจน์จากคดีต่างๆ และผลของการตรวจรอยของลายนิ้วมือแฝงสามารถนำไปสู่การหาตัวผู้กระทำผิดได้ง่ายขึ้น

ผู้วิจัยจึงได้เล็งเห็นถึงปัญหาดังกล่าวว่าผงฝุ่นในการปัดหารอยลายนิ้วมือแฝงมีการใช้มากขึ้น และมีความจำเป็นในการช่วยคลี่คลายคดีต่างๆ รวมถึงการสั่งสิ้นค้านำเข้าทำให้เกิดกระบวนการในการสั่งซื้อล่าช้า จึงคิดที่จะพัฒนานวัตกรรมผงฝุ่นสำหรับการตรวจลายนิ้วมือแฝงเพื่อใช้ในงานนิติวิทยาศาสตร์ และเพื่อเป็นการนำทรัพยากรที่เหลือใช้มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดโดยทำการทดสอบประสิทธิภาพของผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์ที่ผ่านกระบวนการไพโรไลซิสบนพื้นผิวเรียบไม่มีรูพรุน และประเมินคุณภาพของลายนิ้วมือแฝงจากจำนวนของจุดลักษณะสำคัญพิเศษ (minutia) ด้วยเครื่องตรวจสอบลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติ (AFIS) ร่วมกับเจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญด้านการตรวจพิสูจน์จากสำนักงานพิสูจน์หลักฐานตำรวจ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ รวมทั้งเพื่อเป็นการลดการนำเข้าผงฝุ่นจากต่างประเทศ ทั้งในอนาคตอาจมีความเป็นไปได้ในเชิงพาณิชย์ที่จะมีการผลิตผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์ในการใช้ตรวจพิสูจน์ลายนิ้วมือแฝงในงานนิติวิทยาศาสตร์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาผงฝุ่นสำหรับตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงจากผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์ที่ผ่านกระบวนการไพโรไลซิส

2. เพื่อศึกษาผลการเปรียบเทียบการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงระหว่างผงฝุ่นที่พัฒนาขึ้นจากผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์ที่ผ่านกระบวนการไพโรไลซิส กับผงฝุ่นดำที่นำเข้าจากต่างประเทศ

วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง

1. ในการศึกษาครั้งนี้เตรียมตัวอย่างผงฝุ่นจำนวน 2 ชนิด ได้แก่ ผงฝุ่นที่ผลิตขึ้นจากยางรถยนต์ที่ผ่านกระบวนการไพโรไลซิส (Jitkranka, 2008) คัดแยกโดยใช้ตะแกรงร่อน ขนาด 400 mesh (Sangkaew, 2012) และผงฝุ่นดำที่นำเข้าจากต่างประเทศโดยทำการเปรียบเทียบขนาดผงฝุ่นด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (Scanning Electron Microscopy; SEM) (Krongthong, 2003) เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพของผงฝุ่น และนอกจากนี้ยังนำไปวิเคราะห์ขนาดอนุภาคของผงฝุ่น โดยใช้เครื่อง Particle size analysis

2. ตัวอย่างวัตถุพื้นผิวเรียบไม่มีรูพรุน โดยในการศึกษาครั้งนี้ได้เตรียมตัวอย่างวัตถุประเภทพื้นผิวเรียบไม่มีรูพรุน 5 ชนิด ได้แก่ ประเภทกระจก (แก้วกระจก) ประเภทพลาสติก (แก้วพลาสติก แฟ้มพลาสติก ด้านหลังแผ่นซีดี) และประเภทโลหะ (กระป๋องน้ำอัดลม) หลังจากนั้นล้างทำความสะอาดและทิ้งไว้ให้แห้งก่อนประทับรอยลายนิ้วมือ

ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

1. ในการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดเงื่อนไข คือ การเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงให้ครบจำนวนที่ต้องการนั้นไม่สามารถเก็บได้ภายในวันเดียว จึงป้องกันความแตกต่าง โดยกำหนดเงื่อนไขเก็บตัวอย่างรอยลายนิ้วมือแฝงของบุคคลเพียงคนเดียว (เพศหญิง อายุ 25 ปี) ที่ทำการล้างมือให้สะอาดด้วยสบู่ ทิ้งให้มือแห้งสนิท สวมถุงมือพลาสติกคลุมมือไว้ประมาณ 5 นาที ถอดถุงมือออกหรือปล่อยให้เหงื่อออกตามปกติ หลังจากนั้นทำการกดประทับรอยลายนิ้วมือลงบนวัตถุตัวอย่าง โดยน้ำหนักแรงกดในการพิมพ์แต่ละครั้งจะถูกควบคุมอยู่ที่ประมาณ 300 กรัม นาน 5 วินาที โดยทำการทดลองทั้งหมด 3 ครั้ง และเก็บตัวอย่างลายนิ้วมือที่อุณหภูมิห้อง (25°C) ผู้วิจัยเลือกใช้นิ้วชี้เนื่องจากตรวจพบในสถานที่เกิดเหตุมากที่สุด

2. ตรวจสอบลายนิ้วมือแฝงที่ได้ โดยให้เจ้าหน้าที่ตำรวจซึ่งปฏิบัติหน้าที่ด้านการตรวจพิสูจน์รอยลายนิ้วมือแฝง ตรวจด้วยเครื่อง Automated Fingerprints Identification System (AFIS) เพื่อนับจุดลักษณะสำคัญพิเศษ

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การเปรียบเทียบคุณภาพของผงฝุ่นโดยวิเคราะห์จากระดับคุณภาพของลายนิ้วมือแฝงทำการวิเคราะห์ระดับคุณภาพความคมชัดสมบูรณ์ของลายนิ้วมือแฝง โดยอาศัยเกณฑ์การแปลค่าคะแนนเฉลี่ยของจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษ (minutiae) ที่ได้ออกเป็นช่วงระดับ จำนวน 5 ระดับชั้น (Thongthammachad and Witchuwanich, 2019) เพื่อนำมาใช้อธิบายความหมายของระดับคุณภาพของการตรวจสอบลายนิ้วมือแฝง ซึ่งมีวิธีดังนี้ เช่น กรณีพบจุดลักษณะสำคัญพิเศษสูงสุด 59 จุด และ จุดลักษณะสำคัญพิเศษต่ำสุด 15 จุด จะสามารถหาได้ ดังนี้

$$\frac{\text{จำนวน Minutiae ที่ตรวจพบสูงสุด - จำนวน Minutiae ที่ตรวจพบต่ำสุด}}{\text{จำนวนระดับชั้น}} = \frac{59 - 15}{5} = 8.8$$

การแปลค่าของแต่ละระดับ

44.5 - 53.3	ระดับคุณภาพของลายนิ้วมืออยู่ในระดับสูงที่สุด
35.6 - 44.4	ระดับคุณภาพของลายนิ้วมืออยู่ในระดับสูง
26.7 - 35.5	ระดับคุณภาพของลายนิ้วมืออยู่ในระดับปานกลาง
17.9 - 26.6	ระดับคุณภาพของลายนิ้วมืออยู่ในระดับต่ำ
9.0 - 17.8	ระดับคุณภาพของลายนิ้วมืออยู่ในระดับต่ำที่สุด

2. สถิติที่ใช้ในการวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลและกำหนดสถิติที่ใช้ในการวิจัยให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และกรอบแนวคิดในการวิจัยโดยใช้สถิติ Independent t-test วิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของลายนิ้วมือแฝงที่เก็บด้วยผงฝุ่นที่ผลิตขึ้นจากผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์ กับผงฝุ่นที่นำเข้าจากต่างประเทศบนวัตถุพื้นผิวเรียบไม่มีรูพรุน 5 ชนิด โดยวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ และการหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

ผลการวิจัย

จากการนำยางรถยนต์เก่าผ่านกระบวนการไพโรไลซิสมาใช้เป็นผงฝุ่นสำหรับตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพื้นผิวเรียบไม่มีรูพรุน 5 ชนิด ได้แก่ 1) แก้วกระจก 2) แก้วพลาสติก 3) แฟ้มพลาสติก 4) ด้านหลังแผ่นซีดี และ 5) กระป๋องน้ำอัดลม ด้วยวิธีปัดผงฝุ่น โดยใช้ผงฝุ่นจากยางรถยนต์ที่ผ่านกระบวนการไพโรไลซิส ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ผงฝุ่นที่นำเข้าจากประเทศญี่ปุ่น และผงฝุ่นที่นำเข้าจากประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่า ผงฝุ่นทั้ง 3 ชนิด สามารถทำให้รอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏขึ้นบนตัวอย่างทั้ง 5 ชนิด แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงที่เก็บด้วยผงฝุ่นบนพื้นผิวต่างๆ

ชนิดพื้นผิว	คุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงที่เก็บด้วยผงฝุ่น		
	คาร์บอนจากยางรถยนต์	ประเทศญี่ปุ่น	ประเทศสหรัฐอเมริกา
แก้วกระจก			

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ชนิดพื้นผิว	คุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงที่เก็บด้วยผงฝุ่น		
	คาร์บอนจากยางรถยนต์	ประเทศญี่ปุ่น	ประเทศสหรัฐอเมริกา
แก้วพลาสติก			
แฟ้มพลาสติก			
ด้านหลังแผ่นซีดี			
กระป๋องน้ำอัดลม			

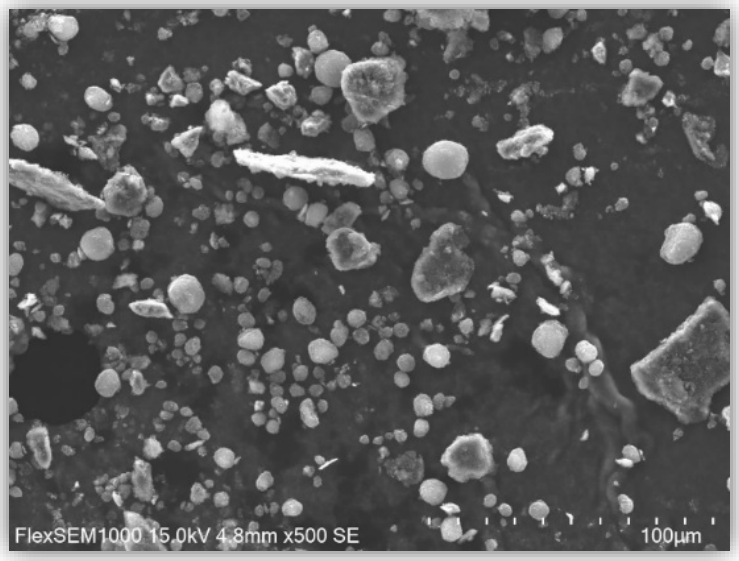
นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำพัฒนาฝุ่นสำหรับตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง ด้วยการนำผงฝุ่นจากยางรถยนต์ที่ทำการอบไล่ความชื้นก่อน เพื่อป้องกันการเกิดการพองตัวของเทปใสที่ใช้เก็บรอยลายนิ้วมือแฝง และเพื่อป้องกันการจับตัวเป็นก้อนของผงฝุ่นที่อาจเกิดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศกับอุณหภูมิภายนอก หลังจากนั้นนำมาผ่านการลดขนาดด้วยตะแกรงร่อนขนาด 400 mesh เนื่องจากผงฝุ่นจากยางรถยนต์มีขนาดใหญ่และไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นในการนำผงฝุ่นจากยางรถยนต์มาใช้ในการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงทางนิติวิทยาศาสตร์จึงจำเป็นต้องมีการลดขนาดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำให้ปรากฏขึ้นของลายนิ้วมือแฝง (แสดงดังตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ตารางแสดงผลของขนาดอนุภาคของผงฝุ่นทำการวัดด้วยเครื่อง Particle size analysis

ชนิดของผงฝุ่น	ขนาดอนุภาค (μm)	S.D.
ผงฝุ่นที่นำเข้าจากประเทศสหรัฐอเมริกา	319	28.9
ผงฝุ่นที่นำเข้าจากประเทศญี่ปุ่น	39.5	0.56
ผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์ (ผ่านการอบและผ่านตะแกรงร่อน)	45.9	3.49
ผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์	642	8.05

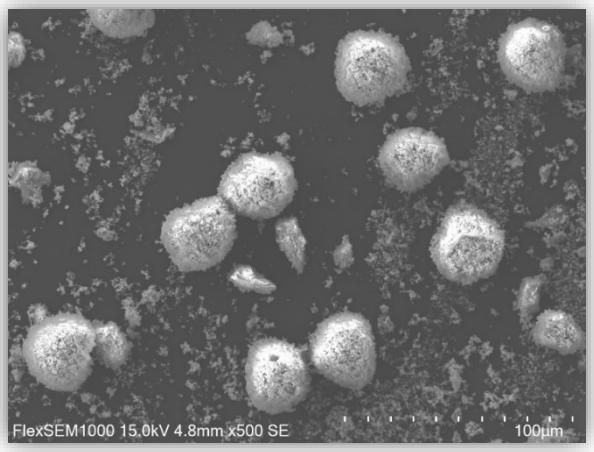
S.D. หมายถึง ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากผลการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคของผงฝุ่นประเภทต่างๆ แสดงให้เห็นในตารางที่ 2 ว่ามีความแตกต่างของขนาดอนุภาคแต่ละตัวอย่างๆ ชัดเจน ผงฝุ่นก่อนแปรสภาพจะมีขนาดใหญ่กว่าผงฝุ่นที่ผ่านการแปรสภาพแล้ว ดังนั้นการอบและนำมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 400 mesh แสดงให้เห็นว่ามีขนาดผงฝุ่นมีขนาดเล็กลงและใกล้เคียงกับผงฝุ่นที่ผลิตในประเทศญี่ปุ่น นอกจากนี้ ยังได้ทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบลักษณะพื้นผิวของผงฝุ่น โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (SEM) ซึ่งผลการวิจัยปรากฏดังภาพที่ 2 - 5

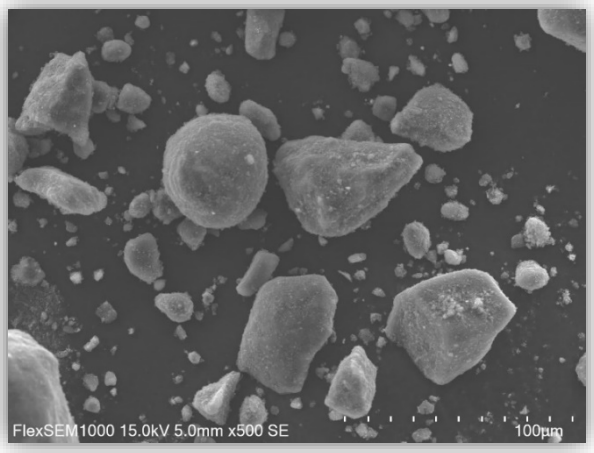


ภาพที่ 2 ผลการตรวจวิเคราะห์ลักษณะของผงฝุ่นที่นำเข้าจากประเทศญี่ปุ่น โดยใช้ SEM

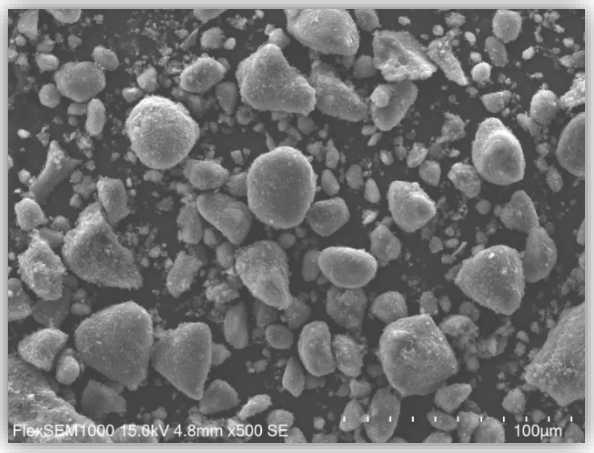
จากภาพแสดงการกระจายตัวของอนุภาค และลักษณะพื้นผิวของผงฝุ่นที่นำเข้าจากประเทศญี่ปุ่น จะเห็นได้ว่าอนุภาคมีการกระจายตัวไม่สม่ำเสมอ และขนาดอนุภาคที่ปรากฏเป็นการปะปนกันระหว่างอนุภาคขนาดต่างๆ โดยไม่มีรูปแบบที่แน่นอน



ภาพที่ 3 ผลการตรวจวิเคราะห์ลักษณะของผงฝุ่นที่ผลิตขึ้นในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยใช้ SEM



ภาพที่ 4 ผลการตรวจวิเคราะห์ลักษณะของผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์ (ไม่ผ่านตะแกรงร่อน) โดยใช้ SEM



ภาพที่ 5 ผลการตรวจวิเคราะห์ลักษณะของผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์
(ผ่านการอบและผ่านตะแกรงร่อน) โดยใช้ SEM

ภาพข้างต้นแสดงให้เห็นว่าผงฝุ่นที่นำเข้าจากต่างประเทศจะมีขนาดเล็กกว่าผงฝุ่นที่ผลิตขึ้นและผงฝุ่นหลังแปรสภาพจะมีขนาดเล็กกว่าผงฝุ่นก่อนแปรสภาพ

จากการศึกษาผลการเปรียบเทียบการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงระหว่างผงฝุ่นที่พัฒนาขึ้นจากผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์ที่ผ่านกระบวนการไพโรไลซิส กับผงฝุ่นดำที่นำเข้าจากต่างประเทศ โดยการวิเคราะห์จากระดับคุณภาพของลายนิ้วมือแฝงทำการวิเคราะห์ระดับคุณภาพความคมชัดสมบูรณ์ของลายนิ้วมือแฝงโดยอาศัยเกณฑ์การแปลค่าคะแนนเฉลี่ยของจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษ (minutiae) ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงการวิเคราะห์เชิงคุณภาพของการตรวจหาลายพิมพ์นิ้วมือแฝงด้วยผงฝุ่นทั้ง 3 ชนิด

ชนิดพื้นผิวและผงฝุ่น		$\bar{X}$	ระดับคุณภาพ
แก้วกระจก	ผงฝุ่นที่ผลิตในประเทศสหรัฐอเมริกา	36.3	สูง
	ผงฝุ่นที่ผลิตในประเทศญี่ปุ่น	33.3	สูง
	ผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์	33.7	สูง
แก้วพลาสติก	ผงฝุ่นที่ผลิตในประเทศสหรัฐอเมริกา	35.0	สูง
	ผงฝุ่นที่ผลิตในประเทศญี่ปุ่น	50.7	สูงที่สุด
	ผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์	52.7	สูงที่สุด
แฟ้มพลาสติก	ผงฝุ่นที่ผลิตในประเทศสหรัฐอเมริกา	38.3	สูง
	ผงฝุ่นที่ผลิตในประเทศญี่ปุ่น	39.7	สูง
	ผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์	38.7	สูง
ด้านหลังแผ่นซีดี	ผงฝุ่นที่ผลิตในประเทศสหรัฐอเมริกา	28.3	ปานกลาง
	ผงฝุ่นที่ผลิตในประเทศญี่ปุ่น	24.0	ต่ำ
	ผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์	27.7	ปานกลาง
กระป๋องน้ำอัดลม	ผงฝุ่นที่ผลิตในประเทศสหรัฐอเมริกา	41.0	สูง
	ผงฝุ่นที่ผลิตในประเทศญี่ปุ่น	41.7	สูง
	ผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์	41.7	สูง

หมายเหตุ* ระดับคุณภาพลายนิ้วมือแฝงแปลค่าจาก

จำนวน minutiae	**การแปลค่าของแต่ละระดับ**
44.5 - 53.3 จุด	ระดับคุณภาพของลายนิ้วมืออยู่ในระดับสูงที่สุด
35.6 - 44.4 จุด	ระดับคุณภาพของลายนิ้วมืออยู่ในระดับสูง
26.7 - 35.5 จุด	ระดับคุณภาพของลายนิ้วมืออยู่ในระดับปานกลาง
17.8 - 26.6 จุด	ระดับคุณภาพของลายนิ้วมืออยู่ในระดับต่ำ
17.8 - 9.0 จุด	ระดับคุณภาพของลายนิ้วมืออยู่ในระดับต่ำที่สุด

สรุปผลการวิจัย

จากการนำผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์ และผงฝุ่นมาตรฐานจากประเทศสหรัฐอเมริกา และประเทศญี่ปุ่น ไปทำการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคของผงฝุ่นด้วยเครื่อง Particle size analysis จะเห็นได้ว่ามีความแตกต่างของขนาดอนุภาคแต่ละตัวอย่างที่ชัดเจน โดยผงฝุ่นที่นำเข้าจากประเทศสหรัฐอเมริกา มีขนาดอนุภาค 319 ± 28.9 μm ผงฝุ่นที่นำเข้าจากประเทศญี่ปุ่น มีขนาดอนุภาค 39.5 ± 0.56 μm และผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์ก่อนแปรสภาพจะมีขนาดใหญ่กว่าก่อนที่จะนำมาแปรสภาพอยู่ที่ขนาดอนุภาค 642 ± 8.05 μm และเมื่อผ่านการอบและผ่านตะแกรงขนาด 400 mesh แสดงให้เห็นว่ามีขนาดผงฝุ่นมีขนาดเล็กลงอยู่ที่ 45.9 ± 3.49 μm ซึ่งมีความใกล้เคียงกับผงฝุ่นที่นำเข้าจากประเทศญี่ปุ่นเมื่อพิจารณาจากการปรากฏขึ้นของรอยลายนิ้วมือแฝงของผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์และผงฝุ่นมาตรฐานจากประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศญี่ปุ่น พบว่า ผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์ สามารถตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวทั้ง 5 ชนิดได้ แต่มีความคมชัดแตกต่างกันในแต่ละพื้นผิววัตถุ โดยบนพื้นผิวแก้วพลาสติกมีความมากที่สุด รองลงมาคือ กระป๋องน้ำอัดลม แฟ้มพลาสติก แก้วกระจก และด้านหลังแผ่นซีดี ตามลำดับ สำหรับผงฝุ่นมาตรฐานที่นำเข้าจากประเทศสหรัฐอเมริกา และประเทศญี่ปุ่นให้ผลการศึกษาในลักษณะที่ใกล้เคียงกัน โดยผงฝุ่นที่นำเข้าจากประเทศสหรัฐอเมริกาให้ความคมชัดบนพื้นผิวกระป๋องน้ำอัดลมมากที่สุด รองลงมาคือ แฟ้มพลาสติก แก้วกระจก แก้วพลาสติก และด้านหลังแผ่นซีดี มีความคมชัดตามลำดับ

อภิปรายผล

จากการศึกษาการวิจัยครั้งนี้เป็นการนำยางรถยนต์ที่ใช้แล้วมาทำการแปรสภาพ ซึ่งถือเป็นผลผลิตที่ได้จากการนำสิ่งของที่ไม่ใช้แล้วกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยผ่านกระบวนการไพโรไลซิสที่เป็นกระบวนการทางเคมีความร้อนที่เปลี่ยนรูปของชีวมวลเป็นผงฝุ่น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wiranarongkorn and Arpornwichanop (2015) ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับเรื่องการพัฒนากระบวนการไพโรไลซิส ที่สามารถนำมาใช้งานได้จริงในเชิงพาณิชย์ โดยมีการพัฒนากระบวนการไพโรไลซิสในรูปของเทคโนโลยีกำจัดขยะประเภทขยะ พลาสติก และยางรถยนต์ใช้แล้ว สามารถนำมาทำให้เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ถ่าน น้ำมัน และแก๊สไม่กลั่นตัว นอกจากนี้ ยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย รวมถึงงานวิจัยในครั้งนี้ที่ได้นำผลิตภัณฑ์จากการกำจัดยางรถยนต์ที่ผ่านกระบวนการไพโรไลซิส และได้เป็นผลิตภัณฑ์ผงฝุ่นที่เรียกว่า “คาร์บอนแบล็ค” ซึ่งเป็นส่วนผสมอย่างหนึ่งในการผลิตยาง ที่มีคุณสมบัติทนต่อแรงเสียดทาน มีความยืดหยุ่นสูง และมีขนาดของเม็ดเท่ากันอย่างสม่ำเสมอปลอดการปนเปื้อน (Thanasukarn et al, 2012) อย่างไรก็ตาม ในการการกำจัดยางรถยนต์ที่ผ่านกระบวนการไพโรไลซิสเป็นการกำจัดของที่ไม่ใช้แล้วมาทำลายเพื่อไปใช้ต่อในรูปแบบต่างๆ เช่น ถ่าน เชื้อเพลิงในการเผาไหม้ เป็นต้น แต่ยังไม่พบว่ามีการนำผงฝุ่นที่ได้จะกระบวนการไพโรไลซิสมาใช้ในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำผงฝุ่นจากยางรถยนต์ที่ได้จากการแปรสภาพมาประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาเป็นผงฝุ่นดำปัดหารอยนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวชนิดเรียบ โดยการทดลองบนวัตถุพื้นผิวเรียบไม่มีรูพรุน 5 ชนิด ได้แก่ แก้วกระจก แก้วพลาสติก แฟ้มพลาสติก ด้านหลังแผ่นซีดี และกระป๋องน้ำอัดลม ซึ่งสารประกอบของรอยลายนิ้วมือแฝงจะไม่ถูกดูดซับเข้าไปในพื้นผิวของวัตถุ แต่จะเกาะอยู่ด้านบนของพื้นผิว และจากการศึกษาพบว่าวัตถุพยานประเภทนี้เป็นวัตถุพยานที่แท้จริง (REAL EVIDENCE) เป็นพยานวัตถุที่มีความชัดแจ้งในตัวเอง และเป็นพยานหลักฐานที่มีความสำคัญที่สุด พบที่ในสถานที่เกิดเหตุบ่อยครั้งและสามารถนำมาใช้เพื่อยืนยันการกระทำผิดในคดีนั้นๆ ได้โดยตรง หรือนำไปเชื่อมโยงเกี่ยวพันกับคดีได้ โดยวัตถุพยานประเภทนี้จะสามารถถ่ายทอดหรือโยกย้าย

(Transfer Evidence) เป็นวัตถุพยานที่เกิดขึ้นจากการสัมผัสระหว่างบุคคลกับวัตถุ วัตถุพยานที่เป็นรูปแบบนี้เป็นสิ่งที่มีประโยชน์อย่างยิ่งในการประมวลเรื่องราวหรือเหตุการณ์ในคดี และการนำสิ่งเหล่านี้มาใช้เพื่อวิเคราะห์สถานที่เกิดเหตุ (Lee, 1994)

จากการพัฒนาฝุ่นสำหรับตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง โดยการนำยางรถยนต์เก่าผ่านกระบวนการไพโรไลซิสมาใช้เป็นผงฝุ่นสำหรับตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพื้นผิวเรียบไม่มีรูพรุน โดยการลดขนาดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำให้ปรากฏขึ้นของลายนิ้วมือแฝง (Sodhi & Kaur, 2001) จากผลการวิจัยพบว่า เมื่อทำการเปรียบเทียบขนาดอนุภาคของผงฝุ่นระหว่างผงฝุ่นที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นกับผงฝุ่นที่นำเข้าจากประเทศญี่ปุ่นและประเทศสหรัฐอเมริกา ด้วยเครื่อง Particle Size Analysis จะพบความแตกต่างของขนาดอนุภาคแต่ละตัวอย่างที่ชัดเจน โดยผงฝุ่นที่นำเข้าจากประเทศสหรัฐอเมริกา มีขนาดอนุภาคเท่ากับ 319 μm ผงฝุ่นที่นำเข้าจากประเทศญี่ปุ่นมีขนาดอนุภาค เท่ากับ 39.5 μm และผงฝุ่นที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นก่อนแปรสภาพ มีขนาดอนุภาคเท่ากับ 642 μm และหลังแปรสภาพผ่านการอบและตะแกรงร่อน ขนาด 400 mesh จะทำให้ผงฝุ่นมีขนาดเล็กลง เท่ากับ 45.9 μm ซึ่งมีความใกล้เคียงกับผงฝุ่นที่นำเข้าจากประเทศญี่ปุ่น แต่ใกล้เคียงกับผงฝุ่นที่นำเข้าจากประเทศสหรัฐอเมริกา สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sangkaew (2012) พบว่า ผงฝุ่นมีสีน้ำตาลที่ได้จากถ่านหินมีอนุภาคใหญ่กว่าผงฝุ่นที่นำเข้าจากประเทศญี่ปุ่นแต่ใกล้เคียงกับผงฝุ่นที่นำเข้าจากสหรัฐอเมริกา

เมื่อนำผงฝุ่นยางรถยนต์ที่ผ่านกระบวนการไพโรไลซิสที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น มาทำการปัดหารอยลายนิ้วมือแฝงภายหลังจากประทับลายนิ้วมือบนวัตถุพื้นผิวเรียบไม่มีรูพรุนทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ 1) แก้วกระจก 2) แก้วพลาสติก 3) แฟ้มพลาสติก 4) ด้านหลังแผ่นซีดี และ 5) กระป๋องน้ำอัดลม พบว่า ผงฝุ่นที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นให้คุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ตรวจเก็บได้จากตัวอย่าง 5 ชนิด มีความเข้มและมีความคมชัดของลายเส้น ทำให้ผู้เชี่ยวชาญสามารถแยกลายเส้นและตรวจวิเคราะห์จำนวนจุดลักษณะพิเศษได้สูงที่สุดเท่ากับ 52.7 จุด ซึ่งหมายถึง รอยลายนิ้วมือแฝงมีคุณภาพอยู่ในระดับสูงที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sodhi and Kaur (2001) กล่าวว่า ขนาดอนุภาคของผงฝุ่นจะยึดจับกับลายเส้นของลายนิ้วมือได้นั้นขนาดอนุภาคของ ผงฝุ่นที่มีขนาดเล็กจะยึดจับกับรอยลายนิ้วมือได้ดีกว่าผงฝุ่นที่มีขนาดใหญ่กว่า และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Amornmongkol (2009) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่องการพัฒนาผงฝุ่นเพื่อใช้ในงานนิติวิทยาศาสตร์ โดยใช้คาร์บอนแบล็คซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันเตา ผลการวิจัยพบว่า ลักษณะผงฝุ่นโดยรวมมีความละเอียด มีความเข้ม การกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ ทำให้เกิดความคมชัดของลายเส้น และสามารถแยกลายเส้นของลายนิ้วมือได้อย่างชัดเจน

จากการศึกษาของผู้วิจัย พบว่า รอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏขึ้นบนพื้นผิวแก้วพลาสติก มีคุณภาพมากกว่าพื้นผิวชนิดอื่นๆ โดยมีค่าเฉลี่ยของจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษเท่ากับ 52.7 และพบว่ารอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏขึ้นบนพื้นผิวด้านหลังแผ่นซีดี ให้คุณภาพอยู่ในระดับปานกลาง โดยมีค่าเฉลี่ยของจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษเท่ากับ 27.7 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Thongthammachad and Witchuwanich (2019)ได้ทำการศึกษา เรื่องการพัฒนาผงฝุ่นจากแกลบดำสำหรับการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวที่แตกต่างกัน โดยศึกษาบนวัตถุประเภทพื้นผิวเรียบไม่มีรูพรุน พบว่า ผงฝุ่นที่นำเข้าจากต่างประเทศที่บนพื้นผิวประเภทพลาสติก ให้ผลรอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏมีความสมบูรณ์และคมชัดมากกว่าบนพื้นผิวประเภทกระจกและผงฝุ่นที่ผลิตขึ้นจากแกลบดำที่บนพื้นผิวประเภทกระจก ให้ผลรอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏมีความสมบูรณ์และคมชัดมากกว่าบนพื้นผิวประเภทพลาสติก

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยจำนวนจุดมิวนูเชียที่ตรวจเก็บได้จากรอยลายนิ้วมือแฝงโดยวิธีปัดผงฝุ่นจากผงฝุ่นที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นและผงฝุ่นที่นำเข้าจากประเทศญี่ปุ่นและประเทศสหรัฐอเมริกา ที่ระดับความเชื่อมั่น

ร้อยละ 95 พบว่า ค่าเฉลี่ยจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษบนพื้นผิวแก้วกระจก แฟ้มพลาสติก ด้านหลังแผ่นซีดี และกระป๋องน้ำอัดลมที่ตรวจเก็บได้ด้วยผงฝุ่นที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นกับผงฝุ่นที่นำเข้าจากทั้งสองประเทศ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่จำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษที่ตรวจเก็บได้บนแก้วพลาสติก ด้วยผงฝุ่นที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นกับผงฝุ่นที่นำเข้าจากประเทศสหรัฐอเมริกา มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chaiheng and Witchuwanich (2019) ได้ทำการศึกษาการปรากฏขึ้นของลายนิ้วมือแฝงด้วยผงฝุ่นจากสปอร์เฟิร์นริบบิ้น (*Ophioglossum pendulum* L.) และเปรียบเทียบคุณภาพรอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวแผ่น อะลูมิเนียม กระจก และพลาสติก จากค่าเฉลี่ยจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษ (มิวนูเชีย) เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยจำนวนจุดมิวนูเชียที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่า จำนวนจุดมิวนูเชียที่ได้จากแผ่นอะลูมิเนียมและกระจกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่จำนวนจุดมิวนูเชียได้จากแผ่นอะลูมิเนียมและกระจกแตกต่างกับพื้นผิวพลาสติกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากผลการศึกษา พบว่า แก้วพลาสติกมีค่าเฉลี่ยจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษที่ตรวจเก็บด้วยผงฝุ่นยางรถยนต์ที่ผ่านกระบวนการไพโรไลซิสที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมากที่สุดเมื่อเทียบกับพื้นผิวชนิดอื่นๆ โดยมีค่าเฉลี่ยของจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษเท่ากับ 52.7 ทั้งนี้ เนื่องจากแก้วพลาสติกที่นำมาใช้ในการทดลองเป็นแก้วพลาสติกแบบใสที่ใช้เป็นแบบ PP พอลิโพรไพลีน (Polypropylene) ซึ่งมีคุณสมบัติแข็ง ทนทานต่อการขีดข่วนคงตัวไม่เสียรูปง่าย และมีความยืดหยุ่น น้ำหนักเบา มีความต้านทานการซึมผ่านของไอน้ำและก๊าซได้ดี ทนทานต่อสารเคมี ได้แก่ กรด ด่าง แอลกอฮอล์ ตัวทำละลายอินทรีย์ แต่จะเกิดการพองตัว อ่อนนิ่ม หรือพื้นผิวเป็นรอยได้ในสารเคมีที่มีองค์ประกอบเป็นคลอรีน หรือไฮโดรคาร์บอนทั้งชนิดอะโรมาติกและอะลิฟาติก เนื่องจากพอลิโพไพลีนมีคุณสมบัติไม่มีขั้วสามารถดูดซึมสารที่ไม่มีขั้วได้ดี (Vandapac Company Limited, (2020) ดังนั้น เมื่อมีการสัมผัสจึงเกิดร่องรอยได้ง่าย ประกอบกับการนำผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์ที่ผ่านกระบวนการไพโรไลซิส โดยสัดส่วนของผลิตภัณฑ์จากกระบวนการไพโรไลซิสยางนั้นจะมีปริมาณออกซิเจนต่ำมีอัตราส่วนไฮโดรเจนต่อคาร์บอนอะโรมาติกสูง และมีองค์ประกอบของสารประกอบประเภทอะลิฟาติกและอะโรมาติก (Wiranarongkorn and Arpornwichanop, 2015) จึงทำให้เกิดการยึดติดของลายนิ้วมือมากที่สุด

อย่างไรก็ตามพื้นผิววัสดุที่ใช้ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ มีความแตกต่างกันความสามารถในการยึดเกาะของผงฝุ่นกับพื้นผิววัสดุจึงไม่เท่ากัน ส่งผลให้การปรากฏขึ้นของรอยลายนิ้วมือแฝงแตกต่างกัน นอกจากนี้ Sodhi and Kaur (2003) กล่าวว่า การใช้ผงฝุ่นกับรอยลายนิ้วมือแฝงเป็นวิธีที่ง่ายและนิยมใช้กันมากที่สุด และเป็นเทคนิคดั้งเดิมที่ไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ให้ยุ่งยาก มีเฉพาะแปรงปัดผงฝุ่นและเทปลอกลายนิ้วมือแฝงก็สามารถเก็บหลักฐานได้ ก็สามารถนำไปใช้ทั้งในสถานที่เกิดเหตุและห้องปฏิบัติการ แต่อย่างไรก็ตามผงฝุ่นที่ใช้มีหลากหลายชนิด “จึงควรใช้ให้เหมาะกับสถานการณ์นั้นๆ” เพื่อให้เกิดผลดีควรมีผงฝุ่นที่ปลอดสารพิษหรือผงฝุ่นเรืองแสงได้ รวมทั้งมีหลากหลายขนาด หลายหลายสี และหลายองค์ประกอบ

ข้อเสนอแนะ

1. ควรเพิ่มตัวอย่างพื้นผิววัตถุที่ใช้ในการทดสอบให้มีความหลากหลายมากยิ่งขึ้นเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของผงฝุ่น และเพิ่มจำนวนซ้ำในการทดลอง รวมทั้งศึกษาระยะเวลาการคงอยู่ของรอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากที่ใช้ผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์ที่ทำให้ปรากฏรอยลายนิ้วมือแฝงขึ้นมาแล้ว

2. ควรทำการศึกษาวิธีการที่จะทำให้ผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

3. ควรทำการศึกษาผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์ ในการพัฒนาการทำเป็นหมึกพิมพ์เพื่อใช้ในการพิมพ์ลายนิ้วมือ

4. ควรนำผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์เสนอต่อหน่วยงานด้านอำนวยความยุติธรรม ได้แก่ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ สถาบันนิติวิทยาศาสตร์ เป็นต้น เพื่อเป็นทางเลือกใหม่และลดการใช้งบประมาณภาครัฐในการนำเข้าสารเคมีสำเร็จรูปสำหรับหารอยลายนิ้วมือแฝง ทั้งเป็นการสนับสนุน เพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้ง ลดปัญหาสิ่งแวดล้อม

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยชิ้นนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากโรงเรียนนายร้อยตำรวจ

เอกสารอ้างอิง

Amornmongkol, P. (2009). *The Development of Fingerprint Powder for Forensic Use*. Thesis of the Degree of Master of Science Program in Forensic Science. Nakhon Pathom: Silapakorn University. (in Thai)

Chanthanumat et al. (2019). Kinetic Study And Pyrolysis Of Palm Kernel Shell (PKS) And Palm Empty Fruit Bunches (EFB) For Bio-Oil Production. *KKU Science Journal - Khon Kaen University*, 47(3), 449 458. (in Thai).

Chaiheng, S. and Witchuwanich, W. (2019). The Latent Fingerprint Development by Using Spore of *Ophioglossum pendulum* L. on Different Surfaces. *Journal of Criminology and Forensic Science*, 5(1), 96-110. (in Thai)

Counter Crime Planning Division. (2020). *Report on the results of the implementation of the Crime Suppression Plan of the Royal Thai Police for the Fiscal Year 2020 for the 4th Quarter (July - September 2020) and fiscal year 2020*. Bangkok: The Royal Thai Police. (in Thai)

Jitkranka, S. (2008). From old tires Going into new alternative oil ... Thai people can do it. *Energy Plus*, 19, 10-14. (in Thai)

Krongthong, W. (2003). Preparation of powder samples for electron microscopy techniques. *National Metal and Materials Technology Center,* 210, 67-69. (in Thai)

Lee Henry. (1994). *Crime Scene Investigation*. Taiwan: Central Police University Press.

Sangkaew, S. (2012). *Production and evaluation of fingerprint powder made from coal*. Thesis of the Degree of Master of Science Program in Forensic Science. Silapakorn University. (in Thai)

Songnonlek, N. (2012). *Development of latent fingerprint on non-porous surface by using turmeric powder*. Thesis of the Degree of Master of Science Program in Forensic Science. Nakhon Pathom: Silapakorn University. (in Thai)

Sodhi, G. S., Kaur, J., Garg, R. K., and Kobilinsky, L. (2003). A fingerprint powder formulation based on rhodamine B dye. *Journal of Forensic Identification*, 53 (5), 551–555.

Thanasukarn et al. (2012). *Introduction to Nano Safety for industry*. Bangkok: Department of Industrial Works, Ministry of Industry. (in Thai)

Thongthammachad, R. and Witchuwanich, W. (2019). The Development of Fingerprint Powder Made from Black Rice Husk for Detecting Latent Fingerprints on Different Types of Surfaces. *Journal of Criminology and Forensic Science,* 5(2), 87-103. (in Thai)

Vandapac Company Limited. (2020). *Polypropylene.* [Online]. Retrieved December 23, 2020, from: https://sites.google.com/site/kaewphlastik/phlastik-pp-phx-li-phor-phi-lin-polypropylene. (in Thai)

Wiranarongkorn, K. and Arpornwichanop, A. (2015). Pyrolysis. *Energy & Environmental*, (42)241, 61 64. (in Thai)

คำแนะนำในการเตรียมและการส่งต้นฉบับ

วารสารศรีปทุมปริทัศน์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กองบรรณาธิการ วารสารศรีปทุมปริทัศน์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม มีความยินดีที่จะรับบทความจากทุกท่าน เพื่อตีพิมพ์และเผยแพร่ในวารสาร เพื่อความสะดวกในการพิจารณา จึงขอแนะแนวทางการเตรียมต้นฉบับและส่งต้นฉบับ ดังนี้

ประเภทของบทความ

1. บทความวิจัย (Research Article) หมายถึง เป็นการนำเสนอผลการวิจัยอย่างเป็นระบบ กล่าวถึงความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ ขอบเขตการวิจัย การดำเนินการวิจัย ผลการวิจัย สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

2. บทความวิชาการ (Academic Article) หมายถึง งานเขียนซึ่งเป็นเรื่องที่น่าสนใจ เป็นความรู้ใหม่ กล่าวถึง ความเป็นมาของปัญหา วัตถุประสงค์ แนวทางการแก้ปัญหา มีการใช้แนวคิดทฤษฎี ผลงานวิจัยจากแหล่งข้อมูล เช่น หนังสือวารสารวิชาการ อินเทอร์เน็ต ประกอบการวิเคราะห์ วิจารณ์ เสนอแนวทางการแก้ไข

3. บทความปริทัศน์ (Review Article) หมายถึง งานวิชาการที่ประเมินสถานะล่าสุดทางวิชาการ เฉพาะทางที่มีการศึกษาค้นคว้า มีการวิเคราะห์และสังเคราะห์องค์ความรู้ ทั้งทางกว้างและทางลึกอย่างทันสมัย โดยให้ข้อวิพากษ์ที่ชี้ให้เห็นแนวโน้มที่ควรศึกษาและพัฒนาต่อไป

4. บทวิจารณ์หนังสือ (Book Review) หมายถึง บทความที่วิพากษ์วิจารณ์เนื้อหาสาระ คุณค่า และคุณูปการ ของหนังสือ บทความ หรือผลงานสิ่งประดิษฐ์ โดยใช้หลักวิชาและดุลพินิจ อันเหมาะสม

องค์ประกอบของบทความ

1. บทความวิจัย (Research Article)

บทความวิจัย ประกอบด้วยหน้าชื่อเรื่อง บทคัดย่อ และเนื้อหาของบทความ โดยมีข้อมูลตามลำดับดังนี้ ชื่อเรื่อง ชื่อผู้เขียน สังกัด (ภาควิชา คณะ สถาบัน) และอีเมล์ 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)

2. บทความวิชาการ (Academic Article)

บทความวิชาการ ประกอบด้วยชื่อเรื่อง บทคัดย่อ และเนื้อหาของบทความ โดยเรียงลำดับดังนี้ ชื่อเรื่อง ชื่อผู้เขียน สังกัด (ภาควิชา คณะ สถาบัน) และอีเมล์ของผู้นิพนธ์ สำหรับติดต่อ ในส่วนบทคัดย่อ ต้องระบุถึงวัตถุประสงค์ หัวสำคัญที่นำเสนอ สรุป และข้อเสนอแนะ โดยเนื้อหาในบทคัดย่อความยาวไม่เกิน 250 คำ ในกรณีที่ต้นฉบับเป็น

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

3. บทความปริทัศน์ (Review Article)

บทความปริทัศน์ ประกอบด้วยชื่อเรื่อง ชื่อผู้เขียน สังกัด (ภาควิชา คณะ สถาบัน) และอีเมล์ของผู้เขียนสำหรับติดต่อ บทความปริทัศน์เป็นการนำเสนอภาพรวมของเรื่องที่น่าสนใจ ในส่วนของเนื้อหาของบทความ ต้องมีบทนำ เพื่อกล่าวถึงความน่าสนใจของเรื่องที่นำเสนอก่อนเข้าสู่เนื้อหาในแต่ละประเด็น และต้องมีบทสรุปเรื่องที่เสนอพร้อมข้อเสนอแนะจากผู้เขียนเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวสำหรับให้ผู้อ่านได้พิจารณาประเด็นที่น่าสนใจต่อไปผู้เขียนควรตรวจสอบเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับบทความที่นำเสนออย่างละเอียด โดยเฉพาะอย่างยิ่งเนื้อหาที่ใหม่ที่สุด ข้อมูลที่นำเสนอจะต้องไม่จำเพาะเจาะจงเฉพาะผู้อ่านที่อยู่ในสาขาของบทความเท่านั้น แต่ต้องนำเสนอข้อมูลที่ซึ่งผู้อ่านในสาขาอื่นสามารถเข้าใจได้

4. บทวิจารณ์หนังสือ (Book Review)

บทวิจารณ์หนังสือ ประกอบด้วยชื่อเรื่อง ชื่อผู้เขียน สังกัด (ภาควิชา คณะ สถาบัน) และอีเมล์ของผู้เขียนสำหรับติดต่อ ชื่อเรื่องของบทวิจารณ์หนังสือควรเรียกร้องความสนใจของผู้อ่านและสื่อความหมายได้ชัดเจน เช่น ตั้งชื่อตามชื่อหนังสือที่ต้องการวิจารณ์ ตั้งชื่อตามจุดมุ่งหมายของเรื่อง ตั้งชื่อด้วยการให้ประเด็น ชวนคิด ชวนสงสัย 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 ขนาดของตัวอักษร18 ตัวหนา ส่วนชื่อ-นามสกุลผู้เขียนและสังกัด ให้เขียนทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ทั้งนี้ ชื่อผู้เขียนให้ใช้ตัวอักษร TH Sarabun PSK ขนาดของตัวอักษร 16 ตัวหนา และไม่ต้องระบุคำนำหน้าชื่อ เช่น นาย นาง นางสาว ดร. ผศ. รศ. ศ. เป็นต้น ส่วนสังกัดให้ใช้ตัวอักษร TH Sarabun PSK ขนาดของตัวอักษร 16 ตัวหนา ให้ระบุสาขาวิชา ภาควิชา คณะ สถาบัน หรือหน่วยงานที่สังกัด พร้อมอีเมล์ในการติดต่อ ทั้งนี้ กรณีมีผู้เขียนมากกว่า 1 คน ให้ระบุด้วยว่าใคร คือ ผู้ประสานงานหลัก (Corresponding Author)

3. บทคัดย่อ (Abstract): หัวข้อบทคัดย่อให้ใช้ตัวอักษร TH Sarabun PSK ขนาดของตัวอักษร 18 ตัวหนาและชิดซ้าย 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 ตัวหนาและชิดซ้าย 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 ยกเว้นแนวคิดหรือทฤษฎีที่เกิดมาก่อน 10 ปีและในปัจจุบันยังมีผู้นำมาใช้ 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)

วัชรีวรรณ จิตต์สกุล และสุนันฑา 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). *โลกาภิวัฒน์* [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)

ทนุวงศ์ จักษุพา และเทพฤทธิ์ บัณฑิตวัฒนาวงศ์. (2558). “ออนโทโลจีปัจจัยคุณภาพสำหรับออกข้อสอบภาคปฏิบัติสาขาไอที.” *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)

ทนุวงศ์ จักษุพา. (2559). *การพัฒนาออนโทโลจีปัจจัยเชิงคุณภาพสำหรับระบบค้นหาเชิงความหมาย ในการออกข้อสอบภาคปฏิบัติสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ.* วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ. มหาวิทยาลัยศรีปทุม.

7. บทความทุกเรื่องที่ส่งให้กองบรรณาธิการพิจารณา ต้องไม่ได้รับการเผยแพร่ที่ใดมาก่อน 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 2 ท่าน ตรวจสอบและประเมินคุณภาพของบทความ ผู้เขียนจะต้องจ่ายค่าดำเนินการ (Operation fee) ในอัตรา 4,000 บาท ต่อ 1 บทความ โดยใช้วิธีการโอนเงินเข้าบัญชีธนาคารและส่งสลิปเงินโอนมาที่กองบรรณาธิการวารสารศรีปทุมปริทัศน์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ผ่านช่องทางอีเมล research@spu.ac.th หรือทางไปรษณีย์

(1) ชื่อบัญชีธนาคาร

ธนาคารกรุงเทพ สาขามหาวิทยาลัยศรีปทุม
ชื่อบัญชี มหาวิทยาลัยศรีปทุม ประเภทบัญชี ออมทรัพย์
เลขที่บัญชี 006-8-07686-8

(2) กองบรรณาธิการ วารสารศรีปทุมปริทัศน์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ที่อยู่ ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนางานวิจัย มหาวิทยาลัยศรีปทุม
เลขที่ 2410/2 ถนนพหลโยธิน แขวงเสนานิคม เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทรศัพท์ 0-2579-1111 ต่อ 1331, 1252, 1155 โทรสาร ต่อ 2187

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 4,000 บาท ต่อ 1 บทความ และบรรณาธิการจะส่งบทความให้ผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer reviewers) ในสาขาที่เกี่ยวข้องจำนวน 2 ท่าน เพื่อตรวจสอบคุณภาพของบทความก่อนลงตีพิมพ์ โดยผู้ประเมินไม่ทราบชื่อผู้แต่งและผู้แต่งไม่ทราบชื่อผู้ประเมินบทความ (Double-blind peer review) ทั้งนี้ การจ่ายเงินค่าดำเนินการให้จ่ายผ่านระบบการโอนเข้าบัญชีธนาคารเท่านั้น

4. เมื่อผู้ทรงคุณวุฒิได้พิจารณากลั่นกรองบทความเรียบร้อยแล้ว กองบรรณาธิการจะพิจารณาว่าบทความนั้นๆ ควรได้ลงตีพิมพ์ (Accept) หรือควรจะส่งคืนให้ผู้เขียนแก้ไขเพื่อพิจารณาอีกครั้งหนึ่ง (Major/Minor Revision) หรือควรแจ้งปฏิเสธการลงตีพิมพ์ (Reject)

5. กองบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์ในการพิจารณาและตัดสินการตีพิมพ์บทความในวารสาร และจะไม่คืนเงินไม่ว่าในกรณีใดๆ

SPU
SRIPATUM UNIVERSITY

แบบฟอร์มส่งบทความเพื่อพิจารณานำลงวารสารศรีปทุมปริทัศน์

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

เรียน บรรณาธิการ

ข้าพเจ้า (นาย/นาง/นางสาว).....

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

คณะ.....มหาวิทยาลัย .....

ขอส่ง ( ) บทความวิจัย ( ) บทความวิชาการ

( ) บทวิจารณ์หนังสือ ( ) บทความปริทัศน์

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก .....

ชื่อเรื่อง (ภาษาไทย) .....

.....

ชื่อเรื่อง (ภาษาอังกฤษ) .....

.....

คำสำคัญ (ภาษาไทย) .....

Keywords (ภาษาอังกฤษ) .....

ชื่อผู้เขียน (ภาษาไทย) .....

.....

ชื่อผู้เขียน (ภาษาอังกฤษ) .....

.....

ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก .....หมู่ที่.....ซอย.....

ถนน.....ตำบล/แขวง.....อำเภอ/เขต.....

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

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

ข้าพเจ้าขอรับรองว่าบทความนี้

( ) เป็นผลงานของข้าพเจ้าแต่เพียงผู้เดียว

( ) เป็นผลงานของข้าพเจ้าและผู้ร่วมงานตามชื่อที่ระบุในบทความจริง

บทความนี้ไม่เคยลงตีพิมพ์ในวารสารใดมาก่อน และจะไม่นำส่งไปเพื่อพิจารณาลงตีพิมพ์ในวารสารอื่นๆ อีก นับจากวันที่ข้าพเจ้าได้ส่งบทความฉบับนี้มายังกองบรรณาธิการวารสารศรีปทุมปริทัศน์

ลงนาม .....

(.....)

NATIONAL AND
INTERNATIONAL
SRIPATUM
UNIVERSITY
CONFERENCE
2022

วารสารศรีปทุมปริทัศน์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
SRIPATUM REVIEW OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

ปีที่ **13** มกราคม – ธันวาคม **2564**

บทความวิจัย

07 การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์วิเคราะห์สุขภาพดวงตาด้วยการรู้จำภาพและการประยุกต์ใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก
: ณัฐวดี หงษ์บุญมี, ธนวัฒน์ สิทธิโชคชัยสิริ

22 การประยุกต์ใช้นิวโรฟัซซีแบบปรับตัวได้เพื่อประเมินเวลาสำรองในโครงการก่อสร้างอุโมงค์
: ธนิตาเชษฐ์ ดวงโสมา

38 การวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อรอยยุบตัวของผลิตภัณฑ์ จากกระบวนการฉีดอัดขึ้นรูปพลาสติก
: ภาสกร จั่นชาวนา, มนัส เหรัญญกิจ, สถาพร ชาตาคม

54 การพัฒนาเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัล
: กิตติภัฏ รัตนจันทร์, สุนทร สิทธิสกุลเจริญ, ศรายุทธ เงินทอง, วัชระ ลายลักษณ์, ณรงค์เดช พัฒนไพบูลย์, พระสุธีรัตนบัณฑิตฺ, พระมหาเสรีชน พันธ์ประโคน

65 ขั้นตอนวิธีการสร้างเครื่องมือต้นแบบวิเคราะห์แนวโน้มภาวะโรคซึมเศร้าจากการสังเกตพฤติกรรมขณะทำแบบประเมินภาวะซึมเศร้า PHQ-9 ผ่านโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ
: ณัฐรฐนนท์ กานต์รวีกุลธนา, สัจจาภรณ์ ไวจรรยา, ณัฐโชติ พรหมฤทธิ์, อภิษฎา กอสนาน

83 การสร้างภาพความละเอียดสูงจากภาพขนาดเล็กด้วยเทคนิค IE-T
: อัฐพร กิ่งบู, ปฏิมากร จริยฐิติพงศ์

100 การพัฒนาสื่อประสมเรื่องการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พืชท้องถิ่น ในชุมชนวัดช่อแล อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่
: ศศิณิส์กา พัชรธนโรจน์, พริ้มไพร วงศ์ชมภู

115 ระบบผู้เชี่ยวชาญการใช้สมุนไพรรักษาโรคบนฐานความรู้ภูมิปัญญาสุขภาพด้วยเทคนิคการจำแนกข้อมูลแบบต้นไม้ตัดสินใจ
: อัจฉรา สุมังเกษตร, ณัฐวุฒิ ศรีวิบูลย์

128 ระบบพยากรณ์ความเสี่ยงภาวะหมอนรองกระดูกทับเส้นประสาทผ่านสมาร์ทโฟนด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล
: ณัฐวดี หงส์บุญมี, ติณณภพ โตม่วง

144 ระบบตรวจข้อสอบปรนัยแบบวิธีการฟนด้วยหลักการประมวลผลภาพ
: วรุตม์ บุญเลี่ยม, ศิริเรือง พัฒน์ช่วย

158 ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จของนโยบายการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากภาครัฐสู่เกษตรกร
: เมธา ศิริกูล, นลินภัสร์ บำเพ็ญเพียร, มธุรส ผ่านเมือง

172 การพัฒนาแอปพลิเคชันนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวแบบเสมือนด้วยภาพพาโนรามาในกำแพงเมืองจังหวัดเชียงใหม่
: พิมพ์ชนก สุวรรณศรี, ไพรสันต์ สุวรรณศรี, สุรดิษ จันทร์สว่าง

186 การบำบัดน้ำเสียฟาร์มสุกรโดยใช้ระบบเอสบีอาร์ที่ใช้ยางในของยางรถยนต์บรรทุกขนาดใหญ่ที่ใช้แล้วเป็นตัวกลางเคลื่อนที่
: สุริยะกิจ ย่อมมี, กิตติชนม์ เรืองศรี ภัทรนาวิก, อรรถบูรณ์ วิทูวิทยา

199 การพัฒนาผงฝุ่นจากกระบวนการไพโรไลซิสเพื่อใช้ในการตรวจลายนิ้วมือแฝง
: เนตรนภา พิมพาพร, พัชรา สินลอยมา

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

ISSN 2228 - 8724

ISSN 2228-8724
9 772228 872400

NATIONAL AND INTERNATIONAL SRIPATUM UNIVERSITY CONFERENCE 2022