

Journal of Science and Technology Buriram Rajabhat University

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์



ปีที่ 9
ฉบับที่ 1

เดือน มกราคม - มิถุนายน 2568

มหาวิทยาลัย
ราชภัฏบุรีรัมย์

คณะวิทยาศาสตร์
Faculty of
Science

ISSN 2774-0757 (Online)

บทบรรณาธิการ

วารสาร “วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์” หรือ Journal of Science and Technology Buriram Rajabhat University เป็นวารสารราย 6 เดือนที่มุ่งเน้นการเผยแพร่ผลงานวิจัยและบทความวิชาการในสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อเป็นเวทีในการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ระหว่างนักวิจัย คณาจารย์ และบุคลากรในวงการศึกษาทั้งในระดับชาติและนานาชาติ วารสารฉบับนี้นับเป็นปีที่ 9 ของการดำเนินงาน และยังคงมุ่งมั่นรักษามาตรฐานความเป็นวารสารวิชาการที่มีคุณภาพอย่างต่อเนื่อง

สำหรับวารสาร “วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์” ปีที่ 9 ฉบับที่ 1 กำหนดเผยแพร่เดือนมกราคม ถึง เดือนมิถุนายน 2568 ในฉบับนี้ประกอบด้วยบทความวิจัยจำนวนทั้งสิ้น 8 เรื่อง ครอบคลุมหลากหลายสาขาวิชา ตั้งแต่การประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์และวิทยาการข้อมูล (Data Science) ได้แก่ การนับโคโลนีของ *Escherichia coli* และ *Enterobacter aerogenes* แบบอัตโนมัติจากภาพถ่ายโดยใช้สมาร์ตโฟน ซึ่งชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของเทคโนโลยีดิจิทัลในการสนับสนุนงานวิทยาศาสตร์ชีวภาพ การจำแนกความคิดเห็นในโซเชียลมีเดียไทยเกี่ยวกับวัคซีนป้องกันโควิด-19 ด้วยเทคนิคเหมืองข้อความ ซึ่งเป็นตัวอย่างของการใช้ข้อมูลออนไลน์เพื่อทำความเข้าใจความรู้สึกและพฤติกรรมของสังคม บทความด้านสาธารณสุขอย่างเรื่องผลกระทบของปริมาณน้ำฝนต่อจำนวนผู้ป่วยโรคติดเชื้อในจังหวัดกาฬสินธุ์ ที่สะท้อนการบูรณาการข้อมูลภูมิอากาศกับสุขภาพชุมชนอย่างเป็นระบบ ในขณะที่ด้านชีววิทยาและเคมี ก็มีงานวิจัยที่น่าสนใจ ได้แก่ ผลของการพอกเมล็ดพันธุ์ฝักกาดหอมคอสไบแดงร่วมกับฮอร์โมน GA₃ ที่ชี้ให้เห็นถึงเทคนิคการเพิ่มประสิทธิภาพการเพาะปลูก และการศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพและองค์ประกอบของน้ำมันไບระกำ ซึ่งเปิดมุมมองใหม่ในการใช้พืชสมุนไพรท้องถิ่นอย่างมีคุณค่า ตลอดจนด้านวิศวกรรมและวิทยาการคอมพิวเตอร์ ที่ได้นำเสนอการพัฒนาและประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงาน ได้แก่ การพยากรณ์ความเสียหายของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ด้วยอัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่อง และการคัดเลือกผู้ส่งมอบวัตถุด้วยตัวแบบการตัดสินใจเชิงภาษาทูปเบิลในอุตสาหกรรมอาหารเสริม รวมถึงการพัฒนาแอปพลิเคชันสื่อการเรียนรู้ออนไลน์แบบมีปฏิสัมพันธ์ในเมตาเวิร์ส เพื่อเสริมสร้างทักษะดิจิทัลในยุคใหม่ ซึ่งวารสารฉบับนี้สะท้อนให้เห็นถึงการประสานระหว่างองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และข้อมูลสารสนเทศ เพื่อสร้างสรรค์นวัตกรรมที่ตอบสนองต่อความต้องการของสังคมในยุคดิจิทัลอย่างแท้จริง

ผลงานบทความวิชาการและบทความวิจัยทุกเรื่องที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารฉบับนี้ ล้วนผ่านกระบวนการกลั่นกรองอย่างเข้มข้น เพื่อรักษามาตรฐานทางวิชาการอย่างมีคุณภาพ โดยกองบรรณาธิการจะพิจารณาต้นฉบับในเบื้องต้น ทั้งในด้านความถูกต้องของเนื้อหาและรูปแบบการพิมพ์ หากรูปแบบไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด วารสารขอสงวนสิทธิ์ไม่รับพิจารณาบทความดังกล่าว ทั้งนี้ บทความที่ผ่านการพิจารณาเบื้องต้นแล้ว จะถูกส่งต่อไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกจากหลากหลายสถาบันอย่างน้อย 3 ท่าน ทำหน้าที่เป็นผู้ประเมินบทความ (Peer Reviewer) ตามกระบวนการประเมินแบบปกปิดสองทาง (Double-Blinded Peer Review) ซึ่งทั้งผู้นิพนธ์และผู้ประเมินจะไม่ทราบข้อมูลของกันและกัน เพื่อความเป็นธรรม ความโปร่งใส และลดอคติในการประเมิน ซึ่งกระบวนการดังกล่าวไม่เพียงแต่เสริมสร้างความน่าเชื่อถือให้กับวารสาร หากยังเป็นหลักประกันว่าบทความทุกชิ้นจะได้รับการประเมินคุณภาพตามลำดับขั้นตอนอย่างเป็นระบบ ส่งผลให้วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ คงไว้ซึ่งมาตรฐานและศักยภาพในฐานะแหล่งเผยแพร่ผลงานทางวิชาการที่มีคุณภาพในระดับสถาบันอุดมศึกษาและวงวิชาการในระดับชาติอย่างต่อเนื่อง

บทความที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ถือเป็นลิขสิทธิ์ของวารสารแต่เพียงผู้เดียว ทั้งนี้ ข้อเขียน ข้อคิดเห็น หรือข้อเสนอแนะต่าง ๆ ที่ปรากฏในบทความ เป็นความคิดเห็นส่วนบุคคลของผู้นิพนธ์ และอยู่ภายใต้ความรับผิดชอบของผู้นิพนธ์โดยสมบูรณ์ มิใช่ความเห็นของกองบรรณาธิการแต่อย่างใด และกองบรรณาธิการมีจำเป็นต้องเห็นพ้องกับเนื้อหาในบทความนั้นเสมอไป หากมีข้อโต้แย้งหรือประเด็นทางกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาในบทความดังกล่าว ผู้นิพนธ์จะต้องเป็นผู้รับผิดชอบในทุกกรณี ในกรณีที่บทความวิจัยมีการศึกษาในมนุษย์ ผู้นิพนธ์ต้องจัดแนบหนังสือรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรม

การวิจัยในมนุษย์ (Ethics Committee) พร้อมระบุหมายเลขหรือรหัสรับรองอย่างชัดเจนในเนื้อหาของบทความ เพื่อยืนยันว่าการดำเนินงานวิจัยเป็นไปตามหลักจริยธรรมทางวิชาการอย่างเคร่งครัด เช่นเดียวกัน หากการวิจัยมีการใช้สัตว์ทดลอง ผู้นิพนธ์จะต้องแสดงหลักฐานการรับรองจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการใช้สัตว์ในการทดลอง เพื่อประกันว่ากระบวนการดำเนินการวิจัยอยู่ภายใต้หลักสากลด้านจริยธรรมทางวิทยาศาสตร์

กองบรรณาธิการหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ปีที่ 9 ฉบับที่ 1 นี้ จะเป็นแหล่งข้อมูลทางวิชาการที่เป็นประโยชน์และสร้างแรงบันดาลใจแก่ผู้อ่านทุกท่าน ไม่ว่าจะเป็นนักวิจัย นักศึกษา คณาจารย์ หรือผู้สนใจทั่วไป ทั้งนี้หากท่านใดมีความประสงค์จะส่งบทความเพื่อตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารฉบับต่อไป กองบรรณาธิการขอเรียนเชิญด้วยความยินดี โดยบทความทุกเรื่องจะต้องผ่านกระบวนการพิจารณาอย่างรอบคอบจากผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาที่เกี่ยวข้อง เพื่อรักษามาตรฐานทางวิชาการอย่างต่อเนื่อง ในโอกาสนี้ กองบรรณาธิการใคร่ขอขอบคุณทุกท่านที่ให้การสนับสนุนวารสารด้วยดีเสมอมา และขอน้อมรับทุกข้อเสนอแนะ ตลอดจนความคิดเห็นอันเป็นประโยชน์จากผู้อ่านทุกท่าน เพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาวารสารให้มีคุณภาพสูงขึ้นอย่างยั่งยืน ทั้งในด้านเนื้อหา รูปแบบ และกระบวนการดำเนินงาน เพื่อให้วารสารฉบับนี้คงคุณค่าในฐานะแหล่งองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีมาตรฐานในระดับสากลต่อไป

บรรณาธิการ

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ มาลีณี จุฑาปะมา	อธิการบดี มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพัตรา รักการศิลป์	รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาพร ชื่นชูจิตร์	ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายงานประชุมและองค์กรสัมพันธ์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

บรรณาธิการผู้ทรงคุณวุฒิ

- | | |
|---|-----------------------------|
| 1. ศาสตราจารย์ ดร.ชิตชนก เหลือสินทรัพย์ | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 2. ศาสตราจารย์ ดร.อลงกลด แทนอมทอง | มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 3. รองศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา ประเทพา | มหาวิทยาลัยมหาสารคาม |
| 4. รองศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ ประมวล | มหาวิทยาลัยมหาสารคาม |
| 5. รองศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี ทีบแก้ว | มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 6. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกตต์จันทร์ จำปาไชยศรี | มหาวิทยาลัยนเรศวร |
| 7. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสรี ปานซาง | มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ |
| 8. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ น.สพ.ประยุทธ์ กุศลรัตน์ | มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา |
| 9. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธวัช อารีราษฎร์ | มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม |
| 10. อาจารย์ ดร.สุนันทา กลิ่นถาวร | มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม |
| 11. ผศ.ดร.ถิรนนท์ สอนแก้ว | มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง |

บรรณาธิการ

อาจารย์ ดร.ทิพวัลย์ แสนคำ

รองบรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุธีรา สุนทรารักษ์

กองบรรณาธิการ

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรัณย์ จำรัสธนสารย์
2. อาจารย์ ดร.ชาติวุฒิ ธนาจิรันธร
3. อาจารย์กิตติคุณ บุญเกตุ
4. อาจารย์พุทธชาติ ลิ้มศิริเรืองไร
5. อาจารย์สกรณ บุษบง

ผู้ทรงคุณวุฒิประจำฉบับ

1. รองศาสตราจารย์ ดร.วรปภา อารีราษฎร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
2. รองศาสตราจารย์ ดร.สามารถ ใจเตี้ย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
3. รองศาสตราจารย์จำเริญ อุ่นแก้ว มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ
4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธรัช อารีราษฎร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เมตตา เกาว์ขาลี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
6. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ราตรี คำโมง มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์
7. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนิษฐา กุลนาวิน มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
8. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เดือนฉาย ไชยบุตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
9. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ มหัทธนชัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
10. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อโนดาช รัชเวทย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
11. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประภาพันท์ ศิริจันทร์แสง มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
12. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิไลรัตน์ ยาทองไชย มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
13. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา สานุสันต์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
14. ผู้ช่วยศาสตราจารย์กิตติศักดิ์ นามวิชา มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
15. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ฉัญพรรณ ฮ่อบรรทัด มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
16. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประภัสรา ศิริจันทร์แสง มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์
17. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วชิราภักษ์ โอรสรัมย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
18. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สำคัญ ฮ่อบรรทัด มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
19. อาจารย์ ดร.ถาวรีย แสงงาม มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
20. อาจารย์ ดร.เปรม อิงคเวชชากุล มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
21. อาจารย์ ดร.ไพชยนต์ คงไชย มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
การพัฒนาแอปพลิเคชันสื่อการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ในรูปแบบเมตาเวิร์สเพื่อส่งเสริมศักยภาพการเรียนรู้รายวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อชีวิตมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.....1	
วรรณภัสร์ ปราบพาลา เดือนฉาย ไชยบุตร และ ประยูร ไชยบุตร	
การจำแนกความคิดเห็นโซเชียลมีเดียไทยเกี่ยวกับวัคซีนป้องกันโควิดโดยใช้เหมืองข้อความ.....17	
พีคอน หมายสุข และ จารีย์ ทองคำ	
ผลกระทบของปริมาณน้ำฝนต่อจำนวนผู้ป่วยโรคติดเชื้อในจังหวัดกาฬสินธุ์.....31	
ฉัตรสิริ ฉัตรฤติ วัฒนา ชยธวัช และ สุชาติ โต๊ะนาค	
ผลของการพอกเมล็ดร่วมกับฮอร์โมนพืช GA ₃ ต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมคอสไบแดง.....51	
ปุระชัย สังขาว ณรงค์ ทองสนิท สุวรรณี่ สมหิรัญ รจนา ร่วมใจ และ ชนกเนตร ชัยวิชา	
ฤทธิ์ทางชีวภาพและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันใบระกำ.....63	
สัลวา ตอปี วิภาวรรณ วงศ์สุดาลักษณ์ เสาวคนธ์ อินทร์ด้วง ผจงสุข สุธรัตน์ และ สิริมาภรณ์ วัชรกุล	
การพยากรณ์ความเสียหายสเต็มเปอร์มอเตอร์โดยใช้อัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่อง.....77	
นพฤทธิ์ ศรีวิชัย อนุพงษ์ สว่างนาค รุจิพันธ์ โกษารัตน์ และ ปิยพล ยืนยงสถาวร	
การคัดเลือกผู้ส่งมอบวัตถุดิบด้วยตัวแบบการตัดสินใจเชิงภาษาทัวบ์เพิล: กรณีศึกษาบริษัทผลิตอาหารเสริมประเภทวิตามิน.....95	
ประวีร์ ศรีพรม และ นิธิเดช คูหาทองสัมฤทธิ์	
การพัฒนาระบบ ABICS สำหรับการนับโคโลนีของ <i>Escherichia coli</i> และ <i>Enterobacter aerogenes</i> อัตโนมัติจากภาพถ่ายสมาร์ตโฟน.....113	
พงศธร ต่ายทอง และ นิธิรุจน์ พงศ์สิริเมธี	

การพัฒนาแอปพลิเคชันสื่อการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ในรูปแบบเมตาเวิร์ส
เพื่อส่งเสริมศักยภาพการเรียนรู้รายวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อชีวิต มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
Development of Interactive Learning Materials Application in the
Metaverse to Promote the Learning Potential of Information Technology
for Life Courses Phetchabun Rajabhat University

วรรณภัสร์ ปราบพาลา^{1*} เดือนฉาย ไชยบุตร² และ ประยูร ไชยบุตร³

Wannaphat Prabpala^{1*}, Dueanchai Chaibuth², and Prayoon Chaibuth³

สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์¹

Academic Resource and Information Technology Center, Phetchabun Rajabhat University¹

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์²

Information and Communication technology Programme, Faculty of Science and Technology,

Phetchabun Rajabhat University²

สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์³

Computer Science Programme, Faculty of Science and Technology, Phetchabun Rajabhat University³

Email: wannaphat.p@pcru.ac.th

Received : March 12, 2025

Revised : April 23, 2025

Accepted : May 2, 2025

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สร้างและหาประสิทธิภาพด้วยสื่อการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ในรูปแบบเมตาเวิร์ส เพื่อส่งเสริมศักยภาพการเรียนรู้ 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ก่อน และหลังเรียนด้วยสื่อการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ในรูปแบบเมตาเวิร์ส และ 3) ประเมินความพึงพอใจต่อการใช้สื่อการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ในรูปแบบเมตาเวิร์ส เพื่อส่งเสริมศักยภาพการเรียนรู้ โดยมีกลุ่มตัวอย่างใช้คัดเลือกแบบเจาะจงในกลุ่มนักศึกษา ช่วงเวลาในภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 20 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1)

แอปพลิเคชันสื่อการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ในรูปแบบเมตาเวิร์ส 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ 3) แบบประเมินความพึงพอใจต่อการใช้สื่อการเรียนรู้ การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติพื้นฐานได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้ด้วยเกณฑ์ E1/E2 และการทดสอบสมมติฐานด้วยการทดสอบค่าที (t-tests)

ผลการวิจัยพบว่า 1) สื่อการเรียนรู้เชิงปฏิสัมพันธ์ในรูปแบบเมตาเวิร์สที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 81.00/82.50 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 2) ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) ความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการใช้สื่อการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ในรูปแบบเมตาเวิร์สมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.61 อยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ : เมตาเวิร์ส การเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ แอปพลิเคชันสื่อการเรียนรู้ รายวิชาเทคโนโลยี สารสนเทศ

ABSTRACT

The purposes of this research were to: 1) develop and determine the efficiency of interactive learning media in a metaverse format to enhance learning potential; 2) compare learning achievement before and after learning with interactive learning media in a metaverse format and 3) evaluate satisfaction towards the use of interactive learning media in a metaverse format to enhance learning potential. The sample group was purposively selected and consisted of 20 students during the second semester of the 2024 academic year. The research instruments included: 1) an interactive learning media application in a metaverse format, 2) learning achievement tests, and 3) a satisfaction evaluation form for the learning media. Data analysis employed basic statistics including mean (Mean) and standard deviation (SD), analysis of learning media efficiency using the E1/E2 criteria, and hypothesis testing using t-tests.

The research findings revealed that: 1) the developed interactive learning media in a metaverse format had an efficiency of 81.00/82.50, which met the established criteria, 2) students' learning achievement after learning was significantly higher than before learning at the .05 statistical level, and 3) students' satisfaction towards the use of interactive learning media in a metaverse format had a mean score of 4.33 with a standard deviation of 0.61, indicating a high level of satisfaction.

Keywords: Metaverse, Interactive Learning, Learning Materials Application, Information Technology Course

บทนำ

ระบบการศึกษาในศตวรรษที่ 21 ได้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญจากรูปแบบการสอนแบบดั้งเดิม บทบาทของครูไม่ได้จำกัดอยู่เพียงการเป็นผู้ถ่ายทอดองค์ความรู้เท่านั้น แต่ต้องปรับตัวเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้และผู้ชี้แนะที่สามารถส่งเสริมการพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ซึ่งประกอบด้วย ทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการสื่อสาร และทักษะการทำงานร่วมกัน ซึ่งสอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561 - 2580) ที่ให้ความสำคัญกับการปรับเปลี่ยนระบบการศึกษาให้สอดคล้องกับบริบทโลกดิจิทัลและการเรียนรู้ตลอดชีวิต การจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) จึงเป็นแนวทางการสอนที่มีศักยภาพในการส่งเสริมการมีส่วนร่วมของผู้เรียนผ่านกระบวนการมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมชั้น ผู้สอน และสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ โดยเน้นการปฏิบัติจริงผ่านกระบวนการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และสร้างสรรค์ มากกว่าการเป็นผู้รับฟังหรือท่องจำเนื้อหาเพียงอย่างเดียว (ไพฑูริย์ สีนลารัตน์, 2563) ซึ่งสอดคล้องกับความต้องการในการพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21

เมตาเวิร์ส (Metaverse) ซึ่งเป็นนวัตกรรมที่มีคุณลักษณะของการเป็นแพลตฟอร์มให้ผู้เรียนสามารถมีส่วนร่วมในการคิดวิเคราะห์การทำงานร่วมกัน การมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมชั้น และผู้สอน ซึ่งส่งผลให้เกิดประสบการณ์การเรียนรู้ที่มีปฏิสัมพันธ์สูง เกิดการจดจำ และความสนใจต่อผู้เรียนภายในสภาพแวดล้อมเสมือนจริง กิตติพงษ์ พุ่มพวง และวิวัฒน์ มีสุวรรณ (2564) วิเคราะห์ว่าการจัดการเรียนการสอนบนแพลตฟอร์มเมตาเวิร์ส สามารถสร้างโอกาสใหม่ในการพัฒนาทักษะที่จำเป็นสำหรับ

ศตวรรษที่ 21 ผ่านการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ในโลกเสมือนจริง ซึ่งสอดคล้องกับ Mystakidis (2022) ที่นำเสนอว่า เมตาเวิร์สมีศักยภาพในการเพิ่มระดับการมีส่วนร่วม และความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน

ปัจจุบันรูปแบบการเรียนการสอนในรายวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อชีวิต คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ มีเพียงการเรียนการสอนแบบบรรยาย นักศึกษาจึงเป็นผู้รับข้อมูลเพียงอย่างเดียวเท่านั้น ทำให้ขาดการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้กับเพื่อนร่วมชั้น และผู้สอน อาจส่งผลต่อการจดจำ และความรู้ความเข้าใจพื้นฐานของอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ ฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ และองค์ประกอบด้านบุคลากรในระยะยาวได้ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำเทคโนโลยีเมตาเวิร์สมาพัฒนาเป็นสื่อการเรียนรู้ในรายวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ เพื่อสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักศึกษาได้สัมผัสประสบการณ์การเรียนรู้ทุกที่ทุกเวลา และเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ และส่งเสริมความสามารถในการจดจำ และความกระตือรือร้นต่อการเรียนมากยิ่งขึ้น

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาประสิทธิภาพ เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และพัฒนาสื่อการเรียนรู้ในรูปแบบเมตาเวิร์สสำหรับรายวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อชีวิต ในหัวข้อเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ สำหรับนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ เพื่อนำเสนอแนวทางในการเสริมสร้างประสิทธิภาพการเรียนการสอน และสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับผู้เรียนในยุคดิจิทัล ได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน และศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียน และกำหนดแนวทางการพัฒนาสื่อการเรียนรู้รูปแบบเมตาเวิร์สสำหรับรายวิชาอื่นในอนาคต

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อสร้าง และหาประสิทธิภาพของเครื่องมือสื่อการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ในรูปแบบเมตาเวิร์ส เพื่อส่งเสริมศักยภาพการเรียนรู้ รายวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อชีวิต มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้อีก่อน และหลังเรียนด้วยสื่อการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ในรูปแบบเมตาเวิร์ส เพื่อส่งเสริมศักยภาพการเรียนรู้ รายวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อชีวิต มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อสื่อการเรียนรู้ แบบมีปฏิสัมพันธ์ในรูปแบบเมตาเวิร์ส เพื่อส่งเสริมศักยภาพการเรียนรู้ รายวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อชีวิต มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนาแอปพลิเคชันสื่อการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ในรูปแบบเมตาเวิร์ส เพื่อส่งเสริมศักยภาพการเรียนรู้ รายวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อชีวิต มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) โดยมีขอบเขตการดำเนินการดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ นักศึกษาภาคปกติที่เรียนรายวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อชีวิต ประจำปีการศึกษา 2567 ภาคการศึกษาที่ 2 จำนวน 45 คน โดยเป็นนักศึกษาสาขาวิชาการตลาด 20 คน สาขาวิชาภาษาอังกฤษ 15 คน สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม จำนวน 4 คน สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรมนุษย์ จำนวน 5 คน และสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ จำนวน 1 คน (ข้อมูลจากสำนักส่งเสริมวิชาการ และงานทะเบียน มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ประจำปีการศึกษา 2567)

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาจำนวน 20 คน ได้มาโดยเลือกแบบเจาะจง มีคุณสมบัติกลุ่มตัวอย่าง คือ เป็นนักศึกษาสาขาวิชาการตลาด ที่เรียนรายวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อชีวิต ประจำปีการศึกษา 2567 ภาคการศึกษาที่ 2

เครื่องมือการวิจัย

ในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือวิจัยจำนวน 3 เครื่องมือ ดังนี้

1. สื่อการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ในรูปแบบเมตาเวิร์ส เพื่อส่งเสริมศักยภาพการเรียนรู้ รายวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อชีวิต มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ โดยใช้บทที่ 2 เรื่อง เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ที่มีเนื้อหาประกอบด้วย 3 หน่วย ได้แก่ องค์ประกอบของระบบคอมพิวเตอร์ ฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ ออกแบบตามหลักของ ADDIE MODEL 5 ขั้นตอน มาใช้ในการพัฒนาผ่านแพลตฟอร์ม spatial.io ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์ (Analysis) วิเคราะห์ผู้เรียนจากการสอบถามความรู้ ความสามารถ และประสบการณ์เดิมของผู้เรียนจากผู้สอนพบว่า นักศึกษาที่เรียนรายวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อชีวิต มีทักษะในการใช้คอมพิวเตอร์ และมีความพร้อมทางด้านอุปกรณ์เทคโนโลยีต่าง ๆ และวิเคราะห์เนื้อหาของรายวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อชีวิต บทที่ 2 เรื่อง เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ จากอาจารย์ผู้สอน ประเมินความถูกต้องของเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.44 อยู่ในระดับเหมาะสมมาก

ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบ (Design) ออกแบบสตอรี่บอร์ด กำหนดพื้นที่ห้องเรียน และออกแบบสื่อ ภาพ เสียง วิดีโอ เพื่อนำไปจัดวางองค์ประกอบ และการเชื่อมโยงห้องเรียน แต่ละห้องใช้สี และสัญลักษณ์แสดงเส้นทางการเข้าสู่ห้องเรียนรู้แต่ละห้อง โดยห้องที่ 1 เป็นห้องหลักและห้องที่ 2 - 4 เป็นห้องเรียนแบ่งตามหน่วยเนื้อหา รวมถึงมีแบบทดสอบก่อนและหลังเรียน

ขั้นตอนที่ 3 การพัฒนา (Development) ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างสภาพแวดล้อมเสมือนแบบ 3 มิติ จำนวน 4 ห้อง จัดวางองค์ประกอบสื่อ ภาพ เสียง วิดีโอ แต่ละห้องเรียนบนแพลตฟอร์ม www.spatial.io รองรับการใช้งานผ่าน VR Headset Desktop Browser และ Mobile สร้างอวตารในพื้นที่เสมือนจริง ประเมินการออกแบบโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.25 อยู่ในระดับเหมาะสมมาก

ขั้นตอนที่ 4 การนำไปใช้ (Implementation) ผู้วิจัยได้นำสื่อการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ในรูปแบบเมตาเวิร์ส เพื่อส่งเสริมศักยภาพการเรียนรู้ รายวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อชีวิต มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ที่นำไปทดลองใช้กับนักศึกษาในกลุ่มตัวอย่าง และปรับปรุงให้สมบูรณ์

ขั้นตอนที่ 5 การประเมิน (Evaluation) ผู้วิจัยนำผลประเมินคุณภาพของเครื่องมือสื่อการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ในรูปแบบเมตาเวิร์ส เพื่อส่งเสริมศักยภาพการเรียนรู้ รายวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อชีวิต มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ผลการพัฒนา และหาประสิทธิภาพจากผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา และการออกแบบพบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.35 อยู่ในระดับเหมาะสมมาก

2. แบบทดสอบก่อนและหลังการเรียนรู้ด้วยสื่อการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ในรูปแบบเมตาเวิร์ส เพื่อส่งเสริมศักยภาพการเรียนรู้ รายวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อชีวิต มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ เป็นแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก มีแบบทดสอบก่อนและหลังเรียนจำนวน 40 ข้อ ครอบคลุมเนื้อหาทั้ง 3 หน่วย ได้แก่ องค์ประกอบของระบบคอมพิวเตอร์ ฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ ประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ในช่วง 0.67 - 1.00 ค่าความยากง่าย (p) ระหว่าง 0.20 - 0.80 ค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้สูตร KR - 20 ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (บุญชูช เมฆแก้ว, 2562)

3. แบบประเมินความพึงพอใจต่อการใช้อุปกรณ์การเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ในรูปแบบเมตาเวิร์ส เพื่อส่งเสริมศักยภาพการเรียนรู้ รายวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อชีวิต มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ผลการประเมินความพึงพอใจในภาพรวมพบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 อยู่ในระดับมาก

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการใช้แอปพลิเคชันสื่อการเรียนรู้ แบบมีปฏิสัมพันธ์ในรูปแบบเมตาเวิร์ส เพื่อส่งเสริมศักยภาพการเรียนรู้ รายวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อชีวิต มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ดังนี้

1. สร้างความเข้าใจกับนักศึกษากลุ่มตัวอย่างและให้ศึกษาคู่มือเกี่ยวกับการใช้แอปพลิเคชันสื่อการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ในรูปแบบเมตาเวิร์ส
2. นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนการเรียนรู้ แบบทดสอบเป็นแบบปรนัย มี 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ใช้เวลา 45 นาที
3. นักศึกษาเรียนรู้ผ่านแอปพลิเคชันสื่อการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ ในรูปแบบเมตาเวิร์ส จำนวน 3 ชั่วโมง
4. นักศึกษาทำแบบทดสอบหลังการเรียนรู้ แบบทดสอบเป็นแบบปรนัย มี 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ใช้เวลา 45 นาที
5. นักศึกษาทำแบบประเมินความพึงพอใจต่อการใช้แอปพลิเคชัน สื่อการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ในรูปแบบเมตาเวิร์ส ที่มีเนื้อหาการเรียนรู้แบ่งออกเป็น 3 หน่วย ได้แก่ องค์ประกอบของระบบคอมพิวเตอร์ ฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น โดยใช้สถิติวิเคราะห์เชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) นำเสนอในรูปแบบตารางแจกแจงความถี่ (Frequency) ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) โดยใช้เกณฑ์การแปลความหมายตามแนวทางของบุญชม ศรีสะอาด (2545: 103) มีการกำหนดระดับคะแนนเฉลี่ยเพื่อใช้แปลความหมาย ดังนี้

- ค่าเฉลี่ย 4.51 - 5.00 หมายถึง มากที่สุด
- ค่าเฉลี่ย 3.51 - 4.50 หมายถึง มาก
- ค่าเฉลี่ย 2.51 - 3.50 หมายถึง ปานกลาง
- ค่าเฉลี่ย 1.51 - 2.50 หมายถึง น้อย
- ค่าเฉลี่ย 1.00 - 1.50 หมายถึง น้อยที่สุด

2. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิติทดสอบที แบบกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระจากกัน (t-test for dependent samples)

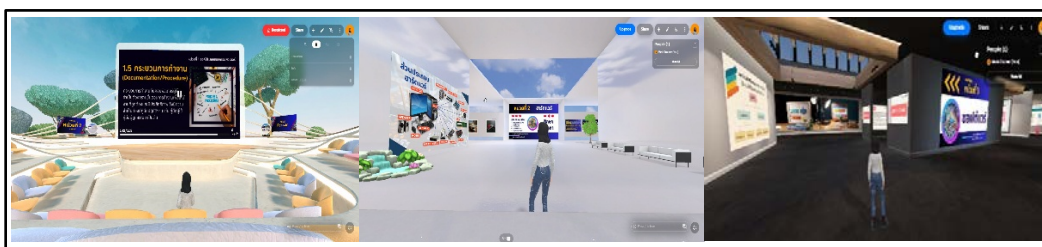
ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผลการวิเคราะห์ การหาประสิทธิภาพที่มีต่อสื่อการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ในรูปแบบเมตาเวิร์สเพื่อส่งเสริมศักยภาพการเรียนรู้ รายวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อชีวิต มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ พบว่า มีประสิทธิภาพจากการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างมีคะแนนเฉลี่ยระหว่างแบบทดสอบและคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน มีค่าเท่ากับ 81.00/82.50 โดยทดลองผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือทั้งรูปแบบระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android) และไอโอเอส (IOS) หรือผ่านเว็บเบราว์เซอร์ (Web browser) <https://sh.pcru.ac.th/MetaversePCRU> มีตัวอย่างหน้าจอจัดภาพประกอบ 1 - 3 ดังนี้



ภาพประกอบ 1 ตัวอย่างหน้าจอแสดงผลสื่อการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ในรูปแบบเมตาเวิร์ส



ภาพประกอบ 2 ตัวอย่างหน้าจอแสดงการเข้าห้องเรียนแต่ละหน่วยการเรียนรู้



ภาพประกอบ 3 ตัวอย่างหน้าจอแสดงจุดเข้าแบบทดสอบก่อนและหลังการเรียนรู้

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์คะแนนแบบทดสอบหลังการเรียนรู้ จากสื่อการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ ในรูปแบบเมตาเวิร์สเพื่อส่งเสริมศักยภาพการเรียนรู้ รายวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อชีวิต มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

เครื่องมือ	คะแนนสอบ		ค่าเฉลี่ย ร้อยละ	ประสิทธิ ภาพของสื่อ การเรียนรู้	ประสิทธิ ภาพที่ กำหนด
	คะแนน เต็ม	คะแนน เฉลี่ย			
คะแนนระหว่างหน่วย (E ₁)	40	32.40	81.00		
คะแนนแบบทดสอบ ผลสัมฤทธิ์หลังการเรียน (E ₂)	20	16.50	82.50	81.00/82.50	80/80

จากตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์การหาประสิทธิภาพที่มีต่อสื่อการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ ในรูปแบบเมตาเวิร์ส เพื่อส่งเสริมศักยภาพการเรียนรู้ รายวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อชีวิต มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ พบว่า มีประสิทธิภาพจากการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างมีคะแนนเฉลี่ย ระหว่างแบบทดสอบ และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 81.00/82.50 ซึ่งมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ ที่ได้กำหนดไว้คือ 80/80

2. ผลสัมฤทธิ์ก่อนการเรียนรู้และหลังการเรียนรู้ ด้วยสื่อการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ในรูปแบบ เมตาเวิร์ส เพื่อส่งเสริมศักยภาพการเรียนรู้ รายวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อชีวิต มหาวิทยาลัยราชภัฏ เพชรบูรณ์

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนการเรียนรู้และหลังการเรียนรู้จากนักศึกษาที่กำลังศึกษาประจำปีการศึกษา 2567 ภาคการเรียนที่ 2 ด้วยสื่อการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ในรูปแบบเมตาเวิร์ส เพื่อส่งเสริมศักยภาพการเรียนรู้ รายวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อชีวิต

การทดสอบ	คะแนนเต็ม	\bar{X}	S.D.	t
ก่อนเรียน	20	10.25	2.57	9.63
หลังเรียน	20	15.85	2.18	

จากตารางที่ 2 ผลการทดสอบคะแนนก่อนการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.25 คะแนน จากคะแนนเต็ม 20 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.57 หลังจากการจัดการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.85 คะแนน จากคะแนนเต็ม 20 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.18 คะแนน ซึ่งพบว่า นักศึกษาทำแบบทดสอบหลังการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ผลความพึงพอใจของนักศึกษา ที่มีต่อแอปพลิเคชันสื่อการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ ในรูปแบบเมตาเวิร์ส เพื่อส่งเสริมศักยภาพการเรียนรู้ รายวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อชีวิต มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ตารางที่ 3 ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษา ที่มีต่อแอปพลิเคชันสื่อการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ ในรูปแบบเมตาเวิร์ส เพื่อส่งเสริมศักยภาพการเรียนรู้ รายวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อชีวิต มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

รายการ	\bar{X}	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. ด้านเนื้อหา			
1.1 การนำเสนอเนื้อหา มีความชัดเจน เป็นขั้นตอน	4.35	0.67	มาก
1.2 การเรียบเรียงเนื้อหา เข้าใจง่าย	4.40	0.60	มาก
1.3 เนื้อหา มีความเหมาะสมกับผู้เรียน	4.45	0.51	มาก
1.4 รูปแบบการนำเสนอ มีความน่าสนใจ	4.25	0.64	มาก
1.5 แบบทดสอบ มีความสอดคล้องกับเนื้อหา	4.15	0.67	มาก
ระดับคะแนนเฉลี่ยด้านเนื้อหา	4.32	0.61	มาก

ตารางที่ 3 (ต่อ)

รายการ	\bar{X}	S.D.	ระดับ คุณภาพ
2. ด้านการออกแบบ			
2.1 ภาพที่ใช้ประกอบมีความชัดเจนสอดคล้องกับเนื้อหา	4.30	0.66	มาก
2.2 สื่อการสอนที่นำเสนอมีเนื้อหาที่น่าสนใจสอดคล้องกับเนื้อหา	4.35	0.59	มาก
2.3 ตัวอักษรมีขนาดเหมาะสม อ่านง่าย และมีความชัดเจน	4.40	0.60	มาก
2.4 ภาษามีความถูกต้อง เข้าใจง่าย	4.35	0.59	มาก
2.5 เทคนิคการนำเสนอมีความน่าสนใจ	4.05	0.76	มาก
ระดับคะแนนเฉลี่ยด้านการออกแบบ	4.29	0.64	มาก
3. ด้านภาพรวมการเรียนรู้รูปแบบ Metaverse			
3.1 มีความเหมาะสมในการใช้ป็นสื่อประกอบการเรียน	4.35	0.59	มาก
3.2 ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ผ่าน Metaverse ได้ด้วยตนเอง	4.25	0.64	มาก
3.3 สามารถเข้าใช้งานได้ง่าย เข้าได้ทุกที่ ทุกเวลา	4.40	0.60	มาก
3.4 ห้องเรียน Metaverse ช่วยกระตุ้นความสนใจให้กับผู้เรียน ได้เป็นอย่างดี	4.50	0.51	มากที่สุด
ระดับคะแนนเฉลี่ยด้านภาพรวมการเรียนรู้รูปแบบ Metaverse	4.38	0.57	มาก
รวมระดับคะแนนเฉลี่ย	4.33	0.61	มาก

จากตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจของนักศึกษา ประจำปีการศึกษา 2567 ภาคการเรียนที่ 2 จำนวน 20 คน ที่มีต่อแอปพลิเคชันสื่อการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ในรูปแบบเมตาเวิร์ส เพื่อส่งเสริมศักยภาพการเรียนรู้ รายวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อชีวิต มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ จากการประเมินความพึงพอใจในภาพรวม พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.61 อยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านเนื้อหา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.32 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.61 อยู่ในระดับมาก ด้านการออกแบบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.29 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.64 อยู่ในระดับมาก และด้านภาพรวมการเรียนรู้รูปแบบ Metaverse มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.38 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.53 อยู่ในระดับมาก

อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเพื่อสร้าง และหาประสิทธิภาพด้วยสื่อการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ในรูปแบบเมตาเวิร์ส เพื่อส่งเสริมศักยภาพการเรียนรู้ เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ก่อน และหลังเรียนด้วยสื่อการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ในรูปแบบเมตาเวิร์ส และประเมินความพึงพอใจต่อการใช้สื่อการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ในรูปแบบเมตาเวิร์ส เพื่อส่งเสริมศักยภาพการเรียนรู้ ซึ่งผลของการวิจัยเป็นไปตามวัตถุประสงค์ ได้แก่

1. ผู้วิจัยได้แอปพลิเคชันสื่อการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ในรูปแบบเมตาเวิร์สเพื่อส่งเสริมศักยภาพการเรียนรู้ รายวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อชีวิต มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์มีค่าเท่ากับ 81.00/82.50 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 80/80 แสดงให้เห็นว่า สื่อที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพเพียงพอต่อการนำไปใช้ในการเรียนการสอนสอดคล้องกับแนวคิดของการใช้เทคโนโลยีเมตาเวิร์สที่สามารถสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่ดี และช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ อีรพงษ์ วิริยานนท์ (2564) ที่เน้นความสำคัญของกระบวนการ ADDIE Model ในการพัฒนาสื่อดิจิทัล นอกจากนี้การศึกษาของ ศักดิ์เศรษฐ์ ประกอบผล (2563) พบว่า การประยุกต์ใช้แบบจำลอง ADDIE ร่วมกับการใช้เหตุการณ์เก่าประการของกาเย่ (Gagne) ส่งผลให้ผู้สอนสามารถพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ที่มีคุณภาพสูงได้ แนวทางการพัฒนานี้ช่วยให้มั่นใจว่าบทเรียนมีประสิทธิภาพ และตอบสนองความต้องการของผู้เรียน ซึ่งส่งผลให้ผู้เรียนมีความสามารถในการเรียนรู้ และจดจำข้อมูลที่ดีขึ้น อันนำไปสู่ประสบการณ์การเรียนรู้ที่มีประสิทธิผล

2. การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ก่อน และหลังเรียนด้วยสื่อการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ในรูปแบบเมตาเวิร์ส เพื่อส่งเสริมศักยภาพการเรียนรู้ รายวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อชีวิต มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ พบว่า นักศึกษาทำแบบทดสอบหลังการเรียนรู้ สูงกว่าก่อนการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยผลการทดสอบคะแนนก่อนการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.25 คะแนน จากคะแนนเต็ม 20 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.57 หลังการจัดการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.85 คะแนน จากคะแนนเต็ม 20 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.18 คะแนน ผลการทดสอบมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนนั้น แสดงให้เห็นว่าสื่อการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ในรูปแบบเมตาเวิร์ส ช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับแนวคิดของ Bower และ Jong (2020) ที่ระบุว่าการใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง (VR) และสภาพแวดล้อม 3 มิติ ในกระบวนการเรียนรู้ช่วยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมกับเนื้อหามากขึ้น เนื่องจากสามารถโต้ตอบกับ

สภาพแวดล้อมการเรียนรู้เสมือนจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยให้เกิดการเรียนรู้แบบแอกทีฟและส่งผลให้เกิดความเข้าใจเนื้อหาที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้น นอกจากนี้งานวิจัยของ ธาดา จันตะคุณ (2561) พบว่านักศึกษาที่เรียนผ่านสื่อการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ในรูปแบบเมตาเวิร์ส มีคะแนนในแบบทดสอบหลังการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาผ่านการสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ แบบเต็มค่าเสมือนจริงที่เอื้อต่อการเรียนรู้เชิงลึก ความสำเร็จนี้เป็นผลมาจากการออกแบบประสบการณ์การเรียนรู้ที่ส่งเสริมการมีส่วนร่วม ความเข้าใจในเนื้อหา และการพัฒนาทักษะที่จำเป็น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการจัดการเรียนการสอนในยุคดิจิทัลที่มุ่งเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง และการสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ ที่มีความหมาย

3. ผลการประเมินความพึงพอใจ ต่อการใช้งานสื่อการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ในรูปแบบเมตาเวิร์สรายวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อชีวิต มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านเนื้อหา ด้านการออกแบบ และด้านภาพรวมการเรียนรู้รูปแบบเมตาเวิร์ส โดยภาพรวมมีความพึงพอใจต่อสื่อการเรียนรู้ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก แสดงให้เห็นว่า การเรียนรู้ผ่านเมตาเวิร์สส่งผลดีต่อแรงจูงใจในการเรียนรู้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Nattanon Kasetiam และคณะ (2024) พบว่า การจัดการเรียนรู้ผ่านระบบเมตาเวิร์สช่วยส่งเสริมการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) ซึ่งกระตุ้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้มากขึ้น สอดคล้องกับแนวคิด Constructivist ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ผู้เรียนสามารถโต้ตอบกับสภาพแวดล้อม และวัตถุประสงค์เสมือนจริงได้อย่างอิสระ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ผู้เรียนมีความพึงพอใจในระดับมาก นอกจากนี้ กษิตศ ปิยะนราพิบูล และคณะ (2566) ยังพบว่า การเรียนรู้ผ่านระบบเมตาเวิร์สช่วยลดข้อจำกัดด้านเวลา และสถานที่ ผู้เรียนสามารถเข้าถึงเนื้อหาบทเรียนได้ทุกที่ทุกเวลา ซึ่งสอดคล้องกับผลการประเมินที่พบว่า นักศึกษาสามารถเรียนรู้ได้ทุกที่ ทุกเวลา เป็นการลดข้อจำกัดในการเรียนรู้ และเพิ่มความยืดหยุ่นในการศึกษา เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านเนื้อหาอยู่ในระดับมาก (มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.32 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.61) ด้านการออกแบบอยู่ในระดับมาก (มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.29 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.64) และด้านภาพรวมการเรียนรู้รูปแบบ Metaverse อยู่ในระดับมาก (มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.38 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.57)

ข้อเสนอแนะ

แม้การใช้สื่อการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ ในรูปแบบเมตาเวิร์สจะมีประสิทธิภาพสูง และได้รับความพึงพอใจจากผู้เรียน แต่ยังไม่มีการเปรียบเทียบโดยตรงกับสื่อการเรียนรู้อื่น เช่น สื่ออีเลิร์นนิ่งทั่วไป คลิวิตีโอการสอน หรือบทเรียนแบบเกม (Gamification) ดังนั้น การวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความพึงพอใจของผู้เรียนในแต่ละรูปแบบ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่รอบด้านและสามารถเลือกใช้สื่อที่เหมาะสมในแต่ละบริบทได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

- กษิตศ ปิยะนราพิบูล, สิทธิศักดิ์ จันทิมา และ พิมพ์ชนก สุวรรณศรี. (2566). สื่อการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์ผ่านระบบเมตาเวิร์ส เพื่อพัฒนาทักษะการคิดคำนวณสำหรับชั้นประถมศึกษา ปีที่ 1-3. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสู่ชุมชน*, 1(1), 60-70.
- กิตติพงษ์ พุ่มพวง และวิวัฒน์ มีสุวรรณ. (2564). การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเมตาเวิร์สสำหรับการศึกษาไทย. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์*, 23(4), 147-164.
- ธาดา จันตะคุณ. (2561). *สภาพแวดล้อมการเรียนรู้แบบเต็มค่าเสมือนจริงด้วยการเล่าเรื่องดิจิทัลเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้เชิงลึกของนักศึกษาระดับปริญญาตรี (วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต, กรุงเทพมหานครเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ)*.
- ธีรพงษ์ วิริยานนท์. (2564). การพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพสื่อการเรียนรู้ดิจิทัลตามกระบวนการ ADDIE Model. *วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.*, 14(3), 112-121.
- บุญชัย เมฆแก้ว.(2562) *การพัฒนาชุดช่วยวิเคราะห์ข้อมูลแบบเรียลไทม์หาค่าความเชื่อมั่นแบบทดสอบ (KR-20)*. ฐานข้อมูลงานวิจัยทางการศึกษา สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา.
- ไพฑูรย์ สีนลารัตน์. (2563). *การศึกษาไทย 4.0 เป็นยิ่งกว่าการศึกษา*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศักดิ์เครศ ประกอบผล (2563). การออกแบบและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยใช้แอดดีโมเดลและแนวคิดของกาเย่. *วารสารครุศาสตร์สาร มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา*. 14(1), 17-30.

- Bower, M., & Jong, M. S. Y. (2020). Immersive virtual reality in education: *A systematic review of empirical research. Journal of Educational Technology & Society, 23*(4), 14-29. Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/26981744>.
- Mystakidis, S. (2022). Metaverse. *Encyclopedia, 2*(1), 486-497. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/encyclopedia2010031>.
- Nattanon Kasetiam Passkorn Roungrong and Theerachai Rounbundit. (2 0 2 4) . Development of an Online Metaverse Lesson Using With Active Learning Approach Titled “Technology for Solving Problems” in Design and Technology Course, of 9th Grade Students. *Journal of Education and Innovation, 26*(1), 152-162 Retrieved from https://so06.tcithaijo.org/index.php/edujournal_nu/ article/view/262572.
- Education, U. N. E. S. C. O. (2020). From disruption to recovery. *Global Monitoring of School Closures. [(accessed on 5 August 2022)]*. Retrieved from <https://en.unesco.org/covid19/educationresponse>.

การจำแนกความคิดเห็นโซเชียลมีเดียไทยเกี่ยวกับวัคซีนป้องกันโควิดโดยใช้เหมืองข้อความ
Classifying Thai Social Media Opinions in the Covid Vaccine Using Text Mining

พีคอน หมายสุข* และ จารี ทองคำ

Peakon Maisook* and Jaree Thongkam

ภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Department of Information Technology, Faculty of Informatics, Mahasarakham University

Email: peakon.ms@bru.ac.th

Received : October 3, 2024

Revised : April 17, 2025

Accepted : May 8, 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองจำนวน 5 เทคนิค ได้แก่ เทคนิคนาอ์ฟเบย์ เทคนิคซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน เทคนิคคริปเปอร์ เทคนิคฟิวเรีย และ เทคนิคป่าสุ่ม มาสร้างแบบจำลอง เพื่อจำแนกความคิดเห็นของคนไทยในสังคม ว่ามีความคิดเห็นต่อการฉีดวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 ให้กับเด็ก โดยข้อมูลนั้นถูกรวบรวมมาจากเครือข่ายสังคมออนไลน์ จำนวนทั้งหมด 2,466 ความคิดเห็น คำคุณลักษณะคำกริยา คำกริยาวิเศษณ์ คำคุณศัพท์ ได้ถูกเลือกมาใช้ในการสร้างแบบจำลอง โดยคำคุณลักษณะประเภทนี้สามารถระบุความรู้สึกในเชิงบวก และเชิงลบได้อย่างชัดเจน ในงานวิจัยนี้ 10 โพลต์ครอสวาไลเดชันได้ถูกนำมาใช้ในการแบ่งกลุ่มข้อมูล เป็นชุดเรียนรู้ และชุดทดสอบ นอกจากนี้ค่าความแม่นยำ ค่าความระลึกลับ และค่าความถูกต้องได้ถูกนำมาคำนวณเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า นาอ์ฟเบย์เป็นเทคนิคสร้างแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพสูงสุดที่ค่าความแม่นยำร้อยละ 95.40 ค่าความระลึกลับที่ร้อยละ 95.40 และค่าความถูกต้องที่ร้อยละ 95.40

คำสำคัญ: การจำแนกความคิดเห็น เหมืองข้อความความคิดเห็น วัคซีนโควิด-19 ในเด็กไทย

ABSTRACT

This research aims to compare the efficiency of five modeling techniques: Naive Bayes, Support Vector Machine, Ripper, Fourier, and Random Forest. These techniques are used to build models for classifying the opinions of Thai people on social media regarding COVID-19 vaccination for children. The data, consisting of 2,466 opinions, was collected from online social networks. Verbs, adverbs, and adjectives were selected for model building, as these types of words can clearly indicate positive and negative sentiment. In this research, 10-fold cross-validation was used to divide the data into training and testing sets. Furthermore, accuracy, recall, and precision were calculated to compare the performance of the models. The experimental results show that Naive Bayes is the most efficient modeling technique, achieving an accuracy of 95.40%, a recall of 95.40%, and a precision of 95.40%.

Keywords: Opinion classification, Opinion mining, COVID-19 vaccine in Thai children

บทนำ

โรคโควิด-19 ได้มีการเริ่มระบาดครั้งแรก ในเดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2562 โดยเป็นโรคที่เกิดจากเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ ที่สามารถแพร่กระจายเชื้อไวรัสจากคนสู่คนโดยมีผู้ติดเชื้อลุกลามไปทั่วโลก จนทำให้องค์การอนามัยโลก (WHO) ได้กำหนดให้เป็นภาวะการระบาดใหญ่ (Pandemic) และในประเทศไทยเริ่มมีผู้ป่วย ในเดือนมกราคม พ.ศ. 2563 (สุรียา หมานมานะ และคณะ, 2563) และต่อมามีการระบาดอย่างหนัก (อุษา คำประสิทธิ์, 2565) แนวทางในการช่วยลดปัญหาการระบาดคือ วัคซีนโควิด-19 โดยภาครัฐได้มีบริการฉีดวัคซีนกับประชาชน และได้มีบริการฉีดวัคซีนโควิด-19 ให้กับเด็กอายุ 5 - 11 ปี (ประกายแก้ว ศิริพูล และคณะ, 2565) แต่เนื่องจากวัคซีนโควิด-19 มีการผลิตและทดสอบได้ไม่นาน จึงเกิดความรู้สึกสำหรับผู้ปกครองรวมทั้งคนทั่วไปต่อวัคซีน และได้แสดงความคิดเห็นมากมายผ่านโซเชียลมีเดีย (Social Media) ต่าง ๆ ซึ่งมีทั้งความคิดเห็นเชิงลบ และเชิงบวก

การวิเคราะห์ความคิดเห็นของประชาชนในสังคมไทย ต่อการฉีดวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 ให้กับเด็ก จะนำไปสู่ความเข้าใจความคิดเห็น ซึ่งสามารถทำให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถเลือกวิธีการที่จะ ประชาสัมพันธ์หรือรณรงค์ให้ความรู้ความเข้าใจ และประโยชน์ของการฉีดวัคซีนอย่างมีประสิทธิภาพ

การทำเหมืองข้อความ (Khan et al., 2014; Phung et al., 2021) คือการวิเคราะห์ความคิดเห็น โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อความ (Text Mining) เพื่อระบุความรู้สึกหรือความคิดเห็น เช่น การนำความคิดเห็นเชิงบวก เชิงลบและเป็นกลาง ที่อยู่ภายใต้ข้อความออกมาโดยอัตโนมัติ โดยการนำความคิดเห็น จะใช้เทคนิคการค้นหาความรู้ใหม่จากข้อมูลประเภทข้อความที่มีปริมาณมากเป็นพิเศษ รวมถึงเพื่อหาความสัมพันธ์ที่ซ่อนอยู่ในชุดข้อความเพื่อให้ทราบความหมาย และนำไปสร้างแบบจำลอง เพื่อช่วยค้นหากลุ่มข้อมูลเป้าหมาย เช่น งานวิจัยของ พิศิษฐ์ บวรเลิศสิ และวรัถพร ไพรีเกรง (2565) ได้ทำเหมืองความคิดเห็นวิเคราะห์ความรู้สึกต่อการแนะนำสินค้าออนไลน์ เพื่อจำแนกความคิดเห็น เชิงบวกเป็นกลาง และเชิงลบ มี 5 กระบวนการสร้างตัวแบบในการทดลอง ได้แก่ การเตรียมข้อมูล การตัดคำ การฝึกอบรมข้อมูล การสร้างโมเดลเพื่อแยกประเภทข้อมูล และการประเมินตัวแบบ ทำการทดลองกับข้อมูลตัวอย่างการแสดงความคิดเห็นต่อสินค้า และบริการออนไลน์ภาษาไทย จำนวน 12,900 ข้อความ และสร้างโมเดลเพื่อแยกประเภทข้อมูลด้วยเทคนิค LSTM, SGD, Logistic Regression และ Support Vector Machines โดยผลการทดลองเทคนิค LSTM ให้ค่าความถูกต้อง ร้อยละ 81.27 ซึ่งให้ค่าความถูกต้องมากที่สุด Vyas et al. (2022) ได้ทำการพัฒนาระบบเพื่อจำแนก ความคิดเห็นในเชิงบวกและเชิงลบต่อโรคโควิด-19 ได้ จากผู้ใช้งาน Twitter โดยในขั้นตอนการสร้าง โมเดลใช้เทคนิค Decision Tree, Gaussian Naïve Bayes, Multinomial Naïve Bayes, Logistic Regression, Random Forest และ LSTM โดยค่าที่ใช้ในการวัดประสิทธิภาพของแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาในครั้งนี้คือ ค่าความถ่วง (F-Measure) ค่าความแม่นยำ (Precision) และค่าความลึก (Recall) จากผลการทดลองพบเทคนิค LSTM ให้ประสิทธิภาพในการจำแนกความคิดเห็นได้ดีที่สุดที่ร้อยละ 83 งานวิจัยของ Zope and Rajeswari (2022) ได้ทำการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้ใช้งานทวิตเตอร์ เกี่ยวกับโรคโควิด-19 จำนวน 179,108 ความคิดเห็นว่า มีความรู้สึก มีความสุขมาก กลัว เศร้า หรือกลัว โดยขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ได้แก่ ขั้นตอนในการคัดเลือกข้อมูล ขั้นตอนในการเตรียมข้อมูล ขั้นตอน กำหนดป้ายให้กับความคิดเห็น ขั้นตอนในการใช้คัดแยกความคิดเห็น ใช้เทคนิค Random Forest, Decision Tree, Support Vector Machine และขั้นตอนการแสดงผล โดยพบว่า จากข้อมูลตัวอย่าง ความรู้สึกเศร้า และกลัวมีมากที่สุด ปชชญา กลางนอก และจारी ทองคำ (2562) ได้ทำการการสร้าง แบบจำลองเพื่อพยากรณ์โรคมะเร็งเต้านม และโรคเบาหวาน โดยนำข้อมูลจาก ข้อมูลผู้โรคมะเร็งเต้านม

699, ข้อมูลโรคเบาหวาน จำนวน 768 โดยสร้างแบบจำลองใช้เทคนิค FURIA, MODLEM และ RIPPER ใช้ร่วมกับเทคนิค Bagging และ Weighted Instances Handler Wrapper วัดประสิทธิภาพจะทำการคำนวณหาค่าความไว (Sensitivity) ค่าความจำเพาะ (Specificity) ความถูกต้อง (Accuracy) ซึ่งได้ผลการทดลองคือ Bagging และ FURIA ให้ค่าความไวและความถูกต้อง มากที่สุดที่ร้อยละ 97.86 และร้อยละ 92.12 และ Bagging และ MODLEM ให้ค่าความจำเพาะมากที่สุดที่ร้อยละ 90.37

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาแบบจำลอง เพื่อการจำแนกความคิดเห็นของคนไทยต่อการฉีดวัคซีนโควิด-19 ให้กับเด็กบนโซเชียลมีเดียด้วยการทำเหมืองความคิดเห็น โดยการนำเอาความคิดเห็นของคนไทยต่อการฉีดวัคซีนโควิด-19 ให้กับเด็กอายุ 5 - 11 ปี บนโซเชียลมีเดียที่มีความคิดเห็นไปในทิศทางใดซึ่งจะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ความคิดเห็นเชิงบวก และความคิดเห็นเชิงลบโดยการเปรียบเทียบเทคนิคที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองเพื่อ จำแนกความคิดเห็น คือ นาอิวเบย์ (Naïve Bayes: NB) ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Classifier :SVM) ริปปอร์ (Ripper: RP) ฟิวเรีย (Furia: FR) และเทคนิคป่าสุ่ม (Random Forest: RF) ซึ่งจะวัดประสิทธิภาพโดยการใช้ 10-fold cross validation เพื่อแบ่งกลุ่มข้อมูลออกเป็นชุดข้อมูล 2 ชุด คือ ชุดข้อมูล สำหรับเรียนรู้และชุดข้อมูลสำหรับทดสอบ โดยจะวัดประสิทธิภาพแบบจำลองด้วยค่าวัดประสิทธิภาพค่าความถูกต้อง (Accuracy) ค่าความแม่นยำ (Precision) และค่าความลึก (Recall)

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. สร้างแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพในการจำแนกความคิดเห็นบนโซเชียลมีเดียต่อการฉีดวัคซีนโควิด-19 ให้กับเด็กอายุ 5 - 11 ปี
2. เปรียบเทียบประสิทธิภาพของเทคนิคที่นำมาใช้สร้างแบบจำลองเพื่อการจำแนกความคิดเห็นบนโซเชียลมีเดียต่อการฉีดวัคซีนโควิด-19 ให้กับเด็กอายุ 5 - 11 ปี

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมข้อมูล

การเตรียมข้อมูลคือขั้นตอนในการค้นหารวบรวมข้อมูลความคิดเห็น และนำมาปรับให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมที่สามารถวิเคราะห์ และใช้กับเครื่องมือที่นำมาช่วยในการวิเคราะห์ มีขั้นตอนดังนี้

1.1 การรวบรวมข้อมูล คือขั้นตอนการเลือกข้อมูล เพื่อนำมาทำการวิเคราะห์ความคิดเห็นของคนไทย การฉีดวัคซีนสำหรับเด็กอายุ 5 - 11 ปี จะนำข้อมูลมาจากโซเชียลมีเดีย ได้แก่ ติ๊กต็อก

ยูทูป และพันทิป โดยเป็นข้อมูลจากหลายกระทู้ที่มีหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับการฉีดวัคซีนสำหรับเด็กที่มีอายุ 5 - 11 ปี และเลือกเอาข้อมูลที่เป็นความคิดเห็น (Comment) ที่แสดงไว้ในกระทู้นั้น ๆ จำนวนทั้งหมด 2,466 ความคิดเห็น ตั้งแต่วันที่ 1 กันยายน 2561 ถึงวันที่ 31 มกราคม 2563 แล้วนำมาเก็บไว้ในไมโครซอฟท์เอ็กเซล

1.2 การกลั่นกรองข้อมูลเป็นการจัดเตรียมข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมต่อการวิเคราะห์ และจัดการด้วยโปรแกรมที่จะใช้ในการวิเคราะห์ โดยประกอบด้วยขั้นตอน การแก้ไขคำที่ผิด กำจัดตัวเลข กำจัดสัญลักษณ์ และกำจัดช่องว่างออกไป โดยในขั้นตอนนี้จะนำข้อมูลเข้าสู่โปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล และดำเนินการเตรียมข้อมูล ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความคิดเห็นก่อนและหลังการเตรียม

ความคิดเห็น ก่อนเตรียม	ความคิดเห็นหลังเตรียม
ไม่ฉีดแน่นอน สงสารเด็ก ใครจะว่ายังไง ผมก็ ขอไม่ให้ฉีด ผมโดนมา 2 เข็มแล้ว เกือบเตียง!!!!	ไม่ฉีดแน่นอนสงสารเด็กใครจะว่ายังไงผมก็ขอ ไม่ให้ฉีดผมโดนมาเข็มแล้วเกือบเตียง
ไม่สมควรบังคับเด็กฉีดวัคซีนคะ	ไม่สมควรบังคับเด็กฉีดวัคซีน
สงสารเด็กคะ ไม่อยากให้ฉีดเลย	สงสารเด็กไม่อยากให้ฉีดเลย

2. การสร้างคุณลักษณะ

2.1 การตัดคำ เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนการเตรียมข้อมูล โดยขั้นตอนนี้จะพิจารณาเพิ่มเติมว่าการตัดคำมีความเหมาะสมหรือไม่ โดยใช้เครื่องมือเป็น Python และ Library PyThaiNLP

2.2 การทำถุงคำ (Bag of Word) คือ การนำคำที่แยกจากกระบวนการตัดคำมาใช้ โดยถ้าเป็นคำที่ซ้ำกันนำมาเพียงหนึ่งคำและคำที่ไม่ซ้ำมาหนึ่งคำ ซึ่งจะทำให้ได้คำจำนวนหนึ่งที่ไม่ซ้ำกัน จากนั้นนำคำแต่ละคำมากำหนดประเภทของคำตามพจนานุกรม แล้วเลือกเฉพาะคำที่เป็นประเภท คำวิเศษณ์ คำกริยา คำกริยาวิเศษณ์ เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านภาษาไทยระบุค่าว่ามีความหมายเชิงบวก หรือเชิงลบ โดยใช้เครื่องมือเป็น Python และ Library PyThaiNLP

3. การเลือกคุณลักษณะ

3.1 การคัดเลือกคุณลักษณะ คือ การเอาคำคุณศัพท์ คำกริยา คำกริยาวิเศษณ์ ที่ได้จากขั้นตอนการทำถุงคำมาระบุว่ามีความหมายเป็นเชิงบวกหรือเชิงลบ แล้วกำหนดให้เป็นตัวเลข โดยคำที่มี

ความหมายเชิงบวกจะมีค่าเป็น 1 คำที่มีความหมายเชิงลบจะกำหนดค่าให้เป็น -1 ส่วนคำที่ไม่ได้กำหนดว่ามีความหมายสื่อถึงเชิงบวกหรือลบจะมีการกำหนดค่าให้เป็น 0 เพื่อจะนำตัวเลขเหล่านี้ไปคำนวณในขั้นตอนการกำหนดคลาส ดังตัวอย่างในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตัวอย่างคำที่ผ่านขั้นตอนการเตรียมข้อมูล การสร้างคุณลักษณะ การคัดเลือกคุณลักษณะ

คำ	ประเภทคำ	ค่าเชิงลบ/เชิงบวก
ตกค้าง	คำกริยา (VERB)	-1
ชี้แนะ	คำกริยา (VERB)	1
ทรุด	คำกริยาวิเศษณ์ (ADV)	-1

3.2 การกำหนดคลาส เป็นการนำคำ ที่ได้จากขั้นตอนการทำถูกคำ แล้วแปลงข้อมูลคำที่มีความหมายเชิงบวกให้มีค่าเป็น 1 และเชิงลบมีค่าเป็น -1 แล้วนำไปหาค่าความถี่ของคำเชิงบวกเชิงลบที่อยู่ในความคิดเห็น โดยถ้าพบคำที่มีความหมายเชิงบวกจะให้ค่าความถี่เป็น 1 หากพบคำเดียวกัน 2 ครั้ง หรือมากกว่าก็จะนับรวมค่าความถี่เพิ่มเข้าด้วยกัน และถ้าพบคำที่มีความหมายเชิงลบจะให้ค่าความถี่เป็นลบ -1 หากพบคำเดียวกัน 2 ครั้งหรือมากกว่าก็จะนำค่า -1 เข้าไปรวมเข้าด้วยกัน และเมื่อได้ค่าความถี่แล้วจะนำมารวมกัน ผลที่ได้จะสามารถทำให้แบ่งคลาสออกได้ 3 คือ กรณีที่ 1 หากผลรวมมีค่าเป็นบวก ความคิดเห็นนั้นจะอยู่ในคลาส P กรณีที่ 2 หากผลรวมมีค่าเป็นลบ ความคิดเห็นนั้นจะอยู่ในคลาส N และกรณีที่ 3 หากผลรวมมีค่าเป็น 0 ความคิดเห็นนั้นจะอยู่ในคลาส NE และความถี่ที่มีคลาสเป็น NE นั้นจะถูกตัดออกจากชุดข้อมูล โดยการใช้ เครื่องมือเป็น Python และ Library PyThaiNLP กำหนดคลาส จะได้ผลลัพธ์ ดังตัวอย่างการกำหนดคลาสในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลของการกำหนดคลาสด้วย Python

ID	เฉลี่ย	รับผิดชอบ	กระทบ	...	SUM	CLASS
1	-1	0	0	...	-1	N
2	0	2	0	...	2	P
3	0	0	0	...	0	NE

จากความคิดเห็นที่ได้จากขั้นตอนการรวบรวมข้อมูล ได้นำมาดำเนินการเตรียมข้อมูลโดยการกลั่นกรองข้อมูลและตัดคำ ทำให้ได้ความคิดเห็นที่มีรูปแบบที่พร้อมทำการทดลอง จำนวน 2,466 ความคิดเห็น และนำความคิดเห็นที่ได้มาทำดัชนีโดยใช้หลักการทำถ่วงคำซึ่งทำให้ได้คำทั้งหมด 3,279 คำ และเลือกคำที่มีคุณลักษณะเป็น คำกริยา คำกริยาวิเศษณ์ คำคุณศัพท์ ที่มีหมายเป็นเชิงบวกหรือลบอย่างชัดเจน เพื่อไปใช้ในการกำหนดคลาสให้กับความคิดเห็นทั้งหมด โดยได้ทั้งหมด 254 คำ เป็นคำที่มีความหมายเชิงบวก 120 คำ และเชิงลบ 134 คำ จากขั้นตอนการกำหนดคลาส ทำให้ได้คลาส NE จำนวน 1,271 คลาส P จำนวน 638 และคลาส N จำนวน 557 โดยจะเลือกเฉพาะคลาส P และ N รวมกันจำนวน 1,195 ความคิดเห็นไปสร้างแบบจำลอง

3.3 การแปลงข้อมูลตัวเลขเป็นข้อมูลนามบัญญัติ คือ การเปลี่ยนแปลงค่าความถี่ของคำคุณลักษณะที่พบในแต่ละความคิดเห็นให้เป็นข้อมูลนาม ได้แก่การเปลี่ยนค่าความถี่ที่เป็นลบที่มีค่าน้อยกว่า 0 เปลี่ยนค่าเป็น 1 เปลี่ยนค่าความถี่ที่เป็นบวกที่มีค่ามากกว่า 0 ให้เป็น 1 และค่าความถี่ที่เป็น 0 ให้มีค่าเป็น 0 ดังเดิม ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ตัวอย่างการแปลงข้อมูลตัวเลขเป็นข้อมูลนามบัญญัติ

ID	เสียง	รับผิดชอบ	กระทบ	...	CLASS
1	1	0	0	...	N
2	0	1	0	...	P

4. การสร้างแบบจำลองเพื่อจำแนก

4.1 นาอ์ฟเบย์ คือ โมเดลง่ายและไม่ซับซ้อน โดยอาศัยทฤษฎีความน่าจะเป็น (Probability) เป็นหลักซึ่งถูกใช้ในการทำนายผลจัดเป็นเทคนิคในการแก้ปัญหาแบบ Classification ที่สามารถคาดการณ์ผลลัพธ์ได้และสามารถอธิบายได้ โดยจะทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร เพื่อใช้ในการสร้างเงื่อนไขความน่าจะเป็นสำหรับแต่ละความสัมพันธ์เหมาะกับการจัดข้อความเป็นสองประเภท (Banluesapy & Jirapanthong, 2022; Suharsono et al., 2022)

4.2 ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน คือ อัลกอริทึมใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลและจำแนกข้อมูลโดยอาศัยหลักการของการหาสัมประสิทธิ์ของสมการ เพื่อสร้างเส้นแบ่งแยกกลุ่มข้อมูลที่ถูกป้อนเข้าสู่กระบวนการ การฝึกฝนให้ระบบเรียนรู้โดยเน้นไปยังเส้นแบ่งแยกกลุ่มข้อมูลซึ่งเหมาะกับข้อมูลที่มีการแบ่งกลุ่มอย่างชัดเจน (Kovacs et al., 2023; พิศิษฐ์ บวรเลิศสี และวรภัทร ไพรีเกรง, 2565)

4.3 เทคนิคริปเปอร์ คือ เทคนิคที่ได้พัฒนาจากอัลกอริทึม IREP โดยใช้หลักการ Growing and Pruning เป็นการแยกกฎการจำแนกประเภทข้อมูลให้เป็นไปตามกลุ่มหมวดหมู่ ซึ่งมีเป้าหมายในการใช้หลักการตัดกิ่ง ในการเลือกกฎที่สามารถทำให้เกิดผลในการทำงานมากกว่าอัตราความผิดพลาด (Error Rate) ประกอบด้วยขั้นตอน คือการระบุกฎเริ่มต้น และขั้นตอน ระบุค่า Prst – Process Rule Optimization โดยการเรียนรู้จากข้อมูลที่ได้กำหนดคลาสไว้เรียบร้อยแล้ว ซึ่งแบ่งเป็น Growing Set และ Pruning Set สำหรับการช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการแบ่งแยกกลุ่มที่ผิดพลาด จะทำจนกระทั่งจะได้ผลที่พอใจ ซึ่งเหมาะกับข้อมูลต้องการความแม่นยำในการสร้างกฎ (ปพิชญา กลางนอก และจारी ทองคำ, 2019)

4.4 เทคนิคฟิวเรีย (Furia: FR) คือ เทคนิคในการเหนี่ยวนำกฎที่ไม่เรียงลำดับตามพีชซึ่งเป็นวิธีการสร้างกฎเพื่อนำมาใช้ในการพยากรณ์ข้อมูล ซึ่งกฎที่นำมาสร้างเป็นกฎความสัมพันธ์ได้มาจากการประมวลผลของการทำเหมืองข้อมูลเพื่อค้นหากฎความสัมพันธ์ (Association Rule Mining) หรืออธิบายการจำแนกข้อมูลด้วยกฎความสัมพันธ์ โดยเป็นเทคนิคที่นำข้อดีของการทำเหมืองข้อมูลเพื่อค้นหาความสัมพันธ์และเทคนิคการจำแนกประเภทข้อมูล เพื่อค้นหาความสัมพันธ์ ซึ่งเหมาะกับข้อมูลที่มีความไม่แน่นอนและมีการผันแปร (ปพิชญา กลางนอก และ จารี ทองคำ, 2562)

4.5 เทคนิคป่าสุ่ม (Random Forest: RF) คือ การสร้าง model จาก Decision Tree หลาย ๆ model ย่อย ๆ โดยแต่ละโมเดลจะได้รับ data set ไม่เหมือนกัน ซึ่ง subset ของ data set ทั้งหมด ตอนทำ Prediction จะให้ Decision Tree ทำการ Prediction ในแต่ละโหนด และคำนวณผล Prediction ด้วยการ Vote Output ที่ถูกเลือกโดย Decision Tree มากที่สุด ซึ่งเป็นวิธีการวิธีการที่มีประสิทธิภาพและยืดหยุ่นมากกว่า Decision Tree (Banluesapy & Jirapanthong, 2022; Karthika et al., 2019)

2.6 การประเมินประสิทธิภาพแบบจำลอง

การวัดประสิทธิภาพของแบบจำลองจะใช้วิธี 10-fold cross validation คือ การแบ่งข้อมูลออกเป็น 10 กลุ่ม แต่ละกลุ่มมีจำนวนข้อมูลเท่ากัน ฝึกฝนแบบจำลองจากข้อมูล 9 กลุ่ม แล้วใช้ 1 กลุ่มที่เหลือสำหรับทดสอบวนซ้ำการทำงานนี้จนกระทั่งข้อมูลทุกกลุ่มถูกใช้เป็นชุดทดสอบหรือครบ 10 ครั้ง โดยหลังจากการทดลองแล้วจะทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพจากการประเมินประสิทธิภาพของตัวแบบ โดยพิจารณาจาก ความถูกต้อง (Accuracy) ดั่งสมการที่ 1 ความแม่นยำ (Precision) ดั่งสมการที่ 2 ค่าความระลึก (Recall) และดั่งสมการที่ 3

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

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

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

โดยที่ TP คือ ข้อมูลที่ทำนายถูกต้องเมื่อเทียบกับเฉลย FP คือ ข้อมูลที่ทำนายแล้วไม่ถูกต้องเมื่อเทียบกับเฉลย FN คือ ข้อมูลที่อยู่ในเฉลยแต่ไม่มีการทำนาย (ตรงข้าม กับ FN) Precision คือ ค่าความแม่นยำ เกิดจากการนำค่า TP มาเทียบกับ FP Recall คือ ค่าความระลึก เกิดจากการนำค่า TP มาเทียบกับ FN (Angelopoulou et al., 2024; Devi & Sharmila, 2021)

ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ ได้นำความคิดเห็นของคนไทยในสังคมว่า มีความคิดเห็นต่อการฉีดวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 ให้กับเด็กจากโซเชียลมีเดีย ทั้งหมดจำนวน 2,466 ความคิดเห็น ผ่านขั้นตอนการเตรียมข้อมูลทำดัชนี และกำหนดคลาสให้กับความคิดเห็น จนอยู่รูปแบบที่เหมาะสมในการทดลอง จำนวน 1,195 ความคิดเห็น เป็นความคิดเห็นเชิงบวกและลบ จำนวน 638 และ 557 ความคิดเห็น ตามลำดับ และนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการสร้างแบบจำลองเพื่อวิเคราะห์ทั้งสี่จาก 5 เทคนิค ได้แก่ นาอิมเบย์ ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน เทคนิคริบเปอร์ เทคนิคฟิวเรีย และเทคนิคป่าสุ่ม โดยทำการวิเคราะห์ผ่านการใช้โปรแกรม WEKA เวอร์ชัน 3.8.6

ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบบจำลองใช้การทดสอบแบบจำลองด้วยวิธี 10-fold cross validation ในการแบ่งกลุ่มชุดทดสอบ และชุดเรียนรู้ ซึ่งได้ผลการวัดประสิทธิภาพแบบจำลองด้วยค่าความแม่นยำ ค่าความระลึก และค่าความถูกต้อง ดังแสดงในภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพทั้งหมดของโมเดล

จากภาพประกอบ 1 แสดงค่าความถูกต้อง (Accuracy) ค่าความแม่นยำ (Precision) และค่าความระลึก (Recall) ของการทดสอบแบบจำลองโดยใช้ของเทคนิคนาอิวเบย์ เทคนิคซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน เทคนิคฟิวรีเย เทคนิคริปเปอร์ และเทคนิคป่าสุ่ม ในการจำแนกความคิดเห็นต่อการฉีดวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 ให้กับเด็ก ผลปรากฏว่า เทคนิคนาอิวเบย์ ให้ค่าความถูกต้อง ความแม่นยำ และความระลึกมากที่สุด

อภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้มีวัตถุประสงค์ในการสร้างแบบจำลอง และวัดประสิทธิภาพระหว่างแบบจำลองที่ใช้เทคนิคเหมืองข้อความ โดยเป็นการใช้การทำเหมืองข้อความจากความคิดเห็นต่อการฉีดวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 ให้กับเด็ก จากสื่อสังคมออนไลน์ ได้แก่ ยูทูบ, ติ๊กตอก และพันทิป ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2562 จนถึง 31 ธันวาคม 2563 เป็นความคิดเห็นจำนวน 2,466 ความคิดเห็น ที่มีความยาวมากกว่า 20 คำ ซึ่งการสร้างแบบจำลองของงานวิจัยนี้ได้ใช้คำบ่งชี้ โดยเป็นคำประเภทคำกริยา คำกริยาวิเศษณ์ คำคุณศัพท์ ที่สามารถแสดงอารมณ์เชิงลบหรือเชิงบวกของความคิดเห็นได้อย่างชัดเจน ส่งผลดีต่อประสิทธิภาพในการเรียนรู้ของแบบจำลองจากข้อมูล สำหรับขั้นตอนในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง ใช้วิธี 10-fold cross validation เพื่อวัดประสิทธิภาพแบบจำลองที่พัฒนาจากเทคนิค

ในการจำแนกของ 5 เทคนิควิธี ได้แก่ เทคนิคนาอ์ฟเบย์ เทคนิคซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน เทคนิคฟิวรีเย เทคนิคริเปเปอร์ และเทคนิคป่าสุ่ม มาสร้างแบบจำลอง

สรุปผล

โดยขั้นตอนการวัดประสิทธิภาพของทั้ง 5 แบบจำลอง ที่ได้จาก 5 เทคนิควิธี จะใช้หลักการ 10-fold cross validation ในการแบ่งกลุ่มข้อมูลเป็นชุดสำหรับเรียนรู้และทดลอง และวัดประสิทธิภาพของแบบจำลองจาก ค่าความแม่นยำ ค่าความระลึก และค่าความถูกต้อง ผลการวิจัยพบว่า เทคนิคนาอ์ฟเบย์ เทคนิคซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน และเทคนิคป่าสุ่ม เป็นกลุ่มเทคนิคที่ให้ประสิทธิภาพที่ดีมากโดยเฉพาะกับข้อมูลการแบ่งคลาสอย่างชัดเจน โดยที่เทคนิคนาอ์ฟเบย์ โดยที่ให้ค่าความแม่นยำร้อยละ 95.40 ให้ค่าความระลึกร้อยละ 95.40 และให้ค่าความถูกต้องร้อยละ 95.40 ดังเช่นงานวิจัยของ Devi and Sharmila (2021) ได้ใช้เทคนิคนาอ์ฟเบย์ทดสอบร่วมกับเทคนิคเหมืองข้อมูลอื่นซึ่งผลปรากฏว่า เทคนิคนาอ์ฟเบย์ให้ประสิทธิภาพในการจำแนกความคิดเห็นมากที่สุดเช่นเดียวกัน

เอกสารอ้างอิง

- ปพิชญา กลางนอก, & จารี ทองคำ. (2562). การประยุกต์ใช้เทคนิคแบบรวมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพแบบจำลองตามกฎในเหมืองข้อมูล. วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี, 9(1),97-108. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/jitubru/article/view/183422>.
- ประกายแก้ว ศิริพูล, ไพรินทร์ ยอดสุบัน, เรืองอุไร อมรไชย, อรรถพงษ์ ฤทธิพิศ, เวหา เกษมสุข, นิตยา บัวสาย, นลินี กินาวงศ์, ชลิตดา ชันแก้ว, & สุภา เฟ่งพิศ. (2565). สถานการณ์และปัญหาการรับวัคซีนโควิด 19 ในเด็กอายุ 5-11 ปี ในชุมชน: การวิจัยเชิงคุณภาพ. วารสารการพยาบาลและการดูแลสุขภาพ, 40(3), 34-43. <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/jnat-ned/article/view/258141>.

- พิศิษฐ์ บวรเลิศสี, & วรภัทร ไพรีเกรง. (2565). ตัวแบบการวิเคราะห์ความรู้สึกทางอารมณ์ สำหรับ จำแนกประเภทบทความแนะนำสินค้าออนไลน์. *Journal of Engineering and Digital Technology (JEDT)*, 10(1), 71-79.
- สุรียยา หมานมานะ, โสภณ เอี่ยมศิริถาวร, & สุนนมาลย์ อุทัยมกุล. (2563). โรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19). วารสารสถาบันบำราศนราดูร, 14(2), 124 - 133. <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/bamrasjournal/article/view/240349>.
- อุษา คำประสิทธิ์. (2565). การพัฒนารูปแบบการบริหารการพยาบาลในสถานการณ์การระบาดของ โควิด-19 แผนกผู้ป่วยใน โรงพยาบาลนนไทย. วารสารศูนย์อนามัยที่ 9, 16.
- Angelopoulou, A., Mykoniatis, K., & Smith, A. E. (2024). Analysis of Public Sentiment on COVID-19 Mitigation Measures in Social Media in the United States Using Machine Learning. *IEEE Transactions on Computational Social Systems*, 11(1), 307-318. <https://doi.org/10.1109/TCSS.2022.3214527>.
- Banluesapy, S., & Jirapanthong, W. (2022). Towards Machine Learning Algorithm for Screening Prediction of COVID-19 Patients. *JOURNAL OF INFORMATION SCIENCE AND TECHNOLOGY*, 12(1), 47-60. <https://doi.org/10.14456/jist.2022.5>.
- Devi, N. S., & Sharmila, K. (2021). Fine Grained Sentiment Analysis on COVID-19 Vaccine. *2021 10th International Conference on System Modeling & Advancement in Research Trends (SMART)*.
- Karthika, P., Murugeswari, R., & Manoranjithem, R. (2019). Sentiment Analysis of Social Media Network Using Random Forest Algorithm. *2019 IEEE International Conference on Intelligent Techniques in Control, Optimization and Signal Processing (INCOS)*.
- Khan, F. H., Bashir, S., & Qamar, U. (2014). TOM: Twitter opinion mining framework using hybrid classification scheme. *Decision Support Systems*, 57, 245-257. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.dss.2013.09.004>.
- Kovacs, E. R., Cotfas, L. A., Delcea, C., & Florescu, M. S. (2023). 1000 Days of COVID-19: A Gender-Based Long-Term Investigation into Attitudes With Regards to Vaccination. *IEEE Access*, 11, 25351-25371. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3254503>.

- Phung, T. K., Te, N. A., & Ha, T. T. T. (2021). A machine learning approach for opinion mining online customer reviews. 2021 21st ACIS International Winter Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing (SNPD-Winter).
- Suharsono, T. N., Fauzan, A., & Mardiaty, R. (2022). Sentiment Analysis of Covid-19 on Indonesian Twitter by Implementing the Naïve Bayes Method. 2022 8th International Conference on Wireless and Telematics (ICWT).
- Vyas, P., Reisslein, M., Rimal, B. P., Vyas, G., Basyal, G. P., & Muzumdar, P. (2022). Automated Classification of Societal Sentiments on Twitter With Machine Learning. *IEEE Transactions on Technology and Society*, 3(2), 100-110. <https://doi.org/10.1109/TTS.2021.3108963>.
- Zope, T., & Rajeswari, K. (2022). Sentiment Analysis of Covid-19 Tweets using Twitter Database– A Global Scenario. 2022 IEEE 4th International Conference on Cybernetics, Cognition and Machine Learning Applications (ICCCMLA).

ผลกระทบของปริมาณน้ำฝนต่อจำนวนผู้ป่วยโรคติดเชื้อในจังหวัดกาฬสินธุ์
The Impact of Rainfall Volume on the Number of Infectious Disease
Patients in Kalasin Province

ฉัตรสิริ ฉัตรภูติ¹ วัฒนา ชยธวัช^{2*} และ สุชาวดี โตะนะาค³

Chatsiri Chatphuti¹, Vadhana Jayathavaj^{2*}, and Suchawadee Taonak³

คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยชินวัตร¹

Faculty of Nursing, Shinawatra University¹

คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยปทุมธานี²

Faculty of Allied Health Sciences, Pathumthani University²

กลุ่มงานการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก โรงพยาบาลสุรินทร์³

Thai Traditional and Alternative Medicine Group, Surin Hospital³

Email: vadhana.j@ptu.ac.th

Received : December 15, 2024

Revised : May 5, 2025

Accepted : May 8, 2025

บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงความสัมพันธ์นี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบระหว่างปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยรายเดือนกับจำนวนผู้ป่วยโรคที่มีความเชื่อมโยงกับฝนในจังหวัดกาฬสินธุ์ ข้อมูลปริมาณฝนรวบรวมจากคลังข้อมูลน้ำแห่งชาติ สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน) และข้อมูลผู้ป่วยรายเดือนรวบรวมจากระบบรายงานการเฝ้าระวังโรค 506 สำนักระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค เป็นข้อมูลรายเดือน ระหว่างเดือนมกราคม พ.ศ. 2561 ถึง เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2567 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติพรรณนา สหสัมพันธ์เพียร์สัน และตัวแบบเชิงเส้นน้อยตัว ผลการวิเคราะห์พบว่า ปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยรายเดือนกับจำนวนผู้ป่วยรายเดือนโรคพิษจากเห็ด, กับจำนวนผู้ป่วยรายเดือนโรคมือเท้าปาก, และกับจำนวนผู้ป่วยรายเดือนโรคเลปโตสไปโรซิส เท่ากับ 0.485, 0.346, และ 0.233 ตามลำดับ ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ปานกลาง, อย่างอ่อน, และอย่างอ่อน ตามลำดับ ตัวแบบเชิงเส้นน้อยตัวที่มีปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยรายเดือนเป็นตัวแปรต้นกับจำนวนผู้ป่วยรายเดือนโรคพิษจากเห็ด และจำนวน

ผู้ป่วยรายเดือนโรคมือเท้าปากที่เหมาะสมกับข้อมูล คือ ตัวแบบทวินามลบ และตัวแบบควอไซ์พัวซง ตามลำดับ มีสัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) 0.338 และ 0.193 ตามลำดับ ซึ่งส่งผลต่อจำนวนผู้ป่วยโรคพิษจากเห็ดจะมีผู้ป่วยเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 เมื่อปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนเพิ่มขึ้น 1 มิลลิเมตร

คำสำคัญ: ปริมาณน้ำฝน จำนวนผู้ป่วยโรคติดต่อ จังหวัดกาฬสินธุ์

ABSTRACT

This correlational research aimed to analyze the impact between average monthly daily rainfall and the number of patients with rain-associated diseases in Kalasin Province. Rainfall data were collected from the National Hydroinformatics Data Center, Hydro-Informatics Institute (Public Organization) and monthly patient data collected from the Disease Surveillance Reporting System 506, Bureau of Epidemiology, Department of Disease Control. This comprised monthly data from January 2018 to July 2025. Data were analyzed using descriptive statistics, Pearson correlation, and generalized linear models. The analysis results revealed that the correlation coefficients between average monthly daily rainfall and the monthly number of patients with mushroom poisoning, hand-foot-mouth disease, and leptospirosis were 0.485, 0.346, and 0.233, respectively, indicating moderate, weak, and weak positive correlations. The generalized linear models with average monthly daily rainfall as the independent variable that best fit the data for the monthly number of mushroom poisoning patients and hand-foot-mouth disease patients were the negative binomial model and the quasi-Poisson model, respectively, with coefficients of determination (R^2) of 0.338 and 0.193, respectively. Specifically, for mushroom poisoning, a 1-millimeter increase in average monthly rainfall was associated with a 1% increase in the number of patients.

Keywords: Rainfall Volume, Number of Infectious Disease Patients, Kalasin Province

บทนำ

โรคที่สัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนและความชื้นในพื้นที่ ได้แก่ โรคติดเชื้อ คือ โรคมือเท้าปาก โรค (Van Pham et al., 2019) เลปโตสไปโรสิส (Phosri, 2022) และโรคเมลิออยสิส (Jiee, et al., 2023; Liu et al., 2015) และโรคจากการบริโภคเห็ดที่มีพิษคือ โรคพิษจากเห็ด (Xiong et al., 2024)

โรคมือเท้าปาก เป็นโรคติดต่อที่พบบ่อยในเด็กโดยเฉพาะเด็กอายุน้อยกว่า 5 ปี มักมีการระบาดช่วงฤดูฝน สาเหตุเกิดจากเชื้อไวรัสกลุ่มเอนเทอโรไวรัส ส่วนใหญ่มีอาการไม่รุนแรง มักเกิดจากเชื้อเอนเทอโรไวรัส 71 หรือ อีวี 71 กรณีที่มีสมองอักเสบร่วมด้วย จะมีอาการรุนแรงและเสียชีวิตได้ เชื้อไวรัสแพร่ผ่านทางระบบทางเดินอาหาร และการหายใจ ติดต่อโดยตรงจากการสัมผัสน้ำมูก น้ำลาย และอุจจาระของผู้ป่วย สามารถติดต่อบนอ้อมจากการสัมผัสผ่านของเล่น มือผู้เลี้ยงดู น้ำ และอาหารที่ปนเปื้อนเชื้อ โรคมือเท้าปากมักระบาดในโรงเรียน ชั้นอนุบาลเด็กเล็ก หรือสถานรับเลี้ยงเด็ก โรคมีระยะฟักตัวประมาณ 1 สัปดาห์ จึงสามารถติดต่อกันได้โดยที่ยังไม่แสดงอาการ (พรเทพ สวนดอก, 2567) ในระหว่างปี พ.ศ. 2560 ถึง 2567 ประเทศไทยมีผู้ติดเชื้อ 456,260 ราย จำนวนผู้ติดเชื้อมีความผันผวนลดลงเพิ่มขึ้นไม่แน่นอน เฉลี่ยปีละ 57,033 ราย เสียชีวิตรวม 50 ราย (สำนักกระบวนวิทยา กรมควบคุมโรค. 2567)

โรคเลปโตสไปโรสิส เป็นโรคติดต่อจากสัตว์สู่คน ติดต่อกับการสัมผัสสิ่งแวดล้อมที่ปนเปื้อนกับปัสสาวะของสัตว์ที่ป่วยหรือเป็นพาหะนำโรค เช่น หนู โค กระบือ สุกร สุนัข แพะ แกะ โรคนี้พบได้ทั่วโลกแต่พบมากในประเทศเขตร้อน รวมทั้งประเทศไทยพบบ่อยในช่วงฤดูฝนหรือเมื่อเกิดน้ำท่วม ประชากรกลุ่มเสี่ยง คือ เกษตรกร คนที่ทำงานบริเวณที่ชื้นแฉะ มีน้ำท่วมขัง หรือใช้แหล่งน้ำร่วมกับสัตว์เลี้ยง (กรมควบคุมโรค, 2567) ในระหว่างปี พ.ศ. 2560 ถึง 2567 ประเทศไทยมีผู้ติดเชื้อ 24,047 ราย จำนวนผู้ติดเชื้อมีความผันผวนลดลงเพิ่มขึ้นไม่แน่นอน เฉลี่ยปีละ 3,006 ราย เสียชีวิตรวม 309 ราย (สำนักกระบวนวิทยา กรมควบคุมโรค. 2567)

โรคเมลิออยโดสิสในประเทศไทย พบผู้ป่วยได้ทุกภาคทั่วประเทศ แต่พบมากทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยเฉพาะอย่างยิ่งจังหวัดขอนแก่น และอุบลราชธานี ผู้ป่วยส่วนใหญ่ (ร้อยละ 60 - 95) เป็นชาวไร่ชาวนาหรือผู้ที่ทำงานกับดิน และน้ำ พบผู้ป่วยมากในฤดูฝน (สมาคมโรคติดต่อในเด็กแห่งประเทศไทย, 2567) ในระหว่างปี พ.ศ. 2560 ถึง 2567 ประเทศไทยมีผู้ติดเชื้อ 25,903 ราย จำนวนผู้ติดเชื้อมีความผันผวนลดลงเพิ่มขึ้นไม่แน่นอน เฉลี่ยปีละ 3,238 ราย เสียชีวิตรวม 796 ราย (สำนักกระบวนวิทยา กรมควบคุมโรค. 2567)

โรคพิษจากเห็ด เกิดขึ้นเนื่องจากช่วงเข้าสู่ฤดูฝนมีเห็ดป่า หรือเห็ดขึ้นเองตามธรรมชาติ หลากหลายชนิดทั้งเห็ดกินได้ และเห็ดพิษ ซึ่งมีลักษณะภายนอกใกล้เคียงกันมากมักจำแนกได้ยาก จึงทำให้ผู้ป่วย และผู้เสียชีวิตจากการกินเห็ดพิษเป็นประจำทุกปีในทุกภูมิภาค ข้อมูลจากกองระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค 5 ปีย้อนหลัง พบสถานการณ์อาหารเป็นพิษจากการกินเห็ดพิษ 90 เหตุการณ์ มีผู้เสียชีวิต 32 ราย (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการส่งเสริมสุขภาพ, 2567) ในระหว่างปี พ.ศ. 2560 ถึง 2567 ประเทศไทยมีผู้ป่วยเป็นโรคพิษจากเห็ด 19,203 ราย จำนวนผู้ติดเชื้อมีความผันผวนลดลงเพิ่มขึ้น ไม่แน่นอน เฉลี่ยปีละ 2,400 ราย เสียชีวิตรวม 54 ราย (สำนักระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค. 2567)

จังหวัดกาฬสินธุ์มีประชากร 965,463 คน เป็นผู้มีอายุ 60 ปีขึ้นไป ร้อยละ 19.61 (สำนักบริหารการทะเบียน กรมการปกครอง, 2567) ลักษณะภูมิอากาศของจังหวัด ฤดูฝน เริ่มต้นประมาณกลางเดือน พฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม เป็นช่วงที่มรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดเอาความชื้นจากทะเล และมหาสมุทรมาปกคลุมประเทศไทย ประกอบกับในช่วงดังกล่าวร่องความกดอากาศต่ำที่พาดอยู่บริเวณภาคใต้ของประเทศไทยจะเลื่อนขึ้นมาพาดผ่านบริเวณภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ทำให้อากาศเริ่มชุ่มชื้น และมีฝนตกชุกตั้งแต่ประมาณกลางเดือนพฤษภาคมเป็นต้นไป โดยเฉพาะเดือนกรกฎาคมเป็นเดือนที่มีฝนตกชุกหนาแน่นมากที่สุดในรอบปี แต่อย่างไรก็ตาม นอกจากปัจจัยดังกล่าว ที่ให้มีฝนตกชุกแล้วยังขึ้นอยู่กับอิทธิพลของพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนตัวเข้าใกล้หรือเข้าสู่ประเทศไทยในช่วงดังกล่าวด้วย โดยทั่วไปปริมาณฝนเฉลี่ยตลอดทั้งปีของจังหวัดกาฬสินธุ์ อยู่ระหว่าง 1,000 - 1,600 มิลลิเมตร ปริมาณฝนเฉลี่ยตลอดทั้งปีที่อำเภอภมกลาไสย คือ 1,368.4 มิลลิเมตร โดยเดือนสิงหาคมเป็นเดือนที่มีฝนตกชุกมากที่สุดในรอบปี มีปริมาณฝนเฉลี่ย 265.0 มิลลิเมตร ปริมาณฝนมากที่สุดใน 24 ชั่วโมง วัดได้ 188.1 มิลลิเมตร เมื่อวันที่ 27 กรกฎาคม 2547 (ศูนย์ภูมิอากาศ กองพัฒนาอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา, 2567)

จังหวัดกาฬสินธุ์เป็นจังหวัดในเขตสุขภาพที่ 7 ประกอบไปด้วยจังหวัดขอนแก่น มหาสารคาม ร้อยเอ็ด และกาฬสินธุ์ ตามสถิติระบบรายงานการเฝ้าระวังโรค 506 สำนักระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค (2567) ระหว่างปี พ.ศ. 2560 ถึง 2567 จังหวัดกาฬสินธุ์มีจำนวนผู้ติดเชื้อ และผู้เสียชีวิตดังต่อไปนี้

โรคมือเท้าปาก มีผู้ติดเชื้อ 4,002 ราย เฉลี่ยปีละ 500 ราย คิดเป็นร้อยละ 14.44 ของจำนวนผู้ติดเชื้อในเขตสุขภาพที่ 7 โดยในปี พ.ศ. 2566 มีผู้เสียชีวิต 2 ราย

โรคเมลิออยซิส มีผู้ติดเชื้อ 2,932 ราย เฉลี่ยปีละ 367 ราย คิดเป็นร้อยละ 11.32 ของจำนวนผู้ติดเชื้อในเขตสุขภาพที่ 7 และในปี พ.ศ. 2564 มีผู้เสียชีวิต 1 ราย

โรคเลปโตสไปโรสิส มีผู้ติดเชื้อ 545 ราย เฉลี่ยปีละ 68 ราย คิดเป็นร้อยละ 27.47 ของจำนวนผู้ติดเชื้อในเขตสุขภาพที่ 7 และในปี พ.ศ. 2564 มีผู้เสียชีวิต 15 ราย คิดเป็น ร้อยละ 41.67 ของเขตสุขภาพที่ 7 (ในปี พ.ศ. 2650, 2561, 2562, 2565, และ 2566 จำนวน 2, 5, 4, 2, และ 2 ตามลำดับ)

โรคพิษจากเห็ด มีผู้ป่วย 217 ราย เฉลี่ยปีละ 27 ราย คิดเป็นร้อยละ 19.39 ของจำนวนผู้ติดเชื้อในเขตสุขภาพที่ 7 และในปี พ.ศ. 2564 มีผู้เสียชีวิต 2 ราย คิดเป็น ร้อยละ 15.38 ของเขตสุขภาพที่ 7 (ในปี พ.ศ. 2561 และ 2564 ปีละ 1 ราย)

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนกับโรคติดเชื้อที่มีความเชื่อมโยงปริมาณฝน และโรคพิษจากเห็ดในเชิงพื้นที่ จะเป็นข้อมูลในการบริหารจัดการของหน่วยงานสาธารณสุขในท้องถิ่นใช้กำหนดมาตรการเฝ้าระวัง ส่งเสริม ป้องกัน และการบำบัดรักษาที่เหมาะสมต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยรายเดือน กับจำนวนผู้ป่วยรายเดือนโรคมือเท้าปากโรคพิษจากเห็ด โรคเลปโตสไปโรสิส และโรคเมลิออยสิส ของจังหวัดกาฬสินธุ์

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โรคมือเท้าปาก

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยอุตุนิยมิวิทยากับจำนวนผู้ป่วยในเมืองหยางโจว ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนโดยใช้ตัวแบบการบวกกันทั่วไป (A generalized additive model - GAM) พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ย ความกดอากาศเฉลี่ย ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณฝน และแสงแดด มีอิทธิพลต่อจำนวนผู้ป่วยโรคมือเท้าปากในเมืองดังกล่าว (Guo et al., 2022) การศึกษาจำนวนผู้ป่วยรายเดือนของจังหวัดดักหลัก ประเทศเวียดนามระหว่างปี พ.ศ. 2555 ถึง 2556 โดยใช้ตัวแบบการถดถอยปัวซอง พบอัตราเสี่ยงจำนวนผู้ป่วยเพิ่มขึ้น 1.19 เท่า เมื่อมีปริมาณฝนเพิ่มขึ้น 1.14 - 1.24 มิลลิเมตรต่อ 200 มิลลิเมตร (Van Pham et al., 2019) การใช้ข้อมูลรายเดือนระหว่าง พ.ศ. 2553 ถึง 2559 วิเคราะห์ด้วยแบบผสมการบวกกันทั่วไป (A Generalized Additive Mixed Model - GAMM) ผลการวิจัยระบุว่าตัวแปรสภาพภูมิอากาศ เช่น ปริมาณน้ำฝน และความเร็วลมส่งผลกระทบต่อจำนวนผู้ป่วยโรคมือเท้าปากในประเทศมาเลเซีย (Abdul Wahid et al., 2021)

โรคเลปโตสไปโรซิส

ในประเทศไทย มีการใช้ตัวแบบการถดถอยกึ่งปัวซองกับข้อมูลรายเดือนมกราคม พ.ศ. 2550 ถึงธันวาคม 2560 พบว่า ปริมาณฝนที่ตกเพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับความเสี่ยงที่เพิ่มขึ้นของโรคเลปโตสไปโรซิส โดยเฉพาะในภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย (Phosri, 2022)

โรคเมลิออยโดสิส

การศึกษาอัตราเสี่ยงโรคเมลิออยโดสิส จากพฤติกรรมและการมีโรคประจำตัวในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ด้วยตัวแบบปัวซองดัดแปลง (A modified Poisson model) (Chantratita et al., 2023) การศึกษาจำนวนผู้ป่วยโรคเมลิออยโดสิสที่อำเภอเปนามัง รัฐซาบฮ์ ประเทศมาเลเซียโดยใช้ข้อมูลรายเดือนระหว่างปี พ.ศ. 2558 ถึง 2563 วิเคราะห์ด้วยตัวแบบถดถอยกึ่งปัวซอง (Poisson regression) พบว่า จำนวนผู้ป่วยโรคเมลิออยโดสิสเพิ่มขึ้น 1.002 เท่า ทุก ๆ ปริมาณฝนที่เพิ่มขึ้น 1 มิลลิเมตร (Jiee et al., 2023)

โรคพิษจากเห็ด

การศึกษาจำนวนผู้ป่วยโรคพิษจากเห็ดในมณฑลกุ้ยโจว ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน โดยใช้ข้อมูลผู้ป่วยในปี พ.ศ. 2556 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยตัวแบบการบวกนัยทั่วไป (generalized additive model) พบว่า อุณหภูมิพื้นดินเฉลี่ยรายวัน (วัดสูงจากพื้นดิน 15 ซม.) ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวัน ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวัน และระยะเวลาแสงแดดเฉลี่ยรายวันมีความสัมพันธ์กับจำนวนผู้ป่วยโรคพิษจากเห็ดของมณฑลดังกล่าว (Xiong et al., 2024)

นอกจากนี้ตัวแบบปัวซองนัยทั่วไปเชิงพหุ (The multivariate generalized linear Poisson models) ยังนำไปใช้ในการคำนวณความเสี่ยงการระบาดของโรคไข้เลือดออก และโรคเลปโตสไปโรซิส จากอุณหภูมิความชื้น และปริมาณฝนในประเทศเกาหลีใต้ด้วย (Joshi et al., 2017)

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงความสัมพันธ์ (Correlational Research)

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ จำนวนผู้ป่วยโรคติดเชื้อ และโรคพิษจากเห็ดที่เชื่อมโยงกับปริมาณน้ำฝนในจังหวัดกาฬสินธุ์ คือ โรคมือเท้าปาก, โรคเลปโตสไปโรซิส, โรคเมลิออยโดสิส, และโรคพิษจากเห็ด กับปริมาณฝนที่ตกในจังหวัดกาฬสินธุ์ กลุ่มตัวอย่าง คือ จำนวนผู้ป่วยโรคดังกล่าวทั้งสิ้นโรคระหว่างเดือน

มกราคม พ.ศ. 2561 ถึง กรกฎาคม พ.ศ. 2567 และปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยรายเดือนในช่วงเดือนปีเดียวกัน

เครื่องมือการวิจัย

แบบบันทึกข้อมูลในรูปแบบตาราง แนวสมถก เป็นตัวแปรปริมาณน้ำฝน จำนวนผู้ป่วยรวม รายเดือนโรคมือเท้าปาก, โรคพิษจากเห็ด, โรคเลปโตสไปโรซิส, และ โรคเมลิออยโดสิส ตามแนวแถว เป็นค่าของตัวแปรในแต่ละเดือน เรียงจากเดือนที่ 1 ถึง เดือนที่ 79

การเก็บรวบรวมข้อมูล

จำนวนผู้ป่วยโดยรวมรายเดือน (ราย) โรคมือเท้าปาก โรคโรคพิษจากเห็ด โรคเลปโตสไปโรซิส และโรคเมลิออยโดสิส ของจังหวัดกาฬสินธุ์ เดือนมกราคม พ.ศ. 2561 ถึง กรกฎาคม พ.ศ. 2567 รวบรวมจากระบบรายงานการเฝ้าระวังโรค 506 ของสำนักโรคระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค (2567)

ปริมาณน้ำฝนรายวันเฉลี่ยรายเดือนของจังหวัดกาฬสินธุ์ เดือนมกราคม พ.ศ. 2561 ถึง กรกฎาคม พ.ศ. 2567 รวบรวมจาก คลังข้อมูลน้ำแห่งชาติ สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน) (2567) เป็นข้อมูลฝนรายวันเฉลี่ยรายเดือนของแต่ละจังหวัดทั่วประเทศ ที่ผ่านการวิเคราะห์จากข้อมูลตรวจวัดระดับสถานีจากกรมอุตุนิยมวิทยา โดยใช้วิธีการเฉลี่ยเชิงพื้นที่แบบ Inverse Distance Weighted (IDW)

การวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติพรรณนา สหสัมพันธ์เพียร์สัน และตัวแบบเชิงเส้นน้อยทั่วไป ประมวลผลด้วยโปรแกรมวิเคราะห์สถิติ jamovi 2.3.28 (The jamovi project, 2022; R Core Team, 2021) โมดูล GAMLj: General analyses for linear models (Gallucci, 2019)

สถิติที่ใช้การวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้การวิเคราะห์ข้อมูล สถิติพรรณนา ประกอบด้วย ค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐาน ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความแปรปรวน และ Shapiro Wilk test สถิติสหสัมพันธ์เพียร์สัน และตัวแบบเชิงเส้นน้อยทั่วไป (Generalized linear Model) ซึ่งเป็นสถิติหลายตัวแปรที่ใช้ Log link function แสดงความสัมพันธ์ที่การนับจำนวน ในงานวิจัยนี้ คือ จำนวนผู้ป่วยรายเดือน (ราย) (ตัวแปรตาม y) กับปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือน (มิลลิเมตร) (ตัวแปรต้น x) a เป็นค่าคงที่ และ b เป็นสัมประสิทธิ์ของ x

$$\log(y) = a + bx$$

$$y = e^{(a+bx)} = e^a \cdot e^{bx}$$

e^a หมายถึง จำนวนผู้ป่วยในเดือนที่ไม่มีฝนตก

e^b หมายถึง จำนวนเท่าของจำนวนผู้ป่วยที่เพิ่มขึ้นจากเดือนที่ไม่มีฝนตกเมื่อปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 1 มิลลิเมตร (Li, 2019) หรือเรียกว่า อัตราส่วนอัตราอุบัติการณ์ (Incident rate ratio)

ตัวแบบเชิงเส้นนี้ทั่วไป ถ้าค่าเฉลี่ยกับความแปรปรวนของตัวแปรตามเท่ากัน (Equidispersion) ก็จะมีการกระจายแบบปัวซองวิเคราะห์ด้วยตัวแบบการถดถอยปัวซอง (Poisson regression) แต่ถ้าความแปรปรวนมากกว่าค่าเฉลี่ย (Overdispersion) หรือน้อยกว่าค่าเฉลี่ย (Underdispersion) แล้วสามารถใช้ตัวแบบควอไซปัวซอง (Quasi-Poisson) ส่วนตัวแบบทวินามลบ (Negative binomial) ใช้กับตัวแปรตามที่มีความแปรปรวนมากกว่าค่าเฉลี่ยเท่านั้น (Wilson, 2018)

การพิทักษ์สิทธิกลุ่มตัวอย่าง

การประเมินด้วยแบบประเมินว่า โครงการวิจัยเข้าข่ายการวิจัยในคนหรือไม่ของศูนย์ส่งเสริมจริยธรรมการวิจัยในคน มหาวิทยาลัยมหิดล (ศูนย์ส่งเสริมจริยธรรมการวิจัยในคน, 2565) พบว่าโครงการวิจัยนี้ ใช้ข้อมูลจำนวนผู้ป่วยโดยรวมรายเดือน ไม่มีข้อมูลที่สามารถเชื่อมโยงถึงตัวบุคคลใด ๆ ได้ ไม่มีปฏิสัมพันธ์ใด ๆ กับผู้ป่วย จึงไม่ใช่งานวิจัยในคน ตามประกาศมหาวิทยาลัยมหิดล เรื่อง แนวปฏิบัติสำหรับโครงการวิจัยที่ไม่เข้าข่ายการวิจัยในคน พ.ศ. 2565 (มหาวิทยาลัยมหิดล, 2565) ซึ่งไม่ต้องขอรับการรับรองการวิจัยในคนแต่อย่างใด “หากไม่เข้าเงื่อนไขข้อใดข้อหนึ่งในข้อ 2 - 6 งานวิจัยนั้น ไม่ใช่ “โครงการวิจัยในคน” จึงไม่จำเป็นต้องได้รับการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน

ผลการวิจัย

สถิติปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยรายเดือน และจำนวนผู้ป่วยรายเดือน

ปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยรายเดือน และจำนวนผู้ป่วยรายเดือนโรคมือเท้าปาก, โรคพิษจากเห็ด, โรคเมลิออยโดสิส, และโรคเลปโตสไปโรสิสของจังหวัดกาฬสินธุ์ มีค่าเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 109.0 ± 113.00 , 43.30 ± 81.20 , 1.99 ± 3.95 , 9.75 ± 6.19 , และ 4.76 ± 5.39 ตามลำดับ ค่าความแปรปรวนมากกว่าค่าเฉลี่ย (overdispersion) ทั้งหมด และไม่เป็นการแจกแจงปกติ (Shapiro-Wilk p-value) น้อยกว่า .05 ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สถิติพรรณนาข้อมูลรายเดือนมกราคม พ.ศ. 2561 ถึง กรกฎาคม พ.ศ. 2567
จังหวัดกาฬสินธุ์

ค่าสถิติ	ปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยรายเดือน (มิลลิเมตร)	จำนวนผู้ป่วยรายเดือน (ราย)			
		โรคมือเท้าปาก	โรคเมลิออยโดสิส	โรคเลปโตสไปโรสิส	โรคพิษจากเห็ด
ค่าเฉลี่ย	109.00	43.30	9.75	4.76	1.99
ค่ามัธยฐาน	81.50	21.00	9.00	3.00	0.00
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	113.00	81.20	6.19	5.39	3.95
ความแปรปรวน	12697	6590	38.3	29.1	15.6
ค่าต่ำสุด	0	0	0	0	0
ค่าสูงสุด	535	633	25	21	20
Shapiro-Wilk W	0.866	0.486	0.949	0.781	0.575
Shapiro-Wilk p-value	< .001	< .001	0.003	< .001	< .001

ตารางที่ 2 สหสัมพันธ์เพียร์สันระหว่างปริมาณฝนกับจำนวนผู้ป่วยรายเดือนจังหวัดกาฬสินธุ์

จำนวนผู้ป่วยรายเดือน (ราย)	ปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยรายเดือน (มิลลิเมตร)	จำนวนผู้ป่วยรายเดือน (ราย)		
		โรคพิษจากเห็ด	โรคมือเท้าปาก	โรคเลปโตสไปโรสิส
โรคพิษจากเห็ด	0.485			
	< .001*			
โรคมือเท้าปาก	0.346	0.076		
	0.002*	0.507		
โรคเลปโตสไปโรสิส	0.233	0.170	0.183	
	0.038*	0.134	0.107	
โรคเมลิออยโดสิส	0.049	-0.038	0.222	0.470
	0.667	0.740	0.049	< .001

หมายเหตุ ตัวเลขในตาราง ตัวบน คือ ค่าสหสัมพันธ์เพียร์สัน ตัวล่าง คือ p-value, *p-value < .05

ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยรายเดือนกับจำนวนผู้ป่วยรายเดือน

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน ระหว่างปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยรายเดือนกับจำนวนผู้ป่วยรายเดือนโรคพิษจากเห็ด, โรคมือเท้าปาก, โรคเลปโตสไปโรสิส, และโรคเมลิออยโดสิส เท่ากับ 0.485, 0.346, 0.233, และ 0.049 ตามลำดับ ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ปานกลาง, อย่างอ่อน, อย่างอ่อน, และไม่มีความสัมพันธ์ ตามลำดับ (0.00 - 0.10 Negligible correlation, 0.10 - 0.39 Weak correlation, 0.40–0.69 Moderate correlation) (Schober et al., 2018) นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางที่ 2

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์รายเดือนระหว่างปริมาณฝนกับจำนวนผู้ป่วย

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยรายเดือนกับจำนวนผู้ป่วยรายเดือน

การนำข้อมูลรายเดือนมกราคมถึงธันวาคม ช่วงปี พ.ศ. 2561 ถึง กรกฎาคม พ.ศ. 2567 มาหาค่าเฉลี่ยและค่ามัธยฐานแต่ละเดือนใน 1 ปี เปรียบเทียบปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยรายเดือนกับค่าเฉลี่ยและค่ามัธยฐานจำนวนผู้ป่วยรายเดือนโรคพิษจากเห็ด, โรคมือเท้าปาก, โรคเลปโตสไปโรสิส, และโรคเมลิออยโดสิส เพื่อให้สามารถแสดงจำนวนอยู่ในแกนตั้งร่วมกับโรคที่มีผู้ป่วยน้อยได้ ปริมาณฝนที่มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรได้หารด้วย 10 ดังแสดงในภาพประกอบ 1, 3, 4, และ 5 ตามลำดับ

การวิเคราะห์ตัวแบบเชิงเส้นนัยทั่วไป

เมื่อปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยรายเดือนเป็นตัวแปรต้น

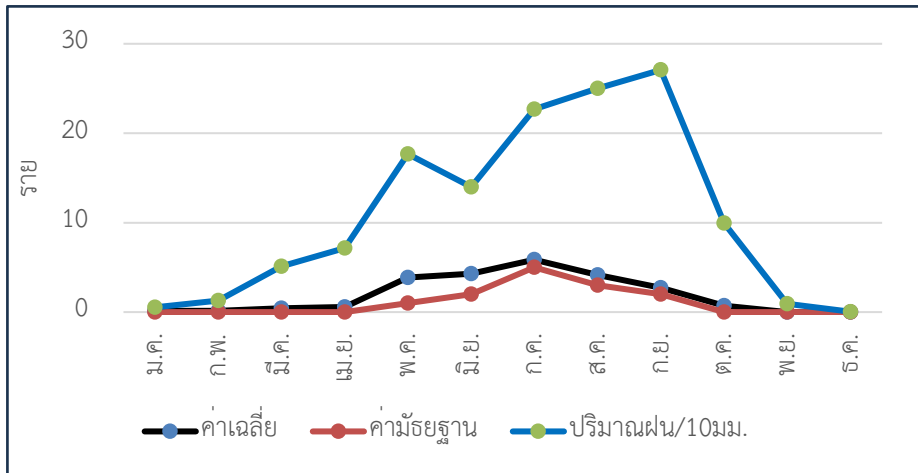
เมื่อ x เป็นปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยรายเดือน

y เป็นจำนวนผู้ป่วยรายเดือนเป็นตัวแปรตาม

$$y = e^{a+bx} = e^a \times e^{bx}$$

จำนวนผู้ป่วยรายเดือนโรคพิษจากเห็ด

ตัวแบบที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 3 ตัวแบบที่เหมาะสมกับข้อมูล คือตัวแบบทวินามลบมีสัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) 0.338 เป็นตัวแบบที่สามารถอธิบายความเปลี่ยนแปลงได้ปานกลาง (0.3 to 0.6 Moderate explanatory power; the model captures some variation (Watts, 2022). โดยมีความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝน (Rain) กับ จำนวนผู้ป่วย (Mushroom) ไม่เป็นเชิงเส้นตรง ดังแสดงในภาพประกอบ 5



ภาพประกอบ 1 ค่าเฉลี่ยและค่ามัธยฐานจำนวนผู้ป่วยรายเดือนโรคพิษจากเห็ดเทียบกับปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยรายเดือน พ.ศ. 2561 ถึง ก.ค. พ.ศ. 2567

ตารางที่ 3 ตัวแบบเชิงเส้นน้อยทั่วไปของจำนวนผู้ป่วยรายเดือนโรคพิษจากเห็ดจังหวัดกาฬสินธุ์

ตัวแบบคอไขปวง สัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) 0.263

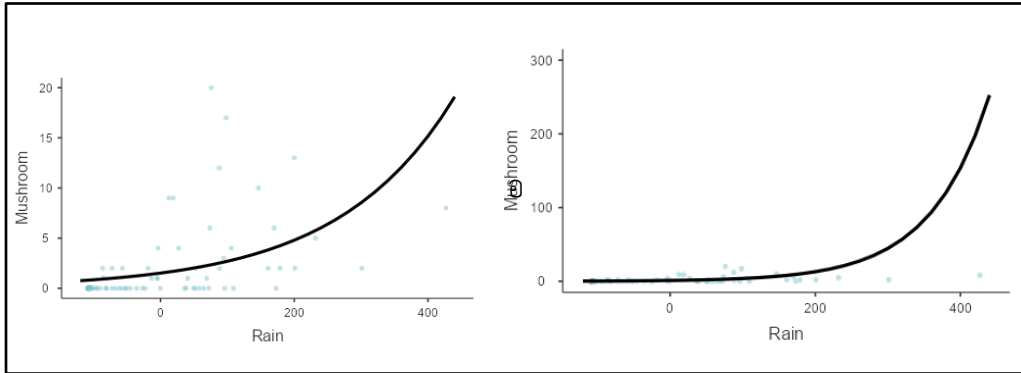
Loglikelihood ratio tests $\chi^2 = 19.40$ p-value < .001

สัมประสิทธิ์		95% ความเชื่อมั่น		p-value
		ค่าตัวล่าง	ค่าตัวบน	
e^a	1.51	0.935	2.29	0.072
e^b	1.01	1.003	1.01	< .001

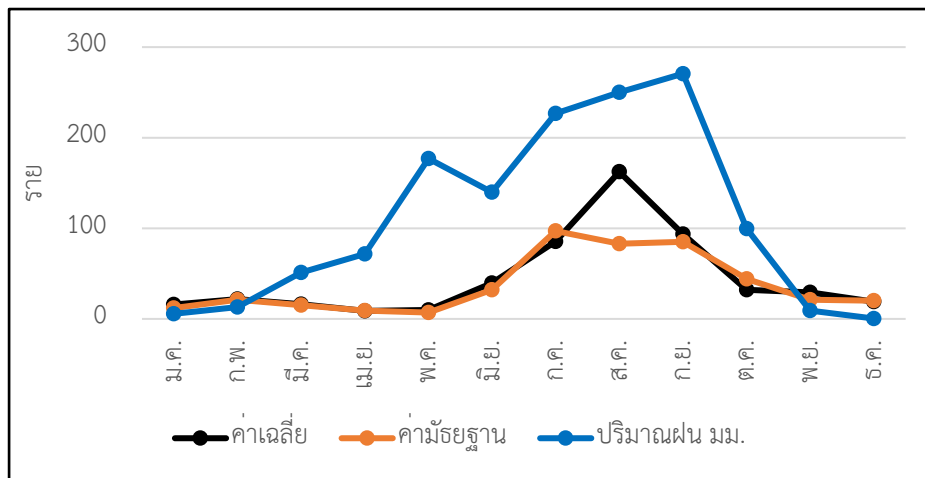
ตัวแบบทวินามลบ สัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) 0.338

Loglikelihood ratio tests $\chi^2 = 38.10$ p-value < .001

สัมประสิทธิ์		95% ความเชื่อมั่น		p-value
		ค่าตัวล่าง	ค่าตัวบน	
e^a	1.09	0.715	1.670	0.706
e^b	1.01	1.008	1.020	< .001



ภาพประกอบ 2 ปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยรายเดือน (Rain) (มิลลิเมตร) และโรคจำนวนผู้ป่วยรายเดือน โรคมือเท้าปาก (HFM) (ราย)



ภาพประกอบ 3 ค่าเฉลี่ยและค่ามัธยฐานจำนวนผู้ป่วยรายเดือนโรคโรคมือเท้าปากเทียบกับ ปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยรายเดือน พ.ศ. 2561 ถึง ก.ค. พ.ศ. 2567

จำนวนผู้ป่วยรายเดือนโรคมือเท้าปาก

ตัวแบบที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 3 ตัวแบบที่เหมาะสมกับข้อมูล คือ ตัวแบบควอไซซ์พ่วงมีสัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) 0.193 เป็นตัวแบบที่สามารถอธิบายความเปลี่ยนแปลงได้ดีต่ำ (0 to 0.3 Weak explanatory power; other factors contribute significantly (Watts, 2022) โดยมีความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝน (Rain) กับ จำนวนผู้ป่วย (Mushroom) ไม่เป็นเชิงเส้นตรง ดังแสดงในภาพประกอบ 4

ตารางที่ 4 ตัวแบบเชิงเส้นนัยทั่วไปของจำนวนผู้ป่วยรายเดือนโรคมือเท้าปากจังหวัดกาฬสินธุ์

ตัวแบบควอไซซ์พ่วง สัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) 0.193

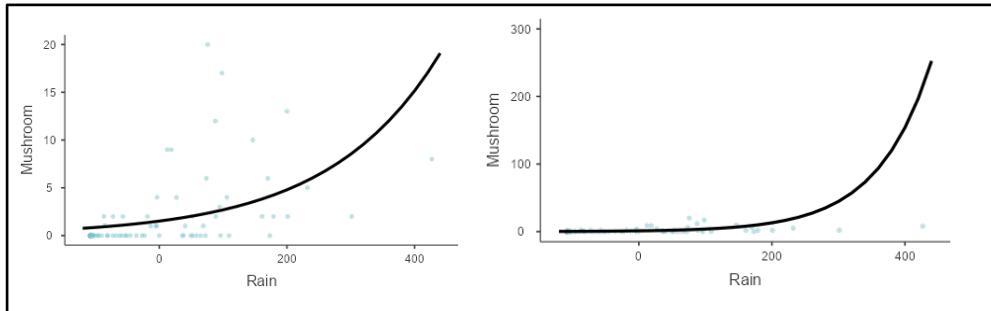
Loglikelihood ratio tests $\chi^2 = 11.2$ p-value < .001

สัมประสิทธิ์		95% ความเชื่อมั่น		p-value
		ค่าตัวล่าง	ค่าตัวบน	
e^a	37.61	25.03	53.68	< .001
e^b	1.00	1.00	1.01	< .001

ตัวแบบทวินามลบ สัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) 0.133

Loglikelihood ratio tests $\chi^2 = 14.50$ p-value < .001

สัมประสิทธิ์		95% ความเชื่อมั่น		p-value
		ค่าตัวล่าง	ค่าตัวบน	
e^a	36.47	27.35	50.08	< .001
e^b	1.01	1	1.01	< .001

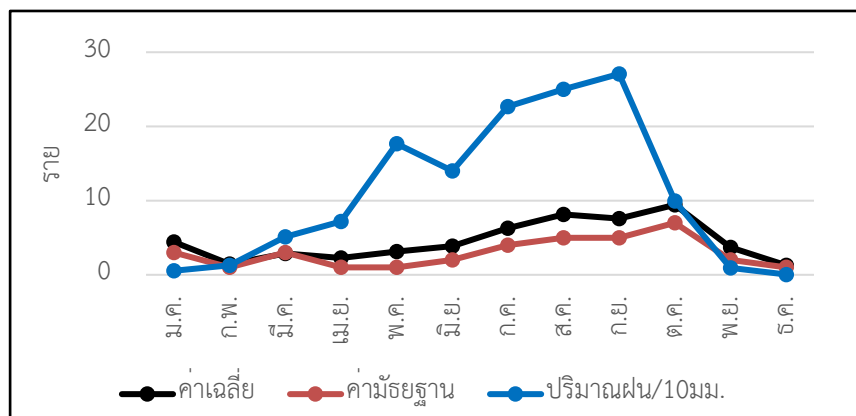


ภาพประกอบ 4 ปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยรายเดือน (Rain) (มิลลิเมตร) และจำนวนผู้ป่วยรายเดือนโรคพิษจากเห็ด (Mushroom) (ราย)

จำนวนผู้ป่วยรายเดือนโรคเลปโตสไปโรซิส

ค่าเฉลี่ยและค่ามัธยฐานของข้อมูลรายเดือนระหว่าง พ.ศ. 2561 ถึง เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2567 จำนวนผู้ป่วยรายเดือนโรคเลปโตสไปโรซิสมีรูปแบบเพิ่มขึ้นตามปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยรายเดือนที่เพิ่มขึ้น ดังแสดงในภาพประกอบ 5

จำนวนผู้ป่วยรายเดือนโรคเลปโตสไปโรซิส ตัวแบบควอไซปัวซง และตัวแบบทวินามลบ มีสัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) 0.0575 และ 0.0465 ตามลำดับ โดย Loglikelihood ratio tests ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งสองตัวแบบอธิบายความเปลี่ยนแปลงได้ต่ำมาก (Watts, 2022)

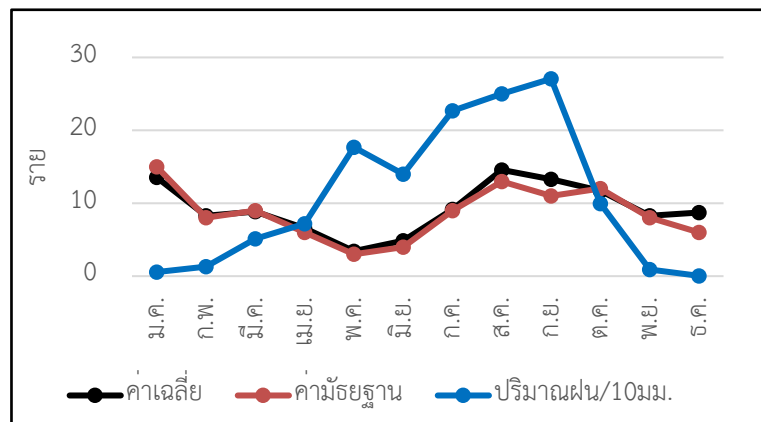


ภาพประกอบ 5 ค่าเฉลี่ยและค่ามัธยฐานจำนวนผู้ป่วยรายเดือนโรคเลปโตสไปโรซิส เทียบกับปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยรายเดือน พ.ศ. 2561 ถึง ก.ค. พ.ศ. 2567

จำนวนผู้ป่วยรายเดือนโรคเมลิออยโดสิส

ค่าเฉลี่ยและค่ามัธยฐานของข้อมูลรายเดือนระหว่าง พ.ศ. 2561 ถึง เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2567 จำนวนผู้ป่วยรายเดือนโรคเมลิออยโดสิส รูปแบบตรงกันข้ามกับปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยรายเดือน กล่าวคือเมื่อปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยรายเดือนเพิ่มขึ้น/ลดลงจำนวนผู้ป่วยรายเดือนโรคเมลิออยโดสิส กลับลดลง/เพิ่มขึ้น ดังแสดงในภาพประกอบ 6

จำนวนผู้ป่วยรายเดือนโรคเมลิออยโดสิสตามตัวแบบควอไซซ์ป่าซง และตัวแบบทวินามลบ มีสัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) 0.00229 และ 0.00174 ตามลำดับ โดย Loglikelihood ratio tests ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งสองตัวแบบไม่สามารถอธิบายความเปลี่ยนแปลงได้ (Watts, 2022)



ภาพประกอบ 6 ค่าเฉลี่ยและค่ามัธยฐานจำนวนผู้ป่วยรายเดือนโรคโรคเมลิออยโดสิสเทียบกับ ปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยรายเดือน พ.ศ. 2561 ถึง ก.ค. พ.ศ. 2567

สรุปผลการวิจัย

ปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยรายเดือนกับจำนวนผู้ป่วยรายเดือนโรคพิษจากเห็ด, กับจำนวนผู้ป่วยรายเดือนโรคมือเท้าปาก, และกับจำนวนผู้ป่วยรายเดือนโรคเลปโตสไปโรสิส เท่ากับ 0.485, 0.346, และ 0.233 ตามลำดับ ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ปานกลาง, อย่างอ่อน, และอย่างอ่อน ตามลำดับ

ตัวแบบจำนวนผู้ป่วยรายเดือนโรคพิษจากเห็ดกับปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยรายเดือนตัวแบบที่เหมาะสมกับข้อมูล คือ ตัวแบบทวินามลบมีสัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) 0.338 ตัวแบบจำนวนผู้ป่วย

รายเดือนโรคมือเท้าปากกับปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยรายเดือนตัวแบบที่เหมาะสมกับข้อมูล คือ ตัวแบบควอไซปัวซงมีสัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) 0.193

อภิปรายผลการวิจัย

จำนวนผู้ป่วยรายเดือนโรคพิษจากเห็ดตามตัวแบบทวินามลบมีผู้ป่วยเฉลี่ยรายเดือน 1.09 ราย ($e^a = 1.09$) และเมื่อปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนเพิ่มขึ้น 1 มิลลิเมตร จะมีผู้ป่วยเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 ($e^b = 1.01$) สอดคล้องกับการวิเคราะห์กรณีเห็ดพิษในประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ. 2546 ถึง 2560 โดยเน้นที่ความสัมพันธ์ของเห็ดพิษกับปริมาณน้ำฝนฤดูกาลส่งผลกระทบต่อกรณียุทธศาสตร์ ในช่วง 15 ปี พบผู้ป่วย 17,337 รายในฤดูฝน (พ.ค. - ก.ย.) เมื่อเทียบกับ 5,234 รายในฤดูแล้ง (ต.ค. - เม.ย.) (Somrithipol et al., 2022) ซึ่งแสดงว่าในฤดูที่มีปริมาณฝนมากกว่าก็มีผู้ป่วยจำนวนมากตามไปด้วย

จำนวนผู้ป่วยรายเดือนโรคมือเท้าปาก ตามตัวแบบควอไซปัวซงมีสัมประสิทธิ์มีผู้ป่วยเฉลี่ยรายเดือน 37.61 ราย ($e^a = 37.61$) และเมื่อปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนเพิ่มขึ้น 1 มิลลิเมตร ก็ไม่มีผู้ป่วยเพิ่มขึ้นจากค่าเฉลี่ยรายเดือน ($e^b = 1.00$) สอดคล้องกับการศึกษาวิเคราะห์กรณีโรคมือเท้าปากในประเทศสิงคโปร์ พบว่า ปริมาณน้ำฝนสะสมรายสัปดาห์ที่เพิ่มขึ้น 1 มม. ต่ำกว่า 75 มม. ส่งผลให้จำนวนผู้ป่วย HFMD เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.3 ซึ่งต่ำกว่ากรณีของจังหวัดกาฬสินธุ์ ในขณะที่ปริมาณน้ำฝนที่สูงกว่า 75 มม. มีผลตรงกันข้าม โดยลดจำนวนผู้ป่วยลง 0.5% ต่อปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มขึ้น 1 มม. (Hii, et al., 2011)

จำนวนผู้ป่วยรายเดือนโรคเลปโตสไปโรซิส แม้ว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยรายเดือนกับจำนวนผู้ป่วยรายเดือนโรคเลปโตสไปโรซิส เท่ากับ 0.233 ซึ่งเป็นความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงอย่างอ่อนในทางบวก แต่ก็ไม่มีตัวแบบตามแบบจำลองเชิงเส้นน้อยทั่วไปที่มีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม ก็สอดคล้องกับการศึกษาระบาดของโรคเลปโตสไปโรซิสในประเทศไทยระหว่างปี 2546 - 2555 โรคเลปโตสไปโรซิสเกิดตามฤดูกาล โดยมีจำนวนผู้ป่วยสูงสุดในฤดูฝนช่วงเดือนสิงหาคม ถึงเดือนตุลาคม (Hinjoy, 2014)

จำนวนผู้ป่วยรายเดือนโรคเมลิออยโดสิส ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันระหว่างปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยรายเดือนกับจำนวนผู้ป่วยรายเดือนโรคเมลิออยโดสิส เท่ากับ 0.049 ตามลำดับ ซึ่งกล่าวได้ว่าไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง และไม่มีตัวแบบตามแบบจำลองเชิงเส้นน้อยทั่วไป ที่มีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม ข้อมูลจากกรมควบคุมโรคระบุว่าในปี พ.ศ. 2564 พบผู้ป่วยเมลิออยโดสิส 1,426 ราย

ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงสิงหาคม โดยพบมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคใต้ การพยากรณ์โรคในช่วงฤดูฝนคาดว่า จำนวนผู้ป่วยจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากประชาชนมีโอกาสสัมผัสกับดิน และน้ำที่ปนเปื้อนเชื้อมากขึ้น (กรมควบคุมโรค, 2564)

ข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้

การวิจัยครั้งนี้ ใช้เพียงจำนวนผู้ป่วย และปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยรายเดือนในการสร้างตัวแบบสมการถดถอยเท่านั้น ไม่ได้นำปัจจัยที่เกี่ยวข้องในพื้นที่มาร่วมพิจารณาด้วยได้แก่ มาตรการเฝ้าระวัง การป้องกันเชิงรุกโดยการให้ความรู้แก่ประชาชน ซึ่งก็พบว่า ปริมาณฝนรายเดือนตามฤดูกาลของจังหวัดมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับจำนวนผู้ป่วยโรคติดเชื้อ และโรคพิษจากเห็ดรายเดือนปานกลาง และอย่างอ่อนจนถึงไม่มีความสัมพันธ์ แต่เมื่อสร้างตัวแบบด้วยแบบจำลองเชิงเส้นน้อยทั่วไปแล้ว ก็พบว่า ได้ตัวแบบจำนวนผู้ป่วยรายเดือนที่มีปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยรายเดือน เป็นตัวแปรต้นที่มีนัยสำคัญทางสถิติ คือ โรคพิษจากเห็ดตามตัวแบบทวินามลบ และจำนวนผู้ป่วยรายเดือนโรคมือเท้าปากตามตัวแบบควอไซบัส ดังนั้น ข้อมูลปริมาณฝนจากการพยากรณ์สภาพอากาศจึงเป็นปัจจัยชี้้นำถึงจำนวนผู้ป่วยที่จะเกิดขึ้นในการบริหารงานสาธารณสุขในพื้นที่ เมื่อรู้ล่วงหน้าถึงค่าพยากรณ์ปริมาณฝนก็สามารถจะประมาณการจำนวนผู้ป่วยล่วงหน้า ทำให้สามารถวางแผนเฝ้าระวัง และป้องกันได้ทันทั่วทั้ง

อย่างไรก็ตาม การศึกษาผลกระทบระยะสั้นของปริมาณฝนต่อจำนวนผู้ป่วยโรคมือเท้าปากในเด็ก และความหลากหลายเชิงพื้นที่ที่เกี่ยวข้องจำนวน 143 เมืองในจีนแผ่นดินใหญ่ พบความสัมพันธ์แบบไม่เชิงเส้นระหว่างปริมาณน้ำฝนและโรคมือเท้าปาก ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนและโรคมือเท้าปากยังแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับสถานที่ เนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างฝนตก และจำนวนผู้ป่วยโรคมือเท้าปากได้รับผลกระทบอย่างมากจากสภาพแวดล้อมในท้องถิ่นด้วย ดังนั้น ไม่ควรสรุปความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝน และโรคมือเท้าปากของสถานที่หนึ่งไปเปรียบเทียบกับอีกสถานที่หนึ่ง (Yang et al., 2020)

การวิจัยครั้งต่อไป

การใช้ข้อมูลในช่วงที่สอดคล้องกับระยะเวลาดำเนินโรคเช่นรายวันหรือรายสัปดาห์ ซึ่งละเอียดกว่ารายเดือนให้สามารถสร้างตัวแบบตามระยะเวลาการดำเนินโรค โดยการใช้ข้อมูลปริมาณฝนคาบก่อนหน้า (lag) และการสร้างตัวแบบสมการถดถอยพหุคูณที่พิจารณาค่านี้ถึงทางอุดมศึกษาปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อปริมาณน้ำขังและความชื้นที่เอื้อต่อเชื้อก่อโรค ได้แก่ อุณหภูมิ ช่วงแสง และความชื้นสัมพัทธ์ ฯลฯ

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมโรค. (2564). *กรมควบคุมโรค เผยแพร่พยากรณ์โรคฯ ฉบับที่ 29/2564 "เตือนประชาชนช่วงหน้าฝนนี้ ระวังป่วยโรคเมลิออยโดสิส หลีกเลี่ยงการเดินลุยน้ำย่ำโคลน และรับประทานอาหารปรุงสุกสะอาด*. จาก <https://ddc.moph.go.th/brc/news.php?news=20212&deptcode=brc>.
- กองโรคติดต่อทั่วไป กรมควบคุมโรค ชมรมแลปโตสไปโรสิสแห่งประเทศไทย. (2567). *แนวทางการคัดกรอง ตรวจวินิจฉัยและดูแลรักษาผู้ป่วย โรคเลปโตสไปโรสิส*. จาก <https://cimjournal.com/special-articles/screen-diagno-leptospirosis/>.
- คลังข้อมูลน้ำแห่งชาติ สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน). (2567). *ปริมาณฝนเชิงพื้นที่รายเดือนรายจังหวัด*. จาก <https://data.hii.or.th/dataset/38cbfb06-e174-4653-accd-d491121ba752/resource/120aba77-b0a7-44c0-8043-91124dac45ed/download/spatial-rain-hii.csv>
- พรเทพ สวนดอก. (2567). *โรคมือเท้าปาก*. จาก <https://www.pidst.or.th/A297.html>.
- มหาวิทยาลัยมหิดล. (2565). *ประกาศมหาวิทยาลัยมหิดล เรื่อง แนวปฏิบัติสำหรับโครงการวิจัยที่ไม่เข้าข่ายการวิจัยในคน*. จาก <https://sp.mahidol.ac.th/th/LAW/policy/2565-MU-Non-Human.pdf>.
- ศูนย์ภูมิอากาศ กองพัฒนาอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา. (2567). *ลักษณะอากาศรายจังหวัด ภาพลอินธุ์*. จาก <http://climate.tmd.go.th/data/province/ตะวันออกเฉียงเหนือ/ภูมิอากาศภาพลอินธุ์.pdf>.
- ศูนย์ส่งเสริมจริยธรรมการวิจัยในคน มหาวิทยาลัยมหิดล. (2565). *แบบประเมินว่าโครงการวิจัยของท่านเข้าข่ายการวิจัยในคนหรือไม่*. จาก <https://sp.mahidol.ac.th/th/ethics-human/forms/checklist/2022-Human%20Research%20Checklist-researcher.pdf>.
- สมาคมโรคติดต่อในเด็กแห่งประเทศไทย. (2567). *โรคเมลิออยโดสิส (MELIOIDOSIS)*. จาก <https://www.pidst.or.th/A247.html>.
- สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ. (2567). *กรมควบคุมโรค เตือนหน้าฝนระวัง 15 เหน็ดพิษ ณะเจอหัดไม่รู้จัก ไม่แน่ใจ ไม่เก็บ ไม่กิน*. จาก <https://www.thaihealth.or.th/?p=366184>.
- สำนักบริหารการทะเบียน กรมการปกครอง. (2567). *ประชากรรายอายุ แยกตามเพศพื้นที่จังหวัดภาพลอินธุ์ข้อมูลเดือน มิถุนายน 2567*. จาก <https://stat.bora.dopa.go.th/stat/statnew/statMONTH/statmonth/#/displayData>

- สำนักกระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค. (2567). *ระบบรายงานการเฝ้าระวังโรค 506*. จาก <http://doe.moph.go.th/surdata/>.
- Abdul Wahid, N.A., Suhaila, J., & Abd Rahman, H. (2021). Effect of climate factors on the incidence of hand, foot, and mouth disease in Malaysia: A generalized additive mixed model. *Infectious Disease Modelling*, 6, 997-1008.
- Chantratita, N., Phunpang, R., Yarasai, A., Dulsuk, A., Yimthin, T., Onofrey, L.A., ... West, T.E. (2023). Characteristics and one year outcomes of melioidosis patients in Northeastern Thailand: a prospective, multicenter cohort study. *Lancet Reg Health Southeast Asia*, 9, 100118. <https://doi.org/10.1016/j.lansea.2022.100118>
- Gallucci, M. (2019). *GAMLj: General analyses for linear models*. [jamovi module]. From <https://gamlj.github.io/>.
- Guo, J., Cao, Z., Liu, H., Xu, J., Zhao, L., Gao, L., ... Wang, J. (2022). Epidemiology of hand, foot, and mouth disease and the genetic characteristics of Coxsackievirus A16 in Taiyuan, Shanxi, China from 2010 to 2021. *Front Cell Infect Microbiol.*, 12, 1040414. doi: 10.3389/fcimb.2022.1040414.
- Hii, Y.H., Rocklöv, J. & Nawi Ng, N. (2011). Short Term Effects of Weather on Hand, Foot and Mouth Disease. *PLoS ONE*, 6(2), e16796.
- Hinjoy, S. (2014). Epidemiology of leptospirosis from Thai National Disease Surveillance System, 2003-2012. *OSIR*, 7(2), 1-5.
- Jiee, S.F., Lim, K.J., Vui, D.S.C., Marius, D.P., Illyana, N.S., & Jantim, A. (2023). Extreme Weather and Melioidosis: An endemic tropical disease in Penampang district of Sabah, Malaysia Penampang district of Sabah, Malaysia. *J Health Res.*, 37(5), 297-305.
- Joshi, Y.P., Kim, E-H., Cheong, H-K. (2017). The influence of climatic factors on the development of hemorrhagic fever with renal syndrome and leptospirosis during the peak season in Korea: An ecologic study. *BMC Infect Dis.*, 17(1), 406. doi: 10.1186/s12879-017-2506-6.
- Li, M. (2019). *Course Handouts for Bayesian Data Analysis Class 11.5 Poisson Regression*. From https://bookdown.org/marklhc/notes_bookdown/.

- Liu, X., Pang, L., Sim, S.H., Goh, K.T., Ravikumar, S., Win, M.S., ..., Chai, L.Y. (2015). Association of melioidosis incidence with rainfall and humidity, Singapore, 2003-2012. *Emerg Infect Dis.*, 21(1), 159-62. doi: 10.3201/eid2101.140042.
- Phosri, A. (2022). Effects of rainfall on human leptospirosis in Thailand: evidence of multi-province study using distributed lag non-linear model. *Stoch Environ Res Risk Assess.*, 36, 4119-4132. <https://doi.org/10.1007/s00477-022-02250-x>.
- R Core Team. (2021). *R: A Language and environment for statistical computing. (Version 4.1)* [Computer software]. From: <https://cran.r-project.org>.
- Schober, P., Boer, C., & Schwarte, L.A. (2018). Correlation Coefficients: Appropriate Use and Interpretation. *Anesthesia & Analgesia*, 126(5), 1763-1768.
- Somrithipol, S., Pinruan, U., Sommai, S., Khamsuntorn, P., Luangsa-ard, J.J. (2022). Mushroom poisoning in Thailand between 2003 and 2017. *Mycoscience*, 63(6), 267-73.
- The jamovi project. (2022). *jamovi. (Version 2.3)* [Computer Software]. From: <https://www.jamovi.org>.
- Van Pham, H., Phan, U.T.N., & Pham, A.N.Q. (2019). Meteorological factors associated with hand, foot and mouth disease in a Central Highlands province in Viet Nam: an ecological study. *Western Pac Surveill Response J.*, 10(4), 18-23. doi: 10.5365/wpsar.2017.8.1.003.
- Watts, V. (2022). *Introduction to Statistics*. London, Ontario: Fanshawe College Pressbooks.
- Wilson, S.R. (2018). Inference for Under-Dispersed Data: Assessing the Performance of an Airborne Spacing Algorithm. *Qual Eng.*, 30(4), 546-555. doi: 10.1080/08982112.2018.1482339.
- Xiong, S., Wu, A., Weng, L., Zhang, L., Wu, M., Li, H., ..., Long, T. (2024). Study on the correlation between the number of mushroom poisoning cases and meteorological factors based on the generalized additive model in Guizhou Province. *BMC Public Health*, 24, 2628. <https://doi.org/10.1186/s12889-024-20050-6>.
- Yang, F., Ma, Y., Liu, F., Zhao, X., Fan, C., Hu, Y., ..., Xiao, X. (2020). Short-term effects of rainfall on childhood hand, foot and mouth disease and related spatial heterogeneity: evidence from 143 cities in mainland China. *BMC Public Health*, 20(1), 1528. doi: 10.1186/s12889-020-09633-1.

ผลของการพอกเมล็ดร่วมกับฮอร์โมนพืช GA₃ ต่อ คุณภาพ
ของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมคอสีใบแดง
Effects of seed pelleting with plant hormone GA₃ on quality
of red cos lettuce seed

ประชัย สังขาว ณรงค์ ทองสนิท สุวรรณี สุมหิรัญ รจนา ร่วมใจ และ ชนกเนตร ชัยวิชา*
Purachai Sangkhao, Narong Thongsanit, Suwannee Sumhiran, Rotjana Ruamjai an
Chanoknet Chaiwicha*

สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์
Agriculture Program, Faculty of Agriculture and Agricultural Industry,
Surindra Rajabhat University
Email: Chanoknet.c@srru.ac.th

Received : January 31, 2025

Revised : April 23, 2025

Accepted : May 8, 2025

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมคอสีใบแดงร่วมกับฮอร์โมนพืช Gibberellic acid (GA₃) ต่อความงอก และการเจริญเติบโต โดยจัดทำสิ่งทดลอง แบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) จำนวน 6 สิ่งทดลอง สิ่งทดลองละ 4 ซ้ำ ณ ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยี เมล็ดพันธุ์และเรือนทดลอง คณะเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร โดยใช้ Talcum และ Carbonate เป็นวัสดุพอกและใช้ Polyvinylpyrrolidone K90 เป็นวัสดุประสาน ร่วมกับ GA₃ ในระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน จากการศึกษา พบว่า การพอกเมล็ดพันธุ์ร่วมกับ GA₃ ในระดับความเข้มข้น 0.02 ทำให้มีเปอร์เซ็นต์ความงอก และความเร็วในการงอกสูงที่สุดในสภาพเรือนทดลอง นอกจากนี้การพอกเมล็ดพันธุ์ในระดับความเข้มข้น 0.04 และ 0.02 ทำให้มีค่าเฉลี่ยความยาวต้น และความยาวรากสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการพอก ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01) ยกเว้น เปอร์เซ็นต์ความงอกและความเร็วในการงอกในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

คำสำคัญ: เมล็ดผักกาดหอม, การพอก และ ฮอริโมน GA₃

ABSTRACT

This study investigated the effects of pelleting red cos lettuce seeds with the plant hormone Gibberellic acid (GA₃) on germination and seedling growth. The experiment was conducted using a completely randomized design (CRD) with 6 treatments and 4 replications each, at the Seed Technology Laboratory and the experimental greenhouse, Faculty of Agriculture and Agro-Industry. Talcum and Carbonate were used as pelleting materials, and Polyvinylpyrrolidone K90 served as a binder, along with different concentrations of GA₃. The results showed that pelleting seeds with GA₃ at a concentration of 0.02% resulted in the highest germination percentage and germination speed under greenhouse conditions. Furthermore, pelleting seeds at concentrations of 0.04% and 0.02% led to the highest average shoot length and root length compared to non-pelleted seeds, with highly significant statistical differences ($P < 0.01$). However, no statistically significant differences ($P > 0.05$) were observed in germination percentage and germination speed under laboratory conditions.

Keywords: Lettuce Seed, Pelleting, and GA₃ Hormone

บทนำ

ผักกาดหอม (*Lactuca sativa* L.) เป็นหนึ่งในพืชผักที่ตลาดต้องการจำนวนมาก และมีแนวโน้มความต้องการปริมาณเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง จัดได้ว่าเป็นพืชอีกหนึ่งชนิดที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจในประเทศไทยโดยในปี 2567 ประเทศไทยนำเข้าเมล็ดผักกาดหอมปริมาณ 13,030.18 ตัน คิดเป็นมูลค่า 6,304,940.14 ล้านบาท ในขณะที่การส่งออกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมมีปริมาณเพียง 819.16 ตัน คิดเป็นมูลค่า 559,520.80 ล้านบาท (กรมวิชาการเกษตร, 2567) ตลาดการผลิตผักและเมล็ดพันธุ์

ผักกาดหอมยังคงสามารถเติบโตได้ในประเทศไทย ซึ่งในระบบการผลิตผักกาดหอมเมล็ดที่คุณภาพดี และสามารถปลูกโดยใช้เครื่องจักรกลทางการเกษตรได้เป็นปัจจัยที่สำคัญ ซึ่งเมล็ดผักกาดหอม มีรูปร่างแบน ขนาดเล็ก และมีน้ำหนักเบา ทำให้ไม่เหมาะกับการใช้งานร่วมกับเครื่องมือหรือเครื่องจักรทางการเกษตร อีกทั้งเมล็ดที่มีขนาดเล็กส่งผลให้มีอาหารสะสมในเมล็ดน้อยทำให้เมล็ดงอก และเจริญเติบโตของต้นกล้าไม่สม่ำเสมอ ทำให้มีต้นทุนในการผลิตกล้าเพิ่มสูงขึ้น (Damrosch, 2012) จากปัญหาที่กล่าวจึงมีการนำเทคนิคการพอกเมล็ด (seed pelleting) เพื่อเพิ่มขนาดของเมล็ดพันธุ์ให้มีขนาดใหญ่ขึ้นมาใช้แก้ไขปัญหาดังกล่าว การพอกเมล็ดพันธุ์เป็นวิธีการที่นำมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์พืชที่มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา หรือมีรูปร่างไม่แน่นอน โดยวิธีการทำให้เมล็ดพันธุ์ถูกห่อหุ้มด้วยวัสดุพอก (filler) และใช้วัสดุประสาน (binder) เป็นตัวช่วยยึดเกาะ และเพิ่มความแข็งแรงให้กับวัสดุพอก ซึ่งสามารถกำหนดขนาด และรูปร่างที่แน่นอนให้กับเมล็ดพันธุ์ได้ เพื่อความเหมาะสมในการนำไปใช้ประโยชน์ในการเพาะปลูก (Zenk, 2004) อีกทั้งสามารถเพิ่มสารออกฤทธิ์บางอย่างเข้าไปในเมล็ดพอกได้ตามวัตถุประสงค์นั้น ๆ เช่น ธาตุอาหารพืช หรือสารป้องกันกำจัดโรคแมลง (Taylor et al., 1990) และฮอร์โมนพืชซึ่งเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อกระบวนการเจริญเติบโตและกระบวนการเมตาบอลิซึมภายในต้นพืชรวมทั้งมีความสำคัญ ในกระบวนการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์โดยเฉพาะฮอร์โมนกลุ่ม gibberellin (GA_3) ซึ่งเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชที่มีผลต่อการพัฒนาคุณภาพผลผลิต ช่วยกระตุ้นและเร่งอัตราการงอกของเมล็ดทำให้รากต้นกล้ายืดยาวขึ้นได้ (Qing, 2006) ดังนั้นจากปัญหารูปร่างของเมล็ดและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมคอสไบแดงร่วมกับสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช GA_3 ต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาคูณภาพของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมพันธุ์คอสไบแดง โดยนำเมล็ดจากการปลูก และเก็บเมล็ดพันธุ์ในแปลงผลิตเมล็ดพันธุ์ คณะเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ ที่ผ่านการพอกร่วมกับสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช GA_3 ดำเนินการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการ

เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ คณะเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ ทำการวิจัย ในช่วงเดือนตุลาคม 2566 ถึงมิถุนายน 2567 โดยมีวิธีการดำเนินการทดลองดังนี้

1. การพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมพันธุ์คอสไบแดงร่วมกับสารเจริญเติบโตของพืช GA₃ ในอัตราที่แตกต่างกัน

มีที่กรรมวิธีทั้งหมด 6 กรรมวิธี โดยพอกเมล็ดผักกาดหอมคอสไบแดงร่วมกับทัลคัม (Talcum) อัตรา 47 กรัม และ แคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium Carbonate) อัตรา 35 กรัมต่อเมล็ดพันธุ์ 8 กรัม โดยใช้ PolyVinyl Pyrrolidone K-90 (PVP k-90) เป็นวัสดุผสม จากนั้นทำการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม พันธุ์คอสไบแดงร่วมกับสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช GA₃ ในอัตราความเข้มข้น 4 ระดับ คือ 0.01, 0.02, 0.03 และ 0.04% ต่อเมล็ดพันธุ์ 8 กรัมทำการพอกด้วยเครื่องพอกเมล็ดแบบถึงหมุน (rotary drum) รุ่น KSC-01 หลังจากนั้นนำเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพอกมาลดความชื้นให้มีความชื้นเท่ากับความชื้นของเมล็ดพันธุ์ก่อนพอก (ประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์) หลังจากนั้นสุ่มตัวอย่างเมล็ดพอกมาตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์

2. การตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมพันธุ์คอสไบแดงหลังการพอกพืช GA₃ ในอัตราที่แตกต่างกัน

2.1 การตรวจสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ในสภาพห้องปฏิบัติการ

สุ่มเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพอกและไม่พอกในแต่ละกรรมวิธีจำนวน 4 ซ้ำ ๆ 100 เมล็ด มาทดสอบความงอกด้วยวิธี Top of Paper (TP) เพาะในตู้เพาะความงอกที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส นำมาประเมินผลการตรวจสอบความงอกตามวิธีของ ISTA (2010)

$$\text{ความงอกของเมล็ดพันธุ์ (\%)} = \frac{\text{จำนวนของเมล็ดที่งอกเป็นต้นกล้าปกติ} \times 100}{\text{จำนวนวันหลังเพาะ}}$$

2.2 การตรวจสอบความเร็วในการงอกในสภาพห้องปฏิบัติการ

สุ่มเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพอกและไม่ได้พอกโดยการในแต่ละกรรมวิธีจำนวน 4 ซ้ำ ๆ 100 เมล็ด มาทดสอบความงอกด้วยวิธี Top of Paper (TP) เพาะในตู้เพาะความงอกที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ประเมินนับทุกวัน ตั้งแต่เริ่มนับครั้งแรก (First count) 4 วัน จนถึงวันสุดท้าย (Final count) 7 วัน หลังเพาะ แล้วนำผลการนับมาคำนวณหาความเร็วในการงอก ตามวิธีของ ISTA (2010)

$$\text{ความงอกของเมล็ดพันธุ์ (ตัน/วัน)} = \frac{\text{ผลรวมของ (จำนวนต้นกล้าปกติที่งอกในแต่ละวัน)}}{\text{จำนวนวันหลังเพาะ}}$$

2.3 การตรวจสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์

ดำเนินการตรวจนับจำนวนเมล็ดพันธุ์ที่งอกเป็นต้นกล้าปกติในวันที่ 4 และวันที่ 7 โดยทำทั้งหมด 4 ซ้ำในทุกกรรมวิธี ในสภาพเรือนทดลอง ISTA (2010) จากนั้นนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความงอกของต้นกล้าผักกาดหอมพันธุ์คอสไบแดง

$$\text{ความงอกของเมล็ดพันธุ์ (\%)} = \frac{\text{จำนวนของเมล็ดที่งอกเป็นต้นกล้าปกติ} \times 100}{\text{จำนวนเมล็ดที่เพาะ}}$$

2.4 การตรวจสอบความเร็วในการงอกในสภาพเรือนทดลอง

ดำเนินการตรวจนับเมล็ดพันธุ์ที่สามารถงอกเป็นต้นกล้าปกติในทุก ๆ วัน ตั้งแต่เริ่มเพาะครั้งแรกที่ 4 วัน จนถึงวันที่ 7 หลังเพาะโดยทำทั้งหมด 4 ซ้ำ ในทุกกรรมวิธี จากนั้นนำมาคำนวณหาความเร็วในการงอกของต้นกล้าผักกาดหอมตามสูตร

$$\text{ความเร็วในการงอก} \left(\frac{\text{ตัน}}{\text{วัน}} \right) = \frac{\text{ผลรวมของ (จำนวนต้นกล้าปกติที่งอกในแต่ละวัน)}}{\text{จำนวนวันหลังเพาะ}}$$

2.5 การตรวจสอบความยาวต้นและความยาวราก

สุ่มต้นกล้าปกติที่อายุ 7 วันหลังเพาะจากการเพาะทดสอบความงอกทำ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ต้น ทำการตรวจวัดความยาวต้น โดยวัดตั้งแต่ส่วนรอยต่อของต้นกับรากไปจนถึงปลายสุดใบจริง (Foliage leaf) ส่วนความยาวราก วัดจากบริเวณปลายรากจนถึงบริเวณข้อต่อระหว่างส่วนราก และลำต้นของต้นกล้า (Baki and Anderson, 1973) และการประเมินความยาวต้นกล้าทั้งหมด ตรวจวัดตั้งแต่ปลายรากไปจนถึงปลายสุดใบจริงโดยใช้ไม้บรรทัดมีหน่วยเป็นเซนติเมตร

การวิเคราะห์ข้อมูล

แปลงข้อมูลความงอกของเมล็ด เพื่อวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้วิธี Arcsine transformation เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของวิธีการพอกโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมในการคำนวณ SPSS

ผลการวิจัย

1. ผลการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมพันธุ์คอสไบแดงร่วมกับสารเจริญเติบโตของพืช GA_3 ในอัตราที่แตกต่างกันที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การงอก และความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม

การพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมพันธุ์คอสไบแดงร่วมกับสารเจริญเติบโตของพืช GA_3 ในอัตราความเข้มข้น 0.01, 0.02, 0.03 และ 0.04% เมื่อทดสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่า เปอร์เซ็นต์ความงอกในแต่ละกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 1) แต่เมื่อเพาะในสภาพเรือนทดลองพบว่าเมล็ดพันธุ์ที่ใช้สารพอก Talcum + Carbonate + GA_3 0.02% ทำให้มีเปอร์เซ็นต์การงอกมากที่สุด คือ 84.25% รองลงมาได้แก่เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพอกร่วมกับสารพอก Talcum + Carbonate + GA_3 0.03% มีเปอร์เซ็นต์ในการงอก 83.5% และเช่นเดียวกับเมล็ดพันธุ์ที่ใช้สารพอก Talcum + Carbonate + GA_3 0.01% มีเปอร์เซ็นต์ในการงอก 83% ส่วนเมล็ดพันธุ์ที่ใช้สารพอก Talcum + Carbonate + GA_3 0.04% และเมล็ดพันธุ์ที่พอกร่วมกับ Talcum + Carbonate มีเปอร์เซ็นต์ในการงอก 82.5% และ 82% ตามลำดับ ซึ่งส่วนเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้ผ่านการพอกมีเปอร์เซ็นต์การงอกต่ำที่สุด คือ 69.5%

ส่วนในสภาพห้องปฏิบัติการความเร็วในการงอกในแต่ละกรรมวิธีพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 1) แต่ในสภาพเรือนทดลองจะพบว่า เมล็ดพันธุ์ที่ใช้สารพอก Talcum + Carbonate + GA_3 0.02% มีความเร็วในการงอกมากที่สุด คือ 21.06% รองลงมาคือ กรรมวิธีที่เมล็ดพันธุ์ ใช้สารพอก Talcum + Carbonate + GA_3 0.03% พบว่า มีความเร็วในการงอก คือ 20.87% ซึ่งใกล้เคียงกับเมล็ดพันธุ์ที่ใช้สารพอก Talcum + Carbonate + GA_3 0.01% ซึ่งมีความเร็วในการงอก ที่ 20.75% ซึ่งใกล้เคียงกับเมล็ดพันธุ์ที่ใช้สารพอก Talcum + Carbonate + GA_3 0.04% ที่มีความเร็วในการงอกที่ 20.62% ซึ่งใกล้เคียงกับเมล็ดพันธุ์ที่ใช้สารพอก Talcum + Carbonate มีความเร็วในการงอกของเมล็ด คือ 20.5% และเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้ผ่านกรรมวิธีการพอก มีความเร็วในการงอกต่ำที่สุด คือ 17.37%

Table 1 Germination percentage and speed of germination of pelleted red cos lettuce seeds with plant hormone GA tested under laboratory and greenhouse conditions

Treatments ^{1/}	Germination percentage		Speed of germinations (plant/days)	
	Laboratory ^{2/} condition	Greenhouse condition	Laboratory condition	Greenhouse condition
T1	91	69.5 ^b	22.43	17.37 ^b
T2	84.75	82 ^{ab}	21.18	20.5 ^{ab}
T3	90	83 ^{ab}	22.5	20.75 ^{ab}
T4	91.25	84.25 ^a	22.81	21.06 ^a
T5	90	83.5 ^{ab}	22.5	20.87 ^{ab}
T6	88.25	82.5 ^{ab}	21.81	20.62 ^{ab}
F-test	ns	**	ns	**
CV (%)	4.56	6.56	4.23	6.56

ns, ** = Nonsignificantly, significantly different at $P < 0.01$, respectively.

Mean in the same column with difference letters are significantly different by DMRT.

^{1/} T1 = Non-pelleted, T2= pelleted seed, T3 = pelleted seed with GA3 0.01%, T4 = pelleted seed with GA3 0.02%, T5 = pelleted seed with GA3 0.03%, T6 = pelleted seed with GA3 0.04 %

^{2/}Data are transform by the arcsine before statistical analysis

2. ผลการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมพันธุ์คอสไบแดงร่วมกับสารเจริญเติบโตของพืช GA₃ ในอัตราที่แตกต่างกันที่มีผลต่อความยาวต้น และความยาวรากของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม

จากการศึกษาในสภาพห้องปฏิบัติการทุกกรรมวิธีที่ได้รับสารเจริญเติบโตของพืช GA₃ ในอัตราที่แตกต่างกันพบว่า ความยาวต้นของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมพันธุ์คอสไบแดงมีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 2) โดยเมล็ดพันธุ์ที่พอกด้วยสารพอก Talcum + Carbonate + GA₃ 0.04% ให้ความยาวต้นที่สูงที่สุด คือ 3.67 เซนติเมตร เช่นเดียวกับกรรมวิธีที่ผ่านการพอกร่วมกับสาร Talcum + Carbonate + GA₃ 0.03% ให้ความยาวต้นที่ 3.37 เซนติเมตร รองลงมาคือเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพอกร่วมกับสารพอก Talcum + Carbonate + GA₃ 0.02% ให้ความยาวต้นที่ 2.72 เซนติเมตร ซึ่งใกล้เคียงกับเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพอกร่วมกับสารพอก Talcum + Carbonate + GA₃ 0.01% ให้ความยาวต้นที่ 2.24 เซนติเมตร และไม่แตกต่างกับเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพอกร่วมกับ

สารพอก Talcum + Carbonate ให้ความยาวต้นที่ 1.92 เซนติเมตร ส่วนกรรมวิธีที่ 1 เมล็ดพันธุ์ไม่ได้ผ่านการพอก ให้ความยาวต้นที่ต่ำสุด คือ 1.62 เซนติเมตร

ในสภาพเรือนทดลอง ทุกกรรมวิธีที่ได้รับสารเจริญเติบโตของพืช GA_3 ในอัตราที่แตกต่างกัน ให้ความยาวต้นของเมล็ดพันธุ์ มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 2) โดยเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพอกร่วมกับสารพอก Talcum + Carbonate + GA_3 0.04% ให้ความยาวต้นที่สูงที่สุดคือ 1.96 เซนติเมตร ซึ่งใกล้เคียงกับเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพอกร่วมกับสารพอก Talcum + Carbonate + GA_3 0.03% พบว่า มีความยาวต้นที่ 1.92 เซนติเมตร และเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพอกร่วมกับสารพอก Talcum + Carbonate + GA_3 0.02% มีความยาวต้นที่ คือ 1.67 เซนติเมตร ซึ่งใกล้เคียงกับเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพอกร่วมกับสารพอก Talcum + Carbonate + GA_3 0.01% ให้ความยาวต้นที่ 1.46 เซนติเมตร ซึ่งใกล้เคียงกับ เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพอกร่วมกับสารพอก Talcum + Carbonate มีความยาวต้นที่ 1.4 เซนติเมตร และสิ่งทดลองที่ไม่ได้ผ่านการพอก (สิ่งทดลองควบคุม) ความยาวต้นที่ต่ำสุด คือ 1.15 เซนติเมตร

ในสภาพห้องปฏิบัติการ ทุกกรรมวิธีที่ได้รับสารเจริญเติบโตของพืช GA_3 ในอัตราที่แตกต่างกัน ให้ความยาวรากของเมล็ดพันธุ์ มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 2) โดยเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพอกร่วมกับสารพอก Talcum + Carbonate + GA_3 0.02% ให้ความยาวรากสูงที่สุด คือ 4.34 เซนติเมตร และเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพอกร่วมกับสารพอก Talcum + Carbonate + GA_3 0.04% พบว่ามีความยาวรากที่ 3.28 เซนติเมตร ซึ่งใกล้เคียงกับเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพอกร่วมกับสารพอก Talcum + Carbonate + GA_3 0.03% ให้ความยาวรากที่ 2.81 เซนติเมตร ซึ่งใกล้เคียงกับเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพอกร่วมกับสารพอก Talcum + Carbonate + GA_3 0.01% ให้ความยาวรากที่ 2.8 เซนติเมตร ซึ่งใกล้เคียงกับเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพอกร่วมกับสารพอก Talcum + Carbonate มีความยาวรากที่ 2.71 เซนติเมตร และเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้ผ่านการพอก (สิ่งทดลองควบคุม) ให้ความยาวรากต่ำสุดที่ 2.67 เซนติเมตร

ในสภาพเรือนทดลอง ทุกกรรมวิธีที่ได้รับสารเจริญเติบโตของพืช GA_3 ในอัตราที่แตกต่างกัน ให้ความยาวรากของเมล็ดพันธุ์ มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 2) โดยเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพอกร่วมกับสารพอก Talcum + Carbonate + GA_3 0.02 % ให้มีค่าเฉลี่ยความยาวรากสูงที่สุด คือ 3.80 เซนติเมตร และเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพอกร่วมกับสารพอก Talcum + Carbonate + GA_3 0.04% มีความยาวรากของเมล็ดพันธุ์ 3.62 เซนติเมตร ซึ่งใกล้เคียงกับเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพอกร่วมกับสารพอก Talcum + Carbonate + GA_3 0.03% ให้ความยาวรากของเมล็ดพันธุ์

3.57 เซนติเมตร ซึ่งใกล้เคียงกับเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพอกร่วมกับสารพอก Talcum + Carbonate + GA₃ 0.01% ทำให้ความยาวรากของเมล็ดพันธุ์เท่ากับ 3.44 เซนติเมตร ซึ่งใกล้เคียงกับเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพอกร่วมกับสารพอก Talcum + Carbonate ให้ความยาวรากของเมล็ดพันธุ์ 3.38 เซนติเมตร และเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้ผ่านการพอก (สิ่งทดลองควบคุม) มีความยาวรากของเมล็ดพันธุ์ต่ำสุดที่ 3.20 เซนติเมตร

Table 2 Seedling growths of pelleted red cos lettuce seeds with hormone GA₃ tested under laboratory and greenhouse conditions

Treatments ^{1/}	Shoot length (cm)		Root length (cm)	
	Laboratory condition	Greenhouse condition	Laboratory condition	Greenhouse condition
T1	1.62 ^d	1.15 ^d	2.67 ^c	3.20 ^c
T2	1.92 ^{cd}	1.4 ^{cd}	2.71 ^{bc}	3.38 ^{bc}
T3	2.24 ^{bc}	1.46 ^{bc}	2.8 ^b	3.44 ^b
T4	2.72 ^b	1.67 ^b	4.34 ^a	3.80 ^a
T5	3.37 ^a	1.92 ^a	2.81 ^b	3.57 ^b
T6	3.67 ^a	1.96 ^a	3.28 ^b	3.62 ^b
F-test	**	*	**	**
CV (%)	13.37	6.88	10.45	4.51

*,** = *: significantly different at P<0.05, **: significantly different at P<0.01, respectively.

Means within a columns with different letters are significantly different (P≤ 0.05) according to DMRT

^{1/} T1 = Non-pelleted, T2= pelleted seed, T3 = pelleted seed with GA₃ 0.01%, T4 = pelleted seed with GA₃ 0.02%, T5 =pelleted seed with GA₃ 0.03%, T6 = pelleted seed with GA₃ 0.04 %

^{2/}Data are transform by the arcsine before statistical analysis

อภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการใช้วัสดุพอก 2 ชนิดร่วมกัน คือ Talcum และ Carbonate โดยการขึ้นรูปก้อนพอกเมล็ดในตอนแรกด้วย Carbonate ที่มีอนุภาคขนาด 79 ไมครอน Carbonate มีความพรุนและมีการขยายตัวของอนุภาคที่สูง เมื่อนำ Carbonate มาพอกขึ้นรูปพร้อมกับเมล็ดจึงขึ้นรูปได้ง่าย มีรูปทรงที่ง่ายต่อการนำไปเพาะปลูกมากขึ้น อีกทั้งยังมีความกร่อนของก้อนพอกที่ต่ำ อย่างไรก็ตามก้อนพอกก็ยังคงละลายน้ำได้เร็วเกินไป ทำให้เมื่อเจอความชื้นปริมาณเล็กน้อยสามารถทำให้อ่อนพอกปริแตกได้ จึงต้องมีการเสริม Talcum เข้าไปในชั้นที่ 2 เพราะ Talcum มีเปอร์เซ็นต์การหลุดร่อนต่ำที่สุด มีความคงตัวสูงเพื่อเสริมให้อ่อนพอกแข็งแรง และคงตัวมากขึ้น (Chindaprasirt et al., 2011) ส่วนผลการทดลองที่ทำการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมคอสไบแดงร่วมกับฮอร์โมนพืช GA₃ ในอัตราแตกต่างกันต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์พบว่า เมล็ดพันธุ์ที่ใช้สารพอก Talcum + Carbonate + GA₃ 0.02% มีความงอกและความเร็วในการงอกสูงที่สุด 84.25, 21.06 ตามลำดับ (ตารางที่ 1) โดยพบว่าสารออกฤทธิ์ GA₃ ที่มีบทบาทในการกระตุ้นการงอกของเมล็ด ในกรรมวิธีที่ระดับความเข้มข้น 0.02% สามารถกระตุ้นการงอกของเมล็ดได้ โดยกระตุ้นให้มีการสร้าง GA₃ มากขึ้น และส่งผลต่อการตอบสนองของเนื้อเยื่อต่อ GA₃ การเพิ่ม GA₃ จะส่งผลต่อการงอกของพืชเช่นเดียวกับการได้รับแสงสว่าง ซึ่ง GA₃ สามารถทำหน้าที่ช่วยให้เซลล์ภายในเมล็ดยืดตัว จึงทำให้สามารถดันผ่านเปลือกของเมล็ดออกมาได้เร็วขึ้น (นิตย ศกุนรักษ์, 2541)

นอกจากนี้ ในสภาพเรือนทดลองการพอกเมล็ดพันธุ์ร่วมกับสารออกฤทธิ์ GA₃ ทุกกรรมวิธี ส่งผลต่อความยาวต้น และความยาวราก (ตารางที่ 2) โดยเมล็ดพันธุ์ที่พอกและร่วมกับสารออกฤทธิ์ GA₃ ที่ระดับความเข้มข้น 0.02% ส่งผลให้มีความยาวรากทั้งในห้องปฏิบัติการ และสภาพเรือนทดลองสูงที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าหลังจากที่เมล็ดงอกแล้ว สามารถกระตุ้นการเคลื่อนที่ของอาหารในเมล็ดได้ เพราะราก และยอดที่ยังอ่อนตัวเริ่มใช้อาหาร เช่น ไชมัน แป้ง และโปรตีนจากเซลล์สะสมอาหาร GA₃ จะกระตุ้นให้มีการย่อยสลายสารโมเลกุลใหญ่ให้เป็นโมเลกุลเล็ก เช่น ซูโครส และกรดอะมิโน ซึ่งเกี่ยวกับการสังเคราะห์เอนไซม์หลายชนิด ทำให้มีผลต่อความยาวต้น และความยาว (दनัย บุญเกียรติ, 2546) ซึ่งสอดคล้องกับ ธนาคาร และคณะ (2019) ได้ศึกษาการพอกเมล็ดผักกาดหอมร่วมกับฮอร์โมน Gibberellic acid (GA₃) และ Indole-3-acetic acid (IAA) ทำให้ความงอก ความยาวต้น และความยาวรากสูงที่สุดในสภาพห้องปฏิบัติการ และสภาพเรือนทดลอง ส่งผลให้ความงอกของ

ผักกาดหอมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ นอกจากนี้การพอกเมล็ดร่วมกับ GA₃ ผสม IAA ทุกกรรมวิธี ทำให้เมล็ด ผักกาดหอม มีความแข็งแรงสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ได้พอก

สรุปผลการวิจัย

ผลของการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมคอสีใบแดง ร่วมกับสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช GA₃ ระดับความเข้มข้น 0.01, 0.02, 0.03 และ 0.04% พบว่า เมล็ดพันธุ์ ที่พอกด้วยฮอร์โมนพืชทำให้ เมล็ดพันธุ์มีคุณภาพ ทั้งในแง่ของเปอร์เซ็นต์ในการการงอก ความเร็วในการงอก และความยาวของ ต้นกล้า และความยาวรากที่ดีกว่าเมล็ดพันธุ์ที่พอกโดยไม่ใช้ฮอร์โมนพืช และเมล็ดพันธุ์ที่ไม่พอก

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. (2567). ปริมาณและมูลค่าการส่งออกเมล็ดพันธุ์ควบคุมประจำปี2567.

สืบค้นเมื่อ 20 มีนาคม 2567, จาก <https://www.doa.go.th/ard/wpcontent/uploads/2024/05/seed-export-jan-to-mar-2024.pdf>.

दनัย บุญเกียรติ. (2546). *บทที่ 10 ฮอร์โมนพืช*. สืบค้นเมื่อ 17 พฤษภาคม 2565,

จาก <https://web.agri.cmu.ac.th/hort/course/359311/teacher.htm>.

ธนาคาร กาวดิลก ,บุญมี ศิริ และ อารักษ์ ธีรอำพน. (2019). ผลของการพอกเมล็ดร่วมกับสารควบคุมการเจริญเติบโต GA₃ และ IAA ต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม. *วารสารแก่นเกษตร*, 47(5). 1027-1036.

นิตย์ ศกุนรักษ์. (2541). *สรีรวิทยาของพืช*. เชียงใหม่: ภาควิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

Baki, A. A. & Anderson, J. D. (1973). Vigor Determination in Soybean Seed by Multiple Criteria. *Crop Science*, 13, 630-633.

Chindaprasit, P., Boonserm, K., Chairuangsi, T., Vichit-Vadakan, W., Eaimsin, T., Sato, T. & Pimraksa, K. (2011). Plaster material from waste calcium sulfate containing chemicals, organic fibers and inorganic additive. *Construction and Building Materials*, 25(8), 3193-3203.

- Damrosch, B. (2012). *Why you should try pelleted seeds*. Available: 18 August 2024.
From <https://goo.gl/XgvEMS>.
- ISTA. (2010). *International Rules for Seed testing*. Switzerland: Seed Science and Technology. Glattbrugg.
- Taylor, A.G. & G.E. Harman. (1990). Concepts and technologies of selected seed treatments. *Rev. Phytopathol*, 28, 321-339.
- Qing, Y.W. (2006). Effects of GA₃,6-BA and 2,4-D Applied in Cucumder Seed Film coating (Abstract). [Online] From [http// www. dissretationtopic. net/doc/1002130](http://www.dissretationtopic.net/doc/1002130).
- Zenk, P. (2004). Seed coatings get serious. [Online]. Available: 1 February 2004.
From <http://farministrynews.com/mag/>.

ฤทธิ์ทางชีวภาพและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันใบระกำ
Bioactivity and Chemical Compositions of *Salacca wallichiana* Mart Leaf Oil

สลวา ตอปี¹ วิภาวรรณ วงศ์สุดาลักษณ์² เสาวคนธ์ อินทร์ด้วง³

ผจงสุข สุธาร์ตน์¹ และ สิริมาภรณ์ วัชรกุล^{1*}

Salwa Torpee¹, Wipawan Wongsudaluk², Saowakon Indoung³,

Pajongsuk Sutarut¹ and Sirimaporn Watcharakul^{1*}

ศูนย์ทรัพยากรจุลินทรีย์และการใช้ประโยชน์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา¹

Microbial resources and utilization center, Songkhla Rajabhat University¹

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา²

Faculty of science and technology, Songkhla Rajabhat University²

คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์³

Faculty of Veterinary Science, Prince of Songkla University³

*Email: sirimaporn.wa@skru.ac.th

Received : February 9, 2025

Revised : April 9, 2025

Accepted : May 8, 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพ และองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันใบระกำ โดยการสกัดด้วยวิธีกลั่นด้วยไอน้ำ เมื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิค Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) พบว่า น้ำมันใบระกำมีกรดปาล์มมิติก (Palmitic acid) เป็นสารสำคัญที่เป็นองค์ประกอบหลักโดยพบที่ร้อยละ 12.76 ของปริมาณทั้งหมด และพบองค์ประกอบย่อยทางเคมีอื่นๆ ในกลุ่มของกรดไขมัน และสเตอรอลฟิซ เมื่อทดสอบฤทธิ์การต้านเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคทั่วไป และสายพันธุ์คือ ยากลุ่มที่สร้างเอนไซม์ Extended spectrum beta-lactamase (ESBL) ด้วยวิธี Disc diffusion assay พบว่า น้ำมันใบระกำสามารถต้านเชื้อแบคทีเรียก่อโรคได้ในทุกสายพันธุ์ทดสอบรวมทั้งแบคทีเรียก่อโรคคือ ยากลุ่มที่ผลิตเอนไซม์ ESBL โดยให้วงใสการยับยั้งต่อเชื้อ *Escherichia coli* A1 (ESBL) ได้ดีที่สุดที่วงใสการยับยั้ง 10.83 ± 0.56 มิลลิเมตร เปรียบเทียบกับยาปฏิชีวนะ

Gentamicin ในการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า น้ำมันใบระกำเป็นสารจากพืชท้องถิ่นที่อุดมไปด้วยสารอาหารในกลุ่มกรดไขมัน และมีฤทธิ์ทางชีวภาพในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ อาหารเสริม และยาต้านเชื้อจุลินทรีย์

คำสำคัญ: น้ำมันใบระกำ เชื้อแบคทีเรียดีดื้อยา สารต้านจุลินทรีย์ องค์ประกอบทางเคมี

ABSTRACT

This research aimed to investigate the biological activity and the chemical composition of oil extracted from *Salacca* leaves using steam distillation. The chemical composition analysis using Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC- MS) revealed that the major component of the *Salacca* leaf oil was palmitic acid, accounting for 12.76% of the total composition. Additionally, other minor components, including various fatty acids and plant sterols, were identified. The antimicrobial activity of the *Salacca* leaf oil was tested against pathogenic and multidrug-resistant microbial strains using the disc diffusion assay. The results showed that the oil exhibited antibacterial activity against all tested strains, including those producing Extended-Spectrum Beta-Lactamase (ESBL) - producing strains. The *Salacca* leaf oil showed the most potent inhibition against *Escherichia coli* A1 (ESBL), with an inhibition zone of 10.83 ± 0.56 millimeters, compared to the antibiotic Gentamicin. This study suggests that *Salacca* leaf oil is a local plant-derived substance rich in nutrients, particularly fatty acids, and exhibits biological activity with antimicrobial properties. It has potential applications in the animal feed, supplements, and antimicrobial drug industries.

Keywords: *Salacca wallichiana* Leaf Oil, Antibiotic-Resistant Bacteria, Antimicrobial Agents, Chemical Composition

บทนำ

ระกำ (*Salacca wallichiana*) เป็นพืชในตระกูลเดียวกับสละอยู่ในวงศ์วงศ์แอรีกาซีอี (Arecaceae) เจริญเติบโตได้ดีในสภาพพื้นที่เขตร้อน จัดอยู่ในพืชตระกูลเดียวกับปาล์มที่มีหนามแหลมปกคลุม ระกำเป็นพืชที่นิยมรับประทานผลเนื่องจากเมื่อผลสุกจะมีรสเปรี้ยวอมหวาน มีสรรพคุณเป็นยารักษาอาการไอ ใช้เป็นยาขับเสมหะ (Mazumdar *et al.*, 2019) มีการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของระกำส่วนเปลือกพบสารที่เป็นองค์ประกอบในกลุ่ม อัลคาลอยด์ กรดคาเฟอิก คาเทชิน กรดคลอโรจีนิก ฟลาโวนอยด์ กรดแกลลิก ลิแนลลูล ฟีนอล รูติน ซาโปนิน และแทนนิน (Girsang *et al.*, 2019) และยังพบสารต้านอนุมูลอิสระในส่วนของเมล็ดในรูปของเคอร์ซีติน (Yodsai *et al.*, 2019) ซึ่งเป็นกลุ่มสารที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ นอกจากนี้ยังพบสารกลุ่มสเตอรอลพืชในรูปของ เบต้า-ซิโตสเตอรอล สารไตรเอซิลกลีเซอรอล และกรดลิโนเลอิก ทั้งในส่วนเปลือกและเมล็ดเป็นจำนวนมาก (Ragasa *et al.*, 2018) ในส่วนของเนื้อผลระกำมีองค์ประกอบหลักทางเคมีในสารกลุ่มสเตอรอลพืช และกรดไขมันในกลุ่มไตรกลีเซอไรด์ และในส่วนรากพบไบโตนสเตอรอลในรูปของสตีกลมาสเตอรอล ในขณะที่ในเมล็ดของผลระกำพบกรดลิโนเลอิก (Ragasa *et al.*, 2016) แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และฤทธิ์ทางชีวภาพในส่วนของใบระกำอย่างชัดเจน มีเพียงรายงานการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีในใบของปาล์มเลื้อย (saw palmetto) ซึ่งเป็นพืชในตระกูลเดียวกับระกำพบองค์ประกอบทางเคมีในกลุ่มของกรดไขมันที่สำคัญ ได้แก่ กรดคาพริก กรดลอริก กรดปาล์มิติก กรดโอเลอิก กรดลิโนเลอิก กรดลิโนเลนิก และกรดอีโคซีโนอิก เป็นต้น ซึ่งมีฤทธิ์ในการต้านการก่อตัวของไบโอฟิล์มในเชื้อจุลินทรีย์สายพันธุ์ *Staphylococcus aureus*, *Candida albicans*, *Pseudomonas aeruginosa* และ *Enterococcus* species ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่พบว่า มีการสร้างไบโอฟิล์ม และเป็นปัจจัยก่อความรุนแรงในการก่อโรคเหนี่ยวนำไปสู่การกลายพันธุ์ และพบเป็นสายพันธุ์ที่อวยอย่างรวดเร็ว (Kim *et al.*, 2019 และ Harriott and Noverr, 2018)

โดยปัจจุบันสถานการณ์โรคติดเชื้อในประเทศไทยเป็นปัญหาสำคัญ และเป็นสาเหตุการเสียชีวิตอันดับหนึ่ง ซึ่งคิดเป็นอัตราส่วน 1 ต่อ 4 ของผู้ป่วยติดเชื้อทั้งหมด และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น (Phuntip *et al.*, 2023) สาเหตุเกิดจากการติดเชื้อที่มีคุณสมบัติการดื้อยาปฏิชีวนะ ส่งผลให้ผู้ป่วยมีอาการรุนแรงขึ้น ซึ่งสายพันธุ์ที่พบการดื้อยามากที่สุดในโรงพยาบาล ได้แก่ *E. coli*, *Klebsiella pneumoniae*, Methicillin resistant *S. aureus* และ *P. aeruginosa* เป็นต้น โดยพบการดื้อยาปฏิชีวนะหลายขนาน และพบการติดเชื้อดื้อยาปฏิชีวนะเพิ่มขึ้น มีอัตราการเสียชีวิตมากขึ้น (Sinchaiyaphum, 2020) โดยเฉพาะ

สายพันธุ์ที่สร้างเอนไซม์ Extended spectrum beta-lactamase (ESBL) จะมีความเสี่ยงต่อการเสียชีวิตเพิ่มสูงขึ้น (Sangsa *et al.*, 2018) การดื้อยาของ เชื้อแบคทีเรียเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ขณะที่ประสิทธิภาพของยาปฏิชีวนะที่มีอยู่ลดลง การติดเชื้อดื้อยา จึงเป็นปัญหาสำคัญเร่งด่วนที่ต้องแก้ไข (Kananit *et al.*, 2021) ดังนั้น การค้นหาสารจากธรรมชาติที่มีฤทธิ์ในการต้านเชื้อดื้อยาปฏิชีวนะ เป็นอีกแนวทางที่สามารถสนับสนุนส่งเสริม และช่วยแก้ปัญหา เชื้อดื้อยาปฏิชีวนะเหล่านี้ได้ เพราะสารจากธรรมชาติมีองค์ประกอบทางเคมีที่ซับซ้อนยากต่อการเกิดการดื้อยา และเพื่อเพิ่มการเข้าถึงยาโดยการนำพืชท้องถิ่นที่หาได้ง่าย ราคาไม่แพงมาใช้ประโยชน์ในทางการแพทย์ ลดปัญหาการเกิดเชื้อดื้อยาได้ในอนาคต ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อมุ่งเน้นศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำมันไບระกำต่อการต้านเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค และสายพันธุ์ดื้อยาที่สร้างเอนไซม์ ESBL และศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของไບระกำที่สกัดด้วยการกลั่นด้วยไอน้ำ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ และเพื่อให้ได้องค์ความรู้จากงานวิจัยเป็นฐานข้อมูลในการพัฒนา และต่อยอดในการพัฒนาอาหารบำบัดโรค อาหารสัตว์หรือผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์ในอนาคตได้

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันไບระกำ
2. เพื่อศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคและเชื้อดื้อยาของน้ำมันไບระกำ

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมตัวอย่าง

ตัวอย่างไບระกำเก็บในช่วงเดือนตุลาคม 2566 ถึง เดือนกรกฎาคม 2567 จากพื้นที่ตำบลเขาขาว อำเภอลงู จังหวัดสตูล (6.93347, 99.80818) ตรวจสอบสัณฐานวิทยา และระบุชื่อวิทยาศาสตร์ของพืชโดยนักพฤกษศาสตร์ ดร.สุวรรณี พรหมศิริ ตัวอย่างถูกเก็บไว้ ณ ศูนย์ทรัพยากรจุลินทรีย์และการใช้ประโยชน์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ตัวอย่างเลขที่ 030351 คัดเลือกตัวอย่างโดยเลือกใบแก่ที่สมบูรณ์ มีลักษณะทรงรียาว มีสีเขียวเข้ม (ภาพประกอบ 1) นำมาล้าง ทำความสะอาด หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วนำไปผึ่งลมให้แห้งก่อนนำไปสกัดน้ำมัน

2. การสกัดน้ำมันไບระกำ

นำไບระกำผึ่งหมาดไปกลั่นด้วยไอน้ำโดยใช้ชุดกลั่น Clevenger (Duran, Germany) กลั่นที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นแยกน้ำมันด้วยการสกัดกับตัวทำละลาย ไดคลอโรมีเทน

อัตราส่วน 1 : 3 เติมสาร sodium sulphate anhydrous เพื่อดึงน้ำออก จากนั้นนำไประเหยตัวทำละลาย ไดคลอโรมีเทนด้วยเครื่อง evaporator (RC600-KNF, Germany) ที่ความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส หาปริมาณร้อยละของผลผลิตน้ำมัน (% yield) และตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นของน้ำมันใบระกำ น้ำมันระกำที่สกัดได้เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสสำหรับการวิเคราะห์ ในขั้นตอนต่อไป และวางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 5 - 10 นาทีเพื่อให้สารสกัดละลายเป็นของเหลวก่อนนำไปทดสอบ

3. วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันใบระกำ

ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันใบระกำโดยใช้ GC-MS (Agilent Technologies 7890 B/MS7000D, USA) ซึ่งมี GC column J and W VF-WAXms ความยาว 30 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 250 ไมโครเมตร ความหนาของฟิล์ม 0.25 ไมโครเมตร (Agilent technologies) และใช้แก๊ส Helium (He) เป็นตัวพา ด้วยอัตราการไหล 1 มิลลิลิตรต่อนาที ตัวอย่างที่ใช้ฉีด 1 ไมโครลิตร เตรียมตัวอย่างน้ำมันใบระกำโดยทำการเจือจางกับตัวทำละลายที่อัตราส่วน 1 : 10 โดยฉีดตัวอย่างแบบ split ratio 50 : 1 และใช้โปรแกรมควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งมีอุณหภูมิคอลัมน์เริ่มต้น 45 องศาเซลเซียส ให้อุณหภูมิตั้งที่ เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิด้วยอัตรา 3 องศาเซลเซียสต่อนาที จนกระทั่งอุณหภูมิถึง 250 องศาเซลเซียส และให้อุณหภูมิตั้งที่เป็นเวลา 34 นาที สภาวะแมสสเปกโตรเมตรี อุณหภูมิของส่วน MS source ใช้ 230 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุด 250 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของส่วน MS Quad 150 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุด 200 องศาเซลเซียส ช่วงมวลในการวิเคราะห์ 35 - 500 amu ใช้เวลาในการวิเคราะห์ทั้งหมดรวม 100 นาที หลังจากการแยกเสร็จสมบูรณ์ บันทึกผลเป็นโครมาโทแกรม และประเมินผลโดยการหาร้อยละพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งหาได้จากการเทียบค่า retention time และ mass spectrum ขององค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันจากใบระกำแต่ละพีคที่ได้กับค่า retention time และ mass spectrum ของค่ามาตรฐานที่บันทึกไว้ใน library แล้วพิจารณาสารประกอบที่มีร้อยละพื้นที่ทั้งหมดมากกว่าร้อยละ 1.00 (Watcharakul *et al.*, 2024)

4. การทดสอบฤทธิ์ต้านแบคทีเรียก่อโรค

4.1 การเตรียมเชื้อแบคทีเรียทดสอบ

นำแบคทีเรียทดสอบทั้ง 7 สายพันธุ์ ได้แก่ *Bacillus amyloliquefaciens*, *S. aureus*, *E. coli* ATCC 25922, *P. aeruginosa* A1 (ESBL), *P. aeruginosa* A2 (ESBL), *E. coli* A1 (ESBL), และ *K. pneumoniae* (ESBL) เพาะเลี้ยงบนอาหาร Mueller Hinton Agar (MHA) บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 - 24 ชั่วโมง จากนั้นนำแบคทีเรียที่ได้ไปเพาะเลี้ยงในอาหารเหลว Mueller

Hinton Broth (MHB) บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง แล้วนำไปปรับความเข้มข้นของเซลล์เท่ากับ 10^8 CFU/mL เพื่อใช้ในการทดสอบฤทธิ์ต้านแบคทีเรียก่อโรค

4.2. การทดสอบฤทธิ์ต้านแบคทีเรียก่อโรค

ศึกษาฤทธิ์ของน้ำมันไບระกำต่อการต้านเชื้อแบคทีเรียก่อโรคด้วยวิธี disc diffusion agar โดยการนำแบคทีเรียทดสอบที่เตรียมไว้เพาะเลี้ยงลงบนอาหาร MHA จากนั้นวางแผ่นกระดาษกรองปราศจากเชื้อที่มีน้ำมันไບระกำปริมาตร 10 μ g/disc ลงบนจานอาหาร MHA ที่มีแบคทีเรียทดสอบทำ 3 ซ้ำ บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 - 24 ชั่วโมง จากนั้นวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงใสการยับยั้ง (inhibition zone) ที่เกิดขึ้นรอบแผ่นกระดาษกรองด้วยเวอร์เนียร์คาลิเปอร์ บันทึกผลประเมินผลเปรียบเทียบกับดิสยาปฏิชีวนะมาตรฐาน Gentamicin (ความเข้มข้น 10 μ g; OXOID) (Watcharakul *et al.*, 2024)

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างของแต่ละชุดการทดสอบ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนซึ่งใช้ SPSS Statistic version 15.0 และเปรียบเทียบความแตกต่างของแต่ละกลุ่มการทดลอง โดยใช้ Duncan's Multiple Range Test

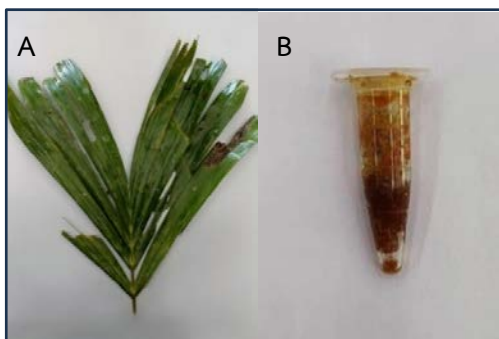
ผลการวิจัย

1. ผลการสกัดน้ำมันไບระกำและผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันไບระกำ

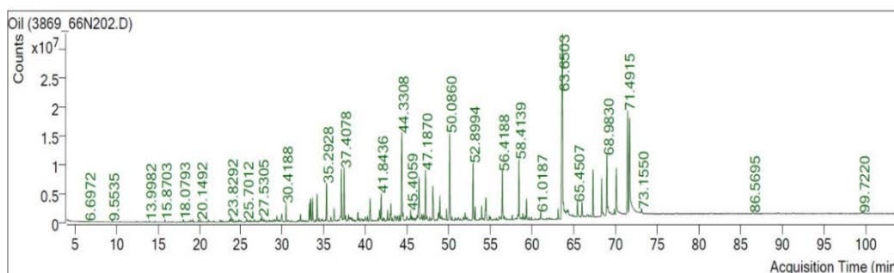
ผลการสกัดน้ำมันไບระกำด้วยการกลั่นด้วยไอน้ำโดยใช้ชุดกลั่นน้ำมันหอมระเหยเบากว่าน้ำ (Clevenger apparatus; Duran, Germany) พบว่า มีปริมาณร้อยละของผลผลิตเท่ากับร้อยละ 0.10 น้ำมันที่สกัดได้มีลักษณะสีน้ำตาล หนืด มีลักษณะเหลวเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องและแข็งตัวเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำ 4 - 8 องศาเซลเซียส (ภาพประกอบ 1B)

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันไບระกำด้วยเครื่อง GC-MS พบว่าน้ำมันไບระกำมีองค์ประกอบทางเคมีทั้งหมด 317 ชนิดที่ปริมาณของสารแตกต่างกันดังแสดงในรูปของโครมาโทแกรม (ภาพประกอบ 2) และเมื่อพิจารณาค่าร้อยละของสารที่พบทั้งหมด (% of total) ที่ค่ามากกว่าร้อยละ 1.00 พบสารทั้งหมดจำนวน 22 ชนิด (ตารางที่ 1) พบกรดปาล์มิติก (palmitic acid) ที่ร้อยละ 12.76 สารบิส (2 - เอทิลเฮกซิล) ซีบาเคท (Bis(2-ethylhexyl) sebacate) ที่ร้อยละ 6.25 และ กรดลิโนเลนิกอัลฟา ที่ร้อยละ 5.35 เป็นองค์ประกอบหลักทางเคมี นอกจากนี้ยังพบ

กรดไขมันที่สำคัญ ได้แก่ กรดไมริสติก (ร้อยละ 2.36) กรดลอริก (ร้อยละ 2.24) และกรดสเตียริก (ร้อยละ 1.58) เป็นองค์ประกอบดังแสดงในตารางที่ 1



ภาพประกอบ 1 (A) ใบระกำสด (B) น้ำมันระกำที่สกัดได้จากการกลั่นด้วยไอน้ำแข็งตัวเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำ



ภาพประกอบ 2 โครมาโทแกรมของการวิเคราะห์น้ำมันระกำด้วยเทคนิค GC-MS

2. การทดสอบฤทธิ์ต้านแบคทีเรียก่อโรค

จากการทดสอบฤทธิ์ต้านแบคทีเรียก่อโรคทั่วไป ได้แก่ *B. amyloliquefaciens*, *S. aureus*, *E. coli* ATCC25922 และแบคทีเรียก่อโรคที่อยากกลุ่มที่สร้างเอนไซม์ ESBL ได้แก่ *E. coli* A1, *P. aeruginosa* A1, *P. aeruginosa* A2, *K. pneumoniae* พบว่า น้ำมันใบระกำสามารถต้านแบคทีเรียทดสอบได้ทุกสายพันธุ์ โดยเฉพาะแบคทีเรียกลุ่มที่สร้างเอนไซม์ ESBL สายพันธุ์ *E. coli* A1 ให้ขนาดวงใสการยับยั้งมากที่สุดเท่ากับ 10.83 ± 0.56 มิลลิเมตร และแบคทีเรียสายพันธุ์อื่นๆ ที่สร้างเอนไซม์ ESBL เช่น *P. aeruginosa* A1, *P. aeruginosa* A2 และ *K. pneumoniae* ให้ขนาดวงใสการยับยั้งเท่ากับ 9.53 ± 0.23 , 8.63 ± 0.35 และ 8.66 ± 0.40 มิลลิเมตร ตามลำดับ

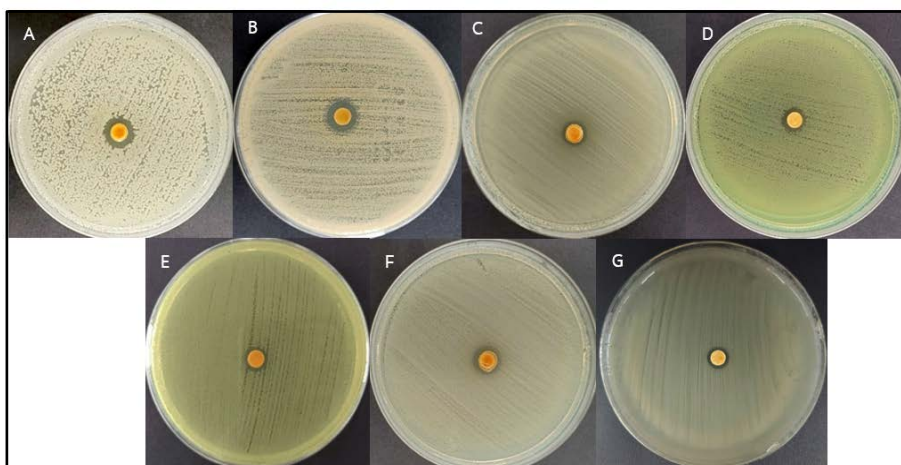
ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันใบระกำวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC-MS (แสดงผลที่ค่าร้อยละของปริมาณสารทั้งหมดที่มากกว่าร้อยละ 1.00)

No.	RT (min)	Compound name	Match Factor	% of Total
1	33.3707	Caproic acid	89.0	1.02
2	34.1468	Benzyl alcohol	98.3	1.10
3	35.2928	Benzeneethanol	95.9	1.58
4	37.0905	3-Hexenoic acid	97.6	2.09
5	37.4078	2- Hexenoic acid	97.1	2.20
6	40.5332	5-Cyclopropylidenepentyl tetrahydro-2H-pyran-2-yl ether	80.1	1.25
7	41.8436	4-Phenyl-3-buten-2-one	97.8	1.13
8	44.3308	1,2,3,4,4a,7,8,8a-Octahydro-2,4a,5,8a-tetramethyl-1-naphthol	79.4	4.92
9	46.4007	3-Ethyl-4-methyl-1H-pyrrole-2,5-dione	94.0	2.31
10	47.1870	Megastigmatrienone	96.0	2.15
11	48.0695	5,6,7,7a-tetrahydro-4,4,7a-trimethyl-2(4H)-Benzofuranone	97.4	2.13
12	50.0860	2,3-Dihydrobenzofuran	94.7	4.04
13	52.8994	Lauric acid	96.0	2.24
14	54.4398	Vanillin	96.6	1.37
15	56.4188	Phytol	93.6	2.21
16	58.4139	Myristic acid	95.9	2.36
17	63.6503	Palmitic acid	97.8	12.76
18	67.3302	Squalene	96.2	2.03
19	68.3679	Stearic acid	95.2	1.58
20	68.9830	Heptadecene-(8)-carbonic acid-(1)	96.9	2.50
21	71.4915	Bis(2-ethylhexyl) sebacate	96.6	6.25
22	71.7268	9,12,15-Octadecatrienoic acid	95.7	5.35

ตารางที่ 2 ฤทธิ์ของน้ำมันไບระก้าต่อการต้านเชื้อแบคทีเรียทดสอบโดยวิธี Disc diffusion agar

Pathogens	Inhibition zone (mm.)
<i>B. amyloliquenfacien</i>	10.64 ± 0.90 ^a
<i>S. aureus</i>	10.38 ± 0.58 ^{ab}
<i>E. coli</i> ATCC 25922	8.98 ± 0.89 ^c
<i>P. aeruginosa</i> A1 (ESBLs)	9.53 ± 0.23 ^{bc}
<i>P. aeruginosa</i> A2 (ESBLs)	8.63 ± 0.35 ^c
<i>E. coli</i> A1 (ESBLs)	10.83 ± 0.56 ^a
<i>K. pneumoniae</i> (ESBLs)	8.66 ± 0.40 ^c

* Different lowercase letters indicate significant differences (p < 0.05)



ภาพประกอบ 3 วงใสการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียทดสอบของน้ำมันไບระก้าบนอาหาร MHA
B. amyloliquenfaciens (A), *S. aureus* (B), *E. coli* ATCC 25922 (C),
P. aeruginosa A1 (ESBL) (D), *P. aeruginosa* A2 (ESBL) (E), *E. coli* A1 (ESBL)
(F), *K. pneumoniae* (ESBL) (G)

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า พืชในวงศ์ปาล์มมีสารประกอบทางเคมีหลายชนิดที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น กรดไขมันสายยาว ฟีนอลิก และสเตอรอล ซึ่งมีบทบาทในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ กำจัดอนุมูลอิสระและลดการอักเสบ โดยมีการศึกษาสารจากเปลือกของระกำที่พบสารฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง (Girsang *et al.*, 2019) รวมถึงการศึกษาส่วนรากของระกำที่พบไตรเตอร์ปิน และสเตอรอลซึ่งมีฤทธิ์ในการต้านเชื้อจุลินทรีย์หลายชนิด (Ragasa *et al.*, 2018) แต่ยังไม่มีการศึกษาที่ลงรายละเอียดเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมี และฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำมันใบระกำ ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้ จึงถือเป็นการเติมช่องว่างในองค์ความรู้เกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมี และฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำมันใบระกำ ซึ่งเป็นการนำเสนอข้อมูลใหม่ที่มีประโยชน์ในการประยุกต์ใช้ในหลายด้าน

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันใบระกำด้วยเทคนิค GC-MS พบว่า น้ำมันใบระกำมีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญในกลุ่มของกรดไขมัน เช่น กรดปาล์มิติก กรดไมริสติก กรดลอริก และกรดสเตียริกซึ่งพบกรดปาล์มิติกในปริมาณสูงที่สุดที่ร้อยละ 12.76 ของปริมาณทั้งหมด (ตารางที่ 2) ซึ่งกรดปาล์มิติกเป็นสารประกอบกรดไขมันอิ่มตัวสายยาว พบได้มากในน้ำมันปาล์ม เมล็ดถั่วดอกทานตะวัน ฝ้าย และพืชต่าง ๆ (Zhao *et al.*, 2019) และจากรายงานวิจัยของ Booker *et al.* (2014) พบว่า องค์ประกอบหลักของต้นปาล์มใบเลื่อย (saw palmetto) พบกรดไขมัน และสเตอรอลพืช (phytosterols) มากกว่าร้อยละ 90 โดยกรดไขมันที่พบ ได้แก่ กรดคาไพโรลิก กรดคาพริก กรดลอริก กรดไมริสติก กรดปาล์มิติก กรดโอเลอิก กรดลิโนเลอิก และกรดสเตียริกซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันใบระกำในงานวิจัยนี้ (ตารางที่ 1) โดยระกำเป็นพืชตระกูลปาล์มจึงพบปริมาณของกรดปาล์มิติกมากที่สุดเมื่อเทียบกับองค์ประกอบอื่น ๆ

นอกจากนี้ ผลการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคของน้ำมันใบระกำ พบว่า มีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียก่อโรคทั่วไปแกรมบวก ได้แก่ *B. amyloliquefaciens* และ *S. aureus* และแบคทีเรียก่อโรคแกรมลบดื้อยา กลุ่มที่สร้างเอนไซม์ ESBL โดยพบว่า น้ำมันใบระกำสามารถต้านเชื้อดื้อยาสายพันธุ์ *E. coli* A1 (ESBL) ได้ดี (ตารางที่ 2 และภาพประกอบ 3) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Huang และคณะ (2011) ที่มีการศึกษาฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ในช่องปาก พบว่า กรดปาล์มิตีมีฤทธิ์ในการต้านจุลินทรีย์ก่อโรคได้หลายชนิด เช่น *Streptococcus mutants*, *Streptococcus gordonii*, *Streptococcus sanguis*, *C. albicans*, *Aggregatibacter actinomycetemcomitans* นอกจากนี้

ยังมีรายงานวิจัย พบว่า กรดไมริสติกและ กรดปาล์มิติกซึ่งเป็นกรดไขมันชนิดกรดไขมันอิ่มตัว มีฤทธิ์ต้านการอักเสบ และฤทธิ์ในการต้าน เชื้อยีสต์ก่อโรคสายพันธุ์ *C. albicans* และ *Candida tropicalis* ที่ก่อโรคในปลาฆ่าลายโดยมีการทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อยีสต์ โดยการใช้กรดไมริสติก 250 µg/mL ร่วมกับ กรดปาล์มิติก 400 µg/mL (Prasath *et al.*, 2020) มีฤทธิ์ยับยั้งปัจจัยที่ก่อให้เกิดความรุนแรงของโรค ด้วยการยับยั้งการก่อตัวของไบโอฟิล์ม การสร้างเส้นใย เอนไซม์โปรตีเอส ไลเปส การสังเคราะห์ เออร์โกสเตอรอล (ergosterol biosynthesis) ซึ่งกรดไมริสติกมีฤทธิ์ยับยั้งไบโอฟิล์ม และการสร้างเส้นใยของเชื้อยีสต์ *C. albicans* โดยควบคุมโปรตีนที่เกี่ยวข้องในสเตอรอล (sterol) สฟิงโกลิพิด (sphingolipids) และวิถีการดื้อยาหลายชนิด (multi-drug resistance pathways) (Prasath *et al.*, 2019) และมีการศึกษาการทำงานของกรดปาล์มิติกที่เป็นตัวกลาง ในการเปลี่ยนแปลงของไรโซสเฟียร์ ซึ่งเป็นที่อยู่อาศัยของจุลินทรีย์บริเวณรอบรากฝอย และการระงับการก่อโรคของเชื้อราฟิวซาเรียม (*Fusarium*) ในแตงโม โดยพบว่า กรดปาล์มิติกที่ความเข้มข้น 0.25 - 2 mM สามารถยับยั้งการสร้างเส้นใยและการสร้างสปอร์ของเชื้อ *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* ได้ (Ma *et al.*, 2021) นอกจากนี้ยังพบว่า กรดกรดลอริก และกรดไมริสติกมีคุณสมบัติเป็นสารยับยั้งการก่อตัวของไบโอฟิล์ม ซึ่งมีผลต่อเชื้อก่อโรคกลุ่มที่มีการสร้าง ไบโอฟิล์ม ได้แก่ *S. aureus*, *E. coli* O157 : H7 และ *C. albicans* (Kim *et al.*, 2022) ในขณะที่กรดโอเลอิก และกรดปาล์มิติกมีประสิทธิภาพ ในการยับยั้งการก่อตัวของไบโอฟิล์มของ *P. aeruginosa* (Oscar *et al.*, 2018) โดย ไบโอฟิล์มจากแบคทีเรีย และเชื้อรา มีบทบาทสำคัญในการต้านทานต่อยาต้านจุลชีพ และเป็นปัจจัยสำคัญในการก่อโรค (Handorf *et al.*, 2019) โดยการศึกษาทั่วโลก พบว่า กรดไขมันสามารถเข้าสู่เยื่อหุ้มเซลล์ของเชื้อรา ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์มีความผิดปกติอย่างรุนแรงโดยส่งผลให้โครงสร้างของโปรตีนมีการเปลี่ยนแปลง และเพิ่มการซึมผ่านเข้าออกของสารของเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้ไซโทพลาสซึมสลายตัว ดังนั้น การใช้สารจากธรรมชาติที่สามารถทดแทนยาปฏิชีวนะที่มีราคาแพงหรือใช้ร่วมกับยาปฏิชีวนะ เพื่อลดต้นทุนหรือเพิ่มการเข้าถึงยาที่มีคุณภาพ เพื่อควบคุมการติดเชื้อหรือลดการดื้อยาของเชื้อก่อโรคงจึงเป็นแนวทางที่สำคัญทั้งในปัจจุบันและอนาคต

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาของคัพประกอบทางเคมีของน้ำมันใบระกำ ด้วยวิธีแก๊สโครมาโทกราฟี - แมสสเปกโตรเมทรี พบว่า น้ำมันใบระกำมีกรดปาล์มิติกเป็นองค์ประกอบหลักและพบกรดไขมันที่สำคัญอื่น ๆ ได้แก่

กรดไมริสติก กรดลอริก และ กรดสเตียริก เป็นต้น และผลการทดสอบฤทธิ์การต้านเชื้อแบคทีเรียก่อโรคของน้ำมันใบระกำต่อเชื้อก่อโรคทดสอบ พบว่า น้ำมันใบระกำมีฤทธิ์ในการต้านแบคทีเรียก่อโรคทดสอบได้ทุกสายพันธุ์รวมทั้งสายพันธุ์คือยาที่ผลิตเอนไซม์ ESBLs จากการศึกษาในครั้งนี้สามารถนำองค์ความรู้ที่ได้เป็นแนวทางในการนำน้ำมันใบระกำหรือใบระกำไปพัฒนาหรือประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ ทั้งเป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์หรือผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์ และเป็นแนวทางในการพัฒนางานวิจัยต่อไปในอนาคตได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (ววน.) ทุนวิจัยมูลฐาน (FF2566) เลขที่สัญญา 10/2566 และทุนวิจัยมูลฐาน (FF2567) เลขที่สัญญา 09/2567 และขอขอบคุณอาจารย์ ดร.สุวรรณี พรหมศิริ นักพฤกษศาสตร์สำหรับการบ่งชี้ชนิดพืช ขอขอบคุณคณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์และสถานที่ในการทำวิจัยในส่วนของ การทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อ รวมทั้งขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลาในการเอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัย และขอบคุณสำนักเครื่องมือวิทยาศาสตร์และการทดสอบ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ในส่วนของการวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำมันใบระกำ

เอกสารอ้างอิง

- Booker A., Suter A., Krnjic A., Strassel B., Zloh M., Said M. & Heinrich M. (2014). A phytochemical comparison of saw palmetto products using gas chromatography and H-1 nuclear magnetic resonance spectroscopy metabolomic profiling. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 66, 811-822.
- Girsang E., Lister I.N., Ginting C.N., Khu A., Samin B., Widowati W., Wibowo S. & Rizal R. (2019). Chemical constituents of snake fruit (*Salacca zalacca* (Gaert.) Voss) peel and in silico anti-aging analysis. *Molecular and Cellular Biomedical Sciences*. 3(2), 122-128.

- Handorf O., Schnabel U., Bosel A., Weihe T., Bekeschus S. & Graf A.C. (2019). Antimicrobial effects of microwave-induced plasma torch (MiniMIP) treatment on *Candida albicans* biofilms. *Microbial Biotechnology*, 12, 1034-1048.
- Harriott M.M. & Noverr M.C. (2009). *Candida albicans* and *Staphylococcus aureus* form polymicrobial biofilms: Effects on antimicrobial resistance. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 53(9), 3914-3922.
- Huang C.B., Alimova Y., Myers T.M. & Ebersole J. L. (2011). Short-and medium-chain fatty acids exhibit antimicrobial activity for oral microorganisms. *Archives of Oral Biology*, 56, 650-654.
- Kananit T., Bouphan P. & Songsri C. (2021). The Development of an antimicrobial guidelines, Phen hospital. *Udonthani Hospital Medical Journal*, 29(2).232-248.
- Kim H.S., Ham S.Y., Jang Y., Sun P.F., Park J.H., Lee J.H. & Park H.D. (2019). Linoleic acid, a plant fatty acid, controls membrane biofouling via inhibition of biofilm formation. *Fuel*, 253, 754-761.
- Kim Y-G., Lee J-H., Park S., Kim S., & Lee J., (2022) Inhibition of polymicrobial biofilm formation by saw palmetto oil, lauric acid and myristic acid. *Microbial Biotechnology*, 15(2), 590–602.
- Ma K., Kou J., Rahman M.K.U., Du W., Liang X., Wu F., Li W. & Pan K. (2021). Palmitic acid mediated change of rhizosphere and alleviation of *Fusarium* wilt disease in watermelon. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28, 3616-3623.
- Mazumdar P., Pratama H., Lau S.E., Teo C.H. & Harikrishna J.A. (2019). Biology, phytochemical profile and prospects for snake fruit: An antioxidant-rich fruit of South East Asia. *Trends in Food Science & Technology*, 91, 147-158.
- Oscar F.L., Nithya C., Alharbi S.A., Alharbi N.S. & Thajuddin N. (2018) Microfouling inhibition of human nosocomial pathogen *Pseudomonas aeruginosa* using marine cyanobacteria. *Microbial Pathogenesis*, 114, 107-115.
- Phuntip K., Ratchanee T., Suwimol T. & Buppha R. (2023). Infection situation, antimicrobial susceptibility trends, and guidelines for caring patients with drugs-resistant infection for nurses at Sikao hospital, Trang province. *Journal of Health and Pedagogy*,

3(2), 62-78.

Prasath K.G., Sethupathy S. & Pandian S.K. (2019). Proteomic analysis uncovers the modulation of ergosterol, sphingolipid and oxidative stress pathway by myristic acid impeding biofilm and virulence in *Candida albicans*. *Journal of Proteomics*, 208, 2-19.

Prasath K.G., Tharani H., Moukumar M.S. & Pandian S.K. (2020). Palmitic acid inhibits the virulence factors of *Candida tropicalis*: biofilms, cell surface hydrophobicity, ergosterol biosynthesis, and enzymatic activity. *Frontiers in Microbiology*, 11(864), 1-21.

Ragasa C.Y., Ting J.U., Ramones M.V., Tan M.C.S., & Shen C. (2016). Chemical constituents of *Salacca wallichiana* Mart. *International Journal of Current Pharmaceutical Review and Research*, 7(4), 186-189.

Ragasa C.Y., Ting J.U., Ramones M.V., Tan M.C.S., & Urban S. (2018). Chemical composition of *Salacca wallichiana*. *Chemistry of Natural Compounds*, 54(4), 788–789.

Sangsa N., Putthanachote N. & Sarakarn P. (2018). The association between antibiotics-treated patients in roi-et hospital and their risk of infection with extended spectrum beta-lactamase producing *Escherichia coli* (Esbl-*E. coli*). *Srinagarind Medical Journal*, 33(6), 551-557.

Sinchaiyaphum V. (2020). Factors associated with extended-spectrum beta-lactamase-producing *Escherichia coli* blood stream infections at Chaiyaphum hospital. *Chaiyaphum Medical Journal*, 40(1), 78-88.

Yodsai S., Watthanaphap N. & Phaisansuthichol S. (2019). Determination of antioxidant activity and phenolic compound in fruit wastes by spectroscopic and LC-MS/MS. in *Bangkok: Pure and Applied Chemistry International Conference*, Chiang Rai. 138-142.

Watcharakul S., Anomunee R. & Indoung S. (2024). Chemical compositions and bioactive compounds of lemongrass essential oils against microbial pathogen and drug-resistant extended spectrum β -lactamase (ESBL) producing gram-negative. *Life Sciences and Environmental Journal*, 25(1).

Zhao X., Chang H., Feng L., Jing Y., Teng W.L. & Qiu L.J. (2019). Genome-wide association mapping and candidate gene analysis for saturated fatty acid content in soybean seed. *Plant Breeding*, 138(5), 588-598.

การพยากรณ์ความเสียหายสเต็ปเปอร์มอเตอร์โดยใช้อัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่อง Stepper Motor Damage Prediction Using Machine Learning Algorithms

นพฤทธิ์ ศรีวิชัย* อนุปงศ์ สว่างนาค รุจิพันธุ์ โกษารัตน์ และ ปิยพล ยืนยงสถาวร
Nopparit Sriwichai*, Anupong Sawangnak, Rujipan Kosarat and Piyaphol
Yuenyongsathaworn

สาขาวิชาวิศวกรรมซอฟต์แวร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
Bachelor of Engineering Program in Software Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala
University of Technology Lanna, Thailand
Email: nopparit_sr66@live.rmutl.ac.th

Received : February 15, 2025
Revised : May 15, 2025
Accepted : May 22, 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการพยากรณ์ความเสียหายของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ในระบบอัตโนมัติสมัยใหม่ โดยเก็บข้อมูลจากเซนเซอร์ 5 ประเภท ได้แก่ กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า แรงบิด อุณหภูมิ และการสั่นสะเทือน พร้อมบันทึกข้อมูลวันที่ เวลา และค่าความผิดพลาดในการเคลื่อนที่ เป็นระยะเวลา 3 เดือน การวิจัยนี้เปรียบเทียบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่อง 3 แบบ ได้แก่ เกรเดียนท์บูสต์ทรี (Gradient Boosted Trees) ดีปเลิร์นนิง (Deep Learning) และเอ็กซ์ตรีมเกรเดียนท์บูสต์ติง (Extreme Gradient Boosting) ผลการวิจัยพบว่า เกรเดียนท์บูสต์ทรีมีประสิทธิภาพสูงสุด สามารถอธิบายความแปรปรวนของข้อมูลได้ร้อยละ 91.17 และสามารถพยากรณ์โอกาสเกิดความเสียหายร้อยละ 90 ภายในระยะเวลา 5-6 เดือน การวิเคราะห์ความสำคัญของตัวแปรพบว่า ปัจจัยด้านเวลาและการสั่นสะเทือนมีผลต่อการเสื่อมสภาพของมอเตอร์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 55.32 และ 28.35 ตามลำดับ ผลการวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนบำรุงรักษาเชิงคาดการณ์ เพื่อลดการหยุดชะงักของสายการผลิตและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยรวม

คำสำคัญ: สเต็ปเปอร์มอเตอร์ การพยากรณ์ความเสียหาย การเรียนรู้ของเครื่อง เกรเดียนท์บูสต์ทรี การบำรุงรักษาเชิงคาดการณ์

ABSTRACT

This study presents a method for predicting stepper motor failures in modern automation systems by collecting data from five types of sensors: current, voltage, torque, temperature, and vibration, along with timestamp records and motion error measurements over a three-month period. The study compares the performance of three machine learning algorithms: Gradient Boosted Trees, Deep Learning, and Extreme Gradient Boosting. The results indicate that Gradient Boosted Trees achieves the highest accuracy at 91.17% and can predict a 90% probability of failure within 5 to 6 months. Feature importance analysis reveals that temporal factors and vibration have the most significant impact on motor degradation, accounting for 55.32% and 28.35%, respectively. These findings can be applied to predictive maintenance planning to minimize unplanned production line downtime and enhance overall production efficiency.

Keywords: Stepper Motor, Failure Prediction, Machine Learning, Gradient Boosted Trees, Predictive Maintenance

บทนำ

ในยุคอุตสาหกรรม 4.0 ที่มีการใช้เทคโนโลยีการผลิตขั้นสูงและระบบอัตโนมัติ สเต็ปเปอร์มอเตอร์ถือเป็นหัวใจสำคัญในการขับเคลื่อน และควบคุมการทำงานของเครื่องจักรในอุตสาหกรรมหลากหลายประเภท ไม่ว่าจะเป็นเครื่องพิมพ์ 3 มิติ เครื่องจักร CNC หรือแขนกลอุตสาหกรรม (Rojko, 2017) การศึกษาที่ผ่านมาพบว่า การประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ และการเรียนรู้ของเครื่องในกระบวนการผลิตสมัยใหม่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตได้ถึงร้อยละ 25 (Wang et al., 2018) รวมถึงการบูรณาการระบบ IoT และเซนเซอร์เข้ากับการผลิตสมัยใหม่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเฝ้าระวัง และควบคุมคุณภาพได้อย่างมีนัยสำคัญ (Chen et al., 2017)

ด้วยคุณสมบัติที่โดดเด่นในการควบคุมตำแหน่งอย่างแม่นยำ และความสามารถในการทำงานแบบต่อเนื่อง ทำให้สเต็มเปเปอร์มอเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อกระบวนการผลิตสมัยใหม่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมที่ต้องการความแม่นยำสูง เช่น อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ และการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ อย่างไรก็ตาม การเสียหายของสเต็มเปเปอร์มอเตอร์ก่อให้เกิดผลกระทบที่รุนแรงต่อภาคอุตสาหกรรม จากการศึกษาพบว่า การหยุดชะงักของสายการผลิตที่เกิดจากความเสียหายของสเต็มเปเปอร์มอเตอร์สร้างความสูญเสียทางเศรษฐกิจกว่าร้อยละ 15 - 20 ของต้นทุนการผลิตโดยรวม (Liu et al., 2019)

การบำรุงรักษาแบบดั้งเดิมที่อาศัยการตรวจสอบตามระยะเวลา หรือการซ่อมแซมเมื่อเกิดความเสียหายไม่สามารถตอบสนองต่อความท้าทายในยุคอุตสาหกรรม 4.0 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Carvalho et al., 2019) นอกจากนี้ยังพบว่า การบำรุงรักษาแบบดั้งเดิมมักส่งผลให้เกิดต้นทุนที่สูงเกินความจำเป็น และไม่สามารถป้องกันการหยุดชะงักของการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยเหตุนี้ การพัฒนาระบบการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์จึงได้รับความสนใจเพิ่มขึ้น โดยการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า วิธีการแบบ data-driven สามารถช่วยลดต้นทุนการซ่อมบำรุงได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Liu et al., 2019) งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการพัฒนาระบบพยากรณ์ความเสียหายของสเต็มเปเปอร์มอเตอร์ โดยประยุกต์ใช้เทคนิค Gradient Boosted Trees (Susto et al., 2014) ร่วมกับการปรับแต่งพารามิเตอร์อย่างเหมาะสม (Yang & Shami, 2020)

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง การใช้เทคนิค Machine Learning ในการพยากรณ์ความเสียหายของอุปกรณ์อุตสาหกรรม สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการบำรุงรักษาได้อย่างมีนัยสำคัญ (Lei et al., 2016) โดยเฉพาะการใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์หลากหลายประเภทร่วมกับการวิเคราะห์แบบ real-time ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้า (Carvalho et al., 2019) ที่เสนอว่าการบูรณาการระหว่าง IoT และ AI จะเป็นกุญแจสำคัญในการยกระดับการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ นอกจากนี้ การนำเทคโนโลยี Cloud Computing มาใช้ในการประมวลผล และจัดเก็บข้อมูลขนาดใหญ่ยังช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นและประสิทธิภาพของระบบ ซึ่งจะส่งผลให้องค์กรสามารถตอบสนองต่อความต้องการที่เปลี่ยนแปลงได้อย่างรวดเร็ว เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยรวม และเสริมสร้างขีดความสามารถในการแข่งขันขององค์กรในระยะยาว

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนา และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่องในการพยากรณ์ความเสียหายของสเต็มเปเปอร์มอเตอร์

2. เพื่อวิเคราะห์ความสำคัญของปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการเสียหายของสตีปเปอร์มอเตอร์
3. เพื่อพัฒนาแนวทางการบำรุงรักษาเชิงคาดการณ์ โดยใช้ผลการพยากรณ์จากแบบจำลอง

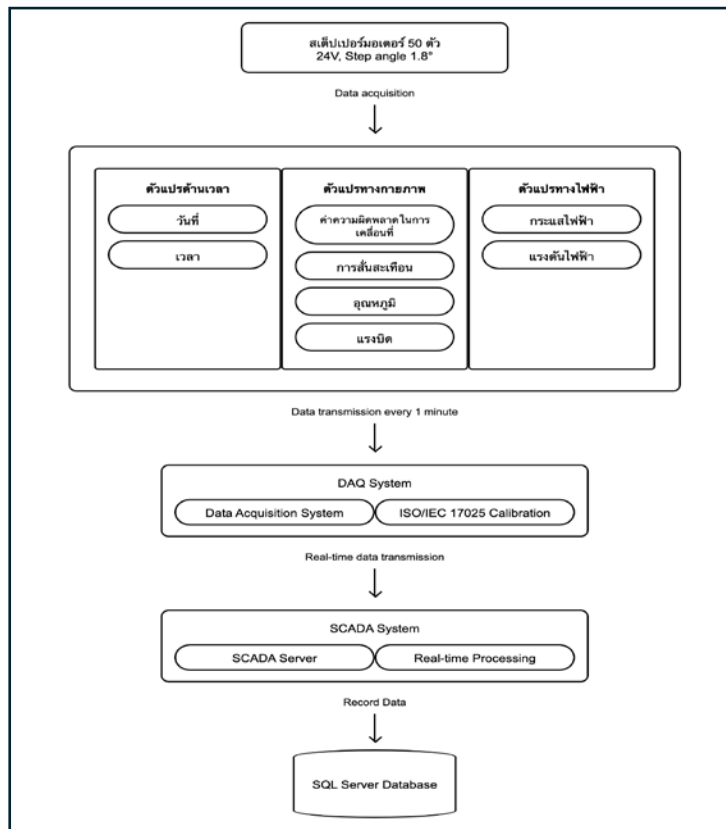
สมมติฐานในการวิจัย

1. เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องสามารถพยากรณ์ความเสียหายของสตีปเปอร์มอเตอร์ได้ด้วย ความแม่นยำสูงกว่าร้อยละ 90
2. ระยะเวลาการใช้งาน และค่าพารามิเตอร์ทางกายภาพ (แรงบิด อุณหภูมิ การสั่นสะเทือน) มีผลต่อการเสื่อมสภาพของสตีปเปอร์มอเตอร์อย่างมีนัยสำคัญ
3. แบบจำลอง Gradient Boosted Trees มีประสิทธิภาพในการพยากรณ์สูงกว่าแบบจำลอง การเรียนรู้ของเครื่องประเภทอื่น

วิธีดำเนินงานวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณแบบทดลอง (Quantitative Experimental Research) โดยมีระยะเวลาดำเนินการ 3 เดือน เพื่อพัฒนาระบบพยากรณ์ความเสียหายของสตีปเปอร์มอเตอร์ การดำเนินงานแบ่งเป็นหลายขั้นตอนดังนี้

1. การเก็บรวบรวมข้อมูล ระบบการเก็บข้อมูลประกอบด้วยเซนเซอร์และค่าที่อ่านได้จาก สตีปเปอร์มอเตอร์ (Step angle 1.8° , 24V) จำนวน 50 ตัว จากสายการผลิตอัตโนมัติ ทำการบันทึก ข้อมูลอัตโนมัติทุก 1 นาที ในช่วงวันที่ 6 มกราคม ถึง 10 มีนาคม โดยมีข้อมูลจำนวน 200,000 ข้อมูล โดยตัวแปรที่เก็บข้อมูลแบ่งเป็น 3 กลุ่มหลัก ซึ่งประกอบด้วยตัวแปร 5 ประเภทตามบทความได้แก่ 1) ตัวแปรด้านเวลา (วันที่ เวลา และชั่วโมงการทำงาน) 2) ตัวแปรทางไฟฟ้า (กระแสไฟฟ้าและ แรงดันไฟฟ้า) และ 3) ตัวแปรทางกายภาพ ซึ่งประกอบด้วย 3 ประเภทย่อย ได้แก่ อุณหภูมิ การสั่นสะเทือน และแรงบิด รวมทั้งค่าความผิดพลาดในการเคลื่อนที่ซึ่งเป็นตัวแปรเป้าหมายในการพยากรณ์ ในการเก็บข้อมูลใช้ระบบ Data Acquisition (DAQ) แบบอัตโนมัติ โดยเซนเซอร์ทั้งหมด ได้รับการสอบเทียบตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 และเชื่อมต่อกับระบบ SCADA เพื่อบันทึกข้อมูลลง ฐานข้อมูล SQL Server แบบ real-time



ภาพประกอบ 1 แผนผัง Block Diagram แสดงกระบวนการเก็บข้อมูลจากสเต็ปเปอร์มอเตอร์

จากภาพประกอบ 1 แสดงแผนผัง Block Diagram ของระบบการเก็บข้อมูลสเต็ปเปอร์มอเตอร์ ขนาด 24V ที่มี Step angle 1.8° โดยระบบถูกออกแบบให้เก็บข้อมูลแบบอัตโนมัติผ่านเซนเซอร์ 3 กลุ่มหลัก ได้แก่ ข้อมูลด้านเวลา (วันที่และเวลา) ข้อมูลทางกายภาพ (ความผิดพลาดในการเคลื่อนที่ แรงบิด อุณหภูมิ และการสั่นสะเทือน) และข้อมูลทางไฟฟ้า (กระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า) โดยทำการบันทึกข้อมูลทุก 1 นาที

ข้อมูลจากเซนเซอร์จะถูกส่งผ่านระบบ DAQ (Data Acquisition System) ที่ได้รับการสอบเทียบตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 เพื่อรับประกันความแม่นยำของการวัด จากนั้นข้อมูลจะถูกส่งแบบ Real-time ไปยังระบบ SCADA ที่ประกอบด้วย SCADA Server และระบบประมวลผล

แบบ Real-time Processing เพื่อตรวจสอบและประมวลผลข้อมูลเบื้องต้น ก่อนที่จะบันทึกลงในฐานข้อมูล SQL Server สำหรับการนำไปวิเคราะห์ และพยากรณ์ความเสียหายในขั้นต่อไป

ระบบนี้ได้รับการออกแบบให้มีความน่าเชื่อถือสูงผ่านการควบคุมคุณภาพในทุกขั้นตอน ตั้งแต่การเลือกใช้เซนเซอร์ที่มีความแม่นยำ การสอบเทียบตามมาตรฐานสากล การส่งข้อมูลแบบ Real-time และการประมวลผลข้อมูลก่อนจัดเก็บ ทำให้ได้ข้อมูลที่มีคุณภาพเหมาะสมสำหรับการพัฒนาแบบจำลองการพยากรณ์ความเสียหายของสเต็มเปอร์มอเตอร์

การนิยามความเสียหายและการเสื่อมสภาพ ในการวิจัยนี้ ความเสียหายหรือการเสื่อมสภาพของสเต็มเปอร์มอเตอร์ถูกนิยามโดยใช้ค่า Step Error เป็นตัวบ่งชี้หลัก โดยกำหนดให้ค่า Step Error ที่มากกว่า 0.25 steps ติดต่อกันเป็นเวลาอย่างน้อย 30 นาที ถือเป็นกาเกิดความเสียหายในระดับที่ต้องวางแผนซ่อมบำรุง ค่าขีดจำกัดนี้กำหนดขึ้นจากคู่มือผู้ผลิต และการวิเคราะห์ค่าความผิดพลาดในการเคลื่อนที่ของสเต็มเปอร์มอเตอร์ในสภาวะปกติ ค่าความเสียหายนี้จะถูกแทนด้วยค่าต่อเนื่อง (0-1) ที่แสดงถึงระดับความเสื่อมสภาพตามสมการที่ 4 โดย 0 หมายถึงสภาพปกติ และ 1 หมายถึงเสื่อมสภาพสมบูรณ์ที่ต้องการการเปลี่ยนทดแทน ทั้งนี้ เมื่อค่า $D(t)$ เกิน 0.7 จะถือว่าเข้าสู่ช่วงเสี่ยงที่ต้องวางแผนบำรุงรักษา และเมื่อมากกว่า 0.9 จะถือว่าต้องดำเนินการซ่อมบำรุงโดยเร่งด่วน

2. การเตรียมข้อมูล ขั้นตอนการเตรียมข้อมูลเริ่มจากการทำความสะอาดข้อมูล (Data Cleaning) โดยตรวจสอบและกำจัดค่าผิดปกติ (Outliers detection using IQR method and Z-score) จัดการค่าที่ขาดหาย (Missing values imputation using mean/median for numerical data and mode for categorical data) และตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบข้อมูล (Data format validation and type conversion) จากนั้นทำการแปลงข้อมูลด้วยการปรับมาตราส่วน (Min-Max scaling and Standard scaling) แปลงรูปแบบวันที่และเวลา และสร้างคุณลักษณะใหม่ (Feature engineering including time-based features and interaction terms) สุดท้ายแบ่งข้อมูลเป็นชุดฝึกฝน (Training set) ร้อยละ 80 และชุดทดสอบร้อยละ 20 ตามแนวทางของ (Liu et al., 2019)

3. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ การพัฒนาแบบจำลองใช้สมการทางคณิตศาสตร์ทั้งหมด 4 สมการหลักตามแนวทางของ (Susto et al., 2014) เพื่อสร้างแบบจำลองสำหรับการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) โดยเฉพาะอัลกอริทึม Gradient Boosted Trees ที่ใช้ในการพยากรณ์ความเสียหายของสเต็มเปอร์มอเตอร์ แบบจำลองนี้ได้รับการพัฒนาและปรับปรุงจากการศึกษาก่อน

หน้าของ (Yang & Shami, 2020) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการทำนายความเสียหายของอุปกรณ์อุตสาหกรรมได้อย่างแม่นยำ สมการเหล่านี้มีความสำคัญในการอธิบายกระบวนการเรียนรู้และการปรับปรุงความแม่นยำของแบบจำลอง

การพัฒนาแบบจำลองนี้ยังได้คำนึงถึงปัจจัยสำคัญต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำนาย เช่น คุณลักษณะของข้อมูล (Feature Engineering) การจัดการกับข้อมูลที่ไม่สมดุล (Imbalanced Data) โดยใช้เทคนิค Synthetic Minority Over-sampling Technique (SMOTE) เพื่อสร้างข้อมูลเพิ่มเติมสำหรับกรณีที่มีความเสียหายสูง ซึ่งมีจำนวนตัวอย่างน้อยกว่า ร่วมกับการใช้ class weight ให้มีน้ำหนักมากกว่าสำหรับข้อมูลที่พบน้อย และการเลือกพารามิเตอร์ที่เหมาะสม (Hyperparameter Optimization) ซึ่งมีผลโดยตรงต่อความแม่นยำในการพยากรณ์ นอกจากนี้ ยังได้มีการทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองด้วยชุดข้อมูลที่หลากหลายเพื่อยืนยันความน่าเชื่อถือ และความคงทนของแบบจำลอง ประกอบด้วย

3.1 สมการการทำนาย (Prediction Equation) ใช้ในการรวมผลการทำนายจาก Decision Trees หลายต้นเพื่อให้ได้ผลลัพธ์สุดท้าย

$$F(x) = \sum_{i=1}^M \gamma_i h_{i(x)} \quad (1)$$

โดยที่

$F(x)$ คือ ค่าการทำนายสุดท้าย

M คือ จำนวน trees ทั้งหมด

γ_i คือ learning rate

$h_{i(x)}$ คือ decision tree ที่ i

จากสมการที่ (1) แสดงการรวมกันเชิงเส้นของฟังก์ชันพื้นฐานหลายตัว (Ensemble Method) ซึ่งอยู่ในรูปแบบของ Gradient Boosting Model (GBM) หรือ Additive Model ที่ใช้ Decision Trees เป็นตัวเรียนรู้ย่อย (Base Learners) โดยรวมผลการทำนายจาก Decision Trees ทั้งหมด M ต้น แต่ละต้นมีค่า learning rate (γ_i) กำกับ

3.2 สมการ Loss Function ใช้วัดค่าความผิดพลาดของการทำนายเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของแบบจำลอง

$$L(y, F(x)) = \sum_{i=1}^n (y_i - F(x_i))^2 \quad (2)$$

โดยที่

y_i คือ ค่าจริง

$F(x_i)$ คือ ค่าทำนาย

N คือ จำนวนตัวอย่างทั้งหมด

จากสมการที่ (2) เป็นฟังก์ชันวัดค่าความผิดพลาดของการทำนาย โดยใช้วิธี Mean Squared Error (MSE) ซึ่งคำนวณจากผลรวมของความแตกต่างกำลังสองระหว่างค่าจริงกับค่าทำนาย ยิ่งค่า Loss น้อย แสดงว่าแบบจำลองมีความแม่นยำในการทำนายสูง

3.3 สมการการปรับปรุงโมเดล - อธิบายวิธีการเพิ่มและปรับปรุง Decision Trees ใหม่เข้าไปในแบบจำลอง

$$F_{m(x)} = F_{(m-1)(x)} + \gamma_m h_{m(x)} \quad (3)$$

โดยที่

$F_{m(x)}$ คือ โมเดลที่ iteration ที่ m

$F_{(m-1)(x)}$ คือ โมเดลก่อนหน้า

γ_m คือ learning rate ที่ iteration ที่ m

$h_{m(x)}$ คือ tree ใหม่ที่สร้างขึ้น

จากสมการที่ (3) แสดงกระบวนการเรียนรู้แบบ boosting ที่มีการสร้างและเพิ่ม decision tree ใหม่เข้าไปในแบบจำลองทีละต้น โดยแต่ละต้นจะเรียนรู้จากความผิดพลาดของต้นก่อนหน้า และมีการควบคุมอัตราการเรียนรู้ด้วย learning rate

3.4 สมการการคำนวณความเสียหาย ใช้คำนวณค่าความเสียหายที่เกิดขึ้นตามเวลาโดยพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ

$$D(t) = D_0 + \alpha \sum_{i=1}^t w_i x_i \quad (4)$$

โดยที่

$D(t)$ คือ ค่าความเสียหายที่เวลา t

D_0 คือ ค่าความเสียหายเริ่มต้น

α คือ อัตราการเสื่อมสภาพ

w_i คือ น้ำหนักของตัวแปรที่ i

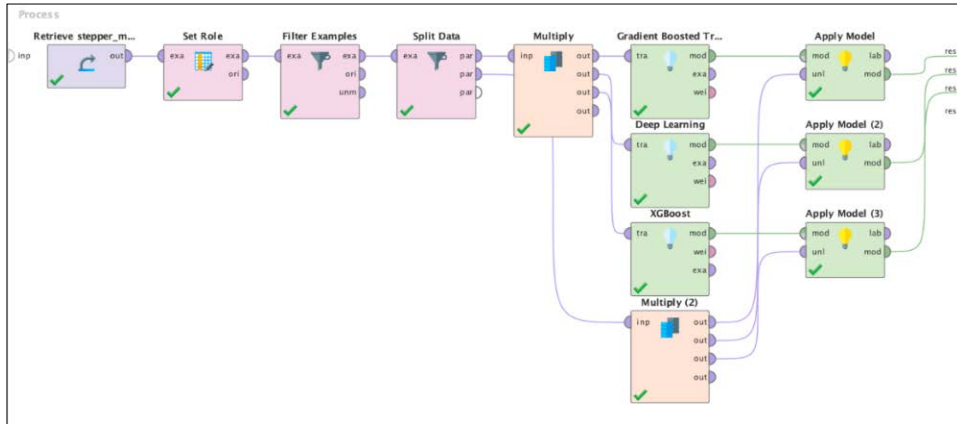
x_i คือ ค่าของตัวแปรที่ i

จากสมการที่ (4) ใช้ในการคำนวณค่าความเสียหายที่เกิดขึ้นตามเวลา โดยพิจารณาจากค่าความเสียหายเริ่มต้นและผลกระทบสะสมจากตัวแปรต่าง ๆ ที่มีน้ำหนักความสำคัญแตกต่างกัน คูณด้วยอัตราการเสื่อมสภาพ ทำให้สามารถติดตามการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์ตามการใช้งานจริง

สมการทั้ง 4 สมการนี้ทำงานร่วมกันในการสร้างแบบจำลองที่สามารถทำนายความเสียหายของสเต็มเปอร์มอเตอร์ได้อย่างแม่นยำ โดยมีการปรับปรุงและเรียนรู้จากข้อมูลอย่างต่อเนื่อง

4. การพัฒนาและประเมินแบบจำลอง

ในการวิจัยนี้ ตัวแปรเป้าหมาย (Target Variable) ที่ใช้ในการพยากรณ์คือค่าความเสียหาย $D(t)$ ซึ่งเป็นค่าต่อเนื่อง (Continuous Value) ในช่วง 0 ถึง 1 ที่แสดงระดับความเสื่อมสภาพของสเต็มเปอร์มอเตอร์ ดังนั้น การศึกษานี้จึงใช้เทคนิคการวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) ไม่ใช่การจำแนกประเภท (Classification) การวิจัยนี้ใช้ซอฟต์แวร์ Rapid Miner ในการพัฒนาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพอัลกอริทึม 3 แบบ คือ 1) Gradient Boosted Trees 2) Deep Learning และ 3) XGBoost โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 แผนผังกระบวนการพัฒนาแบบจำลองใน Rapid Miner

จากภาพประกอบ 2 แสดงแผนผังกระบวนการพัฒนาแบบจำลองใน Rapid Miner แสดงการทำงานของ Ensemble Learning โดยมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

1. การตั้งค่าข้อมูล (Set Role) - กำหนดบทบาทของตัวแปรต้นและตัวแปรตาม
2. การกรองข้อมูล (Filter Examples) - คัดกรองข้อมูลตามเงื่อนไขที่กำหนด
3. การแบ่งข้อมูล (Split Data) - แบ่งข้อมูลเป็นชุดฝึกฝน 80% และชุดทดสอบ 20%
4. การสร้างแบบจำลอง 3 ประเภทผ่าน Multiply ได้แก่

4.1 Gradient Boosted Trees (GBT) เป็นเทคนิคการเรียนรู้แบบ ensemble ที่สร้างแบบจำลองจากต้นไม้ตัดสินใจหลายต้นต่อเนื่องกัน โดยแต่ละต้นจะเรียนรู้จากข้อผิดพลาดของต้นก่อนหน้า

4.2 Deep Learning เป็นการเรียนรู้เชิงลึกที่ใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Multi-Layer Perceptron (MLP) โดยในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบโครงข่ายที่มี 3 ชั้นซ่อน (hidden layers) ประกอบด้วยโหนดจำนวน 64, 32 และ 16 โหนดตามลำดับ ใช้ฟังก์ชันกระตุ้น (activation function) แบบ ReLU ในชั้นซ่อน และฟังก์ชัน Sigmoid ในชั้นเอาต์พุต พร้อมใช้อัตราการเรียนรู้ (learning rate) เท่ากับ 0.01 และค่า dropout เท่ากับ 0.2 เพื่อป้องกัน overfitting โครงข่ายนี้สามารถเรียนรู้รูปแบบที่ซับซ้อนได้ดี

4.3 XGBoost เป็นอัลกอริทึมที่พัฒนาต่อยอดจาก GBT ที่เพิ่มประสิทธิภาพด้านความเร็วและความแม่นยำ

5. การประยุกต์ใช้แบบจำลอง (Apply Model) - นำแบบจำลองไปทดสอบกับชุดข้อมูลทดสอบ

การประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองใช้เกณฑ์การวัด 4 ค่า ได้แก่

1. R^2 (Coefficient of Determination) วัดความสามารถในการอธิบายความแปรปรวนของข้อมูล มีค่าระหว่าง 0-1 โดยค่าที่ใกล้ 1 แสดงถึงประสิทธิภาพที่ดีกว่า

2. RMSE (Root Mean Square Error) วัดค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง ค่ายิ่งน้อยยิ่งดี แสดงถึงความแม่นยำในการทำนายที่สูงกว่า

3. MAE (Mean Absolute Error) วัดค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย ค่ายิ่งน้อยยิ่งดี บ่งชี้ถึงความแม่นยำในการทำนาย

4. MSE (Mean Square Error) วัดค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย ค่ายิ่งน้อยยิ่งดี แสดงถึงประสิทธิภาพการทำนายที่ดีกว่า

การพัฒนาแบบจำลองใช้เทคนิค 5-fold Cross-validation และการปรับ Hyperparameters โดยใช้วิธี Grid Search ตามแนวทางของ (Carvalho et al., 2019) โดยสำหรับ Gradient Boosted Trees ได้ทดลองปรับค่า learning rate (0.01, 0.05, 0.1), maximum depth (3, 5, 7) และจำนวน estimators (100, 200, 300) สำหรับ Deep Learning ได้ปรับจำนวนชั้นซ่อน (2, 3, 4), จำนวนโหนด (16-128) และอัตราการเรียนรู้ (0.001, 0.01, 0.1) สำหรับ XGBoost ได้ปรับค่า alpha (0, 0.5, 1), lambda (1, 2, 5) และ max_depth (3, 5, 7)

ผลการวิจัย

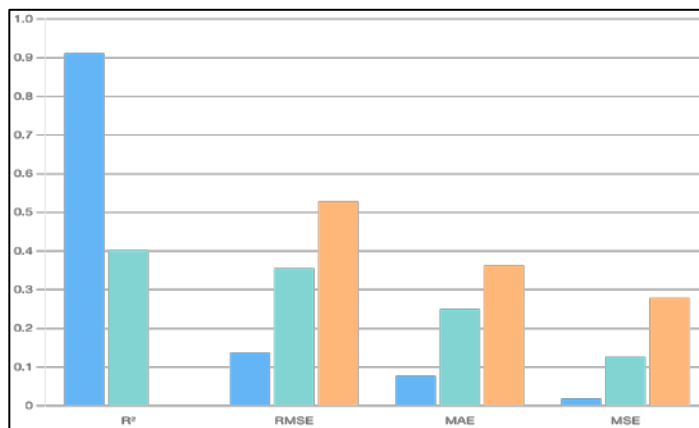
การวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยนี้ใช้ซอฟต์แวร์ RapidMiner Studio ซึ่งเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสำหรับการพัฒนาแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่อง โดยมีผลการวิเคราะห์ดังนี้

1. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง

การวิจัยได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่อง 3 ประเภท ได้แก่ Gradient Boosted Trees, Deep Learning และ XGBoost โดยใช้เกณฑ์การประเมิน 4 ด้าน คือ R^2 , RMSE, MAE และ MSE ดังแสดงในตารางที่ 1 และภาพประกอบ 3

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง

Model	R ²	RMSE	MAE	MSE
Gradient Boosted Trees	0.9117 (91.17%)	0.1365	0.0772	0.0186
Deep Learning	0.4026 (40.26%)	0.3551	0.2494	0.1261
XGBoost	0.000 (0%)	0.528	0.363	0.279



ภาพประกอบ 3 กราฟแท่งแสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองทั้งสามประเภท

จากตารางที่ 1 และภาพประกอบ 3 แสดงให้เห็นว่าการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดล Gradient Boosted Trees, Deep Learning, และ XGBoost โดยใช้มาตรฐานวัดประสิทธิภาพ 4 ตัวชี้วัด ได้แก่ R² (Coefficient of Determination), RMSE (Root Mean Squared Error), MAE (Mean Absolute Error) และ MSE (Mean Squared Error) ผลการวิเคราะห์พบว่า Gradient Boosted Trees ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในทุกมาตรฐานวัด โดยมีค่า R² สูงถึง 0.9117 (91.17%) แสดงให้เห็นว่าโมเดลสามารถอธิบายความแปรปรวนของข้อมูลได้ดี ในขณะที่ Deep Learning และ XGBoost ให้ค่า R² ที่ต่ำกว่ามาก โดยเฉพาะ XGBoost ซึ่งมีค่า R² เท่ากับ 0.000 (0%) แสดงว่าโมเดลไม่สามารถเรียนรู้ความสัมพันธ์ของข้อมูลได้เลย

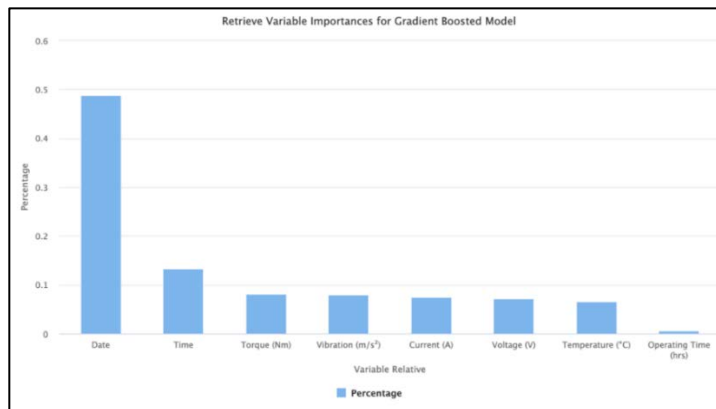
เมื่อพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนจากภาพประกอบ 3 พบว่า Gradient Boosted Trees มีค่า RMSE, MAE และ MSE ต่ำที่สุด (RMSE = 0.1365, MAE = 0.0772, MSE = 0.0186) ซึ่งสะท้อนให้เห็น

ถึงความแม่นยำในการทำนายที่สูงกว่า ในขณะที่ Deep Learning มีค่าความคลาดเคลื่อนปานกลาง (RMSE = 0.3551, MAE = 0.2494, MSE = 0.1261) และ XGBoost มีค่าความคลาดเคลื่อนสูงที่สุด (RMSE = 0.5280, MAE = 0.3630, MSE = 0.2790) ซึ่งบ่งชี้ถึงความแม่นยำในการทำนายที่ต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ

จากผลลัพธ์ที่แสดงในตารางที่ 1 สามารถสรุปได้ว่า Gradient Boosted Trees เป็นโมเดลที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการพยากรณ์ความเสียหายของสแต็ปเปอร์มอเตอร์ในกรณีนี้ ทั้งในแง่ของความสามารถในการอธิบายความแปรปรวนของข้อมูล และความแม่นยำในการทำนาย สำหรับ Deep Learning อาจต้องมีการปรับปรุงด้วยการเพิ่มจำนวนข้อมูลฝึกฝน หรือปรับแต่งสถาปัตยกรรมของโครงข่าย ส่วน XGBoost อาจไม่เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลในการศึกษานี้ หรืออาจต้องมีการปรับแต่งพารามิเตอร์เพิ่มเติมเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพที่ดีขึ้น

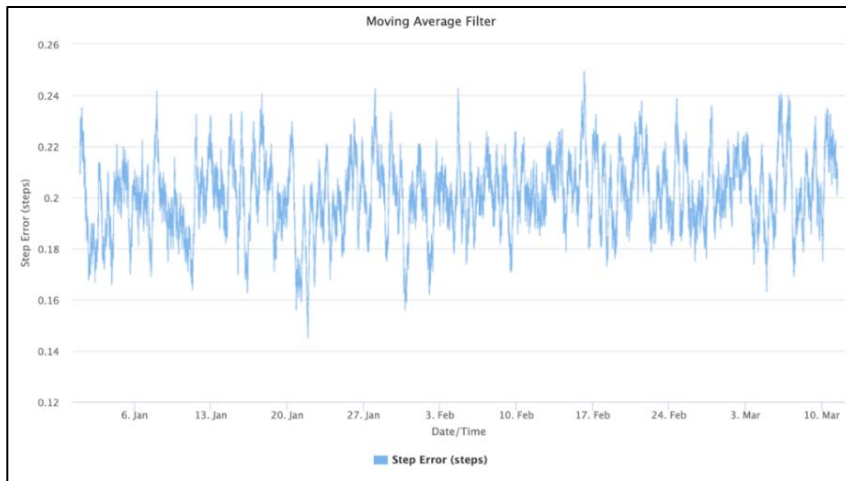
2. การวิเคราะห์ภาพและแผนภูมิ

ในการวิเคราะห์ความสำคัญของตัวแปร ที่ส่งผลต่อการพยากรณ์ความเสียหายของสแต็ปเปอร์มอเตอร์ ผู้วิจัยได้ใช้เทคนิค Variable Importance Analysis จากแบบจำลอง Gradient Boosted Trees เพื่อระบุว่าตัวแปรใดมีอิทธิพลต่อความแม่นยำในการพยากรณ์มากที่สุด โดยผลการวิเคราะห์แสดงในรูปแบบกราฟแท่งดังภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 แสดงความสำคัญของตัวแปรแต่ละตัวที่ส่งผลต่อการพยากรณ์ โดยแสดงในรูปแบบกราฟแท่งเรียงลำดับจากมากไปน้อย

จากภาพประกอบ 4 แสดงความสำคัญของตัวแปรในแบบจำลอง Gradient Boosted Trees โดยพบว่าตัวแปร Date มีความสำคัญสูงสุด (ประมาณ 0.5 หรือ 50%) รองลงมาคือ Time, Torque และตัวแปรอื่น ๆ ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าปัจจัยด้านเวลา มีผลต่อการพยากรณ์มากที่สุด



ภาพประกอบ 5 แสดงกราฟแนวโน้มการเสื่อมสภาพตามเวลาของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและการเสื่อมสภาพ

จากภาพประกอบ 5 แสดงกราฟ Moving Average Filter ของค่า Step Error ตามช่วงเวลา ตั้งแต่ 6 มกราคม ถึง 10 มีนาคม พบว่า มีการแกว่งตัวของค่าความผิดพลาดระหว่าง 0.12 ถึง 0.26 steps ซึ่งแสดงถึงพฤติกรรมของการเสื่อมสภาพของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ตามเวลา

3. การวิเคราะห์ความสำคัญของตัวแปร

จากการวิเคราะห์ความสำคัญของตัวแปรทั้งหมด พบว่า ปัจจัยด้านเวลาส่งผลกระทบต่อ การเสื่อมสภาพของสเต็ปเปอร์มอเตอร์มากที่สุด โดยตัวแปร Date มีความสำคัญสูงสุดที่ 44.67% และ Time ที่ 10.65% รวมเป็น 55.32% รองลงมาคือปัจจัยทางกายภาพ ได้แก่ Torque (11.28%), Vibration (9.13%) และ Temperature (7.94%) รวมเป็น 28.35% และปัจจัยทางไฟฟ้า ได้แก่ Current (7.65%), Voltage (7.42%) และ Operating Time (1.20%) รวมเป็น 16.27% ตามลำดับ

อภิปรายผลการวิจัย

1. ประสิทธิภาพของแบบจำลอง

1.1 แบบจำลอง GBT มีประสิทธิภาพสูงสุด ($R^2 = 0.9117$, $RMSE = 0.1365$) เนื่องจากสามารถจับรูปแบบความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนของข้อมูลได้ดี จากการเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ (Liu et al., 2019) ที่ใช้เทคนิค Deep Learning พบว่า GBT ให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำกว่า เนื่องจากข้อมูลมีความไม่เป็นเชิงเส้นสูง การที่แบบจำลอง GBT มีประสิทธิภาพสูงสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Susto et al., 2014) ที่พบว่าเทคนิค Ensemble Learning มีความเหมาะสมกับการพยากรณ์การเสียหายของอุปกรณ์อุตสาหกรรม เนื่องจากสามารถเรียนรู้รูปแบบที่ซับซ้อน และทนต่อสัญญาณรบกวนได้ดี

1.2 Deep Learning มีประสิทธิภาพปานกลาง ($R^2 = 0.4026$) สอดคล้องกับงานวิจัยของ (Carvalho et al., 2019) ที่พบว่า การใช้ Deep Learning กับชุดข้อมูลขนาดเล็กอาจไม่เหมาะสม เนื่องจาก Deep Learning ต้องการข้อมูลจำนวนมากในการเรียนรู้และปรับปรุงโมเดล นอกจากนี้ ยังพบปัญหา overfitting เมื่อใช้กับข้อมูลที่มีจำนวนน้อย ทำให้ความสามารถในการทำนายกับข้อมูลใหม่ลดลง

1.3 XGBoost ให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำน้อยที่สุด โดยมีค่า $R^2 = 0$ แม้จะมีการปรับแต่งพารามิเตอร์แล้ว ซึ่งสาเหตุหลักมาจากลักษณะความไม่เป็นเชิงเส้นของข้อมูล และความซับซ้อนของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร นอกจากนี้ XGBoost อาจเกิดปัญหา overfitting กับชุดข้อมูลฝึกฝน และไม่สามารถสรุปรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับชุดทดสอบได้ การทดลองปรับค่า regularization parameters และลดความซับซ้อนของโมเดลก็ไม่สามารถแก้ไขปัญหานี้ได้

2. ปัจจัยที่ส่งผลต่อความเสียหาย

2.1 ปัจจัยด้านเวลา (Date และ Time) รวมกันมีผลมากถึงร้อยละ 55.32 แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาการใช้งานเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการเสื่อมสภาพของสแต็ปเปอร์มอเตอร์ สอดคล้องกับทฤษฎีการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์ (Wear-out Theory) ที่ระบุว่าการใช้งานต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานจะส่งผลให้เกิดการเสื่อมสภาพของชิ้นส่วนและประสิทธิภาพลดลง

2.2 ปัจจัยทางกายภาพ (Torque, Vibration, Temperature) รวมกันมีผลร้อยละ 28.35 โดยแรงบิด (Torque) มีอิทธิพลสูงสุดในกลุ่มนี้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Liu et al., 2019) ที่พบว่าปัจจัยทางกายภาพมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการเสื่อมสภาพของมอเตอร์ โดยเฉพาะในกรณีที่มีการใช้งานที่แรงบิดสูงหรือมีการสั่นสะเทือนมาก

2.3 ปัจจัยทางไฟฟ้า (Current, Voltage) รวมกันมีผลร้อยละ 15.07 ซึ่งแม้จะมีผลน้อยที่สุด แต่ก็ยังเป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องเฝ้าระวัง เนื่องจากความผิดปกติของกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าสามารถส่งผลกระทบต่อการทำงานของมอเตอร์ได้ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ (Carvalho et al., 2019) ที่พบว่าความผันผวนของปัจจัยทางไฟฟ้าเป็นสาเหตุสำคัญของการเสียหายแบบเฉียบพลัน

การวิเคราะห์ปัจจัยทั้งสามกลุ่มนี้ช่วยให้เข้าใจถึงความสำคัญของแต่ละปัจจัยที่ส่งผลต่อการเสื่อมสภาพของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการวางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน และการพัฒนาระบบเฝ้าระวังที่มีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้

1. การพัฒนาระบบการพยากรณ์อัจฉริยะ จากผลการวิจัยที่พบว่าแบบจำลอง GBT มีประสิทธิภาพสูงในการพยากรณ์ความเสียหาย ควรนำไปพัฒนาต่อยอดเป็นระบบการพยากรณ์อัจฉริยะแบบบูรณาการ โดยผสมผสานเทคโนโลยี IoT เข้ากับการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อสร้างระบบพยากรณ์แบบ real-time นอกจากนี้ควรพัฒนาความสามารถในการวิเคราะห์แบบ Multi-parameter โดยใช้ข้อมูลจากหลายพารามิเตอร์พร้อมกัน โดยเฉพาะตัวแปรที่มีความสำคัญสูง เช่น วันที่ เวลา และ แรงบิด รวมถึงการพัฒนาระบบให้สามารถเรียนรู้และปรับปรุงประสิทธิภาพการพยากรณ์ได้อย่างต่อเนื่องและอัตโนมัติ

2. การประยุกต์ใช้ในภาคอุตสาหกรรม ผลการวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในภาคอุตสาหกรรมได้หลายรูปแบบ โดยเริ่มจากการขยายระบบสู่สายการผลิต ด้วยการนำแบบจำลอง GBT ที่ให้ค่าความแม่นยำสูงถึงร้อยละ 91.1 ไปใช้กับมอเตอร์ทั้งสายการผลิต ควบคู่กับการพัฒนาระบบ Digital Twin เพื่อจำลองและวิเคราะห์พฤติกรรมของมอเตอร์ในสภาวะต่าง ๆ ซึ่งจะช่วยให้การวางแผนบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์มีประสิทธิภาพมากขึ้น สามารถคาดการณ์และป้องกันความเสียหายได้ล่วงหน้า

3. การพัฒนาแพลตฟอร์มและการรักษาความปลอดภัย เพื่อให้การนำผลวิจัยไปใช้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ควรพัฒนาแพลตฟอร์มกลางที่สามารถติดตาม และควบคุมการทำงานของมอเตอร์ทั้งระบบแบบรวมศูนย์ โดยคำนึงถึงความปลอดภัยของข้อมูลตามมาตรฐาน ISO 27001 และพัฒนาระบบให้สามารถเชื่อมต่อและทำงานร่วมกับระบบ MES และ ERP ที่มีอยู่เดิมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ซึ่งจะช่วยให้การบริหารจัดการและการตัดสินใจในการบำรุงรักษามีความแม่นยำ และครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- Carvalho, T. P., Soares, F. A., Vita, R., Francisco, R. D. P., Basto, J. P., & Alcalá, S. G. (2019). A systematic literature review of machine learning methods applied to predictive maintenance. *Computers & Industrial Engineering*, *137*, 106024.
- Chen, B., Wan, J., Shu, L., Li, P., Mukherjee, M., & Yin, B. (2017). Smart factory of industry 4.0: Key technologies, application case, and challenges. *Ieee Access*, *6*, 6505-6519.
- Lei, Y., Jia, F., Lin, J., Xing, S., & Ding, S. X. (2016). An intelligent fault diagnosis method using unsupervised feature learning towards mechanical big data. *IEEE Transactions on*, *63*(5), 3137-3147.
- Liu, Y., Zhou, H., Tsung, F., & Zhang, S. (2019). Real-time quality monitoring and diagnosis for manufacturing process profiles based on deep belief networks. *Computers & Industrial Engineering*, *136*, 494-503.
- Rojko, A. (2017). Industry 4.0 concept: Background and overview. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, *11*(5), 77-90.
- Susto, G. A., Schirru, A., Pampuri, S., McLoone, S., & Beghi, A. (2014). Machine learning for predictive maintenance: A multiple classifier approach. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, *11*(3), 812-820.
- Wang, J., Ma, Y., Zhang, L., Gao, R. X., & Wu, D. (2018). Deep learning for smart manufacturing: Methods and applications. *Journal of manufacturing systems*, *48*, 144-156.
- Yang, L., & Shami, A. (2020). On hyperparameter optimization of machine learning algorithms: Theory and practice. *Neurocomputing*, *415*, 295-316.
- Zhang, W., Yang, D., & Wang, H. (2019). Data-driven methods for predictive maintenance of industrial equipment: A survey. *IEEE Systems Journal*, *13*(3), 2213-2227.

การคัดเลือกผู้ส่งมอบวัตถุดิบด้วยตัวแบบการตัดสินใจเชิงภาษาทูปเบิล:
กรณีศึกษาบริษัทผลิตอาหารเสริมประเภทวิตามิน
Supplier Selection with a 2-Tuple Linguistic Decision-Making Model:
A Case Study of Vitamin Supplement Manufacturer

ประวีร์ ศรีพรหม¹ และ นิริเดช คูหาทองสัมฤทธิ์^{*2}

Pravee Sriprom¹ and Nitidetch Koohathongsumrit^{*2}

สาขาวิชาการจัดการวิศวกรรมและเทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง¹

Engineering Management and Technology, Faculty of Engineering, Ramkhamhaeng University¹

ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง²

Department of Statistics, Faculty of Science, Ramkhamhaeng University²

Email: Nitidetch.k@ru.ac.th

Received : February 22, 2025

Revised : April 23, 2025

Accepted : May 8, 2025

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์คัดเลือกผู้ส่งมอบวัตถุดิบในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารเสริมประเภทวิตามินด้วยตัวแบบการตัดสินใจเชิงภาษาแบบทูปเบิล ตัวแบบการตัดสินใจที่เสนอพิจารณาเกณฑ์การตัดสินใจด้านราคา ด้านคุณภาพ ด้านการขนส่ง ด้านบริการ ด้านการรับประกัน และด้านสิ่งแวดล้อม ผู้ตัดสินใจสามารถประเมินความสำคัญ เพื่อกำหนดน้ำหนักความสำคัญเกณฑ์การตัดสินใจ และสามารถเปรียบเทียบผู้ส่งมอบวัตถุดิบ เพื่อกำหนดคะแนนเชิงภาษาทูปเบิล ผลการวิจัยพบว่า ผู้ส่งมอบวัตถุดิบ A_2 มีคะแนนเชิงภาษาทูปเบิล ($S_4, 0.23$) เป็นทางเลือกที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ผู้ส่งมอบวัตถุดิบ A_3 มีคะแนนเชิงภาษาทูปเบิล ($S_3, 0.17$) เป็นทางเลือกลำดับที่ 2 ผู้ส่งมอบวัตถุดิบ A_1 มีคะแนนเชิงภาษาทูปเบิล ($S_3, -0.32$) เป็นทางเลือกลำดับที่ 3 และผู้ส่งมอบวัตถุดิบ A_4 มีคะแนนเชิงภาษาทูปเบิล ($S_2, 0.37$) เป็นทางเลือกที่มีความเหมาะสมน้อยที่สุด ประโยชน์จากการวิจัยนี้ส่งผลให้บริษัทกรณีศึกษา มีวิธีการตัดสินใจเลือกผู้ส่งมอบวัตถุดิบที่เหมาะสม พร้อมทั้งแก้ปัญหาวัตถุดิบที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดได้ทั้งหมด และหลีกเลี่ยงการสูญเสียข้อมูลจากกระบวนการตัดสินใจได้

คำสำคัญ: การตัดสินใจหลายเกณฑ์ การคัดเลือกผู้ส่งมอบวัตถุดิบ ตัวแปรเชิงภาษา ทูทป์เพิล

ABSTRACT

This study aims to select suppliers in the vitamin supplement manufacturing industry using a 2-tuple linguistic decision-making model. The proposed decision-making model considers the following criteria: price, quality, transportation, service, warranty, and environment. Decision-makers can evaluate the importance and assign weights to the criteria and can compare the suppliers to calculate the 2-tuple linguistic scores. The findings revealed that Supplier A_2 , with a 2-tuple linguistic score of $(S_4, 0.23)$, is the most optimal choice. Supplier A_3 , with a score of $(S_3, 0.17)$, is the second choice. Supplier A_1 , with a 2-tuple linguistic score of $(S_3, -0.32)$, is the third choice, while Supplier A_4 , with a 2-tuple score of $(S_2, 0.37)$, is the least optimal choice. The benefit of this study is that the company case has a decision-making method for selecting the most optimal supplier, effectively solving the problems of non-conforming raw materials and avoiding information loss in the decision-making process.

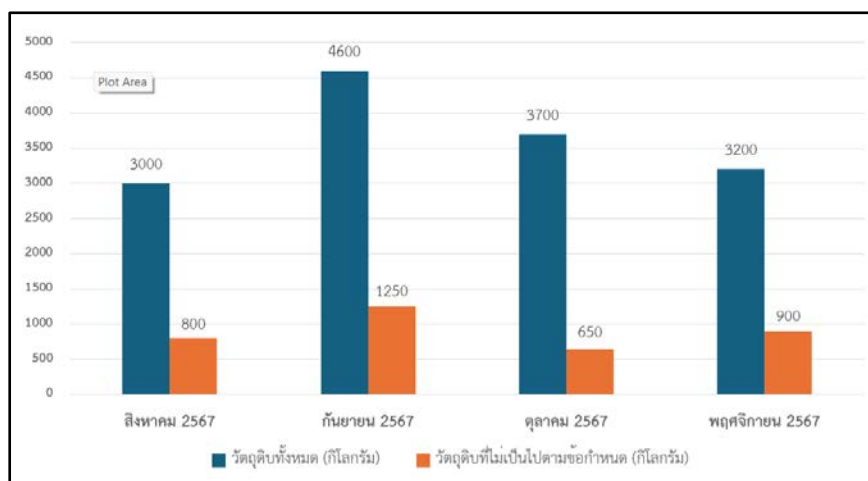
Keywords: Multiple Criteria Decision Making, Supplier Selection, Linguistic Variables, 2-Tuple

บทนำ

ในยุคที่ธุรกิจมีการแข่งขันในด้านตลาดเพิ่มขึ้น และความต้องการของผู้บริโภคเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว องค์กรไม่ควรให้ความสำคัญกับการสร้างผลกำไร และการเติบโตทางธุรกิจเพียงอย่างเดียวได้ แต่ต้องพิจารณาถึงความสำเร็จในเชิงกลยุทธ์อย่างรอบด้าน การเลือกผู้ส่งมอบวัตถุดิบที่ตรงตามความเหมาะสมถือเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยสร้างความมั่นคงในกระบวนการผลิต ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพที่สม่ำเสมอ และเพิ่มความเชื่อมั่นของลูกค้า อีกทั้งยังช่วยลดต้นทุนที่เกิดจากปัญหาวัตถุดิบด้อยคุณภาพ

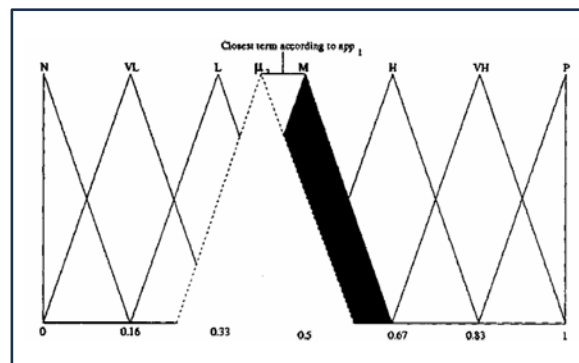
ส่งผลให้สามารถสร้างความได้เปรียบในการแข่งขัน พร้อมทั้งยกระดับความน่าเชื่อถือของผลิตภัณฑ์ในตลาด นอกจากนี้การคัดเลือกผู้ส่งมอบวัตถุดิบที่เหมาะสมยังช่วยสนับสนุนการดำเนินธุรกิจภายในและการสร้างความสัมพันธ์ที่แข็งแกร่งกับคู่ค้า ตลอดจนเสริมสร้างภาพลักษณ์ที่ดีในมุมมองของผู้บริโภคในระยะยาว

บริษัทกรณีศึกษาดำเนินธุรกิจรับผลิตอาหารเสริมประเภทวิตามิน และอาหารเสริมเพื่อสุขภาพ โดยมีการใช้วัตถุดิบจากผู้ส่งมอบวัตถุดิบทั้งในประเทศ และต่างประเทศ ในอดีตการคัดเลือกผู้ส่งมอบวัตถุดิบพิจารณาเกณฑ์การตัดสินใจด้านราคาเท่านั้น ซึ่งทำให้กระบวนการคัดเลือกเป็นไปอย่างรวดเร็วและสะดวก แต่วิธีดังกล่าวนำมาซึ่งปัญหาคุณภาพวัตถุดิบที่ไม่สอดคล้องกับมาตรฐานที่กำหนด ส่งผลให้ไม่สามารถตอบสนองคำสั่งซื้อของลูกค้าได้ตามกำหนด เมื่อทำการเก็บข้อมูลวัตถุดิบที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดในช่วงเดือนสิงหาคมถึงพฤศจิกายน 2567 พบปริมาณวัตถุดิบที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด 3,600 กิโลกรัม คิดเป็นมูลค่า 3,477,600 บาท แสดงดังภาพประกอบ 1 เมื่อวิเคราะห์ปัญหาเบื้องต้นพบว่า ปัญหาวัตถุดิบที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดมาจากสาเหตุหลัก คือการส่งมอบวัตถุดิบที่ไม่เหมาะสมทางบริษัทกรณีศึกษาจึงมีแนวคิดในการคัดเลือกผู้ส่งมอบวัตถุดิบรายใหม่ อย่างไรก็ตามการคัดเลือกผู้ส่งมอบวัตถุดิบเป็นปัญหาการตัดสินใจหลายเกณฑ์ (Multiple Criteria Decision-Making: MCDM) ซึ่งเกี่ยวข้องกับเกณฑ์การตัดสินใจ และทางเลือกจำนวนมาก ดังนั้นทางบริษัทกรณีศึกษาจึงจำเป็นต้องหาวิธีการตัดสินใจที่มีความครอบคลุมขึ้นเพื่อแก้ปัญหาการคัดเลือกผู้ส่งมอบวัตถุดิบที่เหมาะสม



ภาพประกอบ 1 วัตถุดิบที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์คลุมเครือ (Fuzzy Analytic Hierarchy Process: FAHP) เป็นเครื่องมือที่ได้รับความนิยม เนื่องจาก FAHP ใช้ได้กับเกณฑ์การตัดสินใจทุกประเภท และสามารถเปรียบเทียบแบบคู่ เพื่อหาน้ำหนักของเกณฑ์การตัดสินใจภายใต้ชุดตัวเลขคลุมเครือได้ (Koothongsumrit & Meethom, 2021) มีงานวิจัยจำนวนมากที่แก้ปัญหาการคัดเลือกผู้ส่งมอบวัตถุดิบด้วย FAHP เช่น งานวิจัยของ Jain et al. (2018) งานวิจัยของ Astantia et al. (2020) และงานวิจัยของ Tsai & Phumchusri (2021) อย่างไรก็ตามการใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือมักทำให้เกิดปัญหาการสูญเสียข้อมูล (Information Loss) เกิดจากกระบวนการคำนวณด้วยตัวแปรเชิงภาษา (Linguistic Variables) ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ การแปลงค่าจากตัวแปรภาษาเป็นค่าตัวเลข (Translation) เป็นขั้นตอนการแปลงค่าของตัวแปรเชิงภาษาซึ่งอาจอยู่ในรูปของคำบรรยายกระบวนการคำนวณ (Manipulation) เป็นการใช้ทฤษฎีฟัซซีในการประมวลผลตามค่าที่แปลงมา และการแปลงค่าย้อนกลับจากค่าตัวเลขเป็นตัวแปรภาษาเดิม หลังจากการคำนวณเสร็จสิ้นแล้วจะมีการแปลงค่าตัวเลขที่ได้กลับเป็นตัวแปรเชิงภาษาตามเดิม (Re-Translation) ซึ่งทั้ง 3 ขั้นตอนดังกล่าวส่งผลให้ข้อมูลบางส่วนหายไปในการคำนวณ ดังภาพประกอบ 2 (Herrera & Martinez, 2000)



ภาพประกอบ 2 กระบวนการการแปลงค่าย้อนกลับ

เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว ตัวแบบการตัดสินใจเชิงภาษาทูบเปิล (2-Tuple) ได้ถูกเสนอขึ้นโดย Herrera & Martinez (2000) โดยแทนค่าข้อมูลภาษาด้วย (S_i, α) ซึ่ง S_i คือ คำในภาษา เช่น ต่ำ หรือ สูง และ α คือ ค่าตัวเลขที่แสดงความแตกต่างจากคำที่ใกล้เคียงที่สุด ส่งผลให้ไม่เกิดข้อมูลสูญเสียในการแปลผลลัพธ์การตัดสินใจ โดยตัวแบบการตัดสินใจเชิงภาษาทูบเปิลได้ถูกนำไปใช้แก้ปัญหากับ

หลายด้าน เช่น การคัดเลือกผู้ให้บริการโลจิสติกส์สำหรับอุตสาหกรรมเบเกอรี่ (จรุงรัตน์ วรรณสิทธิ์ และคณะ, 2562) การเลือกใช้วัสดุที่ดีที่สุดในระบบการผลิต (Setti et al., 2019) และการคัดเลือกตำแหน่งศูนย์กระจายสินค้า (Li & Wei, 2018) จากการทบทวนวรรณกรรมข้างต้น พบว่า ตัวแบบการตัดสินใจเชิงภาษาทัวบ์เฟิลสามารถแก้ไขปัญหาการตัดสินใจที่มีความคลุมเครือได้เป็นอย่างดี และไม่ทำให้สูญเสียข้อมูลจากการตัดสินใจ แต่อย่างไรก็ตาม ไม่พบว่า มีการใช้ตัวแบบการตัดสินใจเชิงภาษาทัวบ์เฟิล กับการตัดสินใจเลือกผู้ส่งมอบวัตถุดิบผลิตอาหารเสริมประเภทวิตามิน

จากความสำคัญของปัญหาที่กล่าวมาในข้างต้น การศึกษาวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกผู้ส่งมอบวัตถุดิบผลิตอาหารเสริมประเภทวิตามิน โดยใช้ตัวแบบการตัดสินใจเชิงภาษาทัวบ์เฟิล โดยผลลัพธ์จากการวิจัยนี้ จะเป็นแนวทางให้แก่ผู้ตัดสินใจในการคัดเลือกผู้ส่งมอบวัตถุดิบที่เหมาะสมให้การดำเนินธุรกิจในยุคที่มีการแข่งขันสูงได้

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อคัดเลือกผู้ส่งมอบวัตถุดิบผลิตอาหารเสริมวิตามินที่เหมาะสม ด้วยตัวแบบการตัดสินใจเชิงภาษาแบบทัวบ์เฟิล พิจารณาเกณฑ์การตัดสินใจด้านราคา เกณฑ์การตัดสินใจด้านคุณภาพ เกณฑ์การตัดสินใจด้านการขนส่ง เกณฑ์การตัดสินใจด้านบริการ เกณฑ์การตัดสินใจด้านการรับประกัน และเกณฑ์การตัดสินใจด้านสิ่งแวดล้อม

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตัวแบบการตัดสินใจเชิงภาษาทัวบ์เฟิล

ตัวแบบการตัดสินใจเชิงภาษาทัวบ์เฟิลแทนด้วย (S, α) โดยความหมายของเซตตัวแปรเชิงภาษาแสดงดังตารางที่ 1 กำหนดให้ $S = \{S_0, \dots, S_g\}$ เป็นเซตของตัวแปรเชิงภาษา และ $\tilde{S} = S \times [-0.5, 0.5]$ ที่สัมพันธ์กับฟังก์ชัน Δ (Martinez & Herrera, 2000) แสดงดังสมการที่ 1

$$\Delta: [0, g] \rightarrow \tilde{S}$$

$$\Delta(\beta) = \begin{cases} S_i, & i = \text{round}(\beta) \\ \alpha = \beta - 1, & \alpha \in [-0.5, 0.5) \end{cases} \quad (1)$$

เมื่อคุณสมบัติของตัวแปรเชิงภาษา (Martinez and Herrera, 2001) มีดังนี้

1. ตัวดำเนินการตรงกันข้าม (Negation operator): $\text{Neg}(S_j) = S_j$ โดยที่ $j = g - i$ เมื่อ $g+1$ คือ จำนวนของสมาชิก และ g คือจำนวนระดับการประเมิน
2. $S_i \leq S_j \iff i \leq j$ ตัวดำเนินการค่าน้อยสุดและการค่าสูงสุดในเซตของตัวแปรเชิงภาษา
3. กำหนดค่าตัวแปรเชิงภาษา สำหรับการประเมินค่าเชิงภาษา S_i และตัวแปรเชิงภาษา ทูทบ์เพิล (S_i, α) จะมีฟังก์ชัน Δ^{-1} เสมอจากตัวแปรเชิงภาษาทูทบ์เพิล (S_i, α) จะแปลงค่าตัวเลขย้อนกลับที่เทียบเท่า $\beta \in [0, g]$ แสดงดังสมการที่ 2 เมื่อ $i = 1, 2, \dots, n$

$$\begin{aligned} \Delta^{-1}: \tilde{S} &\rightarrow [0, g] \\ \Delta^{-1}: (S_i, \alpha) &= i + \alpha \end{aligned} \quad (2)$$

โดยตัวแบบการตัดสินใจเชิงภาษาทูทบ์เพิล สามารถแก้ไขปัญหาการตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์ที่มีความคลุมเครือได้เป็นอย่างดี รายละเอียดเพิ่มเติมสามารถศึกษาได้จากงานวิจัยของ Setti et al. (2019) งานวิจัยของจรุงรัตน์ วรณสิทธิ์ และคณะ (2562) และงานวิจัยของ Li & Wei (2018)

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อคัดเลือกผู้ส่งมอบวัตถุดิบโดยใช้ตัวแบบการตัดสินใจเชิงภาษาทูทบ์เพิลมาใช้เป็นเครื่องมือในการคำนวณค่าตัวแปรเชิงภาษา โดยทางเลือกที่เหมาะสมมากที่สุดจะถูกจัดอันดับโดยพิจารณาจากคะแนนรวมเฉลี่ยของผู้ส่งมอบวัตถุดิบ และค่าตัวเลขเชิงสัญลักษณ์แบบทูทบ์เพิล มีวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. กำหนดเกณฑ์การตัดสินใจ

เกณฑ์การตัดสินใจที่ใช้ในการประเมิน เพื่อคัดเลือกผู้ส่งมอบวัตถุดิบกำหนดขึ้นจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง และประสบการณ์ในการทำงานของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ราย ประกอบไปด้วย 6 เกณฑ์การตัดสินใจหลัก และ 20 เกณฑ์การตัดสินใจรอง แสดงดังตารางที่ 1 (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2562; นิติเดช คูหาทองสัมฤทธิ์, 2561; ศุภาคนางค์ ยอดคำ และคณะ, 2566; สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2563; Rezaei & Davoodi, 2011; Kilincci & Onal, 2011)

ตารางที่ 1 เกณฑ์การตัดสินใจ

เกณฑ์การตัดสินใจหลัก	เกณฑ์การตัดสินใจรอง
ราคา (C_1)	ความยืดหยุ่นของราคาทีเสนอ (C_{11}) ราคาเหมาะสมกับปริมาณต่อหน่วย (C_{12}) การให้สินเชื่อระยะสั้น (C_{13}) การเสนอส่วนลด (C_{14})
คุณภาพ (C_2)	การรับรองคุณภาพวัตถุดิบ (C_{21}) การได้รับมาตรฐานฮาลาล (C_{22}) การมีมาตรฐานกระบวนการที่ดีในการผลิต (C_{23}) การรับรองมาตรฐานจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (C_{24}) กระบวนการควบคุมการปนเปื้อน (C_{25}) ความหลากหลายของระดับคุณภาพ (C_{26})
การขนส่ง (C_3)	ระยะเวลาการขนส่งที่เหมาะสม (C_{31}) การขนส่งที่ปลอดภัย (C_{32}) ความพร้อมของยานพาหนะในการขนส่ง (C_{33}) การมีระบบตรวจสอบสถานะสินค้า (C_{34})
บริการ (C_4)	การให้คำปรึกษาเชิงเทคนิคเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ (C_{41}) ความสะดวกของช่องทางการสื่อสาร (C_{42})
การรับประกัน (C_5)	กระบวนการคืนสินค้า (C_{51}) การรับประกันผลิตภัณฑ์ (C_{52})
สิ่งแวดล้อม (C_6)	การกำหนดเป้าหมายด้านสิ่งแวดล้อม (C_{61}) การมีระบบตรวจวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อม (C_{62})

2. การเก็บข้อมูล

ผู้มีอำนาจในการตัดสินใจของบริษัทกรณีศึกษาได้ร่วมกันประเมิน ระดับความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจหลัก และเกณฑ์การตัดสินใจย่อย โดยใช้ระดับการประเมินความสำคัญ จากนั้นผู้ตัดสินใจแต่ละรายร่วมกันประเมินผู้ส่งมอบวัตถุดิบด้วยระดับการประเมินผู้ส่งมอบวัตถุดิบ ทั้งนี้กระบวนการประเมินทั้งในส่วนของเกณฑ์การตัดสินใจและการประเมินผู้ส่งมอบวัตถุดิบ ได้ดำเนินการในลักษณะของ

การตัดสินใจแบบฉันทามติ เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่แสดงถึงความคิดเห็นร่วมกันของผู้มีส่วนร่วมในการตัดสินใจ ระดับการประเมินความสำคัญเกณฑ์การตัดสินใจ และผู้ส่งมอบวัตถุบ แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ระดับการประเมินความสำคัญเกณฑ์การตัดสินใจและผู้ส่งมอบวัตถุบ

ระดับการประเมินความสำคัญเกณฑ์การตัดสินใจ	ระดับการประเมินผู้ส่งมอบวัตถุบ
S_0 : มีความสำคัญต่ำมาก (VL)	S_0 : ความสามารถแย (WO)
S_1 : มีความสำคัญต่ำ (LO)	S_1 : ความสามารถต่ำมาก (VB)
S_2 : ความสำคัญต่ำถึงปานกลาง (ML)	S_2 : ความสามารถต่ำ (BA)
S_3 : มีความสำคัญปานกลาง (ME)	S_3 : ความสามารถปานกลาง (AV)
S_4 : มีความสำคัญสูงถึงปานกลาง (MH)	S_4 : ความสามารถดี (GO)
S_5 : มีความสำคัญสูง (HI)	S_5 : ความสามารถดีมาก (VG)
S_6 : มีความสำคัญสูงมาก (VH)	S_6 : ความสามารถยอดเยี่ยม (EX)

3. คำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญเกณฑ์การตัดสินใจ

ระดับการประเมินความสำคัญเกณฑ์ การตัดสินใจที่ได้จากการประเมินของผู้ตัดสินใจถูกนำมา คำนวณน้ำหนักความสำคัญเกณฑ์การตัดสินใจ แสดงดังสมการที่ (3)

$$(\omega_j, \alpha_j) = \Delta \left(\frac{1}{k} \sum_{l=1}^k \Delta^{-1}(\omega_{lj}, \alpha_{lj}) \right) \quad (3)$$

โดยที่ ω_j คือ ค่าน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจ j

α_j คือ ค่าตัวเลขเชิงสัญลักษณ์ของน้ำหนักเกณฑ์การตัดสินใจ j

ω_{lj} คือ ค่าน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจ j จากผู้ตัดสินใจ l

α_{lj} คือ ค่าตัวเลขเชิงสัญลักษณ์ของน้ำหนักเกณฑ์การตัดสินใจ j จากผู้ตัดสินใจ l

i คือ ผู้ส่งมอบวัตถุบที่ i ; $i = 1, 2, \dots, n$

j คือ เกณฑ์การตัดสินใจที่ j ; $j = 1, 2, \dots, m$

l คือ ผู้ตัดสินใจ l ; $l = 1, 2, \dots, k$

จากนั้นคำนวณน้ำหนักความสำคัญด้วยการปรับบรรทัดฐาน แสดงดังสมการที่ (4)

$$\omega_j' = \frac{\Delta^{-1}(\omega_j, \alpha_{\omega_j})}{\sum_{j=1}^n \Delta^{-1}(\omega_j, \alpha_{\omega_j})} \quad (4)$$

โดยที่ ω_j' คือค่าน้ำหนักความสำคัญปรับบรรทัดฐานเกณฑ์การตัดสินใจ j

α_{ω_j} คือค่าตัวเลขเชิงสัญลักษณ์น้ำหนักความสำคัญปรับบรรทัดฐานเกณฑ์การตัดสินใจ j

สุดท้ายคำนวณหาน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจทั้งหมด โดยนำค่าน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจหลักคูณ กับค่าน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจรอง เพื่อให้ผลรวมของน้ำหนักความสำคัญมีค่าเท่ากับ 1 (Koothongsumrit et al., 2024)

4. การประเมินความสามารถของผู้ส่งมอบวัตถุดิบ

คำนวณคะแนนเฉลี่ยของแต่ละทางเลือก แสดงดังสมการที่ (5)

$$(S_{ij}, \alpha_{ij}) = \Delta \left(\frac{1}{k} \sum_{l=1}^k \Delta^{-1}(S_{ijl}, \alpha_{ijl}) \right) \quad (5)$$

โดยที่ S_{ij} ค่าคะแนนการประเมินผู้ส่งมอบวัตถุดิบ i เกณฑ์การตัดสินใจ j

α_{ij} คือ ค่าตัวเลขเชิงสัญลักษณ์การประเมินผู้ส่งมอบวัตถุดิบ i เกณฑ์การตัดสินใจ j

S_{ijl} คือ ค่าคะแนนการประเมินผู้ส่งมอบวัตถุดิบ i เกณฑ์การตัดสินใจ j ของผู้ตัดสินใจ l

α_{ijl} คือ ค่าตัวเลขเชิงสัญลักษณ์การประเมินผู้ส่งมอบวัตถุดิบ i เกณฑ์การตัดสินใจ j ของผู้ตัดสินใจ l

5. การประเมินผลลัพธ์ทางภาษาทัวบเฟิล

นำคะแนนความสามารถของผู้ส่งมอบวัตถุดิบมาพิจารณา เทียบกับความสามารถของเกณฑ์การตัดสินใจแบบทัวบเฟิล เพื่อหาค่าขอบเขตบนของเกณฑ์การตัดสินใจสำหรับผู้ส่งมอบวัตถุดิบ สามารถคำนวณได้จากสมการ (6)

$$L_j = \text{Max}\{\Delta^{-1}(S_j, \alpha_j)^{\text{max}}, \Delta^{-1}(T_j, \alpha_j)\} \quad (6)$$

โดยที่ L_j คือค่าขอบเขตบนของเกณฑ์การตัดสินใจ j

$\Delta^{-1}(T_j, \alpha_j)$ คือ คะแนนเป้าหมายที่ต้องการจากเกณฑ์การตัดสินใจ j

$\Delta^{-1}(S_j, \alpha_j)^{\text{max}}$ คือ ค่าสูงสุดของคะแนนการประเมินเกณฑ์การตัดสินใจ j

นำคะแนนความสามารถของผู้ส่งมอบวัตถุดิบมาพิจารณา เทียบกับความสามารถของเกณฑ์การตัดสินใจแบบทุ้บเพลิง เพื่อหาค่าขอบเขตล่างของเกณฑ์การตัดสินใจสำหรับผู้ส่งมอบวัตถุดิบสามารถหาได้จากสมการ (7)

$$P_j = \text{Min}\{\Delta^{-1}(S_j, \alpha_j)^{\text{min}}, \Delta^{-1}(T_j, \alpha_j)\} \quad (7)$$

โดยที่ P_j คือค่าขอบเขตล่างของเกณฑ์การตัดสินใจ j

$\Delta^{-1}(T_j, \alpha_j)$ คือ คะแนนเป้าหมายที่ต้องการจากเกณฑ์การตัดสินใจ j

$\Delta^{-1}(S_j, \alpha_j)^{\text{min}}$ คือ ค่าต่ำสุดของคะแนนการประเมินเกณฑ์การตัดสินใจ j

จากนั้นคำนวณหาคะแนนเชิงภาษาทุ้บเพลิง โดยผู้ส่งมอบวัตถุดิบที่มีคะแนนมีคะแนนเชิงภาษาทุ้บเพลิงมากที่สุดจะมีความเหมาะสมมากที่สุด แสดงดังสมการที่ (8)

$$(m_i, \alpha) = \Delta \left(g \left(\sum_j^n (\omega_j) \left[1 - \frac{|\Delta^{-1}(S_{ij}, \alpha_{ij}) - \Delta^{-1}(T_j, \alpha_j)|}{L_j - P_j} \right] \right) \right) \quad (8)$$

โดยที่ (m_i, α_i) คือ คะแนนเชิงภาษาทุ้บเพลิงของผู้ส่งมอบวัตถุดิบ i

g คือ จำนวนระดับการประเมิน

ผลการวิจัย

การศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์คัดเลือกผู้ส่งมอบวัตถุดิบผลิตอาหารเสริมประเภทวิตามินที่เหมาะสมจำนวน 4 ราย ($A_1 - A_4$) ด้วยตัวแบบการตัดสินใจเชิงภาษาทัวบเฟิล โดยมีเกณฑ์การตัดสินใจด้านราคา เกณฑ์การตัดสินใจด้านคุณภาพ เกณฑ์การตัดสินใจด้านการขนส่ง เกณฑ์การตัดสินใจ ด้านบริการ เกณฑ์การตัดสินใจด้านการรับประกัน และเกณฑ์การตัดสินใจด้านสิ่งแวดล้อม โดยผู้ตัดสินใจจำนวน 5 ราย ($DM_1 - DM_5$) ประเมินเกณฑ์การตัดสินใจหลัก และเกณฑ์การตัดสินใจรองด้วยระดับการประเมินความสำคัญ เกณฑ์การตัดสินใจ ตัวอย่างการประเมินความสำคัญเกณฑ์การตัดสินใจหลัก แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ระดับการประเมินความสำคัญเกณฑ์การตัดสินใจหลัก

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
DM_1	VH	HI	HI	MH	ME	HI
DM_2	HI	VH	VH	VH	HI	VH
DM_3	HI	HI	HI	VH	HI	VH
DM_4	MH	HI	HI	VH	VH	HI
DM_5	VH	VH	HI	VH	HI	HI

จากนั้นแปลงระดับการประเมินความสำคัญให้อยู่ในรูปแบบของตัวแปรภาษาทัวบเฟิล พร้อมทั้งคำนวณน้ำหนักความสำคัญเกณฑ์การตัดสินใจหลักและรอง และคำนวณน้ำหนักความสำคัญเกณฑ์การตัดสินใจ โดยน้ำหนักความสำคัญเกณฑ์การตัดสินใจหลักคูณกับน้ำหนักความสำคัญเกณฑ์การตัดสินใจรองในกลุ่มเดียวกัน เพื่อให้ผลรวมน้ำหนักความสำคัญมีค่าเท่ากับ 1 (Koothongsumrit & Chankham, 2023) น้ำหนักความสำคัญเกณฑ์การตัดสินใจ แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 น้ำหนักความสำคัญเกณฑ์การตัดสินใจ

เกณฑ์การตัดสินใจหลัก	น้ำหนักความสำคัญ	เกณฑ์การตัดสินใจรอง	น้ำหนักความสำคัญ	น้ำหนักความสำคัญทั้งหมด
$C_1 = (S_5, 0.2)$	0.165	$C_{11} = (S_5, 0.0)$	0.240	0.040
		$C_{12} = (S_5, 0.2)$	0.250	0.041
		$C_{13} = (S_5, 0.2)$	0.250	0.041
		$C_{14} = (S_5, 0.4)$	0.260	0.043
$C_2 = (S_5, 0.4)$	0.171	$C_{21} = (S_5, 0.0)$	0.168	0.029
		$C_{22} = (S_5, -0.2)$	0.161	0.028
		$C_{23} = (S_6, -0.4)$	0.188	0.032
		$C_{24} = (S_6, -0.2)$	0.195	0.033
		$C_{25} = (S_5, -0.4)$	0.154	0.026
		$C_{26} = (S_4, 0.0)$	0.134	0.023
$C_3 = (S_5, 0.2)$	0.165	$C_{31} = (S_5, 0.2)$	0.271	0.045
		$C_{32} = (S_5, -0.4)$	0.240	0.039
		$C_{33} = (S_5, 0.2)$	0.271	0.045
		$C_{34} = (S_4, 0.2)$	0.219	0.036
$C_4 = (S_6, -0.4)$	0.177	$C_{41} = (S_5, 0.2)$	0.520	0.092
		$C_{42} = (S_5, -0.2)$	0.480	0.085
$C_5 = (S_5, -0.2)$	0.152	$C_{51} = (S_5, -0.2)$	0.490	0.074
		$C_{52} = (S_5, 0.0)$	0.510	0.077
$C_6 = (S_5, 0.4)$	0.171	$C_{61} = (S_6, -0.4)$	0.500	0.085
		$C_{62} = (S_6, -0.4)$	0.500	0.085

ผู้ตัดสินใจประเมินความสามารถของผู้ส่งมอบวัตถุดิบทั้ง 4 ราย ภายใต้แต่ละเกณฑ์การตัดสินใจรองทั้งหมด ด้วยระดับการประเมินที่กำหนดไว้ จากนั้นคำนวณค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถของผู้ส่งมอบวัตถุดิบ แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 คะแนนความสามารถของผู้ส่งมอบวัตถุดิบ

เกณฑ์การ ตัดสินใจ	ทางเลือก				เกณฑ์การ ตัดสินใจ	ทางเลือก			
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄		A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
C ₁₁	(S ₅ , -0.2)	(S ₅ , 0.2)	(S ₅ , 0.0)	(S ₅ , 0.0)	C ₃₁	(S ₅ , -0.4)	(S ₅ , 0.2)	(S ₅ , 0.2)	(S ₅ , -0.4)
C ₁₂	(S ₅ , -0.4)	(S ₅ , 0.0)	(S ₅ , 0.2)	(S ₅ , 0.0)	C ₃₂	(S ₅ , 0.2)	(S ₅ , 0.2)	(S ₅ , 0.2)	(S ₅ , -0.4)
C ₁₃	(S ₅ , -0.2)	(S ₅ , 0.4)	(S ₅ , -0.4)	(S ₅ , 0.0)	C ₃₃	(S ₅ , 0.2)	(S ₅ , -0.2)	(S ₅ , -0.4)	(S ₅ , -0.2)
C ₁₄	(S ₄ , 0.2)	(S ₅ , 0.0)	(S ₅ , -0.2)	(S ₅ , -0.2)	C ₃₄	(S ₅ , -0.2)	(S ₅ , -0.2)	(S ₅ , 0.2)	(S ₆ , -0.4)
C ₂₁	(S ₄ , 0.2)	(S ₅ , 0.4)	(S ₅ , -0.4)	(S ₅ , -0.2)	C ₄₁	(S ₅ , -0.2)	(S ₅ , -0.2)	(S ₅ , 0.4)	(S ₅ , 0.4)
C ₂₂	(S ₄ , 0.0)	(S ₅ , -0.4)	(S ₄ , 0.0)	(S ₀ , 0.0)	C ₄₂	(S ₅ , 0.4)	(S ₅ , 0.0)	(S ₅ , 0.2)	(S ₅ , 0.0)
C ₂₃	(S ₅ , 0.4)	(S ₅ , 0.2)	(S ₅ , 0.2)	(S ₅ , 0.0)	C ₅₁	(S ₅ , 0.2)	(S ₅ , 0.2)	(S ₅ , -0.2)	(S ₅ , -0.4)
C ₂₄	(S ₆ , -0.4)	(S ₆ , -0.4)	(S ₅ , 0.4)	(S ₆ , 0.0)	C ₅₂	(S ₄ , 0.4)	(S ₅ , 0.0)	(S ₅ , 0.0)	(S ₄ , 0.4)
C ₂₅	(S ₅ , 0.4)	(S ₆ , 0.0)	(S ₅ , 0.2)	(S ₅ , 0.0)	C ₆₁	(S ₅ , 0.0)	(S ₆ , -0.2)	(S ₅ , -0.4)	(S ₅ , 0.2)
C ₂₆	(S ₅ , 0.4)	(S ₆ , -0.4)	(S ₅ , 0.4)	(S ₅ , 0.0)	C ₆₂	(S ₆ , -0.4)	(S ₆ , -0.2)	(S ₅ , -0.4)	(S ₅ , 0.2)

ต่อมากำหนดคะแนนเชิงภาษาทูปเบิลและจัดอันดับผู้ส่งมอบวัตถุดิบ แสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 คะแนนเชิงภาษาทูปเบิล

ผู้ส่งมอบวัตถุดิบ	คะแนนเชิงภาษาทูปเบิล	ลำดับ
A ₁	(S ₃ , -0.32)	3
A ₂	(S ₄ , 0.23)	1
A ₃	(S ₃ , 0.17)	2
A ₄	(S ₂ , 0.37)	4

ผลลัพธ์การจัดอันดับด้วยวิธีตัวแบบการตัดสินใจเชิงภาษาทูปเบิลของผู้ส่งมอบวัตถุดิบ พบว่าคะแนนการจัดอันดับของผู้ส่งมอบวัตถุดิบ A₂ มีคะแนนเชิงภาษาทูปเบิล (S₄, 0.23) จึงเป็นทางเลือก

ลำดับที่ 1 ผู้ส่งมอบวัตถุดิบ A_3 มีคะแนนเชิงภาษาทูปเบิล ($S_3, 0.17$) เป็นทางเลือกลำดับที่ 2 ผู้ส่งมอบวัตถุดิบ A_1 มีคะแนนเชิงภาษาทูปเบิล ($S_3, -0.32$) เป็นทางเลือกลำดับที่ 3 และผู้ส่งมอบวัตถุดิบ A_4 มีคะแนนเชิงภาษาทูปเบิล ($S_2, 0.37$) เป็นทางเลือกลำดับที่ 4 ตามลำดับ

อภิปรายผลการวิจัย

จากการคัดเลือกผู้วัตถุดิบของบริษัทกรณีศึกษา ผลการศึกษาพบว่า ผู้ตัดสินใจให้น้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจด้านบริการเป็นอันดับหนึ่ง เกณฑ์การตัดสินใจด้านคุณภาพ และเกณฑ์การตัดสินใจด้านสิ่งแวดล้อมเป็นอันดับสอง เกณฑ์การตัดสินใจด้านราคา และเกณฑ์การตัดสินใจด้านการขนส่งเป็นอันดับที่สาม และเกณฑ์การตัดสินใจด้านการรับประกันเป็นอันดับสุดท้าย ตามลำดับ โดยเมื่อนำค่าน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจจริง และการประเมินความสามารถของผู้ส่งมอบวัตถุดิบมาคำนวณตามตัวแบบการตัดสินใจเชิงภาษาทูปเบิล ผู้ส่งมอบวัตถุดิบ A_2 เป็นอันดับที่ 1 ผู้ส่งมอบวัตถุดิบ A_3 เป็นอันดับที่ 2 ผู้ส่งมอบวัตถุดิบ A_1 เป็นอันดับที่ 3 และผู้ส่งมอบวัตถุดิบ A_4 เป็นอันดับที่ 4 ตามลำดับ จากการนำผลการวิจัยไปใช้ และเก็บข้อมูลวัตถุดิบที่ได้รับจากผู้ส่งมอบวัตถุดิบที่มีความเหมาะสมมากที่สุดในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2568 พบว่า บริษัทกรณีศึกษาไม่พบกับปัญหาวัตถุดิบที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดอีกเลย นอกจากนี้ยังพบว่า ตัวแบบการตัดสินใจเชิงภาษาทูปเบิลที่เสนอสามารถแก้ไขปัญหาการตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์ที่มีความคลุมเครือได้เป็นอย่างดี ให้ผลลัพธ์การตัดสินใจที่มีคุณสมบัติตรงตามความต้องการ และประนีประนอมเกณฑ์การตัดสินใจทั้งหมดเพื่อกำหนดทางเลือกที่เหมาะสม โดยตัวแบบการตัดสินใจเชิงภาษาทูปเบิลมีการนำค่า α ที่เป็นจำนวนจริงในช่วง $[-0.5, 0.5]$ มาร่วมแปลผลในการตัดสินใจเพื่อระบุว่า ผลลัพธ์จากการตัดสินใจนั้นอยู่ใกล้กับตัวแปรเชิงภาษาระดับใดมากที่สุด และยังสามารถแสดงผลการตัดสินใจในรูปแบบของคะแนนเชิงภาษาทูปเบิล จึงทำให้ไม่เกิดการสูญเสียข้อมูลจากการตัดสินใจ

สรุปผลการวิจัย

วัตถุประสงค์ เพื่อคัดเลือกผู้ส่งมอบวัตถุดิบโดยใช้ตัวแบบการตัดสินใจเชิงภาษาแบบทูปเบิล พิจารณาเกณฑ์การตัดสินใจด้านราคา เกณฑ์การตัดสินใจด้านคุณภาพ เกณฑ์การตัดสินใจ

ด้านการขนส่ง เกณฑ์การตัดสินใจด้านบริการ เกณฑ์การตัดสินใจด้านการรับประกัน และเกณฑ์การตัดสินใจด้านสิ่งแวดล้อม โดยใช้กระบวนการตัวแบบการตัดสินใจเชิงภาษาทวิภาคในการคัดเลือกผู้ส่งมอบวัตถุดิบ ผลการวิเคราะห์ชี้ให้เห็นว่า ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์มีความใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากยิ่งขึ้นนอกจากนี้ การลดความคลาดเคลื่อนของข้อมูลในกระบวนการประเมินยังส่งผลให้การตัดสินใจมีความน่าเชื่อถือและแม่นยำมากขึ้น กล่าวได้ว่าตัวแบบการตัดสินใจเชิงภาษาทวิภาคดังกล่าว มีศักยภาพในการนำไปประยุกต์ใช้ในบริบทการตัดสินใจที่ต้องการความละเอียด และความถูกต้องของข้อมูล โดยผลลัพธ์จากการใช้ตัวแบบการตัดสินใจเชิงภาษาทวิภาค สามารถคัดเลือกผู้ส่งมอบวัตถุดิบที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ซึ่งส่งผลให้ไม่เกิดปัญหาการส่งมอบวัตถุดิบที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด แก้ไขปัญหาการตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์ที่มีความคลุมเครือได้เป็นอย่างดีและไม่สูญเสียข้อมูลจากการตัดสินใจ

ข้อเสนอแนะ

การวิจัยในอนาคตอาจนำตัวแบบการตัดสินใจเชิงภาษาทวิภาคไปปรับใช้กับการตัดสินใจในบริบทอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น การเลือกเครื่องมือวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ การเลือกผู้ให้บริการด้านบรรจุภัณฑ์ และผู้ให้บริการนำเข้าสินค้าประเภทเคมีภัณฑ์ รวมถึงการสร้างระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่นำแนวคิดของการวิจัยนี้ ไปเป็นเครื่องมือในการตัดสินใจภายใต้ความไม่แน่นอน

เอกสารอ้างอิง

- กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2562). *คู่มือ อุตสาหกรรมสีเขียว*. กรุงเทพฯ: กองส่งเสริมเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม.
- จรุงรัตน์ วรรณสิทธิ์, อัครนันท์ พงศธรวิวัฒน์ และชวลิต จินอนันต์. (2562). ตัวแบบการตัดสินใจเชิงภาษาแบบ 2-Tuple สำหรับปัญหาการตัดสินใจแบบหลายเงื่อนไข กรณีศึกษา การคัดเลือกผู้ให้บริการโลจิสติกส์สำหรับอุตสาหกรรมเบเกอรี่. *วารสารสถิติประยุกต์และเทคโนโลยีสารสนเทศ*, 2(4), 31-45.
- นิธิเดช คูหาทองสัมฤทธิ์. (2561). การคัดเลือกผู้ให้บริการโลจิสติกส์ที่เหมาะสมด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟuzzy กรณีศึกษาโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ยาง. *วารสารวิชาการ มทร. สุวรรณภูมิ*, 6(2), 182-193.

- ศุภาคนางค์ ยอดคำ, ณัฐพล ไพศาลวิโรจน์รักษ์ และเจษฎา โพธิ์จันทร์. (2566). ปัจจัยในการคัดเลือกซัพพลายเออร์สำหรับผู้รับจ้างผลิตอาหารเสริมของประเทศไทย, *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและวิศวกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม*, 5(2), 147-158.
- สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. (2563) GMP มาตรฐานการผลิตอาหาร. จาก <https://food.fda.moph.go.th/gmp-head>.
- Astantia, R. D., Mbolla, S. E., & Ai, T. J. (2020). Raw material supplier selection in a glove manufacturing: application of AHP and fuzzy AHP. *Growing Science*, 9(3), 291-312.
- Herrera, F., & Martínez, L. (2000). A 2-tuple fuzzy linguistic representation model for computing with words. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 8(6), 746-752.
- Herrera, F. & Martínez, L. (2001). The 2-tuple linguistic computational model: Advantages of its linguistic description, accuracy, and consistency. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 9(1), 33-48.
- Jain, V., Sangaiah, A. K., Sakhuja, S., Thoduka, N., & Aggarwal R. (2018). Supplier selection using fuzzy AHP and TOPSIS: A case study in the Indian automotive industry. *Neural Computing and Applications*, 29, 555-564.
- Kilincci, O., & Onal, S. A. (2011). Fuzzy AHP approach for supplier selection in a washing machine company. *Expert Systems with Applications*, 38(8), 9656-9664.
- Koohathongsumrit, N., & Chankham, W. (2023). Route selection in multimodal supply chains: A fuzzy risk assessment model-BWM-MARCOS framework. *Applied Soft Computing*, 137, 10167.
- Koohathongsumrit, N., Chankham, W., & Meethom, W. (2024). Multimodal transport route selection: An integrated fuzzy hierarchy risk assessment and multiple criteria decision-making approach. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 28, 101252.
- Koohathongsumrit, N., & Meethom, W. (2021). An integrated approach of fuzzy risk assessment model and data envelopment analysis for route selection in multimodal transportation networks. *Expert Systems with Applications*, 171, 114342.

- Li, S., & Wei Z. (2018). A hybrid approach based on the analytic hierarchy process and 2-tuple hybrid ordered weighted averaging for location selection of distribution centers. *PLoS ONE*, 13(11), e0206966.
- Rezaei, J., & Davoodi, M. (2011). Multi-objective models for lot-sizing with supplier selection. *International Journal of Production Economics*, 130(1), 77-86.
- Setti, D., Verona, M. N., Medeiros, B. B., & Restelli, A. (2019). Materials selection using a 2-tuple linguistic multi-criteria method. *Materials Research*, 22(4), e20180846.
- Tsai, C. K., & Phumchusri, N. (2021). Fuzzy analytical hierarchy process for supplier selection: a case study in an electronic component manufacturer. *Engineering Journal*, 25(8), 73-86.

การพัฒนาระบบ ABICS สำหรับการนับโคโลนีของ *Escherichia coli*
และ *Enterobacter aerogenes* อัตโนมัติจากภาพถ่ายสมาร์ทโฟน
Development of an ABICS System for Automatic Colony Counting of
Escherichia coli and *Enterobacter aerogenes* from Smartphone Photographs

พงศธร ต่ายทอง และ นิธิรุจน์ พงศ์สิริเมธิ*

Phongsatorn Taithong and Nitirut Phongsirimethi*

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Institute of Engineering, Suranaree University of Technology

Email: nitirut@g.sut.ac.th

Received : February 12, 2025

Revised : April 16, 2025

Accepted : May 15, 2025

บทคัดย่อ

การนับจำนวนโคโลนีของเชื้อ *Escherichia coli* ATCC25922 (ECA) และ *Enterobacter aerogenes* DMST2720 (EAD) เป็นขั้นตอนสำคัญในการประเมินคุณภาพอาหารหรือน้ำนมดิบ ซึ่งการนับด้วยมือใช้เวลาประมาณ 2 - 5 นาทีต่อจานเพาะเชื้อ การศึกษานี้นำเสนอ "ระบบนับโคโลนีแบบที่เรียด้วยภาพผ่านแอนดรอยด์" (Android Bacteria Image Counting System: ABICS) ที่ใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ Projection Profile, Circle Hough Transform และ Power Law Transformation เพื่อเพิ่มความคมชัดของภาพ และนับจำนวนโคโลนีอย่างแม่นยำ จากการทดลองกับภาพถ่ายจานเพาะเชื้อจำนวน 84 ภาพ พบว่า ระบบ ABICS มีค่าเฉลี่ยความแม่นยำในการนับร้อยละ 90.77 เมื่อเทียบกับการนับด้วยมือ ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนโดยทั่วไปอยู่ที่ร้อยละ 5 - 10 ที่สำคัญคือ ABICS ใช้เวลาในการนับจำนวนโคโลนีเพียง 3 - 5 วินาทีต่อจาน ซึ่งเร็วกว่าการนับด้วยมืออย่างน้อย 24 เท่า (โดยเฉลี่ยเร็วกว่า 35 - 100 เท่า) นอกจากนี้ ABICS ยังช่วยลดระยะเวลาในการวิเคราะห์ผลได้อย่างมาก ทำให้เป็นเครื่องมือที่มีศักยภาพในการเพิ่มประสิทธิภาพ และลดภาระงานในการตรวจวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา

คำสำคัญ: การนับโคโลนี การนับแบคทีเรีย การนับอัตโนมัติ แอปพลิเคชันโทรศัพท์แอนดรอยด์
การประมวลผลภาพ

ABSTRACT

Counting colonies of *Escherichia coli* ATCC25922 (ECA) and *Enterobacter aerogenes* DMST2720 (EAD) is a crucial step in assessing the quality of food or raw milk. Manual counting typically takes approximately 2 - 5 minutes per Petri dish, depending on the colony density. This study presents an "Android Bacteria Image Counting System" (ABICS) that employs Projection Profile, Circle Hough Transform, and Power Law Transformation image processing techniques to enhance image clarity and accurately count colonies. In experiments using 84 Petri dish images, ABICS demonstrated an average counting accuracy of 90.77% when compared to manual counting, which generally exhibits an error rate of 5 - 10%. Significantly, ABICS required only 3 - 5 seconds per dish for colony counting, which is at least 24 times faster (averaging 35 - 100 times faster) than manual counting. Furthermore, ABICS significantly reduces the analysis time, making it a potentially valuable tool for enhancing efficiency and reducing workload in microbiological analysis.

Keywords: Standard plate counts, Bacterial count, Automatic counting, Android phone application, Image-based

บทนำ

แบคทีเรียโคลิฟอร์มเป็นแบคทีเรียที่พบได้ทั่วไปในสิ่งแวดล้อม และในสัตว์เลือดอุ่นรวมถึงมนุษย์ นอกจากนี้แบคทีเรียโคลิฟอร์มยังสามารถพบได้ในอาหาร และน้ำดื่ม แบคทีเรียเหล่านี้ถูกใช้เป็นตัวชี้วัดสำคัญสำหรับการควบคุมคุณภาพอาหาร (Badalyan et al., 2018: 74 - 83) การพบแบคทีเรีย

โคลิฟอร์มในปริมาณมากแสดงว่า อาหารนั้นมีการปนเปื้อนของแบคทีเรีย และไม่ปลอดภัยต่อการบริโภค ซึ่ง ECA และ EAD เป็นแบคทีเรียในกลุ่มแบคทีเรียโคลิฟอร์ม (Wouters et al., 2002, 91 - 109)

สำนักงานคณะกรรมการอาหาร และยา (อย.) กระทรวงสาธารณสุขประเทศไทยได้กำหนดมาตรฐานด้านจุลินทรีย์ในอาหารหลายประเภท (Pisuttilap et al., 2001: 95 - 101) เช่น อาหารทะเล จะต้องไม่พบแบคทีเรียโคลิฟอร์มเกิน 20 CFU/g. สำนักมาตรฐานสินค้าเกษตร และอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตร (Pisuttilap et al., 2001: 95 - 101) และสหกรณ์ประเทศไทยก็ได้กำหนดมาตรฐานด้านจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร เช่น น้ํามดิบจะต้องพบแบคทีเรียโคลิฟอร์มไม่เกิน 104 CFU/ml.(Sever, 2020)

วิธีนับโคโลนีแบคทีเรียมาตรฐาน (Standard Petri Count: SPC) เป็นวิธีทั่วไปในการนับจำนวนโคโลนีของแบคทีเรียในจานเพาะเชื้อ ที่มีการเติบโตที่ใหญ่เพียงพอที่จะมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าหรือแว่นขยาย SPC สามารถใช้ทดสอบคุณภาพสินค้าเกษตรได้โดยการเจือจางตัวอย่างสินค้าเกษตรด้วยน้ำกลั่น จากนั้นกระจายลงบนจานเพาะเชื้อที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย เมื่อจานเพาะเชื้อได้รับการกระจายเชื้อ และเริ่มบ่ม เชื้อแบคทีเรียจะปรากฏให้เห็นเป็นโคโลนี และพร้อมสำหรับการนับในเวลาประมาณ 24 - 48 ชั่วโมงต่อมา (Sophie et al., 2015) การพบโคโลนีของแบคทีเรียที่เป็นอันตรายจำนวนมากแสดงว่า อาหารไม่ปลอดภัยสำหรับการบริโภค การนับโคโลนีต้องใช้สายตา และประสบการณ์ในการนับซึ่งขึ้นอยู่กับผู้ที่ทำการนับ เพราะโคโลนีมีขนาดเล็ก และจำนวนมาก (Sophie et al., 2015) ผู้ที่มีประสบการณ์สามารถนับโคโลนีในจานเพาะเชื้อหนึ่งจานโดยใช้เวลาประมาณ 2 - 5 นาที ขึ้นอยู่กับจำนวนโคโลนีในจานนั้น

การศึกษารุ่นนี้ ได้นำเสนอวิธีใหม่ในการนับโคโลนีของแบคทีเรีย โดยการถ่ายภาพจานเพาะเชื้อที่ต้องการจะนับ จากนั้นภาพจะถูกนำมาประมวลผลด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพหลายขั้นตอน เช่น Projection Profile, Circle Hough Transform และ Power Law Transformation ซึ่งจะช่วยให้ปรับปรุงคุณภาพของภาพให้สามารถนับโคโลนีโดยอัตโนมัติได้แม่นยำขึ้น เทคนิคเหล่านี้ถูกรวมเข้าในแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์ Android ที่เรียกว่า Application Bacteria Image Counting System (ABICS) ซึ่งลดเวลาการนับโคโลนีของแบคทีเรียลงไปอย่างมากเมื่อเทียบกับการนับด้วยมือ

การสร้างแอปพลิเคชัน ABICS บนแพลตฟอร์ม Android ทำให้วิธีการนับโคโลนีอัตโนมัตินี้สามารถเข้าถึง และใช้งานได้ง่ายบนอุปกรณ์พกพา ซึ่งอาจแตกต่างจากงานวิจัยอื่น ๆ ที่อาจนำเสนอวิธีการบนคอมพิวเตอร์ หรือ แพลตฟอร์มอื่น ๆ การพัฒนาเป็นแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนช่วยเพิ่มความสะดวกในการใช้งานภาคสนาม หรือ ในห้องปฏิบัติการขนาดเล็กที่ไม่ต้องการเครื่องมือราคาแพง

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. พัฒนาแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์ Android ที่นับโคลน ECA และ EAD อัตโนมัติ
2. ลดเวลาในการนับโคลน ECA และ EAD

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาก่อนหน้านี้ ได้พยายามพัฒนาวิธีการนับโคลนบนงานเพาะเชื้อโดยใช้ภาพถ่าย (Zhu et al., 2018) ได้พัฒนาวิธีการประมวลผลภาพที่ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ การกำจัดสัญญาณรบกวนทางสายตาจากแสงภายนอกงานเพาะเชื้อ การลบขอบของงานเพาะเชื้อ การแยกโคลนที่อยู่ติดกันและการนับโคลน การแปลงระยะทาง (Distance Transform) และการแปลงวอเตอร์เชด (Watershed Transform) ถูกใช้ในการแยกโคลนที่ติดกัน ระบบนี้มีความแม่นยำที่ร้อยละ 82 (Zhu et al., 2018: 66 - 73) อย่างไรก็ตามข้อเสียอย่างหนึ่งคือกระบวนการนี้ไม่เป็นอัตโนมัติ ผู้ใช้ต้องเลือกพื้นที่ที่ต้องการนับโคลนด้วยตนเอง

Albaradei et al. (2020) ได้พัฒนาระบบโดยใช้การเรียนรู้เชิงลึกแบบถ่ายโอน (Deep Transfer Learning: DTL) ซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งของการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการเรียนรู้ของเครื่องจักร (Machine Learning) พวกเขาใช้ไฟล์ภาพจำนวน 164 ไฟล์ ซึ่งไม่เพียงพอสำหรับการเรียนรู้เชิงลึก ดังนั้น พวกเขาจึงใช้ DTL ในการนับจำนวนโคลน ระบบของพวกเขามีอัตราความผิดพลาดที่ร้อยละ 22.38 และไม่สามารถระบุตำแหน่งของโคลนที่ถูกนับในภาพได้ การเรียนรู้เชิงลึก และการเรียนรู้ของเครื่องจักรทำงานได้ดีเมื่อมีข้อมูลจำนวนมาก แต่ทำงานได้ไม่ดีกับข้อมูลที่มีจำนวนน้อย แต่ในการศึกษาของเรามีภาพเพียง 84 ภาพสำหรับการวิเคราะห์เพื่อนับโคลน (Albaradei et al., 2020: 164340 - 164346) ดังนั้น การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ ABICS จึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับกรณีที่มีจำนวนข้อมูลจำกัด และยังสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางสำหรับงานวิจัย หรือ การตรวจวิเคราะห์ที่มีภาพถ่ายจำนวนไม่มาก ซึ่งจะช่วยลดภาระของการนับด้วยมือได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ณัฐพงษ์ สังข์สอน (2565) ได้พัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือเพื่อสนับสนุนการดำเนินงานนำเข้าสินค้าของบริษัท ดีดี 1971 จำกัด และบริษัทในเครือ โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ปฏิบัติงานขององค์กรในเครือบริษัท ผลการวิจัยพบว่า แอปพลิเคชันนี้มีประสิทธิภาพในการดำเนินงานอยู่ในระดับมากที่สุด และผู้ใช้มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด นอกจากนี้แอปพลิเคชันยังช่วยลดเวลาในการดำเนินงานนำเข้าสินค้าได้ถึง 56.07% (ณัฐพงษ์ สังข์สอน, 2565)

วิธีการดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

จานเพาะเชื้อแบคทีเรีย *Escherichia coli* ATCC25922 (ECA) จำนวน 24 จาน

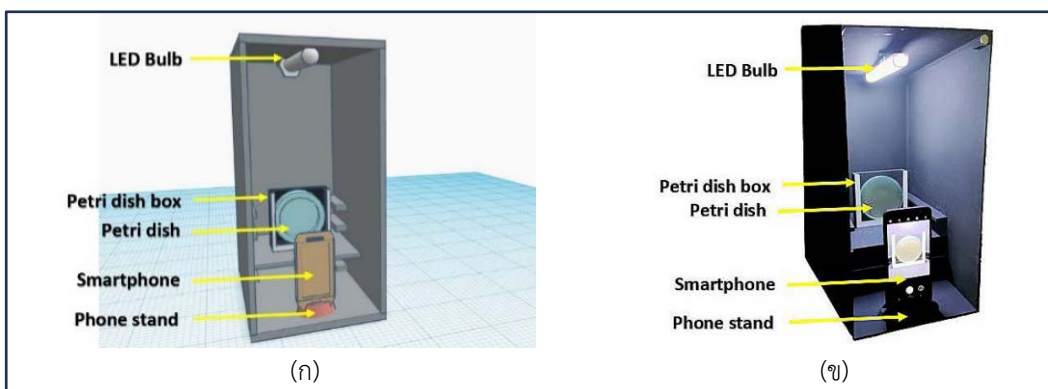
จานเพาะเชื้อแบคทีเรีย *Enterobacter aerogenes* DMST2720 (EAD) จำนวน 60 จาน

เครื่องมือการวิจัย

การพัฒนา ABICS ใช้ซอฟต์แวร์ 3 ซอฟต์แวร์ ได้แก่ (1) ซอฟต์แวร์ Python 7.2 สำหรับทดสอบเทคนิคการประมวลผลภาพ (2) www.tinkercad.com สำหรับออกแบบโมเดลเพื่อปริ้น 3D กล่องใส่จานเพาะเชื้อ ขาดังโทรศัพท์ เป็นต้น และ (3) ซอฟต์แวร์ Android Studio 4.2 สำหรับพัฒนาแอปพลิเคชัน ABICS บนโทรศัพท์มือถือ Android

วัสดุที่ใช้ในการศึกษานี้ประกอบด้วย กล่องถ่ายภาพ กล่องใส่จานเพาะเชื้อ สมาร์ทโฟน Android (OPPO Reno 2 พร้อมกล้องความละเอียด 48 เมกะพิกเซล) ขาดังโทรศัพท์ และจานเพาะเชื้อที่มีโคโลนี ECA หรือ EAD

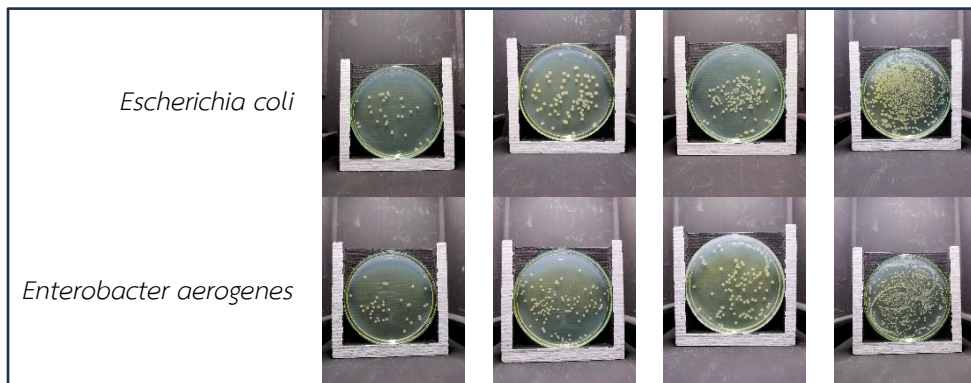
กล่องถ่ายภาพ กล่องใส่จานเพาะเชื้อ และขาดังโทรศัพท์ถูกออกแบบโดยใช้ TinkerCAD.com และสร้างด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ (Flashforge Finder 2.0; Flashforge; เมืองจินหัว มณฑลเจ้อเจียง ประเทศจีน) กล่องถ่ายภาพทำจากอะคริลิก (สูง 40 ซม. กว้าง 20 ซม. และ ยาว 30 ซม.) ส่วนกล่องจานเพาะเชื้อทำจากพลาสติก PLA (สูง 100 มม. กว้าง 28 มม. และ ยาว 100 มม.) แสดงดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 (ก) ภาพจำลองการจัดวางกล่องถ่ายภาพ และ (ข) ภาพถ่ายจริงของการจัดวางกล่องถ่ายภาพ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

งานเพาะเชื้อที่มีโคโลนีของ ECA หรือ EAD ถูกเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาโดยผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นจึงถ่ายภาพของงานเพาะเชื้อเหล่านี้ในกล่องถ่ายภาพ แสดงในภาพประกอบ 2 โดยในภาพแสดงให้เห็นว่า โคโลนีของแบคทีเรียทั้งสองสายพันธุ์ มีสี รูปร่าง และขนาดที่คล้ายคลึงกัน ซึ่งอาจเป็นเพราะว่า ทั้งคู่เป็นแบคทีเรียโคลิฟอร์ม จากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 หรือ 4 คนในการนับจำนวนโคโลนีแต่ละงานเพื่อหาค่าฐานนิยม (กรณีไม่มีค่าฐานนิยมจะใช้ค่าเฉลี่ย)




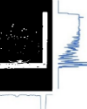


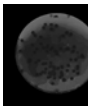
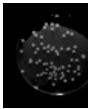




ภาพประกอบ 2 ภาพตัวอย่างของโคโลนี ECA หรือ EAD ในงานเพาะเชื้อ โดยมีจำนวนโคโลนีต่างกันในแต่ละงานเพาะเชื้อ

การวิเคราะห์ข้อมูล

ภาพจะผ่านขั้นตอนการประมวลผลภาพจำนวน 10 ขั้นตอน ทุกขั้นตอนยกเว้นขั้นตอนแรกเป็นเทคนิคการประมวลผลภาพที่แตกต่างกัน เพื่อเตรียมภาพงานเพาะเชื้อให้พร้อมสำหรับการนับโคโลนีอัตโนมัติ ซึ่งแสดงในตารางที่ 1 วัตถุประสงค์ของการประมวลผลภาพคือ การแยกโคโลนีออกจากพื้นหลังเพื่อทำให้การนับโคโลนีอัตโนมัติถูกต้องมากขึ้น ชื่อเทคนิคการประมวลผลเรียงลำดับดังนี้: Color transformation, Thresholding, Projection profile, Detection point referencing, Circle hough transform, Value layer (HSV), Power-Law Transform และ Adaptive thresholding

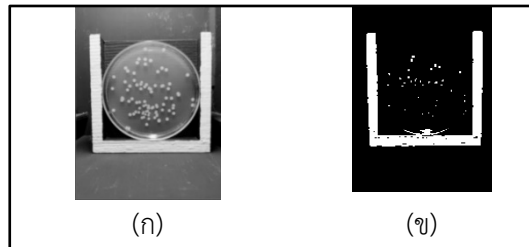
ตารางที่ 1 ขั้นตอนในการประมวลผลของ ABICS

ลำดับ	ตัวอย่างภาพ	เทคนิค	วัตถุประสงค์
1		-	โหลดภาพเพื่อประมวลผล
2		Color transformation	แปลงภาพสีเป็นภาพระดับสีเทา
3		Thresholding	แปลงภาพสีเทาเป็นภาพขาวดำ
4		Projection profile	ผลรวมของพิกเซลสีขาวในแต่ละแกน
5		Detection of reference points	เอาทุกอย่างออกจากกล่องเพาะเชื้อ
6		Circle hough transformation	เอาทุกอย่างออกจากจานเพาะเชื้อ
7		Value layer of HSV color model	ลบแสงสะท้อน
8		Power-Law transformation	ลดความขุ่น
9		Adaptive thresholding	แยกโคโลนีออกจากพื้นหลัง
10		Circle hough transformation	นับจำนวนโคโลนี

การประมวลผลภาพเริ่มต้นด้วยการแปลงสี เนื่องจากการตรวจจับขอบกล่องใส่จานเพาะเชื้อในขั้นตอนถัดไปต้องใช้ภาพขาวดำ ก่อนที่ภาพจะถูกแปลงเป็นภาพขาวดำ จะต้องเป็นภาพระดับสีเทาก่อน ภาพที่ถูกป้อนเข้ามาเป็นภาพสีซึ่งมีสามเลเยอร์สี คือ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน (RGB) การแปลงภาพสีเป็นภาพระดับเทาจะใช้เทคนิค Luminosity ซึ่งดีกว่าเทคนิค Average Brightness เนื่องจากเทคนิค Luminosity (เรียกอีกอย่างว่าเทคนิคการถ่วงน้ำหนัก) จะคำนึงถึงความยาวคลื่นสีที่ต่างกันของแต่ละเลเยอร์สี จึงมีค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละเลเยอร์สีเพื่อให้ใกล้เคียงสายตามนุษย์ (Gonzalez et al., 2008) มากที่สุด ซึ่งไม่สามารถแก้ไขได้ด้วยเทคนิค Average Brightness ค่าพิกเซลในแต่ละเลเยอร์ของภาพสีอยู่ในช่วง 0 - 255 ซึ่งแสดงถึงความเข้มของสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินตามเลเยอร์นั้น ๆ หลังจากการแปลงภาพสี แต่ละพิกเซลในภาพระดับสีเทาจะมีเลเยอร์เดียวอยู่ในช่วง 0 - 255 โดย 0 คือสีดำ 255 คือ สีขาว และแต่ละจำนวนเต็มระหว่างนั้นแทนเฉดสีเทา

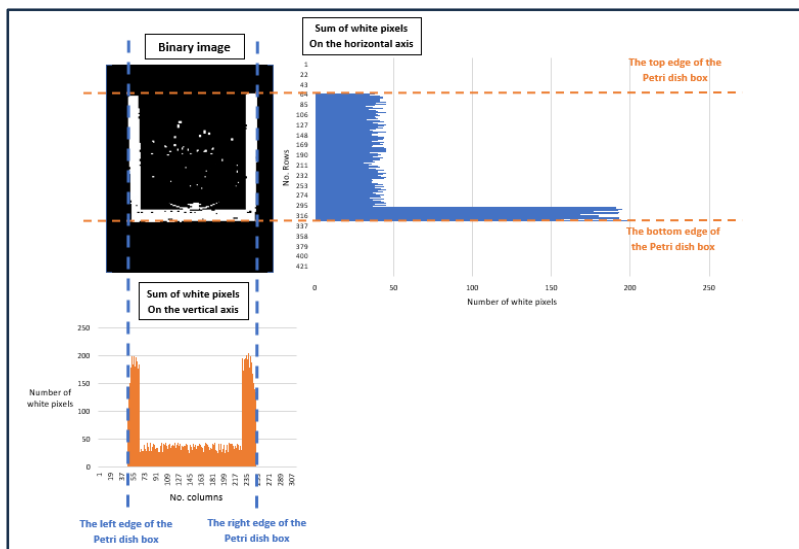
เทคนิค Thresholding ถูกนำมาใช้เพื่อเตรียมภาพสำหรับเทคนิค Projection Profile ในขั้นตอนถัดไปซึ่งต้องใช้ภาพขาวดำ เทคนิค Thresholding ใช้เพื่อแปลงภาพระดับเทาให้เป็นภาพขาวดำโดยการกำหนดค่าพิกเซลทั้งหมดเป็น 0 (สีดำ) หรือ 1 (สีขาว) หากค่าพิกเซลระดับเทาที่ต่ำกว่าค่า

Threshold ที่ตั้งไว้ พิกเซลนั้นจะถูกกำหนดให้เป็น 0 แต่หากค่าพิกเซลระดับเทาเท่ากับ หรือ สูงกว่าค่า Threshold พิกเซลนั้นจะถูกกำหนดให้เป็น 1 แสดงดังภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 ตัวอย่างภาพจานเพาะเชื้อที่แปลงจากภาพระดับสีเทา (ก) เป็นภาพขาวดำ (ข)

เทคนิค Projection Profile คือการแสดงผลรวมของพิกเซลที่สนใจตามแกนแนวนอน หรือ แนวตั้งของภาพ ตัวอย่าง Projection Profile แนวนอน และแนวตั้งของภาพจานเพาะเชื้อจะแสดงในภาพประกอบ 4 ข้อมูลจาก Projection Profile ที่ได้จะถูกใช้ในขั้นตอนการประมวลผลถัดไป เพื่อกำหนดจุดอ้างอิงที่สำคัญสำหรับการตรวจจับกล่องใส่จานเพาะเชื้อ ซึ่งจะทำให้สามารถตัดภาพเพื่อลบพื้นที่ที่ไม่เกี่ยวข้องนอกกล่องใส่จานเพาะเชื้อออกไปได้



ภาพประกอบ 4 ตัวอย่าง Projection Profile แนวนอนและแนวตั้งของภาพจากจานเพาะเชื้อ

Projection Profile ของภาพกล้องใส่งานเพาะเชื้อ แสดงในภาพประกอบ 4 ถูกใช้เพื่อกำหนดจุดอ้างอิงที่บ่งบอกขอบด้านนอกของกล้องงานเพาะเชื้อดังนี้ ผลรวมของพิกเซลสีขาวบนแกนแนวนอน ใช้กำหนดขอบด้านบน และด้านล่างของกล้องใส่งานเพาะเชื้อ และผลรวมของพิกเซลสีขาวบนแกนแนวตั้ง ใช้กำหนดขอบด้านซ้าย และขวาของกล้องใส่งานเพาะเชื้อ แกนแนวนอน ขอบด้านบนของกล้องใส่งานเพาะเชื้อคือแถวสุดท้ายจากด้านบนที่ผลรวมของพิกเซลสีขาวยังคงเป็นศูนย์ และขอบด้านล่างของกล้องงานเพาะเชื้อ คือแถวสุดท้ายจากด้านล่างที่ผลรวมของพิกเซลสีขาวยังคงเป็นศูนย์ ในทำนองเดียวกัน แกนแนวตั้งขอบด้านซ้ายของกล้องใส่งานเพาะเชื้อคือคอลัมน์สุดท้าย จากด้านซ้ายที่ผลรวมของพิกเซลสีขาวยังคงเป็นศูนย์ และขอบด้านขวาของกล้องใส่งานเพาะเชื้อคือคอลัมน์สุดท้ายจากด้านขวาที่ผลรวมของพิกเซลสีขาวยังคงเป็นศูนย์ การใช้จุดอ้างอิง 4 จุดนี้ ภาพจะถูกตัดเพื่อลบทุกสิ่งที่อยู่นอกกล้องงานเพาะเชื้อออกไป ดังที่แสดงในภาพประกอบ 5



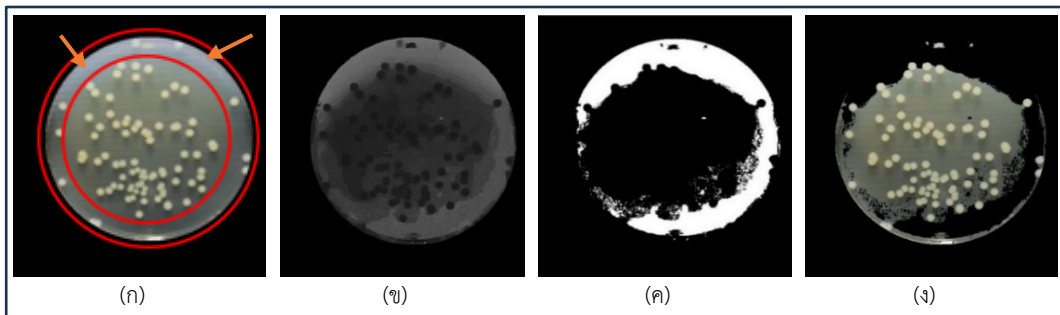
ภาพประกอบ 5 ภาพที่ถูกตัดหลังจากใช้ Projection profile

ภาพทรงกลมของงานเพาะเชื้อ ทำให้เหมาะสำหรับการใช้เทคนิค Circle Hough Transformation (CHT) ซึ่งสามารถตรวจจับวงกลมในภาพได้ (Reddy, 2021: 577 - 582) เทคนิค CHT จะรับช่วงรัศมีที่กำหนดจากผู้ใช้ จากนั้นจะสแกนภาพเพื่อหาวงกลมที่มีรัศมีอยู่ในช่วงที่กำหนด ดังนั้น CHT จะทำงานเฉพาะกับวงกลมที่มีรัศมีที่กำหนด ในการศึกษาครั้งนี้ กำหนดช่วงรัศมีที่ใช้ค้นหาไว้ที่ 150 - 200 พิกเซล ซึ่งสอดคล้องกับรัศมีของงานเพาะเชื้อ เมื่อพบวงกลมของงานเพาะเชื้อพิกเซลทั้งหมดนอกวงกลมจะถูกตั้งค่าเป็น 0 (สีดำ) เพื่อแยกภาพของงาน ดังที่แสดงในภาพประกอบ 6



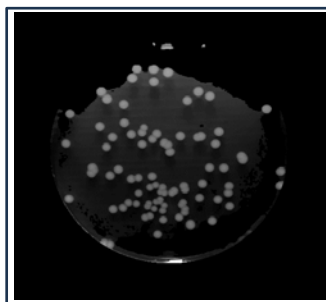
ภาพประกอบ 6 ภาพที่ถูกตัดหลังจากใช้ Projection profile

ในภาพงานเพาะเชื้อแต่ละภาพ ขอบโค้งของจานทำให้เกิดแสงสะท้อนขึ้น ดังที่ภาพประกอบ 7(ก) หากไม่ได้รับการแก้ไข บริเวณที่มีแสงสะท้อนนี้จะทำให้เกิดข้อผิดพลาดในขั้นตอนการประมวลผลภาพ ภายหลัง เพราะแสงสะท้อนทำให้แยกโคโลนีแบคทีเรียออกจากพื้นหลังได้ยากขึ้น ปัญหานี้สามารถแก้ไขได้ โดยใช้แบบจำลองสี HSV ซึ่งประกอบด้วย 3 เลเยอร์ เคนสี (H), ความอิ่มตัว (S), และค่า (V) เลเยอร์ V มีประโยชน์เพราะมันแสดงถึงระดับความสว่างของพิกเซล ตั้งแต่ 0 ถึง 255 โดยที่ 0 คือสีดำและ 255 คือสีขาว เลเยอร์ V ถูกใช้ Thresholding เพื่อสร้างภาพขาวดำที่คล้ายกับก่อนหน้านี้ พิกเซลสีขาวที่เกิดจาก Thresholding จะถูกกำหนดเป็นสีดำในภาพต้นฉบับเพื่อกำจัดแสงสะท้อนออกไป แสดงในภาพประกอบ 7



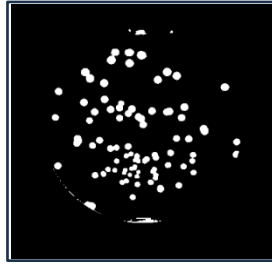
ภาพประกอบ 7 การลบแสงสะท้อนที่ขอบจานเพาะเชื้อ: (ก) พื้นที่ที่มีแสงสะท้อน (ข) เลเยอร์ V ของภาพก่อนหน้า (ค) ภาพขาวดำจากเลเยอร์ V และ (ง) ภาพหลังจากการลบพื้นที่ที่มีแสงสะท้อน

ความหลากหลายของสารเคมีในอาหารเลี้ยงเชื้อส่งผลต่อความขุ่นของอาหารเลี้ยงเชื้อแน่นอนว่าทำให้เกิดความขุ่น ตัวอย่างนี้สามารถเห็นได้ในภาพประกอบ 7(ง) ซึ่งบริเวณตรงกลางของจานเพาะเชื้อมีความขุ่นอย่างมาก ความขุ่นนี้ก็ทำให้แยกโคโลนีออกจากพื้นหลังได้ยากขึ้นเช่นกัน ดังนั้นเทคนิค Power-Law Transformation จึงถูกใช้เพื่อลดความขุ่นโดยการเพิ่มความคมชัดของภาพ ดังที่แสดงในภาพประกอบ 8



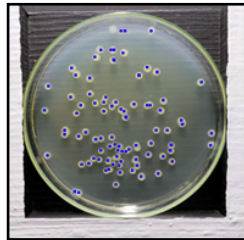
ภาพประกอบ 8 ภาพลดของความขุ่นหลังจาก Power-Law Transformation

เพื่ออำนวยความสะดวกในการนับโคโลนีในขั้นตอนสุดท้าย ต้องแยกโคโลนีออกจากพื้นหลัง อย่างไรก็ตาม ในขณะที่ Thresholding ใช้งานได้ดีกับขั้นตอนก่อนหน้านี้เพื่อเตรียม Projection profile แต่ในขั้นตอนนี้ Thresholding ส่งผลให้เกิดสัญญาณรบกวนมากเกินไป ดังนั้น Adaptive Thresholding จะถูกใช้ในขั้นตอนปัจจุบันเพื่อแยกโคโลนีออกจากพื้นหลัง Adaptive Thresholding (AT) ไม่มีค่า threshold เดียว แต่ค่า Threshold จะเป็นพลวัต และเปลี่ยนแปลงเพื่อปรับให้เข้ากับสภาพแวดล้อม ตามความสว่างที่แตกต่างกันในส่วนต่าง ๆ ของภาพ ซึ่งทำให้ AT เป็นวิธีที่ดีเมื่อความสว่างไม่สม่ำเสมอทั่วทั้งภาพ AT ทำงานโดยที่พิกเซลทุกตัวในภาพจะถูกประมวลผลทีละกลุ่ม โดยจะมีการสร้างบล็อกสี่เหลี่ยมจัตุรัสของพิกเซล โดยที่พิกเซลเป้าหมายอยู่ตรงกลาง เมื่อคำนวณความสว่างเฉลี่ยของบล็อก จากนั้นค่า Threshold จะถูกปรับโดยอัตโนมัติ ค่าความสว่างเฉลี่ยของบล็อกจะถูกกำหนดเป็นค่า Threshold เพื่อพิกเซลเป้าหมายจะถูกกำหนดเป็นสีดำ หรือ สีขาว เมื่อพิกเซลเป้าหมายอยู่ใกล้ขอบภาพส่วนที่หายไปของบล็อกที่ตามทฤษฎีจะขยายออกไปนอกภาพ และจะถูกกำหนดเป็น 0 โดยอัตโนมัติ ความสว่างเฉลี่ยจะคำนวณจากส่วนที่เหลือของบล็อกในการศึกษานี้ ขนาดบล็อกถูกตั้งค่าไว้ที่ 111×111 พิกเซล



ภาพประกอบ 9 ภาพจานเพาะเชื้อหลังจากผ่าน Adaptive Thresholding เพื่อให้โคโลนีโดดเด่นขึ้นจากพื้นหลัง

ขั้นตอนทั้งหมดก่อนหน้านี้ เพื่อเตรียมภาพในภาพให้พร้อมสำหรับการนับโคโลนี ปัจจุบันโคโลนีปรากฏในภาพขาวดำเป็นกลุ่มของพิกเซลสีขาวกับพื้นหลังสีดำ ภาพทรงกลมของโคโลนีทำให้เหมาะสำหรับการใช้ CHT อีกครั้ง แทนที่จะมองหาวงกลมขนาดใหญ่ของจานเพาะเชื้อเหมือนขั้นตอนก่อนหน้านี้ ตอนนี้ CHT จะถูกใช้เพื่อค้นหาวงกลมที่มีรัศมีในช่วง 2 - 7 พิกเซล ซึ่งสอดคล้องกับรัศมีของโคโลนี แต่ละโคโลนีที่พบ และนับโดย CHT จะถูกทำเครื่องหมายด้วยจุดเพื่อระบุตำแหน่งแสดงในภาพประกอบ 10



ภาพประกอบ 10 ภาพการทำเครื่องหมายจุดสีน้ำเงินไว้สำหรับโคโลนีที่ถูกนับ

แอปพลิเคชัน ABICS ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อรวมขั้นตอนการประมวลผลภาพข้างต้นเข้าไว้ในเครื่องมือที่ใช้งานง่าย และสะดวกสำหรับการนับโคโลนี และแสดงตำแหน่งของโคโลนีที่นับได้ แอปพลิเคชัน ABICS ถูกพัฒนาขึ้นด้วย Android Studio (เวอร์ชัน 4.2.2) และ OpenCV library (เวอร์ชัน 3.4.14)(Shamshad, 2020) การใช้งานแอปพลิเคชัน ABICS แสดงในภาพประกอบ 11 แอปพลิเคชันจะเปิดขึ้นด้วย หน้าแรก [ภาพประกอบ 11(ก)] การกดปุ่มเริ่มจะนำผู้ใช้ไปยังหน้าการเลือกแบคทีเรีย [ภาพประกอบ 11(ข)] เมื่อเลือกแบคทีเรียที่ต้องการแล้วจะนำไปยังหน้าการถ่ายภาพจานเพาะเชื้อ

[ภาพประกอบ 11(ค)] เมื่อถ่ายภาพงานเพาะเชื้อแล้วจะนำไปยังหน้าการยืนยัน [ภาพประกอบ 11(ง)] ถ้ากดยอมรับภาพจะเริ่มกระบวนการนับโคโลนีโดยอัตโนมัติ และผู้ใช้จะถูกนำไปยังหน้าแสดงผล [ภาพประกอบ 11(จ)] ซึ่งแสดงจำนวนโคโลนีทั้งหมดในงาน และ ตำแหน่งของโคโลนีในภาพที่ถูกนับได้



ภาพประกอบ 11 ขั้นตอนการใช้แอปพลิเคชัน ABICS: (ก) หน้าแรก (ข) หน้าเลือกแบคทีเรีย
(ค) หน้าถ่ายภาพ (ง) หน้ายืนยันภาพถ่าย และ (จ) หน้าแสดงผลลัพท์การนับโคโลนี

ผลการวิจัย

การวิเคราะห์ที่ใช้ภาพ ECA จำนวน 24 ภาพ และภาพ EAD จำนวน 60 ภาพในการศึกษานี้ แอปพลิเคชัน ABICS สามารถนับจำนวนโคโลนีแบคทีเรียในงานเพาะเชื้อหนึ่งงานได้โดยเฉลี่ยในเวลา 3.36 วินาที (ต่ำสุด 3.00 วินาที สูงสุด 5.64 วินาที) ในขณะที่การนับด้วยมือมาตรฐาน ใช้เวลา 2 - 5 นาทีต่องาน ตารางที่ 2 แสดงผลการนับโคโลนีด้วย ABICS ของงานเพาะเชื้อทั้ง 84 งาน พร้อมกับการนับด้วยมือสำหรับการประเมินประสิทธิภาพ

ตารางที่ 2 ผลการนับจำนวนแบคทีเรียจาก ABICS เปรียบเทียบกับการนับด้วยมือแบบมาตรฐาน

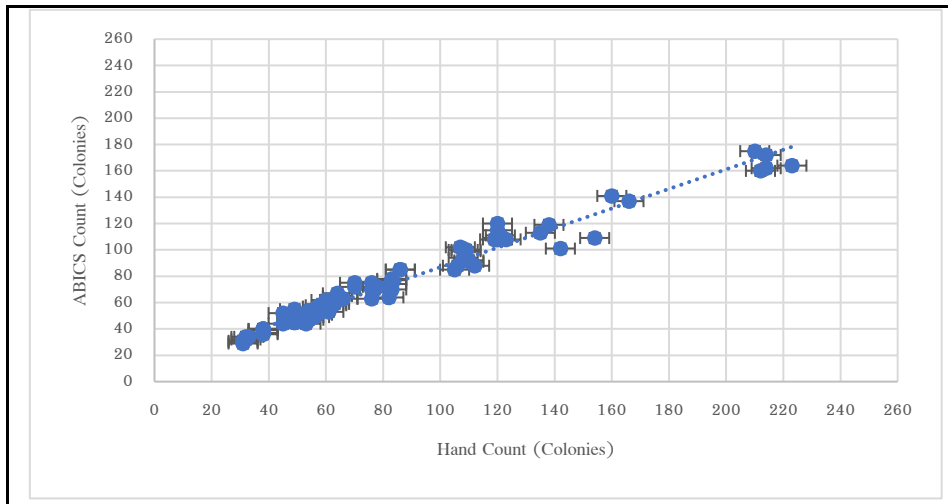
งานที่	ABICS นับ	คนนับ	ร้อยละความผิดพลาด	งานที่	ABICS นับ	คนนับ	ร้อยละความผิดพลาด
<i>Escherichia coli</i> ATCC25922				43	47	54	12.963
1	29	31	6.452	44	49	54	9.259
2	31	31	0.000	45	58	61	4.918
3	34	33	3.030	46	58	62	6.452
4	34	32	6.250	47	62	60	3.333
5	32	32	0.000	48	59	62	4.839
6	30	31	3.226	49	53	61	13.115
7	44	45	2.222	50	63	66	4.545
8	52	45	15.556	51	65	64	1.563
9	50	51	1.961	52	62	63	1.587
10	51	52	1.923	53	59	63	6.349
11	58	58	0.000	54	67	64	4.688
12	57	57	0.000	55	70	76	7.895
13	72	70	2.857	56	63	76	17.105
14	75	70	7.143	57	70	77	9.091
15	85	86	1.163	58	75	76	1.316
16	85	86	1.163	59	72	78	7.692
17	111	121	8.264	60	77	83	7.229
18	108	119	9.244	61	64	82	21.951
19	119	138	13.768	62	70	83	15.663
20	113	135	16.296	63	74	83	10.843
21	109	154	29.221	64	78	83	6.024
22	101	142	28.873	65	102	107	4.673
23	137	166	17.470	66	100	108	7.407
24	141	160	11.875	67	88	106	16.981
<i>Enterobacter aerogenes</i> DMST2720				68	94	108	12.963
25	36	38	5.263	69	100	109	8.257
26	40	38	5.263	70	92	110	16.364
27	40	38	5.263	71	91	110	17.273
28	39	38	2.632	72	88	112	21.429
29	37	38	2.632	73	85	105	19.048

ตารางที่ 2 (ต่อ)

งานที่	ABICS นับ	คนนับ	ร้อยละความผิดพลาด
30	47	50	6.000
31	55	49	12.245
32	46	48	4.167
33	45	49	8.163
34	45	49	8.163
35	52	57	8.772
36	51	57	10.526
37	51	57	10.526
38	55	58	5.172
39	49	56	12.5
40	54	54	0
41	52	54	3.704
42	44	53	16.981

งานที่	ABICS นับ	คนนับ	ร้อยละความผิดพลาด
74	99	109	9.174
75	120	120	0.000
76	109	120	9.167
77	108	123	12.195
78	108	120	10.000
79	115	120	4.167
80	162	214	24.299
81	172	214	19.626
82	175	210	16.667
83	160	212	24.528
84	164	223	26.457
ค่าเฉลี่ยร้อยละความผิดพลาด			9.226
S.D. ร้อยละความผิดพลาด			7.16

จากตารางที่ 2 อัตราความผิดพลาดเฉลี่ยของ ABICS คือ ร้อยละ 9.23 ซึ่งใกล้เคียงกับอัตราความผิดพลาดเฉลี่ยของการนับด้วยมือ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของร้อยละความผิดพลาด คือ 7.16 (Jarvis, 2016) ภาพประกอบ 12 แสดงการเปรียบเทียบกันระหว่างจำนวนโคโลนีที่ถูกนับโดย ABICS และ จำนวนโคโลนีที่ถูกนับด้วยมือในงานเพาะเชื้อเดียวกัน ผลของวิธีการนับทั้งสองจะกระจายอยู่ใกล้กันตามมุม 45 องศา ซึ่งบ่งชี้ถึงความใกล้เคียงกันของผลการนับ



ภาพประกอบ 12 กราฟกระจาย (Scatter graph) แสดงความใกล้เคียงกันระหว่างจำนวนโคโลนีที่ถูกนับโดย ABICS และโคโลนีบนจานเดียวกันที่ถูกนับด้วยมือ

ตารางที่ 3 ผลการนับโดย ABICS ทั้ง 3 กรณี

กรณี		<i>Escherichia coli</i>	<i>Enterobacter aerogenes</i>
กรณีการนับได้ถูกต้อง	จำนวนจานเพาะเชื้อ	3	2
	ร้อยละ	12.5	3.33
กรณีการนับได้น้อยกว่า	จำนวนจานเพาะเชื้อ	16	52
	ร้อยละ	66.66	86.66
กรณีการนับได้มากกว่า	จำนวนจานเพาะเชื้อ	5	6
	ร้อยละ	20.83	10.00

จากตารางที่ 3 ผลการนับโคโลนีถูกแบ่งออกเป็น 3 กรณี ได้แก่ กรณีการนับได้ถูกต้องกรณีการนับได้น้อยกว่าการนับด้วยมือ และกรณีการนับได้มากกว่าการนับด้วยมือ โดยกรณีการนับ ได้ผลน้อยกว่าการนับด้วยมือเป็นกรณีที่พบมากที่สุด และกรณีการนับได้ถูกต้องเป็นกรณีที่พบ น้อยที่สุด ตารางที่ 3 แสดงผลการนับโคโลนีทั้ง 3 กรณีของ ABICS จากจานเพาะเชื้อทั้งหมด 84 จาน

ผลการวิจัยชี้ให้เห็นถึงประสิทธิภาพที่โดดเด่นของระบบ ABICS ในด้านความเร็ว และความแม่นยำ โดยสามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้รวดเร็วกว่าการนับด้วยมือ พร้อมทั้งรักษาความแม่นยำในระดับที่น่าพอใจ (ร้อยละ 90.77 เมื่อเทียบกับการนับด้วยมือ) ศักยภาพในการประยุกต์ใช้ของระบบ ABICS

ยังเป็นอีกหนึ่งจุดแข็งที่สำคัญ ซึ่งบ่งชี้ถึงโอกาสในการนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้ประโยชน์ในวงกว้าง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดภาระงานในหลากหลายอุตสาหกรรมอาหาร

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบระยะเวลาการนับโคโลนีด้วยมือและการนับด้วย ABCIS

จำนวน โคโลนี	เวลา		เร็วกว่า (เท่า)
	ด้วยมือ (min.)	ด้วย ABCIS (ms.)	
31	2.15	3120	41.35
31	2.03	3350	36.36
33	2.28	3010	45.45
32	2.1	3280	38.41
32	2.35	3490	40.37
31	2.08	3190	39.18
45	2.62	4150	37.81
45	2.45	3920	37.5
51	2.78	4310	38.72
52	2.55	4080	37.5
58	3.12	4250	44.12
57	3.05	4580	39.96
70	3.21	4110	46.71
70	3.38	4760	37.61
86	4.05	4220	51.9
86	3.4	4890	41.72
121	4.18	5000	50.16
119	4.05	4910	49.49
138	5.02	4730	58.56
135	4.48	4980	53.9
154	4.85	4650	62.58
142	4.7	4820	58.51
166	5.32	4500	65.6
160	5.28	4950	57.94
38	2.2	3210	41.12

จำนวน โคโลนี	เวลา		เร็วกว่า (เท่า)
	ด้วยมือ (min)	ด้วย ABCIS (ms.)	
54	3.2	4320	44.44
54	3.35	4610	37.09
61	3.1	4050	45.78
62	3.48	4380	40.87
60	3.28	4120	47.86
62	3.05	4450	41.01
61	3.12	4210	44.42
66	3.35	4000	50.25
64	3.22	4330	44.57
63	3	4660	38.63
63	3.18	4100	46.54
64	3.3	4400	45
76	3.15	4750	39.79
76	3.38	4270	47.54
77	3.02	4900	36.98
76	3.29	4190	47.02
78	3.45	4550	45.56
83	4.12	4380	51
82	3.55	4620	46.02
83	4.3	4200	54.29
83	4.08	4850	45.53
83	3.42	4480	45.71
107	4.25	4950	51.52
108	4.1	5000	49.2
106	4.32	4880	53.11

ตารางที่ 4 (ต่อ)

จำนวน โคโลนี	เวลา		เร็วกว่า (เท่า)
	ด้วยมือ (min.)	ด้วย ABICS (ms.)	
38	2.25	3080	43.7
50	2.58	4010	38.65
49	2.4	4280	33.64
48	3.08	3950	40.66
49	2.51	4190	35.94
49	3.2	3880	41.75
57	3.08	4420	41.63
57	3.45	4690	37.74
57	3.15	4290	44.06
58	3.01	4510	40.04
56	3.25	4350	44.83
54	2.9	4780	36.4
54	3.18	4180	45.55
53	3.03	4490	40.42

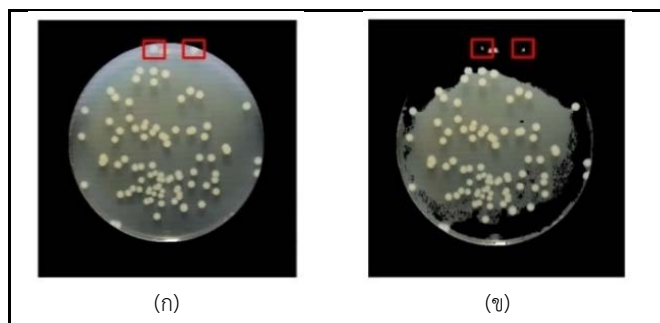
จำนวน โคโลนี	เวลา		เร็วกว่า (เท่า)
	ด้วยมือ (min)	ด้วย ABICS (ms.)	
110	4.45	4820	55.39
112	4	4680	51.28
105	4.3	4990	51.7
109	4.12	4710	52.57
120	4.28	4800	53.5
120	4.15	4930	50.61
123	4.4	4780	55.23
120	4.22	4900	51.67
120	4.35	4720	55.3
214	5.38	4550	64.31
214	5.25	4880	58.4
210	5.45	4600	64.67
212	5.4	4750	60.63
223	5.48	4520	66.04

ตารางที่ 4 แสดงให้เห็นระยะเวลาที่ใช้ในการนับโคโลนีลงอย่างมาก จากการข้อมูลพบว่า ABICS ใช้เวลาในการวิเคราะห์ และนับจำนวนโคโลนีต่อจานเพียง 3 ถึง 5 วินาที เท่านั้น เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงเวลา 2 ถึง 5 นาทีของการนับด้วยมือ ABICS จึงมีความเร็วที่เหนือกว่าอย่างน้อย 35 เท่า และในบางกรณีอาจเร็วกว่าถึง 66 เท่า

อภิปรายผลการวิจัย

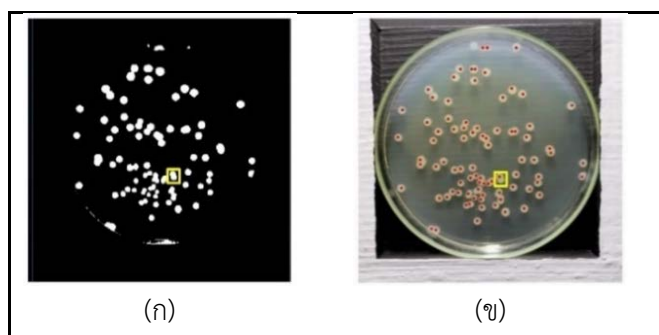
ข้อผิดพลาดในการนับโคโลนีเกิดจาก 2 กรณีคือการนับได้น้อยกว่า และการได้นับมากกว่าจาก ตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าการนับได้น้อยเกินไปเป็นปัญหาที่พบบ่อยที่สุด คิดเป็น ร้อยละ 95.96 ของข้อผิดพลาดทั้งหมด การนับได้น้อยเกินไปแต่ละครั้งเกิดจากสองสาเหตุ สาเหตุแรกคือการลบโคโลนีออกจากภาพโดยไม่ได้ตั้งใจในขั้นตอนการประมวลผลภาพประกอบ 6 ซึ่งเป็นขั้นตอน การลบแสงสะท้อนโดยใช้เลเยอร์ V ใน HSV บางครั้งความสว่างของพิกเซลของโคโลนีที่อยู่ใกล้ ขอบจานเพาะเชื้อ

จะใกล้เคียงกับความสว่างของแสงสะท้อน ซึ่งอาจทำให้โคโลนีถูกลบออกไปพร้อมกับพื้นที่ความสว่างสูง โดยไม่ได้ตั้งใจ เช่น ในงานเพาะเชื้อที่ 21, 22, 61, 72, 80 และ 84 เป็นต้น แสดงตัวอย่างในภาพประกอบ 13



ภาพประกอบ 13 แสดงโคโลนี 2 โคโลนีที่หายไปจากภาพโดยไม่ได้ตั้งใจ (ก) ก่อนการลบพื้นที่ความสว่างที่มาก และ (ข) หลังการลบพื้นที่ความสว่างที่มาก

สาเหตุที่สองของการนับได้น้อยกว่าคือโคโลนีที่ทับซ้อนกัน ซึ่งกลายเป็นปัญหาในขั้นตอนการประมวลผลสุดท้ายที่มีการนับโคโลนี โคโลนี 2 โคโลนีหรือมากกว่านั้นที่ทับซ้อนกันอาจถูกเข้าใจผิดและนับเป็นโคโลนีเดียว ดังที่แสดงในภาพประกอบ 14



ภาพประกอบ 14 แสดงโคโลนี 2 โคโลนีที่ทับซ้อนกัน (ก) ถูกนับผิดเป็นโคโลนีเดียว (ข)

การนับโคโลนีได้มากกว่าคิดเป็นร้อยละ 4.04 ของข้อผิดพลาด เกิดจากสัญญาณรบกวน ในภาพงานเพาะเชื้อ สัญญาณรบกวนเกิดขึ้นเมื่อไม่สามารถลบแสงสะท้อนออกไปได้อย่างสมบูรณ์ ในขั้นตอนการประมวลผลภาพประกอบ 7 เมื่อพิกเซลสีขาวบางส่วนยังคงอยู่ พวกมันอาจถูกเข้าใจผิดว่าเป็นโคโลนีได้ ในอนาคตอาจสามารถแก้ปัญหาเหล่านี้ได้โดยการใช้เซ็นเซอร์วัดแสง เพื่อปรับความสว่างของหลอดไฟ LED ในกล่องถ่ายภาพ

เอกสารอ้างอิง

- ณัฐพงษ์ สังข์สอน. (2565). *การพัฒนาแอปพลิเคชันมือถือเพื่อสนับสนุนการดำเนินงานนำเข้าสินค้ากรณีศึกษา บริษัท ดีดี 1971 จำกัด และเครือบริษัท*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- Albaradei, S. A., Napolitano, F., Uludag, M., Thafar, M., Napolitano, S., Essack, M., & Gao, X. (2020). Automated counting of colony forming units using deep transfer learning from a model for congested scenes analysis. *IEEE Access*, 8, 164340-164346. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3021656>.
- Badalyan, G., Díaz, C., Bücking, M., & Lipski, A. (2018). Novel sensor platform for rapid detection and quantification of coliforms on food contact surfaces. *Journal of Microbiological Methods*, 153, 74-83. <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2018.09.009>
- Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2008). *Digital image processing (4th ed.)*. Pearson.
- Jarvis, B. (2016). *Statistical aspects of the microbiological examination of foods (3rd ed.)*. Elsevier.
- Pisuttilap, N., & Saengswetmaneengam, N. (2001). Study of Escherichia coli analysis in frozen seafood by MPN technique. *Bulletin of the Department of Medical Sciences (Thailand)*, 43(2), 95-101.
- Reddy, P. V. G. D. (2021). Blood vessel extraction in fundus images using Hessian eigenvalues and adaptive thresholding. *Evolutionary Intelligence*, 14(2), 577-582.
- Sever, B. (2020). *U.S. Food and Drug Administration (FDA)*. Salem Press.

- Shamshad, A. (2020). *Building Computer Vision Applications Using Artificial Neural Networks*. Berkeley, CA, USA: Apress.
- Sophie, E., Juliane, E., Valérie, E., Sylvie, E. L., & Anne, E. (2015). Bacterial colonies in solid media and foods: A review on their growth and interactions with the micro-environment. *Frontiers in Microbiology*, 6, Article 1284.
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.01284>.
- Wouters, J. T. M., Ayad, E. H. E., Hugenholtz, J., & Smit, G. (2002). Microbes from raw milk for fermented dairy products. *International Dairy Journal*, 12(2-3), 91-109.
[https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(01\)00151-0](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00151-0).
- Zhu, G., Yan, B., Xing, M., & Tian, C. (2018). Automated counting of bacterial colonies on agar plates based on images captured at near-infrared light. *Journal of Microbiological Methods*, 153, 66-73.
<https://doi.org/10.1016/j.mimet.2018.09.004>.

สารบัญ

- การพัฒนาแอปพลิเคชันสื่อการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ในรูปแบบเมตาเวิร์ส เพื่อส่งเสริมศักยภาพการเรียนรู้รายวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อชีวิต มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.....1
วรรณภัสร์ ปราบพาลา เตือนฉาย ไชยบุตร และ ประยูร ไชยบุตร
- การจำแนกความคิดเห็นโซเชียลมีเดียไทยเกี่ยวกับวัคซีนป้องกันโควิด โดยใช้เหมืองข้อความ.....17
พิศอน หมายสุข และ จารี ทองคำ
- ผลกระทบของปริมาณน้ำฝนต่อจำนวนผู้ป่วยโรคติดเชื้อในจังหวัดกาฬสินธุ์.....31
ฉัตรสิริ ฉัตรภูติ วัฒนา ชยธวัช และ สุชาวดี โต้ะนาค
- ผลของการพอกเมล็ดร่วมกับฮอร์โมนพืช GA3 ต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ พักกาดหอมคอสไบแดง.....51
ประชัย สังขาวณรงค์ ทองสนิท สุวรรณิ์ สุมหิรัญ รจนา ร่วมใจ และ ชนกนเดร ชัยวิชา
- ฤทธิ์ทางชีวภาพและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันใบระกำ..... 63
สัลลา ตอปี วิกาวรรณ วงศ์สุดาลักษณ์ เสาวคนธ์ อินทร์ดั่ง พงษ์สุข สุธารัตน์ และ สิริมาภรณ์ วัชรกุล
- การพยากรณ์ความเสียหายสเต็ปเปอร์มอเตอร์โดยใช้อัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่อง..... 77
นพฤทธิ ศรีวิชัย อนุพงศ์ สว่างนาค รุจีพันธุ์ โกษารัตน์และ ปิยพา ยืนยงสภาวะ
- การคัดเลือกผู้ส่งมอบวัตถุดิบด้วยตัวแบบการตัดสินใจเชิงภาษาทุกกับเพิล: กรณีศึกษาบริษัทผลิตอาหารเสริมประเภทวิตามิน.....95
ประวีร์ ศรีพรหม และ นิธิเดช คูหาทองสัมฤทธิ์
- การพัฒนาระบบ ABICS สำหรับการนับโคลนีย์ของ Escherichia coli และ Enterobacter aerogenes อัตโนมัติจากภาพถ่ายสมาร์ทโฟน.....113
พงศธร ต่ายทอง และ นิธิรจน์ พงศ์สิริเมธ