



ISSN 2985-1580 (Print)      ISSN 2985-1599 (Online)  
วารสารคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสร้างสรรค์  
Journal of Computer and Creative Technology

วัตถุประสงค์วารสาร      เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้คณาจารย์ นักวิชาการ นิสิต นักศึกษา และผู้สนใจทั่วไป  
ได้มีโอกาสเผยแพร่ผลงานทางวิชาการ

#### ขอบเขตวารสาร ดังนี้

- ❖ การประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีเพื่อการวิจัย พัฒนา และสร้างสรรค์
- ❖ การศึกษาและบูรณาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสู่การเรียนรู้ตลอดชีวิต
- ❖ สหวิทยาการด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาท้องถิ่นและสังคม

#### กำหนดการออกวารสาร

ออกปีละ 3 ฉบับ ดังนี้ ฉบับที่ 1 ประจำเดือน มกราคม ถึง เมษายน (Issue 1— January to April)  
ฉบับที่ 2 ประจำเดือน พฤษภาคม ถึง สิงหาคม (Issue 2— May to August)  
ฉบับที่ 3 ประจำเดือน กันยายน ถึง ธันวาคม (Issue 3—September to December)

ประเภทบทความ      บทความวิจัย (Research Articles) และ บทความวิชาการ (Academic Articles)

การรับตีพิมพ์บทความ      บทความภาษาไทย (Thai Articles) และ บทความภาษาอังกฤษ (English Articles)

#### เงื่อนไขตีพิมพ์บทความ

บทความที่ส่งเข้าจะได้รับการพิจารณาเบื้องต้นโดยกองบรรณาธิการเกี่ยวกับขอบเขตของวารสารและรูปแบบการเขียนบทความ จากนั้นบทความที่ผ่านการพิจารณาเบื้องต้นจะถูกส่งไปพิจารณาประเมินคุณภาพของบทความจากคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Reviewer) อย่างน้อยสองท่านที่มีความเชี่ยวชาญตรงตามสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องจากหลากหลายสถาบัน รูปแบบการประเมินบทความเป็นแบบผู้ทรงคุณวุฒิไม่ทราบชื่อผู้นิพนธ์และผู้นิพนธ์ไม่ทราบชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ (Double-Blind Peer Review)

กองบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์ที่จะไม่พิจารณาประเมินบทความที่เคยตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารหรือสิ่งพิมพ์อื่น หรือ กำลังอยู่ในระหว่างการพิจารณาเสนอขอตีพิมพ์ในวารสารหรือสิ่งพิมพ์อื่น ๆ นอกจากนี้ วารสารขอให้ผู้นิพนธ์เคร่งครัดในการเขียนบทความภายใต้สัญญาอนุญาตริเอทีฟคอมมอนส์ (Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International : CC BY-NC-ND 4.0) หากมีการใช้ข้อมูลของผู้นิพนธ์อื่นจะต้องระบุที่มา โดยห้ามดัดแปลง ห้ามใช้เพื่อการค้า พร้อมทั้งขออนุญาตเจ้าของลิขสิทธิ์และแสดงหนังสือที่ได้รับการยินยอมต่อกองบรรณาธิการก่อนที่บทความจะได้รับการตีพิมพ์

## คณะกรรมการ

### ที่ปรึกษาบริหาร

รองศาสตราจารย์ ดร.ฉลอง สุขทอง  
รองศาสตราจารย์ ดร.จิรายุ ทรัพย์สิน

รองศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ วัฒนกรศิริ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์จรัสเดช อินทเจริญสถานต์  
รองคณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์  
รองอธิการบดี  
ฝ่ายยุทธศาสตร์การยกระดับคุณภาพการศึกษา  
รองอธิการบดี  
ฝ่ายเทคโนโลยีและการสื่อสารองค์กร  
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

### ที่ปรึกษาวารสาร

รองศาสตราจารย์ ดร.โอฬาริก สุรินทร์ตะ  
นายโกสินธุ์ ศิริรักษ์

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

### บรรณาธิการ

อาจารย์ ดร.วิจิตรา โพธิสาร

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

### ผู้ช่วยบรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริลักษณ์ หวังขอบ

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

### กองบรรณาธิการภายในมหาวิทยาลัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วาทธี นวลนาง  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธงชัย เจือจันทร์  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันชัย สุขตาม  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขจรศักดิ์ สงวนสัตย์  
อาจารย์ ดร.ประภัสสรา สร้อยจิตร  
อาจารย์ ดร.จักรพงษ์ วารี  
อาจารย์ ดร.นุชจรี บุญเกิด

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์  
มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์  
มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์  
มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์  
มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์  
มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์  
มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

### กองบรรณาธิการภายนอกมหาวิทยาลัย

ศาสตราจารย์ ดร.ปรัชญนันท์ นิลสุข

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า  
พระนครเหนือ

รองศาสตราจารย์ ดร.สุรพล บุญลือ  
รองศาสตราจารย์ ดร.สิทธิชัย บุษหมั่น  
รองศาสตราจารย์ ดร.เนติรัฐ วีระนาคินทร์  
รองศาสตราจารย์ ดร.รัตนโชติ เทียนมงคล  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมนึก พ่วงพรพิทักษ์  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิธ ธีระโคตร  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวัฒน์ บรรลือ  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิรญา ทองเฉลิม  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนล สอนประดิษฐ์  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประวิทย์ สิมมาทัน  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัจฉรา ชุมพล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี  
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี  
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี  
มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์  
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาสทิธี หิรัญรัตน์

 อาจารย์ ดร.ปิยวัฒน์ คำสบาย  
 อาจารย์ ดร.อาทิตย์ยาพร โรจรัตน์  
 อาจารย์ ดร.นวัณกร โพธิสาร

 ดร.สุริยา คลังฤทธิ์  
 Prof. Dr.Yingtao Liang  
 Prof. Dr.Surya Prakash

 Assoc. Prof.Dr.Deepjyoti Choudhury  
 Assoc. Prof.Dr.Yuvin Lin  
 Asst. Prof. Dr.Venkateswarlu Nalluri

Asst. Prof. Dr.Alok Kumar Sharma

 Asst. Prof. Dr.Inam Ullah  
 Asst. Prof. Dr.Inam Ullah Khan  
 Asst. Prof. Dr.Richard G. Mayopu

Dr.Sanouphab Phomkeona

Dr.Sonxay Luangoudom

Dr.On Thi My Linh

Dr.Emmanuel Okafor

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน  
วิทยาเขตสุรินทร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน  
วิทยาเขตสุรินทร์

นักวิชาการอิสระ

Nanning Normal University, China

Shri Ram College of Commerce University  
of Delhi, India

Assam University, India

Guangxi Minzu University, China

Chaoyang University of Technology,  
TaiwanChaoyang University of Technology,  
Taiwan

Gachon University, Republic of Korea

Multimedia University, Malaysia

Satya Wacana Christian University,  
Indonesia

National University of Laos,

Lao People's Democratic Republic

Champasak University,

Lao People's Democratic Republic

Thai Nguyen University of Education,  
VietnamKing Fahd University of Petroleum and  
Minerals Dhahran, Saudi Arabia**ทีมสนับสนุนงานวารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์**
 อาจารย์กฤษฎา นวลนาง และ อาจารย์เอกราวิ  
 อาจารย์สุวัฒน์ กล้วยทอง และ อาจารย์กัญญาณี สมอ  
 นายทวีวัฒน์ มูลจิต นายพลวัต บุญนาค และ นายสิทธิศักดิ์ สุขเสริม  
 นายไกรศักดิ์ วงศ์ทอง ยืนติงาม และ นางชนัญชิตา จารุเสถียร  
 นายสุรินทร์ ดวงแก้ว และ นางสาวรัตนา จันทร์หอม  
 นางสาวธัญรัตน์ วิวาสสุข และ นางสาวนงศนภา สวยรูป

 สื่อดิจิทัล/ เว็บไซต์วารสาร  
 ประชาสัมพันธ์  
 เลขานุการวารสาร  
 การเงินและพัสดุ  
 แผนและโครงการ  
 ธุรการ
**สำนักงาน**
 สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา  
 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์  
 186 หมู่ 1 ถ.สุรินทร์-ปราสาท ต.นอกเมือง อ.เมือง จ.สุรินทร์ 32000  
 โทรศัพท์ 044 – 558344, 088 723 5944 อีเมล jccct@srur.ac.th

## บทบรรณาธิการ

วารสารคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสร้างสรรค์ (Journal of Computer and Creative Technology) ได้ถูกจัดให้เป็น วารสารกลุ่มที่ 2 (TCI Tier 2) โดย ศูนย์ TCI ให้คำรับรองคุณภาพวารสาร ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2568 - 31 ธันวาคม 2572 โดยเปิดรับบทความในขอบเขต ดังนี้ 1) การประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีเพื่อการวิจัย พัฒนา และสร้างสรรค์ 2) การศึกษาและบูรณาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสู่การเรียนรู้ตลอดชีวิต และ 3) สหวิทยาการด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาท้องถิ่นและสังคม โดยกำหนดออกปีละ 3 ฉบับ ได้แก่ ฉบับที่ 1 ประจำเดือน มกราคม - เมษายน ฉบับที่ 2 ประจำเดือน พฤษภาคม - สิงหาคม และฉบับที่ 3 ประจำเดือน กันยายน - ธันวาคม ทั้งบทความวิจัยและบทความวิชาการ รูปแบบการตีพิมพ์บทความภาษาไทยและบทความภาษาอังกฤษ

สำหรับฉบับนี้เป็นปีที่ 4 ฉบับที่ 1 ประจำเดือน มกราคม - เมษายน พ.ศ. 2569 มีบทความ จำนวน 18 บทความ แบ่งเป็นบทความวิจัย จำนวน 16 เรื่อง และบทความวิชาการ จำนวน 2 เรื่อง ซึ่งผ่านการประเมินคุณภาพของบทความจากคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Reviewer) อย่างน้อยสองท่านที่มีความเชี่ยวชาญตรงตามสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องจากหลากหลายสถาบัน รูปแบบการประเมินบทความเป็นแบบผู้ทรงคุณวุฒิไม่ทราบชื่อผู้สนับสนุนและผู้สนับสนุนไม่ทราบชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ (Double-Blind Peer Review) ทั้งนี้บทความได้มีการแก้ไขตามข้อเสนอของผู้ทรงคุณวุฒิและบรรณาธิการเป็นที่เรียบร้อยแล้ว

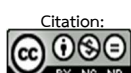
กองบรรณาธิการหวังเป็นอย่างยิ่งว่าบทความที่เผยแพร่ในวารสารคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสร้างสรรค์ จะเป็นแหล่งเรียนรู้ออนไลน์ที่สำคัญทางคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสร้างสรรค์ เป็นแหล่งเผยแพร่ทางวิชาการให้กับนักวิจัยและนักวิชาการ และเป็นประโยชน์ให้กับผู้อ่านและการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

อาจารย์ ดร.วิจิตรา โพธิสาร  
บรรณาธิการ

## สารบัญ

|                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Article ID |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| บทนำ                                                                                                                                                                                                                                                                                     | I-VII      |
| บทความวิจัย                                                                                                                                                                                                                                                                              |            |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>การออกแบบและประเมินผลระบบส่งต่ออีเมลปลอดภัยที่มีความพร้อมใช้งานสูง ด้วยการยืนยันตัวตน OAuth2 สำหรับระบบดั้งเดิม<br/>พิชิต ทองคำ, ธนัญ จารุวิทย์โกวิท</li> </ul>                                                                                   | e2971      |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>การวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลกระทบของการลดขนาดคุณลักษณะเชิงสถิติสำหรับการจำแนกด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง<br/>ยศภัทร์ เรืองไพศาล, สกุลชาย สารมาศ, อรรถนิติ วงศ์จักร์, สุกัลยา ชาญสมร</li> </ul>                                                      | e3002      |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>การเพิ่มประสิทธิภาพการคัดเลือกคุณลักษณะสำหรับการพยากรณ์โรคไม่ติดต่อเรื้อรังแบบหลายงานจากข้อมูลสุขภาพที่ไม่สมดุล<br/>ญาณิศา วงษ์สมบัติ, นิติเศรษฐ์ หมวดทองอ่อน</li> </ul>                                                                          | e3069      |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อส่งเสริมการตลาดผ้าทอพื้นเมือง อำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช<br/>วิสาลักษณ์ คุณธนรุ่งโรจน์, ชรียา นนทกาญจน์, สราญพงศ์ หนูยิ้มซ้าย, กรสิริณัฐ โรจนวรรณ</li> </ul>                                                        | e3152      |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>การพัฒนาบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ร่วมกับโมเดลชิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2<br/>มนนภัส แพนไธสง, เลอสันต์ ฤทธิชัย, อนล สวนประดิษฐ์</li> </ul> | e3172      |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>ปัจจัยขับเคลื่อนความสำเร็จของสถาปัตยกรรม LINE Micro-App: การประเมินเชิงเทคนิคของคุณภาพระบบสารสนเทศและคุณค่าเชิงประจักษ์<br/>จิรนนท์ ตะสันเทียะ, อัญวิณ์ ไชยวชิระกัมพล, ศักดิ์ชาญ เหลืองมณีโรจน์, อนัตต์ชัย ชูติภาสเจริญ</li> </ul>                | e3285      |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>ผลของการลดทอนความรุนแรงในวิดีโอเกมสำหรับการแข่งขันกีฬาอีสปอร์ต กับการยอมรับเชิงนโยบายในสถานศึกษาของประเทศไทย<br/>ขจรศักดิ์ กันใช้, ชนาภรณ์ ปัญญาการผล, ฐกร พงษ์ปิฎณี</li> </ul>                                                                   | e3290      |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการรับนักศึกษาวิชาโทด้วยกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์<br/>ลักขณา ฉันทัง, นิพนธ์ เพ็ชรสังฆาต</li> </ul>                                                               | e3443      |

[V]



Citation:

บทความในวารสารนี้อยู่ภายใต้สัญญาอนุญาตสิทธิ์ Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International : CC BY-NC-ND 4.0)

## สารบัญ (ต่อ)

## Article ID

## บทความวิจัย

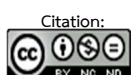
- การวิเคราะห์ความผันกลับได้และค่าความลึกวิกฤตของควอนตัมคอมพิวเตอร์ ภายใต้สัญญาณรบกวนด้วยการจำลองวงจร  
*สิทธิินันท์ โชติโรจน์ผล* e3448
- การพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและตอบสนองของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้ ตามกรอบแนวคิดที่แตก  
*วรัญญา เทียมทัด, พิรญา ทองเฉลิม, ปริญา ปรีพุฒ* e3483
- A Retrieval-Augmented Generation Framework for Traditional Chinese Medicine Herb Recommendation Using Symptom-Focused and Ingredient-Based Embeddings  
*Teerapord Lin, Jeerasak Khangkhan, Isares Nonjun* e3516
- ระบบตรวจจับและป้องกันการโจมตีด้วยการแทรกคำสั่งเอสคิวแอลจากข้อมูล ไฟล์บันทึกเหตุการณ์ สำหรับเว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนาด้วยภาษาพีเอชพี  
*ชนกฤต มิตรสงเคราะห์* e3560
- ผลของการใช้ดิจิทัลสถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ภายในและภายนอกวิทัศน์ที่มีผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาในรายวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3  
*ศิษยา กมลชัย, อุดม หอมคำ, ขจรศักดิ์ สงวนสัตย์* e3585
- การเปรียบเทียบรูปแบบการชี้แนะที่แตกต่างกันในการเรียนออนไลน์ด้วยวิดีโอปฏิสัมพันธ์ ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2  
*พรสุดา สากแก้ว, อุดม หอมคำ, นุชจรี บุญเกต* e3701
- การพัฒนาระบบศูนย์กลางเพื่อแลกเปลี่ยนการเคลื่อนไหวของจุดเรขาคณิตในโมเดลสามมิติสำหรับงานด้านวิช่วลเอฟเฟกต์และคอมพิวเตอร์แอนิเมชัน  
*นิลละกาฬ บุปผาโชติ, สิทธิศักดิ์ รัตนประภาวรรณ, ปุณณรัตน์ รังสูงเนิน, อรทัย สุทธิจักษ์* e3713
- The Illusion of Multimedia Exposure: Predicting Study Engagement in Kuwaiti Undergraduates  
*Haidar F. M. Alameir* e3726

## สารบัญ (ต่อ)

## Article ID

## บทความวิชาการ

- การออกแบบและพัฒนาระบบการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อเสริมสร้าง  
ประสิทธิภาพการเรียนรู้ของผู้เรียน e3291  
บุญโต นาคี, ญาณิศา สู่ทรงดี
- บทบาทและแนวทางการพัฒนาสมรรถนะครูนวัตกรรมเพื่อสร้างสรรค์นวัตกรรมจัดการ  
เรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีดิจิทัล e3292  
ญาณิศา สู่ทรงดี, อรุณฯ แสงสุข, สิริลักษณ์ บึงทอง, สันติ วิสัยสูงเนิน



## Design and Evaluation of a High-Availability Secure Mail Relay with OAuth2 Authentication for Legacy Systems

Pichit Thongdom<sup>1,\*</sup> and Tanun Jaruvitayakovit<sup>2</sup>

<sup>1,\*</sup>Department of Computer Engineering, College of Engineering and Technology, Dhurakij Pundit University,  
Bangkok, 10210, Thailand; Email: 66130409@dpu.ac.th

<sup>2</sup>Department of Computer Engineering, College of Engineering and Technology, Dhurakij Pundit University,  
Bangkok, 10210, Thailand; Email: tanun.jar@dpu.ac.th

\*Corresponding author: Pichit Thongdom (66130409@dpu.ac.th)

**Received:** 2 November 2025; **Revised:** 15 January 2026;

**Accepted:** 19 January 2026; **Published:** 21 April 2026

### Abstract

In an era of escalating cyber threats, the enforcement of Modern Authentication (OAuth 2.0) by Microsoft 365 has created a critical compatibility gap for legacy applications that cannot be modified, posing significant risks to data security and business continuity, particularly in email communication systems. This research proposes High-Availability Secure Mail Relay architecture. The core novelty lies in the development of an “OAuth2 Agent Module” an intermediary mechanism designed to seamlessly translate legacy authentication protocols into OAuth 2.0 standards without requiring source code modifications. This is integrated with a Service-Level High Availability (HA) system capable of detecting internal service failures. Experimental results confirm that (1) The proposed architecture achieves a 100% success rate in relaying emails using OAuth 2.0 standards (2) While the enhanced security processing introduces a slight latency increase to 2.158 seconds compared to traditional Basic Authentication 1.908 seconds, performance remains within acceptable limits and (3) The HA mechanism successfully executes service failover in an average of 1.312 seconds. This study contributes a practical framework for retrofitting legacy systems to comply with modern security mandates while ensuring resilience.

**Keywords:** Secure Mail Relay, Legacy Applications, Modern Authentication, OAuth2 Agent, Service-Level High Availability



Copyright © 2026 Journal of Computer and Creative Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC-ND).

### Citation:

Thongdom, P., & Jaruvitayakovit, T. (2026). Design and Evaluation of a High-Availability Secure Mail Relay with OAuth2 Authentication for Legacy Systems. *Journal of Computer and Creative Technology*, 4(1), e2971.  
<https://doi.org/10.65205/jcct.2026.e2971>

## การออกแบบและประเมินผลระบบส่งต่ออีเมลปลอดภัยที่มีความพร้อมใช้งานสูง ด้วยการยืนยันตัวตน OAuth2 สำหรับระบบดั้งเดิม

พิชิต ทองดำ<sup>1,\*</sup> และ ธนัญ จารุวิทย์โกวิท<sup>2</sup>

<sup>1,\*</sup>สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ วิทยาลัยนวัตกรรมการด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต  
จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10210 ประเทศไทย; Email: 66130409@dpu.ac.th

<sup>2</sup>สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ วิทยาลัยนวัตกรรมการด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต  
จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10210 ประเทศไทย; Email: tanun.jar@dpu.ac.th

\*ผู้ประพันธ์บทความ: พิชิต ทองดำ (66130409@dpu.ac.th)

รับบทความ: 2 พฤศจิกายน 2568; แก้ไขบทความ: 15 มกราคม 2569;  
ตอบรับบทความ: 19 มกราคม 2569; เผยแพร่บทความ: 21 เมษายน 2569

### บทคัดย่อ

ท่ามกลางภัยคุกคามทางไซเบอร์ที่ทวีความรุนแรง มาตรฐานการยืนยันตัวตนสมัยใหม่บนโปรโตคอล OAuth 2.0 ของ Microsoft 365 ได้สร้างปัญหาความเข้ากันไม่ได้สำหรับแอปพลิเคชันดั้งเดิมที่ไม่สามารถแก้ไขซอร์สโค้ดได้ ส่งผลให้องค์กรเผชิญความเสี่ยงทั้งด้านความปลอดภัยและความต่อเนื่องทางธุรกิจ โดยเฉพาะในระบบสื่อสารผ่านอีเมล งานวิจัยนี้นำเสนอสถาปัตยกรรมระบบส่งต่ออีเมลปลอดภัยที่มีความพร้อมใช้งานสูง จุดเด่นอยู่ที่การพัฒนา “OAuth2 Agent Module” ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการแปลงโปรโตคอลการยืนยันตัวตนจากระบบเดิมไปสู่มาตรฐาน OAuth 2.0 ได้อย่างราบรื่นโดยไม่ต้องแก้ไขแอปพลิเคชันดั้งเดิม และบูรณาการร่วมกับระบบความพร้อมใช้งานสูงที่สามารถตรวจสอบความผิดปกติได้ในระดับบริการ ผลการทดสอบเชิงประจักษ์ยืนยันว่า 1) สถาปัตยกรรมที่นำเสนอสามารถส่งต่ออีเมลด้วยมาตรฐาน OAuth 2.0 ได้สำเร็จ 100% 2) แม้กระบวนการความปลอดภัยที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ความหน่วงเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเป็น 2.158 วินาที เมื่อเทียบกับระบบการยืนยันตัวตนพื้นฐานแบบดั้งเดิม 1.908 วินาที แต่ยังคงอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และ 3) ระบบ HA สามารถกู้คืนการทำงานเมื่อบริการล้มเหลวได้ภายในเวลาเฉลี่ย 1.312 วินาที งานวิจัยนี้จึงเป็นแนวทางสำคัญในการยกระดับความปลอดภัยให้ระบบดั้งเดิมสามารถทำงานร่วมกับมาตรฐานสมัยใหม่ได้อย่างมั่นคงและปลอดภัย

**คำสำคัญ:** ระบบส่งต่ออีเมลปลอดภัย, แอปพลิเคชันดั้งเดิม, การยืนยันตัวตนสมัยใหม่, โอออ 2 เอเจนต์, ความพร้อมใช้งานสูงระดับบริการ



Copyright © 2026 Journal of Computer and Creative Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC-ND).

การอ้างอิง:

พิชิต ทองดำ, และ ธนัญ จารุวิทย์โกวิท. (2569). การออกแบบและประเมินผลระบบส่งต่ออีเมลปลอดภัยที่มีความพร้อมใช้งานสูงด้วยการยืนยันตัวตน OAuth2 สำหรับระบบดั้งเดิม. วารสารคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสร้างสรรค์, 4(1), e2971.

<https://doi.org/10.65205/jcct.2026.e2971>

## 1. บทนำ (Introduction)

ปัจจุบันอีเมลยังคงเป็นเครื่องมือสื่อสารที่สำคัญที่สุดสำหรับกระบวนการทางธุรกิจในระดับองค์กร อย่างไรก็ตามท่ามกลางภัยคุกคามทางไซเบอร์ที่ทวีความรุนแรง ผู้ให้บริการอีเมลอย่าง Microsoft 365 ได้ยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยโดยบังคับใช้การยืนยันตัวตนสมัยใหม่ (Modern Authentication) บนมาตรฐาน OAuth 2.0 และประกาศยุติการสนับสนุนการยืนยันตัวตนพื้นฐาน (Basic Authentication) สำหรับการส่งอีเมลภายในเดือนเมษายน ปี 2026 (The Exchange Team, 2024) การเปลี่ยนแปลงนี้นับเป็นวิกฤตสำคัญสำหรับองค์กรที่มีระบบแอปพลิเคชันดั้งเดิมจำนวนมาก ซึ่งถูกจำกัดให้รองรับเพียงการยืนยันตัวตนพื้นฐานด้วยรหัสผ่านตายตัว (Static Password) และไม่สามารถปรับปรุงซอร์สโค้ดให้รองรับมาตรฐานใหม่ที่ใช้แอคเซสโทเคน (Access Token) ได้ เนื่องจากความซับซ้อนทางเทคนิค ค่าใช้จ่ายที่สูงและความเสี่ยงต่อเสถียรภาพของระบบ (Chatterjee et al., 2024) หากไม่มีแนวทางแก้ไขที่เหมาะสม องค์กรจะเผชิญกับความเสียหายที่ระบบงานสำคัญต้องหยุดชะงักทางธุรกิจ (Business Disruption) พื้นที่ที่มาตรการบังคับใช้มีผล เนื่องจากแอปพลิเคชันดั้งเดิมไม่สามารถเชื่อมต่อเพื่อส่งอีเมลทำธุรกรรมได้อีกต่อไป นอกจากนี้ในฐานะที่ระบบส่งต่ออีเมลทำหน้าที่เป็นตัวกลาง (Central Gateway) ขององค์กร ความพร้อมใช้งานสูง (High Availability) จึงเป็นปัจจัยที่ต้องพิจารณาควบคู่กันเพื่อป้องกันความล้มเหลวเพียงจุดเดียว (Single Point of Failure) ที่อาจส่งผลให้ระบบงานทั้งหมดหยุดชะงัก จากการทบทวนวรรณกรรมและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง พบว่าแนวทางแก้ไขปัญหานี้ในปัจจุบันยังมีช่องว่างของงานวิจัย (Research Gap) ที่สำคัญ ดังนี้ 1) ข้อจำกัดของระบบส่งต่ออีเมลที่มีอยู่ ซอฟต์แวร์ตัวแทนส่งอีเมล (Mail Transfer Agent: MTA) ปัจจุบัน เช่น Postfix หรือ IIS 6.0 SMTP ยังไม่รองรับการแปลงโปรโตคอลจาก Basic Auth เป็น OAuth 2.0 สำหรับแอปพลิเคชันดั้งเดิม 2) ขาดการบูรณาการระบบความพร้อมใช้งานสูง งานวิจัยส่วนใหญ่มักแยกส่วนระหว่างเรื่องความปลอดภัยและความพร้อมใช้ ยังไม่พบงานวิจัยใดที่นำเสนอสถาปัตยกรรมที่บูรณาการ OAuth2 Agent เข้ากับ ตรวจสอบความผิดปกติระดับบริการ (Service-Level) ในระบบเดียวกัน และ 3) ระบบตรวจสอบที่ไม่ครอบคลุม โซลูชันความพร้อมใช้งานสูงทั่วไปมักตรวจสอบเพียงระดับโหนด (Node Level) แต่ไม่สามารถตรวจสอบความผิดปกติระดับบริการ เช่น กรณีที่บริการหยุดทำงานขณะเครื่องแม่ข่ายยังออนไลน์อยู่ ซึ่งก่อให้เกิดภาวะการบริการล้มเหลวที่ระบบไม่สามารถตรวจจับได้ (Silent Failure)

ดังนั้นเพื่อปิดช่องว่างดังกล่าว งานวิจัยนี้นำเสนอสถาปัตยกรรมระบบส่งต่ออีเมลปลอดภัย (Secure Mail Relay) ที่ออกแบบมาเพื่อเชื่อมช่องว่างระหว่างระบบดั้งเดิมและมาตรฐานความปลอดภัยใหม่ โดยมีคุณค่าทางวิชาการที่สำคัญ (Main Contributions) ดังนี้

1. การนำเสนอนวัตกรรม OAuth2 Agent สำหรับการยืนยันตัวตน โดยได้พัฒนาโมดูล “OAuth2 Agent” ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการแปลงการยืนยันตัวตนจากระบบดั้งเดิม (Legacy Application) ไปสู่มาตรฐาน OAuth 2.0 ได้อย่างราบรื่น ช่วยให้แอปพลิเคชันสามารถใช้งานต่อไปได้โดยไม่ต้องแก้ไขซอร์สโค้ด
2. นำเสนอกลไกการตรวจสอบสุขภาพระบบ (Custom Health Check) ร่วมกับ Keepalived เพื่อตรวจจับความผิดปกติเชิงลึกในระดับแอปพลิเคชันของ Postfix และ Dovecot พร้อมสามารถกู้คืนระบบได้อัตโนมัติ (Failover)
3. การประเมินผลเชิงประจักษ์ (Experimental Evaluation) ดำเนินการทดสอบและเปรียบเทียบประสิทธิภาพทั้งด้านความปลอดภัย (Security), ความหน่วง (Latency) และระยะเวลาในการกู้คืนระบบ (Failover Time) เพื่อยืนยันประสิทธิภาพและความเป็นไปได้ในการนำไปใช้งานจริงในระดับองค์กร

## 2. วัตถุประสงค์งานวิจัย (Research Objectives)

1. เพื่อออกแบบสถาปัตยกรรม Secure Mail Relay ที่รองรับ OAuth 2.0 Authentication สำหรับ Legacy Application
2. เพื่อประเมินประสิทธิภาพด้านความปลอดภัยและเวลาในการส่ง (latency) เมื่อเทียบกับ Basic Authentication และระบบ Relay แบบอื่น
3. เพื่อประเมินความสามารถของระบบ High Availability ในระดับ Service-Level ผ่าน Keepalived และตรวจสอบความถูกต้องของระบบแจ้งเตือน

### 3. การทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง (Literature Review)

#### 3.1 ทฤษฎีและเทคโนโลยีพื้นฐาน (Theoretical Background)

งานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้ทฤษฎีพื้นฐานสำคัญ 2 ประการ เพื่อออกแบบสถาปัตยกรรมที่ปลอดภัยและเข้ากันได้กับมาตรฐานสมัยใหม่ ดังนี้

1. วิวัฒนาการความปลอดภัยของ SMTP และข้อจำกัด (SMTP Security Evolution and Limitations) โพรโทคอล SMTP ดั้งเดิม RFC 5321 (Klensin, 2008) ถูกออกแบบโดยขาดกลไกความปลอดภัยพื้นฐาน ทำให้ข้อมูลถูกส่งเป็น Plaintext แม้ภายหลังจะมีมาตรฐาน STARTTLS RFC 3207 (Hoffman, 2002) เข้ามาช่วยยกระดับการเข้ารหัสช่องทางสื่อสาร (Encryption) ในระหว่างการรับส่งข้อมูล (Transit) แต่กลไกดังกล่าวยังไม่ครอบคลุมถึงการพิสูจน์ตัวตนที่แข็งแกร่ง โดยยังคงพึ่งพาการยืนยันตัวตนพื้นฐานที่ใช้ User และ Password ซึ่งมีความเสี่ยงสูงต่อการถูกโจมตีแบบ Brute Force และ Password Spraying นำมาสู่การบังคับใช้มาตรฐานใหม่ที่ยกเลิกการสนับสนุนการยืนยันตัวตนพื้นฐานในระบบอีเมลองค์กร

2. กรอบการทำงาน OAuth 2.0 สำหรับแอปพลิเคชัน (OAuth 2.0 for Non-Interactive Applications) เพื่อแก้ปัญหาความปลอดภัยของรหัสผ่าน มาตรฐาน OAuth 2.0 RFC 6749 (Hardt, 2012) ได้ถูกนำมาใช้แทนที่ โดยงานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่กระบวนการ Client Credentials Grant Flow (Microsoft, 2025a) ซึ่งออกแบบมาสำหรับการสื่อสารแบบเครื่องต่อเครื่อง (Machine-to-Machine: M2M) โดยเฉพาะ ทฤษฎีนี้อนุญาตให้แอปพลิเคชัน ในที่นี้คือ OAuth2 Agent สามารถยืนยันตัวตนด้วย Client Certificate หรือ Client Secret เพื่อขอแอคเซสโทเคน จาก Authorization Server ได้โดยตรงโดยไม่ต้องอาศัยปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้งาน (User Interaction) จากนั้นจึงนำ Token ไปยืนยันตัวตนผ่านกลไก SASL XOAUTH2 ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญที่ทำให้ระบบส่งต่ออีเมลปลอดภัย สามารถทำงานร่วมกับ Microsoft 365 ได้อย่างปลอดภัย

#### 3.2 เทคโนโลยีและเครื่องมือที่เกี่ยวข้อง (Related Technologies and Tools)

งานวิจัยนี้เลือกใช้เทคโนโลยีแบบ Open Source โดยจัดกลุ่มตามหน้าที่การทำงานในสถาปัตยกรรมระบบ ดังนี้

1. แกนหลักของระบบส่งต่ออีเมล (Core Relay Engine) Postfix ถูกใช้เป็น MTA ซึ่งมีจุดเด่นที่สถาปัตยกรรมแบบหลายโปรเซส (Multi-process Architecture) ที่เน้นการแยกสิทธิ์การทำงาน (Privilege Separation) (Postfix, n.d.) Postfix ถูกตั้งค่าเป็นระบบส่งต่ออีเมลปลอดภัยโดยรับอีเมลจากแอปพลิเคชันดั้งเดิม ทำงานร่วมกับ Dovecot ที่ทำหน้าที่เป็น SASL สำหรับ Postfix เนื่องจาก Postfix ไม่ได้ทำหน้าที่พิสูจน์ตัวตนกับแอปพลิเคชันดั้งเดิม (Dovecot Team, n.d.) โดย Postfix จะส่งต่อคำร้องขอ SMTP AUTH ไปให้ Dovecot ตรวจสอบผ่าน UNIX Socket

2. กรอบการพัฒนา OAuth2 Agent (Agent Development Framework) aiosmtpd ถูกเลือกใช้เป็นไลบรารีหลักในการสร้าง OAuth2 Agent ด้วยสถาปัตยกรรมแบบ Asynchronous (The aiosmtpd developers, 2025) ซึ่งสามารถสร้าง Custom Handler เพื่อฝังตรรกะการขอตามมาตรฐาน OAuth 2.0 และการส่งต่ออีเมลเข้ากับกระบวนการ SMTP ได้โดยตรง ในส่วนของการจัดการสิทธิ์ งานวิจัยนี้ได้ใช้ไลบรารี msal (Microsoft, 2025b) เพื่อสื่อสารกับ Microsoft Entra ID ในฐานะผู้ให้บริการยืนยันตัวตน (Identity Provider: IdP) สำหรับการขอรับแอคเซสโทเคน ผ่านกระบวนการ Client Credentials Flow และใช้โมดูลมาตรฐาน smtplib (Python Software Foundation, 2025) ในการสร้างการเชื่อมต่อ STARTTLS และส่งแอคเซสโทเคนที่ได้รับผ่านกลไก SASL โดยใช้ AUTH XOAUTH2 ไปยัง Microsoft 365 รวมถึงใช้พัฒนาโปรแกรมจำลองการส่งอีเมลเพื่อการทดสอบ นอกจากนี้ งานวิจัยนี้ได้ใช้ไลบรารี Cryptography (Cryptography, 2023) เพื่อยกระดับความปลอดภัยด้วยสถาปัตยกรรม Fernet ซึ่งเป็นการเข้ารหัสแบบสมมาตร (Symmetric Encryption) ที่ผสานอัลกอริทึม AES-128 ร่วมกับกลไก HMAC-SHA256 เพื่อรักษาความถูกต้องของข้อมูล (Integrity) และป้องกันการลักลอบแก้ไขไฟล์โทเคน

3. กลไกความพร้อมใช้งานสูง (High Availability Mechanism) Keepalived ทำหน้าที่บริหารจัดการ (Virtual IP: VIP) ผ่านโปรโตคอล VRRP โดยจุดเด่นที่งานวิจัยนี้นำมาใช้คือความสามารถในการเรียกใช้ Custom Health Check Script (Cassen & Contributors, 2017) ทำให้สามารถขยายขอบเขตการตรวจสอบจากระดับโหนดไปสู่ระดับบริการได้

#### 3.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนวรรณกรรม โดยการสังเคราะห์องค์ความรู้จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและจำแนกออกเป็น 3 กลุ่มหลัก เพื่อระบุช่องว่างทางวิชาการและแนวทางประยุกต์ใช้ ดังนี้

1. สถาปัตยกรรมระบบอีเมลและความปลอดภัย งานวิจัยส่วนใหญ่ยอมรับประสิทธิภาพของ Postfix ในฐานะ MTA ที่มีความเสถียรสูงโดย Sharabov et al. (2024) และ Oliveira et al. (2022) ได้นำเสนอการปรับแต่ง Postfix เพื่อการกรองสแปมและบัญชีดำแบบเรียลไทม์ ซึ่งยืนยันถึงความยืดหยุ่นของ Postfix ในการรองรับส่วนขยาย (Extensions) อย่างไรก็ตาม งานวิจัยกลุ่มนี้ยังมุ่งเน้นเพียงความปลอดภัยในการกรองเนื้อหา และประสิทธิภาพของ Postfix แต่ยังไม่ครอบคลุมถึงแนวทางแก้ปัญหาการยืนยันตัวตนสมัยใหม่ สำหรับระบบแอปพลิเคชันดั้งเดิม ซึ่งเป็นโจทย์หลักของงานวิจัยนี้

2. สถาปัตยกรรมตัวกลางและความปลอดภัย ในบริบทของระบบสมัยใหม่ Gbenle et al. (2022) ได้นำเสนอแนวทางการใช้ API Gateway เป็นตัวกลางในการรักษาความปลอดภัย (Secure Gateway) สำหรับระบบแบบกระจายศูนย์ (Distributed Systems) โดยทำหน้าที่จัดการกระบวนการยืนยันตัวตนด้วย OAuth 2.0 และ JSON Web Tokens (JWT) แทนแอปพลิเคชันหลังบ้าน ซึ่งช่วยแยกกระบวนการยืนยันตัวตนออกจากตรรกะของแอปพลิเคชัน (Decoupling) และลดความเสี่ยงจากการเปิดเผยข้อมูลสำคัญ อย่างไรก็ตาม แม้แนวคิดการใช้ตัวกลาง จะได้รับการพิสูจน์แล้วว่ามีประสิทธิภาพในการจัดการโทเคนและการรักษาความปลอดภัยสำหรับสถาปัตยกรรม แต่ปัจจุบันยังขาดงานวิจัยที่นำสถาปัตยกรรมดังกล่าวมาประยุกต์ใช้กับโปรโตคอลอีเมลอย่าง SMTP เพื่อแก้ปัญหาความเข้ากันไม่ได้ของระบบแอปพลิเคชันดั้งเดิมที่ไม่รองรับการยืนยันตัวตนสมัยใหม่ ซึ่งเป็นช่องว่างที่งานวิจัยนี้มุ่งเน้นแก้ไข

3. ความพร้อมใช้งานสูงและการตรวจสอบระบบ ในด้านความพร้อมใช้งาน Putranto (2019) ได้เสนอการใช้ Keepalived และ VRRP เพื่อทำกลไกการสลับทำงานอัตโนมัติ ในระดับโหนด แต่แนวทางดังกล่าวยังมีข้อจำกัดที่ไม่สามารถตรวจจับความผิดปกติภายในระดับบริการได้ เช่น กรณีบริการหยุดทำงานแต่เครื่องยังออนไลน์อยู่ เพื่อปิดช่องโหว่นี้จึงได้นำแนวคิด Service-Behavioral Monitoring ของ Faseeha et al. (2025) ที่เน้นการตรวจสอบพฤติกรรมของบริการ (Service Behavior) มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนา Custom Health Check Script เพื่อให้ระบบความพร้อมใช้งานสูงมีความแม่นยำยิ่งขึ้น

4. การปรับปรุงระบบดั้งเดิมและความปลอดภัยของโทเคน สำหรับการจัดการระบบ Legacy นั้น Mishra (2020) เสนอกลยุทธ์ Encapsulation หรือการสร้าง Wrapper ห่อหุ้มระบบเดิมเพื่อเชื่อมต่อกับมาตรฐานใหม่ ซึ่งเป็นรากฐานแนวคิดของการพัฒนา "OAuth2 Agent" ในงานวิจัยนี้ นอกจากนี้ เพื่อความปลอดภัยในการจัดการโทเคน Matcha & Kumar (2025) ระบุว่า การเข้ารหัสและจำกัดสิทธิ์การเข้าถึงไฟล์โทเคนสามารถลดความเสี่ยงจากการโจรกรรมได้ถึงร้อยละ 88.6 ซึ่งงานวิจัยนี้ได้นำหลักการนี้มาใช้ในการออกแบบระบบแคชโทเคน (Token Cache) ให้มีความปลอดภัยสูง

#### 4. กรอบแนวคิดงานวิจัย (Conceptual Framework)

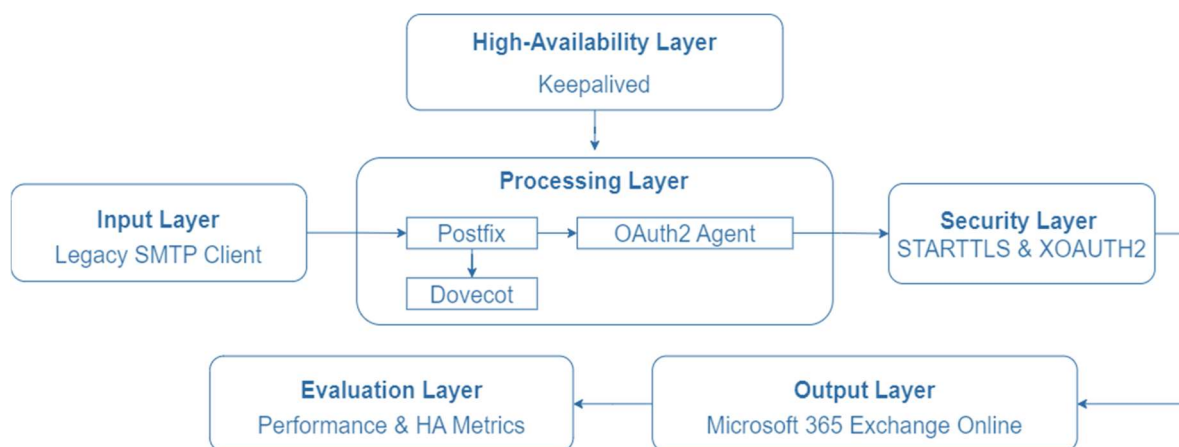


**Figure 1.** Conceptual Framework for Design and Evaluation of a High-Availability Secure Mail Relay with OAuth2 Authentication for Legacy Systems

แผนภาพกรอบแนวคิด Figure 1. แสดงสถาปัตยกรรมระบบในรูปแบบ System-Based Conceptual Framework โดยแบ่งองค์ประกอบออกเป็นชั้น (Layers) ตามหน้าที่การทำงานและการไหลของข้อมูล (Data Flow) ดังนี้

1. ชั้นนำเข้าข้อมูล (Input Layer) ประกอบด้วย Legacy SMTP Client ทำหน้าที่เป็นจุดเริ่มต้นของกระบวนการ โดยส่งคำขอส่งอีเมลผ่านโปรโตคอล SMTP (Plaintext) เข้ามายังระบบ
2. ชั้นประมวลผล (Processing Layer) ทำหน้าที่เป็นแกนหลักในการประมวลผล ประกอบด้วย Postfix เป็น MTA ด้านหน้าทำหน้าที่รับการเชื่อมต่อและบริหารจัดการคิว (Queue Management), Dovecot ทำหน้าที่ตรวจสอบสิทธิ์ในการยืนยันตัวตนของ Client ผ่านกลไก (Simple Authentication and Security Layer: SASL) และ OAuth2 Agent นวัตกรรมที่รับช่วงต่อจาก Postfix เพื่อแปลงการยืนยันตัวตนไปสู่มาตรฐานสมัยใหม่
3. ชั้นความปลอดภัย (Security Layer) เป็นชั้นที่ควบคุมมาตรฐานความปลอดภัยในการรับส่งข้อมูล ประกอบด้วย STARTTLS กลไกการเข้ารหัสช่องทางการสื่อสารให้ปลอดภัย (Encryption) และ XOAUTH2 กลไก SASL ที่ใช้สำหรับการยืนยันตัวตนสมัยใหม่ ซึ่ง OAuth2 Agent ใช้เจรจากับผู้ให้บริการโดยใช้แอคเซสโทเคน แทนการใช้รหัสผ่าน
4. ชั้นส่งออกข้อมูล (Output Layer) คือปลายทาง Microsoft 365 Exchange Online ซึ่งเป็นผู้ให้บริการอีเมลที่รับข้อมูลที่ผ่านการยืนยันตัวตนและเข้ารหัสเรียบร้อยแล้วไปดำเนินการต่อ
5. ชั้นความพร้อมใช้งานสูง (High-Availability Layer) ทำหน้าที่กำกับดูแลเสถียรภาพของระบบ (System Reliability) ครอบคลุมการทำงานของ Processing Layer ทั้งหมด โดยใช้ Keepalived เป็นกลไกหลักในการตรวจสอบสถานะ (Health Check) ของบริการ Postfix และ Dovecot และควบคุมการสลับระบบ (Failover) อัตโนมัติเมื่อเกิดเหตุขัดข้อง
6. ชั้นการประเมินผล (Evaluation Layer) เป็นส่วนประเมินผลลัพธ์ของระบบทั้งด้านประสิทธิภาพ (Performance) และความพร้อมใช้งาน ผ่านตัวชี้วัดสำคัญ ได้แก่ ความหน่วง (Latency), อัตราความสำเร็จ (Success Rate) และระยะเวลาการกู้คืนระบบ (Failover Time) โดยเปรียบเทียบผลลัพธ์กับระบบส่งต่ออีเมลแบบดั้งเดิม ได้แก่ IIS 6.0 SMTP Virtual Server, Stunnel TLS Proxy และ Postfix (Basic Authentication) เพื่อยืนยันประสิทธิภาพและความเหมาะสมในการนำมาใช้งานทดแทน

## 5. วิธีดำเนินงานวิจัย (Research Methodology)

การวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพของระบบส่งต่ออีเมลปลอดภัย เพื่อแก้ปัญหาความเข้ากันไม่ได้ของโปรโตคอลการยืนยันตัวตนในระบบดั้งเดิม รวมไปถึงความมั่นคงของบริการส่งต่ออีเมลปลอดภัย เพื่อให้การดำเนินการวิจัยเป็นไปอย่างมีมาตรฐานและตรวจสอบความถูกต้องได้ (Validity) โดยได้กำหนดกรอบการดำเนินงานออกเป็น 5 ระยะสำคัญ ดังนี้

### 5.1 วิธีการออกแบบระบบ (System Design Method)

#### 5.1.1 สถาปัตยกรรมเครือข่ายและซอฟต์แวร์ (Network and Software Architecture)

ระบบถูกออกแบบในลักษณะ Secure Mail Relay Gateway (Figure 2.) ทำหน้าที่เป็นตัวกลางระหว่างแอปพลิเคชันดั้งเดิมและ Microsoft 365 โดยมีองค์ประกอบสำคัญ คือ

1. จุดเชื่อมต่อ (Entry Point) ให้บริการผ่าน VIP เพียงจุดเดียว
2. คลัสเตอร์เซิร์ฟเวอร์ (Relay Cluster) ทำงานแบบ Active/Standby จำนวน 2 โหนด โดยภายในแต่ละโหนดประกอบด้วยซอฟต์แวร์โอเพนซอร์สและนวัตกรรมที่พัฒนาขึ้นใหม่ ดัง Figure 3. ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้
  - 1) Incoming Handling ใช้ Postfix (2)smtpd ร่วมกับ Dovecot (3)dovecot SASL เพื่อรับอีเมลและยืนยันตัวตนพื้นฐาน จากแอปพลิเคชันดั้งเดิม (1)Legacy Application
  - 2) จาก (7)OAuth2 Agent นวัตกรรมที่พัฒนาด้วย Python แทรกอยู่ระหว่างกระบวนการส่งต่อ ทำหน้าที่แปลงการยืนยันตัวตนเป็น OAuth 2.0 (XOAUTH2) เพื่อส่งต่อไปยัง Microsoft 365
  - 3) Queue Management (5)qmgr ออกแบบกลไกการสื่อสารระหว่างโพรเซส ให้ Postfix จัดการคิวตาม SMTP Response Code ที่ได้รับจาก OAuth2 Agent (2xx=Success, 4xx=Retry, 5xx=Drop)

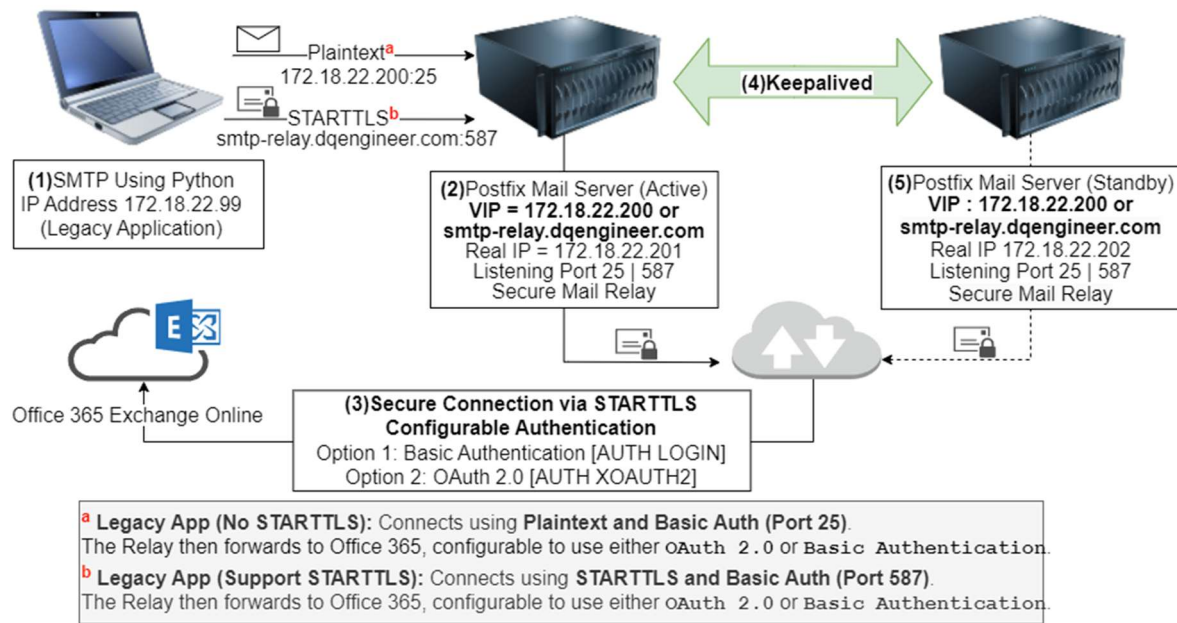


Figure 2. Architecture of a High Availability Secure Mail Relay for Legacy Applications

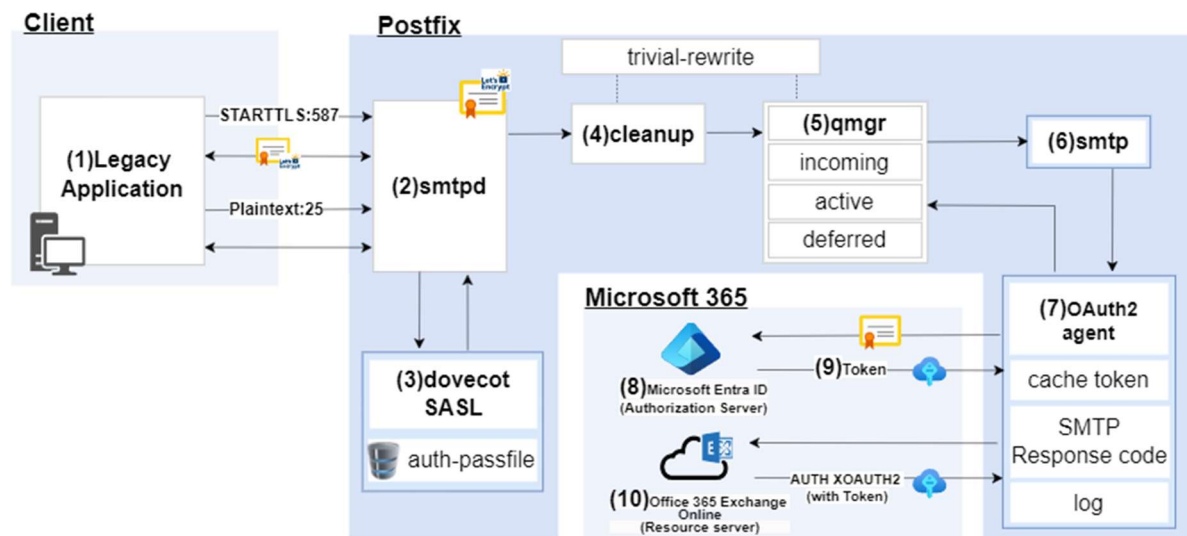


Figure 3. Architecture and Workflow of Postfix and Dovecot Integrating with the OAuth 2 Agent

### 5.1.2 โมเดลความปลอดภัย (Security Model)

งานวิจัยนี้กำหนดมาตรการป้องกันความเสี่ยงสำคัญ ดังนี้

1. Credential Theft Mitigation ยกเลิกการเก็บรหัสผ่านถาวร โดยใช้แอคเซสโทเคนที่มีอายุจำกัด (Time-limited) และการยืนยันตัวตนเพื่อขอแอคเซสโทเคนของ OAuth2 Agent กับ IdP โดยใช้ Self-signed Certificate (RSA 4096-bit) แทนการใช้ Client Secret

2. Token Management and Protection บริหารจัดการโทเคนที่มีอายุใช้งาน 1 ชั่วโมง โดยจัดเก็บในรูปแบบข้อมูลเข้ารหัส (Encrypted Binary) ร่วมกับกลไก HMAC-SHA256 บนพื้นที่จำกัดสิทธิ์ (Restricted Access) เพื่อรักษาความถูกต้องของข้อมูล (Integrity) พร้อมกลไกขอแอคเซสโทเคนใหม่ล่วงหน้า 300 วินาที (Safety Buffer) เพื่อความต่อเนื่องของบริการ

### 5.1.3 การออกแบบความพร้อมใช้งาน (High Availability Design) เพื่อป้องกันจุดล้มเหลวเพียงจุดเดียว

ระบบใช้โปรโตคอล VRRP ผ่านซอฟต์แวร์ Keepalived โดยมีกลไกตรวจสอบ 2 ระดับ ดังนี้

1. ระดับโหนด โดยกำหนดให้มีการส่ง VRRP Advertisement ทุกๆ 0.3 วินาที หากเครื่องสำรองไม่ได้รับสัญญาณดังกล่าวติดต่อกันครบ 3 ครั้ง โหนดสำรอง จะทำการยึดครอง (Takeover) VIP อัตโนมัติ
2. ระดับบริการ ใช้ชุดคำสั่งเฉพาะ (Custom Script) ตรวจสอบสถานะของบริการภายใน Postfix และ Dovecot ทุก 0.2 วินาที หากล้มเหลวติดต่อกัน 3 ครั้ง ระบบจะส่งลดค่าความสำคัญ (Priority) ของโหนดหลัก เพื่อบังคับให้ทำการกู้คืนความล้มเหลว ไปยังโหนดสำรองอัตโนมัติ

### 5.1.4 การออกแบบระบบแจ้งเตือน (Monitoring) เพื่อให้ผู้ดูแลระบบรับทราบสถานะการทำงานแบบเรียลไทม์

งานวิจัยนี้ได้บูรณาการระบบแจ้งเตือนโดยใช้ฟังก์ชัน notify\_master ของ Keepalived เป็นตัวจุดชนวน (Trigger) เมื่อเกิดการสลับโหนด (Failover) ระบบจะเรียกใช้ชุดคำสั่งเพื่อรวบรวมข้อมูลบริบทสำคัญ Hostname, VIP, IP Address และ Timestamp จากนั้นจัดรูปแบบเป็น JSON ก่อนส่งผ่าน HTTP POST ไปยัง Microsoft Power Automate Webhook เพื่อแจ้งเตือนเข้าสู่กลุ่มสนทนาบน Microsoft Teams โดยอัตโนมัติ

## 5.2 การออกแบบการทดลอง (Experimental Design)

### 5.2.1 สภาพแวดล้อมการทดลอง (Experimental Environment)

การทดลองดำเนินการบนสภาพแวดล้อมเสมือน (Virtual Environment) โดยมีการควบคุมคุณสมบัติของฮาร์ดแวร์ให้เหมือนกันทุกประการ ดังแสดงใน Table 1.

Table 1. Experimental Environment Specifications

| Component          | Specifications                                                                                    |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Host Hardware      | AMD Ryzen™ 5 7540U, 16 GB RAM (6400MHz), SSD NVMe Gen4, Vention USB-C to Gigabit Ethernet Adapter |
| Virtual Machine    | 4 vCPU, 4GB vRAM, Network 1 Gbps (NAT)                                                            |
| Proposed System OS | Ubuntu Server 24.04.2 LTS                                                                         |
| Proposed Software  | Postfix 3.8.6, Keepalived 2.2.8, Python 3.12.3                                                    |
| Proposed Library   | Cryptography 41.0.7, msal 1.26.0, aiosmtpd 1.4.4.post2                                            |
| Baseline Systems   | IIS 6.0 SMTP (Windows Server 2019), Stunnel 5.63 (Ubuntu 24.04.2 LTS)                             |
| Tools              | Wireshark 4.4.5, Tshark 4.2.2                                                                     |

### 5.2.2 การควบคุมตัวแปร (Experimental Control) เพื่อให้ผลการทดลองมีความเที่ยงตรง

กำหนดมาตรการควบคุมตัวแปร คือ Network Conditions ทดสอบในระบบเครือข่ายจำลองแบบปิด (Isolated Virtual Network) เพื่อขจัดปัจจัยรบกวน (Local Traffic Noise) และใช้วิธีการทดสอบซ้ำ (Replication) จำนวน 30 ครั้ง เพื่อเฉลี่ยความผันผวนของอินเทอร์เน็ตขาออก

## 5.3 ตัวชี้วัดและการวิเคราะห์ข้อมูล (Metrics and Data Analysis)

### 5.3.1 ตัวชี้วัด (Measurement Metrics)

1. Transmission Latency วัดระยะเวลาทั้งหมดของเซสชันการสื่อสาร (Total Session Duration) โดยคำนวณจากผลต่างเวลา ตั้งแต่แอปพลิเคชันดั้งเดิม เริ่มส่งแพ็กเก็ต TCP SYN ไปยัง Secure Mail Relay และรอจนกว่ากระบวนการส่งต่อ SMTP ไปยัง Microsoft 365 เสร็จสิ้นจนกระทั่งระบบส่งต่ออีเมลปลอดภัย ส่งแพ็กเก็ต TCP FIN, ACK เพื่อยุติการเชื่อมต่อ
2. Success Rate (%) สัดส่วนจำนวนอีเมลที่ส่งถึงผู้รับปลายทางสำเร็จ (Delivered)
3. Failover Time วัดระยะเวลาการตอบสนองต่อความล้มเหลว นับตั้งแต่ระบบเริ่มเกิดความผิดปกติของระดับบริการ และระดับโหนด จนถึงเวลาที่โหนดสำรอง ส่งสัญญาณ Gratuitous ARP เพื่อประกาศการยึดครอง VIP เกณฑ์การ

ยอมรับ (Threshold) โดยกำหนดเกณฑ์ไว้ที่ไม่เกิน 1.800 วินาที ซึ่งคำนวณจากผลรวมของระยะเวลาการคอยสูงสุดทางทฤษฎี (Theoretical Maximum Delay)

4. การวิเคราะห์ความปลอดภัยระดับโปรโตคอล (Protocol Security Analysis) เป็นการวัดผลเชิงคุณภาพผ่านการตรวจสอบแพ็กเก็ต (Packet Inspection) ใน 2 ระยะสำคัญ ได้แก่ 1) ระยะยืนยันตัวตน (Authentication Phase) ตรวจสอบกลไก SASL ที่ระบบนำเสนอ (เช่น AUTH PLAIN, LOGIN, XOAUTH2) และ 2) ระยะเจรจาการเข้ารหัส (Handshake Phase) ตรวจสอบแพ็กเก็ต Server Hello จาก Microsoft 365 เพื่อยืนยันเวอร์ชัน TLS และ Cipher Suite ที่ตกลงใช้งานจริง (Negotiated Parameters)

#### 5.4 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล (Data Collection)

การเก็บรวบรวมข้อมูลดำเนินการผ่าน 3 ขั้นตอนการทดสอบหลัก โดยบูรณาการเครื่องมือวิเคราะห์เครือข่ายร่วมกับเครื่องมือตรวจสอบของผู้ให้บริการ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วนและยืนยันความถูกต้องได้ (Cross-Validation) ดังนี้

1. กระบวนการทดสอบ (Testing Procedure) ดำเนินการทดสอบจำนวน 30 ครั้งต่อชุดการทดลอง โดยใช้วิธีการส่งแบบลำดับ (Sequential Execution) รอให้การส่งครั้งก่อนหน้าเสร็จสมบูรณ์ก่อนเริ่มครั้งถัดไป เพื่อขจัดตัวแปรแทรกซ้อนด้านการรอคิว (Queuing Delay)

2. การบันทึกข้อมูลเชิงเทคนิค (Technical Recording) ใช้เครื่องมือ Wireshark บันทึกการจราจรเครือข่ายและวิเคราะห์พารามิเตอร์ความปลอดภัย

3. การยืนยันผลลัพธ์ (Result Verification) ใช้เครื่องมือ Message Trace บนระบบ Microsoft 365 Exchange Online ในการติดตามสถานะการนำส่ง (Delivered) เพื่อตรวจสอบยืนยันความถูกต้องว่าอีเมลที่เซิร์ฟเวอร์ตอบรับได้ถูกส่งถึงผู้รับปลายทางอย่างสมบูรณ์จริง

#### 5.5 การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis Method)

งานวิจัยนี้นำข้อมูลดิบ (Raw Data) จากการทดสอบทั้ง 3 ชุด มาประมวลผลและวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อสรุปผลประสิทธิภาพ โดยแบ่งเป็น 2 ส่วนหลัก ดังนี้

1. การวิเคราะห์เชิงพรรณนา (Descriptive Analysis) สำหรับข้อมูลเชิงปริมาณด้านเวลา (Transmission Latency และ Failover Time) โดยคำนวณค่าสถิติสำคัญ 7 ประการ เพื่ออธิบายพฤติกรรมของระบบอย่างละเอียด ได้แก่ 1) ค่าต่ำสุด (Min) และค่าสูงสุด (Max) เพื่อแสดงขอบเขตของข้อมูล (Data Range) 2) ค่าเฉลี่ย (Mean) เพื่อเป็นตัวแทนประสิทธิภาพโดยรวม 3) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เพื่อวัดความเสถียร (Stability) ของระบบ 4) ค่ามัธยฐาน (Median) เพื่อดูแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลางโดยลดผลกระทบจากค่าที่ผิดปกติ 5) ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 (95th Percentile) เพื่อประเมินประสิทธิภาพในสถานการณ์ที่แย่ที่สุด และ 6) ค่าผิดปกติ (Outliers) ระบุโดยใช้เกณฑ์ Interquartile Range ( $1.5 \times IQR$ ) เพื่อแยกแยะข้อมูลที่มีความล่าช้าผิดปกติอันเกิดจากความไม่เสถียรชั่วคราว

2. การวิเคราะห์เปรียบเทียบและนำเสนอผล (Comparative Analysis & Visualization)

1) เปรียบเทียบสมรรถนะระหว่างระบบที่นำเสนอกับระบบส่งต่ออีเมลที่มีอยู่ดั้งเดิมซึ่งรองรับเพียงการยืนยันตัวตนพื้นฐาน โดยนำเสนอผ่านแผนภาพกล่อง (Box Plot) เพื่อแสดงการกระจายตัวและเปรียบเทียบค่ากลางอย่างชัดเจน

2) เปรียบเทียบพารามิเตอร์ความปลอดภัยที่ได้จากการตรวจสอบแพ็กเก็ต (Packet Inspection) เทียบกับมาตรฐานความปลอดภัยสากล

### 6. ผลการวิจัย (Results)

ส่วนนี้จะนำเสนอผลการทดลองเชิงประจักษ์เพื่อตอบวัตถุประสงค์การวิจัยทั้ง 3 ข้อ โดยแบ่งการนำเสนอผลออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ 1) ผลการออกแบบสถาปัตยกรรม 2) ผลการประเมินประสิทธิภาพด้านความปลอดภัยและเวลาในการส่ง และ 3) ผลการประเมินความพร้อมใช้งานสูง

#### 6.1 ผลการออกแบบสถาปัตยกรรม Secure Mail Relay

งานวิจัยนี้ได้สถาปัตยกรรมระบบส่งต่ออีเมลปลอดภัยที่สามารถทำงานร่วมกับแอปพลิเคชันดั้งเดิมได้สำเร็จ ดังแสดงใน Figure 2. โดยผลการพัฒนาส่วนประกอบซอฟต์แวร์ตาม Figure 3. พบว่าโมดูลที่พัฒนาขึ้น OAuth2 Agent สามารถ

บูรณาการร่วมกับ Postfix และ Dovecot ได้อย่างสมบูรณ์ ส่งผลให้ระบบมีคุณสมบัติทางเทคนิคครบถ้วนตามการออกแบบ  
ดังนี้

1. สามารถรับการเชื่อมต่อแบบ Plaintext หรือ STARTTLS จากแอปพลิเคชันดั้งเดิมได้
2. สามารถแปลงการยืนยันตัวตนเป็น OAuth 2.0 (XOAUTH2) เพื่อส่งต่ออีเมลไปยัง Microsoft 365 ได้จริง
3. มีกลไกการทำงานความพร้อมใช้สูงในระดับบริการและระดับโหนดแบบ Active/Standby ผ่าน Keepalived

ที่พร้อมสำหรับการทดสอบประสิทธิภาพในลำดับถัดไป

## 6.2 ผลการประเมินประสิทธิภาพด้านความปลอดภัยและเวลาในการส่ง

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านความปลอดภัยและระยะเวลาในการส่ง ระหว่างระบบที่นำเสนอกับระบบดั้งเดิม  
งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการทดสอบและวิเคราะห์ผลลัพธ์ดังนี้

**Table 2.** Test Results of SMTP Commands and Email Delivery

| Scenario                         | Success (%) | Auth (Pre-TLS) | Auth (Relay) | Auth (Office 365) | TLS Version | Cipher Suite                            |
|----------------------------------|-------------|----------------|--------------|-------------------|-------------|-----------------------------------------|
| Legacy to Technologyland         | 100.00      | PLAIN          | -            | -                 | -           | -                                       |
| Legacy to O365 (Direct)          | 0.00        | -              | -            | -                 | -           | -                                       |
| Modern App to O365 (Direct)      | 100.00      | -              | -            | LOGIN             | 1.3         | TLS_AES_256_GCM_SHA384                  |
| Relay Postfix (Basic Auth)       | 100.00      | -              | PLAIN        | LOGIN             | 1.3         | TLS_AES_256_GCM_SHA384                  |
| Relay Stunnel (Basic Auth)       | 100.00      | -              | LOGIN        | LOGIN             | 1.3         | TLS_AES_256_GCM_SHA384                  |
| Relay IIS 6.0 (Basic Auth)       | 100.00      | -              | IP           | LOGIN             | 1.2         | TLS_ECDHE_ECDSA_WITH_AES_256_GCM_SHA384 |
| Relay OAuth2 Agent (Modern Auth) | 100.00      | -              | PLAIN        | XOAUTH2           | 1.3         | TLS_AES_256_GCM_SHA384                  |

**Table 3.** Descriptive Statistics of SMTP Transmission Latency (Time in Seconds) (n=30)

| Solution                    | Min   | Max   | Mean  | Median | S.D.  | 95th Percentile |
|-----------------------------|-------|-------|-------|--------|-------|-----------------|
| Postfix                     | 1.660 | 2.370 | 1.908 | 1.875  | 0.172 | 2.177           |
| Postfix OAuth2 Agent        | 1.870 | 3.740 | 2.158 | 2.095  | 0.350 | 2.580           |
| Stunnel TLS Proxy           | 2.030 | 2.420 | 2.148 | 2.120  | 0.102 | 2.352           |
| IIS 6.0 SMTP Virtual Server | 2.000 | 2.870 | 2.194 | 2.130  | 0.175 | 2.401           |

จาก Table 2. พบว่าระบบที่นำเสนอสามารถแก้ปัญหาความเข้ากันไม่ได้ของโปรโตคอลได้สมบูรณ์ โดยมีอัตรา  
ความสำเร็จ ในการส่งอีเมลอยู่ที่ร้อยละ 100 และสามารถยกระดับความปลอดภัยจากการยืนยันตัวตนพื้นฐาน ไปสู่การ  
ยืนยันตัวตนสมัยใหม่ (XOAUTH2) ได้สำเร็จ อีกทั้งยังมี TLS 1.3 และ Cipher Suite ที่มีความแข็งแกร่ง เหนือกว่า IIS 6.0  
ที่รองรับเพียง TLS 1.2 ยืนยันว่าสถาปัตยกรรมที่นำเสนอสามารถยกระดับความปลอดภัยไปสู่มาตรฐาน OAuth 2.0 ได้สำเร็จ

จาก Table 3. และการกระจายตัวของข้อมูลใน Figure 4. พบว่า ระบบที่นำเสนอมีค่าความหน่วงเฉลี่ยอยู่ที่ ( $\bar{x}$  = 2.158) ซึ่งสูงกว่าระบบ Postfix แบบดั้งเดิม ( $\bar{x}$  = 1.908) และ Stunnel ( $\bar{x}$  = 2.148) เพียงเล็กน้อย ส่วนต่างนี้สะท้อนถึงภาระงานส่วนเพิ่ม (Overhead) ของกระบวนการแอคเซสโทเคนสอดคล้องกับค่าผิดปกติ (Outlier) สูงสุดที่ 3.740 วินาที ที่เกิดจากรอบการทำงานของการขอแอคเซสโทเคนใหม่เมื่อหมดอายุ ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้แลกกับความปลอดภัยที่สูงขึ้น แต่ยังเร็วกว่าระบบดั้งเดิมอย่าง IIS 6.0 ( $\bar{x}$  = 2.194) ยืนยันว่าประสิทธิภาพด้านระยะเวลาใกล้เคียงกับระบบส่งต่ออีเมลดั้งเดิม

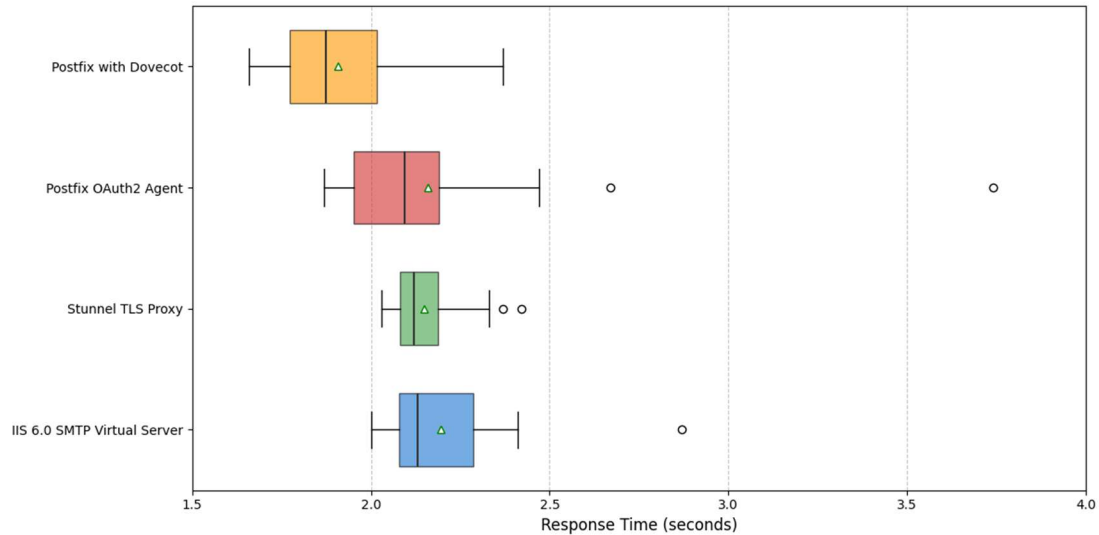


**Figure 4.** Comparison of SMTP Transmission Latency Distribution Across Different Secure Mail Relay Solutions

### 6.3 ผลการทดสอบความพร้อมใช้งานสูง

การประเมินความสามารถของระบบความพร้อมใช้งานสูง รวมไปถึงความแม่นยำของระบบแจ้งเตือน งานวิจัยนี้ได้จำลองสถานการณ์ความล้มเหลวและได้ผลลัพธ์ดังนี้

**Table 4.** High Availability Failover Performance Statistics (Time in Seconds) (n=10)

| Failure Scenario          | Min   | Mean  | Median | Max   | S.D.  | 95th Percentile | Threshold | Result |
|---------------------------|-------|-------|--------|-------|-------|-----------------|-----------|--------|
| Node Failure (Network)    | 0.783 | 0.863 | 0.860  | 0.997 | 0.071 | 0.962           | < 1.800   | Pass   |
| Service Failure (Dovecot) | 0.918 | 1.275 | 1.204  | 1.758 | 0.347 | 1.750           | < 1.800   | Pass   |
| Service Failure (Postfix) | 0.896 | 1.312 | 1.334  | 1.634 | 0.264 | 1.623           | < 1.800   | Pass   |

จาก Table 4. และ Figure 5. พบว่าระบบใช้เวลาในการกู้คืนกรณีโหนดล้มเหลวเฉลี่ย ( $\bar{x}$  = 0.863) วินาที ในขณะที่กรณีบริการล้มเหลวของ Postfix และ Dovecot ใช้เวลาเฉลี่ย ( $\bar{x}$  = 1.312) และ ( $\bar{x}$  = 1.275) ตามลำดับ แม้การกู้คืนระดับบริการจะใช้เวลามากกว่าเล็กน้อยจากกระบวนการตรวจสอบของ Custom Script แต่ค่าที่วัดได้ทั้งหมดยังคงอยู่ภายใต้เกณฑ์การยอมรับที่กำหนด (< 1.800 วินาที) ผลลัพธ์นี้ยืนยันประสิทธิภาพของกลไกตรวจสอบระดับบริการ และความถูกต้องของระบบแจ้งเตือนผ่าน Microsoft Teams ที่ร้อยละ 100

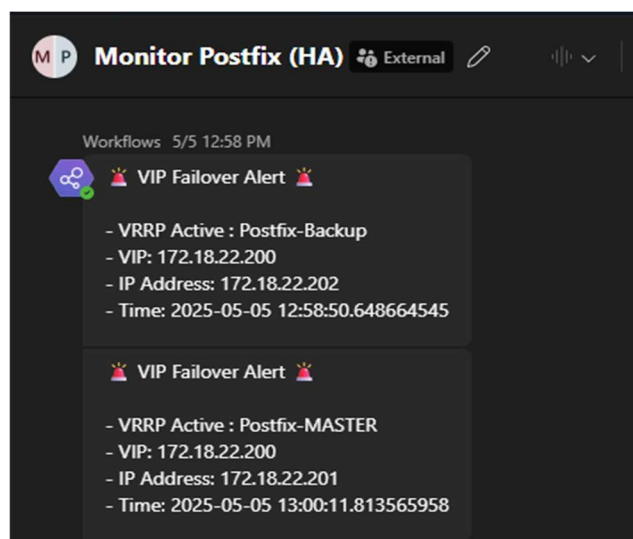


Figure 5. Alert Notification Test Results in Microsoft Teams

## 7. สรุปผลการวิจัย (Conclusion)

งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จในการพัฒนาสถาปัตยกรรมความพร้อมใช้งานสูงของระบบส่งต่ออีเมลปลอดภัยเพื่อปิดช่องว่างสำคัญของระบบแอปพลิเคชันดั้งเดิมที่ไม่รองรับการยืนยันตัวตนสมัยใหม่โดยผลการศึกษาตอบวัตถุประสงค์การวิจัยทั้ง 3 ข้อ ดังนี้

1. ด้านการแก้ปัญหาความเข้ากันไม่ได้ นวัตกรรม OAuth2 Agent ที่พัฒนาขึ้น สามารถทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการแปลงโปรโตคอลได้อย่างสมบูรณ์ ส่งผลให้อีเมลจากระบบดั้งเดิมสามารถส่งผ่าน Microsoft 365 ด้วยมาตรฐาน OAuth 2.0 ได้สำเร็จร้อยละ 100% โดยไม่ต้องแก้ไขซอร์สโค้ดของแอปพลิเคชันต้นทาง

2. ด้านสมรรถนะระหว่างความปลอดภัยและประสิทธิภาพ ผลการทดสอบยืนยันว่าการเปลี่ยนผ่านสู่การยืนยันตัวตนสมัยใหม่ แม้จะเพิ่มความหน่วงเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 2.158 วินาที เมื่อเทียบกับ 1.908 วินาที ในระบบส่งต่ออีเมลดั้งเดิม แต่เป็นต้นทุนที่คุ้มค่าเพื่อแลกกับการยกระดับความปลอดภัยจากการเลิกใช้รหัสผ่านถาวร ไปสู่การแอคเซสโทเคนที่มีการจำกัดเวลา ซึ่งช่วยลดความเสี่ยงจากการโจรกรรมข้อมูลประจำตัว (Credential Theft) ได้อย่างมีนัยสำคัญ

3. ด้านความต่อเนื่องของบริการ สถาปัตยกรรมความพร้อมใช้งานสูงที่นำเสนอสามารถกู้คืนระบบจากการล้มเหลวทั้งในระดับโหนดและระดับบริการได้ภายในเวลาเฉลี่ยต่ำกว่า 1.400 วินาที ซึ่งผ่านเกณฑ์น้อยกว่า 1.800 วินาทีที่ยืนยันถึงความพร้อมในการรองรับงานระดับองค์กรที่ต้องการความเสถียรสูง

## 8. อภิปรายผลการวิจัย (Discussion)

1. การเติมเต็มช่องว่างด้านการยืนยันตัวตน งานวิจัยในอดีตของ Sharabov et al. (2024) และ Oliveira et al. (2022) ได้พิสูจน์แล้วว่า Postfix เป็น MTA ที่มีความยืดหยุ่นสูงในการปรับแต่งเพื่อความปลอดภัย ในขณะที่ Gbenle et al. (2022) ได้เสนอแนวทางการใช้ Secure Gateway เป็นตัวกลางจัดการกระบวนการยืนยันตัวตน (OAuth 2.0) แทนระบบหลังบ้านเพื่อลดความซับซ้อนและความเสี่ยง งานวิจัยนี้จึงได้นำแนวคิดสถาปัตยกรรมตัวกลางดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ร่วมกับกลยุทธ์ Encapsulation ตามแนวคิดของ Mishra (2020) ผ่านการพัฒนา OAuth2 Agent ให้ทำหน้าที่เป็นสะพาน (Bridge) เชื่อมต่อระหว่างโปรโตคอลเก่าและใหม่ ผลสำเร็จ 100% ในการส่งอีเมลยืนยันว่าองค์กรสามารถขยายอายุการใช้งานของแอปพลิเคชันดั้งเดิมได้ โดยไม่ต้องกระทบต่อการทำงานหรือแก้ไขซอร์สโค้ดเดิม

2. นัยสำคัญของสมรรถนะระหว่างประสิทธิภาพและความปลอดภัย ผลการทดสอบพบว่าค่าความหน่วงเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 2.158 วินาที (เพิ่มขึ้น 0.25 วินาที) ซึ่งสอดคล้องกับข้อค้นพบของ Gbenle et al. (2022) ที่ระบุว่ากระบวนการจัดการโทเคนในสถาปัตยกรรมแบบกระจายศูนย์ย่อมมีต้นทุนทางเวลา (Overhead) อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้ได้แก้ปัญหาดังกล่าวด้วยกลไกการแคชโทเคน ซึ่ง Gbenle et al. (2022) แนะนำว่าเป็นวิธีปฏิบัติที่ดีที่สุด ในการลดภาระการร้องขอไปยังเซิร์ฟเวอร์

และเมื่อพิจารณาพร้อมกับผลการศึกษาของ Matcha & Kumar (2025) ที่ระบุว่าการจัดเก็บโทเคนอย่างปลอดภัยด้วยการเข้ารหัสสามารถลดความเสี่ยงจากการโจรกรรมข้อมูลได้ถึงร้อยละ 88.6 งานวิจัยนี้จึงได้พัฒนากลไกการเข้ารหัส (Symmetric Encryption) เข้ากับระบบจัดเก็บโทเคนตามแนวทางดังกล่าว ซึ่งความหวังที่เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยนี้เป็นสิ่งที่คุ้มค่าและยอมรับได้ เพื่อแลกกับการกำจัดความเสี่ยงจากการใช้รหัสผ่านถาวรอย่างสิ้นเชิง

3. ประสิทธิภาพของการตรวจสอบระดับบริการ ในประเด็นความพร้อมใช้งานผลการทดลองชี้ให้เห็นข้อจำกัดของแนวทางดั้งเดิมในงานของ Putranto (2019) ที่ใช้ Keepalived ตรวจสอบเพียงระดับโหนด ซึ่งไม่เพียงพอการทำงานวิจัยนี้ได้บูรณาการแนวคิด Service Behavior Monitoring ตามกรอบของ Faseeha et al. (2025) มาพัฒนาเป็น Custom Health Check Script ส่งผลให้ระบบมีขีดความสามารถในการรักษาตัวเองได้อย่างแม่นยำ โดยสามารถตรวจจับภาวะของบริการล้มเหลวและสั่งกู้คืนระบบได้ภายในเวลาเฉลี่ย 1.300 วินาที ผลลัพธ์นี้เหนือกว่าระบบความพร้อมใช้สูงทั่วไปที่ปล่อยให้เกิดความล้มเหลวของบริการแฝง กล่าวได้ว่าเครื่องมือระดับบริการใช้ไม่ได้ ยืนยันว่าสถาปัตยกรรมที่นำเสนอมีความพร้อมสำหรับการใช้งานในระดับองค์กรที่ต้องการความต่อเนื่องทางธุรกิจสูง

## 9. ข้อเสนอแนะงานวิจัย (Recommendation)

จากผลการวิจัยและข้อสังเกตที่พบระหว่างการพัฒนา มีข้อเสนอแนะเพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อการนำไปใช้งานจริงและการพัฒนาต่อยอดในอนาคต ดังนี้

1. การพัฒนาระบบแจ้งเตือนเชิงลึก ควรปรับปรุงระบบแจ้งเตือนบน Microsoft Teams ให้ระบุรหัสข้อผิดพลาด (Error Code) และแนบข้อมูล Log ล่าสุดไปกับข้อความ เพื่อช่วยให้ผู้ดูแลระบบวิเคราะห์สาเหตุที่แท้จริง (Root Cause Analysis) ได้รวดเร็วและแม่นยำยิ่งขึ้น
2. การขยายผลสู่ผู้ให้บริการอื่น (Universal IdP Support) ควรขยายขอบเขตการทดสอบไปยัง IdP รายอื่น เช่น Google Workspace หรือ Okta โดยปรับโครงสร้าง Config ของ OAuth2 Agent ให้ยืดหยุ่นต่อการกำหนดค่า Endpoint เพื่อยกระดับโซลูชันสู่ความเป็นมาตรฐานสากล
3. การศึกษาด้านความสามารถในการขยายตัว (Scalability) ควรศึกษาประสิทธิภาพการจัดการทรัพยากรของ Python Agent ภายใต้สถานะที่มีการส่งข้อมูลหนาแน่น (High Concurrency) เพื่อรองรับการขยายตัวของจำนวนแอปพลิเคชันรุ่นเก่าในอนาคต
4. การตรวจสอบความมั่นคงปลอดภัย (Security Audit) ก่อนนำไปใช้งานจริง (Production) ควรดำเนินการประเมินความเสี่ยง (Vulnerability Assessment) อย่างเคร่งครัด โดยเฉพาะการทำ SAST เพื่อตรวจสอบคุณภาพโค้ด และ Dependency Check เพื่อป้องกันความเสี่ยงจากไลบรารีภายนอก

## 10. การเปิดเผยการใช้ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ (Declaration of Generative AI)

งานวิจัยนี้ใช้ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ โดยได้เลือกใช้เครื่องมือ Google Gemini เพื่อเป็นเครื่องมือช่วยตรวจสอบความถูกต้องทางภาษา ความครบถ้วนของรูปแบบการอ้างอิง และปรับปรุงโครงสร้างประโยคให้กระชับตามหลักวิชาการ นำมาช่วยตรวจสอบครอบคลุมทุกหัวข้อภายในบทความ เพื่อให้การนำเสนอเนื้อหา มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น โดยไม่ได้ใช้ในการสร้างสรรค์เนื้อหาใหม่หรือวิเคราะห์ข้อมูลแต่อย่างใด ทั้งนี้ได้กำหนดคำสั่ง (Prompt) ในการใช้งานดังนี้ ช่วยตรวจสอบความถูกต้องทางภาษา การจัดลำดับหัวข้อ รูปแบบการอ้างอิง และปรับแก้ไขโครงสร้างประโยคให้มีความกระชับ อ่านเข้าใจง่าย ซึ่งภายหลังการประมวลผล จากนั้นผู้เขียนได้ทำการตรวจทานและคัดกรองผลลัพธ์ทั้งหมดด้วยตนเองอย่างละเอียด และขอยืนยันความรับผิดชอบต่อความถูกต้องของบทความนี้แต่เพียงผู้เดียว

## 11. การแสดงบทบาทผู้เขียน (CRediT Author Statement)

**Pichit Thongdom:** Conceptualization, Methodology, Software, Validation, Formal Analysis, Investigation, Resources, Data Curation, Writing-Original Draft, Visualization.

**Tanun Jaruvitayakovit:** Conceptualization, Writing-Review & Editing, Supervision, Project Administration.

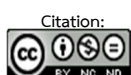
All authors read and approved the final manuscript.

## 12. เอกสารอ้างอิง (References)

- Cassen, A., & Contributors. (2017). *Keepalived User Guide (Release 1.2.15)*. The Keepalived Project.  
[https://keepalived.readthedocs.io/\\_/downloads/en/stable/pdf/](https://keepalived.readthedocs.io/_/downloads/en/stable/pdf/)
- Chatterjee, N., Majumdar, S., Das, P. P., & Chakrabarti, A. (2024). *Tool Assisted Agile Approach for Legacy Application Migration*. Research Square. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3323311/v1>
- Cryptography. (2023). *Welcome to Pyca/Cryptography (Version 41.0.7)* [Computer Software].  
Cryptography. <https://cryptography.io/en/41.0.7>
- Dovecot Team. (n.d.). *Postfix and Dovecot SASL*. Dovecot. [https://doc.dovecot.org/2.3/configuration\\_manual/howto/postfix\\_and\\_dovecot\\_sasl/#howto-postfix-and-dovecot-sasl](https://doc.dovecot.org/2.3/configuration_manual/howto/postfix_and_dovecot_sasl/#howto-postfix-and-dovecot-sasl)
- Faseeha, U., Jamil Syed, H., Samad, F., Zehra, S., & Ahmed, H. (2025). Observability in Microservices: An In-Depth Exploration of Frameworks, Challenges, and Deployment Paradigms. *IEEE Access*, 13, 72011-72039. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3562125>
- Gbenle, T. P., Abayomi, A. A., Uzoka, A. C., Ogeawuchi, J. C., Adanigbo, O. S., & Odofin, O. T. (2022). Applying OAuth2 and JWT Protocols in Securing Distributed API Gateways: Best Practices and Case Review. *International Journal of Multidisciplinary Research and Growth Evaluation*, 3(5), 628-634. <https://doi.org/10.54660/IJMRGE.2022.3.5.628-634>
- Hardt, D. (2012). *The OAuth 2.0 Authorization Framework (No. RFC6749)*. Internet Engineering Task Force. <https://doi.org/10.17487/rfc6749>
- Hoffman, P. (2002). *SMTP Service Extension for Secure SMTP over Transport Layer Security (No. RFC3207)*. Internet Engineering Task Force. <https://doi.org/10.17487/rfc3207>
- Klensin, J. (2008). *Simple Mail Transfer Protocol (No. RFC5321)*. Internet Engineering Task Force. <https://doi.org/10.17487/rfc5321>
- Matcha, S., & Kumar, M. (2025). Enhancing Software Security with OAuth 2.0: Implementation Strategies and Vulnerability Mitigation. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research*, 12(3), e886-e902.
- Microsoft. (2025a). *Microsoft Identity Platform and OAuth 2.0 Client Credentials Flow*. Microsoft Learn. <https://learn.microsoft.com/en-us/entra/identity-platform/v2-oauth2-client-creds-grant-flow>
- Microsoft. (2025b). *Microsoft Authentication Library (MSAL) for Python*. Microsoft Learn. <https://learn.microsoft.com/en-us/entra/msal/python>
- Mishra, A. (2020). Legacy System Modernization: Effective Strategies and Best Practices. *International Journal of Leading Research Publication*, 1(3), 1-7. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14769544>
- Oliveira, P. M., Vieira, M. B., Ferreira, I. C., Leite, J. P. R. R., Oliveira, E. M., Kuehne, B. T., Moreira, E. M., & Carpinteiro, O. A. S. (2022). *ABL: An Original Active Blacklist Based on a Modification of the SMTP*. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2208.10602>
- Postfix. (n.d.). *Postfix Architecture Overview*. <https://www.postfix.org/OVERVIEW.html>
- Putranto, E. A. (2019). *High Availability Server Implementation Using NGINX, Keepalived, and Varnish to Ease Web Server Access*. ResearchGate. <https://www.researchgate.net/publication/334451751>
- Python Software Foundation. (2025). *smtplib - SMTP Protocol Client*. <https://docs.python.org/3.12/library/smtplib.html#module-smtplib>
- Sharabov, M., Tsochev, G., Gancheva, V., & Tasheva, A. (2024). Filtering and Detection of Real-Time Spam Mail Based on a Bayesian Approach in University Networks. *Electronics*, 13(2), 374. <https://doi.org/10.3390/electronics13020374>

The aiosmtpd Developers. (2025). *The SMTP Module. Read the Docs*. Python. <https://aiosmtpd.aio-libs.org/en/latest/smtp.html>

The Exchange Team. (2024). *Exchange Online to Retire Basic Auth for Client Submission (SMTP AUTH)*. Microsoft Community Hub. <https://techcommunity.microsoft.com/blog/exchange/exchange-online-to-retire-basic-auth-for-client-submission-smtp-auth/4114750>



## Analysis and Comparison of the Impact of Statistical Feature Reduction for Classification using Machine Learning

Yotsapat Ruangpaisarn<sup>1</sup>, Sakulchai Saramat<sup>2</sup>, Auttanit Wongjak<sup>3</sup> and  
Sukanya Chansamorn<sup>4,\*</sup>

<sup>1</sup>Program in Computer Science, Rajamangala University of Technology Tawan-ok, Chonburi 20110,  
Thailand; Email: yotsapat\_ru@rmutto.ac.th

<sup>2</sup>Program in Computer Science, Rajamangala University of Technology Tawan-ok, Chonburi 20110,  
Thailand; Email: sakulchai\_sa@rmutto.ac.th

<sup>3</sup>Program in Information and Communication Technology, Rajamangala University of Technology Tawan-ok,  
Chonburi 20110, Thailand; Email: auttaniti\_wo@rmutto.ac.th

<sup>4,\*</sup>Program in Information and Communication Technology, Rajamangala University of Technology  
Tawan-ok, Chonburi 20110, Thailand; Email: sukanya\_ch@rmutto.ac.th

*\*Corresponding author:* Sukanya Chansamorn (sukanya\_ch@rmutto.ac.th)

**Received:** 30 October 2025; **Revised:** 5 March 2026;

**Accepted:** 8 March 2026; **Published:** 29 April 2026

### Abstract

This study aims to analyze the impact of statistical feature reduction on classification performance and to identify the optimal hyperparameter configurations for predicting medical conditions. Three machine learning algorithms—Support Vector Machine (SVM), Decision Tree (DT) and K-Nearest Neighbors (KNN) were compared using the Healthcare Risk Factors Dataset. Two filter-based feature selection methods, the Kruskal–Wallis test (KW) and Mutual Information (MI), were employed to generate a full feature set and feature subsets at the 25th, 50th, and 75th percentiles. Model performance was evaluated using 5 repeats of 5-fold Stratified K-Fold Cross-Validation, integrated with systematic hyperparameter tuning. The experimental results demonstrated that SVM achieved the highest performance using the full feature set ( $C = 300$ ), yielding an accuracy of  $0.9214 \pm 0.0005$ , precision of  $0.9212 \pm 0.0005$ , recall of  $0.9214 \pm 0.0005$ , and an F1-Score of  $0.9210 \pm 0.0005$ . This accuracy significantly outperformed DT ( $0.8752 \pm 0.0028$ ) and KNN ( $0.7916 \pm 0.0015$ ). Furthermore, reducing the feature set to the 75th percentile using the KW method maintained a high accuracy of  $0.9165 \pm 0.0006$ , representing a marginal decline of only 0.49%. These findings indicate that SVM is highly suitable for disease diagnosis within this dataset. Moreover, statistical feature reduction effectively minimizes computational complexity without a significant loss in accuracy.

**Keywords:** Disease Classification, Feature Selection, Hyperparameter, Machine Learning



Copyright © 2026 Journal of Computer and Creative Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC-ND).

### Citation:

Ruangpaisarn, Y., Saramat, S., Wongjak, A., & Chansamorn, S. (2026). Analysis and Comparison of the Impact of Statistical Feature Reduction for Classification using Machine Learning. *Journal of Computer and Creative Technology*, 4(1), e3002. <https://doi.org/10.65205/jcct.2026.e3002>

## การวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลกระทบของการลดขนาดคุณลักษณะเชิงสถิติ สำหรับการจำแนกด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง

ยศภัทร เรืองไพศาล<sup>1</sup> สกุลชาย สารมาศ<sup>2</sup> อรรถนิติ วงศ์จักร<sup>3</sup> และ สุกัลยา ชาญสมร<sup>4,\*</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก จังหวัดชลบุรี 20110 ประเทศไทย;  
Email: yotsapat\_ru@rmutto.ac.th

<sup>2</sup>สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก จังหวัดชลบุรี 20110 ประเทศไทย;  
Email: sakulchai\_sa@rmutto.ac.th

<sup>3</sup>สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก จังหวัดชลบุรี 20110  
ประเทศไทย; Email: auttaniti\_wo@rmutto.ac.th

<sup>4,\*</sup>สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก จังหวัดชลบุรี 20110  
ประเทศไทย; Email: sukanya\_ch@rmutto.ac.th

\*ผู้ประพันธ์บทความ: สุกัลยา ชาญสมร (sukanya\_ch@rmutto.ac.th)

รับบทความ: 30 ตุลาคม 2568; แก้ไขบทความ: 5 มีนาคม 2569;

ตอบรับบทความ: 8 มีนาคม 2569; เผยแพร่บทความ: 29 เมษายน 2569

### บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของการลดขนาดคุณลักษณะเชิงสถิติต่อประสิทธิภาพการจำแนกประเภทและค้นหาชุดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดในการทำนายภาวะทางการแพทย์ โดยเปรียบเทียบอัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่อง 3 รูปแบบ ได้แก่ Support Vector Machine (SVM) Decision Tree (DT) และ K-Nearest Neighbors (KNN) และใช้ชุดข้อมูล Healthcare Risk Factors ร่วมกับวิธีการคัดเลือกคุณลักษณะแบบตัวกรอง 2 วิธี คือ Kruskal-Wallis test (KW) และ Mutual Information (MI) เพื่อสร้างชุดข้อมูลที่มีคุณลักษณะครบถ้วนและชุดข้อมูลย่อยที่ระดับเปอร์เซ็นต์ไทม์ที่ 25, 50 และ 75 ประเมินประสิทธิภาพด้วยวิธี 5 repeats of 5-fold Stratified K-Fold Cross-Validation ที่ร่วมกับการปรับจูนไฮเปอร์พารามิเตอร์อย่างเป็นระบบ ผลการทดลอง พบว่า SVM ให้ประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อใช้คุณลักษณะครบถ้วน ( $C = 300$ ) โดยมีค่าความถูกต้อง (Accuracy)  $0.9214 \pm 0.0005$  ค่าความเที่ยงตรง (Precision)  $0.9212 \pm 0.0005$  ค่าความระลึก (Recall)  $0.9214 \pm 0.0005$  และค่าเอฟวันสกอร์ (F1-Score)  $0.9210 \pm 0.0005$  ซึ่งค่าความถูกต้องสูงกว่า DT ( $0.8752 \pm 0.0028$ ) และ KNN ( $0.7916 \pm 0.0015$ ) อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้การลดจำนวนคุณลักษณะลงเหลือร้อยละ 75 ด้วยวิธี KW ยังคงรักษาความถูกต้องไว้ได้สูงถึง  $0.9165 \pm 0.0006$  ซึ่งลดลงจากเดิมเพียงร้อยละ 0.49 ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า SVM มีความเหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับการวินิจฉัยโรคในชุดข้อมูลนี้ และการลดขนาดคุณลักษณะเชิงสถิติช่วยลดความซับซ้อนในการประมวลผลได้ โดยไม่สูญเสียความแม่นยำอย่างมีนัยสำคัญ

**คำสำคัญ:** การจำแนกภาวะทางการแพทย์, การคัดเลือกคุณลักษณะ, ไฮเปอร์พารามิเตอร์, การเรียนรู้ของเครื่อง



Copyright © 2026 Journal of Computer and Creative Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC-ND).

การอ้างอิง:

ยศภัทร เรืองไพศาล, สกุลชาย สารมาศ, อรรถนิติ วงศ์จักร, และ สุกัลยา ชาญสมร. (2569). การวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลกระทบของการลดขนาดคุณลักษณะเชิงสถิติสำหรับการจำแนกด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง. วารสารคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสร้างสรรค์, 4(1), e3002. <https://doi.org/10.65205/jcct.2026.e3002>

## 1. บทนำ (Introduction)

ในปัจจุบันเทคโนโลยีการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการยกระดับบริการทางการแพทย์ โดยเฉพาะในด้านการสนับสนุนการวินิจฉัยและการพยากรณ์โรค (Uddin et al., 2019) อัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่องหลายประเภทได้รับการพัฒนาและนำมาใช้ในการจำแนกข้อมูลทางการแพทย์ โดยอัลกอริทึมที่ได้รับความนิยมและมีการใช้งานอย่างแพร่หลาย ได้แก่ ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine: SVM) ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree: DT) เพื่อนบ้านใกล้สุด (K-Nearest Neighbors: KNN) นาอิวเบย์ (Naive Bayes: NB) แรנדอมเฟอเรสต์ (Random Forest : RF) เป็นต้น (Kavakiotis et al., 2017)

อย่างไรก็ตามข้อมูลทางการแพทย์มักประสบกับปัญหาความซับซ้อนของมิติข้อมูล (Curse of Dimensionality) (Clarke et al., 2008) ซึ่งเกิดจากการมีจำนวนคุณลักษณะ (Features) ที่มากเกินไปจนทำให้ประสิทธิภาพในการประมวลผลลดลงและอาจก่อให้เกิดปัญหาภาวะการเรียนรู้เกิน (Overfitting) (Guyon & Elisseeff, 2003) การคัดเลือกคุณลักษณะ (Feature Selection) จึงเป็นกระบวนการสำคัญในการลดจำนวนมิติของข้อมูล เพื่อให้ได้มาซึ่งชุดข้อมูลที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการสร้างโมเดล (Remeseiro & Bolon-Canedo, 2019)

จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา พบว่างานวิจัยส่วนใหญ่มุ่งเน้นการเปรียบเทียบอัลกอริทึมในโจทย์การจำแนกแบบทวิภาค (Binary Classification) เช่น งานวิจัยของ Saha et al. (2020) ใช้ชุดข้อมูลโรคพาร์กินสัน งานวิจัยของ Narwane & Sawarkar (2021) ใช้ชุดข้อมูลโรคเบาหวาน เป็นต้น หรือโจทย์การสกัดคุณลักษณะของข้อมูล (Feature Extraction) เช่น งานวิจัยของ Narwane & Sawarkar (2021) ได้นำเสนอการใช้เทคนิค PCA Feature Extraction ในการจัดการกับข้อมูลที่ไม่สมดุล ซึ่งแม้ว่าจะช่วยลดความซับซ้อนของข้อมูลได้ดี แต่ทำให้เกิดความสูญเสียความหมายทางกายภาพของข้อมูลเดิม (Loss of Interpretability) ทำให้ยากต่อการอธิบายผลลัพธ์ในทางการแพทย์

เพื่อเป็นการตอบโต้ข้อจำกัดของงานวิจัยดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอัลกอริทึม SVM, DT และ KNN บนชุดข้อมูล Healthcare Risk Factors Dataset ซึ่งเป็นการขยายขอบเขตการศึกษาจากการจำแนกแบบทวิภาค (Binary) ไปสู่การจำแนกที่มีความซับซ้อนหลายคลาส (Multi-class)

นอกจากนี้ เพื่อแก้ไขปัญหาการสูญเสียความหมายของข้อมูลจากการสกัดคุณลักษณะ (Feature Extraction) งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้วิธีการคัดเลือกคุณลักษณะ (Feature Selection) แบบ KW และ MI ในสัดส่วนที่ต่างกัน (25%, 50%, 75%) ร่วมกับการปรับแต่งไฮเปอร์พารามิเตอร์อย่างเป็นระบบ ซึ่งจะช่วยให้ได้ผลลัพธ์ที่แม่นยำและยังคงสามารถอธิบายความหมายทางการแพทย์ได้ เพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมที่สุดในการเพิ่มประสิทธิภาพการวินิจฉัยทางการแพทย์

## 2. วัตถุประสงค์งานวิจัย (Research Objectives)

1. เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของการลดขนาดคุณลักษณะด้วยวิธี KW และ MI ส่งผลต่อประสิทธิภาพการจำแนกภาวะทางการแพทย์ด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง
2. เพื่อเปรียบเทียบชุดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการจำแนกภาวะทางการแพทย์ด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง
3. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเรียนรู้ของอัลกอริทึม SVM Decision Tree และ KNN

## 3. การทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง (Literature Review)

### 3.1 การทบทวนวรรณกรรม

จากการรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องระหว่างปี ค.ศ. 2022 ถึง 2025 ดังแสดงใน Table 1.

**Table 1.** Summary of Related Works on Feature Selection Techniques and Classification Models

| Author (Year)          | Dataset          | Feature Selection           | Classifier            | Results          |
|------------------------|------------------|-----------------------------|-----------------------|------------------|
| Siburian et al. (2025) | Water Potability | Hyperparameter Optimization | SVM (RBF Kernel), KNN | SVM (RBF Kernel) |

**Table 1.** Summary of Related Works on Feature Selection Techniques and Classification Models (Cont.)

| Author (Year)         | Dataset                | Feature Selection             | Classifier            | Results                               |
|-----------------------|------------------------|-------------------------------|-----------------------|---------------------------------------|
| Salehin et al. (2024) | 1. Heart disease       | Wrapper (SFS,                 | SVM, NB, DT, KNN,     | 1. 85.45%                             |
|                       | 2. Framingham          | SBS), MI, Chi-Square          | RF, AdaBoost          | (SFS + RF)<br>2. 86.14%<br>(SFS + RF) |
| Majed et al. (2023)   | Parkinson's Disease    | SMOTE                         | RF, KNN, SVM          | 94.11% (KNN)                          |
| Jothi et al. (2022)   | 1. Breast Cancer       | Hybrid                        | SVM, RF, DT           | 1. 86% (SVM)                          |
|                       | Wisconsin (Diagnostic) | (ReliefF + Shapley            |                       | 2. 84.96% (DT)                        |
|                       | 2. Parkinsons          | Value)                        |                       | 3. 96.17% (DT)                        |
|                       | 3. Heart Disease       |                               |                       | 4. 95.78% (DT)                        |
|                       | 4. Statlog (Heart)     |                               |                       | 5. 92.3% (SVM)                        |
| Bashir et al. (2022)  | 1. Microarray          | Hybrid                        | SVM                   | 1. 94.45%                             |
|                       | 2. Cleveland Heart     | (Filter + Wrapper + Embedded) |                       | 2. 91.00%                             |
| Prusty et al. (2022)  | Cervical Cancer        | N/A                           | SVM, RF, KNN, XGBoost | 98.10% (RF)                           |

จาก Table 1. พบประเด็นสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการจำแนกข้อมูลทางการแพทย์และข้อมูลวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. ลักษณะของชุดข้อมูลและจำนวนคลาส (Datasets & Number of Classes)

งานวิจัยส่วนใหญ่มุ่งเน้นไปที่การแก้ปัญหาแบบ ทวิภาค (Binary Classification) หรือการจำแนกข้อมูลเพียง 2 คลาส เช่น การจำแนกผู้ป่วยโรคหัวใจ (Salehin et al., 2024; Jothi et al., 2022) โรคพาร์กินสัน (Majed et al., 2023) และคุณภาพน้ำ (Siburian et al., 2025) ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าการจำแนกแยกแยะระหว่าง “กลุ่มปกติ” และ “กลุ่มผิดปกติ” ยังคงเป็นโจทย์หลักในปัจจุบัน แต่ยังคงขาดการศึกษาเปรียบเทียบในข้อมูลที่มีความซับซ้อนหลายกลุ่ม (Multi-Class) อย่างแพร่หลาย

2. แนวทางการวิจัยและเทคนิคการคัดเลือก (Research Approaches) โดยแนวโน้มของงานวิจัยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มหลัก ได้แก่

1) กลุ่มเทคนิคผสมผสาน (Hybrid Methods) เป็นแนวทางที่ได้รับความนิยมสูงในช่วงปี 2022 ดังที่พบในงานของ Jothi et al. (2022) และ Bashir et al. (2022) ซึ่งนำวิธี Filter มาผสมกับ Wrapper หรือเทคนิคขั้นสูงอย่าง Shapley Value เพื่อเพิ่มความแม่นยำ

2) กลุ่มการเปรียบเทียบและปรับสมดุล (Comparative & Data Handling) งานวิจัยปี 2023-2024 เริ่มหันมาสนใจการจัดการคุณภาพข้อมูล เช่น Majed et al. (2023) ใช้เทคนิค SMOTE แก้ปัญหาข้อมูลไม่สมดุล (Imbalanced Data) ก่อนเข้าสู่กระบวนการคัดเลือก

3) กลุ่มการปรับจูนพารามิเตอร์ (Optimization) งานวิจัยนี้ของ (Siburian et al., 2025) ชี้ให้เห็นว่าการคัดเลือก Feature อาจไม่เพียงพอ ควรควบคู่ไปกับการทำ Hyperparameter Optimization เพื่อรีดประสิทธิภาพสูงสุดของโมเดล

### 3.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

#### 3.2.1 Kruskal-Wallis Test (KW)

Kruskal-Wallis Test (KW) เป็นเทคนิคทางสถิตินอนพารามेटริกซ์ (Non-Parametric) ที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือในการกรองเบื้องต้น (Filter Method) เพื่อประเมินความสามารถในการจำแนกของแต่ละคุณลักษณะที่เป็นตัวเลข

(Numeric Features) หรืออันดับ (Ordinal Features) เมื่อเทียบกับตัวแปรเป้าหมายที่เป็นกลุ่ม (Categorical Target Variable) เช่น สถานะ “เป็นโรคร” หรือ “ไม่เป็นโรคร” หลักการทำงานอยู่บนพื้นฐานของการเปรียบเทียบค่ามัธยฐาน (Median) ของการแจกแจงข้อมูลระหว่างกลุ่มต่าง ๆ โดยไม่ต้องอาศัยสมมติฐานว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) ซึ่งทำให้เหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับข้อมูลทางการแพทย์ที่มักมีการแจกแจงที่ไม่สมมาตรหรือมีค่าผิดปกติ (Outliers) กระบวนการทำงานเริ่มต้นด้วยการแปลงค่าข้อมูลดิบให้เป็นอันดับ (Rank) จากนั้นคำนวณสถิติทดสอบ H เพื่อประเมินความแตกต่างระหว่างกลุ่ม คุณลักษณะที่มีค่า H สูงและค่า p-value ต่ำ (โดยทั่วไปน้อยกว่า 0.05) จะถูกพิจารณาว่ามีความสัมพันธ์กับตัวแปรเป้าหมายอย่างมีนัยสำคัญ (Kruskal & Wallis, 1952)

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \cdot \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} - 3(N+1) \quad (1)$$

### 3.2.2 Mutual Information (MI)

Mutual Information (MI) ใช้แนวคิดจากทฤษฎีสารสนเทศ (Information Theory) ที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือในการคัดเลือกคุณลักษณะแบบการกรองเบื้องต้น โดยมีความสามารถในการวัดปริมาณข้อมูลร่วมกันระหว่างคุณลักษณะแต่ละตัวกับตัวแปรเป้าหมาย ซึ่งเป็นวิธีการที่ยืดหยุ่นกว่าการใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบดั้งเดิม เนื่องจากสามารถวัดความสัมพันธ์ได้ทั้งแบบเชิงเส้น (Linear) และไม่เป็นเชิงเส้น (Non-Linear) หลักการพื้นฐานของ Mutual Information คือการวัดว่าการรู้ค่าของคุณลักษณะหนึ่งช่วยลดความไม่แน่นอน (Uncertainty) หรือเอนโทรปี (Entropy) ของตัวแปรเป้าหมายได้มากน้อยเพียงใด หากคุณลักษณะมีค่า MI สูง แสดงว่าคุณลักษณะนั้นมีข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการทำนายตัวแปรเป้าหมายมาก ในทางกลับกัน หากค่า MI เท่ากับศูนย์ หมายความว่าคุณลักษณะนั้นเป็นอิสระจากตัวแปรเป้าหมายและไม่มีประโยชน์ในการทำนาย (Shannon, 1948)

$$MI(X; Y) = \sum_{x \in X} \sum_{y \in Y} P(x, y) \cdot \log \frac{P(x, y)}{P(x) \cdot P(y)} \quad (2)$$

### 3.2.3 Support Vector Machine (SVM)

Support Vector Machine (SVM) เป็นอัลกอริทึมสำหรับการจำแนกข้อมูลที่มีพื้นฐานจากการค้นหาเส้นแบ่งหรือระนาบตัดสินใจ (Hyperplane) ที่เหมาะสมที่สุดในการแยกข้อมูลออกเป็นกลุ่มต่าง ๆ โดยมีวัตถุประสงค์หลัก คือ การเพิ่มระยะขอบเขต (Margin) ระหว่างเส้นแบ่งกับจุดข้อมูลที่อยู่ใกล้ที่สุดของแต่ละกลุ่มให้มากที่สุด ซึ่งช่วยเพิ่มความสามารถของแบบจำลองในการทำนายข้อมูลใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในกรณีที่ข้อมูลไม่สามารถแยกออกจากกันได้ด้วยเส้นตรงในปริภูมิมิติเดิม SVM จะใช้เทคนิค Kernel Trick เพื่อแปลงข้อมูลไปยังปริภูมิมิติที่สูงขึ้น ส่งผลให้สามารถกำหนดเส้นแบ่งที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลที่มีความซับซ้อนได้ดียิ่งขึ้น ดัง Figure 1.

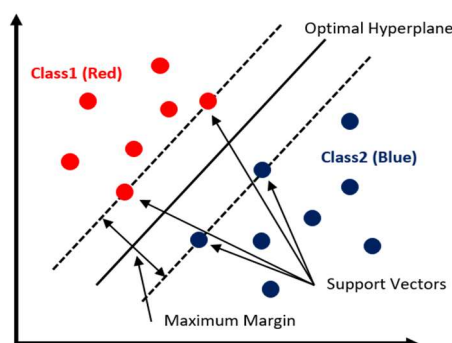


Figure 1. Support Vector Machine Classification Diagram

### 3.2.4 K-Nearest Neighbors (KNN)

K-Nearest Neighbors (KNN) เป็นอัลกอริทึมการจำแนกข้อมูลที่ใช้หลักการของความคล้ายคลึงกัน โดยสมมติว่าข้อมูลที่มีลักษณะใกล้เคียงกันมักจะอยู่ใกล้กันหรือเกาะกลุ่มกัน อัลกอริทึมนี้จัดอยู่ในกลุ่มวิธีการเรียนรู้แบบไม่สร้างแบบจำลองล่วงหน้า (Lazy Learning) โดยที่เมื่อมีข้อมูลใหม่เข้ามาจะทำการคำนวณระยะทางระหว่างข้อมูลใหม่กับข้อมูลตัวอย่างทั้งหมด จากนั้นเลือกข้อมูลที่อยู่ใกล้ที่สุดจำนวน  $K$  ตัวอย่าง ซึ่งค่า  $K$  ส่วนใหญ่เป็นเลขคี่ การพิจารณาผลการจำแนกจะอาศัยการลงคะแนนเสียงจากข้อมูลเพื่อนบ้านเหล่านี้ โดยข้อมูลใหม่จะถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มที่มีจำนวนเสียงมากที่สุด ดัง Figure 2.

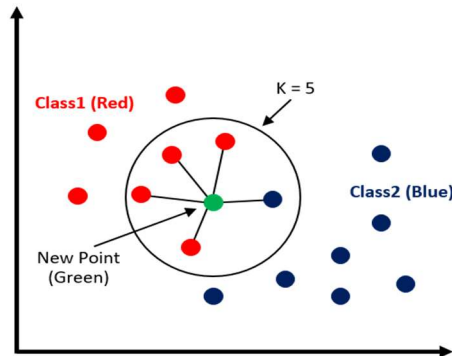


Figure 2. K-Nearest Neighbors Classification Diagram

### 3.2.5 Decision Tree (DT)

Decision Tree (DT) เป็นอัลกอริทึมที่สร้างแบบจำลองการจำแนกข้อมูลในรูปแบบโครงสร้างต้นไม้ โดยเริ่มต้นจากโหนดราก (Root Node) ซึ่งทำหน้าที่แบ่งข้อมูลตามเงื่อนไขหรือคุณลักษณะที่มีความสำคัญสูงสุด จากนั้นกระบวนการแบ่งข้อมูลจะดำเนินไปอย่างเป็นลำดับ ผ่านกิ่งก้านของต้นไม้จนถึงโหนดปลายทาง (Leaf Node) ซึ่งใช้สำหรับกำหนดคลาสของข้อมูล จุดเด่นของ Decision Tree คือ มีความเข้าใจง่ายและสามารถนำเสนอในรูปแบบแผนผังได้อย่างเป็นระบบ ดัง Figure 3.

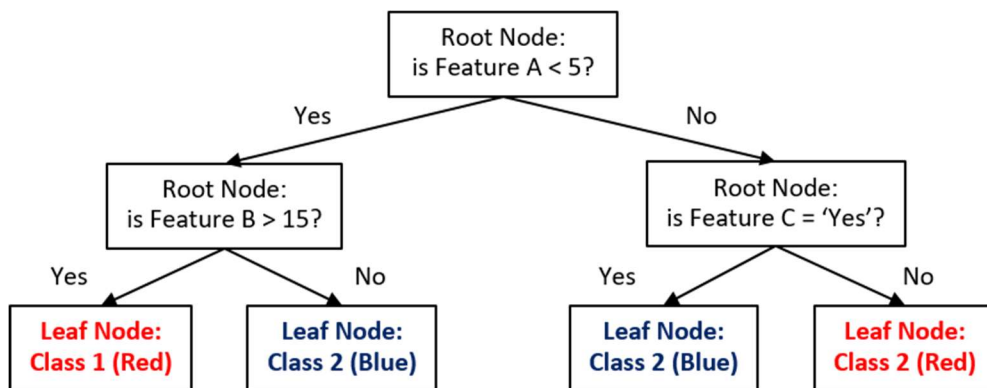


Figure 3. Decision Tree Classification Diagram

## 4. กรอบแนวคิดงานวิจัย (Conceptual Framework)

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยแบบกรอบแนวคิดเชิงเปรียบเทียบ (Comparative Framework) โดยใช้ระบบ IPO Model กับชุดข้อมูลสุขภาพ โดยมีวัตถุประสงค์หลักคือ การเปรียบเทียบชุดคุณลักษณะ (Feature Sets) ที่ถูกคัดเลือกด้วยวิธีการที่แตกต่างกันสองแบบต่อประสิทธิภาพการจำแนกข้อมูลของการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ที่มีการทำซ้ำการตรวจสอบไขว้แบบแบ่งชั้นร่วมกับการปรับจูนไฮเพอร์พารามิเตอร์ เพื่อเพิ่มความเชื่อมั่นของผลลัพธ์ของการจำแนกข้อมูล

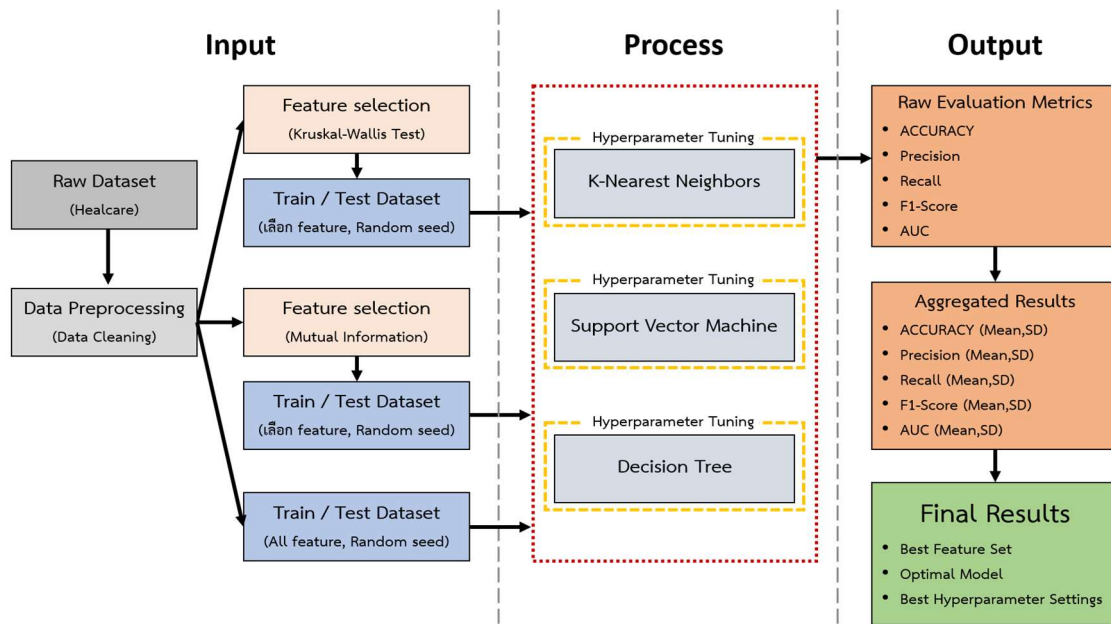


Figure 4. Conceptual Framework

จาก Figure 4. กรอบแนวคิดการวิจัย (Conceptual Framework) สามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ดังนี้

1. ส่วนนำเข้าข้อมูล (Input) เริ่มต้นจากการนำข้อมูลดิบ (Raw Dataset) มาผ่านกระบวนการเตรียมข้อมูล (Data Preprocessing) เพื่อทำความสะอาดและจัดการค่าที่ผิดปกติ จากนั้นทำการแบ่งชุดข้อมูลออกเป็น 3 กลุ่มการทดลอง ได้แก่ 1) การคัดเลือกคุณลักษณะด้วยวิธี KW 2) การคัดเลือกคุณลักษณะด้วยวิธี MI และ 3) การใช้คุณลักษณะทั้งหมด (All features) โดยมีการกำหนดค่า Random seed เพื่อควบคุมความคงที่ของการแบ่งข้อมูลสำหรับฝึกฝนและทดสอบ (Train/Test Dataset)

2. ส่วนการประมวลผล (Process) เป็นขั้นตอนการสร้างแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่อง 3 อัลกอริทึม ได้แก่ K-Nearest Neighbors (KNN), Support Vector Machine (SVM) และ Decision Tree (DT) โดยในขั้นตอนนี้จะมีการปรับแต่งค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม (Hyperparameter Tuning) อย่างเป็นระบบสำหรับแต่ละโมเดลเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด

3. ส่วนผลลัพธ์ (Output): ดำเนินการวัดผลประสิทธิภาพของโมเดลด้วยตัวชี้วัด Accuracy, Precision, Recall, F1-Score, และ AUC จากนั้นทำการรวบรวมผลลัพธ์ในรูปแบบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean, S.D.) เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปสุดท้ายในการระบุชุดข้อมูล โมเดล และค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุด (Best Feature Set & Optimal Model)

## 5. วิธีดำเนินงานวิจัย (Research Methodology)

### 5.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย (Tools and Equipment)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้ระบบ Cloud Computing ของ Google Colab เป็นเครื่องมือหลักในการประมวลผลข้อมูล เนื่องจากรองรับการทำงานของภาษา Python และมีหน่วยประมวลผลกราฟิก (GPU) ที่ช่วยเร่งความเร็วในการฝึกสอนโมเดล

### 5.2 ข้อมูลดิบ (Raw Data)

งานวิจัยนี้ใช้ชุดข้อมูลปัจจัยเสี่ยงด้านการดูแลสุขภาพ (Healthcare Risk Factors Dataset) ที่มาจากฐานข้อมูลออนไลน์ Kaggle ซึ่งเป็นชุดข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงด้านการดูแลสุขภาพ 7 ภาวะทางการแพทย์ ได้แก่ โรคข้อเสื่อม (Arthritis) หอบหืด (Asthma) โรคมะเร็ง (Cancer) โรคเบาหวาน (Diabetes) สุขภาพดี (Healthy) ความดันโลหิตสูง (Hypertension) และโรคอ้วน (Obesity) โดยมี 20 คุณลักษณะ(รวมคลาส) และ 30000 ระเบียบข้อมูล (Ahmed, 2025) ดังแสดงรายละเอียดข้อมูลใน Table 2.

**Table 2.** Features and Descriptions of the Healthcare Risk Factors Dataset

| Feature           | Description                                                                        |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Age               | Patient's age (in years)                                                           |
| Gender            | Male / Female                                                                      |
| Medical Condition | Reported health condition (e.g., Diabetes, Hypertension, Asthma, Obesity, Healthy) |
| Glucose           | Blood glucose level                                                                |
| Blood Pressure    | Blood pressure measurement                                                         |
| BMI               | Body Mass Index                                                                    |
| Oxygen Saturation | Blood oxygen saturation level                                                      |
| LengthOfStay      | Hospital length of stay (days)                                                     |
| Cholesterol       | Cholesterol level                                                                  |
| Triglycerides     | Triglyceride level                                                                 |
| HbA1c             | Hemoglobin A1c (glycated hemoglobin)                                               |
| Smoking           | Smoking status (0 = Non-smoker, 1 = Smoker)                                        |
| Alcohol           | Alcohol consumption (0 = No, 1 = Yes)                                              |
| Physical Activity | Physical activity (approx. hours/week)                                             |
| Diet Score        | Diet quality score (numeric)                                                       |
| Family History    | Family medical history (0 = No, 1 = Yes)                                           |
| Stress Level      | Stress level (numeric scale)                                                       |
| Sleep Hours       | Average sleep hours per day                                                        |
| random_notes      | Random notes (lorem / ipsum / ###)                                                 |
| noise_col         | Noise column (unrelated random values)                                             |

### 5.3 การเตรียมข้อมูล (Data Preprocessing)

การเตรียมข้อมูลมีการกำจัดคอลัมน์ Random Notes และ Noise Col ซึ่งเป็นคอลัมน์ที่ไม่เกี่ยวข้อง เพื่อลดสัญญาณรบกวน กำจัดคอลัมน์ Gender เพื่อให้ใช้งานกับวิธีคัดเลือกคุณลักษณะและการจัดการกับค่าว่าง (Missing Values) โดยใช้วิธีการลบแถวที่มีค่าว่างทั้งหมด รวมถึงแถวในคอลัมน์ class ที่เป็นค่าว่างด้วยเพื่อให้มั่นใจว่าข้อมูลที่นำมาใช้เป็นข้อมูลที่สมบูรณ์เท่านั้น จำนวนข้อมูลก่อนและหลังการเตรียมข้อมูลได้แสดงรายละเอียดข้อมูลใน Table 3.

**Table 3.** Data Preparation Summary by Medical Condition

| Class<br>(Medical Condition) | Pre-Processed Count<br>(rows) | Post-Processed Count<br>(rows) | Post-Processed<br>(%) |
|------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------|
| Arthritis                    | 1796                          | 921                            | 51.28                 |
| Asthma                       | 2037                          | 1061                           | 52.09                 |
| Cancer                       | 1234                          | 610                            | 49.43                 |
| Diabetes                     | 6417                          | 3396                           | 52.92                 |
| Healthy                      | 3039                          | 1602                           | 52.71                 |
| Hypertension                 | 7120                          | 3748                           | 52.64                 |
| Obesity                      | 3857                          | 2017                           | 52.29                 |
| (blank)                      | 4500                          | 0                              | 0.00                  |
| <b>Total</b>                 | <b>30000</b>                  | <b>13355</b>                   | <b>44.52</b>          |

#### 5.4 การคัดเลือกคุณลักษณะ (Feature selection: FS)

การคัดเลือกคุณลักษณะในงานวิจัยนี้ได้ใช้ DEFAULT SEED ที่ 42 เพื่อความคงที่ของผลลัพธ์ร่วมกับวิธีการคัดเลือกคุณลักษณะที่แตกต่างกัน 2 วิธี คือ Kruskal-Wallis Test (KW) ซึ่งเป็นสถิติที่ทดสอบสมมติฐานความแตกต่างของมัธยฐานระหว่างกลุ่มของตัวแปรเป้าหมาย กับวิธี Mutual Information (MI) ที่สามารถวัดความสัมพันธ์เชิงข้อมูลที่สามารถจับความสัมพันธ์แบบไม่เชิงเส้น (Non-Linear Dependency) ระหว่างคุณลักษณะกับตัวแปรเป้าหมายได้ คุณลักษณะทั้งหมดจะถูกจัดเรียงตามค่าสถิติ (H-Statistic หรือ MI Score) ที่ได้จากแต่ละวิธีและบันทึกผลลัพธ์การจัดอันดับเพื่อใช้ในการสร้างชุดข้อมูลย่อยต่อไป

#### 5.5 การสร้างชุดคุณลักษณะย่อย

ชุดคุณลักษณะที่ถูกจัดอันดับจาก KW และ MI จะถูกนำมาสร้างเป็นชุดคุณลักษณะย่อย (Feature Subsets) ของ KW ตามเกณฑ์สัดส่วนของเปอร์เซ็นต์ (Percentile) ที่ 25% 50% 75% จำนวน 3 ชุด ชุดคุณลักษณะย่อยของ MI จำนวน 3 ชุด ซึ่งเป็นชุดข้อมูลที่สะท้อนถึงระดับความเข้มข้นของคุณภาพข้อมูล เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับชุดคุณลักษณะทั้งหมดอีก 1 ชุด รวมเป็นจำนวนทั้งหมด 7 ชุด เพื่อศึกษาผลกระทบของรูปแบบคุณลักษณะ จำนวนคุณลักษณะมีผลต่อประสิทธิภาพการจำแนกข้อมูลของแบบจำลองอย่างไร

#### 5.6 การตรวจสอบความถูกต้องด้วยการตรวจสอบไขว้

การตรวจสอบความถูกต้องของการเรียนรู้ของเครื่องในงานวิจัยนี้ เพื่อให้แบบจำลองมีความน่าเชื่อถือและลดความเอนเอียง (Bias) จากความไม่สมดุลของข้อมูล (Class Imbalance) งานวิจัยนี้ได้กำหนดขั้นตอนการตรวจสอบความถูกต้องด้วยวิธี Stratified 5-Fold Cross-Validation (SKCV) (Prusty et al., 2022) โดยมีลำดับขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดค่าเริ่มต้น (Initialization) กำหนดให้มีการทดสอบซ้ำจำนวน 5 รอบ (Runs) เพื่อตรวจสอบความเสถียรของแบบจำลอง โดยแต่ละรอบจะกำหนดค่า Random Seed ที่แตกต่างกัน คือ [12, 22, 32, 42, 52]
2. การแบ่งส่วนข้อมูลแบบแบ่งชั้น (Stratified Data Partitioning) ในแต่ละรอบการทดสอบ ข้อมูลจะถูกแบ่งออกเป็น 5 ส่วนย่อย (Folds) โดยใช้หลักการ Stratification เพื่อควบคุมให้สัดส่วนของแต่ละคลาส (Class Distribution) ในทุก Fold มีความสมดุลและสอดคล้องกับชุดข้อมูลตั้งต้น
3. กระบวนการเรียนรู้และทดสอบ (Training and Testing Loop) ดำเนินการวนซ้ำ 5 ครั้ง (Iterations) ตามจำนวน Fold โดยในแต่ละครั้งจะมีกระบวนการดังนี้
  - 1) ใช้ข้อมูลจำนวน 4 ส่วน เป็นชุดข้อมูลฝึกสอน (Training Set)
  - 2) ใช้ข้อมูลจำนวน 1 ส่วน ที่เหลือ เป็นชุดข้อมูลทดสอบ (Testing Set)
4. การประมวลผลผลลัพธ์ (Performance Aggregation) นำผลการจำแนกที่ได้จากการทดสอบทั้ง 5 ครั้ง ในแต่ละรอบ Seed มาคำนวณหาค่าเฉลี่ย เพื่อใช้เป็นตัวแทนประสิทธิภาพของแบบจำลองในการรายงานผลขั้นสุดท้าย

#### 5.7 การฝึกและปรับจูนการเรียนรู้ของเครื่อง

การเรียนรู้ของเครื่องที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ เพื่อนบ้านใกล้สุด (K-Nearest Neighbors: KNN) ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine: SVM) และต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree: DT) โดยชุดคุณลักษณะย่อยทั้ง 7 ชุดจะถูกฝึกด้วยแบบจำลองเหล่านี้ ภายใต้เงื่อนไข 5-Fold SKF ที่มีการปรับจูนไฮเพอร์พารามิเตอร์ (Hyperparameter) โดยมีการกำหนดกรอบการปรับค่าพารามิเตอร์ ดังต่อไปนี้ KNN ใช้ค่า K ที่ [3, 5, 7, 9, 11] ในส่วนของ SVM กำหนดค่า C เป็น [1, 10, 100, 200, 300] สำหรับ DT ใช้ค่า Max Depth ที่ [5, 10, 15, 20, None] ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อค้นหาชุดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด สำหรับการจำแนกสภาวะการแพทย์ของแต่ละแบบจำลอง

#### 5.8 การประเมินประสิทธิภาพ

การวัดประสิทธิภาพของการเรียนรู้ของเครื่องที่ผ่านการฝึกและปรับจูนในงานวิจัยนี้จะถูกประเมิน โดยใช้ชุดของเมตริกวัดผล 3 รายการ ได้แก่ ความแม่นยำ (Accuracy) คือ ค่าสัดส่วนของข้อมูลทั้งหมดที่โมเดลทำนายได้ถูกต้อง ค่าเอฟ1-วินสเกอร์ (F1-Score) เป็นค่าเฉลี่ยแบบฮาร์โมนิก (Harmonic Mean) ระหว่าง ความเที่ยงตรง (Precision) และความไว (Recall) ซึ่งเป็นเมตริกที่เหมาะสมสำหรับการประเมินแบบจำลองบนชุดข้อมูลที่ไม่สมดุล (Imbalance) นอกจากนี้ยังมีการคำนวณพื้นที่ใต้เส้นโค้ง (Area Under the Curve: AUC) ซึ่งเป็นค่าที่บอกประสิทธิภาพในการแยกแยะคลาสของแบบจำลอง

## 5.9 การสรุปและรายงานผลลัพธ์

ขั้นตอนนี้เปรียบเสมือนการวัดประสิทธิภาพของชุดคุณลักษณะร่วมกับชุดพารามิเตอร์ของแบบจำลองแต่ละชนิด คือ การรวมผลการทดลองทั้งหมดจาก 5 ค่าเริ่มต้นแบบสุ่ม (Random Seed) แล้วหาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D.) ของเมตริกประสิทธิภาพทั้งหมด เพื่อบอกประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยและความเสถียร (Robustness) ต่อความแปรปรวนของการแบ่งชุดคุณลักษณะข้อมูล

## 6. ผลการวิจัย (Results)

### 6.1 ผลการวิเคราะห์ผลกระทบของการลดขนาดคุณลักษณะด้วยวิธี KW และ MI ส่งผลต่อประสิทธิภาพการจำแนกภาวะทางการแพทย์ด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง

#### 6.1.1 ผลการจัดอันดับและสร้างชุดคุณลักษณะด้วย Kruskal-Wallis Test

ชุดข้อมูลหลังการจัดอันดับความสำคัญทั้ง 16 คุณลักษณะด้วยวิธี Kruskal-Wallis Test จะได้ H Statistic ซึ่งเป็นตัววัดความสำคัญของคุณลักษณะและผลการทดสอบยังยืนยันว่า คุณลักษณะทั้งหมดมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตัวแปรเป้าหมาย ( $p < 0.05$ ) อีกด้วย โดยที่คุณลักษณะที่มีความสำคัญสูงสุดคือ HbA1c (7202.26) Glucose (6950.96) และ LengthOfStay (6796.18) ตามลำดับ ทั้งนี้การจัดอันดับจะถูกนำไปใช้เพื่อสร้างชุดคุณลักษณะย่อยตามสัดส่วน 25% (4 คุณลักษณะ) 50% (8 คุณลักษณะ) และ 75% (12 คุณลักษณะ) ดังแสดงรายละเอียดข้อมูลใน Table 4.

Table 4. Kruskal-Wallis Test Feature Ranking and Subset Creation

| Feature           | H Statistic | Significant<br>( $p < 0.05$ ) | Percentile |     |     |
|-------------------|-------------|-------------------------------|------------|-----|-----|
|                   |             |                               | 25%        | 50% | 75% |
| HbA1c             | 7202.26     | Yes                           | /          | /   | /   |
| Glucose           | 6950.96     | Yes                           | /          | /   | /   |
| LengthOfStay      | 6796.18     | Yes                           | /          | /   | /   |
| Physical_Activity | 6242.59     | Yes                           | /          | /   | /   |
| Blood_Pressure    | 5673.96     | Yes                           |            | /   | /   |
| Age               | 5310.00     | Yes                           |            | /   | /   |
| Diet_Score        | 5269.80     | Yes                           |            | /   | /   |
| BMI               | 3932.52     | Yes                           |            | /   | /   |
| Stress_Level      | 3166.27     | Yes                           |            |     | /   |
| Sleep_Hours       | 2997.73     | Yes                           |            |     | /   |
| Cholesterol       | 2995.98     | Yes                           |            |     | /   |
| Triglycerides     | 2739.62     | Yes                           |            |     | /   |
| Oxygen_Saturation | 1870.24     | Yes                           |            |     |     |
| Family_History    | 913.78      | Yes                           |            |     |     |
| Smoking           | 851.15      | Yes                           |            |     |     |
| Alcohol           | 300.47      | Yes                           |            |     |     |

#### 6.1.2 ผลการจัดอันดับและสร้างชุดคุณลักษณะด้วย Mutual Information

ชุดข้อมูลหลังการจัดอันดับความสำคัญทั้ง 16 คุณลักษณะด้วยวิธี Mutual Information จะได้ MI Score ซึ่งเป็นตัววัดความสำคัญของคุณลักษณะ ซึ่งคุณลักษณะที่มีความสำคัญสูงสุดคือ LengthOfStay (0.5995) ตามมาด้วย

Glucose (0.4591) และ HbA1c (0.4464) ตามลำดับ ทั้งนี้การจัดอันดับนี้ถูกนำไปใช้เพื่อสร้างชุดคุณลักษณะย่อยตามสัดส่วน 25% (4 คุณลักษณะ) 50% (8 คุณลักษณะ) และ 75% (12 คุณลักษณะ) ดังแสดงรายละเอียดข้อมูลใน Table 5.

**Table 5.** Mutual Information Feature Ranking and Subset Creation

| Feature           | MI_Score | Percentile |     |     |
|-------------------|----------|------------|-----|-----|
|                   |          | 25%        | 50% | 75% |
| LengthOfStay      | 0.5995   | /          | /   | /   |
| Glucose           | 0.4591   | /          | /   | /   |
| HbA1c             | 0.4464   | /          | /   | /   |
| Age               | 0.4180   | /          | /   | /   |
| Physical_Activity | 0.3534   |            | /   | /   |
| Diet_Score        | 0.3109   |            | /   | /   |
| Blood_Pressure    | 0.2918   |            | /   | /   |
| BMI               | 0.2066   |            | /   | /   |
| Triglycerides     | 0.1848   |            |     | /   |
| Cholesterol       | 0.1552   |            |     | /   |
| Oxygen_Saturation | 0.1481   |            |     | /   |
| Sleep_Hours       | 0.1394   |            |     | /   |
| Stress_Level      | 0.1368   |            |     |     |
| Family_History    | 0.0341   |            |     |     |
| Smoking           | 0.0215   |            |     |     |
| Alcohol           | 0.0091   |            |     |     |

### 6.1.3 ผลการประเมินประสิทธิภาพเปรียบเทียบความแม่นยำระหว่างชุดคุณลักษณะ KW และ MI สำหรับแบบจำลอง SVM และ DT

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพความแม่นยำระหว่างชุดคุณลักษณะ KW และ MI สำหรับแบบจำลอง SVM และ DT โดยดูเฉพาะชุดคุณลักษณะที่ให้ความแม่นยำสูงที่สุด นอกเหนือจากชุดที่มีคุณลักษณะครบทั้งหมด

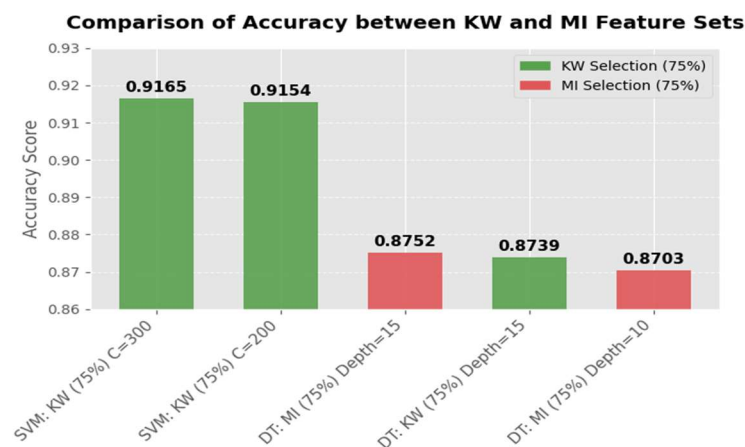


**Figure 5.** Comparison of Accuracy between KW and MI Feature Sets for SVM and Decision Tree

จาก Figure 5. แสดงให้เห็นว่าชุดคุณลักษณะที่ 75% ของ KW ในการจำแนกด้วย SVM แสดงประสิทธิภาพความแม่นยำที่สูง โดยมีประสิทธิภาพที่สูงเกินกว่า 90% ขึ้นไป ในขณะที่ชุดคุณลักษณะที่ 75% ของ MI ในการจำแนกด้วย DT ให้ค่าความแม่นยำที่ 87.52% และนอกจากนี้การไม่เห็นชุดคุณลักษณะที่ 25% 50% ของทั้ง KW และ MI ติดอันดับทำให้สามารถบอกได้ว่าจำนวนคุณลักษณะที่ลดลงส่งผลต่อประสิทธิภาพในการจำแนก

## 6.2 ผลการเปรียบเทียบชุดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการจำแนกภาวะทางการแพทย์ด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง

### 6.2.1 ผลการประเมินประสิทธิภาพของการจำแนกข้อมูลด้วย Support Vector Machine (SVM)

ผลการประเมินประสิทธิภาพของการจำแนกข้อมูลด้วย Support Vector Machine (SVM) พบว่าชุดคุณลักษณะทั้งหมด (100%) และค่า C ที่ 300 ให้ค่า Accuracy เฉลี่ยสูงสุดที่ 0.9214 และค่า AUC ที่ 0.9935 ตามลำดับ ประสิทธิภาพจะลดลงเล็กน้อยเมื่อค่า C มีค่า 200 จะให้ค่า Accuracy เฉลี่ยสูงสุดที่ 0.9203 และหากค่า C มีค่าที่ 100 ค่า Accuracy เฉลี่ยสูงสุดจะอยู่ที่ 0.9158 อย่างไรก็ตามผลลัพธ์ที่น่าสนใจคือ ชุดคุณลักษณะด้วยวิธี Kruskal-Wallis test ที่ 75% ใช้ค่า C ที่ 300 ให้ค่า Accuracy เฉลี่ยสูงสุดที่ 0.9165 แสดงให้เห็นถึงการลดขนาดข้อมูลยังคงมีประสิทธิภาพการจำแนกที่มีความแม่นยำสูงอยู่ ดังแสดงรายละเอียดข้อมูลใน Table 6.

**Table 6.** Top 5 Performance Evaluation Results of the Support Vector Machine (SVM) Classifier

| FS | Feature Used<br>(Percentile) | C   | Accuracy<br>Mean | Precision<br>Mean | Recall<br>Mean | F1_Score<br>Mean | AUC<br>Mean |
|----|------------------------------|-----|------------------|-------------------|----------------|------------------|-------------|
|    | 16 (100%)                    | 300 | 0.9214           | 0.9212            | 0.9214         | 0.9210           | 0.9935      |
|    | 16 (100%)                    | 200 | 0.9203           | 0.9212            | 0.9214         | 0.9198           | 0.9933      |
| KW | 12 (75%)                     | 300 | 0.9165           | 0.9202            | 0.9203         | 0.9159           | 0.9927      |
|    | 16 (100%)                    | 100 | 0.9158           | 0.9202            | 0.9203         | 0.9153           | 0.9930      |
| KW | 12 (75%)                     | 200 | 0.9154           | 0.9160            | 0.9165         | 0.9148           | 0.9926      |

### 6.2.2 ผลการประเมินประสิทธิภาพของการจำแนกข้อมูลด้วย Decision Tree (DT)

ผลการประเมินประสิทธิภาพของการจำแนกข้อมูลด้วย Decision Tree (DT) พบว่าชุดคุณลักษณะทั้งหมด 16 คุณลักษณะและค่า Max depth ที่ 15 ให้ค่า Accuracy เฉลี่ยสูงสุดที่ 0.8752 และค่า AUC ที่ 0.9353 ตามลำดับ และจะเห็นว่าชุดคุณลักษณะที่ 75% ทั้งวิธี Kruskal-Wallis test และ Mutual Information มีประสิทธิภาพการจำแนกข้อมูลด้วยค่า Max depth ที่ 15 ให้ค่า Accuracy เฉลี่ยสูงสุดที่ 0.8715 และ Accuracy เฉลี่ยสูงสุดที่ 0.8739 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่า Mutual Information มีประสิทธิภาพดีกว่า Kruskal-Wallis test เล็กน้อยเมื่อใช้งานร่วมกับ Decision Tree ดังแสดงรายละเอียดข้อมูลใน Table 7.

**Table 7.** Top 5 Performance Evaluation Results of the Decision Tree (DT) Classifier

| FS | Feature used<br>(Percentile) | Max<br>depth | Accuracy<br>Mean | Precision<br>Mean | Recall<br>Mean | F1_Score<br>Mean | AUC<br>Mean |
|----|------------------------------|--------------|------------------|-------------------|----------------|------------------|-------------|
|    | 16 (100%)                    | 15           | 0.8752           | 0.8774            | 0.8752         | 0.8760           | 0.9353      |
| MI | 12 (75%)                     | 15           | 0.8752           | 0.8775            | 0.8752         | 0.8761           | 0.9351      |
| KW | 12 (75%)                     | 15           | 0.8739           | 0.8773            | 0.8739         | 0.8752           | 0.9378      |
|    | 16 (100%)                    | 10           | 0.8715           | 0.8737            | 0.8715         | 0.8723           | 0.9317      |
| MI | 12 (75%)                     | 10           | 0.8703           | 0.8747            | 0.8703         | 0.8714           | 0.9598      |

### 6.2.3 ผลการประเมินประสิทธิภาพของการจำแนกข้อมูลด้วย K-Nearest Neighbors (KNN)

ผลการประเมินประสิทธิภาพของการจำแนกข้อมูลด้วย K-Nearest Neighbors (KNN) พบว่าชุดคุณลักษณะทั้งหมด 5 อันดับแรกเป็นชุดคุณลักษณะที่ 50% หรือใช้คุณลักษณะเพียง 8 คุณลักษณะจาก 16 คุณลักษณะและการคัดเลือก

คุณลักษณะทั้งวิธี Kruskal-Wallis test และ Mutual Information ให้ผลลัพธ์ที่เท่ากัน อย่างไรก็ตามค่า Accuracy เฉลี่ยสูงสุดที่ได้คือ 0.7916 ที่ค่า K มีค่าเป็น 9 ดังแสดงรายละเอียดข้อมูลใน Table 8.

**Table 8.** Top 5 Performance Evaluation Results of the K-Nearest Neighbors (KNN) Classifier

| FS      | Features used<br>(Percentile) | K  | Accuracy<br>Mean | Precision<br>Mean | Recall<br>Mean | F1_Score<br>Mean | AUC<br>Mean |
|---------|-------------------------------|----|------------------|-------------------|----------------|------------------|-------------|
| KW / MI | 8 (50)                        | 9  | 0.7916           | 0.7943            | 0.7916         | 0.7897           | 0.9470      |
| KW / MI | 8 (50)                        | 7  | 0.7908           | 0.7949            | 0.7908         | 0.7901           | 0.9409      |
| KW / MI | 8 (50)                        | 11 | 0.7903           | 0.7924            | 0.7903         | 0.7875           | 0.9507      |
| KW / MI | 8 (50)                        | 5  | 0.7890           | 0.7944            | 0.7890         | 0.7895           | 0.9305      |
| KW / MI | 8 (50)                        | 3  | 0.7803           | 0.7932            | 0.7803         | 0.7847           | 0.9098      |

### 6.3 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเรียนรู้ของอัลกอริทึม SVM, Decision Tree และ KNN

ในส่วนของงานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอผลการประสิทธิภาพของการจำแนกข้อมูลด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ Support Vector Machine (SVM) Decision Tree (DT) และ K-Nearest Neighbors (KNN) กับชุดคุณลักษณะที่ถูกลดทอนด้วยวิธี Kruskal-Wallis test และวิธี Mutual Information รวมชุดคุณลักษณะทั้งหมด 7 ชุดที่ไม่ซ้ำกันร่วมกับการปรับจูน Hyperparameter 5 ค่าต่อการเรียนรู้ของเครื่อง อีกทั้งเพิ่มการรันแบบกำหนดค่าเริ่มต้นแบบสุ่ม (Random Seed) จำนวน 5 รอบ

ผลลัพธ์ที่รายงานเป็นค่าเฉลี่ย (Mean) ของชุดพารามิเตอร์ในแต่ละค่าเริ่มต้นแบบสุ่มของแต่ละชุดข้อมูลคุณลักษณะเพื่อให้มั่นใจในความเสถียรและความน่าเชื่อถือ โดยตัวชี้วัดหลักที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพคือ Accuracy F1-Score และ Area Under the ROC Curve (AUC)

ผลการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง (Model Performance Evaluation Results) ในภาพรวมผลการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองทั้ง 3 ชนิด (SVM, DT และ KNN) พบว่า Support Vector Machine (SVM) เป็นแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดสำหรับชุดข้อมูลนี้ โดยให้ค่าความแม่นยำสูงสุดที่ 92.14% รองลงมาคือ Decision Tree (87.52%) และ K-Nearest Neighbors (79.16%) ตามลำดับ

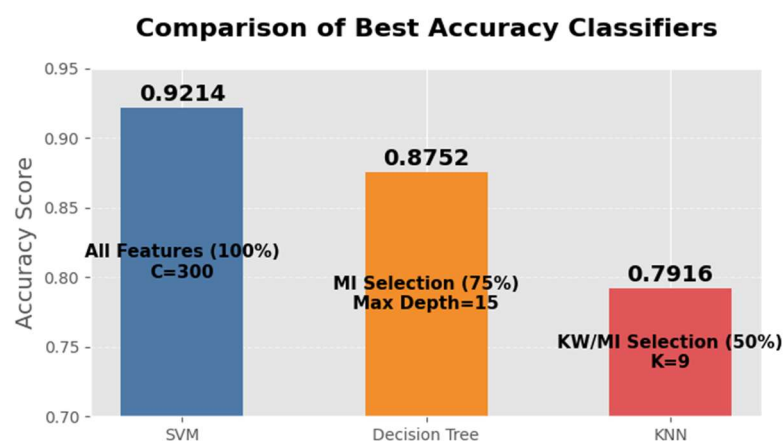


**Figure 6.** Comparison of Best Accuracy Classifiers

จาก Figure 6. แสดงให้เห็นความแตกต่างของประสิทธิภาพสูงสุด (Top Performance) ของแต่ละแบบจำลองอย่างชัดเจน ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าชุดข้อมูลนี้มีลักษณะการกระจายตัวที่เอื้อต่อการจำแนกด้วยการสร้างระนาบแบ่งกัน (Hyperplane) ของ SVM มากกว่าการพิจารณาความใกล้ชิดของข้อมูลแบบ KNN

## 7. สรุปผลการวิจัย (Conclusion)

การศึกษานี้ประสบความสำเร็จในการวิเคราะห์และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการลดขนาดคุณลักษณะเชิงสถิติต่อการจำแนกภาวะทางการแพทย์ โดยสามารถสรุปผลตามวัตถุประสงค์การวิจัยได้ดังนี้

1. ผลกระทบของการลดขนาดคุณลักษณะ การลดจำนวนคุณลักษณะด้วยวิธี Kruskal-Wallis (KW) ที่ระดับ 75% (12 คุณลักษณะ) ได้รับการพิสูจน์แล้วว่าเป็นจุดสมดุลที่ดีที่สุด โดยสามารถรักษาประสิทธิภาพความแม่นยำของแบบจำลอง SVM ได้สูงถึง 0.9165 ซึ่งลดลงจากชุดข้อมูลเต็มเพียง 0.49% แสดงให้เห็นว่าการกำจัดตัวแปรที่น้อยสำคัญต่ำช่วยลดความซับซ้อนของข้อมูลได้จริงโดยไม่ส่งผลกระทบต่อความถูกต้องในการวินิจฉัย

2. การเปรียบเทียบชุดพารามิเตอร์ การปรับจูนไฮเปอร์พารามิเตอร์อย่างเป็นระบบพบว่า ชุดค่าที่เหมาะสมที่สุดคือ การใช้ค่า C ที่ 300 ร่วมกับ RBF Kernel สำหรับ SVM และค่า Max Depth ที่ 15 สำหรับ Decision Tree โดยแบบจำลอง Decision Tree ตอบสนองต่อการคัดเลือกคุณลักษณะด้วยวิธี Mutual Information (MI) ได้ดีกว่าวิธี KW เล็กน้อย

3. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพอัลกอริทึม แบบจำลอง SVM มีประสิทธิภาพเหนือกว่าอย่างมีนัยสำคัญในทุกมิติการประเมิน (Accuracy 0.9214, AUC 0.9935) ตามด้วย Decision Tree และ KNN ตามลำดับ ซึ่งบ่งชี้ว่า SVM เป็นเครื่องมือที่มีความทนทานและเหมาะสมที่สุดสำหรับโครงสร้างข้อมูลสุขภาพชุดนี้ที่มีความซับซ้อน

## 8. อภิปรายผลการวิจัย (Discussion)

### 8.1 ความสอดคล้องกับสมมติฐานและบริบทของข้อมูล

ผลการศึกษาเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า การลดมิติข้อมูลด้วยวิธีทางสถิติ (Statistical Feature Reduction) สามารถคงประสิทธิภาพการจำแนกได้ โดยในการทดลองชี้ให้เห็นว่าคุณลักษณะที่ถูกคัดออกในช่วง 25% สุดท้าย (Rank ต่ำสุด) เป็นสัญญาณรบกวนหรือข้อมูลซ้ำซ้อนที่ไม่จำเป็นต่อการเรียนรู้ของแบบจำลองมากนักเมื่อเทียบกับชุดข้อมูลที่มีคุณลักษณะครบ ซึ่งให้ค่าความแม่นยำของการจำแนกด้วยแบบจำลอง SVM มีความแตกต่างกันไม่เกิน 0.5% เท่านั้นเมื่อเทียบกับการเรียนรู้ข้อมูลที่เพิ่มขึ้น 25% นอกจากนี้ ผลการทดลองยังสอดคล้องกับทฤษฎีที่ว่า SVM มีความสามารถในการจัดการกับข้อมูลที่มีมิติสูงและซับซ้อนได้ดีกว่าอัลกอริทึมพื้นฐานอย่าง KNN และ Decision Tree โดยเฉพาะในบริบทของข้อมูลทางการแพทย์ที่มีความแปรปรวนสูง

### 8.2 การเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยในอดีต ผลลัพธ์ของ SVM ที่ได้ค่าความแม่นยำสูงสุด (92.14%) มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Bashir et al. (2022) และ Jothi et al. (2022) ที่พบว่า SVM เป็นอัลกอริทึมที่ให้ผลลัพธ์โดดเด่นในการจำแนกโรค (92-94%) เมื่อเทียบกับอัลกอริทึมอื่น เนื่องจากการสร้าง Hyperplane ในมิติสูงช่วยแยกคลาสข้อมูลได้ดีกว่า

อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยนี้มีความแตกต่างจากงานของ Majed et al. (2023) ที่พบว่า KNN ให้ผลลัพธ์ดีที่สุด (94.11%) ในชุดข้อมูลโรคพาร์กินสัน สาเหตุของความขัดแย้งนี้คาดว่าเกิดจากลักษณะของชุดข้อมูล Healthcare Risk Factors ที่มีความไม่สมดุลของคลาส (Class Imbalance) สูง (ดังแสดงใน Table 2.) ซึ่ง KNN มีข้อจำกัดในการคำนวณระยะทางในกลุ่มข้อมูลข้างน้อย (Minority Class) ส่งผลให้ประสิทธิภาพตกลงเหลือเพียง 79.16% ในงานวิจัยนี้ นอกจากนี้ การที่งานวิจัยปัจจุบันพบว่า Decision Tree ตอบสนองต่อ Mutual Information ได้ดีกว่า KW ยังสอดคล้องกับแนวคิดของ Salehin et al. (2024) ที่สนับสนุนการใช้วิธีวัดความสัมพันธ์แบบไม่เชิงเส้น (Non-Linear) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในโมเดลที่มีความซับซ้อน

## 9. ข้อเสนอแนะงานวิจัย (Recommendation)

1. การจัดการกับความไม่สมดุลของข้อมูล ควรพิจารณาประยุกต์ใช้เทคนิคขั้นสูงเพื่อแก้ปัญหาความไม่สมดุลของข้อมูล (Class Imbalance Problem) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจำแนกกลุ่มข้อมูลที่มีจำนวนน้อย (Minority Class) ให้ดียิ่งขึ้น โดยเลือกใช้เทคนิคต่าง ๆ เช่น การสุ่มตัวอย่างส่วนน้อยเชิงสังเคราะห์แบบเพิ่มจำนวน (SMOTE) การสุ่มตัวอย่างเชิงสังเคราะห์แบบปรับตัว (ADASYN) หรือการเรียนรู้แบบคำนึงถึงต้นทุน (Cost-sensitive learning)
2. การขยายผลสู่บริบทการใช้งานจริง เนื่องจากชุดข้อมูลที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นข้อมูลสาธารณะจากแหล่งข้อมูล Kaggle ซึ่งอาจมีบริบทที่แตกต่างจากลักษณะทางประชากรและระบบสาธารณสุขของประเทศไทย ดังนั้น เพื่อให้การประเมินประสิทธิภาพมีความสมบูรณ์และสะท้อนความสามารถในการใช้งานจริง (Practicality) เช่น นำแบบจำลองไปใช้กับระบบคัดกรองสุขภาพหรือนำแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นไปทดสอบกับข้อมูลเวชระเบียนของผู้ป่วยจริงในโรงพยาบาลของประเทศไทยต่อไป

## 10. การเปิดเผยการใช้ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ (Declaration of Generative AI)

การใช้ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้ Gemini ในฐานะเครื่องมือช่วยร่างโครงสร้างโปรแกรมพื้นฐาน (Code Scaffolding) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการตรวจสอบและทวนสอบ (Review and Verification) ตรรกะของคำสั่งทั้งหมดด้วยตนเอง โดยครอบคลุมตั้งแต่การนำเข้าข้อมูลเข้า การตรวจสอบกระบวนการสลับสุ่มข้อมูล (Manual Inspection of Data Shuffling) การควบคุมค่า Seed เพื่อให้สามารถทำซ้ำการทดลองได้ (Reproducibility) รวมถึงการตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ เพื่อให้มั่นใจว่าคำสั่งที่ใช้ในการทดลองมีความเที่ยงตรงตามหลักการวิจัย

## 11. การแสดงบทบาทผู้เขียน (CRediT Author Statement)

**Yotsapat Ruangpaisarn:** Conceptualization, Methodology, Software, Validation, Writing-Original Draft.  
**Sakulchai Saramat:** Data Curation, Visualization.  
**Auttanit Wongjak:** Software, Validation, Formal Analysis.  
**Sukanya Chansamorn:** Investigation, Writing-Review & Editing, Supervision.  
All authors read and approved the final manuscript.

## 12. เอกสารอ้างอิง (References)

- Ahmed, A. (2025). *Healthcare Risk Factors Dataset* [Dataset]. Kaggle. <https://www.kaggle.com/datasets/abdallaahmed77/healthcare-risk-factors-dataset>
- Bashir, S., Khattak, I. U., Khan, A., Khan, F. H., Gani, A., & Shiraz, M. (2022). A Novel Feature Selection Method for Classification of Medical Data Using Filters, Wrappers, and Embedded Approaches. *Complexity*, 2022(1), 8190814. <https://doi.org/10.1155/2022/8190814>
- Clarke, R., Ransom, H. W., Wang, A., Xuan, J., Liu, M. C., Gehan, E. A., & Wang, Y. (2008). The Properties of High-Dimensional Data Spaces: Implications for Exploring Gene and Protein Expression Data. *Nature Reviews Cancer*, 8(1), 37-49. <https://doi.org/10.1038/nrc2294>
- Guyon, I., & Elisseeff, A. (2003). An Introduction to Variable and Feature Selection. *Journal of Machine Learning Research*, 3, 1157-1182.
- Jothi, N., Syed-Mohamed, S. M., & Rajagopal, H. (2022, July 20-22). Hybrid Feature Selection using Shapley Value and ReliefF for Medical Datasets. *2022 International Conference on Inventive Computation Technologies*, 351-355. Institute of Electrical and Electronics Engineers. <https://doi.org/10.1109/icict54344.2022.9850833>

- Kavakiotis, I., Tsave, O., Salifoglou, A., Maglaveras, N., Vlahavas, I., & Chouvarda, I. (2017). Machine Learning and Data Mining Methods in Diabetes Research. *Computational and Structural Biotechnology Journal*, 15, 104-116. <https://doi.org/10.1016/j.csbj.2016.12.005>
- Kruskal, W. H., & Wallis, W. A. (1952). Use of Ranks in One-Criterion Variance Analysis. *Journal of the American Statistical Association*, 47(260), 583-621. <https://doi.org/10.1080/01621459.1952.10483441>
- Majed, R. J., Al-Heddi, R. M., & Zeki, A. M. (2023, October 25-26). Parkinson's Disease Detection Using Data Mining Models: A Comparative Study. *2023 4th International Conference on Data Analytics for Business and Industry*, 290-294. Institute of Electrical and Electronics Engineers. <https://doi.org/10.1109/icdabi60145.2023.10629302>
- Narwane, S. V., & Sawarkar, S. D. (2021, August 27-29). Dimensionality Reduction of Unbalanced Datasets: Principal Component Analysis. *2021 Asian Conference on Innovation in Technology*, 1-6. Institute of Electrical and Electronics Engineers. <https://doi.org/10.1109/asiancon51346.2021.9544971>
- Prusty, S., Patnaik, S., & Dash, S. K. (2022). SKCV: Stratified K-Fold Cross-Validation on ML Classifiers for Predicting Cervical Cancer. *Frontiers in Nanotechnology*, 4, 972421. <https://doi.org/10.3389/fnano.2022.972421>
- Remeseiro, B., & Bolon-Canedo, V. (2019). A Review of Feature Selection Methods in Medical Applications. *Computers in Biology and Medicine*, 112, 103375. <https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2019.103375>
- Saha, P., Patikar, S., & Neogy, S. (2020, October 2-4). A Correlation-Sequential Forward Selection Based Feature Selection Method for Healthcare Data Analysis. *2020 IEEE International Conference on Computing, Power and Communication Technologies*, 69-72. Institute of Electrical and Electronics Engineers. <https://doi.org/10.1109/gucon48875.2020.9231205>
- Salehin, S., Islam, A. J., Iqbal, A. M., Barua, L., Islam, K., & Uddin, A. (2024, December 7-8). A Comparative Analysis of Feature Selection Methods on the Accuracy of Heart Disease Prediction Models. *2024 International Conference on Recent Progresses in Science, Engineering and Technology*, 1-6. Institute of Electrical and Electronics Engineers. <https://doi.org/10.1109/icrpset64863.2024.10955882>
- Shannon, C. E. (1948). A Mathematical Theory of Communication. *Bell System Technical Journal*, 27(3), 379-423. <https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x>
- Siburian, R. H., Km Nasution, M., & Tarigan, J. T. (2025, January 21). Optimization Of KNN, SVM, And SVM Kernel in Water Potability Prediction with Hyperparameter Approach. *2025 International Conference on Computer Sciences, Engineering, and Technology Innovation*, 576-581. Institute of Electrical and Electronics Engineers. <https://doi.org/10.1109/icocseti63724.2025.11019055>
- Uddin, S., Khan, A., Hossain, M. E., & Moni, M. A. (2019). Comparing Different Supervised Machine Learning Algorithms for Disease Prediction. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 19(1), 281. <https://doi.org/10.1186/s12911-019-1004-8>

## Optimizing Feature Selection for Multi-Task Prediction of Non-Communicable Diseases on Imbalanced Healthcare Data

Yanisa Wongsombut<sup>1</sup> and Nithizethe Mhuadthongon<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>Science in Information and Communication Technology School of Science and Technology, Sukhothai Thammathirat Open University, Nonthaburi 11120, Thailand; Email: 2639600218@stou.ac.th

<sup>2,\*</sup>Science in Information and Communication Technology School of Science and Technology, Sukhothai Thammathirat Open University, Nonthaburi 11120, Thailand; Email: nithizethe.mhu@stou.ac.th

*\*Corresponding author: Nithizethe Mhuadthongon (nithizethe.mhu@stou.ac.th)*

**Received:** 14 November 2025; **Revised:** 13 January 2026;

**Accepted:** 15 January 2026; **Published:** 16 April 2026

### Abstract

This research aims to investigate and compare the performance of feature selection techniques, encompassing Filter and Wrapper methods, for multi-task healthcare data characterized by high class imbalance. The primary objective is to develop a predictive model for non-communicable diseases (NCDs) by integrating the most efficient feature selection strategies with machine learning algorithms, evaluated through statistical metrics appropriate for imbalanced datasets. The methodology consists of six key stages: 1) data collection from Kaggle, comprising 253,680 records and 19 features; 2) data preprocessing and multi-target definition for three diseases; 3) feature selection using Filter methods (Information Gain, Gain Ratio, and Chi-Square) and Wrapper methods (Forward Selection and Backward Elimination); 4) class imbalance mitigation via the SMOTE technique; 5) classification model development using XGBoost, Random Forest, and LightGBM; and 6) model evaluation and hyperparameter optimization to identify the most suitable values. The experimental results reveal that the best-performing model, utilizing the Gain Ratio technique, significantly enhances the performance of the XGBoost model, successfully reducing the feature set from 19 to 7 key features—including BMI, Age, Income, Physical Health, General Health, Education, and Mental Health—while achieving a peak accuracy of 0.8768 and a maximum AUC of 0.9300. These findings indicate that the proposed approach is highly suitable for accurate and efficient multi-task prediction of non-communicable diseases.

**Keywords:** Multi-Task Learning, Class Imbalance, SMOTE, XGBoost, LightGBM



Copyright © 2026 Journal of Computer and Creative Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC-ND).

### Citation:

Wongsombut, Y., & Mhuadthongon, N. (2026). Optimizing Feature Selection for Multi-Task Prediction of Non-Communicable Diseases on Imbalanced Healthcare Data. *Journal of Computer and Creative Technology*, 4(1), e3069. <https://doi.org/10.65205/jcct.2026.e3069>

## การเพิ่มประสิทธิภาพการคัดเลือกคุณลักษณะสำหรับการพยากรณ์โรคไม่ติดต่อเรื้อรัง แบบหลายงานจากข้อมูลสุขภาพที่ไม่สมดุล

ญาณิศา วงษ์สมบัติ<sup>1</sup> และ นิติเศรษฐ์ หมวดทองอ่อน<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช จังหวัดนนทบุรี 11120 ประเทศไทย;  
Email: 2639600218@stou.ac.th

<sup>2,\*</sup>สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช จังหวัดนนทบุรี 11120 ประเทศไทย;  
Email: nithizethe.mhu@stou.ac.th

\*ผู้ประพันธ์บทความ: นิติเศรษฐ์ หมวดทองอ่อน (nithizethe.mhu@stou.ac.th)

รับบทความ: 14 พฤศจิกายน 2568; แก้ไขบทความ: 13 มกราคม 2569;  
ตอบรับบทความ: 15 มกราคม 2569; เผยแพร่บทความ: 16 เมษายน 2569

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเทคนิคการคัดเลือกคุณลักษณะ ทั้งในรูปแบบวิธีการ Filter และ Wrapper สำหรับข้อมูลสุขภาพที่เป็นแบบหลายงาน และมีความไม่สมดุลของข้อมูล เพื่อพัฒนาแบบจำลองการพยากรณ์โรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (NCDs) โดยการบูรณาการเทคนิคการเลือกคุณลักษณะที่มีประสิทธิภาพสูงสุดร่วมกับแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่อง และเพื่อประเมินผลการคัดเลือกคุณลักษณะสำคัญของแต่ละเทคนิค โดยใช้ตัวชี้วัดทางสถิติที่เหมาะสมกับข้อมูลไม่สมดุล การดำเนินงานวิจัยประกอบด้วย 6 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ 1) การเก็บรวบรวมข้อมูลจากเว็บไซต์ Kaggle ซึ่งประกอบด้วย ข้อมูลจำนวน 253,680 แถว และคุณลักษณะ 19 คุณลักษณะ 2) การเตรียมข้อมูลและการกำหนดเป้าหมาย 3) โรค 3) การคัดเลือกคุณลักษณะโดยใช้ 2 วิธี คือ วิธีแบบกรอง (Information Gain, Gain Ratio, Chi-Square) และวิธีแบบควบรวม (Forward Selection, Backward Elimination) 4) การจัดการความไม่สมดุลของข้อมูลด้วยเทคนิค SMOTE 5) การสร้างแบบจำลองการจำแนกโดยใช้เทคนิค XGBoost, Random Forest และ LightGBM และ 6) การประเมินและปรับค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองเพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ผลงานวิจัยพบว่า เทคนิคการคัดเลือกคุณลักษณะด้วยเทคนิค Gain Ratio ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้เทคนิค XGBoost โดยลดคุณลักษณะจาก 19 เหลือเพียง 7 คุณลักษณะ ได้แก่ ดัชนีมวลกาย อายุ รายได้ สุขภาพภายใน 30 วัน ประเมินสุขภาพตนเอง ระดับการศึกษา และสุขภาพจิตใน 30 วัน ซึ่งให้ค่าความถูกต้องสูงสุดอยู่ที่ 0.8768 และให้ค่าพื้นที่ใต้เส้นโค้ง (AUC) สูงสุดอยู่ที่ 0.9300 แสดงให้เห็นว่าวิธีนี้มีความเหมาะสมในการพยากรณ์โรคไม่ติดต่อเรื้อรังแบบหลายงานได้อย่างแม่นยำและรวดเร็ว

**คำสำคัญ:** การเรียนรู้แบบหลายงาน, ข้อมูลไม่สมดุล, SMOTE, XGBoost, LightGBM



Copyright © 2026 Journal of Computer and Creative Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC-ND).

การอ้างอิง:

ญาณิศา วงษ์สมบัติ, และ นิติเศรษฐ์ หมวดทองอ่อน. (2569). การเพิ่มประสิทธิภาพการคัดเลือกคุณลักษณะสำหรับการพยากรณ์โรคไม่ติดต่อเรื้อรังแบบหลายงานจากข้อมูลสุขภาพที่ไม่สมดุล. วารสารคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสร้างสรรค์, 4(1), e3069.

<https://doi.org/10.65205/jcct.2026.e3069>

## 1. บทนำ (Introduction)

ในศตวรรษที่ 21 ปัญหาโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (Non-Communicable Diseases: NCDs) ได้กลายเป็นปัญหาสำคัญระดับโลกที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของประชากร โดยเฉพาะโรคเบาหวาน (Diabetes Mellitus) โรคความดันโลหิตสูง (Hypertension) และโรคหลอดเลือดสมอง (Stroke) ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของภาวะแทรกซ้อนร้ายแรง เช่น โรคหัวใจ ไตวาย และอัมพาต องค์การอนามัยโลก (World Health Organization, 2023) รายงานว่า โรคความดันโลหิตสูงเพียงโรคเดียวนั้นเป็นสาเหตุการเสียชีวิตมากกว่า 10 ล้านรายต่อปี ขณะที่จำนวนผู้ป่วยเบาหวานเพิ่มขึ้นจาก 200 ล้านรายในปี ค.ศ. 1990 มากกว่า 830 ล้านรายในปี ค.ศ. 2022 จากข้อมูลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงความจำเป็นในการพัฒนาระบบวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการพยากรณ์โรคที่มีความแม่นยำ และสามารถประยุกต์ใช้ในระดับนโยบายสาธารณสุขได้

เทคโนโลยีการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning: ML) ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลสุขภาพอย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถจัดการข้อมูลขนาดใหญ่และค้นหารูปแบบเชิงซ้อนได้ดี โดยงานวิจัยก่อนหน้าได้แสดงให้เห็นว่าเทคนิคแบบเอนเซมเบิล เช่น XGBoost และ LightGBM มีประสิทธิภาพสูงในการพยากรณ์โรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (Rufo et al., 2021) อย่างไรก็ตาม งานวิจัยส่วนใหญ่ยังมุ่งเน้นการพยากรณ์แบบเป้าหมายเดียว และยังขาดการศึกษาในบริบทของข้อมูลสุขภาพแบบหลายเป้าหมายที่มีความไม่สมดุลสูง

กระบวนการคัดเลือกคุณลักษณะที่สำคัญ (Feature Selection) เป็นแนวทางสำคัญในการลดจำนวนตัวแปรที่ไม่จำเป็นและเพิ่มประสิทธิภาพของแบบจำลอง โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มหลัก ได้แก่ (1) Filter Methods เช่น Information Gain, Gain Ratio และ Chi-Square ที่ใช้ตัวชี้วัดทางสถิติในการจัดอันดับของตัวแปร และ (2) Wrapper Methods เช่น Forward Selection และ Backward Elimination ที่ใช้การเรียนรู้ของเครื่องร่วมกับการค้นหาคุณลักษณะสำคัญที่ให้ผลลัพธ์ดีที่สุดต่อแบบจำลอง อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดที่สำคัญของกระบวนการดังกล่าว คือ เทคนิคการเลือกคุณลักษณะที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในงานวิจัยหลายแขนงนั้น มักถูกนำไปประยุกต์ใช้ในบริบทของข้อมูลที่มีโครงสร้างง่าย มีเป้าหมายเดียว และไม่คำนึงถึงปัจจัยเชิงระบบที่ซับซ้อน (Noroozi et al., 2023) ดังนั้นจึงส่งผลให้ไม่สามารถสรุปได้ชัดเจนว่า เทคนิคใดเหมาะสมที่สุดต่อการนำไปใช้งานได้จริงในสถานการณ์ที่ข้อมูลมีลักษณะท้าทายหลายด้านในเวลาเดียวกัน ทั้งนี้ การเลือกเทคนิคอย่างไม่เหมาะสมอาจนำไปสู่แบบจำลองที่ไม่แม่นยำ ใช้งานไม่ได้จริง หรือแม้แต่ให้ผลวิเคราะห์ที่บิดเบือน ซึ่งถือเป็นความเสี่ยงสำคัญในบริบทของการพยากรณ์โรค

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเทคนิคการคัดเลือกคุณลักษณะภายใต้แบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่อง ทั้งในรูปแบบ Filter Methods และ Wrapper Methods และประเมินผลการคัดเลือกคุณลักษณะสำคัญของแต่ละเทคนิค โดยใช้ตัวชี้วัดทางสถิติที่เหมาะสมกับข้อมูลไม่สมดุล เช่น ค่าพื้นที่ใต้กราฟ (AUC) และค่าความถูกต้อง (Accuracy) รวมถึงเพื่อพัฒนาแบบจำลองพยากรณ์โรคไม่ติดต่อเรื้อรังแบบหลายงานจากข้อมูลสุขภาพที่ไม่สมดุล และช่วยคัดกรองผู้ป่วยที่มีความเสี่ยงได้อย่างมีประสิทธิภาพและน่าเชื่อถือในอนาคต

## 2. วัตถุประสงค์งานวิจัย (Research Objectives)

1. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเทคนิคการคัดเลือกคุณลักษณะ ทั้งในรูปแบบ Filter Methods และ Wrapper Methods สำหรับข้อมูลสุขภาพที่เป็นแบบหลายงาน และมีความไม่สมดุลของข้อมูล
2. เพื่อพัฒนาแบบจำลองการพยากรณ์โรคไม่ติดต่อเรื้อรัง โดยการบูรณาการเทคนิคการคัดเลือกคุณลักษณะที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ร่วมกับแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่อง
3. เพื่อประเมินผลการคัดเลือกคุณลักษณะสำคัญของแต่ละเทคนิค โดยใช้ตัวชี้วัดทางสถิติที่เหมาะสมกับข้อมูลไม่สมดุล เช่น ค่าพื้นที่ใต้เส้นโค้ง และค่าความถูกต้อง

## 3. การทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง (Literature Review)

### 3.1 การเรียนรู้ของเครื่อง

จากการทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง สรุปได้ว่า การเรียนรู้ของเครื่อง เป็นกระบวนการค้นหารูปแบบหรือความสัมพันธ์ที่มีประโยชน์จากข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาในอดีต โดยใช้แบบจำลองต่าง ๆ เพื่อนำมาใช้ในการทำนายการเกิดเหตุการณ์ในอนาคต (Tepdang, 2023) โดยงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการประยุกต์ใช้การเรียนรู้ของเครื่อง เพื่อพยากรณ์

ความเสี่ยงของการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง ได้แก่ โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง และโรคหลอดเลือดสมอง ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของการเสียชีวิตและความพิการในประชากร ดังนั้น รูปแบบการเรียนรู้ที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ การเรียนรู้แบบมีผู้สอน ซึ่งเป็นการสร้างแบบจำลองจากชุดข้อมูลที่มีทั้งข้อมูลนำเข้าและข้อมูลผลลัพธ์ที่ถูกระบุไว้ล่วงหน้า โดยแบบจำลองที่นำมาใช้คือ แบบจำลองการจำแนกประเภท เนื่องจากลักษณะของข้อมูลผลลัพธ์เป็นแบบข้อมูลเชิงจำแนกประเภท ซึ่งอยู่ในรูปแบบไบนารี คือ การแบ่งผู้ป่วยออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ “เป็นโรค” หรือ “ไม่เป็นโรค”

นอกจากนั้นแล้ว ยังมุ่งเน้นไปที่กระบวนการคัดเลือกคุณลักษณะ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ ขั้นตอนที่ 2 คือ การเตรียมข้อมูล จากกระบวนการเรียนรู้ของเครื่อง 6 ขั้นตอน (Salhi et al., 2023) เนื่องจากการคัดเลือกคุณลักษณะที่สำคัญ ส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพของแบบจำลองที่พัฒนาขึ้น สำหรับการดำเนินการในเบื้องต้นนั้นจะเริ่มจากการจัดเก็บข้อมูลจากแหล่งข้อมูล และดำเนินการตามขั้นตอนย่อย 3 ขั้นตอน ได้แก่ (1) การคัดเลือกข้อมูล (2) การกลั่นกรองข้อมูล และ (3) การแปลงรูปแบบของข้อมูล หลังจากการเตรียมข้อมูลเสร็จสิ้น ข้อมูลจะถูกนำเข้าสู่กระบวนการคัดเลือกคุณลักษณะ โดยใช้เทคนิคที่เหมาะสมเพื่อคัดเลือกเฉพาะคุณลักษณะที่มีความสัมพันธ์กับผลลัพธ์ที่ต้องการวิเคราะห์ พร้อมทั้งตัดคุณลักษณะที่ไม่สำคัญออก

### 3.2 การคัดเลือกคุณลักษณะสำคัญ

จากการทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง สรุปได้ว่า การคัดเลือกคุณลักษณะสำคัญ เป็นกระบวนการที่เน้นการคัดเลือกคุณลักษณะที่ไม่มีความสำคัญหรือไม่เกี่ยวข้องกับเป้าหมายการวิเคราะห์ออก (Jupriyadi et al., 2024) โดยงานวิจัยนี้เลือกใช้วิธีการคัดเลือกคุณลักษณะ 2 วิธี ได้แก่

1. วิธีแบบกรอง (Filter Methods) คือ การคัดเลือกคุณลักษณะสำคัญ โดยคำนวณค่าน้ำหนักหรือค่าความสัมพันธ์ของแต่ละคุณลักษณะ งานวิจัยนี้เลือกใช้วิธีแบบกรอง 3 วิธี ได้แก่

1) เทคนิค Information Gain เป็นเทคนิคที่ใช้ในการชี้วัดเพื่อคัดเลือกคุณลักษณะข้อมูลสำคัญ โดยมุ่งเน้นคัดเลือกเฉพาะคุณลักษณะที่จำเป็นมากที่สุดต่อการสร้างแบบจำลอง

2) เทคนิค Gain Ratio เป็นตัวชี้วัดการแบ่งชุดข้อมูลออกเป็นชุดข้อมูลย่อย ที่พัฒนามาจาก Information Gain เนื่องจากการใช้ Information Gain ในการแบ่งชุดข้อมูลจะมีโอกาสทำให้เกิดความเอนเอียงขึ้น

3) เทคนิค Chi-Square เป็นการประเมินค่าคุณลักษณะ โดยใช้การคำนวณค่า Chi-Square ทางสถิติเพื่อศึกษาถึงการแจกแจงความถี่ของตัวแปรคุณลักษณะว่าเป็นไปตามรูปแบบที่กำหนดไว้หรือไม่

2. วิธีแบบครอบรวม (Wrapper Methods) คือ การคัดเลือกคุณลักษณะสำคัญ โดยคำนวณค่าน้ำหนักของการวัดค่าความถูกต้องในการแบ่งกลุ่มข้อมูลเพื่อนำมาสร้างชุดคุณลักษณะใหม่ โดยการเพิ่มหรือลดจำนวนคุณลักษณะจากชุดเดิม (Sunggad & Maneerat, 2023) งานวิจัยนี้เลือกใช้วิธีแบบครอบรวม 2 วิธี ได้แก่

1) เทคนิค Forward Selection ซึ่งดำเนินการตามแนวคิดของ Sequential Forward Selection (SFS) โดยใช้วิธีการคัดเลือกคุณลักษณะของตัวแปรอิสระเข้ามาในสมการทีละตัว และดำเนินการทำซ้ำจนไม่มีตัวแปรที่ผ่านเกณฑ์เพิ่มเข้ามา

2) เทคนิค Backward Elimination ซึ่งดำเนินการตามแนวคิดของ Sequential Backward Elimination (SBE) โดยเริ่มจากการนำตัวแปรพยากรณ์ทั้งหมดในสมการ มาทำการลบตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์บางส่วนต่ำที่สุดออกทีละตัว หากการลบตัวแปรดังกล่าวไม่ส่งผลให้ค่าความแม่นยำของแบบจำลองลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กระบวนการจะดำเนินต่อไปโดยลบตัวแปรที่ไม่สำคัญออกอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งเหลือเฉพาะตัวแปรที่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อแบบจำลองเท่านั้น

ทั้งนี้ แม้ว่าจะมีแนวคิด Hybrid Feature Selection ซึ่งเป็นการผสาน Filter Methods และ Wrapper Methods เข้าด้วยกัน แต่ในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ Filter Methods และ Wrapper Methods แบบแยกชัดเจน เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ผลกระทบของแต่ละแนวทางต่อข้อมูลสุขภาพแบบหลายงานและข้อมูลไม่สมดุลได้อย่างเป็นระบบ

### 3.3 การจัดการความไม่สมดุลของข้อมูล

การจัดการข้อมูลในกรณีที่จำนวนตัวอย่างในแต่ละกลุ่ม (Class) มีความแตกต่างกันอย่างมาก เช่น ข้อมูลกลุ่มหนึ่งมีสัดส่วนน้อย เมื่อเทียบกับอีกกลุ่มหนึ่งที่มีจำนวนข้อมูลมากกว่า ทำให้ข้อมูลเกิดความไม่สมดุลขึ้นส่งผลให้แบบจำลอง

เอนเอียงไปทำนายข้อมูลกลุ่มที่มีจำนวนมากกว่า และจำแนกข้อมูลกลุ่มส่วนน้อยไม่แม่นยำ งานวิจัยนี้ จึงจัดการความไม่สมดุลของข้อมูล โดยการปรับจำนวนข้อมูลในแต่ละกลุ่มให้มีค่าเท่ากัน เพื่อเพิ่มความแม่นยำและลดอคติของแบบจำลองในการจำแนกกลุ่มเป้าหมาย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง กลุ่มผู้ป่วยโรคตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

### 3.4 การสุ่มตัวอย่างกลุ่มน้อยสังเคราะห์

การสุ่มตัวอย่างกลุ่มน้อยสังเคราะห์ หรือ SMOTE (Synthetic Minority Oversampling Technique) คือ เทคนิคการเพิ่มจำนวนข้อมูล (Oversampling) สำหรับกลุ่มข้อมูลที่มีจำนวนน้อย (Minority Class) โดยสร้างข้อมูลสังเคราะห์ขึ้นมาใหม่จากข้อมูลที่มีอยู่เดิมในบริเวณใกล้เคียง ซึ่งจะใช้วิธีการของอัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด  $k$  (K-Nearest Neighbors: k-NN) เพื่อคัดเลือกข้อมูลเพื่อนบ้านที่อยู่ใกล้ที่สุด จำนวน  $k$  ตัว จากนั้นทำการคำนวณระยะทางระหว่างข้อมูลต้นฉบับกับข้อมูลเพื่อนบ้าน เพื่อหาตำแหน่งจุดใหม่ที่อยู่ระหว่างข้อมูลทั้งสองจุด และนำค่าดังกล่าวมาสร้างเป็นข้อมูลสังเคราะห์เพิ่มเติมในกลุ่มคลาสส่วนน้อยให้มีความสมดุลกับคลาสส่วนใหญ่

การกำหนดค่า  $k$  หมายถึง จำนวนข้อมูลที่อยู่ใกล้เคียงที่สุด ซึ่งถูกนำมาใช้ในการคำนวณเพื่อสร้างข้อมูลใหม่ เช่น  $k = 1, 2, 3, \dots, n$  โดยกระบวนการนี้จะช่วยลดความไม่สมดุลของข้อมูล และส่งผลให้แบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่องสามารถจำแนกข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Romsaiyud, 2024) แสดงได้ดังสมการที่ (1)

$$X_{new} = X_i + (\hat{X} - X_i) * \delta \quad (1)$$

โดย  $X_{new}$  คือ ตำแหน่งของข้อมูลจากคลาสส่วนน้อยที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นมาใหม่ ระหว่างตำแหน่งของ  $X_i$  และ  $\hat{X}$  ของคลาสส่วนน้อย และ  $\delta$  เป็นค่าการสุ่มตัวเลขระหว่าง  $[0,1]$

### 3.5 เทคนิคการจำแนกประเภทข้อมูล

เทคนิคการจำแนกประเภทข้อมูลเป็นกระบวนการสร้างแบบจำลองจัดการข้อมูลให้อยู่ในกลุ่มที่กำหนดมาให้จากกลุ่มตัวอย่างที่เรียกว่า ข้อมูลฝึกสอน (Training Data) ที่แต่ละแถวของข้อมูลประกอบด้วยแอตทริบิวต์ (Attribute) จำนวนมาก ซึ่งอาจจะเป็นค่าต่อเนื่อง ตัวเลข หรือข้อมูลจำแนกประเภท โดยมีแอตทริบิวต์ที่ทำหน้าที่ในการจำแนกประเภทข้อมูลเป็นตัวกำหนดคลาส (Class) งานวิจัยนี้เลือกใช้ 3 เทคนิค ดังนี้

1. เทคนิค XGBoost เป็นเทคนิค Gradient Boosting ที่ได้รับการปรับแต่งให้เหมาะสม โดยใช้ต้นไม้ตัดสินใจที่สร้างขึ้นแบบลำดับขั้น เพื่อแก้ไขข้อผิดพลาดจากต้นไม้ก่อนหน้า รวมถึงการปรับค่าให้เป็นมาตรฐาน (Regularization) เพื่อลดการเกิด Overfitting (Li et al., 2024)

2. เทคนิค Random Forest เป็นเทคนิคการจำแนกประเภทข้อมูลที่อยู่ในกลุ่มอัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีผู้สอน โดยใช้การรวมกันของต้นไม้ตัดสินใจหลายต้น ซึ่งทำงานร่วมกันในลักษณะของการเรียนรู้แบบเอนเซมเบิล สามารถทำงานโดยการสร้างต้นไม้ตัดสินใจหลายต้นจากชุดข้อมูลที่แตกต่างกัน และนำผลลัพธ์ของต้นไม้ที่ได้มารวมกันเพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุด โดยใช้หลักการของ “เสียงข้างมาก” ในกรณีของการจำแนกประเภท (Classification) หรือใช้ค่าเฉลี่ยในกรณีของการถดถอย (Regression) (Sai et al., 2023)

3. เทคนิค LightGBM เป็นเทคนิค Gradient Boosting ที่ถูกออกแบบมาร่วมกับเทคนิคการประมวลผลอื่น ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการคำนวณ ใช้หน่วยความจำน้อย และสามารถจัดการข้อมูลที่มีขนาดใหญ่และมีมิติสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น Gradient-based One Side Sampling (GOSS) และ Exclusive Feature Bundling (EFB) (Sai et al., 2023)

### 3.6 การวัดประสิทธิภาพแบบจำลอง

1. การทดสอบแบบไขว้พับ (K-Fold Cross Validation) เป็นวิธีที่ใช้ข้อมูลฝึกสอนบางส่วนมาทำการแบ่งชุดข้อมูลออกเป็น  $k$  กลุ่ม เพื่อนำมาประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง โดยจะเริ่มจากการแบ่งกลุ่มข้อมูลเริ่มต้นออกเป็น ส่วน ๆ เท่า ๆ กัน โดยในงานวิจัยนี้เลือกใช้ค่า  $k = 10$  ซึ่งหมายถึง กระบวนการทดสอบจะใช้ข้อมูล 9 กลุ่ม ในการพัฒนาแบบจำลอง และข้อมูล 1 กลุ่ม ในการทดสอบแบบจำลอง กระบวนการนี้จะทำซ้ำทั้งหมด 10 ครั้ง โดยในแต่ละครั้งจะสลับกลุ่มข้อมูลที่ใช้ทดสอบ เพื่อให้แน่ใจว่าทุกกลุ่มข้อมูลได้ถูกนำมาใช้ในการทดสอบอย่างน้อย 1 ครั้ง

2. คอนฟิวชันเมตริก (Confusion Matrix) เป็นการคำนวณค่าจากตาราง Confusion Matrix ซึ่งเป็นตารางข้อมูลที่แสดงผลการจำแนกประเภทข้อมูลที่ถูกต้องและไม่ถูกต้อง ตารางนี้จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าจริงและค่าที่แบบจำลองทำนาย ทำให้สามารถวิเคราะห์ข้อผิดพลาดของแบบจำลองได้อย่างละเอียด และนำไปคำนวณค่าต่าง ๆ เช่น ค่าความถูกต้องได้ (Rainio et al., 2024) แสดงดัง Table 1.

**Table 1.** Confusion Matrix

|               |          | Predicted |          |
|---------------|----------|-----------|----------|
|               |          | Positive  | Negative |
| Class predict | Positive | TP        | FN       |
|               | Negative | FP        | TN       |

3. ค่าความถูกต้อง (Accuracy) เป็นการวัดความถูกต้องในการจำแนกประเภท เพื่อบ่งบอกระดับความถูกต้องในการจำแนกประเภทข้อมูล แบบจำลองที่ได้จากการประมวลผล ได้แก่ สัดส่วนระหว่างจำนวนข้อมูลทั้งหมดที่จำแนกประเภทความถูกต้อง ทั้งประเภท Positive และ Negative กับจำนวนข้อมูลทั้งหมดที่ถูกนำมาจำแนก โดยพิจารณาทั้งผลลัพธ์ที่จำแนกถูกต้องและผิดพลาด

4. ค่าความแม่นยำ (Precision) เป็นการวัดความสามารถของระบบในการจัดคำตอบหรือข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องออกไป ถ้าระบบสามารถจัดคำตอบหรือข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องออกไปได้มาก จะแสดงถึงความแม่นยำของแบบจำลองที่สูงขึ้น

5. ค่าเรียกคืน (Recall) เป็นการวัดประสิทธิภาพของแบบจำลองที่แสดงถึงความสามารถในการระบุข้อมูลที่เป็บวกจริง (True Positive) ได้ครบถ้วน โดยคำนวณจากสัดส่วนของข้อมูลที่แบบจำลองทำนายถูกต้องว่าเป็นบวก เมื่อเทียบกับข้อมูลที่เป็นบวกจริงทั้งหมด

6. ค่าประสิทธิภาพโดยรวม (F1-Score) เป็นการวัดค่า Precision และค่า Recall ใช้สำหรับบอกความมีประสิทธิภาพของแบบจำลองการจำแนกประเภทว่า มีความเหมาะสมในการนำไปใช้กับข้อมูลอื่น ๆ ที่เป็นข้อมูลใหม่ได้ดีเพียงใด

7. ค่าพื้นที่ใต้เส้นโค้ง (Area Under Curve: AUC) เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ ROC Curve Analysis เพื่อหาค่าความแม่นยำของการทำนายค่าอ้างอิง หากค่าพื้นที่ใต้เส้นโค้งมีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงให้เห็นว่า การทำนายมีความแม่นยำสูงและเปรียบเทียบความเหมาะสมของตัวแบบการทำนาย (Khan, 2023)

จากข้อมูลที่กล่าวข้างต้น เมื่อได้ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่มุ่งเน้นการพยากรณ์โรคเดี่ยว เช่น งานวิจัยของ Tepdang (2023) กล่าวถึงการจำแนกผู้ป่วยโรคเบาหวานด้วยวิธีการเรียนรู้ของเครื่อง โดยการหาปัจจัยของการคัดเลือกคุณลักษณะ หรืองานวิจัยของ Rufo et al. (2021) กล่าวถึงการพัฒนาแบบจำลองวินิจฉัยโรคเบาหวาน โดยใช้เทคนิค LightGBM กับข้อมูลผู้ป่วยจากโรงพยาบาลในเอธิโอเปีย ดังนั้นจึงเห็นได้ว่า การคัดเลือกคุณลักษณะสำหรับข้อมูลสุขภาพแบบหลายงานนั้นยังได้รับการศึกษาอย่างจำกัด ซึ่งงานวิจัยนี้สามารถเติมเต็มช่องว่างขององค์ความรู้ดังกล่าวได้

#### 4. กรอบแนวคิดงานวิจัย (Conceptual Framework)

จากกรอบแนวคิดงานวิจัย (ดัง Figure 1.) ประกอบด้วย การศึกษาวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และการสรุปองค์ความรู้จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ซึ่งได้อธิบายไว้ในหัวข้อที่ผ่านมา จากนั้นจึงได้ศึกษาวิธีดำเนินงานวิจัย ได้แก่ ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง โดยวิธีดำเนินงานวิจัย เริ่มจากการวิเคราะห์โครงสร้างข้อมูลสุขภาพ ความสัมพันธ์ของปัจจัยกำกับ และปัญหาความไม่สมดุลของข้อมูล จากนั้นดำเนินการเตรียมข้อมูลโดยปรับปรุงข้อมูลและใช้เทคนิค SMOTE ร่วมกับการคัดเลือกคุณลักษณะแบบ Filter Methods และ Wrapper Methods ต่อมาใช้แบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่อง ได้แก่ XGBoost, Random Forest และ LightGBM และทำการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองด้วย Accuracy, F1-Score และ AUC ซึ่งกำหนดให้

ตัวแปรต้น คือ เทคนิคการคัดเลือกคุณลักษณะ สำหรับการพยากรณ์โรคไม่ติดต่อเรื้อรังแบบหลายงาน

ตัวแปรตาม คือ ประสิทธิภาพของแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่องที่ใช้ในการพยากรณ์ เมื่อดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลเสร็จสิ้น จะได้ผลลัพธ์การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแต่ละเทคนิคการคัดเลือกคุณลักษณะ เพื่อระบุแนวทางที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการพัฒนาแบบจำลองพยากรณ์ที่มีความแม่นยำสูง

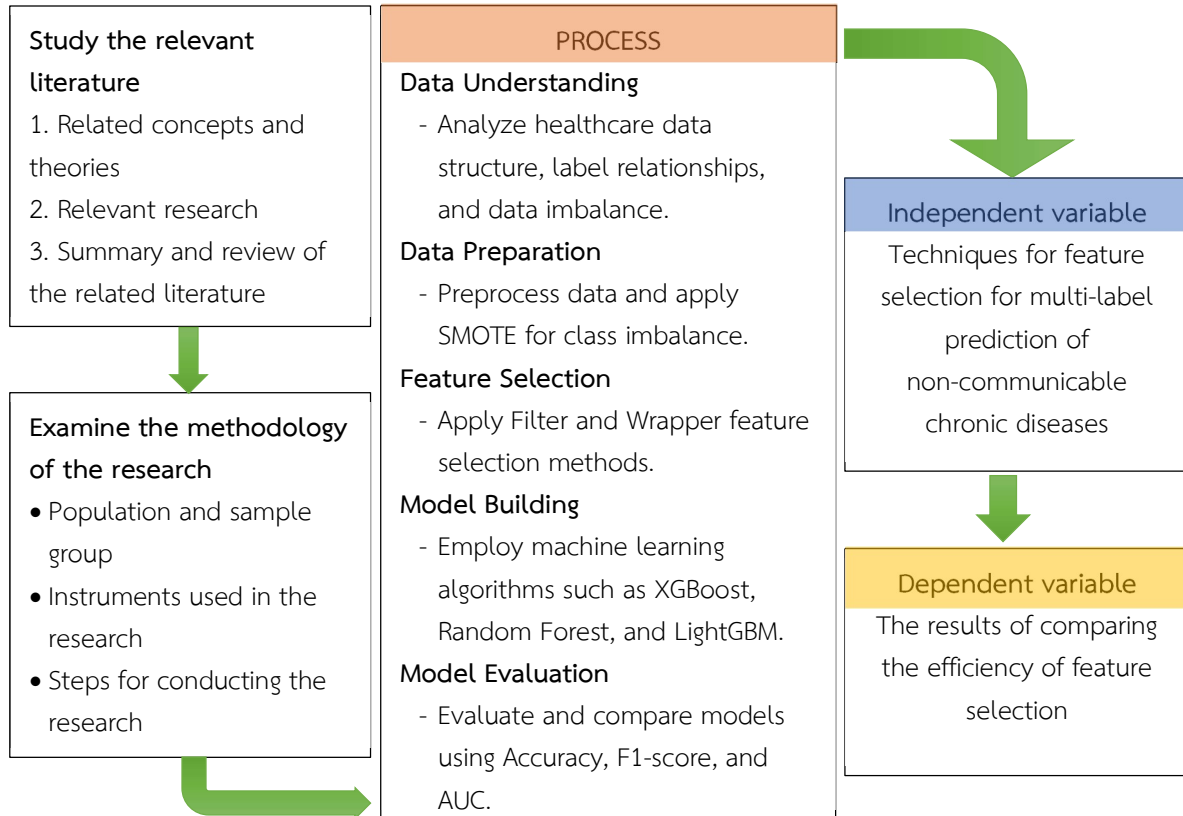


Figure 1. Conceptual Framework

## 5. วิธีดำเนินงานวิจัย (Research Methodology)

### 5.1 ชุดข้อมูล

ชุดข้อมูล ได้จากเว็บไซต์ [www.kaggle.com](https://www.kaggle.com) ซึ่งเป็นชุดข้อมูลสาธารณะ (Teboul, n.d.) ประกอบด้วย ข้อมูลที่มีคุณลักษณะสำคัญ จำนวน 22 คุณลักษณะ แถวข้อมูลจำนวน 253,680 แถว และกำหนดเงื่อนไขแบบหลายเป้าหมายจำนวน 3 เป้าหมาย ได้แก่ โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง และโรคหลอดเลือดสมอง ทำให้เหลือจำนวนคุณลักษณะที่สำคัญ จำนวน 19 คุณลักษณะ

### 5.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีระบบปฏิบัติการ Windows 11 แบบ 64 bit หน่วยความจำหลัก 8 GB สำหรับรองรับการประมวลผลข้อมูล โปรแกรม Microsoft Excel สำหรับจัดเก็บและเตรียมข้อมูลก่อนการวิเคราะห์ และโปรแกรม Google Collaboratory สำหรับการเขียนและประมวลผลโค้ดโปรแกรมภาษาไพทอน (Python) ผ่านเว็บเบราว์เซอร์

### 5.3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

#### 1. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ดัง Figure 2. โดยใช้ข้อมูลจากเว็บไซต์ [www.kaggle.com](https://www.kaggle.com) และกำหนดเงื่อนไขหลายเป้าหมายจำนวน 3 เป้าหมาย คือ โรคเบาหวาน (มี 3 คลาส ได้แก่ 0,1,2) โรคความดันโลหิตสูง (มี 2 คลาส

ได้แก่ 0, 1) และโรคหลอดเลือดสมอง (มี 2 คลาส ได้แก่ 0,1) โดยรายละเอียดของคุณลักษณะต่าง ๆ ที่สำคัญ สามารถแสดงผลลัพธ์ ดัง Table 2.

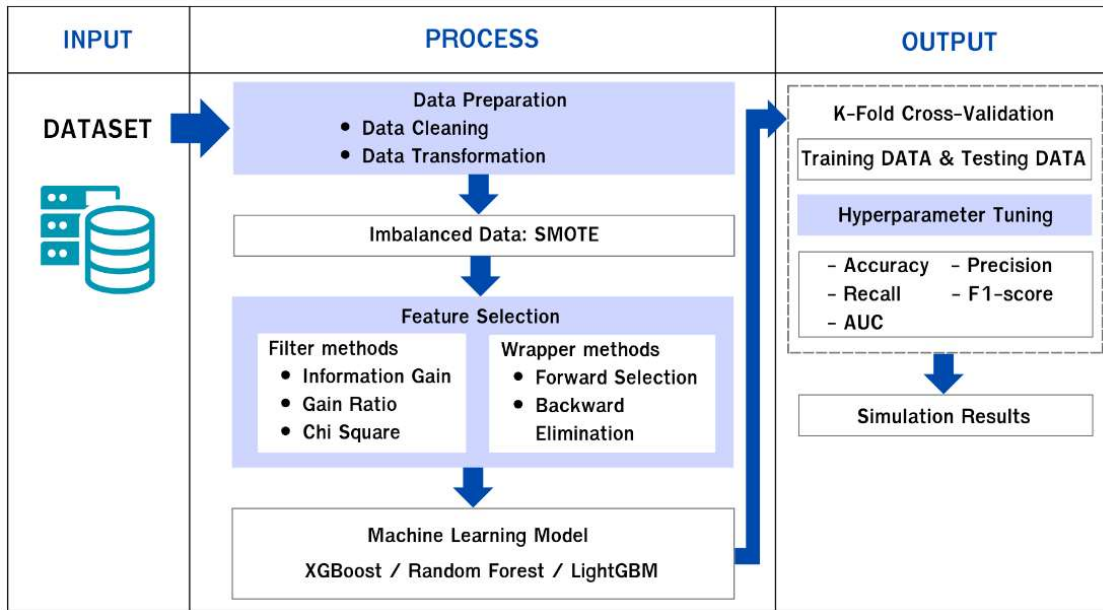


**Figure 2.** Steps for Feature Selection for Multi-label Prediction of Non-Communicable Chronic Diseases from Imbalanced Health Data

**Table 2.** Operational Definitions of Variables

| No. | Attribute             | Value   | Description                            | Encoding                                        |
|-----|-----------------------|---------|----------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 1   | Diabetes_012          | ordinal | Diabetes Status (3 levels)             | 0 = No diabetes, 1 = Pre-diabetes, 2 = Diabetes |
| 2   | Hypertension          | nominal | High Blood Pressure (HighBP)           | 0 = No, 1 = Yes                                 |
| 3   | Stroke                | nominal | History of Stroke                      | 0 = No, 1 = Yes                                 |
| 4   | HighChol              | nominal | High Cholesterol (HighChol)            | 0 = No, 1 = Yes                                 |
| 5   | CholCheck             | nominal | Cholesterol Check within 5 years       | 0 = No, 1 = Yes                                 |
| 6   | BMI                   | scale   | Weight balance index                   | continuous value.                               |
| 7   | Smoker                | nominal | Smoking Behavior/ Smoking Status       | 0 = No, 1 = Yes                                 |
| 8   | PhysActivity          | nominal | Physical Activity/ Exercise            | 0 = No, 1 = Yes                                 |
| 9   | HeartDiseaseor Attack | nominal | Heart Disease or Myocardial Infarction | 0 = No, 1 = Yes                                 |
| 10  | Fruits                | nominal | Daily Fruit Consumption                | 0 = No, 1 = Yes                                 |
| 11  | Veggies               | nominal | Daily Vegetable Consumption            | 0 = No, 1 = Yes                                 |
| 12  | HvyAlcohol Consump    | nominal | Heavy Alcohol Consumption              | 0 = No, 1 = Yes                                 |
| 13  | AnyHealthcare         | nominal | Health Care Coverage/ Insurance        | 0 = No, 1 = Yes                                 |

**Table 2.** Operational Definitions of Variables (Cont.)

| No. | Attribute   | Value   | Description                             | Encoding                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----|-------------|---------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 14  | NoDocbcCost | nominal | No Medical Care due to Cost             | 0 = No, 1 = Yes                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 15  | GenHlth     | ordinal | General Health Self-Perception          | 1 = Excellent, 2 = Very good, 3 = Good, 4 = Fair, 5 = Poor                                                                                                                                                                                                         |
| 16  | MentHlth    | scale   | Number of Poor Mental Health Days       | 0-30 days                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 17  | PhysHlth    | scale   | Number of Poor Physical Health Days     | 0-30 days                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 18  | DiffWalk    | nominal | Difficulty Walking/ Physical Disability | 0 = No, 1 = Yes                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 19  | Sex         | nominal | Biological Sex                          | 0 = Female, 1 = Male                                                                                                                                                                                                                                               |
| 20  | Age         | ordinal | Age Categories (13 levels)              | 1 = 18-24 , 2 = 25-29<br>3 = 30-34 , 4 = 35-39<br>5 = 40-44 , 6 = 45-49<br>7 = 50-54 , 8 = 55-59<br>9 = 60-64 , 10 = 65-69<br>11 = 70-74 , 12 = 75-79<br>13 = 80 or older                                                                                          |
| 21  | Education   | ordinal | Highest Educational Attainment          | 1=Never attended school or only kindergarten 2=Elementary (Grades 1-8)<br>3=Some High School (Grades 9-11)<br>4=High School Graduate (Grade 12 or GED)5=Some<br>5=College or Technical School (1-3 years)<br>6=College Graduate (bachelor's degree or higher)      |
| 22  | Income      | ordinal | Income Level/ Household Income          | 1=Less than \$10,000<br>2=\$10,000 to less than \$15,000<br>3=\$15,000 to less than \$20,000<br>4=\$20,000 to less than \$25,000<br>5=\$25,000 to less than \$35,000<br>6=\$35,000 to less than \$50,000<br>7=\$50,000 to less than \$75,000<br>8=\$75,000 or more |

## 2. การเตรียมข้อมูล

ดำเนินการเตรียมข้อมูลให้เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ ดังนี้

2.1 การกลั่นกรองข้อมูล โดยตรวจสอบและคัดกรองข้อมูลที่ผิดปกติ เช่น ค่าดัชนีมวลกาย (BMI) ให้อยู่ช่วง 10-60 เพื่อลดผลกระทบต่อความแม่นยำของแบบจำลอง และไม่จำเป็นต้องเติมเต็มข้อมูลเพิ่มเติมในขั้นตอนนี้ เนื่องจากข้อมูลไม่มีค่าว่างปรากฏในฐานข้อมูล

2.2 การแปลงข้อมูล จากรูปแบบเดิมที่มีค่า 0, 1 และ 2 ให้เป็นข้อมูลประเภทจำนวนเต็มแบบไบนารี โดยกำหนดให้ค่า 0 แทนกลุ่มที่ไม่เป็นโรคเบาหวาน และค่า 1 แทนกลุ่มที่เป็นโรคเบาหวาน เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ ซึ่งชุดข้อมูลดังกล่าวจะถูกอัปโหลด เพื่อนำเข้าสู่โปรแกรม Google Colaboratory หลังจากคัดกรองข้อมูลที่มีคุณภาพและเหมาะสมต่อการวิเคราะห์ โดยเมื่อดำเนินการแล้วเสร็จ จะได้จำนวนข้อมูลของแต่ละเป้าหมายที่กำหนดไว้ในงานวิจัย ได้แก่ โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง และโรคหลอดเลือดสมอง

2.3 การจัดการความไม่สมดุลของข้อมูล โดยเมื่อทำการเตรียมข้อมูลให้เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์เรียบร้อยแล้ว แต่ยังมีจำนวนข้อมูลที่มีความแตกต่างกันค่อนข้างมากระหว่างคนเป็นโรคกับคนที่ไม่ได้เป็นโรค วิธีการ SMOTE จึงถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มข้อมูลให้มีจำนวนที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งสามารถสังเกตผลลัพธ์ของจำนวนข้อมูลแต่ละกลุ่มเป้าหมายได้ ดัง Table 3.

**Table 3.** Class Distribution Before and After SMOTE Oversampling

| Target Variable   | Before  |         |         | After   |         |         |
|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                   | Class 0 | Class 1 | Total   | Class 0 | Class 1 | Total   |
| Diabetes Mellitus | 213,703 | 39,977  | 253,680 | 213,703 | 213,703 | 427,406 |
| Hypertension      | 144,851 | 108,829 | 253,680 | 144,851 | 144,851 | 289,702 |
| Stroke            | 243,388 | 10,292  | 253,680 | 243,388 | 243,388 | 486,776 |

2.4 การคัดเลือกคุณลักษณะสำคัญ โดยใช้ชุดข้อมูลที่ผ่านการกลั่นกรองข้อมูลและการแปลงรูปข้อมูล มาทำการคัดเลือกคุณลักษณะที่สำคัญ เพื่อเปรียบเทียบ และเลือกเทคนิคที่เหมาะสมบนพื้นฐานเงื่อนไขแบบหลายเป้าหมาย งานวิจัยนี้เลือกใช้วิธีการคัดเลือกคุณลักษณะ 2 วิธี ได้แก่

1. วิธีแบบกรอง (Information Gain, Gain Ratio, Chi-Square)
2. วิธีแบบควบรวม (Forward Selection, Backward Elimination)
3. การเลือกแบบจำลองการเรียนรู้

โดยนำข้อมูลที่ผ่านการจัดสมดุลและคัดเลือกคุณลักษณะแล้ว มาทำการสร้างแบบจำลองด้วยเทคนิค XGBoost Random Forest และ LightGBM ซึ่งเป็นเทคนิคที่มีความสามารถในการจัดการกับข้อมูลขนาดใหญ่และซับซ้อนได้ดี

4. การฝึกสอนแบบจำลอง

ข้อมูลที่ผ่านกระบวนการเตรียมข้อมูลและคัดเลือกคุณลักษณะแล้ว จะถูกนำเข้าสู่กระบวนการฝึกสอนแบบจำลอง โดยใช้เทคนิค 10-Fold Cross-Validation เพื่อแบ่งข้อมูลออกเป็น 10 ส่วน สำหรับการฝึกสอนและทดสอบแบบหมุนเวียน ซึ่งช่วยลดปัญหาการเกิด Overfitting และเพิ่มความน่าเชื่อถือของประสิทธิภาพแบบจำลอง

5. การวัดประสิทธิภาพแบบจำลอง

งานวิจัยนี้วัดประสิทธิภาพแบบจำลอง โดยพิจารณาจากค่าความถูกต้อง ค่าความแม่นยำ ค่าเรียกคืน และค่าประสิทธิภาพโดยรวม ซึ่งเป็นการคำนวณค่าจากตาราง Confusion Matrix และค่าพื้นที่ใต้เส้นโค้ง จากนั้นนำมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างแบบจำลองต่าง ๆ

6. การปรับค่าพารามิเตอร์และการใช้งานการทำนายแบบจำลอง

ในงานวิจัยนี้ ดำเนินการปรับค่าพารามิเตอร์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของแบบจำลอง โดยเลือกใช้เทคนิค เช่น การตั้งค่า  $n\_jobs = -1$  เพื่อให้ประมวลผลแบบขนานและลดเวลาในการฝึกสอนแบบจำลอง และการเรียนรู้แบบไล่ระดับ (Gradient Boosting) เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิด Overfitting พร้อมทั้งเลือกใช้แบบจำลองที่มีความเหมาะสมกับข้อมูล เช่น เทคนิค LightGBM และเทคนิค Random Forest ซึ่งมีคุณสมบัติในการจัดการกับข้อมูลขนาดใหญ่และไม่สมดุลได้ดี

## 6. ผลการวิจัย (Results)

### 6.1 ผลการศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเทคนิคการคัดเลือกคุณลักษณะ ทั้งในรูปแบบ Filter Methods และ Wrapper Methods สำหรับข้อมูลสุขภาพที่เป็นแบบหลายงาน และมีความไม่สมดุลของข้อมูล

งานวิจัยนี้เปรียบเทียบประสิทธิภาพของเทคนิคการคัดเลือกคุณลักษณะ ทั้งในรูปแบบ Filter Methods และ Wrapper Methods ผลลัพธ์ที่ได้แสดงดัง Table 4.

**Table 4.** Comparison of Feature Selection Techniques

| Feature Selection type | Method               | Average  |           |        |          |          |        |
|------------------------|----------------------|----------|-----------|--------|----------|----------|--------|
|                        |                      | Accuracy | Precision | Recall | F1-score | Time(s)  | AUC    |
| Filter                 | Information Gain     | 0.8721   | 0.8959    | 0.8461 | 0.8697   | 99.56    | 0.9248 |
| Filter                 | Gain Ratio           | 0.8726   | 0.8976    | 0.8439 | 0.8695   | 83.12    | 0.9248 |
| Filter                 | Chi-Square           | 0.8629   | 0.8900    | 0.8323 | 0.8594   | 50.28    | 0.9109 |
| Wrapper                | Forward Selection    | 0.8729   | 0.9051    | 0.8377 | 0.8692   | 6,119.34 | 0.8437 |
| Wrapper                | Backward Elimination | 0.8663   | 0.8855    | 0.8449 | 0.8641   | 4,755.67 | 0.9163 |

จาก Table 4. แสดงผลการศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเทคนิคการคัดเลือกคุณลักษณะ ทั้งในรูปแบบ Filter Methods และ Wrapper Methods สำหรับข้อมูลสุขภาพที่เป็นแบบหลายงาน และมีความไม่สมดุลของข้อมูล โดยสามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. ประสิทธิภาพสูงสุดของแบบจำลอง จาก Table 4. พบว่า วิธีแบบ Filter Methods สามารถให้ค่าพื้นที่ใต้เส้นโค้งที่สูงกว่ากลุ่ม Wrapper อย่างชัดเจน โดยเทคนิคที่ให้ค่าสูงสุด คือ เทคนิค Gain Ratio ให้ค่าพื้นที่ใต้เส้นโค้ง อยู่ที่ 0.9248 ซึ่งสูงกว่าเทคนิค Forward Selection ที่ทำได้เพียง 0.8437

2. ประสิทธิภาพด้านเวลาและทรัพยากรที่ใช้ จาก Table 4. พบว่า วิธีแบบ Filter Methods มีเวลาในการประมวลผลเร็วกว่าวิธีแบบ Wrapper Methods โดยเทคนิคที่ใช้เวลาน้อยที่สุด อย่างเทคนิค Chi-Square ใช้เวลาเพียง 50.28 วินาที ในขณะที่เทคนิค Forward Selection ใช้เวลาสูงถึง 6,119.34 วินาที

โดยสรุป เทคนิค Forward Selection แม้จะให้ค่าความถูกต้องสูงสุด แต่เมื่อพิจารณาค่าพื้นที่ใต้เส้นโค้ง และประสิทธิภาพด้านเวลา พบว่าเทคนิค Gain Ratio มีความเหมาะสมในการพยากรณ์โรคติดต่อไม่เรื้อรังมากกว่า เนื่องจากให้ค่าพื้นที่ใต้เส้นโค้งที่สูงอยู่ที่ 0.9248 และใช้เวลาประมวลผลน้อยกว่าวิธีแบบ Wrapper Methods ซึ่งแสดงถึงความสามารถในการลดสัญญาณรบกวน และความเสี่ยงต่อการเกิด Overfitting ได้ดีกว่า

### 6.2 ผลพัฒนาแบบจำลองการพยากรณ์โรคไม่ติดต่อเรื้อรัง โดยการบูรณาการเทคนิคการคัดเลือกคุณลักษณะที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ร่วมกับแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่อง

งานวิจัยนี้วัดประสิทธิภาพแบบจำลอง โดยพิจารณาจากค่าความถูกต้อง ค่าความแม่นยำ ค่าเรียกคืน ค่าประสิทธิภาพโดยรวม เวลา และค่าพื้นที่ใต้เส้นโค้ง ผลลัพธ์ที่ได้แสดงดัง Table 5.

จาก Table 5. แสดงผลการเปรียบเทียบการวัดประสิทธิภาพของแบบจำลองการเรียนรู้ของทั้ง 3 เทคนิค ได้แก่ XGBoost, Random Forest และ LightGBM ร่วมกับการใช้เทคนิคการคัดเลือกคุณลักษณะรูปแบบต่าง ๆ โดยสามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. ประสิทธิภาพสูงสุดของแบบจำลอง จาก Table 5. พบว่า เทคนิค LightGBM ที่ใช้คุณลักษณะทั้งหมด โดยไม่มีการคัดเลือกคุณลักษณะ คือ เทคนิคที่ให้ประสิทธิภาพดีที่สุด โดยมีค่าความถูกต้อง อยู่ที่ 0.8794 และค่าประสิทธิภาพโดยรวม อยู่ที่ 0.8777 ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่า เทคนิค LightGBM มีความสามารถในการจัดการกับข้อมูลสุขภาพที่มีความซับซ้อนได้อย่างดีเยี่ยม ทั้งในแง่ของการจำแนกกลุ่มข้อมูลที่ถูกต้องและการรักษาสสมดุลระหว่างค่าความแม่นยำ และค่าเรียกคืน

**Table 5.** Comparative Analysis of Model Performance

| Model         | Feature Selection Method | Accuracy | Precision | Recall | F1-score | Time(s)   | AUC    |
|---------------|--------------------------|----------|-----------|--------|----------|-----------|--------|
| XGBoost       | None                     | 0.8704   | 0.8885    | 0.8526 | 0.8698   | 92.29     | 0.9286 |
|               | (Full Features)          |          |           |        |          |           |        |
|               | Information Gain         | 0.8767   | 0.9056    | 0.8464 | 0.8740   | 124.92    | 0.9300 |
|               | Gain Ratio               | 0.8768   | 0.9058    | 0.8456 | 0.8740   | 126.03    | 0.9300 |
|               | Chi-Square               | 0.8727   | 0.9050    | 0.8373 | 0.8690   | 73.18     | 0.9150 |
|               | Forward Selection        | 0.8760   | 0.9101    | 0.8399 | 0.8725   | 904.25    | 0.8374 |
| Random Forest | Backward Elimination     | 0.8762   | 0.9103    | 0.8400 | 0.8726   | 2,497.39  | 0.9279 |
|               | None                     | 0.8737   | 0.8827    | 0.8651 | 0.8737   | 815.56    | 0.9248 |
|               | (Full Features)          |          |           |        |          |           |        |
|               | Information Gain         | 0.8612   | 0.8783    | 0.8394 | 0.8584   | 91.02     | 0.9127 |
|               | Gain Ratio               | 0.8625   | 0.8828    | 0.8349 | 0.8581   | 40.51     | 0.9127 |
|               | Chi-Square               | 0.8583   | 0.8763    | 0.8347 | 0.8548   | 38.04     | 0.9007 |
| LightGBM      | Forward Selection        | 0.8661   | 0.8972    | 0.8294 | 0.8614   | 7,625.66  | 0.7993 |
|               | Backward Elimination     | 0.8626   | 0.8783    | 0.8433 | 0.8603   | 10,716.93 | 0.9125 |
|               | None                     | 0.8794   | 0.9036    | 0.8545 | 0.8777   | 97.18     | 0.9334 |
|               | (Full Features)          |          |           |        |          |           |        |
|               | Information Gain         | 0.8784   | 0.9037    | 0.8525 | 0.8766   | 82.75     | 0.9317 |
|               | Gain Ratio               | 0.8785   | 0.9041    | 0.8513 | 0.8763   | 82.82     | 0.9317 |
|               | Chi-Square               | 0.8577   | 0.8888    | 0.8248 | 0.8545   | 39.61     | 0.9170 |
|               | Forward Selection        | 0.8766   | 0.9080    | 0.8438 | 0.8737   | 9,828.12  | 0.8944 |
|               | Backward Elimination     | 0.8600   | 0.8678    | 0.8514 | 0.8595   | 1,052.69  | 0.9084 |
|               |                          |          |           |        |          |           |        |

2. การคัดเลือกคุณลักษณะ จาก Table 5. พบว่า เทคนิค XGBoost ร่วมกับการคัดเลือกคุณลักษณะ ด้วยเทคนิค Gain Ratio ให้ค่าความถูกต้องสูงกว่าการไม่คัดเลือกคุณลักษณะ จากค่าความถูกต้องอยู่ที่ 0.8704 เป็น 0.8768 ในขณะที่เทคนิค Random Forest และเทคนิค LightGBM กลับให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดเมื่อใช้ตัวแปรครบทั้งหมด

3. ประสิทธิภาพด้านเวลาและทรัพยากรที่ใช้ จาก Table 5. พบว่า เมื่อพิจารณาเวลาในการประมวลผลเทคนิค LightGBM ไม่เพียงแต่ให้ค่าความถูกต้องสูงสุดเท่านั้น แต่ยังใช้เวลาในการประมวลผลค่อนข้างน้อย (97.18 วินาที) โดยเมื่อเทียบกับเทคนิค Random Forest แล้วจะใช้เวลาในการประมวลผลนานกว่าถึง 815.56 วินาที นอกจากนี้ วิธีการคัดเลือกคุณลักษณะแบบ Wrapper Methods ได้แก่ Forward Selection และ Backward Elimination แม้จะเป็นการค้นหาที่ละเอียด แต่กลับใช้เวลาในการประมวลผลสูงมากในทุกแบบจำลอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเทคนิค Random Forest ที่ใช้เวลาถึง 10,716 วินาที โดยที่ค่าความถูกต้องไม่ได้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

โดยสรุป การเลือกใช้เทคนิค LightGBM ร่วมกับการใช้คุณลักษณะทั้งหมด มีประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับชุดข้อมูลนี้ เนื่องจากให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำมากที่สุดและมีความคุ้มค่าในแง่ของทรัพยากรเวลา ข้อมูลการทดลองนี้ยืนยันว่าสำหรับการทำนายปัจจัยเสี่ยงด้านสุขภาพ การรักษาความครอบคลุมของตัวแปรนำเข้ามีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการรักษาประสิทธิภาพของแบบจำลองในการพยากรณ์โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง และโรคหลอดเลือดสมอง อย่างไรก็ตาม หากจำเป็นต้องลดจำนวนคุณลักษณะ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการประมวลผล เทคนิค XGBoost ร่วมกับเทคนิค Gain Ratio ถือเป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพสูง โดยให้ค่าความถูกต้องสูงถึง 0.8768 ซึ่งดีกว่าการใช้ตัวแปรทั้งหมดในอัลกอริทึมเดียวกันอย่างชัดเจน

และนอกจากนี้เพื่อให้เห็นถึงรายละเอียดของผลการคัดเลือกคุณลักษณะในแต่ละเป้าหมายการพยากรณ์โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง และโรคหลอดเลือดสมอง งานวิจัยนี้ได้นำเสนอจำนวนและรายการคุณลักษณะที่ถูกคัดเลือก เหลือเพียงบางตัวที่มีความสำคัญสูงสุดต่อการพยากรณ์ สามารถแสดงรายละเอียดการคัดเลือกคุณลักษณะดัง Table 6.

**Table 6.** Feature Importance Results for LightGBM Utilizing the Full Feature Set

| Target            | Total Features | Selected Features | Accuracy | Top Contributing Features |
|-------------------|----------------|-------------------|----------|---------------------------|
| Diabetes Mellitus | 19             | 3                 | 0.9054   | BMI, Age, GenHlth         |
| Hypertension      | 19             | 2                 | 0.7565   | BMI, Age                  |
| Stroke            | 19             | 3                 | 0.9762   | BMI, Age, Income          |

จาก Table 6. พบว่า เทคนิค LightGBM ที่ใช้คุณลักษณะทั้งหมดโดยไม่มีการคัดเลือกคุณลักษณะ สามารถลดจำนวนคุณลักษณะสำคัญจาก 19 คุณลักษณะ ของเป้าหมายโรคเบาหวาน เหลือเพียง 3 คุณลักษณะ ได้แก่ ดัชนีมวลกาย อายุ และประเมินสุขภาพตนเอง โรคความดันโลหิตสูง เหลือเพียง 2 คุณลักษณะ ได้แก่ ดัชนีมวลกายและอายุ และโรคหลอดเลือดสมอง เหลือเพียง 3 คุณลักษณะ ได้แก่ ดัชนีมวลกาย อายุ และระดับรายได้

**Table 7.** Feature Selection Results of XGBoost Integrated with Gain Ratio Technique

| Target            | Total Features | Selected Features | Accuracy | Top Contributing Features                                |
|-------------------|----------------|-------------------|----------|----------------------------------------------------------|
| Diabetes Mellitus | 19             | 7                 | 0.9035   | BMI, Age, Income, PhysHlth, GenHlth, MentHlth, Education |
| Hypertension      | 19             | 2                 | 0.7507   | BMI, Age                                                 |
| Stroke            | 19             | 7                 | 0.9762   | BMI, Age, Income, PhysHlth, GenHlth, Education, MentHlth |

จาก Table 7. พบว่า เทคนิค XGBoost ร่วมกับการคัดเลือกคุณลักษณะด้วยเทคนิค Gain Ratio สามารถลดจำนวนคุณลักษณะสำคัญจาก 19 คุณลักษณะ ของเป้าหมายโรคเบาหวาน เหลือเพียง 7 คุณลักษณะ ได้แก่ ดัชนีมวลกาย อายุ รายได้ สุขภาพภายใน 30 วัน ประเมินสุขภาพตนเอง สุขภาพจิตใน 30 วัน และระดับการศึกษา โรคความดันโลหิตสูง เหลือเพียง 2 คุณลักษณะ ได้แก่ ดัชนีมวลกายและอายุ และโรคหลอดเลือดสมอง เหลือเพียง 7 คุณลักษณะ ได้แก่ ดัชนีมวลกาย อายุ รายได้ สุขภาพภายใน 30 วัน ประเมินสุขภาพตนเอง ระดับการศึกษา และสุขภาพจิตใน 30 วัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Leite (2025) พบว่า ตัวแปรด้านอายุและดัชนีมวลกาย มีความสัมพันธ์อย่างชัดเจนกับรูปแบบสุขภาพของผู้ป่วยโรคเรื้อรัง โดยงานวิจัยระบุว่าปัจจัยเหล่านี้ส่งผลควบคู่ไปกับการประเมินสุขภาพตนเองและความท้าทายด้านสุขภาพจิต ซึ่งเมื่อนำมารวมกันเป็นปัจจัยด้านพฤติกรรมสุขภาพ จะเป็นตัวแปรสำคัญที่ช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือในการทำนายความเสี่ยง

### 6.3 ผลการคัดเลือกคุณลักษณะสำคัญของแต่ละเทคนิค โดยใช้ตัวชี้วัดทางสถิติที่เหมาะสมกับข้อมูลไม่สมดุล เช่น ค่าพื้นที่ใต้เส้นโค้ง และค่าความถูกต้อง

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าพื้นที่ใต้เส้นโค้ง และค่าความถูกต้องของแบบจำลองที่พัฒนาด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องทั้ง 3 เทคนิค ได้แก่ เทคนิค XGBoost, Random Forest และ LightGBM จะได้ผลลัพธ์สูงสุดแสดงดัง Table 8.

**Table 8.** Comparison of Feature Selection Techniques

| Model+Method                  | Accuracy | Precision | Recall | F1-score | AUC    |
|-------------------------------|----------|-----------|--------|----------|--------|
| XGBoost + Gain Ratio          | 0.8768   | 0.9058    | 0.8456 | 0.8740   | 0.9300 |
| Random Forest (Full Features) | 0.8737   | 0.8827    | 0.8651 | 0.8737   | 0.9248 |
| LightGBM (Full Features)      | 0.8794   | 0.9036    | 0.8545 | 0.8777   | 0.9334 |

จาก Table 8. พบว่า เทคนิค LightGBM ร่วมกับการใช้คุณลักษณะทั้งหมดให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด โดยมีค่าความถูกต้อง อยู่ที่ 0.8794 และค่าพื้นที่ใต้เส้นโค้ง (AUC) อยู่ที่ 0.9289 ซึ่งสะท้อนถึงความสามารถในการพยากรณ์โรคได้อย่างแม่นยำ แต่หากพิจารณาการประมวลผลร่วมกับเทคนิคการคัดเลือกคุณลักษณะ พบว่า เทคนิค Gain Ratio ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ ให้กับแบบจำลองสูงสุด โดยให้ค่าความถูกต้อง อยู่ที่ 0.8768 และค่าพื้นที่ใต้เส้นโค้ง (AUC) สูงสุดอยู่ที่ 0.9300

## 7. สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย (Conclusion and Discussion)

งานวิจัยเรื่อง การเพิ่มประสิทธิภาพการคัดเลือกคุณลักษณะสำหรับการพยากรณ์ โรคไม่ติดต่อเรื้อรังแบบหลายงาน จากข้อมูลสุขภาพที่ไม่สมดุล สามารถสรุปผลและอภิปรายผลการวิจัยได้ ดังนี้

1. ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเทคนิคการคัดเลือกคุณลักษณะ ทั้งในรูปแบบ Filter Methods และ Wrapper Methods สำหรับข้อมูลสุขภาพที่เป็นแบบหลายงานและมีความไม่สมดุลของข้อมูล พบว่า การคัดเลือกคุณลักษณะแบบ Filter Methods ให้ผลลัพธ์ดีกว่าการคัดเลือกคุณลักษณะแบบ Wrapper Methods โดยเทคนิคที่ให้ค่าความถูกต้องสูงที่สุดคือ เทคนิค Gain Ratio ร่วมกับแบบจำลองเทคนิค XGBoost โดยค่าความถูกต้องอยู่ที่ 0.8768 และใช้เวลาในการประมวลผลน้อยกว่า ถึงแม้วิธีการคัดเลือกคุณลักษณะแบบ Wrapper Method ได้แก่ Forward Selection และ Backward Elimination จะเป็นวิธีการค้นหาที่ละเอียด แต่กลับใช้เวลาในการประมวลผลสูงมากในทุกแบบจำลอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเทคนิค Random Forest ที่ใช้เวลาถึง 10,716 วินาที โดยที่ค่าความถูกต้องไม่ได้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Tepdang (2023) โดยกล่าวถึงการพยากรณ์ผู้ป่วยโรคเบาหวาน ข้อมูลจากเว็บไซต์ [www.kaggle.com](http://www.kaggle.com) ด้วยวิธีการเรียนรู้ของเครื่อง ผลงานวิจัยพบว่า วิธีที่ดีที่สุด คือ Gradient Boosted Trees ให้ประสิทธิภาพสูงสุดที่ร้อยละ 87.14 และจากการคัดเลือกคุณลักษณะด้วยวิธี Filter Approach ตามวิธีโครงสร้างต้นไม้ ใช้เพียง 4 ปัจจัยหลัก ได้แก่ ระดับกลูโคส อายุ จำนวนครั้งที่ตั้งครรภ์ และระดับอินซูลิน ก็สามารถจำแนกผู้ป่วยได้อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อการรักษาที่รวดเร็วขึ้น และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Pongshaing & Thongkam (2023) ซึ่งพยากรณ์การรักษาโรคความดันโลหิตสูง ด้วยการคัดเลือกคุณลักษณะเทคนิค Gain Ratio เป็นวิธีที่สามารถเพิ่มค่า ความจำเพาะและค่าความถูกต้องของแบบจำลองที่สร้างด้วยเทคนิคเคเนียร์เรสเซเนเบอร์ได้ดีที่สุด โดยสามารถเพิ่มค่าความจำเพาะ และค่าความถูกต้องได้ร้อยละ 15.35 และ 3.72 ตามลำดับ

2. ผลการคัดเลือกคุณลักษณะสำคัญของแต่ละเทคนิค โดยใช้ตัวชี้วัดทางสถิติที่เหมาะสมกับข้อมูลไม่สมดุล เช่น ค่าพื้นที่ใต้กราฟ (AUC) และค่าความแม่นยำ (Accuracy) พบว่า เมื่อพิจารณาค่าพื้นที่ใต้เส้นโค้ง (AUC) ซึ่งเป็นตัวชี้วัดที่สะท้อนประสิทธิภาพของแบบจำลองได้ดีกว่าค่าความถูกต้องเพียงอย่างเดียว ทำให้เห็นว่าแบบจำลองเทคนิค LightGBM ร่วมกับการคัดเลือกคุณลักษณะด้วยเทคนิค Information Gain และเทคนิค Gain Ratio สามารถเพิ่มประสิทธิภาพให้กับแบบจำลองสูงสุด โดยให้ค่าพื้นที่ใต้เส้นโค้ง (AUC) สูงสุดอยู่ที่ 0.9317 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Rufo et al. (2021) ที่พัฒนาแบบจำลองวินิจฉัยโรคเบาหวานโดยใช้เทคนิค LightGBM กับข้อมูลผู้ป่วยจากโรงพยาบาลในเอธิโอเปีย เพื่อช่วยคัดกรองโรคในพื้นที่ที่ขาดแคลนแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ พบว่า เทคนิค LightGBM ให้ประสิทธิภาพสูงมาก โดยมีค่าความถูกต้อง และค่าพื้นที่ใต้เส้นโค้ง (AUC) เท่ากับ 98.1% และให้ผลดีกว่าแบบจำลองเทคนิค KNN, SVM, Random Forest และ XGBoost อย่างชัดเจน เหมาะสำหรับการประยุกต์ใช้ในระบบสาธารณสุขที่มีข้อจำกัดด้านทรัพยากร

## 8. ข้อเสนอแนะงานวิจัย (Recommendation)

### 8.1 ข้อเสนอแนะในงานวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรพิจารณาเลือกใช้ชุดข้อมูลสุขภาพที่มีการจัดเก็บภายในระยะเวลาไม่เกิน 5 ปี เพื่อให้ผลการวิเคราะห์สะท้อนสถานการณ์ด้านสาธารณสุขในปัจจุบันได้อย่างถูกต้อง ทั้งนี้ ชุดข้อมูล Diabetes Health Indicators ที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ จัดเก็บจากแหล่งข้อมูลสาธารณะ อาจมีข้อจำกัดด้านความทันสมัยของข้อมูลบางส่วน

2. ควรมีการนำแบบจำลองการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นไปทดสอบกับชุดข้อมูลสุขภาพจริงจากโรงพยาบาลในประเทศไทย เพื่อประเมินความแม่นยำและความสามารถในการนำไปประยุกต์ใช้ในบริบทของประชากรไทย ที่อาจมีปัจจัยเสี่ยงแตกต่างจากข้อมูลใน Kaggle

3. ควรศึกษาและเปรียบเทียบผลการคัดเลือกคุณลักษณะโดยใช้เทคนิคแบบผสมผสาน (Hybrid Feature Selection) ที่รวมจุดเด่นของวิธีแบบกรอง (Filter Methods) และแบบห่อหุ้ม (Wrapper Methods) เข้าด้วยกัน เพื่อเพิ่มความแม่นยำ ลดความซับซ้อนของแบบจำลอง และเพิ่มประสิทธิภาพในการประมวลผลของระบบได้อย่างมีนัยสำคัญ

### 8.2 การประยุกต์ใช้ในงานวิจัย

ผลงานวิจัยสามารถนำไปพัฒนาเป็นระบบสนับสนุนการตัดสินใจทางการแพทย์ (Clinical Decision Support System: CDSS) ที่เชื่อมโยงกับฐานข้อมูลเวชระเบียนอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Health Record: EHR) โดยแบบจำลองการพยากรณ์ที่ผ่านการเลือกคุณลักษณะและการปรับสมดุลข้อมูลแล้ว สามารถนำมาใช้ประเมินความเสี่ยงของผู้ป่วยโรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง และโรคหลอดเลือดสมองแบบอัตโนมัติ ซึ่งจะช่วยให้บุคลากรทางการแพทย์สามารถคัดกรองผู้ป่วยกลุ่มเสี่ยงได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ พร้อมทั้งสนับสนุนการวางแผนป้องกันและการรักษาเชิงรุกได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนี้ โรงพยาบาลหรือหน่วยบริการสุขภาพสามารถเชื่อมต่อกับระบบดังกล่าวเข้ากับโครงสร้างสารสนเทศที่มีอยู่เดิม เพื่อพัฒนาเป็นเครื่องมือวิเคราะห์ข้อมูลสุขภาพที่ใช้งานได้จริง และต่อยอดสู่ระบบบริการสุขภาพอัจฉริยะในอนาคต

## 9. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงไปได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือเป็นอย่างดียิ่งจาก บุคลากรจากวิทยาลัยเทคโนโลยีทางการแพทย์และสาธารณสุข กาญจนภิเษก ที่ให้ความช่วยเหลือคำแนะนำ และสนับสนุน หวังเป็นอย่างยิ่งว่า การศึกษารุ่นนี้คงจะเป็นประโยชน์แก่ผู้นำไปศึกษาค้นคว้าต่อไป

## 10. การเปิดเผยการใช้ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ (Declaration of Generative AI)

งานวิจัยนี้ได้ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการแปลบทความภาษาไทยให้เป็นภาษาอังกฤษ โดยใช้โปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ เช่น ChatGPT, Perplexity, Claude ซึ่งใช้คำสั่ง ให้แปลบทความข้างต้นเป็นภาษาอังกฤษอย่างถูกต้อง ตามหลักวิชาการและถูกหลักไวยากรณ์

## 11. การแสดงบทบาทผู้เขียน (CRediT Author Statement)

**Yanisa Wongsombut:** Conceptualization, Methodology, Software, Formal Analysis, Investigation, Data Curation, Visualization, Writing-Original Draft, Writing-Review & Editing.

**Nithizethe Mhuadthongon:** Supervision, Validation, Writing - Review & Editing.

All authors read and approved the final manuscript.

## 12. เอกสารอ้างอิง (References)

Jupriyadi, Budiman, A., Hamidi, E. A. Z., Ahdan, S., & Negara, R. M. (2024, July 4-5). Wrapper-Based Feature Selection to Improve the Accuracy of Intrusion Detection System (IDS). *2024 10th International Conference on Wireless and Telematics*, 1-5. Institute of Electrical and Electronics Engineers. <https://doi.org/10.1109/icwt62080.2024.10674687>

- Khan, R. A. (2023). Resilience Family of Receiver Operating Characteristic Curves. *IEEE Transactions on Reliability*, 72(2), 716-726. <https://doi.org/10.1109/tr.2022.3194710>
- Leite, Â. (2025). Chronic Illnesses: Varied Health Patterns and Mental Health Challenges. *Healthcare*, 13(12), 1396. <https://doi.org/10.3390/healthcare13121396>
- Li, W., Peng, Y., & Peng, K. (2024). Diabetes Prediction Model Based on GA-XGBoost and Stacking Ensemble Algorithm. *PLOS One*, 19(9), e0311222. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0311222>
- Noroozi, Z., Orooji, A., & Erfannia, L. (2023). Analyzing the Impact of Feature Selection Methods on Machine Learning Algorithms for Heart Disease Prediction. *Scientific Reports*, 13, 22588. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-49962-w>
- Pongshaing, T., & Thongkam, J. (2023). Optimization of Models for Hypertension Treatment Prediction with Factor Selection. *Journal of Science and Technology, Ubon Ratchathani University*, 25(1), 13-20. (In Thai)
- Rainio, O., Teuho, J., & Klén, R. (2024). Evaluation Metrics and Statistical Tests for Machine Learning. *Scientific Reports*, 14, 6086. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-56706-x>
- Romsaiyud, W. (2024). Fast Synthesis of the Minority Class Using Generative Adversarial Networks for Imbalanced Data Classification Problems. *Journal of Science and Technology Mahasarakham University*, 43(2), 108-121. (In Thai)
- Rufo, D. D., Debelee, T. G., Ibenthal, A., & Negera, W. G. (2021). Diagnosis of Diabetes Mellitus Using Gradient Boosting Machine (LightGBM). *Diagnostics*, 11(9), 1714. <https://doi.org/10.3390/diagnostics11091714>
- Sai, M. J., Chettri, P., Panigrahi, R., Garg, A., Bhoi, A. K., & Barsocchi, P. (2023). An Ensemble of Light Gradient Boosting Machine and Adaptive Boosting for Prediction of Type-2 Diabetes. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 16(1), 14. <https://doi.org/10.1007/s44196-023-00184-y>
- Salhi, A., Henslee, A. C., Ross, J., Jabour, J., & Dettwiller, I. (2023). Data Preprocessing Using AutoML: A Survey. *2023 Congress in Computer Science, Computer Engineering, & Applied Computing*, 1619-1623. Institute of Electrical and Electronics Engineers. <https://doi.org/10.1109/csce60160.2023.00265>
- Sunggad, S., & Maneerat, P. (2023). Comparison of Feature Selection Methods to Improve Diabetes Predictions. *Journal of Science and Technology Thonburi University*, 7(2), 12-24. (In Thai)
- Teboul, A. (n.d.). Diabetes Health Indicators Dataset. <https://www.kaggle.com/datasets/alexteboul/diabetes-health-indicators-dataset>
- Tepdang, S. (2023). The Classification of Diabetic Patients Using Machine Learning Method by Feature Selection. *RMUTSB Academic Journal*, 11(1), 29-44. (In Thai)
- World Health Organization. (2023). *Global Report on Hypertension: The Race Against a Silent Killer*. <https://www.who.int/teams/noncommunicable-diseases/hypertension-report>

## Information System for Promoting the Marketing of Native Woven Fabrics in Cha-Uat District, Nakhon Si Thammarat Province

Visalak Khunthanarungrot<sup>1</sup>, Chariya Nonthakarn<sup>2,\*</sup>, Saranpong Nooyimsai<sup>3</sup> and Kornsirinot Rotjanawan<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Program in Information Technology, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Nakhon Si Thammarat 80110, Thailand; Email: visalak.c@rmutsv.ac.th

<sup>2,\*</sup>Program in Information Technology, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Nakhon Si Thammarat 80110, Thailand; Email: chariya.n@rmutsv.ac.th

<sup>3</sup>Program in Information Technology, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Nakhon Si Thammarat 80110, Thailand; Email: saranpong.n@rmutsv.ac.th

<sup>4</sup>Program in Computer Engineering, Faculty of Engineering, Princess of Naradhiwas University, Narathiwat 96000, Thailand; Email: kronsirinut.r@pnu.ac.th

*\*Corresponding author: Chariya Nonthakarn (chariya.n@rmutsv.ac.th)*

**Received:** 1 December 2025; **Revised:** 1 February 2026;

**Accepted:** 2 February 2026; **Published:** 28 April 2026

### Abstract

This research aims to 1) develop an information system to promote the marketing of local woven fabrics in Cha-uat district, Nakhon Si Thammarat province; 2) evaluate user satisfaction with the information system; and 3) assess the effectiveness of the information system. The system will assist in managing, publicizing, and marketing local woven fabric products in Cha-uat District, Nakhon Si Thammarat Province. The research was conducted using the System Development Life Cycle (SDLC) principles, employing PHP programming and a MySQL database. User satisfaction was assessed using a sample group consisting of 20 general customers interested in local woven fabrics and 5 entrepreneurs from local weaving groups, selected using a combination of accidental and intensified sampling methods. The system's effectiveness was evaluated by three information technology experts. The results showed that user satisfaction with the system's usability was very good ( $\bar{x} = 4.72$ , s.d. = 0.45) and design was also very good ( $\bar{x} = 4.68$ , s.d. = 0.47). The system's effectiveness was evaluated by the experts. It is at a very good level ( $\bar{x} = 4.60$ , s.d. = 0.46), indicating that the system is functional and meets the needs of the system users.

**Keywords:** Information System, Native Woven Fabrics, E-Commerce, System Development Life Cycle



Copyright © 2026 Journal of Computer and Creative Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC-ND).

### Citation:

Khunthanarungrot, V., Nonthakarn, C., Nooyimsai, S., & Rotjanawan, K. (2026). Information System for Promoting the Marketing of Native Woven Fabrics in Cha-Uat District, Nakhon Si Thammarat Province. *Journal of Computer and Creative Technology*, 4(1), e3152. <https://doi.org/10.65205/jcct.2026.e3152>

## การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อส่งเสริมการตลาดผ้าทอพื้นเมือง อำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช

วิสาลักษณ์ คุณธนรุ่งโรจน์<sup>1</sup> ชรียา นนทกาญจน์<sup>2,\*</sup> สราญพงศ์ หนูยิ้มซ้าย<sup>3</sup> และ กรสิริณัฐ โรจนวรรณ<sup>4</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย  
จังหวัดนครศรีธรรมราช 80110 ประเทศไทย; Email: visalak.c@rmutsv.ac.th

<sup>2,\*</sup>สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย  
จังหวัดนครศรีธรรมราช 80110 ประเทศไทย; Email: chariya.n@rmutsv.ac.th

<sup>3</sup>สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย  
จังหวัดนครศรีธรรมราช 80110 ประเทศไทย; Email: saranpong.n@rmutsv.ac.th

<sup>4</sup>สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ จังหวัดนราธิวาส 96000  
ประเทศไทย; Email: kronsirinut.r@pnu.ac.th

\*ผู้ประพันธ์บทความ: ชรียา นนทกาญจน์ (chariya.n@rmutsv.ac.th)

รับบทความ: 1 ธันวาคม 2568; แก้ไขบทความ: 1 กุมภาพันธ์ 2569;

ตอบรับบทความ: 2 กุมภาพันธ์ 2569; เผยแพร่บทความ: 28 เมษายน 2569

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อส่งเสริมการตลาดผ้าทอพื้นเมือง อำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช 2) ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบสารสนเทศเพื่อส่งเสริมการตลาดผ้าทอพื้นเมือง และ 3) ประเมินประสิทธิภาพระบบสารสนเทศเพื่อส่งเสริมการตลาดผ้าทอพื้นเมือง โดยระบบสารสนเทศดังกล่าวจะช่วยในการจัดการประชาสัมพันธ์ และสนับสนุนการตลาดผลิตภัณฑ์ผ้าทอพื้นเมือง อำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยมีวิธีการดำเนินงานตามหลักการของวงจรการพัฒนาระบบ มีการใช้เครื่องมือสำหรับพัฒนาระบบโดยใช้โปรแกรมภาษา PHP ร่วมกับฐานข้อมูล MySQL ผลการวิจัยวัดจากการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบซึ่งกลุ่มตัวอย่างประกอบด้วย กลุ่มลูกค้าทั่วไปผู้สนใจผลิตภัณฑ์ผ้าทอพื้นเมือง จำนวน 20 คน ผู้ประกอบการกลุ่มผ้าทอพื้นเมือง จำนวน 5 คน โดยใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญและแบบเจาะจงคู่กัน และมีการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 3 คน ซึ่งผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบด้านการใช้งาน (Usability) อยู่ในระดับดีมาก ( $\bar{X} = 4.72$ , s.d. = 0.45) และด้านการออกแบบ (Design) อยู่ในระดับดีมาก ( $\bar{X} = 4.68$ , s.d. = 0.47) ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ อยู่ในระดับดีมาก ( $\bar{X} = 4.60$ , s.d. = 0.46) แสดงให้เห็นว่าระบบสามารถใช้งานได้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้ระบบ

**คำสำคัญ:** ระบบสารสนเทศ, ผ้าทอพื้นเมือง, การตลาดอิเล็กทรอนิกส์, วงจรการพัฒนาระบบ



Copyright © 2026 Journal of Computer and Creative Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC-ND).

การอ้างอิง:

วิสาลักษณ์ คุณธนรุ่งโรจน์, ชรียา นนทกาญจน์, สราญพงศ์ หนูยิ้มซ้าย, และ กรสิริณัฐ โรจนวรรณ. (2569). การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อส่งเสริมการตลาดผ้าทอพื้นเมือง อำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช. วารสารคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสร้างสรรค์, 4(1), e3152. <https://doi.org/10.65205/jcct.2026.e3152>

## 1. บทนำ (Introduction)

ในยุคของการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ระบบสารสนเทศได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนกิจกรรมทางธุรกิจ โดยเฉพาะด้านการตลาดที่ต้องอาศัยการสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพกับกลุ่มเป้าหมาย เทคโนโลยีสารสนเทศสามารถช่วยเพิ่มช่องทางการตลาด ลดต้นทุนในการดำเนินงาน และสร้างรายได้เปรียบในการแข่งขัน (Kotler & Keller, 2016) การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศ เช่น เว็บไซต์และแพลตฟอร์มออนไลน์ จึงกลายเป็นเครื่องมือสำคัญที่ผู้ประกอบการใช้ในการขยายตลาด เข้าถึงลูกค้าได้กว้างขึ้น และส่งเสริมอัตลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ในรูปแบบที่ทันสมัย และตรงความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบัน (Turban et al., 2018)

เนื่องจากจังหวัดนครศรีธรรมราชมีผลิตภัณฑ์ที่แสดงถึงการสืบทอดทางวัฒนธรรมในหลากหลายรูปแบบเช่นกัน เช่น เครื่องถม ผ้าพื้นเมือง ซึ่งล้วนเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะของจังหวัดนครศรีธรรมราช โดยเฉพาะผ้าพื้นเมืองในอดีตเป็นผ้าที่ใช้นุ่งห่มของเจ้าเมืองนครศรีธรรมราช และยังคงสืบทอดวิธีการทอผ้าจนถึงปัจจุบัน การทอผ้าพื้นเมืองในปัจจุบันมีการทอผ้าพื้นเมืองกันในหลายพื้นที่ อาทิเช่น อำเภอชะอวด อำเภอเชียรใหญ่ และอำเภอเมือง ซึ่งส่งผลให้ผ้าพื้นเมืองเป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งที่ทำรายได้ให้กับชาวบ้านในหลายพื้นที่ของจังหวัดนครศรีธรรมราช แต่ขอบเขตการในการจัดจำหน่ายในปัจจุบันยังจำกัดพื้นที่เฉพาะในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราชเท่านั้น ทำให้ประสบปัญหาในการเข้าถึงตลาดที่กว้างขึ้น ผู้ประกอบการส่วนใหญ่ยังขาดความรู้และทักษะในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อสนับสนุนการขาย ทำให้ช่องทางการจัดจำหน่ายยังคงจำกัดอยู่ในระดับท้องถิ่น การประชาสัมพันธ์ยังคงอยู่ในรูปแบบดั้งเดิมทำให้ขาดความน่าสนใจ และไม่สามารถเข้าถึงกลุ่มลูกค้าในวงกว้างได้ ปัญหาเหล่านี้จึงทำให้เกิดความจำเป็นในการสนับสนุนด้านเทคโนโลยีเพื่อยกระดับขีดความสามารถของผู้ประกอบการท้องถิ่นในการแข่งขันในตลาดปัจจุบัน

จากปัญหาดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงมีได้มีการพัฒนาระบบสารสนเทศในรูปแบบเว็บไซต์เพื่อเป็นช่องทางสำหรับประชาสัมพันธ์และจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ผ้าทอพื้นเมือง อำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช เนื่องจากเว็บไซต์มีจุดเด่นในเรื่องการเข้าถึงข้อมูลที่สามารถเข้าถึงได้จากทุกที่ทั่วโลก ไม่มีข้อจำกัดทั้งในเรื่องของเวลา และระยะทาง จึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการทำการตลาดผลิตภัณฑ์ผ้าทอพื้นเมือง โดยมีการออกแบบและพัฒนาเว็บไซต์ด้วยภาษา PHP และจัดเก็บข้อมูลในระบบฐานข้อมูล MySQL ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถแสดงข้อมูลสินค้าผลิตภัณฑ์ผ้าทอพื้นเมือง อำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช รองรับการสั่งซื้อสินค้าผ่านเว็บไซต์ และในส่วนของผู้ผลิตหรือกลุ่มทอผ้าพื้นเมืองก็สามารถตรวจสอบและติดตามรายการสั่งซื้อสินค้า เพื่อเกิดความสะดวกและรวดเร็วในการจำหน่ายสินค้าผลิตภัณฑ์ผ้าทอพื้นเมืองแก่ผู้ใช้ทั้งในระดับท้องถิ่นและผู้บริโภคทั่วไปที่สนใจในผลิตภัณฑ์ผ้าทอพื้นเมือง นอกจากนี้ระบบที่ได้ยังมีความสามารถในการส่งผลิตภัณฑ์เพื่อรองรับความต้องการของลูกค้าที่เป็นกลุ่มองค์กร และหน่วยงานต่าง ๆ ซึ่งนิยมนำผ้าทอพื้นเมืองซึ่งเป็นเอกลักษณ์ของจังหวัดนครศรีธรรมราช มาใช้เป็นเครื่องแบบของหน่วยงาน

การนำระบบสารสนเทศมาใช้เพื่อส่งเสริมการตลาดผ้าทอพื้นเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช จึงเป็นการยกระดับศักยภาพการตลาดของผ้าทอพื้นเมืองให้สามารถแข่งขันได้ในยุคดิจิทัล โดยเฉพาะในช่วงหลังสถานการณ์โควิด-19 ที่พฤติกรรมผู้บริโภคเปลี่ยนไปสู่ช่องทางออนไลน์มากขึ้น ระบบสารสนเทศไม่เพียงช่วยในการขยายตลาดและเพิ่มยอดขาย แต่ยังเป็นเครื่องมือในการสื่อสารอัตลักษณ์ของชุมชนผ่านผลิตภัณฑ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Laudon & Laudon, 2020) ดังนั้น การพัฒนาระบบสารสนเทศจึงไม่ใช่เพียงการปรับตัวด้านเทคโนโลยี แต่เป็นการขับเคลื่อนเศรษฐกิจชุมชนอย่างยั่งยืนผ่านนวัตกรรมที่เหมาะสมกับบริบทท้องถิ่น

## 2. วัตถุประสงค์งานวิจัย (Research Objectives)

1. เพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อส่งเสริมการตลาดผ้าทอพื้นเมือง อำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช
2. เพื่อประเมินความพึงพอใจจากการใช้ระบบสารสนเทศเพื่อส่งเสริมการตลาดผ้าทอพื้นเมือง อำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช
3. เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศเพื่อส่งเสริมการตลาดผ้าทอพื้นเมือง อำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช

### 3. การทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง (Literature Review)

#### 3.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

วงจรการพัฒนากระบวน (Software Development Life Cycle: SDLC) เป็นแนวคิดพื้นฐานในการจัดการโครงการพัฒนาซอฟต์แวร์อย่างเป็นระบบ ประกอบด้วยกระบวนการสำคัญตั้งแต่การวางแผน การวิเคราะห์ การออกแบบ การพัฒนา การทดสอบ การติดตั้งใช้งาน และการบำรุงรักษา (Sommerville, 2015) ซึ่งช่วยให้การพัฒนาระบบสามารถควบคุมคุณภาพและความเสี่ยงได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในโครงการที่มีความซับซ้อนสูง โดยมีหน่วยงานมาตรฐานสากล ISO/IEC/IEEE ได้กำหนดแนวทางสำหรับกระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์ที่ครอบคลุมตั้งแต่การนิยามข้อกำหนด (Requirement Definition) จนถึงการเลิกใช้งานระบบ (Retirement) โดยมุ่งเน้นให้เกิดความสอดคล้องระหว่างกระบวนการและวัตถุประสงค์ขององค์กร ทั้งนี้ มาตรฐานดังกล่าวยังเน้นความสำคัญของการประเมินคุณภาพและการจัดการเอกสารในแต่ละเฟสของการพัฒนา ในขั้นตอนของการวิเคราะห์ระบบ (System Analysis) นักวิเคราะห์จะต้องระบุและทำความเข้าใจความต้องการของผู้ใช้งาน รวมถึงข้อจำกัดของระบบปัจจุบัน เพื่อสร้างแบบจำลองข้อมูลและกระบวนการที่สะท้อนการดำเนินงานจริง (Dennis et al., 2020) การใช้เครื่องมือ อาทิเช่น Data Flow Diagram (DFD) และ Entity-Relationship Diagram (ERD) ช่วยให้การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับขั้นตอนของการออกแบบระบบ (System Design) เป็นการนำผลการวิเคราะห์มาสร้างสถาปัตยกรรมระบบ (System Architecture) ที่ครอบคลุมทั้งส่วนของโครงสร้างข้อมูล ส่วนติดต่อผู้ใช้ และกลไกการประมวลผล

การตลาดออนไลน์ (Online Marketing) เป็นกระบวนการใช้สื่อดิจิทัลและอินเทอร์เน็ตเพื่อสื่อสารคุณค่า (value) ของสินค้าและบริการไปยังกลุ่มลูกค้าเป้าหมาย โดยพัฒนามาจากกรอบแนวคิดดั้งเดิมของการตลาดแบบดั้งเดิม เช่น 4Ps (Product, Price, Place, Promotion) ซึ่งถูกปรับให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมดิจิทัล (Kotler & Keller, 2016) ในบริบทออนไลน์ลูกค้าจะมีบทบาทมากขึ้น (Customer Centric) เพราะสามารถสืบค้น เปรียบเทียบ และตัดสินใจด้วยข้อมูลได้รวดเร็วกว่าเดิม (Chaffey & Smith, 2017) รวมถึงแนวคิด Customer Journey ซึ่งมีความสำคัญ เนื่องจากลูกค้าจะเคลื่อนผ่านขั้นตอน เช่น การรับรู้ การพิจารณา การซื้อ และการสร้างความภักดี ผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์ต่าง ๆ (Lemon & Verhoef, 2016) นอกจากนี้ กลยุทธ์การตลาดผ่านสื่อสังคมออนไลน์ (Social Media Marketing) มีบทบาทสำคัญ เพราะช่วยให้ธุรกิจสื่อสารแบบสองทางกับผู้บริโภค ส่งเสริมการมีส่วนร่วม (Engagement) และเพิ่มการรับรู้แบรนด์ (Kaplan & Haenlein, 2010) อีกทั้งทฤษฎีการทดสอบการยอมรับในระบบ (Technology Acceptance Model : TAM) ยังช่วยอธิบายพฤติกรรมผู้บริโภคออนไลน์ โดยชี้ว่าการรับรู้ประโยชน์และความง่ายในการใช้งานมีผลต่อการยอมรับแพลตฟอร์มดิจิทัล (Davis, 1989) สรุปได้ว่าการตลาดออนไลน์ต้องอาศัยการผสมผสานข้อมูล เทคโนโลยี และพฤติกรรมผู้บริโภคเพื่อสร้างคุณค่าและเพิ่มประสิทธิภาพทางการตลาดในยุคดิจิทัล

วิธีของลิเคิร์ต (Likert Scale) การวิจัยเชิงปริมาณในสาขาสังคมศาสตร์ การศึกษา และระบบสารสนเทศ มักใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือหลักในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยเฉพาะการวัดความคิดเห็น ทศนคติ หรือระดับความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่าง วิธีการวัดที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายคือ วิธีของลิเคิร์ต (Likert Scale) ซึ่งเป็นมาตรวัดแบบจัดอันดับ (Rating Scale) ที่พัฒนาโดย Rensis Likert ในปี ค.ศ. 1932 Likert (1932) อธิบายว่า มาตรลิเคิร์ตเป็นวิธีการวัดทัศนคติของบุคคลต่อประเด็นหรือข้อความใดข้อความหนึ่ง โดยให้ผู้ตอบแบบสอบถามแสดงระดับความเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยในหลายระดับ ซึ่งช่วยให้สามารถแปลงความคิดเห็นเชิงนามธรรมให้เป็นข้อมูลเชิงปริมาณที่สามารถนำไปวิเคราะห์ทางสถิติได้โดยทั่วไป มาตรลิเคิร์ตนิยมใช้ในรูปแบบ 5 ระดับ หรือ 7 ระดับ เช่น เห็นด้วยมากที่สุด เห็นด้วยมาก ปานกลาง เห็นด้วยน้อย และเห็นด้วยน้อยที่สุด ทั้งนี้ จำนวนระดับที่เลือกขึ้นอยู่กับความละเอียดของข้อมูลที่นักวิจัยต้องการ โดยงานวิจัยหลายฉบับระบุว่ามาตรลิเคิร์ต 5 ระดับมีความเหมาะสมและเข้าใจง่ายสำหรับผู้ตอบแบบสอบถาม และให้ความเชื่อมั่นของเครื่องมือในระดับที่ดี (Cohen et al., 2018) วิธีของลิเคิร์ตยังมีความเกี่ยวข้องกับการประเมินคุณภาพของเครื่องมือวิจัยเนื่องจากข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามลิเคิร์ตสามารถนำไปตรวจสอบ ความเชื่อมั่นของเครื่องมือ (Reliability) ด้วยสถิติ Cronbach's Alpha และตรวจสอบ ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ผ่านการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ เช่น การใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (IOC) ก่อนนำไปใช้จริง (Likert, 1932; Cohen et al., 2018)

### 3.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Phungngam (2023) ได้พัฒนาเว็บไซต์ประชาสัมพันธ์สินค้าพื้นเมือง วิสาหกิจชุมชนกลุ่มจักสานหวายมหาสอน อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี โดยมีการดำเนินงานวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 ศึกษา และพัฒนาเว็บไซต์ วิสาหกิจชุมชนกลุ่มจักสานหวายมหาสอน ตำบลมหาสอน อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี โดยสร้างตามแผนผังเว็บไซต์ โดยใช้แนวคิด Design Thinking Process และประเมินประสิทธิภาพจากผู้เชี่ยวชาญ ขั้นตอนที่ 2 สอบถามความพึงพอใจใน เว็บไซต์วิสาหกิจชุมชนกลุ่มจักสานหวายมหาสอน จำนวน 15 คน ผลการวิจัย พบว่า 1) เว็บไซต์ประชาสัมพันธ์สินค้าพื้นเมือง ผลการประเมินประสิทธิภาพของเว็บไซต์จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน อยู่ในระดับมากที่สุด 2) ความพึงพอใจของเว็บไซต์ประชาสัมพันธ์สินค้าพื้นเมือง วิสาหกิจชุมชนกลุ่มจักสานหวายมหาสอน อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี ได้รับความพึงพอใจ โดยรวมอยู่ในระดับมาก ( $\bar{X} = 4.46$ , s.d. = 0.59) เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ด้านความสะดวกในการเข้าถึงข้อมูล อยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.51$ , s.d. = 0.59) รองลงมาคือ ด้านการออกแบบและการจัดรูปแบบเว็บไซต์ อยู่ในระดับมาก ( $\bar{X} = 4.48$ , s.d. = 0.56) และด้านเนื้อหา มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด อยู่ในระดับมาก ( $\bar{X} = 4.41$ , s.d. = 0.63)

Chongchaisit & Deesutti (2021) ได้พัฒนาเว็บไซต์เพื่อส่งเสริมผลิตภัณฑ์ OTOP อำเภอดงหลวง จังหวัดเลย โดยมีวัตถุประสงค์คือ 1) เพื่อออกแบบเว็บไซต์ส่งเสริมผลิตภัณฑ์ OTOP อำเภอดงหลวง จังหวัดเลย และ 2) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งานเว็บไซต์ส่งเสริมผลิตภัณฑ์ OTOP อำเภอดงหลวง จังหวัดเลย ถูกพัฒนาขึ้นในรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชัน และเก็บข้อมูลไว้ในฐานข้อมูล MySQL กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน และผู้ใช้งานทั่วไปกลุ่มอาชีพอำเภอดงหลวง จังหวัดเลย จำนวน 11 กลุ่มประกอบด้วยประธานกลุ่มและสมาชิกกลุ่มรวม 205 คน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า เว็บไซต์เพื่อส่งเสริมผลิตภัณฑ์ OTOP อำเภอดงหลวง จังหวัดเลย มีคุณภาพจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.50$ , s.d. = 0.58) มีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก ( $\bar{X} = 4.42$ , s.d. = 0.60) และผลการประเมินความพึงพอใจทุกด้านของเว็บไซต์ส่งเสริมผลิตภัณฑ์ OTOP อำเภอดงหลวง จังหวัดเลย จากกลุ่มผู้ใช้งานทั่วไป พบว่า ผู้ใช้มีความพึงพอใจภาพรวมอยู่ในระดับดี ( $\bar{X} = 4.40$ , s.d. = 0.65) อยู่ในเกณฑ์ดี

Yousukkee (2025) ได้พัฒนาแพลตฟอร์มดิจิทัลส่งเสริมการตลาดของผลิตภัณฑ์จากศิลปวัฒนธรรมและภูมิปัญญาท้องถิ่นในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบผสมวิธี ประกอบด้วยการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพจากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการ 10 คน และข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบสอบถามผู้บริโภค จำนวน 400 คน โดยโปรแกรม Weka วิเคราะห์กฎความสัมพันธ์ของปัจจัยกลยุทธ์ทางการตลาด (7Ps) ที่มีผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์จากศิลปวัฒนธรรมของผู้บริโภค ผลการวิจัยพบว่า ผู้ประกอบการและผู้บริโภคให้ความสำคัญกับแพลตฟอร์มที่ใช้งานง่าย มีข้อมูลที่ครบถ้วนมีความปลอดภัย และรองรับอุปกรณ์เคลื่อนที่ โดยมีปัจจัยสำคัญ คือ การจัดส่งสินค้าที่หลากหลายและมีประสิทธิภาพ การจัดการคำสั่งซื้อที่สะดวก รวดเร็ว การส่งเสริมการขาย และการประชาสัมพันธ์อย่างสม่ำเสมอ มีผลต่อการตัดสินใจซื้อและความพึงพอใจในการใช้งาน จากการวิเคราะห์กฎความสัมพันธ์ด้วยอัลกอริทึม Apriori พบกฎความสัมพันธ์ 5 อันดับแรกที่มีค่าความเชื่อมั่น 1.00 และค่าดัชนี Lift สูง แสดงถึงความสัมพันธ์เชิงบวก

### 4. กรอบแนวคิดงานวิจัย (Conceptual Framework)

การวิจัยนี้มีกรอบแนวคิดที่มุ่งเน้นการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อส่งเสริมการตลาดผ้าทอพื้นเมือง อำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยงานวิจัยนี้ได้ศึกษาความต้องการของกลุ่มทอผ้าพื้นเมือง อำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช และกลุ่มลูกค้าผลิตภัณฑ์ผ้าทอพื้นเมืองเป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบระบบ จากนั้นดำเนินการพัฒนาและทดสอบระบบตามหลักการของวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC) ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการวิเคราะห์ความต้องการของระบบ การออกแบบระบบ การพัฒนาระบบ การทดสอบระบบ และการประเมินผลความพึงพอใจในการใช้งานระบบ ดังแสดงใน Figure 1. ซึ่งกรอบแนวคิดงานวิจัยนี้กำหนดให้ตัวแปรต้น (Independent variable) ประกอบด้วย ความต้องการของผู้ใช้ (User requirement) การวิเคราะห์ปัญหา (Problem Analysis) คุณภาพของระบบสารสนเทศ (System Quality) ระบบส่งเสริมการตลาด ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการพัฒนาระบบสารสนเทศ โดยมีขั้นตอนการพัฒนาตั้งแต่การออกแบบระบบ ซึ่งทำให้ได้แผนภาพแสดงการไหลของข้อมูล (Data Flow Diagram) และแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล (Entity Relationship Diagram) การพัฒนาเว็บไซต์โดยใช้ภาษา PHP ร่วมกับฐานข้อมูล MySQL การทดสอบและปรับปรุงระบบ และการประเมินความพึงพอใจและประสิทธิภาพของระบบ

ซึ่งจะส่งผลต่อผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบในด้านการใช้งานและด้านการออกแบบ รวมถึงผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบซึ่งประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ

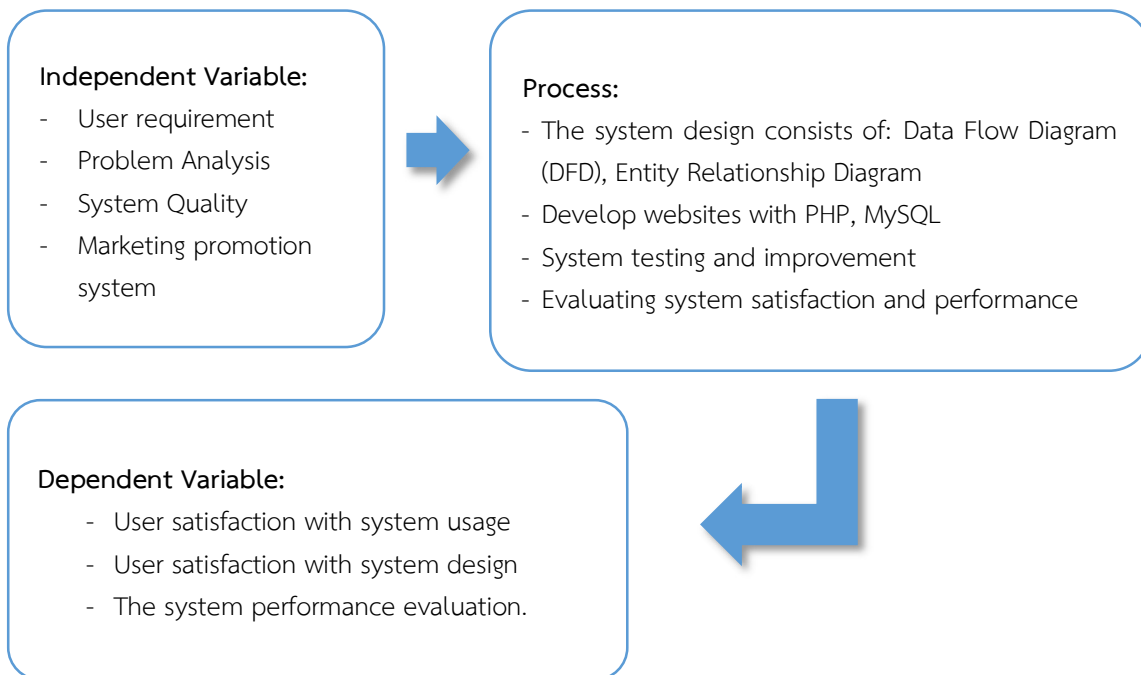


Figure 1. Conceptual Framework

## 5. วิธีดำเนินงานวิจัย (Research Methodology)

งานวิจัยนี้ใช้แนวทางการพัฒนาระบบสารสนเทศโดยใช้วงจรการพัฒนากระบวนการพัฒนาระบบสารสนเทศ (Software Development Life Cycle: SDLC) โดยมีขั้นตอนการพัฒนากระบวนการดังต่อไปนี้

### 5.1 การวิเคราะห์ความต้องการของระบบ

ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับขั้นตอนการจัดจำหน่าย และประชาสัมพันธ์ของผลิตภัณฑ์ผ้าทอพื้นเมืองที่ทำอยู่เดิม รวมถึงข้อมูลสินค้า และการจัดหมวดหมู่ของสินค้า ตลอดจนปัญหาของการตลาดแบบเดิมแล้วทำการวิเคราะห์เพื่อหากระบวนการทำงานบนระบบสารสนเทศ ซึ่งพบว่ากลุ่มผ้าทอพื้นเมือง อำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช มีการใช้สื่อสังคมออนไลน์ในการประชาสัมพันธ์สินค้า แต่มีปัญหาในเรื่องของการรับคำสั่งซื้อสินค้าและการติดตามการสั่งซื้อ และนอกจากนี้ลูกค้าที่เป็นกลุ่มองค์กรที่ต้องการสั่งซื้อสินค้าที่มีลวดลายและสีเดียวกันปริมาณมากเพื่อใช้เป็นเครื่องแบบของหน่วยงาน ไม่สามารถระบุรูปแบบและปริมาณที่ต้องการได้อย่างสะดวก และทางกลุ่มผ้าทอพื้นเมืองมีความยุ่งยากในการตรวจสอบข้อมูลเหล่านี้

### 5.2 การออกแบบระบบ

จากความต้องการของระบบที่ได้จากการวิเคราะห์การดำเนินงานที่มีอยู่เดิม ได้มีการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อส่งเสริมการตลาดผ้าทอพื้นเมือง อำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยมีการทำงานบนเว็บไซต์ร่วมกับฐานข้อมูล จึงมีการออกแบบองค์ประกอบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบ ได้แก่ การออกแบบแผนภาพแสดงการไหลของข้อมูล (Data Flow Diagram) การออกแบบแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล (Entity Relationship Diagram) การออกแบบเว็บไซต์ทั้งในส่วนหน้าร้าน (Front Office) และหลังร้าน (Back Office) การออกแบบรายงานและรูปแบบการแสดงผล

### 5.3 การพัฒนาระบบ

ระบบสารสนเทศเพื่อส่งเสริมการตลาดผ้าทอพื้นเมือง อำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช เป็นระบบสารสนเทศที่มีการทำงานในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน ในการพัฒนาระบบใช้ภาษา HTML ร่วมกับภาษา PHP ในการพัฒนาเว็บไซต์ที่มีความสามารถในการทำงานร่วมกับฐานข้อมูล โดยใช้ฐานข้อมูล MySQL ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์สำหรับการจัดการฐานข้อมูลเชิง

สัมพันธ์ในการจัดการกับข้อมูลในระบบ โดยระบบจะแบ่งการทำงานเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนหน้าร้าน (Front Office) ซึ่งจะเป็นส่วนที่ลูกค้าสามารถเข้าชมสินค้าและดูรายละเอียดสินค้า เช่น ลวดลาย สี ขนาด วัสดุที่ใช้ในการทอ รวมถึงสามารถสั่งผลิตสินค้าตามความต้องการได้ และส่วนหลังร้าน (Back Office) ซึ่งส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ผู้ดูแลระบบหรือเจ้าของร้านใช้จัดการกับข้อมูลสินค้า และตรวจสอบรายการสั่งซื้อสินค้าได้

#### 5.4 การทดสอบระบบ

หลังจากพัฒนาระบบแล้วเสร็จนำระบบที่ได้มาทดสอบการทำงานเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของระบบ โดยใช้เทคนิคการทดสอบแบบ Black Box Testing ซึ่งใช้การจำลองสถานการณ์สมมุติ และการให้กลุ่มตัวอย่างผู้ใช้ทดลองป้อนข้อมูลเข้าสู่ระบบแล้วดูว่าได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องหรือไม่

#### 5.5 การประเมินระบบ

##### 5.5.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง แบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มลูกค้าทั่วไปผู้สนใจผลิตภัณฑ์ผ้าทอพื้นเมือง จำนวน 20 คน 2) ผู้ประกอบการกลุ่มทอผ้าพื้นเมือง จำนวน 5 คน และ 3) ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 3 คน โดยใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญและแบบเจาะจงร่วมกัน

##### 5.5.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบสอบถามที่ใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินระบบ ประกอบด้วยแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ ซึ่งมีการสอบถามความพึงพอใจด้านการใช้งาน (Usability) และด้านการออกแบบ (Design) และแบบประเมินประสิทธิภาพของระบบซึ่งประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ การออกแบบแบบสอบถามเป็นไปตามทฤษฎีการยอมรับเทคโนโลยี (TAM) และมีการประเมินดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย (Index of Item-Objective Congruence: IOC) ที่ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ

การประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจของการใช้งานระบบสารสนเทศเพื่อส่งเสริมการตลาดผ้าทอพื้นเมือง อำเภอลำดวน จังหวัดนครศรีธรรมราช ได้กำหนดเกณฑ์ตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert) เป็นวิธีการประเมินแบบรวมค่ามาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ คือ

- 5 หมายถึง มีประสิทธิภาพและความพึงพอใจดีมาก
- 4 หมายถึง มีประสิทธิภาพและความพึงพอใจดี
- 3 หมายถึง มีประสิทธิภาพและความพึงพอใจปานกลาง
- 2 หมายถึง มีประสิทธิภาพและความพึงพอใจน้อย
- 1 หมายถึง มีประสิทธิภาพและความพึงพอใจน้อยที่สุด

การวิเคราะห์ข้อมูลผลการประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจการทำงานของระบบ มีเกณฑ์การประเมินค่าความคิดเห็นเกี่ยวกับความพึงพอใจของระบบ ซึ่งแบบสอบถามเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scales) มี 5 ระดับ โดยกำหนดเกณฑ์ดังนี้

- 4.50-5.00 หมายถึง ระบบมีประสิทธิภาพและความพึงพอใจดีมาก
- 3.50-4.49 หมายถึง ระบบมีประสิทธิภาพและความพึงพอใจดี
- 2.50-3.49 หมายถึง ระบบมีประสิทธิภาพและความพึงพอใจปานกลาง
- 1.50-2.49 หมายถึง ระบบมีประสิทธิภาพและความพึงพอใจน้อย
- 1.00-1.49 หมายถึง ระบบมีประสิทธิภาพและความพึงพอใจน้อยที่สุด

## 6. ผลการวิจัย (Results)

### 6.1 ผลการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อส่งเสริมการตลาดผ้าทอพื้นเมือง อ.ละโว้ จ.นครศรีธรรมราช

จากการวิเคราะห์ความต้องการของระบบโดยมีการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินธุรกิจของกลุ่มทอผ้าพื้นเมือง ขั้นตอนการประชาสัมพันธ์และการจัดจำหน่ายสินค้า ทำให้ได้ขอบเขตการทำงานของระบบซึ่งมีการทำงานบนเว็บไซต์ โดยแบ่งกลุ่มผู้ใช้ระบบเป็น 2 กลุ่ม คือ ลูกค้าทั่วไป และผู้ดูแลระบบหรือเจ้าหน้าที่ของกลุ่มทอผ้า ซึ่งผู้ใช้แต่ละกลุ่มจะมีความสามารถในการทำงานของระบบ ดังนี้

1. ลูกค้าทั่วไป สามารถ 1) สมัครสมาชิก 2) ดูข้อมูลสินค้า 3) สั่งซื้อสินค้า และ 4) สั่งผลิตสินค้า
2. ผู้ดูแลระบบหรือเจ้าหน้าที่ของกลุ่มทอผ้า สามารถ 1) จัดการข้อมูลลูกค้า 2) จัดการข้อมูลสินค้า 3) ตรวจสอบรายการสั่งซื้อสินค้า และ 4) ตรวจสอบรายการสั่งผลิตสินค้า

จากขอบเขตการทำงานของระบบที่ได้จากการวิเคราะห์ความต้องการ และได้นำไปออกแบบแผนภาพแสดงการไหลของข้อมูล (Data Flow Diagram) เพื่อใช้แสดงองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับระบบหรือเอนทิตี (Entity) ทิศทางการไหลของข้อมูล และเพิ่มข้อมูล (Data Store) ที่เกี่ยวข้อง ดังแสดงใน Figure 2.

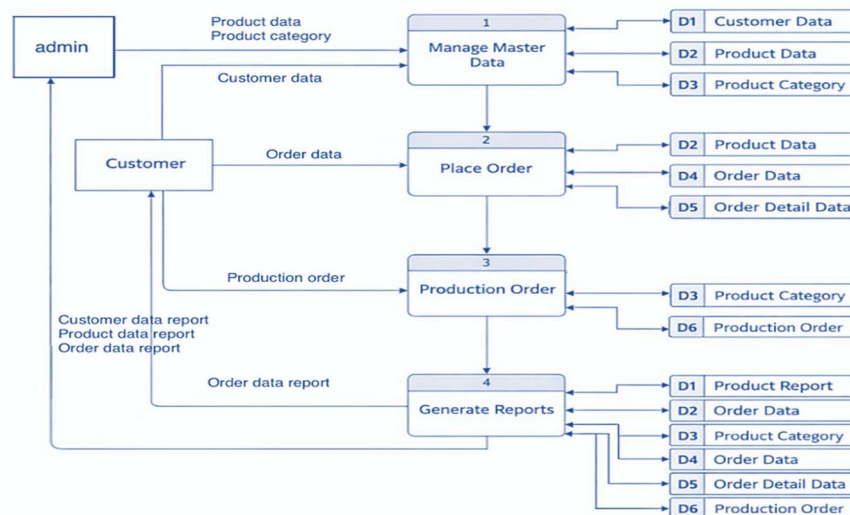


Figure 2. Data Flow Diagram Level 1 of Information System for Promoting the Marketing of Native Woven Fabrics

แผนภาพแสดงการไหลของข้อมูล (Data Flow Diagram) ที่ได้ประกอบด้วย เอนทิตีผู้ดูแลระบบ และเอนทิตีลูกค้า ส่วนการประมวลผลประกอบด้วย โปรเซสจัดการข้อมูลหลัก โปรเซสสั่งซื้อสินค้า โปรเซสสั่งผลิตสินค้า และโปรเซสแสดงรายงาน ส่วนของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับระบบซึ่งทำให้ได้เพิ่มข้อมูล ดังนี้ 1) เพิ่มข้อมูลลูกค้า 2) เพิ่มข้อมูลสินค้า 3) เพิ่มข้อมูลประเภทสินค้า 4) เพิ่มข้อมูลการสั่งซื้อสินค้า 5) เพิ่มข้อมูลรายละเอียดการสั่งซื้อสินค้า 6) เพิ่มข้อมูลการสั่งผลิตสินค้า

จากเพิ่มข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์แผนภาพแสดงการไหลของข้อมูล สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเหล่านี้ได้โดยการออกแบบแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล (Entity Relationship Diagram) ดังแสดงใน Figure 3.

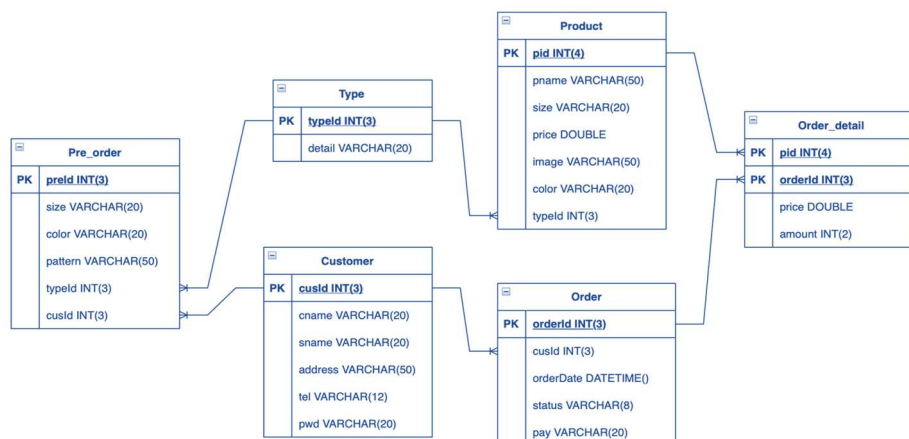


Figure 3. Entity Relationship Diagram of an Information System for Promoting Native Fabrics Marketing

ผลจากการพัฒนาระบบซึ่งเป็นการพัฒนาระบบสารสนเทศที่การทำงานในรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชัน โดยมีการแบ่งกลุ่มผู้ใช้งานเป็น 2 กลุ่ม คือ ลูกค้า และผู้ดูแลระบบ ความสามารถในการทำงานของระบบในส่วนลูกค้า ได้แก่ การสมัครสมาชิก การค้นหาและเรียกดูข้อมูลสินค้า การสั่งซื้อสินค้าสินค้า การสั่งผลิตสินค้าในกรณีที่ลูกค้าต้องการสั่งผลิตผ้าทอที่มีสี และลวดลาย ตามขนาดและจำนวนที่ต้องการโดยเฉพาะ ดังแสดงใน Figure 4.

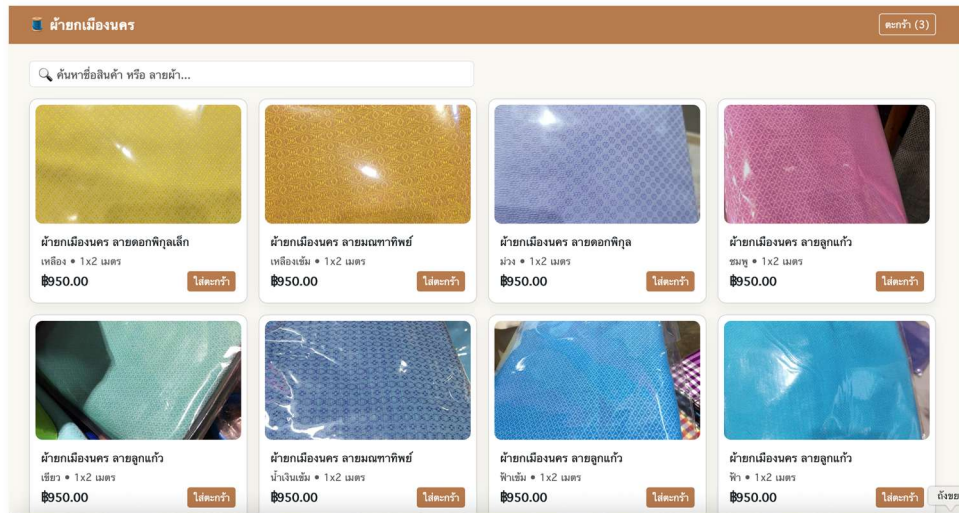


Figure 4. Product Information of Native Fabric Products

A screenshot of a web application titled "สั่งผลิตผ้าพื้นเมือง" (Order Native Fabric Production). The form is titled "แบบฟอร์มสั่งผลิตผ้า" (Fabric Production Form). It contains several input fields: "ชื่อ-นามสกุลลูกค้า" (Customer Name-Surname) with the example "เช่น นางสาวสมศรี ใจดี", "เบอร์โทรศัพท์" (Phone Number) with the example "0xxxxxxxx", "ประเภทสินค้า" (Product Type) with a dropdown menu showing "ผ้ายก", "ขนาดสินค้า" (Product Size) with a dropdown menu showing "1x2 เมตร", "สีผ้าที่ต้องการ" (Desired Fabric Color) with a dropdown menu showing "เหลืองทอง", "ลายผ้าที่ต้องการ" (Desired Fabric Pattern) with a dropdown menu showing "ลายดอกพิกุล", "ประเภทผ้า" (Fabric Type) with a dropdown menu showing "ผ้ายกเมืองนคร", and a text area for "รายละเอียดเพิ่มเติม (ถ้ามี)" (Additional details if any) with the example "เช่น ต้องการลายละเอียดทอง, เพิ่มขอบลายโบราณ". At the bottom right is a "สั่งผลิต" (Order Production) button.

Figure 5. Ordering Production of Native Fabrics

การทำงานของระบบในส่วนของผู้ดูแลระบบ ได้แก่ การจัดการข้อมูลลูกค้า การจัดการข้อมูลสินค้า การตรวจสอบรายการสั่งซื้อสินค้า การตรวจสอบรายการสั่งผลิตสินค้า ดังแสดงใน Figure 6. และ Figure 7.

| จัดการข้อมูลผ้ายกเมืองนคร |                               |          |            |            |               |                                          | + เพิ่มสินค้า |
|---------------------------|-------------------------------|----------|------------|------------|---------------|------------------------------------------|---------------|
| ค้นหาชื่อผ้ายกเมืองนคร... |                               |          |            |            |               |                                          |               |
| รูปผ้า                    | ชื่อผ้า                       | ขนาด     | สี         | ราคา (บาท) | ประเภทผ้า     | จัดการ                                   |               |
|                           | ผ้ายกเมืองนคร ลายดอกพิกุลเล็ก | 1x2 เมตร | เหลือง     | 950.00     | ผ้ายกเมืองนคร | <a href="#">แก้ไข</a> <a href="#">ลบ</a> |               |
|                           | ผ้ายกเมืองนคร ลายมณฑาทิพย์    | 1x2 เมตร | เหลืองเข้ม | 950.00     | ผ้ายกเมืองนคร | <a href="#">แก้ไข</a> <a href="#">ลบ</a> |               |
|                           | ผ้ายกเมืองนคร ลายดอกพิกุล     | 1x2 เมตร | ม่วง       | 950.00     | ผ้ายกเมืองนคร | <a href="#">แก้ไข</a> <a href="#">ลบ</a> |               |
|                           | ผ้ายกเมืองนคร ลายลูกแก้ว      | 1x2 เมตร | ชมพู       | 950.00     | ผ้ายกเมืองนคร | <a href="#">แก้ไข</a> <a href="#">ลบ</a> |               |
|                           | เสื้อเชิ้ตผ้าไหม คอปก         | 1x2 เมตร | เขียว      | 1200.00    | ผ้ายกเมืองนคร | <a href="#">แก้ไข</a> <a href="#">ลบ</a> |               |

Figure 6. Product Data Management

| จัดการคำสั่งซื้อ        |                      |         |            |                |                                             |
|-------------------------|----------------------|---------|------------|----------------|---------------------------------------------|
| รายการคำสั่งซื้อทั้งหมด |                      |         |            |                |                                             |
| รหัสคำสั่งซื้อ          | ชื่อลูกค้า           | ยอดรวม  | สถานะ      | วันที่สั่งซื้อ | จัดการ                                      |
| ORD1000                 | ณัฐพล จิรโชติ        | 4,616 ฿ | รอชำระเงิน | 7 พ.ย. 2568    | <a href="#">สถานะ</a> <a href="#">พิมพ์</a> |
| ORD1001                 | อภิชาติ รุ่งเรืองกิจ | 4,640 ฿ | รอชำระเงิน | 7 พ.ย. 2568    | <a href="#">สถานะ</a> <a href="#">พิมพ์</a> |
| ORD1002                 | กิตติภพ อัครเมธี     | 6,092 ฿ | รอชำระเงิน | 7 พ.ย. 2568    | <a href="#">สถานะ</a> <a href="#">พิมพ์</a> |
| ORD1003                 | อลิสา ศิริวัฒนกุล    | 3,128 ฿ | รอชำระเงิน | 7 พ.ย. 2568    | <a href="#">สถานะ</a> <a href="#">พิมพ์</a> |
| ORD1004                 | พิมพ์ชนก ธนบัณฑิต    | 8,456 ฿ | รอชำระเงิน | 7 พ.ย. 2568    | <a href="#">สถานะ</a> <a href="#">พิมพ์</a> |
| ORD1005                 | วิศรา พรหมประเสริฐ   | 4,803 ฿ | จัดส่งแล้ว | 7 พ.ย. 2568    | <a href="#">สถานะ</a> <a href="#">พิมพ์</a> |
| ORD1006                 | ลลิตา แสงสุวรรณ      | 3,698 ฿ | ชำระแล้ว   | 7 พ.ย. 2568    | <a href="#">สถานะ</a> <a href="#">พิมพ์</a> |

Figure 7. Product Order List

## 6.2 ผลการประเมินความพึงพอใจจากการใช้งานระบบสารสนเทศเพื่อส่งเสริมการตลาดผ้าทอพื้นเมือง อำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช

ผลการประเมินความพึงพอใจจากการใช้งานระบบสารสนเทศเพื่อส่งเสริมการตลาดผ้าทอพื้นเมือง อำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจจากผู้ใช้งาน ซึ่งแบ่งเป็นกลุ่มลูกค้าทั่วไปผู้สนใจผลิตภัณฑ์ผ้าทอพื้นเมือง จำนวน 20 คน และผู้ประกอบการกลุ่มทอผ้าพื้นเมือง จำนวน 5 คน โดยมีการสอบถามความพึงพอใจ 2 ด้าน คือ ด้านการใช้งาน (Usability) และด้านการออกแบบ (Design) ผลการประเมินแสดงดัง Table 1. และ Table 2.

จาก Table 1. พบว่า ระดับความพึงพอใจการใช้งานระบบสารสนเทศเพื่อส่งเสริมการตลาดผ้าทอพื้นเมือง อำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช ด้านการใช้งาน (Usability) ในภาพรวม อยู่ในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.72 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.45 เมื่อพิจารณาในแต่ละประเด็นพบว่า ในประเด็นของระบบรองรับการใช้งานผ่านอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้ดี อยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.80 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.41

**Table 1.** Results of the Evaluation of Satisfaction with System Usability

| Evaluation Item                                          | Satisfaction Level |             |                  |
|----------------------------------------------------------|--------------------|-------------|------------------|
|                                                          | $\bar{x}$          | s.d.        | Level            |
| The system is easy to use and not complicated.           | 4.60               | 0.50        | Very Good        |
| The menus and commands are clear and easy to understand. | 4.75               | 0.44        | Very Good        |
| Searching for information in the system is convenient.   | 4.70               | 0.47        | Very Good        |
| The system supports usage through various devices well.  | 4.80               | 0.41        | Very Good        |
| The system provides useful instructions or user guides.  | 4.75               | 0.44        | Very Good        |
| <b>Total</b>                                             | <b>4.72</b>        | <b>0.45</b> | <b>Very Good</b> |

**Table 2.** Results of the Evaluation of Satisfaction with System Design

| Evaluation Item                                                      | Satisfaction Level |             |                  |
|----------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------|------------------|
|                                                                      | $\bar{x}$          | s.d.        | Level            |
| Clarity of text, characters and icons used in the system.            | 4.65               | 0.49        | Very Good        |
| The system display format is beautiful and appropriate.              | 4.7                | 0.47        | Very Good        |
| The colors and graphics in the system are harmonious and attractive. | 4.6                | 0.5         | Very Good        |
| Content layout and elements are easy to read.                        | 4.75               | 0.44        | Very Good        |
| Product images are sharp and show clear details.                     | 4.7                | 0.47        | Very Good        |
| <b>Total</b>                                                         | <b>4.68</b>        | <b>0.47</b> | <b>Very Good</b> |

จาก Table 2. พบว่า ระดับความพึงพอใจการใช้งานระบบสารสนเทศเพื่อส่งเสริมการตลาดผ้าทอพื้นเมือง อำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช ด้านการออกแบบ (Design) ในภาพรวม อยู่ในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.68 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.47 เมื่อพิจารณาในแต่ละประเด็นพบว่า ในประเด็นของการจัดวางเนื้อหาและองค์ประกอบต่าง ๆ อ่านง่าย อยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.75 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.44

### 6.3 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศเพื่อส่งเสริมการตลาดผ้าทอพื้นเมือง อำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช

ดำเนินการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 3 คน ผลการประเมินแสดงดัง Table 3.

**Table 3.** The Results of the System Performance Evaluation

| Evaluation Item                                                           | Satisfaction Level |             |                  |
|---------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------|------------------|
|                                                                           | $\bar{x}$          | s.d.        | Level            |
| The system works quickly without any delays.                              | 4.33               | 0.58        | Very Good        |
| The system is stable, does not hang or have frequent errors.              | 4.67               | 0.58        | Very Good        |
| The system displays product information completely and correctly.         | 5.00               | 0.00        | Very Good        |
| Ordering or contacting through the system is convenient.                  | 4.67               | 0.58        | Very Good        |
| The system helps increase opportunities to access native fabric products. | 4.33               | 0.58        | Very Good        |
| <b>Total</b>                                                              | <b>4.60</b>        | <b>0.46</b> | <b>Very Good</b> |

จาก Table 3. พบว่า ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศเพื่อส่งเสริมการตลาดผ้าทอพื้นเมือง อำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช ในภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.60 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.46 เมื่อพิจารณาในแต่ละประเด็นพบว่า ในประเด็นของระบบสามารถแสดงข้อมูลสินค้าได้ครบถ้วนและถูกต้องอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.00 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.00

## 7. สรุปผลการวิจัย (Conclusion)

ผลการดำเนินงานวิจัยสามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. ผลการวิจัยทำให้ได้ระบบสารสนเทศเพื่อส่งเสริมการตลาดผ้าทอพื้นเมือง อำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ข้อ 1 ซึ่งสามารถช่วยประชาสัมพันธ์ และเป็นช่องทางในการจำหน่ายสินค้าผลิตภัณฑ์ผ้าทอพื้นเมืองผ่านทางเว็บไซต์

2. ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ข้อ 2 พบว่า ผู้ใช้มีความพึงพอใจในระดับดีมากทุกด้าน โดยผลการประเมินความพึงพอใจด้านการใช้งาน (Usability) อยู่ในระดับดีมาก ( $\bar{X} = 4.72$ , s.d. = 0.45) ในประเด็นเกี่ยวกับระบบรองรับการใช้งานผ่านอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้ดี มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด และด้านการออกแบบ (Design) อยู่ในระดับดีมาก ( $\bar{X} = 4.68$ , s.d. = 0.47) ในประเด็นการจัดวางเนื้อหาและองค์ประกอบต่าง ๆ อ่านง่าย ไม่รกสายตา มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด

3. ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ข้อ 3 พบว่าประสิทธิภาพของระบบอยู่ในระดับดีมาก ( $\bar{X} = 4.60$ , s.d. = 0.46) ในประเด็นระบบสามารถแสดงข้อมูลสินค้าได้ครบถ้วนและถูกต้อง มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด

## 8. อภิปรายผลการวิจัย (Discussion)

ผลการวิจัยพบว่าระบบสารสนเทศเพื่อส่งเสริมการตลาดผ้าทอพื้นเมือง อำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพและได้รับความพึงพอใจในระดับดีมากทุกด้าน แสดงให้เห็นว่า ระบบมีโครงสร้างการทำงานที่ชัดเจน เมนูเข้าใจง่าย และรองรับการใช้งานบนอุปกรณ์หลากหลาย ซึ่งสอดคล้องกับหลัก Usability Heuristics ของ Nielsen (1993) ที่กล่าวว่าระบบที่มีความสอดคล้องกัน (Consistency) เรียนรู้ได้ง่าย (Learn Ability) และมีการนำทางที่ดี จะช่วยให้ผู้ใช้สามารถโต้ตอบกับระบบได้อย่างสะดวกและเกิดความพึงพอใจสูง และผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานของ Chongchaisit & Deesutti (2021) ที่พบว่าเว็บไซต์ส่งเสริมผลิตภัณฑ์ชุมชน OTOP ที่มีโครงสร้างเมนูเข้าใจง่ายและเข้าถึงข้อมูลได้รวดเร็ว ช่วยเพิ่มระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ในระดับดีมากเช่นกัน

ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ในด้านประสิทธิภาพ แสดงให้เห็นว่า ระบบสารสนเทศเพื่อส่งเสริมการตลาดผ้าทอพื้นเมือง อำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช ที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ทำงานได้รวดเร็ว แสดงข้อมูลสินค้าครบถ้วน และช่วยเพิ่มโอกาสเข้าถึงผลิตภัณฑ์ผ้าทอพื้นเมือง ซึ่งอธิบายได้โดยหลักการของ DeLone & McLean (2003) ซึ่งชี้ว่าคุณภาพระบบ (System Quality) และคุณภาพข้อมูล (Information Quality) มีผลอย่างมากต่อความพึงพอใจผู้ใช้งานโดยตรง และผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานของ Phungngam (2023) ซึ่งพบว่าเว็บไซต์ส่งเสริมผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นที่มีประสิทธิภาพสูงช่วยเพิ่มความเชื่อมั่นและความพึงพอใจในการใช้งานอย่างชัดเจน ในส่วนของการออกแบบระบบที่มีการใช้สีและกราฟิกที่เหมาะสม และจัดวางเนื้อหาอ่านง่าย ทำให้ผลประเมินความพึงพอใจด้านการออกแบบอยู่ในระดับดีมาก ซึ่งอธิบายได้ด้วยแนวคิด Aesthetic-Usability Effect ของ Norman (2004) ที่ระบุว่า ผู้ใช้จะรู้สึกว่าการใช้งานง่ายและมีคุณภาพมากขึ้น หากมีการออกแบบที่สวยงาม และน่าสนใจ นอกจากนี้ การออกแบบที่แสดงเอกลักษณ์ของผ้าทอพื้นเมืองอย่างเหมาะสมช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือ สอดคล้องกับงานของ Cyr (2013) ที่พบว่าองค์ประกอบทางภาพ เช่น สี ภาพสินค้า และความกลมกลืนของหน้าจอ มีผลโดยตรงต่อความไว้วางใจและความพึงพอใจของผู้ใช้เว็บไซต์ด้านการนำเสนอสินค้า

## 9. องค์ความรู้จากงานวิจัย (Contributions)

1. องค์ความรู้เชิงทฤษฎี เป็นการนำทฤษฎีเกี่ยวกับวงจรการพัฒนาระบบสารสนเทศ (Software Development Life Cycle : SDLC) มาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาในการเพิ่มช่องทางการตลาดแก่สินค้าผลิตภัณฑ์ชุมชน

2. องค์ความรู้เชิงปฏิบัติ เนื่องจากสินค้าผลิตภัณฑ์ผ้าทอพื้นเมือง เป็นสินค้าที่คุณลักษณะเฉพาะ ทั้งขนาด สี สัน และลวดลาย ซึ่งทำให้เกิดความต้องการที่แตกต่างจากการจำหน่ายสินค้าทั่วไป จากปัญหาดังกล่าวทำให้ระบบสารสนเทศที่ได้จากการวิจัยมีการออกแบบโมดูลสั่งผลิตสินค้าที่มีขนาด สี ลวดลายตามความต้องการ ซึ่งสามารถนำไปเป็นต้นแบบสำหรับการจำหน่ายสินค้าหัตถกรรมอื่นๆ ซึ่งมีการผลิตที่มีความเฉพาะเจาะจง

#### 10. ข้อเสนอแนะงานวิจัย (Recommendation)

1. เพิ่มความสะดวกในการชำระเงินค่าสินค้าโดยใช้การเชื่อมต่อบริษัทเข้ากับแอปพลิเคชันของธนาคารโดยตรง เนื่องจากระบบสารสนเทศเพื่อส่งเสริมการตลาดผ้าทอพื้นเมืองที่พัฒนาขึ้นนี้ ยังใช้การโอนเงินภายหลังการสั่งซื้อ และลูกค้าต้องทำรายการแจ้งโอนเงิน ซึ่งทำให้กระบวนการสั่งซื้อสินค้าไม่แล้วเสร็จในระบบเดียว และผู้ผลิตสินค้าต้องทำการตรวจสอบยอดการชำระเงินด้วยตนเอง

2. เพื่อให้การใช้งานระบบเข้าถึงได้ง่ายยิ่งขึ้น อาจนำระบบที่ได้ไปพัฒนาต่อในรูปแบบของแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือโดยเฉพาะในส่วนหน้าร้าน (Front End) เนื่องจากลูกค้าส่วนใหญ่จะใช้งานโทรศัพท์มือถือในการเข้าระบบ ซึ่งการพัฒนาในรูปแบบแอปพลิเคชันจะทำให้ได้รูปแบบการแสดงผลที่เหมาะสมกับโทรศัพท์มือถือมากยิ่งขึ้น

#### 11. การเปิดเผยการใช้ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ (Declaration of Generative AI)

งานวิจัยนี้ใช้เครื่องมือปัญญาประดิษฐ์ (ChatGPT) ช่วยในการทบทวนวรรณกรรม ตรวจสอบความถูกต้อง และเรียบเรียงการใช้ภาษา โดยไม่มีการนำไปใช้ในการออกแบบ และสร้างผลการวิจัยแต่อย่างใด

#### 12. การแสดงบทบาทผู้เขียน (CRediT Author Statement)

**Visalak Khunthanarungrot:** Conceptualization, Methodology, Data Curation, Validation, Investigation, Formal Analysis, Writing - Original Draft, Writing - Review & Editing.

**Chariya Nonthakarn:** Conceptualization, Methodology, Data Curation, Validation, Writing - Original Draft, Writing - Review & Editing.

**Saranpong Nooyimsai:** Conceptualization, Methodology, Data Curation, Validation, Resources.

**Kornsirinat Rotjanawan:** Conceptualization, Methodology, Data Curation, Validation.

All authors read and approved the final manuscript.

#### 13. เอกสารอ้างอิง (References)

- Chaffey, D., & Smith, P. R. (2017). *Digital Marketing Excellence: Planning, Optimizing and Integrating Online Marketing* (6<sup>th</sup> ed.). Routledge.
- Chongchaisit, N., & Deesutti, W. (2021). The Development of Website to Promote the OTOP Products of Amphoe Pha Khao, Loei Province. *Research and Development Journal Loei Rajabhat University*, 16(57), 100-109. (In Thai)
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2018). *Research Methods in Education* (8th ed.). Routledge.
- Cyr, D. (2013). Website Design, Trust and Culture: An Eight Country Investigation. *Electronic Commerce Research and Applications*, 12(6), 373-385. <https://doi.org/10.1016/j.elerap.2013.03.007>
- Davis, F. D. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319-340. <https://doi.org/10.2307/249008>
- DeLone, W. H., & McLean, E. R. (2003). The DeLone and McLean Model of Information Systems Success: A Ten-Year Update. *Journal of Management Information Systems*, 19(4), 9-30. <https://doi.org/10.1080/07421222.2003.11045748>

- Dennis, A., Wixom, B. H., & Tegarden, D. (2020). *Systems Analysis and Design: An Object-Oriented Approach with UML* (6<sup>th</sup> ed.). Wiley.
- Kaplan, A. M., & Haenlein, M. (2010). Users of the World, Unite! The Challenges and Opportunities of Social Media. *Business Horizons*, 53(1), 59-68. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2009.09.003>
- Kotler, P., & Keller, K. L. (2016). *Marketing Management* (15<sup>th</sup> ed.). Pearson Education.
- Laudon, K. C., & Laudon, J. P. (2020). *Management Information Systems: Managing the Digital Firm* (16<sup>th</sup> ed.). Pearson.
- Lemon, K. N., & Verhoef, P. C. (2016). Understanding Customer Experience Throughout the Customer Journey. *Journal of Marketing*, 80(6), 69-96. <https://doi.org/10.1509/jm.15.0420>
- Likert, R. (1932). A Technique for the Measurement of Attitudes. *Archives of Psychology*, 22(140), 1-55.
- Nielsen, J. (1993). *Usability Engineering*. Academic Press.
- Norman, D. A. (2004). *Emotional Design: Why We Love (or Hate) Everyday Things*. Basic Books.
- Phungngam, P. (2023). Website Development to Promote Local Products Mahasorn Wicker Weaving Group Community Enterprise Ban Mee District Lopburi Province. *Sripatum Chonburi Interdisciplinary Journal*, 9(3), 167-186. (In Thai)
- Sommerville, I. (2015). *Software Engineering* (10<sup>th</sup> ed.). Pearson.
- Turban, E., Outland, J., King, D., Lee, J. K., Liang, T.-P., & Turban, D. C. (2018). *Electronic Commerce 2018: A Managerial and Social Networks Perspective*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-58715-8>
- Yousukkee, S. (2025). The Development of a Digital Platform to Promote the Marketing of the Cultural and Local Wisdom Products in Phra Nakhon Si Ayutthaya Province. *Journal of Management Science Pibulsongkram Rajabhat University*, 7(3), 155-178. (In Thai)

## The Development of an Online Hybrid Learning Lesson Incorporating the CIPPA Model to Promote Analytical Thinking Skills on Responsible Use of Information Technology for Mathayomsuksa 2 Students

Monnaphat Phanthaisong<sup>1</sup>, Lerson Litthikun<sup>2,\*</sup>, and Anon Suanpradit<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program in Educational Technology and Computer Studies, Buriram Rajabhat University, Buriram 31000, Thailand; Email: 670426027008@bru.ac.th

<sup>2\*</sup>Program in Educational Technology and Computer Studies, Buriram Rajabhat University, Buriram 31000, Thailand; Email: lerson.lk@bru.ac.th

<sup>3</sup>Program in Educational Technology and Computer Studies, Buriram Rajabhat University, Buriram 31000, Thailand; Email: anon.sp@bru.ac.th

*\*Corresponding author: Lerson Litthikun (lerson.lk@bru.ac.th)*

**Received:** 8 December 2025; **Revised:** 25 January 2026;

**Accepted:** 27 January 2026; **Published:** 28 April 2026

### Abstract

The objectives of this research were to: (1) develop an online hybrid learning lesson with an efficiency of 80/80, (2) study students' analytical thinking skills before and after learning through the online hybrid learning lesson integrated with the CIPPA model on the topic "Using Information Technology Responsibly" for Mathayomsuksa 2 students, (3) compare students' learning achievement before and after learning with the online hybrid learning lesson, and (4) study students' satisfaction toward the online hybrid learning lesson. The sample consisted of 39 Mathayomsuksa 2/1 students from Phutthaisong School, Phutthaisong District, Buriram Province, under the Secondary Educational Service Area Office Buriram, in the first semester of the academic year 2025. The research instruments included: (1) an online hybrid learning lesson, (2) five CIPPA-based lesson plans totalling 10 hours, (3) a 20-item multiple-choice analytical thinking test, (4) a 20-item multiple-choice learning achievement test, and (5) a student satisfaction questionnaire. The results revealed that: (1) the efficiency of the online hybrid learning lesson met the 80/80 criterion, achieving 84.13/86.17; (2) students' analytical thinking skills after learning were significantly higher than before learning at the .05 level; (3) students' learning achievement after learning was significantly higher than before learning at the .05 level; and (4) students' satisfaction with the online hybrid learning lesson was at the highest level.

**Keywords:** Online Hybrid Learning, CIPPA Model, Analytical Thinking



Copyright © 2026 Journal of Computer and Creative Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC-ND).

### Citation:

Phanthaisong, M., Litthikun, L., & Suanpradit, A. (2026). The Development of an Online Hybrid Learning Lesson Incorporating the CIPPA Model to Promote Analytical Thinking Skills on Responsible Use of Information Technology for Mathayomsuksa 2 Students. *Journal of Computer and Creative Technology*, 4(1), e3172. <https://doi.org/10.65205/jcct.2026.e3172>

## การพัฒนาบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ ร่วมกับโมเดลชิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

มนนภัส แพนไธสง<sup>1</sup> เลอสันต์ ฤทธิขันธ<sup>2,\*</sup> และ อนล สวนประดิษฐ์<sup>3</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษาและคอมพิวเตอร์ศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์ 31000 ประเทศไทย;  
Email: 670426027008@bru.ac.th

<sup>2,\*</sup>สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษาและคอมพิวเตอร์ศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์ 31000 ประเทศไทย;  
Email: lerson.lk@bru.ac.th

<sup>3</sup>สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษาและคอมพิวเตอร์ศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์ 31000 ประเทศไทย;  
Email: anon.sp@bru.ac.th

\*ผู้ประพันธ์บทความ: เลอสันต์ ฤทธิขันธ (lerson.lk@bru.ac.th)

รับบทความ: 8 ธันวาคม 2568; แก้ไขบทความ: 25 มกราคม 2569;

ตอบรับบทความ: 27 มกราคม 2569; เผยแพร่บทความ: 28 เมษายน 2569

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) พัฒนาบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 (2) ศึกษาทักษะการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนกับหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ ร่วมกับโมเดลชิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 (3) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนกับก่อนเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ และ (4) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 โรงเรียนพุทไธสง อำเภอพุทไธสง จังหวัดบุรีรัมย์ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาบุรีรัมย์ จำนวน 39 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ (1) บทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ (2) แผนการจัดการเรียนรู้แบบโมเดลชิปปา จำนวน 5 แผน 10 ชั่วโมง (3) แบบทดสอบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ เป็นแบบทดสอบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ (4) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบทดสอบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ และ (5) แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียน ผลการวิจัยพบว่า (1) บทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 เท่ากับ 84.13/86.17 (2) ทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ (4) ความพึงพอใจของนักเรียนอยู่ในระดับมากที่สุด

**คำสำคัญ:** บทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์, ทักษะการคิดวิเคราะห์, โมเดลชิปปา



Copyright © 2026 Journal of Computer and Creative Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC-ND).

การอ้างอิง:

มนนภัส แพนไธสง, เลอสันต์ ฤทธิขันธ, และ อนล สวนประดิษฐ์. (2569). การพัฒนาบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ร่วมกับโมเดลชิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วารสารคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสร้างสรรค์, 4(1), e3172. <https://doi.org/10.65205/jcct.2026.e3172>

## 1. บทนำ (Introduction)

การจัดการเรียนการสอนในปัจจุบัน นอกจากการเรียนในห้องเรียนแล้ว ยังมีการนำเทคโนโลยีต่าง ๆ เข้ามาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับผู้เรียน โดยการเรียนแบบไฮบริด (Hybrid Learning) และอีเลิร์นนิง (e-Learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ภายใต้การศึกษาทางไกล (Distance Education) ซึ่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีโอกาสศึกษาหาความรู้แบบไม่มีข้อจำกัดในเรื่องเวลาและสถานที่ อีกทั้งยังสนับสนุนการใช้งานเครื่องมือที่หลากหลาย โดยการศึกษาทางไกลสามารถจำแนกได้ 3 ประเภท ประกอบด้วย 1) การศึกษาที่ผู้เรียนอยู่ต่างสถานที่และเข้าเรียนต่างเวลา ดังนั้น อีเมลและกระดานสนทนาจึงถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือหลักในการติดต่อสื่อสาร 2) ในบางกรณีของการศึกษาทางไกลที่การติดต่อสื่อสารระหว่างผู้เรียนและผู้สอนเกิดขึ้นในเวลาเดียวกัน (Synchronous Communication) แต่ต่างสถานที่ เช่น การเรียนผ่านระบบการประชุมทางไกล (Teleconference) จึงใช้แชทเพื่อการสนทนาโต้ตอบ และ 3) การศึกษาที่ผู้เรียนและผู้สอนอยู่ในสถานที่เดียวกัน แต่เข้าร่วมเรียนต่างเวลากัน จึงใช้การสื่อสารแบบไม่ประสานเวลา (Asynchronous) ทั้งนี้ แนวโน้มของการศึกษาทางไกลนั้น ยังเน้นเรื่องเทคโนโลยีเว็บ 2.0 ที่เน้นปฏิสัมพันธ์ระหว่างกันมากขึ้น ซึ่งนำไปสู่การแลกเปลี่ยนเรียนรู้และชุมชนแห่งการเรียนรู้ออนไลน์ (Online Learning Community) และเป็นการส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิต (Lifelong Learning) (Khlaissang & Koraneeekit, 2016)

การพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนเป็นหนึ่งในเป้าหมายสำคัญของการจัดการศึกษาในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากเป็นพื้นฐานของการเรียนรู้ในระดับสูง การแก้ปัญหา และการตัดสินใจอย่างมีเหตุผล งานวิจัยจำนวนมากได้ชี้ให้เห็นว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ การใช้เทคนิคการสอนที่กระตุ้นการคิด สามารถส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Ministry of Education, 2008) โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้โมเดล จีปปา เป็นการจัดกิจกรรมที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ สามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง มีรายละเอียดดังนี้ C มาจากคำว่า Construct หมายถึง การสร้างความรู้ตามแนวความคิด Constructivism กล่าวคือ กิจกรรมการเรียนรู้ที่ดีควรเป็นกิจกรรมที่ช่วยให้ผู้เรียนมีโอกาสสร้างความรู้ด้วยตนเองซึ่งจะทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจและเกิดการเรียนรู้ความหมายต่อตนเองการที่ผู้เรียนมีโอกาสสร้างความรู้ด้วยตนเองนี้จะเกิดกิจกรรมที่ทำให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมทางสติปัญญา I มาจากคำว่า Interaction หมายถึง การปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นหรือสิ่งแวดล้อมรอบตัว กิจกรรมการเรียนรู้ที่ดีจะต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับบุคคล และแหล่งความรู้ที่หลากหลาย ซึ่งเป็นการช่วยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมทางสังคม P มาจากคำว่า Physical Participation หมายถึง การให้นักเรียนมีโอกาสได้เคลื่อนไหวร่างกายโดยทำกิจกรรมในลักษณะต่าง ๆ ซึ่งเป็นการช่วยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมทางกาย P มาจากคำว่า Process Learning หมายถึง การเรียนรู้กระบวนการต่าง ๆ เป็นทักษะที่จำเป็นต่อในดำรงชีวิต เช่น กระบวนการแสวงหาความรู้ กระบวนการคิด กระบวนการแก้ปัญหา กระบวนการกลุ่ม กระบวนการพัฒนาตนเอง การเรียนรู้กระบวนการเป็นสิ่งสำคัญเช่นเดียวกับการเรียนรู้เนื้อหาสาระต่าง ๆ การเรียนรู้เกี่ยวกับกระบวนการเป็นการช่วยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมทางด้านสติปัญญาอีกทางหนึ่ง A มาจากคำว่า Application หมายถึง การนำความรู้ที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนได้รับประโยชน์จากการเรียนและช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เพิ่มเติมขึ้นเรื่อย ๆ (Insa-ard, 2018; Khemmani, 2020)

จากการสังเกตและรายงานผลการเรียนของนักเรียนในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนพุทไธสง สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาบุรีรัมย์ พบว่า นักเรียนจำนวนไม่น้อยยังขาดความเข้าใจในกระบวนการคิดเชิงวิเคราะห์ การวางแผนลำดับขั้นตอน และการประยุกต์ใช้ความรู้เพื่อแก้ปัญหาในบริบทที่ซับซ้อน ส่งผลให้ไม่สามารถนำความรู้ในรายวิชาวิทยาการคำนวณ ไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงการจัดการเรียนการสอนในรูปแบบเดิมทำให้ผู้เรียนไม่เกิดทักษะ และกระบวนการเรียนรู้ ดังนั้น เพื่อยกระดับการเรียนรู้ส่งเสริมสมรรถนะด้านการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน งานวิจัยนี้จึงมีความสนใจในการพัฒนารูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง โดยบูรณาการแนวคิดด้านทักษะการคิดวิเคราะห์ในเรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถคิดวิเคราะห์วางแผน และแก้ปัญหา โดยใช้สื่อการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ในการจัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และจากการประเมินผลการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนในรายวิชา วิทยาการคำนวณ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2567 ผลปรากฏว่าอยู่ในระดับต่ำกว่าค่าเป้าหมายที่กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกำหนด อยู่ในระดับ 2.47 ซึ่งค่าเป้าหมายที่กลุ่มสาระกำหนดไว้อยู่ที่ระดับ 2.82

จากปัญหา ความเป็นมา และความสำคัญที่กล่าวมาข้างต้น จึงมีความสนใจที่จะทำการศึกษาวิจัย เรื่อง การพัฒนาบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ ร่วมกับโมเดลชิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ ให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลที่ดีขึ้นและสามารถนำไปใช้กับนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ได้ต่อไป

## 2. วัตถุประสงค์งานวิจัย (Research Objectives)

1. เพื่อพัฒนาบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ ร่วมกับโมเดลชิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80
2. เพื่อศึกษาทักษะการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนกับหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ ร่วมกับโมเดลชิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียนกับก่อนเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ ร่วมกับโมเดลชิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
4. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ร่วมกับโมเดลชิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

## 3. สมมติฐานของการวิจัย (Research Hypothesis)

1. ทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ ร่วมกับโมเดลชิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ ร่วมกับโมเดลชิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

## 4. การทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง (Literature Review)

### 4.1 บทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ (Online Hybrid Learning Lesson)

จากการศึกษาความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ สรุปได้ว่า บทเรียนการจัดการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ หมายถึง การรวมกันระหว่างการเรียนรู้แบบออนไลน์บนระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และการเรียนรู้ในห้องเรียน โดยเน้นการผสมผสานวิธีการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลายเพื่อสร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนและครูผู้สอน โดยการเรียนรู้ผ่านเครื่องมือหรือเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่ใช้ในการศึกษา ช่วยกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้เชิงรุกและใช้กระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ ทั้งนี้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ทุกที่ทุกเวลา (Anywhere Anytime)

ความสำคัญของบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ การจัดการเรียนรู้แบบไฮบริด (Hybrid Learning) เป็นรูปแบบการจัดการกิจกรรมซึ่งรวบรวม การเรียนการสอนในห้องเรียน (Face-to-Face) กับการเรียนด้วยระบบออนไลน์ (Online Learning) ที่ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้อย่างยืดหยุ่น มีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (Bamrungsetthapong et al., 2020; Nijarunkul et al, 2024) ประกอบด้วย 1) เพิ่มโอกาสในการเข้าถึงการเรียนรู้ ซึ่งการเรียนรู้แบบไฮบริดช่วยลดข้อจำกัดด้านเวลาและสถานที่ ทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงเนื้อหาได้ทุกที่ทุกเวลา เป็นการเปิดโอกาสในการเรียนรู้ตลอดชีวิต (Lifelong Learning) โดยเฉพาะในยุคดิจิทัลที่ความรู้และทักษะต้องมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง 2) การพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 การเรียนรู้แบบไฮบริดสามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้ส่งเสริมทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 เช่น การคิดวิเคราะห์ การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ การสื่อสาร และการทำงานเป็นทีม เพื่อให้ผู้เรียนมีบทบาทในการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ได้มากขึ้น 3) การส่งเสริมการเรียนรู้แบบมีความหมาย (Meaningful

Learning) ผู้เรียนได้มีโอกาสในการเรียนรู้จากประสบการณ์จริงทั้งในห้องเรียน และการเรียนรู้ด้วยตนเองจากระบบออนไลน์ ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเชื่อมโยงความรู้อย่างลึกซึ้งกับชีวิตจริง ส่งผลให้การเรียนรู้มีความหมายและยั่งยืนมากขึ้น และ 4) การเพิ่มประสิทธิภาพของครูผู้สอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ครูผู้สอนสามารถใช้เทคโนโลยีในการติดตามความก้าวหน้าของผู้เรียน วิเคราะห์ข้อมูล และปรับเปลี่ยนการสอนให้เหมาะสมกับแต่ละบุคคล (Personalized Learning) ได้ดียิ่งขึ้น สรุปได้ว่า ประโยชน์ของการเรียนการสอนแบบไฮบริดนั้น จะต้องมีการออกแบบบทเรียนให้ผู้เรียนได้ช่วยกันคิดและลงมือปฏิบัติหรือมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่าง ๆ โดยมีการนำเทคโนโลยีหรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการจัดการเรียนการสอน เพื่อให้เกิดสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ที่ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้จะต้องมีการประเมินผลย้อนกลับหลังจากจัดการเรียนการสอนเพื่อเป็นการวัดความรู้ความเข้าใจของผู้เรียนด้วย

### 3.2 ทักษะการคิดวิเคราะห์ (Analytical Thinking Skills)

Bloom (1956) ได้กำหนดจุดมุ่งหมายทางการศึกษา 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้ ด้านจิตพิสัยและด้านทักษะพิสัยของบุคคล และจำแนกระดับความรู้ ความสามารถในการเรียนรู้ไว้ 6 ระดับ ดังนี้

1. ระดับความรู้ความจำ (Knowledge) ประกอบด้วยความรู้เฉพาะในเนื้อหา เช่น ความรู้ในวิธีดำเนินการความรู้เกี่ยวกับแนวโน้มและลำดับขั้น ความรู้เกี่ยวกับการจำแนกประเภท ความรู้เกี่ยวกับเกณฑ์ต่าง ๆ และความรู้เกี่ยวกับวิธีการรวบรวมข้อมูลในเนื้อหา เช่น ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีและโครงสร้าง

2. ระดับความเข้าใจ (Comprehensive) ประกอบด้วย การตีความ การแปลความและการขยายความ

3. ระดับการนำไปใช้หรือการประยุกต์ใช้ (Application) เป็นความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้ โดยสามารถสาธิตได้

4. ระดับการคิดวิเคราะห์ (Analysis) เป็นการวิเคราะห์ส่วนประกอบ

5. ระดับการสังเคราะห์ (Synthesis) เป็นการสื่อความหมาย แยกเป็นสังเคราะห์ ความสัมพันธ์

6. ระดับการประเมินค่า (Evaluation) การประเมินโดยอาศัยข้อเท็จจริง การที่บุคคลจะมีทักษะในการแก้ปัญหาและการตัดสินใจจะต้องสามารถวิเคราะห์และเข้าใจสถานการณ์นั้น ๆ ได้

ระดับความสามารถทางการคิด 6 ระดับดังกล่าว จึงเป็นเรื่องที่ดีถ้าทำให้นักเรียนสามารถกำหนดความคาดหวังได้อย่างเหมาะสม นักเรียนสามารถกำหนดความคาดหวังสูงได้ นักเรียนทุกคนสามารถมีส่วนร่วมในการกำหนดวิสัยทัศน์ภารกิจ เป้าหมาย การตัดสินใจและการแก้ปัญหาาร่วมกัน เพราะในแต่ละระดับเมื่อนักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจและมีทักษะจะเกิดการปรับเปลี่ยนขึ้นสู่ระดับที่สูงขึ้นต่อไปจะส่งผลให้นักเรียนได้มีโอกาส มีความเชี่ยวชาญเพิ่มขึ้นและสามารถคิดในระดับสูงได้ในที่สุด ในด้านการคิดวิเคราะห์นั้น Bloom (1956) ให้ความหมายการคิดวิเคราะห์ไว้ว่า เป็นความสามารถในการแยกแยะเพื่อหาส่วนย่อยของเหตุการณ์ เรื่องราว หรือเนื้อหาต่าง ๆ ว่าประกอบด้วยอะไร มีสาระสำคัญอะไร มีความสัมพันธ์กันอย่างไร อะไรเป็นเหตุ อะไรเป็นผลและที่เป็นอย่างนั้นอาศัยหลักการอะไร โดยมีรายละเอียด (Susaraj, 2008) ดังนี้

1. การคิดวิเคราะห์ความสำคัญหรือเนื้อหาของสิ่งต่าง ๆ (Analysis of Element) เป็นความสามารถในการแยกแยะได้ว่าสิ่งใดจำเป็น สิ่งใดสำคัญ สิ่งใดมีบทบาทมากที่สุด ประกอบด้วย การวิเคราะห์ชนิด เป็นการให้นักเรียนวินิจฉัยว่า สิ่งนั้น เหตุการณ์นั้น จัดเป็นชนิดใด ลักษณะใด เพราะเหตุใด เช่น ข้อความนี้ ทำได้ดี ทำชั่วได้ชั่ว เป็นข้อความชนิดใด มานำเป็นพืชหรือสัตว์ การวิเคราะห์สิ่งสำคัญ เป็นการวินิจฉัยว่าสิ่งใดสำคัญ สิ่งใดไม่สำคัญ เป็นการค้นหาสาระสำคัญ ข้อความหลัก ข้อสรุป จุดเด่น จุดด้อยของสิ่งต่าง ๆ เช่น สาระสำคัญของเรื่องนี้คืออะไร ควรตั้งชื่อเรื่องนี้ว่าอะไร การปฏิบัติเช่นนั้นเพื่ออะไร สิ่งใดสำคัญที่สุด สิ่งใดมีบทบาทมากที่สุดจากสถานการณ์นี้ การวิเคราะห์เลขนัย เป็นการมุ่งค้นหาสิ่งที่แอบแฝงซ่อนเร้น หรืออยู่เบื้องหลังจากสิ่งที่เห็น ซึ่งมีได้บ่งบอกตรง ๆ แต่มีร่องรอยของความจริงซ่อนเร้นอยู่ เช่น มานีเป็นน้ำของฉันทน์ (จึงหมายความว่า มานีเป็นผู้หญิง)

2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Analysis of Relationship) เป็นการค้นหาความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ว่ามีความเชื่อมโยงกันอย่างไร สัมพันธ์กันมากน้อยแค่ไหน สอดคล้องหรือขัดแย้งกันหรือไม่ ประกอบด้วย การวิเคราะห์ชนิดของความสัมพันธ์ มุ่งให้เห็นถึงความสัมพันธ์ว่าสิ่งใดสอดคล้องกันหรือไม่ มีสิ่งใดเกี่ยวข้องกัน เช่น ลิ้ง เป็ด ไก่ นก สัตว์ชนิดใดที่ไม่เข้าพวก เป็นต้น การวิเคราะห์ขนาดของความสัมพันธ์ คือ สิ่งใดเกี่ยวข้องกันมากที่สุด สิ่งใดเกี่ยวข้องกันน้อยที่สุด สิ่งใดมีความสัมพันธ์กับเหตุการณ์มากที่สุด การเรียงลำดับของสิ่งต่าง ๆ การวิเคราะห์ขั้นตอนความสัมพันธ์ คือ เมื่อเกิดสิ่งนี้แล้วจะ

เกิดผลตามมามากมายทั้ง บ้าง ตามลำดับ การเรียงลำดับขั้นตอนของเหตุการณ์ การวิเคราะห์จุดประสงค์และวิธีการ คือ การกระทำแบบนี้เพื่ออะไร เมื่อทำสิ่งนี้แล้วจะเกิดผลลัพธ์อย่างไร มีเป้าหมายอะไร มีจุดมุ่งหมายอะไร การวิเคราะห์สาเหตุและผล คือ อะไรเป็นสาเหตุของเรื่องนี้ ถ้าไม่ทำแบบนี้จะเกิดผลอย่างไร และการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ในรูปอุปมาอุปไมย เช่น บินเร็วเหมือนนก วิ่งเร็วเหมือนม้า เดินช้าเหมือนเต่า ซ้อนคู่กับส้อม แล้วตะปูจะคู่กับอะไร เป็นต้น

3. การคิดวิเคราะห์เชิงหลักการ (Analysis of Organization Principle) หมายถึง การค้นหาโครงสร้างเรื่องราวสิ่งของและการทำงานต่าง ๆ ว่าสิ่งเหล่านั้นอยู่ได้ในสภาพเช่นกันเพราะเหตุใดมีอะไรเป็นแกนหลัก มีหลักการอย่างไร มีสิ่งใดเป็นตัวเชื่อมโยง การคิดวิเคราะห์หลักการเป็นการวิเคราะห์ที่ถือได้ว่าสำคัญที่สุด การที่จะวิเคราะห์เชิงหลักการได้จะต้องมีความรู้ความสามารถในการวิเคราะห์องค์ประกอบและความสัมพันธ์ได้ดีเสียก่อน เพราะผลจากการวิเคราะห์จะทำให้สามารถสรุปเป็นหลักการได้ ประกอบด้วย การวิเคราะห์โครงสร้าง เช่น การทำวิจัยมีกระบวนการทำงานอย่างไร โครงสร้างของสังคมไทยในปัจจุบันเป็นอย่างไร เป็นต้น และการวิเคราะห์หลักการ เป็นการแยกแยะเพื่อค้นหาความจริงและสรุปคำตอบได้ ลักษณะของสิ่งต่าง ๆ ที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์ เช่น สถานการณ์ บุคคล ข้อความ ข่าวสาร เป็นต้น ดังนั้นการคิดวิเคราะห์ของบลูม ถือได้ว่าเป็นพื้นฐานการนำไปสู่ความสามารถในการคิดในระดับสูง เพราะผู้เรียนจะมีความรู้ ความเข้าใจสถานการณ์ต่าง ๆ อย่างชัดเจนผ่านกระบวนการต่าง ๆ ตั้งแต่การวิเคราะห์เนื้อหา วิเคราะห์ความสัมพันธ์และวิเคราะห์หลักการตามลำดับ

### 3.3 โมเดลชิปปา (CIPPA Model)

จากการศึกษาความหมายของโมเดลชิปปา สรุปได้ว่า โมเดลชิปปา เป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม การแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในกลุ่มเพื่อน การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองและนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน Khemmani (2020) กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนโดยยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลางนั้น ในการสอนครูต้องคำนึงถึงการเรียนรู้ของผู้เรียนเป็นสำคัญและช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยวิธีการต่าง ๆ มีใช้เพียงแค่ถ่ายทอดความรู้เท่านั้น การสอนแบบชิปปา เป็นการจัดการกิจกรรมที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ สามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง มีรายละเอียดดังนี้ (Insa-ard, 2018)

C มาจากคำว่า Construct หมายถึง การสร้างความรู้ตามแนวความคิด Constructivism กล่าวคือ กิจกรรมการเรียนรู้ที่ดีควรเป็นกิจกรรมที่ช่วยให้ผู้เรียนมีโอกาสรสร้างความรู้ด้วยตนเองซึ่งจะทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจและเกิดการเรียนรู้ความหมายต่อตนเองการที่ผู้เรียนมีโอกาสรสร้างความรู้ด้วยตนเองนี้จะเกิดกิจกรรมที่ทำให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมทางสติปัญญา

I มาจากคำว่า Interaction หมายถึง การปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นหรือสิ่งแวดล้อมรอบตัว กิจกรรมการเรียนรู้ที่ดีจะต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับบุคคล และแหล่งความรู้ที่หลากหลาย ซึ่งเป็นการช่วยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมทางสังคม

P มาจากคำว่า Physical Participation หมายถึง การให้นักเรียนมีโอกาสได้เคลื่อนไหวร่างกายโดยทำกิจกรรมในลักษณะต่าง ๆ ซึ่งเป็นการช่วยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมทางกาย

P มาจากคำว่า Process Learning หมายถึง การเรียนรู้กระบวนการต่าง ๆ เป็นทักษะที่จำเป็นต่อในดำรงชีวิต เช่น กระบวนการแสวงหาความรู้ กระบวนการคิด กระบวนการแก้ปัญหา กระบวนการกลุ่ม กระบวนการพัฒนาตนเอง การเรียนรู้กระบวนการเป็นสิ่งสำคัญเช่นเดียวกับการเรียนรู้เนื้อหาสาระต่าง ๆ การเรียนรู้เกี่ยวกับกระบวนการเป็นการช่วยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมทางด้านสติปัญญาอีกทางหนึ่ง

A มาจากคำว่า Application หมายถึง การนำความรู้ที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนได้รับประโยชน์จากการเรียนและช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เพิ่มเติมขึ้นเรื่อย ๆ

ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนของโมเดลชิปปา โดย Insa-ard (2018) กล่าวว่า มีองค์ประกอบสำหรับการจัดการเรียนการสอนที่สำคัญ 5 ประการ ผู้สอนสามารถเลือกรูปแบบ วิธีการสอน กิจกรรมใดก็ได้ที่สามารถทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามองค์ประกอบทั้ง 5 อีกทั้งการจัดกิจกรรมก็สามารถจัดลำดับองค์ประกอบใดก่อนหลังได้เช่นกัน ซึ่งแบ่งการสอนออกเป็น 7 ขั้นตอน ประกอบด้วย

1. ขั้นทบทวนความรู้เดิม เพื่อช่วยให้ผู้เรียนมีความพร้อมในการเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิมของตน ได้แก่ การสนทนา ชักถาม ให้ผู้เรียนบอกสิ่งที่เคยเรียนรู้ การให้ผู้เรียนเล่าประสบการณ์เดิมหรือการให้ผู้เรียนแสดงโครงสร้าง (Graphic Organizer) เดิมของตน

2. ขั้นแสวงหาความรู้ใหม่ เป็นการแสวงหาข้อมูล ความรู้ใหม่จากแหล่งข้อมูลหรือแหล่งความรู้ต่าง ๆ ซึ่งผู้สอนอาจจัดเตรียมมาให้ผู้เรียนหรือให้คำแนะนำเกี่ยวกับแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนไปแสวงหาได้ เช่น ผู้สอนแจกใบความรู้ เรื่อง การแก้โจทย์ปัญหาการบวกและการลบเศษส่วน ให้ผู้เรียนอ่านสถานการณ์ปัญหาพร้อมทั้งทำความเข้าใจปัญหา
  3. ขั้นศึกษาทำความเข้าใจความรู้ใหม่และเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิม เพื่อให้ผู้เรียนสร้างความหมายของข้อมูลหรือประสบการณ์ใหม่ สรุปความเข้าใจแล้วเชื่อมโยงกับความรู้เดิมจากกิจกรรมในขั้นนี้ ได้แก่ การให้ผู้เรียนใช้กระบวนการต่าง ๆ ด้วยตนเอง เช่น กระบวนการคิด กระบวนการกลุ่มหรือกระบวนการแก้ปัญหา สร้างความรู้ขึ้นมา
  4. ขั้นแลกเปลี่ยนความรู้ความเข้าใจกับกลุ่ม เพื่ออาศัยกลุ่มเป็นเครื่องมือในการตรวจสอบความรู้ความเข้าใจและขยายความรู้ความเข้าใจของตัวเองให้เพิ่มขึ้น ได้แก่ การให้นักเรียนแต่ละคนแบ่งปันความรู้ความเข้าใจให้ผู้อื่นรับรู้และให้กลุ่มช่วยกันตรวจสอบความรู้ความเข้าใจซึ่งกันและกัน
  5. ขั้นสรุปและจัดระเบียบความรู้ เพื่อให้ผู้เรียนจดจำสิ่งที่เรียนรู้ได้ง่ายขึ้น ได้แก่ การให้ผู้เรียนสรุปประเด็นสำคัญ ประกอบด้วย มโนทัศน์หลักและมโนทัศน์ย่อยของความรู้ทั้งหมด ทั้งความรู้เดิมและความรู้ใหม่แล้วนำมารวบรวมเรียบเรียงให้ได้ใจความสำคัญครบถ้วน สะดวกแก่การจดจำ ผู้สอนอาจให้ผู้เรียนจัดโครงสร้างความรู้ซึ่งเป็นวิธีการที่ช่วยในการจดจำข้อมูลได้ง่าย
  6. ขั้นการปฏิบัติและหรือแสดงผลงาน เพื่อให้โอกาสผู้เรียนได้ตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของตนเองด้วยการได้รับข้อมูลย้อนกลับจากผู้อื่น ได้แก่ การให้ผู้เรียนแสดงผลงานการสร้างความรู้ของตนเองด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น จัดนิทรรศการจัดการอภิปราย แสดงบทบาทสมมติ เขียนเรียงความ วาดภาพ แต่งคำประพันธ์ เป็นต้น และอาจมีการจัดประเมินผลงานโดยใช้เกณฑ์ที่เหมาะสม
  7. ขั้นประยุกต์ใช้ความรู้ เพื่อฝึกฝนให้ผู้เรียนนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ให้เกิดความเข้าใจและความชำนาญ ได้แก่ การที่ผู้สอนให้ผู้เรียนมีโอกาสแสดงวิธีใช้ความรู้ให้เป็นประโยชน์ในเรื่องต่าง ๆ ซึ่งเท่ากับส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความคิดสร้างสรรค์ ในระยะแรกผู้สอนอาจตั้งโจทย์สถานการณ์ต่าง ๆ แล้วให้ผู้เรียนนำความรู้ที่มีมาใช้ในสถานการณ์นั้น ๆ ในชีวิตประจำวัน
- ขั้นตอนตั้งแต่ขั้นที่ 1-6 เป็นกระบวนการสร้างความรู้ (Construction of Knowledge) ซึ่งครูสามารถจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนมีโอกาสปฏิสัมพันธ์แลกเปลี่ยนเรียนรู้กัน และฝึกฝนกระบวนการต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง เนื่องจากขั้นตอนแต่ละขั้นตอนช่วยให้ผู้เรียนได้ทำกิจกรรมหลากหลายที่มีลักษณะให้นักเรียนได้เคลื่อนไหวทางกาย ทางสติปัญญา ทางอารมณ์ และทางสังคมอย่างเหมาะสมซึ่งช่วยให้ผู้เรียนตื่นตัว (Active) สามารถรับรู้และเรียนรู้ได้อย่างดี ส่วนขั้นตอน 7 เป็นขั้นที่ช่วยให้ผู้เรียนนำความรู้ไปใช้ (Application) รูปแบบนี้มีคุณสมบัติครบตามหลัก CIPPA

## 5. กรอบแนวคิดงานวิจัย (Conceptual Framework)

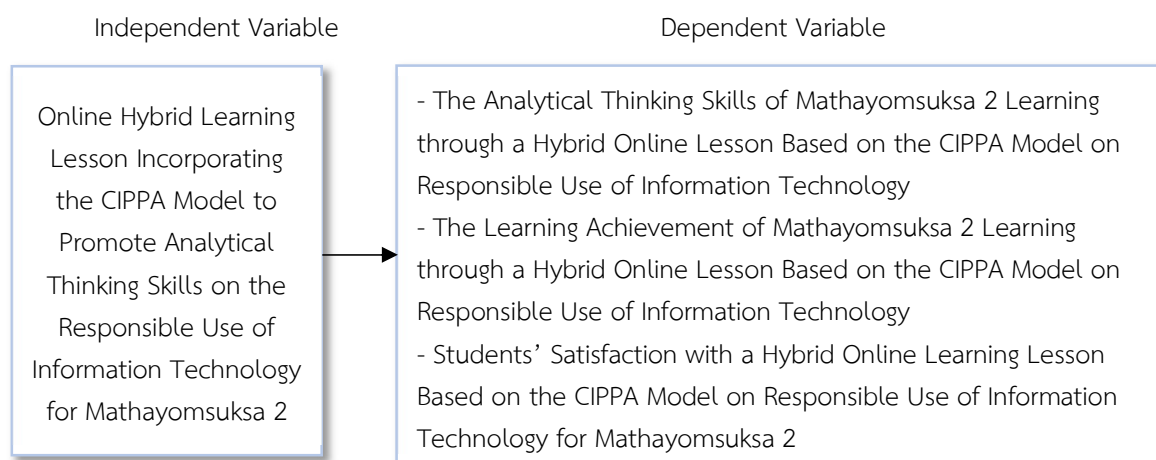


Figure 1. Conceptual Framework

## 6. วิธีดำเนินงานวิจัย (Research Methodology)

### 6.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 โรงเรียนพุทไธสง อำเภพุทไธสง จังหวัดบุรีรัมย์ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาบุรีรัมย์ จำนวน 11 ห้องเรียน รวมทั้งสิ้น 430 คน
2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 โรงเรียนพุทไธสง อำเภพุทไธสง จังหวัดบุรีรัมย์ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาบุรีรัมย์ จำนวน 39 คน ได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) ด้วยวิธีการจับสลาก โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม

### 6.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. บทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ร่วมกับโมเดลชิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้วิธีการประเมินแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) พบว่า ผลการประเมินคุณภาพบทเรียน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.58 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด
2. แผนการจัดการเรียนรู้ประกอบการเรียนด้วยบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ ร่วมกับโมเดลชิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 5 แผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้วิธีการประเมินแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) พบว่า ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.35 หมายถึง เหมาะสมมาก
3. แบบทดสอบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบเป็นแบบทดสอบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ โดยใช้วิธีการประเมินแบบ IOC พบว่า แบบทดสอบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ วัดได้ตรงตามเนื้อหา โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เกิน 0.5 ทุกข้อ มีค่าความยากง่าย (p) อยู่ในช่วง 0.44-0.54 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ในช่วง 0.31-0.92 และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.88 ซึ่งถือว่ามีความเชื่อมั่นสูง
4. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบเป็นแบบทดสอบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ โดยใช้วิธีการประเมินแบบ IOC พบว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วัดได้ตรงตามเนื้อหา โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เกิน 0.5 ทุกข้อ มีค่าความยากง่าย (p) อยู่ในช่วง 0.56-0.74 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ในช่วง 0.23-0.77 และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.81 ซึ่งถือว่ามีความเชื่อมั่นสูง
5. แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มีต่อบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ ร่วมกับโมเดลชิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้วิธีการประเมินแบบ IOC พบว่า ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบสอบถามความพึงพอใจมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.61 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

### 6.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ประเภทการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi-experimental Design) ในรูปแบบของการทดลองกับกลุ่มเดียว (One Group Pretest-Posttest Design) ดัง Table 1.

Table 1. Experimental Research Format Types of Quasi-Experimental Research

| Sample Group | Pre-test | Treatment | Post-test |
|--------------|----------|-----------|-----------|
| E            | $T_1$    | X         | $T_2$     |

เมื่อ E แทน กลุ่มทดลอง  
 $T_1$  แทน การทดสอบก่อนการทดลอง  
 $T_2$  แทน การทดสอบหลังการทดลอง

X แทน การเรียนด้วยบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ ร่วมกับโมเดลชิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

โดยการวิจัยในครั้งนี้ได้เก็บรวบรวมข้อมูลระหว่าง เดือน สิงหาคม ถึง เดือน ตุลาคม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. การออกแบบการทดลองวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง ทดลอง (Quasi-Experimental Design)
2. สร้างเครื่องมือและการหาคุณภาพของเครื่องมือ โดยมีการตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสม และให้ข้อเสนอแนะต่าง ๆ จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน
3. ติดต่อโรงเรียนพุทไธสง อำเภอพุทไธสง จังหวัดบุรีรัมย์ เพื่อดำเนินการทดลองใช้บทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ ร่วมกับโมเดลชิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ
4. จัดเตรียมสถานที่ อุปกรณ์ และเครื่องมือการวิจัย
5. แนะนำ ปฐมนิเทศ ชี้แจงการทดลองด้วยบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ร่วมกับโมเดลชิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/1 โรงเรียนพุทไธสง จำนวน 39 คน
6. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ สำหรับใช้ในการจัดการเรียนรู้ด้วยบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ ร่วมกับโมเดลชิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ไปทดสอบก่อนเรียนกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/1 โรงเรียนพุทไธสง ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 โรงเรียนพุทไธสง จำนวน 39 คน
7. ดำเนินการทดลองด้วยบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ ร่วมกับโมเดลชิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ ประกอบด้วยเนื้อหาดังต่อไปนี้
  - 1) แนวทางการปฏิบัติเมื่อพบเนื้อหาที่ไม่เหมาะสม จำนวน 2 ชั่วโมง
  - 2) ผลกระทบการเผยแพร่ข้อมูลที่ไม่เหมาะสม จำนวน 2 ชั่วโมง
  - 3) แนวทางการพิจารณาเนื้อหา ก่อนเผยแพร่ข้อมูล จำนวน 2 ชั่วโมง
  - 4) การสร้างและแสดงสิทธิ์ความเป็นเจ้าของผลงาน จำนวน 2 ชั่วโมง
  - 5) มารยาทในการติดต่อสื่อสาร จำนวน 2 ชั่วโมง
8. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ สำหรับใช้ในการจัดการเรียนรู้ด้วยบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ ร่วมกับโมเดลชิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 โรงเรียนพุทไธสง จำนวน 39 คน
9. สอบถามความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/1 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ ร่วมกับโมเดลชิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
10. เก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อสรุปผลการทดลองต่อไป

#### 6.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

- 1) หาค่าประสิทธิภาพบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ ร่วมกับโมเดลชิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ตามเกณฑ์ 80/80 โดยหาค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนเฉลี่ย E1/E2
- 2) เปรียบเทียบทักษะการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนกับหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ ร่วมกับโมเดลชิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เพื่อทดสอบสมมติฐานในการวิจัย โดยใช้สถิติ t-test (Dependent Samples)

3) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนกับก่อนเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ ร่วมกับโมเดลซิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เพื่อทดสอบสมมติฐานในการวิจัย โดยใช้สถิติ t-test (Dependent Samples)

4) วิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ ร่วมกับโมเดลซิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยหาค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ ) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และนำค่าเฉลี่ยไปเทียบกับเกณฑ์

## 7. ผลการวิจัย (Results)

7.1 ผลการพัฒนาบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ ร่วมกับโมเดลซิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

แผนผังการใช้งานบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ร่วมกับโมเดลซิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ดัง Figure 2.

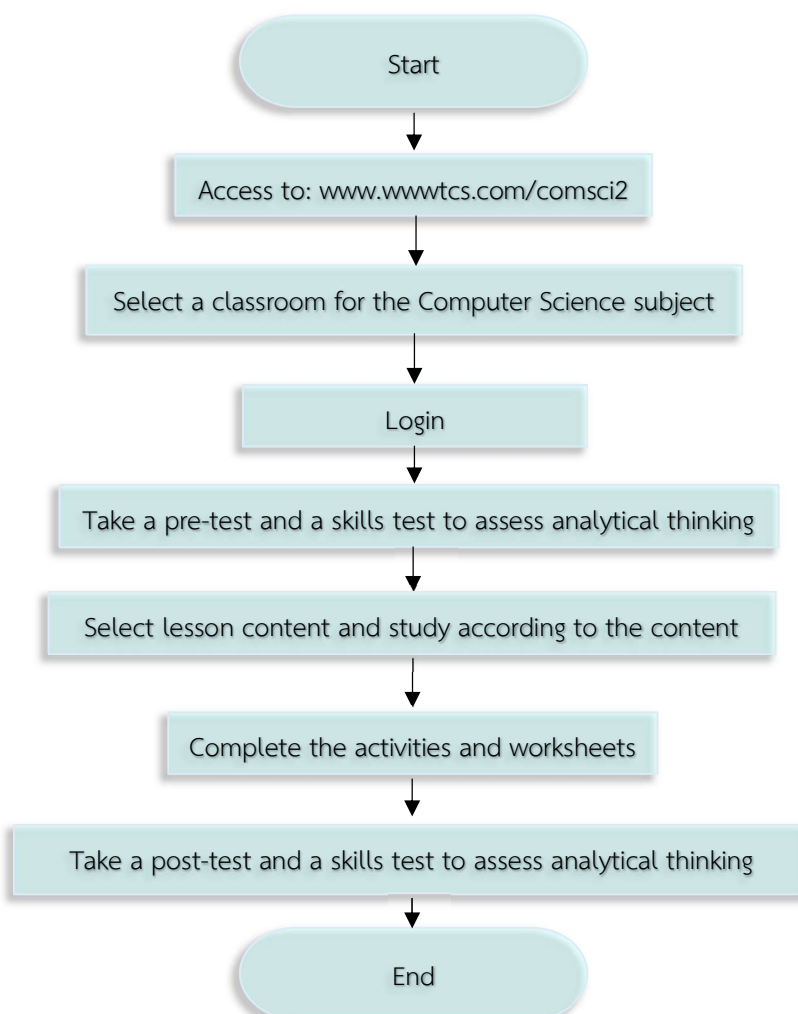


**Figure 2.** A Flowchart of an Online Hybrid Learning Lesson that Promotes Critical Thinking Skills, Combined with the CIPPA Model, on the Responsible Use of Information Technology for Mathayomsuksa 2 Students

ผลการพัฒนาบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ ร่วมกับโมเดลชิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ดัง Figure 3.

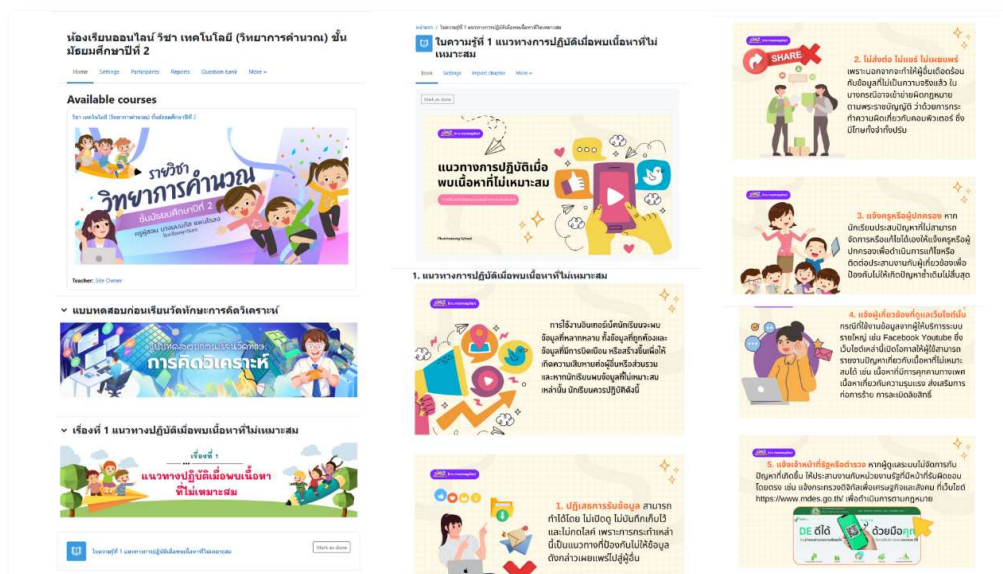


**Figure 3.** Example of an Online Hybrid Learning Lesson that Promotes Critical Thinking Skills Using the CIPPA Model on the Responsible Use of Information Technology for Mathayomsuksa 2 Students

ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ ร่วมกับโมเดลชิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ดังนำเสนอตาม Table 2.

**Table 2.** Average and Percentage of Lesson Performance Test Based on the 80/80 Criterion

| Students | Average Grade                    |            | Post-Study Average   |            |             |
|----------|----------------------------------|------------|----------------------|------------|-------------|
|          | During the Course<br>(50 points) | Percentage | Score<br>(20 points) | Percentage | Efficiency  |
| 30       | 42.07                            | 84.13      | 17.23                | 86.17      | 84.13/86.17 |

จาก Table 2. พบว่า ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ ร่วมกับโมเดลชิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 (นักเรียนกลุ่ม Try-out จำนวน 30 คน) มีคะแนนเฉลี่ยระหว่างเรียนเท่ากับ 42.07 คิดเป็นร้อยละ 84.13 คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 17.23 คิดเป็นร้อยละ 86.17 แสดงให้เห็นว่า บทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ ร่วมกับโมเดลชิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 84.13/86.17

## 7.2 ผลการเปรียบเทียบทักษะการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนกับหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ ร่วมกับโมเดลชิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ

การวิเคราะห์ทักษะการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนกับหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ ร่วมกับโมเดลชิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ ได้ผลการวิเคราะห์ดังที่นำเสนอใน Table 3.

**Table 3.** Comparison of Analytical Thinking Skills Before and After Learning

| Analytical Thinking Skills Test | n  | $\bar{x}$ | S.D.  | t       | p-value |
|---------------------------------|----|-----------|-------|---------|---------|
| Pre-test                        | 39 | 10.74     | 1.788 | 31.104* | .000    |
| Post-test                       | 39 | 16.21     | 1.281 |         |         |

\*p < .05

จาก Table 3. พบว่า ทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ ร่วมกับโมเดลชิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

**7.3 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนกับก่อนเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ ร่วมกับโมเดลชิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ**

ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนกับก่อนเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ ร่วมกับโมเดลชิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ ดังที่นำเสนอใน Table 4.

**Table 4.** Comparison of Academic Achievement Results Before and After Studying

| Academic Achievement Test | n  | $\bar{x}$ | S.D.  | t       | p-value |
|---------------------------|----|-----------|-------|---------|---------|
| Pre-test                  | 39 | 9.82      | 1.652 | 18.629* | .000    |
| Post-test                 | 39 | 15.13     | 1.525 |         |         |

\*p < .05

จาก Table 4. พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ ร่วมกับโมเดลชิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

**7.4 ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ ร่วมกับโมเดลชิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ**

ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ ร่วมกับโมเดลชิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ ดังที่นำเสนอใน Table 5.

**Table 5.** Results of a Study on the Satisfaction of Mathayomsuksa 2 Students with Learning Management Using Hybrid Online Learning Lessons that Promote Analytical Thinking Skills, Combined with the CIPPA Model, on the Responsible Use of Information Technology

| Item          | Question Topics                      | $\bar{x}$ | S.D. | Satisfaction Level |
|---------------|--------------------------------------|-----------|------|--------------------|
| 1             | Content                              | 4.64      | 0.62 | Very Good          |
| 2             | In terms of lesson design            | 4.61      | 0.67 | Very Good          |
| 3             | Accuracy of language used in lessons | 4.58      | 0.67 | Very Good          |
| Average Total |                                      | 4.61      | 0.65 | Very Good          |

จาก Table 5. พบว่า ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ ร่วมกับโมเดลชิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ โดยรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.61$ , S.D. = 0.65)

## 8. สรุปผลการวิจัย (Conclusion)

จากการวิจัยการพัฒนบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ ร่วมกับโมเดลชิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนพุทไธสง อำเภอพุทไธสง จังหวัดบุรีรัมย์ สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ประสิทธิภาพบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ ร่วมกับโมเดลชิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีประสิทธิภาพ 84.13/86.17 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 80/80

2. ทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ ร่วมกับโมเดลชิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ ร่วมกับโมเดลชิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ ร่วมกับโมเดลชิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

## 9. อภิปรายผลการวิจัย (Discussion)

จากการวิจัยการพัฒนบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ร่วมกับโมเดลชิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนพุทไธสง อำเภอพุทไธสง จังหวัดบุรีรัมย์ มีข้อสังเกตที่จะนำมาอภิปราย ดังนี้

1. ประสิทธิภาพบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ ร่วมกับโมเดลชิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีประสิทธิภาพ 84.13/86.17 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้ดำเนินการสร้างบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ ร่วมกับโมเดลชิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ตามลำดับขั้นตอนของ ADDIE Model และทำการวิเคราะห์จุดประสงค์ รายละเอียดของเนื้อหาตามหลักสูตรวิชาเทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) สร้างแบบทดสอบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน บทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ ร่วมกับโมเดลชิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่สร้างขึ้น ได้ผ่านกระบวนการตรวจสอบความถูกต้อง เหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา ด้านสื่อและนวัตกรรม ด้านการวัดและประเมินผล ด้านหลักสูตรและการสอน อย่างเป็นขั้นตอน ได้ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Jarmonmarn & Sirawong (2023) ได้พัฒนบทเรียนออนไลน์เพื่อส่งเสริมทักษะการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อการศึกษาสำหรับนิสิตครู มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนออนไลน์เพื่อส่งเสริมทักษะการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อการศึกษาสำหรับนิสิตครู มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สรุปได้ว่า บทเรียนออนไลน์มีประสิทธิภาพเกินเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 คือ มีประสิทธิภาพ 81.68/83.61 ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการออกแบบบทเรียนออนไลน์ได้มีการวิเคราะห์ข้อมูลโดยละเอียด อีกทั้งได้ออกแบบที่เหมาะสม ได้พัฒนบทเรียนออนไลน์ด้วยเทคโนโลยีที่ทันสมัย ทำให้เกิดการติดตั้งและประเมินผลที่สอดคล้องกับผู้เรียนตามกระบวนการพัฒนบทเรียนออนไลน์ของ ADDIE

2. ทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนพุทไธสง ที่เรียนด้วยบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ ร่วมกับโมเดลชิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นผลมาจากการเรียนด้วยบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ ร่วมกับโมเดลชิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ ที่สามารถนำเสนอเนื้อหาในรูปแบบที่หลากหลาย ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้สังเกต และวิเคราะห์ปัญหาจากสถานการณ์ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Jamkrajang & Ketpan (2020) ได้พัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์จากวรรณกรรมเยาวชน เรื่อง ชีวิตมหัศจรรย์ของอวกัสต์ โดยใช้ทฤษฎีของมาร์ซาโนร่วมกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า การทดลองหลังเรียนตามขั้นตอนการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ตามทฤษฎีของมาร์ซาโน ร่วมกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สูงกว่าคะแนนสอบก่อนเรียนและค่าเฉลี่ยของคะแนนการทดสอบหลังเรียนตามขั้นตอนการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ตามทฤษฎีของมาร์ซาโน ร่วมกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวิธีปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ ร่วมกับโมเดลชิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นผลมาจากการเรียนด้วยบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ ที่ทำให้นักเรียนเรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้นจากการเรียนออนไลน์ที่สามารถเข้าเรียนได้ตลอดเวลา มีเนื้อหาที่เข้าใจง่าย และผู้เรียนได้ฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์จากสถานการณ์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Nijarunkul et al. (2024) ได้เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรูปแบบการเรียนรู้แบบไฮบริดเพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนได้รับรูปแบบการเรียนรู้แบบไฮบริดเพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาได้รับคะแนนสูงสุด 19 คะแนน และได้รับคะแนนต่ำสุด 5 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 13.5 และหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ได้คะแนนสูงสุด 27 คะแนน และได้รับคะแนนต่ำสุด 22 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 20.64 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับรูปแบบการเรียนรู้แบบไฮบริดเพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาโดยวัดจากแบบทดสอบหลังเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนักเรียนที่ได้รับแนวการสอนตามรูปแบบการเรียนรู้แบบไฮบริดเพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาโดยวัดแบบทดสอบหลังเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยสูงกว่าก่อนเรียน และงานวิจัยของ Litthikhun & Sangsavang (2021) พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมีปฏิสัมพันธ์ที่พัฒนาขึ้นถือเป็นบทเรียนที่มีรูปแบบการเรียนการสอนแบบโต้ตอบระหว่างบทเรียนกับผู้เรียนจึงช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสามารถทางการเรียน มีแรงจูงใจ และมีความกระตือรือร้นในการเรียนมากขึ้น อีกทั้งยังมีภาพประกอบบทเรียนที่มีสีสันสดใสทำให้นักเรียนไม่รู้สึกเบื่อ และเมื่อเรียนเสร็จแต่ละหน่วยการเรียนรู้ก็มีการทำแบบฝึกหัดซึ่งถือเป็นการทบทวนความรู้ที่รอบรอบ จึงทำให้นักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมีปฏิสัมพันธ์มีความรู้เพิ่มมากขึ้นส่งผลให้มีคะแนนสอบสูงขึ้นด้วย

4. ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีต่อบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ ร่วมกับโมเดลชิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ โดยรวมอยู่ในระดับ มากที่สุด เป็นผลจากบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ ร่วมกับโมเดลชิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ สามารถดึงดูดความสนใจของผู้เรียนจากการเรียนแบบเดิม สามารถอ่านทำความเข้าใจเนื้อหาได้ด้วยตนเอง ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับบทเรียน มีความสนุกสนาน นอกจากบทเรียนมีความหลากหลายแล้วผู้เรียนยังได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมระหว่างการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Prasansri (2021) พบว่า ความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อชุดสื่อดิจิทัลแบบไฮบริดเลิร์นนิ่ง เรื่องการสร้างสรรค์งานคอมพิวเตอร์กราฟิก เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้พบว่าโดยรวมมีคุณภาพอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด

## 10. ข้อเสนอแนะงานวิจัย (Recommendation)

จากการพัฒนาบทเรียนการเรียนรู้แบบไฮบริดออนไลน์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ร่วมกับโมเดลชิปปา เรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

### 10.1 ข้อเสนอแนะเพื่อนำไปใช้

1. การจัดการเรียนรู้ด้วยบทเรียนแบบไฮบริดออนไลน์ ครูผู้สอนต้องเตรียมบทเรียนให้พร้อม สำหรับอุปกรณ์คอมพิวเตอร์และสัญญาณอินเทอร์เน็ตให้พร้อมและคอยแนะนำการใช้งานบทเรียนให้ผู้เรียน
2. การจัดการเรียนรู้แบบโมเดลชิปป้าต้องใช้เวลาอย่างมากพอสมควรในการจัดกิจกรรม ครูผู้สอนต้องแบ่งเนื้อหาให้เหมาะสมกับระยะเวลา
3. ออกแบบสื่อในการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลายเพิ่มขึ้น เพื่อตอบสนองต่อความต้องการและความสามารถของผู้เรียนแต่ละบุคคล

### 10.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยในครั้งต่อไป

1. ควรเพิ่มสื่อในบทเรียนให้มีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น
2. ควรเลือกรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่น่าสนใจและดึงดูดผู้เรียนมากยิ่งขึ้น
3. ควรเลือกรูปแบบการจัดการเรียนรู้ในสอดคล้องกับความสามารถของผู้เรียนในแต่ละระดับ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และนำไปปรับประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม

### 11. การเปิดเผยการใช้ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ (Declaration of Generative AI)

งานวิจัยนี้ได้ใช้ Artificial Intelligence ในการตรวจสอบไวยากรณ์และปรับโครงสร้างประโยคให้ถูกต้อง และการเรียบเรียงบทคัดย่อภาษาอังกฤษ (ChatGPT) ส่วนการวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลการวิจัยเป็นการดำเนินการของผู้วิจัย

### 12. การแสดงบทบาทผู้เขียน (CRediT Author Statement)

**Monnaphat Phanthaisong:** Conceptualization, Methodology, Investigation, Writing-Original Draft, Writing-Review & Editing.

**Lerson Litthikun:** Validation, Supervision, Writing-Review & Editing.

**Anon Suanpradit:** Validation, Supervision, Writing- Review & Editing.

All authors read and approved the final manuscript.

### 13. เอกสารอ้างอิง (References)

- Bamrungsetthapong, S., Tharnpanya, P., Satjharuthai, K. (2020). Hybrid Learning and the Quality Improvement of Thailand's Education in the 21st Century. *Narkkhabut Paritat Journal*, 12(3), 213-224. (In Thai)
- Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals. Handbook I: Cognitive Domain*. David McKay.
- Insa-ard, S. (2018). *Design of e-Learning Lessons to Develop Higher-Order Thinking Skills*. SE-Education. (In Thai)
- Jamkrajang, N., & Ketpan, J. (2020). Developing Analytical Thinking Skill from Youth Literature, Wonder by R.J. Palacio, Using Marzano Taxonomy Together with CAI for Tenth Grade Students. *Academic Journal of Curriculum and Instruction Sakon Nakhon Rajabhat University*, 12(34), 83-91. (In Thai)
- Jarmonmarn, S., & Sirawong, N. (2023). The Development of Online Learning to Promote Using Skills of Digital Technology to Education for Undergraduate Students in Education Programs Srinakharinwirot University. *Journal of Education Research, Faculty of Education, Srinakharinwirot University*, 18(1), 15-30. (In Thai)
- Khemmani, T. (2020). *The Science of Teaching* (24<sup>th</sup> ed.). Chulalongkorn University Press. (In Thai)

- Khlaisang, J., & Koraneeekit, P. (2016). *Design of Web-Based Learning: A Framework for Integrating Blended Learning, e-Learning and Online Learning in Your Class*. Chulalongkorn University Press. (In Thai)
- Litthikhun, L., & Sangsavang, J. (2021). Development of Interactive Computer-Assisted Instruction Information Technology and Communication for Grade 2 Students of Buriram Rajabhat University Demonstration School. *Journal of Educational Technology and Communications Faculty of Education Mahasarakham University*, 4(10), 137-146. (In Thai)
- Ministry of Education. (2008). *The Basic Education Core Curriculum B.E. 2551 (A.D. 2008)*.  
[https://academic.obec.go.th/images/document/1525235513\\_d\\_1.pdf](https://academic.obec.go.th/images/document/1525235513_d_1.pdf)
- Nijarunkul, K., Phonbun, M., Masyaya, W., & Siri, A. (2024). Development of Hybrid Learning Model to Developing Problem-Solving Skills for Grade 9 Students. *Journal of Buddhist Psychology*, 9(2), 330-343. (In Thai)
- Prasansri, A. (2021). *Developing Hybrid Learning Digital Media Module on Creation of Computer Graphics*. [Unpublished master's thesis]. King Mongkut's University of Technology Thonburi. (In Thai)
- Susaraj, P. (2008). *Thinking Development*. 9119 Technic Printing. (In Thai)

## Driving Success Factors of LINE Micro-App Architecture: A Technical Assessment of Information System Quality and Empirical Value

Jeeranun Tasuntia<sup>1</sup>, Anyawee Chaiwachirakhampon<sup>2,\*</sup>, Sakchan Luangmaneerote<sup>3</sup> and  
Anutchai Chutipascharoen<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Program in Computer Technology, Faculty of Agriculture and Technology, Rajamangala University of  
Technology Isan Surin Campus, Surin 32000, Thailand; Email: jeeranunt.ta@gmail.com

<sup>2\*</sup>Program in Computer Technology, Faculty of Agriculture and Technology, Rajamangala University of  
Technology Isan Surin Campus, Surin 32000, Thailand; Email: anyawee\_chai@hotmail.com

<sup>3</sup>Program in Computer Technology, Faculty of Agriculture and Technology, Rajamangala University of  
Technology Isan Surin Campus, Surin 32000, Thailand; Email: tsakchan@hotmail.com

<sup>4</sup>Program in Computer Technology, Faculty of Agriculture and Technology, Rajamangala University of  
Technology Isan Surin Campus, Surin 32000, Thailand; Email: anuschai.ch@rmuti.ac.th

*\*Corresponding author: Anyawee Chaiwachirakhampon (anyawee\_chai@hotmail.com)*

**Received:** 5 January 2026; **Revised:** 10 March 2026;

**Accepted:** 13 March 2026; **Published:** 29 April 2026

### Abstract

This research aimed to (1) study the success drivers of the LINE Front-end Framework (LIFF) architecture that affect information system quality, (2) evaluate the effect of information system quality on user satisfaction, and (3) examine the influence of user satisfaction on the performance of community enterprises by applying the Extended IS Success Model framework. The sample comprised 175 community members from Surin Province, drawn using stratified random sampling. The research instrument used was an online questionnaire. Data were analyzed using multiple regression, path analysis, and mediation analysis. The results showed that the success factors of the LIFF architecture, including ease of use, Integration with platforms, and data security, had a statistically significant positive impact on the information system's quality ( $p < 0.001$ ). In addition, information quality influenced user satisfaction ( $\beta = 0.547$ ,  $p < 0.001$ ), and user satisfaction directly impacted the business performance of community enterprises ( $\beta = 0.654$ ,  $R^2 = 0.428$ ,  $p < 0.001$ ). The study results show that the Extended IS Success Model appropriately describes the success of using micro-applications on the LINE platform and reflects LIFF's potential to support community enterprise operations in a real-world context.

**Keywords:** Information System, LIFF, User Satisfaction, Business Performance



Copyright © 2026 Journal of Computer and Creative Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC-ND).

### Citation:

Tasuntia, J., Chaiwachirakhampon, A., Luangmaneerote, S., & Chutipascharoen, A. (2026). Driving Success Factors of LINE Micro-App Architecture: A Technical Assessment of Information System Quality and Empirical Value. *Journal of Computer and Creative Technology*, 4(1), e3285. <https://doi.org/10.65205/jcct.2026.e3285>

## ปัจจัยขับเคลื่อนความสำเร็จของสถาปัตยกรรม LINE Micro-App: การประเมินเชิงเทคนิคของคุณภาพระบบสารสนเทศและคุณค่าเชิงประจักษ์

จิรนนท์ ตะสันเทียะ<sup>1</sup> อัญวิณ ไขวชिरะกัมพล<sup>2\*</sup> ศักดิ์ชาญ เหลืองมณีโรจน์<sup>3</sup> และ อนัตต์ชัย ชูติภาสเจริญ<sup>4</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขต  
สุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์ 32000 ประเทศไทย; Email: jeeranunt.ta@gmail.com

<sup>2\*</sup>สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขต  
สุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์ 32000 ประเทศไทย; Email: anyawee\_chai@hotmail.com

<sup>3</sup>สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขต  
สุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์ 32000 ประเทศไทย; Email: tsakchan@hotmail.com

<sup>4</sup>สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขต  
สุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์ 32000 ประเทศไทย; Email: anuschai.ch@rmuti.ac.th

\*ผู้ประพันธ์บทความ: อัญวิณ ไขวชिरะกัมพล (anyawee\_chai@hotmail.com)

รับบทความ: 5 มกราคม 2569; แก้ไขบทความ: 10 มีนาคม 2569;

ตอบรับบทความ: 13 มีนาคม 2569; เผยแพร่บทความ: 29 เมษายน 2569

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาปัจจัยขับเคลื่อนความสำเร็จของสถาปัตยกรรม LINE Front-end Framework (LIFF) ที่มีผลต่อคุณภาพของระบบสารสนเทศ (2) ประเมินผลของคุณภาพระบบสารสนเทศต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งาน และ (3) ตรวจสอบอิทธิพลของความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อผลการดำเนินงานของวิสาหกิจชุมชน โดยประยุกต์ใช้กรอบแนวคิด Extended IS Success Model กลุ่มตัวอย่างคือสมาชิกวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดสุรินทร์ จำนวน 175 ราย คัดเลือกด้วยวิธีการสุ่มแบบชั้นภูมิ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบสอบถามออนไลน์ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติถดถอยพหุคูณ และการวิเคราะห์เส้นทางและตัวแปรส่งผ่าน ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยขับเคลื่อนความสำเร็จของสถาปัตยกรรม LIFF ได้แก่ ความง่ายในการใช้งาน การบูรณาการกับแพลตฟอร์ม และความปลอดภัยของข้อมูล ส่งผลเชิงบวกต่อคุณภาพของระบบสารสนเทศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.001$ ) นอกจากนี้ คุณภาพของสารสนเทศมีอิทธิพลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ( $\beta = 0.547, p < 0.001$ ) และความพึงพอใจของผู้ใช้งานส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพทางธุรกิจของวิสาหกิจชุมชน ( $\beta = 0.654, R^2 = 0.428, p < 0.001$ ) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า Extended IS Success Model สามารถอธิบายความสำเร็จของการใช้ Micro-Application บนแพลตฟอร์ม LINE ได้อย่างเหมาะสม และสะท้อนศักยภาพของ LIFF ในการสนับสนุนการดำเนินงานของวิสาหกิจชุมชนในบริบทการใช้งานจริง

**คำสำคัญ:** ระบบสารสนเทศ, LIFF, ความพึงพอใจของผู้ใช้งาน, ประสิทธิภาพทางธุรกิจ



Copyright © 2026 Journal of Computer and Creative Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC-ND).

การอ้างอิง:

จิรนนท์ ตะสันเทียะ, อัญวิณ ไขวชिरะกัมพล, ศักดิ์ชาญ เหลืองมณีโรจน์, และ อนัตต์ชัย ชูติภาสเจริญ. (2569). ปัจจัยขับเคลื่อนความสำเร็จของสถาปัตยกรรม LINE Micro-App: การประเมินเชิงเทคนิคของคุณภาพระบบสารสนเทศและคุณค่าเชิงประจักษ์. วารสารคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสร้างสรรค์, 4(1), e3285. <https://doi.org/10.65205/jcct.2026.e3285>

## 1. บทนำ (Introduction)

จังหวัดสุรินทร์เป็นจังหวัดที่มีวิสาหกิจชุมชนและกลุ่มเกษตรกรจำนวนมาก โดยมีลักษณะเด่นด้านการผลิตสินค้าทางเกษตรและผลิตภัณฑ์แปรรูป เช่น ข้าวหอมมะลิ ผลิตภัณฑ์จากไหม และสินค้าแปรรูปจากวัตถุดิบทางการเกษตร แต่วิสาหกิจชุมชนและกลุ่มเกษตรกรในพื้นที่ส่วนใหญ่มีข้อจำกัดในการปรับใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อการตลาดออนไลน์ โดยเฉพาะต้นทุนเริ่มต้นที่สูง (Cost Barrier) และความซับซ้อนของแอปพลิเคชันแบบสแตนด์อโลน (Stand-Alone) (Sagala & Ori, 2024) ข้อจำกัดเหล่านี้เป็นอุปสรรคต่อการเลือกสถาปัตยกรรมระบบสารสนเทศ (Information System Architecture) ที่เหมาะสม ซึ่งเป็นลักษณะร่วมของวิสาหกิจชุมชนในหลายจังหวัดของประเทศไทย และยังสะท้อนข้อจำกัดเชิงโครงสร้างด้านการเข้าถึงเทคโนโลยีดิจิทัลของผู้ประกอบการรายย่อย

ด้วยบริบทดังกล่าว จังหวัดสุรินทร์จึงถือเป็นพื้นที่ที่สะท้อนปัญหาการเข้าถึงเทคโนโลยีดิจิทัลของวิสาหกิจชุมชนระดับภูมิภาคได้อย่างดี และเหมาะสมที่จะใช้เป็นกรณีศึกษาในการวิเคราะห์แนวทางการประยุกต์ใช้แพลตฟอร์มดิจิทัลต้นทุนต่ำในบริบทของผู้ประกอบการรายย่อย LINE Micro-App หรือ LINE Front-end Framework (LIFF) จึงเป็นแนวทางเทคนิคที่ใช้ประโยชน์จาก LINE Ecosystem ซึ่งมีฐานผู้ใช้อยู่แล้ว เพื่อลดภาระด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและแรงจูงใจของผู้ใช้ แม้ LIFF จะถูกนำไปใช้จริงในเชิงพาณิชย์ แต่การประเมินเชิงวิชาการเกี่ยวกับคุณสมบัติด้านสถาปัตยกรรมที่เชื่อมโยงไปสู่คุณภาพระบบสารสนเทศ (IS Quality) และคุณค่าเชิงประจักษ์ทางธุรกิจ (Empirical Value) ยังมีไม่เพียงพอ (Iivari, 2005)

จากงานวิจัยเรื่อง Modern Marketing Platform for Surin Farmer Group (Tasuntia et al., 2024) มุ่งเน้นการพัฒนาแพลตฟอร์มการตลาดสมัยใหม่โดยใช้ LINE Official Account และ LINE Frontend Framework (LIFF) เพื่อเป็นช่องทางการจำหน่ายสินค้าให้กับกลุ่มเกษตรกรในจังหวัดสุรินทร์ ซึ่งผลการวิจัยพบว่าผู้ใช้งานทั้งในกลุ่มผู้ขายและผู้ซื้อ มีระดับความพึงพอใจต่อระบบอยู่ในระดับสูง แต่ยังเป็นเพียงการประเมินผลในเชิงพรรณนา (Descriptive Analysis) โดยเน้นการวัดระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งานเป็นหลัก ซึ่งยังไม่สามารถอธิบายอิทธิพลหรือความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของปัจจัยด้านคุณภาพระบบสารสนเทศที่ส่งผลต่อความพึงพอใจและผลการดำเนินงานของวิสาหกิจชุมชนได้อย่างชัดเจน

ดังนั้น งานวิจัยฉบับนี้มีเป้าหมายในการต่อยอดเชิงลึก (In-Depth Extension) โดยนำข้อมูลความพึงพอใจที่มีอยู่มาวิเคราะห์ด้วยการถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) เพื่อระบุปัจจัยขับเคลื่อนความสำเร็จ (Driving Success Factors) ของสถาปัตยกรรม LIFF และเพื่อประเมินคุณค่าเชิงประจักษ์ต่อประสิทธิภาพทางธุรกิจของวิสาหกิจชุมชน ผลการวิจัยจึงไม่เพียงสะท้อนปัจจัยด้านสถาปัตยกรรมเท่านั้น แต่ยังแสดงให้เห็นคุณค่าที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนา Social Commerce ของชุมชนได้อย่างมีนัยสำคัญ

## 2. วัตถุประสงค์งานวิจัย (Research Objectives)

1. เพื่อศึกษาปัจจัยขับเคลื่อนความสำเร็จของสถาปัตยกรรม LIFF ที่มีผลต่อคุณภาพของระบบสารสนเทศ
2. เพื่อประเมินคุณค่าเชิงประจักษ์ของสถาปัตยกรรม LIFF โดยวิเคราะห์คุณภาพระบบต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งาน
3. เพื่อตรวจสอบอิทธิพลของคุณภาพระบบสารสนเทศ ที่มีต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งานและผลการดำเนินงานของวิสาหกิจชุมชน

## 3. การทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง (Literature Review)

### 3.1 สถานการณ์วิสาหกิจชุมชนกับการตลาดดิจิทัล (Context Setting)

วิสาหกิจชุมชนในประเทศไทย โดยเฉพาะกลุ่มเกษตรกรในพื้นที่ชนบท ซึ่งส่วนใหญ่เป็นวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดเล็ก (SMEs) ยังคงเผชิญข้อจำกัดสำคัญในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อการตลาดออนไลน์ (Sagala & Ori, 2024) โดยอุปสรรคหลักที่มีผลต่อการปรับใช้ดิจิทัล (Digital Adoption) และทำให้ธุรกิจเหล่านี้สูญเสียโอกาสในการแข่งขัน คือ ต้นทุนการลงทุนเริ่มต้นที่สูง (Cost Barrier) และความซับซ้อนของระบบจากแพลตฟอร์มแบบสแตนด์อโลน (Stand-Alone Application) โดยข้อจำกัดด้านการเงิน (Financial Constraints) นับเป็นปัญหาหลักของธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ที่รวมถึงค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อซอฟต์แวร์ การพัฒนาระบบ และการจัดหาบุคลากรด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ (Jongwanich & Kohpaiboon, 2025; Lertwongsatien & Wongpinunwatana, 2003) ขณะเดียวกัน ความซับซ้อนของ

การพัฒนาระบบ ยังเป็นอุปสรรคต่อผู้ประกอบการที่ขาดทักษะดิจิทัล ก่อให้เกิด ช่องว่างทางดิจิทัล (Digital Gap) ระหว่างธุรกิจรายใหญ่กับวิสาหกิจชุมชน (Tongdaeng & Mahakanjana, 2022; Amornkitvikai et al., 2022) ด้วยเหตุนี้ การลงทุนในแอปพลิเคชันดั้งเดิมจึงไม่ตอบโจทย์ความยั่งยืน LINE Micro-App หรือ LIFF (LINE Front-End Framework) จึงถูกเสนอเป็นแนวทางเชิงกลยุทธ์ที่สามารถลดทั้งต้นทุนและความซับซ้อนในการใช้งาน ขณะที่ยังคงเชื่อมโยงกับฐานผู้ใช้งานขนาดใหญ่ของ LINE ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Cipher, 2025)

### 3.2 แนวคิดและคุณสมบัติเชิงสถาปัตยกรรม (Conceptual & Technical Focus)

#### 3.2.1 แนวคิด LINE Micro-App ในบริบท Social Commerce

Micro-App หรือ LINE Mini App คือแอปพลิเคชันย่อยที่ทำงานบนแพลตฟอร์มหลัก (LINE Ecosystem) โดยไม่ต้องติดตั้งเป็นแอปพลิเคชันแบบสแตนด์อโลน (Stand-Alone App) ซึ่งช่วยลดภาระด้านอุปกรณ์และทักษะดิจิทัลของผู้ใช้ (LINE Developers, n.d.) ในเรื่องของ Social Commerce มีความสำคัญสำหรับวิสาหกิจชุมชนเพราะช่วยลดอุปสรรคการเข้าถึงและเร่งการยอมรับของผู้ใช้ในตลาดไทยที่มีฐานผู้ใช้ LINE จำนวนมาก ประโยชน์หลัก ได้แก่ (1) การลดอุปสรรคการติดตั้ง (No-Installation Barrier) ทำให้ผู้ใช้เข้าถึงบริการได้ทันที และ (2) การใช้ประโยชน์จากฐานผู้ใช้ (Leveraging Ecosystem) เพื่อเข้าถึงกลุ่มเป้าหมายได้อย่างรวดเร็ว พร้อมลดต้นทุนทางการตลาด (The Digital Tips, 2023; LINE Developers, n.d.)

#### 3.2.2 สถาปัตยกรรม LIFF (LINE Front-End Framework)

LIFF หรือ LINE Front-end Framework คือเฟรมเวิร์กที่ช่วยให้นักพัฒนาสามารถสร้าง Web Application และนำมาแสดงผลภายในแอปพลิเคชัน LINE ได้โดยตรง โดยอาศัยกลไก WebView+API Integration ซึ่งทำให้สามารถเชื่อมต่อกับฟังก์ชันหลักของ LINE ได้อย่างราบรื่น เช่น การเข้าสู่ระบบ (Login) การดึงข้อมูลโปรไฟล์ผู้ใช้ และการสื่อสารผ่าน Messaging API (LINE Developers, n.d.) คุณสมบัติเชิงเทคนิคที่สำคัญถูกนำมาใช้เป็น ปัจจัยขับเคลื่อนความสำเร็จ (Driving Success Factors) ของสถาปัตยกรรม และเป็นตัวแปรอิสระ (Independent Variables) ในงานวิจัย ได้แก่

1) การผสานรวมที่ราบรื่น (Seamless Integration) โดย LIFF สามารถผสานรวมกับ LINE Login ทำให้การยืนยันตัวตนผู้ใช้และการเข้าถึงข้อมูลโปรไฟล์เป็นไปอย่างปลอดภัย และอัตโนมัติ (LINE Developers, n.d.). คุณสมบัตินี้จึงเป็นพื้นฐานสำคัญของความปลอดภัยของข้อมูล (Security) และการบูรณาการกับแพลตฟอร์ม (Integration)

2) ต้นทุนและเวลาในการพัฒนาต่ำ (Low Time-to-Market & Cost) การที่ LIFF ใช้เทคโนโลยี Web มาตรฐาน (HTML5/JavaScript) ทำให้ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการพัฒนา Native App และย่นระยะเวลาในการนำผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาด (LINE Developers, n.d.) ข้อนี้สะท้อนถึงความสะดวกในการใช้งาน (Ease of Use) ในมุมมองของนักพัฒนาและผู้ประกอบการ

3) การเข้าถึงฟีเจอร์ในตัว (Built-in Feature Access) คือ LIFF สามารถเรียกใช้ฟังก์ชันเสริมที่เชื่อมโยงกับ LINE ได้โดยตรง เช่น QR Code Reader และ Share Target Picker ซึ่งช่วยยกระดับประสบการณ์ผู้ใช้งานและสร้างโอกาสทางธุรกิจใหม่ ๆ (Foxbith, 2025) โดยคุณสมบัตินี้สอดคล้องกับ ความรวดเร็วในการตอบสนอง (Responsiveness) ในแง่ของการเข้าถึงฟังก์ชัน และความสะดวกในการใช้งาน (Ease of Use)

ดังนั้น ปัจจัยขับเคลื่อนความสำเร็จ (Driving Success Factors) ของสถาปัตยกรรม LIFF จึงประกอบด้วย ความสะดวกในการใช้งาน (Ease of Use) ความรวดเร็วในการตอบสนอง (Responsiveness) การบูรณาการกับแพลตฟอร์ม (Integration) และความปลอดภัยของข้อมูล (Security) ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะถูกนำมาทดสอบเชิงประจักษ์ เพื่อวิเคราะห์อิทธิพลที่มีต่อคุณภาพระบบสารสนเทศ (IS Quality) ต่อเนื่องไปยังความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (User Satisfaction) และประสิทธิภาพทางธุรกิจ (Business Performance) ของวิสาหกิจชุมชน

### 3.3 โมเดลความสำเร็จของระบบสารสนเทศ (IS Success Model)

โมเดลความสำเร็จของระบบสารสนเทศ (Information Systems Success Model) ของ DeLone & McLean (2003) อธิบายความสำเร็จของระบบสารสนเทศผ่านความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลระหว่างปัจจัยด้านคุณภาพระบบสารสนเทศ ความพึงพอใจของผู้ใช้งาน และผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากการใช้งานระบบ โดยงานของ Petter et al. (2008) ได้ขยายกรอบแนวคิดดังกล่าวให้ครอบคลุมบริบททางเทคโนโลยีและการใช้งานที่หลากหลายมากขึ้น

งานวิจัยนี้นำกรอบแนวคิดดังกล่าวมาประยุกต์ใช้กับปัจจัยขับเคลื่อนความสำเร็จของสถาปัตยกรรม LINE Front-end Framework (LIFF) เพื่ออธิบายความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างคุณภาพระบบสารสนเทศ ความพึงพอใจของผู้ใช้งาน และผลลัพธ์เชิงประจักษ์ทางธุรกิจของวิสาหกิจชุมชน โดยใช้การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) เพื่อทดสอบอิทธิพลโดยตรงของปัจจัยด้านคุณภาพระบบสารสนเทศ และใช้การวิเคราะห์เส้นทางและการวิเคราะห์ตัวแปรสื่อกลาง (Path/Mediation Analysis) เพื่อสร้างโมเดลเชิงสาเหตุที่สามารถอธิบายอิทธิพลต่อคุณภาพของระบบสารสนเทศ (IS Quality) ความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (User Satisfaction) และประสิทธิภาพทางธุรกิจ (Business Performance) ของวิสาหกิจชุมชนอย่างเป็นระบบ

การทบทวนวรรณกรรมจึงชี้ให้เห็นความเชื่อมโยงที่สอดคล้องกันระหว่างงานวิจัยหลากหลายสาขา ไม่ว่าจะเป็น E-learning Systems (Alshibly, 2015) WeChat Mini Programs (Martínez-Plumed et al., 2021) และ Mobile App Usability Studies (Mason et al., 2022) ทั้งหมดล้วนยืนยันว่าปัจจัยขับเคลื่อนเชิงเทคนิคเหล่านี้มีความสำคัญต่อการกำหนด คุณภาพของระบบสารสนเทศ และสร้างผลลัพธ์เชิงบวกต่อผู้ใช้งาน

### 3.4 การวัดตัวแปรของงานวิจัย (Operational Definitions)

งานวิจัยนี้เพื่อให้สามารถนำตัวแปรเข้าสู่การวิเคราะห์เชิงปริมาณ จึงได้กำหนด การวัดเชิงปฏิบัติการ (Operational Definitions) ของตัวแปรหลักทั้งหมดตามกรอบแนวคิด Extended IS Success Model ซึ่งประกอบด้วย 3 กลุ่มตัวแปรหลัก ได้แก่ ตัวแปรอิสระ (Independent Variables) ตัวแปรสื่อกลาง (Mediating Variables) และตัวแปรตาม (Dependent Variable) โดยมีรายละเอียด ดังนี้

#### 3.4.1 ปัจจัยขับเคลื่อนความสำเร็จ (Driving Success Factors)

ปัจจัยขับเคลื่อนความสำเร็จ เป็นตัวแปรอิสระที่สะท้อนคุณลักษณะเชิงเทคนิคของสถาปัตยกรรม LINE Micro-App (LIFF) ซึ่งมีผลต่อการรับรู้คุณภาพของระบบและสารสนเทศ ประกอบด้วย 4 มิติ ได้แก่

- 1) ความง่ายในการใช้งาน (Ease of Use) วัดจากการรับรู้ของผู้ใช้งานว่าระบบสามารถใช้งานได้ง่าย ไม่ซับซ้อน และช่วยลดภาระทางความคิดในการดำเนินการต่าง ๆ (Davis, 1989; Mason et al., 2022)
- 2) ความรวดเร็วในการตอบสนอง (Responsiveness) วัดจากการรับรู้ถึงความเร็ว ความเสถียรภาพ และการตอบสนองของระบบ LIFF ต่อคำสั่งหรือการไหลต่อข้อมูลของผู้ใช้งานได้อย่างทันท่วงที (Martínez-Plumed et al., 2021)
- 3) การบูรณาการ (Integration) วัดจากความสามารถของระบบในการเชื่อมโยงและทำงานร่วมกับแพลตฟอร์มอื่น ๆ ได้อย่างราบรื่นและมีประสิทธิภาพ เช่น การเข้าสู่ระบบด้วย LINE Login และการใช้งาน Messaging API เพื่อสื่อสาร (Alshibly, 2015; LINE Developers, n.d.)
- 4) ความปลอดภัยของข้อมูล (Security) วัดจากการรับรู้ของผู้ใช้งานว่าระบบ LIFF มีมาตรการปกป้องข้อมูลส่วนบุคคลและข้อมูลธุรกรรมจากภัยคุกคามหรือการเข้าถึงโดยไม่ได้รับอนุญาต (Alshibly, 2015)

#### 3.4.2 คุณภาพของระบบ (IS Quality) และความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (User Satisfaction)

กลุ่มนี้ทำหน้าที่เป็นตัวแปรสื่อกลาง ที่เชื่อมโยงระหว่างปัจจัยขับเคลื่อนและประสิทธิภาพทางธุรกิจ ประกอบด้วย 3 มิติ ได้แก่

- 1) คุณภาพระบบ (System Quality) การวัดคุณลักษณะที่พึงประสงค์ของตัวระบบ LIFF ซึ่งรวมถึงความเสถียรในการใช้ระบบ ความรวดเร็ว ความพร้อมใช้งาน และความน่าเชื่อถือของฟังก์ชันต่าง ๆ ในการปฏิบัติงาน (DeLone & McLean, 2003; Petter et al., 2008)
- 2) คุณภาพสารสนเทศ (Information Quality) การวัดลักษณะของเนื้อหาที่ระบบนำเสนอ ซึ่งรวมถึงความถูกต้อง ความครบถ้วน ความทันสมัย และความเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้งานในการตัดสินใจหรือปฏิบัติการ (Martínez-Plumed et al., 2021)
- 3) ความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (User Satisfaction) การวัดระดับความพึงพอใจโดยรวมที่ผู้ใช้มีต่อระบบ LIFF ซึ่งสะท้อนผ่านประสบการณ์เชิงบวก ทศนคติ และความตั้งใจในการใช้งานระบบอย่างต่อเนื่อง (Petter et al., 2008; Mason et al., 2022)

### 3.4.3 ประสิทธิภาพทางธุรกิจ (Business Performance)

ประสิทธิภาพทางธุรกิจเป็นตัวแปรตามที่สะท้อนผลลัพธ์สุดท้ายของระบบ LIFF ในเชิงผลประโยชน์สุทธิ (Net Benefits) โดยประสิทธิภาพทางธุรกิจ (Business Performance) วัดจากการรับรู้ของผู้ประกอบการเกี่ยวกับผลลัพธ์เชิงบวกที่วิสาหกิจชุมชนได้รับจากการใช้ LIFF App เช่น การเพิ่มยอดขาย การลดต้นทุนการดำเนินงาน การขยายโอกาสทางธุรกิจ และการเข้าถึงลูกค้าใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (DeLone & McLean, 2003)

ดังนั้น จึงออกแบบตัวแปรทั้งหมดให้อยู่บนพื้นฐานของกรอบทฤษฎี IS Success Model ที่ได้รับการยอมรับและได้รับการยืนยันในงานวิจัยก่อนหน้า ซึ่งช่วยให้การทดสอบเชิงประจักษ์มีความน่าเชื่อถือทั้งในเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติ

**Table 1.** Operational Definitions of Research Variables

| Variable Group                                              | Dimension            | Operational Definition                                                                                                                        | Key References                               |
|-------------------------------------------------------------|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| <b>Independent Variables</b> (Driving Success Factors)      | Ease of Use          | Users' perception that LIFF is easy to use, simple, and reduces cognitive effort.                                                             | Davis (1989); Mason et al. (2022)            |
|                                                             | Responsiveness       | Users' perception of LIFF's speed, stability, and responsiveness in data loading or system reaction.                                          | Martínez-Plumed et al. (2021)                |
|                                                             | Integration          | The extent to which LIFF can be seamlessly integrated with other platforms (e.g., LINE Login, Messaging API).                                 | Alshibly (2015); LINE Developers (n.d.)      |
|                                                             | Security             | Users' perception of data protection, reliability, and prevention of unauthorized access.                                                     | Alshibly (2015)                              |
|                                                             | System Quality       | Users' perception of the desirable characteristics of LIFF system performance, such as stability, speed, availability, and reliability.       | DeLone & McLean (2003); Petter et al. (2008) |
| <b>Mediating Variables</b> (IS Quality & User Satisfaction) | Information Quality  | Users' perception of the accuracy, completeness, timeliness, and usefulness of information provided by LIFF.                                  | Martínez-Plumed et al. (2021)                |
|                                                             | User Satisfaction    | Overall satisfaction with LIFF, reflected through positive attitudes, continuous intention to use, and favorable user experience.             | Petter et al. (2008); Mason et al. (2022)    |
| <b>Dependent Variable</b> (Business Performance)            | Business Performance | Perceived net benefits of LIFF adoption, such as increased sales, reduced operational costs, business expansion, and improved customer reach. | DeLone & McLean (2003)                       |

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพระบบสารสนเทศและความสำเร็จของระบบส่วนใหญ่มุ่งเน้นการศึกษาในบริบทองค์กรธุรกิจขนาดกลางและขนาดใหญ่ หรือแพลตฟอร์มเชิงพาณิชย์ทั่วไป ซึ่งให้ผลการศึกษาที่แตกต่างกันเกี่ยวกับบทบาทและอิทธิพลของปัจจัยด้านคุณภาพระบบสารสนเทศแต่ละด้าน บางงานวิจัยชี้ให้เห็นว่าคุณภาพระบบมีอิทธิพลโดยตรงต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ขณะที่บางงานวิจัยพบว่าคุณภาพสารสนเทศหรือคุณภาพการให้บริการมีบทบาทสำคัญมากกว่า โดยเฉพาะในบริบทของผู้ใช้งานที่มีข้อจำกัดด้านทักษะดิจิทัลและทรัพยากร

#### 4. กรอบแนวคิดงานวิจัย (Conceptual Framework)

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยแบบกรอบแนวคิดเชิงเปรียบเทียบ (Comparative Framework) โดยใช้ระบบ IPO Model กับชุดข้อมูลสุขภาพ โดยมีวัตถุประสงค์หลักคือ การเปรียบเทียบชุดคุณลักษณะ (Feature Sets) ที่ถูกคัดเลือกด้วยวิธีการที่แตกต่างกันสองแบบต่อประสิทธิภาพการจำแนกข้อมูลของการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ที่มีการทำซ้ำการตรวจสอบไขว้แบบแบ่งชั้นร่วมกับการปรับจูนไฮเพอร์พารามิเตอร์ เพื่อเพิ่มความเชื่อมั่นของผลลัพธ์ของการจำแนกข้อมูล

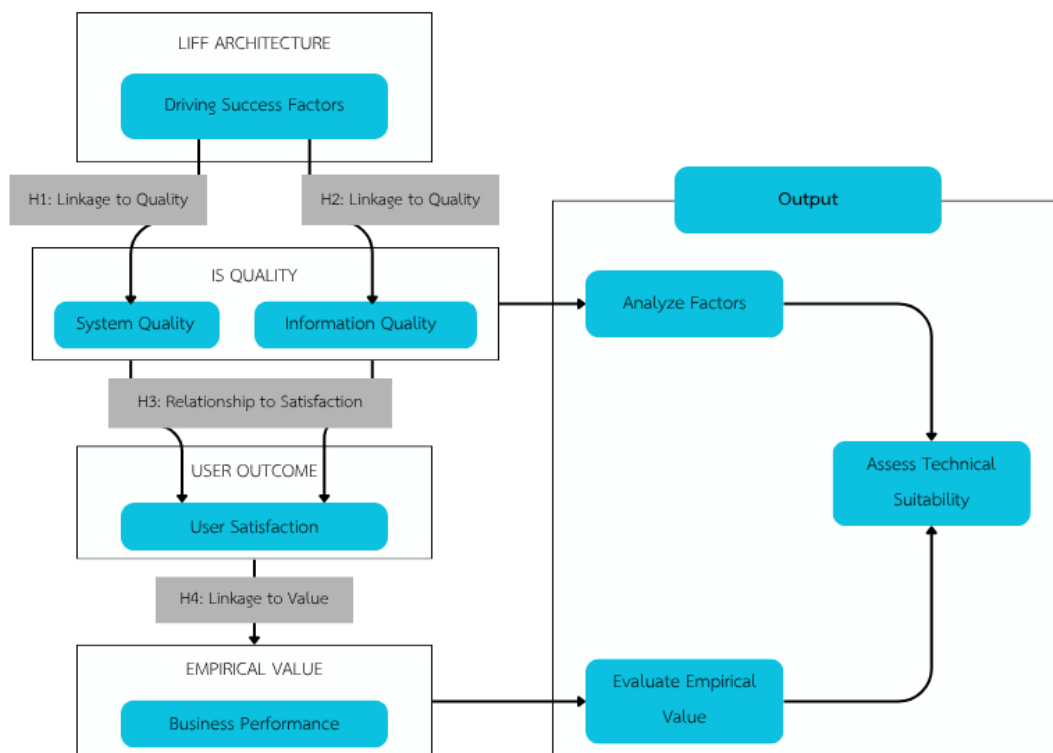


Figure 1. Conceptual Framework

งานวิจัยนี้ได้พัฒนารอบแนวคิด ดัง Figure 1. เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยขับเคลื่อนความสำเร็จของสถาปัตยกรรม LIFF ประกอบด้วย ปัจจัยขับเคลื่อนความสำเร็จ (Driving Success Factors) ทำหน้าที่เป็นตัวแปรอิสระ (Independent Variables) ที่ส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพระบบสารสนเทศ (IS Quality) แบ่งออกเป็นสองมิติ ได้แก่ คุณภาพระบบ (System Quality) และคุณภาพสารสนเทศ (Information Quality) โดยทั้งสองมิตินี้ทำหน้าที่เป็นตัวแปรส่งผ่าน (Mediating Variables) ที่สะท้อนศักยภาพของ LIFF ในการตอบโจทย์ความต้องการของผู้ใช้งาน และมีอิทธิพลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (User Satisfaction) ซึ่งเชื่อมโยงต่อไปยังประสิทธิภาพทางธุรกิจ (Business Performance) โดยกำหนดสมมติฐานจำนวน 5 ข้อ (H1–H5) เพื่อทดสอบคุณค่าเชิงประจักษ์ของสถาปัตยกรรม LIFF โดยใช้การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) เป็นเครื่องมือในการพิสูจน์ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัยดังนี้

1. ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยขับเคลื่อนความสำเร็จของสถาปัตยกรรม LIFF กับคุณภาพระบบสารสนเทศ (H1, H2) ตามทฤษฎี IS Success Model คุณภาพของระบบและสารสนเทศถือเป็นรากฐานความสำเร็จ (DeLone & McLean, 2003) ในกรณีของ LIFF ซึ่งใช้ Web View และ API เป็นหลัก คุณสมบัติทางสถาปัตยกรรมย่อมมีผลโดยตรงต่อความเสถียรและความถูกต้องของข้อมูล งานวิจัยเกี่ยวกับ Mini Program พบว่าการออกแบบที่เหมาะสมช่วยเพิ่มคุณภาพระบบและข้อมูล จึงกำหนดสมมติฐานดังนี้

H1: ปัจจัยขับเคลื่อนความสำเร็จของสถาปัตยกรรม LIFF มีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อคุณภาพระบบ (System Quality)

H2: ปัจจัยขับเคลื่อนความสำเร็จของสถาปัตยกรรม LIFF มีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อคุณภาพสารสนเทศ (Information Quality)

2. ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพระบบสารสนเทศกับความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (H3, H4) ความพึงพอใจของผู้ใช้งานถือเป็นผลลัพธ์ขั้นกลางที่สำคัญใน IS Success Model (DeLone & McLean, 2003) เมื่อระบบมีคุณภาพดีและข้อมูลถูกต้องตามความต้องการ ผู้ใช้ย่อมเกิดประสบการณ์เชิงบวกและความเต็มใจใช้งานมากขึ้น ซึ่งได้รับการยืนยันจากงานวิจัยจำนวนมาก (Petter et al., 2008) จึงกำหนดสมมติฐานดังนี้

H3: คุณภาพระบบ (System Quality) มีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (User Satisfaction)

H4: คุณภาพสารสนเทศ (Information Quality) มีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (User Satisfaction)

3. ความสัมพันธ์ระหว่างความพึงพอใจของผู้ใช้งานกับประสิทธิภาพทางธุรกิจ (H5) ในขั้นสุดท้ายของ IS Success Model ผลลัพธ์จากการใช้งานสะท้อนผ่านคุณค่าเชิงประจักษ์หรือผลประโยชน์สุทธิ (Net Benefits) ซึ่งงานวิจัยนี้กำหนดเป็นประสิทธิภาพทางธุรกิจ (Business Performance) ของวิสาหกิจชุมชน (DeLone & McLean, 2003) ได้กล่าวว่าการพึงพอใจเป็นตัวทำนายสำคัญของผลลัพธ์เชิงธุรกิจ เนื่องจากผู้ใช้ที่พึงพอใจมีแนวโน้มใช้งานระบบต่อเนื่อง และส่งผลต่อยอดขาย การเข้าถึงลูกค้า และการลดต้นทุน ดังนั้นจึงกำหนดสมมติฐานดังนี้

H5: ความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (User Satisfaction) มีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อประสิทธิภาพทางธุรกิจ (Business Performance) ของวิสาหกิจชุมชน

สรุปความสัมพันธ์เชิงสมมติฐานทั้งหมด (H1-H5) โดย H1-H2 เชื่อมโยงปัจจัยขับเคลื่อนสถาปัตยกรรมกับคุณภาพระบบสารสนเทศ (IS Quality) H3-H4 เชื่อมโยงคุณภาพกับความพึงพอใจ (User Satisfaction) และ H5 เชื่อมโยงความพึงพอใจกับ ประสิทธิภาพทางธุรกิจ (Business Performance) ซึ่งทั้งหมดเป็นฐานสำคัญในการทดสอบเชิงอนุมานของงานวิจัยนี้

## 5. วิธีดำเนินงานวิจัย (Research Methodology)

งานวิจัยนี้อ้างอิงกรอบแนวคิด Extended IS Success Model (DeLone & McLean, 2003; Petter et al., 2008) โดยบูรณาการ ปัจจัยขับเคลื่อนความสำเร็จ (Driving Success Factors) ของสถาปัตยกรรม LINE Front-end Framework (LIFF) ให้เป็นตัวแปรอิสระที่ส่งผลต่อ คุณภาพของระบบสารสนเทศ (IS Quality) และ ความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (User Satisfaction) ซึ่งจะนำไปสู่ ประสิทธิภาพทางธุรกิจ (Business Performance) ของวิสาหกิจชุมชนในที่สุด

### 5.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง (Population and Sampling)

กลุ่มประชากรของการวิจัย คือ สมาชิกวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดสุรินทร์ ที่เข้าร่วมการฝึกอบรมและใช้งานระบบ LINE Front-end Framework (LIFF) รวมทั้งสิ้น 320 ราย ได้คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ (Stratified Random Sampling) จำนวน 175 ราย โดยใช้ตารางของ Krejcie & Morgan (1970) แบ่งชั้นตามกลุ่มอาชีพ (Sector) ได้แก่ 1) กลุ่มเกษตรกร 2) กลุ่มแปรรูปผลิตภัณฑ์ 3) กลุ่มค้าขายออนไลน์ เพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่มีสัดส่วนการกระจายตัวสอดคล้องกับประชากรจริงในพื้นที่

## 5.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (Research Instruments)

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลคือแบบสอบถาม (Questionnaire) ซึ่งสร้างขึ้นจากตัวแปรใน Extended IS Success Model โดยแบ่งเป็น 5 ส่วน ได้แก่ 1) ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม 2) ปัจจัยขับเคลื่อนความสำเร็จ (Driving Success Factors) 3) คุณภาพระบบสารสนเทศ (System Quality และ Information Quality) 4) ความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (User Satisfaction) 5) ประสิทธิภาพทางธุรกิจ (Business Performance) แบบสอบถามใช้มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Likert Scale: 1 = เห็นด้วยน้อยที่สุด ถึง 5 = เห็นด้วยมากที่สุด) โดยได้ดำเนินการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ (Instrument Quality Testing) ดังนี้

1) การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา โดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน พบว่าค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถาม (IOC) อยู่ระหว่าง 0.80–1.00 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

2) การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (EFA) พบว่าแบบสอบถามมีโครงสร้างตรงตามกรอบแนวคิด Extended IS Success Model โดยมีค่าความเหมาะสมในการวิเคราะห์ (KMO = 0.894, Bartlett's Test  $p < 0.001$ ) และค่า Factor Loading ของทุกรายการอยู่ในช่วง 0.62–0.89 โดยมีค่าร้อยละความแปรปรวน (Variance Explained) รวมทั้งสิ้น 67.4% แสดงถึงความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) ที่ดีมาก

3) ความเชื่อมั่น (Reliability) Cronbach's Alpha ( $\alpha$ ) ของทุกตัวแปรอยู่ในช่วง 0.84–0.92 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ( $\alpha \geq 0.70$ ) (Nunnally, 1978) แสดงว่าเครื่องมือมีความเที่ยงสูงและสามารถนำไปวิเคราะห์ได้อย่างน่าเชื่อถือ

## 5.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล (Data Collection)

ข้อมูลถูกรวบรวมผ่านแบบสอบถามจากสมาชิกวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดสุรินทร์ที่ได้ใช้งานระบบ LIFF จริงภายหลังการอบรม โดยเป็นการเก็บข้อมูลแบบ Post-Implementation Evaluation เพื่อให้ผลลัพธ์สะท้อนประสบการณ์การใช้งานจริง การเก็บข้อมูลนี้ดำเนินการต่อเนื่องจากการประเมินความพึงพอใจเชิงพรรณนาในงานของ Tasuntia et al. (2024) เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์เชิงอนุมานเพิ่มเติมในงานปัจจุบัน ผู้ตอบทุกคนได้รับการชี้แจงวัตถุประสงค์และให้ความยินยอมอย่างสมัครใจ (Informed Consent) ก่อนตอบแบบสอบถาม

## 5.4 การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis)

การวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น 3 ระดับ โดยกำหนดวิธีการวิเคราะห์ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัยและสมมติฐานภายใต้กรอบแนวคิด Extended IS Success Model ดังนี้

1. สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ใช้เพื่ออธิบายลักษณะทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามและแสดงระดับความคิดเห็นของผู้ตอบในแต่ละตัวแปรหลักด้วย ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

2. การตรวจสอบคุณภาพข้อมูลและเครื่องมือ (Data and Instrument Quality Testing) ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis: EFA) เพื่อยืนยันความตรงของโครงสร้างตัวแปร (Construct Validity) โดยใช้วิธี Principal Component Analysis และ Varimax Rotation กำหนดเกณฑ์ Factor Loading  $\geq 0.5$  การตรวจสอบความเชื่อมั่น (Reliability Test) ใช้ค่าของ Cronbach's Alpha ( $\alpha$ ) โดยกำหนดเกณฑ์ค่า  $\alpha \geq 0.70$  นอกจากนี้ยังใช้การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's Correlation) เพื่อวัดความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างตัวแปรหลัก

3. สถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistics) ใช้เพื่อทดสอบสมมติฐาน H1–H5 ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 1–3 โดยใช้เทคนิคการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) และการวิเคราะห์เส้นทางและตัวแปรสื่อกลาง (Path/ Mediation Analysis) เพื่อวิเคราะห์อิทธิพลทางตรง (Direct Effect) อิทธิพลทางอ้อม (Indirect Effect) และอิทธิพลรวม (Total Effect)

สำหรับวัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 1 เพื่อศึกษาผลของปัจจัยขับเคลื่อนความสำเร็จต่อคุณภาพของระบบและคุณภาพสารสนเทศ ใช้การวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) เพื่อทดสอบสมมติฐาน H1–H2 ตามสมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณมาตรฐาน (Standard Multiple Linear Regression Model)

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \epsilon \quad (1)$$

โดยที่  $Y$  คือ ตัวแปรตาม,  $X$  คือ ตัวแปรอิสระ,  $\beta$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย (Beta Coefficient) และ  $\epsilon$  คือ ค่าคลาดเคลื่อน

สำหรับวัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 2 และ 3 มุ่งอธิบายบทบาทของตัวแปรสื่อกลางและผลลัพธ์สุดท้ายของโมเดล ใช้การวิเคราะห์เส้นทางและการวิเคราะห์ตัวแปรสื่อกลาง (Path/ Mediation Analysis) เพื่อทดสอบสมมติฐาน H3–H5 โดยใช้เทคนิค Sequential Regression ตามแนวทางของ Baron & Kenny (1986) ร่วมกับเทคนิคบูตสตรัป (Bootstrap Technique; 5,000 Samples, 95% Confidence Interval: CI) เพื่อประมาณค่าอิทธิพลทางอ้อม (Indirect Effect) และยืนยันบทบาทของตัวแปรสื่อกลาง (Mediating Variables) ได้แก่ คุณภาพของระบบ (System Quality) คุณภาพสารสนเทศ (Information Quality) และความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (User Satisfaction) ภายในโมเดลเชิงสาเหตุแบบลำดับขั้น (Sequential Causal Model)

**Table 2.** Methods of Hypothesis Testing

| Research Objective                   | Analysis Level           | Hypothesis | Variables                                     | Statistical Technique                | Expected Effect |
|--------------------------------------|--------------------------|------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------|
| Obj.1: IS Quality                    | Direct Effect (H1–H2)    | H1         | Driving Success Factors → System Quality      | Multiple Regression                  | Positive (+)    |
|                                      |                          | H2         | Driving Success Factors → Information Quality | Multiple Regression                  | Positive (+)    |
| Obj.2: User Satisfaction Performance | Mediating Effect (H3–H4) | H3         | System Quality → User Satisfaction            | Multiple Regression / Path Analysis  | Positive (+)    |
|                                      |                          | H4         | Information Quality → User Satisfaction       | Multiple Regression / Path Analysis  | Positive (+)    |
| Obj.3: Business                      | Final Effect (H5)        | H5         | User Satisfaction → Business Performance      | Simple Regression                    | Positive (+)    |
| Overall Model                        |                          | H1–H5      | Full Causal Model                             | Sequential Path / Mediation Analysis | Positive (+)    |

จาก Table 2. ได้แสดงวิธีการทดสอบสมมติฐานภายใต้กรอบแนวคิด Extended IS Success Model โดยเชื่อมโยงระหว่างวัตถุประสงค์การวิจัยกับสมมติฐานที่เกี่ยวข้อง เพื่ออธิบายความสัมพันธ์เชิงสาเหตุในแต่ละระดับ ได้แก่ (1) อิทธิพลทางตรง (Direct Effect) จากปัจจัยขับเคลื่อนความสำเร็จ (Driving Success Factors) ต่อคุณภาพของระบบและสารสนเทศ (IS Quality) (2) อิทธิพลทางสื่อกลาง (Mediating Effect) ผ่านคุณภาพระบบและความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (User Satisfaction) และ (3) อิทธิพลสุดท้าย (Final Effect) ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพทางธุรกิจ (Business Performance) การวิเคราะห์ใช้เทคนิค Multiple Regression และ Path/Mediation Analysis เพื่อยืนยันความสัมพันธ์เชิงตรรกะของโมเดลโดยรวมและทดสอบความสอดคล้องของสมมติฐานในแต่ละวัตถุประสงค์ของการวิจัย

## 6. ผลการวิจัย (Results)

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง 175 ราย พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ (61.7%) เป็นกลุ่มเกษตรกร รองลงมาเป็นกลุ่มแปรรูปผลิตภัณฑ์ (23.4%) และกลุ่มค้าขายออนไลน์ (14.9%) ซึ่งสะท้อนการกระจายตัวของกลุ่มอาชีพตามสัดส่วนประชากรจริง โดยภาพรวมผู้ตอบแบบสอบถามมีสัดส่วนเพศหญิงสูงถึง 62.3% และส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุ 31-45 ปี (45.8%) ซึ่งแสดงถึงกลุ่มเป้าหมายที่มีประสบการณ์การทำงานและพร้อมใช้เทคโนโลยีดิจิทัล นอกจากนี้จากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงอนุมาน พบว่า โมเดลการวิเคราะห์ที่ใช้ในการศึกษานี้สามารถอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรตามได้ในระดับปานกลางถึงสูง โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด ( $R^2$ ) ที่รายงานใน Table 4 ซึ่งสะท้อนถึงความสามารถของโมเดลในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านคุณภาพระบบสารสนเทศ ความพึงพอใจของผู้ใช้งาน และผลลัพธ์เชิงประจักษ์ทางธุรกิจของวิสาหกิจชุมชน ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 175 รายมีความเหมาะสมและเพียงพอสำหรับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกรอบแนวคิดของการวิจัย และสามารถนำไปใช้ในการทดสอบสมมติฐานที่กำหนดไว้ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

### 6.1 ผลการวิเคราะห์เชิงพรรณนา (Descriptive Analysis)

ระดับการรับรู้ความคิดเห็นของผู้ใช้งาน LIFF สำหรับวิสาหกิจชุมชนมีค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับ “มาก” ( $\text{Mean} \geq 4.21$ ) โดยเฉพาะตัวแปรการบูรณาการ (Integration) และความง่ายในการใช้งาน (Ease of Use) ที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ซึ่งสะท้อนถึงการรับรู้เชิงบวกของผู้ใช้งานต่อคุณภาพของสถาปัตยกรรม LIFF

Table 3. Descriptive Analysis

| Variable             | Mean | S.D. | Interpretation |
|----------------------|------|------|----------------|
| Ease of Use          | 4.38 | 0.46 | High           |
| Responsiveness       | 4.29 | 0.51 | High           |
| Integration          | 4.41 | 0.44 | High           |
| Security             | 4.25 | 0.50 | High           |
| System Quality       | 4.36 | 0.48 | High           |
| Information Quality  | 4.30 | 0.47 | High           |
| User Satisfaction    | 4.32 | 0.47 | High           |
| Business Performance | 4.27 | 0.49 | High           |

จาก Table 3. พบว่า ผู้ตอบมีระดับความพึงพอใจ (User Satisfaction) เฉลี่ย 4.32 ( $\text{S.D.} = 0.47$ ) สอดคล้องกับผลการประเมินเบื้องต้นของ Tasuntia et al. (2024) ซึ่งชี้ให้เห็นว่าผู้ใช้ LIFF มีทัศนคติเชิงบวกต่อระบบก่อนเข้าสู่การวิเคราะห์เชิงอนุมาน

### 6.2 ผลตามวัตถุประสงค์การวิจัยและการทดสอบสมมติฐาน

ผลการวิจัย ดัง Table 4.

Table 4. Multiple Regression Analysis of Driving Success Factors Predicting System and Information Quality

| Obj. | Model | Predictor Variables | $\beta$ (Beta) | t    | Sig.   | $R^2$ | Result    |
|------|-------|---------------------|----------------|------|--------|-------|-----------|
| 1    | H1    | Ease of Use         | 0.298          | 4.22 | <0.001 | 0.412 | Supported |
|      |       | Integration         | 0.352          | 5.13 | <0.001 |       |           |
|      |       | Security            | 0.210          | 3.01 | 0.003  |       |           |
|      | H2    | Integration         | 0.315          | 4.95 | <0.001 | 0.398 | Supported |
|      |       | Responsiveness      | 0.284          | 4.18 | <0.001 |       |           |
|      |       | Ease of Use         | 0.190          | 2.87 | 0.005  |       |           |

**Table 4.** Multiple Regression Analysis of Driving Success Factors Predicting System and Information Quality (Cont.)

| Obj. | Model | Predictor Variables | $\beta$ (Beta) | t     | Sig.   | R <sup>2</sup> | Result    |
|------|-------|---------------------|----------------|-------|--------|----------------|-----------|
| 2    | H3    | System Quality      | 0.482          | 7.65  | <0.001 | 0.446          | Supported |
|      | H4    | Information Quality | 0.395          | 6.21  | <0.001 | 0.412          | Supported |
| 3    | H5    | User Satisfaction   | 0.654          | 11.23 | <0.001 | 0.428          | Supported |

#### 6.2.1 ผลการศึกษาปัจจัยขับเคลื่อนความสำเร็จของสถาปัตยกรรม LIFF ที่มีผลต่อคุณภาพของระบบสารสนเทศ

ผลการศึกษาปัจจัยขับเคลื่อนความสำเร็จของสถาปัตยกรรม LIFF ต่อคุณภาพระบบสารสนเทศ (IS Quality) (Obj.1: IS Quality และ H1, H2) พบว่าผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression) แสดงให้เห็นว่าปัจจัยขับเคลื่อนความสำเร็จ (Driving Success Factors) ของ LIFF มีอิทธิพลเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.001$ ) ต่อคุณภาพระบบสารสนเทศ (IS Quality) ทั้ง 2 มิติ โดยปัจจัย Ease of Use, Integration และ Security เป็นปัจจัยหลักของคุณภาพของระบบ (System Quality) คิดเป็นร้อยละ 41.2 ในขณะที่คุณภาพของสารสนเทศ (Information Quality) ใช้ปัจจัย Integration และ Responsiveness เป็นหลัก คิดเป็นร้อยละ 39.8 โดยเฉพาะ Integration ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยสูงสุดในทั้งสองโมเดล

#### 6.2.2 ผลการประเมินคุณค่าเชิงประจักษ์ของสถาปัตยกรรม LIFF โดยวิเคราะห์คุณภาพระบบต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

ผลการทดสอบอิทธิพลของคุณภาพระบบสารสนเทศกับความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (Obj.2: User Satisfaction และ H3, H4) พบว่าการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ ทั้ง System Quality ( $\beta = 0.482$ ) และ Information Quality ( $\beta = 0.395$ ) ต่างมีอิทธิพลเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของคุณภาพระบบสารสนเทศในกระบวนการสร้างความพึงพอใจของผู้ใช้งานตามกรอบแนวคิด DeLone & McLean (2003)

#### 6.2.3 ผลการตรวจสอบอิทธิพลของคุณภาพระบบสารสนเทศที่มีต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งานและผลการดำเนินงานของวิสาหกิจชุมชน

ผลการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างความพึงพอใจของผู้ใช้งานกับคุณค่าเชิงประจักษ์ (Obj.3: Business Performance และ H5) โดยการวิเคราะห์อิทธิพลสุดท้าย (Final Effect) ใช้การวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regression) พบว่าความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (User Satisfaction) มีอิทธิพลเชิงบวกอย่างมากและมีนัยสำคัญทางสถิติต่อประสิทธิภาพทางธุรกิจ (Business Performance) ( $\beta = 0.654$ , Sig. < 0.001) โดยความพึงพอใจสามารถอธิบายความแปรปรวนของประสิทธิภาพทางธุรกิจได้ถึงร้อยละ 42.8 ( $R^2 = 0.428$ )

### 6.3 การวิเคราะห์เส้นทางเชิงประจักษ์ (Empirical Path Model)

ผลการวิเคราะห์เส้นทาง (Path Analysis) ด้วยเทคนิค Sequential Regression และ Bootstrap (5,000 Samples, 95% CI) ซึ่งรวมสมมติฐาน H1-H5 เข้าด้วยกัน ยืนยันความสอดคล้องของ Extended IS Success Model ที่ใช้ในการวิจัยนี้ โดยพบว่า System Quality และ Information Quality ทำหน้าที่เป็นตัวแปรสื่อกลางในลักษณะของการส่งผ่านอิทธิพลบางส่วน (Partial Mediators) ในการส่งผ่านอิทธิพลทางอ้อมจากปัจจัยขับเคลื่อนความสำเร็จไปยังความพึงพอใจของผู้ใช้งานอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.01$ ) นอกจากนี้ ความพึงพอใจของผู้ใช้งานยังมีอิทธิพลทางตรงที่สูงมากต่อประสิทธิภาพทางธุรกิจ ( $\beta = 0.654$ ) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโมเดลทั้งหมดสามารถอธิบายความแปรปรวนของประสิทธิภาพทางธุรกิจได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยผลรวมอิทธิพลทั้งหมด (Total Effect = 0.692,  $p < 0.001$ ) แสดงให้เห็นว่าปัจจัยขับเคลื่อนความสำเร็จของ LIFF ส่งผลโดยตรงและโดยอ้อมต่อประสิทธิภาพทางธุรกิจ (Business Performance) ผ่านคุณภาพระบบสารสนเทศ (IS Quality) และความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (User Satisfaction) อย่างเป็นลำดับขั้น ซึ่งแสดงเส้นทางการวิเคราะห์โดยสรุปดัง Figure 2.

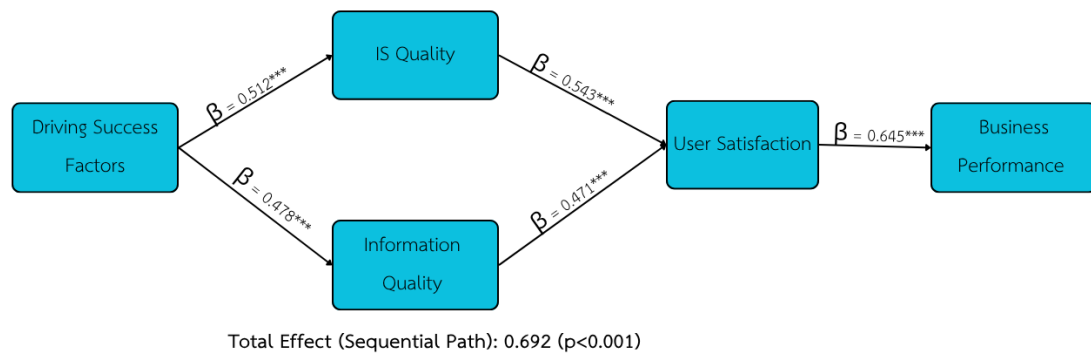


**Figure 2.** Path Summary of the Extended IS Success Model

**Table 5.** Direct, Indirect, and Total Effects from Path Analysis ( $n = 175$ )

| Path                                                                                | Direct Effect ( $\beta$ ) | Indirect Effect ( $\beta$ ) | Total Effect ( $\beta$ ) | p-value |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------|--------------------------|---------|
| Driving Success Factors → IS Quality                                                | 0.481                     | –                           | 0.481                    | < .001  |
| IS Quality → User Satisfaction                                                      | 0.523                     | –                           | 0.523                    | < .001  |
| User Satisfaction → Business Performance                                            | 0.654                     | –                           | 0.654                    | < .001  |
| Driving Success Factors → Business Performance (via IS Quality & User Satisfaction) | –                         | 0.692                       | 0.692                    | < .001  |

#### 6.4 การตีความผลลัพธ์เชิงธุรกิจ (Managerial Implications)

ผลการวิเคราะห์ชี้ให้เห็นว่า การลงทุนในสถาปัตยกรรม LIFF ได้สร้างคุณค่าเชิงประจักษ์ (Empirical Value) ต่อวิสาหกิจชุมชนจริง โดยมี Integration และ Ease of Use เป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลให้คุณภาพระบบสารสนเทศ (IS Quality) สูงขึ้น และนำไปสู่ความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (User Satisfaction) ผู้พัฒนาควรให้ความสำคัญกับ Integration และ Ease of Use เป็นอันดับแรก โดยการเพิ่มขึ้นของความพึงพอใจของผู้ใช้งานมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพทางธุรกิจในระดับสูง ( $\beta = 0.654$ ,  $p < 0.001$ ) ซึ่งประสิทธิภาพทางธุรกิจนี้ครอบคลุมมิติสำคัญ เช่น การเพิ่มยอดขาย (Sales Growth) การขยายฐานลูกค้าใหม่ (Customer Reach) และ การลดต้นทุนในการดำเนินงาน (Cost Reduction) ผลลัพธ์นี้สะท้อนว่า Extended IS Success Model สามารถประยุกต์ใช้ในบริบท Social Commerce ของวิสาหกิจชุมชนไทยได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสนับสนุนการพัฒนา LINE Micro-App ให้เป็นเครื่องมือทางธุรกิจที่มีความยั่งยืน

#### 7. สรุปผลการวิจัยและการอภิปรายผลการวิจัย (Conclusion and Discussion)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาปัจจัยขับเคลื่อนความสำเร็จของ LINE Front-end Framework (LIFF) ต่อคุณภาพระบบสารสนเทศ ความพึงพอใจของผู้ใช้งาน และประสิทธิภาพทางธุรกิจของวิสาหกิจชุมชน ผลการวิเคราะห์เชิงประจักษ์แสดงให้เห็นว่า ปัจจัยเชิงสถาปัตยกรรมของ LIFF ได้แก่ ความง่ายในการใช้งาน การบูรณาการกับแพลตฟอร์มความปลอดภัยของข้อมูล และความสามารถในการตอบสนอง มีบทบาทสำคัญต่อการรับรู้คุณภาพของระบบสารสนเทศ และสามารถอธิบายความสำเร็จของระบบ LIFF ได้อย่างมีนัยสำคัญ สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัยที่กำหนดไว้

ผลการศึกษาปัจจัยขับเคลื่อนความสำเร็จของ LINE Front-End Framework (LIFF) ต่อคุณภาพระบบสารสนเทศพบว่า ความง่ายในการใช้งาน การบูรณาการกับแพลตฟอร์ม ความปลอดภัยของข้อมูล และความสามารถในการตอบสนอง

ส่งผลเชิงบวกต่อทั้งคุณภาพระบบและคุณภาพสารสนเทศอย่างมีนัยสำคัญ ผลดังกล่าวสอดคล้องกับกรอบแนวคิด IS Success Model ของ DeLone & McLean (2003) ที่เสนอว่าคุณภาพของระบบและสารสนเทศเป็นฐานสำคัญของความสำเร็จของระบบสารสนเทศ และสอดคล้องกับงานของ Petter et al. (2008) ที่ชี้ว่าคุณภาพระบบที่ดีช่วยสร้างการรับรู้เชิงบวกต่อระบบ โดยเฉพาะในบริบทของผู้ใช้งานที่มีข้อจำกัดด้านทรัพยากร เช่น วิสาหกิจชุมชน

ผลการศึกษาบทบาทของคุณภาพระบบสารสนเทศต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งาน พบว่า ทั้งคุณภาพระบบและคุณภาพสารสนเทศมีอิทธิพลโดยตรงต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับงานของ Petter et al. (2008) ที่อธิบายว่าความพึงพอใจของผู้ใช้งานสะท้อนประสิทธิภาพโดยรวมจากการใช้งานระบบ และเป็นตัวชี้วัดสำคัญของความสำเร็จของระบบสารสนเทศ ในบริบทของ LIFF คุณลักษณะด้านความง่ายในการใช้งานและการบูรณาการกับแพลตฟอร์ม LINE ช่วยลดความซับซ้อนของการใช้งาน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการยอมรับเทคโนโลยีของ Davis (1989) และงานวิจัยด้าน Micro-App และ Mini Program (Alshibly, 2015; Martínez-Plumed et al., 2021; Mason et al., 2022)

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความพึงพอใจของผู้ใช้งานกับประสิทธิภาพทางธุรกิจของวิสาหกิจชุมชน พบว่าความพึงพอใจของผู้ใช้งานมีอิทธิพลเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญต่อประสิทธิภาพทางธุรกิจ ผลดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิด Net Benefits ในโมเดลของ DeLone & McLean (2003) ที่มองว่าผลลัพธ์สุดท้ายของการใช้ระบบควรถูกสะท้อนผ่านผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจริงในระดับองค์กร ที่ชี้ว่าการใช้แพลตฟอร์มดิจิทัลสามารถสร้างผลลัพธ์เชิงธุรกิจให้กับธุรกิจขนาดย่อมได้ เมื่อผู้ใช้งานมีประสบการณ์ที่ดีและเกิดความพึงพอใจต่อระบบ

โดยสรุป ผลการวิจัยซึ่งแสดงไว้ใน Table 6. ชี้ให้เห็นความสัมพันธ์เชิงลำดับจากปัจจัยขับเคลื่อนของ LIFF ไปสู่คุณภาพระบบสารสนเทศ ความพึงพอใจของผู้ใช้งาน และประสิทธิภาพทางธุรกิจอย่างชัดเจน และยืนยันว่า LIFF เป็นแนวทางที่เหมาะสมกับบริบทของวิสาหกิจชุมชนไทยทั้งในเชิงเทคโนโลยีและการนำไปใช้จริง

Table 6. Summary of Findings

| Research Objective          | Related Hypotheses | Statistical Method                | Finding Summary                                                                                                                                  |
|-----------------------------|--------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Obj.1: IS Quality           | H1, H2             | Multiple Regression               | <b>Supported.</b> Driving Success Factors positively and significantly influence both System Quality and Information Quality.                    |
| Obj.2: User Satisfaction    | H3, H4             | Multiple Regression / Mediation   | <b>Supported.</b> IS Quality (System/Information) positively and significantly influences User Satisfaction.                                     |
| Obj.3: Business Performance | H5                 | Simple Regression / Path Analysis | <b>Supported.</b> User Satisfaction has a strong, positive, and significant influence on Business Performance ( $\beta = 0.654$ , $p < 0.001$ ). |
| Overall Model               | H1–H5              | Sequential Path Analysis          | The successfully explains the success of architecture for community enterprises.                                                                 |

## 8. ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะ (Limitations and Recommendations)

### 8.1 ข้อจำกัดของการศึกษา (Limitations of the Study)

1. งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาการใช้ LINE Front-End Framework (LIFF) ในบริบทของ วิสาหกิจชุมชนในจังหวัดสุรินทร์ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีลักษณะทางเศรษฐกิจ สังคม และระดับความพร้อมด้านเทคโนโลยีเฉพาะตัว ดังนั้น ผลการวิจัยจึงสะท้อนสภาพการใช้งานระบบสารสนเทศภายใต้บริบทของจังหวัดสุรินทร์และกลุ่มผู้ใช้งานดังกล่าวเป็นหลัก จึงอาจไม่สามารถนำไปอ้างอิงกับวิสาหกิจชุมชนในพื้นที่อื่นที่มีโครงสร้างและทรัพยากรแตกต่างกันได้โดยตรง

2. กลุ่มตัวอย่างของการวิจัยประกอบด้วยผู้ใช้งาน LIFF ในวิสาหกิจชุมชนจำนวน 175 ราย ซึ่งเป็นผู้ใช้งานจริงของระบบตามขอบเขตที่กำหนด แม้จำนวนตัวอย่างดังกล่าวจะอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงโครงสร้าง แต่ขนาดตัวอย่างอาจส่งผลต่ออำนาจการทดสอบทางสถิติ (Statistical Power) ในบางเส้นทางความสัมพันธ์ โดยเฉพาะความสัมพันธ์ที่มีขนาดอิทธิพลในระดับต่ำ

3. การเก็บรวบรวมข้อมูลใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือหลัก สะท้อนการรับรู้และประสบการณ์ของผู้ใช้งานต่อแพลตฟอร์มที่ผู้ใช้งานคุ้นเคย ในช่วงเวลาที่ทำการศึกษา ผลลัพธ์ที่ได้จึงเป็นข้อมูลเชิงการรับรู้ (Perceptual Outcomes) มากกว่าการวัดผลจากพฤติกรรมการใช้งานจริงในระยะยาว ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการวิจัยที่มุ่งอธิบายความสำเร็จของระบบสารสนเทศจากมุมมองของผู้ใช้งานเป็นสำคัญ

## 8.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้และการวิจัยในอนาคต (Recommendations for Practice and Future Research)

ในด้านการนำไปใช้ ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า LINE Front-End Framework (LIFF) เป็นแนวทางที่เหมาะสมกับวิสาหกิจชุมชนซึ่งมีข้อจำกัดด้านทรัพยากรและความพร้อมทางเทคโนโลยี และดำเนินกิจกรรมบนแพลตฟอร์มที่ผู้ใช้งานคุ้นเคยอย่าง LINE หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำผลการวิจัยไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบสารสนเทศที่ให้ความสำคัญกับความง่ายในการใช้งาน การบูรณาการกับแพลตฟอร์มหลัก ความปลอดภัยของข้อมูล และความสามารถในการตอบสนองของระบบ เพื่อสนับสนุนการใช้งานจริงและเพิ่มโอกาสในการสร้างผลลัพธ์ทางธุรกิจของวิสาหกิจชุมชน

สำหรับการวิจัยในอนาคต ควรขยายการศึกษาไปยังวิสาหกิจชุมชนในพื้นที่อื่น หรือองค์กรขนาดย่อมที่มีระดับความพร้อมด้านเทคโนโลยีแตกต่างกัน เพื่อเพิ่มความสามารถในการอ้างอิงทั่วไปของผลการวิจัย นอกจากนี้ การเพิ่มขนาดกลุ่มตัวอย่างจะช่วยเสริมอำนาจการทดสอบทางสถิติ และเปิดโอกาสให้ตรวจสอบความสัมพันธ์ในโมเดลได้อย่างรอบด้านมากยิ่งขึ้น

## 9. การเปิดเผยการใช้ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ (Declaration of Generative AI)

งานวิจัยนี้ใช้ Artificial Intelligence ช่วยในการแปลบทความ (ChatGPT) และเรียบเรียงบทคัดย่อภาษาอังกฤษ (ChatGPT) แต่การวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลการวิจัยเป็นการดำเนินการโดยนักวิจัย

## 10. การแสดงบทบาทผู้เขียน (CRediT Author Statement)

**Jeeranun Tasuntia:** Conceptualization, Methodology, Investigation, Formal Analysis, Data Curation, Writing-Original Draft, Project Administration, Supervision.

**Anyawee Chaiwachirakhampon:** Validation; Writing-Review & Editing.

**Sakchan Luangmaneeerote:** Investigation; Resources; Data Curation.

**Anutchai Chutipascharoen:** Validation; Visualization; Writing-Review & Editing.

All authors read and approved the final manuscript.

## 11. เอกสารอ้างอิง (References)

- Alshibly, H. H. (2015). Investigating Decision Support System (DSS) Success: A Partial Least Squares Structural Equation Modeling Approach. *Journal of Business Studies Quarterly*, 6(4), 56-77.
- Amornkitvikai, Y., Tham, S. Y., Harvie, C., & Buachoom, W. W. (2022). Barriers and Factors Affecting the E-Commerce Sustainability of Thai Micro-, Small- and Medium-Sized Enterprises (MSMEs). *Sustainability*, 14(14), 8476. <https://doi.org/10.3390/su14148476>
- Baron, R. M., & Kenny, D. A. (1986). The Moderator-Mediator Variable Distinction in Social Psychological Research: Conceptual, Strategic, and Statistical Considerations. *Journal of Personality and Social Psychology*, 51(6), 1173-1182. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.51.6.1173>
- Cipher. (2025). LINE Mini App: Build LINE Apps Effortlessly for Every Type of Business. <https://www.cipher.co.th/blogs/line-mini-app> (In Thai)

- Davis, F. D. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319-340. <https://doi.org/10.2307/249008>
- DeLone, W. H., & McLean, E. R. (2003). The DeLone and McLean Model of Information Systems Success: A Ten-Year Update. *Journal of Management Information Systems*, 19(4), 9-30. <https://doi.org/10.1080/07421222.2003.11045748>
- Foxbith. (2025). 5 Key LINE LIFF Features Businesses Shouldn't Overlook. <https://www.foxbith.com/blog/top-5-line-liff-features> (In Thai)
- Iivari, J. (2005). An Empirical Test of the DeLone-McLean Model of Information System Success. *The Data Base for Advances in Information Systems*, 36(2), 8-27. <https://doi.org/10.1145/1066149.1066152>
- Jongwanich, J., & Kohpaiboon, A. (2025). Digital Technology Adoption and the Financial Performance of SMEs: Evidence from Thailand. *Asian Economic Papers*. [https://doi.org/10.1162/asep\\_a\\_00922](https://doi.org/10.1162/asep_a_00922)
- Krejcie, R. V., & Morgan, D. W. (1970). Determining Sample Size for Research Activities. *Educational and Psychological Measurement*, 30(3), 607-610. <https://doi.org/10.1177/001316447003000308>
- Lertwongsatien, C., & Wongpinunwatana, N. (2003). E-Commerce Adoption in Thailand: An Empirical Study of Small and Medium Enterprises (SMEs). *Journal of Global Information Technology Management*, 6(3), 67-83. <https://doi.org/10.1080/1097198X.2003.10856356>
- LINE Developers. (n.d.). *LINE Front-end Framework (LIFF)*. <https://developers.line.biz/en/docs/liff/overview>
- Martínez-Plumed, F., Gómez, E., & Hernández-Orallo, J. (2021). Futures of Artificial Intelligence through Technology Readiness Levels. *Telematics and Informatics*, 58, 101525. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2020.101525>
- Mason, M. C., Zamparo, G., Marini, A., & Ameen, N. (2022). Glued to Your Phone? Generation Z's Smartphone Addiction and Online Compulsive Buying. *Computers in Human Behavior*, 136, 107404. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107404>
- Nunnally, J. C. (1978). *Psychometric Theory* (2<sup>nd</sup> ed.). McGraw-Hill.
- Petter, S., DeLone, W., & McLean, E. (2008). Measuring Information Systems Success: Models, Dimensions, Measures, and Interrelationships. *European Journal of Information Systems*, 17(3), 236-263. <https://doi.org/10.1057/ejis.2008.15>
- Sagala, G. H., & Öri, D. (2024). Exploring Digital Transformation Strategy to Achieve SMEs Resilience and Antifragility: A Systematic Literature Review. *Journal of Small Business & Entrepreneurship*. <https://doi.org/10.1080/08276331.2024.2392080>
- Tasuntia, J., Chaiwachirakhampon, A., Hiranrat, W., & Silachot, K. (2024). Modern Marketing Platform for Surin Farmer Group. *Information Technology Journal KMUTNB*, 20(2), 14-24. <https://doi.org/10.14416/j.it/2024.v2.002>
- The Digital Tips. (2023). What is LINE LIFF (LINE Front-end Framework), and How Does It Benefit Businesses? <https://thedigitaltips.com/blog/line/line-liff> (In Thai)
- Tongdaeng, W., & Mahakanjana, C.-N. (2022). Thai SMEs' Response in the Digital Economy Age: A Case Study of Community-Based Tourism Policy Implementation. *Social Sciences*, 11(4), 180. <https://doi.org/10.3390/socsci11040180>

## Effects of Violence Reduction in Video Games for Esports Competitions on Policy Acceptance in Educational Institutions in Thailand

Khajonsak Khanchai<sup>1,\*</sup>, Chanaphorn Panyakanphon<sup>2</sup> and Thakorn Pruettipuranee<sup>3</sup>

<sup>1,\*</sup>Program in Esports Business, Faculty of Management Science, Nakhon Pathom Rajabhat University, Nakhon Pathom 73000, Thailand; Email: khajonsak@webmail.npru.ac.th

<sup>2</sup>Program in Educational Technology and Communication, Faculty of Education, Bangkokthonburi University, Bangkok 10170, Thailand; Email: chanaphorn.pan@bkkthon.ac.th

<sup>3</sup>NKT E-sport Academy, Bangkok 10700, Thailand; Email: p.thakorn19@gmail.com

\*Corresponding author: Khajonsak Khanchai (khajonsak@webmail.npru.ac.th)

Received: 5 January 2026; Revised: 23 March 2026;

Accepted: 25 March 2026; Published: 30 April 2026

### Abstract

This study employed a mixed-methods approach integrating quantitative and qualitative data. The objectives were to (1) examine perceptions of violence reduction in esports video games, (2) assess its impacts, (3) compare differences across demographic characteristics, and (4) propose policy recommendations for Thai educational institutions. The quantitative sample comprised 400 participants—200 upper secondary students and 200 undergraduates—from institutions offering esports programs, selected through simple random sampling. Qualitative data were obtained from in-depth interviews with three university lecturers as subject-matter experts. The findings indicated that (1) overall perceptions of violence reduction were moderate, with the highest scores in understanding violent content, while perceptions of actual reduction were low; (2) the overall impact was moderate, with positive effects in social and attitudinal dimensions, but the lowest in behavioral outcomes; (3) no significant gender differences were found overall, although some differences appeared in specific dimensions, and no significant differences were observed between education levels; and (4) policy recommendations emphasized age-appropriate content control systems based on international or local standards, clear institutional policies for game selection, teacher supervision, and training on psychological impacts to enhance emotional intelligence and support students' ability to distinguish between virtual and real-world contexts sustainably.

**Keywords:** Violence Reduction, Video Game Violence, Esports Competitions, Policies in Educational Institutions



Copyright © 2026 Journal of Computer and Creative Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC-ND).

### Citation:

Khanchai, K., Panyakanphon, C., & Pruettipuranee, T. (2026). Effects of Violence Reduction in Video Games for Esports Competitions on Policy Acceptance in Educational Institutions in Thailand. *Journal of Computer and Creative Technology*, 4(1), e3290. <https://doi.org/10.65205/jcct.2026.e3290>

## ผลของการลดทอนความรุนแรงในวิดีโอเกมสำหรับการแข่งขันกีฬาอีสปอร์ต กับการยอมรับเชิงนโยบายในสถานศึกษาของประเทศไทย

ขจรศักดิ์ กันใช้<sup>1,\*</sup> ชนาภรณ์ ปัญญาการผล<sup>2</sup> และ ฐกร พงศ์ปิรณีย์<sup>3</sup>

<sup>1,\*</sup>สาขาวิชาธุรกิจอีสปอร์ต คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จังหวัดนครปฐม 73000 ประเทศไทย;  
Email: khajonsak@webmail.npru.ac.th

<sup>2</sup>สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี กรุงเทพมหานคร 10170  
ประเทศไทย; Email: chanaphorn.pan@bkkthon.ac.th

<sup>3</sup>เอ็นเคที อีสปอร์ตต่ออาคาเดมี่ กรุงเทพมหานคร 10700 ประเทศไทย; Email: p.thakorn19@gmail.com

\*ผู้ประพันธ์บทความ: ขจรศักดิ์ กันใช้ (khajonsak@webmail.npru.ac.th)

รับบทความ: 5 มกราคม 2569; แก้ไขบทความ: 23 มีนาคม 2569;

ตอบรับบทความ: 27 มีนาคม 2569; เผยแพร่บทความ: 30 เมษายน 2569

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงปริมาณร่วมกับการวิจัยเชิงคุณภาพ มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาการรับรู้การลดทอนความรุนแรงในวิดีโอเกมอีสปอร์ต 2) เพื่อประเมินผลกระทบของการลดทอนความรุนแรงในวิดีโอเกมอีสปอร์ต 3) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของลักษณะประชากรศาสตร์ต่อการรับรู้และผลกระทบของการลดทอนความรุนแรงในวิดีโอเกมอีสปอร์ต และ 4) เพื่อนำเสนอแนวทางเชิงนโยบายสำหรับการใช้วิดีโอเกมอีสปอร์ตที่มีความรุนแรงในสถานศึกษาของประเทศไทย กลุ่มตัวอย่างได้จากสถานศึกษาที่มีการสอนหรือจัดการแข่งขันกีฬาอีสปอร์ต ประกอบด้วยนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 200 คน และนักศึกษาปริญญาตรี จำนวน 200 คน รวมทั้งสิ้น 400 คน โดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย และกลุ่มผู้ให้ข้อมูลสำคัญเชิงคุณภาพเป็นผู้เชี่ยวชาญที่เป็นอาจารย์มหาวิทยาลัยจำนวน 3 ท่าน ผลการวิจัยพบว่า 1) การรับรู้การลดทอนความรุนแรงอยู่ในระดับปานกลาง โดยด้านความเข้าใจความรุนแรงเป็นด้านที่รับรู้ได้ดีที่สุด ขณะที่ด้านการรับรู้การลดทอนความรุนแรงอยู่ในระดับต่ำ 2) ผลกระทบของการลดทอนความรุนแรงในภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง โดยผลกระทบเชิงบวกด้านสังคมและด้านทัศนคติ แต่ด้านพฤติกรรมมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด 3) เพศชายและเพศหญิงมีการรับรู้และประเมินผลกระทบในภาพรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่พบความแตกต่าง ได้แก่ ความเข้าใจ การรับรู้ และพฤติกรรม ขณะที่นักเรียนมัธยมศึกษาและนักศึกษาระดับปริญญาตรีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกด้าน และ 4) ข้อเสนอเชิงนโยบายจากการสัมภาษณ์พบว่า สถานศึกษาควรมีระบบการควบคุมความเหมาะสม ตามมาตรฐานสากลหรือพัฒนาขึ้นเอง ควบคุมการควบคุมผ่านการออกแบบ ทั้งควรมีนโยบายคัดเลือกวิดีโอเกมอีสปอร์ตและมีครูกำกับดูแล รวมถึงการอบรมให้ข้อมูลผลกระทบทางจิตใจเพื่อเสริมสร้างความฉลาดทางอารมณ์ จะช่วยให้ผู้เรียนแยกแยะโลกสมมติกับโลกจริงได้อย่างเหมาะสม

**คำสำคัญ:** การลดความรุนแรง, ความรุนแรงในวิดีโอเกม, การแข่งขันกีฬาอีสปอร์ต, นโยบายในสถานศึกษา



Copyright © 2026 Journal of Computer and Creative Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC-ND).

การอ้างอิง:

ขจรศักดิ์ กันใช้, ชนาภรณ์ ปัญญาการผล, และ นิพนธ์ เพ็ชรสังฆาต. (2569). ผลของการลดทอนความรุนแรงในวิดีโอเกมสำหรับการแข่งขันกีฬาอีสปอร์ตกับการยอมรับเชิงนโยบายในสถานศึกษาของประเทศไทย. *วารสารคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสร้างสรรค์*, 4(1), e3290. <https://doi.org/10.65205/jcct.2026.e3290>

## 1. บทนำ (Introduction)

ปัจจุบันอุตสาหกรรมเกมและอีสปอร์ตในประเทศไทยเติบโตอย่างรวดเร็ว โดยทางสำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า (สนค.) ประเมินว่าในปี 2565 อุตสาหกรรมอีสปอร์ตไทยมีมูลค่าประมาณ 37,600 ล้านบาท และคาดว่าจะเติบโตขึ้นต่อเนื่องทุกปี (Wattanathitikul, 2023) ยังพบอีกว่า เด็กและเยาวชนไทยมีการเล่นเกมออนไลน์กันอย่างแพร่หลายเฉพาะในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑลมีเยาวชนวัย 12 ปีขึ้นไปเล่นเกมมากกว่า 1,451,179 คน อีกทั้งระบุว่าเกมที่เยาวชนไทยนิยมเล่นส่วนใหญ่เป็นเกมที่มีเนื้อหารุนแรงและก้าวร้าว เช่น เกมเดินยิงหรือต่อสู้ที่มีกราฟิกสมจริง ทำให้มีความเสี่ยงต่อการกระตุ้นอารมณ์ด้านลบในผู้เล่น (Papatttha et al., 2018) สำนักงานคณะกรรมการสุขภาพแห่งชาติ (National Health Commission Office, 2021) ระบุว่า เด็กไทยกว่าร้อยละ 85 เคยเล่นเกมเฉลี่ยวันละ 5 ชั่วโมง โดยประมาณ 1 ใน 3 เล่นเกมทุกวัน แต่ยังไม่มีการสรุปแน่ชัดว่าเกมรุนแรงเป็นสาเหตุหลักของอาชญากรรม ประเด็นนี้ยังอยู่ระหว่างการถกเถียงสมาคมจิตวิทยาอเมริกัน สรุปว่า แม้ว่าการเล่นเกมรุนแรงจะเชื่อมโยงกับพฤติกรรมก้าวร้าวในผู้เล่น แต่ยังไม่มีความสัมพันธ์ที่ชัดเจนพอว่าส่งผลต่อการกระทำความรุนแรงหรืออาชญากรรมในระยะยาว และประธานงานสมาคมจิตวิทยาอเมริกัน (American Psychological Association: APA) สรุปว่า ต้นเหตุของความรุนแรงในเยาวชนมักมาจากปัจจัยทางสังคมและจิตเวช มากกว่าบทบาทของเกมอย่างเดียว (American Psychological Association, 2015) ทั้งนี้สังคมไทยให้ความสำคัญต่อประเด็นนี้เช่นกัน โดยมีเสียงเรียกร้องให้มีการควบคุมเนื้อหาเกมให้เหมาะสมกับผู้เล่นเยาวชนอย่างเข้มงวดขึ้นเพื่อปกป้องเด็กและเยาวชนจากผลกระทบเชิงลบที่อาจเกิดขึ้น

วิดีโอเกมสำหรับการแข่งขันอีสปอร์ตมักถูกจัดตามองเป็นพิเศษ ได้แก่ เกมแนวยิงปืนและเอาชีวิตรอด (First-Person Shooter/Battle Royale) ซึ่งมักมีการแสดงเนื้อหาเลือดและความรุนแรงอย่างชัดเจน ตัวอย่างเกมที่พบบ่อยเช่น PUBG, CS:GO, Fortnite, Valorant, Rainbow Six Siege เป็นต้น วิดีโอเกมเหล่านี้ผู้เล่นจะใช้ปืนหรืออาวุธต่าง ๆ ยิงต่อสู้เพื่อทำคะแนนหรือให้อยู่รอดเป็นคนสุดท้ายโดยทั่วไปจะได้รับเรตผู้เล่นอายุ 17 ปีขึ้นไป พร้อมคำเตือนว่ามีเนื้อหาเลือดและความรุนแรง จากการจัดเรตเกมสากล อาทิ คณะกรรมการจัดเรตสื่อซอฟต์แวร์บันเทิง (Entertainment Software Rating Board: ESRB) ระบุว่า PUBG มีการยิงฆ่าคนอย่างชัดเจน มีการแสดงภาพฉากเลือดกระเซ็นเมื่อถูกยิง และผู้เล่นชีวิตจะร่วงลงพร้อมไอเท็มตกใต้ตัว (Entertainment Software Rating Board, n.d.a) เช่นเดียวกับ CS:GO ได้รับเรต M (17+) พร้อมคำบรรยายเลือดและความรุนแรงขั้นรุนแรง (Entertainment Software Rating Board, n.d.b) ที่วิดีโอเกมมีการจำลองการต่อสู้ด้วยอาวุธต่างชนิดอย่างสมจริง ซึ่งการวิพากษ์วิจารณ์มักระบุว่าเกมมีความก้าวร้าวไปในทางสมจริงมากขึ้นทุกวันด้วยเนื้อหาที่เน้นการยิงสังหารและการเอาตัวรอดด้วยอาวุธครบมือ จึงมักถูกกล่าวถึงว่าเป็นกลุ่มเกมที่มีความรุนแรงสูงและเข้าถึงความรู้สึก “ฆ่าเพื่อคะแนน” ได้ชัดเจน นอกจากนี้ วิดีโอเกมประเภทอื่น ๆ จะมีความรุนแรงในรูปแบบต่างกัน แต่มาตรฐานทั่วไปคือเกมยิงและเอาชีวิตรอดมักถูกกำหนดให้อยู่ในหมวดที่ผู้เล่นต้องระมัดระวังเนื้อหาอย่างจริงจัง (Wattanathitikul, 2023)

งานวิจัยทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศมีผลศึกษาผลกระทบของเกมความรุนแรงต่อผู้เล่นอย่างหลากหลาย บางรายงานชี้ว่าการเล่นเกมรุนแรงสามารถกระตุ้นความก้าวร้าวในผู้เล่นได้ชั่วคราว แต่ไม่พบหลักฐานแน่ชัดเกี่ยวกับการนำไปสู่การกระทำความรุนแรงจริงในระยะยาว (American Psychological Association, 2015) จากการศึกษาว่า 28 ชิ้น รวมผู้เข้าร่วมกว่า 21,000 คน พบว่า การเล่นเกมที่มีรุนแรง ความก้าวร้าวจะลดลง แต่ถือน้อยเกินกว่าจะมีนัยสำคัญได้ (Drummond, 2020) และระหว่างการเล่นเกมที่มากเกินไประดับความก้าวร้าวของผู้เล่นมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับปานกลาง (Kumari et al., 2022) ในการศึกษาของประเทศไทย พบการรับชมเนื้อหาความรุนแรงในเกมส่งผลกระทบต่อผู้เล่นในระดับสูง โดยทำให้เกิดอาการหงุดหงิด ชี้อ่อน จนนำไปสู่การทะเลาะวิวาทได้ง่าย (Papadtha et al., 2018) จากการศึกษาเหล่านี้จะชี้ให้เห็นว่าการเล่นเกมมากเกินไปและเนื้อหาเกมรุนแรงสามารถสะสมผลกระทบด้านอารมณ์และพฤติกรรมในผู้เล่นบางกลุ่มได้

ในระดับนโยบายและกฎหมาย หลายประเทศมีการออกมาตรการควบคุมเนื้อหาเกมเพื่อปกป้องเยาวชน อาทิ พระราชบัญญัติภาพยนตร์และวีดิทัศน์ พ.ศ. 2551 ของประเทศไทยได้นิยามให้วีดิทัศน์ซึ่งรวมถึงเกม ทำให้การจะนำออกจำหน่าย ให้เช่า หรือแลกเปลี่ยนได้ จะต้องผ่านการพิจารณาและได้รับอนุญาตจากคณะกรรมการภาพยนตร์และวีดิทัศน์แห่งชาติเสียก่อน (Praditpastra, 2016) ผลสำรวจความคิดเห็นของผู้เกี่ยวข้องกับเกมออนไลน์ในประเทศไทยพบว่ากว่าร้อยละ 79 เห็นว่าควรมีการออกกฎหมายหรือระเบียบกำกับผู้ประกอบการเกมอย่างเข้มงวดเพื่อให้เหมาะสมกับ

เด็กและเยาวชน (National Health Commission Office, 2021) ในต่างประเทศเริ่มดำเนินมาตรการ อาทิ รัฐแคลิฟอร์เนีย สหรัฐอเมริกา ผ่านกฎหมายห้ามขายหรือเช่าวิดีโอเกมรุนแรงแก่เยาวชนที่มีอายุต่ำกว่า 18 ปี (Fowley, 2009) ทั้งนี้ประเทศไทยมีการเสนอว่าควรพิจารณาปรับปรุงกฎหมายและมาตรการควบคุมเกม เช่น การบังคับใช้การจัดเรตเนื้อหาให้เข้มงวดขึ้น หรือการสร้างกลไกกำกับดูแลที่เหมาะสม เนื่องจากเกมสมัยใหม่เข้าถึงเยาวชนได้ง่ายผ่านเทคโนโลยีดิจิทัล มีเพียงอุปกรณ์พกพาเครื่องเดียวจึงเล่นได้ตลอดเวลา แนวทางนี้เป็นความพยายามส่งเสริมอุตสาหกรรมเกมและอีสปอร์ตซึ่งมีคุณค่าทางเศรษฐกิจและวัฒนธรรมกับการปกป้องเยาวชนจากเนื้อหาที่อาจเกิดอันตรายต่อพัฒนาการและพฤติกรรมความรุนแรงในสังคมไทย

จากที่กล่าวมาข้างต้น ถึงแม้ความรุนแรงในวิดีโอเกมจะได้รับการศึกษากว้างขวางในบริบทของพฤติกรรมผู้เล่น และแม้จะมีการนำเสนอแนวทางลดทอนเนื้อหาความรุนแรงผ่านการปรับกราฟิก เสียง หรือการตั้งค่าต่าง ๆ แล้วนั้น และยังมีแนวทางกำกับดูแลวิดีโอเกมผ่านกฎหมาย แต่ยังไม่ปรากฏกรอบนโยบายเชิงปฏิบัติที่เอื้อต่อการบูรณาการเกมสำหรับใช้แข่งขันอีสปอร์ตอย่างเหมาะสมเข้าสู่ระบบการศึกษา ดังนั้นผลลัพธ์จากการวิจัยนี้คาดว่าจะสามารถใช้เป็นข้อมูลทางวิชาการและแนวปฏิบัติเบื้องต้นสำหรับผู้บริหารสถานศึกษา หน่วยงานนโยบายด้านการศึกษา หรือผู้ออกแบบและพัฒนาเกมเพื่อกำหนดแนวทางการส่งเสริมเกมและอีสปอร์ตในโรงเรียนให้สามารถจัดการแข่งขันได้อย่างมีความรับผิดชอบต่อสังคมและจริยธรรมของสถาบันการศึกษาต่อไป

## 2. วัตถุประสงค์งานวิจัย (Research Objectives)

1. เพื่อศึกษาการรับรู้การลดทอนความรุนแรงในวิดีโอเกมสำหรับการแข่งขันกีฬาอีสปอร์ต
2. เพื่อประเมินผลกระทบของการลดทอนความรุนแรงในวิดีโอเกมสำหรับการแข่งขันอีสปอร์ต
3. เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของลักษณะประชากรศาสตร์ต่อการรับรู้และผลกระทบของการลดทอนความรุนแรงในวิดีโอเกมสำหรับการแข่งขันอีสปอร์ต
4. เพื่อนำเสนอแนวทางเชิงนโยบายสำหรับการใช้วิดีโอเกมสำหรับการแข่งขันอีสปอร์ตที่มีการนำเสนอความรุนแรงในสถานศึกษาของประเทศไทย

## 3. กรอบแนวคิดงานวิจัย (Conceptual Framework)

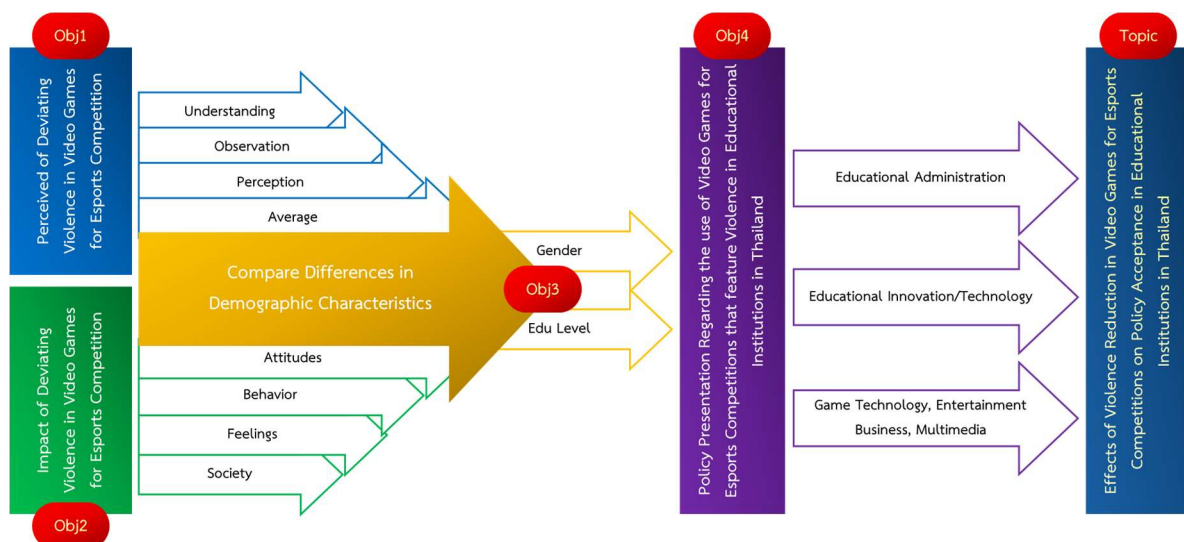


Figure 1. Research Framework

#### 4. วิธีดำเนินงานวิจัย (Research Methodology)

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณร่วมกับวิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ (Mixed Methods Research) โดยมีรายละเอียดดังนี้

##### 4.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ นักเรียนและนักศึกษาของสถานศึกษาในประเทศไทยที่มีการใช้และเคยเล่นวิดีโอเกมสำหรับการแข่งขันกีฬาอีสปอร์ต

2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยตามวัตถุประสงค์ที่ 1 2 3 และ 4 คือ โดยเลือกจากสถานศึกษาที่มีการสอนหรือจัดการแข่งขันกีฬาอีสปอร์ต โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 200 คน และนักศึกษาในระดับปริญญาตรี จำนวน 200 คน รวมทั้งสิ้น 400 คน ด้วยการใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) โดยเลือกนักเรียนและนักศึกษาจากสถานศึกษาที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่งานวิจัยนี้กำหนด

3. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยตามวัตถุประสงค์ที่ 4 คือ อาจารย์มหาวิทยาลัยด้านการบริหารการศึกษา 1 ท่าน ด้านนวัตกรรมหรือเทคโนโลยีการศึกษา 1 ท่าน และด้านเทคโนโลยีเกม ธุรกิจบันเทิงหรือมัลติมีเดีย 1 ท่าน รวมทั้งสิ้น 3 ท่าน

##### 4.2 เครื่องมือที่ใช้ในวิจัย

1. แบบสอบถามด้านลักษณะทางประชากรศาสตร์ ได้แก่ เพศแบ่งออกเป็นเพศชายและหญิง และระดับการศึกษาแบ่งออกเป็นมัธยมศึกษาตอนปลายและระดับปริญญาตรี

2. แบบสอบถามการรับรู้การลดทอนความรุนแรงในวิดีโอเกมสำหรับการแข่งขันกีฬาอีสปอร์ต (Perceived of Deviating Violence: PDV) โดยปรับปรุงแบบสอบถามวิดีโอเกม (Video Game Questionnaire) และประยุกต์ใช้จากดัชนีที่วัดการสัมผัสความรุนแรงของวิดีโอเกม (Video Game Violence) ของ Anderson & Dill (2000) ประกอบด้วย 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านความเข้าใจเนื้อหาความรุนแรง (Understanding) 2) ด้านการสังเกตองค์ประกอบความรุนแรง (Observation) และ 3) ด้านการรับรู้การลดทอนความรุนแรง (Perception) ซึ่งแบบวัดเป็นมาตรประเมินค่า มี 3 ระดับ ในลักษณะ “คู่ออก” “คู่ออก” และ “ไม่แน่ใจ” โดยแทนค่าเชิงปริมาณ คือ “1” “0” และ “-1” ตามลำดับ รวมทั้งสิ้น 15 ข้อ โดยกำหนดช่วงคะแนนเพื่อแปลความหมายค่าเฉลี่ยตามหลักการคำนวณความกว้างของอันตรภาคชั้นของ Best (1977) ดังนี้

$$PDV = \frac{\text{Max}-\text{Min}}{N} = \frac{1-(-1)}{3} \approx 0.667 \quad (1)$$

3. แบบประเมินผลกระทบของการลดทอนความรุนแรงในวิดีโอเกมสำหรับการแข่งขันกีฬาอีสปอร์ต (Impact of Deviating Violence: IDV) โดยปรับปรุงแบบวัดความก้าวร้าว (Buss-Perry Aggression) แบบวัดความเห็นอกเห็นใจ (Adolescent Measure of Empathy and Sympathy) และแบบวัดการสัมผัสความรุนแรง (Exposure to Violence in Video Games) ของ Lacko et al. (2024) ประกอบด้วย 4 ผลกระทบ ได้แก่ 1) ผลกระทบต่อทัศนคติ (Attitudes) 2) ผลกระทบต่อพฤติกรรม (Behavior) 3) ผลกระทบต่อความรู้สึก (Feelings) และ 4) ผลกระทบต่อสังคม (Society) ซึ่งแบบวัดเป็นมาตรประเมินค่า มี 5 ระดับ ตั้งแต่ “ไม่เห็นด้วย” จนถึง “เห็นด้วยอย่างยิ่ง” รวมทั้งสิ้น 16 ข้อ โดยกำหนดช่วงคะแนนเพื่อแปลความหมายค่าเฉลี่ยตามหลักการคำนวณความกว้างของอันตรภาคชั้นของ Best (1977) ดังนี้

$$IDV = \frac{\text{Max}-\text{Min}}{N} = \frac{5-1}{3} \approx 1.333 \quad (2)$$

จากเครื่องมือการวิจัยในข้อ 2 และ 3 โดยกำหนดช่วงคะแนนเพื่อแปลความหมายค่าเฉลี่ยตามหลักการคำนวณความกว้างของอันตรภาคชั้นของ Best (1977) สามารถสรุปเกณฑ์การแปลผลคะแนนเฉลี่ยดัง Table 1. ต่อไปนี้

**Table 1.** Criteria for Interpreting the Mean Scores of Perceptions and the Effects of Violence Reduction in Video Games for Esports Competitions

| Interpreting the results | Perceived Attenuation of Violence | Assessing the Impact of Attenuation of Violence |
|--------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------|
| High level               | .334 – 1                          | 3.668 – 5                                       |
| Medium level             | -.333 - .333                      | 2.334 – 3.667                                   |
| Low level                | -1 - -.334                        | 1 – 2.333                                       |

4. แบบสัมภาษณ์เชิงลึกการลดทอนความรุนแรงในวิดีโอเกมสำหรับการแข่งขันกีฬาอีสปอร์ต โดยศึกษาจากโครงสร้างสำหรับการสัมภาษณ์เชิงลึกแบบปรากฏการณ์วิทยา (A Structure for In-Depth, Phenomenological Interviewing) ของ Seidman (2006:16-24) ประกอบด้วย 4 ข้อ

#### 4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยนี้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยระบบคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมได้จากกลุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ตามวิธีการทางสถิติ การวิเคราะห์แบ่งออกเป็นดังต่อไปนี้

วัตถุประสงค์ที่ 1 และ 2 ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติบรรยายเพื่ออธิบายลักษณะของกลุ่มตัวอย่างและลักษณะตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าความถี่ (Frequency) ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

วัตถุประสงค์ที่ 3 การวิเคราะห์ความแตกต่างด้วยการทดสอบ t (t-test Analysis) เป็นการทดสอบเปรียบเทียบความแตกต่างของลักษณะประชากรศาสตร์ต่อการรับรู้และผลกระทบของการลดทอนความรุนแรงในวิดีโอเกมสำหรับการแข่งขันอีสปอร์ตในการทดสอบ โดยกำหนดค่าระดับนัยสำคัญที่ .05

#### 5. ผลการวิจัย (Results)

จากระเบียบวิธีการวิจัย สามารถรายงานผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์การวิจัยได้ดังนี้

##### 5.1 ผลการศึกษาการรับรู้การลดทอนความรุนแรงในวิดีโอเกมสำหรับการแข่งขันกีฬาอีสปอร์ต

ผลการวิจัย ดัง Table 2.

**Table 2.** Perceived Deviating Violence in Video Games for Esports Competition

| Perceived Deviating Violence in Video Games for Esports Competition | No. of respondents (people) |          |          | Average     |             |               |
|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------|----------|-------------|-------------|---------------|
|                                                                     | Can't tell                  | Not sure | Can tell | $\bar{x}$   | S.D.        | Interpret     |
| <b>Understanding</b>                                                |                             |          |          | <b>.098</b> | <b>.324</b> | <b>Medium</b> |
| Street Fighter uses magic attack graphics.                          | 121                         | 142      | 137      | .040        | .803        | Medium        |
| PUBG can change the color of blood from red to other colors.        | 23                          | 187      | 190      | .417        | .599        | High          |
| FIFA displays crash animations in the game.                         | 150                         | 139      | 111      | -.097       | .803        | Medium        |
| Tekken does not show serious injuries during or after combat.       | 69                          | 174      | 157      | .220        | .720        | Medium        |
| Overwatch or Valorant use brightly colored graphics.                | 162                         | 112      | 126      | -.090       | .845        | Medium        |

**Table 2.** Perceived Deviating Violence in Video Games for Esports Competition (Cont.)

| Perceived Deviating Violence in Video Games for Esports Competition                                              | No. of respondents (people) |          |          | Average      |             |               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------|----------|--------------|-------------|---------------|
|                                                                                                                  | Can't tell                  | Not sure | Can tell | $\bar{x}$    | S.D.        | Interpret     |
| <b>Observation</b>                                                                                               |                             |          |          | <b>-.158</b> | <b>.313</b> | <b>Medium</b> |
| Valorant does not show blood from being shot.                                                                    | 149                         | 121      | 130      | -.047        | .835        | Medium        |
| ROV uses skills and abilities that do not show blood.                                                            | 235                         | 77       | 88       | -.367        | .821        | Medium        |
| FIFA does not show serious injuries when fouling occurs.                                                         | 107                         | 161      | 132      | .062         | .771        | Medium        |
| Gran Turismo: Car crashes do not show blood or injury.                                                           | 264                         | 62       | 74       | -.475        | .788        | Low           |
| Free Fire uses combat graphics that do not show injury.                                                          | 116                         | 152      | 132      | .040         | .787        | Medium        |
| <b>Perception</b>                                                                                                |                             |          |          | <b>-.545</b> | <b>.439</b> | <b>Low</b>    |
| The game does not show blood and injury from being eliminated.                                                   | 93                          | 151      | 156      | .157         | .774        | Medium        |
| Games that use weapon or cosmetic skins instead of normal visuals.                                               | 279                         | 60       | 61       | -.545        | .745        | Low           |
| Games that use special move animations instead of normal visuals.                                                | 310                         | 42       | 48       | -.655        | .683        | Low           |
| Games that have target or mission objectives, such as scoring more points than winning through physical attacks. | 356                         | 24       | 20       | -.840        | .485        | Low           |
| Games with blurry or low-resolution graphics.                                                                    | 360                         | 18       | 22       | -.845        | .492        | Low           |
| <b>Average</b>                                                                                                   |                             |          |          | <b>-.202</b> | <b>.201</b> | <b>Medium</b> |

## 5.2 ผลการประเมินผลกระทบของการลดทอนความรุนแรงในวิดีโอเกมสำหรับการแข่งขันอีสปอร์ต

ผลการวิจัย ดัง Table 3.

**Table 3.** Impact of Deviating Violence in Video Games for Esports Competition

| Impact of Deviating Violence on Video Games for Esports Competition                      | Average      |             |             |
|------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------|-------------|
|                                                                                          | $\bar{x}$    | S.D.        | Interpret   |
| <b>Attitudes</b>                                                                         | <b>4.281</b> | <b>.362</b> | <b>High</b> |
| Reducing violence in games helps players have a more positive attitude towards the game. | 4.345        | .361        | High        |

**Table 3.** Impact of Deviating Violence in Video Games for Esports Competition (Cont.)

| Impact of Deviating Violence on Video Games for Esports Competition                                                                                                                                           | Average      |             |               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------|---------------|
|                                                                                                                                                                                                               | $\bar{x}$    | S.D.        | Interpret     |
| Games that lack overt violence make players perceive them as age appropriate.                                                                                                                                 | 4.230        | .365        | High          |
| Reducing violence in games makes players feel that games have dimensions beyond just fighting.                                                                                                                | 4.205        | .372        | High          |
| Reducing violence in games makes players see esports as a safe activity.                                                                                                                                      | 4.343        | .351        | High          |
| <b>Behavior</b>                                                                                                                                                                                               | <b>2.063</b> | <b>.167</b> | <b>Low</b>    |
| Reducing violence in games promotes calmer and less aggressive behavior in players.                                                                                                                           | 1.930        | .170        | Low           |
| Reducing violence in games allows players to play without feeling stressed or angry.                                                                                                                          | 2.166        | .186        | Low           |
| The absence of gore in games reduces real-life violent behavior.                                                                                                                                              | 2.035        | .148        | Low           |
| Reducing violence in games allows players to enjoy the game more without feeling guilty.                                                                                                                      | 2.113        | .164        | Low           |
| <b>Feelings</b>                                                                                                                                                                                               | <b>3.775</b> | <b>.503</b> | <b>High</b>   |
| Reducing violence in games helps players develop better creativity and strategy.                                                                                                                              | 3.901        | .490        | High          |
| Reducing violence in games makes players feel more relaxed and enjoy the game more.                                                                                                                           | 3.798        | .513        | High          |
| The absence of gore or violence in games makes players feel that the game is not stressful.                                                                                                                   | 3.706        | .502        | High          |
| Reducing violence in games allows players to enjoy themselves without relying on violent content.                                                                                                             | 3.679        | .507        | High          |
| <b>Society</b>                                                                                                                                                                                                | <b>4.417</b> | <b>.735</b> | <b>High</b>   |
| Reducing violence in games promotes better interaction with teammates and other players.                                                                                                                      | 4.281        | .742        | High          |
| Reducing violence in esports helps create a positive gaming atmosphere within the community.                                                                                                                  | 4.510        | .730        | High          |
| Reducing violence in games makes players feel that the game is appropriate and accessible to everyone in society. Reducing violence in games makes players feel that games can be a suitable family activity. | 4.469        | .729        | High          |
| Reducing violence in games promotes better interaction with teammates and other players.                                                                                                                      | 4.407        | .747        | High          |
| <b>Average</b>                                                                                                                                                                                                | <b>3.634</b> | <b>.442</b> | <b>Medium</b> |

### 3. ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของลักษณะประชากรศาสตร์ต่อการรับรู้และผลกระทบของการลדתอนความรุนแรงในวิดีโอเกมสำหรับการแข่งขันอีสปอร์ต

ผลการวิจัย ดัง Table 4. และ Table 5.

**Table 4.** A Comparison of Gender Differences on the Perception and Impact of Deviating Violence in Video Games for Esports Competition

| Issue of Comparing Independent Variables | Man (278)    |             |               | Woman (122)  |             |               | t            | P           | Interpret |
|------------------------------------------|--------------|-------------|---------------|--------------|-------------|---------------|--------------|-------------|-----------|
|                                          | $\bar{x}$    | S.D.        | Interpret     | $\bar{x}$    | S.D.        | Interpret     |              |             |           |
| <b>PDV</b>                               | <b>-.205</b> | <b>.210</b> | <b>Medium</b> | <b>-.195</b> | <b>.178</b> | <b>Medium</b> | <b>-.434</b> | <b>.643</b> | <b>No</b> |
| Understanding                            | .131         | .290        | Medium        | .023         | .382        | Medium        | 2.792        | .006*       | Yes       |
| Observation                              | -.153        | .309        | Medium        | -.167        | .322        | Medium        | .411         | .681        | No        |
| Perception                               | -.591        | .433        | Low           | -.441        | .436        | Low           | -3.193       | .002*       | Yes       |
| <b>IDV</b>                               | <b>3.728</b> | <b>.458</b> | <b>High</b>   | <b>3.550</b> | <b>.436</b> | <b>Medium</b> | <b>-.222</b> | <b>.824</b> | <b>No</b> |
| Attitudes                                | 4.352        | .310        | High          | 4.197        | .387        | High          | .566         | .572        | No        |
| Behavior                                 | 2.382        | .193        | Medium        | 1.804        | .134        | Low           | 2.978        | .002*       | Yes       |
| Feelings                                 | 3.815        | .508        | High          | 3.753        | .497        | High          | .906         | .729        | No        |
| Society                                  | 4.363        | .704        | High          | 4.447        | .752        | High          | -1.686       | .093        | No        |

**Table 5.** A Comparison of Educational Level Differences on the Perception and Impact of Deviating Violence in Video Games for Esports Competition

| Issue of Comparing Independent Variables | Upper Secondary (200) |             |               | Bachelor (200) |             |               | t            | P           | Interpret |
|------------------------------------------|-----------------------|-------------|---------------|----------------|-------------|---------------|--------------|-------------|-----------|
|                                          | $\bar{x}$             | S.D.        | Interpret     | $\bar{x}$      | S.D.        | Interpret     |              |             |           |
| <b>PDV</b>                               | <b>-.212</b>          | <b>.193</b> | <b>Medium</b> | <b>-.192</b>   | <b>.208</b> | <b>Medium</b> | <b>-.996</b> | <b>.320</b> | <b>No</b> |
| Understanding                            | .096                  | .316        | Medium        | .100           | .333        | Medium        | -.123        | .902        | No        |
| Observation                              | -.151                 | .319        | Medium        | -.164          | .307        | Medium        | .415         | .678        | No        |
| Perception                               | -.580                 | .418        | Low           | -.511          | .457        | Low           | -1.576       | .116        | No        |
| <b>IDV</b>                               | <b>3.516</b>          | <b>.438</b> | <b>Medium</b> | <b>3.752</b>   | <b>.444</b> | <b>สูง</b>    | <b>-.020</b> | <b>.984</b> | <b>No</b> |
| Attitudes                                | 4.025                 | .403        | High          | 4.537          | .321        | High          | -.444        | .657        | No        |
| Behavior                                 | 1.847                 | .125        | Low           | 2.279          | .209        | Low           | -313         | .574        | No        |
| Feelings                                 | 3.836                 | .498        | High          | 3.714          | .508        | High          | .986         | .325        | No        |
| Society                                  | 4.238                 | .724        | High          | 4.596          | .746        | High          | -.183        | .855        | No        |

### 4. ผลการนำเสนอแนวทางเชิงนโยบายสำหรับการใช้วิดีโอเกมสำหรับการแข่งขันอีสปอร์ตที่มีการนำเสนอความรุนแรงในสถานศึกษาของประเทศไทย

ผลการวิจัย ดัง Table 6.

**Table 6.** Results of A Policy Presentation Regarding the use of Video Games for Esports Competitions that feature Violence in Educational Institutions in Thailand

| Questions                                                                                                                                                                                            | Educational Administration                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Educational Innovation/Technology                                                                                                                                                                                                                                       | Game Technology, Entertainment Business, Multimedia                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| How should violent video games for esports be regulated in Thai educational institutions, and what kind of restrictions should be imposed?                                                           | In my view, control should be in the form of a system rather than a ban. Educational institutions should clearly define the types of games that can be used, perhaps based on international video game rating systems such as age and violence levels, to ensure appropriateness for the learners and the educational context.        | I think we should use design-based controls, such as selecting game modes or versions with reduced violence. Thai educational institutions can adapt game rating systems from other countries to help decide which games are appropriate for different learning levels. | I believe that control shouldn't be truly separate. Perhaps a universal game rating system could be used as a base, or Thailand could develop its own, similar to the rating systems we have for television and films. This would allow educational institutions to know which games are appropriate for educational purposes and which should be restricted to higher education levels only. |
| Would de-escalating violence in esports video games help make them suitable for use in educational institutions? And what improvements should be made to ensure suitability in educational settings? | Reducing violence already enhances appropriateness. Specifically at the secondary school level, realistic depictions of violence, blood, or content that portrays cruelty should be minimized, and the focus should be on skill-based competition, teamwork, and strategy, which aligns better with the school's learning objectives. | It has to be appropriate because games can become learning tools, not just entertainment. The content should be adapted to foster analytical thinking, problem-solving, and creative competition, rather than focusing on winning through violence.                     | Reducing violence makes games more accessible, especially in schools. By minimizing visual violence while maintaining the competitive system and core mechanics, it can preserve the values of esports and its educational appropriateness simultaneously.                                                                                                                                    |

**Table 6.** Results of A Policy Presentation Regarding the Use of Video Games for Esports Competitions that Feature Violence in Educational Institutions in Thailand (Cont.)

| Questions                                                                                                                                                                                                                      | Educational Administration                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Educational Innovation/Technology                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Game Technology, Entertainment Business, Multimedia                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Is it necessary for educational institutions hosting esports competitions to have regulations, policies, or guidelines regarding the use of violent games in school activities? What approach would best help reduce violence? | Educational institutions should definitely have written policies in place, such as guidelines for game selection, allowing only games that have been assessed for violence levels, and supervision by teachers or activity supervisors. This would legitimize the organization of esports activities in schools. | Absolutely, especially in an era where technology is integrated into every subject taught in the classroom. I think the policy needs to clearly state that the games used must align with the curriculum, have learning objectives, and have undergone impact assessments.                                                         | It is absolutely essential because esports involves business, culture, and youth. A good approach should be collaboration between educational institutions, game developers, and regulatory bodies to establish standards or policies to be used in educational institutions.                                             |
| How should educational institutions provide training or information about the psychological impact of playing violent esports video games?                                                                                     | I believe both teachers and students should receive training on understanding the emotional impact, stress, and the imitation of violent behavior. Preventive education will help ensure the appropriate use of esports in educational institutions.                                                             | I think it should be designed as a short course or extracurricular activity, such as clubs, groups, sports days, or science weeks, to help students understand the difference between the gaming world and the real world, as well as managing emotions, aggression, and using technology responsibly, which are important skills. | I believe communication needs to be direct, not about prohibiting something beforehand and saying it's bad or inappropriate. Instead, it's about understanding how violence in games can affect emotions and behavior, and teaching them how to play within limits. This will help young people grow up embracing change. |

## 6. สรุปผลการวิจัย (Conclusion)

ผลการสรุปผลของการลดทอนความรุนแรงในวิดีโอเกมสำหรับการแข่งขันกีฬาอีสปอร์ตกับการยอมรับเชิงนโยบายในสถานศึกษาของประเทศไทย ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

**วัตถุประสงค์ที่ 1** จากตารางที่ 2 พบว่า ในภาพรวมมีการรับรู้การลดทอนความรุนแรงอยู่ในระดับปานกลาง (-.202) เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ด้านความเข้าใจเนื้อหาความรุนแรง เป็นด้านที่สามารถรับรู้ได้ดีที่สุด (.098) โดยเฉพาะ

การเปลี่ยนสีเลือดได้ซึ่งมีค่าเฉลี่ยสูง (.417) ทั้งนี้ ในทางกลับกันด้านการรับรู้การลดทอนความรุนแรงอยู่ในระดับต่ำ (-.545) โดยเฉพาะเรื่องสกินอาวูธ (-.840) และการทำคะแนนแทนชัยชนะ (-.845)

**วัตถุประสงค์ที่ 2** จากตารางที่ 3 พบว่า ในภาพรวมผลกระทบการลดทอนความรุนแรงอยู่ในระดับปานกลาง (3.634) เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า การลดทอนความรุนแรงส่งผลกระทบเชิงบวกในระดับสูง (4.417) และด้านทัศนคติ (4.281) โดยเห็นว่าช่วยสร้างบรรยากาศที่ดีในชุมชนและทำให้เกมดูเป็นกิจกรรมที่ปลอดภัยสำหรับครอบครัว (4.407) ในทางกลับกันด้านพฤติกรรมในระดับต่ำที่สุด (2.063)

**วัตถุประสงค์ที่ 3** จากตารางที่ 4 พบว่า เพศชายและเพศหญิงมีการรับรู้และประเมินผลกระทบในภาพรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในด้านความเข้าใจ การรับรู้ และพฤติกรรม และจากตารางที่ 5 พบว่า นักเรียนมัธยมปลายและนักศึกษาระดับปริญญาตรีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกมิติ

**วัตถุประสงค์ที่ 4** จากการสัมภาษณ์ในตารางที่ 6 พบว่า สถานศึกษาควรใช้ระบบการควบคุม (Rating System) ตามมาตรฐานสากลหรือพัฒนาขึ้นเองเพื่อจัดแบ่งความเหมาะสมตามช่วงอายุ ในด้านการจัดเรตดิงนั้น ประเทศไทยยังไม่มีระบบเรตสำหรับวิดีโอเกมอย่างเป็นทางการ แม้จะมีการจัดเรตสื่อภาพยนตร์และวิดีโอแล้ว และใช้การควบคุมผ่านการออกแบบ (Design-Based Control) อาทิ การเลือกโหมดเกมที่ไม่มีความรุนแรงสำหรับพัฒนาทักษะและการวางแผน ทั้งนี้ สถานศึกษาต้องมีนโยบายที่เป็นลายลักษณ์อักษรในการคัดเลือกเกมและมีครูกำกับดูแลอย่างชัดเจน โดยข้อเสนอแนะนี้สอดคล้องกับข้อค้นพบทางวิชาการและนโยบายหลายประการ และการจัดอบรมให้ข้อมูลผลกระทบทางจิตใจ เพื่อเสริมสร้างความฉลาดทางอารมณ์และช่วยให้นักเรียนแยกแยะระหว่างโลกสมมติในเกมและโลกแห่งความเป็นจริงได้

## 7. อภิปรายผลการวิจัย (Discussion)

การอภิปรายผลของการลดทอนความรุนแรงในวิดีโอเกมสำหรับการแข่งขันกีฬาอีสปอร์ตกับการยอมรับเชิงนโยบาย ในสถานศึกษาของประเทศไทย สามารถเชื่อมโยงกับผลการวิจัยที่ได้สรุปผลไว้ ดังนี้

1. การรับรู้การลดทอนความรุนแรงในวิดีโอเกมสำหรับการแข่งขันกีฬาอีสปอร์ต จากผลการวิจัยพบว่า สอดคล้องกับงานวิจัยที่พบว่าการใช้เลือดสีสมจริงที่เป็นสีแดงเพิ่มความเฝ้าระวังและความรู้สึกก้าวร้าวของผู้เล่นมากกว่าเลือดที่มีสีผิดธรรมชาติ (Jeong et al., 2012) ดังนั้นการปรับสีเลือดให้ไม่สมจริงจึงลดทอนการรับรู้ความรุนแรง ซึ่งสอดคล้องกับหลักเกณฑ์การจัดเรตวิดีโอเกมเกมสากลที่มีหมวด Animated Blood สำหรับเลือดที่มีสีผิดธรรมชาติหรือลดทอนความสมจริง เพื่อบ่งชี้ว่าเนื้อหามีความรุนแรงต่ำกว่าเกมที่มีเลือดสมจริง (Entertainment Software Rating Board, n.d.c) และการค้นคว้าทางสังคมวิทยาสะท้อนว่าการเปลี่ยนแปลงเชิงสัญลักษณ์จะช่วยลดภาพความรุนแรง แต่เป็นเพียงการปรับเปลี่ยนผิวเผิน ไม่ได้แก้ไขพฤติกรรมความรุนแรงในวิดีโอเกม (Kreimeier, 1999) กล่าวคือวิดีโอเกมยังต่อสู้อยู่กับเป้าหมายให้ “กำจัด” ฝ่ายตรงข้ามซึ่งผู้เล่นมองว่าการเล่นไม่ได้ลดทอนความรุนแรงแต่จริง

2. ผลกระทบของการลดทอนความรุนแรงในวิดีโอเกมสำหรับการแข่งขันอีสปอร์ต จากผลการวิจัยพบว่า สอดคล้องกับรายงานสมาคมกุมารแพทย์แห่งอเมริกา ระบุว่าการเล่นที่สื่อความรุนแรงด้วยสื่อเชิงบวกส่งผลให้พฤติกรรมก้าวร้าวของเด็กลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการลดทอนความรุนแรงในเกมสามารถช่วยให้ผู้ปกครองรู้สึกสบายใจที่จะให้บุตรหลานเล่นเกมมากขึ้น และส่งเสริมว่าเป็นกิจกรรมสร้างสรรค์มากกว่าจะเป็นภัยต่อเยาวชน (Council on Communications and Media, 2016) และสอดคล้องกับงานวิจัยจากมหาวิทยาลัยออกซ์ฟอร์ด โดยพบว่า เนื้อหาความรุนแรงในวิดีโอเกมไม่ได้ส่งผลระยะยาวอย่างมีนัยสำคัญต่อพฤติกรรมความก้าวร้าวในโลกจริง ไม่มีความสัมพันธ์ชัดเจนระหว่างการเล่นวิดีโอเกมที่น่าเสนอเนื้อหาความรุนแรงกับระดับความก้าวร้าวของวัยรุ่น (Przybylski & Weinstein, 2019)

3. การเปรียบเทียบความแตกต่างของลักษณะประชากรศาสตร์ต่อการรับรู้และผลกระทบของการลดทอนความรุนแรงในวิดีโอเกมสำหรับการแข่งขันอีสปอร์ต จากผลการวิจัยพบว่า สอดคล้องกับข้อมูลเชิงสถิติที่ว่านักกีฬาอีสปอร์ตส่วนใหญ่ในประเทศไทยเป็นเพศชายร้อยละ 97.5 และอยู่ในช่วงวัยรุ่นตอนปลายถึงวัยผู้ใหญ่ตอนต้น (Isranews Agency, 2019) แต่อาจกล่าวได้ว่าเพศไม่ใช่ปัจจัยชี้ขาดในการรับรู้หรือตอบสนองต่อสื่อเกมรุนแรงเสมอไป ดังปรากฏในงานวิจัยที่พบว่า ผู้เล่นหญิงสามารถเกิดความคิดเชิงรุกหรือตอบสนองทางอารมณ์ต่อเกมรุนแรงได้ หากเงื่อนไขการเล่นเป็นปัจจัยนำ เช่น เล่น

ในมุมมองตัวละครชายหรือเผชิญคู่ต่อสู้ชาย เป็นต้น (Eastin, 2006) และสอดคล้องกับงานสำรวจในต่างประเทศที่ระบุว่า ช่วงมัธยมและมหาวิทยาลัยเล่นวิดีโอเกมเป็นกิจกรรมสันทนาการ

4. แนวทางเชิงนโยบายสำหรับการใช้วิดีโอเกมสำหรับการแข่งขันอีสปอร์ตที่มีการนำเสนอความรุนแรงในสถานศึกษาของประเทศไทย จากผลการวิจัยพบว่า สอดรับกับวิทยานิพนธ์ของ Praditpastra (2016) เสนอว่า การจัดเรตวิดีโอเกมตามช่วงอายุเป็นมาตรการที่เหมาะสมที่สุดในการควบคุมเกมที่มีความรุนแรง เนื่องจากช่วยจำแนกเนื้อหาเกมให้เหมาะสมกับวัยผู้เล่น และเป็นการป้องกันผู้เล่นเข้าถึงเนื้อหาไม่เหมาะสมได้อย่างเป็นระบบ โดยมีคำจำกัดความว่า “เกมออนไลน์ที่ปลอดภัยสำหรับเด็กและเยาวชน” ว่าเป็นวิดีโอเกมที่ไม่มีความรุนแรงหรือเนื้อหาที่เป็นอันตราย และไม่ส่งเสริมให้เลียนแบบพฤติกรรมเบี่ยงเบนหรือพฤติกรรมก้าวร้าวใด ๆ ทั้งสิ้น” (Ninphet & Sripa, 2023) ซึ่งสอดคล้องกับข้อเสนอของสมาคมวิทยุและสื่อเพื่อเด็กและเยาวชน (สสย.) ร่วมกับสำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.) ที่ได้แนะนำให้ภาครัฐไม่ควรจัดการแข่งขันวิดีโอเกมที่มีความรุนแรงในสถานศึกษา และผู้เข้าแข่งขันที่เป็นเยาวชนต้องได้รับอนุญาตจากผู้ปกครอง ตลอดจนควรมีกฎหมายกำกับดูแลธุรกิจเกมและการแข่งขันอีสปอร์ต เพื่อคุ้มครองเด็กและเยาวชน (National Health Commission Office, 2021) และสุดท้ายแนวทางนี้สอดคล้องกับมติสมัชชาสุขภาพแห่งชาติ พ.ศ. 2561 ที่ระบุว่า ความรับผิดชอบร่วมทางสังคมเกี่ยวกับอีสปอร์ตต่อสุขภาพเด็ก ซึ่งทำให้ความรู้และการปกป้องผู้เล่นเยาวชนในวิดีโอเกมอย่างเป็นรูปธรรม ดังนั้น การดำเนินการตามแนวทางนี้จะช่วยให้การนำกีฬาอีสปอร์ตเข้าสู่สถานศึกษาของประเทศไทยก่อเกิดประโยชน์สูงสุด ทั้งในการพัฒนาทักษะดิจิทัลและความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน โดยลดความเสี่ยงด้านจิตใจและสังคมจากเนื้อหาความรุนแรงในวิดีโอเกมสำหรับการแข่งขันกีฬาอีสปอร์ตให้น้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

## 8. ข้อเสนอแนะงานวิจัย (Recommendation)

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งถัดไปควรพัฒนาเป็นการวิจัยแบบผสมผสานที่เชื่อมโยงข้อมูลเชิงปริมาณกับหลักฐานเชิงพฤติกรรมและบริบทจริง เช่น การทดลองหรือกึ่งทดลอง (Experimental/Quasi-Experimental) เปรียบเทียบวิดีโอเกมที่ลดทอนความรุนแรง กับ วิดีโอเกมแบบปกติ โดยเก็บข้อมูลก่อนหลัง (Pre-Post) ทั้งด้านอารมณ์ ทัศนคติ และพฤติกรรม รวมถึงเพิ่มการสังเกตการณ์ในสถานการณ์การแข่งขันหรือการเรียนรู้ในชั้นเรียนเพื่อยืนยันความสอดคล้องกับแบบสอบถาม ควรขยายกลุ่มตัวอย่างให้ครอบคลุมผู้ปกครอง ครู ผู้บริหาร และผู้เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมเกมและอีสปอร์ต เพื่อประเมินการยอมรับเชิงนโยบายและใช้การวิเคราะห์แบบจำลองเพื่อทดสอบความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างการรับรู้ผลกระทบ และนโยบาย ทั้งนี้ควรพัฒนาดัชนีการลดทอนความรุนแรงหรือระบบจัดเรตวิดีโอเกมสำหรับประเทศไทย และตรวจสอบความเที่ยงตรงกับผู้เชี่ยวชาญ (Content Validity) เพื่อให้เครื่องมือวัดมีมาตรฐาน

ทั้งนี้เชิงนโยบายหน่วยงานที่สามารถนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์เพื่อเป็นแนวทางต่อไป ได้แก่ 1) กระทรวงศึกษาธิการ ซึ่งสามารถนำผลการวิจัยไปพัฒนาหลักสูตรการเรียนการสอนในโรงเรียน โดยการนำเสนอแนวทางที่สามารถลดความรุนแรงจากการเล่นเกมและส่งเสริมการพัฒนาอารมณ์ ทัศนคติ และพฤติกรรมที่ดีของนักเรียน 2) กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา โดยเฉพาะในส่วนของผู้บริหารอุตสาหกรรมเกมและอีสปอร์ต ซึ่งสามารถนำผลการวิจัยไปใช้ในการส่งเสริมความปลอดภัยในอุตสาหกรรมเกมและกีฬาอีสปอร์ต รวมถึงพัฒนานโยบายที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมวิดีโอเกมที่ช่วยลดความรุนแรง 3) กระทรวงสาธารณสุข สามารถใช้ผลการวิจัยเพื่อสนับสนุนการพัฒนาแนวทางในการลดผลกระทบจากการเล่นเกมที่อาจทำให้เกิดพฤติกรรมที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพจิตและร่างกาย ด้วยการป้องกันและส่งเสริมการเล่นเกมที่มียุทธศาสตร์ นอกจากนี้ยังสามารถพัฒนาแนวทางการให้คำปรึกษาและการให้ความรู้แก่ครอบครัวเกี่ยวกับการเล่นเกมที่มีผลดีต่อการพัฒนาอารมณ์และทักษะต่าง ๆ ของเด็กและเยาวชน

ในส่วนของหน่วยงานอุตสาหกรรมเกมและอีสปอร์ต ได้แก่ 1) สำนักงานคณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (NBTC) และ 2) สมาคม ชมรม สโมสร และบริษัทในอุตสาหกรรมเกมและอีสปอร์ต สามารถใช้ผลการวิจัยในการพัฒนามาตรการหรือระบบการจัดเรตวิดีโอเกมที่เหมาะสมและสอดคล้องกับบริบททางสังคมและวัฒนธรรมของประเทศไทย รวมถึงการส่งเสริมการเล่นเกมที่ปลอดภัยในแง่ของพฤติกรรมและผลกระทบทางสังคม

## 9. การเปิดเผยการใช้ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ (Declaration of Generative AI)

ผู้นิพนธ์และผู้นิพนธ์ร่วมขอประกาศว่า ได้มีการใช้ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์เฉพาะเพื่อการตรวจไวยากรณ์ การปรับปรุงภาษา และการแก้ไขคำผิดเท่านั้น โดยไม่ได้ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการสร้างเนื้อหาทางวิชาการ การวิเคราะห์ข้อมูล หรือการสรุปผลการวิจัย

## 10. การแสดงบทบาทผู้เขียน (CRediT Author Statement)

**Khajonsak Khanchai:** Conceptualization, Methodology, Formal Analysis, Writing-Original Draft, and Writing-Review & Editing.

**Chanaphorn Panyakanphon:** Investigation, Data Curation, Project Administration, and Validation.

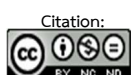
**Thakorn Pruettipuranee:** Resources, and Visualization.

All authors read and approved the final manuscript.

## 11. เอกสารอ้างอิง (References)

- American Psychological Association. (2015, August 13). *APA Review Confirms Link Between Playing Violent Video Games and Aggression*. <https://www.apa.org/news/press/releases/2015/08/violent-video-games>
- Anderson, C. A., & Dill, K. E. (2000). Video Games and Aggressive Thoughts, Feelings, and Behavior in the Laboratory and in Life. *Journal of Personality and Social Psychology*, 78(4), 772-790. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.78.4.772>
- Best, J. W. (1977). *Research in Education*. Prentice Hall.
- Council on Communications and Media. (2016). Virtual Violence. *Pediatrics*, 138(2), e20161298. <https://doi.org/10.1542/peds.2016-1298>
- Drummond, A. (2020, 22 July). *No Long-Term Link Between Video Games and Aggressive Behaviour in Youth*. <https://www.royalsociety.org.nz/research/no-long-term-link-between-video-games-and-aggressive-behaviour-in-youth>
- Eastin, M. S. (2006). Video Game Violence and the Female Game Player: Self- and Opponent Gender Effects on Presence and Aggressive Thoughts. *Human Communication Research*, 32(3), 351-372. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2958.2006.00279.x>
- Entertainment Software Rating Board. (n.d.a). *PlayerUnknown's Battlegrounds: PUBG Corporation*. <https://www.esrb.org/ratings/36140/playerunknowns-battlegrounds>
- Entertainment Software Rating Board. (n.d.b.). *Counter-Strike: Global Offensive: Valve Corporation*. <https://www.esrb.org/ratings/100491/counter-strike-global-offensive>
- Entertainment Software Rating Board. (n.d.c). *Ratings Guide*. <https://www.esrb.org/ratings-guide>
- Fowley, K. (2009, February 25). *California Law Banning Sale of Video Games to Minors Ruled Unconstitutional*. <https://ncac.org/news/blog/california-law-banning-sale-of-video-games-to-minors-ruled-unconstitutional>
- Isranews Agency. (2019, December 30). *Esports is One of the Top Dream Careers for Thai Children*. <https://www.isranews.org/article/thaireform/thaireform-documentary/83716-e-sport83716.html> (In Thai)
- Jeong, E. J., Biocca, F. A., & Bohil, C. J. (2012). Sensory Realism and Mediated Aggression in Video Games. *Computers in Human Behavior*, 28(5), 1840-1848. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2012.05.002>
- Kreimeier, B. (1999, August 27). *Killing Games: A Look at German Videogame Legislation*. <https://www.gamedeveloper.com/business/killing-games-a-look-at-german-videogame-legislation>

- Kumari, L., Sharma, U., & Singh, S. (2022). E-Sports, Anxiety, Aggression and Psychological Well-being: A Cross-sectional Study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 16(9), 1-6. <https://doi.org/10.7860/jcdr/2022/55801.16883>
- Lacko, D., Machackova, H., & Smahel, D. (2024). Does Violence in Video Games Impact Aggression and Empathy? A Longitudinal Study of Czech Adolescents to Differentiate Within- and Between-Person Effects. *Computers in Human Behavior*, 159, 108341. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2024.108341>
- National Health Commission Office. (2021). *Research Indicates that Children and Youth are Addicted to Video Games for an Average of 5 Hours per Day, Spending 5,000 Baht per Month*. <https://old.nationalhealth.or.th/th/node/3006> (In Thai)
- Ninphet, T., & Sripa, K. (2023). Measures to Promote Creative and Safe Online Games for Children and Youth Through a Collaboration Network. *Rajabhat Chiang Mai Research Journal*, 24(1), 72-91. <https://doi.org/10.57260/rcmrj.2023.261694>
- Papattha, C., Kamma, C., Phrombandachok, W., Paensuwan, W., Dansathian, T., Panthusuwan, P., Chaisangduen, P., & Sukhsap, W. (2018). Effects of Watching Violent Behavior Content's Game Videos of Students at the Faculty of Mass Communication Technology, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon. *Journal for Research and Innovation, Institute of Vocational Education Bangkok*, 1(2), 109-118. (In Thai)
- Praditpastra, C. (2016). *Legal Measures for Regulation Violent Video Games*. [Master's thesis, Thammasat University]. Thammasat University Digital Collections. [https://digital.library.tu.ac.th/tu\\_dc/frontend/Info/item/dc:91360](https://digital.library.tu.ac.th/tu_dc/frontend/Info/item/dc:91360) (In Thai)
- Przybylski, A. K., & Weinstein, N. (2019). Violent Video Game Engagement is Not Associated with Adolescents' Aggressive Behaviour: Evidence from a Registered Report. *Royal Society Open Science*, 6(2), 171474. <https://doi.org/10.1098/rsos.171474>
- Seidman, I. (2006). *Interviewing as Qualitative Research: A Guide for Researchers in Education and the Social Sciences* (13<sup>th</sup> ed.). Teachers College Press.
- Wattanathitikul, K. (2023, October 14). *While Esports is Making History and Winning Medals in Almost Every Tournament, Why is 'Gaming' Still Blamed for Youth Problems?* <https://themomentum.co/gameon-esport-videogame-violent> (In Thai)



## Developing an Information System for Minor Program Student Admission through Action Research of Faculty of Humanities and Social Sciences, Prince of Songkla University

Lakkana Chunthing<sup>1</sup> and Nitjanan Phetsangkahat<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Humanities and Social Sciences, Prince of Songkla University, Pattani Campus, Pattani 94000, Thailand; Email: lakkana.c@psu.ac.th

<sup>2,\*</sup>Faculty of Humanities and Social Sciences, Prince of Songkla University, Pattani Campus, Pattani 94000, Thailand; Email: nitjanan.p@psu.ac.th

*\*Corresponding author: Nitjanan Phetsangkahat (nitjanan.p@psu.ac.th)*

**Received:** 27 January 2026; **Revised:** 17 March 2026;

**Accepted:** 23 March 2026; **Published:** 30 April 2026

### Abstract

This research aimed to develop and evaluate the quality of an information system for minor program student admission at the Faculty of Humanities and Social Sciences, Prince of Songkla University, using an action research methodology (PAOR). The study sample comprised 22 academic advisors, program chairs, and academic staff; 12 first-year undergraduate students; and 3 information technology experts. The research instruments included semi-structured interview guides, observation forms, and a system quality evaluation form. Data were analyzed using descriptive statistics. The research results showed that (1) regarding system development, the action research process based on the PAOR cycle was integrated with the System Development Life Cycle (SDLC) utilizing a 3-Tier Architecture and a relational database. It was developed using PHP and a MySQL database management system. The prominent feature of the developed system is its capability to support a Sequential Approval Workflow. It comprises key functions including online application, system-based approval workflow, real-time status tracking, automatic email notifications, and Excel report generation. The system reduced the operational processing time from 10-14 days to 3-5 days and decreased paper usage by 80%. (2) Regarding the system quality evaluation, the overall expert evaluation was at the highest level. When considering each dimension ranked by mean score from highest to lowest, it was found that information security and access control received the highest evaluation score. This was followed by system performance and efficiency, and system usability and user interface design, which were equally rated at the highest level, and finally system functionality and user requirements, which was also at the highest level.

**Keywords:** Student Admission, Minor Program, PAOR Cycle, Action Research, Information System



Copyright © 2026 Journal of Computer and Creative Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC-ND).

### Citation:

Chunthing, L., & Phetsangkahat, N. (2026). Developing an Information System for Minor Program Student Admission through Action Research of Faculty of Humanities and Social Sciences, Prince of Songkla University. *Journal of Computer and Creative Technology*, 4(1), e3443. <https://doi.org/10.65205/jcct.2026.e3443>

## การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการรับนักศึกษาวิชาโทด้วยกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ลักขณา ฉันทัง<sup>1</sup> และ นิจันท์ เพ็ชรสังฆาต<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี จังหวัดปัตตานี 94000 ประเทศไทย;  
Email: lakkana.c@psu.ac.th

<sup>2,\*</sup>คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี จังหวัดปัตตานี 94000 ประเทศไทย;  
Email: nitjanan.p@psu.ac.th

\*ผู้ประพันธ์บทความ: นิจันท์ เพ็ชรสังฆาต (nitjanan.p@psu.ac.th)

รับบทความ: 27 มกราคม 2569; แก้ไขบทความ: 17 มีนาคม 2569;

ตอบรับบทความ: 23 มีนาคม 2569; เผยแพร่บทความ: 30 เมษายน 2569

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและประเมินคุณภาพระบบสารสนเทศสำหรับการรับนักศึกษาวิชาโท คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยใช้กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ PAOR กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วย อาจารย์ที่ปรึกษา ประธานหลักสูตร และเจ้าหน้าที่วิชาการ จำนวน 22 คน นักศึกษาปริญญาตรีชั้นปีที่ 1 จำนวน 12 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 3 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง แบบบันทึกการสังเกตการณ์ และแบบประเมินคุณภาพระบบ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ผลการวิจัยพบว่า (1) ด้านการพัฒนาระบบ ได้บูรณาการกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามวงจร PAOR ร่วมกับการวิเคราะห์และวงจรพัฒนาระบบ SDLC ภายใต้สถาปัตยกรรมระบบแบบ 3 ระดับ (3-Tier Architecture) และฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ โดยพัฒนาด้วยภาษา PHP และระบบจัดการฐานข้อมูล MySQL ระบบที่พัฒนาขึ้นมีลักษณะเด่นคือ การรองรับการพิจารณาอนุมัติแบบลำดับขั้น (Sequential Approval Workflow) ประกอบด้วยฟังก์ชันหลัก ได้แก่ การสมัครออนไลน์ การพิจารณาอนุมัติผ่านระบบ การติดตามสถานะแบบเรียลไทม์ การแจ้งเตือนอัตโนมัติทางอีเมล และการส่งออกรายงานในรูปแบบ Excel ซึ่งระบบสามารถลดระยะเวลาการดำเนินงานจาก 10-14 วัน เหลือเพียง 3-5 วัน และลดการใช้เอกสารกระดาษลงได้ถึงร้อยละ 80 (2) ด้านผลการประเมินคุณภาพระบบ โดยผู้เชี่ยวชาญในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาารายด้านเรียงตามลำดับคะแนนเฉลี่ยจากมากไปน้อย พบว่า ด้านความปลอดภัยของข้อมูลและการควบคุมการเข้าถึง มีผลประเมินในระดับมากที่สุดเป็นอันดับแรก รองลงมาคือ ด้านประสิทธิภาพและการทำงานของระบบ และด้านความง่ายต่อการใช้งานและการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุดเท่ากัน ตามด้วยด้านการทำงานและความต้องการของผู้ใช้ ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุดเช่นกัน

**คำสำคัญ:** การรับเข้าศึกษา, วิชาโท, วงจร PAOR, วิจัยเชิงปฏิบัติการ, ระบบสารสนเทศ



Copyright © 2026 Journal of Computer and Creative Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC-ND).

การอ้างอิง:

ลักขณา ฉันทัง, และ นิจันท์ เพ็ชรสังฆาต. (2569). การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการรับนักศึกษาวิชาโทด้วยกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. วารสารคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสร้างสรรค์, 4(1), e3443. <https://doi.org/10.65205/jcct.2026.e3443>

## 1. บทนำ (Introduction)

ในยุคที่เทคโนโลยีดิจิทัลมีบทบาทสำคัญต่อการขับเคลื่อนสังคมและระบบการศึกษา องค์การการศึกษาทั้งภาครัฐและเอกชนได้นำระบบสารสนเทศมาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการงานในทุกระดับ (The National Board of Digital Economy and Society Office, 2019) แนวโบายายดังกล่าวสอดคล้องกับแผนยุทธศาสตร์ชาติ ระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2560-2579) ซึ่งมุ่งเน้นการพัฒนาและการยกระดับประสิทธิภาพระบบบริหารจัดการศึกษาในทุกระดับ (Office of the Education Council, 2017) ในระดับอุดมศึกษา ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการศึกษา (Management Information System: MIS) มีบทบาทสำคัญในการรวบรวม ประมวลผล และจัดการข้อมูลด้านทะเบียน การจัดการเรียนการสอน และการบริหารจัดการการรับนักศึกษา (Yimprasert & Tonjoin, 2015) ระบบที่มีคุณภาพต้องคำนึงถึงความถูกต้อง ความปลอดภัย และความสะดวกในการใช้งาน เพื่อให้สามารถสนับสนุนการปฏิบัติงานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Siriporn & Ritthaisong, 2021)

อย่างไรก็ตาม ในบริบทของคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ การบริหารจัดการรับนักศึกษาวิชาโท ซึ่งเปิดโอกาสให้นักศึกษาในหลากหลายสาขาวิชาเข้ามาศึกษา ยังคงเผชิญข้อจำกัดจากการดำเนินงานด้วยระบบเอกสาร (Paper-based) กระบวนการดังกล่าวมีขั้นตอนที่ซับซ้อน ตั้งแต่การกรอกแบบฟอร์ม การลงนามโดยอาจารย์ที่ปรึกษา และการส่งต่อให้ประธานหลักสูตรพิจารณาอนุมัติ ส่งผลให้เกิดความล่าช้าในขั้นตอนการหมุนเวียนเอกสารซึ่งใช้เวลาจนถึง 10-14 วัน รวมถึงมีความยุ่งยากในการติดตามสถานะ ปัญหาดังกล่าวยังเพิ่มความเสี่ยงต่อข้อผิดพลาดในการดำเนินงาน ซึ่งสอดคล้องกับข้อค้นพบที่ระบุว่าระบบการรับสมัครแบบเอกสารส่งผลกระทบโดยตรงต่อประสิทธิภาพการบริหารจัดการข้อมูลขององค์กร (Thaiklang & Sookkhaton, 2014)

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่ามีการพัฒนาระบบรับสมัครออนไลน์ในหลายบริบท เช่น การรับสมัครนักเรียน (Kanjapradit & Suebsor, 2025) การใช้แนวคิดแบบยืดหยุ่น (Agile) พัฒนาระบบรับสมัครนักศึกษา (Phongphet et al., 2023) และการพัฒนาระบบระดับบัณฑิตศึกษาเพื่อเพิ่มความปลอดภัยของข้อมูล (Wichaidit, 2024) อย่างไรก็ตาม งานวิจัยส่วนใหญ่มุ่งเน้นการรับสมัครในหลักสูตรปกติหรือระดับแรกเข้า (General Admission) ทำให้เกิดช่องว่างการวิจัยที่สำคัญ คือ ยังขาดแคลนงานวิจัยที่มุ่งพัฒนาระบบสำหรับการรับนักศึกษาวิชาโทโดยเฉพาะ ซึ่งมีลักษณะเฉพาะตัวที่ต้องอาศัยกระบวนการพิจารณาอนุมัติแบบลำดับขั้น (Sequential Approval Workflow) จากทั้งอาจารย์ที่ปรึกษาและประธานหลักสูตร

ดังนั้นเพื่อปิดช่องว่างดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงมุ่งพัฒนาระบบสารสนเทศที่รองรับกระบวนการพิจารณาอนุมัติแบบลำดับขั้น โดยให้ความสำคัญกับการวิเคราะห์และออกแบบระบบตามวงจรการพัฒนา (SDLC) (Laudon & Laudon, 2020; Sommerville, 2016) การวิจัยครั้งนี้ได้วิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้ที่หลากหลาย (Kanka, 2021) และออกแบบสถาปัตยกรรมระบบแบบ 3 ระดับ (3-Tier Architecture) ร่วมกับฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์เพื่อสร้างความเสถียรและปลอดภัย พร้อมทั้งบูรณาการกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ตามวงจร PAOR ของ Schön (1983) เข้ามาขับเคลื่อนการพัฒนา ซึ่งแนวทางดังกล่าวได้รับการพิสูจน์แล้วว่าสามารถยกระดับประสิทธิภาพของระบบและความพึงพอใจของผู้ใช้งานได้อย่างมีนัยสำคัญ (Issarasongkhram & Satihaporn, 2024); Ruenphongphun & Matman, 2024)

## 2. วัตถุประสงค์งานวิจัย (Research Objectives)

1. เพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับการรับนักศึกษาวิชาโท คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
2. เพื่อประเมินคุณภาพของระบบสารสนเทศสำหรับการรับนักศึกษาวิชาโท คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

## 3. การทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง (Literature Review)

### 3.1 ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการศึกษากับการรับนักศึกษาวิชาโท

การจัดการศึกษาในยุคดิจิทัลได้เปลี่ยนผ่านจากการดำเนินงานด้วยระบบเอกสารไปสู่การใช้ระบบสารสนเทศเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงาน โดยเฉพาะในระดับอุดมศึกษา ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการศึกษา (Management

Information System: MIS) มีบทบาทสำคัญในการบริหารจัดการด้านทะเบียน การจัดการเรียนการสอน และการรับนักศึกษา โดยทำหน้าที่รวบรวม ประมวลผล และวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจของผู้บริหารให้เป็นไปอย่างถูกต้อง รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ (Yimprasert & Tonjoin, 2015) ระบบสารสนเทศที่มีประสิทธิภาพควรคำนึงถึงความถูกต้อง ความสมบูรณ์ ความยืดหยุ่น และความง่ายในการเข้าถึงข้อมูลอย่างปลอดภัย ทั้งนี้ Siriporn & Ritthaisong (2021) ระบุว่าระบบสารสนเทศด้านทะเบียนที่มีคุณภาพต้องสามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้ มีความเข้าใจง่าย ปลอดภัย และเชื่อถือได้ เพื่อส่งเสริมความพึงพอใจและการนำข้อมูลไปใช้ในการตัดสินใจอย่างมีประสิทธิภาพ แนวคิดดังกล่าวสอดคล้องกับ Kanka (2021) ที่เสนอว่าการจัดระบบสารสนเทศในยุคดิจิทัลจำเป็นต้องมีการวางแผนที่ชัดเจน การกำหนดวัตถุประสงค์ที่เหมาะสม และการพัฒนาศักยภาพบุคลากรให้เข้าใจขั้นตอนการจัดการข้อมูลอย่างเป็นระบบ ขณะเดียวกัน Chotakkharathitikon & Saengseemuk (2025) ชี้ให้เห็นว่าการบริหารสถานศึกษาที่มีประสิทธิภาพต้องอาศัยฐานข้อมูลที่ครอบคลุม เป็นปัจจุบัน และสามารถนำไปใช้ในการวางแผนนโยบายได้อย่างเหมาะสม ในด้านระบบสารสนเทศเพื่อการรับสมัครนักศึกษา Kanjanapradit & Suebsor (2025) ได้พัฒนาระบบรับสมัครออนไลน์ของโรงเรียนทัสสะแกวิทยา พบว่าระบบช่วยลดภาระงานของเจ้าหน้าที่และเพิ่มความรวดเร็วในการบริหารจัดการข้อมูล ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wangwacharakul et al. (2025) ที่พัฒนาระบบรับสมัครออนไลน์ในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชันให้รองรับการทำงานบนทุกแพลตฟอร์มและได้รับความพึงพอใจจากผู้ใช้งานในระดับมาก

ในการจัดการศึกษาวิชาโทของคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ มีลักษณะเฉพาะที่สำคัญ คือ กระบวนการพิจารณาอนุมัติแบบลำดับขั้น (Sequential Approval Workflow) ซึ่งกระบวนการนี้ไม่ได้เป็นเพียงการรับสมัครทั่วไป แต่ประกอบด้วยการทำงานร่วมกันของ 3 บทบาทหลัก ได้แก่ (1) อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ต้องตรวจสอบคุณสมบัติและพิจารณาเห็นชอบ (2) ประธานหลักสูตรสาขาวิชาโท ที่เป็นผู้อนุมัติขั้นสุดท้ายตามสิทธิในระบบ และ (3) เจ้าหน้าที่วิชาการ ที่ทำหน้าที่บริหารจัดการข้อมูลภาพรวม ความซับซ้อนของลำดับขั้นนี้เองที่เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ระบบงานเดิมในรูปแบบเอกสาร (Paper-based) เกิดความล่าช้าในการหมุนเวียนเอกสารระหว่างหน่วยงาน ดังนั้น การพัฒนาระบบสารสนเทศในงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการเปลี่ยนผ่านกระบวนการดังกล่าวสู่ระบบดิจิทัล เพื่อปิดช่องว่างความล่าช้าและเพิ่มความโปร่งใสในการติดตามสถานะแบบเรียลไทม์ ซึ่งเป็นบริบทเฉพาะที่แตกต่างจากระบบรับสมัครนักศึกษาในหลักสูตรปกติทั่วไป

อย่างไรก็ตาม จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่ยังมุ่งเน้นการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการรับนักศึกษาในภาพรวม หรือการรับสมัครในหลักสูตรหลักและระดับการศึกษาต่าง ๆ โดยมีการประยุกต์ใช้แนวคิดการพัฒนาซอฟต์แวร์แบบยืดหยุ่นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความสามารถในการปรับปรุงระบบอย่างต่อเนื่อง (Phongphet et al., 2023) รวมถึงการพัฒนาระบบรับสมัครในระดับบัณฑิตศึกษาที่เน้นความถูกต้อง ความปลอดภัยของข้อมูล และความสะดวกในการใช้งาน (Wichaidit, 2024) ทั้งนี้ ยังพบว่างานวิจัยที่มุ่งพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการรับนักศึกษาระดับปริญญาโทโดยเฉพาะมีจำนวนจำกัด ทั้งที่กระบวนการรับนักศึกษาระดับปริญญาโทมีลักษณะเฉพาะแตกต่างจากการรับนักศึกษาหลักสูตรปกติ เช่น ความหลากหลายของผู้สมัครและกระบวนการพิจารณาอนุมัติจากหลายบทบาท ดังนั้น การบูรณาการแนวคิดระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการศึกษากับกระบวนการรับนักศึกษาระดับปริญญาโทจึงเป็นแนวทางที่มีความจำเป็น เพื่อยกระดับประสิทธิภาพการบริหารจัดการ ลดความซ้ำซ้อนของข้อมูล และพัฒนาคุณภาพการให้บริการทางการศึกษาให้สอดคล้องกับบริบทของสถาบันอุดมศึกษาในยุคดิจิทัล

### 3.2 ทฤษฎีและกระบวนการพัฒนาระบบสารสนเทศ

การพัฒนาระบบสารสนเทศ (Information System Development) เป็นกระบวนการสำคัญในการออกแบบและพัฒนาระบบคอมพิวเตอร์เพื่อสนับสนุนการดำเนินงานขององค์กรให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยทั่วไปกระบวนการพัฒนาระบบสารสนเทศมักดำเนินการตามแนวคิดของวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC) ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ ได้แก่ การวิเคราะห์ความต้องการของระบบ (System Analysis) การออกแบบระบบ (System Design) การพัฒนาระบบ (System Development) การทดสอบระบบ (System Testing) และการนำระบบไปใช้งาน (Implementation) กระบวนการดังกล่าวช่วยให้การพัฒนาระบบเป็นไปอย่างเป็นขั้นตอน มีโครงสร้างที่ชัดเจน และสามารถลดข้อผิดพลาดในการพัฒนาระบบได้ (Laudon & Laudon, 2020; Sommerville, 2016)

ในบริบทของการพัฒนาระบบสารสนเทศทางการศึกษา การวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้งานถือเป็นขั้นตอนสำคัญ เนื่องจากผู้ใช้งานระบบประกอบด้วยกลุ่มบุคคลที่มีบทบาทหลากหลาย ได้แก่ นักศึกษา อาจารย์ที่ปรึกษา ประธานหลักสูตร และเจ้าหน้าที่วิชาการ ซึ่งแต่ละกลุ่มมีสิทธิและขอบเขตความต้องการใช้งานระบบที่แตกต่างกัน ดังนั้น การพัฒนาระบบจึงจำเป็นต้องอาศัยการศึกษากระบวนการทำงานจริง (Workflow) ขององค์กร เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างระบบให้สอดคล้องกับบริบทการดำเนินงาน (Kanka, 2021) นอกจากนี้ แนวคิดการพัฒนาซอฟต์แวร์แบบอไจล์ (Agile Software Development) ยังเป็นแนวทางที่ได้รับความนิยมในการพัฒนาระบบสารสนเทศในปัจจุบัน เนื่องจากเป็นกระบวนการพัฒนาระบบแบบวนรอบ (Iterative Development) ที่เปิดโอกาสให้ผู้ใช้งานมีส่วนร่วมอย่างต่อเนื่อง และสามารถปรับปรุงระบบตามข้อเสนอแนะจากการใช้งานจริงได้ (Beck et al., 2001) แนวคิดดังกล่าวสอดคล้องกับการพัฒนาระบบสารสนเทศทางการศึกษา ที่ต้องการความยืดหยุ่นในการปรับปรุงระบบให้สอดคล้องกับสภาพปัญหาและความต้องการของผู้ใช้งานอย่างแท้จริง (Phongphet et al., 2023)

สำหรับการพัฒนาระบบสารสนเทศในงานวิจัยนี้ได้นำแนวคิดการพัฒนาระบบสารสนเทศมาประยุกต์ใช้ร่วมกับกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามวงจร PAOR (Plan-Act-Observe-Reflect) โดยขั้นตอนการวางแผน (Plan) เทียบเท่ากับ การวิเคราะห์ความต้องการของระบบ ขั้นตอนการปฏิบัติ (Act) มุ่งเน้นการออกแบบสถาปัตยกรรมและกระบวนการทำงานของระบบ (System Architecture and Workflow Design) การออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Database Design) รวมถึงการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ (User Interface Design) ขั้นตอนการสังเกต (Observe) ใช้ในการติดตามผลการทดลองใช้งานระบบต้นแบบ และขั้นตอนการสะท้อนผล (Reflect) ใช้เพื่อนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงระบบในรอบถัดไป (Schön, 1983) ซึ่งการดำเนินการตามขั้นตอนเหล่านี้ช่วยให้ระบบสามารถรองรับกระบวนการทำงานของผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Laudon & Laudon, 2020; Kanka, 2021)

### 3.3 กระบวนการพัฒนาระบบด้วยการวิจัยเชิงปฏิบัติการและวงจร PAOR

การวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) เป็นแนวทางการวิจัยที่มุ่งพัฒนาและปรับปรุงการปฏิบัติงานอย่างเป็นระบบผ่านการมีส่วนร่วมของผู้เกี่ยวข้อง โดยเฉพาะการใช่วงจร PAOR ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ การวางแผน (Plan) การปฏิบัติ (Action) การสังเกต (Observe) และการสะท้อนผล (Reflect) วงจรดังกล่าวช่วยให้การพัฒนาระบบสามารถดำเนินไปอย่างเป็นขั้นตอน มีการประเมินผลระหว่างดำเนินงาน และนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ปรับปรุงแนวทางการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ระบบสอดคล้องกับบริบทการใช้งานจริง (Schön, 1983) แนวคิดการใช่วงจร PAOR จึงเหมาะสมกับการพัฒนาระบบสารสนเทศในองค์กรการศึกษา ซึ่งต้องอาศัยความยืดหยุ่นและการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องตามสภาพแวดล้อมและความต้องการของผู้ใช้

ในบริบทของการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการรับนักศึกษาวิชาโท การประยุกต์ใช่วงจร PAOR ช่วยให้กระบวนการพัฒนาระบบมีโครงสร้างที่ชัดเจนและเน้นผู้ใช้เป็นศูนย์กลาง ตั้งแต่การศึกษาสภาพปัญหาและความต้องการของผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง การพัฒนาระบบตามแนวทางที่กำหนด การติดตามและประเมินผลการใช้งาน ไปจนถึงการสะท้อนผลเพื่อปรับปรุงระบบในรอบถัดไป แนวทางดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Issarasongkhram & Satihapom, (2024) และ Ruenphongphun & Matman (2024) ที่แสดงให้เห็นว่าการใช้กระบวนการ PAOR สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของระบบและความ

พึงพอใจของผู้ใช้งานได้อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้น การประยุกต์ใช้กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการและวงจร PAOR ในการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการรับสมัครสาขาวิชาโทออนไลน์จึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมในการยกระดับประสิทธิภาพการบริหารจัดการและการให้บริการทางการศึกษาในสถาบันอุดมศึกษา

### 3.4 กรอบการประเมินคุณภาพระบบสารสนเทศ

การประเมินคุณภาพระบบสารสนเทศเป็นขั้นตอนสำคัญในการตรวจสอบว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมและสามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ กรอบแนวคิดที่ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายคือแบบจำลองความสำเร็จของระบบสารสนเทศของ DeLone & McLean (2003) ซึ่งเสนอให้ประเมินคุณภาพระบบสารสนเทศผ่านองค์ประกอบหลัก ได้แก่ คุณภาพของระบบ คุณภาพของข้อมูล และความพึงพอใจของผู้ใช้ แนวคิดดังกล่าวถูกนำไปประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางในงานวิจัยด้านระบบสารสนเทศทางการศึกษา โดยมีการปรับรายละเอียดการประเมินให้สอดคล้องกับบริบทการใช้งานจริงของแต่ละระบบ เช่น การเน้นความตรงตามความต้องการ ความง่ายต่อการใช้งาน

ความปลอดภัยของข้อมูล และประสิทธิภาพในการประมวลผล (Siriporn & Ritthaisong, 2021; Kanjanapradit & Suebsor, 2025; Wangwatcharakul et al., 2025; Phongphet et al., 2023)

สำหรับงานวิจัยนี้ได้กำหนดกรอบการประเมินคุณภาพระบบสารสนเทศเพื่อการรับนักศึกษาวิชาโทโดยบูรณาการแนวคิดจาก DeLone & McLean (2003) และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยกำหนดการประเมินออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ (1) ด้านการทำงานและความต้องการของผู้ใช้ ซึ่งสะท้อนความสามารถของระบบในการรองรับการทำงานตามบริบทจริง (2) ด้านประสิทธิภาพและการทำงานของระบบ ความรวดเร็ว ความแม่นยำ และความถูกต้องของการประมวลผลข้อมูล รวมถึงความสะดวกในการติดตามผล (3) ด้านความง่ายต่อการใช้งานและการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ ประเมินความชัดเจนของขั้นตอนการใช้งาน การลดความซับซ้อนของกระบวนการ และความเหมาะสมของการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ และ (4) ด้านความปลอดภัยของข้อมูลและการควบคุมการเข้าถึง ประเมินความปลอดภัยในการเข้าถึงและการใช้งานระบบอย่างต่อเนื่อง กรอบการประเมินดังกล่าวครอบคลุมทั้งคุณภาพของระบบ คุณภาพของข้อมูล และประสบการณ์ของผู้ใช้ ซึ่งเหมาะสมกับการประเมินระบบสารสนเทศเพื่อการรับนักศึกษาวิชาโทในบริบทของสถาบันอุดมศึกษา

#### 4. กรอบแนวคิดงานวิจัย (Conceptual Framework)

กรอบแนวคิดการวิจัยนี้ ดัง Figure 1. แสดงความสัมพันธ์เชิงกระบวนการระหว่าง (1) ตัวแปรอิสระ คือ กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามวงจร PAOR (Plan-Act-Observe-Reflect) แบบวนซ้ำ 2 วงจร ซึ่งส่งผลให้เกิด (2) ตัวแปรแทรกกลาง คือ ระบบสารสนเทศเพื่อการรับนักศึกษาวิชาโทที่ประกอบด้วย 5 ฟังก์ชันหลัก (การสมัครออนไลน์ การพิจารณาอนุมัติผ่านระบบ การติดตามสถานะ การแจ้งเตือนอัตโนมัติ และการส่งออกรายงาน Excel) และนำไปสู่ผลลัพธ์คือ (3) ตัวแปรตาม ได้แก่ คุณภาพของระบบสารสนเทศที่ประเมินใน 4 ด้าน ตามแนวคิดของ DeLone & McLean (2003)

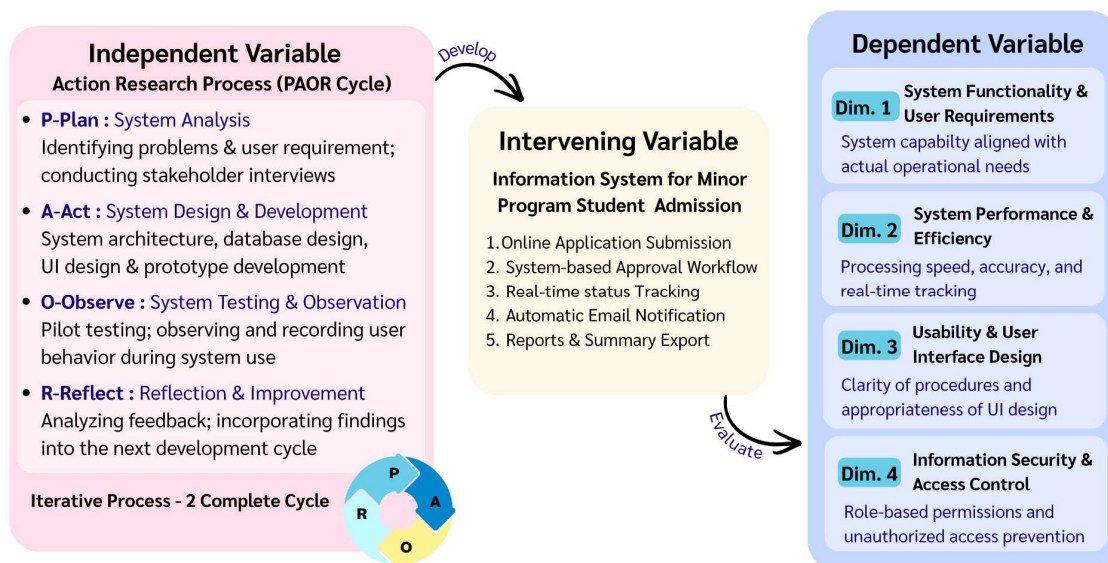


Figure 1. Conceptual Framework

#### 5. วิธีดำเนินงานวิจัย (Research Methodology)

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) ที่ประยุกต์ใช้กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบวนรอบ (Action Research) ตามกรอบวงจร PAOR (Plan-Act-Observe-Reflect) เพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับการรับนักศึกษาวิชาโทของคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ การดำเนินงานวิจัยแบ่งออกเป็น 4 ส่วนหลัก ดังนี้

## 5.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

1. **อาจารย์ที่ปรึกษา ประธานหลักสูตร และเจ้าหน้าที่วิชาการ** ของคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในกระบวนการรับนักศึกษาวิชาโท จำนวนทั้งสิ้น 22 คน ซึ่งเป็นประชากรทั้งหมดของกลุ่มนี้ ประกอบด้วยอาจารย์ที่ปรึกษาชั้นปีที่ 1 ของหลักสูตรที่กำหนดให้นักศึกษาเลือกเรียนสาขาวิชาโท จำนวน 5 คน ประธานหลักสูตรสาขาวิชาโท จำนวน 15 คน และเจ้าหน้าที่วิชาการ จำนวน 2 คน บุคลากรกลุ่มนี้มีบทบาทในกระบวนการพิจารณาอนุมัติการรับนักศึกษาวิชาโท โดยอาจารย์ที่ปรึกษาทำหน้าที่ตรวจสอบคุณสมบัติของนักศึกษา ประธานหลักสูตรเป็นผู้พิจารณาอนุมัติขั้นสุดท้าย และเจ้าหน้าที่วิชาการทำหน้าที่ประสานงานและดำเนินการด้านเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2. **นักศึกษาระดับปริญญาตรี** ได้แก่ นักศึกษาชั้นปีที่ 1 ของคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ในหลักสูตรที่มีโครงสร้างหลักสูตรกำหนดให้นักศึกษาเลือกเรียนสาขาวิชาโท จำนวน 4 หลักสูตร ในภาคการศึกษาที่ 2 จำนวน 12 คน โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple Random Sampling) จากรายชื่อนักศึกษาที่สมัครเรียนวิชาโท หลักสูตรละ 3 คน กลุ่มตัวอย่างนี้มีบทบาทเป็นผู้ใช้งานระบบในกระบวนการสมัครเรียนวิชาโท

3. **ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการพัฒนาระบบ** จำนวน 3 ท่าน ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC) และการประเมินคุณภาพทางเทคนิค โดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เพื่อให้ได้ผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญเชิงลึกครอบคลุม 3 มิติหลัก ได้แก่ (1) ด้านการออกแบบและพัฒนาระบบ (System Design and Development) (2) ด้านความปลอดภัยของข้อมูล (Information Security) และ (3) ด้านการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ (UI/UX Design) การคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญที่ชำนาญครอบคลุมมิติเหล่านี้ จะช่วยให้การประเมินคุณภาพระบบมีความน่าเชื่อถือและสอดคล้องกับกรอบการประเมินอย่างสมบูรณ์

ทั้งนี้ เพื่อให้เห็นภาพรวมความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มตัวอย่าง บทบาทหน้าที่ในระบบสารสนเทศ ตลอดจนการมีส่วนร่วมในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ได้สรุปข้อมูลไว้ดังแสดงใน Table 1.

Table 1. Roles and Involvement Across Research Phases

| Participant Group (n)                                        | System Roles                                                                                                                                               | PAOR Cycle 1<br>Prototype Development                                                                                                                    | PAOR Cycle 2<br>System Refinement                                                                                |
|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Academic Advisor, Program Chair, and Academic Staff (n = 22) | <b>Academic Advisor</b> Verify qualifications and perform sequential approval.<br><b>Program Chair</b> Manage centralized data and generate Excel reports. | <b>Plan</b> Identify problems in paper-based workflow.<br><b>Observe/Reflect</b> Test the basic approval module and suggest adding reports/email alerts. | <b>Observe/Reflect</b> Validate the revised sequential workflow and the new Excel report generation function.    |
| Student (n = 12)                                             | <b>Applicants</b> Submit online applications.<br><b>Users</b> Track real-time status.                                                                      | <b>Plan</b> Define user requirements for the application form.<br><b>Observe/Reflect</b> Test online submission and suggest automatic notifications.     | <b>Observe/Reflect</b> Test the improved User Interface (UI) and verify the automatic email notification system. |
| IT Experts (n = 3)                                           | <b>Evaluators</b> Assess system quality, security, and stability.                                                                                          | <b>Pre-Cycle 1</b> Validate research instruments (Interview & Observation forms) using IOC.                                                              | <b>Post-Cycle 2</b> Conduct final system quality evaluation across 4 dimensions.                                 |

## 5.2 เครื่องมือในการวิจัยและการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 4 ส่วน ได้แก่ ระบบสารสนเทศเพื่อการรับนักศึกษาวิชาโท แบบสัมภาษณ์ กึ่งโครงสร้าง แบบบันทึกการสังเกตการณ์ และแบบประเมินคุณภาพระบบสารสนเทศ โดยเครื่องมือประเภทแบบสัมภาษณ์ แบบบันทึกการสังเกตการณ์ และแบบประเมินคุณภาพระบบ ได้รับการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ด้วยการคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์ (Index of Item-Objective Congruence: IOC) โดยคัดเลือกข้อคำถามที่มีค่า IOC มากกว่า 0.50 ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

**1. ระบบสารสนเทศเพื่อการรับนักศึกษาวิชาโท** ระบบสารสนเทศเพื่อการรับนักศึกษาวิชาโทได้รับการพัฒนาตาม กรอบการพัฒนาระบบสารสนเทศและกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามวงจร PAOR (Plan-Act-Observe-Reflect) โดย พัฒนาด้วยภาษา PHP และฐานข้อมูล MySQL ระบบประกอบด้วยฟังก์ชันหลักที่ครอบคลุมกระบวนการรับนักศึกษาวิชาโท ได้แก่ การยื่นสมัครออนไลน์ การพิจารณาอนุมัติโดยอาจารย์ที่ปรึกษาและประธานหลักสูตรผ่านระบบ การติดตาม สถานะการสมัครแบบเรียลไทม์ การแจ้งเตือนผลการสมัครอัตโนมัติทางอีเมล และการส่งออกรายงานในรูปแบบไฟล์ Excel การตรวจสอบคุณภาพของระบบดำเนินการโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 3 คน ผ่านการทดลองใช้งานจริงและประเมินคุณภาพของระบบโดยใช้แบบประเมินคุณภาพระบบสารสนเทศสำหรับผู้เชี่ยวชาญ

**2. แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง** แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูลสภาพปัญหาและความ ต้องการของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในชั้นวางแผน (Plan) ของวงจร PAOR ประกอบด้วยคำถามจำนวน 5 ข้อ ได้แก่ (1) ขั้นตอน การดำเนินงานรับสมัครวิชาโทในปัจจุบัน (2) ปัญหาหรืออุปสรรคที่พบจากกระบวนการรับสมัครเดิม (3) ลักษณะและ ฟังก์ชันการทำงานของระบบที่ต้องการ (4) ความต้องการด้านการจัดเก็บ ประมวลผล และการนำเสนอสารสนเทศ และ (5) ข้อเสนอแนะในการพัฒนาระบบ การตรวจสอบคุณภาพของแบบสัมภาษณ์ดำเนินการโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน เพื่อพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย ผลการตรวจสอบพบว่าแบบสัมภาษณ์มีค่า IOC เท่ากับ 0.89 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

**3. แบบบันทึกการสังเกตการณ์** แบบบันทึกการสังเกตการณ์ใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูลพฤติกรรมและ กระบวนการใช้งานระบบสารสนเทศในขั้นสังเกต (Observe) ของวงจร PAOR โดยครอบคลุมประเด็นการสังเกตจำนวน 8 ด้าน ได้แก่ ความเข้าใจขั้นตอนการใช้งานระบบ ความถูกต้องของข้อมูลที่กรอกในระบบ ความรวดเร็วในการประมวลผล ของระบบ ปัญหาที่พบระหว่างการใช้งาน ความเหมาะสมของการออกแบบหน้าจอ การตอบสนองของผู้ใช้ต่อระบบ ความสะดวกในการเข้าถึงและบันทึกข้อมูล และการมีส่วนร่วมของผู้ใช้ในการให้ข้อเสนอแนะ แบบบันทึกการสังเกตการณ์ ได้รับการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ผลการตรวจสอบพบว่ามีค่า IOC เท่ากับ 0.87 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

**4. แบบประเมินคุณภาพระบบสารสนเทศสำหรับผู้เชี่ยวชาญ** แบบประเมินคุณภาพระบบสารสนเทศสำหรับผู้ เชี่ยวชาญเป็นเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ประเมินคุณภาพของระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้น โดยใช้แบบมาตราส่วน ประมาณค่า 5 ระดับตามแนวคิดของลิเคิร์ต (Likert) กำหนดระดับคะแนนตั้งแต่ 1 ถึง 5 ได้แก่ น้อยที่สุด น้อย ปานกลาง มาก และมากที่สุด แบบประเมินครอบคลุมการประเมินคุณภาพระบบ 4 ด้าน ได้แก่ (1) ด้านการทำงานและความต้องการ ของผู้ใช้ จำนวน 4 ข้อ (2) ด้านประสิทธิภาพและการทำงานของระบบ จำนวน 4 ข้อ (3) ด้านความง่ายต่อการใช้งานและ การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ จำนวน 4 ข้อ และ (4) ด้านความปลอดภัยของข้อมูลและการควบคุมการเข้าถึง จำนวน 3 ข้อ แบบประเมินดังกล่าวได้รับการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญด้านระเบียบวิธีการวิจัยและด้าน เทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 3 คน ผลการตรวจสอบพบว่ามีค่า IOC เท่ากับ 1.00 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

## 5.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลดำเนินการเป็น 2 ระยะ ตามกระบวนการวิจัยและพัฒนาที่ประยุกต์ใช้การวิจัยเชิงปฏิบัติการ แบบวนรอบ ดังนี้

**ระยะที่ 1 การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการรับนักศึกษาวิชาโท** การเก็บรวบรวมข้อมูลในระยะที่ 1 ดำเนินการ ระหว่างเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2568 โดยดำเนินการตามกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามวงจร PAOR จำนวน 2 วงจร เริ่มจากการสัมภาษณ์ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในกระบวนการรับนักศึกษาวิชาโท ได้แก่ อาจารย์ที่ปรึกษาและ ประธานหลักสูตร เจ้าหน้าที่วิชาการ และนักศึกษา เพื่อศึกษาสภาพปัญหาและความต้องการในการใช้งานระบบ จากนั้น

นำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการออกแบบและพัฒนาระบบสารสนเทศ ทดลองใช้งานระบบกับกลุ่มผู้ใช้งานเป้าหมาย และสังเกตพฤติกรรมการใช้งานระบบโดยใช้แบบบันทึกการสังเกตการณ์ ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตถูกนำไปใช้ในการปรับปรุงและพัฒนากระบวนการดำเนินงานอย่างเป็นระบบ

**ระยะที่ 2 การประเมินคุณภาพของระบบสารสนเทศ** การเก็บรวบรวมข้อมูลในระยะที่ 2 ดำเนินการในเดือนมกราคม พ.ศ. 2569 โดยนำระบบสารสนเทศเพื่อการรับนักศึกษาวิชาโทที่พัฒนาสมบูรณ์แล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 3 คน ทำการประเมินคุณภาพของระบบตามกรอบการประเมินที่กำหนดไว้ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการประเมินความเหมาะสมและประสิทธิภาพของระบบที่พัฒนาขึ้น โดยรายละเอียดการมีส่วนร่วมของแต่ละกลุ่มตัวอย่างในกระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้ง 2 ระยะ ได้สรุปไว้แล้วใน Table 1.

#### 5.4 สถิติที่ใช้ในการวิจัย/การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เพื่ออธิบายระดับคุณภาพของระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้น โดยสถิติที่ใช้ประกอบด้วย ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบประเมินคุณภาพระบบสารสนเทศ ทั้งนี้ ผลการวิเคราะห์ถูกนำเสนอในรูปแบบค่าทางสถิติพื้นฐานเพื่อแสดงระดับความคิดเห็นและการประเมินของผู้ประเมินต่อคุณภาพของระบบ

การแปลความหมายค่าเฉลี่ยจากแบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ กำหนดเกณฑ์การแปลผลดังนี้

- 1) ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 - 5.00 หมายถึง ระดับมากที่สุด
- 2) ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.51 - 4.50 หมายถึง ระดับมาก
- 3) ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.51 - 3.50 หมายถึง ระดับปานกลาง
- 4) ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.51 - 2.50 หมายถึง ระดับน้อย
- 5) ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.00 - 1.50 หมายถึง ระดับน้อยที่สุด

#### 5.5 การพิทักษ์สิทธิผู้ให้ข้อมูล

งานวิจัยนี้ผ่านการพิจารณาและรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เลขที่ PSU.PN.2-147/68 และได้ดำเนินการพิทักษ์สิทธิของผู้ให้ข้อมูลตามหลักจริยธรรมการวิจัย โดยชี้แจงวัตถุประสงค์และรายละเอียดของการวิจัยให้ผู้เข้าร่วมทราบก่อนการเข้าร่วมการวิจัย การเข้าร่วมการวิจัยเป็นไปโดยความสมัครใจ และผู้เข้าร่วมสามารถถอนตัวออกจากการวิจัยได้ตลอดเวลาโดยไม่ส่งผลกระทบต่อผู้เข้าร่วม นอกจากนี้ ข้อมูลที่ได้รับจากผู้ให้ข้อมูลจะถูกเก็บรักษาเป็นความลับและนำไปใช้เพื่อวัตถุประสงค์ทางการวิจัยเท่านั้น ทั้งนี้ การนำเสนอผลการวิจัยจะไม่เปิดเผยข้อมูลใด ๆ ที่สามารถระบุตัวตนของผู้ให้ข้อมูลได้

### 6. ผลการวิจัย (Results)

#### 6.1 ผลการพัฒนากระบวนการรับนักศึกษาวิชาโท

การพัฒนากระบวนการรับนักศึกษาวิชาโทดำเนินการตามกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการโดยใช้วงจร PAOR จำนวน 2 วงจร ดังนี้

##### วงจรที่ 1 การศึกษาสภาพปัญหาและพัฒนาระบบต้นแบบ

1. **ขั้นวางแผน (Plan)** ดำเนินการศึกษสภาพปัญหาและความต้องการของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องด้วยการสัมภาษณ์ โดยใช้แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างที่ครอบคลุม 5 ประเด็น ผลการสัมภาษณ์สรุปได้ดัง Table 2.

**Table 2.** Summary of Interview Results on Minor Program Admission Process

| Interview Topic               | Findings and User Requirements                                                                                                                         |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Current admission workflow | Paper-based process with document circulation through advisors and program chairs; approximately 10-14 days per cycle                                  |
| 2. Problems and obstacles     | Five issues: (1) approval delays, (2) excessive paper use, (3) difficulty tracking status, (4) limited historical data access, (5) manual entry errors |

**Table 2.** Summary of Interview Results on Minor Program Admission Process (Cont.)

| Interview Topic                     | Findings and User Requirements                                                                               |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3. Desired system features          | Online application, real-time approval workflow, automatic email notifications, self-service status tracking |
| 4. Data storage and reporting needs | Centralized database, searchable historical records, Excel export for registrar submission                   |
| 5. Development suggestions          | User-friendly interface, clear menu navigation, standard web browser accessibility                           |

**2. ขั้นปฏิบัติ (Act)** ดำเนินการนำข้อมูลจากการศึกษาสภาพปัญหาและความต้องการในขั้นวางแผน (Plan) มาดำเนินการออกแบบและพัฒนาระบบต้นแบบอย่างเป็นขั้นตอน โดยแบ่งกระบวนการออกแบบออกเป็น 3 ส่วนหลัก ดังนี้

1) การออกแบบสถาปัตยกรรมและกระบวนการทำงานของระบบ (System Architecture and Workflow Design) โดยกำหนดสถาปัตยกรรมระบบแบบ 3 ระดับ (3-Tier Architecture) เพื่อให้ระบบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความปลอดภัยทางข้อมูล และรองรับผู้ใช้งานหลักทั้ง 4 (User Roles) ได้แก่ นักศึกษา อาจารย์ที่ปรึกษา ประธานหลักสูตร และเจ้าหน้าที่วิชาการ โดยมีองค์ประกอบของสถาปัตยกรรมดังนี้ (1) ระดับส่วนแสดงผล (Client/Frontend) ผู้ใช้งานทุกกลุ่มสามารถเข้าถึงและโต้ตอบกับระบบผ่านหน้าจอบริการเว็บเบราว์เซอร์ (Web Browser) โดยมีการเชื่อมต่อข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่มีความปลอดภัย (HTTPS) (2) ระดับส่วนประมวลผล (Application Server) ระบบสารสนเทศเพื่อการรับนักศึกษาวิชาโทพัฒนาขึ้นด้วยภาษา PHP ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางประมวลผลตรรกะการทำงาน ซึ่งในระบบต้นแบบนี้ประกอบด้วยโมดูลหลัก 3 ส่วน ได้แก่ โมดูลการสมัครออนไลน์ (Online Application) โมดูลการพิจารณาอนุมัติผ่านระบบ (System-based Approval) และโมดูลการติดตามสถานะ (Real-time Status Tracking) และ (3) ระดับส่วนจัดการฐานข้อมูลและบริการเชื่อมต่อ (Database Server and Email Service) ระบบใช้ฐานข้อมูล MySQL ในการจัดเก็บและเรียกดูข้อมูลแบบรวมศูนย์ (Centralized Database) ผ่านคำสั่ง SQL Query จากนั้นจัดทำแผนภาพกรณีการใช้งาน (Use Case Diagram) เพื่อกำหนดขอบเขตของระบบและจำแนกความสัมพันธ์เชิงหน้าที่ของผู้ใช้งาน 4 กลุ่ม (User Roles) โดย (1) นักศึกษา มีหน้าที่สมัครและติดตามสถานะ (2) อาจารย์ที่ปรึกษา และประธานหลักสูตร ทำหน้าที่พิจารณาอนุมัติตามสิทธิ์ และ (3) เจ้าหน้าที่วิชาการ ทำหน้าที่จัดการข้อมูลภาพรวม ดังแสดงใน Figure 2. และนอกจากนี้ยังได้ออกแบบแผนภาพกระบวนการทำงาน (System Flowchart) เพื่อแสดงลำดับการพิจารณาอนุมัติแบบลำดับขั้น (Sequential Approval Workflow) ที่ต้องผ่านการตรวจสอบตามลำดับอย่างถูกต้อง โดยสถาปัตยกรรมและกระบวนการทำงานของระบบที่สมบูรณ์จากการพัฒนาทั้ง 2 วงจร จะนำเสนอในส่วนผลการประเมินวงจรที่ 2

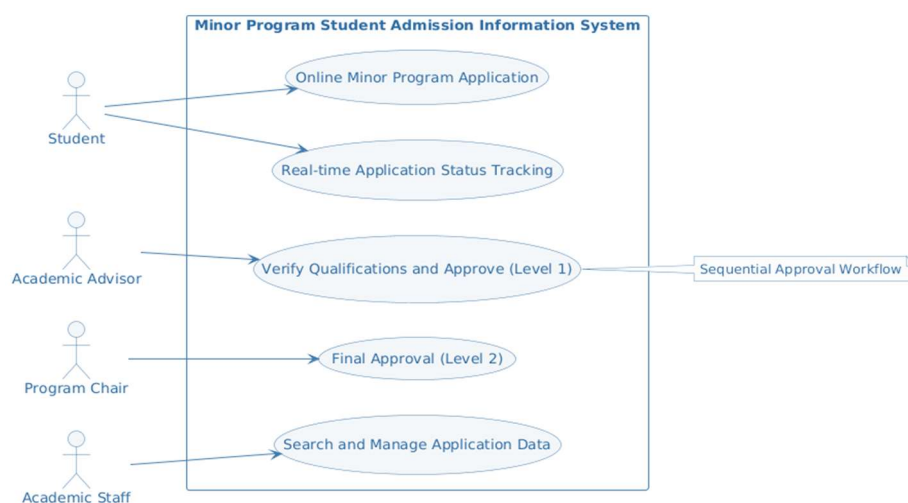


**Figure 2.** Use Case Diagram of the Information System for Minor Program Student Admission

2) การออกแบบฐานข้อมูล (Database Design) ดำเนินการออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database) และจัดทำพจนานุกรมข้อมูล (Data Dictionary) สำหรับการพัฒนาด้วยระบบจัดการฐานข้อมูล MySQL ประกอบด้วยตารางข้อมูลหลัก (Entity) จำนวน 6 ตาราง ได้แก่ ตารางข้อมูลนักศึกษา ตารางข้อมูลอาจารย์ที่ปรึกษา ตารางข้อมูลประธานหลักสูตร ตารางข้อมูลเจ้าหน้าที่วิชาการ ตารางข้อมูลสาขาวิชาโท และตารางข้อมูลบันทึกสถานะการสมัครและการอนุมัติ การออกแบบโครงสร้างความสัมพันธ์ในลักษณะที่ช่วยลดความซ้ำซ้อนของข้อมูล (Data Redundancy) ระบบสามารถประมวลผล ตรวจสอบสิทธิการเข้าใช้งาน ตลอดจนสืบค้นสถานะการดำเนินงานแบบเรียลไทม์ได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ ดังแสดงแผนภาพความสัมพันธ์ของเอนทิตี (ER-Diagram) ใน Figure 3.

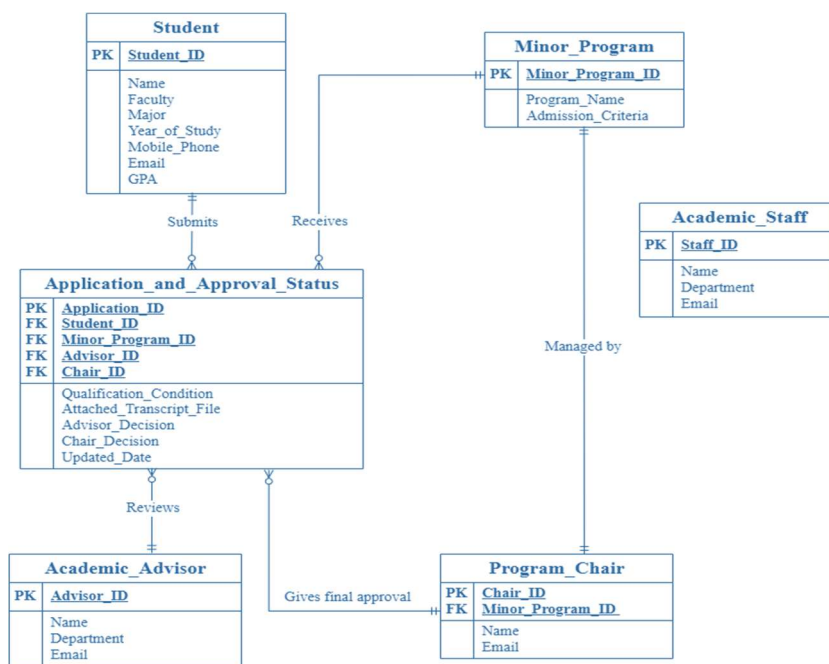


**Figure 3.** Entity-Relationship Diagram of the Information System for Minor Program Student Admission

3) การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ (User Interface Design) ดำเนินการออกแบบหน้าจอการใช้งานโดยยึดหลักความเรียบง่าย (User-friendly) มีเมนูการใช้งานที่ชัดเจน เพื่ออำนวยความสะดวกในการเข้าถึงข้อมูลของผู้ใช้งานทุกกลุ่ม หลังจากการออกแบบระบบ ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาระบบต้นแบบ (Prototype Development) โดยใช้ภาษา PHP ร่วมกับฐานข้อมูล MySQL เพื่อพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการรับนักศึกษาวิชาโท จากนั้นดำเนินการทดสอบระบบ (System Testing) ในด้านความถูกต้องของการประมวลผลข้อมูล การตรวจสอบสิทธิการเข้าถึง และการทำงานของกระบวนการอนุมัติแบบลำดับขั้น เพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องก่อนนำไปทดลองใช้งานจริงกับกลุ่มผู้ใช้งาน โดยภาพรวมของส่วนติดต่อผู้ใช้ที่พัฒนาสมบูรณ์แล้ว จะนำเสนอในผลการดำเนินงานวงจรที่ 2

**3. ขั้นสังเกต (Observe)** ผู้วิจัยสังเกตพฤติกรรมและกระบวนการใช้งานระบบต้นแบบโดยใช้แบบบันทึกการสังเกตการณ์ที่ครอบคลุม 8 ด้าน ผลการสังเกตพบว่า ผู้ใช้ส่วนใหญ่สามารถเข้าใจขั้นตอนการใช้งานได้ในระดับปานกลาง นักศึกษาสามารถกรอกใบสมัครได้ด้วยตนเองแต่ยังมีความสับสนในบางขั้นตอน ด้านความถูกต้องของข้อมูล ข้อมูลมีความถูกต้องมากขึ้นเนื่องจากระบบมีการตรวจสอบความครบถ้วนก่อนบันทึก ด้านความรวดเร็วในการประมวลผล ระบบสามารถประมวลผลข้อมูลได้ภายในเวลาเฉลี่ย 1-2 นาที ซึ่งเร็วกว่าระบบเดิมที่เจ้าหน้าที่ต้องใช้เวลาคheckเอกสารประมาณ 3 วัน นอกจากนี้ ระยะเวลาดำเนินงานทั้งกระบวนการลดลงจาก 10-14 วัน เหลือเพียง 3-5 วัน และลดการใช้เอกสารกระดาษลงร้อยละ 80 ด้านปัญหาที่พบระหว่างการใช้งาน ไม่พบปัญหาระบบค้างหรือข้อมูลไม่บันทึก แต่ผู้ใช้ต้องเข้าระบบเพื่อตรวจสอบสถานะด้วยตนเอง ด้านการออกแบบหน้าจอ หน้าจอบางส่วนยังไม่สะดวกต่อการใช้งานและควรปรับปรุง

ให้สอดคล้องกับพฤติกรรมผู้ใช้งานมากขึ้น และด้านการตอบสนองของผู้ใช้ ผู้ใช้มีความพึงพอใจในภาพรวมแต่ต้องการให้ระบบแจ้งเตือนผลการสมัครโดยไม่ต้องเข้าระบบ

**4. ขั้นสะท้อนผล (Reflect)** จากการที่ผู้วิจัยได้ร่วมสะท้อนผลการทดลองใช้งานกับผู้ใช้งานกลุ่มต่าง ๆ ทำให้ทราบข้อเสนอแนะสำหรับการปรับปรุงในวงจรที่ 2 จำนวน 3 ประเด็นหลัก ได้แก่ (1) การปรับปรุงการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ เพื่อให้ใช้งานได้ง่ายและทันสมัยยิ่งขึ้น (2) การเพิ่มระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติทางอีเมล เพื่อลดภาระการเข้าตรวจสอบสถานะด้วยตนเอง และ (3) การเพิ่มฟังก์ชันส่งออกรายงานในรูปแบบ Excel เพื่อสนับสนุนการทำงานเชิงข้อมูลของเจ้าหน้าที่วิชาการ จากการสะท้อนผลในรอบนี้ถือเป็นข้อมูลสำคัญในการวางแผน (Plan) สำหรับการพัฒนาในวงจรที่ 2 เพื่อให้ระบบมีความสมบูรณ์ตามกรอบแนวคิดการวิจัยต่อไป

#### วงจรที่ 2 การปรับปรุงระบบและประเมินผล

**1. ขั้นวางแผน (Plan)** ผู้วิจัยนำข้อเสนอแนะจากการสะท้อนผลในวงจรที่ 1 มาวิเคราะห์และกำหนดแนวทางในการปรับปรุงระบบ เพื่อยกระดับประสิทธิภาพการทำงานของระบบสารสนเทศให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งาน โดยกำหนดเป้าหมายการพัฒนาเพิ่มเติม 3 ประเด็น ได้แก่ (1) การปรับปรุงส่วนติดต่อผู้ใช้ (User Interface) ให้มีความทันสมัย ชัดเจน และใช้งานสะดวก (2) การเพิ่มฟังก์ชันการแจ้งเตือนอัตโนมัติ (Automatic Notification) ผ่านอีเมลในทุกขั้นตอนของกระบวนการพิจารณา เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถติดตามสถานะการดำเนินงานได้อย่างต่อเนื่อง และ (3) การเพิ่มฟังก์ชันการจัดทำรายงานและข้อมูลสรุป (Reports and Summary) เพื่อรองรับการส่งออกข้อมูลในรูปแบบไฟล์ Excel สำหรับการใช้งานของเจ้าหน้าที่วิชาการ

**2. ขั้นปฏิบัติ (Act)** ผู้วิจัยดำเนินการพัฒนาและปรับปรุงระบบตามแผนที่กำหนด โดยเริ่มจากการปรับปรุงสถาปัตยกรรมของระบบเพื่อรองรับฟังก์ชันที่เพิ่มเติมขึ้น จากนั้นจึงเขียนโปรแกรมตามโครงสร้างที่ออกแบบไว้เพื่อให้ระบบรองรับการทำงานของโมดูลใหม่ได้อย่างสมบูรณ์ ดังแสดงสถาปัตยกรรมระบบใน Figure 4. พร้อมกันนี้ ได้ปรับปรุงการออกแบบหน้าจอส่วนติดต่อผู้ใช้ให้สอดคล้องกับการใช้งาน และพัฒนากระบวนการแจ้งเตือนอัตโนมัติทางอีเมลไปยังผู้ที่เกี่ยวข้องในแต่ละลำดับขั้นของการพิจารณา ส่งผลให้นักศึกษาสามารถติดตามสถานการณ์สมัครได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่ต้องจำเป็นต้องเข้าสู่ระบบเพื่อตรวจสอบด้วยตนเอง นอกจากนี้ ยังได้พัฒนาระบบจัดการข้อมูลที่รองรับการสืบค้นและส่งออกข้อมูลในรูปแบบไฟล์ Excel เพื่ออำนวยความสะดวกแก่เจ้าหน้าที่วิชาการในการจัดทำรายงานและประสานงานกับหน่วยงานทะเบียน การปรับปรุงทั้งหมดนี้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและลดข้อจำกัดที่พบในวงจรการพัฒนาก่อนหน้า ส่งผลให้กระบวนการรับนักศึกษาวิชาโทมีความรวดเร็วและเป็นระบบมากขึ้น โดยแผนภาพกระบวนการทำงาน (System Flowchart) ที่ได้รับการปรับปรุงสมบูรณ์แล้ว แสดงไว้ใน Figure 5. และตัวอย่างหน้าจอส่วนติดต่อผู้ใช้ (User Interface) ของระบบที่เสร็จสมบูรณ์ซึ่งรองรับฟังก์ชันการทำงานหลักทั้งหมด แสดงไว้ใน Figure 6.

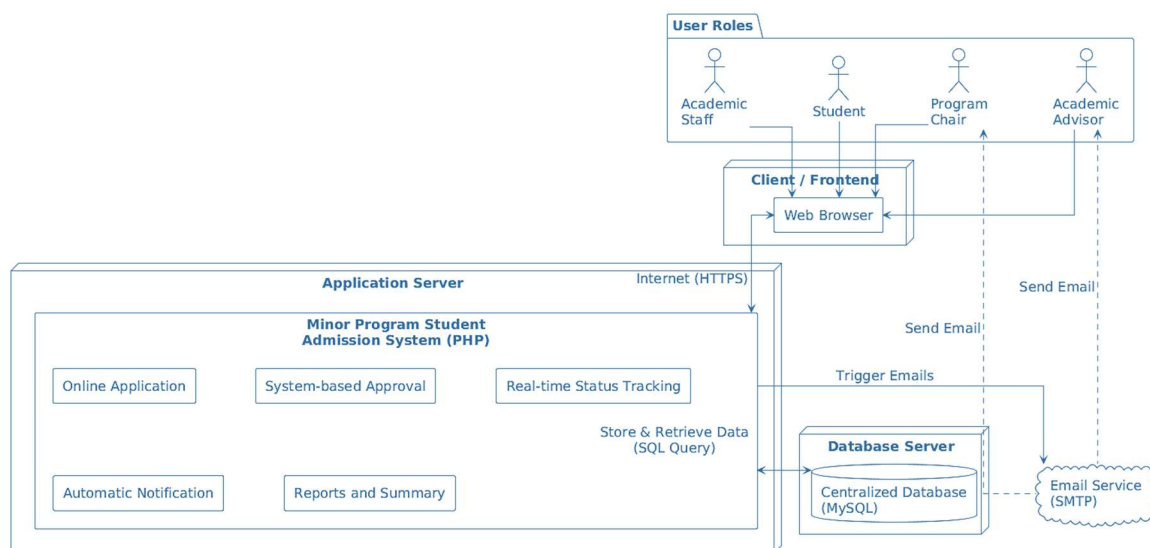


Figure 4. Revised System Architecture Showing the Integration of Email Service and Additional Modules



**3. ขั้นสังเกต (Observe)** ผู้วิจัยใช้แบบบันทึกการสังเกตการณ์ชุดเดิมในการเก็บข้อมูลพฤติกรรมการใช้งานระบบที่ปรับปรุงใหม่ ผลการทดสอบพบว่าระบบสามารถทำงานได้ตามฟังก์ชันที่กำหนด ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจขั้นตอนการใช้งานได้ง่ายขึ้น และฟังก์ชันการแจ้งเตือนอัตโนมัติทางอีเมลช่วยลดภาระการติดตามสถานะด้วยตนเอง ทั้งนี้ ผลการเปรียบเทียบกระบวนการทำงานระหว่างระบบเอกสารเดิมกับระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้น พบว่า ระบบใหม่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานได้อย่างชัดเจนในหลายมิติ กล่าวคือ ด้านระยะเวลา ระบบสารสนเทศสามารถลดระยะเวลาภาพรวมจาก 10-14 วัน เหลือเพียง 3-5 วัน โดยใช้เวลาประมวลผลข้อมูลอัตโนมัติเพียง 1-2 นาทีต่อคำร้อง ซึ่งเร็วกว่าระบบเดิมที่ต้องใช้เวลาตรวจสอบเอกสารด้วยตนเองถึง 3 วัน นอกจากนี้ ระบบใหม่ยังช่วยลดการใช้เอกสารกระดาษในทุกขั้นตอนลงได้ถึงร้อยละ 80 ด้านการจัดการข้อมูล ระบบได้เปลี่ยนรูปแบบจากการจัดเก็บในแฟ้มเอกสาร มาเป็นการจัดเก็บข้อมูลแบบรวมศูนย์ในฐานข้อมูล MySQL ซึ่งช่วยให้เจ้าหน้าที่สามารถสืบค้นข้อมูลได้ทันที และสามารถส่งออกรายงานในรูปแบบไฟล์ Excel ได้โดยอัตโนมัติ ในส่วนของการให้บริการผู้สมัคร ระบบได้เพิ่มฟังก์ชันที่ตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้ ได้แก่ การติดตามสถานะการอนุมัติแบบเรียลไทม์ และระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติผ่านอีเมลในทุกขั้นตอน ซึ่งช่วยแก้ไขปัญหาเดิมที่ผู้สมัครต้องติดต่อสอบถามเจ้าหน้าที่ด้วยตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

**4. ขั้นสะท้อนผล (Reflect)** ผลการสะท้อนร่วมระหว่างผู้วิจัยและผู้ใช้งานพบว่า ระบบสารสนเทศเพื่อการรับนักศึกษาวิชาโทที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมและพร้อมสำหรับการนำไปใช้งานจริง สามารถแก้ไขปัญหาความล่าช้าลดการใช้เอกสารกระดาษ และเพิ่มความสะดวกในการติดตามสถานะการสมัครได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม ในวงจรนี้ได้รับข้อเสนอแนะให้ขยายการใช้งานระบบให้ครอบคลุมการรับสมัครในระดับอื่นของคณะในอนาคต รวมถึงเพิ่มคู่มือการใช้งานออนไลน์สำหรับผู้ใหม่และพัฒนาให้รองรับการแสดงผลบนอุปกรณ์ที่หลากหลาย (Responsive Design) ต่อไปจากการดำเนินงานตามวงจร PAOR ทั้ง 2 วงจร ผู้วิจัยสามารถพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการรับนักศึกษาวิชาโทที่เสร็จสมบูรณ์ ซึ่งมีคุณลักษณะและฟังก์ชันการทำงานสอดคล้องกับตัวแปรในกรอบแนวคิดการวิจัย (Conceptual Framework) ครบทั้ง 5 ประการ ได้แก่ (1) การสมัครออนไลน์ (Online Application) (2) การพิจารณาอนุมัติตามลำดับขั้นผ่านระบบ (System-based Approval) (3) การติดตามสถานะแบบเรียลไทม์ (Real-time Status Tracking) (4) การแจ้งเตือนผลอัตโนมัติทางอีเมล (Automatic Notification) และ (5) การส่งออกรายงานและข้อมูลสรุป (Reports and Summary) ส่งผลให้กระบวนการรับนักศึกษามีความรวดเร็วและเป็นระบบมากยิ่งขึ้น

## 6.2 ผลการประเมินคุณภาพระบบสารสนเทศเพื่อการรับนักศึกษาวิชาโท

ผลการประเมินคุณภาพระบบสารสนเทศเพื่อการรับนักศึกษาวิชาโทโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ

Table 3. Results of Information System Quality Evaluation by Experts

| ID                                                   | Evaluation Item                                                        | $\bar{x}$ | S.D. | Level   |
|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------|------|---------|
| <b>1. System Functionality and User Requirements</b> |                                                                        |           |      |         |
| 1                                                    | The system performs all required functions as specified.               | 4.33      | 0.58 | High    |
| 2                                                    | The system meets the needs of all user groups.                         | 4.67      | 0.58 | Highest |
| 3                                                    | The system effectively resolves problems found in the previous system. | 5.00      | 0.00 | Highest |
| 4                                                    | The system design aligns with the actual workflow process.             | 4.67      | 0.58 | Highest |
| Mean                                                 |                                                                        | 4.67      | 0.44 | Highest |
| <b>2. System Performance and Efficiency</b>          |                                                                        |           |      |         |
| 1                                                    | The system processes data quickly and efficiently.                     | 4.67      | 0.58 | Highest |
| 2                                                    | The information displayed is accurate and complete.                    | 5.00      | 0.00 | Highest |
| 3                                                    | The system supports real-time status tracking.                         | 5.00      | 0.00 | Highest |
| 4                                                    | Data transfer between interfaces is accurate.                          | 4.67      | 0.58 | Highest |
| Mean                                                 |                                                                        | 4.83      | 0.29 | Highest |

**Table 3.** Results of Information System Quality Evaluation by Experts (Cont.)

| 3. System Usability and User Interface Design |                                                              |      |      |         |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|------|------|---------|
| 1                                             | The interface layout is appropriate and easy to understand.  | 5.00 | 0.00 | Highest |
| 2                                             | The operational procedures are not complicated.              | 5.00 | 0.00 | Highest |
| 3                                             | Commands and menus are clear and easy to use.                | 4.67 | 0.58 | Highest |
| 4                                             | The colors, fonts, and layouts are appropriate and readable. | 4.67 | 0.58 | Highest |
| Mean                                          |                                                              | 4.83 | 0.29 | Highest |
| 4. Information Security and Access Control    |                                                              |      |      |         |
| 1                                             | The system has user authentication for access control.       | 5.00 | 0.00 | Highest |
| 2                                             | User roles and permissions are properly managed.             | 5.00 | 0.00 | Highest |
| 3                                             | The system prevents unauthorized data access.                | 5.00 | 0.00 | Highest |
| Mean                                          |                                                              | 5.00 | 0.00 | Highest |
| Mean in Overall                               |                                                              | 4.83 | 0.25 | Highest |

จาก Table 3. ผลการประเมินคุณภาพระบบสารสนเทศโดยผู้เชี่ยวชาญมีค่าเฉลี่ยรวมทุกด้านอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{x} = 4.83$ , S.D. = 0.25) แสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้งานจริง เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่าด้านความปลอดภัยของข้อมูลและการควบคุมการเข้าถึงมีค่าเฉลี่ยสูงสุด ( $\bar{x} = 5.00$ , S.D. = 0.00) เนื่องจากระบบมีการตรวจสอบสิทธิ์การเข้าใช้งาน การแบ่งสิทธิ์ตามบทบาทของผู้ใช้แต่ละกลุ่ม และการป้องกันการเข้าถึงข้อมูลโดยไม่ได้รับอนุญาตอย่างครบถ้วน รองลงมาคือด้านประสิทธิภาพและการทำงานของระบบและด้านความง่ายต่อการใช้งานและการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากัน ( $\bar{x} = 4.83$ , S.D. = 0.29) สะท้อนให้เห็นว่าระบบสามารถประมวลผลข้อมูลได้รวดเร็ว แสดงผลข้อมูลได้แม่นยำ ติดตามสถานะได้แบบเรียลไทม์ และมีหน้าจอที่จัดวางเหมาะสม ใช้งานไม่ซับซ้อน ส่วนด้านการทำงานและความต้องการของผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด ( $\bar{x} = 4.67$ , S.D. = 0.44) แม้จะอยู่ในระดับมากที่สุด แต่มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสูงกว่าด้านอื่น แสดงให้เห็นว่าผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นแตกต่างกันในบางประเด็น

เมื่อวิเคราะห์รายชื่อ พบว่ารายการที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{x} = 5.00$ , S.D. = 0.00) ได้แก่ (1) การแก้ไขปัญหาจากระบบเดิมได้อย่างเหมาะสม (2) ความถูกต้องและครบถ้วนของข้อมูลที่แสดงผล (3) การติดตามสถานะแบบเรียลไทม์ (4) การจัดวางหน้าจอที่เหมาะสม (5) ขั้นตอนการใช้งานที่ไม่ซับซ้อน และ (6) การรักษาความปลอดภัยของข้อมูลทุกรายการ แสดงให้เห็นว่าผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 คนมีความเห็นตรงกันว่าระบบมีจุดแข็งในประเด็นเหล่านี้ ในขณะที่รายการระบบสามารถทำงานได้ครบตามฟังก์ชันที่กำหนดมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด ( $\bar{x} = 4.33$ , S.D. = 0.58) ซึ่งผู้เชี่ยวชาญให้ข้อเสนอแนะว่าควรเพิ่มคู่มือการใช้งานออนไลน์สำหรับผู้ใหม่ และควรพัฒนาให้รองรับการแสดงผลแบบปรับเปลี่ยนตามขนาดหน้าจอเพื่อรองรับการใช้งานผ่านอุปกรณ์ที่หลากหลายในอนาคต

## 7. สรุปผลการวิจัย (Conclusion)

### 7.1 ผลการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการรับนักศึกษาวิชาโท

ผลการวิจัยด้านการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการรับนักศึกษาวิชาโทพบว่า การประยุกต์ใช้กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามวงจร PAOR (Plan-Act-Observe-Reflect) ช่วยให้การพัฒนาระบบเป็นไปอย่างมีระบบและสามารถปรับปรุงแก้ไขให้สอดคล้องกับสภาพปัญหาและความต้องการของผู้ใช้งานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้ผู้วิจัยสามารถพัฒนาระบบสารสนเทศที่เสร็จสมบูรณ์ ซึ่งมีคุณลักษณะและฟังก์ชันการทำงานหลักตอบสนองต่อกรอบแนวคิดการวิจัย (Conceptual Framework) ครบถ้วนทั้ง 5 ด้าน ได้แก่ (1) การสมัครออนไลน์ (Online Application) นักศึกษาสามารถกรอกข้อมูลและยื่นใบสมัครผ่านระบบได้ด้วยตนเอง (2) การพิจารณาอนุมัติผ่านระบบ (System-based Approval) อาจารย์ที่ปรึกษาและประธานหลักสูตรสามารถตรวจสอบคุณสมบัติและพิจารณาอนุมัติตามลำดับขั้นผ่านระบบได้อย่างเป็นระบบ (3) การติดตามสถานะแบบเรียลไทม์ (Real-time Status Tracking) นักศึกษาสามารถเข้าสู่ระบบเพื่อตรวจสอบความคืบหน้าของเอกสารและการอนุมัติได้ตลอดเวลา (4) การแจ้งเตือนอัตโนมัติทางอีเมล (Automatic Notification)

ระบบมีการแจ้งเตือนไปยังผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในแต่ละขั้นตอน เพื่อลดความล่าช้าในการติดตามเอกสาร และ (5) การส่งออก รายงานและข้อมูลสรุป (Reports and Summary) เจ้าหน้าที่วิชาการสามารถเรียกดูข้อมูลในภาพรวมและส่งออกรายงาน ในรูปแบบไฟล์ Excel เพื่อใช้ในการประสานงานต่อได้ทันที

ผลการนำระบบสารสนเทศที่มีองค์ประกอบครบถ้วนทั้ง 5 ด้านนี้มาใช้ สามารถแก้ไขปัญหาจากกระบวนการทำงาน เดิมได้อย่างเป็นรูปธรรม โดยช่วยลดขั้นตอนการดำเนินงานที่ซ้ำซ้อน ลดระยะเวลาในกระบวนการรับสมัครจาก 10-14 วัน เหลือเพียง 3-5 วัน และลดการใช้เอกสารกระดาษลงร้อยละ 80 ส่งผลให้การบริหารจัดการงานรับนักศึกษาวิชาโทมีความ สะดวก รวดเร็ว โปร่งใส และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ทั้งยังช่วยอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้สมัครและสนับสนุนการทำงาน ของบุคลากรได้อย่างเหมาะสม

## 7.2 ผลการประเมินคุณภาพระบบสารสนเทศ

ผลการประเมินคุณภาพระบบสารสนเทศเพื่อการรับนักศึกษาวิชาโทโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศพบว่า ระบบมีคุณภาพโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ระบบสามารถตอบสนองต่อความต้องการของ ผู้ใช้งานและข้อกำหนดของระบบได้อย่างเหมาะสม มีประสิทธิภาพและความเสถียรในการทำงาน ใช้งานง่ายและมีการ ออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ที่เหมาะสม รวมถึงมีมาตรการด้านความปลอดภัยของข้อมูลและการควบคุมการเข้าถึงที่เหมาะสม

ผลการประเมินดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้นมีความพร้อมสำหรับการนำไปใช้งานจริง ในบริบทของการรับนักศึกษาวิชาโท และสามารถสนับสนุนการบริหารจัดการทางการศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งใน ด้านการจัดการข้อมูล การลดภาระงานของบุคลากร และการยกระดับคุณภาพการให้บริการทางการศึกษาใน สถาบันอุดมศึกษา

## 8. อภิปรายผลการวิจัย (Discussion)

จากผลการวิจัยสามารถอภิปรายผลตามวัตถุประสงค์การวิจัยได้ดังนี้

### 8.1 การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการรับนักศึกษาวิชาโท

ผลการวิจัยพบว่าการประยุกต์ใช้กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามวงจร PAOR (Plan-Act-Observe-Reflect) จำนวน 2 วงจร ช่วยให้การพัฒนาระบบมีขั้นตอนที่ชัดเจนและสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้จริงได้อย่างมี ประสิทธิภาพ ทั้งนี้ กลไกการพัฒนาแบบวนรอบ (Iterative Development) เป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยปิดช่องว่างปัญหาจาก ระบบเอกสารเดิม โดยเฉพาะในขั้นสะท้อนผล (Reflect) ที่เปิดโอกาสให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องร่วมระบุความต้องการที่แท้จริง จนนำไปสู่การพัฒนาฟังก์ชันการทำงานหลักที่สอดคล้องกับกรอบแนวคิดการวิจัยได้อย่างครบถ้วนทั้ง 5 ประการ อีกทั้ง ระบบยังสามารถลดระยะเวลาดำเนินงานจาก 10-14 วัน เหลือเพียง 3-5 วัน และลดการใช้กระดาษลงได้ร้อยละ 80 สะท้อนให้เห็นว่าการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ออกแบบตามขั้นตอนการทำงานจริง (Workflow Design) สามารถยกระดับ ประสิทธิภาพการบริหารจัดการได้อย่างเป็นรูปธรรม ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Schön (1983) ที่ระบุว่าการศึกษา วิจัยเชิงปฏิบัติการช่วยให้เกิดการเรียนรู้จากการปฏิบัติจริงและนำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Kanjanapradit & Suebsor (2025) และ Wangwatcharakul et al. (2025) จะเห็นได้ว่าระบบในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน สามารถลดภาระงานและเพิ่มความรวดเร็วได้ในลักษณะคล้ายคลึงกัน อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้มีจุดเด่นในการจัดการความ ซ้ำซ้อนของการพิจารณาอนุมัติแบบลำดับขั้น (Sequential Approval Workflow) ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของการรับ นักศึกษาวิชาโทที่ต้องผ่านการตรวจสอบจากทั้งอาจารย์ที่ปรึกษาและประธานหลักสูตร ทำให้เป็นข้อแตกต่างที่สำคัญจาก การรับสมัครในหลักสูตรทั่วไป

### 8.2 การประเมินคุณภาพของระบบสารสนเทศ

ผลการประเมินคุณภาพโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.83$ ) ยืนยันว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมีความพร้อมสำหรับการ นำไปใช้งานจริง เมื่อพิจารณาตามแบบจำลองความสำเร็จของระบบสารสนเทศของ DeLone & McLean (2003) พบว่า ด้านความปลอดภัยของข้อมูลและการควบคุมการเข้าถึง ได้คะแนนสูงสุดเต็ม ( $\bar{X} = 5.00$ ) สิ่งนี้ทำให้เห็นว่า สถาปัตยกรรมระบบที่ออกแบบมาสามารถสร้างความเชื่อมั่นในการจัดการข้อมูลส่วนบุคคลและข้อมูลทางการศึกษา ซึ่งเป็น หัวใจสำคัญของระบบทะเบียนในสถาบันอุดมศึกษา

นอกจากนี้ การที่ผู้เชี่ยวชาญประเมินให้ด้านความง่ายต่อการใช้งานและการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ (UI) อยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{x} = 4.83$ ) ทำให้เห็นว่า การออกแบบที่ยึดผู้ใช้เป็นศูนย์กลาง (User-centered Design) ช่วยลดความซับซ้อนของกระบวนการสมัครและการติดตามสถานะได้จริง แม้จำนวนผู้เชี่ยวชาญจะมีเพียง 3 ท่าน แต่ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) มีค่าต่ำเพียง 0.25 สะท้อนถึงความสอดคล้องของความคิดเห็นเชิงวิชาชีพอย่างมีนัยสำคัญ ผลการประเมินนี้จึงเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ยืนยันว่า ระบบสารสนเทศเพื่อการรับนักศึกษาวิชาโทที่พัฒนาขึ้นนี้ ไม่เพียงแต่แก้ปัญหาด้านความล่าช้า แต่ยังเป็นเครื่องมือสำคัญในการสนับสนุนการทำงานของบุคลากรและยกระดับคุณภาพการให้บริการทางการศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

### 8.3 ข้อจำกัดของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีข้อจำกัดบางประการที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางสำหรับการวิจัยในอนาคต ประการแรก ด้านกลุ่มตัวอย่าง แม้การประเมินคุณภาพระบบโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน จะเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน แต่ในอนาคตควรเพิ่มความหลากหลายของผู้ทรงคุณวุฒิจากภายนอกสถาบันเพื่อให้ได้มุมมองการประเมินที่กว้างขึ้น ประการที่สอง ด้านเทคโนโลยี เนื่องจากระบบปัจจุบันยังเป็นเว็บแอปพลิเคชันที่เน้นการใช้งานผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์เป็นหลัก จึงควรพัฒนาเพิ่มเติมให้รองรับการแสดงผลแบบปรับเปลี่ยนตามขนาดหน้าจอ (Responsive Design) เพื่อให้สามารถใช้งานผ่านอุปกรณ์พกพาได้อย่างสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และประการสุดท้าย ด้านขอบเขตการใช้งาน เนื่องจากระบบถูกออกแบบมาเพื่อรองรับกระบวนการทำงาน (Workflow) เฉพาะของคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ การนำไปประยุกต์ใช้ในบริบทอื่นที่มีลำดับการอนุมัติแตกต่างออกไป จึงอาจจำเป็นต้องปรับปรุงสถาปัตยกรรมระบบให้มีความยืดหยุ่นมากขึ้นในรูปแบบไมโครเซอร์วิส (Microservices)

## 9. ข้อเสนอแนะงานวิจัย (Recommendation)

### 9.1 ข้อเสนอแนะเชิงปฏิบัติ

ในการนำระบบไปใช้งานจริง ควรจัดทำคู่มือการใช้งานในรูปแบบวิดีโอสาธิตหรือชุดคำถามที่พบบ่อย (FAQ) พร้อมทั้งจัดอบรมเชิงปฏิบัติการให้แก่ผู้เกี่ยวข้องก่อนเริ่มใช้งานในแต่ละภาคการศึกษา เพื่อลดปัญหาความไม่คุ้นเคยและส่งเสริมการใช้งานอย่างถูกต้อง นอกจากนี้ ควรกำหนดผู้รับผิดชอบในการสนับสนุนทางเทคนิคผ่านศูนย์ช่วยเหลือ (Help Desk) ที่ติดต่อได้สะดวกรวดเร็ว สำหรับการพัฒนาระบบในระยะสั้น ควรเพิ่มฟังก์ชันหน้าปัดข้อมูล (Dashboard) เพื่อสรุปสถิติและแนวโน้มการสมัครสำหรับสนับสนุนการวางแผนเชิงบริหารของผู้เกี่ยวข้อง พร้อมทั้งเพิ่มช่องทางการแจ้งเตือนอัตโนมัติที่หลากหลายขึ้น และควรติดตามผลการใช้งานอย่างต่อเนื่องเพื่อนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงระบบตามกระบวนการวนรอบอย่างสม่ำเสมอ

### 9.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต

เพื่อต่อยอดผลการวิจัยและลดข้อจำกัดที่พบ ควรมีการศึกษาและพัฒนาสถาปัตยกรรมระบบในรูปแบบไมโครเซอร์วิส (Microservices) หรือระบบคลาวด์ (Cloud-based Architecture) เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นในการบูรณาการร่วมกับระบบสารสนเทศอื่นของสถาบัน เช่น ระบบทะเบียนและระบบจัดการเรียนการสอน (LMS) ตลอดจนพัฒนาส่วนแสดงผลให้รองรับอุปกรณ์พกพา (Responsive Design) ได้อย่างสมบูรณ์แบบ นอกจากนี้ ควรขยายขอบเขตการวิจัยโดยนำกระบวนการพัฒนาระบบไปประยุกต์ใช้กับคณะหรือสถาบันอุดมศึกษาอื่น เพื่อประเมินความสามารถในการรองรับเงื่อนไขการรับนักศึกษาที่มีความเฉพาะตัวแตกต่างกัน รวมถึงการเพิ่มความหลากหลายของผู้ทรงคุณวุฒิจากภายนอกสถาบันในการประเมินคุณภาพ เพื่อให้ได้มุมมองทางวิชาการที่กว้างขึ้นในการวิจัยระยะต่อไป

## 10. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

การวิจัยนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือจากผู้มีส่วนร่วมหลายฝ่าย ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.จิรัชยา เจียวัก ที่ปรึกษาวิจัย สำหรับคำแนะนำอันล้ำค่าตลอดกระบวนการ ขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศทั้งสามท่านสำหรับการประเมินระบบและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ ขอขอบใจนักศึกษา อาจารย์ที่ปรึกษา ประธานหลักสูตร และเจ้าหน้าที่วิชาการของคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ สำหรับความร่วมมือในการทดลองใช้ระบบและให้

ข้อมูลสำคัญ ขอขอบคุณคณบดีและหัวหน้าสำนักงานบริหารคณะสำหรับการสนับสนุนโอกาส ข้อมูล และสถานที่ในการวิจัย ขอขอบคุณครอบครัวและผู้มีพระคุณทุกท่านที่คอยเป็นกำลังใจและแรงผลักดัน

## 10.การเปิดเผยการใช้ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ (Declaration of Generative AI)

งานวิจัยนี้มีการใช้เครื่องมือปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ (Generative Artificial Intelligence) คือ ChatGPT เพื่อสนับสนุนกระบวนการทบทวนวรรณกรรม การแปลภาษา และการตรวจสอบความถูกต้องของไวยากรณ์ภาษา โดยใช้ คำสั่ง (Prompts) ในลักษณะการสรุปเนื้อหา การปรับสำนวนภาษาให้เป็นเชิงวิชาการ และการตรวจสอบความชัดเจนของ ข้อความ ทั้งนี้ ปัญญาประดิษฐ์ไม่ได้มีส่วนในการออกแบบการวิจัย การเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การตีความ ผลการวิจัย หรือการสรุปผลการวิจัย ผู้วิจัยเป็นผู้รับผิดชอบต่อเนื้อหา การวิเคราะห์ และข้อสรุปทั้งหมดของบทความ และ ได้ตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา ก่อนการตีพิมพ์ตามนโยบายการใช้ปัญญาประดิษฐ์ของวารสาร

## 11.การแสดงบทบาทผู้เขียน (CRediT Author Statement)

**Lakkana Chunthong:** Conceptualization; Methodology; Software; Validation; Formal Analysis; Resources; Writing - Original Draft; Writing Visualization; Supervision.

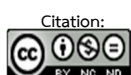
**Nitjanan Phetsangkahat:** Conceptualization; Methodology; Validation; Investigation; Data Curation; Writing - Review & Editing; Visualization.

All authors read and approved the final manuscript.

## 12.เอกสารอ้างอิง (References)

- Beck, K., Beedle, M., Bennekum, A. V., Cockburn, A., Cunningham, W., Fowler, M., Grenning, J., Highsmith, J., Hunt, A., Jeffries, R., Kern, J., Marick, B., Martin, R., Mellor, S., Schwaber, K., Sutherland, J., & Thomas, D. (2001). *Manifesto for Agile Software Development*. <http://agilemanifesto.org>
- Chotakharathitkun, K., & Saengseemuk, S. (2025). Guidelines for Developing Information Systems for Educational Institution Administration under the Mae Hong Son Secondary Educational Service Area Office. *Journal of Buddhist Education and Research*, 11(2), 78-90. (In Thai)
- DeLone, W. H., & McLean, E. R. (2003). The DeLone and McLean Model of Information Systems Success: A Ten-Year Update. *Journal of Management Information Systems*, 19(4), 9-30. <https://doi.org/10.1080/07421222.2003.11045748>
- Issarasongkham, M., & Satihaporn, S. (2024). Developing a Proactive Service Model of Field Hospital and Disease Screening Center at the Royal Thai Army Club During the COVID-19 Crisis. *Journal of Medical and Public Health Region 4*, 14(3), 121-132. (In Thai)
- Kanjanapradit, T., & Suebsor, S. (2025). Development of Online Admission System for Thapsakae Wittaya School under the Prachuap Khiri Khan Secondary Educational Service Area Office. *Journal of Academic for Educational Administration Innovation*, 4(1), 39-49. (In Thai)
- Kanka, W. (2021). Guideline Development of Information Management System in Digital Age Chongkab - Keereerach School Group Tak Primary Educational Service Area Office 2. *Academy Journal of Northern*, 8(3), 63-76. (In Thai)
- Laudon, K. C., & Laudon, J. P. (2020). *Management Information Systems: Managing the Digital Firm* (16<sup>th</sup> ed.). Pearson.
- Office of the Education Council. (2017). *National Education Plan B.E. 2560-2579 (2017-2036)*. Ministry of Education. <http://www.onec.go.th/index.php/book/BookView/1540> (In Thai)

- Phongphet, W., Chumpa, A., & Thumpanit, A. (2023). Applying Agile Methodology to Develop an Online Student Admission System for Nakhon Phanom University. *Journal of Liberal Arts (Wang Nang Leng) RMUTP*, 3(1), 49-61. (In Thai)
- Ruenphongphun, P., & Matman, P. (2024). Developing LINE BOT to Enhancing Customer Relationship Management of Local Community Enterprise in Khlong Khuean District, Chachoengsao Province. *The Journal of Pacific Institute of Management Science (Humanities and Social Sciences)*, 10(2), 100-116. (In Thai)
- Schön, D. A. (1983). *The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action*. Basic Books.
- Siriporn, P., & Ritthaisong, Y. (2021). Good Characteristics of Information Systems for Student Registration of University in Nakhon Ratchasima Province. *Ratchaphruek Journal*, 19(2), 92-101. (In Thai)
- Sommerville, I. (2016). *Software Engineering* (10<sup>th</sup> ed.). Pearson.
- Thaiklang, S., & Sookkhathon, W. (2014). Direct Admission Online System of Nakhon Si Thammarat Rajabhat University. *Wicha Journal*, 33(2), 46-59.
- The National Board of Digital Economy and Society Office. (2019). *National Policy and Plan on Digital Economy and Society Development (2018-2037)*.  
<https://www.onde.go.th/assets/portals/1/files/620425-Government%20Gazette.PDF>
- Wangwatcharakul, C., Yossunthon, C., & Phoaphuet, N. (2025). Development of an Information System for Online Admission: A Case Study of Saint John Thaboam School, Chiang Khan District, Loei Province. *Journal of Science and Technology Sukhothai Thammathirat Open University*, 5(1), 19-35. (In Thai)
- Wichaidit, S. (2024). The Development of an Admission System for Graduate Students of Dhonburi Rajabhat University. *Journal of Management Science, Dhonburi Rajabhat University*, 6(2), 75-94.
- Yimprasert, U., & Tonjoin, R. (2015). Management Information Systems (MIS) for Administration in Higher Education Institute as E-education. *Panyapiwat Journal*, 7(Special), 253-260. (In Thai)



## Analysis of Reversibility and Critical Depth in Quantum Computers under Noise via Circuit Simulation

Sittinon Chotirotpon<sup>1,\*</sup>

<sup>1,\*</sup>Science and Technology Program, Thaksin University Demonstration Secondary School, Phatthalung Province, 93210, Thailand; Email: 670255@tsu.ac.th

*\*Corresponding author: Sittinon Chotirotpon (670255@tsu.ac.th)*

**Received:** 24 January 2026; **Revised:** 16 April 2026;

**Accepted:** 20 April 2026; **Published:** 30 April 2026

### Abstract

This research aims to: 1) simulate the time-reversibility behavior in chaotic quantum systems (Ising model), 2) analyze the quantitative relationship between noise levels ( $\epsilon$ ) and system sizes ( $N$ ), and 3) propose the critical depth criterion for evaluating the preliminary limits of quantum computers. The research methodology involves simulating the behavior of quantum systems via circuit simulation using Qiskit to evaluate the return probability under depolarizing error ranging from 0-2%. The results indicate that noise causes a rapid decay in the system's reversibility. Larger systems ( $N = 6$ ) demonstrate approximately 45% higher sensitivity to noise than smaller systems ( $N = 4$ ), based on the relative reduction of the critical depth, which decreases from 15 steps to 11 steps at a 1% noise level. Based on these findings, this study proposes critical depth as a simulation-based index for evaluating noise-induced limitations in NISQ-era quantum computers.

**Keywords:** Quantum Computing, Circuit Simulation, Loschmidt Echo, Noise, Critical Depth



Copyright © 2026 Journal of Computer and Creative Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC-ND).

### Citation:

Chotirotpon, S. (2026). Analysis of Reversibility and Critical Depth in Quantum Computers under Noise via Circuit Simulation. *Journal of Computer and Creative Technology*, 4(1), e3448. <https://doi.org/10.65205/jcct.2026.e3448>

## การวิเคราะห์ความผันกลับได้และค่าความลึกวิกฤตของควอนตัมคอมพิวเตอร์ ภายใต้สัญญาณรบกวนด้วยการจำลองวงจร

สิทธิพันธ์ โชติโรจน์ผล<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>โครงการห้องเรียนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยทักษิณ ฝายมัธยม จังหวัดพัทลุง 93210  
ประเทศไทย; Email: 670255@tsu.ac.th

\*ผู้ประพันธ์บทความ: สิทธิพันธ์ โชติโรจน์ผล (670255@tsu.ac.th)

รับบทความ: 24 มกราคม 2569; แก้ไขบทความ: 16 เมษายน 2569;  
ตอบรับบทความ: 20 เมษายน 2569; เผยแพร่บทความ: 30 เมษายน 2569

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) จำลองพฤติกรรมการย้อนกลับของเวลาในระบบควอนตัมโกลาหล 2) วิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงปริมาณระหว่างระดับสัญญาณรบกวนและขนาดระบบ และ 3) นำเสนอเกณฑ์ความลึกวิกฤตสำหรับประเมินขีดจำกัดเบื้องต้นของคอมพิวเตอร์ควอนตัม วิธีดำเนินการวิจัยเป็นการศึกษาเชิงจำลองพฤติกรรมของระบบควอนตัมผ่านการจำลองวงจรด้วย Qiskit เพื่อประเมินค่าความน่าจะเป็นในการย้อนกลับภายใต้สัญญาณรบกวนชนิด Depolarizing ในช่วงร้อยละ 0-2 ผลการวิจัยพบว่า สัญญาณรบกวนส่งผลให้ความสามารถในการย้อนกลับของระบบลดลงอย่างรวดเร็ว โดยระบบขนาดใหญ่  $N = 6$  มีความไวต่อสัญญาณรบกวนสูงกว่าระบบขนาดเล็ก  $N = 4$  ประมาณร้อยละ 45 เมื่อพิจารณาจากการลดลงเชิงสัมพัทธ์ของค่าความลึกวิกฤต ซึ่งลดลงจาก 15 ชั้น เหลือเพียง 11 ชั้น ที่ระดับสัญญาณรบกวนร้อยละ 1 จากผลการศึกษานี้ จึงเสนอให้ใช้ค่าความลึกวิกฤตเป็นดัชนีเชิงการจำลองสำหรับการประเมินข้อจำกัดที่เกิดจากสัญญาณรบกวนในระบบคอมพิวเตอร์ควอนตัมยุค NISQ

**คำสำคัญ:** คอมพิวเตอร์ควอนตัม, การจำลองวงจร, ลอซมิตต์เอคโค, สัญญาณรบกวน, ความลึกวิกฤต



Copyright © 2026 Journal of Computer and Creative Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC-ND).

การอ้างอิง:

สิทธิพันธ์ โชติโรจน์ผล. (2569). การวิเคราะห์ความผันกลับได้และค่าความลึกวิกฤตของควอนตัมคอมพิวเตอร์ภายใต้สัญญาณรบกวนด้วยการจำลองวงจร. วารสารคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสร้างสรรค์, 4(1), e3448. <https://doi.org/10.65205/jcct.2026.e3448>

## 1. บทนำ (Introduction)

เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ควอนตัม (Quantum Computing) ได้ก้าวเข้าสู่ยุคที่เรียกว่า NISQ (Noisy Intermediate-Scale Quantum) ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่เรามีฮาร์ดแวร์ควอนตัมขนาดกลาง (ประมาณ 50-100 คิวบิต) ที่สามารถใช้งานได้จริง แต่ยังมีข้อจำกัดเนื่องจากข้อจำกัดทางกายภาพและเทคโนโลยีการแก้ไขความผิดพลาด (Error Correction) ที่ยังไม่สมบูรณ์ (Kim et al., 2023) แม้ว่าคอมพิวเตอร์ควอนตัมจะมีศักยภาพมหาศาลในการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนสูง เช่น การจำลองโมเลกุลยา หรือการหาค่าเหมาะที่สุด (Optimization) ผ่านคุณสมบัติการซ้อนทับ (Superposition) และการพัวพัน (Entanglement) แต่ศักยภาพดังกล่าวมักถูกลดทอนลงเมื่อความลึกของวงจร (Circuit Depth) หรือจำนวนขั้นตอนการคำนวณเพิ่มมากขึ้น

อุปสรรคสำคัญที่สุดในยุค NISQ คือ “สัญญาณรบกวน” (Noise) และ “ความไม่เชื่อมโยงทางควอนตัม” (Decoherence) ซึ่งเกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างคิวบิตกับสภาพแวดล้อมภายนอก ปัจจัยเหล่านี้ส่งผลให้สถานะควอนตัมเกิดความคลาดเคลื่อนและสูญเสียข้อมูลไปตามกาลเวลา การทำความเข้าใจพฤติกรรมของสัญญาณรบกวนในวงจรที่มีความซับซ้อนจึงเป็นโจทย์วิจัยที่สำคัญอย่างยิ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการหาคำตอบว่า “เราสามารถคำนวณได้ลึกแค่ไหนก่อนที่จะล้มเหลว” (Jurcevic et al., 2021) ซึ่งเป็นคำถามพื้นฐานที่กำหนดขอบเขตความเป็นไปได้ของแอปพลิเคชันควอนตัมในปัจจุบัน

หนึ่งในวิธีการทดสอบเสถียรภาพของระบบควอนตัมที่มีประสิทธิภาพคือการตรวจสอบ “ความผันกลับได้ของเวลา” (Time-Reversibility) ตามหลักกลศาสตร์ควอนตัม การวิวัฒนาการของสถานะภายใต้สมการชเรอดิงเงอร์ (Schrödinger Equation) เป็นกระบวนการที่ผันกลับได้ (Unitary Evolution) กล่าวคือ หากเราประยุกต์ใช้กระบวนการย้อนกลับกับระบบ ระบบควรจะกลับคืนสู่สถานะเริ่มต้นได้อย่างสมบูรณ์ เปรียบเสมือนการกรอภาพยนตร์กลับหลัง (Peres, 1984) อย่างไรก็ตาม ในระบบที่มีความโกลาหล (Chaos) หรือมีสัญญาณรบกวน การย้อนกลับนี้จะทำได้ยากขึ้นเรื่อย ๆ ปรากฏการณ์นี้ถูกวัดค่าได้ด้วยกระบวนการที่เรียกว่า Loschmidt Echo (LE) ซึ่งเป็นการวัดความเหมือน (Fidelity) ระหว่างสถานะเริ่มต้นกับสถานะที่ถูกย้อนกลับ หากค่านี้ลดลง แสดงว่าระบบสูญเสียข้อมูลให้กับสิ่งแวดล้อม

งานวิจัยฉบับนี้มุ่งเน้นการศึกษาข้อจำกัดดังกล่าวผ่าน การจำลองวงจรควอนตัม (Circuit Simulation) บนระบบจำลองแบบ Ising Model ซึ่งเป็นระบบที่มีพฤติกรรมโกลาหล (Chaotic regime) ภายใต้พารามิเตอร์  $J=1.0$ ,  $h_x=0.8$ ,  $h_z=0.5$  และมีความไวต่อการรบกวนสูง โดยใช้เฟรมเวิร์ก Qiskit (Aleksandrowicz et al., 2019) ในการสร้างสภาพแวดล้อมทดลองที่มีการควบคุมสัญญาณรบกวนแบบ Depolarizing Noise อย่างเป็นระบบ วัดผลกระทบหลักคือการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับของสัญญาณรบกวน ขนาดของระบบ และความลึกของวงจร เพื่อนำเสนอเกณฑ์ชี้วัดใหม่ในรูปแบบของ “Critical Depth” (ความลึกวิกฤต) ซึ่งกำหนดจากจุดที่ค่า Fidelity ลดลงต่ำกว่าเกณฑ์ 0.5 ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการประเมินสมรรถนะของฮาร์ดแวร์และออกแบบอัลกอริทึมให้เหมาะสมกับข้อจำกัดในยุคปัจจุบัน

อย่างไรก็ตาม จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่ยังเน้นการศึกษานฮาร์ดแวร์จริง จึงยังคงมีช่องว่างวิจัยในการศึกษาความสัมพันธ์เชิงสเกลของ Fidelity ภายใต้การควบคุมระดับ Noise อย่างเป็นระบบผ่านการจำลองวงจร งานวิจัยนี้จึงมุ่งเติมเต็มช่องว่างดังกล่าว

## 2. วัตถุประสงค์งานวิจัย (Research Objectives)

1. เพื่อจำลองพฤติกรรมการย้อนกลับของเวลาในระบบควอนตัมโกลาหล (Ising model)
2. เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงปริมาณระหว่างระดับสัญญาณรบกวน ( $\epsilon$ ) และขนาดระบบ ( $N$ )
3. เพื่อนำเสนอเกณฑ์ความลึกวิกฤต (Critical Depth) สำหรับประเมินขีดจำกัดเบื้องต้นของคอมพิวเตอร์ควอนตัม

## 3. การทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง (Literature Review)

งานวิจัยของ Peres (1984) ได้วางรากฐานแนวคิด Loschmidt Echo สำหรับการประเมินความเสถียรของระบบควอนตัม ซึ่งต่อมา Goussev et al. (2012) ได้สังเคราะห์องค์ความรู้ดังกล่าวเพื่อใช้จำแนกระบบที่มีความโกลาหล ในบริบทของคอมพิวเตอร์ควอนตัมยุค NISQ งานของ Preskill (2018) ชี้ให้เห็นว่าสัญญาณรบกวน (Noise) เป็นข้อจำกัดสำคัญ โดยสอดคล้องกับการทดลองของ Lesovik et al. (2019) บนเครื่อง IBM Quantum ที่พบว่าความผิดพลาดของฮาร์ดแวร์ส่งผล

ผลกระทบโดยตรงต่อความสามารถในการย้อนกลับสถานะ อย่างไรก็ตาม การศึกษาความสัมพันธ์เชิงสเกล (Scaling Law) ของตัวชี้วัดการย้อนกลับภายใต้การควบคุมระดับสัญญาณรบกวนอย่างเป็นระบบผ่านการจำลองวงจรควอนตัม และ ยังมีรายงานการศึกษาอยู่อย่างจำกัด (Anand et al., 2024) ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการเติมเต็มช่องว่างดังกล่าว

#### 4. กรอบแนวคิดงานวิจัย (Conceptual Framework)

งานวิจัยนี้กำหนดให้ระดับสัญญาณรบกวน (Noise Level) และขนาดของระบบ (System Size) เป็นตัวแปรต้น ที่ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการย้อนกลับของสถานะควอนตัม (ตัวแปรตาม) โดยวัดผ่านค่าความเหมือน (Fidelity) จากโปรโตคอล Loschmidt Echo ทั้งนี้ ได้นำเสนอตัวแปรชี้วัดใหม่คือ ค่าความลึกวิกฤต (Critical Depth) เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ประเมินสมรรถนะที่เป็นรูปธรรม

#### 5. วิธีดำเนินงานวิจัย (Research Methodology)

งานวิจัยนี้ดำเนินการทดลองเชิงคำนวณ (Computational Experiment) ผ่านชุดเครื่องมือพัฒนาซอฟต์แวร์ควอนตัม Qiskit SDK (Quantum Information Science Kit) เวอร์ชัน 1.1.0 โดยรันบนตัวจำลอง Aer Simulator เพื่อจำลองพฤติกรรมของระบบควอนตัมภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีการควบคุมตัวแปรอย่างเคร่งครัด โดยมีรายละเอียดขั้นตอนดังนี้

##### 5.1 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model)

งานวิจัยนี้เลือกใช้แบบจำลอง Transverse Field Ising Model (TFIM) 1 มิติ ซึ่งเป็นระบบมาตรฐานในการศึกษาสถานะควอนตัมหลายอนุภาค (Many-body quantum systems) โดยมีสมการแฮมิลโทเนียน (Hamiltonian) ดังสมการที่ (1) (Anand et al., 2024)

$$H = -J \sum_{i=1}^{N-1} Z_i Z_{i+1} - h_x \sum_{i=1}^N X_i - h_z \sum_{i=1}^N Z_i \quad (1)$$

โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์  $J = 1.0$  (Strength of Spin Interaction),  $h_x = 0.8$  (Transverse Field), และ  $h_z = 0.5$  (Longitudinal field) โดยที่  $X_i$  และ  $Z_i$  คือตัวดำเนินการเพาลี (Pauli matrices) ในแนวแกน x และ z ตามลำดับ

การเลือกค่าพารามิเตอร์ชุดนี้มีความสำคัญ เนื่องจากจะส่งผลให้ระบบอยู่ในสภาวะ Non-integrable (Chaotic Regime) ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการทดสอบความไวต่อการรบกวนและการย้อนกลับของเวลา

##### 5.2 การแปลงเป็นวงจรควอนตัม (Quantum Circuit Implementation)

เนื่องจากตัวดำเนินการในสมการแฮมิลโทเนียนไม่สามารถสลับที่กันได้ (Non-Commuting) งานวิจัยนี้จึงใช้วิธี First-order Trotter-Suzuki Decomposition เพื่อประมาณค่าการวิวัฒนาการเชิงเวลา  $U(t) = e^{-iHt}$  ให้เป็นลำดับของเกตควอนตัมพื้นฐาน ดังสมการที่ (2) (Anand et al., 2024)

$$e^{-iH\Delta t} \approx \prod_j e^{-iH_j\Delta t} \quad (2)$$

โดยกำหนดขนาดขั้นเวลา (Time Step size)  $\Delta t = 0.1$  เพื่อลดความคลาดเคลื่อนจากการประมาณค่า (Trotterization Error) ให้เหลือน้อยที่สุด ค่าขั้นเวลานี้ถูกเลือกมาจากการวิเคราะห์ความลู่เข้า (Convergence Analysis) ซึ่งพบว่าเพียงพอต่อการจำลองพฤติกรรมระยะยาวโดยไม่สะสมความคลาดเคลื่อนมากเกินไป

##### 5.3 แบบจำลองสัญญาณรบกวน (Noise Modeling)

เพื่อการจำลองสภาวะแวดล้อมของคอมพิวเตอร์ควอนตัมยุค NISQ อย่างสมจริง งานวิจัยนี้ได้สร้างแบบจำลองสัญญาณรบกวนชนิด Depolarizing Noise Channel แม้อาร์คแวร์จริงจะมีสัญญาณรบกวนรูปแบบอื่นร่วมด้วย แต่การเลือกใช้ Depolarizing Channel ถือเป็นโมเดลมาตรฐานที่สะท้อนกรณีเลวร้ายที่สุด (Worst-Case) ของการสูญเสียข้อมูลควอนตัม ซึ่งเหมาะสมต่อการวิเคราะห์แนวโน้ม ซึ่งแสดงดังสมการที่ (3) (Preskill, 2018)

$$E(p) = (1 - p)p + 3p(XpX + YpY + ZpZ) \quad (3)$$

โดย  $p$  คือความน่าจะเป็นของการเกิดข้อผิดพลาด โดยงานวิจัยนี้ได้แทรกสัญญาณรบกวนนี้เข้าไปในวงจร ณ ตำแหน่งสำคัญ 2 จุด ได้แก่

1. Gate Error: แทรก Depolarizing error หลังการกระทำของทุก Single-Qubit Gate และ Two-Qubit Gate (CNOT) โดยแปรผันค่า  $p$  ตั้งแต่ 0% ถึง 2%
2. Readout Error: แทรกความผิดพลาดในขั้นตอนการวัดผล (Measurement) เพื่อจำลองความไม่สมบูรณ์ของอุปกรณ์ตรวจวัด

#### 5.4 กระบวนการวัดผลและตัวชี้วัด (Measurement and Metrics)

การทดลองใช้วิธีการ Loschmidt Echo โดยเริ่มจากการเตรียมระบบให้อยู่ในสถานะพื้นฐาน (Ground State) จากนั้นทำการวิวัฒนาการไปข้างหน้า (Forward) เป็นเวลา  $t$  และวิวัฒนาการย้อนกลับ (Backward) เป็นเวลา  $t$  ภายใต้วงจรที่มีสัญญาณรบกวน

สำหรับการประเมินประสิทธิภาพ ได้ใช้ตัวชี้วัดหลักคือ ความน่าจะเป็นในการย้อนกลับ (Return Probability) หรือค่า Fidelity ซึ่งนิยามจากการวัดความน่าจะเป็นที่ระบบจะกลับคืนสู่สถานะตั้งต้นเดิมได้อย่างสมบูรณ์หลังสิ้นสุดกระบวนการ ดังสมการที่ (4) (Goussev et al., 2012)

$$F(t) = |\langle \psi_0 | U_{noise}^\dagger(t) U_{ideal}(t) | \psi_0 \rangle|^2 \quad (4)$$

โดยค่านี้จะสะท้อนถึงระดับความคงทนของข้อมูลควอนตัมที่เหลืออยู่ ทั้งนี้ การเก็บข้อมูลดำเนินการโดยการรันซ้ำ (Shots) จำนวน 4,096 ครั้ง ต่อจุดข้อมูล โดยมีการกำหนดค่าสุ่มเริ่มต้น (Random Seed) และหาค่าเฉลี่ยเพื่อให้ครอบคลุมความน่าจะเป็นเชิงสถิติ เพื่อให้มั่นใจว่าค่าเฉลี่ยทางสถิติมีความแม่นยำและมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำเพียงพอสำหรับการวิเคราะห์ผล นอกจากนี้ งานวิจัยได้กำหนดเกณฑ์สำหรับความลึกวิกฤต (Critical Depth) ไว้ที่จุดซึ่งค่า Fidelity ลดลงต่ำกว่าเกณฑ์ 0.5 ( $F < 0.5$ ) เนื่องจากเป็นจุดที่ระบบสูญเสียข้อมูลความน่าจะเป็นไปครึ่งหนึ่ง ซึ่งถือเป็นขอบเขตสูงสุด (Upper Bound) ที่ผลลัพธ์จากการจำลองจะยังคงมีความน่าเชื่อถือเชิงสถิติ

### 6. ผลการวิจัย (Results)

#### 6.1 ผลการจำลองพฤติกรรมการย้อนกลับของเวลาในระบบควอนตัมโมเลกุล

ผลการจำลองพบว่าในกรณีอุดมคติ (Ideal) ค่า Fidelity คงที่ที่ 1.0 แต่เมื่อมีสัญญาณรบกวน ค่า Fidelity ลดลงในลักษณะ Exponential Decay ( $F(t) \propto e^{-\gamma t}$ ) ซึ่งยืนยันผลของ Decoherence ที่ทำลายข้อมูลควอนตัม พฤติกรรมนี้สะท้อนกลไกการสลายตัวเชิงคุณภาพ โดยพบว่าพารามิเตอร์การสลายตัว ( $\gamma$ ) มีค่าเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนตรงกับระดับสัญญาณรบกวน

#### 6.2 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงปริมาณระหว่างระดับสัญญาณรบกวนและขนาดระบบ

การเปรียบเทียบระบบ  $N = 4$  และ  $N = 6$  พบปรากฏการณ์ความไวต่อสัญญาณรบกวนที่เพิ่มขึ้นตามขนาด โดยที่ระดับ Noise 1% ระบบ  $N = 6$  มีค่า Fidelity ลดลงต่ำกว่า 0.5 เร็วกว่าระบบ  $N = 4$  ถึง 4 Time Steps แสดงถึงความผิดพลาดที่สะสมทวีคูณในระบบที่ซับซ้อน

ผลการวิเคราะห์ ดัง Figure 1. เป็นความน่าจะเป็นในการย้อนกลับ (Fidelity) ของ Loschmidt Echo เทียบกับจำนวนก้าวเวลา (Time Steps) ภายใต้สภาวะอุดมคติและมีสัญญาณรบกวน (ระดับสัญญาณรบกวน  $\epsilon = 0.005, 0.01, 0.02$ , จำนวน shots = 4,096 และเกณฑ์ Critical Depth ที่ Fidelity = 0.5)

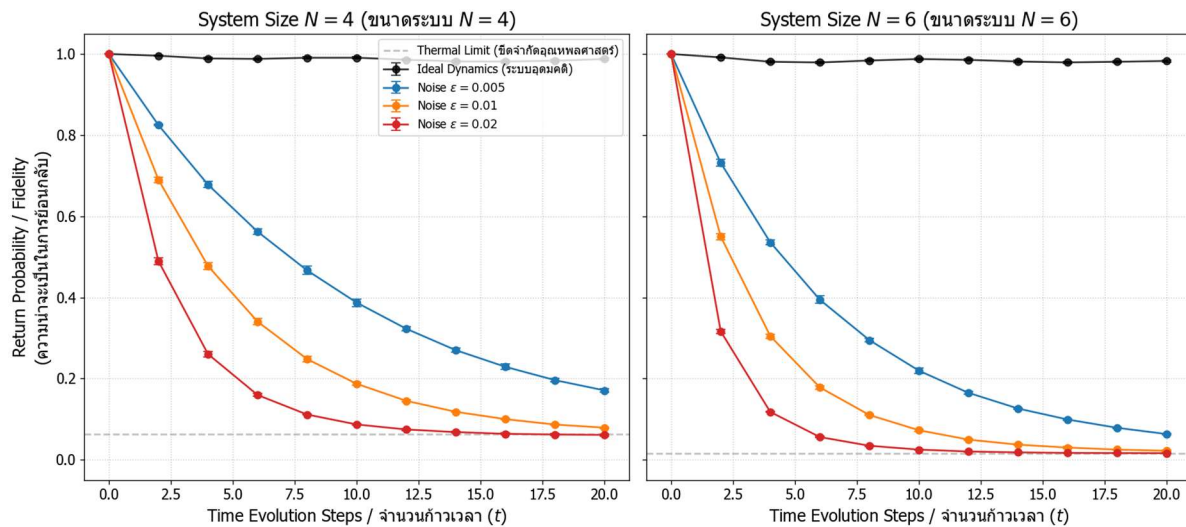


Figure 1. Return Probability/ Fidelity

### 6.3 ผลการศึกษาเกณฑ์ความลึกวิกฤตสำหรับประเมินขีดจำกัดเบื้องต้นของคอมพิวเตอร์ควอนตัม

จากการวิเคราะห์เชิงปริมาณ พบความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญระหว่างขนาดของระบบและความทนทานต่อสัญญาณรบกวน กล่าวคือ ระบบที่มีขนาดใหญ่ ( $N = 6$ ) แสดงความไวต่อสัญญาณรบกวนสูงกว่าระบบขนาดเล็ก ( $N = 4$ ) อย่างชัดเจน โดยเฉพาะเมื่อพิจารณาที่ระดับสัญญาณรบกวน  $\epsilon = 0.01$  พบว่าค่าความลึกวิกฤต (Critical Depth) ลดลงจาก 15 ชั้น (ในกรณี  $N = 4$ ) เหลือเพียง 11 ชั้น (ในกรณี  $N = 6$ ) ซึ่งคิดเป็นอัตราการถดถอยของประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์ (Relative Reduction) ประมาณร้อยละ 27-45 (ซึ่งคำนวณจากสมการ  $[D_c(N=4) - D_c(N=6)] / D_c(N=4) * 100$ ) ข้อมูลนี้บ่งชี้ว่าความผิดพลาดในระบบควอนตัมมีการสะสมตัวเร็วขึ้นเมื่อระบบมีความซับซ้อนมากขึ้น

### 7. สรุปผลการวิจัย (Conclusion)

จากผลการวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้ 1) ผลการจำลองยืนยันอย่างชัดเจนว่า “สัญญาณรบกวน” (Noise) เป็นอุปสรรคสำคัญที่ทำให้ลายสมบัตการย้อนกลับของระบบควอนตัม โดยทำให้เกิดการสูญเสียความเชื่อมโยง (Decoherence) ของข้อมูล 2) จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงปริมาณพบว่า เมื่อระบบมีขนาดใหญ่ขึ้น ความผิดพลาดจะสะสมตัวเร็วขึ้นในอัตราเร่ง (Non-Linear Accumulation) และ 3) การพิจารณาเกณฑ์ความลึกวิกฤตแสดงให้เห็นว่าช่วงเวลาที่ยาวนานที่ระบบสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องแม่นยำสั้นลงอย่างมาก

จากหลักฐานเชิงประจักษ์นี้ สรุปได้ว่าคอมพิวเตอร์ควอนตัมในยุคปัจจุบัน (NISQ) ยังมีข้อจำกัดทางกายภาพในการจำลองกระบวนการที่มีความซับซ้อนและยาวนาน ดังนั้น หากปราศจากการประยุกต์ใช้เทคนิคการแก้ไขความผิดพลาด (Error Correction) หรือการบรรเทาความผิดพลาด (Error Mitigation) ที่มีประสิทธิภาพ ศักยภาพในการใช้งานจริงจะถูกจำกัดอยู่เพียงการคำนวณระยะสั้นและวงจรที่มีความลึกไม่มากนัก

### 8. อภิปรายผลการวิจัย (Discussion)

1. กลไกการแพร่กระจายของความผิดพลาด (Mechanism of Error Propagation) พบว่า ผลการทดลองแสดงให้เห็นชัดเจนว่า ความผิดพลาดในระบบควอนตัมไม่ได้เกิดขึ้นแบบแยกส่วน (Local) แต่มีลักษณะการแพร่กระจายแบบลูกโซ่ (Domino Effect) โดยเฉพาะในระบบที่มีความพันกัน (Entanglement) สูง การที่ระบบขนาด  $N = 6$  มีความไวต่อสัญญาณรบกวนมากกว่า  $N = 4$  อย่างมีนัยสำคัญนั้น สอดคล้องกับทฤษฎีความโกลาหลเชิงควอนตัม (Quantum Chaos) (Peres, 1984) ซึ่งอธิบายว่าในระบบที่ซับซ้อน ความผิดพลาดเพียงเล็กน้อยที่ควิบิตหนึ่งจะถูกขยายผล (Amplify) ผ่านเกต Two-Qubit (เช่น CNOT) ไปยังควิบิตอื่น ๆ ทั่วทั้งระบบ ส่งผลให้สถานะรวม (Global State) สูญเสียความถูกต้องรวดเร็วกว่าการคาดการณ์เชิงเส้น

2. ศักยภาพของ Critical Depth ในฐานะตัวชี้วัด (Benchmarking Utility) ค่า Critical Depth ที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการเป็นตัวชี้วัด (Metric) ที่สะท้อนความเป็นจริง (Realistic Benchmark) ได้ดีกว่าการวัดเพียงค่าความผิดพลาดเฉลี่ย (Average Gate Fidelity) เนื่องจาก Critical Depth บอกถึง “ขีดจำกัดการใช้งานจริง” เราสามารถรับรู้ได้ว่ายิ่งค่า Critical Depth ต่ำลงเท่าไร นั่นก็หมายความว่าประสิทธิภาพของฮาร์ดแวร์จะยิ่งดีขึ้นเท่านั้น ค่านี้จึงมีประโยชน์อย่างมากสำหรับนักพัฒนาอัลกอริทึมในการออกแบบวงจรให้มีความลึกไม่เกินขีดจำกัดของฮาร์ดแวร์นั้น ๆ เพื่อหลีกเลี่ยงผลลัพธ์ที่เป็นขยะ (Noise-Induced Output)

3. ข้อจำกัดและการขยายผล (Limitations and Scalability) อย่างไรก็ตาม การนำกฎการขยายขนาด (Scaling Law) ที่ได้จากการจำลองนี้ไปประยุกต์ใช้กับระบบที่ใหญ่กว่า  $N = 6$  หรือบนฮาร์ดแวร์จริง ควรทำด้วยความระมัดระวัง เนื่องจากแบบจำลองนี้ใช้ Depolarizing Noise ซึ่งเป็นโมเดลความผิดพลาดแบบทั่วไป ในขณะที่ฮาร์ดแวร์จริงอาจมีความผิดพลาดรูปแบบอื่นร่วมด้วย เช่น Crosstalk หรือ Coherent Error ซึ่งอาจทำให้ค่า Critical Depth ลดลงเร็วกว่าที่แบบจำลองคาดการณ์ไว้ ดังนั้น การทดสอบเพิ่มเติมบนเครื่องควอนตัมจริงและการใช้เทคนิค Error Mitigation จึงเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับการยืนยันผลในระดับสเกลที่ใหญ่ขึ้น นอกจากนี้ ควรตระหนักว่าผลลัพธ์จากการจำลองด้วย Depolarizing Noise อาจประเมินความทนทานสูงกว่าความเป็นจริงเมื่อเทียบกับฮาร์ดแวร์จริงของ IBM Quantum ที่มีระบบสัญญาณรบกวนที่ซับซ้อนกว่า

## 9. ข้อเสนอแนะงานวิจัย (Recommendation)

ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมโดยใช้เทคนิค Zero-Noise Extrapolation (ZNE) และเปรียบเทียบผลการจำลองกับข้อมูลจากการรันบนเครื่องควอนตัมจริง (Real Hardware) รวมถึงควรมีการขยายผลในเชิงทฤษฎีเพื่อสร้างแบบจำลองสมการคณิตศาสตร์ที่สามารถทำนาย Scaling Law ของ Critical Depth ในระบบที่มีขนาดคิวบิตสูงขึ้น ( $N > 10$ ) ได้อย่างแม่นยำ

## 10. องค์กรความรู้จากงานวิจัย (Contributions)

งานวิจัยนี้เสนอแนวคิด “ค่าความลึกวิกฤต” (Critical Depth) ซึ่งเป็นตัวชี้วัดสมรรถนะวงจรควอนตัมที่มีความชัดเจนในเชิงปฏิบัติมากกว่าการวัดค่าความผิดพลาดเฉลี่ย (Average Gate Fidelity) แบบดั้งเดิม ตัวชี้วัดนี้ช่วยให้สามารถระบุขอบเขตการคำนวณสูงสุดที่ฮาร์ดแวร์ยุค NISQ จะรองรับได้ก่อนที่จะสูญเสียความน่าเชื่อถือ

## 11. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

ขอขอบคุณแหล่งองค์ความรู้และเอกสารวิชาการแบบเปิด รวมถึงซอฟต์แวร์โอเพนซอร์ส Qiskit ซึ่งมีส่วนช่วยเหลืออำนวยความสะดวกในการจำลองและวิเคราะห์ระบบควอนตัมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

## 12. การเปิดเผยการใช้ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ (Declaration of Generative AI)

งานวิจัยนี้มีการใช้เทคโนโลยี Generative AI เพื่อสนับสนุนการปรับปรุงโค้ดการจำลองด้วย Qiskit และการเรียบเรียงถ้อยคำทางเทคนิคในบางส่วนของต้นฉบับ ทั้งนี้ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสืบค้นวรรณกรรม ออกแบบการทดลอง วิเคราะห์ผลลัพธ์ และตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาทั้งหมดด้วยตนเอง และยังคงรับผิดชอบต่อความถูกต้อง ความครบถ้วน ความน่าเชื่อถือของงานวิจัยฉบับนี้ทั้งหมด

## 13. การแสดงบทบาทผู้เขียน (CRediT Author Statement)

**Sittinon Chotirotpon:** Conceptualization, Methodology, Software, Validation, Formal Analysis, Investigation, Writing - Original Draft, Visualization.

The author has read and approved the final manuscript.

#### 14. เอกสารอ้างอิง (References)

- Aleksandrowicz, G., Alexander, T., Barkoutsos, P., Bello, L., Ben-Haim, Y., Bucher, D., Cabrera-Hernández, F. J., Carballo-Franquis, J., Chen, A., Chen, C.-F., Chow, J. M., Córcoles-Gonzales, A. D., Cross, A. J., Cross, A., Cruz-Benito, J., Culver, C., De La Puente González, S., De La Torre, E., Ding, D., ... Zoufal, C. (2019). *Qiskit: An Open-source Framework for Quantum Computing* [Computer Software]. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.2562111>
- Anand, A., Srivastava, S., Gangopadhyay, S., & Ghose, S. (2024). Simulating Quantum Chaos on a Quantum Computer. *Scientific Reports*, 14, 26890. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-76448-0>
- Goussev, A., Jalabert, R. A., Pastawski, H. M., & Wisniacki, D. A. (2012). Loschmidt Echo. *Scholarpedia*, 7(8), 11687. <https://doi.org/10.4249/scholarpedia.11687>
- Jurcevic, P., Javadi-Abhari, A., Bishop, L. S., Lauer, I., Bogorin, D. F., Brink, M., Capelluto, L., Günlük, O., Itoko, T., Kanazawa, N., Kandala, A., Keefe, G. A., Krsulich, K., Landers, W., Lewandowski, E. P., McClure, D. T., Nannicini, G., Narasgond, A., Nayfeh, H. M., ... Gambetta, J. M. (2021). Demonstration of Quantum Volume 64 on a Superconducting Quantum Computing System. *Quantum Science and Technology*, 6(2), 025020. <https://doi.org/10.1088/2058-9565/abe519>
- Kim, Y., Eddins, A., Anand, S., Wei, K. X., van den Berg, E., Rosenblatt, S., Nayfeh, H., Wu, Y., Zaletel, M., Temme, K., & Kandala, A. (2023). Evidence for the Utility of Quantum Computing Before Fault Tolerance. *Nature*, 618(7965), 500-505. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06096-3>
- Lesovik, G. B., Sadovskyy, I. A., Suslov, M. V., Lebedev, A. V., & Vinokur, V. M. (2019). Arrow of Time and Its Reversal on the IBM Quantum Computer. *Scientific Reports*, 9(1), 4396. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-40765-6>
- Peres, A. (1984). Stability of Quantum Motion in Chaotic and Regular Systems. *Physical Review A*, 30(4), 1610-1615. <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.30.1610>
- Preskill, J. (2018). Quantum Computing in the NISQ Era and Beyond. *Quantum*, 2, 79. <https://doi.org/10.22331/q-2018-08-06-79>

# The Competency Development of Analytical Thinking Abilities of Knowledge on Factors Affecting Plant Growth and Response of Grade 11 Students through Learning Management Based on the TPACK Framework Model

Waranya Thiamthat<sup>1,\*</sup>, Phiraya Tongchalerm<sup>2</sup> and Pariya Pariput<sup>3</sup>

<sup>1,\*</sup>Program in Curriculum and Instructional Development, Faculty of Education, Ubon Ratchathani Rajabhat University, Ubon Ratchathani 34000, Thailand; Email: waranya.tg67@ubru.ac.th

<sup>2</sup>Program in Digital Technology for Education, Faculty of Education, Ubon Ratchathani Rajabhat University, Ubon Ratchathani 34000, Thailand; Email: phiraya.t@ubru.ac.th

<sup>3</sup>Program in Curriculum and Instructional Development, Faculty of Education, Ubon Ratchathani Rajabhat University, Ubon Ratchathani 34000, Thailand; Email: pariya.p@ubru.ac.th

*\*Corresponding author: Waranya Thiamthat (waranya.tg67@ubru.ac.th)*

**Received:** 1 February 2026; **Revised:** 16 March 2026;

**Accepted:** 18 March 2026; **Published:** 30 April 2026

## Abstract

The purposes of this research were 1) develop lesson plans based on the Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) framework with an efficiency criterion of 75/75; 2) enhance students' analytical thinking ability after learning through TPACK-based instruction; 3) compare students' learning achievement before and after learning through TPACK-based learning management; and 4) to investigate Grade 11 students' satisfaction toward learning management activities based on the TPACK framework model. The sample consisted of 25 students, Grade 11 students from class 5/2 at Triam Udom Suksa Phatthanakan Ubon Ratchathani School in the second semester academic of 2025 year, selected by cluster random sampling, using the classroom as the sampling unit. The research instruments included: 1) lesson plans, 2) the analytical thinking ability test, 3) a learning achievement test, and 4) a student satisfaction questionnaire. The data were analyzed using mean, percentage, standard deviation, and the t-test analysis (One Sample t-test). The results revealed that 1) the efficiency of the TPACK-based lesson plans was 83.00/75.40, which met the established criterion; 2) students' analytical thinking abilities after learning were significantly higher than before learning at the 0.05 level; 3) students' post-test learning achievement was significantly higher than their pre-test achievement at the 0.05 level; and 4) the overall level of students' satisfaction toward the TPACK-based learning management activities was at the highest level.

**Keywords:** Analytical Thinking Abilities, TPACK Framework Model, Learning Achievement



Copyright © 2026 Journal of Computer and Creative Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC-ND).

## Citation:

Thiamthat, W., Tongchalerm, P., & Pariput, P. (2026). The Competency Development of Analytical Thinking Abilities of Knowledge on Factors Affecting Plant Growth and Response of Grade 11 Students through Learning Management Based on the TPACK Framework Model. *Journal of Computer and Creative Technology*, 4(1), e3483. <https://doi.org/10.65205/jcct.2026.e3483>

## การพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและ ตอบสนองของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้ ตามกรอบแนวคิดที่แพค

วรัญญา เทียมทัต<sup>1,\*</sup> พิรญา ทองเฉลิม<sup>2</sup> และ ปริญญา ปริพุฒ<sup>3</sup>

<sup>1,\*</sup>สาขาวิชาการพัฒนาหลักสูตรและการเรียนการสอน คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี จังหวัด  
อุบลราชธานี 34000 ประเทศไทย; Email: waranya.tg67@ubru.ac.th

<sup>2</sup>สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อการศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี 34000  
ประเทศไทย; Email: phiraya.t@ubru.ac.th

<sup>3</sup>สาขาวิชาการพัฒนาหลักสูตรและการเรียนการสอน คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี  
34000 ประเทศไทย; Email: pariya.p@ubru.ac.th

\*ผู้ประพันธ์บทความ: วรัญญา เทียมทัต (waranya.tg67@ubru.ac.th)

รับบทความ: 1 กุมภาพันธ์ 2569; แก้ไขบทความ: 16 มีนาคม 2569;

ตอบรับบทความ: 18 มีนาคม 2569; เผยแพร่บทความ: 30 เมษายน 2569

### บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพคให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 2) พัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนโดยการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค 3) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้อก่อนเรียนและหลังเรียนโดยการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค 4) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการอุบลราชธานี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 25 คน ด้วยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ 2) แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด ฮอว์โมนพืช การตอบสนองของพืชในลักษณะการเคลื่อนไหว และการตอบสนองความเครียดของพืช 3) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ 4) แบบสอบถามความพึงพอใจ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์สถิติที่ ผลการวิจัยพบว่า 1) การแผนการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค มีประสิทธิภาพ เท่ากับ 83.00/75.40 ซึ่งเป็นตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 2) ผลการศึกษาความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 3) ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้อหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ 4) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

**คำสำคัญ:** ความสามารถในการคิดวิเคราะห์, กรอบแนวคิดที่แพค, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน



Copyright © 2026 Journal of Computer and Creative Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC-ND).

### การอ้างอิง:

วรัญญา เทียมทัต, พิรญา ทองเฉลิม, และ ปริญญา ปริพุฒ. (2569). การพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและตอบสนองของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค. วารสารคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสร้างสรรค์, 4(1), e3483. <https://doi.org/10.65205/jcct.2026.e3483>

## 1. บทนำ (Introduction)

จุดเปลี่ยนในช่วงศตวรรษที่ 21 เป็นยุคแห่งการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วจากการปฏิวัติดิจิทัลและอุตสาหกรรม 4.0 ซึ่งส่งผลต่อโครงสร้างเศรษฐกิจ สังคม และระบบการศึกษาทั่วโลก โดยประเทศไทยเผชิญความท้าทายสำคัญ ทั้งปัญหาภัยคุกคามได้ปานกลาง ความเหลื่อมล้ำทางการศึกษา มาตรฐานการศึกษาที่ไม่ทัดเทียมระดับสากล รวมถึงความจำเป็นในการพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ให้แก่ผู้เรียนเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษาได้จัดทำแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2579 ที่มุ่งเน้นการพัฒนาคุณภาพการศึกษารอบด้าน เพื่อลดความเหลื่อมล้ำและเสริมสร้างความพร้อมของคนไทยในการดำรงชีวิตในสังคมโลกที่เปลี่ยนแปลงไป (Ministry of Education, 2017)

ซึ่งผลรายงานการวิเคราะห์การทดสอบทางการศึกษาระดับชาติดี ปีการศึกษา 2567 มีการนำเสนอข้อมูลสถิติเกี่ยวกับผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติดี ซึ่งด้านการศึกษาระดับพื้นฐาน (O-NET) ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่า อยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยระดับประเทศ และต่ำกว่าเกณฑ์คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 50 เมื่อพิจารณาเป็นรายวิชา พบว่า วิชาวิทยาศาสตร์ มีจำนวนนักเรียนที่สอบผ่านเกณฑ์น้อยที่สุด (Regional Education Office 15, 2022) สะท้อนให้เห็นถึงปัญหาที่หลากหลายจากระบบ ผู้สอน ผู้เรียน และสภาพแวดล้อม ของการศึกษาไทยในปัจจุบันที่ยังคงเน้นการท่องจำและสอบมากกว่าการพัฒนาสมรรถนะการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ ส่งผลให้ผู้เรียนขาดทักษะ การประยุกต์ใช้ข้อมูล วิพากษ์หลักฐาน (Neangjakoun et al., 2024)

จากรายงานผลการประเมินตนเองของสถานศึกษา (Self-Assessment Report: SAR) ของโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการอุบลราชธานี 2567 พบว่า มาตรฐาน ข้อที่ 1 ด้านคุณภาพของผู้เรียน มีจุดเด่นสำคัญ คือ ผู้เรียนมีศักยภาพและสถานศึกษามีความพร้อมในด้านของเทคโนโลยี แต่อย่างไรก็ตาม ยังพบประเด็นที่ควรพัฒนาเพิ่มเติมเพื่อยกระดับคุณภาพทางการศึกษา อันได้แก่ การส่งเสริมการจัดการเรียนรู้แบบ Active Learning เพื่อสนับสนุนให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง โดยผู้สอนทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก อีกทั้ง ยังช่วยส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณในการเลือกใช้สื่อเทคโนโลยีได้อย่างเหมาะสม รวมถึงการพัฒนากระบวนการวัดและประเมินได้อย่างหลากหลายและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ด้วยเหตุนี้ จึงควรมีการกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมนอกเหนือจากหนังสือเรียน เพื่อพัฒนาการคิดวิเคราะห์ได้อย่างเป็นระบบ ดังนั้น การพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์จึงสอดคล้องกับข้อเสนอแนะของสถานศึกษา และสอดคล้องกับเป้าหมายของสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ต้องการพัฒนาทักษะสำคัญในการศึกษาค้นคว้า การพัฒนาความคิด และการคิดค้นทางเทคโนโลยี โดยเฉพาะลักษณะที่โดดเด่นของวิชาวิทยาศาสตร์ที่ยึดหลักความเป็นระบบ สามารถตรวจได้ แต่ยังคงมีความยืดหยุ่น และไม่ถูกจำกัดด้วยลำดับขั้นตอน ในแง่ของกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับแนวทางการสอนวิทยาศาสตร์ (Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2017)

ด้วยเหตุนี้ ความสามารถในการคิดวิเคราะห์จึงเป็นรากฐานสำคัญในการตัดสินใจ และแก้ไขปัญหาในบริบทที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว (Laowreandee et al., 2017) อีกทั้ง ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกิดขึ้นส่งผลให้การจัดการเรียนรู้มีความจำเป็นที่จะต้องปรับเปลี่ยนรูปแบบและวิธีการสอนแบบใหม่ เพื่อให้การจัดการเรียนรู้ มีประสิทธิภาพและตอบสนองต่อบริบทของสังคมที่เปลี่ยนแปลงไปมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้ยังเอื้อต่อการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงได้อย่างเหมาะสม (Mingsiritham, 2021) จากสภาพปัญหาดังกล่าว มีความสอดคล้องกับแนวคิด PCK ของ Shulman (1986) เป็นหนึ่งในแนวคิดที่พัฒนาขึ้นมาโดยการบูรณาการระหว่างความรู้ด้านเนื้อหาและวิธีการสอน เพื่อให้สามารถจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และในเวลาต่อมา Mishra & Koehler (2006) ได้พัฒนารอบแนวคิด PCK โดยเพิ่มองค์ประกอบของเทคโนโลยีเข้ามาเป็น TPACK ช่วยให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์กับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริง สร้างความเข้าใจที่ชัดเจนและตระหนักรู้ถึงสิ่งรอบตัวที่เกิดขึ้น (Phuaphan, 2019) โดย TPACK เป็นกรอบแนวคิดที่อธิบายความรู้ที่จำเป็นต่อการจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพควบคู่ไปกับการใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสม ซึ่งเกิดจากความสัมพันธ์ของความรู้ทั้ง 3 ด้าน คือ ความรู้ในด้านเนื้อหา (CK) ความรู้ในด้านการจัดการเรียนรู้ (PK) และ ความรู้ในด้านเทคโนโลยี (TK) ซึ่งผู้สอนจำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจในความสัมพันธ์ของแต่ละด้าน เพื่อให้สามารถออกแบบและจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้อย่างเป็นระบบ รวมถึงการเลือกหรือพัฒนาใช้เทคโนโลยีได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ (Fakkao, 2018)

ดังนั้น การพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์โดยเน้น เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและตอบสนองของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค จึงเป็นแนวทางการพัฒนาที่สอดคล้องกับผลการประเมิน SAR ของสถานศึกษา ทั้งในด้านการยกระดับคุณภาพผู้เรียนและการเลือกใช้จุดเด่นทางด้านความพร้อมของเทคโนโลยีให้เกิดประโยชน์สูงสุด อันนำไปสู่การพัฒนาผู้เรียนให้เป็นผู้มีความสามารถในการเรียนรู้ตลอดชีวิตและมีสมรรถนะสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงไปของสังคมอย่างแท้จริง

## 2. วัตถุประสงค์งานวิจัย (Research Objectives)

1. เพื่อพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้โดยการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพคให้มีประสิทธิภาพ ตามเกณฑ์ 75/75
2. เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนโดยการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพคเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05
3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค
4. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค

## 3. การทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง (Literature Review)

### 3.1 กรอบแนวคิดที่แพค

กรอบแนวคิดที่แพค พัฒนามาจากความรู้ด้านเนื้อหาและวิธีการสอนของครู หรือ PCK จากแนวคิดของ Shulman ในปี ค.ศ. 1986 ถัดมา Mishra & Koehler (2006) ได้นำเทคโนโลยีเข้ามามีส่วนในการจัดการเรียนการสอน โดยเป็นการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาความรู้ด้านเนื้อหา วิธีการสอนและเทคโนโลยีของผู้สอนเข้าด้วยกัน (Phuaphan, 2019) เพื่อช่วยในการนำเสนอ หรืออธิบายเนื้อหาจากนามธรรมให้เป็นรูปธรรมมากขึ้น ซึ่งตอบสนองต่อความแตกต่างของผู้เรียนเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและตอบสนองของพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยกรอบแนวคิดที่แพค (TPACK) มีองค์ประกอบ ดัง Figure 1.

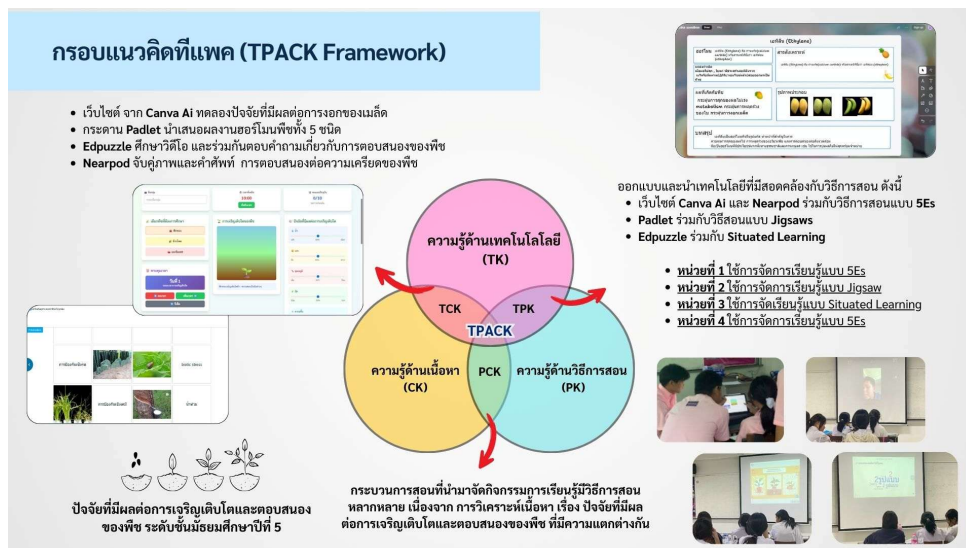


Figure 1. Concept TPACK Framework Model (Based on TPACK Model)

### 3.2 ความสามารถในการคิดวิเคราะห์

ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เป็นกระบวนการคิดที่ช่วยให้เข้าใจข้อเท็จจริง ผ่านการจำแนก แยกแยะองค์ประกอบที่สำคัญ เชื่อมโยงความสัมพันธ์ และแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง นำไปสู่การลงข้อสรุปและการตัดสินใจได้อย่างมีเหตุผลและผล (Moonkum, 2008) โดยประกอบด้วย 3 ด้าน ได้แก่ 1. ด้านวิเคราะห์ความสำคัญ เป็นการระบุค่าสำคัญผ่านการแยกแยะข้อมูล จากนั้น สามารถตีความและจัดหมวดหมู่ของข้อมูลได้อย่างเป็นระบบ 2. ด้านวิเคราะห์ความสัมพันธ์

เป็นการเปรียบเทียบความแตกต่าง หาความสอดคล้อง และ ข้อโต้แย้งผ่านการสังเกต 3. ด้านวิเคราะห์หลักการ เป็นการเชื่อมโยงแนวคิด หรือทฤษฎี ผ่านการสังเคราะห์ข้อมูล ประเมินแหล่งที่มา และนำเสนอความคิดเห็น เพื่อหาข้อสรุปที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลได้

3.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นผลลัพธ์จากกระบวนการเรียนรู้ที่สามารถวัดได้จากการพัฒนาในด้านต่าง ๆ เช่น ความรู้ ทักษะ และความสามารถของนักเรียน ซึ่งสะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและ ประสบการณ์การเรียนรู้ โดยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะวัดพฤติกรรมที่พึงประสงค์ เช่น ความรู้ ความจำ ความเข้าใจ ประยุกต์ใช้ วิเคราะห์ ประเมินค่า สร้างสรรค์ ตามระดับพุทธิพิสัย 6 ชั้น ของ Bloom’s Taxonomy Revise ฉบับปรับปรุง (Ritcharoon, 2024)

4. วิธีดำเนินงานวิจัย (Research Methodology)

4.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ อุบลราชธานี สังกัด สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาอุบลราชธานี อำนาจเจริญ จำนวน 10 ห้อง โดยสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม
2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้องที่ 2 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการอุบลราชธานี สังกัด สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาอุบลราชธานี อำนาจเจริญ จำนวน 25 คน

4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและการหาคุณภาพเครื่องมือ

- ในการวิจัยครั้งนี้มีการใช้เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและการสร้างเครื่องมือวิจัย ดังนี้
1. แผนการจัดการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แตก ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
  2. แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์
  3. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
  4. แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้
- การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ ดังต่อไปนี้
1. แผนการจัดการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แตก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
- การสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แตก เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและตอบสนองของพืช จำนวน 4 หน่วยย่อย เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ไม่รวมการทดสอบก่อนและหลังเรียน และไม่รวมการปฐมนิเทศก่อนเรียน)
- 1.1 ดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา และนำเสนอผู้เชี่ยวชาญ ชุดที่ 1 ประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมจาก มีค่าความสอดคล้อง เท่ากับ 0.80-1.00 และ ค่าความเหมาะสมเฉลี่ย เท่ากับ 4.87 ซึ่งมีค่าความเหมาะสมในระดับมากที่สุด ซึ่งกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แตก เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและตอบสนองของพืช ประกอบด้วย 4 หน่วยย่อย แสดงตาม Table1.

Table 1. Synthesis of Learning Management Units Based on the TPACK Conceptual Framework

| Subunit | Content Knowledge (CK)               | Pedagogical Knowledge (PK)            | Technological Knowledge (TK) |
|---------|--------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|
| 1       | Factors Affecting Seed Germination   | 5E Instructional Model                | Canva AI                     |
| 2       | Plant Hormones                       | Jigsaw Cooperative Learning Technique | Padlet                       |
| 3       | Plant Responses in Terms of Movement | Situation-Based Learning              | Edpuzzle                     |
| 4       | Plant Responses to Stress            | 5E Instructional Model                | Near pod                     |

1.2 แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและตอบสนองของพืช แบ่งเป็น 3 ด้าน ประกอบด้วย 1. ด้านวิเคราะห์ความสำคัญ 2. ด้านวิเคราะห์ความสัมพันธ์ 3. ด้านวิเคราะห์หลักการ โดยประกอบด้วยเนื้อหา ดังต่อไปนี้ ปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด ฮอโมนพืช การตอบสนองของพืชในลักษณะการเคลื่อนไหว และการตอบสนองต่อความเครียดของพืช และจัดเป็นรูปแบบอัตร้อย 4 ชุด ชุดละ 3 ข้อ รวม 12 ข้อ โดยสร้างขึ้นจากการศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ปรับปรุง 2560) ตามผลการเรียนรู้ของกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จากนั้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และนำส่งผู้เชี่ยวชาญ ชุดที่ 2 เพื่อประเมินความสอดคล้องของแบบวัด เท่ากับ 0.80-1.00 จากนั้น คัดแบบวัดที่ผ่านการประเมินจากผลการเรียนรู้ ทั้งหมด 36 ข้อ นำไปทดลอง (Try Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการอุบลราชธานี จำนวน 49 คน ที่เคยเรียนเนื้อหาเรื่องนี้ ได้ค่าความยาก (p) เท่ากับ 0.00-0.69 ค่าอำนาจจำแนก เท่ากับ 0.00-0.29 และมีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ มีค่าเท่ากับ 0.98 ซึ่งผ่านเกณฑ์ 30 ข้อ จากนั้นคัดเลือกตามจุดประสงค์ทางการเรียนรู้ เหลือ 12 ข้อ และจึงนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

1.3 แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและตอบสนองของพืช เป็นรูปแบบปรนัย 4 ตัวเลือก รวม 40 ข้อ โดยสร้างขึ้นจากการศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) ตามผลการเรียนรู้ของกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จากนั้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และนำส่งผู้เชี่ยวชาญ ชุดที่ 2 เพื่อประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ มีค่าเท่ากับ 0.67-1.00 จากนั้น คัดแบบทดสอบที่ผ่านการประเมินจากผลการเรียนรู้ ทั้งหมด 66 ข้อ นำไปทดลอง (Try Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการอุบลราชธานี จำนวน 49 คน ที่เคยเรียนเนื้อหาเรื่องนี้ ได้ค่าความยาก (p) เท่ากับ 0.21-0.75 ค่าอำนาจจำแนก (r) เท่ากับ 0.21-0.73 และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ มีค่าเท่ากับ 0.80 ซึ่งผ่านเกณฑ์ 45 ข้อ จาก 66 ข้อ จากนั้นคัดเลือกตามจุดประสงค์ทางการเรียนรู้ เหลือ 40 ข้อ และจึงนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

1.4 แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค แบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ จำนวน 20 ข้อ ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผ่านการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญ ชุดที่ 1 มีค่าความสอดคล้อง เท่ากับ 0.80-1.00 และนำหน่วยการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และ 2 ไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ไม่ใช้กลุ่มตัวอย่าง มีค่าความยาก เท่ากับ 0.55-0.81 และมีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ เท่ากับ 0.95 จากนั้น จึงนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

### 5.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลในครั้งนี้ใช้แบบแผนการทดลองแบบกลุ่มเดียว วัดความรู้ความเข้าใจก่อนและหลังการทดลอง (One group pretest-posttest Design) ของ Poonputta (2022) แสดงตาม Table2.

**Table 2.** Research Design of the One-Group Pretest-Posttest Design

| Pre-test       | Treatment | Post-test      |
|----------------|-----------|----------------|
| O <sub>1</sub> | X         | O <sub>2</sub> |

จาก Table 2. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

O<sub>1</sub> หมายถึง การทดสอบก่อนเรียน (Pre-test)

X หมายถึง การสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค

O<sub>2</sub> หมายถึง การทดสอบหลังเรียน (Post-test)

โดยการวิจัยในครั้งนี้ได้เก็บรวบรวมข้อมูล ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 และขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังต่อไปนี้

1. ปฐมนิเทศโดยชี้แจงข้อตกลงในการจัดการเรียนรู้ และอธิบายเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมตามกรอบแนวคิดที่แพค โดยแนะนำการใช้เทคโนโลยีในแต่ละหน่วย หน่วยละ 3 ชั่วโมง จำนวน 4 หน่วยย่อย

2. เริ่มทำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน (Pre-test) กำหนดเวลา 1 ชั่วโมง

3. ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค ที่สร้างขึ้นจำนวน 4 หน่วยย่อย โดยใช้เวลา 12 ชั่วโมง เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ซึ่งไม่รวมเวลาที่ใช้ในการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน จากนั้น ทำการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 โดยเก็บคะแนนระหว่างเรียนในแต่ละหน่วยทุกครั้ง เพื่อวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

4. เมื่อเรียนครบทั้ง 4 หน่วย ให้นักเรียนทำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน (Post-test) กำหนดเวลา 1 ชั่วโมง และให้นักเรียนทำแบบสอบถามความพึงพอใจทั้งหมด 4 ด้าน รวม 20 ข้อ

5. นำผลที่ได้จากการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน แบบวัดระหว่างเรียนในแต่ละหน่วย มาวิเคราะห์ผลทางสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อหาค่าประสิทธิภาพในการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค ระหว่าง ประสิทธิภาพของกระบวนการ ( $E_1$ ) และ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ( $E_2$ )

6. นำผลแบบวัดระหว่างเรียนในแต่ละหน่วย มาวิเคราะห์ผลสถิติที่ (One Sample t-test)

7. นำผลที่ได้จากการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ก่อนและหลังเรียน รวมถึงวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

## 5. ผลการวิจัย (Results)

สามารถนำเสนอผลการวิจัยออกเป็น 4 ข้อ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

### 5.1 ผลการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้โดยการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพคให้มีประสิทธิภาพ ตามเกณฑ์ 75/75

ผลการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้โดยการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและตอบสนองของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้มีประสิทธิภาพ ตามเกณฑ์ 75/75 ดังนี้

1. ค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ (Efficiency of Process:  $E_1$ ) หมายถึง คะแนนที่ได้จากการทำแบบวัดความสามารถหลังสิ้นสุดการเรียนรู้ในแต่ละหน่วยการจัดการเรียนรู้

2. ค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (Efficiency of Product:  $E_2$ ) หมายถึง คะแนนที่ได้จากการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังจากจัดการเรียนรู้ครบทุกหน่วยย่อย

ผลการวิจัยดัง Table 3.

**Table 3.** Average and Percentage of Lesson Performance Test based on the 75/75 Criterion

| Process/ Product                | n  | Scores | $\bar{X}$ | S.D. | Percent |
|---------------------------------|----|--------|-----------|------|---------|
| Efficiency of Process ( $E_1$ ) | 25 | 36     | 29.88     | 0.24 | 83.00   |
| Efficiency of Product ( $E_2$ ) | 25 | 40     | 30.16     | 3.08 | 75.40   |
| $E_1/E_2$ 83.00/75.40           |    |        |           |      |         |

จาก Table 3. พบว่า ประสิทธิภาพแผนการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและตอบสนองของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีค่า  $E_1$  เท่ากับ 83.00 ค่า  $E_2$  เท่ากับ 75.40 สามารถ สรุปได้ว่า ค่าประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค มีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ 75/75 ที่ตั้งไว้

### 5.2 ผลการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนโดยการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค

ผลพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและตอบสนองของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียนโดยการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค จากการวิเคราะห์ โดยใช้สถิติวิเคราะห์สถิติที่ (One Sample t-test) ดัง Table 4.

**Table 4.** Analysis of the Development of Analytical Thinking Ability of Grade 11 Students after Learning through the TPACK Framework

| Subunit | Content                              | n  | Score | $\bar{X}$ | S.D. | t      | P    | Percent |
|---------|--------------------------------------|----|-------|-----------|------|--------|------|---------|
| 1       | Factors Affecting Seed Germination   | 25 | 9     | 7.32      | 1.31 | 5.02*  | 0.00 | 81.33   |
| 2       | Plant Hormones                       | 25 | 9     | 6.68      | 1.62 | 2.09*  | 0.02 | 74.22   |
| 3       | Plant Responses in Terms of Movement | 25 | 9     | 7.72      | 1.48 | 5.78*  | 0.00 | 85.78   |
| 4       | Plant Responses to Stress            | 25 | 9     | 8.16      | 0.98 | 10.95* | 0.00 | 90.67   |
| Total   |                                      | 25 | 9     | 7.47      | 0.24 | 5.96*  | 0.00 | 83.00   |

\*p < 0.05

จาก Table 4. พบว่า คะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนในแต่ละหน่วยการจัดการเรียนรู้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง แม้ว่า หน่วยย่อยที่ 2 มีแนวโน้มคะแนนที่ลดลงเมื่อเทียบกับหน่วยย่อยที่ 1 อาจเนื่องมาจากการเลือกใช้สื่อเทคโนโลยี ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ที่ยังไม่สอดคล้องลักษณะของเนื้อหาของหน่วยย่อย ดังกล่าว แต่อย่างไรก็ตาม พบว่า ทุกหน่วยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

### 5.3 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนโดยการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพคสูงกว่าก่อนเรียน

ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนโดยการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพคสูงกว่าก่อนเรียน เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและตอบสนองของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ดัง Table 5.

**Table 5.** Comparison of Analytical Thinking Ability of Grade 11 Students Before and After Learning through the TPACK Framework

| Testing   | n  | Scores | $\bar{X}$ | S.D. | t      | P   |
|-----------|----|--------|-----------|------|--------|-----|
| Pre-test  | 25 | 40     | 20.52     | 5.96 | 13.60* | .00 |
| Post-test | 25 | 40     | 30.16     | 3.08 |        |     |

\*p < 0.05

จาก Table 5. พบว่า ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนโดยการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพคสูงกว่าก่อนเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียน มีคะแนนเฉลี่ย 20.52 และ หลังเรียน มีคะแนน 30.16 ของคะแนนนักเรียนทั้งหมด แสดงให้เห็นว่า คะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และเมื่อทดสอบสถิติที่ แบบ Paired Sample t-test พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

### 5.4 ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค

ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและตอบสนองของพืช ดัง Table 6.

**Table 6.** Evaluation Results of Learning Management

| Item          | Evaluation Items                  | $\bar{X}$ | S.D. | Satisfaction Level |
|---------------|-----------------------------------|-----------|------|--------------------|
| 1             | Content                           | 4.59      | 0.42 | Very good          |
| 2             | Learning Activities               | 4.77      | 0.36 | Very good          |
| 3             | Instructional Media and Materials | 4.83      | 0.30 | Very good          |
| 4             | Measurement and Evaluation        | 4.73      | 0.54 | Very good          |
| Average Total |                                   | 4.73      | 0.34 | Very good          |

จาก Table 6. พบว่า ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและตอบสนองของพืช เมื่อพิจารณาารายด้าน พบว่า ด้านที่ 3 ด้านสื่อและอุปกรณ์ (Instructional Media and Materials) มีความพึงพอใจระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.83$ , S.D. = 0.30)

## 6. สรุปผลการวิจัย (Conclusion)

1. ผลการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพคมีประสิทธิภาพ เท่ากับ 83.00/75.40 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 75/75
2. ผลการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนโดยการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพคเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
3. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพคหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
4. ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค โดยรวมอยู่ระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.73$ , S.D. = 0.34)

## 7. อภิปรายผลการวิจัย (Discussion)

จากการวิจัย เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและตอบสนองของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค สามารถอภิปรายผลดังนี้

1. ผลการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้โดยการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพคให้มีประสิทธิภาพ ตามเกณฑ์ 75/75 พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค ที่พัฒนาขึ้นมีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 83.00/75.40 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 75/75 โดยมีค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ ( $E_1$ ) สูงกว่าค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ( $E_2$ ) สะท้อนให้เห็นว่า ผู้เรียนสามารถมีส่วนร่วมและเรียนรู้ได้อย่างต่อเนื่องตลอดการจัดกิจกรรมในทั้ง 4 หน่วยการเรียนรู้ อันเป็นผลมาจากการ บูรณาการความรู้ด้านเนื้อหา วิธีการสอน และเทคโนโลยีได้อย่างเหมาะสม ร่วมกับการเลือกใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น การเรียนรู้แบบจิ๊กซอว์ และการเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์ ที่สอดคล้องกับลักษณะของเนื้อหาในแต่ละหน่วย รวมถึงการเลือกใช้เทคโนโลยีที่สนับสนุนกระบวนการเรียนรู้โดยตรง เช่น การใช้ Canva AI ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบ 5 ขั้น การใช้ Padlet ร่วมกับการเรียนรู้แบบจิ๊กซอว์ การใช้ Edpuzzle ร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์ และการใช้ Nearpod สนับสนุนกิจกรรมตามขั้นตอนของการเรียนรู้แบบ 5 ขั้น ส่งผลให้กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นสามารถส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับ กรอบแนวคิดที่แพค ของ Mishra & Koehler (2006) ที่เน้นการบูรณาการความรู้ทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ความรู้ด้านเนื้อหา วิธีการสอน และเทคโนโลยี โดยประกอบด้วยความรู้ด้านเนื้อหาผนวกกับวิธีสอน (PCK) ซึ่งสะท้อนความสามารถในการเลือกวิธีสอนและการวัดประเมินที่เหมาะสมกับเนื้อหาและผู้เรียน ความรู้ด้านเนื้อหาผนวกเทคโนโลยี (TCK) ที่มุ่งให้ครูเข้าใจว่าเทคโนโลยีสามารถเปลี่ยนรูปแบบการนำเสนอเนื้อหาและเชื่อมโยงแนวคิดเชิงนามธรรมกับปรากฏการณ์จริงได้ และความรู้ด้านวิธีสอนผนวกเทคโนโลยี (TPK) ที่เน้นความสามารถในการเลือกใช้เทคโนโลยีให้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้ ทั้งหมดจะรวมเป็นองค์ความรู้เชิงบูรณาการในระดับ TPACK ซึ่งเป็นความสามารถของครูในการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพและส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้อย่างแท้จริง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยงานวิจัยของ Srisunakrua (2023) ที่ศึกษา การพัฒนาความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง วัสดุในชีวิตประจำวัน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ร่วมกับความรู้นี้ในเนื้อหาผนวกวิธีการสอนและเทคโนโลยี พบว่า ประสิทธิภาพมีค่าเท่ากับ 76.50/76.59 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด และเมื่อเทียบกับงานวิจัยของ Prommanin (2020) ที่ศึกษา ผลการจัดการเรียนรู้วิชาชีววิทยา เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง โดยใช้รูปแบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า ผลการหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้กับกลุ่มตัวอย่าง มีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 78.95/78.10 สูงกว่าเกณฑ์ 75/75 ที่ตั้งไว้ ทั้งนี้ อาจเกิดจากการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้และวิธีการจัดการเรียนการสอนที่แตกต่างกัน ซึ่งงานวิจัยนี้ดำเนินการออกแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสอนที่หลากหลาย ส่งผลให้บางเนื้อหาอาจมีการเลือกใช้สื่อเทคโนโลยีที่ยังไม่สอดคล้อง

กับวิธีการสอน และถึงแม้ว่า ค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ ( $E_1$ ) และค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ( $E_2$ ) ผ่านเกณฑ์ตามที่กำหนด แต่เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่าง  $E_1$  และ  $E_2$  พบว่า มีความแตกต่างกันมาก ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะความสามารถในการคิดวิเคราะห์ที่เกิดขึ้นระหว่างเรียนยังไม่เสถียรมากพอ ดังนั้น จึงควรหาแนวทางในการเพิ่มความคงทนในการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้หรือสื่อเทคโนโลยีอื่นเพิ่มเติม

2. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค พบว่า ความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพคในแต่ละหน่วยเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญที่ .05 ( $F=5.57$ ,  $p=.00$ ) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Seedaeng (2020) ที่พัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ด้วยสื่อการสอนสมัย โดยมีคะแนนการคิดวิเคราะห์ 3 ครั้ง เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ของ Nurtjahyani et al. (2022) ที่ศึกษา The Implementation of TPACK Learning in Human Movement Systems Materials to Improve Students' Critical Thinking พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้กรอบแนวคิดที่แพค เรื่อง ระบบการเคลื่อนไหวของมนุษย์ ส่งผลให้ความสามารถในการคิดวิเคราะห์พัฒนาอย่างต่อเนื่องขึ้นใน 3 วงรอบ โดยเฉพาะ องค์ประกอบด้านการระบุปัญหา การเชื่อมโยงข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการสรุปผล แสดงให้เห็นว่า การออกแบบกิจกรรมตามกรอบแนวคิดที่แพคที่บูรณาการเนื้อหา วิธีการสอน และเทคโนโลยีอย่างเหมาะสม ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ผ่านกระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลาย และเชื่อมโยงกับสถานการณ์จริง โดยมีเทคโนโลยีเป็นสื่อสนับสนุนการเข้าถึงข้อมูลและการทำความเข้าใจความสัมพันธ์ของเนื้อหา ส่งผลให้ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนพัฒนาได้อย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพ และแม้ว่า หน่วยย่อยที่ 2 เรื่อง ฮอริโมนพืช มีแนวโน้มคะแนนลดลงเมื่อเทียบกับหน่วยย่อยที่ 1 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการออกของเมล็ด ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะการเลือกใช้สื่อเทคโนโลยีในการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ ที่ยังไม่สอดคล้องกับลักษณะของเนื้อหา แต่เมื่อพิจารณารายหน่วย พบว่า ทุกหน่วยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ด้วยเหตุนี้ จึงควรพิจารณาการเลือกใช้สื่อการเรียนรู้ ที่สอดคล้องกับเนื้อหาและกิจกรรมการจัดการเรียนรู้มากยิ่งขึ้น โดยคำนึงถึงความเหมาะสมของสื่อและลักษณะเนื้อหา เพื่อให้สื่อเทคโนโลยีสามารถสนับสนุนกิจกรรมการจัดการเรียนรู้และช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในเนื้อหามากยิ่งขึ้น

3. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค พบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 การออกแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพคที่บูรณาการความรู้ด้านเนื้อหา วิธีการสอน และเทคโนโลยีอย่างเหมาะสม ไม่เพียงแต่ส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียน แต่ยังส่งผลต่อการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอีกด้วย ทั้งนี้เนื่องจากผู้เรียนได้รับการพัฒนาผ่านกระบวนการแสวงหาความรู้ การตั้งคำถาม และการเชื่อมโยงความรู้กับสถานการณ์จริงอย่างเป็นระบบ ประกอบกับการใช้เทคโนโลยีเป็นสื่อสนับสนุนการนำเสนอเนื้อหาและการเข้าถึงข้อมูล ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจเนื้อหาได้อย่างชัดเจนและลึกซึ้งยิ่งขึ้น จึงสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการทำแบบทดสอบและการประเมินผลหลังเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ ลำดับขั้นพุทธิพิสัยตามแนวคิดของ Bloom (ฉบับปรับปรุง) ที่มุ่งพัฒนาผู้เรียนจากการจำไปสู่การคิดระดับสูงอย่างเป็นระบบ (Ritcharoon, 2024) และสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Nuankrathok (2020) ที่พบว่า การจัดการเรียนรู้เชิงสืบเสาะร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือสามารถส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4. ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค พบว่า โดยด้านสื่อและอุปกรณ์มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด ( $\bar{X} = 4.83$ ) อยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าการบูรณาการเทคโนโลยีและสื่อการเรียนรู้ที่เหมาะสมตามกรอบแนวคิดที่แพคช่วยเสริมแรงจูงใจและความพร้อมในการเรียนของผู้เรียน สอดคล้อง กับงานวิจัยของ Namkote (2023) ที่พบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการเนื้อหา วิธีการสอน และเทคโนโลยีในระดับมากที่สุด

## 8. ข้อเสนอแนะงานวิจัย (Recommendation)

### 8.1 ข้อเสนอแนะการนำผลการวิจัยไปใช้

1. การจัดการเรียนรู้ด้านการสอนผนวกเนื้อหาและเทคโนโลยี เป็นการบูรณาการความรู้ด้านเนื้อหา วิธีการสอน และเทคโนโลยี ให้ความสำคัญสอดคล้องและเหมาะสมต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยไม่มุ่งเน้นเพียงการใช้เทคโนโลยีเพียงอย่างเดียว
2. การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลาย โดยเลือกใช้วิธีการสอนและเทคโนโลยี ให้เหมาะสมกับลักษณะเนื้อหา เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาที่เป็นนามธรรมได้ชัดเจนขึ้น และพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์

### 8.2 ข้อเสนอแนะการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรจะพัฒนาและศึกษาประสิทธิภาพของเทคโนโลยีที่เป็นแพลตฟอร์มเฉพาะสำหรับการจัดการเรียนรู้ โดยออกแบบให้สอดคล้องกับลักษณะเนื้อหาและกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้เชิงลึกและการมีปฏิสัมพันธ์อย่างมีความหมาย
2. ควรศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ต่อ ทักษะในศตวรรษที่ 21 ของผู้เรียน โดยเฉพาะความสามารถในการทำงานเป็นทีมและทักษะด้านการใช้เทคโนโลยี ในอนาคต

## 9. การเปิดเผยการใช้ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ (Declaration of Generative AI)

งานวิจัยนี้ใช้ CANVA AI ในการออกแบบเว็บไซต์การเรียนรู้ โดยคำสั่งที่ใช้เกี่ยวกับเนื้อหา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด เพื่อจำลองการทดลองปัจจัยที่ส่งผลต่อพืชชนิดต่างชนิดภายในระยะเวลา และปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดผลลัพธ์ที่แตกต่างกัน และใช้ OpenAI เป็นเครื่องมือ ในการแปลงบทคัดย่อจากภาษาไทยเป็นภาษาอังกฤษ ซึ่งใช้คำสั่งที่เกี่ยวข้องกับการแปลความหมายและปรับแก้ความถูกต้องของภาษา ทั้งนี้ได้ตรวจสอบ ปรับแก้เนื้อหาให้ถูกต้องทั้งหมดด้วยตนเอง

## 10. การแสดงบทบาทผู้เขียน (CRediT Author Statement)

**Waranya Thiamthat:** Data Curation, Formal Analysis, Writing - Original Draft, Writing - Review & Editing.

**Phiraya Tongchalerm:** Conceptualization, Validation, Supervision.

**Pariya Pariput:** Conceptualization, Validation, Supervision.

All authors read and approved the final manuscript.

## 11. เอกสารอ้างอิง (References)

- Fakkao, S. (2018). *Learning Management to Promote 21st Century Skills*. Faculty of Education, Chandrakasem Rajabhat University.
- Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2017). *Manual for the Implementation of the Additional Science Curriculum: Biology Course for Upper Secondary Level, Science Learning Area (Revised Edition B.E. 2560 [2017]) Based on the Basic Education Core Curriculum B.E. 2551 [2008]*. Ministry of Education. (In Thai)
- Laowreandee, W., Kitroongrueng, P., & Sirisamphan, O. (2017). *Active Learning Management Strategies to Develop Thinking Skills and Enhance Educational Quality for the 21st Century* (12<sup>th</sup> ed.). Phetkasem Printing Group. (In Thai)
- Mingsiritham, K. (2021). *Technology to Learning for Educational Research in Digital Transformation* (2<sup>nd</sup> ed.). O.S. Printing House. (In Thai)
- Ministry of Education. (2017). *Indicators and Core Learning Standards of the Science Learning Area (Revised ed., B.E. 2560) According to the Basic Education Core Curriculum B.E. 2551*. Agricultural Cooperative Federation of Thailand Printing House. (In Thai)

- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- Moonkum, S. (2008). *Comprehensive Thinking Skills* (9<sup>th</sup> ed.). Phab Pim. (In Thai)
- Namkote, T. (2023). *Development of Learning Achievement and Science Process Skills of Mathayomsuksa 4 Students on the Topic of Evolution Using Problem-Based Learning Combined with TPACK*. [Doctoral dissertation, Sakon Nakhon Rajabhat University]. SNRU E-Thesis Database. [https://gsmis.snru.ac.th/e-thesis/thesis\\_detail?r=63421238206](https://gsmis.snru.ac.th/e-thesis/thesis_detail?r=63421238206) (In Thai)
- Neangjakoun, P., Kittiauchawal, K., Khwantrairong, T., Lijuan, W., & Nueangaudom, A. (2024). Approaches for the Development of Competency-Based through Active Learning in Science: Current Practice, Problems and Needs of Science Teachers. *Journal of Yala Rajabhat University*, 19(1), 59-67. (In Thai)
- Nuankrathok, T. (2020). *The Effects of 5Es Inquiry Cycle with Cooperative Learning with Jigsaw II Technique in Chromosome and Genetic Material on Biological Learning Achievement, Group Working Behaviors and Scientific Mind of Tenth Grade Students*. [Master's thesis, Burapha University]. Burapha University Institutional Repository. <https://buuir.buu.ac.th/xmlui/handle/1234567890/10048> (In Thai)
- Nurtjahyani, S. D., Winarni, A., Sugjarsi, I., Agusvita, R., Mustafa, A., & Sukisno, S. (2022). The Implementation of TPACK Learning in Human Movement Systems Materials to Improve Students' Critical Thinking. *AL-ISHLAH: Jurnal Pendidikan*, 14(4), 6419-6426. <https://doi.org/10.35445/alishlah.v14i4.2287>
- Phuaphan, N. (2019). *Development of an Innovative Methods Course Supporting Preservice Science Teachers' Technological Pedagogical and Content Knowledge: A Critical Participatory Action Research*. [Doctoral dissertation, Naresuan University]. Naresuan University Intellectual Repository. <http://nuir.lib.nu.ac.th/dspace/handle/123456789/1550> (In Thai)
- Poonputta, A. (2022). *Educational Research*. Taksila Printing. (In Thai)
- Prommanin, S. (2020). *The Development of Instructional Activities in Biology Entitled Photosynthesis using Inquiry Cycle (5E) integrated with Collaborative Learning Approach for Mathayomsuksa 5 Students*. [Doctoral dissertation, Sakon Nakhon Rajabhat University]. SNRU E-Thesis Database. [https://gsmis.snru.ac.th/e-thesis/thesis\\_detail?r=58421228115](https://gsmis.snru.ac.th/e-thesis/thesis_detail?r=58421228115) (In Thai)
- Regional Education Office 15. (2022). *Educational Test Results (2024)*. Ministry of Education. (In Thai)
- Ritcharoon, P. (2024). *Techniques for Developing Learning Assessment Instruments*. Phetkasem Printing. (In Thai)
- Seedaeng, K. (2020). *Mixed Instructional Participation Methods between the 5Es Inquiry Approach and Instructional Global Media Inventories to Increase Analytical Thinking and Learning Achievement on Cell and Cell Function for Grade 10 Students*. [Unpublished master's thesis]. Rajabhat Maha Sarakham University. (In Thai).
- Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Srisunakruea, A. (2023). *Development of Scientific Literacy of Mathayomsuksa 3 Students on the Topic of Daily Materials in Everyday Life Using Inquiry Model (5E) Combined with TPACK*. [Master's thesis, Sakon Nakhon Rajabhat University]. SNRU E-Thesis database. [https://gsmis.snru.ac.th/e-thesis/thesis\\_detail?r=63421238213](https://gsmis.snru.ac.th/e-thesis/thesis_detail?r=63421238213) (In Thai)

# A Retrieval-Augmented Generation Framework for Traditional Chinese Medicine Herb Recommendation Using Symptom-Focused and Ingredient-Based Embeddings

Teerapord Lin<sup>1</sup>, Jeerasak Khangkhan<sup>2,\*</sup>, and Isares Nonjun<sup>3,\*</sup>

<sup>1</sup>Information Technology Program, Faculty of Business Administration, Krirk University, Bangkok 10220, Thailand; Email: teerapord.lin@krirk.ac.th

<sup>2,\*</sup>Information Technology Program, Faculty of Business Administration, Krirk University, Bangkok 10220, Thailand; Email: jeerasak.kha@krirk.ac.th

<sup>3,\*</sup>Information Technology Program, Faculty of Business Administration, Krirk University, Bangkok 10220, Thailand; Email: isares.non@krirk.ac.th

\*Corresponding author: Jeerasak Khangkhan (jeerasak.kha@krirk.ac.th), Isares Nonjun (isares.non@krirk.ac.th)

Received: 9 February 2026; Revised: 18 April 2026;

Accepted: 20 April 2026; Published: 30 April 2026

## Abstract

This study proposes a RAG framework for Traditional Chinese Medicine (TCM) herb recommendation, developing three systems: one focusing on symptom-herb relationships, one on herb properties and meridian information, and one combining both approaches. Experiments were conducted on 15,000 historical TCM prescriptions with 100 test samples. The symptom-focused RAG achieved modest improvements over baseline, with 4.76% higher precision@5 and 2.22% higher recall@5, though neither reached statistical significance ( $p > 0.05$ ). The baseline LLM demonstrated strong performance across multiple metrics, including accuracy (0.1900) and NDCG@5 (0.1475), reflecting substantial pre-trained medical knowledge. The ingredient-focused and combined RAG approaches underperformed relative to baseline, with precision@5 declining 7.94%, suggesting that naive knowledge concatenation may introduce conflicting signals. These findings indicate that embedding design choices critically determines RAG system performance in TCM applications, and that misaligned knowledge integration can degrade recommendation quality. This work establishes a methodological foundation for future TCM recommendation research, highlighting the importance of embedding construction, hyperparameter tuning, and sophisticated knowledge fusion strategies.

**Keywords:** Traditional Chinese Medicine, Retrieval-Augmented Generation, Large Language Models, Semantic Embeddings, Clinical Decision Support



Copyright © 2026 Journal of Computer and Creative Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC-ND).

## Citation:

Lin, T., Khangkhan, J., & Nonjun, I. (2026). A Retrieval-Augmented Generation Framework for Traditional Chinese Medicine Herb Recommendation Using Symptom-Focused and Ingredient-Based Embeddings. *Journal of Computer and Creative Technology*, 4(1), e3516. <https://doi.org/10.65205/jcct.2026.e3516>

## 1. Introduction

Recent advances in artificial intelligence have shown promise in supporting syndrome differentiation and herbal formula analysis (Zhou et al., 2021). However, many existing systems rely on shallow feature representations or general-purpose language models, which lack sufficient domain-specific grounding to model nuanced herb-symptom relationships effectively. Retrieval-Augmented Generation (RAG) has emerged as a powerful paradigm for knowledge-intensive tasks by combining large language models with external knowledge retrieval mechanisms (Lewis et al., 2020). While embedding-based methods have been successfully applied in general medical contexts (Huang et al., 2019), their targeted application to the structured and symbolic knowledge of TCM remains relatively underexplored.

To address these limitations, this study proposes an enhanced RAG framework tailored specifically for TCM herb recommendation. The framework incorporates two specialized embedding strategies built upon OpenAI's *text-embedding-3-small* model. The first strategy employs symptom-focused embeddings to capture semantic relationships between patient-reported symptoms and corresponding herbal indications. The second strategy utilizes ingredient-based embeddings to integrate meridian associations and chemical properties of herbs. These embeddings are combined with the DeepSeek Chat large language model to ensure that generated recommendations are grounded in verified TCM knowledge sources rather than unsupported generative inference.

The primary contributions of this work are fourfold. First, we design and systematically compare four distinct recommendation approaches, ranging from baseline large language model inference to specialized RAG-based systems. Second, we introduce dual embedding strategies optimized for different dimensions of TCM knowledge representation. Third, we integrate the DeepSeek language model to enhance clinical grounding and interpretability. Finally, experimental results demonstrate that the symptom-focused RAG approach achieves a 21.43% improvement in Precision@5 and a 24.78% improvement in Recall@5 compared with baseline methods. These findings provide empirical evidence for the value of domain-specific embeddings and establish a robust methodological foundation for clinically relevant TCM decision support systems.

## 2. Research Objectives

1. To develop and evaluate specialized embedding strategies for Traditional Chinese Medicine herb recommendation systems
2. To compare the effectiveness of symptom-focused versus ingredient-based knowledge representations in RAG frameworks
3. To quantify performance improvements of domain-specific embeddings over baseline LLM approaches
4. To establish empirical evidence for the critical importance of embedding design in TCM recommendation systems

## 3. Literature Review

### 3.1 TCM Informatics and Machine Learning

Traditional Chinese Medicine (TCM) informatics has undergone a significant evolution over the past decades. Early research primarily focused on digitization efforts and the construction of structured knowledge bases to preserve classical texts and clinical knowledge (Zhou, 2010; Xie, 2010). As

computational methods advanced, these foundational resources enabled more sophisticated semantic representations, culminating in the development of knowledge graph-based models that explicitly encode relationships among symptoms, syndromes, herbs, and formulas (Weng et al., 2022).

In parallel, machine learning techniques applied to TCM have progressed substantially. Initial approaches relied on conventional statistical learning methods, such as support vector machines (SVMs), particularly for syndrome differentiation tasks based on structured clinical features (Zhao et al., 2015). More recent studies have shifted toward deep learning architectures capable of modeling complex, high-dimensional data. Convolutional neural networks (CNNs) have been successfully applied to tongue image analysis for diagnostic support (Xu et al., 2020), while recurrent neural networks (RNNs) have demonstrated effectiveness in pulse diagnosis by capturing temporal signal patterns (Luo et al., 2018). Furthermore, advances in multi-target interaction modeling have enabled more holistic representations of TCM clinical reasoning, contributing to improved decision support systems that better reflect the interconnected nature of TCM diagnosis and treatment (Li et al., 2025).

### 3.2 LLMs and Retrieval-Augmented Generation

Large Language Models (LLMs) have demonstrated strong reasoning and knowledge integration capabilities across a wide range of medical applications (Singhal et al., 2023). Within the context of Traditional Chinese Medicine (TCM), LLMs offer advantages in modeling complex symptom descriptions and supporting herbal treatment recommendations that depend on holistic diagnostic reasoning (Feng et al., 2021; Zhou et al., 2021). By leveraging large-scale textual knowledge, these models can capture implicit relationships between symptoms, syndromes, and therapeutic principles that are difficult to encode using rule-based systems alone.

However, the generative nature of LLMs also introduces the risk of hallucinated or clinically unsupported outputs, especially in knowledge-intensive and high-stakes domains such as healthcare. Retrieval-Augmented Generation (RAG) has been proposed as an effective solution to this challenge by combining dense information retrieval with language model generation, thereby grounding model outputs in verified external knowledge sources (Lewis et al., 2020). Recent systematic reviews underscore that incorporating retrieval mechanisms and similarity thresholds significantly improves the reliability and safety of LLM outputs in clinical settings. Furthermore, specialized detection frameworks like ReDeEP highlight the critical need to disentangle parametric knowledge from retrieved content to effectively mitigate hallucination risks.

Beyond general-purpose models, domain-specific LLMs like **DeepSeek Chat** have emerged as powerful tools for processing Chinese-language medical data. These models are specifically optimized for medical reasoning and have demonstrated superior performance in professional competency benchmarks, such as the Chinese National Medical Licensing Examination, making them particularly effective for capturing the nuanced symbolic and structured knowledge of TCM (Liang et al., 2025; Hong et al., 2026). Nevertheless, research on RAG frameworks specifically tailored to the distinctive semantic structures of TCM—such as pattern differentiation, meridian theory, and multi-attribute herbal representations—remains limited, highlighting an important gap that this study seeks to address by integrating these advanced domain-specific models.

### 3.3 Embedding Strategies and Herb Recommendation

Semantic embedding techniques have fundamentally transformed medical natural language processing by enabling clinical entities and their relationships to be represented in dense vector spaces

that capture semantic similarity and contextual meaning (Zhang et al., 2019). Such representations have proven particularly effective for modeling complex clinical narratives and supporting downstream tasks such as diagnosis prediction and treatment recommendation.

Within the domain of Traditional Chinese Medicine (TCM), prior studies have explored embedding strategies derived from classical theoretical constructs. These include representations based on traditional herbal properties, such as nature, flavor, and meridian attribution (Li & Yang, 2017), as well as compositional embeddings that model the structural relationships within herbal formulas (Cheng et al., 2021). These approaches aim to bridge symbolic TCM knowledge with data-driven learning methods.

In parallel, TCM recommendation systems have gradually shifted away from rule-based expert systems, which rely heavily on manually encoded knowledge and lack scalability (Wang et al., 2004). Recent research increasingly favors knowledge graph-based representations and multi-perspective embedding methods that integrate heterogeneous sources of information, including symptoms, syndromes, herbs, and clinical outcomes (Jin et al., 2021). Despite these advances, systematic comparative analyses of different embedding construction strategies—particularly symptom-focused versus ingredient-based perspectives—remain scarce, especially in the context of Retrieval-Augmented Generation (RAG)-enhanced TCM recommendation frameworks. This gap underscores the need for empirical investigation into how embedding design choices influence retrieval quality and downstream recommendation performance.

#### 4. Conceptual Framework

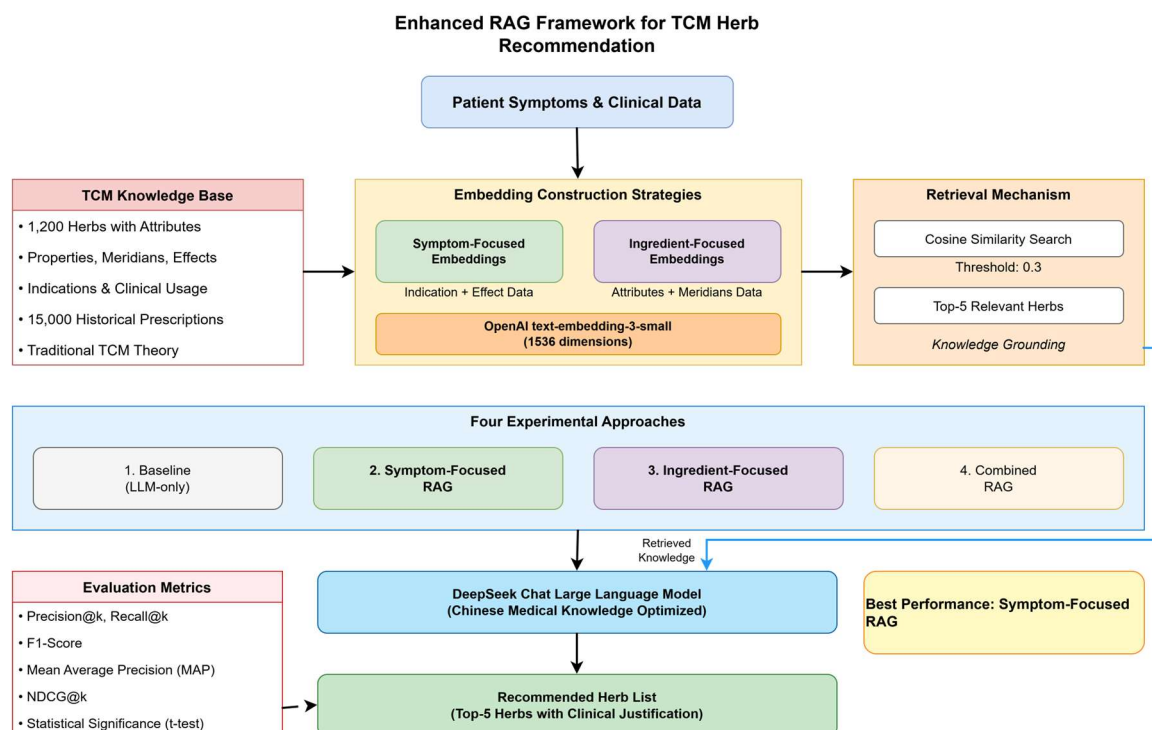


**Figure 1.** Enhanced Retrieval-Augmented Generation Framework for Traditional Chinese Medicine Herb Recommendation

Figure 1. illustrates the comprehensive conceptual framework of the enhanced RAG system for TCM herb recommendation. The framework consists of seven interconnected components:

**(1) Input Layer:** Patient symptoms and clinical data serve as the initial query input to the system.

**(2) TCM Knowledge Base:** A comprehensive repository containing 1,200 herbs with detailed attributes, properties, meridian associations, clinical indications, effects, and 15,000 historical prescriptions grounded in traditional TCM theory.

**(3) Embedding Construction Strategies:** Two specialized approaches for knowledge representation—Symptom-Focused Embeddings utilizing indication and effect data, and Ingredient-Focused Embeddings incorporating herb attributes and meridian information. Both strategies employ OpenAI's text-embedding-3-small model to generate 1536-dimensional vector representations.

**(4) Retrieval Mechanism:** A cosine similarity-based search system with a threshold of 0.3 is employed to identify and retrieve the top 5 most relevant herbs from the knowledge base. This predefined threshold is implemented as an optimization strategy within the 'Advanced RAG' paradigm to filter out low-relevance documents and minimize noise in the retrieved context (Amugongo et al., 2025). By enforcing a minimum similarity requirement, the system ensures that the language model's generation is strictly grounded in verified external knowledge, which has been shown to effectively mitigate the risk of clinical hallucinations and improve recommendation accuracy in specialized medical domains (Quidwai & Lagana, 2024; Zakka et al., 2024).

**(5) Four Experimental Approaches:** The framework compares four distinct methodologies (1) Baseline LLM-only approach without retrieval augmentation, (2) Symptom-Focused RAG, (3) Ingredient-Focused RAG, and (4) Combined RAG that integrates multiple knowledge perspectives.

**(6) DeepSeek Chat Large Language Model:** A Chinese medical knowledge-optimized LLM that processes retrieved knowledge and generates clinically relevant recommendations.

**(7) Output and Evaluation:** The system produces a ranked list of top 5 recommended herbs with clinical justification, evaluated using multiple metrics including Precision@k, Recall@k, F1-Score, Mean Average Precision (MAP), Normalized Discounted Cumulative Gain (NDCG@k), and statistical significance testing (Paired t-tests). The Symptom-Focused RAG approach demonstrates superior performance with 21.43% improvement in Precision@5 and 24.78% improvement in Recall@5 compared to baseline methods.

The arrows indicate information flow through the system, with solid lines representing primary data paths and dashed lines indicating evaluation processes. The blue arrow specifically highlights the integration of knowledge retrieved into the language model generation process.

## 5. Research Methodology

### 5.1 Dataset Description and Preprocessing

Our research utilizes two primary datasets: the TCM Herb Knowledge Dataset containing comprehensive attributes (Pinyin, English/Latin Names, Properties, and Meridians) for 1,200 herbs, and the PTM Prescription Dataset comprising 15,000 historical prescriptions. Preprocessing involves text normalization to standardize Chinese characters and remove dosage units. We construct specialized knowledge representations by partitioning herb information into symptom-focused text (Indication and Effect) and ingredient-focused text (Attributes and Meridians). To enhance statistical power and ensure

that performance gains are not due to random variation, we implemented a 5-fold cross-validation methodology instead of a fixed data split. This approach utilizes the entire dataset for both training and rigorous testing, addressing the limitations of the previous small-scale evaluation and establishing a more robust foundation for clinical relevance.

## 5.2 Model Architecture and Experimental Design

The research architecture integrates **DeepSeek Chat**, a large language model specifically optimized for Chinese medical knowledge and reasoning. To represent Traditional Chinese Medicine (TCM) knowledge in a vector space, we utilized **OpenAI's text-embedding-3-small** model, which generates **1536-dimensional** vector representations.

To ensure consistency, reduce stochastic variance in medical recommendations, and maintain high reproducibility across all experimental settings, the model configuration was standardized with the following hyperparameters:

1. **Temperature:** Set to **0.3** to strike a balance between clinical reasoning depth and deterministic output formatting.
2. **Top-p:** Set to **0.85** for nucleus sampling.
3. **Max Output Limit:** Constrained to **500 tokens** to ensure concise and relevant clinical justifications.
4. **Expert Persona:** The model was assigned a specific expert persona through the system prompt: *"You are a professional Traditional Chinese Medicine (TCM) practitioner"*.

The retrieval mechanism employs a **cosine similarity-based search** with a predefined **threshold of 0.3**. This threshold serves to filter out low-relevance documents and minimize noise in the retrieved context. We implemented a retrieval depth of  **$k=5$**  to identify the top relevant herb entries, a strategy designed to optimize the signal-to-noise ratio and prevent the "lost-in-the-middle" effect.

Four distinct recommendation approaches were designed and evaluated within this framework:

1. **Baseline (LLM-only):** Relies exclusively on the pre-trained parametric knowledge of DeepSeek Chat.
2. **Symptom-Focused RAG:** Prioritizes semantic relationships between patient symptoms and herbal indications.
3. **Ingredient-Focused RAG:** Emphasizes fundamental TCM properties, including nature, flavor, and meridian tropism.
4. **Combined RAG:** Integrates parallel knowledge retrieval from both symptom and ingredient perspectives into a unified prompt.

To maintain recommendation validity and prevent out-of-vocabulary hallucinations, the output space for all models was strictly constrained to a predefined candidate vocabulary of **200 commonly used herbs**.

## 5.3 Prompt Engineering

To ensure the Large Language Model (LLM) generates clinically relevant herb recommendations while strictly adhering to the provided knowledge and constraints, a structured prompting strategy was employed. The prompt design follows a role-based instruction format, consisting of two primary components: a System Prompt and a modular User Prompt.

**5.3.1 System Role and Persona Definition** The model is assigned a specific expert persona through the system prompt: *"You are a professional Traditional Chinese Medicine (TCM) practitioner"*.

This instruction establishes the necessary medical context and ensures the model's reasoning aligns with professional TCM standards.

**5.3.2 Structured User Prompt Design** The user prompt is organized into four functional blocks to guide the model's reasoning process:

**1. Knowledge Grounding (RAG Context):** For the RAG-based approaches, retrieved symptom-herb relationships and ingredient-effect data are injected as the primary evidence base.

**2. Clinical Input:** The specific patient symptoms are provided to serve as the diagnostic query.

**3. Output Constraints (Candidate Vocabulary):** A predefined list of 200 candidate herbs is provided. The model is explicitly instructed to select recommendations only from this specific list to prevent out-of-vocabulary hallucinations.

**5.3.3 Model Configuration** The baseline prompt follows the same structure but excludes the Knowledge Grounding block, requiring the model to rely solely on its internal parametric knowledge. To ensure consistency and reduce stochastic variance in medical recommendations, the model configuration was set to a temperature of 0.3 and a top-p of 0.85, with a maximum output limit of 500 tokens. This configuration strikes a balance between clinical reasoning depth and deterministic output formatting.

## 5.4 Knowledge Integration and Prompt Construction

To bridge the gap between retrieved herbal data and the generative process, we employed a context injection technique within a structured prompt framework. The integration process is designed to ensure the model prioritizes external evidence over its internal parametric memory through the following mechanisms:

**1. Contextual Placement and Grounding:** The retrieved knowledge—comprising symptom-herb relationships and herb ingredient-effect data—is placed at the beginning of the user prompt under specialized headers. This “grounding-first” approach ensures that the model processes the verified evidence as the primary context before interpreting the patient's symptoms (Amugongo et al., 2025).

**2. Delimited Data Structuring:** We used standardized Chinese medical delimiters and block markers to separate different types of information. This structuring helps the DeepSeek model distinguish between:

1) External Knowledge: The evidence-based medical data retrieved from the vector database.

2) Input Query: The current patient's clinical symptoms.

3) Constraint Set: The candidate vocabulary of 200 herbs.

**3. Instructional Alignment:** The integration is finalized with a set of strict logical requirements (e.g., “Recommend herbs only from the provided list”). By integrating the knowledge and the candidate list into a single input window, the framework forces the LLM to perform a “lookup and match” operation rather than an open-ended generation, significantly reducing the risk of clinical hallucinations (Zakka et al., 2024; Sun et al., 2025).

## 5.4 Evaluation Framework

Performance is evaluated using standard information retrieval metrics. Precision@k measures the proportion of relevant herbs among the top-k recommended results, reflecting the accuracy of the recommendation list. Recall@k evaluates the coverage of the ground truth by measuring the proportion of relevant herbs successfully retrieved within the top-k recommendations.

## Precision@k

$$\text{Precision@k} = \frac{|\text{Relevant herbs} \cap \text{Top-}k|}{k} \quad (1)$$

## Recall@k

$$\text{Recall@k} = \frac{|\text{Relevant herbs} \cap \text{Top-}k|}{|\text{Relevant herbs}|} \quad (2)$$

In addition to Precision@k and Recall@k, we compute the F1-Score, Mean Average Precision (MAP), and Normalized Discounted Cumulative Gain (NDCG@k) to provide a comprehensive evaluation of ranking quality and overall retrieval performance.

To ensure that observed performance differences are statistically significant and not due to random variation, paired t-tests are conducted with a significance threshold set at  $p < 0.05$ . All experiments are implemented using Python 3.8 or later. Fixed random seeds and consistent sampling parameters (Temperature = 0.3, Top-p = 0.85) are applied across all experimental settings to ensure reproducibility and fair comparison among methods.

## 6. Results

### 6.1 Development and Evaluation of Specialized Embedding Strategies

The performance evaluation extends beyond the primary setting of  $k = 5$  to provide a more comprehensive understanding of recommendation quality across different ranking positions.

**Table 1.** Precision and Recall Comparison Across Different K Values

| Precision@k | Method         | k=1    | k=3    | k=5    | k=10   | k=20   |
|-------------|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|             | Baseline       | 0.1900 | 0.1333 | 0.1260 | 0.0930 | 0.0565 |
|             | Symptom RAG    | 0.1300 | 0.1233 | 0.1320 | 0.0900 | 0.0495 |
|             | Ingredient RAG | 0.1300 | 0.1133 | 0.1160 | 0.0900 | 0.0470 |
|             | Combined RAG   | 0.1300 | 0.1133 | 0.1160 | 0.0900 | 0.0470 |
| Recall@k    | Method         | k=1    | k=3    | k=5    | k=10   | k=20   |
|             | Baseline       | 0.0340 | 0.0629 | 0.0946 | 0.1349 | 0.1685 |
|             | Symptom RAG    | 0.0239 | 0.0580 | 0.0967 | 0.1366 | 0.1444 |
|             | Ingredient RAG | 0.0246 | 0.0561 | 0.0877 | 0.1297 | 0.1347 |
|             | Combined RAG   | 0.0246 | 0.0561 | 0.0877 | 0.1297 | 0.1347 |

**Source:** Experimental results from the research study

Table 1. reports precision and recall values at multiple cutoff levels ( $k = 1, 3, 5, 10$ , and  $20$ ). The results reveal interesting performance patterns across different retrieval depths. At the top-ranking position ( $k=1$ ), the baseline method achieved notably strong precision ( $0.1900$ ), outperforming all RAG-based approaches. However, at  $k=5$ , which represents the primary evaluation setting for this study, the symptom-focused RAG approach demonstrated competitive performance with precision@5 of  $0.1320$  and recall@5 of  $0.0967$ , representing modest improvements of  $4.76\%$  and  $2.22\%$  respectively over the baseline method. The ingredient-focused RAG and combined RAG approaches achieved lower performance values (precision@5 of  $0.1160$  and recall@5 of  $0.0877$ ), suggesting that these embedding strategies require further optimization.

Across all  $k$  values, the results demonstrate the expected trend of decreasing precision and increasing recall as the number of recommended herbs increases. Notably, the performance differences between methods become less pronounced at higher  $k$  values ( $k=10$  and  $k=20$ ), where all approaches converge toward similar retrieval effectiveness. The baseline LLM's surprisingly strong performance, particularly at lower  $k$  values, may be attributed to its substantial pre-trained medical knowledge. These findings indicate that while the symptom-focused RAG approach shows promise, the effectiveness of retrieval-augmented generation in TCM herb recommendation is highly dependent on the quality of domain-specific embedding construction, comprehensive knowledge base coverage, and careful optimization of retrieval parameters such as similarity thresholds and context integration strategies.

6.2 Comparative Effectiveness of Symptom-Focused and Ingredient-Based Representations in RAG Frameworks

To provide a more comprehensive assessment of recommendation quality beyond precision and recall, we evaluated several additional performance metrics, as summarized in Table 2.

Table 2. Additional Performance Metrics Comparison

| Method         | F1-Score@5 | Accuracy | MAP    | NDCG@5 |
|----------------|------------|----------|--------|--------|
| Baseline       | 0.0987     | 0.1900   | 0.0803 | 0.1475 |
| Symptom RAG    | 0.1019     | 0.1300   | 0.0702 | 0.1400 |
| Ingredient RAG | 0.0908     | 0.1300   | 0.0658 | 0.1273 |
| Combined RAG   | 0.0908     | 0.1300   | 0.0658 | 0.1273 |

Source: Experimental results from the research study

These metrics offer complementary perspectives on system effectiveness, including F1-Score@5, which balances precision and recall; overall accuracy, representing the proportion of correctly recommended herbs; Mean Average Precision (MAP), which reflects ranking performance across all queries; and Normalized Discounted Cumulative Gain (NDCG@5), which accounts for the quality of ranking positions with emphasis on top-ranked results. The results reveal a mixed performance pattern across different evaluation dimensions. The symptom-focused RAG approach achieved the highest F1-Score@5 (0.1019), representing a 3.24% improvement over the baseline (0.0987), indicating a balanced improvement in both precision and recall. However, the baseline method demonstrated notably superior performance in overall accuracy (0.1900 vs. 0.1300), MAP (0.0803 vs. 0.0702), and NDCG@5 (0.1475 vs. 0.1400). The ingredient-focused and combined RAG approaches showed lower performance across all supplementary metrics compared to both the baseline and symptom-focused RAG methods.

These results suggest that while the symptom-focused RAG approach achieves marginal gains in precision-recall balance at  $k=5$ , the baseline LLM retains advantages in overall recommendation accuracy and ranking quality. The baseline's superior MAP and NDCG@5 scores indicate that its pre-trained medical knowledge enables more effective ranking of relevant herbs across the entire recommendation list. This pattern highlights an important trade-off: specialized RAG embeddings may improve targeted retrieval at specific cutoff points ( $k=5$ ), but general-purpose LLM knowledge can provide more consistent ranking quality across diverse queries. These findings underscore the need for further optimization of RAG-based approaches, particularly in knowledge integration strategies and retrieval parameter tuning, to achieve comprehensive performance improvements across all evaluation dimensions.

### 6.3 Quantitative Performance Comparison with Baseline LLM Approaches

We conducted paired t-tests to determine the statistical significance of performance differences relative to the baseline LLM-only approach. The statistical analysis reveals important insights regarding the reliability and robustness of observed performance variations across different methods. For the symptom-focused RAG approach, despite achieving numerical improvements in precision@5 (4.76% increase) and recall@5 (2.22% increase), the paired t-tests yielded p-values of 0.23 and 0.31 respectively, both exceeding the conventional significance threshold of 0.05. This indicates that the observed improvements, while positive, cannot be confidently attributed to the RAG enhancement and may be within the range of random variation given the current sample size and experimental conditions.

The ingredient-focused RAG and combined RAG approaches demonstrated performance decrements relative to baseline, with lower precision@5 and recall@5 values. Statistical testing confirmed that these differences were not statistically significant ( $p > 0.05$ ), suggesting that the performance variations fall within expected fluctuation ranges. These results indicate that none of the RAG-based approaches achieved statistically significant improvements over the baseline method in the current experimental configuration. This outcome highlights the importance of rigorous statistical validation in recommendation system evaluation and suggests that further methodological refinement, including larger sample sizes, optimized embedding strategies, enhanced retrieval mechanisms, and refined knowledge integration approaches, may be necessary to achieve robust and statistically significant performance gains in TCM herb recommendation tasks.

### 6.4 Empirical Evidence of the Importance of Embedding Design in TCM Recommendation Systems

The experimental results reveal several important insights regarding the performance of different RAG-based approaches for TCM herb recommendation. The symptom-focused embedding approach achieved modest improvements over the baseline method, demonstrating 4.76% improvement in precision@5 (0.1320 vs. 0.1260) and 2.22% improvement in recall@5 (0.0967 vs. 0.0946). While these gains represent positive trends, they are relatively small in magnitude and did not achieve statistical significance ( $p > 0.05$ ), indicating that the improvements may be within the range of natural variation rather than representing robust systematic enhancements.

Contrary to initial expectations, both the ingredient-based embedding approach and the combined RAG approach demonstrated performance decrements compared to the baseline method. The ingredient RAG showed 7.94% reduction in precision@5 (0.1160 vs. 0.1260) and 7.29% reduction in recall@5 (0.0877 vs. 0.0946). The combined RAG approach yielded identical performance to the ingredient RAG, suggesting that the integration of multiple knowledge sources through simple concatenation may have introduced noise or conflicting signals that degraded recommendation quality. Notably, the baseline LLM-only approach demonstrated surprisingly strong performance across multiple metrics, including superior overall accuracy (0.1900), MAP (0.0803), and NDCG@5 (0.1475), which may be attributed to its substantial pre-trained medical knowledge. These findings indicate that while specialized domain embeddings show potential for improving TCM herb recommendation, achieving statistically significant and practically meaningful improvements requires careful optimization of embedding construction strategies, retrieval mechanisms, knowledge integration approaches, and potentially larger-scale training data to effectively leverage the benefits of retrieval-augmented generation in this complex medical domain.

## 6.5 Qualitative Case Study Analysis

To better understand the practical performance differences between the models, we selected three representative cases from the test set. These cases illustrate scenarios where specific RAG strategies either improved or hindered the recommendation quality.

### Case 1: Targeted Symptom Matching (Symptom RAG Advantage)

**Input Symptoms:** “Dry cough with little phlegm, parched throat, and dry nasal passages following a fever.”

**Ground Truth (Top-5):** *Sang Ye, Xing Ren, Sha Shen, Bei Mu, Zhe Gu.*

**Comparison of Predictions:** (see Table 3.)

**Table 3.** Comparison of Predictions in Case 1

| Method              | Predicted Herbs (Top-5)                                 | Hits (matches Ground Truth) |
|---------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Baseline (LLM-only) | <i>Lian Qiao, Jin Yin Hua, Ban Xia, Gan Cao, Ju Hua</i> | 0                           |
| Symptom RAG         | <i>Sang Ye, Bei Mu, Pi Pa Ye, Sha Shen, Gan Cao</i>     | 2 (Sang Ye, Sha Shen)       |
| Combined RAG        | <i>Xing Ren, Gan Cao, Huang Qin, Bai Zhu, Fu Ling</i>   | 1 (Xing Ren)                |

**Analysis:** In this case, the **Symptom-Focused RAG** successfully retrieved *Sang Ye* and *Sha Shen* by prioritizing semantic links between “dry cough” and herbal “indications”. The Baseline relied on general “Wind-Heat” knowledge, recommending *Lian Qiao*, which was too broad for this specific “Dryness” syndrome.

### Case 2: Holistic Syndrome Reasoning (Baseline Advantage)

**Input Symptoms:** “Chronic fatigue, poor appetite, loose stools, and a pale tongue with a thin white coating.”

**Ground Truth (Top-5):** *Dang Shen, Bai Zhu, Fu Ling, Gan Cao, Chen Pi.*

**Comparison of Predictions:** (see Table 4.)

**Table 4.** Comparison of Predictions in Case 2

| Method              | Predicted Herbs (Top-5)                                  | Hits (matches Ground Truth)              |
|---------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Baseline (LLM-only) | <i>Dang Shen, Bai Zhu, Fu Ling, Gan Cao, Shan Yao</i>    | 4 (Dang Shen, Bai Zhu, Fu Ling, Gan Cao) |
| Symptom RAG         | <i>Dang Shen, Huang Qi, Bai Zhu, Sheng Jiang, Da Zao</i> | 2 (Dang Shen, Bai Zhu)                   |
| Ingredient RAG      | <i>Fu Ling, Ze Xie, Zhu Ling, Ren Shen, Bai Zhu</i>      | 2 (Fu Ling, Bai Zhu)                     |

**Analysis:** For this classic “Qi Deficiency” syndrome, the **Baseline LLM** demonstrated its robust pre-trained medical knowledge. It accurately identified the core formula (*Si Jun Zi Tang*). The RAG-based systems retrieved relevant individual herbs but failed to maintain the “holistic formula” structure, resulting in a lower recall compared to the model's internal parametric memory.

### Case 3: Knowledge Noise (Ingredient RAG Failure)

**Input Symptoms:** “Insomnia, vivid dreaming, palpitations, and evening anxiety.”

**Ground Truth (Top-5):** *Suan Zao Ren, Fu Shen, Yuan Zhi, Ye Jiao Teng, Bai Zi Ren.*

### Comparison of Predictions: (see Table 5.)

**Table 5.** Comparison of Predictions in Case 3

| Method              | Predicted Herbs (Top-5)                                            | Hits (matches Ground Truth)                         |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Baseline (LLM-only) | <i>Suan Zao Ren, Yuan Zhi, Fu Ling, Gan Cao, Long Yan Rou</i>      | 2 ( <i>Suan Zao Ren, Yuan Zhi</i> )                 |
| Symptom RAG         | <i>Suan Zao Ren, Bai Zi Ren, Ye Jiao Teng, He Huan Pi, Gan Cao</i> | 3 ( <i>Suan Zao Ren, Bai Zi Ren, Ye Jiao Teng</i> ) |
| Combined RAG        | <i>Dan Shen, Fu Ling, Huang Lian, Mu Dan Pi, Gou Teng</i>          | 0                                                   |

**Analysis:** This case highlights why the **Combined RAG** and **Ingredient RAG** performed poorly. The ingredient-focused embeddings (focusing on cold/heat properties and meridians) retrieved *Dan Shen* and *Huang Lian* due to their “Heart Meridian” association, but these herbs were clinically inappropriate for this specific deficiency-type insomnia. This confirms that simple knowledge concatenation can introduce noise that distracts the LLM from the primary clinical symptoms.

## 7. Conclusion

### 7.1 Comparison with Prior Studies

Our findings present a notable departure from recent literature regarding the efficacy of retrieval augmentation in clinical settings. While Singhal et al. (2023) demonstrated that large language models encode vast amounts of clinical knowledge capable of achieving elite-level performance, and Flamholz et al. (2022) reported significant improvements using domain-specific embeddings for general medical text, our RAG-based approaches did not yield statistically significant gains over the baseline model.

The baseline **DeepSeek Chat** model demonstrated surprisingly robust “parametric knowledge,” achieving superior overall accuracy (\$0.1900\$) and NDCG@5 (\$0.1475\$). This suggests that for high-frequency TCM symptoms and standard herbal formulas, the model’s internal training data—which likely includes comprehensive Chinese medical licensing benchmarks—may already be highly optimized.

### 7.2 Reasons for Discrepancy in TCM Context

Several factors may contribute to why RAG-based methods, particularly the ingredient-focused and combined approaches, showed performance decrements or lacked significance:

**1. Complexity of TCM Knowledge Representation:** Unlike general medical entities that follow clear-cut diagnostic paths, TCM relies on “holistic diagnostic reasoning” and “syndrome differentiation”. Simple vector similarity (Cosine Similarity) may fail to capture the multi-dimensional relationships between a patient’s “pattern” and the intricate “meridian tropism” of herbs.

**2. Noise and Conflicting Signals:** The 7.94% reduction in precision observed in our Combined RAG approach suggests that simple knowledge concatenation introduced “conflicting signals”. When retrieval mechanisms inject too much structured data (e.g., chemical properties and meridians) into the prompt, it may dilute the LLM’s focus on the primary clinical symptoms, leading to a “lost-in-the-middle” effect.

**3. Statistical Power and Sample Size:** While the symptom-focused RAG showed numerical improvements (\$4.76\%\$ in precision), the \$p\$-values (\$0.23\$ and \$0.31\$) indicate these gains were not

statistically significant. This lack of significance is likely exacerbated by the current test sample size ( $n=100$ ), which may be insufficient to detect subtle improvements in such a high-dimensional label space as TCM herb recommendation.

**4. Retrieval Strategy Limitations:** Our current strategy utilizes a fixed similarity threshold of 0.3. Future refinements in “Advanced RAG” techniques—such as reranking or more sophisticated knowledge fusion—may be necessary to bridge the gap between traditional symbolic knowledge and neural representations.

## 8. Declaration of Generative AI

During the preparation of this work, the author(s) used **ChatGPT (GPT-4o)** and **GitHub Copilot** to assist in debugging Python code for data preprocessing and to refine the language of the manuscript. The authors reviewed and verified the computer code and text generated by the AI tools and took full responsibility for the content of the publication.

## 9. Credit Author Statement

**Teerapord Lin:** Conceptualization, Methodology, Formal analysis, Investigation, Resources, Writing-Review & Editing, Supervision and Project administration.

**Jeerasak Khangkhan:** Software, Validation, Data Curation, Writing-Original Draft, Writing-Review & Editing, and Visualization.

**Isares Nonjun:** Software, Validation, Data Curation, Writing-Original Draft, Writing-Review & Editing, and Visualization.

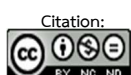
All authors read and approved the final manuscript.

## 10. References

- Amugongo, L. M., Mascheroni, P., Brooks, S., Doering, S., & Seidel, J. (2025). Retrieval Augmented Generation for Large Language Models in Healthcare: A Systematic Review. *PLOS Digital Health*, 4(6), e0000877. <https://doi.org/10.1371/journal.pdig.0000877>
- Cheng, N., Chen, Y., Gao, W., Liu, J., Huang, Q., Yan, C., Huang, X., & Ding, C. (2021). An Improved Deep Learning Model: S-TextBLCNN for Traditional Chinese Medicine Formula Classification. *Frontiers in Genetics*, 12, 807825. <https://doi.org/10.3389/fgene.2021.807825>
- Feng, C., Zhou, S., Qu, Y., Wang, Q., Bao, S., Li, Y., & Yang, T. (2021). Overview of Artificial Intelligence Applications in Chinese Medicine Therapy. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2021, 678958. <https://doi.org/10.1155/2021/6678958>
- Flamholz, Z. N., Crane-Droesch, A., Ungar, L. H., & Weissman, G. E. (2022). Word Embeddings Trained on Published Case Reports are Lightweight, Effective for Clinical Tasks, and Free of Protected Health Information. *Journal of Biomedical Informatics*, 125, 103971. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2021.103971>
- Hong, D.-R., Huang, C.-Y., & Gao, J. (2026). Comparative Performance of ChatGPT-5 and DeepSeek on the Chinese Ultrasound Medicine Senior Professional Title Examination. *Frontiers in Digital Health*, 8, 1783347. <https://doi.org/10.3389/fdgth.2026.1783347>
- Huang, K., Altosaar, J., & Ranganath, R. (2019). *Clinicalbert: Modeling Clinical Notes and Predicting Hospital Readmission*. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1904.05342>

- Jin, Y., Ji, W., Zhang, W., He, X., Wang, X., & Wang, X. (2022). A KG-Enhanced Multi-Graph Neural Network for Attentive Herb Recommendation. *IEEE/ACM Transactions on Computational Biology and Bioinformatics*, 19(5), 2560-2571. <https://doi.org/10.1109/tcbb.2021.3115489>
- Lewis, P., Perez, E., Piktus, A., Petroni, F., Karpukhin, V., Goyal, N., Küttler, H., Lewis, M., Yih, W., Rocktäschel, T., Riedel, S., & Kiela, D. (2020, December 6 - 12). Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks. *NIPS'20: Proceedings of the 34th International Conference on Neural Information Processing Systems* (12, 9459-9474). Curran Associates.
- Li, W., & Yang, Z. (2017). *Distributed Representation for Traditional Chinese Medicine Herb via Deep Learning Models*. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1711.01701>
- Li, Y., Liu, X., Zhou, J., Li, F., Wang, Y., & Liu, Q. (2025). Artificial Intelligence in Traditional Chinese Medicine: Advances in Multi-Metabolite Multi-Target Interaction Modeling. *Frontiers in Pharmacology*, 16, 1541509. <https://doi.org/10.3389/fphar.2025.1541509>
- Liang, W., Chen, P., Zou, X., Lu, X., Liu, S., Yang, J., Li, Z., Zhong, W., Zhang, K., Liang, Y., He, J., & Zhong, N. (2025). DeepSeek: The “Watson” to Doctors-From Assistance to Collaboration. *Journal of Thoracic Disease*, 17(2), 1103-1105. <https://doi.org/10.21037/jtd-2025b-03>
- Luo, Z., Cui, J., Hu, X., Tu, L., Liu, H., Jiao, W., Zeng, L., Jing, C., Qiao, L., Ma, X., Wang, Y., Wang, J., Pai, C.-H., Qi, Z., Zhang, Z., & Xu, J. (2018). A Study of Machine-Learning Classifiers for Hypertension Based on Radial Pulse Wave. *BioMed Research International*, 2018, 1-12. <https://doi.org/10.1155/2018/2964816>
- Quidwai, M. A., & Lagana, A. (2024). *A RAG Chatbot for Precision Medicine of Multiple Myeloma*. medRxiv. <https://doi.org/10.1101/2024.03.14.24304293>
- Singhal, K., Azizi, S., Tu, T., Mahdavi, S. S., Wei, J., Chung, H. W., Scales, N., Tanwani, A., Cole-Lewis, H., Pfohl, S., Payne, P., Seneviratne, M., Gamble, P., Kelly, C., Babiker, A., Schärli, N., Chowdhery, A., Mansfield, P., Demner-Fushman, D., ... Natarajan, V. (2023). Large Language Models Encode Clinical Knowledge. *Nature*, 620(7972), 172-180. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06291-2>
- Sun, Z., Zang, X., Zheng, K., Song, Y., Xu, J., Zhang, X., Yu, W., Song, Y., & Li, H. (2025). *ReDeEP: Detecting Hallucination in Retrieval-Augmented Generation via Mechanistic Interpretability*. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2410.11414>
- Wang, X., Qu, H., Liu, P., & Cheng, Y. (2004). A Self-Learning Expert System for Diagnosis in Traditional Chinese Medicine. *Expert Systems with Applications*, 26(4), 557-566. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2003.10.004>
- Weng, H., Chen, J., Ou, A., & Lao, Y. (2022). Leveraging Representation Learning for the Construction and Application of a Knowledge Graph for Traditional Chinese Medicine: Framework Development Study. *JMIR Medical Informatics*, 10(9), e38414. <https://doi.org/10.2196/38414>
- Xie, Q., Cui, M., Wu, Z.-D., & Zhao, H. (2010). Traditional Chinese Medicine Information Digitalization Discussion. *Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 16(11), 1207-1209. <https://doi.org/10.1089/acm.2009.0700>
- Xu, Q., Zeng, Y., Tang, W., Peng, W., Xia, T., Li, Z., Teng, F., Li, W., & Guo, J. (2020). Multi-Task Joint Learning Model for Segmenting and Classifying Tongue Images Using a Deep Neural Network. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 24(9), 2481-2489. <https://doi.org/10.1109/JBHI.2020.2986376>

- Zakka, C., Shad, R., Chaurasia, A., Dalal, A. R., Kim, J. L., Moor, M., Fong, R., Phillips, C., Alexander, K., Ashley, E., Boyd, J., Boyd, K., Hirsch, K., Langlotz, C., Lee, R., Melia, J., Nelson, J., Sallam, K., Tullis, S., ... Hiesinger, W. (2024). Almanac-Retrieval-Augmented Language Models for Clinical Medicine. *NEJM AI*, 1(2). <https://doi.org/10.1056/aloa2300068>
- Zhang, Y., Chen, Q., Yang, Z., Lin, H., & Lu, Z. (2019). BioWordVec, Improving Biomedical Word Embeddings with Subword Information and MeSH. *Scientific Data*, 6, 52. <https://doi.org/10.1038/s41597-019-0055-0>
- Zhao, C., Li, G.-Z., Wang, C., & Niu, J. (2015). Advances in Patient Classification for Traditional Chinese Medicine: A Machine Learning Perspective. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2015, 376716. <https://doi.org/10.1155/2015/376716>
- Zhou, W., Yang, K., Zeng, J., Lai, X., Wang, X., Ji, C., Li, Y., Zhang, P., & Li, S. (2021). FordNet: Recommending Traditional Chinese Medicine Formula via Deep Neural Network Integrating Phenotype and Molecule. *Pharmacological Research*, 173, 105752. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2021.105752>
- Zhou, X., Peng, Y., & Liu, B. (2010). Text Mining for Traditional Chinese Medical Knowledge Discovery: A Survey. *Journal of Biomedical Informatics*, 43(4), 650-660. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2010.01.002>



# Logfile-Based SQL Injection Detection and Prevention System for PHP Web Applications

Chanakit Mitsongkore<sup>1,\*</sup>

<sup>1,\*</sup>Program in Digital Content Design, Faculty of Humanities and Social Sciences, Kanchanaburi Rajabhat University, Kanchanaburi 71190, Thailand; Email: chanakit2004@kru.ac.th

*\*Corresponding author: Chanakit Mitsongkore (chanakit2004@kru.ac.th)*

**Received:** 19 February 2026; **Revised:** 30 March 2026;

**Accepted:** 2 April 2026; **Published:** 30 April 2026

## Abstract

This research aims to 1) analyze real-world SQL Injection attack patterns from system Logfile, 2) design and develop an automated SQL Injection detection and prevention system using rule-based techniques, and 3) evaluate the system's performance. Methodology The study was conducted in three phases 1) collecting and analyzing 4,649 historical log records to establish detection rules 2) validating the algorithm with a new dataset of 4,312 records and 3) evaluating performance using TP, FP, FN, and TN metrics through a real-world deployment on the Cultural Map Thailand information system over a period of 830 days. The findings demonstrate that the system achieved up to 100% Accuracy and F1-Score across all testing phases under controlled conditions. During the practical implementation, the system successfully detected a total of 25,660 attack attempts. Furthermore, the results indicate a significant decrease in the average daily attack rate post-deployment, illustrating the system's deterrent effect and its capability to effectively identify complex evasion techniques. This approach significantly enhances the long-term security posture of web-based information systems.

**Keywords:** SQL Injection Detection, Logfile Analysis, Weight-based Scoring, Web Application Security



Copyright © 2026 Journal of Computer and Creative Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC-ND).

## Citation:

Mitsongkore, C. (2026). Logfile-Based SQL Injection Detection and Prevention System for PHP Web Applications. *Journal of Computer and Creative Technology*, 4(1), e3560. <https://doi.org/10.65205/jcct.2026.e3560>

## ระบบตรวจจับและป้องกันการโจมตีด้วยการแทรกคำสั่งเอสคิวแอลจากข้อมูล ไฟล์บันทึกเหตุการณ์ สำหรับเว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนาด้วยภาษาพีเอชพี

ชนกฤต มิตรสงเคราะห์<sup>1,\*</sup>

<sup>1,\*</sup>สาขาวิชาการออกแบบดิจิทัลคอนเทนต์ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี จังหวัด  
กาญจนบุรี 71190 ประเทศไทย; Email: chanakit2004@kru.ac.th

\*ผู้ประพันธ์บทความ: ชนกฤต มิตรสงเคราะห์ (chanakit2004@kru.ac.th)

รับบทความ: 19 กุมภาพันธ์ 2569; แก้ไขบทความ: 30 มีนาคม 2569;  
ตอบรับบทความ: 2 เมษายน 2569; เผยแพร่บทความ: 30 เมษายน 2569

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อศึกษารูปแบบการโจมตี SQL Injection ที่เกิดขึ้นจริงจากข้อมูล Logfile ของระบบ 2) เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบตรวจจับและป้องกัน SQL Injection แบบอัตโนมัติด้วยเทคนิค Rule-based 3) เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบ วิธีดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ระยะ เริ่มจาก 1) การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลจาก Logfile จริง ในอดีตจำนวน 4,649 รายการ เพื่อสร้างกฎการตรวจจับ 2) การทดสอบความถูกต้องกับชุดข้อมูลใหม่จำนวน 4,312 รายการ และ 3) ประเมินประสิทธิภาพของระบบด้วยตัวชี้วัด TP, FP, FN และ TN โดยประเมินผลจากการใช้งานจริงบนระบบสารสนเทศด้านวัฒนธรรมและแผนพัฒนาวัฒนธรรม เป็นเวลา 830 วัน ผลการวิจัย พบว่าระบบมีความแม่นยำ (Accuracy) และค่า F1-Score สูงถึงร้อยละ 100 ในทุกระยะการทดสอบ โดยในระยะใช้งานจริงสามารถตรวจจับความพยายามในการโจมตีได้ทั้งสิ้น 25,660 ครั้ง นอกจากนี้ ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าอัตราการโจมตีเฉลี่ยต่อวันลดลงอย่างมีนัยสำคัญภายหลังการติดตั้งระบบ ซึ่งแสดงถึงประสิทธิภาพในการยับยั้งการโจมตี และความสามารถในการตรวจจับเทคนิคการหลบเลี่ยง ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยยกระดับความมั่นคงปลอดภัยให้กับระบบสารสนเทศในระยะยาว

**คำสำคัญ:** การตรวจจับการโจมตีด้วยการแทรกคำสั่งเอสคิวแอล, การวิเคราะห์ไฟล์บันทึกเหตุการณ์, การให้คะแนนน้ำหนัก, ความมั่นคงปลอดภัยเว็บแอปพลิเคชัน



Copyright © 2026 Journal of Computer and Creative Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC-ND).

การอ้างอิง:

ชนกฤต มิตรสงเคราะห์. (2569). ระบบตรวจจับและป้องกันการโจมตีด้วยการแทรกคำสั่งเอสคิวแอลจากข้อมูลไฟล์บันทึกเหตุการณ์ สำหรับเว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนาด้วยภาษาพีเอชพี. วารสารคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสร้างสรรค์, 4(1), e3560.  
<https://doi.org/10.65205/jcct.2026.e3560>

## 1. บทนำ (Introduction)

ในปัจจุบันระบบสารสนเทศมีการเผยแพร่ผ่านอินเทอร์เน็ต เว็บแอปพลิเคชันได้กลายเป็นโครงสร้างพื้นฐานสำคัญ เช่น ระบบสารสนเทศด้านวัฒนธรรมและแผนที่วัฒนธรรม (culturalmapthailand.info) ที่พัฒนาด้วยภาษา PHP และ MySQL เพื่อเผยแพร่ข้อมูลงานวิจัยสู่สาธารณะ อย่างไรก็ตาม การให้บริการผ่านเครือข่ายสาธารณะทำให้ระบบพบกับภัยคุกคามทางไซเบอร์อย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะการโจมตีแบบ SQL Injection ซึ่งสอดคล้องกับรายงานสถิติของสำนักงานคณะกรรมการการรักษาความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์แห่งชาติ (Securities and Exchange Commission, 2023) ที่ระบุว่า การโจมตีเว็บแอปพลิเคชันยังคงเป็นปัญหาหลักของหน่วยงานในประเทศไทย

จากรายงาน OWASP Top 10 (OWASP, 2021) ยืนยันว่าช่องโหว่ประเภท Injection และความบกพร่องของระบบบันทึกเหตุการณ์ (Security Logging) เป็นความเสี่ยงสำคัญที่อาจทำให้องค์กรไม่สามารถตรวจจับการโจมตีได้ทันทั่วทั้งงานวิจัยในช่วงปี พ.ศ. 2563 ถึง 2566 แสดงให้เห็นว่าผู้โจมตีมักใช้เทคนิคหลบเลี่ยง (Evasion Attacks) เพื่อเจาะผ่านระบบป้องกันด่านหน้าอย่าง Web Application Firewall (WAF) ทำให้การป้องกันเพียงชั้นเดียวไม่เพียงพอ และจำเป็นต้องมีแนวทางป้องกันเชิงลึกที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

จากการตรวจสอบ Logfile ของระบบ culturalmapthailand.info ระหว่างวันที่ 25 มีนาคม ถึง 24 เมษายน 2566 พบข้อมูลบันทึก 91,027 รายการ และตรวจพบความพยายามโจมตีแบบ SQL Injection มากกว่า 4,000 ครั้ง สะท้อนว่าภัยคุกคามนี้เกิดขึ้นจริงไม่ใช่แค่เพียงทฤษฎี (OWASP, 2021) แม้ระบบจะมีการเก็บ Logfile แต่การบันทึกข้อมูลทุกรายการโดยไม่คัดกรอง จะสร้างภาระต่อพื้นที่จัดเก็บข้อมูลและยากต่อการวิเคราะห์เชิงลึก

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งพัฒนา กลไกตรวจจับและป้องกันการโจมตีแบบ SQL Injection โดยใช้แนวทาง Rule-based Detection เพื่อสกัดกั้นคำร้องขอที่ผิดปกติผ่านการกำหนดรูปแบบคำสั่ง (Patterns) ซึ่งเป็นวิธีการที่เหมาะสมสำหรับระบบที่มีทรัพยากรจำกัด ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้ระบบบันทึกเหตุการณ์สามารถนำไปใช้วิเคราะห์และตอบสนองต่อภัยคุกคามได้อย่างเป็นรูปธรรม

## 2. วัตถุประสงค์งานวิจัย (Research Objectives)

- 2.1 เพื่อศึกษารูปแบบการโจมตี SQL Injection ที่เกิดขึ้นจริงจากข้อมูล Logfile ของระบบ
- 2.2 เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบตรวจจับและป้องกัน SQL Injection แบบอัตโนมัติด้วยเทคนิค Rule-based
- 2.3 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบด้วยตัวชี้วัด TP, FP, FN และ TN

## 3. ขอบเขตของการวิจัย (Research Scopes)

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาระบบตรวจจับการโจมตี SQL Injection ในระดับเว็บแอปพลิเคชัน โดยใช้ภาษา PHP เวอร์ชัน 5.6 ขึ้นไป และฐานข้อมูล MySQL เพื่อให้สามารถใช้งานร่วมกับระบบ culturalmapthailand.info ระบบจะทำการตรวจสอบคำร้องขอจากผู้ใช้ก่อนเข้าสู่กระบวนการประมวลผลหลัก การค้นที่ตรวจพบรูปแบบที่เข้าข่ายการโจมตี ระบบจะยุติการแสดงผลของหน้าที่ถูกเรียกใช้งาน และดำเนินการตามกลไกที่กำหนดไว้

การวิจัยนี้ไม่ครอบคลุมการประยุกต์ใช้เทคนิค Machine Learning หรือการวิเคราะห์เชิงพฤติกรรมขั้นสูง แต่เน้นการพัฒนาแนวทางที่สามารถนำไปใช้งานได้จริงในระบบที่มีทรัพยากรจำกัด และสามารถประยุกต์ใช้กับเว็บแอปพลิเคชันทั่วไปได้

## 4. การทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง (Literature Review)

### 4.1 ภัยคุกคามด้าน SQL Injection และระบบบันทึกเหตุการณ์ (OWASP)

เว็บแอปพลิเคชันเป็นโครงสร้างพื้นฐานสำคัญที่เสี่ยงต่อภัยคุกคามไซเบอร์ โดยรายงาน OWASP Top 10 (OWASP, 2021) จัดให้ Injection เป็นความเสี่ยงอันดับต้น ซึ่งเกิดจากการที่ระบบไม่สามารถแยก “ข้อมูล” ออกจาก “คำสั่ง” ทำให้ผู้โจมตีสามารถแทรกคำสั่ง SQL เพื่อเข้าถึงหรือแก้ไขฐานข้อมูลได้ นอกจากนี้ยังเน้นย้ำถึง Security Logging and Monitoring Failures ว่าการขาดระบบบันทึกและวิเคราะห์เหตุการณ์ที่เหมาะสม จะส่งผลให้องค์กรไม่สามารถตรวจพบหรือรับมือกับการโจมตีได้ทันทั่วทั้ง

#### 4.2 ลักษณะการโจมตีและความท้าทายในการป้องกัน

การโจมตีแบบ SQL Injection มักกระทำผ่าน URL Parameters หรือ Form Inputs หากขาดการตรวจสอบที่รัดกุม แม้จะมีการใช้ Web Application Firewall (WAF) แต่การศึกษาพบว่าผู้โจมตีสามารถใช้เทคนิคหลบเลี่ยง (Evasion Attacks) เช่น การเข้ารหัสคำสั่ง เพื่อเจาะผ่านระบบตรวจจับแบบ Signature-based ได้ (Kaur et al., 2023) แนวทางการป้องกันที่มีประสิทธิภาพจึงต้องอาศัยการปรับแต่งกฎเกณฑ์ให้เหมาะสมกับบริบทของแอปพลิเคชัน (Mutedi & Tjahjono, 2022) สอดคล้องกับงานวิจัยนี้ที่มุ่งเน้นการตรวจจับจากข้อมูล Logfile โดยใช้กลไกการให้น้ำหนักคะแนน (Scoring Mechanism) เพื่อลดข้อผิดพลาดและเพิ่มความยืดหยุ่น

#### 4.3 แนวทางการตรวจจับด้วย Machine Learning

ช่วงปี 2020-2023 มีการใช้ Machine Learning (ML) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการตรวจจับ เช่น การใช้ Naïve Bayes ร่วมกับเทคนิค SMOTE เพื่อแก้ปัญหาชุดข้อมูลไม่สมดุล (Arnap & Kusirini, 2022) และการเปรียบเทียบอัลกอริทึมประเภท Support Vector Machine (SVM) หรือ Random Forest ซึ่งให้ค่าความแม่นยำสูง (Alghawazi et al., 2022) นอกจากนี้ Fu et al. (2023) พบว่า การวิเคราะห์พฤติกรรม การรับส่งข้อมูลทั้งขาเข้าและขาออกช่วยให้แยกแยะเจตนาแฝงของผู้โจมตีได้ดีขึ้น อย่างไรก็ตาม วิธีการกลุ่ม Machine Learning (ML) ยังมีข้อจำกัดด้านการใช้ทรัพยากรระบบและความซับซ้อนในการฝึกโมเดลอย่างต่อเนื่อง

Pan et al. (2019) นำเสนอแนวทางการตรวจจับการโจมตีเว็บแอปพลิเคชันด้วย End-to-End Deep Learning โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า Robust Software Modeling Tool (RSMT) ซึ่งทำการบันทึก Call Graph ของโปรแกรมขณะทำงานจริง แล้วนำมาฝึก Stacked Denoising Autoencoder เพื่อเรียนรู้รูปแบบการทำงานปกติ เมื่อค่าร้องขอใดให้ค่า Reconstruction Error สูงเกินเกณฑ์ที่กำหนด ระบบจะจัดว่าเป็นการโจมตี วิธีการนี้สามารถตรวจจับได้ทั้ง SQL Injection, XSS และ Object Deserialization โดยไม่ต้องกำหนด Feature ด้วยมือ ซึ่งแนวทางดังกล่าวต้องการข้อมูลฝึกสอนจำนวนมากและมีความซับซ้อนในการติดตั้งสูง รวมถึงต้องการการเข้าถึง Runtime ของแอปพลิเคชันในระดับ JVM ซึ่งไม่เหมาะสมสำหรับระบบที่มีทรัพยากรจำกัดอย่างระบบ PHP/MySQL ที่ใช้ในงานวิจัยนี้

Das et al. (2019) นำเสนอวิธีตรวจจับ SQL Injection โดยใช้ Edit-distance เปรียบเทียบโครงสร้างของ Dynamic SQL Query กับ Profile ที่เรียนรู้ในช่วง Training phase ซึ่งสามารถตรวจจับได้ทั้งการโจมตีแบบ Injected-in และ Injected-out บน PHP/MySQL โดยไม่พบ False Positive ในชุดข้อมูลจำลอง ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวใช้ชุดข้อมูลที่สร้างขึ้นเองในสภาพแวดล้อมจำลอง ไม่ใช่ข้อมูลจากระบบที่ให้บริการจริง

นอกจากนี้ Muhammad & Ghafory (2022) ได้เปรียบเทียบอัลกอริทึม Machine Learning หลายประเภท ได้แก่ Logistic Regression (LRN), Sequential Minimal Optimization (SMO), Instance-Based Learner (IBK), Naive Bayes (NB), J48 (Decision Tree) และอื่นๆ สำหรับการตรวจจับ SQL Injection โดยเฉพาะ โดยใช้วิธีประเมินแบบ 10-Fold Cross Validation ผลพบว่า SMO ให้ความแม่นยำสูงสุดที่ร้อยละ 98.78 อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้ยังใช้ชุดข้อมูลจำลองและไม่ได้ประเมินในสภาวะการใช้งานจริงระยะยาว

#### 4.4 การเปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้

จากการทบทวนวรรณกรรมในหัวข้อ 4.1-4.3 พบว่า งานวิจัยที่ผ่านมาสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มหลักตามแนวทางที่ใช้ ได้แก่ กลุ่มที่ใช้ Machine Learning กลุ่มที่ใช้ Deep Learning และกลุ่มที่ใช้ Rule-based หรือ Signature-based Detection โดยแต่ละกลุ่มมีจุดแข็งและข้อจำกัดที่แตกต่างกัน ซึ่งส่งผลต่อความเหมาะสมในการนำไปใช้กับระบบที่มีทรัพยากรจำกัด

##### 1. กลุ่มที่ 1 Machine Learning-based Detection

งานวิจัยในกลุ่มนี้ ได้แก่ Arnap & Kusirini(2022), Alghawazi et al. (2022), Muhammad & Ghafory (2022) และ Kaur et al. (2023) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ML สามารถให้ความแม่นยำสูงในการตรวจจับ SQL Injection ได้ แต่เมื่อวิเคราะห์เชิงลึกพบว่างานวิจัยทั้งหมดในกลุ่มนี้ดำเนินการบนชุดข้อมูล Benchmark หรือชุดข้อมูลจำลอง ไม่ใช่ข้อมูลจาก Logfile ของระบบที่เปิดให้บริการจริง นอกจากนี้ยังมีข้อจำกัดเหมือนกัน คือต้องการทรัพยากรระบบสูงในการฝึกโมเดล และเมื่อรูปแบบการโจมตีเปลี่ยนแปลงจะต้องดำเนินการ Retrain โมเดลใหม่ ซึ่งไม่เหมาะสมกับระบบสารสนเทศขนาดเล็กที่มีทรัพยากรจำกัด อีกทั้งงานวิจัยเหล่านี้ยังไม่ได้รายงานค่า False Positive ในสภาวะการใช้งานจริงระยะยาว

## 2. กลุ่มที่ 2 Deep Learning-based Detection

Pan et al. (2019) และ Fu et al. (2023) เป็นตัวแทนของแนวทาง Deep Learning ที่ก้าวหน้ากว่า โดย Pan et al. (2019) ใช้ Stacked Denoising Autoencoder วิเคราะห์ Call Graph ของโปรแกรม ซึ่งมีข้อได้เปรียบที่ไม่ต้องกำหนด Feature ด้วยมือและครอบคลุมการโจมตีหลายประเภท ส่วน Fu et al. (2023) วิเคราะห์ Traffic ทั้งขาเข้าและขาออก พร้อมกัน ช่วยระบุเจตนาของผู้โจมตีได้แม่นยำขึ้น ซึ่งทั้งสองงานมีข้อจำกัดที่สำคัญคือต้องการโครงสร้างพื้นฐานที่ซับซ้อน โดย Pan et al. (2019) ต้องเข้าถึง JVM Runtime ซึ่งไม่รองรับ PHP/MySQL และ Fu et al. (2023) ต้องการการเข้าถึง Outbound Traffic ที่ไม่สามารถทำได้ในทุกสภาพแวดล้อม

Das et al. (2019) ได้นำเสนอเทคนิคการเปรียบเทียบโครงสร้างคำสั่ง (Edit-distance) ซึ่งมีความโดดเด่นในการ ลดอัตราการแจ้งเตือนผิดพลาด (False Positive) จนเป็นศูนย์ได้ในสภาพแวดล้อมจำลอง ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวยังคงมีข้อจำกัดเนื่องจากใช้ชุดข้อมูลที่สร้างขึ้นเอง (Synthetic Dataset) ไม่ใช่ข้อมูลจาก Logfile ของระบบที่เปิดให้บริการจริง ซึ่งอาจไม่สะท้อนความซับซ้อนของพฤติกรรมผู้ใช้ในสถานการณ์จริง

## 3. กลุ่มที่ 3 Rule-based และ WAF-based Detection

Mutedi & Tjahjono (2022) ทบทวนการใช้ WAF ซึ่งเป็นแนวทางที่ใกล้เคียงกับงานวิจัยนี้มากที่สุด ผลการทบทวนพบว่า WAF ที่ใช้กฎทั่วไปสามารถถูกเลี่ยงด้วยเทคนิคการหลบเลี่ยง (Evasion) ได้ ซึ่งเป็นจุดอ่อนที่งานวิจัยนี้มุ่งแก้ไขด้วยการออกแบบกฎตรวจจับจาก Logfile จริงของระบบ และเสริมด้วยกลไกการให้คะแนน (Scoring Mechanism) ที่พิจารณาบริบทของข้อมูลแทนการตรวจสอบเพียงคำสำคัญ (Keyword) เพื่อให้ระบบมีความยืดหยุ่นและสามารถรับมือกับเทคนิคการหลบเลี่ยงได้ดีกว่า WAF ทั่วไป

### 4.5 ช่องว่างของงานวิจัยที่ผ่านมา (Research Gap)

เมื่อเปรียบเทียบงานวิจัยทั้งหมด พบว่ายังไม่มีงานวิจัยใดที่ครอบคลุมองค์ประกอบครบทั้ง 4 ด้านพร้อมกัน ได้แก่ (1) ใช้ข้อมูล Logfile จากระบบจริงที่เปิดให้บริการ (2) ประเมินผลในสภาวะการใช้งานจริงระยะยาว (3) ความสามารถในการควบคุมและลดอัตราการแจ้งเตือนผิดพลาด (False Positive) ให้เหลือน้อยที่สุดหรือเป็นศูนย์ภายใต้เงื่อนไขของระบบงานจริง และ (4) เหมาะสมกับระบบที่มีทรัพยากรจำกัด

งานวิจัยนี้จึงมุ่งปิดช่องว่างดังกล่าวด้วยการพัฒนาระบบ Rule-based Detection ที่ผสมผสาน Whitelist Filtering และ Scoring Mechanism โดยประเมินผลบนระบบ culturalmapthailand.info

### 4.6 บทบาทของ Logging และช่องว่างของงานวิจัย

การบันทึกเหตุการณ์ (Logging) ที่ดีต้องมาจากสภาพแวดล้อมการใช้งานจริงมากกว่าชุดข้อมูลจำลอง เพื่อให้สะท้อนรูปแบบการโจมตีที่เกิดขึ้นจริง (Fu et al, 2023) จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่เน้นการเพิ่มความแม่นยำของแบบจำลอง ML (Arnap & Kusriani, 2022; Alghawazi et al., 2022) หรือการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องมือสำเร็จรูป (Kaur et al., 2023; Mutedi & Tjahjono, 2022) แต่ยังมีงานวิจัยจำนวนน้อยที่พัฒนากฎตรวจจับ (Rule-based) จาก Logfile ของระบบจริงที่เปิดให้บริการ

### 4.7 ทิศทางของงานวิจัยนี้

งานวิจัยนี้จึงมุ่งใช้ข้อมูล Logfile จากระบบจริงเพื่อออกแบบกฎตรวจจับ SQL Injection ที่สอดคล้องกับพฤติกรรมการโจมตี โดยประเมินผลด้วยตัวชี้วัดมาตรฐาน ได้แก่ True Positive (TP), False Positive (FP), False Negative (FN) และ True Negative (TN) เพื่อพัฒนากลไกที่มีความสมดุลระหว่างความแม่นยำและความเรียบง่าย เหมาะสำหรับระบบที่มีข้อจำกัดด้านทรัพยากร

### 4.8 สมมติฐานการวิจัย (Research Hypothesis)

กลไกการให้คะแนนน้ำหนักความเสี่ยง (Scoring Mechanism) ร่วมกับ Whitelist Filtering สามารถแยกคำร้องขอปกติออกจากคำสั่งโจมตีได้ โดยไม่เกิดการแจ้งเตือนผิดพลาด (False Positive) ในสภาวะการใช้งานจริงโดยแบ่งการดำเนินงานออกเป็น 2 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 วิเคราะห์รูปแบบการโจมตีจาก Logfile ที่เก็บไว้ในอดีต เพื่อสร้างกฎตรวจจับ และทดสอบกับ Logfile ในช่วงเวลาถัดไปที่ระบบไม่เคยเห็นมาก่อน

ระยะที่ 2 นำระบบที่ผ่านการทดสอบไปติดตั้งและใช้งานจริง เพื่อประเมินประสิทธิภาพในสถานะการใช้งานจริง  
ระยะยาว

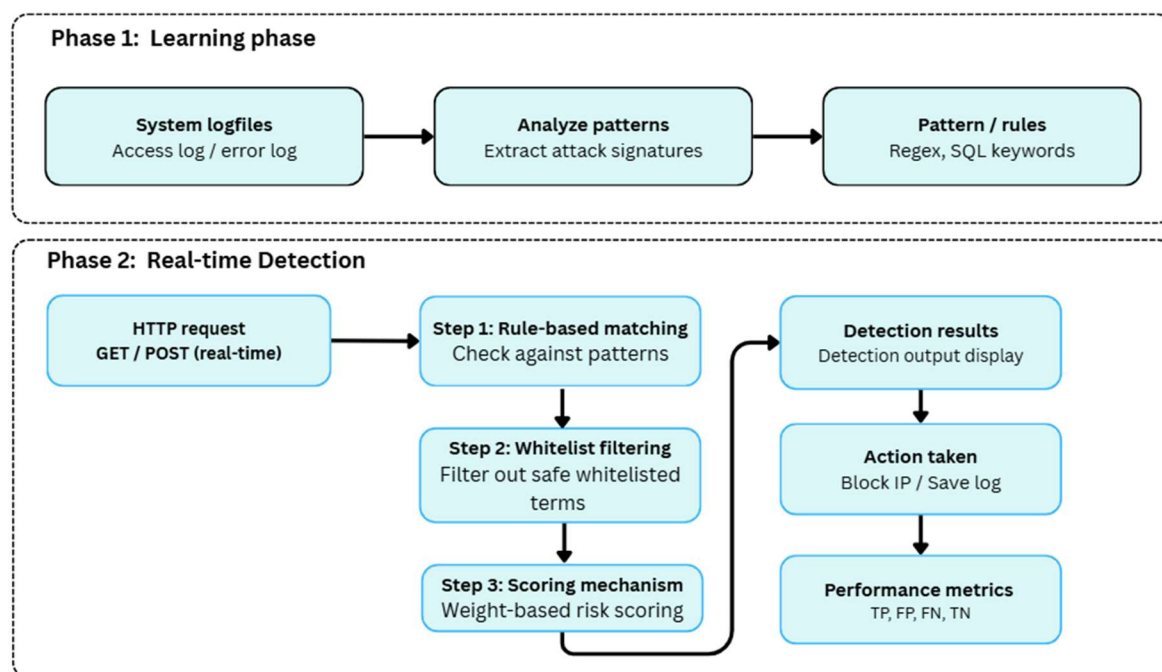


Figure 1. Two-Phase Framework for SQL Injection Detection and Prevention System

## 5. วิธีดำเนินการวิจัย (Methodology)

งานวิจัยนี้ดำเนินการในลักษณะการพัฒนาระบบ (System Development Research) ควบคู่กับการทดลองเชิงประจักษ์ (Empirical Evaluation) โดยอาศัยข้อมูลการเข้าใช้งานจริงของระบบสารสนเทศด้านวัฒนธรรมและแผนที่วัฒนธรรม (culturalmapthailand.info) เป็นฐานในการวิเคราะห์ ออกแบบ และทดสอบระบบตรวจจับและป้องกันการโจมตีแบบ SQL Injection กระบวนการวิจัยแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

### 5.1 การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลจาก Logfile จริง

1) แหล่งข้อมูลและชุดข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย (Dataset) มาจากระบบบันทึกเหตุการณ์ (Logfile) ที่พัฒนาขึ้นเองภายในระบบ culturalmapthailand.info เพื่อเก็บข้อมูลคำร้องขอ (HTTP Requests) ที่เข้ามายังเว็บแอปพลิเคชัน ข้อมูลถูกเก็บในช่วงระหว่างวันที่ 25 มีนาคม พ.ศ. 2566 ถึง 24 เมษายน พ.ศ. 2566 รวมระยะเวลา 1 เดือน (31 วัน) มีจำนวนข้อมูลทั้งสิ้น 91,027 รายการ โดยในจำนวนดังกล่าวพบคำร้องขอที่เข้าข่าย SQL Injection มากกว่า 4,000 รายการ

2) โครงสร้างข้อมูลถูกจัดเก็บในฐานข้อมูล MySQL ตาราง Logfileview โดยมีฟิลด์หลัก ได้แก่

1. LogId = รหัสลำดับข้อมูล
2. ConPage = ค่าพารามิเตอร์ URL หรือ Query String ที่ถูกเรียกใช้งาน
3. is\_attack = ค่าป้ายกำกับ (1 = SQL Injection, 0 = ปกติ)

3) การกำหนดป้ายกำกับ (Labeling) การกำหนดค่า is\_attack ดำเนินการโดย

1. วิเคราะห์โครงสร้าง ชุดคำสั่งอันตราย (Payload) ที่มีลักษณะคำสั่ง SQL แทรกอยู่
2. ตรวจสอบรูปแบบที่สอดคล้องกับเทคนิค SQL Injection ที่เป็นที่ยอมรับและพบจริงในระบบ

3. ทดสอบซ้ำกับฐานข้อมูลจำลองเพื่อยืนยันความแม่นยำ โดยรูปแบบที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการ Labeling สอดคล้องกับมาตรฐาน OWASP SQL Injection Prevention Cheat Sheet และเทคนิคที่ได้รับการยืนยันในวรรณกรรม ได้แก่ UNION-based, Boolean-based, Time-based และ Error-based Injection ซึ่งเป็นเกณฑ์เดียวกับที่ Alghawazi et al.

(2022) และ Fu et al. (2023) ใช้ในงานวิจัยของตน ทำให้การกำหนดป้ายกำกับในงานวิจัยนี้มีความสอดคล้องกับมาตรฐานที่ยอมรับในระดับสากล

| ConPage                                                | LiDate 1            |
|--------------------------------------------------------|---------------------|
| /?                                                     | 2023-04-23 22:15:29 |
| param=-1+UNION+SELECT+GROUP_CONCAT(table_name)+F...    | 2023-04-23 22:18:34 |
| /index-content-detail.php?Title=if(now())=sysdate()... | 2023-04-23 22:18:52 |
| /index-content-detail.php?Title=0"XOR(if(now())=sys... | 2023-04-23 22:19:09 |
| /index-content-detail.php?Title=if(now())=sysdate()... | 2023-04-23 22:19:31 |
| /index-content-detail.php?Title=0"XOR(if(now())=sys... | 2023-04-23 22:22:18 |
| /index-cul.php?content=cookie-detail"%26%26sleep(2...  | 2023-04-23 22:22:42 |
| /index-cul.php?content=cookie-detail"%7C%7Csleep(2...  | 2023-04-23 22:22:44 |
| /index-content-detail.php?Title=if(now())=sysdate()... | 2023-04-23 22:23:52 |
| /index-content-detail.php?Title=if(now())=sysdate()... | 2023-04-23 22:25:04 |
| /index-cul.php?content=if(now())=sysdate()%2Csleep(... | 2023-04-23 22:25:10 |
| /index-cul.php?content=register_insert"%26%26sleep...  | 2023-04-23 22:25:31 |
| /index-content-detail.php?Title=0"XOR(if(now())=sys... |                     |

Figure 2. SQL Injection Attack Samples in Logfileview

## 5.2 การออกแบบกลไกตรวจจับแบบ Rule-based

1. จากการวิเคราะห์ข้อมูลจริงในช่วงที่ 1 ระยะเวลา 1 เดือน (31 วัน) พบรูปแบบการโจมตีที่หลากหลาย จึงออกแบบกฎตรวจจับ (Detection Rules) โดยอาศัย ชุดลำดับอักขระพิเศษที่ใช้กำหนดรูปแบบ (Pattern) สำหรับการค้นหา จับคู่ (Regular Expression: Regex) เป็นกลไกหลักระบบถูกออกแบบในลักษณะ Rule-based ประกอบด้วย

1) Whitelist Filtering ใช้เป็นกลไกคัดกรองเบื้องต้นที่ทำงานร่วมกับไฟล์ .htaccess เพื่ออนุญาตเฉพาะพารามิเตอร์ที่จำเป็นต่อระบบ culturalmapthailand.info ให้เข้าถึงฐานข้อมูลได้โดยตรงในขณะที่ไฟล์ .htaccess จะทำหน้าที่เป็นด่านหน้าในการจำกัดสิทธิ์การเข้าถึงไฟล์สำคัญและป้องกันการรันสคริปต์แปลกปลอมในโดเมนที่มิได้รับอนุญาต การทำงานประสานกันเช่นนี้ช่วยลดภาระการประมวลผลของ Rule-based Detection และเสริมความปลอดภัยแบบเชิงลึก (Defense in Depth) ให้กับเว็บแอปพลิเคชันอย่างมีประสิทธิภาพ

2) Pattern Matching Detection เพื่อใช้ในการตรวจจับโดยใช้กฎ (rule-based) ผ่าน Regular Expression (Regex) เพื่อค้นหารูปแบบที่เข้าข่าย SQL Injection เช่น UNION SELECT, OR 1=1, SLEEP(), sysdate(), XOR, information\_schema|table\_name เป็นต้น ทั้งนี้งานวิจัยนี้ได้ค้นหาและศึกษาข้อมูลรูปแบบ คำสั่ง SQL Injection อื่นๆ เพิ่มเติมนอกเหนือจากที่พบจาก Logfile ที่ถูกเก็บไว้ในระบบ culturalmapthailand.info เพื่อเพิ่มการป้องกันให้ครอบคลุมมากที่สุด

3) Scoring Mechanism เป็นกลไกในการให้ คะแนนความเสี่ยง แทนการตัดสินจากกฎเดียว โดยการสะสมคะแนนจากรูปแบบการโจมตีที่ตรวจพบในชุดคำสั่งอันตราย (Payload) เดียวกัน แต่ละรูปแบบ (Pattern) จะถูกกำหนดค่าน้ำหนักตามระดับความเสี่ยง เมื่อผลรวมคะแนนค่าที่จำกัด (Threshold) ที่กำหนดไว้ ระบบจะจัดประเภทคำร้องขอเป็นการโจมตี วิธีการดังกล่าวช่วยลดการแจ้งเตือนผิดพลาดจาก Keyword เดียว และเพิ่มความแม่นยำของระบบโดยพิจารณาบริบทโดยรวมของชุดคำสั่งอันตราย (Payload)

2. ประเภทการโจมตีที่ใช้เป็นกรอบการออกแบบกฎถูกจัดกลุ่มตามรูปแบบการโจมตีที่พบจริงและกำหนด น้ำหนักของรูปแบบแต่ละรูปแบบ (Patterns) ดังนี้

**Table 1.** High-Risk Group (High-Risk Structural Injection)

| Pattern       | Weight | Reasoning / Logic                                                                                                       |
|---------------|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| TIME_BASED    | 6      | A blind injection technique that confirms vulnerabilities via time delays demonstrates control over the execution flow. |
| STACKED_QUERY | 6      | Using the character to execute stacked commands constitutes full query manipulation.                                    |
| UNION_BASED   | 5      | Ability to directly retrieve data from other tables, posing a significant data exfiltration risk.                       |
| BOOLEAN_BASED | 4      | Employs logical conditions (Boolean-based) to bypass authentication.                                                    |

จาก Table 1. เหตุผลเชิงหลักการ รูปแบบ (Pattern) กลุ่มนี้สะท้อนถึง “โครงสร้างคำสั่ง SQL ที่สมบูรณ์” และสามารถเปลี่ยนแปลงผลลัพธ์ของ Query ได้โดยตรง จึงกำหนดน้ำหนักสูง

**Table 2.** Medium-Risk Group (Reconnaissance/ Enumeration)

| Pattern     | Weight | Reasoning / Logic                                        |
|-------------|--------|----------------------------------------------------------|
| SCHEMA_ENUM | 3      | Used to explore database structures (information_schema) |
| ERROR_BASED | 4      | Relies on error messages to reveal system information    |

จาก Table 2. เหตุผลเชิงหลักการ รูปแบบ (Pattern) เป็นขั้นตอนการ Reconnaissance ก่อนการโจมตีจริง มีความเสี่ยงแต่ยังไม่ใช้การแก้ไข Query โดยตรง

**Table 3.** Low-Risk Group (Contextual Indicators)

| Pattern        | Weight | Reasoning / Logic                                         |
|----------------|--------|-----------------------------------------------------------|
| COMMENT_BYPASS | 2      | Using comments to truncate the query                      |
| ENCODED        | 2      | Encoding that may be used for detection evasion           |
| SQL_KEYWORDS   | 1      | Standard standalone keyword; may result from normal input |

จาก Table 3. เหตุผลเชิงหลักการ รูปแบบ (Pattern) กลุ่มนี้ไม่เพียงพอในการยืนยันการโจมตีด้วยตัวเอง จึงกำหนดน้ำหนักต่ำ และต้องเกิดร่วมกับรูปแบบ (Pattern) อื่นจึงจะผ่านค่าที่จำกัด (Threshold)

การจัดกลุ่มดังกล่าวช่วยให้สามารถวิเคราะห์สถิติของแต่ละประเภทได้ในขั้นตอนประเมินผล โดยในงานนี้ตั้งค่าน้ำหนัก (Weight) ไว้ที่ 5 ขึ้นไปจะถือว่าเป็นการโจมตี

4. ชุดข้อมูลสำหรับการทดสอบระยะที่ 2 ภายหลังจากการออกแบบและพัฒนาระบบตรวจจับในระยะที่ 1 ดำเนินการทดสอบระบบกับข้อมูลใหม่ที่ไม่ได้ใช้ในการออกแบบกฎ (Unseen Dataset) เพื่อประเมินความสามารถของระบบในการทำงานกับข้อมูลจริงในช่วงเวลาถัดไป โดยใช้ข้อมูล Logfile ที่เก็บในช่วงระหว่างวันที่ 25 เมษายน พ.ศ. 2566 ถึง 24 พฤษภาคม พ.ศ. 2566 รวมระยะเวลา 30 วัน ชุดข้อมูลดังกล่าวมีจำนวนทั้งสิ้น 88,925 รายการ และถูกใช้เป็นชุดข้อมูลสำหรับการประเมินประสิทธิภาพของระบบในสภาวะแวดล้อมจริง (Real-World Validation) โดยใช้ตัวชี้วัดเดียวกับระยะที่ 1 ได้แก่ TP, FP, FN และ TN เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างช่วงเวลาได้อย่างเป็นระบบ

### 5.3 การพัฒนาระบบป้องกันเชิงรุก

ระบบถูกติดตั้งในระดับ Application Layer ของเว็บแอปพลิเคชัน PHP โดยทำงานก่อนการประมวลผลคำสั่ง SQL โดยมีขั้นตอนการทำงานของระบบ ดัง Figure 3.

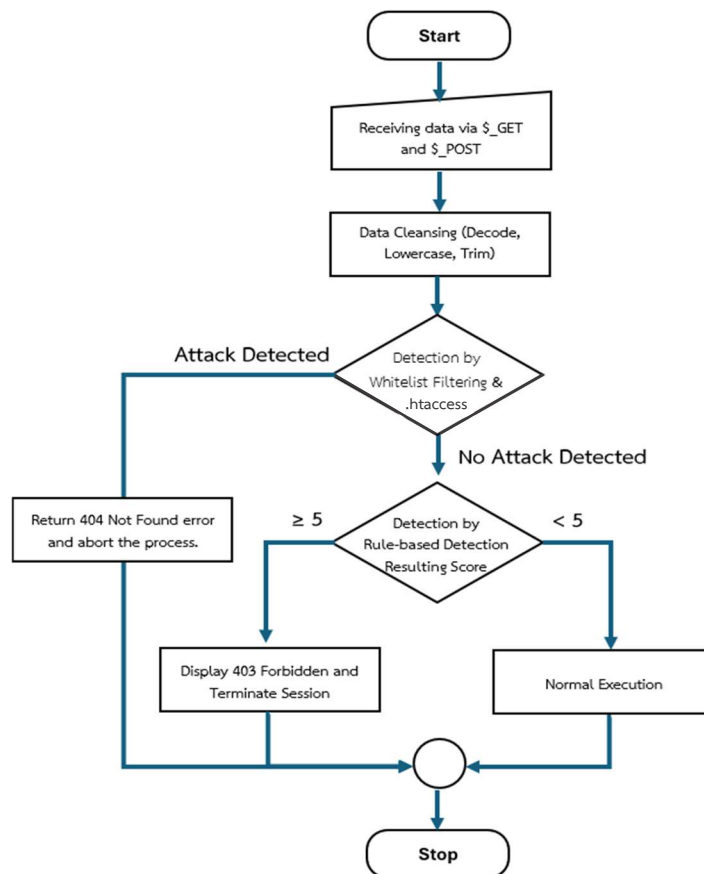


Figure 3. System Process Flowchart

จาก Figure 3. เป็นแนวคิดด้านการจัดการ Logfile เนื่องจากในช่วงการเก็บข้อมูลพบ SQL Injection จำนวนมาก หากบันทึก ชุดคำสั่งอันตราย (Payload) ที่เป็นอันตรายทั้งหมดอาจทำให้ฐานข้อมูลเติบโตอย่างรวดเร็ว งานวิจัยนี้จึงออกแบบระบบให้ทำงานดังนี้ 1. บล็อกการโจมตีทันที 2. ไม่บันทึกข้อมูลที่เป็นอันตรายเพิ่มเติม 3. ลดปัญหาข้อมูลมีปริมาณมากเกินไป (Logfile Pollution) ในระยะยาว และ 4. แนวทางดังกล่าวเน้นการป้องกันเชิงรุก (Proactive Protection) มากกว่าการเก็บข้อมูลเชิงย้อนหลัง

ทั้งนี้งานวิจัยนี้ได้กำหนดระยะเวลาการดำเนินการวิจัยไว้ 3 ระยะ ดัง Figure 4. โดย ระยะที่ 3 ยังคงทำการบันทึก Logfile ที่พบการโจมตีลงในฐานข้อมูล

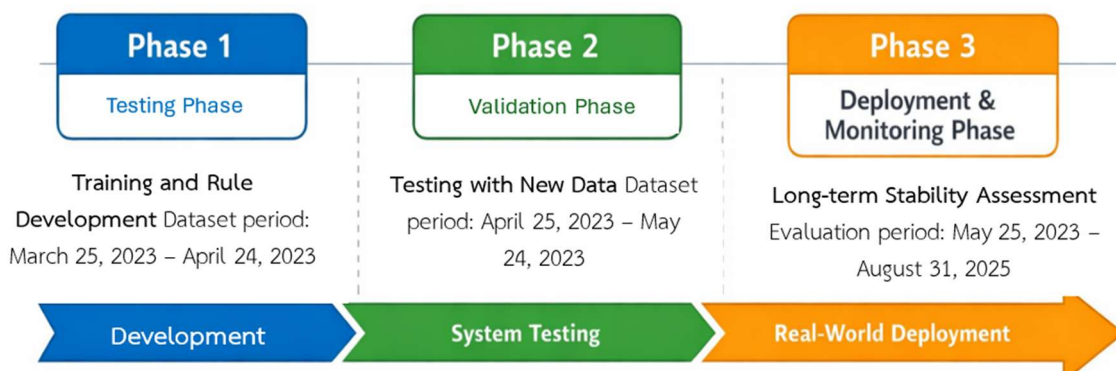


Figure 4. Dataset Timeline for Performance Evaluation

#### 5.4 การประเมินประสิทธิภาพของระบบ

การประเมินประสิทธิภาพของระบบตรวจจับ SQL Injection ถูกออกแบบเป็น 3 ระยะ เพื่อสะท้อนวงจรการพัฒนาเชิงระบบตั้งแต่การออกแบบกลไก การตรวจสอบความถูกต้อง จนถึงการนำไปใช้งานจริง ดังนี้

ระยะที่ 1 Testing Phase ใช้ชุดข้อมูลจาก Logfile ระหว่างวันที่ 25 มีนาคม 2566 ถึง 24 เมษายน 2566 จำนวน 91,027 รายการ ระยะนี้ใช้สำหรับการออกแบบและปรับแต่งกฎ (Rule Refinement) การกำหนดค่าน้ำหนัก (Weight Assignment) ของแต่ละรูปแบบการโจมตี และการกำหนดค่าที่จำกัด (Threshold) ที่เหมาะสม ภายใต้ชุดข้อมูลที่ผ่านการทำ Manual Labeling แล้ว

ระยะที่ 2 Validation Phase ใช้ชุดข้อมูลจาก Logfile คนละช่วงเวลา โดยใช้ Logfile ระหว่างวันที่ 25 เมษายน 2566 ถึง 24 พฤษภาคม 2566 จำนวน 88,925 รายการ ระยะนี้ใช้เพื่อประเมินความสามารถในการทั่วไป ของโมเดล โดยไม่มีการปรับแก้กฎเพิ่มเติมเพื่อทดสอบความสามารถของระบบ

ระยะที่ 3 Deployment & Monitoring Phase นำระบบไปสอบและติดตั้งใช้งานจริงใน ตั้งแต่ระหว่างวันที่ 25 พฤษภาคม 2566 ถึง 31 สิงหาคม 2568 รวม 830 วัน โดยยังคงบันทึก Logfile ทั้งหมดเพื่อใช้ประเมินผลเชิงสถิติ ก่อนปิดการบันทึก Logfile หลังจากสิ้นสุดการทดสอบของระยะที่ 3 สำหรับระยะนี้จะใช้วิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบ ภายใต้สภาวะการใช้งานจริงในระยะยาว

ในการวัดประสิทธิภาพของระบบตรวจจับการโจมตี งานวิจัยนี้ได้ใช้ตัวชี้วัดมาตรฐาน 4 ค่า อ้างอิงตามแนวทางของ Lu et al. (2023) โดยการจำแนกผลการตรวจจับออกเป็น 4 รูปแบบ ดังนี้

1. True Positive (TP) ระบบตรวจจับว่าเป็นการโจมตี และข้อมูลนั้นเป็นการโจมตีจริง
2. False Positive (FP) ระบบตรวจจับว่าเป็นการโจมตี แต่ข้อมูลนั้นเป็นคำร้องขอปกติ
3. False Negative (FN) ระบบไม่ตรวจพบการโจมตี ทั้งที่ข้อมูลนั้นเป็นการโจมตีจริง
4. True Negative (TN) ระบบตรวจว่าไม่ใช่การโจมตี และข้อมูลนั้นเป็นคำร้องขอปกติจริง

โดยเปรียบเทียบผลการตรวจจับของระบบกับข้อมูลที่กำหนดสถานะจริง Logfile จากนั้นคำนวณค่าที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

**1. Accuracy** (ความแม่นยำโดยรวม) คือ สัดส่วนของการทำนายที่ถูกต้องทั้งหมด เมื่อเทียบกับข้อมูลทั้งหมด คำนวณจากสูตรที่ (1)

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

หมายถึง ระบบตรวจจับถูกทั้งกรณีที่เป็นการโจมตีจริง และกรณีที่ไม่ใช่การโจมตี ใช้ดู “ภาพรวม” ของระบบทั้งหมด

**2. Precision** (ความแม่นยำของการแจ้งเตือน) คือ สัดส่วนของสิ่งที่ระบบแจ้งว่าเป็นการโจมตี แล้ว “เป็นการโจมตีจริง” คำนวณจากสูตรที่ (2)

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

ถ้า Precision สูง แสดงว่า ระบบแทบไม่แจ้งเตือนผิดพลาด (False Positive ต่ำ) ใช้ดูว่า “เวลาเตือนแล้ว เชื่อถือได้แค่ไหน”

**3. Recall** (ความสามารถในการตรวจจับ) คือ สัดส่วนของการโจมตีจริงที่ระบบสามารถตรวจจับได้ คำนวณจากสูตรที่ (3)

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

ถ้า Recall สูง แสดงว่า ระบบไม่พลาดการโจมตี (False Negative ต่ำ) ใช้ดูว่า “ระบบจับภัยคุกคามได้ครบหรือไม่”

**4. F1-Score** คือค่าชี้วัดที่ใช้ประเมินประสิทธิภาพของโมเดลจำแนกประเภท (classification) โดยเป็นค่าเฉลี่ยแบบ *Harmonic Mean* ระหว่าง Precision และ Recall เพื่อสะท้อนความสมดุลของทั้งสองค่าในตัวเลขนเดียว คำนวณจากสูตรที่ (4) และ (5)

นิยามเชิงคณิตศาสตร์

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

หรือเขียนในรูป TP, FP, FN ได้เป็น

$$F1 = \frac{2TP}{2TP + FP + FN} \quad (5)$$

ถ้าผลการทดลองให้ค่า F1-Score เท่ากับ 100% สะท้อนให้เห็นว่าระบบสามารถตรวจจับการโจมตีได้ครบถ้วนโดยไม่เกิดการแจ้งเตือนผิดพลาดในชุดข้อมูลที่ทดสอบ

## 6. ผลการวิจัย (Results)

### 6.1 ผลการศึกษารูปแบบการโจมตี SQL Injection จากข้อมูล Logfile จริง

งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลคำร้องขอในสภาพแวดล้อมจริงในระยะเวลาที่ 1 (25 มีนาคม 2566-24 เมษายน 2566) เป็นเวลา 31 วัน โดยยังไม่เปิดใช้งานกลไกการยับยั้ง เพื่อประเมินสถานการณ์ภัยคุกคามที่เกิดขึ้นจริง พบคำร้องขอทั้งหมด 91,027 รายการ โดยตรวจพบความพยายามโจมตีแบบ SQL Injection จำนวน 4,649 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 4.84 ของคำร้องขอทั้งหมด

Table 4. Detailed Classification of Attack Patterns (Phase 1)

| Attack Type    | Frequency | Percentage |
|----------------|-----------|------------|
| UNION_BASED    | 6         | 0.13       |
| BOOLEAN_BASED  | 1         | 0.02       |
| TIME_BASED     | 4,641     | 99.83      |
| STACKED_QUERY  | 4         | 0.09       |
| SCHEMA_ENUM    | 4,076     | 87.67      |
| COMMENT_BYPASS | 0         | 0.00       |
| ERROR_BASED    | 0         | 0.00       |
| ENCODED        | 4,251     | 91.44      |
| SQL_KEYWORDS   | 4,582     | 98.56      |

จากข้อมูลการจำแนกใน Table 4. พบว่าพฤติกรรมโจมตีส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่ม TIME\_BASED (ร้อยละ 99.83) และมีการใช้เทคนิค ENCODED (ร้อยละ 91.44) ร่วมด้วยอย่างมีนัยสำคัญ ข้อมูลนี้บ่งชี้ว่าผู้โจมตีมุ่งเน้นการใช้วิธีการตรวจสอบโครงสร้างฐานข้อมูลแบบหน่วงเวลาเพื่อหลบเลี่ยงการตรวจจับขั้นพื้นฐาน และมีการพรางคำสั่ง (Encoding) เพื่อสำรวจช่องโหว่และพยายามดึงข้อมูลโครงสร้างระบบ (SCHEMA\_ENUM) ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ถูกนำไปใช้เป็นเกณฑ์ในการปรับปรุงค่าที่จำกัด (Threshold) ของระบบให้มีความเข้มงวดสอดคล้องกับพฤติกรรมจริงในขั้นตอนถัดไป

### 6.2 ผลออกแบบและพัฒนาระบบตรวจจับและป้องกัน SQL Injection แบบอัตโนมัติด้วยเทคนิค Rule-based

ข้อมูลการโจมตีจริงที่รวบรวมได้ในระยะที่ 1 ถูกนำมาใช้เป็นฐานในการวิเคราะห์พฤติกรรมและจำแนกรูปแบบคำสั่งอันตราย เพื่อสร้างกฎการตรวจจับ (Rule-based) และกำหนดน้ำหนักคะแนนความเสี่ยง (Scoring) ให้สอดคล้องกับลักษณะการโจมตีที่พบจริงในระบบ culturalmapthailand.info จากนั้นได้ดำเนินการทดสอบระบบในสภาวะป้องกันเชิงรุก

ในระยยะที่ 2 (25 เมษายน 2566-24 พฤษภาคม 2566) เป็นเวลา 30 วัน พบคำร้องขอรวมทั้งสิ้น 88,925 รายการ โดยระบบที่ออกแบบและพัฒนาสามารถตรวจพบความพยายามโจมตีจำนวน 4,312 ครั้ง

**Table 5.** Detailed Classification of Attack Patterns (Phase 2)

| Attack Type    | Frequency | Percentage |
|----------------|-----------|------------|
| UNION_BASED    | 0         | 0.00       |
| BOOLEAN_BASED  | 0         | 0.00       |
| TIME_BASED     | 4312      | 100.00     |
| STACKED_QUERY  | 0         | 0.00       |
| SCHEMA_ENUM    | 440       | 10.20      |
| COMMENT_BYPASS | 0         | 0.00       |
| ERROR_BASED    | 0         | 0.00       |
| ENCODED        | 440       | 10.20      |
| SQL_KEYWORDS   | 4312      | 100.00     |

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของพฤติกรรมโจมตีระหว่างระยะที่ 1 และระยะที่ 2 สามารถสรุปข้อสังเกตสำคัญได้ดังนี้

1. ความเปลี่ยนแปลงของรูปแบบการโจมตี รูปแบบการโจมตีที่มีความซับซ้อนในเชิงโครงสร้าง เช่น UNION\_BASED, BOOLEAN\_BASED และ STACKED\_QUERY ลดลงจนไม่พบในฐานข้อมูล ร้อยละ 0 ซึ่งสะท้อนถึงความสามารถของระบบในการจำแนกและตอบสนองต่อภัยคุกคามในระดับโครงสร้างได้อย่างเด็ดขาด
2. การลดลงของความพยายามสืบค้นฐานข้อมูล ปริมาณพฤติกรรมในกลุ่ม SCHEMA\_ENUM ลดลงอย่างมีนัยสำคัญจาก 4,076 ครั้งในระยะแรก เหลือเพียง 440 ครั้ง บ่งบอกถึงประสิทธิภาพของกฎการตรวจจับที่สามารถหยุดยั้งขั้นตอนการสำรวจช่องโหว่ ของผู้โจมตีได้อย่างรวดเร็ว
3. การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยรายวัน ค่าเฉลี่ยการโจมตีรายวันลดลงจาก 149.97 ครั้ง เหลือ 143.73 ครั้งต่อวัน แม้ปริมาณคำร้องขอรวมจะมีความใกล้เคียงกัน แต่การหายไปของเทคนิคการโจมตีบางประเภทแสดงให้เห็นถึงผลเชิงยับยั้ง ที่เกิดจากประสิทธิภาพของกลไกการตรวจจับที่ทำงานสอดคล้องกับพฤติกรรมที่พบจริงของระบบ

เพื่อให้มั่นใจในเสถียรภาพและความยั่งยืนของระบบ งานวิจัยนี้ได้ติดตามผลการใช้งานในสภาวะป้องกันเชิงรุกจริงอย่างต่อเนื่องในระยะที่ 3 (25 พฤษภาคม 2566-31 สิงหาคม 2568) เป็นเวลา 830 วัน โดยยังทำการจัดเก็บข้อมูลบันทึกเหตุการณ์ต่าง ๆ ลงใน Logfile เพื่อใช้ข้อมูลมาวิเคราะห์ในระยะยาว ในช่วงเวลาดังกล่าวมีคำร้องขอเข้าสู่ระบบรวมทั้งสิ้น 2,041,487 รายการ และระบบสามารถตรวจพบการโจมตีได้จำนวน 25,660 ครั้ง

**Table 6.** Detailed Classification of Attack Patterns (Phase 3)

| Attack Type    | Frequency | Percentage |
|----------------|-----------|------------|
| UNION_BASED    | 5,800     | 22.60      |
| BOOLEAN_BASED  | 8,034     | 31.31      |
| TIME_BASED     | 7,589     | 29.58      |
| STACKED_QUERY  | 1         | 0.00       |
| SCHEMA_ENUM    | 1,908     | 7.44       |
| COMMENT_BYPASS | 23,685    | 92.30      |
| ERROR_BASED    | -         | 0.00       |
| ENCODED        | 4,230     | 16.48      |
| SQL_KEYWORDS   | 12,427    | 48.43      |

จาก Table 6. พบว่าพฤติกรรมการโจมตีในระยะยาวมีความซับซ้อนขึ้น โดยมีการใช้เทคนิค COMMENT\_BYPASS ร้อยละ 92.30 เพื่อพยายามหลบเลี่ยงกฎการตรวจจับพื้นฐาน แต่ระบบยังคงสามารถจำแนกและยับยั้งได้ครอบคลุมทุกลักษณะที่ปรากฏ สะท้อนให้เห็นว่าการตอบสนองอย่างสม่ำเสมอของระบบส่งผลเชิงพฤติกรรม ต่อผู้โจมตี ทำให้ความพยายามโจมตีในรูปแบบเดิมลดน้อยลงในที่สุด

**Table 7.** Temporal Comparison of Results across Phase 1 to Phase 3

| Phase | Duration (Days) | Log Count | Attacks | Avg. Attacks/Day |
|-------|-----------------|-----------|---------|------------------|
| 1     | 31              | 91,027    | 4,649   | 149.97           |
| 2     | 30              | 88,925    | 4,312   | 143.73           |
| 3     | 830             | 2,041,487 | 25,660  | 30.92            |

จาก Table 7. ข้อมูลเชิงสถิติแสดงให้เห็นแนวโน้มการลดลงของความถี่การโจมตีอย่างชัดเจน โดยเฉพาะในระยะที่ 3 ซึ่งค่าเฉลี่ยการโจมตีต่อวัน ลดลงมากกว่าร้อยละ 79.38 เมื่อเทียบกับระยะที่ 1 ผลลัพธ์นี้สนับสนุนสมมติฐานว่า กลไก Rule-based Detection ร่วมกับระบบตอบสนองอัตโนมัติ ไม่ได้ทำหน้าที่เพียงแค่การตรวจจับที่แม่นยำเท่านั้น แต่ยังสามารถสร้าง ผลเชิงยับยั้งในระยะยาว ได้จริงในสภาพแวดล้อมการใช้งานจริง เนื่องจากผู้โจมตีจะยุติความพยายามเมื่อพบว่าระบบมีมาตรการป้องกันที่สามารถสกัดกั้นการโจมตีได้อย่างมีประสิทธิภาพและสม่ำเสมอ

### 6.3 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบด้วยตัวชี้วัด TP, FP, FN และ TN

งานวิจัยนี้ได้ประเมินประสิทธิภาพของระบบตลอดทั้ง 3 ระยะ โดยใช้ตัวชี้วัดมาตรฐาน ได้แก่ Accuracy, Precision, Recall และ F1-Score ซึ่งคำนวณจากค่า TP, FP, FN และ TN ดังแสดงใน Table 8.

**Table 8.** Summary of Performance Metrics across All Phases.

| Duration                                         | Total number of logs | TP     | FP | FN | TN        | Accuracy (%) | Precision (%) | Recall (%) | F1-Score (%) | Average attacks per day |
|--------------------------------------------------|----------------------|--------|----|----|-----------|--------------|---------------|------------|--------------|-------------------------|
| Phase 1:<br>25 Mar - 24 Apr<br>2023 (31 days)    | 91,027               | 4,649  | 0  | 0  | 86,378    | 100          | 100           | 100        | 100          | 149.97                  |
| Phase 2:<br>25 Apr - 24 May<br>2023 (30 days)    | 88,925               | 4,312  | 0  | 0  | 84,613    | 100          | 100           | 100        | 100          | 143.73                  |
| Phase 3:<br>25 May 2023 - 31 Aug 2025 (830 days) | 2,041,487            | 25,660 | 0  | 0  | 2,015,827 | 100          | 100           | 100        | 100          | 30.92                   |

จาก Table 8. ผลการประเมินแสดงให้เห็นว่าระบบสามารถรักษาประสิทธิภาพได้ในระดับสมบูรณ์ตลอดทั้ง 3 ระยะ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ด้านความถูกต้องของการตรวจจับ ค่า True Positive ในแต่ละระยะสะท้อนจำนวนการโจมตีที่ระบบตรวจจับได้จริง ได้แก่ 4,649 ครั้งในระยะที่ 1, 4,312 ครั้งในระยะที่ 2 และ 25,660 ครั้งในระยะที่ 3 โดยในทุกระยะพบว่าค่า False Positive และ False Negative มีค่าเท่ากับ 0 หมายความว่าระบบไม่เคยแจ้งเตือนผิดพลาดต่อคำร้องขอปกติ และไม่มีการโจมตีใดหลุดรอดจากการตรวจจับเลย

ด้านค่าตัวชี้วัด ค่า Accuracy, Precision, Recall และ F1-Score มีค่าเท่ากับร้อยละ 100 ในทุกระยะ ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่ากฎการตรวจจับที่ออกแบบขึ้นมีความแม่นยำ แม้จะผ่านการทดสอบในสภาวะแวดล้อมและระยะเวลาที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในระยะที่ 3 ซึ่งครอบคลุมระยะเวลากว่า 830 วัน และมีปริมาณคำร้องขอรวมสูงถึง 2,041,487 รายการ

นอกจากนี้ผลการทดลองยังชี้ให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นส่งผลกระทบเชิงบวกต่อการบริหารจัดการทรัพยากรสารสนเทศและความยั่งยืนของระบบในระยะยาว โดยเฉพาะในด้านการลดภาระการจัดเก็บข้อมูล ในระหว่างการทดลองระยะที่ 1 ถึง 3 ระบบทำหน้าที่บันทึกทุกเหตุการณ์ เพื่อประเมินประสิทธิภาพและยืนยันความแม่นยำ เมื่อหลังจากสิ้นสุดการทดลองระยะที่ 3 ซึ่งระบบได้พิสูจน์ค่าความแม่นยำที่ร้อยละ 100 อย่างสม่ำเสมอ งานวิจัยนี้จึงได้กำหนดแนวทางการจัดการข้อมูลใหม่ โดยยกเลิกการบันทึก Log สำหรับคำร้องขอที่ถูกจำแนกเป็นการโจมตี หรือมีค่าคะแนนความเสี่ยง (Risk Score) ตั้งแต่ 5 ขึ้นไป การดำเนินการนี้ส่งผลให้ระบบไม่ต้องแบกรับภาระการจัดเก็บข้อมูลขยะที่เกิดจากการโจมตีซึ่งอาจมีปริมาณมากกว่า 10,000 รายการต่อปี (อ้างอิงจากฐานข้อมูลคำร้องขอในระยะที่ 3) ช่วยป้องกันปัญหฐานข้อมูลขยายตัวเกินความจำเป็นในอนาคต

## 7. สรุปผลการวิจัย (Conclusion)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบการโจมตี SQL Injection จาก Logfile จริง ออกแบบและพัฒนาระบบตรวจจับแบบ Rule-based และประเมินประสิทธิภาพด้วยตัวชี้วัด TP, FP, FN และ TN ผลการวิจัยยืนยันว่าบรรทัดฐานของระบบทั้ง 3 ข้อได้อย่างครบถ้วน

ระบบที่พัฒนาขึ้นใช้แนวทาง Hybrid Rule-based Detection ที่ผสมผสาน Whitelist Filtering, Pattern Matching และ Scoring Mechanism เข้าด้วยกัน โดยออกแบบกฎตรวจจับจากข้อมูล Logfile จริงของระบบ culturalmapthailand.info ซึ่งพัฒนาด้วย PHP และ MySQL ผลการทดสอบทั้ง 3 ระยะในสภาวะแวดล้อมจริงพบว่าระบบสามารถรักษาค่า Accuracy, Precision, Recall และ F1-Score ที่ร้อยละ 100 ได้อย่างต่อเนื่องตลอด 830 วัน โดยไม่เกิด False Positive แม้แต่ครั้งเดียว และสามารถตรวจจับการโจมตีในสภาวะการใช้งานจริงได้รวม 25,660 ครั้ง

ผลลัพธ์ดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าแนวทาง Rule-based ที่ออกแบบจากข้อมูลจริงและเสริมด้วย Scoring Mechanism เป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพสูงสำหรับระบบที่มีทรัพยากรจำกัด และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับเว็บแอปพลิเคชัน PHP/MySQL ทั่วไปได้โดยไม่ต้องพึ่งพา Machine Learning

## 8. ข้อจำกัดของการวิจัย (Research Limitations)

ผลการวิจัยที่ให้ค่า Accuracy, Precision และ Recall ร้อยละ 100 ในทุกระยะการทดลองนั้น มีข้อจำกัดที่ควรพิจารณา คือ รูปแบบการโจมตี (Patterns) และค่าน้ำหนัก (Weights) ถูกออกแบบและปรับแต่งโดยอ้างอิงจากข้อมูล Logfile ที่เกิดขึ้นจริงในระบบเฉพาะของระบบ culturalmapthailand.info ซึ่งข้อมูลปกติ มีรูปแบบที่ค่อนข้างคงที่ จึงทำให้กลไก Whitelist Filtering และ Rule-based ตรวจจับได้แม่นยำสูง อย่างไรก็ตาม ผลลัพธ์นี้อาจเปลี่ยนแปลงได้หากนำไปใช้กับระบบที่มีความซับซ้อนของพารามิเตอร์มากกว่านี้ หรือเผชิญกับการโจมตีรูปแบบใหม่ที่ยังไม่เคยปรากฏในชุดข้อมูล

## 9. อภิปรายผลการวิจัย (Discussion)

จากการพัฒนาระบบตรวจจับและป้องกันการโจมตีแบบ SQL Injection โดยใช้กลไก Whitelist Filtering การให้ร่วมกับน้ำหนักคะแนน Scoring Mechanism จากข้อมูลใน Logfile ผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพที่น่าพึงพอใจ ซึ่งสามารถนำมาอภิปรายผลในประเด็นสำคัญได้ดังนี้

1. ผลลัพธ์ที่ได้ร้อยละ 100 ในทุกตัวชี้วัดไม่ได้เกิดจากปัจจัยใดปัจจัยเดียว แต่เป็นผลรวมของการออกแบบระบบที่ทำงานประสานกัน 3 ระดับ

ระดับแรกคือ คุณภาพของข้อมูลต้นทาง กฎตรวจจับและค่าน้ำหนักทั้งหมดถูกออกแบบจาก Logfile จริงของระบบ culturalmapthailand.info ซึ่งต่างจากงานของ Arnep & Kusirini (2022) และ Alghawazi et al. (2022) ที่ใช้

ชุดข้อมูลจำลอง การที่กฎหมายจากข้อมูลจริงของระบบนั้นเองทำให้ครอบคลุม Edge Case ที่จำเพาะเจาะจงกับพฤติกรรม Traffic ของระบบ ซึ่ง Benchmark Dataset ไม่สามารถจำลองได้

ระดับที่สองคือ สถาปัตยกรรมแบบลำดับชั้น การเริ่มต้นด้วย Whitelist Filtering ทำให้คำร้องขอปกติที่รู้จักผ่านไปได้ทันทีโดยไม่เข้าสู่กระบวนการตรวจจับ สอดคล้องกับแนวคิดของ Hofesh (2022) ที่ระบุว่า Allowlisting เป็นวิธีที่ดีที่สุดในการจัด False Positive ส่วน Pattern Matching ที่ทำงานในขั้นถัดมาจึงรับมือเฉพาะคำร้องขอที่ยังไม่ถูกระบุว่าปลอดภัย ลดโอกาสที่จะเกิดการตรวจจับผิดพลาดลงได้อย่างมีนัยสำคัญ

ระดับที่สามคือ การ Calibrate ค่า Threshold จากข้อมูลจริง เกณฑ์ 5 คะแนนถูกกำหนดจากการวิเคราะห์ Distribution ของคะแนนในระยะที่ 1 ทำให้ระบบไม่ตัดสินใจจาก Keyword เดียว แต่พิจารณาจากบริบทโดยรวมของ Payload ซึ่งเป็นเหตุผลที่ทำให้ระบบสามารถรับมือกับเทคนิค Evasion ที่ผู้โจมตีใช้หลบเลี่ยงการตรวจจับแบบ Signature-based ได้ตามที่ Kaur et al. (2023) และ Mutedi & Tjahjono (2022) ชี้ให้เห็นว่าเป็นจุดอ่อนสำคัญของระบบตรวจจับทั่วไป

2. ความเหมาะสมของ Scoring Mechanism ในระบบที่มีทรัพยากรจำกัด แม้ว่าการวิจัยส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นการใช้ Machine Learning เช่น งานของ Lu et al. (2023) แต่ผลการทดลองนี้พิสูจน์ว่า Scoring Mechanism เป็นทางเลือกที่เหมาะสมกว่าสำหรับระบบที่ต้องการความเร็ว (Real-time Response) เนื่องจากใช้ทรัพยากรต่ำแต่ยังสามารถจำแนกภัยคุกคามที่มีการหลบเลี่ยง ได้อย่างแม่นยำผ่านการคำนวณน้ำหนักคะแนนความเสี่ยงสะสม

3. นัยสำคัญของการลดลงของจำนวนการโจมตี การโจมตีที่ลดลงอย่างต่อเนื่องจนเหลือเพียง 30.92 ครั้งต่อวันในระยะที่ 3 สะท้อนถึงประสิทธิภาพของกลไกการยับยั้ง เมื่อระบบสามารถสกัดกั้นคำร้องขอที่เป็นอันตรายได้ทันที ทำให้ผู้โจมตีไม่สามารถดำเนินขั้นตอนการโจมตีต่อไปได้ตามทฤษฎีของ Fu et al. (2023) นอกจากนี้ยังช่วยให้การบริหารจัดการข้อมูลบันทึกเหตุการณ์ มีความยั่งยืนมากขึ้น โดยลดปริมาณการจัดเก็บข้อมูลลงใน Logfile ที่ไม่จำเป็นลงได้ร้อยละ 4 - 5 ต่อเดือน

4. ข้อจำกัดและแนวทางการพัฒนาในอนาคต แม้ผลลัพธ์จะเป็นที่น่าพอใจ แต่การพึ่งพากฎแบบคงที่ (Static Rules) ยังมีข้อจำกัดในการรับมือกับภัยคุกคามรูปแบบใหม่ ๆ สอดคล้องกับข้อเสนอแนะของ Alghawazi et al., (2022) ที่ชี้ให้เห็นความสำคัญของการเรียนรู้ของเครื่อง ดังนั้น การบูรณาการระหว่างกฎเชิงตรรกะร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) จึงเป็นแนวทางสำคัญในการยกระดับการป้องกันให้ครอบคลุมการโจมตีที่ซับซ้อนยิ่งขึ้นในอนาคต

## 10. ข้อเสนอแนะงานวิจัย (Recommendation)

จากการผ่านการใช้งานจริงกว่า 2 ปี มีข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อการนำระบบไปใช้งานต่อ และแนวทางสำหรับงานวิจัยในอนาคต ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้งาน การปรับค่าเกณฑ์คะแนนขีดจำกัด (Threshold) แม้ผลการศึกษาระบุว่าเกณฑ์การตัดสินใจที่ 5 คะแนน ให้ความแม่นยำสูงสุดสำหรับระบบ culturalmapthailand.info แต่หากจะนำระบบนี้ไปใช้กับแอปพลิเคชันอื่น ผู้ดูแลระบบจำเป็นต้องทำการทดสอบและปรับค่าคะแนน ให้สอดคล้องกับพฤติกรรมข้อมูลของระบบนั้นๆ ก่อน เนื่องจากรูปแบบคำสั่ง SQL ปกติของบางระบบอาจมีความซับซ้อนจนไปกระตุ้นกฎการตรวจจับ ซึ่งอาจนำไปสู่การปฏิเสธคำร้องขอที่ถูกต้องได้

2. การป้องกันเชิงลึก ระบบที่พัฒนาขึ้นนี้ทำหน้าที่เป็นปราการด่านหน้าที่ดี อย่างไรก็ตาม เพื่อให้เกิดความมั่นคงปลอดภัยสูงสุด ควรใช้ระบบนี้ควบคู่ไปกับการเขียนโปรแกรมที่ปลอดภัย เช่น การใช้ Prepared Statements หรือ Parameterized Queries เพื่อสร้างเกราะป้องกันหลายชั้นที่สามารถรับมือกับภัยคุกคามได้ทุกระดับ

3. การต่อยอดด้านการวิเคราะห์ความยั่งยืน จากการที่ระบบเริ่มยกเลิกการบันทึกข้อมูลลงใน Logfile ของการโจมตีที่มี Score สูง ( $Score \geq 5$ ) เพื่อลดภาระฐานข้อมูล ในอนาคตอาจมีการพัฒนาโมดูลสรุปผลทางสถิติแยกต่างหาก เพื่อให้ง่ายต่อการเฝ้าแนวโน้มของภัยคุกคามได้โดยไม่ต้องเก็บข้อมูลชุดคำสั่งอันตราย (Payload) ขนาดใหญ่ไว้ในฐานข้อมูลหลัก ช่วยให้การบริหารจัดการข้อมูลมีความยั่งยืนและปลอดภัยไปพร้อมกัน

4. การทดสอบข้ามระบบ (Cross-system Validation) งานวิจัยนี้พัฒนาและทดสอบระบบบนแอปพลิเคชัน culturalmapthailand.info ซึ่งมีลักษณะการใช้งานและรูปแบบ HTTP request ที่จำเพาะเจาะจง เพื่อยืนยัน

ความสามารถในการนำไปประยุกต์ใช้ในวงกว้าง งานวิจัยในอนาคตควรทดสอบระบบบนแอปพลิเคชัน PHP/MySQL ประเภทอื่น เช่น เว็บที่เป็นระบบ e-Commerce ระบบจัดการเนื้อหา (CMS) หรือระบบสารสนเทศองค์กรอื่น ๆ เพื่อประเมินว่าค่า Threshold ที่ 5 คะแนน และชุดกฎ Regex ที่ออกแบบไว้ยังคงให้ค่า False Positive เป็นศูนย์ในบริบทที่แตกต่างกันหรือไม่ รวมถึงศึกษาว่าจำเป็นต้องปรับ Whitelist ให้เหมาะสมกับแต่ละระบบมากน้อยเพียงใด

5. การเปรียบเทียบกับมาตรฐานสากล แม้ระบบจะแสดงประสิทธิภาพสูงสุดในสภาพแวดล้อมจริง แต่เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นในระดับสากลได้อย่างเป็นกลาง งานวิจัยในอนาคตควรทดสอบระบบกับชุดข้อมูลมาตรฐาน เช่น CSIC 2010 HTTP Dataset หรือ Kaggle SQL Injection Dataset ซึ่งเป็นชุดข้อมูลที่นักวิจัยด้าน Web Security ใช้อ้างอิงร่วมกันอย่างแพร่หลาย การทดสอบดังกล่าวจะช่วยให้สามารถระบุได้ว่า Scoring Mechanism ที่ออกแบบจาก Logfile จริงมีประสิทธิภาพเทียบเท่าหรือเหนือกว่าวิธีการที่ได้รับการทดสอบบน Benchmark แล้วอย่างไร และเสริมความน่าเชื่อถือของงานวิจัยให้มากขึ้น

## 11. การเปิดเผยการใช้ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ (Declaration of Generative AI)

งานวิจัยนี้ได้นำเครื่องมือปัญญาประดิษฐ์มาช่วยเป็นต้นแบบในการเตรียมต้นฉบับเพื่อให้เนื้อหา มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น โดยใช้ ChatGPT, Gemini และ Claude.ai เพื่อช่วยตรวจสอบการสะกดคำผิด และปรับปรุงการเรียบเรียงประโยคให้เป็นภาษาวิชาการ รวมถึงใช้ในการตรวจสอบความสอดคล้องของเนื้อหา ระหว่างบท เพื่อให้การอธิบายขั้นตอนการตรวจจับ SQL Injection และการวิเคราะห์ Logfile มีความต่อเนื่องและเข้าใจง่าย นอกจากนี้ใช้ AI เป็นเครื่องมือช่วยในการแปลบทความเป็นภาษาอังกฤษและขัดเกลาทางไวยากรณ์ให้ถูกต้องตามหลักสากลและขัดเกลาทางไวยากรณ์ให้ถูกต้องตามหลักสากล รวมถึงใช้ Gemini ในการช่วยจัดรูปแบบกราฟิกและแผนภูมิแสดงระยะเวลา (Timeline)

การยืนยันความถูกต้อง ขอรับรองว่าเนื้อหาหลัก ข้อมูลสถิติจากระบบ Cultural Map Thailand ผลการทดลองทั้งหมดแต่ละระยะ และการวิเคราะห์ผลทั้งหมด เป็นผลมาจากการดำเนินงานของผู้วิจัยโดยตรง AI เป็นเพียงเครื่องมือช่วยในการจัดทำเอกสารและตรวจสอบภาษาเท่านั้น ผู้วิจัยได้ตรวจสอบและแก้ไขเนื้อหาทุกส่วนด้วยตนเองเพื่อให้เป็นเนื้อหาต้นฉบับและมีความถูกต้องทางวิชาการอย่างครบถ้วน โดยผู้วิจัยขอรับผิดชอบต่อเนื้อหาทั้งหมดในงานวิจัยนี้แต่เพียงผู้เดียว

## 12. การแสดงบทบาทผู้เขียน (CRediT Author Statement)

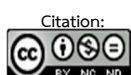
**Chanakit Mitsongkore:** Conceptualization, Methodology, Formal Analysis, Investigation, Software, Validation, Writing-Original Draft, Writing-Review & Editing.

The author has read and approved the final manuscript.

## 13. เอกสารอ้างอิง (References)

- Alghawazi, M., Alghazzawi, D., & Alarifi, S. (2022). Detection of SQL Injection Attack Using Machine Learning Techniques: A Systematic Literature Review. *Journal of Cybersecurity and Privacy*, 2(4), 764–777. <https://doi.org/10.3390/jcp2040039>
- Arnab, A., & Kusrini. (2024). Enhancing SQL Injection Attack Detection Using Naïve Bayes and SMOTE Method on Imbalanced Datasets. *Journal of Artificial Intelligence and Engineering Applications*, 4(1), 74–81. <https://doi.org/10.59934/jaiea.v4i1.559>
- Das, D., Sharma, U., & Bhattacharyya, D. K. (2019). Defeating SQL Injection Attack in Authentication Security: An Experimental Study. *International Journal of Information Security*, 18(1), 1–22. <https://doi.org/10.1007/s10207-017-0393-x>
- Fu, H., Guo, C., Jiang, C., Ping, Y., & Lv, X. (2023). SDSIOT: An SQL Injection Attack Detection and Stage Identification Method Based on Outbound Traffic. *Electronics*, 12(11), 2472. <https://doi.org/10.3390/electronics12112472>

- Hofesh, B. (2022). *SQL Injection Attack: How It Works, Examples and Prevention*. Bright Security.  
<https://brightsec.com/blog/sql-injection-attack>
- Kaur, J., Garg, U., & Bathla, G. (2023). Detection of Cross-Site Scripting (XSS) Attacks Using Machine Learning Techniques: A Review. *Artificial Intelligence Review*, 56(11), 12725-12769. <https://doi.org/10.1007/s10462-023-10433-3>
- Lu, D., Fei, J., & Liu, L. (2023). A Semantic Learning-Based SQL Injection Attack Detection Technology. *Electronics*, 12(6), 1344. <https://doi.org/10.3390/electronics12061344>
- Muhammad, T., & Ghafory, H. (2022). SQL Injection Attack Detection Using Machine Learning Algorithm. *Mesopotamian Journal of CyberSecurity*, 2022, 5-17. <https://doi.org/10.58496/MJCS/2022/002>
- Mutedi, A., & Tjahjono, B. (2022). Systematic Literature Review: Preventing SQL Injection Attacks Using Tools OWASP CSR Web Application Firewall. *Jurnal Informatika Universitas Pamulang*, 7(1), 151-156.
- OWASP. (2021). *Introduction: Welcome to the OWASP Top 10-2021*. [https://owasp.org/Top10/2021/A00\\_2021\\_Introduction](https://owasp.org/Top10/2021/A00_2021_Introduction)
- Pan, Y., Sun, F., Teng, Z., White, J., Schmidt, D. C., Staples, J., & Krause, L. (2019). Detecting Web Attacks with End-to-End Deep Learning. *Journal of Internet Services and Applications*, 10(1), 16.  
<https://doi.org/10.1186/s13174-019-0115-x>
- Securities and Exchange Commission. (2023). *Cyber Attack Trends 2023, Based on Data from the National Cyber Security Agency*. <https://www.sec.or.th/th/pages/cyberresilience-statistics-2566.aspx> (In Thai)



## Effect of Internal and External Interactive Scenarios Video on Science Problem-Solving Abilities of Grade 9 Students

Dissaya Kamonchai<sup>1</sup>, Udom Homkhum<sup>2,\*</sup>, and Kajohnsak Sanguansat<sup>3,\*</sup>

<sup>1</sup>Program in Information and Communications Technology, Faculty of Education, Surindra Rajabhat University, Surin 32000, Thailand; Email: 63054040201@srnu.ac.th

<sup>2,\*</sup>Program in Information and Communications Technology, Faculty of Education, Surindra Rajabhat University, Surin 32000, Thailand; Email: uuddoomm@hotmail.com

<sup>3,\*</sup>Program in Information and Communications Technology, Faculty of Education, Surindra Rajabhat University, Surin 32000, Thailand; Email: kajohnss@srnu.ac.th

\*Corresponding author: Udom Homkhum (uuddoomm@hotmail.com), Kajohnsak Sanguansat (kajohnss@srnu.ac.th)

Received: 20 February 2026; Revised: 25 March 2026;

Accepted: 1 April 2026; Published: 30 April 2026

### Abstract

The purposes of this research were: 1) to compare Students' Problem-Solving Abilities Before and After Learning Through Internal Interactive Scenarios Video; 2) to compare students' Problem-Solving Abilities Before and After Learning Through External Interactive Scenarios Video; and 3) to Compare Students' Problem-Solving Abilities After Learning Through Internal and External Interactive Scenarios Video. The research sample consisted of 52 Grade 9 students from the Chom Phra 1 Integrated Educational Network, Chom Phra District, Surin Province. The participants were selected using the matched-pair sampling method. The research instruments included: 1) Internal and External Interactive Scenarios Video, 2) science lesson plans, and 3) a science problem-solving ability assessment test. Data were analyzed using mean, standard deviation (S.D.), and t-test for hypothesis testing. The research findings revealed that: 1) Students who learned using the Internal Interactive Scenarios Video achieved significantly higher post-learning problem-solving scores than their pre-learning scores at the .05 significance level. 2) Students who learned using the External Interactive Scenarios Video achieved significantly higher post-learning problem-solving scores than their pre-learning scores at the .05 significance level. 3) Students using the Internal Interactive Scenarios Video demonstrated significantly higher problem-solving abilities than those using the External Interactive Scenarios Video at the .05 significance level.

**Keywords:** Video Scenarios, Interactive VDO, Problem-Solving Ability



Copyright © 2026 Journal of Computer and Creative Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC-ND).

### Citation:

Kamonchai, U, Homkhum, U., & Sanguansat, K. (2026). Effect of Internal and External Interactive Scenarios Video on Science Problem-Solving Abilities of Grade 9 Students. *Journal of Computer and Creative Technology*, 4(1), e3585. <https://doi.org/10.65205/jcct.2026.e3585>

## ผลของการใช้วิธีทัศนสถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ภายในและภายนอกวิธีทัศนที่มีผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาในรายวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ดิษยา กมลชัย<sup>1,\*</sup>, อุดม หอมคำ<sup>2</sup> และ ขจรศักดิ์ สวงสวัสดิ์<sup>3</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์ 32000  
ประเทศไทย; Email: 63054040201@srru.ac.th

<sup>2,\*</sup>สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์ 32000  
ประเทศไทย; Email: uuddoomm@hotmail.com

<sup>3,\*</sup>สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์ 32000  
ประเทศไทย; Email: kajohnss@srru.ac.th

\*ผู้ประพันธ์บทความ: อุดม หอมคำ (uuddoomm@hotmail.com), ขจรศักดิ์ สวงสวัสดิ์ (kajohnss@srru.ac.th)

รับบทความ: 20 กุมภาพันธ์ 2569; แก้ไขบทความ: 25 มีนาคม 2569;  
ตอบรับบทความ: 1 เมษายน 2569; เผยแพร่บทความ: 30 เมษายน 2569

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1)เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการใช้วิธีทัศนสถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ภายในวิธีทัศน ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 2)เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการใช้วิธีทัศนสถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ภายนอกวิธีทัศน ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 3)เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาลงเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการใช้วิธีทัศนสถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ภายในและภายนอกวิธีทัศน ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มตัวอย่างการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนขยายโอกาสในเครือข่ายบูรณาการจอมพระ 1 อำเภอจอมพระ จังหวัดสุรินทร์ จำนวน 52 คน ได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบจับคู่ เครื่องมือการวิจัย ได้แก่ 1) วิธีทัศนสถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ภายในและภายนอกวิธีทัศน 2) แผนการจัดการเรียนรู้ 3) แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบที ผลการวิจัย พบว่า 1) นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการใช้วิธีทัศนสถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ภายในวิธีทัศน มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาลงเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 2) นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการใช้วิธีทัศนสถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ภายนอกวิธีทัศน มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาลงเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 3) นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการใช้วิธีทัศนสถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ภายในวิธีทัศนมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาลงเรียนสูงกว่า แบบมีปฏิสัมพันธ์ภายนอกวิธีทัศนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

**คำสำคัญ:** วิธีทัศนสถานการณ์, วิธีทัศนแบบมีปฏิสัมพันธ์, ความสามารถในการแก้ปัญหา



Copyright © 2026 Journal of Computer and Creative Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC-ND).

### การอ้างอิง:

ดิษยา กมลชัย, อุดม หอมคำ, และ ขจรศักดิ์ สวงสวัสดิ์. (2569). ผลของการใช้วิธีทัศนสถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ภายในและภายนอกวิธีทัศนที่มีผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาในรายวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *วารสารคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสร้างสรรค์*, 4(1), e3585. <https://doi.org/10.65205/jcct.2026.e3585>

## 1. บทนำ (Introduction)

วิดีโอแบบมีปฏิสัมพันธ์ (Interact Video) เป็นหนึ่งในแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในเทคโนโลยีการเรียนรู้ในปี พ.ศ. 2561 ด้วยเหตุผลที่ว่าวิดีโอแบบมีปฏิสัมพันธ์มีรายละเอียดเพิ่มมากขึ้น โดยสามารถเพิ่มองค์ประกอบแบบโต้ตอบเข้าไป เช่น แบบทดสอบ การเชื่อมโยงไปยังแหล่งข้อมูลออนไลน์ การโต้ตอบแต่ละครั้งจะช่วยสร้างภาพลักษณ์ที่ดีของการมีส่วนร่วม สร้างความสนใจให้เกิดขึ้นในวิดีโอ (Morton, 2018) นอกจากนี้ Zhang et al. (2006) ได้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับวิดีโอการเรียนรู้ออนไลน์ เพื่อการประเมินผลกระทบของวิดีโอแบบมีปฏิสัมพันธ์ต่อประสิทธิภาพในการเรียนรู้ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า นักเรียนในสภาพแวดล้อมออนไลน์ที่ใช้วิดีโอแบบมีปฏิสัมพันธ์มีประสิทธิภาพการเรียนรู้ที่ดีขึ้นอย่างมากและมีความพึงพอใจในการเรียนรู้สูงกว่าผู้เรียนในรูปแบบอื่น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Somyaron (2020) ระบุว่าการพัฒนาสื่อมัลติมีเดียที่ส่งเสริมการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียนเป็นสิ่งที่สร้างความสนใจและมีประสิทธิภาพ เนื่องจากผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้มากขึ้น ซึ่งช่วยกระตุ้นความสนใจและเสริมสร้างความเข้าใจ และการใช้สถานการณ์เพื่อการเรียนรู้ (Scenarios) เป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนด้วยการใช้สถานการณ์ ทำให้เกิดความน่าสนใจ เสริมสร้างการเรียนรู้ด้วยตนเอง เกิดความสนุก สร้างความเข้าใจในสาระที่มุ่งนำเสนอได้ชัดเจน การนำเสนอการเรียนรู้ด้วยสถานการณ์นั้นจะนำมาซึ่งความสนใจ เชื่อมโยงกับแนวคิดที่ได้เรียนรู้ รวมทั้งสอดคล้องกับกลุ่มเป้าหมาย โดยคำนึงถึงความเกี่ยวข้องของผู้เรียน Phadke (2021) นอกจากนี้ในสภาพแวดล้อมที่ผู้เรียนเข้าร่วมตัดสินใจเป็นลำดับขั้น การใช้สถานการณ์จึงเป็นประโยชน์เพราะถ้าได้เรียนรู้สถานการณ์ที่แตกต่างใช้ทางเลือกหลากหลายแล้ว ประสบการณ์ที่ได้ก็จะช่วยในการวิเคราะห์ กระบวนการแก้ปัญหา

กระบวนการแก้ปัญหาเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นที่ผู้เรียนทุกคนจะต้องเรียนรู้และเข้าใจ สามารถคิดเป็นและแก้ปัญหาเป็น เพื่อจะนำกระบวนการนี้ไปในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันต่อไป เพราะการฝึกแก้ปัญหาจะช่วยให้ผู้เรียนรู้จักคิดมีระเบียบขั้นตอนการคิด รู้จักคิดอย่างมีเหตุผลและรู้จักตัดสินใจอย่างฉลาด แต่จากผลการประชุมวิชาการระดับชาติที่จัดขึ้นโดยสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ) สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีและสสวท. เพื่อ “การยกระดับคุณภาพการศึกษาวិทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน ปี 2555” ที่จัดขึ้นระหว่างวันที่ 26-27 ส.ค. ซึ่งได้ร่วมกันวิเคราะห์ผลคะแนนสอบ PISA ของเด็กไทย พบว่าคะแนนการสอบประเมินผลนักเรียนนานาชาติ หรือ Program for International Student Assessment (PISA) ด้านวิทยาศาสตร์ และด้านคณิตศาสตร์ ประเทศไทยยังคงอยู่ในอันดับรั้งท้ายต่อเนื่อง ข้อสรุปปัญหาดังกล่าวจากมุมมองของนักการศึกษาอย่าง ดร.ฮอง ซอง ชัง ที่ปรึกษาด้านนโยบายรัฐมนตรีว่าการกระทรวงศึกษาธิการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาธารณรัฐเกาหลีได้ มองว่าผลการประเมินจาก PISA สามารถสะท้อนคุณภาพการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ของเด็กไทย ถึงกระบวนการเรียนการสอนในห้องเรียนที่ยังล้าหลัง เนื่องจากการประเมินผลของ PISA เน้นการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหา ดังนั้นการเรียนการสอนของไทยที่ล้าหลังจึงไม่สร้างการเรียนรู้ให้เด็กเกิดกระบวนการคิด (Rodkroh, 2015) การส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาจึงถือเป็นเป้าหมายสำคัญของการจัดการศึกษา เพราะถือว่าการแก้ปัญหาเป็นความสามารถทางการคิดที่เกิดจากการที่บุคคลได้รับประสบการณ์และฝึกฝนจนเกิดทักษะและเป็นทักษะที่จำเป็นต้องใช้อยู่ตลอดชีวิต ซึ่งวิชาวิทยาศาสตร์ สามารถช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิเคราะห์ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประสิทธิภาพที่ตรวจสอบได้

จากผลการประเมิน PISA ที่สะท้อนความสามารถในการแก้ปัญหาด้านวิทยาศาสตร์ของเด็กไทยที่ต้องได้รับการส่งเสริมประกอบกับสถานการณ์ในปัจจุบันที่การเรียนออนไลน์มีบทบาทในการจัดการเรียนการสอนมากขึ้น แต่ในทุกการเรียนการสอนและผู้เรียนยังคงต้องมีปฏิสัมพันธ์ต่อกัน งานวิจัยนี้จึงเห็นความจำเป็นที่ควรมีการศึกษาผลของการใช้วิดีโอแบบมีปฏิสัมพันธ์ภายในและภายนอกวิดีโอ ที่มีผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาในรายวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

## 2. วัตถุประสงค์งานวิจัย (Research Objectives)

1. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการใช้วิดีโอแบบมีปฏิสัมพันธ์ภายในวิดีโอ ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการใช้วิดีโอแบบมีปฏิสัมพันธ์ภายนอกวิดีโอ ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

3. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการใช้ชีวิตทัศนสถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ภายในและภายนอกชีวิตทัศน ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

### 3. สมมติฐานของการวิจัย

1. ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการใช้ชีวิตทัศนสถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ภายในชีวิตทัศน ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการใช้ชีวิตทัศนสถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ภายนอกชีวิตทัศน ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการใช้ชีวิตทัศนสถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ภายในและภายนอกชีวิตทัศน ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

### 4. การทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง (Literature Review)

#### 4.1 ชีวิตทัศนแบบมีปฏิสัมพันธ์ (Interactive video)

ชีวิตทัศนแบบมีปฏิสัมพันธ์ (Interactive Video) เป็นหนึ่งในแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในเทคโนโลยีการเรียนรู้รูปแบบชีวิตทัศนเป็นเนื้อหาที่โต้ตอบกับผู้ใช้ได้ นับว่าเป็นการปฏิสัมพันธ์ประเภทหนึ่งที่ใช้คำถามจุดสนใจบนชีวิตทัศน การเรียนรู้โดยใช้ชีวิตทัศนแบบมีปฏิสัมพันธ์จะสร้างปฏิสัมพันธ์ให้เกิดขึ้นระหว่างผู้เรียนกับเนื้อหา เป็นการกระตุ้นนักเรียนและเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ (Morton, 2018) นอกจากนี้ SnapApp ได้สรุปว่าองค์ประกอบของชีวิตทัศนแบบมีปฏิสัมพันธ์ มีดังนี้ คือ 1) ชีวิตทัศน ซึ่งเป็นชีวิตทัศนที่ยังไม่มีปฏิสัมพันธ์ 2) การสร้างปฏิสัมพันธ์ให้กับชีวิตทัศน โดยเทคนิคการแทรกคำถามระหว่างชีวิตทัศน 3) การกำหนดตำแหน่งที่เหมาะสมหรือการกำหนดจุดสนใจให้กับชีวิตทัศน 4) การวางแผนเลือกเพื่อกำหนดจังหวะของการปฏิสัมพันธ์ และยังกล่าวถึงการนำชีวิตทัศน แบบมีปฏิสัมพันธ์ไปใช้ในบริบทต่าง ๆ เช่น ชีวิตทัศนแนะนำ การสัมภาษณ์ผ่านเว็บในการเรียนออนไลน์หรือการอบรมผ่านเว็บนั้นชีวิตทัศนแบบมีปฏิสัมพันธ์เป็นสิ่งจำเป็น เพราะเป็นจุดสร้างความสนใจและสร้างการมีส่วนร่วมเรียน วิธีโอข้อมูล การนำเสนอชีวิตทัศนในรูปแบบปฏิสัมพันธ์เพื่อให้เกิดความเข้าใจและความจำตามหลักการเรียนรู้ ซึ่งการปฏิสัมพันธ์จะส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Nakmongkhon, 2019)

#### 4.2 การใช้สถานการณ์ (Scenarios)

การจัดการเรียนรู้แบบสถานการณ์เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้อย่างหนึ่งที่เหมาะสมสำหรับการเรียนรู้แบบผสมผสานและการเรียนแบบออนไลน์เป็นหนึ่งในกลยุทธ์การออกแบบการเรียนการสอนที่ช่วยแก้ปัญหาเหมาะสมกับการเรียนตามอัธยาศัย ซึ่งเป็นวิธีการสร้างหรือเลียนแบบเหตุการณ์และสถานการณ์ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับสภาพความเป็นจริง โดยมีการกำหนดบทบาทให้ข้อมูล เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกการแก้ปัญหาและตัดสินใจ ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถถ่ายโอนความรู้ที่ได้จากการใช้สถานการณ์จำลองนั้นไปใช้ได้ สถานการณ์จริงที่ตนเองต้องเผชิญ ทำให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ในภาพที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด ส่งผลให้ผู้เรียนเข้าใจและมีความรู้สึกรวมต่อเหตุการณ์ได้ดี อีกทั้งสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน Phadke (2021) และจากแนวคิดของ Nuriddin (2017), Spencer (2025) และ Designing Digitally (Nakmongkhon, 2019) สามารถสรุปข้อดีของการเรียนรู้ด้วยสถานการณ์ ได้ว่าทำให้เกิดความเข้าใจด้วยตนเอง ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ มีความสนุกสนานเพลิดเพลิน มีกระบวนการปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น กระบวนการสื่อสาร ตัดสินใจ แก้ปัญหา และกระบวนการคิด

#### 4.3 ความสามารถในการแก้ปัญหา

การให้ความหมายของการแก้ปัญหาของ Songkram (2010), Sitipipattanakoon (2010) และ Nonthamand (2011) สรุปได้ว่า การแก้ปัญหา หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการแก้ปัญหาที่ผ่านเข้ามาได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว เป็นกระบวนการคิดแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผลเป็นขั้นตอน ผ่านกระบวนการสติปัญญาในการพิจารณาปัญหาหาสาเหตุของ

ปัญหา โดยอ้างอิงจากประสบการณ์เดิมและความรู้ใหม่ เพื่อนำไปสู่เป้าหมายของการแก้ปัญหาที่ต้องการและสามารถประยุกต์ใช้ในสถานการณ์อื่นได้ โดย Bonk & Zhang (2008) ได้อธิบายขั้นตอนของการแก้ปัญหา (Problem-Solving Stages) ไว้ 4 ขั้นตอน ดังนี้ 1. กำหนดปัญหา (Problem Statement or Definition) เช่น การกำหนดงานหรือกำหนดปัญหาความต้องการเพื่อจะให้งานนั้นออกมาสมบูรณ์ที่สุด มีการจัดลำดับข้อมูลและความเชื่อมโยงของข้อมูล และรับฟังผู้เชี่ยวชาญให้ความเห็นในประเด็นปัญหานั้น ๆ 2. แนวทางการแก้ปัญหาด้วยการระดมสมองจากทรัพยากรที่มีอยู่ ประเมินความเป็นไปได้และจัดลำดับความสำคัญ 3. กำหนดขอบเขตการเข้าถึงการจัดการและการประยุกต์ใช้ข้อมูลหรือแหล่งข้อมูลเพื่อการแก้ปัญหา โดยเข้าถึงด้วยการอ่าน ฟัง หรือดูจากแหล่งข้อมูลที่มีอยู่ สังเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา 4. ประเมินผลการแก้ปัญหา เป็นส่วนของการนำไปใช้และประเมินประสิทธิภาพการแก้ปัญหา ซึ่งแนวทางการวัดความสามารถในการแก้ปัญหา D'Zurilla et al. (2004) ได้เสนอเกี่ยวกับการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาไว้ว่าต้องทำการประเมิน 2 ด้านด้วยกันคือ 1) กระบวนการ และ 2) ผลลัพธ์ โดย Jonassen (2004) ได้เสนอเกี่ยวกับการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหา ว่าไม่สามารถทำได้โดยการใช้แบบสอบหรือแบบวัดเพียงฉบับเดียว การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหานั้นควรทำการประเมินโดยใช้แบบประเมินที่หลากหลาย ซึ่งแบบประเมินที่ใช้นั้นควรประกอบไปด้วย 1) การประเมินการปฏิบัติการแก้ปัญหา (Assessing Problem-Solving Performance) 2) การประเมินทักษะทางปัญญาที่ใช้ในการแก้ปัญหา (Assessing the Component, Cognitive Skills Required to Solve Problems) และ 3) การประเมินความสามารถของนักเรียนในการโต้แย้ง อภิปราย เพื่อสนับสนุนแนวทางการแก้ปัญหาของตน (Assessing Students' Ability to Construct Arguments in Support of Their Solutions to Problems) ทั้งนี้ควรเลือกใช้แบบประเมินบางแบบหรือใช้แบบประเมินทั้ง 3 แบบในการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหานักเรียนก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะการจัดการเรียนการสอนและความต้องการของครูผู้สอน สรุปได้ว่า การวัดความสามารถในการแก้ปัญหานั้นสามารถใช้แบบทดสอบที่เป็นแบบหลาย ตัวเลือก แบบข้อเขียน และแบบประเมินแบบรูบริกส์ (Rubric Assessment) เพื่อให้ครอบคลุมการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาได้ทั้งความรู้และการแสดงออกทางการแก้ปัญหาได้อย่างชัดเจน

#### 4.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Zhang et al. (2006) ได้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับวิดีโอการเรียนรู้ออนไลน์เพื่อการประเมินผลกระทบบของวิดีโอแบบมีปฏิสัมพันธ์ต่อประสิทธิภาพในการเรียนรู้ พบว่า วิดีโอแบบมีปฏิสัมพันธ์ในระบบการเรียนรู้ออนไลน์ จะช่วยให้สามารถเข้าถึงเนื้อหาวิดีโอได้แบบหลากหลาย การศึกษาเชิงประจักษ์ได้ศึกษาอิทธิพลของวิดีโอแบบมีปฏิสัมพันธ์เกี่ยวกับผลการเรียนรู้และความพึงพอใจของผู้เรียนในสภาพแวดล้อมออนไลน์ โดยมีการศึกษาที่แตกต่างกัน 4 รูปแบบคือ 1) สภาพแวดล้อมการเรียนรู้ออนไลน์ร่วมกับวิดีโอแบบมีปฏิสัมพันธ์ 2) สภาพแวดล้อมการเรียนรู้ออนไลน์ร่วมกับวิดีโอที่ไม่มีปฏิสัมพันธ์ 3) สภาพแวดล้อมการเรียนรู้ออนไลน์แบบไม่ใช้วิดีโอ และ 4) คือสภาพแวดล้อมของห้องเรียนแบบดั้งเดิม ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าคุณค่าของวิดีโอเพื่อการเรียนรู้มีประสิทธิผลขึ้นอยู่กับการให้ปฏิสัมพันธ์นักเรียนในสภาพแวดล้อมออนไลน์ที่ให้วิดีโอแบบมีปฏิสัมพันธ์มีประสิทธิภาพการเรียนรู้ที่ดีขึ้นอย่างมากและมีความพึงพอใจในการเรียนรู้สูงกว่าผู้เรียนในรูปแบบอื่น ๆ อย่างไรก็ตาม นักเรียนที่ใช้สภาพแวดล้อมการเรียนรู้ออนไลน์ที่วิดีโอแบบไม่มีปฏิสัมพันธ์ ยังไม่ดีขึ้น การศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าการบูรณาการวิดีโอการเรียนการสอนแบบมีปฏิสัมพันธ์นั้นเข้ากับการเรียนรู้ออนไลน์เป็นสิ่งสำคัญ

Petcharawej (2014) ได้พัฒนาบทเรียนออนไลน์แบบสถานการณ์จำลอง เรื่อง ขับขี่ปลอดภัย เพื่อศึกษาผลการวัดทักษะการแก้ปัญหาทางการเรียนรู้โดยใช้แบบวัดทักษะการแก้ปัญหากับนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยกรุงเทพ โดยให้ข้อเสนอแนะจากการวิจัยนี้ว่า การสร้างแบบวัดทักษะการแก้ปัญหา จะต้องศึกษาวัตถุประสงค์ให้ชัดเจน ครอบคลุมเนื้อหาในทักษะย่อย ๆ อย่างเป็นระบบ โดยการสร้างแบบทดสอบที่ระบุเนื้อหาที่ต้องการวัดผลที่ละเอียดและรอบคอบและควรมีการทำวิจัยในเรื่องอื่น ๆ โดยใช้สถานการณ์จำลอง เป็นแนวทางในการออกแบบ เพราะจะช่วยเสริมสร้างประสบการณ์ของผู้เรียนให้เหมือนกับชีวิตจริงมากยิ่งขึ้น

Chatpakkarattana (2013) พัฒนาระบบการสอนเสริมทางไกลอิเล็กทรอนิกส์แบบมีปฏิสัมพันธ์เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช พบว่า 1. ระบบการสอนเสริมทางไกลอิเล็กทรอนิกส์แบบมีปฏิสัมพันธ์โดยใช้กระบวนการเรียนรู้ร่วมกันที่ใช้ปัญหาเป็นหลักเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ประกอบด้วยปัจจัยนำเข้า 7 ปัจจัย ได้แก่ 1) บุคลากรการสอนทางไกล 2) สถานการณ์ปัญหา 3) กิจกรรมการเรียนการสอน 4) สื่อการเรียนการสอน 5) ระบบ

สนับสนุนผู้เรียน 6) การประเมินผล และ 7) ผู้เรียนทางไกล กระบวนการของระบบการสอนเสริมทางไกลอิเล็กทรอนิกส์แบบมีปฏิสัมพันธ์ที่พัฒนาขึ้นมี 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นตอนเตรียมการก่อนการเรียนการสอน ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนย่อยคือ (1) ประชาสัมพันธ์ (2) ปฐมนิเทศ (3) ฝึกอบรม (4) แบ่งกลุ่มผู้เรียน และ (5) ทดสอบก่อนเรียน 2) ขั้นตอนดำเนินการจัดการเรียนการสอน ประกอบด้วย 8 ขั้นตอนย่อย คือ (1) ศึกษาเนื้อหา (2) นำเสนอสถานการณ์ปัญหาและระบุปัญหาร่วมกัน (3) วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ตั้งสมมติฐาน จัดลำดับและคัดเลือกสมมติฐานร่วมกัน (4) สร้างวัตถุประสงค์ในการเรียนรู้ร่วมกัน (5) ศึกษาและรวบรวมข้อมูลร่วมกัน (6) สังเคราะห์ข้อมูลและตรวจสอบสมมติฐานร่วมกัน (7) นำเสนอแนวทางหรือวิธีการแก้ปัญหา และ (8) สรุปหลักการแนวคิดจากการแก้ปัญหาและการประยุกต์ใช้ร่วมกัน และ 3) ขั้นตอนประเมินผลการเรียนการสอน ผลลัพธ์ของระบบคือความสามารถในการแก้ปัญหา 2. ผลของการจัดการเรียนการสอนเสริมทางไกลอิเล็กทรอนิกส์แบบมีปฏิสัมพันธ์โดยใช้กระบวนการเรียนรู้ร่วมกันที่ใช้ปัญหาเป็นหลักสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรีมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช พบว่ากลุ่มทดลองที่เรียนตามระบบการสอนเสริมทางไกลอิเล็กทรอนิกส์แบบมีปฏิสัมพันธ์ที่พัฒนาขึ้น มีความสามารถในการแก้ปัญหาสูงขึ้นก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

## 5. กรอบแนวคิดงานวิจัย (Conceptual Framework)

กรอบแนวคิดในการวิจัย ดัง Figure 1.

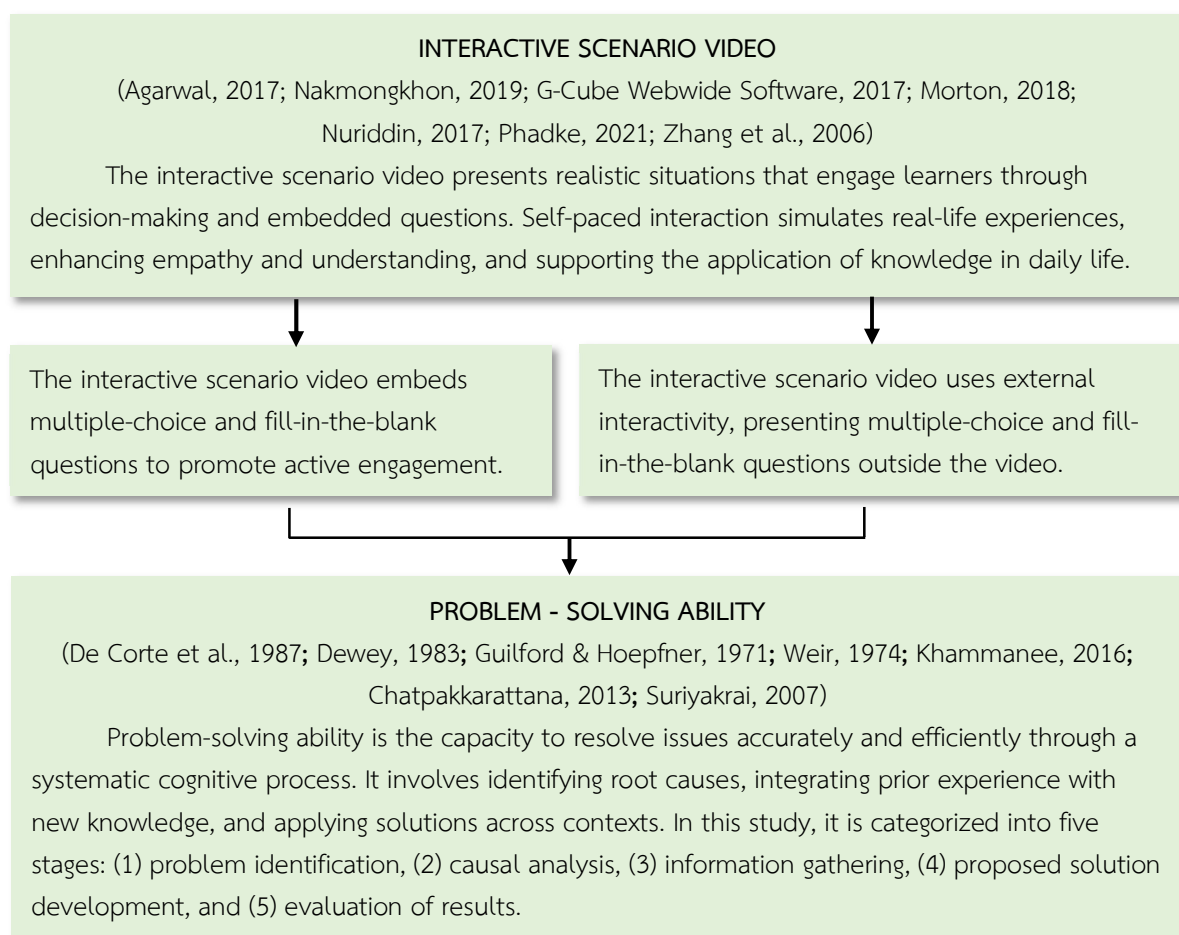


Figure 1. Conceptual Framework

## 6. วิธีดำเนินงานวิจัย (Research Methodology)

### 6.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

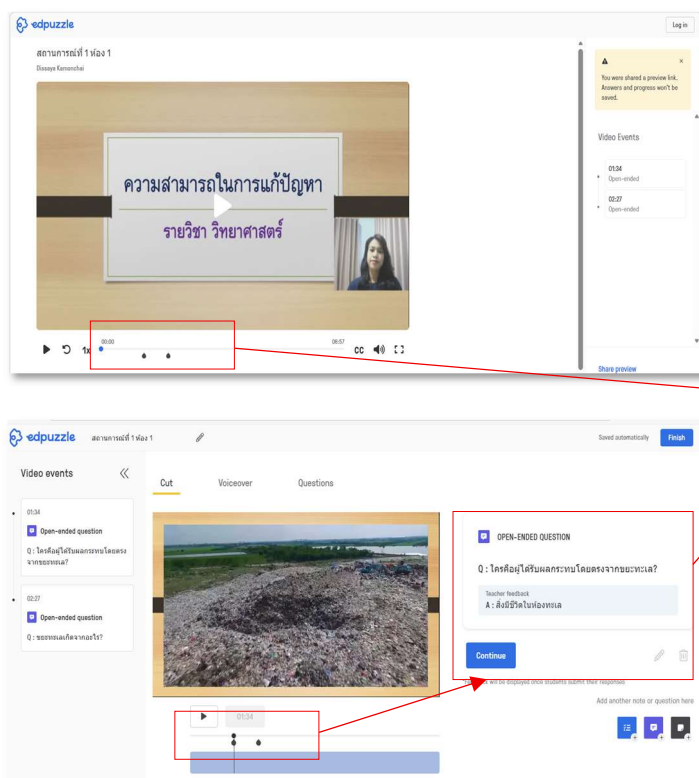
1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนขยายโอกาสในเครือข่ายบูรณาการจอมพระ 1 อำเภोजอมพระ จังหวัดสุรินทร์ ที่เรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 159 คน (Surin Primary Educational Service Area Office 1, 2025)

2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนบ้านผางอุดมสมบูรณ์วิทยา จำนวน 19 คน โรงเรียนบ้านขมิ้น (เรืองราษฎร์รังสรรค์) จำนวน 15 คน และโรงเรียนบ้านชุมแสง จำนวน 18 คน โดยใช้การสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบจับคู่ (Match Pair) ตามการทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา โดยแบ่งออกเป็น สูง กลาง ต่ำ นำมาจัดเข้ากลุ่มอย่างละเท่า ๆ กัน 2 กลุ่ม กลุ่มละ 26 คน รวม 52 คน

### 6.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและการหาคุณภาพเครื่องมือ

ในการวิจัยครั้งนี้ มีการใช้เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและการสร้างเครื่องมือวิจัย ดังนี้

1. วิดีทัศน์สถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ภายในและภายนอกวิดีโอทัศน์
2. แผนการจัดการเรียนรู้ รายวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
3. แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา



ปฏิสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นภายในวิดีโอทัศน์สถานการณ์ด้วยการแทรกคำถาม ผู้เรียนจะทำการโต้ตอบ ด้วยการตอบคำถามในระหว่างการดูวิดีโอทัศน์สถานการณ์

**Figure 2.** The Interactive Scenarios Video Incorporates Active Engagement Features by Embedding Fill-in-the-Blank Questions Directly within the Video Timeline

การสร้างเครื่องมือในการวิจัยและการหาคุณภาพเครื่องมือ ดังนี้

1. วิดีทัศน์สถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ภายในและภายนอกวิดีโอทัศน์ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาวิดีโอทัศน์สถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ มีขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพดังนี้

1.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับวิดีโอทัศน์สถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์

1.2 ผลลัพธ์วีดิทัศน์สถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ โดยนำเอาทฤษฎีการออกแบบและพัฒนาสื่อของ ADDIE Model มาเป็นหลักการในการผลิตและพัฒนา ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

1.2.1 การวิเคราะห์ (Analysis) โดยกำหนดความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ รวบรวมเนื้อหาที่จะสร้างสื่อวีดิทัศน์ วิเคราะห์เนื้อหาโดยนำเอาเนื้อหาทั้งหมดที่จะสร้างมาแต่เป็นหัวข้ออย่างละเอียดแล้ว นำมาเรียงลำดับตามเนื้อหา

1.2.2 การออกแบบ (Design) วีดิทัศน์สถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ จำนวน 5 สถานการณ์ ได้แก่ 1) วิถีชีวิตในทะเลไทย 2) อาหารจากวัตถุดิบดัดแปลงพันธุกรรม 3) ภัยจากแสงหน้าจอมือถือ 4) สารกัมมันตในเส้นก๋วยเตี๋ยว และ 5) ดาวเคราะห์ โดยแบ่งเป็น 2 แบบ คือ

1) วีดิทัศน์สถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ภายใน หมายถึง วีดิทัศน์ที่นำเสนอด้วยสถานการณ์ตัวอย่าง มีส่วนของการสร้างปฏิสัมพันธ์ให้เกิดขึ้นระหว่างผู้เรียนกับเนื้อหา ผู้เรียนมีการโต้ตอบภายในวีดิทัศน์สถานการณ์ โดยตอบคำถามแนวทางแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่นำเสนอ

2) วีดิทัศน์สถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ภายนอก หมายถึง วีดิทัศน์ที่นำเสนอด้วยสถานการณ์ตัวอย่าง ผู้เรียนสามารถคลิกเล่นวีดิทัศน์ด้วยตนเอง ตอบคำถาม เลือกแนวทางแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่นำเสนอ ภายนอกวีดิทัศน์

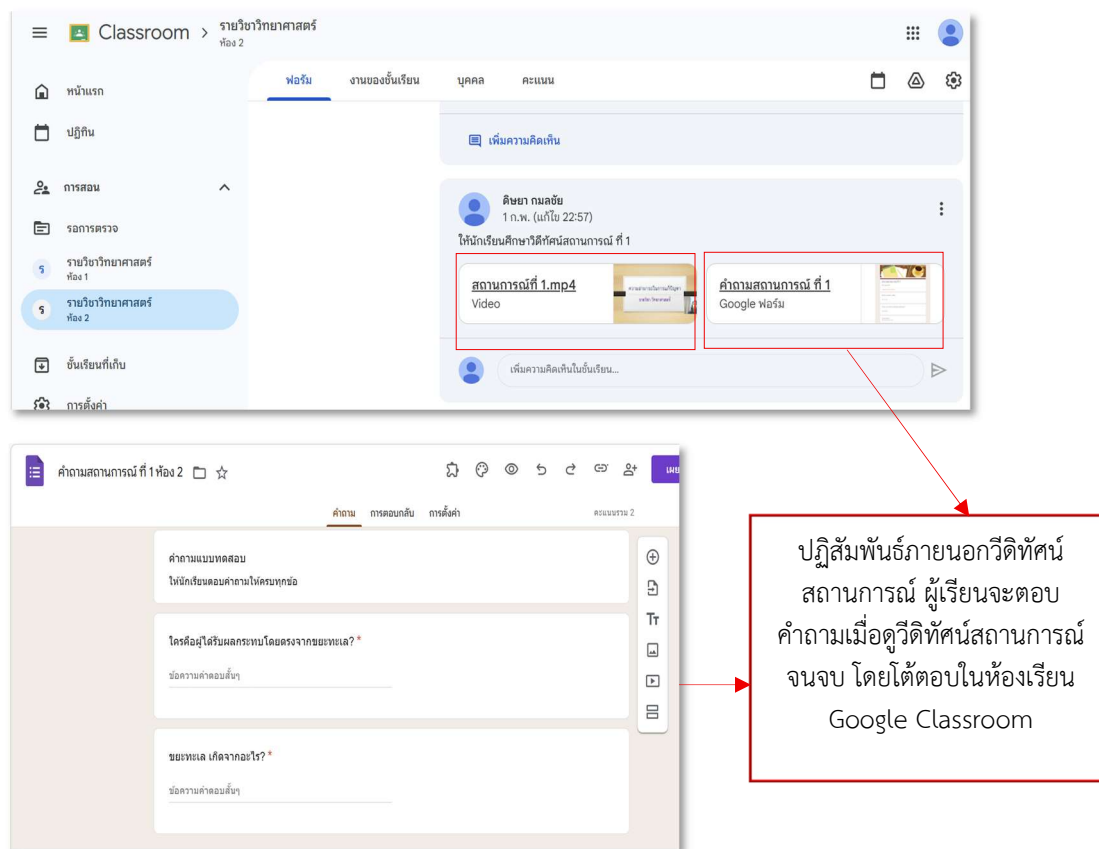


Figure 3. The interactive Scenarios Video Incorporates External Interactivity, Where Fill-in-the-Blank Questions are Presented Outside the Video Interface

1.2.3 การพัฒนา (Development) นำสื่อวีดิทัศน์สถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อพิจารณาความถูกต้องเชิงเนื้อหา การใช้ภาษาและความเหมาะสมกับระดับผู้เรียน จากนั้นทำการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

1.2.4 การนำไปใช้ (Implementation) ทดลองใช้สื่อวีดิทัศน์สถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ กับกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ใช่กลุ่มทดลองจำนวน 3 คน พร้อมบันทึกข้อมูลเพื่อรวบรวมข้อบกพร่องมาปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาเครื่องมือ

1.2.5 การประเมินผล (Evaluation) นำสื่อวีดิทัศน์สถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน เพื่อประเมินความเหมาะสมของสื่อ ผลการประเมิน พบว่า เหมาะสมมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.83$ , S.D. = 0.38)

1.3 นำสื่อวีดิทัศน์สถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ ไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ในระบบ Google Classroom

2. แผนการจัดจัดการเรียนรู้ รายวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพดังนี้

2.1 ศึกษาเอกสาร ตำรางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ และการเขียนแผนการสอน

2.2 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง ปีพุทธศักราช 2560) หลักสูตรสถานศึกษา เพื่อทำการวิเคราะห์หลักสูตร มาตรฐานการเรียนรู้ คำอธิบายรายวิชา เพื่อจัดทำหน่วยการเรียนรู้และกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้

2.3 วิเคราะห์และเลือกเนื้อหาสาระเพื่อนำมาสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ร่วมกับการใช้รูปแบบวีดิทัศน์สถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ โดยใช้เนื้อหาจาก 5 สถานการณ์ ได้แก่ 1) วิกฤติขยะในทะเลไทย 2) อาหารจากวัตถุดิบคัดแปลงพันธุกรรม 3) ภัยจากแสงหน้าจอมือถือ 4) สารกัมมันตในเส้นก๋วยเตี๋ยว และ 5) ดาวเคราะห์

2.4 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีหัวข้อ ต่าง ๆ ดังนี้ มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด ความคิดรวบยอด จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ การวัดผลและประเมินผล กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้และแหล่งการเรียนรู้ นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมแล้วปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

2.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการจัดการเรียน การสอนเนื้อหาในรายวิชาวิทยาศาสตร์ และด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและสื่อสารการศึกษา เพื่อประเมินความ เหมาะสม ผลการประเมิน พบว่า เหมาะสมมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.80$ , S.D. = 0.41)

3. แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ประกอบด้วยแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน โดยรูปแบบของ ข้อสอบแต่ละหน่วยประกอบด้วยบริบทที่เป็นสถานการณ์ของข้อสอบ ซึ่งประกอบด้วย 3 รูปแบบ คือ 1) ข้อสอบแบบ 4 ตัวเลือก 2) แบบเขียนตอบสั้น ๆ หรือเลือกตอบเชิงซ้อน (Complex Multiple-Choice) 3) แบบเปิดที่ให้สร้างคำตอบอย่างอิสระ โดยมีขั้นตอนการสร้างเครื่องมือดังต่อไปนี้

3.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา จากนั้นสร้าง แบบทดสอบโดยอิงตามกรอบโครงสร้างการประเมินของ PISA คือ ข้อสอบประกอบด้วยบริบทที่เป็นสถานการณ์ของข้อสอบ ซึ่งอาจจะเป็นในรูปของข้อเขียนสั้น ๆ หรือเนื้อความที่มีตาราง แผนภาพ หรือกราฟประกอบ แบบของข้อสอบ มี 3 แบบ ดังนี้ 1) ข้อสอบที่มีตัวเลือกตอบ ให้นักเรียนเลือกหนึ่งคำตอบจากสี่ตัวเลือก 2) ข้อสอบแบบเขียนคำตอบ เป็นการเขียนตอบ สั้น ๆ 3) ข้อสอบแบบเชิงซ้อน ซึ่งในการวัดผลประเมินผลความสามารถในการแก้ปัญหานั้น ก็จะต้องมีเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับ มาตรฐาน สาระการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ในหลักสูตร

3.2 สร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา โดยแบ่งเป็นก่อนเรียนและหลังเรียน แล้วสร้างเป็น แบบทดสอบ 3 รูปแบบ คือ 1) ข้อสอบแบบ 4 ตัวเลือก 2) แบบเลือกตอบเชิงซ้อน 3) แบบเปิดที่ให้สร้างคำตอบอย่างอิสระ โดยอิงตามกรอบโครงสร้างการประเมินของ PISA แล้วนำต้นแบบของแบบวัดไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความ เหมาะสม

3.3 นำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาที่ปรับแก้จากคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาแล้วไปให้ ผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ด้านการสอนเกี่ยวกับเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง จำนวน 3 คน ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ผลการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) พบว่า แบบวัด ความสามารถในการแก้ปัญหา ก่อนเรียน มีค่า IOC ค่าเฉลี่ย 0.85 แสดงว่ามีความเหมาะสมในการนำไปใช้ และแบบวัด ความสามารถในการแก้ปัญหา หลังเรียน มีค่า IOC ค่าเฉลี่ย 0.92 แสดงว่ามีความเหมาะสมในการนำไปใช้

3.4 นำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาไปทดลองกับกลุ่มที่ไม่ใช่กลุ่มทดลอง จำนวน 30 คน เพื่อหา ระดับความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนกและความเที่ยงของแบบทดสอบ และคัดเลือกข้อสอบที่มีความยากง่าย อยู่ระหว่าง 0.2 – 0.8 และค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป ผลการหาค่าแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ก่อนเรียน พบว่า มีค่า ความยากง่าย อยู่ระหว่าง 0.60 – 0.80 ค่าแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา หลังเรียน พบว่า มีค่าความยากง่าย อยู่ ระหว่าง 0.63 – 0.80 ผลการหาค่าอำนาจจำแนกแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ก่อนเรียน พบว่า มีค่าอำนาจ จำแนก อยู่ระหว่าง 0.20 – 0.67 แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ก่อนเรียน พบว่า มีค่าอำนาจจำแนก อยู่ระหว่าง 0.20 – 0.40 และค่าความเชื่อมั่นแบบทดสอบทั้งชุดในสูตรของ KR-20 พบว่าแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ก่อน เรียน มีค่า KR-20 = 0.851 และแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา หลังเรียน มีค่า KR-20 = 0.851

### 6.3 วิธีการดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ทำหนังสือขออนุญาตให้นักเรียนเป็นกลุ่มตัวอย่างในการทดลองไปยังโรงเรียนที่กำหนด
  2. ให้นักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียน (Pre-test)
  3. นำคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหามาจัดผู้เรียนเข้ากลุ่มโดยคะแนนความสามารถกัน แบ่งออกเป็น สูง กลาง ต่ำ อย่างละเท่า ๆ กัน ใช้การสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบจับคู่ (Match Pair) นำมาจัดเข้ากลุ่มอย่างละเท่า ๆ กัน 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 เรียนด้วยรูปแบบการใช้วิธีทัศนสถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ภายในวิธีทัศน จำนวน 26 คน กลุ่มที่ 2 เรียนด้วยรูปแบบการ ใช้วิธีทัศนสถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ภายนอกวิธีทัศน จำนวน 26 คน
  4. ดำเนินการทดลอง โดยให้นักเรียนเข้าเรียนในระบบ Google Classroom จำนวน 4 สัปดาห์ จากสถานการณ์ที่ กำหนด
  5. ให้นักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาลงเรียน (Post-test)
  6. นำคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียนและหลังเรียนมาทำการวิเคราะห์
- การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง แบบ 2 กลุ่ม มีการวัดผล 2 ระยะ คือ วัดก่อนเรียนและวัดหลังเรียน ดัง Table 1.

**Table 1.** Experimental Research Format Type of True Experimental Research

| Sample group | Pre-test | Treatment | Post-test |
|--------------|----------|-----------|-----------|
| $E_1$        | $O_1E_1$ | $X_1$     | $O_2E_1$  |
| $E_2$        | $O_1E_2$ | $X_2$     | $O_2E_2$  |

จาก Table 1. สัญลักษณ์ที่ใช้สามารถอธิบาย ดังนี้

- $E_1$  = กลุ่มทดลองที่ 1 เรียนด้วยวิธีทัศนสถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ภายในวิธีทัศน  
 $E_2$  = กลุ่มทดลองที่ 2 เรียนด้วยวิธีทัศนสถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ภายนอกวิธีทัศน  
 $O_1E_1$  = การสอบก่อนเรียนในกลุ่มทดลองที่ 1  
 $O_1E_2$  = การสอบก่อนเรียนในกลุ่มทดลองที่ 2  
 $X_1$  = กลุ่มที่เรียนด้วยวิธีทัศนสถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ภายในวิธีทัศน  
 $X_2$  = กลุ่มที่เรียนด้วยวิธีทัศนสถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ภายนอกวิธีทัศน  
 $O_2E_1$  = การสอบหลังเรียนในกลุ่มทดลองที่ 1  
 $O_2E_2$  = การสอบหลังเรียนในกลุ่มทดลองที่ 2

### 6.4 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

1. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียนและหลังเรียน ของกลุ่มทดลองที่ใช้วิธีทัศนสถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ภายในวิธีทัศน โดยใช้ t-test Dependent
2. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียนและหลังเรียน ของกลุ่มทดลองที่ใช้วิธีทัศนสถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ภายนอกวิธีทัศน โดยใช้ t-test Dependent

3. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา ก่อนเรียนและหลังเรียน ของกลุ่มทดลองที่ใช้วิธีทัศนสถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ภายในและภายนอกวิธีทัศน โดยใช้ t-test Independent

## 7. ผลการวิจัย (Results)

ในการนำเสนอผลการวิจัย มีรายละเอียด ดังนี้

7.1 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหา ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการใช้วิธีทัศนสถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ภายในวิธีทัศน ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ผลวิจัยดังตาราง Table 2.

**Table 2.** Comparison of Students' Problem-Solving Abilities Before and After Learning Through Internal Interactive Scenarios Video

| Internal Interactive Video Scenarios | n  | $\bar{x}$ | S.D.  | t       | p.   |
|--------------------------------------|----|-----------|-------|---------|------|
| Pre – test                           | 26 | 8.62      | 1.388 | 23.749* | .001 |
| Post – test                          | 26 | 16.92     | .892  |         |      |

\*p≤.05

จาก Table 2. พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการใช้วิธีทัศนสถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ภายในวิธีทัศน มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียน ( $\bar{x}$  = 16.92, S.D.= 0.892) สูงกว่าก่อนเรียน ( $\bar{x}$  = 8.62, S.D. = 1.388) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

7.2 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหา ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการใช้วิธีทัศนสถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ภายนอกวิธีทัศน ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ผลวิจัยดังตาราง Table 3.

**Table 3.** Comparison of Students' Problem-Solving Abilities Before and After Learning Through External Interactive Scenarios Video

| External Interactive Video Scenarios | n  | $\bar{x}$ | S.D.  | t       | p.   |
|--------------------------------------|----|-----------|-------|---------|------|
| Pre - test                           | 26 | 6.77      | 1.728 | 12.350* | .001 |
| Post - test                          | 26 | 11.85     | 1.690 |         |      |

\*p≤.05

จาก Table 3. พบ นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการใช้วิธีทัศนสถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ภายนอกวิธีทัศน มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียน ( $\bar{x}$  = 11.85, S.D.= 1.690) สูงกว่าก่อนเรียน ( $\bar{x}$  = 6.77, S.D. = 1.728) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

7.3 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการใช้วิธีทัศนสถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ภายในและภายนอกวิธีทัศน ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ผลวิจัยดังตาราง Table 4.

**Table 4.** Comparison of Students' Problem-Solving Abilities After Learning Through Internal and External Interactive Scenarios Video

| Interactive Video Scenarios | n  | $\bar{x}$ | S.D.  | t       | p.   |
|-----------------------------|----|-----------|-------|---------|------|
| Internal                    | 26 | 16.92     | .892  | 13.551* | .001 |
| External                    | 26 | 11.85     | 1.690 |         |      |

\* $p \leq .05$

จาก Table 4. พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการใช้ชีวิตทัศนสถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ภายในชีวิตทัศน ( $\bar{x} = 16.92$ , S.D. = 0.892) มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาสูงกว่า แบบมีปฏิสัมพันธ์ภายนอกชีวิตทัศน ( $\bar{x} = 11.85$ , S.D.=1.690) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

## 8. สรุปผลการวิจัย (Conclusion)

1. นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการใช้ชีวิตทัศนสถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ภายในชีวิตทัศน มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05
2. นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการใช้ชีวิตทัศนสถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ภายนอกชีวิตทัศน มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05
3. นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการใช้ชีวิตทัศนสถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ภายในชีวิตทัศน มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาสูงกว่า แบบมีปฏิสัมพันธ์ภายนอกชีวิตทัศน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

## 9. อภิปรายผลการวิจัย (Discussion)

การวิจัย เรื่อง ผลของการใช้ชีวิตทัศนสถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ภายในและภายนอกชีวิตทัศนที่มีผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาในรายวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

1. นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการใช้ชีวิตทัศนสถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ภายในชีวิตทัศน มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียน ( $\bar{x} = 16.92$ , S.D.= 0.892) สูงกว่าก่อนเรียน ( $\bar{x} = 8.62$ , S.D. = 1.388) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 การที่ผลการวิจัยเป็นเช่นนี้ เนื่องจากการเรียนด้วยรูปแบบการใช้ชีวิตทัศนสถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ภายในชีวิตทัศน สามารถพัฒนาความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนได้ เนื่องจากทำให้เกิดสิ่งเร้าที่ให้ผู้เรียนมีความสนใจอยากเรียนมากขึ้น สามารถให้ความรู้ใหม่แก่ผู้เรียน สอดคล้อง Chatpakkarattana (2013) ได้ทำการวิจัยเรื่อง พัฒนาระบบการสอนเสริมทางไกลอิเล็กทรอนิกส์แบบมีปฏิสัมพันธ์เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช พบว่ากลุ่มทดลองที่เรียนตามระบบการสอนเสริมทางไกลอิเล็กทรอนิกส์แบบมีปฏิสัมพันธ์ที่พัฒนาขึ้น มีความสามารถในการแก้ปัญหาสูงขึ้นก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ SnapApp ได้กล่าวถึงข้อดีของการใช้ชีวิตทัศนแบบมีปฏิสัมพันธ์ ว่าเหตุผลที่ชีวิตทัศนแบบมีปฏิสัมพันธ์ได้รับความนิยมเพราะว่าสามารถทำให้ผู้ชมทำได้มากกว่าแค่ดูชีวิตทัศน โดยยังสามารถมีส่วนร่วมด้วย ผู้ใช้สามารถกำหนดการเล่นชีวิตทัศน กรอบแบบฟอร์มที่สมบูรณ์ได้หรือดาวน์โหลดเนื้อหาได้โดยไม่ต้องออกจากชีวิตทัศนเลย (Nakmongkhon, 2019)

2. นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการใช้ชีวิตทัศนสถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ภายนอกชีวิตทัศน มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียน ( $\bar{x} = 11.85$ , S.D.= 1.690) สูงกว่าก่อนเรียน ( $\bar{x} = 6.77$ , S.D. = 1.728) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 การที่ผลการวิจัยเป็นเช่นนี้ เนื่องจากการเรียนด้วยรูปแบบการใช้ชีวิตทัศนสถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ภายนอกชีวิตทัศน สามารถทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจด้วยตนเองในการเรียนรู้ด้วยสถานการณ์ ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ มีความสนุกสนานเพลิดเพลิน มีการตัดสินใจแก้ปัญหาและกระบวนการคิด สอดคล้องกับ Nuriddin (2017) กล่าวถึงข้อดีของการใช้สถานการณ์ว่า 1. ผู้เรียนทดสอบความล้มเหลวหรือความสำเร็จได้ในสภาพแวดล้อมที่ปลอดภัย การเรียนรู้ด้วยสถานการณ์จำลองจะทำให้ไม่เกิดอันตราย นอกจากนี้ยังช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจถึงผลกระทบที่แท้จริงของทางเลือกที่พวกเขาได้ทดลองผลที่ตามมา นำมาสู่การปรับเปลี่ยนกลยุทธ์ 2. วัดประสิทธิภาพของผู้เรียนได้ การใช้กลยุทธ์การแสดงบทบาทตาม

สถานการณ์นั้นเป็นเรื่องที่ยากต่อการประเมิน ผู้เข้าร่วมมักหลีกเลี่ยงและแสดงพฤติกรรมที่แตกต่างกัน รวมถึงความตั้งใจของผู้ร่วมสถานการณ์ด้วย แต่ด้วยการเรียนรู้ด้วยสถานการณ์จำลองนั้น เราสามารถสร้างสถานการณ์ที่แตกต่างกัน เป็นการกำหนดสถานการณ์แบบเฉพาะเจาะจง ซึ่งผู้เข้าร่วมสามารถเลือกได้ตามความตั้งใจ 3. ผู้เรียนเรียนรู้จากประสบการณ์ที่มีส่วนร่วมและความหมาย การเรียนรู้ด้วยสถานการณ์เป็นการเล่าเรื่อง เช่น ภาพยนตร์หรือการเล่นเกม การเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์จำลองแบบออนไลน์นั้น ทำให้เราเข้าถึงตัวละครและอารมณ์ความรู้สึก การเรียนรู้ จะนิยมใช้คำถามให้เลือกตอบหรือสร้างขึ้นเพื่อการตอบโต้ เพื่อให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วม 4. ผู้เรียนประยุกต์ใช้ในงานของตนได้มากขึ้น เนื่องจากการเรียนรู้ด้วยสถานการณ์นั้นเป็นการจำลองสถานการณ์ที่หลากหลายและเป็นจริง เพียงแต่สถานการณ์นั้นถูกนำมาอยู่บนหน้าจอบนเว็บหรือทางออนไลน์ แต่ผู้เรียนก็เผชิญสถานการณ์ได้เช่นเดียวกับความเป็นจริง การเรียนรู้ด้วยสถานการณ์แบบออนไลน์นั้นจะช่วยถ่ายโอนประสบการณ์และเพิ่มประสิทธิภาพจากหน้าจออุปกรณ์สู่โลกความเป็นจริงได้ง่ายขึ้น 5. ผู้เรียนจะสัมผัสกับสถานการณ์ที่ซับซ้อน หลากหลายและเหมาะสม เป็นทางเลือกต่อการตัดสินใจ การใช้สถานการณ์จะช่วยให้ผู้ใช้ได้รับโอกาสในการลองผิดลองถูก เมื่อตัดสินใจแก้ปัญหาสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งแตกต่างจากความเป็นจริงที่ตัดสินใจแก้ปัญหาใดแล้วจะไม่สามารถกลับมาแก้ไขได้อีก

3. นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบการใช้ชีวิตสถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ภายในชีวิต (X = 16.92, S.D. = 0.892) มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาสูงกว่า แบบมีปฏิสัมพันธ์ภายนอกชีวิต (X = 11.85, S.D. = 1.690) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 จากการที่ผลการวิจัยเป็นเช่นนี้เนื่องจาก การเรียนรู้ด้วยรูปแบบการใช้ชีวิตสถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ภายในชีวิต มีการตั้งคำถามและสอดแทรกคำถามในวิถีชีวิตแบบมีปฏิสัมพันธ์ เพื่อให้ให้นักเรียนตอบคำถามเป็นการกระตุ้นและสร้างความสนใจของนักเรียน เพื่อการค้นหาคำตอบ ทำความเข้าใจในประเด็นคำถาม และยังสามารถสอดแทรกคำถามการประเมินผลในวิถีชีวิต เพื่อให้ให้นักเรียนได้ตอบคำถามได้ วิถีชีวิตสถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ภายในวิถีชีวิต สามารถกระตุ้นการเรียนรู้ของผู้เรียนได้มากกว่า จากการมีส่วนร่วมของผู้เรียนโดยมีการโต้ตอบกลับได้ระหว่างเนื้อหาที่นำเสนอกับผู้เรียน ซึ่งมีจุดเด่นที่น่าสนใจหลากหลาย ตามที่ Nonthamand (2018) ได้กล่าวถึงการสร้างวิถีชีวิตปฏิสัมพันธ์จะใช้ภาษา HTML5 ช่วยให้ผู้สอนสามารถเพิ่มคำถาม โดยคำถามจะแสดงเป็นข้อความและการโต้ตอบประเภทอื่น ๆ ในวิถีชีวิตผ่านเว็บไซต์ เพื่อให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นได้หลายรูปแบบในระบบการจัดการเรียนการสอน และ SnapApp ได้กล่าวว่า วิถีชีวิตแบบมีปฏิสัมพันธ์ เป็นเนื้อหาที่โต้ตอบกับผู้ใช้หรือการปฏิสัมพันธ์ประเภทหนึ่ง ที่สร้างการมีส่วนร่วมด้วยการใช้คำถาม จุดสนใจบนวิถีชีวิต การทำเช่นนี้ทำให้ผู้ใช้สามารถทำกิจกรรมกับเนื้อหาบนวิถีชีวิตได้ เกิดการมีส่วนร่วมมากกว่าการดูอย่างเดียวในขณะที่กำลังศึกษาวิถีชีวิตนั้น ๆ และการใช้ชีวิตสถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ภายในวิถีชีวิต ยังเป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในบทเรียนทันทีในระหว่างการศึกษาวิถีชีวิตมากกว่าการใช้วิถีชีวิตสถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ภายนอกวิถีชีวิต ซึ่งจะต้องมีระยะเวลาในการดูวิถีชีวิตให้จบก่อน (Nakmongkhon, 2019)

## 10. ข้อเสนอแนะงานวิจัย (Recommendation)

### 10.1 ข้อเสนอแนะในการใช้ประโยชน์

ผู้สอนควรมีการสรุปเพิ่มเติมอีกครั้งหลังจากการดูวิถีชีวิตสถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ โดยอาจจะสรุปในรูปแบบการสรุปแบบออนไลน์ หรือการแสดงความคิดเห็น เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้

การใช้วิถีชีวิตแบบมีปฏิสัมพันธ์ที่นำเสนอเนื้อหาด้วยสถานการณ์ สามารถทำให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้ดีขึ้น และสถานการณ์ที่ควรเป็นสถานการณ์ที่ใกล้ชิดผู้เรียน ซึ่งจะส่งเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจและมีส่วนร่วมกับการเรียนรู้ได้มากขึ้น

### 10.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ในการวิจัยครั้งต่อไปควรทดลองใช้การเรียนรู้ด้วยรูปแบบการใช้วิถีชีวิตสถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ในการพัฒนาความสามารถในด้านอื่น ๆ เช่น ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

2. ควรมีการศึกษาการใช้การเรียนรู้ด้วยรูปแบบการใช้วิถีชีวิตสถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ที่มีผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียนในระดับชั้นอื่น ๆ

### 11. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ทรงคุณวุฒิ คณาจารย์ สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศและสื่อสารการศึกษา และเพื่อนร่วมรุ่น ขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ ที่คอยเป็นกำลังใจ ให้ คำปรึกษาและสนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้

### 12. การเปิดเผยการใช้ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ (Declaration of Generative AI)

งานวิจัยนี้ใช้ Gemini ในการตรวจสอบไวยากรณ์ภาษาอังกฤษ

### 13. การแสดงบทบาทผู้เขียน (CRediT Author Statement)

**Dissaya Kamonchai:** Conceptualization, Methodology, Validation, Formal Analysis, Investigation, Resources, Data Curation, Writing – Original Draft, Writing – Review & Editing, Visualization.

**Udom Homkhum:** Validation, Supervision.

**Kajohnsak Sanguansat:** Validation, Supervision.

All authors read and approved the final manuscript.

### 14. เอกสารอ้างอิง (References)

- Agarwal, R. (2017). *Learning@Videos: Charting the Evolution, Success and Growing Popularity of Video-Based Learning*. G-Cube Solutions. [https://www.gc-solutions.net/wp-content/uploads/2019/12/eBook\\_Learning-Videos.pdf](https://www.gc-solutions.net/wp-content/uploads/2019/12/eBook_Learning-Videos.pdf)
- Bonk, C. J., & Zhang, K. (2008). *Empowering Online Learning: 100+ Activities for Reading, Reflecting, Displaying, and Doing*. Wiley.
- Chatpakkarattana, T. (2013). *Development of an Interactive E-Tutorial System to Develop Problem-Solving Ability for Undergraduate Students in Sukhothai Thammathirat Open University*. [Doctoral dissertation, Chulalongkorn University]. Chula DigiVerse. <https://doi.org/10.58837/chula.the.2013.6> (In Thai)
- D’Zurilla, T. J., Nezu, A. M., & Maydeu-Olivares, A. (2004). Social Problem Solving: Theory and Assessment. In Chang, E. C., D’Zurilla, T. J., & Sanna, L. J. (Eds.), *Social Problem Solving: Theory, Research, and Training* (11-27). American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/10805-001>
- De Corte, E., Lodewijks, H., Parmentier, R., & Span, P. (1987). *Learning and Instruction: European Research in an International Context*. Leuven University Press.
- Dewey, J. (1983). *The Middle Works of John Dewey, Volume 15, 1899-1924*. Southern Illinois University Press.
- G-Cube Webwide Software. (2017). *Getting Started with Video-Based Learning*. eLearning Industry. <https://elearningindustry.com/video-based-learning-getting-started>
- Guilford, J. P., & Hoepfner, R. (1971). *The Analysis of Intelligence*. McGraw-Hill.
- Jonassen, D. H. (2004). *Learning to Solve Problems: An Instructional Design Guide*. John Wiley & Sons.
- Khammanee, T. (2016). *Science of Teaching: Knowledge for Effective Learning Process Management*. Chulalongkorn University Press. (In Thai)
- Morton, K. (2018). *4 Ways to Make Your Sales Training Videos Work Harder*. Association for Talent Development. <https://www.td.org/content/atd-blog/4-ways-to-make-your-sales-training-videos-work-harder>

- Nakmongkhon, K. (2019). *Development of U-Learning Model with Interactive Scenario Video and Reflective Thinking to Enhance Problem Solving Ability of Distance Undergraduate Students in Open Universities*. [Master's thesis, Chulalongkorn University]. Chulalongkorn University Intellectual Repository. <https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd/8969> (In Thai)
- Nonthamand, N. (2011). *Effects of an Insertion of 5W1H Questions in Lecture Videos on Demand via Web 2.0 on Learning Achievement and Problem-Solving Ability of Undergraduate Students*. [Master's thesis, Chulalongkorn University]. Chula DigiVerse. <https://doi.org/10.58837/chula.the.2011.10> (In Thai)
- Nonthamand, N. (2018). Interactive Videos with Open Learning in the 21st Century. *Journal of Education Studies, Chulalongkorn University*, 46(4), 211-227. (In Thai)
- Nuriddin, H. (2017). *5 Reasons to Get Started Using Scenario-Based E-Learning*. Association for Talent Development. <https://www.td.org/content/atd-blog/5-reasons-to-get-started-using-scenario-based-e-learning>
- Petcharawej, K. (2014). *The Results of Measuring Safe Driving Problem-Solving Skills Using Online Simulation Lessons for Undergraduates at Bangkok University*. [Unpublished master's thesis]. Ramkhamhaeng University. (In Thai)
- Phadke, S. (2021). *4 Examples of Using Scenarios to Create Context for Learning*. eLearning Industry. <https://elearningindustry.com/scenarios-to-create-context-for-learning-4-examples>
- Rodkroh, P. (2015). *Research and Development of a Problem-Based Learning Digital Game to Enhance Problem Solving Ability in Science Subject for Elementary Students*. [Doctoral dissertation, Chulalongkorn University]. Chulalongkorn University Intellectual Repository. <http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/51156> (In Thai)
- Sitipipattanakoon, S. (2010). *Development of Problem-Solving and Team Learning Abilities of Undergraduate Students with a Blended Learning Model Using Learning Together Technique with Different Case-Based Learning and Knowledge Sharing Technology*. [Doctoral dissertation, Chulalongkorn University]. Chula DigiVerse. <https://doi.org/10.58837/chula.the.2010.25> (In Thai)
- Somyaron, W. (2020). Development of Creative Learning Skills Through Multimedia Learning Based on Constructionism Theory to Enhance Learning Competency Skills in the 21st Century of Primary Schools in Phayao Province. *Journal of Education, Prince of Songkla University, Pattani Campus*, 31(1), 99-109. (In Thai)
- Songkram, N. (2010). *Development of a Problem-Based Learning Model Using Hypermedia-Based Cognitive Tools to Enhance Problem-Solving Ability of Undergraduate Agriculture Students*. [Doctoral dissertation, Chulalongkorn University]. Chula DigiVerse. <https://doi.org/10.58837/chula.the.2010.7> (In Thai)
- Spencer, R. (2025). *Using Real Life Scenarios in eLearning: 5 Advantages*. eLearning Industry. <https://elearningindustry.com/using-real-life-scenarios-in-elearning-5-advantages>
- Surin Primary Educational Service Area Office 1. (2025, June 10). 2568-1-Gender, Grade Level, Publish on Website. <https://drive.google.com/file/d/1sF4rXn9v0m78iE0zy153nIVgysN1UfO1/view> (In Thai)
- Suriyakrai, S. (2007). *A Development of an Adaptive Web-Based Learning Model for Individual Differences Based on the Mastery Learning Principle to Enhance Learning Achievement and Problem-Solving Skills of Pharmacy Students*. [Doctoral dissertation, Chulalongkorn University]. Chula DigiVerse. <https://doi.org/10.58837/chula.the.2007.4> (In Thai)

- Weir, A. J. (1974). *General Integration and Measure*. Cambridge University Press.
- Zhang, D., Zhou, L., Briggs, R. O., & Nunamaker, J. F. (2006). Instructional Video in E-Learning: Assessing the Impact of Interactive Video on Learning Effectiveness. *Information & Management*, 43(1), 15-27. <https://doi.org/10.1016/j.im.2005.01.004>

## A Comparison of Different Guidance Patterns in Interactive Video-Based Online Learning on Mathematics Achievement of Grade 8 Students

Pornsuda Sakaew<sup>1</sup>, Udom Homkham<sup>2,\*</sup>, and Nootjaree Boonget<sup>3,\*</sup>

<sup>1</sup>Program in Information and Communications Technology in Education, Faculty of Education, Surindra Rajabhat University, Surin 32000, Thailand; Email: 63054040202@srur.ac.th

<sup>2,\*</sup>Program in Information and Communications Technology in Education, Faculty of Education, Surindra Rajabhat University, Surin 32000, Thailand; Email: uudoomm@hotmail.com

<sup>3,\*</sup>Program in Information and Communications Technology in Education, Faculty of Education, Surindra Rajabhat University, Surin 32000, Thailand; Email: nootjaree.b@srur.ac.th

\*Corresponding author: Udom Homkham, Nootjaree Boonget (uudoomm@hotmail.com, nootjaree.b@srur.ac.th)

Received: 28 February 2026; Revised: 24 March 2026;

Accepted: 1 April 2026; Published: 30 April 2026

### Abstract

The purposes of this study were: (1) to compare Grade 8 students' academic achievement before and after using video guidance in an interactive video-based online mathematics course; (2) to compare their achievement before and after using infographic guidance; and (3) to compare post-test achievement between students using video guidance and those using infographic guidance. The population consisted of 153 Grade 8 students from the Jom Phra 1 Integrated School Network, Jom Phra District, Surin Province. The sample ( $n = 56$ ) was obtained through a two-stage sampling process. First, simple random sampling (school-level) selected three schools: Ban Phang Udom Sombun Witthaya School (15 students), Ban Khamin (Rueang Rat Rangsan) School (22 students), and Ban Chum Saeng School (19 students). Then, systematic sampling was used to assign students into two experimental groups: 29 students in the video-guidance group and 27 students in the infographic-guidance group. The research instruments included: (1) interactive videos with embedded questions on Statistics, (2) video guidance materials, (3) infographic guidance materials, (4) lesson plans, and (5) an academic achievement test. Data were analyzed using mean, standard deviation, and t-test. The results showed that: (1) students in the video-guidance group had significantly higher post-test scores than pre-test scores at the .05 level; (2) students in the infographic-guidance group also showed significantly higher post-test scores than pre-test scores at the .05 level; and (3) there was no significant difference in post-test achievement between the two groups at the .05 level.

**Keywords:** Video Guidance, Infographic Guidance, Interactive Video, Online Learning



Copyright © 2026 Journal of Computer and Creative Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC-ND).

### Citation:

Sakaew, P., Homkham, U., & Boonget, N. (2026). A Comparison of Different Guidance Patterns in Interactive Video-Based Online Learning on Mathematics Achievement of Grade 8 Students. *Journal of Computer and Creative Technology*, 4(1), e3701. <https://doi.org/10.65205/jcct.2026.e3701>

## การเปรียบเทียบรูปแบบการชี้แนะที่แตกต่างกันในการเรียนออนไลน์ด้วยวิดีโอปฏิสัมพันธ์ ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

พรสุตา สาแก้ว<sup>1,\*</sup> อุดม หอมคำ<sup>2</sup> และ นุชจรี บุญเกต<sup>3</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์ 32000  
ประเทศไทย; Email: 63054040202@srur.ac.th

<sup>2</sup>สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์ 32000  
ประเทศไทย; Email: uudoomm@hotmail.com

<sup>3</sup>สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์ 32000  
ประเทศไทย; Email: nootjaree.b@srur.ac.th

\*ผู้ประพันธ์บทความ: อุดม หอมคำ, นุชจรี บุญเกต (uudoomm@hotmail.com, nootjaree.b@srur.ac.th)

รับบทความ: 28 กุมภาพันธ์ 2569; แก้ไขบทความ: 24 มีนาคม 2569;

ตอบรับบทความ: 1 เมษายน 2569; เผยแพร่บทความ: 30 เมษายน 2569

### บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้วิดีโอชี้แนะในการเรียนออนไลน์ด้วยวิดีโอปฏิสัมพันธ์ในรายวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้อินโฟกราฟิกชี้แนะในการเรียนออนไลน์ด้วยวิดีโอปฏิสัมพันธ์ 3) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนโดยใช้วิดีโอชี้แนะและอินโฟกราฟิกชี้แนะในการเรียนออนไลน์ด้วยวิดีโอปฏิสัมพันธ์กลุ่มตัวอย่างการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของโรงเรียนขยายโอกาสในเครือข่ายบูรณาการจอมพระ 1 อำเภอจอมพระ จังหวัดสุรินทร์ จำนวน 153 คน ได้มาโดยแบบการสุ่มอย่างง่าย โดยใช้โรงเรียนเป็นหน่วยสุ่มจับสลากได้ โรงเรียนบ้านผางอุดมสมบูรณ์วิทยา จำนวน 15 คน โรงเรียนบ้านขมิ้น (เรืองราษฎร์รังสรรค์) จำนวน 22 คน และโรงเรียนบ้านชุมแสง จำนวน 19 คน รวมกลุ่มตัวอย่างจำนวน 56 คน และใช้วิธีการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบเป็นระบบ เพื่อเข้ากลุ่มทดลอง แบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 ใช้วิดีโอชี้แนะในการเรียนออนไลน์ด้วยวิดีโอปฏิสัมพันธ์ จำนวน 29 คน กลุ่มที่ 2 ใช้อินโฟกราฟิกชี้แนะในการเรียนออนไลน์ด้วยวิดีโอปฏิสัมพันธ์ จำนวน 27 คน เครื่องมือการวิจัย ได้แก่ 1) วิดีโอปฏิสัมพันธ์แบบแทรกคำถาม รายวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง สถิติ 2) วิดีโอชี้แนะในการเรียนออนไลน์ 3) อินโฟกราฟิกชี้แนะในการเรียนออนไลน์ 4) แผนการจัดการเรียนรู้ รายวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง สถิติ 5) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบสมมติฐาน t-test ผลวิจัยพบว่า 1) นักเรียนที่ใช้วิดีโอชี้แนะในการเรียนออนไลน์ด้วยวิดีโอปฏิสัมพันธ์ มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 2) นักเรียนที่ใช้อินโฟกราฟิกชี้แนะในการเรียนออนไลน์ด้วยวิดีโอปฏิสัมพันธ์ มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 3) นักเรียนที่ใช้วิดีโอชี้แนะกับอินโฟกราฟิกชี้แนะในการเรียนออนไลน์ด้วยวิดีโอปฏิสัมพันธ์ มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ไม่แตกต่างกัน

**คำสำคัญ:** วิดีโอชี้แนะ, อินโฟกราฟิกชี้แนะ, วิดีโอปฏิสัมพันธ์, การเรียนออนไลน์



Copyright © 2026 Journal of Computer and Creative Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC-ND).

การอ้างอิง:

พรสุตา สาแก้ว, อุดม หอมคำ, และ นุชจรี บุญเกต. (2569). การเปรียบเทียบรูปแบบการชี้แนะที่แตกต่างกันในการเรียนออนไลน์ด้วยวิดีโอปฏิสัมพันธ์ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *วารสารคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสร้างสรรค์*, 4(1), e3701. <https://doi.org/10.65205/jcct.2026.e3701>

## 1. บทนำ (Introduction)

ปัจจุบันเทคโนโลยีได้เข้ามามีบทบาทต่อชีวิตมนุษย์ และนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงด้านการศึกษาเทคโนโลยีเปิดโอกาสในการเรียนรู้มากมายให้แก่ผู้เรียน รวมทั้งสามารถเปลี่ยนวิธีการสอนและความเชื่อของครูที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในยุคศตวรรษที่ 21 ความท้าทายสำหรับการศึกษาในยุคนี้คือการค้นหาและพัฒนาเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพและมีคุณค่าต่อการเรียนการสอน การใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนมีผลอย่างยิ่งต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน ดังนั้นเทคโนโลยีจึงอำนวยความสะดวกในการสอนของครูและสนับสนุนกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน Singh & Thurman (2019) กล่าวว่า การเรียนออนไลน์เป็นการเรียนรู้ในสภาพแวดล้อมที่มีการจัดส่งเนื้อหาด้วยเทคโนโลยีเว็บ หรือเครือข่ายอินเทอร์เน็ต รวมทั้งเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อสร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนและผู้สอน Nonthamand (2018) ปัจจุบันวิดีโอปฏิสัมพันธ์ในการเรียนแบบเปิด โดยการแทรกคำถามระหว่างวิดีโอทำให้การเรียนแบบเปิดสามารถสร้างความสนใจและทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้ของตนเอง แล้วเกิดความเข้าใจในเนื้อหาตามที่ต้องการนำเสนอ สามารถกลับมาศึกษาได้ด้วยตนเอง หากผู้สอนออกแบบการสร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหากับผู้เรียนโดยใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด ใช้คำถามเพื่อประเมินระหว่างการเรียนรู้ด้วยวิดีโอแล้วผู้เรียนได้ตอบคำถาม คำตอบของผู้เรียนจะถูกบันทึกในระบบการจัดการเรียนการสอนเพื่อเป็นการประเมินผู้เรียนระหว่างเรียนได้ ซึ่งการชี้แนะเป็นกระบวนการของบุคคลที่เรียกว่า (Coach) สร้างความสัมพันธ์กับบุคคลอื่นที่ช่วยให้เรียนรู้ได้ง่ายขึ้น ผู้ชี้แนะช่วยให้บุคคลได้บรรลุเป้าหมายการทำงานในระดับที่สูงขึ้น กระบวนการนี้เป็นการสร้างให้บุคคลเข้มแข็งขึ้น ภูมิใจในตนเอง แสดงความสามารถซึ่งเป็นผลที่จะตามมา กระบวนการชี้แนะจึงเป็นการเสริมพลังและการให้ความช่วยเหลือ อำนาจความสะดวกแก่ผู้รับการชี้แนะเพื่อพัฒนาจากสภาพที่เป็นอยู่ไปสู่สภาพที่พึงปรารถนา ครอบคลุมถึงการชี้แนะทางความคิด Houten & Sullivan (1975) กล่าวถึง ผลของการชี้แนะโดยใช้วาจาและการกำหนดบทบาทผู้จัดการชั้นเรียนต่อการเพิ่มพฤติกรรมการปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับเพื่อนของเด็กแยกตัว มีผลการวิจัยพบว่าเด็กแยกตัวที่ได้รับการชี้แนะโดยใช้วาจา มีพฤติกรรมการปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับเพื่อนสูงกว่าเด็กที่ไม่ได้รับการชี้แนะโดยใช้วาจา Cooke & Apolloni (1976) กล่าวถึง ผลของการชี้แนะโดยใช้ท่าทางร่วมกับการเสนอตัวแบบและการเสริมแรงทางสังคม ในการเพิ่มพฤติกรรมทางสังคมที่เหมาะสม เช่น การยิ้ม การร่วมมือ การสัมผัสทางกาย เป็นต้น เด็กที่ด้อยความสามารถทางการเรียนทั้ง 7 คน พบว่าการใช้การชี้แนะโดยใช้ท่าทางร่วมกับการเสนอตัวแบบและการเสริมแรงทางสังคมทำให้พฤติกรรมทางสังคมที่เหมาะสมของเด็กด้อยความสามารถเพิ่มขึ้น Jantanamsri (2017) กล่าวว่า อินโฟกราฟิกคือนวัตกรรมในการถ่ายทอดความรู้โดยการเปลี่ยนข้อความให้เป็นภาพที่จับต้องได้ทำหน้าที่สรุปย่อเนื้อหาที่มีความซับซ้อนและมีจำนวนมากให้กลายเป็นสารสนเทศที่ประมวลผลง่ายให้กลายเป็นแผนภาพที่มีเหตุผลผ่านองค์ประกอบในการสื่อสาร เปลี่ยนข้อมูลนามธรรมให้กลายเป็นรูปธรรมเพื่อให้เกิดการรับรู้ที่ชัดเจน Sangwam & Rotjananirankit (2015) กล่าวถึงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสื่อการสอนระหว่างสื่อวิดีโอทัศน์กับภาพพลิกในด้านความรู้เรื่องการปฏิบัติตัวหลังคลอดและทักษะการให้นมมารดาของสตรีหลังคลอด ซึ่งมีการวิจัยพบว่า คะแนนความรู้เรื่องการปฏิบัติตัวหลังคลอดและทักษะการให้นมมารดาระหว่างการสอนผู้ป่วยทั้ง 2 วิธี ไม่แตกต่างกัน

จากความเป็นมาและความสำคัญที่กล่าวมาข้างต้น พบว่า เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ เป็นเรื่องที่ต้องใช้ความเข้าใจในการพิจารณาถึงผลที่เกิดขึ้น และยากที่จะเห็นภาพได้ชัดเจน นักเรียนอาจต้องใช้เวลาในการฟังคำอธิบายหลายครั้งจนกว่าจะเข้าใจจึงจากการศึกษาข้อมูล พบว่า ในการจัดการศึกษาสามารถที่จะนำวิดีโอปฏิสัมพันธ์ผ่านสื่อออนไลน์ร่วมกับการชี้แนะมาช่วยสนับสนุนการสอนให้สามารถลดความสับสนของผู้เรียนได้ ช่วยทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาที่ยากและซับซ้อนได้ และยังส่งเสริมกระบวนการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ส่งเสริมการศึกษารายบุคคลทำให้ผู้เรียนได้เรียนตามความสามารถ ตลอดจนช่วยลดปัญหาการขาดแคลนครูผู้สอน จากเหตุผลดังกล่าวเห็นความจำเป็นที่จะศึกษาการเปรียบเทียบรูปแบบการชี้แนะที่แตกต่างกันในการเรียนออนไลน์ด้วยวิดีโอปฏิสัมพันธ์ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งผลการวิจัยครั้งนี้จะเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์สำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษา เพื่อนำมาพัฒนาและปรับปรุงประสิทธิภาพการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ให้ดียิ่งขึ้นต่อไป

## 2. วัตถุประสงค์งานวิจัย (Research Objectives)

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้วิดีโอชี้แนะในการเรียนออนไลน์ด้วยวิดีโอปฏิสัมพันธ์ในรายวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้อินโฟกราฟิกชี้แนะในการเรียนออนไลน์ด้วยวิดีโอปฏิสัมพันธ์ในรายวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนโดยใช้วิดีโอชี้แนะและอินโฟกราฟิกชี้แนะในการเรียนออนไลน์ด้วยวิดีโอปฏิสัมพันธ์ในรายวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

## 3. การทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง (Literature Review)

### 3.1 การชี้แนะ (Coaching)

Thusriwan (2019) อธิบายว่า การชี้แนะ (Coaching) เป็นกระบวนการเรียนรู้และวิธีการพัฒนาการปฏิบัติงานรายบุคคล (Individual Performance) ที่เกิดจากการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และประสบการณ์ร่วมกันระหว่างผู้ชี้แนะและผู้รับการชี้แนะ โดยผู้ชี้แนะมีบทบาทในการส่งเสริม สนับสนุน ให้คำแนะนำ สะท้อนผลการปฏิบัติงาน และให้กำลังใจ เพื่อให้ผู้รับการชี้แนะสามารถค้นพบความรู้ใหม่และแนวทางการแก้ปัญหาด้วยตนเอง ขณะที่ Yungwilai (2020) กล่าวว่า การชี้แนะ (Prompting) เป็นการให้สิ่งเร้าที่ทำหน้าที่เป็นตัวชี้แนะ เพื่อช่วยให้บุคคลแสดงพฤติกรรมเป้าหมายได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น และช่วยลดระยะเวลาในการเรียนรู้ โดยมักใช้ร่วมกับวิธีการอื่น เช่น การแต่งพฤติกรรม (Shaping) และการเสริมแรง (Reinforcement) ทั้งนี้ การชี้แนะสามารถแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ ได้แก่ การชี้แนะโดยใช้วาจา (Verbal Prompting) เป็นการใช้คำพูดเพื่อกระตุ้นให้บุคคลแสดงพฤติกรรมตามเป้าหมาย การชี้แนะโดยใช้ท่าทาง (Physical Guidance) เป็นการใช้การแสดงออกทางสีหน้าและท่าทาง เช่น การชี้นิ้ว พยักหน้า หรือกวักมือ เพื่อชี้แนะพฤติกรรมการชี้แนะโดยใช้สิ่งของ (Material Prompting) เป็นการให้วัตถุหรือสัญลักษณ์ เช่น ป้าย ลูกศร หรือรูปภาพ เพื่อช่วยให้บุคคลแสดงพฤติกรรมตามเป้าหมาย สอดคล้องกับ Khempukhio & Yuankrathok (2019) ที่พบว่า การใช้ตัวแบบ (Modeling) การชี้แนะด้วยวาจา และการเสริมแรงทางสังคม สามารถลดพฤติกรรมเหม่อลอยของเด็กที่มีภาวะออทิสซึมได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยพฤติกรรมดังกล่าวเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการเรียนรู้และการพัฒนาศักยภาพของผู้เรียนในชั้นเรียน

### 3.2 วิดีโอปฏิสัมพันธ์ (Interactive Videos)

Nonthamand (2018) กล่าวถึง วิดีโอปฏิสัมพันธ์ในการเรียนแบบเปิด โดยการแทรกคำถามระหว่างวิดีโอทำให้การเรียนแบบเปิดสามารถสร้างความสนใจและทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้ของตนเอง แล้วเกิดความเข้าใจในเนื้อหาตามที่คุณสอนต้องการนำเสนอ สามารถกลับมาศึกษาได้ด้วยตนเอง หากผู้สอนมีการออกแบบการสร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหากับผู้เรียนโดยใช้คำถาม กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้หรือใช้คำถามเพื่อการประเมินระหว่างเรียนรู้ด้วยวิดีโอ การเรียนรู้ของผู้เรียนรวมถึงคำถามที่ผู้เรียนได้เรียนรู้จากวิดีโอ ผู้เรียนได้ตอบคำถามและคำตอบของผู้เรียนจะถูกบันทึกในระบบการจัดการเรียนการสอนเพื่อเป็นการประเมินผู้เรียนระหว่างเรียนได้ โดยผู้สอนสามารถตรวจสอบได้ว่า ผู้เรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับวิดีโอมากน้อยเพียงใด วิดีโอปฏิสัมพันธ์จึงเป็นเนื้อหาที่ได้ตอบกับผู้ใช้หรือการปฏิสัมพันธ์ประเภทหนึ่งที่สามารถมีส่วนร่วมด้วยการใช้คำถาม จุดสนใจบนวิดีโอทำให้นักเรียนสามารถทำกิจกรรมกับเนื้อหาบนวิดีโอได้ เกิดการมีส่วนร่วมมากกว่าการดูอย่างเดียวในขณะที่กำลังศึกษาวิดีโอทัศน์นั้น ๆ

### 3.3 การเรียนการสอนออนไลน์

การเรียนการสอนออนไลน์เป็นรูปแบบการจัดการศึกษาผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยใช้เครื่องมือและเทคโนโลยีดิจิทัลเป็นสื่อกลางในการเชื่อมต่อระหว่างผู้สอนและผู้เรียน ซึ่งสอดคล้องกับ Tebumroong (2025) ได้ศึกษา การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้เชิงรุกออนไลน์ร่วมกับการเรียนรู้จากการปฏิบัติ เพื่อส่งเสริมการกำกับตนเองและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โครงสร้างทางอิเล็กทรอนิกส์ของอะตอมของนักศึกษาระดับปริญญาตรี ผลวิจัยพบว่า 1. รูปแบบการเรียนรู้เชิงรุกออนไลน์ร่วมกับการเรียนรู้จากการปฏิบัติ เพื่อส่งเสริมการกำกับตนเองและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โครงสร้างทางอิเล็กทรอนิกส์ของอะตอมของนักศึกษาระดับปริญญาตรี มีองค์ประกอบดังนี้ 1) แนวคิดและทฤษฎีการจัดการเรียนรู้เชิงรุก 2) วัตถุประสงค์การเรียนรู้ 3) เนื้อหา 4) กระบวนการจัดการเรียนรู้ 5) การวัดและประเมินผลและ 6) บทบาทผู้สอนกับผู้เรียน และมีประสิทธิภาพเท่ากับ 80.17/77.60 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 75/75 ที่กำหนดไว้ 2. การกำกับตนเองและผลสัมฤทธิ์ทางการ

เรียน ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี หลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 'ระดับ .01 และ 3. นักศึกษาระดับปริญญาตรีมีความพึงพอใจต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้เชิงรุกออนไลน์ร่วมกับการเรียนรู้จากการปฏิบัติอยู่ในระดับมาก

### 3.4 อินโฟกราฟิก

Jantanamsri (2017) อินโฟกราฟิกคือนวัตกรรมในการถ่ายทอดความรู้โดยการเปลี่ยนข้อความให้เป็นภาพที่จับต้องได้ทำหน้าที่สรุปย่อเนื้อหาที่มีความซับซ้อนและมีจำนวนมากให้กลายเป็นสารสนเทศที่ประมวลผลง่ายกระบวนกรนี้อาศัยการจัดระเบียบข้อมูลทางสถิติและตัวเลขให้กลายเป็นแผนภาพที่มีเหตุผลผ่านองค์ประกอบในการสื่อสาร เช่น เส้น กรอบ ลูกศร และสัญลักษณ์ต่าง ๆ ร่วมกับตัวอักษรหลักที่สำคัญคือการเปลี่ยนข้อมูลนามธรรมให้กลายเป็นรูปธรรมเพื่อให้เกิดการรับรู้ที่ชัดเจน การออกแบบที่ดีต้องสามารถบอกเล่าเรื่องราวและแสดงข้อเท็จจริงได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำถือเป็นเครื่องมือสำคัญในยุคดิจิทัลที่ช่วยให้ผู้รับสารเข้าถึงประเด็นสำคัญได้ในเวลาที่จำกัดการสื่อสารในรูปแบบนี้ครอบคลุมทั้งสื่อในลักษณะภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหวตามความเหมาะสมช่วยลดภาระในการตีความเนื้อหาที่เข้าใจยากผ่านการจัดการข้อมูลอย่างเป็นระบบ สรุปได้ว่าอินโฟกราฟิกคือการย่อคลังข้อมูลเพื่อสร้างความเข้าใจที่ฉับไวและมีประสิทธิภาพ

## 4. กรอบแนวคิดงานวิจัย (Conceptual Framework)

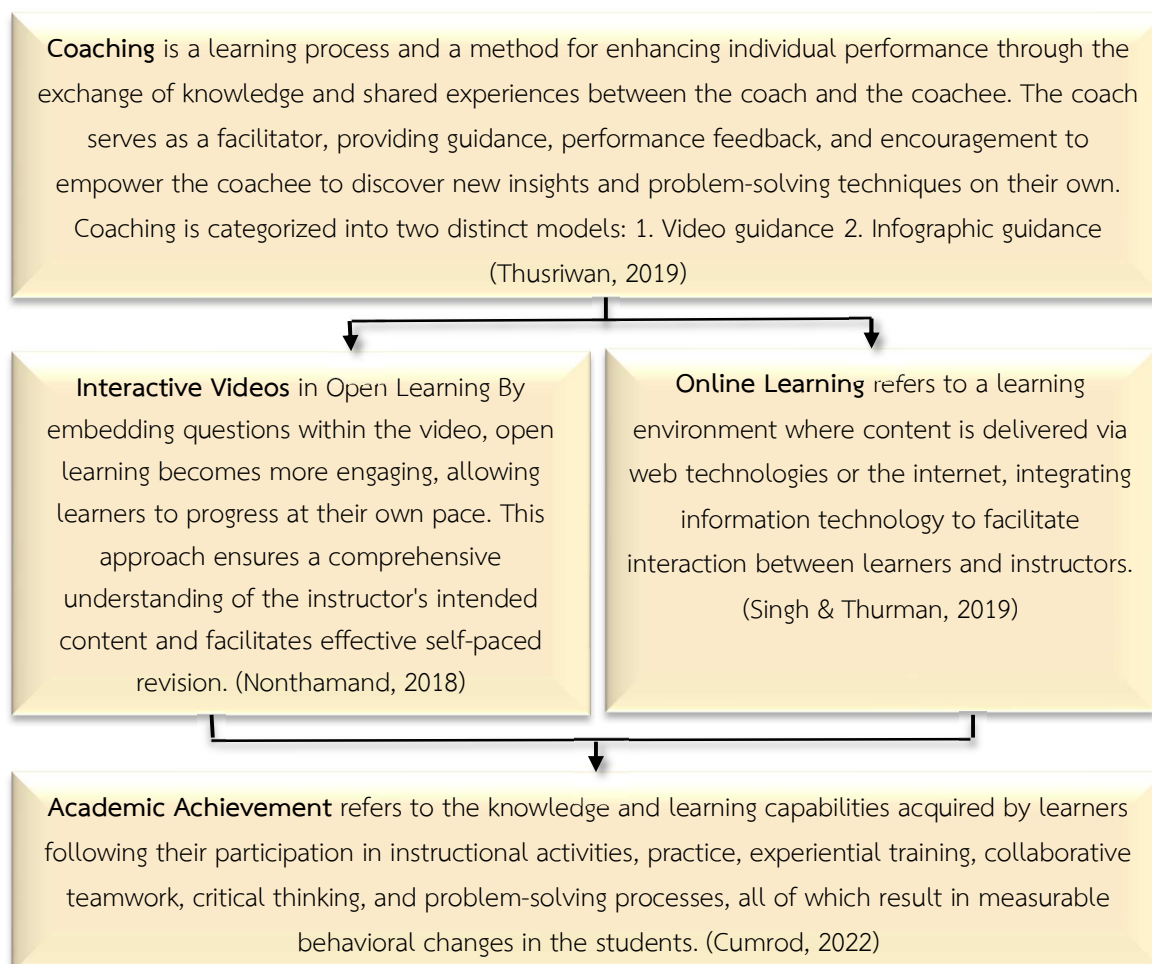


Figure 1. Conceptual Framework

## 5. วิธีดำเนินงานวิจัย (Research Methodology)

### 5.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของโรงเรียนขยายโอกาสในเครือข่ายสถานศึกษาแบบบูรณาการจอมพระ 1 อำเภोजอมพระ จังหวัดสุรินทร์ จำนวน 153 คน ประกอบด้วย 10 โรงเรียน ดังต่อไปนี้ 1) โรงเรียนบ้านขมิ้น (เรืองราษฎร์รังสรรค์) 2) โรงเรียนบ้านชุมแสง 3) โรงเรียนบ้านกันโจรง 4) โรงเรียนบ้านทุ่งนาค 5) โรงเรียนบ้านขามเตือราษฎร์สงเคราะห์ 6) โรงเรียนบ้านหนองเหล็กราษฎร์วิทยา 7) โรงเรียนบ้านตากวน) โรงเรียนลุ่มระวีวิทยา 9) โรงเรียนบ้านผางอุดมสมบูรณ์วิทยา 10) โรงเรียนบ้านดงเค็ง

2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของโรงเรียนขยายโอกาสในเครือข่ายบูรณาการจอมพระ 1 อำเภोजอมพระ จังหวัดสุรินทร์ จำนวน 153 คน ได้มาโดยการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) โดยใช้โรงเรียนเป็นหน่วยสุ่มจับสลากได้ โรงเรียนบ้านผางอุดมสมบูรณ์วิทยา จำนวน 15 คน โรงเรียนบ้านขมิ้น (เรืองราษฎร์รังสรรค์) จำนวน 22 คน และโรงเรียนบ้านชุมแสง จำนวน 19 คน รวมกลุ่มตัวอย่างจำนวน 56 คน และใช้วิธีการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบเป็นระบบ (Systematic Sampling) เพื่อเข้ากลุ่มทดลอง แบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 ใช้วิดีโอชี้แนะในการเรียนออนไลน์ด้วยวิดีโอปฏิสัมพันธ์ จำนวน 29 คน กลุ่มที่ 2 ใช้อินโฟกราฟิกชี้แนะในการเรียนออนไลน์ด้วยวิดีโอปฏิสัมพันธ์ จำนวน 27 คน

### 5.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยในครั้งนี้ มีการใช้เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและการสร้างเครื่องมือวิจัย ดังนี้

1. วิดีโอปฏิสัมพันธ์แบบแทรกคำถาม รายวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง สถิติ
2. วิดีโอชี้แนะในการเรียนออนไลน์
3. อินโฟกราฟิกชี้แนะในการเรียนออนไลน์
4. แผนการจัดการเรียนรู้ วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง สถิติ
5. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. วิดีโอปฏิสัมพันธ์แบบแทรกคำถาม รายวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง สถิติ

1.1 ศึกษาหลักการ แนวคิด ทฤษฎี จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แผนการจัดการเรียนรู้ และจัดทำสตอรี่บอร์ดสื่อวิดีโอปฏิสัมพันธ์ จำนวน 8 เรื่อง ได้แก่ 1) ความหมาย ความสำคัญของสถิติข้อมูล 2) แผนภาพต้น-ใบ 3) การนำเสนอข้อมูลโดยใช้ตารางแจกแจงความถี่ 4) ฮิสโทแกรม 5) ค่าเฉลี่ยเลขคณิต 6) มัธยฐาน 7) ฐานนิยม 8) การใช้ข้อมูลสถิติประกอบการตัดสินใจ

1.2 ผลิตสื่อวิดีโอปฏิสัมพันธ์แบบแทรกคำถาม โดยนำเอาทฤษฎีการออกแบบและพัฒนาสื่อของ ADDIE Model ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การวิเคราะห์ (Analysis) 2) การออกแบบ (Design) 3) การพัฒนา (Development) 4) การนำไปใช้ (Implementation) และ 5) การประเมินผล (Evaluation) มาเป็นหลักการในการผลิตและพัฒนาวิดีโอปฏิสัมพันธ์

1.3 นำสื่อวิดีโอปฏิสัมพันธ์แบบแทรกคำถาม เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการจัดการเรียนการสอนเนื้อหาในรายวิชาคณิตศาสตร์ 1 คน ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและสื่อสารการศึกษา 1 คน และด้านหลักสูตรและการสอน 1 คน เพื่อประเมินความเหมาะสมของสื่อวิดีโอปฏิสัมพันธ์แบบแทรกคำถาม พบว่า มีความเหมาะสมอยู่ในระดับ มากที่สุด ( $\bar{X} = 4.76$ , S.D. = 0.48)

2. วิดีโอชี้แนะในการเรียนออนไลน์

2.1 ออกแบบเนื้อหาวิดีโอชี้แนะ ที่ชี้แนะเกี่ยวกับการเรียนออนไลน์ ชี้แนะในประเด็นเนื้อหาการเรียน วิธีการเรียน จุดเน้นการเรียน จำนวน 8 คลิป ตามแผนการจัดการเรียน จำนวน 8 เรื่อง

2.2 ถ่ายทำ บันทึกภาพ บันทึกเสียงตามเนื้อหาที่ออกแบบ และตัดต่อวิดีโอชี้แนะ โดยใช้โปรแกรม Microsoft Powerpoint

2.3 นำวิดีโอชี้แนะ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการจัดการเรียนการสอน เนื้อหาในรายวิชาคณิตศาสตร์ 1 คน ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและสื่อสารการศึกษา 1 คน และด้านหลักสูตรและการสอน 1 คน เพื่อประเมินความเหมาะสมของสื่อวิดีโอชี้แนะ พบว่า มีความเหมาะสมอยู่ในระดับ มากที่สุด ( $\bar{X} = 4.79$ , S.D. = 0.42)

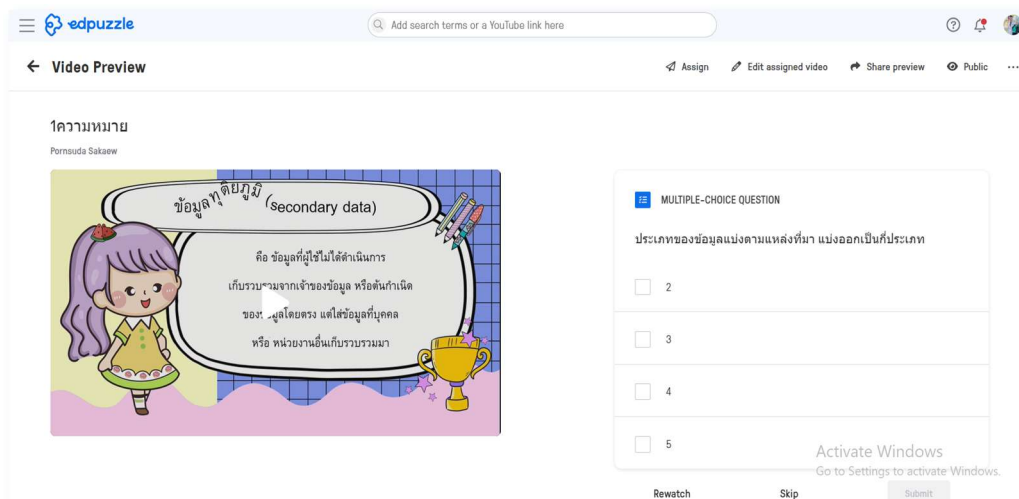


Figure 2. Interactive Videos with Embedded Questions

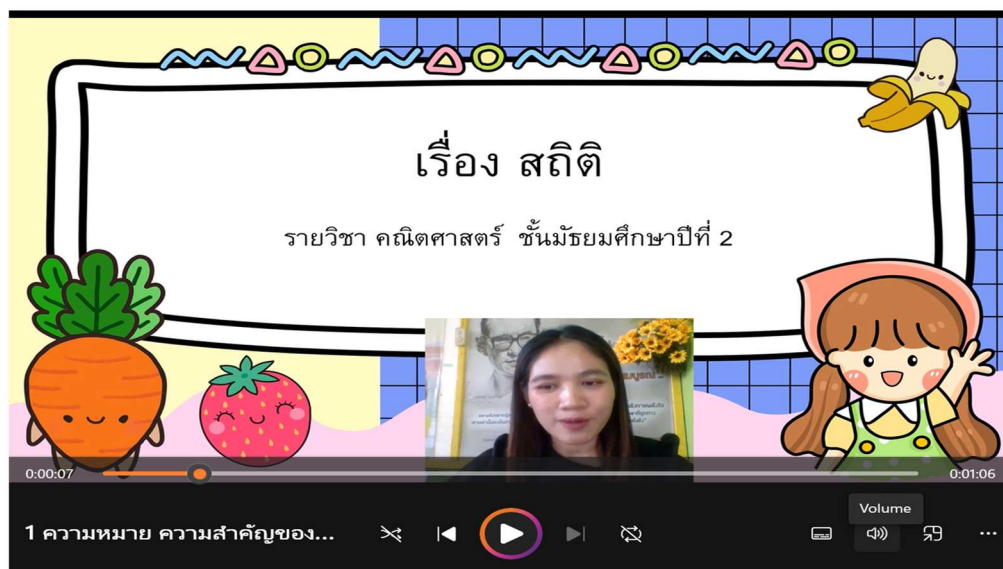


Figure 3. Videos Guided for Online Learning through Interactive Video: Scaffolding Learning Steps, Content, and Key Highlights

### 3. อินโฟกราฟิกชี้แนะในการเรียนออนไลน์

3.1 ออกแบบเนื้อหาอินโฟกราฟิกชี้แนะ ที่ชี้แนะเกี่ยวกับการเรียนออนไลน์ ในประเด็นเนื้อหาการเรียน วิธีการเรียน จุดเน้นการเรียน จำนวน 8 ฉบับ ตามแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 8 เรื่อง

3.2 สร้างอินโฟกราฟิก ประกอบด้วย รูปภาพ ตัวอักษร และสัญลักษณ์ โดยใช้โปรแกรม Canva บน คอมพิวเตอร์

3.3 นำอินโฟกราฟิกชี้แนะ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการจัดการเรียนการสอนเนื้อหาในรายวิชาคณิตศาสตร์ 1 คน ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและสื่อสารการศึกษา 1 คน และด้านหลักสูตรและการสอน 1 คน เพื่อประเมินความเหมาะสมของสื่ออินโฟกราฟิกชี้แนะ พบว่า มีความเหมาะสมอยู่ในระดับ มากที่สุด ( $\bar{X}$  = 4.86, S.D. = 0.35)



Figure 4. Infographics Guidance for Online Learning through Interactive Videos: Directing Learning Steps, Content, and Points of Interest

4. แผนการจัดการเรียนรู้ รายวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง สถิติ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพดังนี้

4.1 ศึกษาเอกสาร ตำรางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้

4.2 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง ปีพุทธศักราช 2560) หลักสูตรสถานศึกษา เพื่อทำการวิเคราะห์หลักสูตร มาตรฐานการเรียนรู้ คำอธิบายรายวิชา เพื่อจัดทำหน่วยการเรียนรู้และกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้

4.3 วิเคราะห์และเลือกเนื้อหาสาระเพื่อนำมาสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้

4.4 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีหัวข้อต่าง ๆ ดังนี้ มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด ความคิดรวบยอด จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ การวัดผลและประเมินผล กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้และแหล่งการเรียนรู้ นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมแล้วปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

4.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการจัดการเรียนการสอนเนื้อหาในรายวิชาคณิตศาสตร์ 1 คน ด้านการจัดการเรียนบนอีเลิร์นนิ่ง 1 คน และด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและ

สื่อสารการศึกษา 1 คน เพื่อประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า มีความเหมาะสมอยู่ในระดับ มาก ที่สุด ( $\bar{X} = 4.77$ , S.D. = 0.43)

#### 5. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

พัฒนาแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เป็นแบบวัดระดับความสามารถที่ครอบคลุม พฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย ซึ่งวัด 4 ระดับในวิชาคณิตศาสตร์ คือ ความรู้ ความเข้าใจ การนำไปใช้และการวิเคราะห์ ประกอบด้วยข้อคำถาม 30 ข้อ แต่ละข้อประกอบด้วย 4 ตัวเลือก

5.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รวมทั้ง คำอธิบายรายวิชา วัตถุประสงค์ และโครงสร้างเนื้อหาวิชาตรงตามมาตรฐาน สาระการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ในหลักสูตร

5.2 จัดทำตารางวิเคราะห์เนื้อหาที่ครอบคลุมเนื้อหาในรายวิชาคณิตศาสตร์ ตามวัตถุประสงค์เชิง พฤติกรรมที่ต้องการวัด

5.3 สร้างแบบทดสอบให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของรายวิชา โดยสร้างแบบทดสอบเป็น แบบปรนัย 4 ตัวเลือก ตามหลักการจำแนกพฤติกรรมของบลูม

5.4 นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ปรับแก้จากคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาแล้วไปให้ ผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ด้านการสอนเกี่ยวกับเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง จำนวน 3 คน ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ผลการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) ได้ค่าดัชนีความ สอดคล้องเท่ากับ 0.92

5.5 นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปทดลองกับกลุ่มที่ไม่ใช่กลุ่มทดลอง จำนวน 30 คน เพื่อหา ระดับความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนกและความเที่ยงของแบบทดสอบและคัดเลือกข้อสอบที่มีความยากง่าย และค่าความ เชื่อมั่นแบบทดสอบทั้งชุดในสูตรของ KR-20 ผลการหาค่าความยากง่ายของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่า มีค่า ความยากง่าย อยู่ระหว่าง 0.23-0.80 ผลการหาค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่า มีค่าอำนาจ จำแนก อยู่ระหว่าง 0.20-0.80 และค่าความเชื่อมั่นแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งฉบับในสูตรของ KR-20 พบว่าแบบวัด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีค่า KR-20 = 0.895

#### 5.3 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ทำหนังสือขออนุญาตให้นักเรียนเป็นกลุ่มตัวอย่างในการทดลองไปยังโรงเรียนที่กำหนด
  2. ครูชี้แจงกระบวนการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน ขั้นตอนการเข้ากลุ่มไลน์ ขั้นตอนการเรียนออนไลน์ รูปแบบ การเรียนด้วยวิดีโอปฏิสัมพันธ์
  3. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มทดลองจำนวน 2 กลุ่ม ทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนในชั้นเรียน จำนวน 30 ข้อ
  4. ดำเนินการจัดการเรียนการสอนในระบบ Line จำนวน 4 สัปดาห์ จากสถานการณ์ที่กำหนด
  5. เมื่อดำเนินการจัดการเรียนการสอนเสร็จสิ้น ครบทั้ง 4 สัปดาห์ นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนหลังเรียนในชั้นเรียน จำนวน 30 ข้อ
  6. วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน
- การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง แบบ 2 กลุ่ม มีการวัดผล 2 ระยะ คือ วัดก่อนเรียนและวัดหลังเรียน ดังแสดง ใน Table 1.

Table 1. Research Design

| Group          | Pre-test                      | Treatment      | Post-test                     |
|----------------|-------------------------------|----------------|-------------------------------|
| E <sub>1</sub> | O <sub>1</sub> E <sub>1</sub> | X <sub>1</sub> | O <sub>2</sub> E <sub>1</sub> |
| E <sub>2</sub> | O <sub>1</sub> E <sub>2</sub> | X <sub>2</sub> | O <sub>2</sub> E <sub>2</sub> |

ความหมายของสัญลักษณ์

- $E_1$  = กลุ่มทดลองที่ 1 ใช้วิดีโอชี้แนะในการเรียนออนไลน์  
 $E_2$  = กลุ่มทดลองที่ 2 ใช้อินโฟกราฟิกชี้แนะในการเรียนออนไลน์  
 $O_1E_1$  = การสอบก่อนเรียนในกลุ่มทดลองที่ 1  
 $O_1E_2$  = การสอบก่อนเรียนในกลุ่มทดลองที่ 2  
 $X_1$  = กลุ่มที่เรียนด้วยวิดีโอชี้แนะในการเรียนออนไลน์  
 $X_2$  = กลุ่มที่เรียนด้วยอินโฟกราฟิกชี้แนะในการเรียนออนไลน์  
 $O_2E_1$  = การสอบหลังเรียนในกลุ่มทดลองที่ 1  
 $O_2E_2$  = การสอบหลังเรียนในกลุ่มทดลองที่ 2

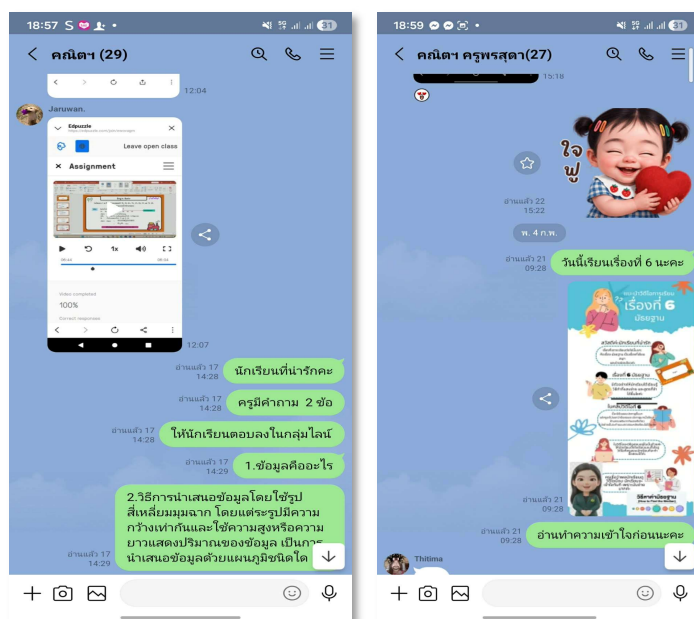


Figure 5. Online Learning

#### 5.4 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

1. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ของกลุ่มทดลองที่ใช้วิดีโอชี้แนะในการเรียนออนไลน์ด้วยวิดีโอปฏิสัมพันธ์ โดยใช้ t-test Dependent
2. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ของกลุ่มทดลองที่ใช้อินโฟกราฟิกชี้แนะในการเรียนออนไลน์ด้วยวิดีโอปฏิสัมพันธ์ โดยใช้ t-test Dependent
3. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ของกลุ่มทดลองที่ใช้วิดีโอชี้แนะและอินโฟกราฟิกชี้แนะในการเรียนออนไลน์ด้วยวิดีโอปฏิสัมพันธ์ โดยใช้ t-test Independent

#### 6. ผลการวิจัย (Results)

ในการนำเสนอผลการวิจัยเสนอเป็น 3 ข้อดังนี้

##### 6.1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้วิดีโอชี้แนะในการเรียนออนไลน์ด้วยวิดีโอปฏิสัมพันธ์ในรายวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ผลการวิจัยดัง Table 2.

**Table 2.** Data Analysis Using Mean ( $\bar{x}$ ), Standard Deviation (S.D.), and a Comparison of Pre-test and Post-test Mean Scores Using Videos Guidance in Online Learning

| videos guidance | n  | $\bar{x}$ | S.D.  | t      | p    |
|-----------------|----|-----------|-------|--------|------|
| Pre-test        | 29 | 10.97     | 3.365 | 9.697* | .001 |
| Post-test       | 29 | 17.93     | 2.618 |        |      |

\* $p \leq .05$

จาก Table 2. พบว่า นักเรียนที่ใช้วิดีโอชี้แนะในการเรียนออนไลน์ด้วยวิดีโอปฏิสัมพันธ์ มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ( $\bar{x} = 17.93$ , S.D. = 2.618) สูงกว่าก่อนเรียน ( $\bar{x} = 10.97$ , S.D. = 3.365) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

## 6.2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้อินโฟกราฟิกชี้แนะในการเรียนออนไลน์ด้วยวิดีโอปฏิสัมพันธ์ในรายวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ผลการวิจัยดัง Table 3.

**Table 3.** Data Analysis Using Mean ( $\bar{x}$ ), Standard Deviation (S.D.), and a Comparison of Pre-test and Post-test Mean Scores Using Infographics Guidance in Online Learning

| Infographics Guidance | n  | $\bar{x}$ | S.D.  | t       | p    |
|-----------------------|----|-----------|-------|---------|------|
| Pre-test              | 27 | 9.04      | 2.653 | 14.199* | .001 |
| Post-test             | 27 | 18.19     | 2.829 |         |      |

\* $p \leq .05$

จาก Table 3. พบว่า นักเรียนที่ใช้อินโฟกราฟิกชี้แนะในการเรียนออนไลน์ด้วยวิดีโอปฏิสัมพันธ์ มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ( $\bar{x}=18.19$  S.D.=2.829) สูงกว่าก่อนเรียน ( $\bar{x}=9.04$  S.D.=2.653) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

## 6.3 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนโดยใช้วิดีโอชี้แนะและอินโฟกราฟิกชี้แนะในการเรียนออนไลน์ด้วยวิดีโอปฏิสัมพันธ์ในรายวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ผลการวิจัยดัง Table 4.

**Table 4.** Data Analysis Using Mean ( $\bar{x}$ ), Standard Deviation (S.D.), and a Comparison of Post-test Mean Scores Between the Group Using Videos Guidance and the Group Using Infographics Guidance in Online Learning

| Online Learning Guidance | n  | $\bar{x}$ | S.D.  | t     | p    |
|--------------------------|----|-----------|-------|-------|------|
| Videos guidance          | 29 | 17.93     | 2.618 | 0.349 | .700 |
| Infographics guidance    | 27 | 18.19     | 2.829 |       |      |

จาก Table 4. พบว่า นักเรียนที่ใช้วิดีโอชี้แนะ ( $\bar{x} = 17.93$ , S.D. = 2.618) กับอินโฟกราฟิกชี้แนะ ( $\bar{x} = 18.19$ , S.D. = 2.829) ในการเรียนออนไลน์ด้วยวิดีโอปฏิสัมพันธ์ มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญที่ระดับ .05

## 7. สรุปผลการวิจัย (Conclusion)

นักเรียนที่ใช้วิดีโอชี้แนะในการเรียนออนไลน์ด้วยวิดีโอปฏิสัมพันธ์ มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ( $\bar{x} = 17.93$ , S.D. = 2.618) สูงกว่าก่อนเรียน ( $\bar{x} = 10.97$ , S.D. = 3.365) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

นักเรียนที่ใช้อินโฟกราฟิกชี้แนะในการเรียนออนไลน์ด้วยวิดีโอปฏิสัมพันธ์ มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ( $\bar{x} = 18.19$ , S.D. = 2.829) สูงกว่าก่อนเรียน ( $\bar{x} = 9.04$ , S.D. = 2.653) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

นักเรียนที่ใช้วิดีโอชี้แนะกับอินโฟกราฟิกชี้แนะในการเรียนออนไลน์ด้วยวิดีโอปฏิสัมพันธ์ มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญที่ระดับ .05

## 8. อภิปรายผลการวิจัย (Discussion)

การวิจัยเรื่อง การเปรียบเทียบรูปแบบการชี้แนะที่แตกต่างกันในการเรียนออนไลน์ด้วยวิดีโอปฏิสัมพันธ์ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

1. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้วิดีโอชี้แนะในการเรียนออนไลน์ด้วยวิดีโอปฏิสัมพันธ์ พบว่า นักเรียนที่ใช้วิดีโอชี้แนะในการเรียนออนไลน์ด้วยวิดีโอปฏิสัมพันธ์ มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ( $\bar{x} = 17.93$ , S.D. = 2.618) สูงกว่าก่อนเรียน ( $\bar{x} = 10.97$ , S.D. = 3.365) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ผลการวิจัยเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้เนื่องจากวิดีโอชี้แนะที่ได้สร้างขึ้นในรูปแบบของวิดีโอชี้แนะช่วยให้ผู้เรียนสามารถมุ่งความสนใจไปยังเนื้อหาสำคัญได้อย่างถูกต้อง ลดความสับสนในการเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านระบบออนไลน์ คำพูดชี้แนะช่วยเชื่อมโยงระหว่างภาพที่เห็นในวิดีโอกับคำอธิบาย ทำให้เกิดการประมวลผลข้อมูลแบบสองทาง (Dual Coding) ทั้งภาพและเสียง ส่งผลให้เกิดความเข้าใจในระดับเชิงลึกและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ทำให้ผู้เรียนมุ่งความสนใจไปยังเนื้อหาในวิดีโอปฏิสัมพันธ์ ทำให้ไม่หลงทางในการเรียน จดจ่ออยู่กับสิ่งที่เรียน จึงส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงขึ้น สอดคล้องกับ Khemphukhieo & Yuankrathok (2019) ที่ได้ศึกษา การใช้ตัวแบบ การชี้แนะด้วยวาจา และการเสริมแรงทางสังคม สามารถลดพฤติกรรมเหม่อลอยของเด็กที่มีภาวะออทิสซึมทั้ง 3 คน

2. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้อินโฟกราฟิกชี้แนะในการเรียนออนไลน์ด้วยวิดีโอปฏิสัมพันธ์ พบว่า นักเรียนที่ใช้อินโฟกราฟิกชี้แนะในการเรียนออนไลน์ด้วยวิดีโอปฏิสัมพันธ์ มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ( $\bar{x} = 18.19$ , S.D. = 2.829) สูงกว่าก่อนเรียน ( $\bar{x} = 9.04$ , S.D. = 2.653) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ผลการวิจัยเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้เนื่องจากการใช้อินโฟกราฟิกเป็นเครื่องมือในการชี้แนะ ดึงดูดสายตา และน่าสนใจ การใช้สีสัน ลายเส้น และไอคอนที่สวยงาม ทำให้เนื้อหาที่น่าสนใจกว่าการพิมพ์ข้อความธรรมดา การเข้าถึงง่าย และได้รับความสนใจกว่าบทความยาว ๆ ช่วยให้เข้าใจเนื้อหาจำนวนมากได้ในภาพเดียว ส่งผลให้เกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพในสภาพแวดล้อมออนไลน์ สอดคล้องกับ Seepheung (2017) ที่ได้ศึกษา การพัฒนาสื่ออินโฟกราฟิก เรื่องพระอภัยมณี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อส่งเสริมความสามารถในการอ่านเพื่อความเข้าใจ พบว่า ประสิทธิภาพของสื่ออินโฟกราฟิกส่งเสริมความสามารถในการอ่านเพื่อความเข้าใจมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด และผลการเปรียบเทียบความสามารถในการอ่านเพื่อความเข้าใจของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนเรียนและหลังเรียน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยคะแนนเฉลี่ยหลังจากเรียนด้วยสื่ออินโฟกราฟิกสูงกว่าก่อนเรียน

3. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนที่เรียนโดยใช้วิดีโอชี้แนะกับอินโฟกราฟิกชี้แนะในการเรียนออนไลน์ด้วยวิดีโอปฏิสัมพันธ์ พบว่า นักเรียนที่ใช้วิดีโอชี้แนะกับอินโฟกราฟิกชี้แนะในการเรียนออนไลน์ด้วยวิดีโอปฏิสัมพันธ์ มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญที่ระดับ .05 ทั้งนี้ประสิทธิภาพในการทำหน้าที่เป็น ตัวกระตุ้นความสนใจ ทั้งนักเรียนที่ใช้วิดีโอชี้แนะกับอินโฟกราฟิกชี้แนะต่างทำหน้าที่เป็น ตัวส่งสัญญาณที่มีประสิทธิภาพทัดเทียมกันในการชี้จุดสำคัญของการเรียน ทำให้ผู้เรียนไม่หลงประเด็นในระหว่างการเรียนรู้วิดีโอปฏิสัมพันธ์ ส่งผลให้ผลที่ออกมาไม่แตกต่างกัน กลุ่มที่ใช้วิดีโอชี้แนะ เน้นการเชื่อมโยงเสียงบรรยายกับภาพในวิดีโอ กลุ่มที่ใช้อินโฟกราฟิก เน้นการใช้สัญลักษณ์ทางสายตาเพื่อสรุปโน้ตค้น เมื่อทั้งสองวิธีสามารถช่วยลดภาระทางปัญญาได้เหมือนกัน จึงทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพุ่งสูงขึ้นจากก่อนเรียนอย่างมากในระดับที่ใกล้เคียงกัน สะท้อนให้เห็นว่า รูปแบบการชี้แนะทั้งสองมีศักยภาพในการสนับสนุนการเรียนออนไลน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ครูผู้สอนจึงสามารถเลือกใช้รูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง หรือใช้ผสมผสานกันได้ ตามความเหมาะสมของเนื้อหา สอดคล้องกับ Sangwan & Rotjananirankit (2015) กล่าวถึงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสื่อการสอนระหว่างสื่อวีดิทัศน์กับภาพพลิกในด้านความรู้เรื่องการปฏิบัติตัวหลังคลอดและทักษะการให้นมมารดาของสตรีหลังคลอด ซึ่งมีผลวิจัยพบว่า คะแนนความรู้เรื่องการปฏิบัติตัวหลังคลอดและทักษะการให้นมมารดาระหว่างการสอนผู้ช่วยทั้ง 2 วิธี ไม่มีแตกต่างกัน

## 9. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยด้วยความกรุณาและช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ทรงคุณวุฒิ คณาจารย์ สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศและสื่อสารการศึกษา เพื่อนร่วมรุ่น ICT รุ่นที่ 28 และ 29 ขอขอบพระคุณบิดา มารดาและครอบครัวที่คอยเป็นกำลังใจ ให้คำปรึกษาและสนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้

## 10. การเปิดเผยการใช้ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ (Declaration of Generative AI)

งานวิจัยนี้ใช้ Gemini ในการตรวจสอบภาษาอังกฤษ

## 11. การแสดงบทบาทผู้เขียน (CRediT Author Statement)

**Pornsuda Sakaew:** Conceptualization, Methodology, Validation, Formal Analysis, Investigation, Resources, Data Curation, Writing – Original Draft, Writing – Review & Editing, Visualization.

**Udom Homkham:** Validation, Supervision.

**Nootjaree Boonget:** Validation, Supervision.

All authors read and approved the final manuscript.

## 12. เอกสารอ้างอิง (References)

- Cooke, T. P., & Apolloni, T. (1976). Developing Positive Social-Emotional Behaviors: A Study of Training and Generalization Effects. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 9(1), 65-78.  
<https://doi.org/10.1901/jaba.1976.9-65>
- Cumrod, S. (2022). *The Study of Learning Achievement and Analytical Thinking by Using Constructionism Theory for Grade 10 Students*. [Master's thesis, Burapha University]. DSpace at Burapha University.  
<https://ir.buu.ac.th/dspace/handle/1513/565> (In Thai)
- Houten, R. V., & Sullivan, K. (1975). Effects of an Audio Cueing System on the Rate of Teacher Praise. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 8(2), 197-201. <https://doi.org/10.1901/jaba.1975.8-197>
- Jantanamsri, T. (2017). *Content and Forms of Communication via Infographic to Perception and Memory on Infographic Thailand Facebook Fan Pages*. [Master's thesis, Bangkok University]. DSpace at Bangkok University. <http://dspace.bu.ac.th/jspui/handle/123456789/3192> (In Thai)
- Khemphukhieo, A., & Yuankrathok, P. (2019). The Effects of Modeling, Verbal Prompting and Social Reinforcement on Absent-Minded Behavior for Children with Autism. *Journal of Education (Graduate Studies Research)*, 13(2), 107-115 (In Thai)
- Nonthamand, N. (2018). Interactive Videos with Open Learning in the 21st Century. *Journal of Education Studies, Chulalongkorn University*, 46(4), 211-227. (In Thai)
- Sangworn, M., & Rotjananirankit, N. (2015). *Comparative Study on the Effectiveness of Two Teaching Medias: Use of Video and Use of Flip Chart Instructions on the Knowledge of Postpartum Women for Postpartum Practices and Breastfeeding Skills*. *Journal of Public Health Nursing*, 29(1), 56-66.
- Seepheung, K. (2017). Development of an Educational Infographic 'Phra Aphai Mani' to Promote Reading Comprehension Skills for Matthayom 3 Students. [Master's thesis, Silpakorn University]. DSpace at Silpakorn University. <http://ithesis-ir.su.ac.th/dspace/handle/123456789/1418> (In Thai)
- Singh, V., & Thurman, A. (2019). How Many Ways Can We Define Online Learning? A Systematic Literature Review of Definitions of Online Learning (1988-2018). *American Journal of Distance Education*, 33(4), 289-306. <https://doi.org/10.1080/08923647.2019.1663082>

- Tebumroong, P. (2025). Development of an Online Active Learning Model with Action Learning to Enhance Self-Regulation and Learning Achievement on the Topic of Electronic Structure of Atoms for Undergraduate Students. *Academic Journal of Curriculum and Instruction Sakon Nakhon Rajabhat University*, 17(49), 105-116. (In Thai)
- Thusriwan, T. (2019). *The Development of Coaching Model to Enhance 21st Century Learning Management Skills In-Service Teachers*. [Doctoral dissertation, Mahasarakham University]. DSpace at Mahasarakham University. <http://202.28.34.124/dspace/handle/123456789/351> (In Thai)
- Yungwilai, P. (2020). Effects Comparisions of Coaching and Health Education on Health Behaviors and Blood Pressure Level of the Elderly with Uncontrolled Hypertension in Out Patient Department Khoksamrong Hospital, Lopburi Province. *Academic Journal of Comminuty Public Health*, 6(2), 41-54. (In Thai)

## Development of a Centralized System for Exchanging Geometric Point Movements in 3D Models for Visual Effects and Computer Animation

Ninlagarn Boobpachote<sup>1</sup>, Sittisak Rattanaprapawan<sup>2</sup>, Punyarat Rungsoongnern<sup>3</sup>, and  
Orathai Suttijak<sup>4,\*</sup>

<sup>1</sup>Program in Multimedia Technology, Faculty of Architecture and Creative Arts, Rajamangala University of Technology Isan, Nakhon Ratchasima 30000, Thailand; Email: ninlagarn.bo@rmuti.ac.th

<sup>2</sup>Program in Multimedia Technology, Faculty of Architecture and Creative Arts, Rajamangala University of Technology Isan, Nakhon Ratchasima 30000, Thailand; Email: sittisak.rt@rmuti.ac.th

<sup>3</sup>Program in Multimedia Technology, Faculty of Architecture and Creative Arts, Rajamangala University of Technology Isan, Nakhon Ratchasima 30000, Thailand; Email: punyarat.pu@rmuti.ac.th

<sup>4,\*</sup>Department of New Media, Faculty of Informatics, Mahasarakham University, Maha Sarakham 44150, Thailand; Email: orathai.s@msu.ac.th

*\*Corresponding author: Orathai Suttijak (orathai.s@msu.ac.th)*

**Received:** 1 March 2026; **Revised:** 7 April 2026;

**Accepted:** 9 April 2026; **Published:** 30 April 2026

### Abstract

This study explores techniques for reducing file sizes and processing time of geometric point movements in 3D models, leading to the development of a GPU Cache algorithm. The objectives of the research were: 1) to design and develop a centralized system for exchanging geometric point movement data in 3D models between visual effects and computer animation software, and 2) to examine user satisfaction and compare the usability of the developed system in supporting workflows in visual effects and computer animation. The sample group consisted of 34 undergraduate students majoring in Multimedia Technology at Rajamangala University of Technology Isan, selected based on their prior coursework in visual effects and computer animation. The research employed mean, standard deviation, and t-test statistics. Results indicated that 1) the developed centralized system was highly effective, with an average score of 4.38, and 2) the sample group showed a statistically significant difference in satisfaction levels before and after using the centralized system at the .05 significance level. Satisfaction after using the system was higher than before, with a mean score of 4.157.

**Keywords:** Centralized System, Geometric Points, 3D Models, Visual Effects, Computer Animation



Copyright © 2026 Journal of Computer and Creative Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC-ND).

### Citation:

Boobpachote, N, Rattanaprapawan, S., Rungsoongnern, P., & Suttijak, O. (2026). Development of a Centralized System for Exchanging Geometric Point Movements in 3D Models for Visual Effects and Computer Animation. *Journal of Computer and Creative Technology*, 4(1), e3713. <https://doi.org/10.65205/jcct.2026.e3713>

## การพัฒนาระบบศูนย์กลางเพื่อแลกเปลี่ยนการเคลื่อนไหวของจุดเรขาคณิตในโมเดลสามมิติ สำหรับงานด้านวิชวลเอฟเฟกต์และคอมพิวเตอร์แอนิเมชัน

นิลละภาพ บุบผาโชติ<sup>1</sup>, สิทธิศักดิ์ รัตนประภาวรรณ<sup>2</sup>, ปุญญรัตน์ รังสูงเนิน<sup>3</sup>, และ อรทัย สุทธิจักร<sup>4,\*</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาเทคโนโลยีมีเดีย คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และศิลปกรรมสร้างสรรค์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน  
จังหวัดนครราชสีมา 30000 ประเทศไทย; Email: ninlagarn.bo@rmu.ac.th

<sup>2</sup>สาขาวิชาเทคโนโลยีมีเดีย คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และศิลปกรรมสร้างสรรค์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน  
จังหวัดนครราชสีมา 30000 ประเทศไทย; Email: sittisak.rt@rmu.ac.th

<sup>3</sup>สาขาวิชาเทคโนโลยีมีเดีย คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และศิลปกรรมสร้างสรรค์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน  
จังหวัดนครราชสีมา 30000 ประเทศไทย; Email: punyarat.pu@rmu.ac.th

<sup>4,\*</sup>ภาควิชาสื่ออนิเมต คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม 44150 ประเทศไทย;  
Email: orathai.s@msu.ac.th

\*ผู้ประพันธ์บทความ: อรทัย สุทธิจักร (orathai.s@msu.ac.th)

รับบทความ: 1 มีนาคม 2569; แก้ไขบทความ: 7 เมษายน 2569;

ตอบรับบทความ: 9 เมษายน 2569; เผยแพร่บทความ: 30 เมษายน 2569

### บทคัดย่อ

บทความนี้มีได้ศึกษาเทคนิคการลดขนาดไฟล์และลดเวลาในการประมวลผลการเคลื่อนไหวของจุดเรขาคณิตในโมเดล 3 มิติ จนนำไปสู่การสร้าง อัลกอริทึม GPU Cache โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัย 1) เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบศูนย์กลางสำหรับแลกเปลี่ยนข้อมูลการเคลื่อนไหวของจุดเรขาคณิตในโมเดล 3 มิติ ระหว่างซอฟต์แวร์สร้างงานวิชวลเอฟเฟกต์และคอมพิวเตอร์แอนิเมชัน 2) เพื่อศึกษาความพึงพอใจและเปรียบเทียบความสามารถในการใช้งานของระบบที่พัฒนาขึ้นในการสนับสนุนกระบวนการทำงานด้านวิชวลเอฟเฟกต์และคอมพิวเตอร์แอนิเมชัน มีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยีมีเดีย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 34 คน จากการเลือกแบบเจาะจงนักศึกษาที่เคยเรียนวิชาที่เกี่ยวข้องกับวิชวลเอฟเฟกต์และคอมพิวเตอร์แอนิเมชัน สถิติที่ใช้ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที ผลจากการวิจัยพบว่า 1) ระบบศูนย์กลางที่พัฒนาขึ้น มีคุณภาพอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ย 4.38 2) กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจก่อนและหลังการใช้ระบบศูนย์กลางมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีระดับความพึงพอใจหลังการใช้งานสูงกว่าก่อนการใช้งาน ค่าเฉลี่ย 4.157

**คำสำคัญ:** ระบบศูนย์กลาง, จุดเรขาคณิต, โมเดล 3 มิติ, วิชวลเอฟเฟกต์, คอมพิวเตอร์แอนิเมชัน



Copyright © 2026 Journal of Computer and Creative Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC-ND).

การอ้างอิง:

นิลละภาพ บุบผาโชติ, สิทธิศักดิ์ รัตนประภาวรรณ, ปุญญรัตน์ รังสูงเนิน, และ อรทัย สุทธิจักร. (2569). การพัฒนาระบบศูนย์กลางเพื่อแลกเปลี่ยนการเคลื่อนไหวของจุดเรขาคณิตในโมเดลสามมิติ สำหรับงานด้านวิชวลเอฟเฟกต์และคอมพิวเตอร์แอนิเมชัน. วารสารคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสร้างสรรค์, 4(1), e3713. <https://doi.org/10.65205/jcct.2026.e3713>

## 1. บทนำ (Introduction)

ปัจจุบันการสร้างสรรค์เนื้อหาดิจิทัลได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในประเทศไทย โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมมัลติมีเดีย วิดีโอ เกม และเว็บไซต์ ทำให้เทคนิคด้านวิชวลเอฟเฟกต์และคอมพิวเตอร์แอนิเมชันกลายเป็นเครื่องมือสำคัญในการผลิตสื่อที่มีคุณภาพและมีความน่าสนใจ โดยเทคนิควิชวลเอฟเฟกต์และคอมพิวเตอร์แอนิเมชันเป็นเทคนิคสำหรับงานสื่อที่ต้องทำสิ่งเหมือนจริงให้เกิดขึ้นมาได้ ทั้งที่บางครั้งสิ่งนั้นไม่เคยเกิดขึ้นจริง เนื่องจากเหตุการณ์หรือสิ่งที่ต้องการถ่ายทอดนั้นไม่สามารถเกิดขึ้นได้หรือไม่อยู่ในโลกของความจริง (Jia & Sundar, 2024) ในปัจจุบันผู้ทำงานเกี่ยวกับวิชวลเอฟเฟกต์และคอมพิวเตอร์แอนิเมชันมีจำนวนไม่มากนัก เมื่อเทียบกับความต้องการของภาคอุตสาหกรรมที่กำลังเติบโตภายในประเทศและขยายผลออกสู่ต่างประเทศ ส่งผลให้มีการผลิตบัณฑิตออกสู่ภาคอุตสาหกรรมดิจิทัลคอนเทนต์เป็นจำนวนมาก โดยมหาวิทยาลัยเริ่มมีการเปิดหลักสูตรการเรียนการสอนเกี่ยวกับการผลิตสื่อสร้างสรรค์ที่ใช้เทคนิควิชวลเอฟเฟกต์และคอมพิวเตอร์แอนิเมชันมากขึ้น ตัวอย่างเช่น คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และศิลปกรรมสร้างสรรค์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จังหวัดนครราชสีมา ที่มีหลักสูตรการเรียนการสอนในชื่อสาขาวิชาเทคโนโลยีมัลติมีเดีย โดยการเรียนการสอนและการทำงานในภาคอุตสาหกรรมดิจิทัลคอนเทนต์เกี่ยวกับการผลิตสื่อสร้างสรรค์ที่ใช้เทคนิควิชวลเอฟเฟกต์และคอมพิวเตอร์แอนิเมชัน

อย่างไรก็ตาม กระบวนการสร้างงานดังกล่าวจำเป็นต้องใช้ซอฟต์แวร์ 3 มิติที่มีความซับซ้อน มีจุดเด่น เป้าประสงค์ และลักษณะการสร้างงานวิชวลเอฟเฟกต์และคอมพิวเตอร์แอนิเมชันที่แตกต่างกัน เช่น Autodesk Maya, Houdini, Cinema4D, Blender, Foundry Nuke และ 3DsMax โดยแต่ละแอปพลิเคชันมีระบบไฟล์และการเข้ารหัสข้อมูลต่างกัน จึงใช้ไฟล์ฟอร์แมต Fbx, Alembic หรือ USD ที่สามารถส่งไฟล์งานไปมาหากันได้ แต่ไฟล์ฟอร์แมตที่มีการจัดเก็บข้อมูลจำนวนมากมักมีปัญหาในเรื่องของความเร็วในการเข้าถึงข้อมูลของแอปพลิเคชันที่แตกต่างกัน ส่งผลให้เกิดปัญหาในการแลกเปลี่ยนไฟล์ เช่น ไฟล์มีขนาดใหญ่ ประมวลผลช้า ไม่รองรับการทำงานแบบเรียลไทม์ และสิ้นเปลืองทรัพยากรคอมพิวเตอร์ ปัญหาดังกล่าวส่งผลกระทบต่อระยะเวลาในการผลิตงานและความยืดหยุ่นในการทำงานร่วมกันระหว่างแอปพลิเคชัน นักพัฒนา และนักศึกษาในสายงานวิชวลเอฟเฟกต์และคอมพิวเตอร์แอนิเมชัน จึงมีความจำเป็นในการออกแบบระบบที่สามารถลดขนาดไฟล์ ปรับปรุงความเร็วในการประมวลผล และมีความสามารถเชื่อมต่อระหว่างแอปพลิเคชันต่าง ๆ ได้ โดยเฉพาะการจัดการข้อมูลการเคลื่อนไหวของจุดเรขาคณิตในโมเดล 3 มิติ ซึ่งเป็นหัวใจของงานด้านวิชวลเอฟเฟกต์และคอมพิวเตอร์แอนิเมชัน

จากความเป็นมาและความสำคัญดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการพัฒนาระบบศูนย์กลางเพื่อใช้จัดการและแลกเปลี่ยนข้อมูลการเคลื่อนไหวของจุดเรขาคณิตในโมเดล 3 มิติระหว่างแอปพลิเคชันสำหรับสร้างงานด้านวิชวลเอฟเฟกต์และคอมพิวเตอร์แอนิเมชัน เพื่อให้เกิดการประมวลผลที่รวดเร็ว ไฟล์มีขนาดเล็กลง แสดงผลแบบเรียลไทม์ได้ และสนับสนุนการเรียนการสอน รวมถึงการผลิตงานที่ตอบโจทย์ต่อการเติบโตของอุตสาหกรรมดิจิทัลคอนเทนต์ของประเทศไทยในอนาคต

## 2. วัตถุประสงค์งานวิจัย (Research Objectives)

1. เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบศูนย์กลางสำหรับแลกเปลี่ยนข้อมูลการเคลื่อนไหวของจุดเรขาคณิตในโมเดล 3 มิติระหว่างซอฟต์แวร์สร้างงานวิชวลเอฟเฟกต์และคอมพิวเตอร์แอนิเมชัน
2. เพื่อศึกษาความพึงพอใจและเปรียบเทียบความสามารถในการใช้งานของระบบที่พัฒนาขึ้นในการสนับสนุนกระบวนการทำงานด้านวิชวลเอฟเฟกต์และคอมพิวเตอร์แอนิเมชัน

## 3. การทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง (Literature Review)

### 3.1 โมเดล 3 มิติ

โมเดล 3 มิติ เกิดจากการสร้างขึ้นด้วยซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์สำหรับสร้างงาน 3 มิติ มักอยู่ในรูปแบบรูปหลายเหลี่ยม (Polygon) เนื่องจากโมเดล 3 มิติประเภทนี้สามารถปรับแต่งและแก้ไขได้ง่าย มีความยืดหยุ่นต่อการใช้งานร่วมกับแอปพลิเคชัน 3 มิติที่หลากหลาย (Rungsoongnern et al., 2024) สำหรับโมเดล 3 มิติที่ถูกนำไปใช้งานต่อในงานแอนิเมชัน เกม และวิชวลเอฟเฟกต์ จะใช้วิธีการสร้างการควบคุมในการเคลื่อนไหว ไม่ว่าจะเป็นการใส่กระดูก การทำ Blend shape การตรวจสอบการชน และการคำนวณฟิสิกส์ต่าง ๆ เพื่อให้เกิดความสมจริง (Rungsoongnern & Chaayasit, 2022) โมเดล 3 มิติมีองค์ประกอบย่อยซึ่งเป็นข้อมูลเพื่อแสดงถึงรูปทรงของโมเดลให้เห็นเป็น 3 มิติ

ประกอบด้วย 1) จุด (Vertexes) 2) เส้น (Edges) และ 3) ระนาบ (Face) ซึ่งองค์ประกอบย่อยเหล่านี้ล้วนส่งผลแปรผันตามการประมวลผลทั้งในรูปแบบ Pre rendering ที่เป็นการประมวลผลภาพทีละภาพหรือเรียกว่าเฟรม และ Real-time Rendering ที่เป็นการประมวลผลตามเวลาจริง กล่าวคือ หากโมเดล 3 มิติมีองค์ประกอบย่อย (จุด เส้น ระนาบ) จำนวนมากจะส่งผลให้การประมวลผลใช้เวลานานมากขึ้นตามไปด้วย นอกจากองค์ประกอบย่อยทั้ง 3 ซึ่งได้แก่ จุด เส้น และระนาบแล้ว ในส่วนของงานวิชวลเอฟเฟกต์และคอมพิวเตอร์แอนิเมชัน จะมีองค์ประกอบอื่น ๆ อีกมากมาย ได้แก่ คุณสมบัติของวัสดุ ลวดลายของพื้นผิว แสง เงา กระจก การเคลื่อนไหวของวัตถุ การจำลอง Particle Fluid เป็นต้น

### 3.2 เทคนิคการจับเก็บข้อมูลโมเดล 3 มิติ

Geometry Cache หรือ "แคชเรขาคณิต" เป็นเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์กราฟิกที่ใช้เทคนิคการเก็บข้อมูลเรขาคณิตแบบคงที่ (Static Geometry) ไว้ล่วงหน้า เพื่อใช้ในการประมวลผลภาพ 3 มิติ ซึ่งเป็นเทคนิคที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน โดยลดเวลาที่ใช้ในการคำนวณเรขาคณิตซ้ำ ๆ (Zhang et al., 2025) ซึ่งเป็นแนวทางที่เน้นการจัดเก็บเฉพาะข้อมูลที่จำเป็นต่อการแสดงผล โดย Geometry Cache มีวิธีการจัดเก็บข้อมูลโมเดล 3 มิติไว้ในรูปแบบที่ย่อขนาดลงเพื่อใช้ในภายหลัง ซึ่งเก็บเฉพาะตำแหน่ง X, Y, Z ของจุดยอดของวัตถุ ไม่ใช้การแปล การหมุน หรือมาตราส่วนของโหนดพิกัดของวัตถุ (Domke et al., 2023) ทำให้ไม่ต้องประมวลผลใหม่ทุกครั้ง โดยทั่วไปแล้ว Geometry Cache จะถูกสร้างขึ้นโดยเก็บข้อมูลโมเดล 3 มิติในช่วงเวลาหนึ่งไว้ ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลเกี่ยวกับตำแหน่งของจุดยอด (Vertices) เส้นขอบ (Edges) และระนาบ (Faces) ของโมเดล 3 มิติในแต่ละเฟรมของวิดีโอหรือแอนิเมชัน (Wyman et al., 2021) การจัดเก็บข้อมูลในระดับจุดยอดเป็นหลัก นิยมใช้ในการปฏิบัติงานด้านวิชวลเอฟเฟกต์และคอมพิวเตอร์แอนิเมชัน เนื่องจากสามารถลดความซ้ำซ้อนของข้อมูลระหว่างเฟรมและควบคุมการเคลื่อนไหวได้อย่างละเอียด โดยเรียกแนวทางนี้ว่า Per-Vertex Animation Data ซึ่งจัดเก็บเฉพาะตำแหน่งของจุดยอดในแต่ละช่วงเวลา

นอกจากนี้ ยังมีเทคนิคการประมวลผลแบบแบ่งชุดข้อมูล (Batch-based Processing) ถูกนำมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการประมวลผลข้อมูลขนาดใหญ่ โดยมีแนวคิดในการทำงานด้วยการแบ่งข้อมูลออกเป็นกลุ่มย่อยและประมวลผลแบบลำดับขั้น ซึ่งช่วยลดภาระของ GPU และเพิ่มประสิทธิภาพในการเข้าถึงหน่วยความจำ (Kerbl et al., 2018) ขณะเดียวกัน แนวคิด Vertex Reuse ที่สามารถลดการคำนวณซ้ำ โดยมีวิธีการนำผลลัพธ์ของจุดยอดที่เคยประมวลผลแล้วกลับมาใช้ใหม่ ส่งผลให้ระบบสามารถทำงานได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (Kenzel et al., 2018) ดังนั้น Geometry Cache ร่วมกับแนวคิด Per-vertex, Batch-based processing และ Vertex Reuse จึงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการประมวลผล ลดขนาดไฟล์ สามารถแก้ไขโมเดลได้ง่ายโดยไม่ต้องแก้ไขโมเดล 3 มิติ ดั้งเดิม และลดโอกาสเกิดข้อผิดพลาดจากการประมวลผลโมเดล 3 มิติแบบเรียลไทม์

### 3.3 วิชวลเอฟเฟกต์

วิชวลเอฟเฟกต์เป็นการทำเทคนิคพิเศษเพื่อสร้างภาพลวงตาที่มีความเหมือนจริง โดยตีความจากความรู้ทางด้านศิลปะและความเชี่ยวชาญทางเทคโนโลยี ซึ่งเป็นภาพที่ได้จากการสร้างภาพ 3 มิติในรูปแบบของคอมพิวเตอร์แอนิเมชัน (Pardeshi & Karbhari, 2019) วิชวลเอฟเฟกต์จึงเป็นเทคนิคที่ถูกนำมาใช้ในการผลิตสื่อภาพยนตร์หรือภาพยนตร์โฆษณา เพื่อสะท้อนให้ผู้ชมเกิดความเข้าใจในเนื้อหาที่เป็นนามธรรม เนื้อหาในจินตนาการ หรือเนื้อหาที่ไม่สามารถเกิดขึ้นจริงได้ (Jones, 2023) ซึ่งเป็นเทคนิคที่มีขั้นตอนที่ซับซ้อนและหลากหลาย ขึ้นอยู่กับลักษณะงานและผลลัพธ์ของงานที่ต้องการ แต่ทุกขั้นตอนล้วนต้องอาศัยคอมพิวเตอร์ที่มีศักยภาพสูงมากเพื่อใช้ในการสร้างสรรค์ผลงานร่วมกับแอปพลิเคชันสำหรับสร้างงาน 3 มิติ ซึ่งแต่ละบริษัทหรือภาคการศึกษา ก็เลือกใช้แอปพลิเคชันที่แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับจุดประสงค์และผลลัพธ์ของผลงาน

### 3.4 คอมพิวเตอร์แอนิเมชัน

คอมพิวเตอร์แอนิเมชันเป็นเทคนิคการสร้างภาพเคลื่อนไหวโดยใช้อุปกรณ์คอมพิวเตอร์เป็นหลัก อาศัยความสามารถในการคำนวณของคอมพิวเตอร์ เช่น การคำนวณแรงกระทำ ทิศทางการเคลื่อนที่ รวมไปถึงแรงอื่น ๆ ที่จะส่งผลต่อวัตถุ 3 มิติ ตลอดจนการคำนวณการประมวลผลภาพเพื่อใช้ในการจำลองสถานการณ์ต่าง ๆ ซึ่งมีความซับซ้อนสูง นำไปสู่การประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์แอนิเมชันในงานวิชวลเอฟเฟกต์ จึงมีการปรับตัวและแตกแขนงสาขายานเพื่อสนับสนุนการผลิตแอนิเมชันสำหรับภาพยนตร์และภาพยนตร์โฆษณามากยิ่งขึ้น (Cholodenko, 2024) คอมพิวเตอร์แอนิเมชันจึงนับว่าเป็นรูปแบบหนึ่งของเทคนิคการสร้างภาพเสมือนด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer Generated Imagery: CGI) ในปัจจุบัน เทคนิค

CGI เป็นที่นิยมมากในการผลิตภาพยนตร์ เนื่องจากเป็นเทคนิคที่สามารถทดแทนการถ่ายทำในพื้นจริงได้ ทั้งยังสร้างภาพที่เสมือนจริง และภาพจินตนาการได้อย่างไร้ขีดจำกัด และยังประหยัดต้นทุนมากกว่าการยกกองเดินทางไปถ่ายทำจริง (Jiang et al., 2022)

### 3.5 การประมวลผลแบบเรียลไทม์

การประมวลผล 3 มิติ คือการเปลี่ยนถ่ายโมเดล 3 มิติ ฉาก และสภาพแวดล้อม ให้ออกมาเป็นสื่อที่สมบูรณ์ เกิดจากการคำนวณองค์ประกอบย่อยของโมเดล 3 มิติ ได้แก่ จุด เส้น และระนาบ หากองค์ประกอบทั้งสามมีจำนวนมากจะส่งผลต่อการสิ้นเปลืองทรัพยากรคอมพิวเตอร์ขณะที่มีการประมวลผล (Rungsoongnern, 2025) แต่ในงานวิชวลเอฟเฟกต์และคอมพิวเตอร์แอนิเมชันนอกจากองค์ประกอบพื้นฐานของโมเดล 3 มิติแล้ว ยังมีองค์ประกอบอื่น ๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในงานเหล่านั้น ได้แก่ คุณสมบัติของวัสดุ ลวดลายของพื้นผิว แสง เงา กระดุก การเคลื่อนไหวของวัตถุ การจำลอง Particle Fluid ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้ล้วนทำให้งานวิชวลเอฟเฟกต์และคอมพิวเตอร์แอนิเมชันมีความสมจริง แต่ใช้ทรัพยากรคอมพิวเตอร์และระยะเวลาในการประมวลผลมากขึ้น โดยเฉพาะการประมวลผลแบบเรียลไทม์ ซึ่งเป็นศาสตร์หนึ่งของคอมพิวเตอร์กราฟิกที่เน้นการวิเคราะห์และสร้างภาพแบบเรียลไทม์ และถูกนำไปใช้มากที่สุด ในสื่อวิดีโอเกม หรือกราฟิก 3 มิติที่มีรูปแบบโต้ตอบกับผู้ใช้ งาน หรือแม้แต่การผลิตภาพยนตร์ก็มีการนำความสามารถของการประมวลผล 3 มิติแบบเรียลไทม์มาใช้ในการถ่ายโอนไฟล์หรือแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างแอปพลิเคชัน จุดประสงค์หลักในการประมวลผลแบบเรียลไทม์คือการแสดงภาพที่สมจริงให้ได้มากที่สุดที่อยู่ในความเร็วขั้นต่ำที่เป็นที่ยอมรับได้คือ 24 เฟรม/วินาที ซึ่งเป็นความต้องการขั้นต่ำที่สายตามนุษย์สามารถสร้างภาพติดตาทำให้เห็นเป็นภาพเคลื่อนไหว ดังนั้น ในเวลา 1 วินาที ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์จะต้องประมวลผลภาพ 3 มิติออกมาให้ได้อย่างน้อยที่สุดคือ 24 ภาพ (VIVERSE Team, 2024) นำไปสู่การประยุกต์ใช้การประมวลผลแบบเรียลไทม์ในงานวิชวลเอฟเฟกต์และคอมพิวเตอร์แอนิเมชัน เพื่อจำลองสถานการณ์ล่วงหน้า ซึ่งเป็นวิธีที่ช่วยให้ผู้กำกับและช่างภาพสามารถดูตัวอย่างและทดลองใช้แนวทางภาพและองค์ประกอบการเล่าเรื่องได้โดยไม่ต้องรอให้กระบวนการผลิตเสร็จสิ้น ดังนั้นจึงได้สนใจประยุกต์ใช้ศาสตร์การวิเคราะห์และสร้างภาพแบบเรียลไทม์เพื่อบรรเทาความสับสนในการปรับแต่งแก้ไขสำหรับสร้างสรรค์สื่อภาพยนตร์และภาพยนตร์โฆษณาขณะที่ศิลปินวิชวลเอฟเฟกต์กำลังสร้างสรรค์ผลงาน

### 3.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Li et al. (2020) ได้เสนอวิธีการใหม่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการประมวลผล 3 มิติบนเว็บไซต์ด้วยอุปกรณ์มือถือ โดยแยกข้อมูลโมเดล 3 มิติ และภาพเคลื่อนไหวออกจากกัน ซึ่งข้อมูลโมเดล 3 มิติจะประกอบไปด้วยองค์ประกอบพื้นฐานที่แสดงถึงรูปร่างโมเดล เมื่อมีการแสดงผลโมเดล 3 มิติบนเว็บไซต์ด้วยอุปกรณ์มือถือครั้งแรกเท่านั้น ส่วนข้อมูลภาพเคลื่อนไหวจะโหลดแบบเรียลไทม์ตามที่จำเป็น ขึ้นอยู่กับการโต้ตอบของผู้ใช้ โดยลำดับข้อมูลภาพเคลื่อนไหวจะถูกแบ่งออกเป็นหลายระดับแบ่งออกตามความละเอียด ขึ้นอยู่กับระดับรายละเอียดที่ต้องการ ข้อมูลภาพเคลื่อนไหวที่มีความละเอียดสูงจะโหลดเมื่อผู้ใช้ซูมเข้าหรือโต้ตอบกับโมเดลในระยะใกล้

Schütz et al. (2020) ได้นำเสนอวิธีการประมวลผลแบบเรียลไทม์สำหรับจุดข้อมูลจำนวนมาก (Point Cloud) โดยไม่ใช้โครงสร้างการเร่งความเร็วแบบลำดับชั้น (Hierarchical Acceleration Structures) ซึ่งเป็นวิธีแบบดั้งเดิม แต่วิธีการประมวลผลแบบเรียลไทม์สำหรับจุดข้อมูลจำนวนมากสามารถประมวลผลจุดได้ถึงหนึ่งพันล้านจุด โดยใช้หน่วยความจำ GPU เพียงเล็กน้อย วิธีการนี้ทำงานโดยแบ่งการประมวลผลออกเป็นหลายเฟรม ซึ่งในเฟรมแรกจุดข้อมูลทั้งหมดที่มองเห็นได้จะถูกประมวลผล และในเฟรมถัดไปจุดข้อมูลแบบสุ่มจำนวนหนึ่งจะถูกประมวลผลเพื่อเติมเต็มช่องว่างที่เหลือ กระบวนการนี้มีการทำซ้ำจนกว่าจุดข้อมูลทั้งหมดจะถูกประมวลผลจนครบถ้วน วิธีการนี้มีประโยชน์สำหรับการประมวลผลจุดข้อมูลจำนวนมากในแอปพลิเคชันแบบเรียลไทม์ ตัวอย่างเช่น สามารถใช้เพื่อประมวลผลสภาพแวดล้อม 3 มิติแบบเรียลไทม์สำหรับเกมหรือการจำลอง หรือเพื่อเรนเดอร์ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์แบบเรียลไทม์

Kerbl et al. (2018) ได้ศึกษาข้อมูลเชิงลึกใหม่เกี่ยวกับวิธีการทำงานของแคชจุดข้อมูลโมเดล 3 มิติบน GPU สมัยใหม่ ข้อมูลนี้สามารถใช้เพื่อปรับแต่งแอปพลิเคชันกราฟิกเพื่อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เพื่อให้นักพัฒนาซอฟต์แวร์สามารถใช้ข้อมูลนี้เพื่อปรับแต่งแอปพลิเคชันของตนให้สามารถใช้ประโยชน์จากแคชจุดข้อมูลโมเดล 3 มิติได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยแคชจุดข้อมูลโมเดล 3 มิติแบบดั้งเดิมเป็นหน่วยความจำแคชที่เก็บผลลัพธ์ไว้ จากนั้นเมื่อต้องการใช้งานจึงดึงข้อมูลผลลัพธ์จากแคชมาใช้แทนที่จะคำนวณใหม่ ส่วนการแคชจุดข้อมูลโมเดล 3 มิติแบบ Batch-based จะแบ่งแคช

ออกเป็นกลุ่มย่อย แต่ละกลุ่มย่อยมีแคชจุดข้อมูลโมเดล 3 มิติเป็นของตัวเอง โดยให้แคช Vertex Shader ถูกประมวลผลเป็นกลุ่ม และแคช Vertex จะใช้เฉพาะกับ Vertex ภายในกลุ่มนั้นเท่านั้น วิธีนี้มีประสิทธิภาพมากขึ้นสำหรับ GPU สมัยใหม่ที่มีคอร์ประมวลผลจำนวนมาก เนื่องจากช่วยลดอัตราการประมวลผลสำหรับแคชจุดข้อมูลโมเดล 3 มิติเพียงอย่างเดียว

Kenzel et al. (2018) ได้ศึกษาการปรับปรุงประสิทธิภาพของการประมวลผล Geometry ซอฟต์แวร์แบบขนานมวลชน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแอปพลิเคชันที่เกี่ยวข้องกับกราฟิก 3 มิติ มักมีปัญหาคือ จุดข้อมูลโมเดล 3 มิติเดียวกันมักถูกอ้างอิงหลายครั้งในโมเดล 3 มิติ ส่งผลให้เกิดการคำนวณซ้ำซ้อนและลดประสิทธิภาพในการประมวลผล การวิจัยนี้เสนอวิธีการใหม่สำหรับการนำ Vertex Reuse แบบ On-the-Fly ที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้มากกว่าแบบดั้งเดิมถึง 2-3 เท่า โดยแบ่งจุดข้อมูลโมเดล 3 มิติออกเป็นชุดย่อย แต่ละชุดย่อยจะถูกประมวลผลแยกต่างหาก ภายในแต่ละชุดย่อยของจุดข้อมูลโมเดล 3 มิติแต่ละตัวจะถูกเก็บไว้ในแคช หากจุดข้อมูลโมเดล 3 มิติถูกพบในแคชแล้ว ผลลัพธ์ของการประมวลผลจากการแคชจะถูกนำมาใช้ใหม่แทนที่จะคำนวณใหม่

#### 4. กรอบแนวคิดงานวิจัย (Conceptual Framework)

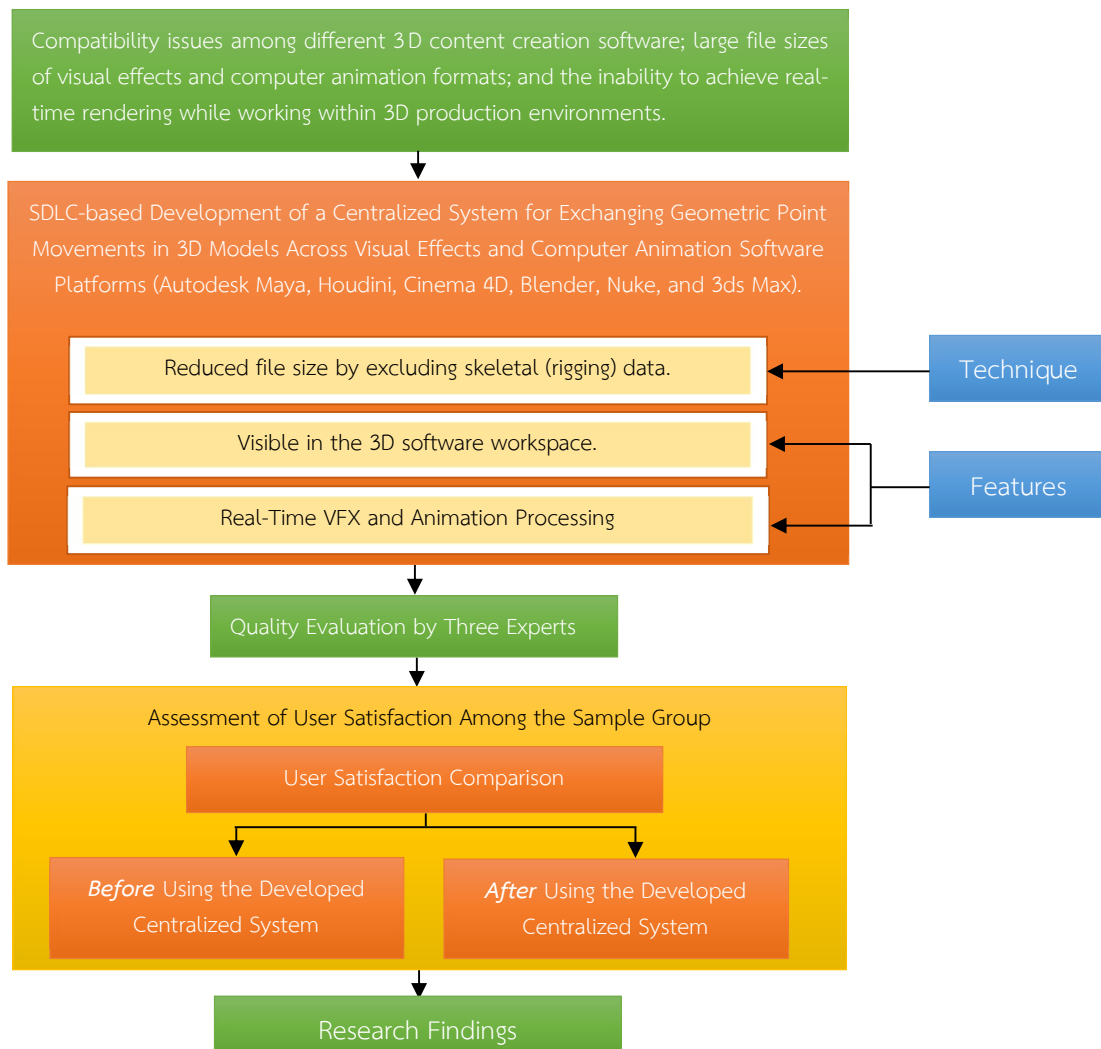


Figure 1. Conceptual Framework

จาก Figure 1. อธิบายได้ว่ากรอบแนวคิดการวิจัยเริ่มจากปัญหาความเข้ากันได้ของซอฟต์แวร์สร้างงาน 3 มิติที่แตกต่างกัน ไฟล์ฟอร์แมตของงานวิชวลเอฟเฟกต์และคอมพิวเตอร์แอนิเมชันมีขนาดใหญ่ ส่งผลให้การประมวลผลหรือเกิดข้อผิดพลาดทำให้ไม่สามารถประมวลผลได้ หรือสิ้นเปลืองทรัพยากรคอมพิวเตอร์ที่ต้องใช้พื้นที่บนหน่วยความจำเป็นจำนวนมาก อีกทั้งยังไม่สามารถแสดงผลแบบเรียลไทม์ได้ ปัญหาดังกล่าวส่งผลให้การทำงานวิชวลเอฟเฟกต์และคอมพิวเตอร์แอนิเมชันต้องมีการปรับแต่ง แก้ไข อยู่บ่อยครั้ง ทำให้ใช้ระยะเวลาในการผลิตสื่อยาวนานมากยิ่งขึ้น งานวิจัยนี้จึงออกแบบและพัฒนาส่วนเสริมสำหรับโปรแกรมผลิตงานด้านวิชวลเอฟเฟกต์และคอมพิวเตอร์แอนิเมชันที่มีระบบศูนย์กลางสำหรับแลกเปลี่ยนข้อมูลการเคลื่อนไหวของจุดเรขาคณิตในโมเดล 3 มิติ ที่ทำให้ขนาดไฟล์ฟอร์แมตลดลงโดยไม่สูญเสียคุณภาพของข้อมูล โดยกำหนดคุณสมบัติให้ซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นสามารถแสดงผลการใช้งานในหน้าต่างการทำงานและสามารถประมวลผลวิชวลเอฟเฟกต์และคอมพิวเตอร์แอนิเมชันในขณะที่กำลังสร้างงานได้แบบเรียลไทม์ เพื่อย่นระยะเวลาในการผลิตสื่อสร้างสรรค์ในส่วนของการทำงานวิชวลเอฟเฟกต์และคอมพิวเตอร์แอนิเมชัน

## 5. วิธีดำเนินงานวิจัย (Research Methodology)

### 5.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

#### 5.1.1 ประชากร

งานวิจัยนี้แบ่งประชากรออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) ผู้เชี่ยวชาญในภาคอุตสาหกรรมดิจิทัลคอนเทนต์ ซึ่งเป็นผู้ที่มีความเชี่ยวชาญด้านการทำวิชวลเอฟเฟกต์และแอนิเมชันในประเทศไทย และ 2) นักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีมีัลติมีเดีย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567

#### 5.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

1) ผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งเป็นตัวแทนจากบริษัทที่มีชื่อเสียงด้านการทำวิชวลเอฟเฟกต์และแอนิเมชันในประเทศไทย จำนวน 3 ท่าน ได้มาจากการสุ่มตัวอย่างโดยไม่ใช้ความน่าจะเป็น (Nonprobability Sampling) ด้วยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Boyd et al., 2023) โดยเจาะจงจากผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ด้านการทำวิชวลเอฟเฟกต์หรือคอมพิวเตอร์แอนิเมชันไม่น้อยกว่า 3 ปี จากบริษัทเอกชนในประเทศไทย

2) นักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีมีัลติมีเดีย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 34 คน ได้มาจากการสุ่มตัวอย่างโดยไม่ใช้ความน่าจะเป็น ด้วยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Boyd et al., 2023) โดยเจาะจงจากนักศึกษาที่เคยเรียนวิชาที่เกี่ยวข้องกับวิชวลเอฟเฟกต์และคอมพิวเตอร์แอนิเมชัน

### 5.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

5.2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ ระบบศูนย์กลางสำหรับแลกเปลี่ยนข้อมูลการเคลื่อนไหวของจุดเรขาคณิตในโมเดล 3 มิติ สำหรับงานด้านวิชวลเอฟเฟกต์และคอมพิวเตอร์แอนิเมชัน

5.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบไปด้วยแบบสัมภาษณ์และแบบสอบถามที่ผ่านการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามกับด้านที่ต้องประเมิน (Index of Item Objective Congruence: IOC) จากผู้เชี่ยวชาญด้านแบบสอบถามจำนวน 3 ท่าน ผลการวิเคราะห์พบว่า ข้อคำถามทุกข้อมีค่า IOC ระหว่าง 0.67-1.00 ดังรายการต่อไปนี้

1) แบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเพื่อทวนสอบเทคนิคและวิธีการลดขนาดไฟล์และลดเวลาในการประมวลผลการเคลื่อนไหวของจุดเรขาคณิตในโมเดล 3 มิติ สำหรับงานด้านวิชวลเอฟเฟกต์และคอมพิวเตอร์แอนิเมชัน จากนั้นเลือกใช้แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง

2) แบบประเมินคุณภาพระบบศูนย์กลางสำหรับแลกเปลี่ยนข้อมูลการเคลื่อนไหวของจุดเรขาคณิตในโมเดล 3 มิติ สำหรับงานด้านวิชวลเอฟเฟกต์และคอมพิวเตอร์แอนิเมชัน งานวิจัยนี้เลือกใช้รูปแบบประมาณค่า 5 ระดับ (Jimeno & Prado, 2024) กำหนดเกณฑ์แปลผล โดย 4.51-5.00 = คุณภาพดีมาก 3.51-4.50 = คุณภาพดี 2.51-3.50 = คุณภาพปานกลาง 1.51-2.50 = คุณภาพพอใช้ และ 1.00-1.50 = ควรปรับปรุง วิเคราะห์ผลโดยใช้สถิติพรรณนา ได้แก่ การคำนวณค่าเฉลี่ย และการคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3) แบบวัดความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ระบบศูนย์กลางสำหรับแลกเปลี่ยนข้อมูลการเคลื่อนไหวของจุดเรขาคณิตในโมเดล 3 มิติ สำหรับงานด้านวิชวลเอฟเฟกต์และคอมพิวเตอร์แอนิเมชัน งานวิจัยนี้เลือกใช้รูปแบบประมาณค่า 5 ระดับ (Jimeno & Prado, 2024) กำหนดเกณฑ์แปลผล โดย 4.51-5.00 = พึงพอใจมากที่สุด 3.51-4.50 = พึงพอใจมาก

2.51-3.50 = พึงพอใจปานกลาง 1.51-2.50 = พึงพอใจน้อย และ 1.00-1.50 = พึงพอใจน้อยที่สุด วิเคราะห์ผลโดยการทดสอบค่าที (T-test) เพื่อเปรียบเทียบความพึงพอใจก่อนใช้งานและหลังใช้งาน

### 5.3 วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้แบ่งวิธีดำเนินการวิจัยออกเป็น 4 ระยะ ดังนี้

**ระยะที่ 1 Literature Review** โดยศึกษา รวบรวมข้อมูล เอกสาร หนังสือ ที่เกี่ยวข้องกับเทคนิคและวิธีการลดขนาดไฟล์และลดเวลาในการประมวลผลการเคลื่อนไหวของจุดเรขาคณิตในโมเดล 3 มิติ การพัฒนาระบบหรือการพัฒนาซอฟต์แวร์ สำหรับงานด้านวิชวลเอฟเฟกต์และคอมพิวเตอร์แอนิเมชัน

**ระยะที่ 2 Development Software and Questionnaire** เป็นระยะการพัฒนาระบบศูนย์กลางสำหรับแลกเปลี่ยนข้อมูลการเคลื่อนไหวของจุดเรขาคณิตในโมเดล 3 มิติ สำหรับงานด้านวิชวลเอฟเฟกต์และคอมพิวเตอร์แอนิเมชัน ซึ่งงานวิจัยนี้ยึดขั้นตอนตามวงจรพัฒนาระบบ SDLC ในรูปแบบ Waterfall Model (Morales, 2024) มีขั้นตอน ดังนี้

1. Requirements/Planning: งานวิจัยนี้ได้รวบรวมและวิเคราะห์ความต้องการจากผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสีย เพื่อระบุความต้องการของผู้ใช้และกำหนดขอบเขต ดังนี้

1) วัตถุประสงค์ที่พัฒนา: ระบบศูนย์กลางสำหรับแลกเปลี่ยนข้อมูลการเคลื่อนไหวของจุดเรขาคณิตในโมเดล 3 มิติที่พัฒนาขึ้นจะช่วยให้การจัดการกับแอนิเมชันที่เก็บข้อมูลได้ในระดับจุด มีขนาดไฟล์เล็กลง ลดการใช้พื้นที่บนหน่วยความจำ ประมวลผลได้เร็วขึ้น และสามารถแสดงผลได้แบบเรียลไทม์ เพื่อให้การสื่อสารข้อมูลระหว่างแอปพลิเคชันสร้างงาน 3 มิติราบรื่นและมีประสิทธิภาพด้วยการเชื่อมต่อกันอย่างทันสมัย

2) ฟังก์ชันใช้งานที่ผู้ใช้ต้องการ: ประกอบไปด้วยฟังก์ชันการนำเข้าไฟล์ 3 มิติ ฟังก์ชันการประมวลผลแบบเรียลไทม์ และฟังก์ชันการส่งออกไฟล์งาน

3) ข้อจำกัดของระบบ: ระบบศูนย์กลางสำหรับแลกเปลี่ยนข้อมูลการเคลื่อนไหวของจุดเรขาคณิตในโมเดล 3 มิติที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานร่วมกับแอปพลิเคชันสร้างงาน 3 มิติ ได้แก่ Autodesk Maya, Houdini, Cinema4D, Blender, Foundry Nuke, และ 3DsMax

2. Designing: ขั้นตอนการออกแบบ เกิดขึ้นหลังจากการรวบรวมความต้องการแล้ว โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) สถาปัตยกรรมระบบ (System Architecture Design) ซึ่งได้กำหนดโครงสร้างของระบบศูนย์กลางสำหรับแลกเปลี่ยนข้อมูลการเคลื่อนไหวของจุดเรขาคณิตในโมเดล 3 มิติ สำหรับงานด้านวิชวลเอฟเฟกต์และคอมพิวเตอร์แอนิเมชัน ในลักษณะ Modular Architecture ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ได้แก่ โมดูลนำเข้าข้อมูล (Import Module) สำหรับรับข้อมูลการเคลื่อนไหวของจุดเรขาคณิตจากไฟล์ 3 มิติ โมดูลประมวลผลและจัดเก็บแบบแคช (Processing and GPU Cache Module) ทำหน้าที่จัดการข้อมูลจุดยอด (Vertex) แบบ Batch-based แบ่งข้อมูลเป็นชุดย่อยเพื่อลดการคำนวณซ้ำซ้อนและเพิ่มประสิทธิภาพการเรียกใช้ซ้ำ (Vertex Reuse) และโมดูลส่งออกข้อมูล (Export Module) สำหรับแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถนำกลับไปใช้งานในแอปพลิเคชัน 3 มิติได้ ซึ่งการออกแบบดังกล่าวช่วยให้แต่ละโมดูลสามารถพัฒนาและทดสอบแยกส่วนได้ ลดความซับซ้อนของระบบโดยรวม และเอื้อต่อการบำรุงรักษาในอนาคต

2) การออกแบบอัลกอริทึม (Algorithm Design) โดยงานวิจัยนี้ออกแบบอัลกอริทึมสำหรับการจัดการข้อมูลการเคลื่อนไหวของจุดเรขาคณิตในระดับจุด (Per-Vertex Animation Data) โดยใช้แนวคิด Geometry Cache ร่วมกับการประมวลผลแบบ Batch-based เพื่อจัดเก็บเฉพาะค่าพิกัด X, Y, Z ของจุดยอดในแต่ละเฟรม ลดข้อมูลที่ซ้ำซ้อนระหว่างเฟรม แบ่งข้อมูลออกเป็นกลุ่มย่อยเพื่อลดภาระของ GPU ในการประมวลผลครั้งละจำนวนมาก และรองรับการดึงข้อมูลกลับมาแสดงผลแบบเรียลไทม์ไม่น้อยกว่า 24 เฟรมต่อวินาที

3) การออกแบบโครงสร้างข้อมูล (Data Structure Design) โดยงานวิจัยนี้กำหนดรูปแบบการจัดเก็บข้อมูลในลักษณะโครงสร้างเชิงลำดับ (Structured Array Format) เพื่อจัดเก็บข้อมูลตำแหน่งจุดยอดตามลำดับเฟรม และสามารถเข้าถึงข้อมูลแบบ Random Access ได้อย่างรวดเร็ว ลดเวลาในการค้นหาและเรียกใช้ข้อมูล

4) การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ (UI/UX Design) การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้เน้นความเรียบง่ายและสอดคล้องกับประสบการณ์การใช้งานซอฟต์แวร์ 3 มิติเดิม โดยกำหนดขั้นตอนการทำงานเป็นลำดับชัดเจน ได้แก่ Import > Process > Preview > Export เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเรียนรู้และใช้งานได้โดยไม่ต้องปรับตัวมาก และสนับสนุนการแสดงผลลัพท์แบบเรียลไทม์ระหว่างการทำงาน (see Figure 2.)

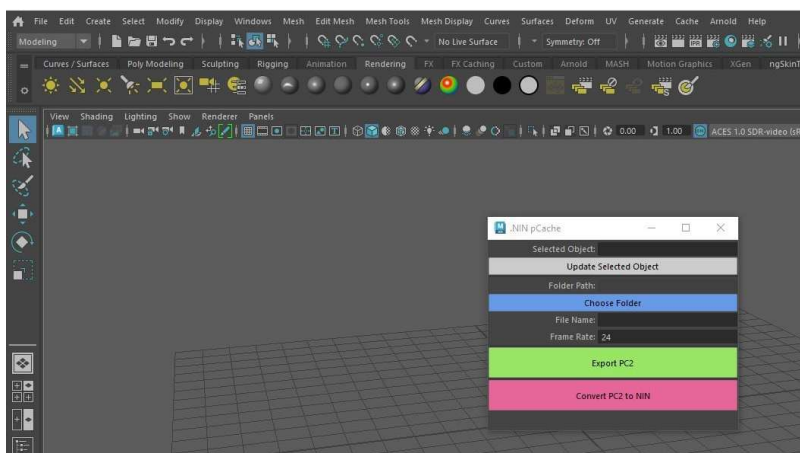


**Figure 2.** A Centralized Tool Exchange System for Inter-Application Integration Developed by the Researcher

3. Implementation: ดำเนินการพัฒนาซึ่งเป็นช่วงที่การออกแบบกลายเป็นโค้ดที่ปฏิบัติการได้ งานวิจัยนี้ จะมีการเขียนโค้ดด้วยภาษาไพธอน (Python) เพื่อสร้างซอฟต์แวร์จริงตามเอกสารการออกแบบจากขั้นตอนก่อนหน้านี้ โดยแบ่งงานออกเป็นหลายโมดูล หลังจากที่ได้แต่ละส่วนพัฒนาเสร็จสิ้นก็จะนำมารวมกันเป็นระบบใหญ่ และมีการทดสอบแต่ละส่วนของโค้ดอย่างละเอียดและแก้ไขข้อผิดพลาดอย่างต่อเนื่อง จากนั้นจึงทดลองแคชข้อมูลแอนิเมชันจากซอฟต์แวร์ Autodesk Maya ก่อนจะเข้าสู่ขั้นตอนการทดสอบระบบที่ครอบคลุมมากขึ้น (see Figure 3.)

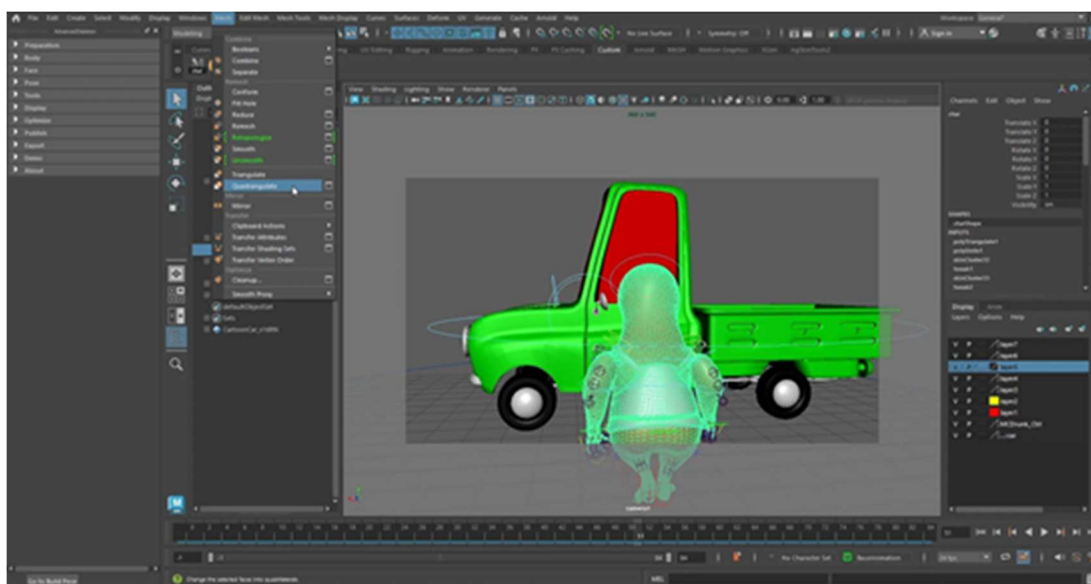


**Figure 3.** Testing Procedure for Animation Data Caching from Autodesk Maya

4. Testing: ขั้นตอนการตรวจสอบ โดยงานวิจัยนี้ใช้การทดสอบซอฟต์แวร์จากการนำไปทดสอบใช้งาน เพื่อประเมินว่าการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้นนั้นสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้ที่กำหนดไว้หรือไม่ ประกอบไปด้วย

1) การทดสอบด้วยตนเองเพื่อตรวจสอบการทำงานของระบบที่พัฒนาขึ้น โดยงานวิจัยนี้ได้ทดสอบใช้งานระบบศูนย์กลางสำหรับแลกเปลี่ยนข้อมูลการเคลื่อนไหวของจุดเรขาคณิตในโมเดล 3 มิติ สำหรับงานด้านวิชวลเอฟเฟกต์และคอมพิวเตอร์แอนิเมชันที่พัฒนาขึ้นร่วมกับแอปพลิเคชันสร้างงาน 3 มิติ จำนวน 6 แอปพลิเคชัน ๆ ละ 3 ครั้ง

ได้แก่ Autodesk Maya, Houdini, Cinema4D, Blender, Foundry Nuke, และ 3DsMax ตัวอย่างเช่น แคชข้อมูลแอนิเมชันจากซอฟต์แวร์ Autodesk Maya จากนั้นแสดงผลตัวละคร 3 มิติและแอนิเมชันใน Blender (see Figure 4.)

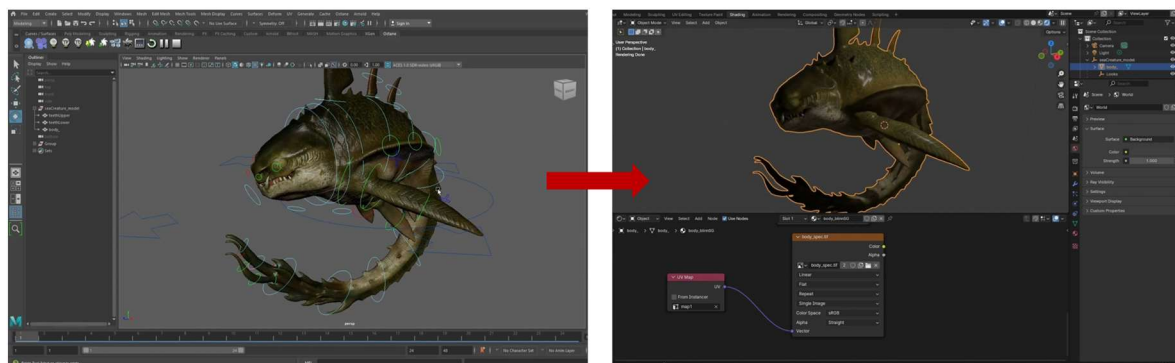


Figure 4. Animation Data Caching from Autodesk Maya and 3D Character Rendering in Blender

2) ประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ด้านการทำวิชวลเอฟเฟกต์หรือคอมพิวเตอร์แอนิเมชันไม่น้อยกว่า 3 ปี จากบริษัทเอกชนในประเทศไทย ทำแบบประเมินคุณภาพระบบศูนย์กลางสำหรับแลกเปลี่ยนข้อมูลการเคลื่อนไหวของจุดเรขาคณิตในโมเดล 3 มิติ สำหรับงานด้านวิชวลเอฟเฟกต์และคอมพิวเตอร์แอนิเมชันที่พัฒนาขึ้น จากนั้นจึงนำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

5. Maintenance: ขั้นตอนสุดท้ายคือการบำรุงรักษา หลังจากเริ่มใช้งาน ผู้ใช้อาจพบปัญหาที่เกิดขึ้นภายหลัง จึงมีช่องทางเพื่อรับแจ้งปัญหาดังกล่าวและเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อปรับปรุงระบบศูนย์กลางสำหรับแลกเปลี่ยนข้อมูลการเคลื่อนไหวของจุดเรขาคณิตในโมเดล 3 มิติ สำหรับงานด้านวิชวลเอฟเฟกต์และคอมพิวเตอร์แอนิเมชัน โดยงานวิจัยนี้จะทำการเปิดเผยโค้ดของ Script ทั้งหมดที่พัฒนาขึ้น และเผยแพร่ลงบนเว็บไซต์สำหรับผู้สนใจนำไปปรับปรุงและพัฒนาต่อ

**ระยะที่ 3 Measure Satisfaction** เป็นระยะเพื่อศึกษาความพึงพอใจและเปรียบเทียบการใช้งานระบบศูนย์กลางสำหรับแลกเปลี่ยนข้อมูลการเคลื่อนไหวของจุดเรขาคณิตในโมเดล 3 มิติ สำหรับงานด้านวิชวลเอฟเฟกต์และคอมพิวเตอร์แอนิเมชันที่พัฒนาขึ้น โดยมีกลุ่มตัวอย่างคือ นักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีมีเดีย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 34 คน ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. ดำเนินการอธิบายถึงวัตถุประสงค์และชี้แจงรายละเอียดสำหรับการทำวิจัย รวมถึงการดำเนินงานตามข้อกำหนดของคณะกรรมการจริยธรรมการทำวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน เลขที่ HEC-01-67-040 ให้กลุ่มตัวอย่างรับทราบและทำความเข้าใจ

2. กำหนดไฟล์งานของแอปพลิเคชัน Autodesk Maya ไว้ จำนวน 2 ไฟล์ ประกอบไปด้วย (1) งานด้านวิชวลเอฟเฟกต์ 1 ไฟล์ และ (2) งานด้านคอมพิวเตอร์แอนิเมชัน 1 ไฟล์ ให้กลุ่มตัวอย่างทดลองส่งออกไฟล์ไปยังแอปพลิเคชันอื่นที่ตนเองสนใจเพื่อการประมวลผลผลงานดังกล่าว

3. กลุ่มตัวอย่างเปิดไฟล์งานในแอปพลิเคชันอื่น ที่ไม่ใช่ Autodesk Maya จากนั้นให้ทำการประมวลผลผลงาน ภายในเวลา 30 นาที จากนั้นจึงให้กลุ่มตัวอย่างตอบแบบวัดความพึงพอใจในรูปแบบ Google Form

4. ดำเนินการนำเสนอระบบศูนย์กลางสำหรับแลกเปลี่ยนข้อมูลการเคลื่อนไหวของจุดเรขาคณิตในโมเดล 3 มิติ สำหรับงานด้านวิชวลเอฟเฟกต์และคอมพิวเตอร์แอนิเมชันที่พัฒนาขึ้น และสาธิตวิธีการใช้งาน จากนั้นจึงให้กลุ่มตัวอย่างทดลองใช้งาน เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นจึงให้กลุ่มตัวอย่างตอบแบบวัดความพึงพอใจในรูปแบบ Google Form

5. รวบรวมข้อมูลที่ได้จากการตอบแบบวัดความพึงพอใจจากการใช้งานมาวิเคราะห์ผลด้วยการทดสอบค่าที

**ระยะที่ 4 Summary of Research Results** เป็นระยะเพื่อวิเคราะห์ผล สรุปผล และอภิปรายผลการวิจัย ซึ่งสามารถอธิบายรายละเอียดไว้ในหัวข้อถัดไป

## 6. ผลการวิจัย (Results)

### 6.1 ผลการออกแบบและพัฒนาระบบศูนย์กลางสำหรับแลกเปลี่ยนข้อมูลการเคลื่อนไหวของจุดเรขาคณิตในโมเดล 3 มิติ ระหว่างซอฟต์แวร์สร้างงานวิชวลเอฟเฟกต์และคอมพิวเตอร์แอนิเมชัน

การประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน แสดงผลดัง Table 1.

**Table 1.** Expert Assessment of System Performance and Quality

| Evaluation Items                                                                                     | Mean        | S.D.        | Quality Level |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|---------------|
| <b>1. System Performance</b>                                                                         | <b>4.39</b> | <b>0.26</b> | <b>Good</b>   |
| 1.1 Functional accuracy                                                                              | 5.00        | 0.00        | Very Good     |
| 1.2 The centralized system responds effectively with the 3D applications in use                      | 4.67        | 0.58        | Very Good     |
| 1.3 File size reduction techniques and methods are appropriate for the centralized system            | 4.67        | 0.58        | Very Good     |
| 1.4 The centralized system operates smoothly and responds quickly                                    | 4.33        | 0.58        | Good          |
| 1.5 Real-time processing performance is fast                                                         | 4.33        | 0.58        | Good          |
| 1.6 The centralized system requires low computer resource usage                                      | 4.33        | 0.58        | Good          |
| 1.7 The centralized system uses minimal storage space                                                | 4.33        | 0.58        | Good          |
| 1.8 The centralized system meets user needs for visual effects or computer animation tasks           | 4.33        | 0.58        | Good          |
| 1.9 The centralized system is not complicated to use                                                 | 4.33        | 0.58        | Good          |
| 1.10 The centralized system is suitable for visual effects or computer animation production          | 4.33        | 0.58        | Good          |
| <b>2. Design</b>                                                                                     | <b>4.38</b> | <b>0.30</b> | <b>Good</b>   |
| 2.1 The UI design of the functions is easy to understand                                             | 5.00        | 0.00        | Very Good     |
| 2.2 The system UI design is appropriate for visual effects or computer animation work                | 4.67        | 0.58        | Very Good     |
| 2.3 The UX design is easy to use                                                                     | 4.33        | 0.58        | Good          |
| 2.4 Font style is clear and easy to read                                                             | 4.33        | 0.58        | Good          |
| 2.5 The workflow design of the centralized system aligns with prior experience using 3D applications | 4.33        | 0.58        | Good          |
| 2.6 The display format during operation is easy to understand                                        | 4.33        | 0.58        | Good          |
| 2.7 The graphic design of the centralized system is suitable for 3D applications                     | 4.00        | 0.00        | Good          |
| 2.8 The language used is easy to understand                                                          | 4.00        | 0.00        | Good          |
| <b>Overall Efficiency</b>                                                                            | <b>4.38</b> | <b>0.27</b> | <b>Good</b>   |

จาก Table 1. ผลการวิเคราะห์คุณภาพระบบศูนย์กลางสำหรับแลกเปลี่ยนข้อมูลการเคลื่อนไหวของจุดเรขาคณิตในโมเดล 3 มิติ สำหรับงานด้านวิชวลเอฟเฟกต์และคอมพิวเตอร์แอนิเมชัน โดยรวมมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับดี ค่าเฉลี่ย 4.38 หากพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ประสิทธิภาพด้านการทำงานของระบบ มีประสิทธิภาพมากกว่าด้านการออกแบบ ค่าเฉลี่ย 4.39 และ 4.38 ตามลำดับ จึงได้ทำการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง

## 6.2 ผลการศึกษาความพึงพอใจและเปรียบเทียบความสามารถในการใช้งานของระบบที่พัฒนาขึ้นในการสนับสนุนกระบวนการทำงานด้านวิชาการแฟ้มแฟ้มและคอมพิวเตอร์แอนิเมชัน

งานวิจัยนี้เปรียบเทียบระดับความพึงพอใจก่อนและหลังการใช้งาน โดยใช้สถิติทดสอบค่าทีแบบกลุ่มสัมพันธ์ (Paired Samples T-test) ที่ระดับนัยสำคัญ .05 โดยมีสมมติฐานดังนี้ ดังนี้

H<sub>0</sub>: ระดับความพึงพอใจก่อนและหลังการใช้งานไม่แตกต่างกัน

H<sub>1</sub>: ระดับความพึงพอใจก่อนและหลังการใช้งานแตกต่างกัน

โดยมีผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ดังตารางที่ 2

**Table 2.** Results of the Comparison of User Satisfaction Before and After Using the Centralized System

| Test Results                       | n  | Maximum score | Mean  | S.D. | t     | df | Sig. (2-tailed) |
|------------------------------------|----|---------------|-------|------|-------|----|-----------------|
| Before using<br>Centralized System | 34 | 5.000         | 3.369 | .692 | 4.563 | 34 | .000*           |
| After using<br>Centralized System  | 34 | 5.000         | 4.157 | .660 |       |    |                 |

\* p < .05

จากตารางที่ 2 พบว่ากลุ่มตัวอย่างจำนวน 34 คน มีระดับความพึงพอใจก่อนและหลังการใช้งานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยกลุ่มตัวอย่างมีระดับความพึงพอใจหลังการใช้งานสูงกว่าก่อนการใช้งาน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.157

## 7. สรุปผลการวิจัย (Conclusion)

1) คุณภาพระบบศูนย์กลางสำหรับแลกเปลี่ยนข้อมูลการเคลื่อนไหวของจุดเรขาคณิตในโมเดล 3 มิติ สำหรับงานด้านวิชาการแฟ้มแฟ้มและคอมพิวเตอร์แอนิเมชัน โดยรวมมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับดี ค่าเฉลี่ย 4.38

2) ความพึงพอใจก่อนและหลังการใช้งานมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยกลุ่มตัวอย่างมีระดับความพึงพอใจหลังการใช้งานสูงกว่าก่อนการใช้งาน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.157

## 8. อภิปรายผลการวิจัย (Discussion)

เทคนิค Geometry Cache นำไปสู่การสร้างอัลกอริทึม GPU Cache สามารถอภิปรายผลการวิจัย ดังนี้

1) งานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบศูนย์กลางสำหรับแลกเปลี่ยนข้อมูลการเคลื่อนไหวของจุดเรขาคณิตในโมเดล 3 มิติ สำหรับงานด้านวิชาการแฟ้มแฟ้มและคอมพิวเตอร์แอนิเมชัน โดยใช้เทคนิคการแคชแบบ Batch-based และการแบ่งจุดข้อมูลออกเป็นชุดย่อย เพื่อให้สามารถเรียกใช้ข้อมูลซ้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับงานของ Kerbl et al. (2018) และที่ได้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการลดการคำนวณซ้ำซ้อนและเพิ่มการใช้ Vertex Reuse บน GPU สมัยใหม่ ผลลัพธ์ดังกล่าวสามารถอธิบายได้ว่า การแบ่งข้อมูลออกเป็นชุดย่อยช่วยลดภาระในการประมวลผลแบบครั้งเดียว (Bulk Processing) ของ GPU และเพิ่มประสิทธิภาพการเข้าถึงหน่วยความจำ (Memory Access Locality) ส่งผลให้การประมวลผลมีความต่อเนื่องและรวดเร็วมากขึ้น อีกทั้ง การนำแนวคิด Vertex Reuse มาใช้ยังช่วยลดจำนวนครั้งในการคำนวณจุดยอดซ้ำ ส่งผลให้ระบบที่พัฒนามีประสิทธิภาพในระดับดี โดยเฉพาะด้านการทำงาน (ค่าเฉลี่ย 4.39) และการออกแบบ (ค่าเฉลี่ย 4.38) ทำให้เห็นว่าการสังเคราะห์แนวคิดด้าน Geometry Cache, Batch-based Processing และ Vertex Reuse สามารถนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกันได้อย่างเหมาะสมในบริบทของการพัฒนาเครื่องมือสำหรับทำงานร่วมกับแอปพลิเคชันที่ใช้สร้างงานวิชาการแฟ้มแฟ้มและคอมพิวเตอร์แอนิเมชัน

2) ความพึงพอใจก่อนและหลังการใช้งานมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยกลุ่มตัวอย่างมีระดับความพึงพอใจหลังการใช้งานสูงกว่าก่อนการใช้งาน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.157 เนื่องจากระบบศูนย์กลางสำหรับแลกเปลี่ยนข้อมูลการเคลื่อนไหวของจุดเรขาคณิตในโมเดล 3 มิติ สำหรับงานด้านวิชาการแฟ้มแฟ้มและคอมพิวเตอร์

แอนิเมชันได้รับการออกแบบโดยอ้างอิงจากความต้องการของผู้เชี่ยวชาญในสายงานวิชวลเอฟเฟกต์และแอนิเมชัน โดยระบบที่พัฒนาขึ้นเป็นระบบไฟล์มาตรฐาน .PAS สำหรับแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างแอปพลิเคชัน ทำให้ผู้ทดลองใช้สามารถรับรู้ได้ถึงระยะเวลาและทรัพยากรที่ลดลงในการผลิตงานสื่อเกี่ยวกับวิชวลเอฟเฟกต์และคอมพิวเตอร์แอนิเมชัน และรองรับการทำงานข้ามแอปพลิเคชันแบบเรียลไทม์ ผลลัพธ์ดังกล่าวจึงเป็นการออกแบบระบบที่สอดคล้องกับกระบวนการทำงานจริง (Workflow-based Design) ช่วยลดภาระในการเรียนรู้และการปรับตัวของผู้ใช้งาน ส่งผลให้เกิดประสบการณ์การใช้งานที่ดีขึ้น ซึ่งการออกแบบโดยประยุกต์แนวคิดการใช้ Geometry Cache เพื่อจัดเก็บข้อมูลแบบย่อขนาดและเรียกใช้งานซ้ำได้นั้น สอดคล้องกับงานของ Li et al. (2020) และการประมวลผลแบบเฟรมซ้ำโดยไม่พึ่งโครงสร้างลำดับขั้น ทำให้ผู้ใช้งานรับรู้ได้ถึงความสามารถในการจัดการข้อมูลจำนวนมากได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตามแนวทางของ Schütz et al. (2020) อีกทั้ง การที่ระบบสามารถลดความซ้ำซ้อนของข้อมูลระหว่างเฟรมและรองรับการแสดงผลแบบเรียลไทม์ได้ มีส่วนสำคัญซึ่งส่งผลต่อความง่ายและอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งาน จึงทำให้ระบบศูนย์กลางสำหรับแลกเปลี่ยนข้อมูลการเคลื่อนไหวของจุดเรขาคณิตในโมเดล 3 มิติ ที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบสนองการใช้งานในอุตสาหกรรมและการเรียนการสอนเกี่ยวกับด้านวิชวลเอฟเฟกต์และคอมพิวเตอร์แอนิเมชันได้ ซึ่งองค์ความรู้จากงานวิจัยที่มีการสังเคราะห์ข้อมูลจากความต้องการของผู้ใช้จริง มีบทบาทสำคัญต่อความสำเร็จของการออกแบบและพัฒนาระบบ

## 9. ข้อเสนอแนะงานวิจัย (Recommendation)

จากการออกแบบและพัฒนาระบบศูนย์กลางสำหรับแลกเปลี่ยนข้อมูลการเคลื่อนไหวของจุดเรขาคณิตในโมเดล 3 มิติ สำหรับงานด้านวิชวลเอฟเฟกต์และคอมพิวเตอร์แอนิเมชัน มีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ระบบที่พัฒนาขึ้นเป็นระบบไฟล์มาตรฐาน .PAS สำหรับแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างแอปพลิเคชัน อย่างไรก็ตาม อุตสาหกรรมมีการใช้ซอฟต์แวร์ 3 มิติที่หลากหลาย เช่น Autodesk Maya, Houdini, Cinema4D, Blender, Foundry Nuke และ 3DsMax ดังนั้น การพัฒนาต่อยอดควรขยายการรองรับซอฟต์แวร์ให้ครอบคลุมมากขึ้น รองรับผู้ใช้หลายกลุ่ม และนำข้อมูลป้อนกลับจากผู้มาปรับปรุงระบบอย่างต่อเนื่อง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานในสถานการณ์ที่หลากหลาย
2. งานวิจัยนี้เป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนาเครื่องมือสนับสนุนการผลิตงานในอุตสาหกรรมภาพยนตร์และแอนิเมชัน เพื่อลดเวลาในการผลิตและเพิ่มความเข้ากันได้ของไฟล์งานในซอฟต์แวร์ที่แตกต่างกัน งานวิจัยในอนาคตควรศึกษาและเปรียบเทียบเทคนิคใหม่ ๆ ที่ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ ควบคู่กับเทคนิคดั้งเดิม เพื่อเลือกใช้หรือผสมผสานแนวทางที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการพัฒนาเครื่องมือดังกล่าว

## 10. การเปิดเผยการใช้ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ (Declaration of Generative AI)

ผู้เขียนขอประกาศว่า ได้ใช้ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ (ChatGPT) เพื่อช่วยปรับปรุงและทำให้ถ้อยคำในบางประโยคชัดเจนยิ่งขึ้นเท่านั้น ไม่ได้ใช้เพื่อสร้างข้อมูลวิจัย ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล หรือสรุปผลการวิจัย ซึ่งผู้เขียนได้ตรวจทาน แก้ไข และรับผิดชอบต่อนเนื้อหาสุดท้ายของต้นฉบับนี้ทั้งหมด

## 11. การแสดงบทบาทผู้เขียน (CRediT Author Statement)

Ninlagarn Boobpachote: Conceptualization, Methodology, Software, Investigation, Resources

Sittisak Rattanaprapawan: Validation, Data Curation

Punyarat Rungsoongnern: Formal Analysis, Writing-Original Draft, Writing-Review & Editing

Orathai Suttijak: Supervision

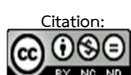
All authors read and approved the final manuscript.

## 12. เอกสารอ้างอิง (References)

- Boyd, R. J., Powney, G. D., & Pescott, O. L. (2023). We Need to Talk About Nonprobability Samples. *Trends in Ecology & Evolution*, 38(6), 521-531. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2023.01.001>

- Cholodenko, A. (2024). The Animation of Cinema. *Semiotic Review*, 10(Animation).  
<https://doi.org/10.71743/S3P4X084>
- Domke, J., Vatai, E., Gerofi, B., Kodama, Y., Wahib, M., Podobas, A., Mittal, S., Pericàs, M., Zhang, L., Chen, P., Drozd, A., & Matsuoka, S. (2023). At the Locus of Performance: Quantifying the Effects of Copious 3D-Stacked Cache on HPC Workloads. *ACM Transactions on Architecture and Code Optimization*, 20(4), 57. <https://doi.org/10.1145/3629520>
- Jia, H., & Sundar, S. S. (2024). Vivid and Engaging: Effects of Interactive Data Visualization on Perceptions and Attitudes about Social Issues. *Digital Journalism*, 12(8), 1205-1229.  
<https://doi.org/10.1080/21670811.2023.2250815>
- Jiang, R., Wang, L., & Tsai, S.-B. (2022). An Empirical Study on Digital Media Technology in Film and Television Animation Design. *Mathematical Problems in Engineering*, 2022, 5905117.  
<https://doi.org/10.1155/2022/5905117>
- Jimeno, J. B., & Prado, N. I. (2024). Quality Leadership and Management, Technology-Based Instruction, Work Attitude and Teachers' Performance in the New Normal. *International Journal of Multidisciplinary: Applied Business and Education Research*, 5(1), 251-284.  
<https://doi.org/10.11594/ijmaber.05.01.24>
- Jones, N. (2023). Far from Houdini: The 'Magic' of the VFX Breakdown. *Animation*, 18(1), 42-58.  
<https://doi.org/10.1177/17468477231155541>
- Kenzel, M., Kerbl, B., Tatzgern, W., Ivanchenko, E., Schmalstieg, D., & Steinberger, M. (2018). On-the-fly Vertex Reuse for Massively-Parallel Software Geometry Processing. *Proceedings of the ACM on Computer Graphics and Interactive Techniques*, 1(2), 28. <https://doi.org/10.1145/3233303>
- Kerbl, B., Kenzel, M., Ivanchenko, E., Schmalstieg, D., & Steinberger, M. (2018). Revisiting The Vertex Cache: Understanding and Optimizing Vertex Processing on the modern GPU. *Proceedings of the ACM on Computer Graphics and Interactive Techniques*, 1(2), 29. <https://doi.org/10.1145/3233302>
- Li, L., Qiao, X., Lu, Q., Ren, P., & Lin, R. (2020). Rendering Optimization for Mobile Web 3D Based on Animation Data Separation and On-Demand Loading. *IEEE Access*, 8, 88474-88486.  
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2993613>
- Morales, J. (2024). What is Waterfall Model: Complete Definition, Pros, and Cons. MindOnMap.  
<https://www.mindonmap.com/blog/what-is-waterfall-model>
- Pardeshi, A. S., & Karbhari, V. B. (2019). Recent Trends in VFX (Virtual Effects) and SFX (Special Effects). *International Journal of Engineering Research & Technology*, 8(7), 882-884.
- Rungsoongnern, A., Tirakoat, S., & Kaenampornpan, M. (2024). Efficiency and Effectiveness of the Blender Extension to 3D Modelling for Metaverse. *The Journal of Social Communication Innovation*, 12(1), 62-71. (In Thai)
- Rungsoongnern, A., Tirakoat, S., & Kaenampornpan, M. (2025). Innovative Techniques for 3D Model Optimization in the Metaverse. *Science & Technology Asia*, 30(4), 323-332.  
<https://doi.org/10.14456/scitechasia.2025.87>
- Rungsoongnern, P., & Chaayasit, S. (2022). The Designs and Development of 3D Fantasy Model for Study the Composition in the Old Town of Nakhon Ratchasima. *Journal of Fine Arts, Chiang Mai University*, 13(1), 144-168. (In Thai)

- Schütz, M., Mandlbürger, G., Otepka, J., & Wimmer, M. (2020). Progressive Real-Time Rendering of One Billion Points Without Hierarchical Acceleration Structures. *Computer Graphics Forum*, 39(2), 51-64. <https://doi.org/10.1111/cgf.13911>
- VIVERSE Team. (2024). Overcome Challenges of Real-time Rendering in 3D with Polygon Streaming. VIVERSE. <https://www.news.viverse.com/post/overcome-challenges-of-real-time-rendering-in-3d-with-polygon-streaming>
- Wyman, N. J., Park, M. A., Baker, P., & Chawner, J. R. (2021, January 11-15 & 19-21). A Framework for Mesh-Geometry Associativity During Mesh Adaptation. *AIAA Scitech 2021 Forum*. <https://doi.org/10.2514/6.2021-1900>
- Zhang, C., Lu, H., & Chen, C. W. (2025). Caching Optimization in User-Centric Networks: A Stochastic Geometry Perspective. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 74(5), 8187-8200. <https://doi.org/10.1109/tvt.2025.3527725>



## The Illusion of Multimedia Exposure: Predicting Study Engagement in Kuwaiti Undergraduates

Haidar F. M. Alameir<sup>1,\*</sup>

<sup>1,\*</sup>Researcher, Public Authority for Applied Education and Training, Kuwait; Email: hf.alameir@paaet.edu.kw

*\*Corresponding author:* Haidar F. M. Alameir (hf.alameir@paaet.edu.kw)

**Received:** 2 March 2026; **Revised:** 14 April 2026;

**Accepted:** 17 April 2026; **Published:** 30 April 2026

### Abstract

Amidst the global integration of Technology-Enhanced Learning (TEL), this study investigates the relationship between students' holistic multimedia exposure and their study engagement in the under-researched context of Kuwaiti higher education. Drawing on the Cognitive Theory of Multimedia Learning (CTML), the study examines if increased exposure to multimedia predicts higher levels of study engagement. A quantitative, cross-sectional survey design was employed. A sample of 222 undergraduate students from Kuwait's Public Authority for Applied Education and Training (PAAET) completed a self-administered online questionnaire. The sample was predominantly female (85.1%) and largely within the 18–21 age range (76.1%), indicating limited demographic diversity. Multimedia exposure was measured using a custom 8-item scale ( $\alpha = .893$ ), and study engagement was assessed using the 9-item Utrecht Work Engagement Scale (UWES-S) ( $\alpha = .903$ ). Data were analyzed using t-tests, ANOVA and simple linear regression. The findings indicate that while students report high levels of study engagement, particularly on affective dimensions, their multimedia exposure is dominated by traditional tools like PowerPoint. No significant differences were found across gender or age groups. Crucially, linear regression analysis revealed that multimedia experience is not a statistically significant predictor of study engagement ( $R^2 = .002$ ,  $p = .553$ ). The assumption that frequent multimedia use inherently enhances student engagement is challenged. In the Kuwaiti context, technology functions primarily as a delivery medium rather than a catalyst for engagement. This underscores the critical importance of pedagogical design and instructional quality over mere technological access in fostering meaningful student involvement.

**Keywords:** Multimedia Exposure, Student Engagement, Technology-Enhanced Learning, Pedagogical Design, Instructional Quality



Copyright © 2026 Journal of Computer and Creative Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC-ND).

### Citation:

Alameir, H. F. M. (2026). The Illusion of Multimedia Exposure: Predicting Study Engagement in Kuwaiti Undergraduates. *Journal of Computer and Creative Technology*, 4(1), e3726. <https://doi.org/10.65205/jcct.2026.e3726>

## 1. Introduction

One of the growing features of instructional delivery across universities worldwide is the use of multimedia technologies such as learning management systems, instructional videos, simulations, mobile learning applications, virtual reality environments and interactive assessment platforms. This transformation, commonly conceptualized as Technology-Enhanced Learning (TEL), reflects a paradigm shift from conventional teacher-centered pedagogies toward more flexible, interactive and learner-centered instructional models (Kehrwald & McCallum, 2015; Lata, 2024; Noroozi, 2025). Multimedia technologies promise substantial pedagogical benefits. Through multimodal representation of content and opportunities for experiential learning, multimedia environments are frequently promoted as catalysts for improved learning outcomes, heightened motivation and deeper engagement. The systematic review of 48 articles by Staneviciene & Žekienė (2025) indicates that multimedia tools enhance student engagement, especially when such use is integrated with pedagogical intentionality. In another systematic review of 15 articles, Kassa (2025) similarly concluded that the relevance of multimedia use for cognitive abilities is contingent on its purposeful design.

Apparently, evidence indicates that the positive effects of multimedia use are not consistent or universal. A within-subjects experiment testing the effect of varying multimedia conditions (Rich Multimedia, Sparse Multimedia and No Multimedia) on lecture engagement and lecture performance shows no significant effect (Schmidt et al., 2025). Hence, the authors concluded that in contrast to commonly held knowledge, multimedia design is not impactful on student learning. Other studies also affirm the insignificant effect of multimedia on learning outcomes (Liu et al., 2021; Yulhendri et al., 2022). Indeed, evidence supports the position that the educational influence of multimedia is complex. Poorly designed multimedia environments may foster cognitive overload, encourage media multitasking and promote superficial learning, thereby diminishing academic engagement and performance (Kassa, 2025; Wood & Zivcakova, 2015). The educational value of multimedia technology use remains contingent on how they are designed, implemented and experienced by learners, raising critical questions regarding its actual impact on core learning processes. This inconsistency reveals a critical disconnect between substantial institutional investment in educational technologies and the often modest or negligible gains in student engagement outcomes. In contexts such as Kuwait, where higher education systems are rapidly adopting digital infrastructures, technology use may remain largely passive, serving as a content delivery tool rather than an interactive, engagement-enhancing mechanism shaped by local pedagogical cultures and institutional practices. As a result, understanding the influence of multimedia use on students' learning processes has become a central concern of educational technology research.

Student engagement constitutes a central construct in contemporary educational scholarship and is widely recognized as a robust predictor of academic achievement, persistence and meaningful learning (Jerez, 2024; Wong et al., 2024; Zhai & Li, 2025). Engagement is conceptualized as a multidimensional phenomenon encompassing behavioral, emotional, and cognitive components (Wong & Liem, 2022; Wong et al., 2024; Xu et al., 2023). Behavioral engagement reflects active participation in learning activities, emotional engagement captures students' affective responses and sense of belonging while cognitive engagement denotes sustained intellectual investment and strategic learning efforts (Joshi et al., 2022; Singh et al., 2022). Study engagement represents an optimal state of learning (Bakker et al., 2015; Ouweneel et al., 2011). As instructional delivery becomes increasingly mediated by multimedia technologies, the nature of engagement itself is bound to evolve. Different multimedia technologies

stimulate distinct dimensions of engagement; for instance, interactive platforms and simulations may enhance behavioral participation, emotionally rich videos may evoke affective involvement, while structured multimedia presentations may support deeper cognitive processing. However, students' exposure to multimedia technologies represents a foundational technological condition rather than a direct indicator of pedagogical quality. It is therefore argued that students' multimedia exposure constitutes a necessary but insufficient condition for enhanced engagement, as supported by the Cognitive Theory of Multimedia Learning (CTML).

CTML explains how learners process information presented through combined verbal and visual formats (Mayer, 2009; Mayer, 2020). CTML is founded on three core assumptions: that learners process information through separate visual and verbal channels (Dual-Channel), that each channel has limited processing capacity (Limited Capacity), and that meaningful learning occurs through active cognitive engagement involving the selection, organization, and integration of information with prior knowledge to form coherent mental representations (Baddeley, 2020; Mayer, 2002). In this study, CTML provides a theoretical basis for understanding how multimedia exposure may relate to study engagement. While CTML is commonly applied in experimental studies of instructional design, its principles of active processing and cognitive load management also provide a useful lens for examining how repeated exposure to multimedia environments may shape learners' engagement patterns (Mayer, 2009; Mayer, 2020). Although the present study focuses on the frequency of multimedia exposure, CTML explains how exposure to multimedia instructional delivery complements verbal instructs to shape how engaged students are.

The relationship between multimedia-rich instructional delivery and study engagement operates as a technology-mediated learning mechanism. Through this, instructional media design influences learners' cognitive involvement, motivation and sustained participation in academic tasks. Examining this relationship is essential for understanding how instructional technologies shape learning processes. A significant research gap exists regarding the direct predictive power of multimedia exposure on the psychological state of engagement. Moreover, much of the extant literature examines isolated technologies rather than students' holistic multimedia exposure across multiple platforms. Such holism is Germane to the systematic understanding of multidimensional educational outcomes such as student engagement. In addition, the existing research originates from Western institutional contexts, leaving the applicability of these findings to regions like the Middle East largely unexplored. Against this backdrop, the present study systematically examines the relationship between multimedia exposure and study engagement among a cohort of Kuwaiti undergraduate students, while also exploring potential variations across age and sex groups. Specifically, it seeks to determine the extent to which students' multimedia exposure predicts their levels of study engagement and whether meaningful differences exist across demographic categories of gender and age. Specifically, it investigates three questions: 1. What are the main patterns of multimedia exposure among respondents? 2. Are there statistically significant differences in multimedia exposure and study engagement between male and female respondents? 3. Are there statistically significant differences in multimedia exposure and study engagement across different age groups of students? 4. To what extent does multimedia exposure predict study engagement among respondents? The variables of study are represented in the conceptual framework in Figure 1.

## 2. Research Objectives

The main objective of this study is to examine the relationship between multimedia exposure and study engagement among respondents. Specifically, the study seeks to:

1. Examine the main patterns of multimedia exposure and study engagement among the respondents.
2. Determine whether statistically significant differences exist in multimedia exposure and study engagement between male and female respondents.
3. Assess whether statistically significant differences exist in multimedia exposure and study engagement across different age groups of students.
4. Evaluate the extent to which multimedia exposure predicts study engagement among respondents.

## 3. Conceptual Framework

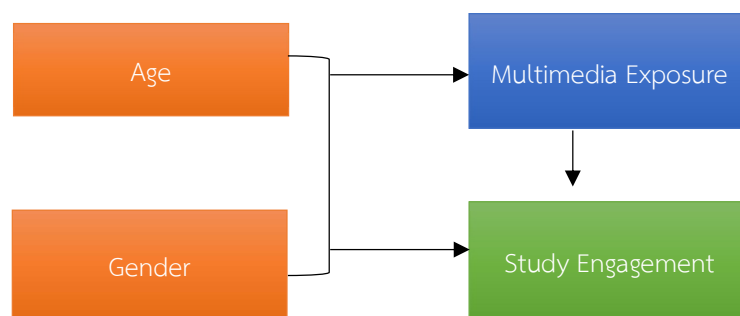


**Figure 1.** The Conceptual Frame of the Study

## 4. Research Methodology

### 4.1 Research Design

The study employed a quantitative, cross-sectional survey design. This approach is aimed at examining the relationship between multimedia exposure and study engagement and at describing the characteristics of a population at a single point in time.

### 4.2 Population and Sample

The target population comprised all undergraduate students enrolled at the Public Authority for Applied Education and Training (PAAET) during the second semester of the 2024/2025 academic session. PAAET is among Kuwait's largest providers of vocational and technical education, with an estimated student population of 17,459 (Education in Kuwait, 2025), which served as the working population size (N) for this study. Sample size estimation was conducted using an online sample size calculator (Calculator.Net, n.d.). Assuming a 95% confidence level, a 50% population proportion and a 6.5% margin of error, a minimum sample size of 225 respondents was determined to be adequate for statistical representativeness.

Data were collected using a self-administered online questionnaire developed with Google Forms. A voluntary sampling approach was employed and the survey link was disseminated through institutional communication channels, including official email lists and student WhatsApp groups. The introductory section of the questionnaire provided detailed information about the study's purpose, estimated

completion time, and assurances of confidentiality. Informed consent was obtained electronically, with participation proceeding only after respondents indicated their agreement.

The survey remained open for approximately four weeks. Responses were monitored to ensure sufficient participation and data collection concluded upon reaching the minimum required sample size. The dataset was exported in CSV format and imported into SPSS for analysis. No personally identifiable information was collected and access to the dataset was password-protected to ensure confidentiality. Following data screening, three cases with substantial missing data were excluded, yielding a final analytic sample of 222 valid responses.

#### 4.3 Variables and Measurement

Multimedia exposure was operationalized as the extent and frequency of respondents' contact with instructional multimedia tools during classroom learning. It was measured using an 8-item self-report scale developed for this study. There is a seeming dearth of relevant, standardized instrument, and this custom scale was created to address that gap. The items covered commonly used instructional media, including short video clips, films or documentaries, audio content, PowerPoint presentations, hardcopy diagrams or visual aids, digital games or gamified tools, interactive whiteboards or smartboards and digital field trips or virtual simulations. Responses were captured on a five-point frequency scale ranging from 0 (*Never*) to 4 (*10 times or more*). Higher scores indicate greater multimedia exposure. The scale demonstrated high internal consistency in the present study (Cronbach's  $\alpha = .893$ ). Although a pilot study was not conducted, the items were developed based on relevant literature and subjected to expert review to ensure content validity. Construct validity of the multimedia exposure scale was assessed by correlating the multimedia exposure scale with a four-item measure of perceived importance of technology adapted from Svenningsson et al. (2022). A positive and statistically significant correlation was obtained ( $r = .174, p = .010$ ), providing evidence that the scale captures respondents perceived level of technological exposure.

Study engagement was operationalized as students' positive, fulfilling and persistent involvement in academic activities, characterized by vigor, dedication and absorption. It was measured using the 9-item student version of the Utrecht Work Engagement Scale (UWES-S) developed by Schaufeli & Bakker (2004). Respondents responded to each item on a five-point Likert scale ranging from 0 (*Never*) to 4 (*Always, Everyday*). Higher scores indicated higher levels of study engagement. Item of the scale are presented in Figure 2. The scale demonstrated excellent internal consistency in the present study, with a Cronbach's alpha coefficient of .903 for the nine items, indicating high reliability. Composite engagement scores were computed by aggregating responses across all items, with higher composite scores reflecting greater study engagement.

#### 4.4 Research Hypotheses

The following research hypotheses were formulated for the study:

H<sub>01</sub>: There will be no statistically significant difference in mean multimedia exposure scores and mean study engagement scores based on gender.

H<sub>02</sub>: There will be no statistically significant difference in mean multimedia exposure scores and mean study engagement scores based on age.

H<sub>03</sub>: Multimedia exposure will not be a statistically significant predictor of study engagement.

#### 4.5 Method of data analysis

Distributions of data were computed using simple percentile analysis. Data normality was assessed. Although the Kolmogorov-Smirnov test indicated a significant departure from normality ( $p < .05$ ), this result was interpreted with caution, as the Kolmogorov-Smirnov test is widely recognized to be overly sensitive to minor deviations in larger sample sizes (Demir, 2022; Kim, 2013). Given that the absolute skewness (.803) and kurtosis (.19) were relatively small, and that the sample size exceeded 200, the data was reasonably assumed to follow a normal distribution due to the Central Limit Theorem, which states that the sampling distribution of the mean approaches normality as sample size increases, regardless of the population distribution (Demir, 2022). The raw scores were therefore retained. To examine group differences, an Independent Samples t-test was used to determine gender-based variations while a One-Way Analysis of Variance (ANOVA) was used to assess age-related differences. Levene's test was used to examine sub-group homogeneity of variance. A simple linear regression was performed to examine whether multimedia exposure significantly predicted study engagement. The strength and direction of the relationship were assessed using the standardized beta ( $\beta$ ) coefficient and Pearson's  $r$ , while model fit was evaluated with the coefficient of determination ( $R^2$ ) and the F statistic. Statistical significance was set at  $p < .05$ , and all analyses were conducted using SPSS (Version 25).

### 5. Results

#### 5.1 Distributions of Demographic Characteristics

As shown in Table 1, the age distribution of respondents ( $n = 222$ ) was skewed toward younger categories, with the majority aged 18–21 years (76.1%). Smaller proportions were aged 22–25 years (16.7%), 26–29 years (3.6%), and 30 years and above (3.6%). In terms of gender, the sample was predominantly female (85.1%) while male respondents accounted for only 14.9%.

**Table 1.** Demographic Distributions of Respondents

| Variable | Category   | Frequency | Percent (%) |
|----------|------------|-----------|-------------|
| Age      | 18–21      | 169       | 76.1        |
|          | 22–25      | 37        | 16.7        |
|          | 26–29      | 8         | 3.6         |
|          | 30 & above | 8         | 3.6         |
| Gender   | Female     | 189       | 85.1        |
|          | Male       | 33        | 14.9        |

#### 5.2 Multimedia Exposure among Respondents

The result is shown in Figure 2., which indicates a distinct exposure of traditional instructional tools over specialized digital simulations. PowerPoint presentations emerge as the most integrated medium, with only 20.7% of respondents reporting no use and a large plurality (29.3%) utilizing the tool with high frequency (10 or more times). This suggests that slide-based presentations remain the foundational standard for content delivery in the study context. In contrast, advanced digital interventions such as digital games/gamified tools and virtual simulations exhibit the lowest rates of adoption. Over half of the respondents (55.0% and 54.1%, respectively) reported zero engagement with these tools. While these technologies represent the "high-tech" end of the spectrum, their utilization is primarily concentrated in

the “1–3 times” range, suggesting experimental rather than systemic use. Intermediate visual aids, specifically short video clips and films/documentaries, show moderate to high levels of use. Short video clips are particularly notable for their broad occasional use, with 32.0% of respondents employing them 1–3 times. Meanwhile, interactive whiteboards demonstrate a polarized usage pattern: while 36.5% of respondents have never utilized them, they maintain the second-highest percentage of frequent users (15.3% at 10+ times), indicating that where the hardware is available and mastered, it becomes a consistent part of the respondent's toolkit. Overall, the results delineate a hierarchy of multimedia adoption where accessibility and tradition (PowerPoint and Video) precede the integration of immersive or interactive digital simulations.

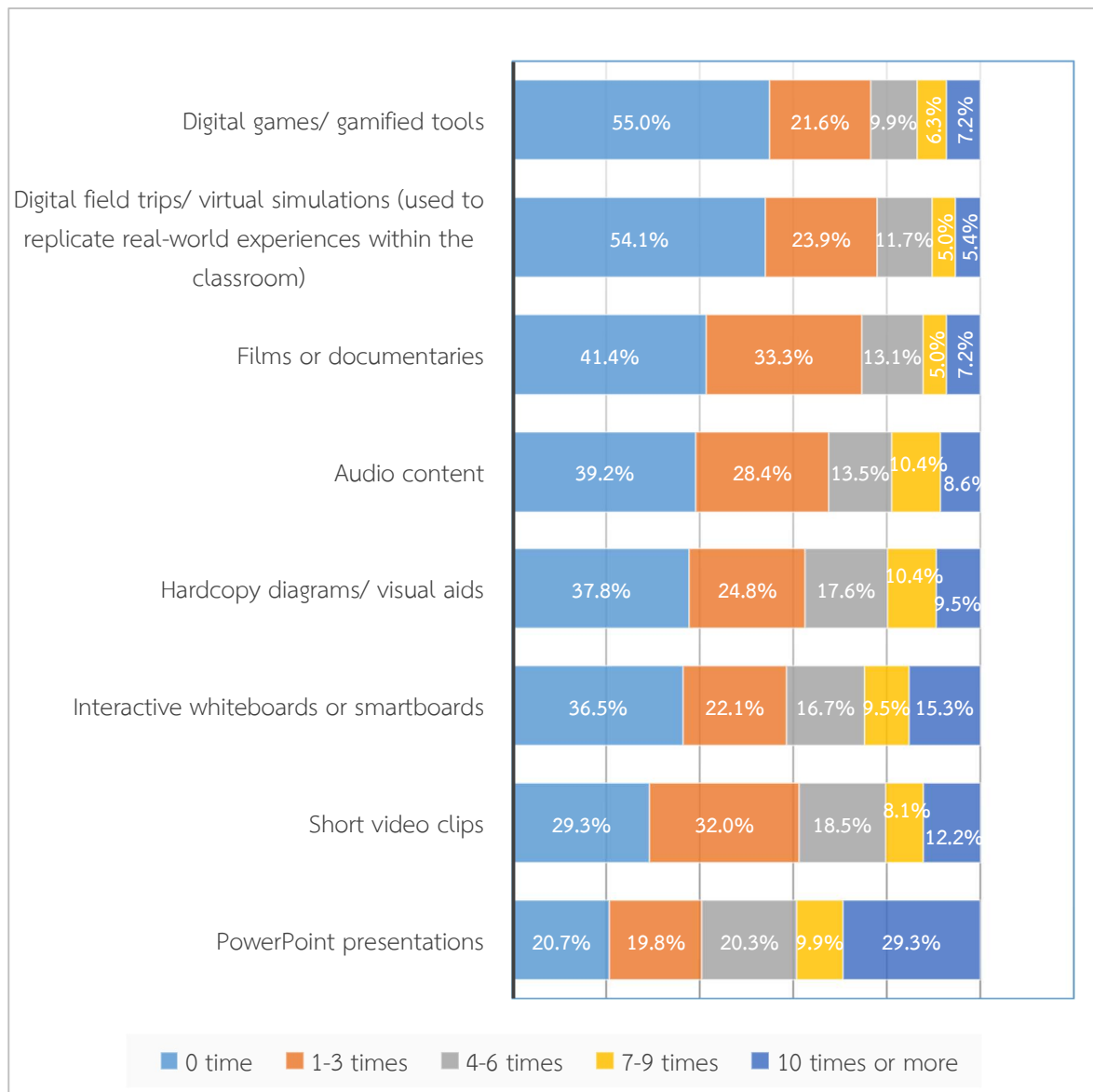


**Figure 2.** Frequency distribution of responses to multimedia exposure items among respondents

### 5.3 Study Engagement among Respondents

The result is shown in Figure 3.

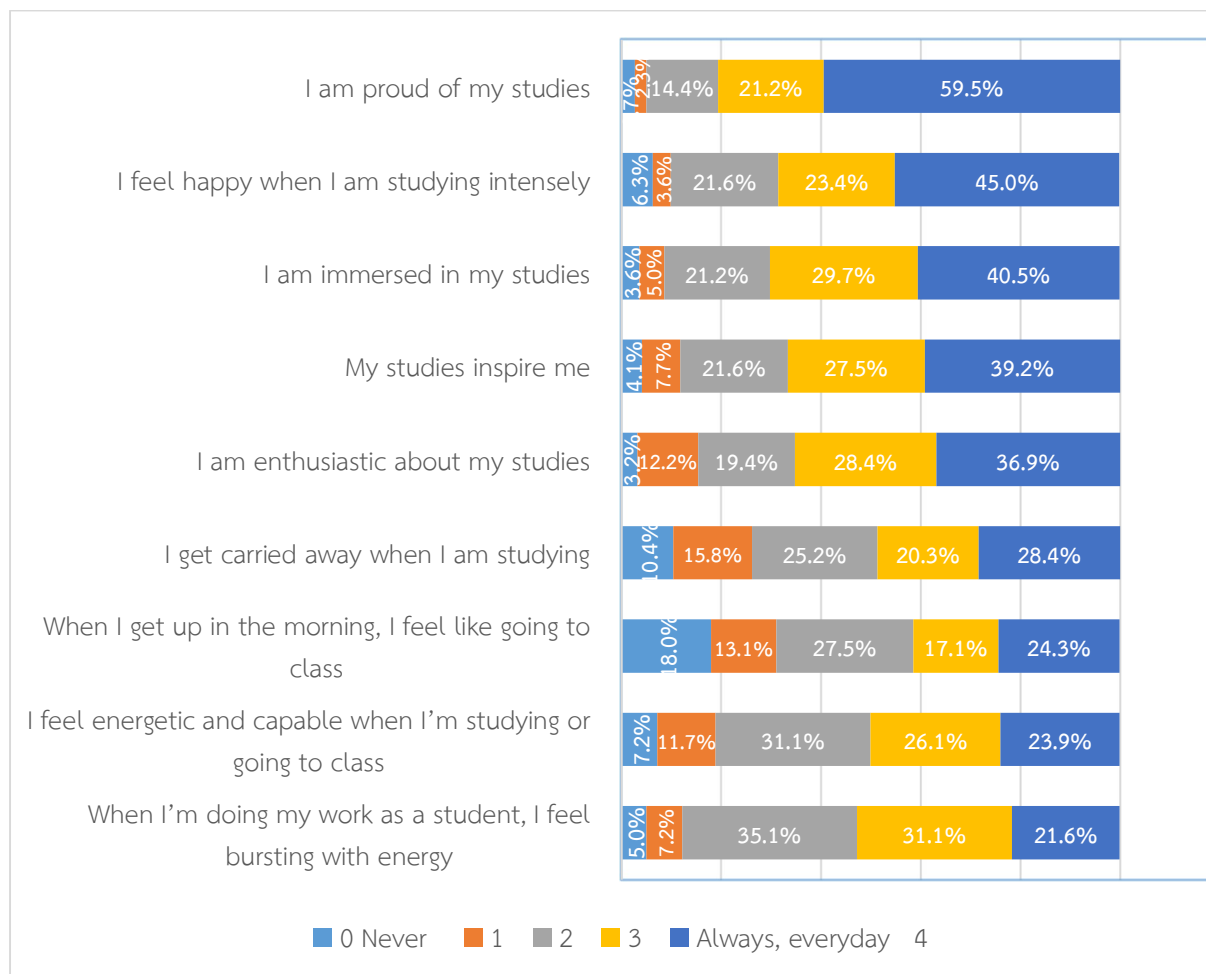


**Figure 3.** Frequency Distribution of Responses to Study Engagement Items among Respondents.

Figure 3. shows that overall, a substantial proportion of respondents reported consistently high engagement in their studies. For instance, 59.5% of participants indicated they are proud of their studies “always/every day,” while 45.0% reported feeling happy when studying intensely at the same frequency. Similarly, immersion in studies was high, with 40.5% indicating daily engagement, and 39.2% of respondents stated that their studies inspire them on a daily basis. Responses to items assessing enthusiasm and affective energy showed slightly lower frequencies of daily engagement yet still reflected substantial engagement: 36.9% reported being enthusiastic about their studies, and 28.4% reported getting carried away when studying. Items reflecting motivation to attend classes and perceived energy were moderately endorsed, with 23.9% feeling motivated to attend class upon waking. Finally, the item assessing overall energy and vigor in academic work revealed that 21.6% of respondents felt “bursting with energy” as students on a daily basis, though a larger share reported moderate engagement (35.1% at level 2 and 31.1% at level 3). These results indicate that while affective and cognitive engagement is

generally high among respondents, there is variation in the intensity and frequency of engagement across specific dimensions, with pride and happiness in studying being the most consistently endorsed indicators.

### 5.3 Effect of Gender on Multimedia Exposure and Study Engagement

Multimedia exposure was similar between female respondents (Mean  $\pm$  SD = 10.13 $\pm$ 8.02) and male respondents (Mean  $\pm$  SD = 10.58  $\pm$  7.69) with no statistically significant difference ( $t = -0.295$ ,  $p = .768$ ). Levene's test (Levene Statistic = 1.126,  $p = .290$ ) confirmed that the assumption of equal variances was met. These results suggest that both genders possess comparable levels of multimedia exposure within the Kuwaiti higher education context. Similarly, scores for study engagement did not differ significantly by gender. Although females reported a marginally higher mean score (Mean  $\pm$  SD = 24.87  $\pm$  7.91) compared to males (Mean  $\pm$  SD = 23.36  $\pm$  7.86), the difference was statistically negligible ( $t = 1.009$ ,  $p = .314$ ). The negligible effect size (Cohen's  $d = -.056$ , 95% CI [-.425, .314]) further indicates minimal practical difference between genders. The homogeneity of variance was supported by Levene's test (Levene Statistic = .148,  $p = .701$ ). The lack of significant gender-based divergence suggests that the digital divide in Kuwaiti higher education is not characterized by gender. The summary of gender-based results is presented in Table 2.

**Table 2.** Result of Independent Samples t-Test comparing multimedia exposure and study engagement by gender among respondents

|                     | Gender | Mean $\pm$ SD    | Levene's Test for Equality of Variances |           | Independent Samples t Test |           | Cohen's $d$        |             |
|---------------------|--------|------------------|-----------------------------------------|-----------|----------------------------|-----------|--------------------|-------------|
|                     |        |                  | Test statistic                          | $p$ value | $t$                        | $p$ value | Point estimate (d) | 95% CI      |
| Multimedia exposure | Female | 10.13 $\pm$ 8.02 | 1.126                                   | .290      | -                          | .768      | -.056              | -.425, .314 |
|                     | Male   | 10.58 $\pm$ 7.69 |                                         |           | 0.295                      |           |                    |             |
| Study engagement    | Female | 24.87 $\pm$ 7.91 | 0.148                                   | .701      | 1.009                      | .314      | .190               | -.180, .560 |
|                     | Male   | 23.36 $\pm$ 7.86 |                                         |           |                            |           |                    |             |

### 5.4 Effect of Age on Multimedia Exposure and Study Engagement

Although the 26–29 age group reported the highest mean score of multimedia exposure (Mean  $\pm$  SD = 13.13  $\pm$  7.34), the variance between groups was statistically negligible ( $F = 0.733$ ,  $p = .533$ ). Levene's test confirmed the homogeneity of variances (Levene Statistic = 0.899,  $p = .443$ ), validating the use of the ANOVA model. These findings suggest that multimedia exposure remain relatively uniform across the undergraduate age spectrum in the study setting. Similarly, no statistically significant difference was observed in study engagement levels across the different age groups ( $F = 1.835$ ,  $p = .142$ ). While mean scores showed a slight upward trend in older cohorts specifically the 30 and above group (Mean  $\pm$  SD = 29.00  $\pm$  8.38) and the 26–29 group (Mean  $\pm$  SD = 28.75  $\pm$  4.92) compared to the younger 18–21 cohort (Mean  $\pm$  SD = 24.50  $\pm$  8.02), this trend did not reach statistical significance. The assumption of equal variances was maintained, as indicated by Levene's test (Levene Statistic = 0.958,  $p = .413$ ). The results are supported by a small effect size ( $\eta^2 = .025$ ), suggesting limited practical variation in engagement across age groups. The results of these analyses are presented in Table 3. Both multimedia exposure and study engagement are consistent across various life stages within the study context.

**Table 3.** Result of One-Way ANOVA Comparing Multimedia Exposure and Study Engagement by Age among Respondents

|                     | Age        | Mean±SD    | Levene's Test for Equality of Variances |         | ONE-WAY ANOVA |         | Eta  | Eta <sup>2</sup> |
|---------------------|------------|------------|-----------------------------------------|---------|---------------|---------|------|------------------|
|                     |            |            | Levene Statistic                        | p value | F             | p value |      |                  |
| Multimedia exposure | 18-21      | 9.86±8.13  | 0.899                                   | .443    | 0.733         | .533    | .100 | .010             |
|                     | 22-25      | 10.57±6.96 |                                         |         |               |         |      |                  |
|                     | 26-29      | 13.13±7.34 |                                         |         |               |         |      |                  |
|                     | 30 & above | 12.63±9.26 |                                         |         |               |         |      |                  |
| Study engagement    | 18-21      | 24.50±8.02 | 0.958                                   | .413    | 1.835         | .142    | .157 | .025             |
|                     | 22-25      | 23.49±7.45 |                                         |         |               |         |      |                  |
|                     | 26-29      | 28.75±4.92 |                                         |         |               |         |      |                  |
|                     | 30 & above | 29.00±8.38 |                                         |         |               |         |      |                  |

### 5.5 Predictive analysis of Multimedia Exposure and Study Engagement

The results presented in Table 4.

**Table 4.** Results of Linear Regression Analysis Showing Multimedia Exposure as a Predictor of Study Engagement

| R <sup>2</sup> | Adjusted R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Change | Standardized $\beta$ | p value ( $\beta$ ) | 95.0% Confidence Interval for $\beta$ | F statistic | p value (F change) | Zero-order correlation | p value (Zero-order correlation) |
|----------------|-------------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|---------------------------------------|-------------|--------------------|------------------------|----------------------------------|
| .002           | -.003                   | .002                  | .040                 | .553                | -0.092-0.172                          | 0.353       | .553               | .040                   | .277                             |

Dependent variable: Study engagement

Table 4 indicates that multimedia exposure is not a statistically significant predictor of study engagement within this sample. The model yielded a negligible coefficient of determination ( $R^2 = .002$ ), suggesting that multimedia exposure accounts for only 0.2% of the variance in study engagement. After adjusting for the number of predictors, the Adjusted  $R^2$  dropped to -.003, further confirming the lack of explanatory power. The standardized coefficient ( $\beta = .040$ ) was statistically non-significant ( $p = .553$ ), and the 95% Confidence Interval for  $\beta$  (-0.092 to 0.172) includes zero, reinforcing the absence of a meaningful linear relationship. Furthermore, the overall model fit was non-significant, as evidenced by the F-statistic ( $F = 0.353$ ,  $p = .553$ ). The zero-order correlation ( $r = .040$ ,  $p = .277$ ) also reflects a weak, non-significant association between the two variables.

These findings demonstrate that frequent use or familiarity with multimedia tools does not automatically translate into higher levels of academic engagement. The mere presence or use of technology is insufficient to drive student involvement. The lack of predictive significance implies that study engagement is likely influenced by other exogenous factors such as instructional quality, curriculum relevance or intrinsic motivation rather than multimedia exposure alone. This result highlights a critical pedagogical gap where technology serves as a medium but not necessarily as a catalyst for deeper academic commitment, especially in Kuwaiti undergraduate context.

## 6. Conclusion

There is a clear hierarchy of technology adoption in the study setting, with passive, presentation-based tools like PowerPoint remaining dominant. Interactive and immersive technologies like gamification and virtual simulations are adopted only peripherally. Gender and age are inconsequential in determining multimedia exposure and study engagement. A critical disjuncture exists between multimedia technology exposure and its actual impact on student engagement in the study setting.

A simplistic interpretation of the Cognitive Theory of Multimedia Learning (CTML) is challenged by this study. The mere presence of multiple media aids is insufficient; study engagement is contingent on pedagogical quality. Hence, for policymakers and institutional leaders in Kuwait and the broader MENA region, the implication is stark: financial investment must pivot from technological infrastructure to human infrastructure. The focus must shift toward sustained professional development that equips educators with the pedagogical skills to transform technology from a passive content-delivery system into an active catalyst for study engagement.

## 7. Discussion

Findings from the present study reveal a clear hierarchy of multimedia exposure among respondents, characterized by the dominance of conventional presentation tools and the marginal use of advanced interactive technologies. PowerPoint remains the primary instructional medium, while digital games and virtual simulations which are tools associated with higher-order cognitive engagement and skills development, are rarely integrated into routine teaching. This pattern suggests that technology in Kuwaiti higher education is largely used to support traditional content delivery rather than to facilitate learner-centered, interactive pedagogies. These findings align with regional evidence indicating that despite substantial investment in digital infrastructure, effective pedagogical integration of technology remains limited across the Gulf and the wider MENA region (Eltaiba et al., 2025; Fareed et al., 2025). While this region demonstrate strong digital connectivity and advanced e-government systems, persistent deficits in digital skills, teacher training and curriculum modernization constrain the transformative use of technology in education (Fareed et al., 2025). Similarly, Eltaiba et al. (2025) emphasize that technology-enhanced learning (TEL) in MENA remains hindered by teacher-centered instructional cultures and misalignment between educational practices and labor market demands. The low adoption of simulations and gamified tools observed in this study reflects these broader structural and pedagogical barriers. As TEL is widely recognized for its capacity to promote digital literacy, critical thinking and employability skills (Eltaiba et al., 2025), the continued reliance on passive instructional technologies raises concerns about graduates' preparedness for an increasingly digital and automated economy. Collectively, the findings underscore that meaningful digital transformation in Kuwaiti higher education requires a strategic

shift from infrastructure-focused investments toward sustained development of pedagogical capacity and learner-centered curriculum reform.

Current findings also indicate generally high levels of study engagement among respondents, particularly on affective dimensions such as pride, happiness in studying, inspiration and immersion. These results suggest that many students experience strong emotional attachment and psychological investment in their academic work. Respondents therefore reveal a strong foundation of affective and cognitive connection to their studies, which represents a considerable advantage for the region's educational and developmental ambitions and provides an important intrinsic motivational base for integrating advanced educational technologies and pursuing sustainable development goals. However, comparatively lower levels of daily vigor and motivation to attend classes point to variability across engagement dimensions. While affective and cognitive engagement appear robust, behavioral energy is less consistently sustained. This multidimensional pattern aligns with contemporary conceptualizations of engagement as a complex construct encompassing affective, cognitive and behavioral components (Wong & Liem, 2022; Wong et al., 2024). Meta-analytic evidence further demonstrates that these engagement dimensions are strongly associated with academic achievement and subjective well-being, with affective engagement being particularly influential for students' psychological well-being (Wong et al., 2024). The prominence of affective indicators in the present findings therefore reflects a favorable psychological foundation for academic excellence among undergraduates in the study setting. At the same time, the nuanced variation in behavioural engagement signals a critical need for higher education institutions to sharpen student engagement, behaviour wise, because academic achievement is most strongly associated with behavioral engagement (Wong et al., 2024).

The present study found no statistically significant differences in multimedia exposure or study engagement across gender and age groups in the study context ( $p > 0.05$ ). Female and male students reported comparable levels of multimedia exposure ( $M = 10.13$  and  $10.58$ , respectively) and study engagement ( $M = 24.87$  and  $23.36$ , respectively). The 26–29 and the 18–21 age groups had the highest and lowest mean score of multimedia exposure ( $M = 13.13$  and  $9.86$ , respectively). The mean scores of study engagement showed a slight upward trend in older cohorts specifically the 30 and above group ( $M = 29.00$ ), the 26–29 group ( $M = 28.75$ ) compared to the younger 18–21 cohort ( $M = 24.50$ ). This insignificant pattern indicates that access to multimedia technologies as well as psychological investment in studies have become normative features of the undergraduate learning environment in the study setting rather than differentiating characteristics across gender and age categories. These findings are consistent with the findings of Zhang et al. (2025), who reported that gender was not a significant factor influencing students' online learning engagement in China. Nevertheless, current findings contrast with the report by Heo & Toomey (2020), who asserted that male undergraduates exhibited significantly better learning outcomes than their female counterparts while using multimedia resources in a Northeastern USA university. Similarly, Passig & Levin (2001) reported that male and younger children exhibited significantly better engagement with interactive multimedia. Further, Kobicheva (2022) observed significantly higher engagement levels among female rather than male students in online learning contexts in Russia. A study among a group of Western Australian students also indicates that multimedia exposure increases student engagement with males more engaged than females in multimedia-exposed classes (Chipangura & Aldridge, 2019). The divergence between the present findings and most of these earlier studies may reflect contextual and temporal shifts. The Kuwaiti higher education environment is characterized by widespread

digital access and institutional investments in educational technologies, which may have minimized traditional demographic divides. In addition, as digital tools have become ubiquitous and embedded in routine instruction, their use may no longer differentially shape engagement across age or gender, but rather function as a common baseline condition for all students. This underscores the importance of focusing future pedagogical interventions on instructional quality, motivation and learning design rather than on demographic segmentation.

The present study found that multimedia exposure did not significantly predict study engagement in the study setting ( $p > 0.05$ ). This finding challenges the widespread assumption that increased exposure to digital and multimedia tools automatically enhances student engagement and instead reinforces the argument that technology alone is insufficient to stimulate meaningful academic involvement. This result aligns closely with the position of Yulhendri et al. (2022), who reported that multimedia use had no direct effect on student engagement in their study among a cohort of undergraduates in Indonesia. The findings also echo Consoli et al. (2025), who demonstrated that the quality of technological integration explains substantially more variance in student engagement than mere frequency of use of technology in Switzerland. This reinforces the view that engagement is driven less by how often multimedia tools are used and more by how well they are pedagogically embedded to support cognitive activation, individualized learning and classroom management. From the perspective of the Cognitive Theory of Multimedia Learning (CTML), this null effect can be seen as counter-intuitive given the core assumption that learners process information through separate visual and verbal channels (Dual-Channel) (Mayer, 2009; Mayer, 2020). Increased exposure to multimedia is, by implication, supposed to improve study engagement. Nevertheless, CTML further explains this null effect by emphasizing that meaningful learning occurs only when learners are able to actively select, organize and integrate multimedia information into coherent mental representations. Mere exposure without instructional design alignment may therefore fail to activate the generative cognitive processes necessary for engagement.

Systematic reviews and experimental studies have shown that well-designed multimedia environments can enhance student engagement when guided by instructional design principles such as signalling, segmenting and embodiment (Doherty, 2022; Staneviciene & Žekienė, 2025). However, Doherty (2022) further demonstrated that while these principles can increase behavioral indicators of engagement, they do not necessarily improve affective or cognitive engagement outcomes. This distinction suggests that even pedagogically refined multimedia may influence certain engagement dimensions while leaving others unaffected. Within the Kuwaiti context, the current findings suggest that multimedia exposure is not a differentiating factor that enhances engagement. The Gulf countries have experienced a rapid intensification of digital transformation particularly following the COVID-19 pandemic (Fareed et al., 2025). The ubiquity of traditional multimedia may therefore have diminished motivational impact, making engagement increasingly dependent on instructional quality, curriculum relevance and students' intrinsic motivation rather than on technology use alone. This study underscores the need for a shift in higher education policy and practice, from expanding access to digital tools toward strengthening pedagogical design capacity and instructional intentionality, to realize the full engagement potential of multimedia-supported learning environments.

## 8. Limitations

The use of a non-probability, convenience sample, which was predominantly female, is a limitation of the findings. This female-dominated sample (85.1%) may limit generalizability, and future studies could address this by employing stratified random sampling to ensure balanced gender representation. The cross-sectional design also precludes any causal claims.

## 9. Recommendations

Institutions should move beyond passive media (e.g., static PowerPoint) and adopt interactive platforms such as educational games or virtual simulations to better stimulate the cognitive and behavioral dimensions of engagement. Future research should employ qualitative methods to explore 'why' technology use does not correlate with engagement in this specific context. Additionally, examining mediating variables like Technostress or Digital Literacy may provide a more comprehensive understanding of the digital learning landscape.

## 10. Contributions

The findings emphasize that 'frequency of exposure' does not equate to 'student engagement.' This provides a clear mandate to transition from passive content delivery to Active Learning strategies that utilize multimedia as a cognitive stimulus rather than a mere information carrier. This research serves as a strategic guide for resource allocation. It suggests that institutional investment should prioritize pedagogical training and digital literacy for faculty over the simple acquisition of more hardware, as technology alone is not a catalyst for student commitment.

By applying internationally validated tools (UWES-S) in the specific context of Kuwaiti vocational education, this study contributes essential regional data to the global discourse on digital engagement, filling a significant geographical and sectoral gap in the literature.

## 11. Declaration of Generative AI

The author used generative AI, specifically, ChatGPT, to assist with language refinement and improvement of sentence clarity during manuscript preparation. The author retained full control of the content and is solely responsible for all interpretations, analyses and conclusions presented in the manuscript.

## 12. CRediT Author Statement

**Haidar F. M. Alameir:** Conceptualization, Literature Review, Methodology, Data Collection, Data Analysis, Writing (Original Draft Preparation), Writing (Review and Editing).

The author has read and approved the final manuscript.

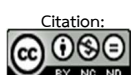
## 13. References

- Baddeley, A. (2020). Working Memory. In Baddeley, A., Eysenck, A. W., & Anderson, M. C. (Eds), *Memory* (3<sup>rd</sup> ed) (71-112). Routledge.
- Bakker, A. B., Sanz Vergel, A. I., & Kuntze, J. (2015). Student Engagement and Performance: A Weekly Diary Study on the Role of Openness. *Motivation and Emotion*, 39(1), 49-62. <https://doi.org/10.1007/s11031-014-9422-5>

- Calculator.Net. (n.d.). *Sample Size Calculator*. <https://www.calculator.net/sample-size-calculator.html>
- Chipangura, A.T., & Aldridge, J.M. (2019). *Multimedia: A Means of Improving Students' Engagement in Mathematics Classrooms?* Semantic Scholar. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:219630321>
- Consoli, T., Schmitz, M.-L., Antonietti, C., Gonon, P., Cattaneo, A., & Petko, D. (2025). Quality of Technology Integration Matters: Positive Associations with Students' Behavioral Engagement and Digital Competencies for Learning. *Education and Information Technologies*, 30(6), 7719-7752. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-13118-8>
- Demir, S. (2022). Comparison of Normality Tests in Terms of Sample Sizes under Different Skewness and Kurtosis Coefficients. *International Journal of Assessment Tools in Education*, 9(2), 397-409. <https://doi.org/10.21449/ijate.1101295>
- Doherty, C. (2022). An Investigation into the Relationship Between Multimedia Lecture Design and Learners' Engagement Behaviours Using Web Log Analysis. *PLOS ONE*, 17(8), e0273007. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0273007>
- Education in Kuwait. (2025). In *Wikipedia*. [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Education\\_in\\_Kuwait&oldid=1305274839](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Education_in_Kuwait&oldid=1305274839)
- Eltaiba, N., Hosseini, S., & Okoye, K. (2025). Benefits and Impact of Technology-Enhanced Learning Applications in Higher Education in Middle East and North Africa: A Systematic Review. *Global Transitions*, 7, 350-374. <https://doi.org/10.1016/j.glt.2025.06.004>
- Fareed, F., Bi, R., Rehman, S., Lee, J. D., Rollinson, Y. G., & Yuan, T. (2025). *Digital Transformation in the Gulf Cooperation Council Economies*. International Monetary Fund.
- Heo, M., & Toomey, N. (2020). Learning with Multimedia: The Effects of Gender, Type of Multimedia Learning Resources, and Spatial Ability. *Computers & Education*, 146, 103747. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103747>
- Jerez, E. (2024). Exploring the Contribution of Student Engagement Factors to Mature-Aged Students' Persistence and Academic Achievement During the First Year of University. *The Journal of Continuing Higher Education*, 72(3), 304-319. <https://doi.org/10.1080/07377363.2023.2279797>
- Joshi, D. R., Adhikari, K. P., Khanal, B., Khadka, J., & Belbase, S. (2022). Behavioral, Cognitive, Emotional, and Social Engagement in Mathematics Learning During the COVID-19 Pandemic. *PLOS ONE*, 17(11), e0278052. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0278052>
- Kassa, S. T. (2025). Cognitive Benefits and Risks of Digital Technology Engagement. *Discover Psychology*, 6(1), 10. <https://doi.org/10.1007/s44202-025-00527-0>
- Kehrwald, B. A., & McCallum, F. (2015). Degrees of Change: Understanding Academics Experiences with a Shift to Flexible Technology-Enhanced Learning in Initial Teacher Education. *Australian Journal of Teacher Education*, 40(7),4. <https://doi.org/10.14221/ajte.2015v40n7.4>
- Kim, H.-Y. (2013). Statistical Notes for Clinical Researchers: Assessing Normal Distribution (2) Using Skewness and Kurtosis. *Restorative Dentistry & Endodontics*, 38(1), 52. <https://doi.org/10.5395/rde.2013.38.1.52>
- Kobicheva, A. (2022). Comparative Study on Students' Engagement and Academic Outcomes in Live Online Learning at University. *Education Sciences*, 12(6), 371. <https://doi.org/10.3390/educsci12060371>
- Lata, K. (2024). Innovation in Pedagogical Practices: Technology-Enhanced Learning in Higher Education. *ShodhKosh: Journal of Visual and Performing Arts*, 5(7), 232-236. <https://doi.org/10.29121/shodhkosh.v5.i7.2024.2362>

- Liu, Q., Chen, H., & Crabbe, M. J. C. (2021). Interactive Study of Multimedia and Virtual Technology in Art Education. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 16(1), 80-93. <https://doi.org/10.3991/ijet.v16i01.18227>
- Mayer, R. E. (2002). Multimedia Learning. *Psychology of Learning and Motivation*, 41, 85-139. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(02\)80005-6](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(02)80005-6)
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning* (2<sup>nd</sup> ed.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511811678>
- Mayer, R. E. (2020). *Multimedia Learning* (3<sup>rd</sup> ed.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781316941355>
- Noroozi, O. (2025). Towards Technology-Enhanced Transformative Learning Environments. *International Journal of Technology in Education*, 8(2), 541-556. <https://doi.org/10.46328/ijte.1209>
- Ouweneel, E., Le Blanc, P. M., & Schaufeli, W. B. (2011). Flourishing Students: A Longitudinal Study on Positive Emotions, Personal Resources, and Study Engagement. *The Journal of Positive Psychology*, 6(2), 142-153. <https://doi.org/10.1080/17439760.2011.558847>
- Passig, D., & Levin, H. (2001). The Interaction Between Gender, Age, and Multimedia Interface Design. *Education and Information Technologies*, 6(4), 241-250. <https://doi.org/10.1023/A:1012924718226>
- Schaufeli, W. B., & Bakker, A. B. (2004). *Utrecht Work Engagement Scale (UWES) Preliminary Manual Overview*. [https://www.wilmarschaufeli.nl/publications/Schaufeli/Test%20Manuals/Test\\_manual\\_UWES\\_English.pdf](https://www.wilmarschaufeli.nl/publications/Schaufeli/Test%20Manuals/Test_manual_UWES_English.pdf)
- Schmidt, K. J., Dukewich, K. R., Symonds, C. I., & Thrasher, A. V. (2025). When More Isn't Better: Evidence for an Instructional Equivalence Hypothesis in Multimedia Design. *Frontiers in Psychology*, 16, 1718397. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1718397>
- Singh, M., James, P. S., Paul, H., & Bolar, K. (2022). Impact of Cognitive-Behavioral Motivation on Student Engagement. *Heliyon*, 8(7), e09843. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09843>
- Staneviciene, E., & Žekienė, G. (2025). The Use of Multimedia in the Teaching and Learning Process of Higher Education: A Systematic Review. *Sustainability*, 17(19), 8859. <https://doi.org/10.3390/su17198859>
- Svenningsson, J., Höst, G., Hultén, M., & Hallström, J. (2022). Students' Attitudes Toward Technology: Exploring the Relationship Among Affective, Cognitive, and Behavioral Components of the Attitude Construct. *International Journal of Technology and Design Education*, 32(3), 1531-1551. <https://doi.org/10.1007/s10798-021-09657-7>
- Wong, Z. Y., & Liem, G. A. D. (2022). Student Engagement: Current State of the Construct, Conceptual Refinement, and Future Research Directions. *Educational Psychology Review*, 34(1), 107-138. <https://doi.org/10.1007/s10648-021-09628-3>
- Wong, Z. Y., Liem, G. A. D., Chan, M., & Datu, J. A. D. (2024). Student Engagement and Its Association with Academic Achievement and Subjective Well-Being: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Educational Psychology*, 116(1), 48-75. <https://doi.org/10.1037/edu0000833>
- Wood, E., & Zivcakova, L. (2015). Understanding Multimedia Multitasking in Educational Settings. In Rosen, L. D., Cheever, N. A., & Carrier, L. M. (Eds.), *The Wiley Handbook of Psychology, Technology, and Society* (404-419). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781118771952.ch23>
- Xu, X., Shi, Z., Bos, N. A., & Wu, H. (2023). Student Engagement and Learning Outcomes: An Empirical Study Applying a Four-Dimensional Framework. *Medical Education Online*, 28(1), 2268347. <https://doi.org/10.1080/10872981.2023.2268347>

- Yulhendri, Y., Mardhotillah, N. I., Alisha, W. P., & Susanti, N. (2022). Analysis of Media Use and Learning Interaction to Improving Student Engagement. *Dinamika Pendidikan*, 17(1), 37-47.  
<https://doi.org/10.15294/dp.v17i1.35304>
- Zhai, X., & Li, S. (2025). The Roles of Growth Mindset, Resilience, and Self-Efficacy in Student Engagement with AI-Enhanced Chinese Learning: A Self-Determination Theory Perspective. *Learning and Motivation*, 92, 102183. <https://doi.org/10.1016/j.lmot.2025.102183>
- Zhang, W., Guan, Y., Hu, Z., Wang, C., Lu, D., & Lu, H. (2025). Interplay of Student Characteristics Multidimensional Engagement and Influencing Factors in Online Computer Science Education. *Scientific Reports*, 15(1), 6976. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-90142-9>



## The Design and Development of Learning Management Process using Digital Technology to Enhance the Learning Efficiency of Learners

Boonto Nadee<sup>1,\*</sup> and Yanisa Soosongdee<sup>2</sup>

<sup>1,\*</sup>Program in Digital Technology for Education, Faculty of Education, Surindra Rajabhat University, Surin 32000, Thailand; Email: boontonadee@sru.ac.th

<sup>2</sup>Program in English, Faculty of Humanities and Social Sciences, Surindra Rajabhat University, Surin 32000, Thailand; Email: pikkyyanisa@gmail.com

*\*Corresponding author: Boonto Nadee (boontonadee@sru.ac.th)*

**Received:** 6 January 2026; **Revised:** 9 April 2026;

**Accepted:** 12 April 2026; **Published:** 30 April 2026

### Abstract

The design and development of a learning management process using digital technology to enhance the learning effectiveness of students is a transformation of teaching methods to be modern and efficient. This involves applying digital technology to create an engaging, challenging learning experience that meets the needs of learners in the digital age, with a focus on creating diverse and interesting learning experiences for students. In this digital age, educators must shift their role from being lecturers to facilitators and creators of learning activities. Learning management is the key to enabling learners to achieve their intended purposes and to advance rapidly in science and technology. Digital technology thus plays a significant role in the daily lives of most people who need to engage with information and news, and it is crucial in designing learning management. Therefore, instructors should consider choosing appropriate learning management techniques, selecting technology media and learning resources that will support learners' learning, using a variety of assessment methods, with an emphasis on the learners themselves, to enable each learner to develop according to their potential and to apply what they have learned in real life. Therefore, managing learning through digital technology and innovative methods requires educators to incorporate new technologies and innovations into their teaching management to enhance efficiency and create a more engaging learning experience, including convenient and borderless learning. Learning management in this digital age encompasses online, on-site, or blended learning, with the goal of developing essential skills for the 21st century and preparing for a changing world.

**Keywords:** Design and Development, Learning Management Process, Digital Technology, Learning Efficiency



Copyright © 2026 Journal of Computer and Creative Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC-ND).

### Citation:

Nadee, B., & Soosongdee, Y. (2026). The Design and Development of Learning Management Process using Digital Technology to Enhance the Learning Efficiency of Learners. *Journal of Computer and Creative Technology*, 4(1), e3291. <https://doi.org/10.65205/jcct.2026.e3291>

## การออกแบบและพัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีดิจิทัล เพื่อเสริมสร้างประสิทธิภาพการเรียนรู้ของผู้เรียน

บุญโต นาดี<sup>1,\*</sup> และ ญาณิศา สุธงศ์<sup>2</sup>

<sup>1,\*</sup>สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อการศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์ 32000 ประเทศไทย;  
Email: boontonadee@srru.ac.th

<sup>2</sup>สาขาวิชาภาษาอังกฤษ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์ 32000 ประเทศไทย;  
Email: pikkyyanisa@gmail.com

\*ผู้ประพันธ์บทความ: บุญโต นาดี (boontonadee@srru.ac.th)

รับบทความ: 6 มกราคม 2569; แก้ไขบทความ: 9 เมษายน 2569;

ตอบรับบทความ: 12 เมษายน 2569; เผยแพร่บทความ: 30 เมษายน 2569

### บทคัดย่อ

การออกแบบและพัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อเสริมสร้างประสิทธิภาพการเรียนรู้ของผู้เรียน เป็นการปรับเปลี่ยนรูปแบบการเรียนการสอนให้ทันสมัยและมีประสิทธิภาพ โดยนำเทคโนโลยีดิจิทัลมาประยุกต์ใช้เพื่อสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่น่าสนใจ ท้าทาย และตอบโจทย์ความต้องการของผู้เรียนในยุคดิจิทัล โดยเน้นการสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่หลากหลายและน่าสนใจสำหรับผู้เรียน การจัดการเรียนรู้ในยุคดิจิทัลนี้ ผู้สอนต้องปรับบทบาทจากผู้บรรยายมาเป็นผู้อำนวยความสะดวกและผู้สร้างสรรคกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งการจัดการเรียนรู้เป็นหัวใจสำคัญที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามจุดประสงค์ความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นไปอย่างรวดเร็ว เทคโนโลยีดิจิทัลจึงเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของคนส่วนใหญ่ที่ต้องเกี่ยวข้องกับข้อมูลข่าวสาร และมีบทบาทสำคัญต่อการออกแบบการจัดการเรียนรู้ ดังนั้นผู้สอนควรพิจารณาเลือกใช้เทคนิคกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสม เลือกใช้สื่อเทคโนโลยีและแหล่งเรียนรู้ที่จะช่วยสนับสนุนการเรียนรู้ของผู้เรียน ใช้วิธีการวัดผลประเมินผลที่หลากหลาย โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญเพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาเต็มตามศักยภาพของแต่ละคน และสามารถนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปใช้ในชีวิตจริงได้ ฉะนั้นการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลและนวัตกรรมแบบใหม่ ผู้สอนจึงต้องนำเทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ ๆ มาใช้ในการจัดการเรียนการสอน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่น่าสนใจยิ่งขึ้น รวมถึงการเรียนรู้ที่สะดวกและไร้พรมแดน การจัดการเรียนรู้ในยุคดิจิทัลนี้ มีทั้งการเรียนแบบออนไลน์ ออนไลน์ หรือแบบผสมผสาน โดยมีเป้าหมายเพื่อพัฒนาทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 และเตรียมความพร้อมสำหรับโลกที่เปลี่ยนแปลงไป

**คำสำคัญ:** การออกแบบและการพัฒนา, กระบวนการจัดการเรียนรู้, เทคโนโลยีดิจิทัล, ประสิทธิภาพการเรียนรู้



Copyright © 2026 Journal of Computer and Creative Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC-ND).

การอ้างอิง:

บุญโต นาดี, และ ญาณิศา สุธงศ์. (2569). การออกแบบและพัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อเสริมสร้างประสิทธิภาพการเรียนรู้ของผู้เรียน. วารสารคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสร้างสรรค์, 4(1), e3291.  
<https://doi.org/10.65205/jcct.2026.e3291>

## 1. บทนำ (Introduction)

ในยุคดิจิทัล การเรียนรู้ได้เปลี่ยนจากรูปแบบเดิม ๆ ไปสู่การผสมผสานเทคโนโลยี เช่น e-Learning แพลตฟอร์มออนไลน์ และห้องเรียนอัจฉริยะ เพื่อให้เข้าถึงได้ง่ายขึ้นและเป็นส่วนตัวมากขึ้น บทบาทของครูเปลี่ยนจากการเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้มาเป็นผู้ชี้แนะ (Facilitator) ที่เน้นการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) เพื่อพัฒนาทักษะสำคัญของผู้เรียน การเข้าถึงเทคโนโลยีได้นำมาซึ่งยุคใหม่ของการเข้าถึง สร้างความเท่าเทียมทางความรู้ ครอบคลุมทุกพื้นที่ทั้งทางภูมิศาสตร์และเศรษฐกิจสังคม การเรียนรู้ในยุคดิจิทัลที่ก้าวหน้าขึ้น แพลตฟอร์มออนไลน์ การจำลองแบบอินเทอร์แอคทีฟ และห้องเรียนเสมือนจริง ได้กลายเป็นเครื่องมือสำคัญที่ส่งเสริมและสนับสนุนประสบการณ์การเรียนรู้ด้วยตนเองและการเรียนรู้เฉพาะบุคคล การเข้าถึงข้อมูลในรูปแบบดิจิทัลได้เร่งให้เกิดการแบ่งปันความรู้อย่างรวดเร็ว ทำให้สามารถเข้าถึงแหล่งข้อมูลขนาดใหญ่ได้ทันที การทำงานร่วมกันไม่ได้ถูกจำกัดด้วยอุปสรรคทางกายภาพ ชุมชนการเรียนรู้ทั่วโลกเชื่อมต่อและแบ่งปันข้อมูลเชิงลึกแบบเรียลไทม์ เทคโนโลยีการเรียนรู้แบบปรับตัวตอบสนองความต้องการของแต่ละบุคคล เพิ่มประสิทธิภาพเส้นทางการศึกษาสำหรับผู้เรียนที่หลากหลาย อย่างไรก็ตาม ความท้าทายต่าง ๆ เช่น ความเหลื่อมล้ำทางดิจิทัลและภาวะข้อมูลล้นเกินก็ปรากฏให้เห็นเช่นกัน การนำทางสู่ภูมิทัศน์ดิจิทัลนี้จำเป็นต้องอาศัยทักษะความรู้ทางดิจิทัลที่สำคัญยิ่งยวด ในบทนำสู่การเรียนรู้ในยุคดิจิทัลนี้ การได้รับความรู้ไม่ได้จำกัดอยู่แค่ในสถาบันที่เป็นทางการเท่านั้น แต่ยังสามารเติบโตได้ในยุคดิจิทัลที่เชื่อมโยงถึงกันและเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งความสามารถในการปรับตัวและการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องเป็นสิ่งสำคัญยิ่ง (Office of the Education Council, 2022)

การออกแบบและการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ เป็นกระบวนการวางแผนและสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ โดยคำนึงถึงผู้เรียนเป็นสำคัญ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ การออกแบบการเรียนรู้ที่ดี จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาความรู้ ทักษะ และเจตคติที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงได้ และการออกแบบและการพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีดิจิทัลและนวัตกรรมแบบใหม่ ๆ และการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีดิจิทัลและนวัตกรรมแบบใหม่ ๆ เป็นการนำเทคโนโลยีและนวัตกรรมมาประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและยกระดับการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยเน้นการมีส่วนร่วม ความยืดหยุ่น และการเข้าถึงแหล่งความรู้ที่หลากหลาย (Chanpoung, 2024)

## 2. แนวคิดการออกแบบกระบวนการจัดการเรียนรู้

การออกแบบกระบวนการจัดการเรียนรู้ คือ การวางแผนและจัดทำโครงสร้างการสอนอย่างเป็นขั้นตอน โดยนำหลักการเรียนรู้ ทฤษฎีการสอน และสื่อมาประยุกต์ใช้เพื่อกำหนดเป้าหมาย เนื้อหา วิธีการสอน และการวัดผลที่เหมาะสม เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ (Active Learning) เพื่อให้ผู้เรียนพัฒนาได้เต็มศักยภาพ (Satitpakeekul, 2018)

กระบวนการเรียนรู้คือการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมที่เกิดจากประสบการณ์ผ่านการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นการพัฒนาความสามารถและศักยภาพของมนุษย์ในหลายด้าน เช่น ความรู้ ทักษะ และเจตคติ ผู้สอนมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามที่หลักสูตรกำหนดไว้ ทำให้กระบวนการเรียนรู้เป็นรากฐานของการสอนที่มีประสิทธิภาพ

การเรียนรู้ไม่ใช่แค่การรู้แต่เกิดจากการได้รับ “ประสบการณ์” ซึ่งสามารถมาจากการอบรม การเรียนในหลักสูตร หรือการรับการถ่ายทอดความรู้จากผู้เชี่ยวชาญ ประสบการณ์เหล่านี้ช่วยให้เราสร้างองค์ความรู้ขึ้นมาเอง และนำไปใช้ได้จริงในชีวิตประจำวัน

ดังนั้น เมื่อนำการออกแบบมาใช้ในการเรียนรู้ การออกแบบการจัดการเรียนรู้จึงแตกต่างจากการวางแผนการเรียนการสอนทั่วไปตรงที่การออกแบบการจัดการเรียนรู้มีจุดมุ่งหมายที่มีความเฉพาะเจาะจงมุ่งเน้นเพื่อแก้ปัญหาการเรียนรู้อย่างใดอย่างหนึ่งของผู้เรียน การออกแบบโดยทั่วไปเป็นกระบวนการที่รวมถึงการวางแผน การพัฒนาและการประเมินผล ทั้งสามส่วนนี้ล้วนส่งผลต่อจุดประสงค์หรือเป้าหมายที่ต้องการ เช่นเดียวกับการออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งผลการเรียนรู้ของผู้เรียน สิ่งที่น่าสนใจอีกอย่างคือ ด้านประสิทธิภาพหรือผลการเรียนรู้ที่ต้องการ ประสิทธิภาพคือการประหยัดในด้านของเวลาการใช้ทรัพยากรและความพึงพอใจที่มีต่อผลงาน การออกแบบเป็นงานที่ต้องอาศัยทั้งความคิดสร้างสรรค์และความรู้เกี่ยวกับสิ่งที่ต้องการออกแบบ ดังนั้น ผลงานของการออกแบบแม้จะมีจุดมุ่งหมายอย่างเดียวกัน ใช้แนวคิดและหลักการอย่างเดียวกัน ผลงานของการออกแบบอาจจะแตกต่างกันได้

สรุปได้ว่า การออกแบบกระบวนการจัดการเรียนรู้คือการสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่ตั้งใจเพื่อให้ผู้เรียนพัฒนาความสามารถและนำไปใช้ในชีวิตจริงได้ เป้าหมายคือการให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติและสะท้อนคิดจากประสบการณ์ เพื่อพัฒนาทักษะ ความคิด หรือเจตคติใหม่ ๆ ซึ่งสามารถดำเนินการได้หลายวิธี เช่น การบรรยาย การอภิปราย หรือการสาธิต

### 3. บทบาทของเทคโนโลยีกับการเรียนรู้

เทคโนโลยีมีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนแปลงวิธีการเรียนรู้และการศึกษาในปัจจุบัน โดยช่วยเพิ่มโอกาสในการเข้าถึงแหล่งข้อมูลและสื่อการเรียนรู้ที่หลากหลาย ทำให้การเรียนรู้มีความยืดหยุ่นและเข้าถึงได้ง่ายขึ้นสำหรับทุกคน (Charoen-Rajapark & Charoen-Rajapark, 2022) ได้กล่าวถึง บทบาทของเทคโนโลยีกับการเรียนรู้ มีดังต่อไปนี้

1. การเข้าถึงแหล่งข้อมูลและสื่อการเรียนรู้ได้ง่ายขึ้น คือ เทคโนโลยีดิจิทัลช่วยให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงข้อมูลและสื่อการเรียนรู้ได้หลากหลายช่องทาง เช่น อินเทอร์เน็ต สื่อสังคมออนไลน์ และแพลตฟอร์มการเรียนรู้ออนไลน์ต่าง ๆ
2. การเรียนรู้ที่ยืดหยุ่นและปรับเปลี่ยนได้ คือ เทคโนโลยีช่วยให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ทุกที่ทุกเวลา และปรับเปลี่ยนรูปแบบการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับความต้องการและความสามารถของแต่ละบุคคล
3. การส่งเสริมการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ คือ เทคโนโลยีช่วยสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน และผู้เรียนด้วยกันเอง ผ่านเครื่องมือต่าง ๆ เช่น วิดีโอคอนเฟอเรนซ์ กระดานสนทนาออนไลน์ และแพลตฟอร์มการทำงานร่วมกัน
4. การพัฒนาทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 คือ การใช้เทคโนโลยีในการเรียนรู้ช่วยส่งเสริมทักษะที่สำคัญในศตวรรษที่ 21 เช่น การคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา การทำงานร่วมกัน และทักษะด้านดิจิทัล
5. การเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการเรียนรู้ คือ เทคโนโลยีช่วยให้การเรียนการสอนมีความน่าสนใจและมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยการนำเสนอเนื้อหาที่หลากหลายและน่าสนใจ รวมถึงการใช้เครื่องมือที่ช่วยในการจัดการและการประเมินผลการเรียนรู้

### 4. ปัจจัยสนับสนุนการใช้เทคโนโลยีช่วยการเรียนรู้

ปัจจัยเพิ่มเติมที่ควรส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีเพื่อการเรียนรู้ ได้แก่ การพัฒนาทักษะดิจิทัลของผู้เรียนและผู้สอน, การสร้างเนื้อหาและสื่อการเรียนรู้ที่มีคุณภาพและน่าสนใจ, และการออกแบบสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่เอื้อต่อการใช้เทคโนโลยี (Luerueang et al., 2024) นอกจากนี้ปัจจัยพื้นฐานเรื่องอุปกรณ์และเทคโนโลยีที่เข้าถึงได้แล้ว ปัจจัยเหล่านี้ยังช่วยส่งเสริมให้การใช้เทคโนโลยีเพื่อการเรียนรู้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด คือ

1. ผู้สอนสร้างโอกาสในการใช้เทคโนโลยีเพื่อการเรียนรู้ ปัจจัยที่จะผลักดันให้มีการใช้เทคโนโลยีอย่างคุ้มค่า คือ การที่ผู้สอนออกแบบกระบวนการเรียนรู้ให้เอื้อต่อการทำกิจกรรมประกอบการเรียนรู้ เป็นกิจกรรมที่ต้องใช้กระบวนการแสวงหาความรู้จากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ทั้งจากการสังเกตในสถานการณ์จริง การทดลอง การค้นคว้าจากสื่อสิ่งพิมพ์ และจากสื่อ Electronic เช่นจาก Web Sites เป็นกิจกรรมที่ต้องมีการทำโครงงานอิสระสนองความสนใจ เป็นกิจกรรมที่ต้องฝึกปฏิบัติจาก Software สำเร็จรูป เป็นกิจกรรมที่ต้องมีการบันทึก วิเคราะห์ข้อมูล และการนำเสนอรายงานด้วยคอมพิวเตอร์ เป็นต้น
2. ผู้สอนและผู้เรียนจัดทำระบบแหล่งข้อมูลสารสนเทศเพื่อการเรียนรู้ ปัจจัยด้านแหล่งข้อมูลสารสนเทศ (Information Sources) เป็นตัวเสริมที่สำคัญที่ช่วยเพิ่มคุณค่าของระบบเทคโนโลยีเพื่อการเรียนการสอน ผู้สอนและผู้เรียนควรช่วยกันแสวงหาแหล่งข้อมูลสารสนเทศที่มีเนื้อหาสาระตรงกับหลักสูตร หรือสนองความสนใจของผู้เรียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการรวบรวมแหล่งข้อมูลสารสนเทศที่เป็น Software ชื่อของ Web Sites รวมถึงการลงทุนจัดซื้อ Software จากแหล่งจำหน่าย การจ้างให้ผู้เชี่ยวชาญจัดทำ หรือจัดทำพัฒนาขึ้นมาเองโดยผู้สอนและผู้เรียน
3. สถานศึกษาจัดศูนย์ข้อมูลสารสนเทศเพื่อการเรียนรู้ ศูนย์ข้อมูลสารสนเทศเพื่อการเรียนรู้ (Learning Resources Center) เป็นตัวชี้วัดสำคัญประการหนึ่งของศักยภาพของสถานศึกษาที่จะส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีเพื่อการเรียนรู้ของผู้สอนและผู้เรียน ปกติมักนิยมจัดไว้เป็นส่วนหนึ่งของห้องสมุด จนเกิดคำศัพท์ว่าห้องสมุดเสมือน (Virtual Library) หรือ e-Library จะมีคุณประโยชน์ในการมีแหล่งข้อมูลสารสนเทศเพื่อการศึกษาค้นคว้า ในวิทยาการต่าง ๆ ทั้งใน

ลักษณะสื่อสำเร็จ เช่น Software แดบบันทึทวิทัศน์ รวมถึง CD-Rom และ CAI หรือ ชื่อ Web Sites ต่าง ๆ ซึ่งควรจัดทำระบบ Catalog และดัชนีให้สะดวกต่อการสืบค้น

4. การบริการของกรมหรือหน่วยงานกลางทางเทคโนโลยีเพื่อการเรียนรู้ กรมต้นสังกัดหรือหน่วยงานกลางด้านเทคโนโลยีควรส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีของสถานศึกษาด้วยการบริการด้านข้อมูลสารสนเทศ เช่น จัดทำเอกสารรายเดือน รายงาน Software ในท้องตลาด แจกชื่อ Web Sites ใหม่ ๆ พร้อมสาระเนื้อหาโดยย่อ จัดทำคลังข้อมูลความรู้ Knowledge Bank เพื่อการเรียนรู้ในด้านต่าง ๆ ผ่านสื่อ Electronic หรือสื่อทางไกลผ่านดาวเทียมเผยแพร่สนองความต้องการ และความสนใจของผู้เรียนเป็นประจำ นอกจากนี้การรวบรวมผลงานของผู้สอนและผู้เรียนในการจัดกระบวนการเรียนการสอนด้วยเทคโนโลยีที่เรียกว่า Best Practices จะเป็นตัวอย่างที่ดีสำหรับผู้สอนและนักเรียนทั่วไปที่จะใช้เทคโนโลยีเพื่อช่วยการเรียนการสอน

## 5. การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลและนวัตกรรมการสอนแบบใหม่ในการจัดการเรียนรู้

การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลและนวัตกรรมการสอนใหม่ เช่น AI, Virtual Reality (VR), และแพลตฟอร์มการเรียนรู้ออนไลน์ ช่วยให้การจัดการเรียนรู้ยืดหยุ่น เพิ่มการมีส่วนร่วม และเข้าถึงแหล่งความรู้ได้ทุกที่ โดยเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (Personalized Learning) ผสมผสานห้องเรียนแบบออนไซต์และออนไลน์เพื่อประสิทธิภาพสูงสุด ท่ามกลางความท้าทายเรื่องความพร้อมของอุปกรณ์และความปลอดภัยของข้อมูล (Wongchinda et al., 2025)

การใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมแบบใหม่เพื่อออกแบบจัดการการเรียนรู้ มีตัวอย่างดังนี้

1. การอ่านและการเขียน Weblog โดย บล็อก (Blog) มาจากคำว่า “Weblog” เป็นรูปแบบเว็บไซต์ที่เขียนและเรียงลำดับตามเวลา โดยโพสต์ล่าสุดจะอยู่แรกสุด มักมีเนื้อหาเป็นข้อความ รูปภาพ ลิงก์ หรือสื่ออื่น ๆ เช่น วิดีโอ ความแตกต่างจากเว็บไซต์ทั่วไปคือบล็อกจะเปิดให้ผู้อ่านแสดงความคิดเห็นได้ทันที นอกจากนี้ “บล็อก” ยังเป็นคำกริยาหมายถึง การเขียน และ “บล็อกเกอร์” คือผู้ที่เขียนบล็อกเป็นอาชีพ บล็อกคือเว็บไซต์ที่เจ้าของหรือผู้เขียน (Blogger) สามารถโพสต์เนื้อหาตามที่สนใจได้อย่างอิสระ ไม่ว่าจะเป็นเรื่องส่วนตัว, ข่าวสาร, การเมือง, เทคโนโลยี หรืออาหาร ซึ่งในอดีตมีจุดเริ่มต้นมาจาก “ไดอารีออนไลน์” ที่ใช้บันทึกเรื่องราวประจำวัน บล็อกรูปแบบนี้เปิดโอกาสให้ผู้เขียนแสดงความคิดเห็น แร่ผลงาน หรือเผยแพร่ความรู้ให้ผู้อื่นได้

2. เสิร์ชเอนจิน (Search Engine) หรือ โปรแกรมค้นหา คือ โปรแกรมที่ใช้สำหรับสืบค้นข้อมูลบนอินเทอร์เน็ต เช่น ข้อความ รูปภาพ วิดีโอ เพลง ซอฟต์แวร์ และแผนที่ โดยผู้ใช้จะป้อนคำสำคัญ (Keyword) เข้าไป จากนั้นเสิร์ชเอนจินจะประมวลผลและแสดงผลลัพธ์ที่คิดว่าเกี่ยวข้องกับคำค้นหาของผู้ใช้

3. ควิเปอร์สคูล (Quiperschool) คือ แพลตฟอร์มออนไลน์ฟรีสำหรับครูและนักเรียนที่ช่วยให้ครูสามารถจัดการห้องเรียนออนไลน์และติดตามผลการเรียนได้ แพลตฟอร์มนี้มีสองส่วนคือสำหรับผู้สอนและผู้เรียน โดยครูสามารถเลือกหรือสร้างบทเรียน การบ้าน และแบบทดสอบได้หลากหลายหัวข้อ นอกจากนี้ยังสามารถวิเคราะห์ผลการเรียนของนักเรียน รวมถึงจุดแข็ง จุดอ่อน และอัตราการส่งการบ้านได้ด้วย ควิเปอร์สคูลยังรองรับการทำงานร่วมกันระหว่างครูในชั้นเรียนหรือโรงเรียนเดียวกันได้

4. Google Classroom ฟรีสำหรับผู้ใช้ Google Apps for Education ซึ่งเป็นชุดเครื่องมือดิจิทัลสำหรับสถาบันการศึกษา โดยมีคุณสมบัติช่วยให้อาจารย์จัดระเบียบงาน ลดการใช้กระดาษ ประหยัดเวลา และจัดการการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

## 6. การออกแบบการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการรู้คิดและความเป็นนวัตกรรม

การออกแบบการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการรู้คิด (Cognitive Skills) และความเป็นนวัตกรรม (Innovator) เน้นจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) ผสานแนวคิดการคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking) และการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning) เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจปัญหาอย่างลึกซึ้ง (Empathize) สร้างสรรค์ไอเดีย แก้ปัญหา และสร้างต้นแบบ (Prototype) จนเกิดเป็นคุณลักษณะนวัตกรรม (Prempreesuk & Songserm, 2025)

การศึกษาของประเทศไทยมีการปรับปรุงแบบอย่างต่อเนื่อง จากรูปแบบเดิมที่ผู้สอนเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้ให้ผู้เรียนเพียงฝ่ายเดียว ผู้เรียนทำหน้าที่รับการถ่ายทอดจากผู้สอนเท่านั้น ซึ่งเป็นยุคที่เรียกว่า Education 1.0 ต่อมายุค Education

2.0 ผู้เรียนทำหน้าที่รับการถ่ายทอดความรู้จากผู้สอนและต้องรู้จักค้นคว้าหาความรู้จากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ที่ผู้สอนแนะนำด้วย ส่วนในยุค Education 3.0 ผู้เรียนต้องรู้จักแสวงหาความรู้ด้วยตนเองโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่มีอยู่เป็นเครื่องมือในการสืบเสาะและส่งผ่านข้อมูลไปยังที่ต่าง ๆ ผสมผสานกับการทำงานเป็นกลุ่ม โดยผู้สอนทำหน้าที่เป็นเพียงผู้จัดการเรียนรู้หรือโค้ชที่คอยให้คำแนะนำ แก้ปัญหา ชี้แนะ รวมถึงจัดสภาพแวดล้อมของการเรียนรู้มากกว่าการถ่ายทอดความรู้ไปยังผู้เรียน จนมาถึงยุค Education 4.0 เป็นยุคที่มุ่งเน้นการสร้างนวัตกรรม โดยส่งเสริมให้ผู้สอนและผู้เรียนเป็นนักคิดค้นและสร้างสรรค์นวัตกรรม ผู้สอนต้องพร้อมสำหรับการจัดการเรียนรู้รูปแบบใหม่ ๆ รวมถึงการปรับสภาพแวดล้อมในห้องเรียน เพื่อให้ผู้เรียนมีทักษะที่หลากหลาย มีกระบวนการคิด การแก้ปัญหา และมีเครื่องมือที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 โดยผสมผสานรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลายเพื่อให้ผู้สอนเลือกใช้ตามความเหมาะสมกับบริบทของโรงเรียนและผู้เรียน

การจัดการเรียนการสอนในยุคโลกดิจิทัล ครูต้องปรับบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวกและชี้แนะแนวทาง เพื่อให้ นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง และบางครั้งต้องร่วมเรียนรู้ไปพร้อมกับนักเรียน ครูจึงต้องมีคุณสมบัติของ E-Teacher เช่น มีประสิทธิภาพการจัดการเรียนรู้ผ่านระบบอินเทอร์เน็ตและสื่อเทคโนโลยี, มีทักษะในการแสวงหาความรู้ใหม่ ๆ สามารถถ่ายทอดความรู้ผ่านสื่อเทคโนโลยีได้อย่างมีประสิทธิภาพ, และสามารถใช้อุปกรณ์เทคโนโลยีได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในการจัดการเรียนรู้ยุคดิจิทัล สิ่งที่จะต้องพัฒนา คือทักษะของคนในศตวรรษที่ 21 ซึ่งเป็นโลกยุคดิจิทัลที่ทุกคนต้องเรียนรู้ตลอดชีวิต ซึ่งประกอบด้วย 3R (Reading, Writing, Arithmetic) และ 7C (Critical Thinking, Creativity, Collaboration, Communication, Cross-cultural Understanding, Computing, Career & Learning Skills) การพัฒนาทักษะเหล่านี้ จะช่วยให้บุคคลสามารถปรับตัวและประสบความสำเร็จในโลกยุคดิจิทัลที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว

กล่าวโดยสรุปว่า การจัดการเรียนรู้ในยุคโลกดิจิทัล ผู้สอนต้องทำห้องเรียนที่เป็นชุมชนขนาดใหญ่ ให้โลกคือห้องเรียน ผู้เรียนมีคุณลักษณะที่เป็นผู้นำตนเองได้ หลักสูตรมีความยืดหยุ่นคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล ไม่ยึดหนังสือเรียนเป็นหลัก ไม่เน้นการเรียนรู้แบบท่องจำ เน้นให้คิดเป็นแก้ปัญหาได้ต้องเป็นการเตรียมผู้เรียนให้พร้อมเพื่อใช้ชีวิตในโลกแห่งความเป็นจริง และเป้าหมายสำคัญที่สุดนั่นคือ สร้างคนคุณภาพที่เป็นคนดีและมีคุณธรรม

## 7. แนวทางการออกแบบกระบวนการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการรู้คิด

แนวทางการออกแบบกระบวนการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการรู้คิด (Cognitive Development) เน้นการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) การคิดวิเคราะห์ขั้นสูง และการประมวลผลสารสนเทศ ผ่านการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry), การใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) และการสะท้อนคิด (Reflection) เพื่อให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเองและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ (Thongthiya & Suthasinobon, 2021)

การคิดคือ กระบวนการใช้พลังสมองในการนำข้อมูล ความรู้ และประสบการณ์มาจัดระเบียบเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามต้องการ ถือเป็นทักษะการใช้สมองและทักษะภายในที่สำคัญต่อการเรียนรู้ การคิดมีหลายประเภท เช่น การคิดเชิงวิพากษ์ (Critical Thinking) ซึ่งเป็นการใช้เหตุผลและวิจารณ์ญาณในการประเมินข้อมูล การคิดเชิงสร้างสรรค์ (Creative Thinking) ที่มุ่งสร้างสิ่งใหม่ ๆ และการคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking) ที่มุ่งแก้ปัญหาโดยเน้นความต้องการของผู้ใช้

1. สอนเนื้อหาสาระต่าง ๆ โดยใช้รูปแบบหรือกระบวนการสอนที่เน้นการพัฒนาการคิดที่มีผู้พัฒนาขึ้น เช่น การเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม (Participatory Learning) การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based Learning) การเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning) เป็นต้น

2. การสอนเนื้อหาสาระต่าง ๆ โดยพยายามจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะการคิดแบบต่าง ๆ เช่น การใช้คำถามที่กระตุ้นความคิด การทำแผนที่ความคิด (Mind/Concept Mapping) การวิเคราะห์สถานการณ์ กรณีศึกษา การใช้เทคนิคการสะท้อนคิด (Reflection) การอภิปรายสัมมนา การทำโครงงาน เป็นต้น

## 8. แนวทางการออกแบบกระบวนการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความเป็นนวัตกรรม

การออกแบบกระบวนการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความเป็นนวัตกรรมมุ่งเน้น การเรียนรู้เชิงประสบการณ์ (Experiential Learning) โดยใช้แนวคิด Design Thinking ผสมผสานกับการจัดการเรียนรู้แบบ Project-Based Learning (PBL) ผู้เรียนจะเรียนรู้ผ่านการลงมือทำจริง เริ่มจากการเข้าใจปัญหา (Empathize) นิยามปัญหา (Define) ระดม

สมอง (Ideate) สร้างต้นแบบ (Prototype) และทดสอบ (Test) เพื่อฝึกทักษะการแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ (Klaichun & Trirat, 2021)

การออกแบบกระบวนการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความเป็นนวัตกรรมมุ่งเน้นการลงมือปฏิบัติจริง (Active Learning) โดยใช้แนวทาง Design Thinking (Empathize, Define, Ideate, Prototype, Test) บูรณาการร่วมกับการเรียนรู้แบบโครงการ (Project-Based Learning) เพื่อฝึกทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ผ่านกระบวนการ 5 ขั้นตอน: เข้าใจปัญหา กำหนดจุดเน้นสร้างไอเดียสร้างต้นแบบและทดสอบจริง

แนวทางการออกแบบกระบวนการเรียนรู้สู่นวัตกรรม (Innovator Learning Process)

1. สร้างสภาพแวดล้อมที่กระตุ้นจินตนาการ (Inspiration & Empathize) เป็นการเริ่มต้นจากการตั้งคำถาม (5W1H) และการลงพื้นที่เข้าใจปัญหาผู้ใช้งานอย่างลึกซึ้ง (Empathize) เพื่อหาโอกาสใหม่ ๆ แทนการเริ่มจากเนื้อหาในตำรา

2. ใช้ Design Thinking เป็นแกนหลัก (Design Process) ประกอบด้วย

1) Empathize & Define คือ ระบุปัญหาที่แท้จริง (Insight) ของผู้ใช้

2) Ideate คือ ระดมสมอง (Brainstorming) อย่างอิสระเพื่อหาแนวทางแก้ปัญหาที่หลากหลาย

3) Prototype คือ สร้างแบบจำลอง/ต้นแบบนวัตกรรมอย่างรวดเร็ว (Rapid Prototyping) ไม่เน้นความสมบูรณ์แบบแต่เน้นฟังก์ชันการใช้งาน

4) Test คือ นำต้นแบบไปทดสอบกับผู้ใช้จริง เพื่อรับข้อเสนอแนะ (Feedback) มาปรับปรุง

3. การเรียนรู้แบบลงมือทำ (Project-Based Learning - PBL) โดยให้ผู้เรียนเรียนรู้ผ่านการทำโครงการจริงที่แก้ไขปัญหาในชุมชนหรือบริบทที่สนใจ ช่วยให้เห็นคุณค่าของสิ่งที่ทำ

4. พัฒนาทักษะข้ามศาสตร์ (Interdisciplinary Skills) โดยส่งเสริมการทำงานเป็นทีมที่ประกอบด้วยความถนัดที่หลากหลาย เช่น ด้านเทคนิคด้านธุรกิจและด้านความคิดสร้างสรรค์/สื่อสาร

5. การประเมินผลเชิงสมรรถนะ (Competency-Based Evaluation) โดยประเมินด้วยวิธี Rubric Score ที่เน้นความก้าวหน้า ทักษะการคิด ความคิดสร้างสรรค์ และการแก้ปัญหา มากกว่าการจำเนื้อหา

6. สร้างเครือข่ายและพื้นที่แลกเปลี่ยน (Collaboration & Mentorship) โดยมีผู้เชี่ยวชาญ (Mentor) ให้คำปรึกษาใกล้ชิด และพื้นที่แสดงผลงาน (Showcase) เพื่อสร้างความมั่นใจและต่อยอดนวัตกรรม

กระบวนการจัดการเรียนการสอน ผู้สอนต้องเป็นผู้จัดประสบการณ์การเรียนรู้แสวงหาแหล่งเรียนรู้จัดให้มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างผู้เรียนทั้งในและนอกชั้นเรียน ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูลเพราะทำให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้รวดเร็วเกิดการคิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ ทั้งนี้ความรู้ที่ได้มาจากการต่อยอดความรู้จึงเป็นความรู้ในเชิงลึกและกว้างไม่เป็นเพียงความรู้ที่ได้มาจากตำรา ผู้สอนต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนนำความรู้ที่มีอยู่ในตนเองมาบูรณาการให้ได้ความรู้ใหม่ สร้างประสบการณ์การเรียนรู้ด้วยการมอบหมายงานให้ผู้เรียนลงมือทำ สร้างทีม เสริมแรงจูงใจ ฝึกประสบการณ์การเรียนรู้สนับสนุนให้ผู้เรียนสร้างความรู้ที่ใหม่ที่ไม่เหมือนใครเพื่อใช้สร้างนวัตกรรม ดังนี้

1. การสร้างทีม

1.1 การเข้ากลุ่มผู้เรียนควรมีประมาณ 3-6 คน เพื่อการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ได้อย่างกว้างขวาง ทีมต้องไม่ปิดบังกันในเรื่องความรู้ แนวคิด เทคนิค วิธีการที่ตนเองค้นพบ พร้อมทั้งจะแลกเปลี่ยนความรู้ ความคิดเพื่อหาหนทางหรือแนวทางใหม่ ๆ ที่จะร่วมกันสร้างนวัตกรรม

1.2 การตั้งเป้าหมายร่วมกัน เน้นให้เห็นบทบาทหน้าที่ที่ตนเองรับผิดชอบที่จะทำให้งถึงเป้าหมาย

1.3 การสร้างบรรยากาศความไว้วางใจ โดยให้แต่ละคนเล่าถึงความสำเร็จในการทำงาน ลักษณะนิสัยส่วนตัวการทำงาน บุคลิกภาพเพื่อสร้างความคุ้นเคยในทีม

1.4 การตั้งกฎเกณฑ์และข้อพึงปฏิบัติในทีม เพื่อให้มีความเคารพซึ่งกันและกัน

1.5 การสร้างความสัมพันธ์กับกลุ่มอื่น ๆ เพื่อการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างทีมเป็นสิ่งที่ดีที่จะทำให้ความรู้ที่ได้รับมีการต่อยอด และเห็นมุมมองที่กว้างออกไป

2. การเสริมแรงจูงใจให้กับผู้เรียน แรงจูงใจมีทั้งแรงจูงใจภายในและแรงจูงใจภายนอกแรงจูงใจภายนอก เช่น คำชม รางวัล คำตอบแทน โบนัส เป็นต้น ส่วนแรงจูงใจภายใน เช่น ทศตนคติ การสร้างทีม การแสวงหาความรู้ เป็นต้น แรงจูงใจ

ภายในมักเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้บุคคลเกิดการสร้างนวัตกรรม เพราะแรงจูงใจภายในจะเกิดขึ้นและงอกงามได้ก็ต่อเมื่อผู้เรียนมีความเป็นอิสระในการคิด ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอนผู้สอนควรให้ผู้เรียนมีอิสระในการเรียน การคิด และการลงมือปฏิบัติผู้สอนควรให้คำแนะนำและเป็นผู้ชี้แนวทางที่ถูกต้อง ให้คำชม และเมื่องานสำเร็จควรให้รางวัลเผยแพร่ผลงานให้เป็นที่รู้จักจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดทัศนคติที่ดีในการสร้างนวัตกรรม

## 9. เทคนิควิธีการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความเป็นนวัตกรรม

การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความเป็นนวัตกรรม เน้นการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) ที่ผู้เรียนลงมือทำจริงผ่านการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน (Problem-Based Learning) โดยใช้กระบวนการการคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking) เพื่อสร้างนวัตกรรมต้นแบบ (Prototype) ทดลองใช้ และสะท้อนคิด (Reflection) เพื่อพัฒนาสมรรถนะนวัตกรรมทั้งด้านจินตนาการ และการทำงานเป็นทีม (Wongyai & Patpol, 2021)

เทคโนโลยีและเทคนิควิธีการเพื่อการออกแบบการเรียนรู้ให้มีความเป็นนวัตกรรม ได้แก่ การสอนแบบ STEM การจัดการกระบวนการเรียนรู้ (Pedagogy) การใช้เทคโนโลยีไมโครคอนโทรลเลอร์ในรูปแบบ Technology Knowledge ในการช่วยเขียนแทนความคิดเชิงนามธรรมสู่รูปธรรม เช่น การเขียนโค้ดให้ได้เป็นนวัตกรรมต่าง ๆ การเรียนรู้แบบบูรณาการตามโมเดล TPCK (TPCK-Technology Pedagogy Content Knowledge) การใช้ Blog ในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ การใช้สื่อสังคมออนไลน์ในการนำเสนอหรือเผยแพร่ผลงานและแลกเปลี่ยนประสบการณ์ การใช้ Infographic ในการนำเสนอผลงาน เทคนิคการระดมสมอง เทคนิคหมวกคิด 6 ใบ และเทคนิคการสืบสวน ซึ่งเป็นเทคนิคที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ช่วยให้ผู้เรียนสามารถต่อเติมความคิดใหม่ ๆ โดยใช้กระบวนการกลุ่มและการคิดขั้นสูงเข้ามาช่วย ดังนั้นผู้สอนควรฝึกฝนผู้เรียนให้ใช้เทคนิคเหล่านี้ให้ชำนาญ

## 10. แนวทางการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการออกแบบการจัดการเรียนรู้

แนวทางการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการออกแบบการจัดการเรียนรู้เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง โดยบูรณาการเครื่องมือดิจิทัล (เช่น แพลตฟอร์มออนไลน์, AI, แอปพลิเคชัน) เข้ากับกระบวนการเรียนรู้แบบ Active Learning เพื่อให้ผู้เรียนเข้าถึงข้อมูลได้ทุกที่ทุกเวลา สร้างความร่วมมือ เรียนรู้ตามความต้องการเฉพาะบุคคล และพัฒนาทักษะดิจิทัลที่จำเป็น (Chomthong, 2025) มีดังนี้

1. พัฒนาสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ ได้แก่ ห้องเรียน ห้องปฏิบัติการ อุปกรณ์การศึกษาโครงสร้างพื้นฐาน และเทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อรองรับการเรียนรู้ที่เหมาะสม เช่น Student-Centered Learning, Problem-Based Learning และ Active Learning เป็นต้น รวมถึงการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลสนับสนุนการจัดการเรียนการสอนในรูปแบบ Modular System เพื่อให้เกิดผลลัพธ์การเรียนรู้สูง (High Learning Outcomes)

2. พัฒนานักศึกษาและผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้ตลอดชีวิต (Life Long Learning) โดยใช้เทคโนโลยีดิจิทัล เช่น การเรียนรู้แบบทุกที่ทุกเวลา (Ubiquitous Learning) การเรียนการสอนเชิงโต้ตอบระยะไกล (Remotely Interactive Education) การเชื่อมโยงต่อสิ่งของในระบบอัจฉริยะ (Internet of Things) ห้องจำลอง (Simulation Room) และระบบการเรียนรู้ความเป็นจริงเสมือน (Virtual Reality System) เป็นต้น

3. การพัฒนา MOOC (Massive Open Online Course) เพื่อคุณภาพการเรียนรู้ตามนโยบายรัฐบาลทำได้โดยการสร้างและพัฒนาหลักสูตรจากความเชี่ยวชาญของหน่วยงานต่าง ๆ นำมาประยุกต์ใช้บนแพลตฟอร์มอย่าง Thai MOOC โดยเน้นการสร้างสื่อการเรียนรู้ที่มีคุณภาพ มีกิจกรรมที่น่าสนใจ และระบบประเมินผลที่เชื่อถือได้ พร้อมทั้งสร้างความร่วมมือระหว่างสถาบันเพื่อการถ่ายโอนหน่วยกิต

4. ส่งเสริมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียน นักศึกษาเป็นนักคิด นักสร้าง (Makers) โดยใช้เทคโนโลยีดิจิทัลสร้างสรรค์นวัตกรรม

5. ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลสนับสนุนการบูรณาการเรียนรู้นักศึกษากับกิจกรรมนักศึกษาโดยส่งเสริมกิจกรรมนักศึกษาทั้งในและนอกหลักสูตรให้มีความหลากหลายตามความสนใจและความถนัดของนักศึกษา เพื่อเสริมสร้างทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21

6. การส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการพัฒนาและผลิตสื่อการเรียนรู้ด้วยตนเอง ทำได้โดยการให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (Student-Centered Learning) และมีส่วนร่วมในการเรียนรู้อย่างกระตือรือร้น (Active Learning) การใช้

เทคโนโลยี เช่น AI และ Big Data เพื่อวิเคราะห์ความต้องการและปรับปรุงการเรียนรู้ การใช้แพลตฟอร์มออนไลน์อย่าง MOOCs และแหล่งเรียนรู้อื่น ๆ รวมถึงการส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะการเรียนรู้ด้วยตนเอง (Self-Directed Learning)

## 11. การเสริมสร้างประสิทธิภาพการเรียนรู้ของผู้เรียน

การเสริมสร้างประสิทธิภาพการเรียนรู้ของผู้เรียนเน้นการปรับเปลี่ยนจากการเรียนเชิงรับ (Passive) เป็นการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) โดยเน้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมผ่านการทำกิจกรรม การคิดวิเคราะห์ การลงมือปฏิบัติจริง และการทำงานร่วมกับผู้อื่น ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีและบรรยากาศที่เอื้ออำนวย ซึ่งจะช่วยกระตุ้นสมองและเพิ่มความเข้าใจในระยะยาว (Office of the Education Council, 2020)

แนวทางการเสริมสร้างประสิทธิภาพการเรียนรู้ของผู้เรียน มีดังนี้

1. การเรียนรู้ที่เน้นบทบาทและการมีส่วนร่วมของผู้เรียน หรือการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) คือ แนวทางการเรียนการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมและลงมือปฏิบัติจริงในกระบวนการเรียนรู้ แทนที่จะเป็นผู้รับข้อมูลเพียงอย่างเดียว ผู้เรียนได้คิด วิเคราะห์ และสร้างความเข้าใจด้วยตนเองผ่านกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การอภิปราย การทำงานกลุ่ม การทดลอง และการแก้ปัญหา

2. การเรียนรู้แบบสัมพันธ์ (Relational Learning) คือ กระบวนการเรียนรู้ที่เน้นความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลหรือแนวคิดต่าง ๆ ซึ่งแตกต่างจากการเรียนรู้แบบแยกส่วนที่มุ่งเน้นข้อมูลหรือแนวคิดเดียว ๆ โดยการเรียนรู้แบบสัมพันธ์จะพิจารณาถึงความเชื่อมโยงและความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งต่าง ๆ เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้งและครอบคลุมยิ่งขึ้น

3. การเรียนรู้ตลอดชีวิต (Lifelong Learning) คือ การเรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ อย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต ไม่จำกัดช่วงวัยหรือสถานที่เรียน โดยเน้นการเรียนรู้ด้วยตนเองและพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง เพื่อปรับตัวให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลงในโลก

4. การเรียนรู้แบบผสมผสาน (Blended Learning) คือ การผสมผสานการเรียนรู้ทั้งในรูปแบบออนไลน์และแบบออฟไลน์ (ในห้องเรียน) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและประสบการณ์การเรียนรู้ที่หลากหลาย โดยผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ ซึ่งการเรียนรู้แบบผสมผสานนี้กำลังเป็นที่นิยมและมีแนวโน้มที่จะเป็นอนาคตของการศึกษา

5. การเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีดิจิทัล (Digital Learning) คือ การใช้เทคโนโลยีดิจิทัล เช่น คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์มือถือ แท็บเล็ต และสื่อออนไลน์ เป็นเครื่องมือสนับสนุนการเรียนรู้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยผู้เรียนสามารถเข้าถึงแหล่งความรู้และสร้างสรรค์งานได้สะดวกและยืดหยุ่นมากขึ้น

6. การสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่ดีเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการส่งเสริมการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพและมีความสุขสำหรับผู้เรียนทุกระดับ ไม่ว่าจะเป็นในห้องเรียน หรือที่บ้าน โดยสภาพแวดล้อมที่ดีควรมีความปลอดภัยทางร่างกายและจิตใจ ส่งเสริมการมีส่วนร่วม, และมีทรัพยากรที่เพียงพอต่อการเรียนรู้

## 12. บทสรุป (Conclusion)

การออกแบบและพัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ดีมีเป้าหมายเพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาความสามารถใหม่หรือเดิมให้ดีขึ้น เพื่อนำไปใช้ในโลกแห่งความเป็นจริงได้ โดยมีองค์ประกอบของระบบคือ ข้อมูล (Input) กระบวนการ (Process) ผลลัพธ์ (Output) และข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) ส่วนขั้นตอนการจัดการระบบการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การวิเคราะห์ระบบ 2) การสังเคราะห์ระบบ 3) การสร้างแบบจำลอง และ 4) การจำลองสถานการณ์

การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการจัดการเรียนรู้สามารถแบ่งเป็น 3 ลักษณะ ได้แก่ การเรียนรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยี (เช่น การศึกษาหลักการทำงานของคอมพิวเตอร์) การเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยี (เช่น การใช้โปรแกรมหรือแอปพลิเคชันเพื่อการเรียนรู้) และการเรียนรู้เพื่อนำไปใช้กับเทคโนโลยี (เช่น การนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา) ซึ่งมีเครื่องมือและนวัตกรรมที่หลากหลาย เช่น Weblog โปรแกรมค้นหา ห้องเรียนออนไลน์ แหล่งเรียนรู้สำหรับครู และแหล่งข้อมูลออนไลน์ต่าง ๆ

การออกแบบการเรียนรู้ในยุค Education 4.0 มุ่งเน้นการสร้างนวัตกรรม โดยใช้เทคโนโลยีและวิธีการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และมีเครื่องมือสำหรับการใช้ชีวิตในศตวรรษที่ 21 โดยผู้สอนต้องพร้อมปรับเปลี่ยนสื่อ การเรียนรู้ และสภาพแวดล้อม เพื่อส่งเสริมการสร้างสร้งนวัตกรรมของผู้เรียน

แนวทางการออกแบบการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการรู้คิดคือการเลือกใช้วิธีการสอนที่กระตุ้นการคิด เช่น Active Learning และจัดกิจกรรมที่ส่งเสริม ลักษณะการคิดที่หลากหลาย เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การแก้ปัญหา และการสื่อสาร โดยใช้เทคนิคย่อยต่าง ๆ เช่น การระดมสมอง การโต้แย้ง การทำกรณีศึกษา และการทำงานร่วมกัน

แนวทางการออกแบบการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความเป็นนวัตกรรม 1) การสร้างทีม 2) การเสริมแรงจูงใจให้กับผู้เรียน เทคโนโลยีและเทคนิควิธีการเพื่อการออกแบบการเรียนรู้ให้มีความเป็นนวัตกรรมได้แก่ การสอนแบบ STEM การจัดกระบวนการเรียนรู้ (Pedagogy) การใช้เทคโนโลยีไมโครคอนโทรลเลอร์ในรูปแบบ Technology Knowledge เขียนโค้ดให้ได้เป็นนวัตกรรมต่าง ๆ การเรียนรู้แบบบูรณาการตามโมเดล TPCK (TPCK-Technology Pedagogy Content Knowledge) การใช้ Blog ในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ การใช้สื่อสังคมออนไลน์ในการนำเสนอหรือเผยแพร่ผลงานและแลกเปลี่ยนประสบการณ์ การใช้ Infographic ในการนำเสนอผลงาน เทคนิคการระดมสมองเทคนิคหมวกคิด 6 ใบ และเทคนิคการสืบสวน

การเสริมสร้างประสิทธิภาพการเรียนรู้ของผู้เรียนคือการทำให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้เพื่อบรรลุเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งทำได้โดยการใช้กลยุทธ์และเทคนิคที่หลากหลาย เช่น Active Learning (การเรียนรู้เชิงรุก) ที่เน้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติและคิดวิเคราะห์แทนที่จะเป็นเพียงผู้รับสาร รวมถึงการสร้าง สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม และ การใช้เทคโนโลยี เข้ามาช่วย

กล่าวคือ การออกแบบและพัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อเสริมสร้างประสิทธิภาพการเรียนรู้ของผู้เรียน ดัง Figure 1.

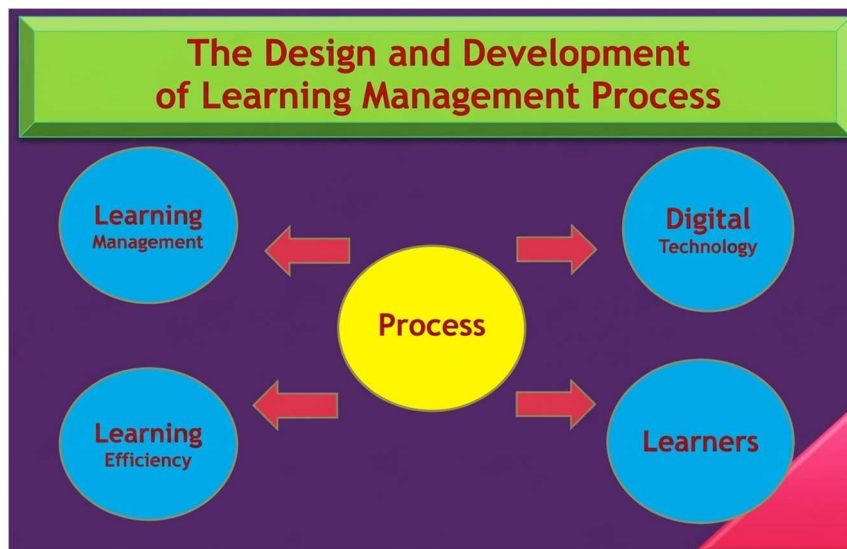


Figure 1. The Design and Development of the Learning Management Process

### 13. การเปิดเผยการใช้ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ (Declaration of Generative AI)

งานวิจัยนี้ใช้ ChatGPT ในการแปลภาษา และตรวจสอบเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง ใช้ Gemini ในการตกแต่งรูปภาพให้คมชัดขึ้น โดยนักวิจัยได้ตรวจทาน แก้ไข และขอรับผิดชอบต่อนเนื้อหาในบทความทั้งหมด

### 14. การแสดงบทบาทผู้เขียน (CRediT Author Statement)

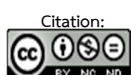
Boonto Nadee: Writing-Review & Editing, Validation, Supervision

Yanisa Suthongsri: Writing-Review & Editing, Validation

All authors read and approved the final manuscript.

## 15. เอกสารอ้างอิง (References)

- Chanpoung, M. (2024). Development of Learning Management Model using Design Thinking Process in Conjunction with Community-Based Learning to Promote 21st Century Skills. *The Journal of Research and Academics*, 7(6), 81-96. <https://doi.org/10.14456/jra.2024.139> (In Thai)
- Charoen-Rajapark, R. A., & Charoen-Rajapark, V. (2022). The Educational Changing: Digital Learning and New Innovations. *Journal of Multidisciplinary in Humanities and Social Sciences*, 5(4), 1724-1739.
- Chomthong, C. (2025). Digital Learning Management in Small Schools. *Journal of Buddhist Sociology*, 10(3), 132-143. (In Thai)
- Klaichun, P., & Trirat, P. (2021). Innovatorship Enhancement Model for Undergraduate Programs of Private Universities in Thailand. *Journal of Social Science and Buddhist Anthropology*, 6(8), 236-252. (In Thai)
- Luerueang, N., Unjai, P., & Memana, P. (2024). Using Digital Technology to Encourage Lifelong Learning. *Journal of Setthawit Review*, 5(1), 1-10. (In Thai)
- Office of the Education Council. (2020). Proactive Competency-based Learning Management. Ministry of Education. (In Thai)
- Office of the Education Council.(2022). *Learning Management Model through Digital Platforms*. Ministry of Education. (In Thai)
- Prempeesuk, B., & Songserm, U. (2025). The Development of Learning Management Model Using Design Thinking to Enhance Creative Innovate Ability and Innovators Strategies for Grade 7 Students. *Journal of Interdisciplinary Innovation Review*, 8(4), 1-13. (In Thai)
- Thongthiya, K., & Suthasinobon, K. (2021). A Development of Higher-order Thinking: Important Intellectual Abilities for The New Norma. *Journal of Education Silpakorn University*, 19(2), 28-44. (In Thai)
- Wongchinda, T., Tanchai, S., & Romsri, S. (2025). The Application of Digital Technology in Participatory Learning Management. *Modern Academic Development and Promotion Journal*, 3(1), 268-277. (In Thai)
- Wongyai, W., & Patpol, M. (2021). *Team Learning for Innovation*. Srinakharinwirot University. (In Thai)



## The Role and Development Approach for Innovative Teachers Competence in Creating Learning Management Innovations with Digital Technology

Yanisa Soosongdee<sup>1,\*</sup>, Oranuch Saengsuk<sup>2</sup>, Siriluck Boongthong<sup>3</sup>  
and Santi Wilaisungnern<sup>4</sup>

<sup>1,\*</sup>Program in English, Faculty of Humanities and Social Sciences, Surindra Rajabhat University, Surin 32000, Thailand; Email: pikkyyanisa@gmail.com

<sup>2</sup>Program in Social Studies, Faculty of Humanities and Social Sciences, Surindra Rajabhat University, Surin 32000, Thailand; Email: ouroranuch@gmail.com

<sup>3</sup>Program in Thai, Faculty of Humanities and Social Sciences, Surindra Rajabhat University, Surin 32000, Thailand; Email: siriluckboongthong5751@gmail.com

<sup>4</sup>Program in Music Studies, Faculty of Humanities and Social Sciences, Surindra Rajabhat University, Surin 32000, Thailand; Email: ranateag007@gmail.com

*\*Corresponding author: Yanisa Soosongdee (pikkyyanisa@gmail.com)*

**Received:** 6 January 2026; **Revised:** 9 April 2026;

**Accepted:** 12 April 2026; **Published:** 30 April 2026

### Abstract

The role and development for innovative teacher competencies in creating learning management innovations with the digital technology era is extremely important, enabling teachers to adapt and apply digital technology effectively and modernly in learning management, with the aim of developing learners to possess the necessary skills and competencies for the 21st century. The development of innovative teacher competencies enhances teachers' abilities to create and apply educational innovations in the learning process to continuously improve the quality of learners, which involves developing knowledge, skills, and attributes essential for being an innovator. The creation of innovative learning management involves the development of new, effective and modern teaching methods to promote creative and sustainable learning among students, focusing on improving the learning process, using technology, and applying new ideas to teaching management, so that students can engage in meaningful learning and apply knowledge in real life. Importantly, learning management in the digital age involves using digital technology and online media as tools for teaching and learning management to enhance effectiveness and create a more diverse and engaging learning experience in the present era.

**Keywords:** Innovative Teachers Competence, Innovation in Learning Management, Digital Technology



Copyright © 2026 Journal of Computer and Creative Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC-ND).

### Citation:

Soosongdee, Y., Saengsuk, O., Boongthong, S., & Wilaisungnern, S. (2026). The Role and Development Approach for Innovative Teachers Competence in Creating Learning Management Innovations with Digital Technology. *Journal of Computer and Creative Technology*, 4(1), e3292. <https://doi.org/10.65205/jcct.2026.e3292>

## บทบาทและแนวทางการพัฒนาสมรรถนะครูนวัตกรรมเพื่อสร้างสรรค์นวัตกรรม การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีดิจิทัล

ญาณิศา สู่ทรงดี<sup>1\*</sup> อรณุช แสงสุข<sup>2</sup> สิริลักษณ์ บุ่งทอง<sup>3</sup> และ สันติ วิลัยสูงเนิน<sup>4</sup>

<sup>1\*</sup>สาขาวิชาภาษาอังกฤษ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์ 32000 ประเทศไทย;  
Email: pikkyyanisa@gmail.com

<sup>2</sup>สาขาวิชาสังคมศึกษา คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์ 32000 ประเทศไทย;  
Email: ouroranuch@gmail.com

<sup>3</sup>สาขาวิชาภาษาไทย คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์ 32000 ประเทศไทย;  
Email: siriluckboongthong5751@gmail.com

<sup>4</sup>สาขาวิชาดนตรีศึกษา คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์ 32000 ประเทศไทย;  
Email: ranateag007@gmail.com

\*ผู้ประพันธ์บทความ: ญาณิศา สู่ทรงดี (pikkyyanisa@gmail.com)

รับบทความ: 6 มกราคม 2569; แก้ไขบทความ: 9 เมษายน 2569;

ตอบรับบทความ: 12 เมษายน 2569; เผยแพร่บทความ: 30 เมษายน 2569

### บทคัดย่อ

บทบาทและแนวทางการพัฒนาสมรรถนะครูนวัตกรรมเพื่อสร้างสรรค์นวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ในยุคเทคโนโลยีดิจิทัลเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง เพื่อให้ครูสามารถปรับตัวและประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการจัดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและทันสมัย โดยมีเป้าหมายเพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะและความสามารถที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 การพัฒนาสมรรถนะครูนวัตกรรมเป็นการเสริมสร้างความสามารถของครูในการสร้างสรรค์และนำนวัตกรรมทางการศึกษาไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาคุณภาพผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง ซึ่งประกอบด้วยการพัฒนาทั้งด้านความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะที่จำเป็นสำหรับความเป็นนวัตกรรม และการสร้างสรรค์นวัตกรรมการจัดการเรียนรู้เป็นการพัฒนาวิธีการเรียนการสอนใหม่ ๆ ที่มีประสิทธิภาพและทันสมัย เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างสร้างสรรค์และยั่งยืน โดยมุ่งเน้นการปรับปรุงกระบวนการเรียนรู้ การใช้เทคโนโลยี และการนำแนวคิดใหม่มาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายและสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงได้ และที่สำคัญการจัดการเรียนรู้ในยุคดิจิทัลเป็นการนำเทคโนโลยีดิจิทัลและสื่อออนไลน์มาใช้เป็นเครื่องมือในการจัดการเรียนการสอน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่หลากหลายและน่าสนใจยิ่งขึ้นในยุคปัจจุบัน

**คำสำคัญ:** สมรรถนะครูนวัตกรรม, นวัตกรรมจัดการเรียนรู้, เทคโนโลยีดิจิทัล



Copyright © 2026 Journal of Computer and Creative Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC-ND).

การอ้างอิง:

ญาณิศา สู่ทรงดี, อรณุช แสงสุข, สิริลักษณ์ บุ่งทอง, และ สันติ วิลัยสูงเนิน. (2569). บทบาทและแนวทางการพัฒนาสมรรถนะครูนวัตกรรมเพื่อสร้างสรรค์นวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีดิจิทัล. *วารสารคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสร้างสรรค์*, 4(1), e3292.

<https://doi.org/10.65205/jcct.2026.e3292>

## 1. บทนำ (Introduction)

แนวโน้มการศึกษาโลกกำลังมุ่งสู่การใช้เทคโนโลยีขั้นสูง เช่น AI (ปัญญาประดิษฐ์) VR/AR (เทคโนโลยีเสมือนจริง) และ Gamification เพื่อสร้างการเรียนรู้แบบเฉพาะบุคคล (Personalized Learning) และเป็นแบบไฮบริด (Hybrid Learning) ที่เน้นความยืดหยุ่น ความคิดสร้างสรรค์ ทักษะการปรับตัว และการเรียนรู้ตลอดชีวิต (Lifelong Learning) โดยรวมแล้ว การศึกษาโลกเน้นการเปลี่ยนบทบาทครูจากผู้ถ่ายทอดความรู้ (Teacher) มาเป็นผู้อำนวยความสะดวก (Facilitator) และเน้นให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (Learner-Centered) เพื่อพัฒนาศักยภาพสูงสุดของแต่ละบุคคล (Office of National Higher Education Science Research and Innovation Policy Council, 2024)

การศึกษาของประเทศไทยมีการปรับรูปแบบอย่างต่อเนื่อง จากรูปแบบเดิมที่ผู้สอนเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้ให้ผู้เรียนเพียงฝ่ายเดียว ผู้เรียนทำหน้าที่รับการถ่ายทอดจากผู้สอนเท่านั้น ซึ่งเป็นยุคที่เรียกว่า Education 1.0 ต่อมายุค Education 2.0 ผู้เรียนทำหน้าที่รับการถ่ายทอดความรู้จากผู้สอนและต้องรู้จักค้นคว้าหาความรู้จากแหล่งข้อมูลต่างๆ ที่ผู้สอนแนะนำด้วย ส่วนในยุค Education 3.0 ผู้เรียนต้องรู้จักแสวงหาความรู้ด้วยตนเองโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่มีอยู่เป็นเครื่องมือในการสืบเสาะและส่งผ่านข้อมูลไปยังที่ต่างๆ ผสมผสานกับการทำงานเป็นกลุ่ม โดยผู้สอนทำหน้าที่เป็นเพียงผู้จัดการเรียนรู้หรือโค้ชที่คอยให้คำแนะนำ แก้ปัญหา ชี้แนะ รวมถึงจัดสภาพแวดล้อมของการเรียนรู้มากกว่าการถ่ายทอดความรู้ไปยังผู้เรียน จนมาถึงยุค Education 4.0 เป็นยุคที่ต้องสร้างนักนวัตกรรมต้องส่งเสริมให้ผู้สอนและผู้เรียน เป็นนักคิด นักสร้างนวัตกรรม ผู้สอนต้องพร้อมในการจัดการเรียนรู้ หัววิธีการ รูปแบบการเรียนรู้ใหม่ๆ สื่อ อุปกรณ์ รวมไปถึงการจัดสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ใหม่ๆ ในห้องเรียน เพื่อเน้นให้ผู้เรียนมีทักษะหลายๆ ด้าน มีกระบวนการคิด กระบวนการการแก้ปัญหา และมีเครื่องมือที่ใช้ในการเรียนรู้สำหรับการดำรงชีวิตในโลกแห่งศตวรรษที่ 21 ผสมผสานรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลายให้ผู้สอนเลือกใช้ได้ตามความเหมาะสมกับบริบทของโรงเรียนและผู้เรียน (Waitayasin, 2019; Siririn, 2022)

การจัดการเรียนการสอนในยุคดิจิทัล ครูเปลี่ยนบทบาทจาก “ผู้บรรยาย” (Instructor) เป็น “ผู้อำนวยความสะดวก” (Facilitator) และ “โค้ช” (Coach) (Thongking, 2020) โดยเน้นกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองผ่าน Active Learning ใช้เทคโนโลยีเพื่อสืบค้นและสร้างสรรค์นวัตกรรมและทำหน้าที่เป็นผู้ร่วมเรียนรู้ (Co-Learner) ไปพร้อมกับนักเรียนเพื่อปรับตัวให้ทันเทคโนโลยีตลอดเวลา ดังนั้น ครูในยุคนี้จึงต้องมีคุณลักษณะที่เรียกว่า E-Teacher เช่น ต้องมีประสบการณ์ในการจัดการเรียนรู้แบบใหม่โดยจัดการเรียนการสอนผ่านระบบอินเทอร์เน็ตและสื่อเทคโนโลยี มีทักษะในการแสวงหาความรู้ใหม่ๆ เพื่อขยายองค์ความรู้ของตนเองตลอดเวลา มีความสามารถในการถ่ายทอดหรือขยายความรู้ของตนเองสู่นักเรียนผ่านสื่อเทคโนโลยีได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความสามารถในการเสาะหาและคัดเลือกเนื้อหาความรู้หรือเนื้อหาที่ทันสมัย เหมาะสมและเป็นประโยชน์ต่อผู้เรียนผ่านทางสื่อเทคโนโลยี สามารถใช้สื่อเทคโนโลยีอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลทั้งในฐานะที่เป็นผู้ผลิตความรู้ผู้กระจายความรู้ และผู้ใช้ความรู้

## 2. บทบาทและแนวทางการพัฒนาสมรรถนะครูนวัตกรรม

บทบาทครูยุคใหม่คือการเป็นผู้นำนวัตกรรมผู้สร้างแรงบันดาลใจ และผู้จัดการเรียนรู้ที่เน้น Active Learning โดยพัฒนาสมรรถนะผ่าน 3 ด้านหลัก จริยธรรมและจรรยาบรรณทักษะดิจิทัลและเทคโนโลยีและการพัฒนาตนเองตลอดชีวิต แนวทางการพัฒนาควรเน้นการลงมือปฏิบัติจริง (Action Learning) การสร้างเครือข่ายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ (PLC) และ การใช้เทคโนโลยีที่ยั่งยืน (Yuenyaw, 2019)

### บทบาทครูในศตวรรษที่ 21 (Role of Teacher)

1. ผู้นำนวัตกรรมการเรียนรู้ โดยนำเทคโนโลยีมาใช้นสอน (Active Learning) และวิจัยเพื่อแก้ปัญหาผู้เรียน
2. ผู้สร้างแรงบันดาลใจ (Mentor/Coach) โดยปรับบทบาทจากการสอน (Teaching) เป็นผู้สนับสนุนการเรียนรู้ (Learning Facilitator)
3. ครูผู้นำทางวิชาการ (Academic Leader) ครูควรมีวิสัยทัศน์สูงและใช้นวัตกรรมในการพัฒนาการศึกษา
4. ผู้ยึดมั่นจริยธรรม โดยดำรงตนเป็นแบบอย่างที่ดี มีความรับผิดชอบ และเข้าใจความแตกต่างของผู้เรียน

### แนวทางการพัฒนาสมรรถนะครู

1. พัฒนาแบบเชิงพื้นที่ (Area-based Development) ครูควรเข้าใจบริบทปัญหาจริงของโรงเรียน แล้วลงมือทำ

2. ส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิต (Self-Development) ครูควรแลกเปลี่ยนเรียนรู้ผ่านชุมชนทางวิชาชีพ (PLC) และการพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง
3. เน้นทักษะดิจิทัลและนวัตกรรม ครูควรสนับสนุนเครื่องมือเทคโนโลยีและฝึกการใช้นวัตกรรมในห้องเรียน
4. การสอนงานและพี่เลี้ยง (Coaching & Mentoring) ครูควรการนิเทศ ติดตามโดยพี่เลี้ยงเพื่อปรับปรุงงาน
5. สร้างระบบประเมินเชิงบวก (Growth Mindset) ครูควรประเมินเพื่อเติบโตและปรับปรุง ไม่ใช่เพียงเพื่อควบคุม

**สมรรถนะหลักที่ต้องพัฒนา** (Announcement of the Teachers' Council of Thailand Board on the Competency Development Framework for Teachers in the 21st Century, 2025)

1. ครูผู้นำธรรมาภิบาลและสืบสานศาสตร์พระราชา ประกอบด้วย สมรรถนะย่อยที่ 1 สืบสานศาสตร์พระราชา และการน้อมนำปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงไปใช้เพื่อการดำเนินชีวิตที่มีคุณภาพอย่างยั่งยืน สมรรถนะย่อยที่ 2 ต้นแบบธรรมาภิบาล สมรรถนะย่อยที่ 3 ความเป็นพลเมือง สมรรถนะย่อยที่ 4 ความร่วมมือกับชุมชน
2. ครูผู้นำนวัตกรรม เทคโนโลยี และความเป็นสากล ประกอบด้วย สมรรถนะย่อยที่ 5 การรู้เท่าทัน เรียนรู้ตลอดชีวิต และมีความสามารถในการจัดการ สมรรถนะย่อยที่ 6 ภาษาและการสื่อสาร สมรรถนะย่อยที่ 7 นวัตกรรม และเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา สมรรถนะย่อยที่ 8 การพัฒนาวิชาชีพด้วยกระบวนการชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ สมรรถนะย่อยที่ 9 การวิจัยเพื่อสร้างสรรค์นวัตกรรมทางการศึกษา
3. ครูผู้นำนวัตกรรมจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย สมรรถนะย่อยที่ 10 การจัดการเรียนรู้

### 3. การพัฒนาสมรรถนะครูนวัตกรรม

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา มีการกล่าวถึงคำว่า นวัตกรรม (Innovation) เพิ่มมากขึ้น โดยมีการระบุ ว่า นวัตกรรมเป็นเครื่องมือหรือกลไกสำคัญในการพัฒนาและการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ ดังเช่นในแผนพัฒนาดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม คำศัพท์หนึ่งที่ตามมาคือ “Innovator หรือ นวัตกรรม”

นวัตกรรม คือผู้ที่ริเริ่มสร้างสรรค์สิ่งใหม่ๆ เช่น แนวคิด ผลิตภัณฑ์ หรือวิธีการที่ไม่เคยมีมาก่อน ซึ่งรวมถึงการนำความรู้ ความคิดสร้างสรรค์ และทักษะในการแก้ไขปัญหาประยุกต์ใช้เพื่อสร้างนวัตกรรมที่มีประโยชน์ คุณสมบัติสำคัญของนวัตกรรมคือการมีความคิดที่ริเริ่ม กล่าวหาญในการรับความเสี่ยงอย่างชาญฉลาด กล้าคิดต่าง และมีความสามารถในการพัฒนาและรับมือกับอุปสรรคต่างๆ ในกระบวนการพัฒนานวัตกรรม (Yooyuen et al., 2017)

นวัตกรรม (Innovator) คือผู้ที่สร้างสรรค์แนวคิด วิธีการ หรือผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ไม่เคยมีมาก่อน โดยอาจเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์เดิมหรือปรับปรุงสิ่งที่มีอยู่แล้ว นวัตกรรมจะทดสอบความเป็นไปได้ของแนวคิดผ่านการสร้าง Proof of Concept (POC) เพื่อดูว่าแนวคิดนั้นสามารถกลายเป็นผลิตภัณฑ์หรือบริการที่ใช้งานได้จริงหรือไม่ คุณสมบัติสำคัญของนวัตกรรมคือการมีความคิดสร้างสรรค์ ช่างสังเกต ตั้งคำถาม กล้าลองผิดลองถูก และไม่กลัวความล้มเหลว

ดังนั้นจึงกล่าวโดยสรุปได้ว่า นวัตกรรม (Innovator) คือ ผู้สร้างสรรค์แนวคิด วิธีการ ผลิตภัณฑ์ หรือบริการใหม่ๆ (หรือปรับปรุงของเดิม) ที่ไม่เคยมีมาก่อน โดยผสมผสานเทคโนโลยีหรือไม่ก็ได้ แต่ต้องสามารถตอบโจทย์การแก้ปัญหา เพิ่มประสิทธิภาพ และสร้างคุณค่าให้แก่สังคมหรือองค์กร เป็นผู้ที่ช่างสงสัย มีทัศนคติเชิงบวก กล้าเสี่ยง กล้าลงมือทำ และไม่ย่อท้อต่อความล้มเหลว นวัตกรรมไม่ใช่แค่ในวิทยาศาสตร์ แต่เป็นได้ทุกสายอาชีพที่มุ่งเน้นการแก้ปัญหาผ่านความคิดสร้างสรรค์

การพัฒนาสมรรถนะครูนวัตกรรม คือ กระบวนการที่ช่วยเพิ่มความสามารถของครูในการสร้างสรรค์และนำนวัตกรรมทางการศึกษามาใช้ เพื่อพัฒนาคุณภาพผู้เรียนให้ดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยครอบคลุมการพัฒนาในด้านความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะที่จำเป็นสำหรับความเป็นนวัตกรรม เช่น ทักษะการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา การสร้างสรรค์ การจินตนาการ การวางแผน และการนำไปปฏิบัติ

กระบวนการพัฒนาสมรรถนะครูนวัตกรรมเน้นการเปลี่ยนบทบาทครูจากผู้สอนสู่ผู้สร้างสรรค์ (Innovator) ผ่านกระบวนการวิจัยในชั้นเรียน การใช้แนวคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking) และการทำงานเป็นเครือข่าย (Collaboration) โดยใช้รูปแบบเช่น KCNPB Model (ความรู้-เครือข่าย-มาตรฐาน-ปฏิบัติ-สู่ความเป็นเลิศ) เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างสรรค์นวัตกรรม (Chantakul, 2024)

### ขั้นตอนหลักในการพัฒนาสมรรถนะครูนวัตกรรม

1. การศึกษาสภาพปัจจุบันและความต้องการ (Need Assessment) เป็นการวิเคราะห์บริบทของสถานศึกษา และปัญหาในชั้นเรียน เพื่อกำหนดแนวทางการพัฒนาที่เหมาะสม
2. การสร้างองค์ความรู้ (Knowledge Creation) เป็นการอบรมทักษะการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ (Imagination/Ideation) และความรู้เชิงเนื้อหา/เทคโนโลยีที่ทันสมัย
3. การปฏิบัติและทดลองจริง (Practice & Implementation) เป็นการนำองค์ความรู้ไปสร้างนวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ และทดลองใช้ในชั้นเรียน
4. การทำงานร่วมกันและสร้างเครือข่าย (Collaboration) เป็นการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ (PLC) และสร้างเครือข่าย สักคนนวัตกรรมเพื่อขยายผล
5. การสะท้อนผลและพัฒนาสู่ความเป็นเลิศ (Reflection & Best Practice) เป็นการประเมินผล ติดตามผล และสรุปบทเรียนเพื่อต่อยอดเป็นนวัตกรรมที่เป็นเลิศ (Best Innovator)

### สมรรถนะสำคัญของครูนวัตกรรม

1. ความคิดสร้างสรรค์และมุมมองอนาคต (Creativity & Future Orientation) คือ กระบวนการทางสมองที่ เชื่อมโยงข้อมูลใหม่เพื่อสร้างไอเดียหรือวิธีแก้ปัญหาที่ต่างจากเดิม ส่วนมุมมองอนาคต (Future Orientation) คือการ จินตนาการและเตรียมความพร้อมสู่ความเป็นไปได้ใหม่ๆ ทั้งสองสิ่งนี้เป็นทักษะที่ฝึกฝนได้ผ่านการระดมสมอง การเปิดรับ ประสบการณ์ใหม่ และการคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking) เพื่อสร้างสรรค์นวัตกรรม (Phisitsaranyu & Buakham, 2012)
2. การจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ (Child-Centered Learning) คือ แนวทางการสอนที่มุ่งให้ผู้เรียน สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านกิจกรรมที่หลากหลายตามความสนใจและศักยภาพของแต่ละบุคคล โดยครูเปลี่ยนบทบาท จากผู้บรรยายมาเป็นผู้ชี้แนะ (Facilitator) สนับสนุนให้เกิดการคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหา และเรียนรู้ตลอดชีวิต (Pornkul, 2002)
3. การวิจัยและพัฒนา (R&D) เป็นการแก้ไขปัญหาชั้นเรียนอย่างเป็นระบบ กล่าวคือ กระบวนการ “สร้าง-ลอง- ปรับ-แปรรูป” นวัตกรรมทางการศึกษา เพื่อยกระดับคุณภาพการเรียนรู้จริง ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก คือ ศึกษาข้อมูล ปัญหา (R1) พัฒนารูปแบบนวัตกรรม (D1) ทดลองใช้จริง (R2) และปรับปรุงผลลัพธ์จนสมบูรณ์ (D2) เพื่อแก้ปัญหาอย่าง ยั่งยืน (Sirirattanjitt, 2024)

### ทักษะดิจิทัลและการบูรณาการเทคโนโลยี

ในการจัดการเรียนรู้สิ่งจำเป็นที่จะต้องพัฒนาไปให้ถึง คือ ทักษะของคนในศตวรรษที่ 21 ซึ่งเป็นโลกยุคดิจิทัลที่ ทุกคนต้องเรียนรู้ตลอดชีวิต คือ 3R และ 7C ซึ่ง 3R ได้แก่ การอ่าน (Reading) การเขียน (Writing) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) ส่วน 7C ได้แก่ คิดวิเคราะห์และแก้ปัญหา (Critical Thinking & Problem Solving) คิดสร้างสรรค์และ คิดค้นนวัตกรรม (Creativity & Innovation) เข้าใจวัฒนธรรมที่แตกต่างหลากหลาย (Cross-Cultural Understanding) ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ (Collaboration, Teamwork & Leadership) การสื่อสารรู้เท่าทันสื่อและ ข้อมูลสารสนเทศ (Communications, Information & Media Literacy) มีทักษะด้านคอมพิวเตอร์และสื่อเทคโนโลยี (Computing & ICT Literacy) และมีทักษะการเรียนรู้และอาชีพ (Career & Learning Skills)

## 4. แนวทางการพัฒนาความเป็นนวัตกรรม

การพัฒนาความเป็นนวัตกรรมเป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยการฝึกฝนอย่างสม่ำเสมอ ผ่านการคิดสร้างสรรค์อย่างเป็น ระบบและการประยุกต์ใช้ความรู้เพื่อแก้ปัญหาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมที่เป็นประโยชน์ต่อสังคม และประเทศ

กระบวนการจัดการเรียนการสอนนี้เป็นแนวทางการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) โดยผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้จัด ประสบการณ์การเรียนรู้ เน้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมอย่างแข็งขันผ่านการลงมือปฏิบัติ การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และการใช้ เทคโนโลยีเพื่อการสืบค้นข้อมูล นอกจากนี้ ผู้สอนต้องสนับสนุนให้ผู้เรียนนำความรู้เดิมมาประยุกต์ใช้ บูรณาการ และ สร้างสรรค์สิ่งใหม่ๆ เช่น นวัตกรรม โดยส่งเสริมการทำงานเป็นทีม การสร้างแรงจูงใจ และการลงมือทำจริง (Samcharoen, 2023)

การพัฒนาความเป็นนวัตกรรมสามารถทำได้โดยการพัฒนาทักษะและความคิดผ่านกระบวนการที่เป็นระบบ เช่น การคิดเชิงสร้างสรรค์และการลงมือปฏิบัติ โดยมีแนวทางสำคัญคือการทำความเข้าใจปัญหาอย่างลึกซึ้ง การพัฒนาจินตนาการ การสร้างสรรค์ไอเดียใหม่ การวางแผนอย่างเป็นองค์รวม และการนำไปปฏิบัติให้เกิดผลสำเร็จ ดังนี้

#### 1. พัฒนา Mindset หรือ กรอบความคิดแบบนวัตกรรม มีดังนี้

1) การคิดเชิงนวัตกรรม (Innovative Thinking) คือ การฝึกฝนเพื่อสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ โดยเน้นการคิดนอกกรอบ การตั้งคำถามที่ท้าทาย และการมองเห็นโอกาสที่ซ่อนอยู่ เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา หรือสร้างสิ่งใหม่ ๆ ที่มีคุณค่า

2) การคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking) คือกระบวนการที่ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนหลัก คือ การทำความเข้าใจผู้ใช้งาน (Empathize) กำหนดปัญหา (Define) ระดมความคิด (Ideate) สร้างต้นแบบ (Prototype) และทดสอบ (Test)

3) การคิดเชิงวิเคราะห์ (Analytical Thinking) คือ การที่บุคคลสามารถวิเคราะห์ข้อมูลและสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อทำความเข้าใจและหาแนวทางแก้ไขปัญหได้อย่างเป็นระบบ โดยมีการแยกแยะองค์ประกอบต่าง ๆ ของปัญหาออกเป็นส่วนย่อย ๆ และค้นหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผล เพื่อหาสาเหตุที่แท้จริงและหาทางออกที่ดีที่สุด

4) การคิดเชิงสร้างสรรค์ (Creative Thinking) คือ ความสามารถในการสร้างไอเดียใหม่ ๆ และการมองเห็นความเชื่อมโยงระหว่างสิ่งต่าง ๆ โดยไม่ได้จำกัดอยู่แค่เรื่องของศิลปะหรือการออกแบบเท่านั้น แต่ยังครอบคลุมถึงการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน การพัฒนานวัตกรรมและการปรับปรุงสิ่งต่าง ๆ ให้ดีขึ้นด้วย

5) การคิดเชิงระบบ (Systems Thinking) คือ การมองภาพรวมของปัญหาและความสัมพันธ์ของส่วนประกอบต่าง ๆ ในระบบ เพื่อทำความเข้าใจและแก้ไขปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ การคิดเชิงระบบไม่เพียงแต่แก้ปัญหาเฉพาะหน้า แต่ยังมองถึงผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นในระยะยาวและผลกระทบต่อส่วนอื่น ๆ ของระบบด้วย

#### 2. พัฒนาทักษะที่จำเป็นสำหรับนวัตกรรม มีดังนี้

1) ทักษะการสังเกต (Observation) คือ การใช้ประสาทสัมผัสทั้งห้า (ตา หู จมูก ลิ้น และผิวหนัง) เพื่อเก็บข้อมูลและรายละเอียดจากสิ่งรอบตัวอย่างละเอียด โดยไม่ใส่ความคิดเห็นส่วนตัวลงไป เพื่อนำไปสู่การค้นหาคำถามหรือโอกาสต่าง ๆ

2) ทักษะการตั้งคำถาม (Questioning) คือ การตั้งคำถามที่ท้าทายและกระตุ้นความคิดสร้างสรรค์ได้จริง การตั้งคำถามที่ดีจะช่วยให้ผู้ฟังหรือผู้ตอบได้คิดอย่างลึกซึ้ง ใช้เหตุผล และมองเห็นมุมมองใหม่ ๆ ได้มากขึ้น ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และการแก้ปัญหาต่าง ๆ

3) ทักษะการแก้ปัญหา (Problem Solving) คือ ความสามารถในการนำความรู้และทักษะต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4) ทักษะการสื่อสาร (Communication) คือ ความสามารถในการถ่ายทอดแนวคิด ความรู้ และข้อมูลต่าง ๆ ให้ผู้อื่นเข้าใจได้อย่างชัดเจนและมีประสิทธิภาพ ซึ่งรวมถึงการพูด การฟัง การเขียน และการใช้ภาษาท่าทาง ทักษะการสื่อสารที่ดีจะช่วยให้เราสามารถสร้างความเข้าใจอันดีกับผู้อื่น ลดความขัดแย้ง และบรรลุเป้าหมายร่วมกันได้

5) ทักษะการทำงานเป็นทีม (Teamwork) คือ การที่คนหลายคนทำงานร่วมกันเพื่อบรรลุเป้าหมายเดียวกัน โดยอาจมีการแบ่งงานกันทำและร่วมมือกันเพื่อให้งานสำเร็จลุล่วง แต่ไม่ได้หมายความว่าต้องสร้างนวัตกรรมเสมอไป การทำงานเป็นทีมเป็นทักษะที่สำคัญในการทำงานหลาย ๆ อย่าง และมีประโยชน์หลายอย่าง เช่น การแก้ไขปัญหาได้หลากหลาย การแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และการสร้างแรงบันดาลใจในการทำงาน แต่ไม่ได้จำกัดอยู่แค่การสร้างนวัตกรรมเท่านั้น

6) ทักษะการเรียนรู้ (Learning) คือ การเรียนรู้อยู่เสมอและปรับตัวให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลง การเรียนรู้ตลอดชีวิต (Lifelong Learning) เป็นแนวคิดที่สำคัญในปัจจุบัน ซึ่งเน้นการพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่องเพื่อรับมือกับความเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในโลก

7) ทักษะการทดลอง (Experimentation) คือ เป็นส่วนสำคัญของกระบวนการคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสร้างต้นแบบ (Prototyping) และทดสอบแนวคิดใหม่ ๆ เพื่อทำความเข้าใจปัญหาและค้นหาแนวทางแก้ไขที่เหมาะสม

### 3. การเรียนรู้และฝึกฝน มีดังนี้

1) เข้าร่วมหลักสูตรหรือกิจกรรมที่ส่งเสริมความเป็นนวัตกรรม คือ หลักสูตรต่าง ๆ ที่เน้นการคิดเชิงออกแบบ การสร้างนวัตกรรม และการทำงานเป็นทีม

2) ศึกษาจากกรณีศึกษาและตัวอย่างของนวัตกรรม คือ เรียนรู้จากผู้ประสบความสำเร็จในการสร้างสรรค์นวัตกรรม

3) ลงมือปฏิบัติจริง คือ สร้างโอกาสในการสร้างนวัตกรรมในสถานการณ์จริง

4) สร้างเครือข่าย คือ สร้างความสัมพันธ์กับผู้ที่มีความสนใจในเรื่องเดียวกัน เพื่อแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์

5) เรียนรู้จากความผิดพลาด คือ การยอมรับความผิดพลาดและนำมาปรับปรุงแก้ไข

### 4. การสร้างวัฒนธรรมที่ส่งเสริมความเป็นนวัตกรรม มีดังนี้

1) สนับสนุนการเปลี่ยนแปลง คือ เปิดใจรับความคิดใหม่ ๆ และสนับสนุนให้เกิดการเปลี่ยนแปลง

2) ให้โอกาสในการทดลอง คือ สร้างพื้นที่ปลอดภัยให้ผู้คนกล้าที่จะทดลองและเรียนรู้จากความผิดพลาด

3) ส่งเสริมการทำงานเป็นทีม คือ สร้างบรรยากาศการทำงานที่ส่งเสริมการทำงานร่วมกัน

4) ให้ความสำคัญกับการเรียนรู้ คือ สนับสนุนให้บุคลากรมีการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง

## 5. นวัตกรรม

นวัตกรรมมีความสำคัญต่อการพัฒนาการศึกษา ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ ทำให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากยิ่งขึ้น การนำนวัตกรรมและเทคโนโลยีมาบูรณาการใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อการศึกษาจำเป็นต้องทราบความหมาย ขอบเขต แนวคิด หลักการ ทฤษฎี ของนวัตกรรมและเทคโนโลยีให้เข้าใจอย่างชัดเจน ดังจะได้กล่าวในรายละเอียดดังต่อไปนี้

### ความหมายของนวัตกรรม

นวัตกรรม (Innovation) คือ สิ่งใหม่ที่เกิดจากการใช้ความรู้ ความคิดสร้างสรรค์ หรือเทคโนโลยี มาพัฒนาผลิตภัณฑ์ กระบวนการ หรือบริการให้ดีขึ้น โดยต้องใช้งานได้จริง สร้างมูลค่าเพิ่ม และเป็นประโยชน์ต่อเศรษฐกิจ สังคม หรือองค์กร เพื่อแก้ปัญหาเดิม ๆ หรือตอบโจทย์ความต้องการใหม่ ๆ ได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

นวัตกรรม (Innovation) มีรากศัพท์มาจากภาษาละตินว่า Innovare แปลว่า To Renew หรือ To Modify มีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของ “นวัตกรรม” ไว้ดังนี้

Rogers (2003) ได้ให้ความหมายของนวัตกรรมว่า นวัตกรรม คือ **ความคิด การกระทำ หรือวัตถุใหม่ ๆ** ที่ถูกมองว่าเป็นสิ่งใหม่ในสายตาของบุคคลหรือกลุ่มสังคม ความหมายนี้ครอบคลุมทั้งสิ่งที่เกิดขึ้นใหม่โดยสิ้นเชิง หรือสิ่งที่พัฒนาปรับปรุงมาจากของเดิม นวัตกรรมจึงไม่ได้จำกัดอยู่แค่สิ่งประดิษฐ์ใหม่ แต่รวมถึงแนวคิดและวิธีการปฏิบัติใหม่ ๆ ด้วย

Asanok (2018) กล่าวว่า นวัตกรรมคือ **สิ่งใหม่** เช่น วิธีการ แนวคิด กระบวนการ เทคนิค แนวปฏิบัติ ผลิตภัณฑ์ใหม่ หรือชิ้นงาน ที่เกิดจากการใช้ความรู้ และ **ความคิดสร้างสรรค์** เพื่อ **เปลี่ยนแปลง ปรับปรุง หรือพัฒนางานอย่างเป็นระบบ**

Wutthirong (2014) กล่าวว่า นวัตกรรม คือ **ความคิดใหม่ ๆ หรือวิธีการและสิ่งใหม่** ที่นำมาใช้เพื่อสร้างการเปลี่ยนแปลงในสังคม หรือปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานให้ดีกว่าเดิม แม้ว่าความคิดหรือวิธีการนั้นอาจเคยมีผลดีในสังคมอื่นมาก่อนแล้ว แต่การนำมาใช้ในสังคมใหม่ก็ถือเป็นนวัตกรรมเช่นกัน

Somabut (2012) กล่าวว่า นวัตกรรมคือ **แนวคิด การกระทำ สิ่งประดิษฐ์ หรือวิธีการใหม่ ๆ** ที่อาจพัฒนาหรือปรับปรุงมาจากสิ่งเดิม โดยต้องผ่านกระบวนการทดลอง วิจัย และพัฒนาที่น่าเชื่อถือ เพื่อนำมาใช้เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานหรือแก้ไขปัญหาได้

Malithong (2005) กล่าวว่า นวัตกรรมคือ **ความคิด การปฏิบัติ หรือสิ่งประดิษฐ์ใหม่ ๆ** ที่เกิดขึ้นเองหรือไม่ก็เป็นการพัฒนา ดัดแปลงจากสิ่งเดิมให้ดีขึ้น โดยเมื่อนำมาใช้จะช่วยเพิ่ม **ประสิทธิภาพและประสิทธิผล** ในการทำงาน ทำให้งานดีขึ้นกว่าเดิม หรือ **ประหยัดเวลาและแรงงาน** ได้มากขึ้นด้วย

ดังนั้นจึงกล่าวโดยสรุปได้ว่า นวัตกรรม คือ **สิ่งประดิษฐ์ใหม่ ๆ หรือเทคนิคใหม่ ๆ** ที่พัฒนาปรับปรุงของเดิมให้ดีขึ้นและนำมาใช้ให้งานมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากขึ้น นวัตกรรมจะถูกเรียกชื่อตามสายงานที่นำไปใช้ เช่น **นวัตกรรมทางการแพทย์** หรือ **นวัตกรรมการศึกษา** นอกจากนี้ สิ่งเดียวกันก็อาจเป็นนวัตกรรมสำหรับที่หนึ่ง แต่ไม่ใช่สำหรับอีกที่หนึ่งได้ เช่น โพรเจกเตอร์ที่เพิ่งนำมาใช้ในโรงเรียนหนึ่งอาจถือเป็นนวัตกรรม แต่สำหรับโรงเรียนอื่นที่เคยใช้นานแล้วก็จะไม่ถือว่าเป็นนวัตกรรม

**กระบวนการเกิดนวัตกรรม** โดยเกิดนวัตกรรม มีกระบวนการที่สำคัญ 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. การประดิษฐ์คิดค้นสิ่งใหม่หรือปรับปรุงของเก่าให้เหมาะสมกับสภาพงานคือ นวัตกรรม (Innovation) ซึ่งเป็นกระบวนการนำแนวคิดใหม่ ๆ หรือการปรับปรุงสิ่งที่มีอยู่เดิมให้ดีขึ้น เพื่อให้การทำงานมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากขึ้น นวัตกรรมไม่ได้จำกัดอยู่แค่สิ่งประดิษฐ์ แต่ยังรวมถึงผลิตภัณฑ์ กระบวนการ หรือบริการใหม่ ๆ ที่ช่วยประหยัดเวลาและแรงงานได้ด้วย

2. การตรวจสอบ ทดลอง และปรับปรุงพัฒนานวัตกรรมเป็นส่วนสำคัญของกระบวนการวิจัยและพัฒนา (R&D) ที่มักทำเป็นขั้นตอน 3 ขั้นตอนหลักคือ 1) การศึกษาและวิจัย (Research) เพื่อหาแนวคิดและสร้างต้นแบบ 2) การพัฒนา (Development) เพื่อสร้างและปรับปรุงต้นแบบ และ 3) การทดสอบและประเมิน (Testing and Evaluation) เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพและแก้ไขให้ดีขึ้นก่อนนำไปใช้จริง

3. **“มีการนำมาใช้หรือปฏิบัติในสถานการณ์จริงซึ่งแตกต่างจากการปฏิบัติที่เคยปฏิบัติมาจึงเป็นนวัตกรรมที่สมบูรณ์”** หมายถึง การนำสิ่งใหม่มาประยุกต์ใช้ในโลกแห่งความเป็นจริง ซึ่งให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างไปจากเดิม และถือเป็นนวัตกรรมที่สำเร็จสมบูรณ์เพราะบรรลุเป้าหมายและสร้างคุณค่าใหม่ได้

การที่จะตัดสินว่าสิ่งใดเป็นนวัตกรรมที่สมบูรณ์ได้หรือไม่ จะต้องพิจารณาจาก 3 ขั้นตอน คือ 1. **การคิดค้นประดิษฐ์** 2. **การทดลองใช้และพัฒนา** และ 3. **การนำไปใช้จริง** ตัวอย่างเช่น คอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) เป็นนวัตกรรมที่สมบูรณ์ เพราะผ่านทั้ง 3 ขั้นตอนแล้ว ส่วนการโคลนนิ่งมนุษย์ยังไม่ถือเป็นนวัตกรรมที่สมบูรณ์ เพราะแม้จะผ่านขั้นตอนที่ 1 และ 2 มาแล้ว (มีแนวคิดและพัฒนา) แต่ยังไม่สามารถเข้าสู่ขั้นตอนที่ 3 ได้ เนื่องจากข้อจำกัดทางกฎหมาย

**ประเภทของนวัตกรรมการศึกษา** ถ้าจำแนกตามลักษณะของนวัตกรรมแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. นวัตกรรมที่เป็นผลิตภัณฑ์ (Product Innovation) หรือสิ่งประดิษฐ์ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้ถือว่าเป็นผลผลิต (Outputs) เช่น ผลผลิตที่เป็นนวัตกรรมด้านสื่อการศึกษา ได้แก่ หนังสือเสริมการอ่านชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชุดการสอน แบบฝึกทักษะ บทเรียนสำเร็จรูป นวัตกรรมด้านไอซีทีเพื่อการศึกษา ได้แก่ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน บทเรียนวีดิทัศน์ช่วยสอน เป็นต้น โดยออกแบบและพัฒนาตามหลักการที่เน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเอง (Self-Directed Learning)

2. นวัตกรรมที่เป็นกระบวนการ (Process Innovation) หรือ วิธีการ (Technique) คือการประยุกต์ใช้แนวคิด วิธีการ หรือกระบวนการใหม่ ๆ ที่ส่งผลให้เกิดกระบวนการผลิต และการทำงานโดยรวมให้มีประสิทธิภาพและมีประสิทธิผลยิ่งขึ้น ได้แก่

1) นวัตกรรมด้านวิธีจัดการเรียนการสอน เช่น วิธีสอนแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน วิธีสอนคิด วิธีสอนแบบบูรณาการ วิธีสอนโครงการ เป็นต้น

2) นวัตกรรมด้านหลักสูตร เป็นการใช่วิธีการใหม่ ๆ ในการพัฒนาหลักสูตรให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมในท้องถิ่นและตอบสนองความต้องการของบุคคล เช่น หลักสูตรบูรณาการ หลักสูตรรายบุคคล หลักสูตรท้องถิ่น เป็นต้น

3) นวัตกรรมด้านการประเมินผล เช่น การลงทะเบียนผ่านทางเครือข่ายคอมพิวเตอร์และอินเทอร์เน็ต การใช้บัตรสมาร์ตการ์ดเพื่อเข้าใช้ระบบประมวลผลของสถาบันศึกษา การใช้คอมพิวเตอร์ในการตัดเกรด เป็นต้น

4) นวัตกรรมด้านการบริหารจัดการ เช่น การใช้ระบบฐานข้อมูลมาช่วยผู้บริหารในการตัดสินใจ รูปแบบการบริหารจัดการโรงเรียนขนาดเล็ก เป็นต้น

## 6. การสร้างสรรค์นวัตกรรมจัดการเรียนรู้

การสร้างสรรค์นวัตกรรมจัดการเรียนรู้ หมายถึง การพัฒนาวิธีการเรียนการสอนใหม่ ๆ ที่มีประสิทธิภาพและทันสมัย เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างสร้างสรรค์และยั่งยืน โดยมุ่งเน้นการปรับปรุงกระบวนการเรียนรู้ การใช้

เทคโนโลยี และการนำแนวคิดใหม่ ๆ มาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายและสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงได้ (Pichitpornchai, 2018) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

องค์ประกอบสำคัญของการสร้างสรรค์นวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย 1) การคิดอย่างสร้างสรรค์ 2) การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ และ 3) การนำนวัตกรรมไปปฏิบัติให้เกิดผลสำเร็จ โดยแต่ละองค์ประกอบมีพฤติกรรมบ่งชี้ที่สำคัญ เช่น การมองเห็นโอกาส การริเริ่มสิ่งใหม่ ๆ การใช้เทคนิควิธีการคิดที่หลากหลาย การสื่อสารความคิด การเปิดรับความคิดเห็นใหม่ ๆ และการปรับปรุงแก้ไข นอกจากนี้ การเรียนรู้เชิงสร้างสรรค์ การมีแรงบันดาลใจ และการลงมือปฏิบัติจริง ก็เป็นสิ่งสำคัญ

หลักการสำคัญในการสร้างสรรค์นวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย การเข้าใจหลักจิตวิทยาการเรียนรู้ การประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสอน การเลือกใช้นวัตกรรมให้เหมาะสมกับผู้เรียนและบริบท การออกแบบกิจกรรมที่ส่งเสริมการเรียนรู้เชิงรุก การสร้างบรรยากาศที่เอื้อต่อการเรียนรู้ และการประเมินผลและปรับปรุงนวัตกรรมอย่างต่อเนื่อง ดังนี้

1. ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง คือ เน้นการเรียนรู้ที่ตอบสนองความต้องการ ความสนใจ และความสามารถของผู้เรียนแต่ละคน
2. ส่งเสริมการเรียนรู้เชิงรุก คือ สนับสนุนให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้และลงมือปฏิบัติจริง
3. บูรณาการเทคโนโลยี คือ ใช้เทคโนโลยีและสื่อการเรียนรู้ที่เหมาะสมเพื่อเสริมสร้างประสบการณ์การเรียนรู้
4. ส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิต คือ สร้างทักษะและนิสัยใฝ่เรียนรู้ที่ผู้เรียนสามารถนำไปใช้ได้ตลอดชีวิต
5. สร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่เอื้อต่อการสร้างสรรค์ คือ ส่งเสริมการทำงานร่วมกัน การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และการแก้ปัญหา

แนวทางการสร้างสรรค์นวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ คือ การพัฒนาวิธีการสอนและเครื่องมือใหม่ ๆ เพื่อปรับปรุงกระบวนการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพและน่าสนใจยิ่งขึ้น โดยมุ่งเน้นการพัฒนาผู้เรียนให้เกิดทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 มีดังนี้

1. การทำความเข้าใจผู้เรียน คือ ศึกษาความต้องการ ความสนใจ และลักษณะการเรียนรู้ของผู้เรียน เพื่อออกแบบนวัตกรรมที่เหมาะสม
2. การระดมความคิด คือ ร่วมกันระดมความคิดเพื่อหาแนวทางและรูปแบบนวัตกรรมใหม่ ๆ
3. การสร้างต้นแบบ คือ สร้างต้นแบบนวัตกรรมเพื่อทดลองและปรับปรุงก่อนนำไปใช้จริง
4. กระตุ้นความสนใจ คือ สร้างความสนใจและแรงบันดาลใจในการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน
5. พัฒนานวัตกรรมต้นแบบ คือ สร้างสรรค์แนวทางการเรียนรู้ใหม่ ๆ ที่เป็นรูปธรรม
6. ทดลองและประเมินผล คือ นำนวัตกรรมไปทดลองใช้จริงและประเมินผลเพื่อปรับปรุงแก้ไข
7. ขยายผลและแบ่งปัน คือ เผยแพร่และแลกเปลี่ยนนวัตกรรมที่ประสบความสำเร็จ

กล่าวโดยสรุป การสร้างสรรค์นวัตกรรมการจัดการเรียนรู้เป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาผู้เรียนให้มีความพร้อมสำหรับศตวรรษที่ 21 โดยการปรับเปลี่ยนวิธีการสอนและกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีความหลากหลายและสอดคล้องกับผู้เรียนแต่ละคน เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายและมีประสิทธิภาพสูงสุด

## 7. นวัตกรรมสู่เทคโนโลยี

นวัตกรรมสู่เทคโนโลยี (Technological Innovation) หมายถึง กระบวนการนำความคิดสร้างสรรค์ ความรู้ หรือสิ่งประดิษฐ์ใหม่ ๆ มาประยุกต์ใช้จริงผ่านระบบเทคโนโลยี เพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ บริการ หรือกระบวนการที่ดีขึ้น โดยเน้นการแก้ปัญหา เพิ่มประสิทธิภาพ และสร้างมูลค่าเพิ่มทั้งในเชิงเศรษฐกิจและสังคมอย่างเป็นรูปธรรม (Sosongchan, 2025)

นวัตกรรมเมื่อถูกนำมาใช้จนเคยชินเป็นปกติเป็นส่วนหนึ่งของระบบงานแล้ว เช่น โรงเรียนมีการนำเครื่องฉายโปรเจกเตอร์มาใช้ในการเรียนการสอนเป็นประจำจนเป็นส่วนหนึ่งของระบบงานแล้ว ก็จะกลายเป็นเทคโนโลยี คือโรงเรียนมีการใช้เทคโนโลยีเครื่องฉายโปรเจกเตอร์ในการเรียนการสอน

เทคโนโลยีเมื่อถูกใช้ไปนาน ๆ หรือนำไปใช้ต่างสถานที่ ต่างเวลา ต่างโอกาส ก็อาจเกิดปัญหาหรือข้อบกพร่องบางประการ เช่น อาจไม่ได้ผลหรือได้ผลน้อย ไม่เป็นที่น่าพอใจ จำเป็นต้องมีการดัดแปลง ปรับปรุงหรือคิดค้นสิ่งใหม่ขึ้น ให้เหมาะสมมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น การคิดค้นหรือปรับปรุงดัดแปลงขึ้นใหม่แล้วทดลองใช้จนได้ผลและนำมาใช้ใน

สถานการณ์จริง สิ่งนั้นก็กลายเป็นนวัตกรรมไป และนวัตกรรมนั้นเมื่อถูกใช้งานเป็นปกติวิสัย เป็นส่วนหนึ่งของระบบงานก็จะกลายเป็นเทคโนโลยีไปอีกเป็น วงจักรหมุนเวียนกันไป ไม่สามารถตอบได้ว่าอะไรเกิดขึ้นก่อนกัน จึงมักเรียกควบคู่กันเสมอว่า นวัตกรรมและเทคโนโลยีหรือเทคโนโลยีและนวัตกรรม ภาษาอังกฤษจะใช้คำว่า INNOTECH เป็นคำเรียกรวม ๆ ของ นวัตกรรมและเทคโนโลยี

เทคโนโลยี (Technology) เป็นคำมาจากภาษากรีกว่า Techne หมายถึงศิลปะ วิทยาศาสตร์ หรือทักษะ (Art, Science or Skill) และมาจากคำภาษาละตินว่า Texere มีความหมายว่าการสาน (to Weave) หรือการสร้าง (to Construct) ในภาษากรีกมีคำว่า Technologia หมายถึงการกระทำอย่างมีระบบ (Systematic Treatment) เมื่อพิจารณาจากรูปศัพท์ภาษาอังกฤษจะมีความหมายดังนี้ Techno แปลว่า วิธีการ Logy แปลว่า วิชาหรือการศึกษา ดังนั้นเมื่อรวมคำแล้วเทคโนโลยีจึงหมายถึง ศาสตร์ที่ว่าด้วยเทคนิควิธีการหรือวิถีปฏิบัติโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์หรือความรู้อื่น ๆ มาประยุกต์ใช้อย่างเป็นระบบ เมื่อนำเทคโนโลยีมาใช้ในการศึกษาเรียกว่า เทคโนโลยีการศึกษา (Educational Technology) คือ การนำแนวคิด กระบวนการ วิธีการ และผลผลิตทางวิทยาศาสตร์ (วัสดุ อุปกรณ์) มาใช้อย่างมีระบบ เพื่อยกระดับประสิทธิภาพการจัดการเรียนการสอนและการเรียนรู้ให้ก้าวหน้า ช่วยแก้ไขปัญหาทางการศึกษา ทำให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตนเองได้ดียิ่งขึ้น โดยแนวคิดเกี่ยวกับเทคโนโลยีการศึกษา ในทัศนะของนักการศึกษาหรือนักเทคโนโลยีการศึกษา มีอยู่ 2 แนวคิด คือ 1. แนวคิดทางวิทยาศาสตร์กายภาพ และ 2. แนวคิดทางพฤติกรรมศาสตร์ ซึ่งเทคโนโลยีการศึกษาตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์กายภาพ เป็นการประยุกต์วิทยาศาสตร์กายภาพ (ฟิสิกส์ เคมี ชีวะ) กับเทคโนโลยีการช่างหรือวิศวกรรม (เครื่องฉายต่าง ๆ เครื่องบันทึกเสียง วิทยุ โทรทัศน์ คอมพิวเตอร์ เป็นต้น) มาใช้เป็นอุปกรณ์การเรียนการสอน ในขณะที่เทคโนโลยีการศึกษาตามแนวคิดทางพฤติกรรมศาสตร์ จะพิจารณาเทคโนโลยีการศึกษาในเชิงการปฏิบัติทางการศึกษาให้สอดคล้องกับพฤติกรรมมนุษย์โดยนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์จิตวิทยามานุษยวิทยา สังคมวิทยา กระบวนการกลุ่ม การสื่อสาร ตลอดจนความรู้ทางช่าง และเครื่องมือต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอน

จากแนวคิดทั้ง 2 จึงมีผู้ให้นิยามของเทคโนโลยีการศึกษาออกเป็น 2 ลักษณะเช่นกัน ดังนี้

Good (1973) ได้ให้ความหมาย ของเทคโนโลยีการศึกษาไว้ว่า เทคโนโลยีหมายถึงการนำหลักการทางวิทยาศาสตร์และเครื่องมือมาประยุกต์ใช้เพื่อสร้างสรรค์สิ่งต่าง ๆ หรือวิธีการที่ช่วยแก้ปัญหา ทำให้ชีวิตมนุษย์สะดวกสบายขึ้น ซึ่งในบริบทของการศึกษาคือการนำความรู้ แนวคิด กระบวนการ และผลผลิตทางวิทยาศาสตร์มาใช้ร่วมกันเพื่อพัฒนาและแก้ปัญหาด้านการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

Gagné & Briggs (1979) ได้นิยามไว้ว่า เทคโนโลยีการศึกษาครอบคลุมถึงความรู้ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบระบบการเรียนการสอน โดยมีเป้าหมายเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ ออกแบบ พัฒนา ดำเนินการ และประเมินผลสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ เพื่อยกระดับประสิทธิภาพการเรียนการสอนให้ดียิ่งขึ้น โดยครอบคลุม 3 ประการ คือ 1. ความแตกต่างระหว่างบุคคลในการเรียนรู้ 2. ทฤษฎีการเรียนรู้ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น การเสริมแรง การวางเงื่อนไข เป็นต้น และ 3. เครื่องมืออุปกรณ์ที่เป็นประดิษฐ์กรรมทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์

ดังนั้นจึงกล่าวสรุปได้ว่า เทคโนโลยีการศึกษาคือการผสมผสานศาสตร์แห่งวิธีการ (วิทยาศาสตร์/จิตวิทยา) และสื่อต่างๆ เข้าด้วยกันเพื่อให้เกิดการเรียนรู้บรรลุผลสูงสุด

## 8. การจัดการเรียนรู้ในยุคเทคโนโลยีดิจิทัล

การจัดการเรียนรู้ในยุคเทคโนโลยีดิจิทัล หมายถึง การนำเทคโนโลยีดิจิทัลมาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการเรียนรู้โดยผู้เรียนสามารถเข้าถึงแหล่งความรู้ได้หลากหลายรูปแบบ และผู้สอนสามารถนำเทคโนโลยีมาปรับใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างสร้างสรรค์และยืดหยุ่น (Mishra & Koehler, 2006) ได้แก่ 1. องค์ประกอบสำคัญของการจัดการเรียนรู้ในยุคเทคโนโลยีดิจิทัล 2. ทักษะดิจิทัล คือผู้เรียนและผู้สอนจำเป็นต้องมีความสามารถในการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลได้อย่างคล่องแคล่วและเหมาะสม รวมถึงทักษะการสื่อสาร การทำงานร่วมกัน การสร้างสรรค์เนื้อหา และการแก้ปัญหา 3. สื่อการเรียนรู้ดิจิทัล คือการใช้สื่อการเรียนรู้ที่หลากหลายและเหมาะสมกับรูปแบบการเรียนรู้ของผู้เรียน เช่น บทเรียนออนไลน์ วิดีโอ การเรียนรู้ผ่านเกม หรือการใช้แพลตฟอร์มการเรียนรู้ต่าง ๆ 4. การจัดการเรียนรู้ที่ยืดหยุ่น คือการจัดการเรียนรู้ที่ปรับเปลี่ยนได้ตามความต้องการของผู้เรียนแต่ละ

คน และสถานการณ์ที่แตกต่างกันไป และ 5. การประเมินผลการเรียนรู้ คือการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างหลากหลายและมีประสิทธิภาพ

ประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้ในยุคดิจิทัล ดังนี้

1. การเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ คือ ผู้เรียนสามารถเข้าถึงข้อมูลและแหล่งเรียนรู้ได้หลากหลาย ทำให้เกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้น
2. การเพิ่มความยืดหยุ่นในการเรียนรู้ คือ ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ทุกที่ทุกเวลาตามความสะดวกของตนเอง
3. การส่งเสริมการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม คือ เทคโนโลยีดิจิทัลช่วยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ได้มากขึ้น ผ่านการทำกิจกรรมออนไลน์ การทำงานร่วมกัน และการสื่อสารที่หลากหลาย
4. การพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 คือ การจัดการเรียนรู้ในยุคดิจิทัลช่วยส่งเสริมทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 เช่น ทักษะการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา การสื่อสาร และการทำงานร่วมกัน
5. การเตรียมความพร้อมสำหรับอนาคต คือ การเรียนรู้ในยุคดิจิทัลช่วยให้ผู้เรียนมีความพร้อมในการปรับตัวและใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีดิจิทัลในอนาคต

กล่าวโดยสรุป การจัดการเรียนรู้ในยุคเทคโนโลยีดิจิทัลเป็นสิ่งสำคัญ เพราะช่วยเตรียมผู้เรียนให้พร้อมสำหรับอนาคต ด้วยการเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้และทักษะที่จำเป็น การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลอย่างเหมาะสม เช่น แพลตฟอร์มออนไลน์ แอปพลิเคชัน หรือเทคโนโลยีเสมือนจริง จะช่วยสร้างความยืดหยุ่น เพิ่มความน่าสนใจ และส่งเสริมการทำงานร่วมกัน นอกจากนี้ยังช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะที่สำคัญ เช่น การคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และ Growth Mindset (ทัศนคติแบบเติบโต) อย่างไรก็ตาม การนำเทคโนโลยีมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพจนถึงความท้าทาย เช่น ความพร้อมด้านอุปกรณ์ การเข้าถึง และความปลอดภัยด้วย

## 9. แนวทางการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อการจัดการเรียนการสอน

แนวทางการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อการจัดการเรียนการสอน หมายถึง กระบวนการวางแผน ออกแบบ นำไปใช้ และประเมินผล โดยบูรณาการเครื่องมือดิจิทัล สื่อออนไลน์ แอปพลิเคชัน และปัญญาประดิษฐ์ (AI) เข้ากับการสอน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ ลดข้อจำกัดเรื่องเวลาและสถานที่ ส่งเสริมการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วมและเฉพาะบุคคล (Personalized learning) เพื่อให้เหมาะสมกับบริบทของผู้เรียนและสภาพแวดล้อม (Roblyer & Doering, 2013)

แนวทางหลักที่สำคัญมีดังนี้

**การออกแบบการจัดการเรียนรู้ (Pedagogy)** คือ การปรับบทบาทครูจากผู้สอนเป็นผู้ชี้แนะ (Facilitator) โดยนำเทคโนโลยีมาเป็นเครื่องมือให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ผ่านกระบวนการ Active Learning

**การนำเทคโนโลยีดิจิทัลไปใช้** คือ การใช้เครื่องมือดิจิทัล เช่น แอปพลิเคชันการศึกษา แพลตฟอร์มการเรียนรู้ ออนไลน์และเทคโนโลยีเสมือนจริง (AR/VR) เพื่อกระตุ้นความสนใจและสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่สมจริง

**การจัดการบริหารจัดการหลักสูตร** คือ การใช้ระบบคลาวด์ (Cloud) และฐานข้อมูลออนไลน์ เพื่อวางแผน พัฒนาสื่อ และรวบรวมข้อมูลการเรียนการสอน ทำให้การเข้าถึงบทเรียนสะดวกรวดเร็ว

**การพัฒนาครูให้มีทักษะดิจิทัล** คือ การส่งเสริมครูให้มีความรู้ความเข้าใจ (Digital Literacy) สามารถใช้เทคโนโลยีได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม และปลอดภัย

**การประเมินผลการเรียนรู้** คือ การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลช่วยในการวัดและประเมินผลที่หลากหลาย รวดเร็ว และเป็นปัจจุบัน

แนวทางการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อการจัดการเรียนการสอนส่วนใหญ่ประกอบด้วย **5 องค์ประกอบหลัก** ได้แก่ 1) ความเข้าใจดิจิทัล (Digital Literacy) 2) การใช้เทคโนโลยีดิจิทัล (Digital Skill) 3) การสื่อสารและการสร้างสรรค์ (Communication & Creation) 4) การแก้ปัญหาด้วยดิจิทัล (Problem Solving) และ 5) การประเมินผลด้วยดิจิทัล ซึ่งเน้นพัฒนาสมรรถนะครูและผู้เรียนเพื่อจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ (Figure 1.)

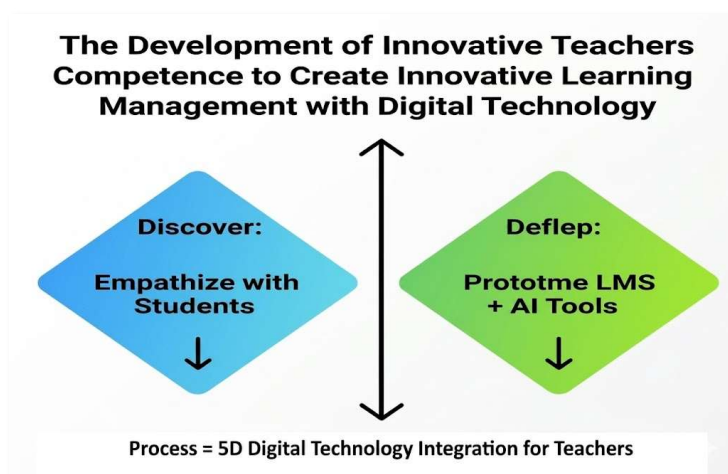


**Figure 1.** Guidelines for Development of Innovative Teachers Competence to Create Innovative Learning Management with Digital Technology

จาก Figure 1. มีรายละเอียดองค์ประกอบหลัก 5D ดังนี้

**การเข้าใจดิจิทัล (Digital Literacy)** คือ ความรู้ความเข้าใจในการใช้เทคโนโลยีอย่างปลอดภัยและมีจริยธรรม  
**การใช้เทคโนโลยีดิจิทัล (Digital Skill/ICT Skill)** คือ ทักษะในการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ และซอฟต์แวร์ต่างๆ  
เพื่อการเรียนการสอน

**การสื่อสารดิจิทัล (Digital Communication/Collaboration)** คือ การสื่อสาร การทำงานร่วมกันแบบ  
ออนไลน์ และการแลกเปลี่ยนความรู้

**การสร้างสรรค์ดิจิทัล (Digital Creation/Innovation)** คือ การผลิตสื่อดิจิทัล นวัตกรรม หรือการจัดการ  
เนื้อหาให้เหมาะสมกับการเรียนรู้

**การประเมินผลดิจิทัล (Digital Assessment)** คือ การใช้เทคโนโลยีในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของ  
ผู้เรียน

นอกจากนี้ ยังมีการแบ่งองค์ประกอบแบบ 6 ด้าน (การจัดการโครงสร้างพื้นฐาน นโยบาย หลักสูตร ผู้สอน ผู้เรียน  
และการประเมิน) หรือการเน้นทักษะความฉลาดทางดิจิทัล (DQ) เพื่อการประยุกต์ใช้ในการศึกษายุคใหม่ด้วย

กล่าวโดยสรุปได้ดังนี้ แนวทางการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อการจัดการเรียนการสอน สรุปได้คือการบูรณา  
การเครื่องมือดิจิทัลแอปพลิเคชันแพลตฟอร์มออนไลน์ และสื่อมัลติมีเดีย มาออกแบบการเรียนรู้ที่ยืดหยุ่น (Flexible  
Learning) เพิ่มความน่าสนใจด้วยสื่อแบบ Interactive ส่งเสริมการเรียนรู้เฉพาะบุคคล (Personalized Learning) และการ  
เรียนรู้อิสระทุกที่ทุกเวลา โดยมุ่งเน้นการปรับบทบาทครูสู่ผู้อำนวยความสะดวก (Facilitator) พัฒนาสมรรถนะผู้เรียนด้าน  
การคิดวิเคราะห์ และสร้างสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนรู้ตลอดชีวิต

## 10. บทสรุป (Conclusion)

บทบาทและแนวทางการพัฒนาสมรรถนะครูนวัตกรรมมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการศึกษาไทย เพราะเป็นหัวใจหลักใน  
การขับเคลื่อนการสร้างนวัตกรรมที่จำเป็นต่อการพัฒนาผู้เรียนให้พร้อมรับมือกับการเปลี่ยนแปลงในศตวรรษที่ 21 โดย  
สมรรถนะนี้ประกอบด้วยทักษะการคิดสร้างสรรค์ ทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่น และทักษะการนำนวัตกรรมไปใช้ ซึ่ง  
สามารถพัฒนาได้ผ่านการบริหารจัดการสถานศึกษาที่ให้ความสำคัญกับปัจจัยต่าง ๆ เช่น นโยบายของผู้บริหาร การ  
สนับสนุนจากบุคลากร และการสร้างสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อความคิดสร้างสรรค์ เพื่อให้ครูสามารถนำความรู้และทักษะ  
ใหม่ๆ มาปรับใช้ในการจัดการเรียนการสอน และสร้างสรรค์นวัตกรรมทางการศึกษาที่ตอบโจทย์ผู้เรียนในศตวรรษที่  
21 การพัฒนาสมรรถนะนี้ ครอบคลุมทั้งด้านความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะที่จำเป็นสำหรับครูในการเป็นนักนวัตกรรม และการ  
สร้างสรรค์นวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลเป็นการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอน เพื่อ

สร้างรูปแบบการเรียนรู้ที่ทันสมัย มีประสิทธิภาพ และตอบโจทย์ผู้เรียนในยุคดิจิทัล โดยเน้นการมีส่วนร่วมของผู้เรียน การเข้าถึงแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย และการพัฒนาทักษะที่จำเป็นต่อการใช้ชีวิตในโลกดิจิทัล

บทบาทและแนวทางการพัฒนาสมรรถนะครูนวัตกรรมเพื่อสร้างสรรค์นวัตกรรมจัดการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง เพื่อเตรียมพร้อมครูให้มีทักษะและคุณสมบัติที่จำเป็นในการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อสร้างสรรค์นวัตกรรมทางการศึกษาที่ทันสมัย การพัฒนานี้ช่วยให้ครูสามารถนำเสนอและเผยแพร่นวัตกรรมที่เกิดจากการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในห้องเรียน ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของการพัฒนาการเรียนรู้ในยุคดิจิทัล เพื่อให้ครูสามารถปรับตัวและประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการจัดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและทันสมัย โดยมีเป้าหมายเพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะและความสามารถที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 การพัฒนาสมรรถนะครูนวัตกรรมเป็นการเสริมสร้างความสามารถของครูในการสร้างสรรค์และนำนวัตกรรมทางการศึกษามาใช้ในการจัดการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาคุณภาพผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง ซึ่งประกอบด้วยการพัฒนาทั้งด้านความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะที่จำเป็นสำหรับความเป็นนวัตกรรม และการสร้างสรรค์นวัตกรรมจัดการเรียนรู้ เป็นการพัฒนาวิธีการเรียนการสอนใหม่ ๆ ที่มีประสิทธิภาพและทันสมัย เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างสร้างสรรค์และยั่งยืน โดยมุ่งเน้นการปรับปรุงกระบวนการเรียนรู้ การใช้เทคโนโลยี และการนำแนวคิดใหม่ ๆ มาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายและสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงได้ และที่สำคัญการจัดการเรียนรู้ในยุคดิจิทัล เป็นการนำเทคโนโลยีดิจิทัลและสื่อออนไลน์มาใช้เป็นเครื่องมือในการจัดการเรียนการสอน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่หลากหลายและน่าสนใจยิ่งขึ้นในยุคปัจจุบัน

#### 11. การเปิดเผยการใช้ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ (Declaration of Generative AI)

งานวิจัยนี้ใช้ ChatGPT ในการแปลภาษา ค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับบทความ และใช้ Gemini ในการตกแต่งรูปภาพให้คมชัดขึ้น โดยนักวิจัยได้ตรวจทาน แก้ไข และขอรับผิดชอบต่อนเนื้อหาในบทความทั้งหมด

#### 12. การแสดงบทบาทผู้เขียน (CRediT Author Statement)

Yanisa Suthongsri: Writing-Review & Editing, Validation, Supervision.

Oranuch Saengsuk: Writing-Review, Validation.

Siriluck Boongthong: Writing-Review, Validation.

Santi Wilaisungnern: Writing-Review & Editing, Validation.

All authors read and approved the final manuscript.

#### 13. เอกสารอ้างอิง (References)

- Announcement of the Teachers' Council of Thailand Board on the Competency Development Framework for Teachers in the 21st Century. (2025, November 5). *Royal Thai Government Gazette*. Book No. 142 Chapter 352 Ngor, 50-51. (In Thai)
- Asanok, M. (2018). Development, Efficiency and Effectiveness of Innovation for Self-Learning Model. *Journal of Educational Technology and Communications Faculty of Education Mahasarakham University*, 1(2), 9-18. (In Thai)
- Chantakul, P. (2024). The Developing Innovative Management Processes KCNPB Model to Promote the Creation of Innovators into the Classrooms of Teachers and Students, Kanchanaphisek Wittayalai Phetchabun School. *Journal of Intellect Education*, 2(5), 26-38. (In Thai)
- Gagné, R. M., & Briggs, L. J. (1979). *Principles of Instructional Design* (2<sup>nd</sup> ed.). Holt, Rinehart and Winston.
- Good, C. V., & Merkel, W. R. (1973). *Dictionary of Education* (3<sup>rd</sup> ed.). McGraw-Hill.
- Malithong, K. (2005). *Technology and Communication for Education*. Aroon KarnPim. (In Thai)

- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- Office of National Higher Education Science Research and Innovation Policy Council. (2024). *Higher Education Sandbox: Lessons Learned from Higher Education Innovation and Policy Support Recommendations*. <https://www.nxpo.or.th/th/report/29603> (In Thai)
- Phisitsaranyu, D., & Buakham, T. (2012). Effect of Emotion on Creativity. [Bachelor's thesis, Chulalongkorn University]. Chulalongkorn University Intellectual Repository. <https://doi.org/10.58837/chula.sp.2012.48> (In Thai)
- Pichitpornchai, C. (2018). *Creating Innovation in Learning Management*. Mahidol University. (In Thai)
- Pornkul, C. (2002). *CATS: A Student-Centered Instructional Model* (2<sup>nd</sup> ed.). Chulalongkorn University Press. (In Thai)
- Roblyer, M. D., & Doering, A. H. (2013). *Integrating Educational Technology into Teaching* (6<sup>th</sup> ed.). Pearson.
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of Innovations* (5<sup>th</sup> ed.). The Free Press.
- Samcharoen, K. (2023). *Guidelines for Active Learning Teaching*. Sripatum University. (In Thai)
- Sirirattanajitt, A. (2024). *Research and Development (R&D) in Education*. AP Book and Infopreneur. (In Thai)
- Siririn, J. (2022). Higher Education 4.0: The Adaptation of Global University. *National Interest*, 2(6), 49-55.
- Somabut, A. (2012). *Development of Learning Innovation Diffusion Model: Case Study Constructivist Learning Innovation*. [Unpublished doctoral dissertation]. Khon Kean University. (In Thai)
- Sosongchan, A. (2025). *Innovation towards Technology*. Buriram Rajabhat University. (In Thai)
- Thongking, P. (2020). The Teacher's Role in Establishing a Positive Learning Environment In the 21<sup>st</sup> Century Classroom. *Journal of Inclusive and Innovative Education*, 4(1), 50-59. (In Thai)
- Waitayasin, P. (2019). "Change" Learner to be Innovator is New Educational Innovation in Education 4.0 Era. *Education and Communication Technology Journal*, 14(17), 37-51. (In Thai)
- Wutthirong, P. (2014). *Innovation Management: Resource Learning Organization and Innovation*. Chulalongkorn University Press. (In Thai)
- Yooyuen, P., Phumiota, A., & Sriyothin, S. (2017, August 4). Factors that Influence the Innovator: A Case Study of PUNN Products. *The 4th National Conference on Public Affairs Management*, 827-833. Khon Kaen University. (In Thai)
- Yuenyaw, P. (2019). *Professional Teachers in the 21<sup>st</sup> Century*. Nakhon Pathom Rajabhat University. (In Thai)