



# วารสารการจัดการเทคโนโลยี และนวัตกรรมดิจิทัล

Journal of Technology Management  
and Digital Innovation

ปีที่ 1 ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน 2567  
Vol.1 No.1 January-April 2024

Faculty of Business Administration and Information Technology  
Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi

<https://ph05.tci-thaijo.org/index.php/TMDI>

วารสารการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรมดิจิทัล  
Journal of Technology Management and Digital Innovation

ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรัชย์ เอ็มอักษร  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สาลินันท์ บุญมี  
อาจารย์อโณทัย ทิพนเตร

บรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. แสงทอง บุญยั้ง

รองบรรณาธิการ

ดร. สุวิทย์ สมสุภาพรุ่งยศ

ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ (ภายนอก)

รองศาสตราจารย์ ดร. พงษ์พิสิฐ วุฒิจันทร์โชติ  
รองศาสตราจารย์ ดร. แววดา เตชะทวิวรรณ  
รองศาสตราจารย์ ดร. สุรรัตน์ อินทร์หม้อ  
รองศาสตราจารย์ ดร. โอฬาริก สุรินทร์  
รองศาสตราจารย์กฤติยา รุ่งสม  
รองศาสตราจารย์วสันต์ กันอ้า  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุภาสินี จิตต์อนันต์  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เกรียงศักดิ์ เตมีย  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สัญญา เครือหงษ์  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จิตชัย รักบำรุง  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นคร ละลอกนำ  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วีระพันธ์ พานิชย์  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อาจนรงค์ มโนสุทธิฤทธิ์  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จัตรตระกูล สมบัติธีระ  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วุฒิชัย วิเชียรไชย  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ผุสดี บุญรอด  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มณเฑียร รัตนศิริวงศ์วุฒิ  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศักดิ์ชาย ตั้งวรรณวิทย์  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จีราวดี พุ่มเจริญ  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัฏธรงค์ จตุรัส  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์นิธิพน ทองวาสนาส่ง  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กัมปนาท คูศิริรัตน์  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กชกร เจตินัย  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อัจฉรีย์ พิมพิมูล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
นักวิชาการอิสระ  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี  
มหาวิทยาลัยนเรศวร  
มหาวิทยาลัยนเรศวร  
มหาวิทยาลัยนเรศวร  
มหาวิทยาลัยบูรพา  
มหาวิทยาลัยบูรพา  
มหาวิทยาลัยบูรพา  
มหาวิทยาลัยบูรพา  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์  
มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา  
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี  
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชัมภิกา ตันติสันติสม  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ญัฐ โธนาทรัพย์  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทนพ. นพดล พันธุ์พานิช  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประดิษฐ์ สงค์แสงยศ  
ดร. มีสิทธิ์ ชัยมณี  
ดร. เอกนรี ทุมพล  
ดร. เอกบดินทร์ เกตุขาว

มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร  
มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์  
มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี  
มหาวิทยาลัยชินวัตร  
มหาวิทยาลัยชินวัตร  
มหาวิทยาลัยเซาท์อีสต์ปางกอก  
มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม

### ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ (ภายใน)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทวีศักดิ์ คงตุก  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นุชรัตน์ นุชประยูร  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สัตถาภูมิ ไทยพานิช  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภกรัช เฟลิตพริ้ง  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์กัลยาณี นัยนิม  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชาญณรงค์ หนูอินทร์  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชุตินา กลั่นไพฑูรย์  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฐกานต์ ไตนวน  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์บารมี โอษฐ์รกุล  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปวันนพัสตร์ ศรีทรงเมือง  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์มงคล ณ ลำพูน  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์รัชเมศวร์ ตันวิญญู  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิชราภรณ์ พลภาณุมาศ  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วรนุช จันทรโอ  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วุฒิพงษ์ เชื้อนดิน  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศุภกิจ พัวประเสริฐ  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิทธิวรต ครอบรู้  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุกัญญา เจริญกิจธนาภ  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุนา บุษบก  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์อดิศักดิ์ สารธรรม  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์อนุทิศา เล็กเพชร  
ดร. ชนิตา แก้วเพชร  
ดร. วัชรีย์ เพ็ชรวงษ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

### คณะกรรมการดำเนินงาน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สาลินันท์ บุญมี  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์อดิศักดิ์ สารธรรม  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์รัชเมศวร์ ตันวิญญู  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชุตินา กลั่นไพฑูรย์  
ดร.ปริญญานา นาโท

อาจารย์นันทิยา ตันติตรนเศ  
อาจารย์ณัฐภัสสร เกียรติพิริติกุล

## ฝ่ายประสานงาน

อาจารย์จารุณี ทองอร่าม  
อาจารย์ณัฐจิณี คงไกรฤกษ์

## จัดทำโดย

กองบรรณาธิการวารสารการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรมดิจิทัล  
คณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ  
เลขที่ 19 ถนนอุทุมทอง ตำบลท่าवासุมรี อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

13000

โทรศัพท์ 06 5841 3319 E-mail : tmdijournal@rmutsb.ac.th

Website : <https://ph05.tci-thaijo.org/index.php/TMDI>

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อเป็นสื่อกลางในการเผยแพร่ผลงานวิชาการและผลงานวิจัยด้านการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรมดิจิทัลและสาขาที่เกี่ยวข้อง ของนักศึกษา อาจารย์ นักวิจัย และนักวิชาการทั่วไป
2. เพื่อพัฒนาศักยภาพทางวิชาการของบุคลากรทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย ตลอดจนแลกเปลี่ยนเรียนรู้ทางวิชาการและงานวิจัยด้านการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรมดิจิทัลและสาขาที่เกี่ยวข้อง

## กำหนดการเผยแพร่

2 ฉบับต่อปี ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน  
ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม

## ขอบเขต

วารสารการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ  
รับพิจารณาบทความวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้แก่ เทคโนโลยีสารสนเทศ (Information Technology) เทคโนโลยีดิจิทัล (Digital Technology) วิทยาการคอมพิวเตอร์ (Computer Science) ภูมิสารสนเทศ (Geo-Informatics) สารสนเทศศาสตร์และการจัดการ (Information Science and Management) คอมพิวเตอร์ศึกษา (Computer Education) การจัดการโลจิสติกส์ดิจิทัล (Digital Logistic Management) สื่อดิจิทัล (Digital Media) เทคโนโลยีการศึกษา (Education Technology) และอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

## ประเภทบทความที่รับ

บทความวิจัย (Research Article)

บทความปริทัศน์ (Review Article)

บทความวิชาการ (Academic Article)

## การพิจารณาคุณภาพบทความ

บทความที่ส่งมาพิจารณาลงตีพิมพ์จะต้องไม่เคยเผยแพร่ในวารสารใดมาก่อน และไม่อยู่ในระหว่างการพิจารณาของวารสารอื่น ทุกบทความที่ได้รับการตีพิมพ์ต้องผ่านการกลั่นกรองจากผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาที่เกี่ยวข้อง อย่างน้อย 3 ท่าน โดยผู้ทรงคุณวุฒิที่ประเมินบทความไม่ทราบชื่อผู้แต่ง และผู้แต่งไม่ทราบชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ (Double-blinded peer review)

## บทบรรณาธิการ

วารสารการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรมดิจิทัล (TMDI Journal) คณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ เป็นวารสารวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจัดทำขึ้นปีละ 2 ฉบับ ในรูปแบบออนไลน์ เพื่อใช้เป็นแหล่งเผยแพร่บทความปริทรรศน์ บทความวิชาการ บทความวิจัยทางด้านการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรมดิจิทัล หรือด้านอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยการสนับสนุนจากคณาจารย์สาขาวิชาระบบสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิและคณาจารย์จากสถาบันการศึกษาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

วารสารการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรมดิจิทัลรับพิจารณาตีพิมพ์บทความวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้แก่ เทคโนโลยีสารสนเทศ (Information Technology) เทคโนโลยีดิจิทัล (Digital Technology) วิทยาการคอมพิวเตอร์ (Computer Science) ภูมิสารสนเทศ (Geo-Informatics) สารสนเทศศาสตร์และการจัดการ (Information Science and Management) คอมพิวเตอร์ศึกษา (Computer Education) การจัดการโลจิสติกส์ดิจิทัล (Digital Logistic Management) สื่อดิจิทัล (Digital Media) เทคโนโลยีการศึกษา (Education Technology) และอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

การตีพิมพ์เผยแพร่วารสารฉบับนี้เป็นปีที่ 1 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2567 ประกอบด้วยบทความวิจัยจำนวน 5 บทความ ข้อความหรือความคิดเห็นจากบทความวิจัยแต่ละเรื่องที่น่าสนใจในวารสารฉบับนี้ เป็นความเห็นจากผู้เขียนหรือผู้วิจัยเจ้าของบทความ ไม่ใช่ความคิดเห็นของกองบรรณาธิการ และไม่ใช่ว่าความรับผิดชอบของกองบรรณาธิการ กองบรรณาธิการมีหน้าที่เพียงพิจารณาจัดพิมพ์และเผยแพร่เพื่อเป็นสื่อกลางในการถ่ายทอดองค์ความรู้สู่สังคมเท่านั้น

กองบรรณาธิการวารสารการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรมดิจิทัล คณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าบุคลากรทั้งในสถานศึกษาและสถานประกอบการ ตลอดจนผู้สนใจโดยทั่วไปจะได้รับประโยชน์จากวารสารฉบับนี้

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. แสงทอง บุญยิ่ง  
บรรณาธิการ

## สารบัญ

| ชื่อบทความ                                                                                        | หน้า |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| การศึกษาเปรียบเทียบระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์และ NoSQL .....1                             |      |
| กรณีศึกษาฐานข้อมูลนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร                                              |      |
| Comparative Analysis of Database Management Approaches: Relational and NoSQL                      |      |
| Databases - A Case Study of the Student Database at Kamphaeng Phet Rajabhat University            |      |
| นฤตม์ บุตรพลอย และ พรหมเมศ วีระพันธ์                                                              |      |
| การเปรียบเทียบการออกแบบตัวควบคุมพีไอ-พีดีด้วยการค้นหาแบบค้างคา.....11                             |      |
| เพื่อลดการขยายตัวของสัญญาณควบคุมสำหรับการควบคุมอุณหภูมิของกาต้มน้ำไฟฟ้า                           |      |
| A Comparison of PI-PD Controller Designed by Bat Search to Reduce Set-Point Kick for              |      |
| Temperature Control of an Electric Kettle                                                         |      |
| دنۇفل كآبۇنۇنۇا و نۇمۇل شۇمۇنۇ                                                                    |      |
| <b>A study of online social stigma that affects the mental health of college students .....22</b> |      |
| Nitirat Maleewat, Phattharasuda Jamjuree, Parinya Muang, Somsak Butsakorn, Sunatcha Chaowai       |      |
| and Napath Deemark                                                                                |      |
| พัฒนาโมบายแอปพลิเคชันช่วยวางแผนการท่องเที่ยววิถีพุทธในพื้นที่เกาะเมือง .....32                    |      |
| จังหวัดพระนครศรีอยุธยา                                                                            |      |
| Develop Mobile Application for Planning Buddhist Tourism in the Ko Muang Area of Phra             |      |
| Nakhon Si Ayutthaya Province                                                                      |      |
| กัมปนาท คูศิริรัตน์ และ นุชรรัตน์ นุชประยูร                                                       |      |

**การศึกษาเปรียบเทียบระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์และ NoSQL :  
กรณีศึกษาฐานข้อมูลนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร  
Comparative Analysis of Database Management Approaches:  
Relational and NoSQL Databases - A Case Study of the Student Database at  
Kamphaeng Phet Rajabhat University**

นฤตม์ บุตรพลอย<sup>1</sup> และ พรหมเมศ วีระพันธ์<sup>2</sup>

<sup>1</sup>คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร, E-Mail: narut@kpru.ac.th

<sup>2</sup>คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร E-Mail: phrommate\_v@kpru.ac.th

วันที่รับบทความ 16 พฤษภาคม 2567

วันแก้ไขบทความ 19 มิถุนายน 2567

วันที่ตอบรับบทความ 26 มิถุนายน 2567

**บทคัดย่อ**

ปัจจุบันมหาวิทยาลัยต้องเผชิญกับความท้าทายในการขยายตัวของข้อมูลภายในมหาวิทยาลัยแนวความคิดการทบทวนการปรับฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ไปเป็นฐานข้อมูล NoSQL ถูกนำเสนอขึ้นมาเพื่อรองรับแนวโน้มข้อมูลที่ขยายขึ้น ผู้วิจัยจึงศึกษาแนวทางการจัดการฐานข้อมูลของซอฟต์แวร์จัดการฐานข้อมูล mysql และ mongodb ผ่านข้อมูลงานที่เกี่ยวข้องกับนักศึกษา วัตถุประสงค์ของงานวิจัยได้แก่ (1) เพื่อทดลองเวลาการตอบสนองของการสืบค้นข้อมูลที่ซับซ้อนและความยืดหยุ่นในการพัฒนาศักยภาพซอฟต์แวร์จัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ด้วย mysql และซอฟต์แวร์จัดการฐานข้อมูล NoSQL ด้วย mongodb (2) เพื่อวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบการจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์กับฐานข้อมูล NoSQL จากการทดลองพบว่า mongodb แสดงเวลาตอบสนองสืบค้นข้อมูลที่เร็วกว่าและการพัฒนาศักยภาพที่ยืดหยุ่นมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ mysql แต่ถึงอย่างไรการศึกษาชี้ให้เห็นว่าฐานข้อมูล NoSQL ยังไม่ใช่ทางเลือกสำหรับแทนที่ในฐานข้อมูลของกรณีศึกษาเนื่องจากการศึกษารายละเอียดของระบบงานพบว่าข้อมูลเพิ่มขึ้นเป็นช่วงเวลาไม่เกิดขึ้นทุกวัน แต่ทั้งนี้ผู้วิจัยเล็งเห็นถึงประโยชน์ของการจัดการข้อมูล NoSQL ในการเก็บข้อมูลที่อาจก่อให้เกิดข้อมูลขนาดใหญ่ได้แก่ข้อมูลการใช้งานเครือข่ายอินเทอร์เน็ตของบุคลากรและนักศึกษา ผลการทดลองนี้จะถูกนำไปเสนอต่อผู้บริหารในเรื่องการพัฒนาฐานข้อมูลของมหาวิทยาลัยต่อไป

**คำสำคัญ:** ฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์, ฐานข้อมูล NoSQL, สคีมา, คุณสมบัติอะตอมมิก, MongoDB

**ABSTRACT**

Nowadays, universities are confronted with the challenge of managing expanding data within their campuses. To address this issue, there has been a proposal to reconsider the transition from relational databases to NoSQL databases, aiming to support the growing trend of data expansion. Consequently, this study examines the database management methodologies of MySQL and MongoDB software within the context

of student-related information. The research objectives are twofold: (1) to evaluate the response time of complex queries and the flexibility in schema development between MySQL, a relational database management software, and MongoDB, a NoSQL database management software; (2) to conduct a comparative analysis between relational database management and NoSQL databases. Experimental findings indicate that MongoDB demonstrates quicker query response times and greater schema development flexibility compared to MySQL. Nevertheless, investigations suggest that adopting NoSQL databases as a replacement for the current database system in the case study is not feasible due to the observed irregular data growth patterns. However, the researcher recognizes the potential benefits of employing NoSQL data management for capturing data that may lead to substantial data volumes, such as internet usage data of both staff and students. The outcomes of this experiment will be presented to administrators to guide further enhancements in the university's database infrastructure.

## 1. บทนำ

เทคโนโลยีการสื่อสารในปัจจุบันเจริญก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว ความก้าวหน้านี้ส่งผลให้เกิดนวัตกรรมใหม่เกี่ยวกับการสร้างข้อมูล การแลกเปลี่ยนข้อมูล ก่อเกิดข้อมูลขนาดใหญ่ตามมา ข้อมูลขนาดใหญ่มีความหลากหลายในหลายรูปแบบทั้งที่เป็นข้อมูลภาพ เสียง ตัวเลข ตัวอักษร ข้อมูลต่าง ๆ มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว และมีคุณค่าต่อการนำไปใช้งาน การก่อกำเนิดข้อมูลที่มหาศาลนี้หลายหน่วยงานที่เป็นเจ้าของข้อมูลต้องทบทวนถึงรูปแบบการจัดการข้อมูลเนื่องจากนับวันขนาดข้อมูลจะใหญ่ขึ้น ฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (RDBMS) ถูกนำมาพัฒนาสำหรับการจัดเก็บและการจัดการข้อมูลมาอย่างช้านานการจัดการข้อมูลเชิงสัมพันธ์นี้มีการบังคับสคีมาที่ต้องกำหนดไว้ล่วงหน้าเพื่อให้มันไปถึงความสมบูรณ์ ความสัมพันธ์ระหว่างตาราง และการรักษาโครงสร้างที่ชัดเจนเป็นไปตามหลักการจัดการข้อมูลแบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ แต่ทั้งนี้เมื่อถึงยุคข้อมูลขนาดใหญ่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกระบวนทัศน์ซึ่งท้าทายการจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ ซึ่งปัจจุบันมีการพัฒนาฐานข้อมูลแบบ NoSQL ที่ช่วยในการจัดการข้อมูลที่มีขนาดใหญ่เปลี่ยนแปลงรวดเร็วและมีความหลากหลาย ฐานข้อมูล NoSQL ใช้แนวทางแบบไม่ใช้สคีมาทำให้แตกต่างจากสคีมาที่เข้มงวดของฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ทำให้การเข้าถึงข้อมูลทำได้อย่างรวดเร็วส่งผลให้แอปพลิเคชันที่เรียกใช้ฐานข้อมูลนี้มีการตอบสนองที่รวดเร็ว

ในขณะที่มหาวิทยาลัยต้องมีระบบจัดเก็บและจัดการข้อมูลนักศึกษาทั้งในด้านลงทะเบียนเรียน การยืมคืนหนังสือในห้องสมุด งานด้านกิจกรรมนักศึกษา การเข้าใช้ระบบเครือข่ายที่นักศึกษาใช้ช่องทางการสื่อสารผ่านระบบเครือข่ายของมหาวิทยาลัย ข้อมูลเหล่านี้กลายเป็นเรื่องสำคัญในการพิจารณาการจัดการฐานข้อมูล ความสามารถในการกระจายข้อมูลไปยังหลายโหนด การปรับขนาดแนวนอนของเอกสารทำให้การจัดการฐานข้อมูลแบบ NoSQL เป็นเรื่องที่น่าสนใจสำหรับแอปพลิเคชันที่เกี่ยวข้องกับชุดข้อมูลจำนวนมากและปริมาณงานแบบไดนามิก ในการทดสอบหาซอฟต์แวร์จัดการข้อมูลที่มีประสิทธิภาพให้แก่มหาวิทยาลัย ตัวเลือกซอฟต์แวร์มีบทบาทสำคัญต่อการตัดสินใจในการลงทุนการพัฒนาระบบ

ดังนั้นเพื่อเป็นการทดสอบซอฟต์แวร์สำหรับบริหารจัดการข้อมูลสำหรับเป็นข้อมูลสำหรับตัดสินใจเลือกระบบฐานข้อมูลผู้วิจัยจึงทดลองการจัดการข้อมูลของซอฟต์แวร์บริหารจัดการข้อมูลเชิงสัมพันธ์ด้วย mysql และซอฟต์แวร์บริหารจัดการข้อมูลแบบ NoSQL ด้วย mongodb เพื่อทดลองและวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบซอฟต์แวร์จัดการฐานข้อมูลทั้งสอง ผ่านข้อมูลระบบนักศึกษา ได้แก่ ระบบลงทะเบียน ระบบการยืมคืนหนังสือ และระบบกิจกรรมนักศึกษา โดยทดลองเชิงเปรียบเทียบในสองมุมมองแก่ เวลาการตอบสนองของการสืบค้นข้อมูลที่ซับซ้อนและความยืดหยุ่นในการพัฒนาสคีมา ผ่านการจำลองสถานการณ์ การทดสอบ ผลการทดลอง การวิเคราะห์เปรียบเทียบและการสรุปผลการทดลองเพื่อนำมาเป็นข้อมูลสำหรับการพัฒนาระบบจัดการข้อมูลให้กับมหาวิทยาลัยต่อไป

## 2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

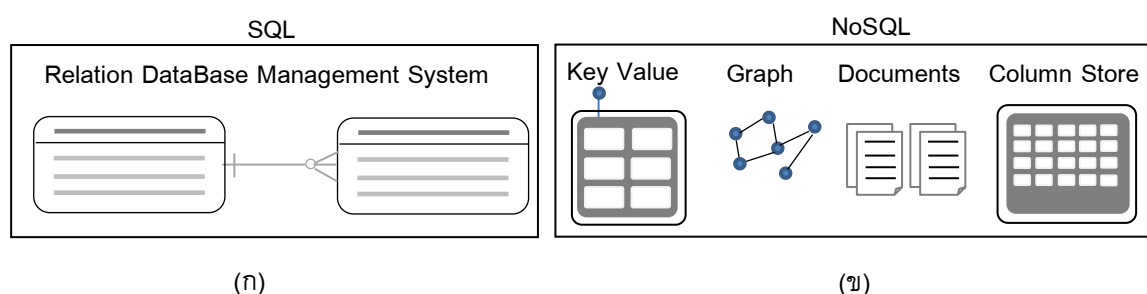
2.1 เพื่อทดลองเวลาการตอบสนองของการสืบค้นข้อมูลที่ซับซ้อนและความยืดหยุ่นในการพัฒนาสคีมาซอฟต์แวร์จัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ด้วย mysql และซอฟต์แวร์จัดการฐานข้อมูล NoSQL ด้วย mongodb

2.2 เพื่อวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์กับฐานข้อมูล NoSQL

## 3. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

**ฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ :** ฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์เป็นส่วนสำคัญในการจัดการข้อมูลโดยมีแนวทางจัดการโครงสร้างการจัดระเบียบข้อมูล ฐานข้อมูลผ่านตารางที่มีสคีมาที่กำหนดไว้ล่วงหน้า (Netinant,2023) ฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์จัดระเบียบข้อมูลในตารางที่มีโครงสร้างการบังคับใช้ความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตี ความสอดคล้องของธุรกรรมจะถูกรักษาไว้ด้วยคุณสมบัติอะตอมมิก (Lotfy, 2015) ซึ่งเรียกว่าคุณสมบัติ ACID (Atomicity) ความสม่ำเสมอ (Consistency) การแยกตัว (Isolation) และความทนทาน (Durability) ภาษาที่ใช้สำหรับจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ได้แก่ภาษา SQL ซอฟต์แวร์จัดการฐานข้อมูล mysql เป็นระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์แบบเปิดเผยแพร่ มีบทบาทสำคัญสำหรับเป็นตัวจัดการฐานข้อมูลให้แก่หน่วยงานทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ มีชื่อเสียงในด้านความน่าเชื่อถือ ความสามารถในการปรับขนาด (Gopi,2023) มีคุณสมบัติ ACID เป็นตัวเลือกอันดับต้น ๆ สำหรับแอปพลิเคชันที่ต้องการการจัดการข้อมูลที่มีโครงสร้างใช้ภาษา SQL สำหรับการสืบค้นและรองรับการสืบค้นที่ซับซ้อนในสถานการณ์ที่ต้องการความสอดคล้อง ทำให้เป็นตัวเลือกที่แพร่หลายในอุตสาหกรรมซอฟต์แวร์ ตั้งแต่ระบบอีคอมเมิร์ซไปจนถึงระบบการศึกษา

**ฐานข้อมูล NoSQL :** ฐานข้อมูล NoSQL นำเสนอการวิธีการจัดการฐานข้อมูลที่แตกต่างจากฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ที่จะต้องกำหนดสคีมาที่กำหนดไว้ล่วงหน้าทำให้โครงสร้างข้อมูลมีความเข้มงวด แต่ฐานข้อมูลแบบ NoSQL นำเสนอแนวทางที่ยืดหยุ่นมากกว่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งเหมาะสำหรับสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลที่ไม่มีโครงสร้างอนุญาตให้มีโครงสร้างข้อมูลแบบไดนามิก และไม่มีสคีมาล่วงหน้า มีความสามารถในการปรับขนาดในแนวนอน (Ali,2023) เพื่อรองรับชุดข้อมูลที่เพิ่มมากขึ้น โมเดลข้อมูลใช้โมเดลข้อมูลที่เน้นเอกสาร โดยจัดเก็บข้อมูลไว้ในเอกสารลักษณะ JSON ที่มียืดหยุ่นต่อการนำมาใช้งาน ซอฟต์แวร์จัดการฐานข้อมูล mongodb เป็นซอฟต์แวร์สำหรับจัดการฐานข้อมูล NoSQL โมเดลข้อมูลเชิงเอกสารที่ให้ความยืดหยุ่นและความสามารถในการปรับขนาดได้ (Gyorödi,2023 ) ทำให้มีความสามารถในการจัดการโครงสร้างสคีมาแบบไดนามิกหรือไม่มีการสร้าง ความสามารถในการปรับขนาดแนวนอนอย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ mongodb เป็นโซลูชันที่ตอบโจทย์สำหรับแอปพลิเคชันสมัยใหม่ รวมถึงระบบการจัดการเนื้อหา การวิเคราะห์แบบเรียลไทม์



รูปที่ 1 รูปแบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์กับฐานข้อมูล NoSQL

รูปที่ 1 แสดงรูปแบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์กับฐานข้อมูล NoSQL โดยรูป 1(ก) แสดงรูปแบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ซึ่งแสดงถึงตารางที่มีความสัมพันธ์ระหว่างกันผ่านตัวเชื่อมค่า index ที่มีมุมมองเป็นเส้นเชื่อมระหว่างกัน รูปที่ 1(ข) แสดงรูปแบบฐานข้อมูล NoSQL มีรูปแบบการจัดเก็บเอกสารมีการขยายตัวแบบคอลัมน์ภายในเอกสารมีคู่คีย์-ค่า การสืบค้นผ่านความสัมพันธ์กราฟ ซึ่งเปรียบเทียบแล้วฐานข้อมูลทั้งสองไม่เหมือนกันทั้งในการออกแบบสคีมาและการสืบค้น

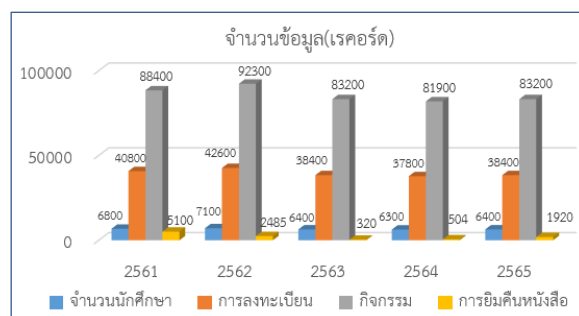
## งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยของ Carvalho (2023) ประเมินประสิทธิภาพและความสามารถในการปรับขนาดของฐานข้อมูลเอกสาร NoSQL สามอันดับแรก ได้แก่ couchbase, couchdb และ mongodb โดยใช้เกณฑ์มาตรฐานการให้บริการคลาวด์ (YCSB) การประเมินเกี่ยวข้องกับการประเมินประสิทธิภาพรันไทม์ของฐานข้อมูลภายใต้ปริมาณงานที่แตกต่างกัน ผลการทดลองพบว่า couchdb ให้เวลาในการตอบสนองดีกว่าอีกสองระบบ แต่ mongodb มีประสิทธิภาพเหนือกว่าในการทดสอบงานอื่น ๆ เช่น การเปลี่ยนแปลงจำนวนบันทึกและเรดประสิทธิภาพรันไทม์ งานวิจัยของ Khan(2017) เปรียบเทียบระหว่างฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์กับฐานข้อมูล NoSQL วิธีการวิจัยเกี่ยวข้องกับการเปรียบเทียบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ของ Oracle กับฐานข้อมูลกราฟ NoSQL โดยใช้ชุดข้อมูล MedCare ซึ่งเป็นสคีมาที่พัฒนาขึ้นสำหรับระบบการดูแลสุขภาพของโรงพยาบาล ผลการทดลองระบุว่าฐานข้อมูล NoSQL มีประสิทธิภาพเหนือกว่า Oracle ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการออกแบบสคีมาที่ไม่มีโครงสร้าง งานวิจัยของ Ali (2019) สรรวจความแตกต่างระหว่างฐานข้อมูล SQL และ NoSQL โดยเน้นจุดแข็งและจุดอ่อนสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ (big data) ผลการทดลองพบว่าข้อมูลขนาดใหญ่มีลักษณะที่ไม่มีสคีมาซึ่งเหมาะสมกับการจัดการแบบ NoSQL ตรงกันข้ามกับฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ซึ่งไม่รองรับงานประเภทข้อมูลขนาดใหญ่ นอกจากนี้ในแง่ของพื้นที่จัดเก็บข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงไปของแอปพลิเคชันสมัยใหม่ความสามารถในการปรับตัวของฐานข้อมูล NoSQL สามารถปรับขนาดแบบไดนามิกส่งผลต่อประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ได้อย่างดี งานวิจัยของ Chen (2019) สรรวจฐานข้อมูล NoSQL สิบห้าหมวดหมู่เพื่อช่วยเป็นตัวเลือกที่เหมาะสมต่อการพิจารณาของงานอุตสาหกรรม ข้อสรุปงานวิจัยพบว่าฐานข้อมูล NoSQL วิเคราะห์ความเหมาะสมสำหรับการประมวลผลข้อมูลประเภทต่าง ๆ แสดงให้เห็นว่าอุตสาหกรรมต่าง ๆ สามารถเลือกฐานข้อมูล NoSQL ที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันและการบริการลูกค้าได้อย่างไรโดยให้ข้อมูลเชิงลึกต่อการตัดสินใจพร้อมเสนอแนะข้อจำกัด ข้อดีและข้อเสียในการตัดสินใจย้ายฐานข้อมูลต่อไป งานวิจัยของ Khan (2022) การวิเคราะห์ประสิทธิภาพระหว่างเอกสาร SQL และ NoSQL ผลการทดลองเป็นการวิเคราะห์พบว่าฐานข้อมูล NoSQL ไม่ใช่ทางเลือกแทนฐานข้อมูล SQL แต่ละฐานข้อมูลมีข้อดีในสถานการณ์เฉพาะทั้งนี้เป็นไปตามโมเดลข้อมูลและสถาปัตยกรรมซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้น

## 4. วิธีดำเนินการวิจัย

### แหล่งข้อมูลสำหรับทดลอง

ผู้วิจัยสร้างแบบจำลองฐานข้อมูลและจำลองข้อมูลเพื่อใช้เป็นกรณีศึกษาโดยอ้างอิงการเก็บข้อมูลมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรทั้งข้อมูลนักศึกษา การลงทะเบียนเรียน ข้อมูลการยืมคืนหนังสือ ข้อมูลการร่วมกิจกรรมของนักศึกษา ย้อนหลัง 5 ปีการศึกษาเนื่องจากข้อมูลเหล่านี้ยังคงเป็นข้อมูลใช้ในระบบ จากนั้นทำการตัดส่วนที่เป็นข้อมูลสูญหายออกแล้วนำไปสร้างข้อมูลในฐานข้อมูลทดสอบ โดยมีข้อมูลที่น่าสนใจมาทดลองดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 จำนวนข้อมูลในแต่ละตาราง

รูปที่ 2 แสดงข้อมูลที่ทำตรามีข้อมูลออกมาสู่ฐานข้อมูลทดลอง 4 ฐานข้อมูลซึ่งสามารถอธิบายได้ เช่น ข้อมูลนักศึกษาปี 2561 มีนักศึกษาทั้ง 4 ชั้นปีรวม 6,800 คน นักศึกษาแต่ละคนลงทะเบียนเรียนจำนวนวิชามากน้อยไม่เท่ากันแต่โดยเฉลี่ยอยู่ที่คนละ 6 วิชาจึงเกิดธุรกรรม 40,800 เรคอร์ด ในส่วนกิจกรรมนักศึกษาเช่นเดียวกันนักศึกษาลงทะเบียนเพื่อเช็คชื่อเข้าร่วมกิจกรรมเฉลี่ยคนละ 13 กิจกรรมต่อปี การยืมคืนหนังสือมีธุรกรรมน้อยสุด ในส่วนของการลงทะเบียนกิจกรรมปี 2563-2564 ถึงแม้จะมีสถานการณ์ระบาดของโรค covid-19 แต่มหาวิทยาลัยกำหนดให้นักศึกษาลงทะเบียนเข้าร่วมกิจกรรมในรูปแบบออนไลน์ได้ดังนั้นจึงยังมีธุรกรรมเกิดขึ้น

#### เครื่องมือ

การทดลองนี้ผู้วิจัยใช้เขียนโปรแกรมและสร้างฐานข้อมูลด้วย mongodb และ mysql และใช้ apache jmeter สำหรับทดสอบประสิทธิภาพเวลาการตอบสนองการคิวรี ใช้คอมพิวเตอร์ CPU core i7 หน่วยความจำหลักขนาด 16 GB ในการพัฒนาระบบ

#### ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

งานวิจัยนี้ออกแบบการทดลองโดยนำข้อมูลนักศึกษาจากหลายแหล่งข้อมูลทั้งจากสำนักทะเบียนและประมวลผลเพื่อใช้ข้อมูลการลงทะเบียน ข้อมูลหลักสูตร ข้อมูลการศึกษา แหล่งข้อมูลจากสำนักวิทยบริการเพื่อใช้ข้อมูลการยืมคืนหนังสือ แหล่งข้อมูลจากงานกิจการนักศึกษาเพื่อใช้ข้อมูลการร่วมกิจกรรมของนักศึกษา และออกแบบการดำเนินการทดลองดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

รูปที่ 3 แสดงขั้นตอนการดำเนินการทดลองเริ่มจากการ 1. กำหนดวัตถุประสงค์ด้วยการกำหนดเป้าหมายเฉพาะของการทดสอบโดยระบุตัวชี้วัดประสิทธิภาพ ได้แก่ เวลาการตอบสนอง ความสามารถในการขยายขนาด การแทรกและอัปเดตปริมาณงานและความยืดหยุ่นในการพัฒนาและสคีมา 2. ออกแบบโมเดลเอกสารของ NoSQL และออกแบบสคีมาของฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์เมื่อได้โมเดลเอกสารและสคีมา 3. จำลองสถานการณ์ด้วยการเพิ่มข้อมูลเพื่อรองรับการทดสอบ 4. ทดสอบประสิทธิภาพตามตัวชี้วัดประสิทธิภาพ 5. นำผลที่ได้มาวิเคราะห์และเปรียบเทียบเพื่อเขียนรายงานการวิจัย

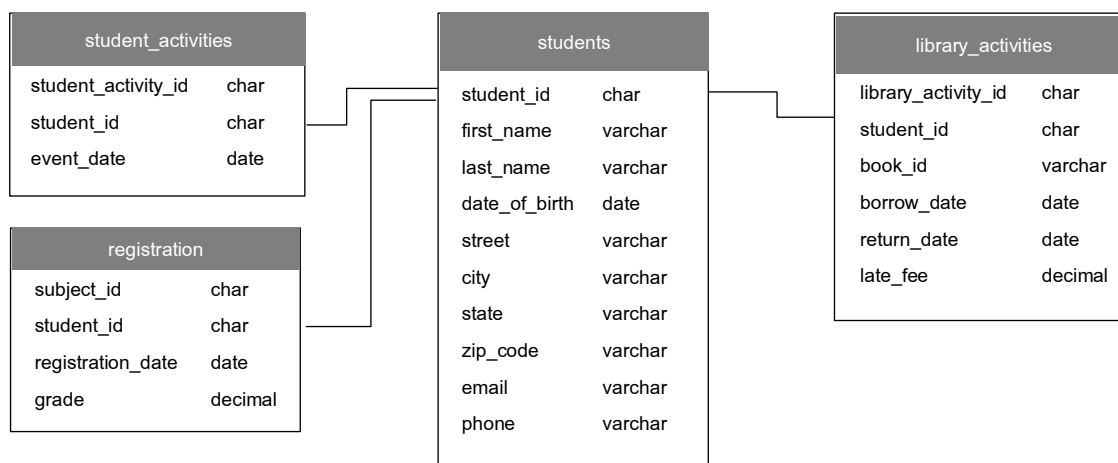
#### 5. ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

การทดลองการผู้วิจัยจะทำการออกแบบ สร้างเอกสารและสคีมา จากนั้นจำลองการทดลองด้วยซอฟต์แวร์ mongodb และ mysql ซึ่งเอกสารและสคีมาสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4 และ 5

```

{ "_id": ObjectId("uniqueIdentifier"), "student_id": "61xxxxxx", "personal_info": { "first_name": "Nattawut", "last_name": "Meemak", "date_of_birth": "2005-01-01", "address": { "street": "123 Main St", "city": "Cityville", "state": "State", "zip_code": "12345"}, "contact": { "email": "nattawut@example.com", "phone": "+1234567890" }, "registration": { "registration_date": "2022-01-01", "subject_id": ["565xxx", "412xxx", "335xxx"], "library_activities": { "borrowed_books": [{"book_id": "BK001", "borrow_date": "2022-02-15" }, { "book_id": "BK002", "borrow_date": "2022-03-01" }, "returned_books": [{"book_id": "B001", "return_date": "2022-03-10", "late_fee": 0}], "student_activities": { "student_activity_id": ["A001", "A007"], "event_date": ["2022-08-20", "2022-08-25"] } } } }
  
```

รูปที่ 4 การออกแบบโมเดลเอกสารและสคีมาฐานข้อมูล NoSQL



รูปที่ 5 การออกแบบสคีมาฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์

รูป 4 แสดงการออกแบบโมเดลเอกสารและสคีมา NoSQL ด้วย mongodb ซึ่งจะเห็นว่าการสร้างเอกสารไม่จำเป็นต้องกำหนดโครงสร้างตารางก่อน แต่สามารถกำหนดคู่ คีย์(key) ค่า(value) ได้ตั้งแต่การสร้างเอกสาร รูป 5 แสดงการออกแบบสคีมาฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ของระบบนักศึกษาซึ่งประกอบด้วย ตารางนักศึกษา ตารางกิจกรรมนักศึกษา ตารางการลงทะเบียนเรียน และตารางการยืมคืนหนังสือ ทดลองด้วยการเติมชุดข้อมูลโดยเติมข้อมูลในฐานข้อมูล mongodb จำนวน 12,000 เอกสาร ในส่วนของฐานข้อมูล mysql เติมข้อมูลที่ได้จากรูปที่ 2 จากนั้นทดสอบประสิทธิภาพด้านต่าง ๆ ตามประเด็นที่กำหนด เหตุผลที่เอกสารในเรื่องจำนวนคน mongodb จะมีมากกว่า mysql เนื่องจากแต่ละเอกสารแทนนักศึกษาหนึ่งคน แต่ละคนมีกิจกรรมที่เป็นการลงทะเบียน การยืมคืนหนังสือ และกิจกรรมนักศึกษาซึ่งยังมีข้อมูลของนักศึกษารุ่นเก่า แต่ทั้งนี้ในแต่ละเอกสารของนักศึกษาในแต่ละรุ่นจำนวนคอลัมน์จะไม่เท่ากัน นักศึกษารุ่นเก่า ๆ จะไม่มีการขยายตัวของคอลัมน์เนื่องจากนักศึกษาบางคนจบการศึกษาแล้ว

#### ผลการทดสอบตามประเด็นที่กำหนด

ผู้วิจัยออกแบบประเด็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเป็น 2 ประเด็นได้แก่

1. เวลาการตอบสนองของการสืบค้นข้อมูลที่ซับซ้อน เป็นการเปรียบเทียบเวลาที่ฐานข้อมูลทั้งสองใช้ในการดำเนินการสืบค้นข้อมูลทดสอบด้วย apache jmeter โดยเปรียบเทียบเวลาตอบสนองระหว่างฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ด้วย mysql กับฐานข้อมูล NoSQL ด้วย mongodb ในส่วนของฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์สืบหาความสัมพันธ์ระหว่างตารางนักศึกษากับตารางการลงทะเบียน การยืมคืนหนังสือ และการกิจกรรมของแต่ละคน ด้วยวิธีการ JOIN ดังนี้

```

SELECT s.student_id, s.first_name, s.last_name, r.grade, COUNT(la.library_activity_id) AS num_library_activities,
COUNT(sa.student_activity_id) AS num_student_activities FROM students s LEFT JOIN registration r ON
s.student_id = r.student_id LEFT JOIN libraryactivities la ON s.student_id = la.student_id LEFT JOIN
studentactivities sa ON s.student_id = sa.student_id WHERE s.date_of_birth BETWEEN '2003-01-01' AND '2005-
12-31' GROUP BY s.student_id, s.first_name, s.last_name, r.grade;
  
```

รูปที่ 6 คำสั่งการคิวรีข้อมูลฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ mysql ด้วยเงื่อนไข COUNT และ GROUP BY

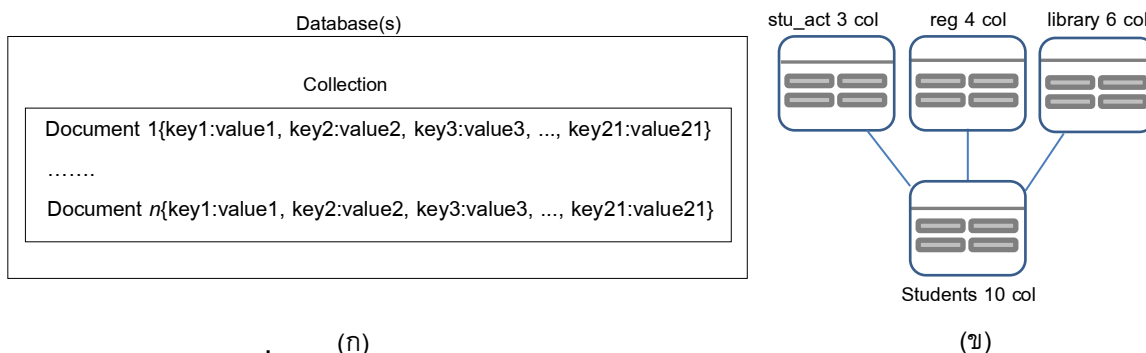
รูปที่ 6 แสดงการคิวรีข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์ของฐานข้อมูล mysql ระหว่างตารางนักศึกษาว่านักศึกษาแต่ละคนลงทะเบียนวิชาใด ได้เกรดเท่าไร ยืมคืนหนังสือเล่มใด และทำกิจกรรมใดระหว่างเรียนด้วยการสืบค้นข้อมูลด้วยการ JOIN ตารางเพื่อสืบค้นข้อมูลซึ่งเพิ่มเงื่อนไขเพื่อให้เกิดความซับซ้อนได้แก่ count และ group by

```
db.student_activity.aggregate([ { $match: { "personal_info.date_of_birth": { $gte: "2003-01-01", $lte: "2005-12-31" } } }, { $group: { _id: { student_id: "$student_id", first_name: "$personal_info.first_name", last_name: "$personal_info.last_name", grade: "$registration.grade" }, num_library_activities: { $sum: { $cond: [ { $gt: [ "$library_activities", 0 ] }, 1, 0 ] } }, num_student_activities: { $sum: { $cond: [ { $gt: [ "$student_activites", 0 ] }, 1, 0 ] } } } } ] );
```

รูปที่ 7 การคิวรีด้วย mongodb ด้วยเงื่อนไข \$group

รูปที่ 7 แสดงการสร้างไปป์ไลน์คิวรีด้วยการทำ aggregate ใส่เงื่อนไข { \$gte: "2003-01-01", \$lte: "2005-12-31" } และจัดกลุ่มด้วย \$group

2. ความยืดหยุ่นในการพัฒนาสคีมา ผู้วิจัยทดลองสร้างโมเดลเอกสารและสคีมาฐานข้อมูลจากรูปที่ 4 พบว่าความสามารถในการขยายแวนอนของ mongodb ช่วยให้สามารถจัดการชุดข้อมูลขนาดใหญ่และมีปริมาณงานสูงโดยการกระจายภาระงานไปยังหลายโหนดมีประโยชน์สำหรับแอปพลิเคชันที่ข้อมูลเติบโตอย่างรวดเร็ว ในทางตรงกันข้าม mysql มีความสามารถในการปรับขนาดตามแนวดิ่งเป็นหลักทำให้การจัดการการบำรุงอย่างมีความยุ่งยาก เช่น การแทรกข้อมูลต้องแทรกข้อมูลที่ตารางข้อมูลหลัก(master) ก่อนแล้วค่อยไปทำตารางธุรกรรม(transaction) ได้ หรือบางฐานข้อมูลถ้าออกแบบฐานข้อมูลไม่ดีไม่ทำ normalization ก่อน แล้วมีการนำข้อมูลบางอย่างไปอ้างอิง เช่น การนำชื่อไปอ้างอิงซึ่งถ้าเป็นแบบนั้นต้องตามไปแก้ทุกตารางที่มีชื่อนั้นปรากฏอยู่

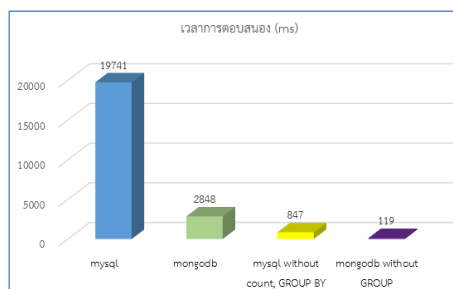


รูปที่ 8 ภาพรวมจำนวนคอลัมน์ของฐานข้อมูล mongodb และ mysql

รูปที่ 8 แสดงจำนวนคอลัมน์ของฐานข้อมูล mongodb และ mysql โดยรูปที่ 8(ก) แสดงผลการสร้างฐานข้อมูล mongodb ซึ่งได้ผลลัพธ์ขนาด 23 คู่คีย์-ค่า (23 คอลัมน์) รูปที่ 8(ข) แสดงผลการสร้างฐานข้อมูล mysql ซึ่งประกอบด้วยตาราง student\_activities ขนาด 3 คอลัมน์, registration 4 คอลัมน์, students 10 คอลัมน์ และ library\_activities 6 คอลัมน์ รวมทั้ง 4 ตาราง 23 คอลัมน์ ตัด student\_id ที่ซ้ำกันออกเหลือ 21 คอลัมน์ ซึ่งการสร้างฐานข้อมูล mongodb จะนำแต่ละคอลัมน์ในแต่ละตารางมาเรียงต่อกันให้เป็น 1 เอกสาร (document) ดังนั้นจึงไม่มีตารางข้อมูลหลักและตารางธุรกรรมการปรับปรุงข้อมูลทำได้ในแต่ละเอกสารแยกอิสระ และเมื่อต้องการคิวรีข้อมูลจึงไม่จำเป็นต้องสร้างการ JOIN ระหว่างตารางเหมือนกับ mysql ทำให้การประมวลผลทำได้อย่างรวดเร็วนอกจากนี้ในแต่ละเอกสารไม่ขึ้นต่อกันจึงทำให้การออกแบบสคีมาเป็นแบบไดนามิกยืดหยุ่นได้

### การวิเคราะห์เปรียบเทียบและอภิปรายผลการวิจัย

ความสามารถในการปรับขนาดในแนวนอนของ mongodb มีความยืดหยุ่นและความสามารถในการปรับขนาดที่มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการปรับขนาดในแนวนอนของ mysql อย่างไรก็ตามการใช้งานและการจัดการคลัสเตอร์ mongodb ที่ปรับขนาดได้ในแนวนอนอาจต้องใช้ความเชี่ยวชาญและโครงสร้างพื้นฐานเพิ่มเติม เมื่อเทียบกับ mysql ซึ่งอาจจัดการได้ง่ายกว่า นอกจากนี้ถ้าการสืบค้นข้อมูลไม่ซับซ้อน เช่น ตัดเงื่อนไข count , group by ออกเวลาการตอบสนองรวดเร็วขึ้นอย่างมากดังแสดงรูปที่ 9



รูปที่ 9 เปรียบเวลาการตอบสนอง

รูปที่ 9 แสดงเวลาการเปรียบเทียบเวลาการตอบสนองการสืบค้นข้อมูลของ mysql กับ mongodb ด้วยโปรแกรม apache jmeter ซึ่งเวลาการประมวลผล mysql เมื่อการ JOIN ร่วมกับคำสั่งที่เพิ่มรอบการประมวลผลเช่น count , group by การประมวลผลใช้เวลาการตอบสนองที่ 19,741 มิลลิวินาที (19.741 วินาที) ในส่วน mongodb ใช้เวลา 2,848 มิลลิวินาที (2.848 วินาที) แต่เมื่อแก้ไขคำสั่งโดยไม่ใช้คำสั่งที่เพิ่มรอบการประมวลผล mysql ใช้เวลาการตอบสนองใช้เวลาเพียง 847 มิลลิวินาที (0.847 วินาที) และ mongodb ใช้เวลา 119 มิลลิวินาที (0.119 วินาที) ทั้งนี้การสืบค้นข้อมูลที่ใช้คำสั่งการเพิ่มรอบ (count, group by) ซึ่งถือว่าเป็นการประมวลผลซับซ้อนที่เป็นความสามารถที่โดดเด่นของ mysql ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างตาราง ในขณะที่ mongodb ถึงแม้จะมีความรวดเร็วในการสืบค้นข้อมูลแต่คำตอบที่ได้มาไม่อยู่ในรูปความสัมพันธ์แต่จะเป็นการแสดงผลข้อมูลทั้งเอกสาร เมื่อวิเคราะห์ในเชิงการใช้งาน ทั้งสองระบบโปรแกรมเมอร์ยังคงต้องเขียนโปรแกรมเพื่อกรองข้อมูลเฉพาะที่จะใช้งานสำหรับมาทำรายงาน นอกจากนี้จากการศึกษาการเติบโตของข้อมูลซึ่งดูได้จากรูปที่ 2 จะเห็นว่าในแต่ละปีข้อมูลเหล่านี้มีธุรกรรมเพิ่มขึ้นปริมาณไม่สูง ดังนั้นผู้วิจัยจึงเห็นว่าฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ mysql ยังเป็นตัวเลือกที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาระบบงานนักศึกษาเนื่องจากข้อมูลนักศึกษาแต่ละคนไม่ได้เพิ่มขึ้นในทุกวันทำให้อัตราการขยายตัวยังคงเป็นช่วง ๆ เช่น ช่วงการลงทะเบียน เป็นต้น แต่ทั้งนี้ผู้วิจัยมองเห็นประโยชน์ของ mongodb และมีแผนที่จะนำฐานข้อมูล NoSQL มาพัฒนาสำหรับจัดเก็บข้อมูลงานด้านเครือข่าย เช่น การเข้าใช้บริการในเว็บไซต์ต่าง ๆ เนื่องจากมีข้อมูลการใช้งานแต่ละคนมีปริมาณการใช้ที่มหาศาลในแต่ละวันมีอัตราการขยายตัวในแนวนอนจึงเหมาะแก่การพัฒนาด้วยฐานข้อมูล NoSQL ต่อไป

## 6. สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อทดลองและวิเคราะห์ซอฟต์แวร์การจัดการฐานข้อมูลเชิงเปรียบเทียบ ได้แก่ ซอฟต์แวร์การจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ด้วย mysql และซอฟต์แวร์การจัดการฐานข้อมูล NoSQL ด้วย mongodb จุดเน้นอยู่ที่การทดสอบนี้ในบริบทของการจำลองระบบข้อมูลนักศึกษา ได้แก่ การลงทะเบียน การยืมคืนหนังสือ และกิจกรรมของนักศึกษา วัตถุประสงค์งานวิจัยเพื่อทดสอบประสิทธิภาพการจัดการฐานข้อมูลทั้งสองระบบโดยเปรียบเทียบจากเวลาการตอบสนองของการสืบค้นข้อมูลที่ซับซ้อนและความยืดหยุ่นในการพัฒนาศักยภาพ

ผลการทดลองพบว่าเวลาการตอบสนองของการสืบค้นข้อมูลฐานข้อมูลด้วย mongodb ใช้เวลาตอบสนองได้รวดเร็วกว่าฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ mysql การพัฒนาสคีมาฐานข้อมูล mongodb มีความยืดหยุ่นมากกว่าเนื่องจากรูปแบบการสร้างสคีมาที่เน้นการนำข้อมูลของบุคคลมารวมเป็นเอกสารเดี่ยวในลักษณะข้อมูลแนวนอน แต่ทั้งนี้เมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบในแง่มุมต่าง ๆ สามารถสรุปได้ว่า ฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์มีข้อดี ได้แก่ โมเดลข้อมูลที่มีโครงสร้างช่วยให้มั่นใจในความสมบูรณ์ของข้อมูลผ่านสคีมาที่กำหนดไว้ล่วงหน้าอย่างเข้มงวดซึ่งต้องมีความสอดคล้องกันในฐานข้อมูล นอกจากนี้ยังปฏิบัติตามคุณสมบัติ ACID เพื่อให้มั่นใจในความสมบูรณ์ของข้อมูลในฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์เหมาะสำหรับการจัดการสืบค้นที่มีความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล อย่างไรก็ตามฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์มีข้อจำกัดในการปรับขนาดฐานข้อมูล โดยเฉพาะชุดข้อมูลขนาดใหญ่และปริมาณการรับส่งข้อมูลที่สูงอาจเป็นเรื่องท้าทาย การปรับเปลี่ยนสคีมาอาจต้องใช้เวลาและต้องสร้างตรรกะข้อมูลซึ่งเกิดความยุ่งยากและเสียค่าใช้จ่ายเพิ่ม ในทางกลับกันฐานข้อมูล NoSQL ให้ข้อดีด้านความยืดหยุ่นและความสามารถในการปรับขนาดได้ สคีมาที่ยืดหยุ่นช่วยให้สามารถปรับโครงสร้างข้อมูลที่กำลังพัฒนาได้ง่าย ซึ่งรองรับสภาพแวดล้อมข้อมูลแบบไดนามิกได้ดี ฐานข้อมูล NoSQL สามารถปรับขนาดในแนวนอนเพิ่มความสะดวกให้กับฐานข้อมูลแบบกระจายในหลายโหนดและช่วยให้สามารถจัดการรูปแบบข้อมูลที่ไม่มีโครงสร้างหรือกึ่งโครงสร้าง เช่น JSON, XML หรือคู่คีย์-ค่าได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่เนื่องจากฐานข้อมูล NoSQL ไม่มีธุรกรรม ACID ซึ่งอาจนำไปสู่ปัญหาความสอดคล้องข้อมูล ข้อจำกัดการสืบค้นและความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนเมื่อเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ซึ่งอาจส่งผลต่อความสอดคล้องและความสมบูรณ์ของข้อมูลในบางสถานการณ์ นอกจากนี้ในมุมมองนักพัฒนาที่ไม่คุ้นเคยกับโมเดลลักษณะนี้ยังมีข้อจำกัดในหลายประการทั้งคำสั่งการได้มาของข้อมูลที่เป็นเอกสารเฉพาะบุคคลที่ต้องการหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลต่อเป็นการทำงานที่ซ้ำซ้อน ดังนั้นการเลือกฐานข้อมูล NoSQL อาจยังไม่ใช่วิธีทางเลือกแทนสำหรับฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ของระบบงานของกรณีตัวอย่างแต่จะเหมาะสำหรับฐานข้อมูลที่มีข้อมูลไหลเข้าออกตลอดเวลาซึ่งในอนาคตจะกลายเป็นข้อมูลขนาดใหญ่ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ali et al. (2019), Chen & Lee (2019) และ Khan et al. (2022) ซึ่งในอนาคตผู้วิจัยจะทดลองจัดเก็บข้อมูลด้วย NoSQL ของระบบเครือข่ายมหาวิทยาลัยเนื่องจากมีข้อมูลธุรกรรมไหลตลอดเวลาในอนาคตจะกลายเป็นฐานข้อมูลขนาดใหญ่ต่อไปได้

## 7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้บริหารมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรที่ให้ความอนุเคราะห์ให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการให้ข้อมูล

## 8. เอกสารอ้างอิง

- Ali, A., Naeem, S., Anam, S., & Ahmed, M. M. (2023). A State of Art Survey for Big Data Processing and NoSQL Database Architecture. *International Journal of Computing and Digital Systems*, 14(1). <http://dx.doi.org/10.12785/ijcds/140124>.
- Ali, W., Shafique, M. U., Majeed, M. A., & Raza, A. (2019). Comparison between SQL and NoSQL Databases and Their Relationship with Big Data Analytics. *Asian Journal of Research in Computer Science*, 4(2), 1-10.
- Carvalho, I., Sá, F., & Bernardino, J. (2023). Performance Evaluation of NoSQL Document Databases: Couchbase, CouchDB, and MongoDB. *Algorithms*, 16(2), 78. <https://doi.org/10.3390/a16020078>.
- Chen, J.-K., & Lee, W.-Z. (2019). An Introduction of NoSQL Databases Based on Their Categories and Application Industries. *Algorithms*, 12(5), 106; <https://doi.org/10.3390/a12050106>.

- Gopi, K., Mazumder, D., Crawford, J., Gadd, P., Tadros, C. V., Atanacio, A., Saintilan, N., & Sammut, J. (2023). Developing a MySQL Database for the Provenance of Black Tiger Prawns (*Penaeus monodon*). **Foods**, **12**(14), 2677. <https://doi.org/10.3390/foods12142677>.
- Gyorödi, C. A., DumŞe-Burescu, D. V., Zmaranda, D. R., & Gyorödi, R. Ş. (2022). A Comparative Study of MongoDB and Document-Based MySQL for Big Data Application Data Management. **Big Data and Cognitive Computing**, **6**(2), 49. <https://doi.org/10.3390/bdcc6020049>
- Khan, W., Ahmed, E., & Shahzad, W. (2017). Predictive Performance Comparison Analysis of Relational & NoSQL Graph Databases. **International Journal of Advanced Computer Science and Applications**, **8**(5), 523-530.
- Khan, W., Kumar, T., Cheng, Z., Raj, K., Roy, A. M., & Luo, B. (2022). **SQL and NoSQL Databases Software architectures performance analysis and assessments -- A Systematic Literature review**. [Online]. Retrieved from: <https://arxiv.org/abs/2209.06977> [2024, February 15].
- Loffy, E., Saleh, A., El-Ghareeb, H. & Ali, H. (2015). A Middle layer solution to support ACID properties for NoSQL databases. **Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences**, **28**(1), 133-145.
- Netinant, P., Saengsuwan, N., Rukhiran, M., & Pukdesree, S. (2023). Enhancing Data Management Strategies with a Hybrid Layering Framework in Assessing Data Validation and High Availability. **Sustainability**, **15**(20), 15034. <https://doi.org/10.3390/su15>
-

การเปรียบเทียบการออกแบบตัวควบคุมพีไอ-พีดีด้วยการค้นหาแบบค้างคาว  
เพื่อลดการขยายตัวของสัญญาณควบคุมสำหรับการควบคุมอุณหภูมิของกาต้มน้ำไฟฟ้า

A Comparison of PI-PD Controller Designed by Bat Search  
to Reduce Set-Point Kick for Temperature Control of an Electric Kettle

دننพล คำน้ญญำ<sup>1</sup> และ นณมล ชูเมื่อง<sup>2</sup>

<sup>1</sup>คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี,

E-Mail: danupon.k@rmutsb.ac.th

<sup>2</sup>คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง,

E-Mail: lecho20@hotmail.com

วันที่รับบทความ 18 พฤษภาคม 2567

วันแก้ไขบทความ 22 มิถุนายน 2567

วันตอบรับบทความ 26 มิถุนายน 2567

บทคัดย่อ

รูปแบบที่ปรับปรุงตัวควบคุมพีไอดี คือ ตัวควบคุมพีไอ-พีดี โดยทั่วไปตัวควบคุมพีไอดีที่วางตัวอยู่บนทางเดินไปหน้าก่อให้เกิดการขยายตัวของสัญญาณควบคุม ส่งผลกระทบต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลัง บทความนี้ จึงนำเสนอตัวควบคุมพีไอ-พีดีเพื่อลดการขยายตัวของสัญญาณควบคุม ตัวควบคุมพีไอ-พีดีจะมีเทอมพีและเทอมไออยู่ในทางเดินแบบไปหน้าและจะมีเทอมพีและเทอมดีอยู่ในทางเดินแบบป้อนกลับ งานวิจัยนี้ได้ใช้การค้นหาแบบค้างคาวเพื่อออกแบบตัวควบคุมพีไอ-พีดีสำหรับการควบคุมอุณหภูมิของกาต้มน้ำไฟฟ้า ผลการออกแบบตัวควบคุมพีไอ-พีดีจะเปรียบเทียบกับตัวควบคุมพีไอดีและตัวควบคุมไอ-พีดีที่ถูกออกแบบด้วยการค้นหาแบบค้างคาว จากผลที่ได้รับพบว่า การค้นหาแบบค้างคาวสามารถออกแบบตัวควบคุมพีไอดี ไอ-พีดีและพีไอ-พีดีได้อย่างเหมาะสม ตัวควบคุมพีไอ-พีดีจะให้ค่าพุ่งเกินสูงสุดและช่วงเวลาเข้าที่น้อยที่สุดและลดการขยายตัวของสัญญาณควบคุมน้อยกว่าตัวควบคุมพีไอดี

คำสำคัญ: ตัวควบคุมพีไอ-พีดี, ตัวควบคุมไอ-พีดี, ตัวควบคุมพีไอดี, การค้นหาแบบค้างคาว, กาต้มน้ำไฟฟ้า

ABSTRACT

One of the modified versions of the PID controller is the PI-PD controller. Generally, the PID controller is placed on the forward path, causing a very higher control signal called the set-point kick to affect the power of electronic devices. This paper proposes the PI-PD controller in which its P- and I-elements are placed on the forward path, whereas its P- and D-elements are placed on the feedback path. In this work, the bat search (BS) is applied to design the PI-PD controller for controlling the temperature of an electric kettle. Result of the PI-PD controller will be compared to those of the PID and I-PD controllers. As a result,

the BS can design the PID, I-PD, and PI-PD optimally. The PI-PD produces a more minor set-point kick than the PID does. Moreover, the PI-PD can provide minor overshoot and settling time and reduce the set-point kick as the PID does.

**KEYWORDS:** PI-PD controller, I-PD controller, PID controller, bat search, electric kettle

## 1. บทนำ

โดยทั่วไป กาต้มน้ำไฟฟ้าเป็นหม้อต้มน้ำให้ร้อนชนิดหนึ่งที่มีโครงสร้างเป็นแบบโลหะสำหรับใช้ต้มน้ำร้อน ฝาครอบและหุ้บมีลักษณะอยู่ในตัว กาต้มน้ำไฟฟ้าถูกใช้งานกันอย่างแพร่หลายในการต้มน้ำ ชงชา กาแฟปรุงอาหารกึ่งสำเร็จรูปและอื่น ๆ เป็นต้น กาต้มน้ำไฟฟ้าสามารถทำความเร็วในการต้มน้ำให้ร้อนได้เร็วที่สุด โดยมีความเร็วเกือบสองเท่าของเตาต้มน้ำร้อนแบบตั้งพื้น หลายปีที่ผ่านมาปัญหาของการควบคุมอุณหภูมิเป็นปัญหาที่ท้าทายมาตลอดโดยเฉพาะกับระบบควบคุม เครื่องใช้ไฟฟ้าส่วนใหญ่จะมีการควบคุมอุณหภูมิในรูปแบบเดียวหรือในรูปแบบอื่น ๆ แต่ยังคงใช้วิธีการควบคุมแบบง่าย ๆ เช่น การควบคุมแบบเปิด-ปิดสำหรับกาต้มน้ำไฟฟ้าที่ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิที่โดดเด่น คือ การควบคุมแบบเปิด-ปิดโดยใช้เทอร์โมสแตท (Thermostat) เนื่องจากพลังงานที่ใช้ในการต้มน้ำด้วยกาต้มน้ำไฟฟ้าจะมีค่าพลังงานสูงมากกว่าในการต้มน้ำชนิดเดียวกันแบบตั้งพื้น ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องพัฒนาระบบควบคุมที่เหมาะสม ซึ่งจะช่วยลดการสูญเสียพลังงานและต้นทุนที่ใช้กาต้มน้ำไฟฟ้า

วิธีการออกแบบตัวควบคุมพีไอดี (Proportional-Integral-Derivative Controller: PID Controller) Minorsky N. (1922), Pessen D. W. (1996) ให้กับกาต้มน้ำไฟฟ้า จึงนิยมใช้แนวทางการออกแบบที่ยึดถือเป็นแนวปฏิบัติโดยทั่วไป คือ การออกแบบเชิงวิเคราะห์ (Analytical Design Method) หรืออาจอาศัยสูตรสำเร็จในการคำนวณ เช่น วิธีของซีเกลอร์และนิโคลส์ (Ziegler-Nichols Method: ZN) Ziegler J. G. and Nichols N. B. (1942) ซึ่งวิธีดังกล่าวจะให้ความสะดวกต่อวิศวกรในภาคปฏิบัติการ แต่อย่างไรก็ตาม วิธีการออกแบบเชิงวิเคราะห์มักประสบปัญหาเกี่ยวกับข้อจำกัดของระบบภายใต้การควบคุมกระบวนการ ระบบควบคุมที่ผ่านการออกแบบแล้วจะให้ผลตอบสนองของระบบควบคุมที่พอยอมรับได้ แต่ไม่อาจกล่าวได้ว่าเป็นผลตอบสนองที่เหมาะสม จึงทำให้การออกแบบระบบควบคุมที่อาศัยวิธีการออกแบบเชิงวิเคราะห์มีข้อจำกัด โดยทั่วไป ตัวควบคุม PID ที่วางตัวอยู่บนทางเดินป้อนไปหน้า (Forward Path) ของระบบ จะส่งผลกระทบโดยตรงต่อสัญญาณควบคุม (Control Signal) นั่นคือ เทอม P และ D ในตัวควบคุม PID จะมีหน้าที่ปรับค่าแบบสัดส่วน (Proportional) และค่าอนุพันธ์ (Derivative) ของสัญญาณอินพุต

ในขณะที่ สัญญาณอินพุตมีการเปลี่ยนแปลงอย่างทันทีทันใดก่อให้เกิดสัญญาณควบคุมที่มีค่าสูง เรียกว่า การขยายตัวของสัญญาณควบคุม (Set-Point Kick) ในการแก้ปัญหาเพื่อลดการขยายตัวของสัญญาณควบคุม ก็คือ ใช้ตัวควบคุม I-PD (I-PD Controller) Sato T. and Inoue A. (2004) มีเทอม I ที่วางตัวอยู่ในทางเดินแบบป้อนไปหน้าและเทอม P และ D วางตัวอยู่ในทางเดินแบบป้อนกลับ (Feedback Path) ของวงรอบการควบคุม จากการสำรวจผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า ตัวควบคุม I-PD สามารถลดการขยายตัวของสัญญาณควบคุมได้อย่างน่าพอใจ อย่างไรก็ตาม ผลตอบสนองในสภาวะชั่วคราวของระบบที่ใช้ตัวควบคุม I-PD ให้ผลตอบสนองช้ากว่าที่ใช้ตัวควบคุม PID ดังนั้น ในงานวิจัยนี้ จึงนำเสนอตัวควบคุม PI-PD เพื่อลดการขยายตัวของสัญญาณควบคุมและเพื่อปรับปรุงผลตอบสนองในสภาวะชั่วคราวของระบบควบคุม ตัวควบคุม PI-PD ที่นำเสนอในงานวิจัยนี้มีเทอม P และ I ที่วางตัวอยู่ในทางเดินแบบป้อนไปหน้า และมีเทอม P และ D วางตัวอยู่ในทางเดินแบบป้อนกลับของวงรอบการควบคุม

ปัจจุบันกรอบการทำงานได้ปรับเปลี่ยนกระบวนการค้นหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบเมตา-ฮิวริสติก (Metaheuristic Optimization Search Techniques) Talbi E. G. (2009) ที่ได้รับความนิยมและใช้อย่างแพร่หลาย Yang X. S. (2010, 1) จากการสำรวจผลงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ในบรรดาของเทคนิคแบบเมตา-ฮิวริสติกที่มีการพัฒนาการค้นหาค่าแบบค้างคาว (Bat Search: BS) นับว่าเป็นเมตา-ฮิวริสติกที่ทรงประสิทธิภาพมาก โดยให้สมบัติความหลากหลาย

(Diversification) และสมบัติความเข้มข้น (Intensification) ดีกว่าเมตา-ฮิวริสติกในแบบอื่น ๆ ได้รับการนำเสนอครั้งแรกโดย Yang เมื่อปี ค.ศ. 2010 Yang X. S. (2010, 2) ที่ได้รับแรงบันดาลใจจากค้างคาวที่มีพฤติกรรมการสะท้อนคลื่นเสียงความถี่สูง (Sonar) ของค้างคาวที่มีการปล่อยพัลส์และความถี่ที่แตกต่างกัน (Echolocation) จากวรรณกรรมที่ผ่านมา พบว่า BS ประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมด้านต่าง ๆ เช่น การออกแบบคานเชื่อมประกอบ (Design of Welded Beam) Yang X. S. (2011) การออกแบบภาชนะรับแรงดัน (Design of Pressure Vessel) การออกแบบสปริง (Design of Spring) Tsai P. W. et al. (2011) ภายใต้อัจฉริยภาพที่สำคัญในการควบคุม คือ ค่าพุ่งเกินสูงสุด (Maximum Overshoot:  $M_p$ ) ช่วงเวลาขึ้น (Rise Time:  $t_r$ ) ช่วงเวลาเข้าที่ (Settling Time:  $t_s$ ) ค่าความผิดพลาดที่สถานะอยู่ตัว (Steady-State Error:  $e_{ss}$ ) ความคงทน (Robustness) จากเงื่อนไขการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์และการรบกวนจากภายนอก (External Disturbance:  $t_d$ ) ของระบบควบคุมที่ทดสอบ ในงานวิจัยนี้ จึงนำเสนอการออกแบบตัวควบคุม PI-PD ด้วย BS เพื่อลดการขยายตัวของสัญญาณควบคุมสำหรับการควบคุมอุณหภูมิของกาดม้ไฟฟ้า ผลการออกแบบตัวควบคุม PI-PD จะได้รับการเปรียบเทียบกับตัวควบคุม PID และ I-PD ที่ออกแบบด้วย BS เช่นเดียวกัน

## 2. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของกาดม้ไฟฟ้า

การหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของกาดม้ไฟฟ้า Madugu J. S. (2018) ซึ่งสามารถหาได้โดยให้สมมติอุณหภูมิของน้ำที่อยู่ภายในกาดม้ไฟฟ้ามีค่าสม่ำเสมอ และอุณหภูมิภายนอกของระบบมีค่าคงที่ ใช้กฎข้อหนึ่งของอุณหพลศาสตร์ (First Law of Thermodynamics) Stphanopoulos G. (2006) แสดงได้ดังสมการที่ (1)

$$C_T \frac{dT_w}{dt} = q(t) - q_o(t) \quad (1)$$

โดยที่  $C_T$  คือ ความจุความร้อนของระบบ (Thermal Capacity of System) ( $J / ^\circ C$ )

$q_o(t)$  คือ การสูญเสียความร้อนสู่สิ่งแวดล้อม (Heat Loss to Environment) ( $J$ ),  $q_o(t) = \frac{(T_w - T_a)}{R_T}$

$T_a$  คือ อุณหภูมิสภาพแวดล้อม (Ambient Temperature) ( $^\circ C$ )

$R_T$  คือ ความต้านทานความร้อน (Thermal Resistance) ( $^\circ C / J$ )

$T_w$  คือ อุณหภูมิของน้ำ (Temperature of Water) ( $^\circ C$ )

$q(t)$  คือ ความร้อนที่ถูกจ่ายโดยอุปกรณ์ทำความร้อน (Heat Supplied by Heater) ( $J$ )

แทนค่า  $q_o(t) = \frac{(T_w - T_a)}{R_T}$  ลงในสมการที่ (1) แสดงได้ดังสมการที่ (2)

$$C_T \frac{dT_w}{dt} = q(t) - \frac{(T_w - T_a)}{R_T} \quad (2)$$

$$\frac{dT_w}{dt} + \frac{T_w}{R_T C_T} = \frac{q(t)}{C_T} + \frac{T_a}{R_T C_T} \quad (3)$$

ผลการแปลงลาปลาซ (Laplace Transform) สมการที่ (3) แสดงได้ดังสมการที่ (4)

$$sR_T C_T T_w(s) + T_w(0) + T_w(s) = Q(s)R_T + T_a(s) \quad (4)$$

แต่อุณหภูมิสภาพแวดล้อมคงที่  $T_w(0) = T_a(s)$  สมการที่ (4) แสดงได้ดังสมการที่ (5)

$$G(s) = \frac{T_w(s)}{Q(s)} = \frac{R_T}{(R_T C_T s + 1)} \quad (5)$$

โดยที่  $R_T C_T$  คือ ค่าคงตัวทางเวลาของกระบวนการ (Time Constant of Process:  $\tau_g$ )

$R_T$  คือ ค่าอัตราขยายของกระบวนการ (Process of Gain:  $K_g$ )

ในทางปฏิบัติ พบว่า มีค่าเวลาไร้ผลสนอง (Dead Time:  $L$ ) สามารถเขียนอยู่ในรูปของ  $e^{-Ls}$  โดยที่ เวลาไร้ผลสนอง  $e^{-Ls}$  ใช้การประมาณแบบพาดอันดับหนึ่ง (Pade Approximation-Order 1) จากสมการที่ (5) จึงก่อรูปเป็นสมการที่ (6)

$$G_p(s) = \frac{K_g}{(\tau_g s + 1)} e^{-Ls} ; e^{-Ls} \cong \frac{1 - Ls/2}{1 + Ls/2} \quad (6)$$

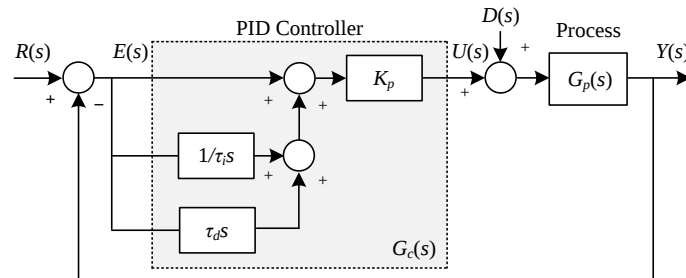
จากสมการที่ (6) ผลตอบสนองวงเปิดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส พบว่า มีค่าอัตราขยายของกระบวนการ  $K_g = 1.03$  มีค่าคงตัวทางเวลาของกระบวนการ  $\tau_g = 282.0$  นาที่ และมีค่าเวลาไร้ผลสนอง  $L = 19.8$  นาที่ เขียนฟังก์ชันถ่ายโอนของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของกาดม้ไฟฟ้าแสดงได้ดังสมการที่ (7)

$$G_p(s) = \frac{-20.394s + 1.03}{5583.6s^2 + 301.8s + 1} \quad (7)$$

### 3. ปัญหาการออกแบบระบบควบคุม

#### 3.1 ระบบควบคุมพีไอดี

โครงสร้างของระบบควบคุม PID ดังแสดงในรูปที่ 1 ตัวควบคุม  $G_c(s)$  จะรับสัญญาณคลาดเคลื่อน  $E(s)$  มาผลิตสัญญาณควบคุม  $U(s)$  เพื่อส่งไปควบคุมกระบวนการ  $G_p(s)$  ให้มีผลตอบสนองด้านเอาต์พุต  $Y(s)$  สอดคล้องกับสัญญาณอินพุตอ้างอิง  $R(s)$  พร้อมทั้งกำจัดสัญญาณรบกวนจากภายนอก  $D(s)$  ไปพร้อมกัน



รูปที่ 1 โครงสร้างของระบบควบคุม PID

จากรูปที่ 1 ฟังก์ชันในโดเมนเวลา (Time-Domain) และในโดเมนเอส (s-Domain) ของตัวควบคุม PID แสดงได้ดังสมการที่ (8) และสมการที่ (9) โดยที่  $K_p$  คือ อัตราขยายเชิงปรับสัดส่วน (Proportional Gain)  $K_i = K_p / \tau_i$  คือ อัตราขยายเชิงปริพันธ์ (Integral Gain) และ  $K_d = K_p \tau_d$  คือ อัตราขยายเชิงอนุพันธ์ (Derivative Gain)

$$u(t)|_{PID} = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (8)$$

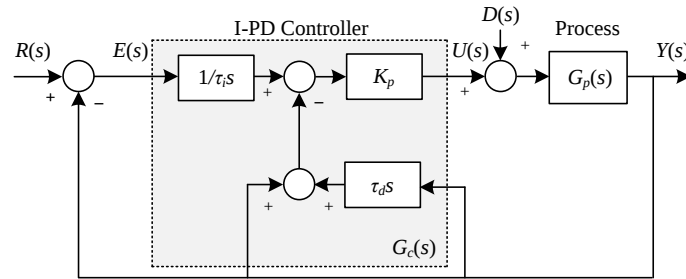
$$\frac{Y(s)}{R(s)} \Big|_{PID} = \frac{\left( K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s \right) G_p(s)}{1 + \left( K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s \right) G_p(s)} \quad (9)$$

เป้าหมายของการควบคุม คือ การให้ผลตอบสนองด้านเอาต์พุต  $Y(s)$  สอดคล้องกับสัญญาณอินพุตอ้างอิง  $R(s)$  ด้วยเหตุนี้ ตัวควบคุมจะต้องปรับค่าสัญญาณควบคุม  $U(s)$  อย่างต่อเนื่อง เพื่อให้สัญญาณคลาดเคลื่อน  $E(s)$

มีค่าเป็นศูนย์ และกำจัดสัญญาณรบกวนจากภายนอก  $D(s)$  ไปพร้อมกัน การใช้ตัวควบคุม PID เมื่อสัญญาณอินพุตอ้างอิง  $R(s)$  มีการเปลี่ยนแปลงอย่างทันทีทันใด จะทำให้สัญญาณควบคุม  $U(s)$  มีขนาดที่สูงมาก ซึ่งเรียกว่า การขยายตัวของสัญญาณควบคุม (Set-Point Kick) ซึ่งจะทำให้สัญญาณที่ชุดขับเคลื่อน (Actuator) ของระบบเกิดการอิ่มตัว (Saturation) ผลตอบสนองด้านเอาต์พุต  $Y(s)$  จึงไม่สอดคล้องกับสัญญาณอินพุตอ้างอิง  $R(s)$

### 3.2 ระบบควบคุมไอ-พีดี

ระบบควบคุม I-PD จะเป็นการปรับโครงสร้างของระบบควบคุม PID เพื่อหลีกเลี่ยงการเปลี่ยนแปลงอย่างทันทีทันใด และลดการขยายตัวของสัญญาณควบคุม ระบบควบคุม I-PD จะมีโครงสร้างดังรูปที่ 2 เทอม I อยู่บนทางเดินป้อนไปหน้า ส่วนในเทอม P และ D อยู่บนทางเดินป้อนกลับของวงรอบการควบคุม โดยที่ โครงสร้างอัตราขยายเชิงปริพันธ์  $K_i = K_p / \tau_i$  จะมีผลตอบสนองต่อสัญญาณค่าความผิดพลาด  $E(s)$  การเปลี่ยนแปลงอย่างทันทีทันใดจากการป้อนสัญญาณอินพุตอ้างอิง  $R(s)$  จะไม่ส่งผลกระทบต่ออัตราขยายเชิงสัดส่วน  $K_p$  และอัตราขยายเชิงอนุพันธ์  $K_d = K_p \tau_d$  เพราะถูกควบคุมจากเอาต์พุต  $Y(s)$  ของระบบควบคุม



รูปที่ 2 โครงสร้างของระบบควบคุม I-PD

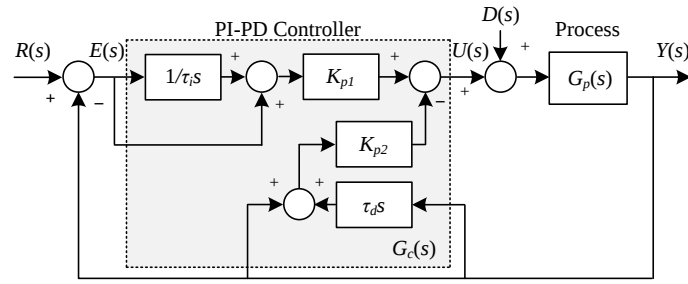
จากรูปที่ 2 ฟังก์ชันโดเมนเวลาและโดเมนเอสของตัวควบคุม I-PD แสดงได้ดังสมการที่ (10) และสมการที่ (11) อย่างเป็นทางการ ระบบที่ใช้ตัวควบคุม I-PD มักจะให้ผลตอบสนองชั่วคราวที่ช้ากว่าการใช้ตัวควบคุม PID

$$u(t)|_{I-PD} = K_i \int e(t) dt - \left( K_p y(t) + K_d \frac{dy(t)}{dt} \right) \quad (10)$$

$$\frac{Y(s)}{R(s)} \Big|_{I-PD} = \frac{\left( \frac{K_i}{s} \right) G_p(s)}{1 + \left( K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s \right) G_p(s)} \quad (11)$$

### 3.3 ระบบควบคุมพีไอ-พีดี

ในงานวิจัยนี้ การลดการขยายตัวของสัญญาณควบคุมและปรับปรุงผลตอบสนองชั่วคราวของระบบ อาศัยโครงสร้างของระบบควบคุม PI-PD ดังรูปที่ 3 เทอม  $P_1$  และ I อยู่บนทางเดินป้อนไปหน้า ส่วนเทอม  $P_2$  และ D อยู่บนทางเดินป้อนกลับในวงรอบการควบคุม เมื่อสัญญาณอินพุตอ้างอิง  $R(s)$  มีการเปลี่ยนแปลงอย่างทันทีทันใด จะไม่ทำให้สัญญาณควบคุม  $U(s)$  มีขนาดที่เพิ่มสูงมาก อัตราขยายเชิงสัดส่วน  $K_{p1}$  และอัตราขยายเชิงปริพันธ์  $K_i = K_{p1} / \tau_i$  จะมีผลตอบสนองต่อสัญญาณค่าความผิดพลาด  $E(s)$  การเปลี่ยนแปลงอย่างทันทีทันใดจากการป้อนสัญญาณอินพุตอ้างอิง  $R(s)$  จะไม่ส่งผลกระทบต่ออัตราขยายเชิงสัดส่วน  $K_{p2}$  และอัตราขยายเชิงอนุพันธ์  $K_d = K_{p2} \tau_d$  เพราะถูกควบคุมจากเอาต์พุต  $Y(s)$  ฟังก์ชันโดเมนเวลาและโดเมนเอสของตัวควบคุม PI-PD แสดงได้ดังสมการที่ (12) และสมการที่ (13)



รูปที่ 3 โครงสร้างของระบบควบคุม PI-PD

$$u(t)|_{PI-PD} = K_{p1}e(t) + K_i \int e(t)dt - \left( K_{p2}y(t) + K_d \frac{dy(t)}{dt} \right) \quad (12)$$

$$\frac{Y(s)}{R(s)}|_{PI-PD} = \frac{\left( K_{p1} + \frac{K_i}{s} \right) G_p(s)}{1 + \left( K_{p1} + K_{p2} + \frac{K_i}{s} + K_d s \right) G_p(s)} \quad (13)$$

#### 4. การค้นหาแบบค้างคาว

การค้นหาแบบค้างคาวเลียนแบบพฤติกรรมการสะท้อนคลื่นเสียงความถี่สูงของค้างคาวขนาดเล็กที่มีการปล่อยพัลส์และความถี่ที่แตกต่างกัน ค้างคาวขนาดเล็กเป็นสัตว์เลือดอุ่นที่เลี้ยงลูกด้วยนมมีลักษณะคล้ายหนู แต่มีปีกบินได้เหมือนนก ค้างคาวมีดวงตาที่เรามองเห็นขนาดเล็กมาก จมูกและปากของค้างคาวจะทำหน้าที่ช่วยบังคับควบคุมคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงเพื่อใช้ในการนำทางและค้นหาอาหาร ค้างคาวไม่ได้อาศัยตาในการมองเห็นขณะบินในที่มืด หากแต่จะเคลื่อนที่ในขณะบินเข้าหาแหล่งอาหารตามเสียงสะท้อนที่ถูกปล่อยออกมาด้วยคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงอย่างเป็นจังหวะและสม่ำเสมอ

คลื่นเสียงที่มีความถี่สูงของมนุษย์ไม่สามารถได้ยิน แต่หูของค้างคาวซึ่งมีความไวสูงมากจะสามารถตรวจจับคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงที่ส่งออกไปกระทบกับวัตถุใด ๆ แล้วสะท้อนกลับมายังหูของค้างคาวได้ ทำให้ค้างคาวสามารถรับรู้ถึงตำแหน่งและระยะห่างของสิ่งกีดขวางจากเสียงที่สะท้อนกลับมาได้ จึงทำให้ค้างคาวบินได้อย่างคล่องแคล่วว่องไวแม้อยู่ในความมืดโดยไม่พุ่งชนสิ่งกีดขวางรอบตัว รวมทั้งทำการตรวจสอบตำแหน่งของสิ่งที่เป็อาหาร (เหยื่อ) ในระยะทางต่าง ๆ ได้อีกด้วย ดังนั้น อัลกอริทึมแบบค้างคาวจึงอาศัยกลไกที่สำคัญ 3 ข้อ ดังต่อไปนี้ คือ

1) ค้างคาวสามารถค้นหาตำแหน่งของวัตถุโดยใช้เสียงสะท้อนกลับ เพื่อรับรู้ถึงระยะทางความแตกต่างระหว่างอาหาร (เหยื่อ) และสิ่งกีดขวาง กำหนดให้ปริภูมิการค้นหาเป็น  $d$  มิติ และค้างคาวตัวที่  $i$  สามารถแทนด้วย  $x_i$  ความเร็วของค้างคาวตัวที่  $i$  สามารถแทนด้วย  $v_i$  ความถี่พัลส์ของค้างคาวตัวที่  $i$  สามารถแทนด้วย  $f_i$  ตำแหน่ง (ผลเฉลย) ใหม่  $x_i^t$  และความเร็วใหม่  $v_i^t$  ในช่วงเวลา  $t$  การปรับปรุงความถี่พัลส์จะอาศัยสมการที่ (14) ถึง สมการที่ (16) เมื่อ  $\beta \in [0,1]$  คือ เวกเตอร์จากการสุ่ม (Random Vector) จากการแจกแจงแบบปกติ (Uniform Distribution)  $x_*$  คือ ผลเฉลยงกว้าง (Global Solution) ในรอบปัจจุบัน เมื่อเทียบกับผลเฉลยทั้งหมดของค้างคาว  $n$  ตัว และ  $t$  คือ รอบการค้นหาปัจจุบัน การค้นหาเฉพาะที่ (Local Search) ผลเฉลยใหม่จะถูกสร้างขึ้นจากผลเฉลยงกว้างที่ดีที่สุดในรอบปัจจุบันดังสมการที่ (17) เมื่อ  $\varepsilon \in [0,1]$  คือ จำนวนการสุ่ม (Random Number) โดยที่  $A^t = (A_i^t)$  คือ ความดังเสียงเฉลี่ยทั้งหมดที่ช่วงเวลานั้น

$$f_i = f_{\min} + \beta(f_{\max} - f_{\min}) \quad (14)$$

$$v_i^t = v_i^{t-1} + f_i(x_i^{t-1} - x_*) \quad (15)$$

$$x_i^t = x_i^{t-1} + v_i^t \quad (16)$$

$$x_{\text{new}} = x_{\text{old}} + \varepsilon A^t \quad (17)$$

2) ค้างคาวมีทิศทางบินสุ่ม (Randomly) ด้วยความเร็ว  $v_i$  ในตำแหน่ง  $x_i$  ด้วยความถี่คงที่  $f_{\min}$  โดยเปลี่ยนแปลงความยาวคลื่น  $\lambda$  และความดังของเสียง  $A_0$  เพื่อค้นหาอาหาร (เหยื่อ) และสามารถปรับเปลี่ยนค่าความยาวคลื่นของพัลส์ที่ปล่อยมาและปรับอัตราการปล่อยพัลส์ (Pulse Emission:  $r$ ) โดยที่  $r \in [0,1]$  โดยปกติขึ้นอยู่กับระยะห่างเป้าหมาย การปล่อยพัลส์จะเริ่มจากศูนย์และเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อค้างคาวบินเข้าใกล้อาหาร (เหยื่อ) เพิ่มมากขึ้น อัตราการปล่อยพัลส์ของค้างคาวจะถูกปรับเปลี่ยนไปตามสมการที่ (18)

$$r_i^{t+1} = r_i^0(1 - e^{(-rt)}) \quad (18)$$

3) ความดังเสียงค้างคาวสามารถเปลี่ยนแปลงได้หลายรูปแบบ ความดังเสียงจะเปลี่ยนแปลงจากความดังเสียงสูงที่สุด  $A_0$  ไปยังค่าคงที่ต่ำที่สุด  $A_{\min}$  และความดังจะลดเรื่อย ๆ เมื่อค้างคาวบินเข้าใกล้อาหาร (เหยื่อ) เพิ่มมากขึ้น ความดังเสียงจะถูกปรับเปลี่ยนตามสมการที่ (19)

$$A_i^{t+1} = \alpha A_i^t \quad (19)$$

จากกลไกที่สำคัญ 3 ข้อ ข้างต้น เขียนรหัสจำลองแสดงขั้นตอนวิธี (Pseudo Codes) ของการค้นหาแบบค้างคาว (BS) ดังแสดงในรูปที่ 4

**Initialized:**

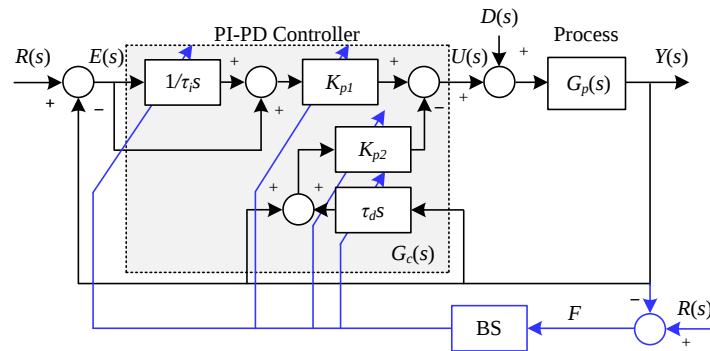
- Objective function  $f(x)$ ,  $x = (x_1, \dots, x_d)^T$
- Initialize the bat population  $x_i = (i = 1, 2, \dots, n)$  and  $v_i$
- Define pulse frequency  $f_i$  at  $x_i$
- Initialize pulse rate  $r_i$  and the loudness  $A_i$
- while** ( $t < \text{Max\_Gen}$ ) or (Termination Criteria: TC)
  - Generate new solutions by adjusting frequency
  - Update velocities and locations/solutions by using (14) - (16)
    - if** ( $\text{rand} > r_i$ )
      - Select as solution among the best solutions
      - Generate a local solution around the selected best solution
    - else if**
      - Generate a new solution by flying randomly
    - if** ( $\text{rand} < A_i \ \& \ f(x_i) < f(x_*)$ )
      - Accept the new solutions
      - Increase  $r_i$  and reduce  $A_i$
  - end if**
  - Rank the bats and find the current best  $x_*$
- End while**
- Report the best solution found

รูปที่ 4 รหัสจำลองแสดงขั้นตอนวิธีของ BS Yang X. S. (2010, 2)

## 5. การออกแบบระบบควบคุมพีไอ-พีดีด้วยการค้นหาแบบค้างคาว

การออกแบบตัวควบคุม PI-PD ด้วย BS แสดงได้ดังรูปที่ 5 ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function:  $F$ ) กำหนดได้จากผลรวมของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Sum-Squared Error: SSE) ระหว่างสัญญาณอินพุตอ้างอิง  $R(s)$  และสัญญาณเอาต์พุต  $Y(s)$  แสดงได้ดังสมการที่ (20) ค่าพารามิเตอร์  $K_{p1}$ ,  $K_{p2}$ ,  $K_i$  และ  $K_d$  ที่เหมาะสม สามารถหาจากการป้อนค่า  $F$  ให้กับ BS เพื่อให้มีค่าน้อยที่สุดและสอดคล้องกับเงื่อนไขสมการดังแสดงในสมการที่ (20) เมื่อ  $M_p$  คือ ค่าพุ่งเกินสูงสุด (Maximum Overshoot) และ  $e_{ss}$  คือ ค่าผิดพลาดที่สถานะอยู่ตัว (Steady-State Error)

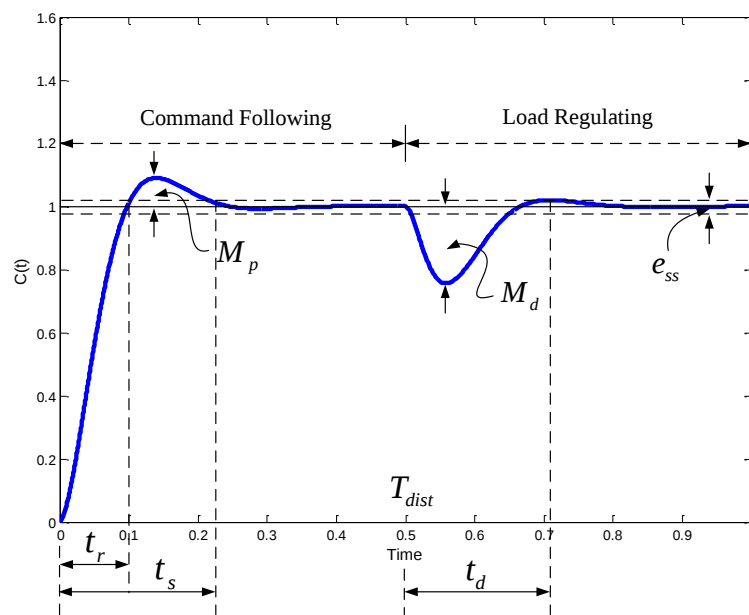
$$\begin{aligned}
 &\text{Minimize} \quad F(K_p(K_{p1}), K_{p2}, K_i, K_d) = \sum_{i=1}^N [r(i) - y(i)]^2 \\
 &\text{subject to} \quad \left. \begin{aligned}
 t_r &\leq 400 \text{ sec}, \\
 M_p &\leq 20\%, \\
 e_{ss} &\leq 0.1\%, \\
 0 &\leq K_p(K_{p1}) \leq 5.0, \\
 0 &\leq K_{p2} \leq 5.0, \\
 0 &\leq K_i \leq 0.5, \\
 30 &\leq K_d \leq 50
 \end{aligned} \right\} \quad (20)
 \end{aligned}$$



รูปที่ 5 การออกแบบระบบควบคุม PI-PD ด้วย BS

## 6. ผลการทดสอบและการอภิปรายผล

ผลตอบสนองของระบบในโดเมนเวลาสามารถแบ่งออกเป็นผลตอบสนองเชิงแปรตามอินพุต (Command Following) หรือ การเฝ้าติดตามอินพุต (Input Tracking) และผลตอบสนองเชิงคุมค่าโหลด (Load Regulating) หรือ การรบกวน (Disturbance) ดังแสดงในรูปที่ 6 เมื่อ  $t_r$  คือ ช่วงเวลาขึ้น (Rise Time)  $M_p$  คือ ค่าพุ่งเกินสูงสุด  $t_s$  คือ ช่วงเวลาเข้าที่ (Settling Time)  $M_d$  คือ ขนาดสูงสุดของผลตอบสนองที่เกิดจากการรบกวนหรือการเปลี่ยนแปลงโหลด (Maximum of Disturbance Response or Load Regulation) และ  $t_d$  คือ ช่วงเวลาการกำจัดกรบกวน (Disturbance Rejection) โดยที่  $e_{ss}$  คือ ค่าผิดพลาดที่สถานะอยู่ตัว

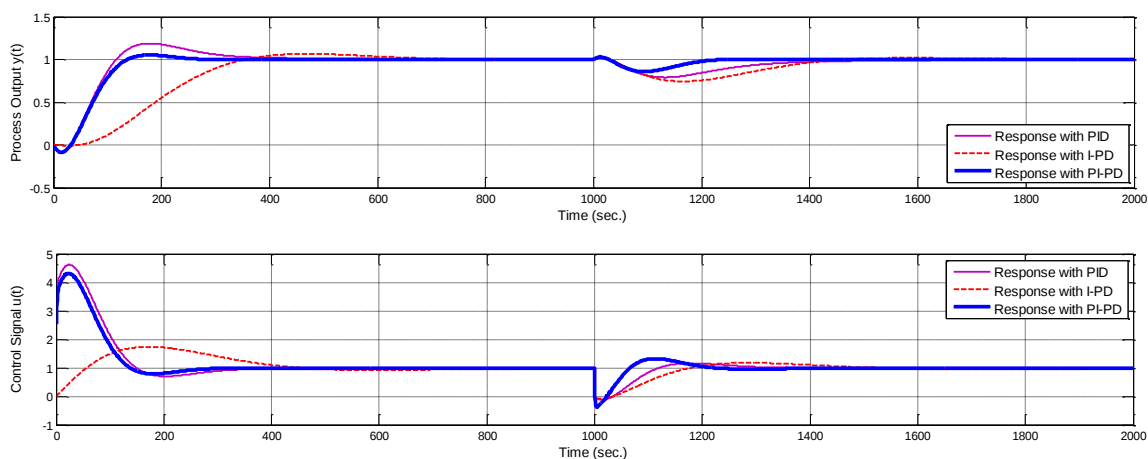


รูปที่ 6 ผลตอบสนองของระบบในโดเมนเวลา

ขั้นตอนวิธีของ BS ได้รับการพัฒนาเป็นโปรแกรมการค้นหา MATLAB/SIMULINK บนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีหน่วยประมวลผลกลางขนาด 2 แกน ที่มีสัญญาณนาฬิกา 2 กิกะเฮิรตซ์ และมีหน่วยความจำหลักชนิด DDR3 ความจุ 3 กิกะไบต์ คาบเวลาสุ่ม (Sampling Time) 1 มิลลิวินาที เพื่อออกแบบตัวควบคุม PI-PD อย่างเหมาะสม สำหรับการควบคุมอุณหภูมิของ กาดัมน้ำไฟฟ้า การหาค่าพารามิเตอร์ของ BS ในเบื้องต้นทำได้ดังนี้ จำนวนของค่าความ  $n = 20$  ความถี่  $f_{\min} = 0.0$  และ  $f_{\max} = 2.0$  ความดังของเสียง  $A_0 = 0.5$  อัตราการปล่อยพัลส์  $r_0 = 0.5$  และ  $\alpha = \gamma = 0.9$  จำนวนรอบสูงสุด ( $Max\_Gen$ ) = 1000 ให้เป็นเกณฑ์ยุติการค้นหา (Termination Criteria หรือ TC) การออกแบบจะดำเนินการค้นหาทั้งหมด 40 ตัวอย่าง กับการสุ่มผลเฉลยเริ่มต้นแบบต่าง ๆ เพื่อที่ได้รับผลเฉลยที่ดีที่สุด ดังนั้น ผลการออกแบบตัวควบคุม PI-PD จะได้รับการเปรียบเทียบกับตัวควบคุม PID และ I-PD ที่ออกแบบด้วย BS ภายใต้เงื่อนไขของการกำหนดขอบเขต ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์  $F$  จากสมการที่ (20) เมื่อยุติการค้นหาจะได้ค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุม PI-PD อย่างเหมาะสมสำหรับการควบคุมอุณหภูมิของกาดัมน้ำไฟฟ้างแสดงในตารางที่ 1 ผลตอบสนองของระบบควบคุมดังแสดงในรูปที่ 7 และสมรรถนะของระบบควบคุมดังแสดงในตารางที่ 2 โดยที่ ช่วงเวลาขึ้น  $t_r$  คิดที่ 0 ถึง 100% ของค่าสุดท้าย ช่วงเวลาเข้าที่  $t_s$  คิดที่  $\pm 2\%$  ของค่าสุดท้าย และช่วงเวลากำจัดการรบกวน  $t_d$  คิดที่  $\pm 2\%$  ของค่าสุดท้าย ในทางปฏิบัติ เวลาไร้ผลสนอง  $e^{-sL}$  ใช้การประมาณแบบพาเด อย่างไรก็ตาม การประมาณแบบพาเดทำให้ฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบปรากฏซีโร (Zero) ทางด้านขวาของระนาบเอส ผลตอบสนองแบบขึ้นบันไดของระบบที่ได้รับการประมาณแบบพาเดมีการพุ่งลงต่ำไปด้านลบ (Negative Undershoot) ที่บริเวณใกล้ ๆ เวลา  $t = 0$  ดังปรากฏในรูปที่ 7

ตารางที่ 1 ค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุม PID I-PD และ PI-PD ที่ถูกออกแบบด้วย BS

| Control Structures | Parameters |          |        |        |         |
|--------------------|------------|----------|--------|--------|---------|
|                    | $K_{p1}$   | $K_{p2}$ | $K_p$  | $K_i$  | $K_d$   |
| PID                | —          | —        | 3.8040 | 0.0225 | 0.1262  |
| I-PD               | —          | —        | 2.2537 | 0.0179 | 2.7952  |
| PI-PD              | 2.5359     | 4.0112   | —      | 0.0676 | 49.6566 |



รูปที่ 7 ผลตอบสนองของระบบควบคุม PID I-PD และ PI-PD ที่ถูกออกแบบด้วย BS

ตารางที่ 2 สมรรถนะของตัวควบคุม PID I-PD และ PI-PD ที่ถูกออกแบบด้วย BS

| Control Structures | System Responses |           |              |              |           |              |              |
|--------------------|------------------|-----------|--------------|--------------|-----------|--------------|--------------|
|                    | $t_r$ (sec.)     | $M_p$ (%) | $t_s$ (sec.) | $e_{ss}$ (%) | $M_d$ (%) | $t_d$ (sec.) | $e_{ss}$ (%) |
| PID                | 116.26           | 18.77     | 400.02       | 0.00         | 20.98     | 445.50       | 0.00         |
| I-PD               | 355.04           | 6.62      | 656.05       | 0.00         | 25.65     | 427.36       | 0.00         |
| PI-PD              | 137.15           | 5.24      | 237.05       | 0.00         | 14.21     | 202.50       | 0.00         |

จากตารางที่ 1 ตารางที่ 2 และรูปที่ 7 พบว่า ตัวควบคุม PID ให้ผลตอบสนองชั่วครู่ดีกว่าตัวควบคุม I-PD และ PI-PD อย่างไรก็ตาม ตัวควบคุม PI-PD ให้ผลตอบสนองเชิงแปรตามอินพุต มีค่าพุงเกินสูงสุด  $M_p = 5.24\%$  และช่วงเวลาเข้าที่  $t_s = 237.05$  วินาที น้อยที่สุด เมื่อพิจารณาการขยายตัวของสัญญาณควบคุมพบว่า ตัวควบคุม PI-PD ลดการขยายตัวของสัญญาณควบคุมได้น้อยกว่าตัวควบคุม PID นอกจากนี้ เมื่อการรบกวนเข้ามาในระบบ  $d(t) = 1$  เวลา 1000 วินาที ตัวควบคุม PI-PD ให้ผลตอบสนองเชิงการรบกวน มีขนาดสูงสุดของผลตอบสนองที่เกิดจากการรบกวน  $M_d = 14.21\%$  และช่วงเวลาจำกัดการรบกวน  $t_d = 202.50$  วินาที น้อยที่สุด โดยไม่มีค่าผิดพลาดที่สถานะอยู่ตัว  $e_{ss}$

## 7. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้นำเสนอการเปรียบเทียบการออกแบบตัวควบคุม PI-PD ด้วย BS เพื่อลดการขยายตัวของสัญญาณควบคุมสำหรับการควบคุมอุณหภูมิของกาดำน้ำไฟฟ้า จากผลการทดสอบการออกแบบตัวควบคุม PID I-PD และ PI-PD ด้วย BS

พบว่า BS สามารถออกแบบตัวควบคุม PID I-PD และ PI-PD ได้อย่างเหมาะสม ตัวควบคุม PI-PD จะให้ค่าพุ่งเกินสูงสุดและช่วงเวลาเข้าที่น้อยที่สุด และลดการขยายตัวของสัญญาณควบคุมน้อยกว่าตัวควบคุม PID

## 8. เอกสารอ้างอิง

- Madugu J. S. (2018). Modeling and Simulation of Proportional-Integral-Derivative (PID) Temperature Controller for an Electric Kettle. *International Journal of Engineering, Science and Mathematic* 7(9), 15–20.
- Minorsky, N. (1922). Directional stability of automatically steered bodies. *American Society of Naval Engineering*, 34, 284.
- Pessen, D. W. (1996). A New Look at PID Controller Tuning. *Trans. of the ASME, Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control*, Sept., (116), 553–557.
- Sato T. and Inoue A. (2004). A Design Method of Multirate I-PD Controller based on Multirate Generalized Predictive Control Law. *In Proc. SICE Annual Conference*, 17–22.
- Stphanopoulos, G. (2006). *Chemical Process Control: An Introduction to Theory and Practice*. Prentice-Hall of India, New Delhi.
- Talbi, E. G. (2009). *Metaheuristics form Design to Implementation*. John Wiley & Sons.
- Tsai, P. W., Pan, J. S., Liao, B. Y., Tsai, M. J., & Istanda, V. (2011). Bat algorithm inspired algorithm for solving numerical optimization problems. *Applied Mechanics and Materials*, (148–149), 134–137.
- Yang, X. S. (2010, 1). *Engineering Optimization, An Introduction with Metaheuristic Applications*. John Wiley & Sons.
- Yang, X. S. (2010, 2). A new metaheuristic bat-inspired an algorithm. *In: Nature Inspired Cooperative Strategies for Optimization (NICSO2010) (Eds. J. R. Gonzalez et al.) Studies in Computational Intelligence*, Springer Berlin, 284, Springer, 65–74.
- Yang, X. S. (2011). Bat algorithm for multi-objective optimization. *Int. J. Bio-Inspired Computation*. 3(5), 267–274.
- Ziegler J. G. and Nichols N. B. (1942). Optimum Settings for Automatic Controllers. *In Trans. of the ASME*, (64), 759–768.

# A study of online social stigma that affects the mental health of college students

Nitirat Maleewat<sup>1</sup>, Phattharasuda Jamjuree<sup>2</sup>, Parinya Siemuang<sup>3</sup>, Somsak Butsakorn<sup>4</sup>, Sunatcha Chaowai<sup>5</sup>, Napath Deemark<sup>6</sup>

The Faculty of Business Administration, Rajamangala University of Technology Krungthep: 2 Nang Linchee Road, Thung Maha Mek, Sathon, Bangkok, Thailand 10120

## Article Info

### Article history:

Received May 19, 2024  
Revised June 25, 2024  
Accepted June 26, 2024

### Keywords:

Social media bullying,  
Effect of social media,  
Social bullying for students

## ABSTRACT

The purpose of this study is to study the role of being a publisher and forwarder of news through the use of technological tools as a medium for sharing information and exchanging opinions among students and to study the stigmatization of how online society affects students' mental health. In addition, to study ways to create measures to prevent behavior from being socially stigmatized online. The data was collected from the population, including students at Rajamangala University of Technology Krungthep. Faculty of Business Administration and the sample group included students at Rajamangala University of Technology Krungthep. Faculty of Business Administration, 700 people from 3,500 people. The basic statistics used are percentage (Percentage), mean (Mean), and standard deviation (Standard Deviation). Results from the study of online social stigma affect Sukjit, a student at the Rajamangala University of Technology Krungthep the conclusion of the research results is Students at the Rajamangala University of Technology Krungthep Faculty of Business Administration, 700 people from 3,500 people, from questionnaire responses and data analysis the overall average is at a high level.

## Corresponding Author

Parinya Siemuang

The Faculty of Business Administration, Rajamangala University of Technology Krungthep: 2 Nang Linchee Road, Thung Maha Mek, Sathon, Bangkok, Thailand 10120

Email: parinya.si@mail.rmutk.ac.th

## 1. INTRODUCTION

The role of online media in influencing people's lifestyles in the 4.0 era has caused the process of receiving information in a social dimension with a different behavior pattern than before (Purwanto et al, 2023). Today's news awareness is not limited to broadcast media, television radio, or just newspapers but news can be spread quickly through new media such as social media or the internet. It was also found that the general public plays a greater role as publishers and forwarders of news through the use of technological tools as a medium for sharing information, expressing emotion, and joining in exchanging opinions on political, economic, and social issues. Allowing users to express themselves through messages, including the use of symbols in various forms. To give meaning to things or people through photography, animation, or events that are published on various types of online media, such as Facebook, and determine the group culture leading to the expansion of the network to achieve both positive and negative acceptance. It is considered an area that promotes the exchange of diverse ideas to help develop society. However, in another aspect, it was found that this area has become a space used to bully others online. It used to be a part of bullying others on the internet. 20 percent of them knowingly forwarded

information, and 19 percent took other people's photos and edited them to make fun of them. While 26 percent viewed such behavior as just having fun, this form of behavior is considered a violation of the rights of others in online society. Whether it is threatening or intimidating others by expressing negative opinions through posting messages, images, or displaying symbols by groups of people in online communities acts as such behavior towards individuals who are being judged as violating social norms. Alternatively, creating a group to attack people they do not like, such as friends, actors, politicians, etc. This method is called "Online shaming," a form of social control that uses the internet and has left some victims suffering from judgmental and discriminatory insults from members of their online community. From knowing only certain aspects of information or from certain media outlets that have presentation formats that persuade online media users to follow, some people are stigmatized by society just by reading opinions that are passed around through official channels. Post a message And the barrage of attack messages that are satirical and violent, these behaviors increase feelings of anger and hate towards the people in the news. Until it became a witch-hunting movement (Vigilantism) by a group of online users (Internet Mob) whose goal is to remove people who violate the norm from society by causing that person to be ashamed of their existence because of such behavior that violates the rights of the individual. Said to create a social cycle in a new dimension, which, for the reasons mentioned above, is the cause of problems for many people, especially teenagers. or student age and is the source of this research.

## 2. OBJECTIVE OF RESEARCH

1. To study the role of being a publisher and forwarder of news through the use of technological tools as a medium for sharing information and exchanging opinions with students.
2. To study how online social stigma affects students' mental health.
3. To study guidelines for measures to prevent behavior from being socially stigmatized online.

## 3. LITERATURE REVIEW

Research on the study of how online social stigma affects the mental health of students at Rajamangala University of Technology Krungthep. To provide guidelines and benefits for this research study, the researcher has studied related documents and research to support the research. as follows: theories and concepts about social stigma, theories and concepts about mental health, related research

### The theory used in research Stigma vs. Forgiveness

The process of online shaming that results from the growing number of online groups uniting against individuals whose behavior deviates from social norms affects the perception of victims. Both psychologically cause people to be afraid or frightened of people in society and affect their lives and careers, including the feelings of people in their families. It is something that must be reviewed to help reduce the behavior of people in online society so that they are more aware of what the person they are accusing is about to receive. The concepts of stigma and forgiveness are taken to study and compare to see the differences and ways to adapt them to reduce the behavior of using violent messages to attack individuals in online society (Meisenbach, 2010). According to the concept of Braithwaite, (2000) has given the meaning of the word shaming is the process by which society shows its disapproval of the behavior of a person who has committed a crime and causes that person to feel shame.

When a person is ashamed Society will react in 2 ways: Stigmatic Shaming is an expression towards the perpetrator by labeling it because it is believed that the perpetrator with deviant behavior cannot correct the behavior. The concept of stigma and shame can be applied to the behavior in response to the person who has violated the behavior. Norms in online society are shown in Table 1.

**Table 1:** Compare the concept of stigma (stigmatic shaming) with the concept of forgiveness.

| Topic                   | Stigmatic Shaming             | Reintegrated Shaming          |
|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Format                  | Do it in public               | Do it in private              |
| Accusation              | offender                      | wrongdoing behavior           |
| Effects on the offender | hate punishment               | Willing to listen and improve |
| Method                  | Use of violence and insults   | Act politely and sincerely    |
| Remorse                 | Don not know right and wrong. | feel guilty for one's actions |

**Table 1:** Compare the concept of stigma (stigmatic shaming) with the concept of forgiveness. (Cont.)

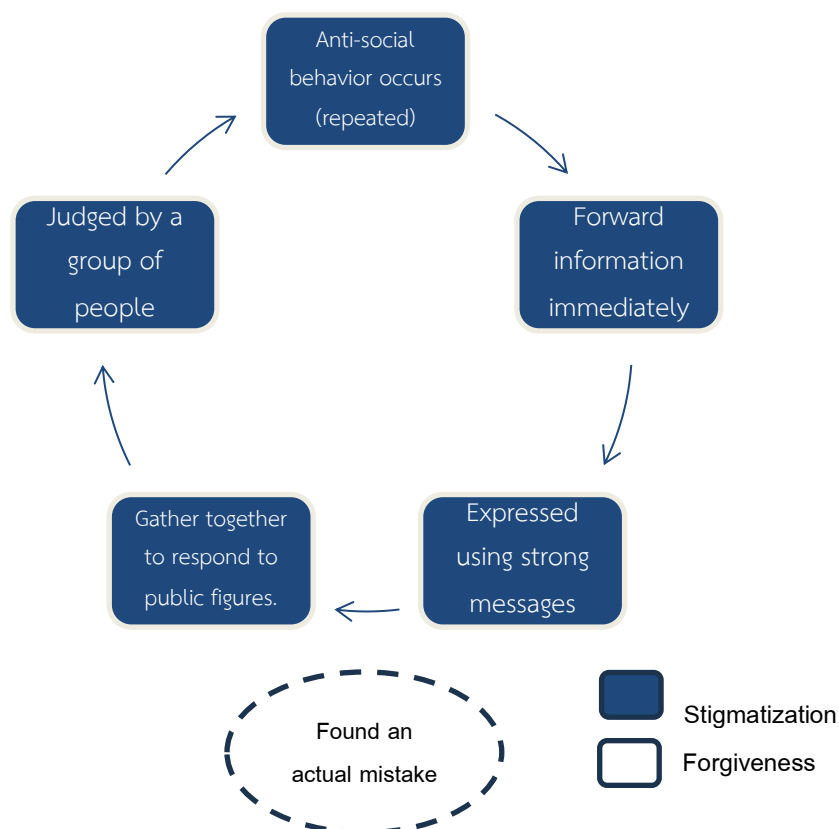
| Topic                                                            | Stigmatic Shaming            | Reintegrated Shaming                          |
|------------------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------|
| Communication between people in online communities and offenders | Lack of clear communication  | Access the emotions of the offender           |
| Effects on the offender                                          | emphasizing the punishment   | There is a chance to turn into a good person. |
| The rewards that offenders receive                               | Do not see value in yourself | reward                                        |
| What the perpetrators learned                                    | accumulate hate              | Learned and improved                          |
| Relations with society                                           | Rejected by society          | Society forgives                              |
| Concept                                                          | Revenge                      | Restorative justice                           |

Source: Adapted from The essence of Braithwaite's Shaming Theory (Kao, Huang & Wang, 2009, 468)

Table 1 shows a comparison between stigmatic shaming, which is a form of behavior that currently exists in online society based on the concept of revenge punishment, and behavior based on the concept of Reintegrative Shaming, which uses the principles of restorative justice to explain, found that Current forms of shaming are done publicly through social media, while more traditional forms of shaming are done publicly through social media. Reintegrative Shaming is a form that is done personally. There is a face-to-face discussion or warning that is not disclosed to the public. For example, people in online communities message the offender's private chat line to warn them of actions that violate social norms instead of posting messages for the general public to know. Notifying the police when finding wrongdoing instead of posting via online media will cause rights violations and harm to the person in question. In addition, the emphasis between the two concepts is different. The concept of stigma is blaming the person who committed the crime. This will cause the offender to feel resistance and hate towards being punished.

The concept of Reintegrative Shaming emphasizes the importance of the wrongdoing behavior rather than the individual, seeing that the individual is capable of improvement. Methods based on the concept of stigma (Stigmatization Shaming) are consistent with the behavior currently appearing on social media. It was found to release anger through the use of violent messages to the point of insulting and threatening. Lack of communication that understands both sides.

From the above concepts of stigma and forgiveness, it is evident that social control mechanisms create different effects of online shaming. Here we will present a diagram. "Online social control mechanisms comparison between stigma and forgiveness" to show the process and results that will occur from using both methods according to the diagram as follows.



**Figure 1:** Online social control mechanisms comparison between stigma and forgiveness

According to the Figure 1 shows, social control mechanisms compare the use of stigmatization and forgiveness for individuals who are shamed online. It starts when someone engages in illegal or anti-social behavior. The forms of expression of people in online communities that use stigmatizing methods will immediately transmit such information. While in the forgiveness method, the information will first be screened to see if it is reliable or not. And when information is forwarded to various online social groups Increasingly, this has caused an online social trend where there has been criticism of the story that has occurred and has been expressed using strong messages to blame the perpetrator until there is a widespread grouping together to respond to that person (Pubic). While the Forgiveness group tries to gather the facts. If it is found that an offense has been committed, it will not be publicly expressed, but it will be left to the officials in the judicial process to take further action, or if it is a warning, it will be expressed in private (Privacy) for protection. Violation of the rights and freedoms of that person makes the effects on individuals who are shamed online by the two methods different. Groups that were treated using stigmatizing methods do not have the opportunity to re-enter society because they are embarrassed by retaliation with violence from groups of people and have already been judged by society for their25rongdoingg. Meanwhile, the group that was treated using forgiveness will feel remorse and have the opportunity to rejoin society again.

In addition, criminalizing a person who has the habit of sharing false messages via social media, even if that message has been deleted by law, is still considered an offense because the offense has been completed according to Section 14 of the Act on Related Offenses. Against Computers (Issue 2) B.E. 2017, which mentions that the dissemination of false information or distorted information causing damage to individuals is considered an offense. As for editing or modifying another person's image which causes that person's reputation to be insulted, it is considered an offense according to Section 16 (Ratchkitcha, 2018), which from the above law is an important mechanism and measure to help prevent transmission. Another way to get information or bully other people in online society.

#### Population group and sample selection

The population includes students at Rajamangala University of Technology Krungthep. Faculty of Business Administration The sample group included students at the Rajamangala University of Technology Krungthep. Faculty of Business Administration, 700 people out of 3,500 people, using the calculation method of WG. Cochran, (1963) determined that the proportion was 20% with a confidence level of 95 and an error level of 3%.

Data collection tool, questionnaire (Questionnaire). Which is divided into Personal information including gender, age, occupation, income, and status} Online social stigma information, such as forwarding information online expression and suggestions

### **Theories and concepts about social stigma**

#### **Meaning of social stigma**

There are different definitions of social stigma (social stigma) as follows: social stigma is the refusal to accept or discriminate against individuals or groups based on perceived characteristics that serve to distinguish them from other members of society. Social stigma is often related to culture, gender, race, socioeconomic class, age, sexual orientation, sexuality, body image, and physical disability. Intelligence, or lack thereof, and health (Goffman, E. 1963) (Department of Disease Control, 2020) Social stigma refers to the social process that reduces the value of individuals exhibiting negative behaviors. Having a stereotypic attitude or discriminatory treatment of that person (Yanos et al, 2020) Social stigma or public stigma. It occurs when society or the public has negative thoughts or beliefs about a person or group of people. For example, social stigma around mental health may be an association between mental illness and danger. Alternatively, the belief is that people with mental illness lose control and harm others. From the variety and nature of social stigma, it can be concluded that Social stigma refers to the discriminatory treatment of a person or group of people by reducing their worth. In addition, choosing to treat a person or group of people

#### **Theories and concepts about mental health (Definition of mental health)**

There are different definitions of mental health (Mental Health) as follows: Mental health is the level of mental well-being. Mental health, or freedom from mental illness, is "the mental state of a person who is functioning at a satisfactory level of emotional and behavioral adaptability." From the perspective of positive psychology or holism, mental health may include the ability of a person to be happy with life and create a balance between life activities and efforts to achieve psychological flexibility. The World Health Organization states that mental health includes "subjective well-being. Perceived self-efficacy, autonomy, competence, intergenerational interdependence and awareness of intellectual and emotional self-efficacy, etc." WHO also states that an individual's well-being is embodied in the realization of his or her abilities. Dealing with the normal stresses of life working and engaging creatively with their community's cultural differences Subjective assessment and conflicting professional theories affect how "mental health" is defined (World Health Organization, 2014). (Research report on the review of knowledge about mental health, 2002) Mental health means a happy state of mind. Able to adapt to solve problems be creative, work, have knowledge, and feel good for yourself and others. Have mental stability Have emotional maturity, and live in a society and environment that can change (Thongchai Thawichachat, 1990). The meaning of mental health is the ability of a person to adapt to be happy and live well with society and the environment. Have good relationships with other people and live a comfortably balanced life. Including satisfying one's own abilities in this changing world without conflicts within the mind. The term mental health does not only mean the absence of symptoms of neurosis and psychosis.

From the variety and nature of mental health, it can be concluded that mental health refers to the state of our mind that is influenced by things around us. From food, and housing, to relationships between people, family, friends, lovers, and work friends.

## **4. RESEARCH METHOD**

Research on the study of how online social stigma affects the mental health of students at Rajamangala University of Technology Krungthep This is quantitative research (Quantity Research) with the population being students at Rajamangala University of Technology Krungthep. Faculty of Business Administration The sample group included students at Rajamangala University of Technology Krungthep. Faculty of Business Administration, 700 people from 3,500 people. The researcher used a sample from students at Rajamangala University of Technology Krungthep. Faculty of Business Administration using the sample selection method using calculation methods of WG. Cochran, (1963) determined that the proportion was 20% with a confidence level of 95 and an error level of 3%.

#### **Data collection**

The researcher took the created tool and had it checked for quality and then proceeded to collect data with the sample group by creating a questionnaire using Google Form to collect the data. By using students to answer a questionnaire on the study of online social stigma affecting the mental health of students at Rajamangala University of Technology Krungthep. Then proceed with data collection. The obtained data was analyzed to find research answers using basic statistical methods such as percentage (Percentage), mean (Mean), and standard

deviation (Standard Deviation) in the data analysis part. The researcher analyzed the data using a computer program. To check the completeness of the data obtained from the questionnaire survey on the study of online social stigma affecting the mental health of students at Rajamangala University of Technology Krungthep. Then save the information in the computer program. Then analyze for basic statistics such as percentage (Percentage), mean (Mean), and standard deviation (Standard Deviation).

## 5. RESULTS AND DISCUSSION

The researcher presented the results of the data analysis in order: Part 1, percentage, mean, and standard deviation of the questionnaire on the study of online social stigma affecting mental health. Students at Rajamangala University of Technology Krungthep and the results of the researcher's data analysis are presented in the following order:

Part 1: Percentage of the sample group classified by demographic characteristics of the questionnaire study of online social stigma affecting the mental health of students at Rajamangala University of Technology Krungthep. The results are shown in Table 2.

**Table 2.** Percentage of the sample classified by demographic characteristics.

| Variable                                                                           | Number (people) | Percentage |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------|
| <b>1. Gender</b>                                                                   |                 |            |
| Male                                                                               | 349             | 49.9%      |
| Female                                                                             | 272             | 38.9%      |
| LGBTQ                                                                              | 79              | 11.3%      |
| <b>2. Age</b>                                                                      |                 |            |
| 15-20 years                                                                        | 57              | 8.1%       |
| 21-30 years                                                                        | 643             | 91.9%      |
| 31-40 years                                                                        | -               | -          |
| 41-50 years                                                                        | -               | -          |
| 51-60 years                                                                        | -               | -          |
| More than 60 years                                                                 | -               | -          |
| <b>3. Education Level</b>                                                          |                 |            |
| Bachelor's degree                                                                  | 700             | 100%       |
| Master's degree                                                                    | -               | -          |
| Doctoral degree                                                                    | -               | -          |
| <b>4. Faculty</b>                                                                  |                 |            |
| Faculty of Business Administration                                                 | 700             | 100%       |
| <b>5. Branches</b>                                                                 |                 |            |
| Department of Finance and Financial Innovation                                     | 26              | 3.7%       |
| Department of Modern Business Management major (General Management Subject Group)  | 291             | 41.6%      |
| Department of Modern Business Management (Human Resource Management Subject Group) | 72              | 10.3%      |
| Department of Marketing (Marketing Management Subject Group)                       | 75              | 10.7%      |
| Department of Marketing (International Marketing and Logistics Group)              | 61              | 8.7%       |
| Department of Aviation business                                                    | 6               | 0.9%       |
| Department of Property valuation                                                   | 50              | 7.1%       |
| Department of International Business Communication                                 | 28              | 4%         |
| Department of Information System Innovation                                        | 35              | 5%         |
| Department of Digital Start-up                                                     | 15              | 2.1%       |
| Department of Information Technology and Digital Business                          | 14              | 2%         |
| Department of Accounting                                                           | 11              | 1.6%       |
| Department of Business Administration                                              | 13              | 1.9%       |
| Department of Marketing Management Finance                                         | 3               | 0.4%       |
| <b>6. Career</b>                                                                   |                 |            |
| University students                                                                | 700             | 100%       |
| Lecturers                                                                          | -               | -          |
| Others                                                                             | -               | -          |

| Variable            | Number<br>(people) | Percentage |
|---------------------|--------------------|------------|
| <b>7. Income</b>    |                    |            |
| 0 – 15,000 THB      | 558                | 79.7%      |
| 15,001 – 30,000 THB | 133                | 19%        |
| More tha 30,001 THB | 9                  | 1.3%       |

The results from Table 2 found that 1) Gender, the highest number is male, accounting for 49.9 percent, and the lowest number is female, accounting for 38.9 percent, 2) Age, the highest number is 21-30 years, accounting for 91.9 percent, and The lowest number is 15-20 years old, accounting for 8.1 percent, 3) Educational level The highest number is Bachelor's degree, accounting for 100 percent, 4) The highest number is Faculty of Business Administration. Accounting for 100 percent, 5) The highest number of fields is the field of modern business management. (General Management subject group) accounted for 41.6 percent and the lowest number was Marketing, Management, and Finance, accounted for 0.4 percent, 6) Occupation, the highest number was student, accounted for 100 percent, and 7) Income, the highest amount was 0 – 15,000 baht, accounting for 79.7 percent, and the lowest amount is more than 30,001 baht, accounting for 1.3 percent.

Part 2 Results of the analysis of basic statistics of the sample group classified according to demographic characteristics of the questionnaire study of online social stigma affecting the mental health of students at Rajamangala University of Technology Krungthep. The results are shown in Table 3.

**Table 3:** Means and standard deviations of the sample classified by demographic characteristics.

| Component                                                                                                    | Number<br>(people) | Min | Max | $\bar{X}$ | SD   | Level |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----|-----|-----------|------|-------|
| 1. To what extent do you play a role as a publisher and forwarder of messages through the use of technology? | 700                | 242 | 9   | 3.9       | 0.99 | A lot |
| 2. How much role do you play in expressing yourself online?                                                  | 700                | 263 | 6   | 3.8       | 0.87 | A lot |
| 3. To what extent do you think online social stigma affects mental health?                                   | 700                | 244 | 3   | 3.8       | 0.92 | A lot |
| 4. How much do you use online technology tools to exchange ideas?                                            | 700                | 278 | 6   | 3.8       | 0.87 | A lot |
| 5. To what extent do you think there is a difference between social stigma online and offline?               | 700                | 243 | 4   | 3.8       | 0.91 | A lot |
| 6. How much are you able to discern online social stigma?                                                    | 700                | 256 | 5   | 3.7       | 0.90 | A lot |
| 7. To what extent have you experienced social stigma online?                                                 | 700                | 230 | 23  | 3.7       | 1.04 | A lot |
| 8. To what extent do you think that various types of online media, whether Facebook?                         | 700                | 279 | 27  | 3.9       | 1.06 | A lot |
| 9. How much do you use various types of online media, whether Facebook X or Instagram, in your daily life?   | 700                | 301 | 0   | 4.2       | 0.88 | A lot |
| 10. To what extent do you have guidelines for preventing socially stigmatizing behavior online?              | 700                | 252 | 6   | 3.9       | 0.95 | A lot |
| Total                                                                                                        |                    |     |     | 3.8       | 0.9  |       |

The results from Table 3 found that the students' questionnaires Overall it is at a high level ( $\bar{x} = 3.8$ ) when considering each item. If 10 items were at a high level, the item with the highest average value was How much do you use various types of online media, whether Facebook, X, or Instagram, in your daily life ( $\bar{x} = 4.2$ ) and the item The lowest mean value is how much do you have the ability to distinguish online social stigma? To what extent have you experienced online social stigma? ( $\bar{x} = 3.7$ )

## 6. CONCLUSION

The results of the analysis of variables affecting online social stigma affect the mental health of students at Rajamangala University of Technology Krungthep. Overall it is at a high level ( $\bar{x} = 3.8$ ) when considering each item. If 10 items were at a high level, the item with the highest average value was how much do you use various types of online media, whether Facebook, X, or Instagram, in your daily life ( $\bar{x} = 4.2$ ) and the item The lowest mean value is how much do you have the ability to distinguish online social stigma? To what extent have you experienced online social stigma ( $\bar{x} = 3.7$ ) and is consistent with Ekkasit and Seksan, (2023) studied and researched lifestyle behavior. Stigma and Social Exclusion and Life Satisfaction with the Disclosure of gender identity of gay male students in the Northern Region The results of the study found that In this study, the students had more knowledge and behavior to prevent sexual risks than other populations. However, it is possible that some of the subjects were not aware of the risks. Receive too little information about risk opportunities. Not being willing to admit that they are at risk due to fear of contracting HIV or fear of revealing secrets to family or health care providers Makes you evaluate yourself as being in good health and not at any risk, as studies have found. Most MSM still assess their risk as low and seek HIV testing less often than other populations due to fear of contracting HIV. Fear of revealing secrets to service providers and family members they do not believe that they are at risk because they are still in good health and have not been sick.

Although all subjects in the study were self-disclosed, it was found that 10.2 - 22.8% experienced stigma and social exclusion, and 13.8 - 23.4% perceived stigma and social exclusion. Therefore, there may be many more gay students who have not come out and this study was not accessible for this reason. This increases the prevalence of experiences and perceptions of stigma and social exclusion. The lack of life satisfaction with revealing one's gender identity found in this study may be an understatement. A qualitative study of the effects of stigma and discrimination on adolescents found that Family influences Religion and society that do not accept homosexuality are the reasons for not revealing oneself. which results in mental health problems such as stress, depression, and suicide

The study has limitations: The 10 participants in the study were selected from 33 patients who completed the stigma scale. However, many of those who scored at the extremes did not request participation in the study. Therefore, we had to interview people who agreed but received the most extreme (high or low) scores, some of whom may have scores that were not very extreme. In addition, the interviews looked at stigma as one-dimensional. This is different from some quantitative research in the past that looked at stigma from two aspects: the stigma given by society; and stigma from the patient's perspective This research has not yet clearly analyzed gender differences in the impact of stigma. Changes in disease symptoms due to treatment and feelings of stigma nor did they measure patients' knowledge of the nature of tuberculosis. Therefore, it cannot be said that those who have better knowledge Is it better to feel less of a stigma or not fight this feeling. This finding is an important part of answering the question. Providing proper education about Vanrod (e.g., only two weeks of drug treatment prevents the patient from spreading the virus again) Will it help solve the problem of stigma or not? Research was done on people who received treatment. However, it was not done in people who missed treatment. These patients are interesting or are likely to be found to be highly stigmatized.

Strategies for reducing social stigma in the COVID-19 situation in this article are derived from an analysis of strategies or methods for reducing stigma against those who are socially stigmatized in various infectious diseases<sup>12,19,22</sup> together with a study of guidelines. Practices in the COVID-19 situation of various agencies or countries<sup>79-11,23</sup> by applying the concept of Cook et al.<sup>24</sup> who have divided the guidelines for reducing stigma into 3 levels: the intrapersonal level, the inter-personal level individual and structural level But because social stigma is related to people in society. and is caused by the knowledge and Attitude of people in society environmental factors should therefore be considered at two levels: the interpersonal level and the structural level. The results of the analysis were 4 important strategies, with details as follows: interpersonal level It is a strategy that aims to create a correct attitude or understanding about COVID-19 disease and methods of disease prevention that can be practiced. This will help reduce the fear of people in society to accept living together and have compassion for those who are infected or those who are at risk, consisting of 2 strategies:

1. Adjust the attitude of people in society It is a strategy to create a positive attitude or reduce the negative attitude of people in society who feel suspicious, and disgusted, and discourage people who have been infected and resist entering the quarantine area for people who are at risk. Becoming a positive attitude, that is, having understanding and feeling compassion accept living together By overlooking certain contexts that cause negative attitudes, such as being a person with a serious illness. Being a person traveling from a high-risk country lets us look at those people as having illnesses that need to be taken care of. Help to save lives requires an understanding of human values and sacrifice from those who live together in the same community or society

2. Create good practices in a new way of life. It is a strategy to create discipline and common practice among people in society. To prevent being infected and spreading the infection to other people, it consists of 1) practicing to prevent being infected and spreading the infection, including wearing a mask, washing hands, and eating hot food. Use your spoon. 2) Social distancing, avoiding crowded places and not socializing. Not meeting up to do activities and 3) Isolating from other people or self-quarantining. (self-quarantine) for 14 days when you know you are at risk. Which has good practices in the new way of life it will build your immunity. That reduces fear and strengthens self-confidence in not being infected by others. Make sure you do not blame or label other people. An important method for adjusting attitudes and creating good practices in a new way of life is providing accurate knowledge or information to people in society. Structural level it is a strategy that focuses on creating cooperation. Setting policies or measures that involve all sectors and people in society. It is a source of encouragement. To drive society in the desired direction, it consists of two strategies: 1. Create a supportive social network. It is a way to mobilize cooperation among all sectors of society to participate in caring for and helping each other, consisting of 1) giving agencies or influential people with ideas in society, such as government agencies of the Ministry of Public Health famous person Communicate information about those who are socially stigmatized to those in society who will listen. and inviting everyone to help reduce social stigma. 2) Organizing appreciation campaign activities Honor those who have made contributions or sacrificed in the COVID-19 situation as heroes, such as medical personnel. community volunteers to encourage and relieve discouragement from caring for infected people and reduce social stigma from people in society assuming they are at risk from being near infected people, and 3) organizing groups to create activities that reflect unity. Working together to fight against COVID-19, for example, the "Punsuk Cabinet" activity or inviting people to join in social activities through messages such as "Stay at home; stop the virus, for the nation". Having a social network that supports will help people in society to be open-minded. Reduce bias that occurs and build strength for each other and 2. Create a society of responsibility it is public communication that is open, straightforward, and does not create fear. Do not create hatred against infected people. Provide reliable health information, consisting of 1) Promote creative communication. It is communication that creates an understanding of the situation. Respect the value and dignity of human beings. By avoiding using words that create a feeling of division. Alternatively, calling names linked to places or groups of people who have been infected, such as "Wuhan pneumonia," or "boxing stadium group," but changing the name to "COVID-19 disease" or "COVID-19 infected people." "Instead of reporting information Use easy-to-understand language and avoid difficult medical terms. Avoid using hyperbolic language that creates fear. Alternatively, create hatred towards those who are infected and 2) refrain from spreading false information or rumors. By thoroughly checking, the facts about the information or stories received. Screen the reliability of information before it is forwarded to the public. You may use the concept "Be sure before sharing" or "Check before sharing" to prevent rights infringement and stigmatization of others. Including consideration of offenses due to the dissemination of false or distorted information that causes damage to other people. An important method for creating a supportive social network and creating social responsibility is campaigning and publicizing activities. Moreover, explain more facts through the mass media or online media

The above strategy is consistent with the causes and factors that cause social stigma. It covers personal changes that manifest in the form of stigmatization. In addition, changes in social conditions that affect stigma. Therefore, such strategies can be used to reduce social stigma in each society. However, this strategy should be adapted to the context of each society, such as Egypt. Which found that more than one-third of the number of doctors' Services were refused by bus drivers. Refused food delivery from restaurants Including rejecting doctors who come to live in the same community as nurses in Indonesia. Who had to stay in the hospital because neighbors refused to stay in a house nearby<sup>10</sup> this is unlike Thailand. There are no reports of social stigma against doctors and nurses in this way. On the contrary, it was found that public health personnel were praised and encouraged through many media channels. It can be said that strategies to reduce social stigma in each country may not be different. However, the implementation of strategies depends on the social context. and the policies of each country are important

### Suggestions

1. Because this research is a self-assessment regarding the study of how online social stigma affects the mental health of students at Rajamangala University of Technology Krungthep. In completing one questionnaire, there are still many methods of self-assessment. Therefore, there should be more research to study the results of using other forms of self-assessment.

2. Self-evaluation from answering questionnaires in this research is an evaluation after all content has been completed. The results of the assessment can be used to develop and improve the learning of some or some students who are interested in the assessment. Therefore, if anyone is interested in the evaluation answer the

questionnaire. Therefore, you should study the evaluation from questionnaire responses. So that those interested can receive feedback and use it to improve and develop their self-assessment next time.

## REFERENCES

- [1] Braithwaite, J. (2000). Shame and criminal justice. *Canadian Journal of Criminology*, 42(3), 281-298.
  - [2] Goffman, E. (1963). Embarrassment and social organization.
  - [3] Ekkasit Chaiyapi. N and Seksan Thongtip, (2023). *Journal of Multidisciplinary Academic Research and Development*, Vol. 5 No. 3
  - [4] Meisenbach, R. J. (2010). Stigma management communication: A theory and agenda for applied research on how individuals manage moments of stigmatized identity. *Journal of Applied Communication Research*, 38(3), 268-292.
  - [5] Purwanto, A., Fahmi, K., & Cahyono, Y. (2023). The benefits of using social media in the learning process of students in the digital literacy era and the education 4.0 era. *Journal of Information Systems and Management (JISMA)*, 2(2), 1-7.
  - [6] Yanos, P. T., DeLuca, J. S., Roe, D., & Lysaker, P. H. (2020). The impact of illness identity on recovery from severe mental illness : A review of the evidence. *Psychiatry research*, 288, 112950.
-

## พัฒนาโมบายแอปพลิเคชันช่วยวางแผนการท่องเที่ยววิถีพุทธในพื้นที่เกาะเมือง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

### Develop Mobile Application for Planning Buddhist Tourism in the Ko Muang Area of Phra Nakhon Si Ayutthaya Province

กัมปนาท คูศิริรัตน์<sup>1</sup> และ นุชรรัตน์ นุชประยูร<sup>2</sup>

<sup>1</sup>คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา, E-Mail: ajdankampanat@gmail.com

<sup>2</sup>คณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล, E-Mail: nuchsharat.n@rmutsb.ac.th

วันที่รับบทความ 8 มิถุนายน 2567

วันแก้ไขบทความ 28 มิถุนายน 2567

วันที่ตอบรับบทความ 29 มิถุนายน 2567

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อออกแบบและพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยววิถีพุทธในพื้นที่เกาะเมือง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 2) เพื่อประเมินประสิทธิภาพโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยววิถีพุทธในพื้นที่เกาะเมือง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา และ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยววิถีพุทธในพื้นที่เกาะเมือง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ผู้สนใจท่องเที่ยวในสถานที่ท่องเที่ยววิถีพุทธที่ตั้งอยู่ในพื้นที่เกาะเมือง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ใช้การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง โมบายแอปพลิเคชันนี้ทำการพัฒนาขึ้นด้วย Android Studio และจัดเก็บข้อมูลด้วย MySQL เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบประเมินประสิทธิภาพโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยววิถีพุทธในพื้นที่เกาะเมือง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา และแบบประเมินความพึงพอใจ มีลักษณะมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย พบว่า โมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยววิถีพุทธในพื้นที่เกาะเมือง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ที่พัฒนาขึ้นสามารถช่วยลำดับการเดินทางไปยังสถานที่ท่องเที่ยวที่ผู้ใช้กำหนด แสดงเส้นทางการเดินทางด้วย Google Map สืบค้นข้อมูลร้านอาหาร สถานที่ท่องเที่ยวสำคัญ สถานที่ถูกเงินได้ ผลการประเมินหาประสิทธิภาพโมบายแอปพลิเคชันโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.52$ , S.D. = 0.42) และความพึงพอใจต่อโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยววิถีพุทธภาพรวมอยู่ในระดับมาก ( $\bar{X} = 4.49$ , S.D. = 0.59)

คำสำคัญ: โมบายแอปพลิเคชัน ,การยอมรับเทคโนโลยี ,การท่องเที่ยววิถีพุทธ

## ABSTRACT

This research was the following objectives: 1) To design and develop a mobile application for planning Buddhist tourism in the Ko Muang area of Phra Nakhon Si Ayutthaya Province, 2) To evaluate the efficiency of the mobile application for planning Buddhist tourism in Ko Muang area, and 3) To study user satisfaction toward the mobile application for planning Buddhist tourism in Ko Muang area. The sample group was those interested in visiting Buddhist tourist attractions located in the Ko Muang area, selected by purposive sampling. The mobile application was developed using Android Studio and data was stored using MySQL. The research instruments were an evaluation form for the mobile app's efficiency and a technology acceptance evaluation form using a 5-point rating scale. The statistics used were mean and standard deviation.

The results showed that the developed mobile application for planning Buddhist tourism in the Ko Muang area can help order the visited attractions defined by the user, display travel routes on Google Maps, and search for restaurant information, important attractions, and emergency locations. The efficiency evaluation by 5 experts showed an overall highest level ( $\bar{X} = 4.52$ , S.D. = 0.42). User satisfaction with the Buddhist tourism planning mobile app was also at a high overall level ( $\bar{X} = 4.49$ , S.D. = 0.59).

**KEYWORDS:** Mobile applications, Technology adoption, Buddhist tourism

## 1. บทนำ

ปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการขยายตัวด้านการท่องเที่ยวมีหลายปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยด้านแหล่งท่องเที่ยว ปัจจัยด้านเศรษฐกิจ ด้านเทคโนโลยี ด้านการเมือง ด้านความปลอดภัย ด้านประชากร เป็นต้น การท่องเที่ยวเป็นช่องทางในการสร้างความเติบโตในระบบเศรษฐกิจ สร้างการหมุนเวียนรายได้ในชุมชนและครัวเรือน ช่วยให้ภาครัฐนำรายได้จากการท่องเที่ยวมาพัฒนาประเทศและระบบสาธารณูปโภคขั้นพื้นฐานของคนในประเทศ (ธนภฤต สังข์เจย, 2550) สำหรับประเทศไทยเป็นประเทศที่มีแหล่งทรัพยากรทางการท่องเที่ยวหลากหลายรูปแบบ กิจกรรมการท่องเที่ยวถูกจัดขึ้นตามรูปแบบการท่องเที่ยว เช่น การท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม การท่องเที่ยวเชิงนิเวศ การท่องเที่ยวเชิงเกษตร การท่องเที่ยวเชิงสันทนาการ เป็นต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งรูปแบบการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในประเทศไทย เป็นการท่องเที่ยวที่ชื่นชอบของนักท่องเที่ยวชาวไทยและชาวต่างชาติ ด้วยต้นทุนทางวัฒนธรรมที่สั่งสมมาแต่โบราณจึงเป็นเอกลักษณ์เฉพาะที่มีความละเอียดและสวยงาม (ชนัญ วงษ์วิภาค, 2547) อีกทั้งยังเป็นร่องรอยการดำเนินชีวิตของคนในสังคมและชุมชน ชิมชั๊ววิถีชีวิตชีวิต ประเพณีที่งดงาม สักการะสิ่งศักดิ์ตามความเชื่อทางศาสนา ผ่อนคลายความตึงเครียดจากการทำงาน (นางเยาว์ ชาญณรงค์, 2559) นอกจากนี้ยังส่งผลให้ธุรกิจเกี่ยวเนื่องอื่น ๆ เช่น ธุรกิจขนส่ง ธุรกิจนันทนาการ ธุรกิจนำเที่ยว ธุรกิจที่พัก ธุรกิจขายของที่ระลึกเกิดขึ้นและมีความเจริญเติบโต สร้างรายได้จากอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวตามไปด้วย ถือเป็นแหล่งรายได้ที่สำคัญอีกหนึ่งช่องทางของประเทศไทย (สำนักงานปลัดกระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา, 2560)

กรุงศรีอยุธยาเป็นอดีตราชธานีของไทยที่มีระยะเวลานานถึง 417 ปี มีกษัตริย์ปกครองจำนวนทั้งสิ้น 33 พระองค์ ล่มสลายในปี พ.ศ.2310 สถานที่ตั้งมีแม่น้ำสำคัญ 3 สาย คือ แม่น้ำป่าสัก แม่น้ำลพบุรี แม่น้ำเจ้าพระยา และคูเมืองขุดเพิ่มเติม ล้อมรอบอยู่ทั้ง 4 ด้าน มีสภาพเป็นเกาะเมือง ที่นับเป็นปราการอันสำคัญ ทำให้เกิดความเป็นปึกแผ่นมั่นคงดำรงอยู่ กรุงศรีอยุธยาเป็นศูนย์กลางของกลุ่มบ้านเมืองในเขตลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา และใกล้เคียง นอกจากนี้ยังเป็นศูนย์กลางทางเศรษฐกิจ และการเมืองในภูมิภาคนี้ ด้วยเหตุนี้กรุงศรีอยุธยา จึงเป็นเมืองสำคัญของการติดต่อค้าขายทั้งภายในและกับภายนอกประเทศที่มีความเจริญรุ่งเรืองเป็นอย่างยิ่ง ในปัจจุบันเป็นอุทยานประวัติศาสตร์ พระนครศรีอยุธยามีเนื้อที่ 1,810 ไร่ ตั้งอยู่ภายในเกาะเมืองอยุธยา เขตเทศบาลเมือง พระนครศรีอยุธยา

อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ซึ่งกรมศิลปากรได้ประกาศขึ้นทะเบียนเป็นโบราณสถาน ทั้งเกาะเมืองมีพื้นที่ประมาณ 4,800 ไร่ ครอบคลุมพื้นที่ใจกลางเกาะเมืองและพื้นที่ด้านทิศเหนือ และตะวันตกเฉียงใต้ ของเกาะเมือง มีโบราณสถานที่สำรวจพบแล้วทั้งสิ้น 95 แห่ง อาทิ พระราชวังโบราณหรือพระราชวังหลวง วัดพระศรีสรรเพชญ์ วัดราชบูรณะ วิหารพระมงคลบพิตร วัดพระราม วัดญาณเสน วัดธรรมิกราช วัดวรโพธิ์ วัดวรเชษฐาราม เป็นต้น อุทยานประวัติศาสตร์พระนครศรีอยุธยาอยู่ห่างจากกรุงเทพฯ ไปทางทิศเหนือ ตามถนนสายเอเชีย ระยะทางประมาณ 75 กิโลเมตร ได้รับการพิจารณาเป็นมรดกโลกเมื่อวันที่ 13 ธันวาคม พ.ศ. 2534 ในนาม นครประวัติศาสตร์พระนครศรีอยุธยา

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในออกแบบและพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยววิถีพุทธในพื้นที่อุทยานประวัติศาสตร์พระนครศรีอยุธยาซึ่งได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นมรดกโลก ขึ้นมาเพื่อสะดวกในการใช้งานบนอุปกรณ์เคลื่อนที่และช่วยเติมเต็มความต้องการที่ขาดหายไปของนักท่องเที่ยว โดยโมบายแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นจะเปิดโอกาสให้นักท่องเที่ยวมีส่วนร่วมในการเลือกวัดที่ต้องการเดินทางท่องเที่ยวร่วมกับการแนะนำวัดที่มีความโดดเด่นน่าสนใจตามที่นักท่องเที่ยวต้องการ เช่น มีพระใหญ่ มีพระเก่า มีโบสถ์เก่าหรือมีภาพเขียนโบราณ เป็นต้น โดยวัดนั้นอาจมีที่ตั้งอยู่ใกล้เคียงกับวัดที่นักท่องเที่ยวต้องการเดินทางไปเที่ยวอยู่แล้ว ทำให้นักท่องเที่ยวสนใจเดินทางท่องเที่ยวเพิ่มเติมไปยังวัดอื่นตามไปด้วย นอกจากนี้แอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นจะช่วยให้การจัดลำดับการเดินทางที่เหมาะสม เพื่อไม่ให้นักท่องเที่ยวขับรถวนไปมาให้เกิดการเสียเวลาเดินทาง ทั้งยังบอกเส้นทาง ระยะเวลาการเดินทางในแต่ละจุด ร้านอาหารแนะนำที่อยู่ใกล้กับตำแหน่งผู้ใช้ รวมถึงเบอร์ติดต่อในกรณีฉุกเฉินของโรงพยาบาล สถานีตำรวจที่อยู่ใกล้กับตำแหน่งของผู้ใช้มากที่สุด ซึ่งจะทำให้นักท่องเที่ยวได้เปิดประสบการณ์ใหม่ รู้จักสถานที่ท่องเที่ยวใหม่ ๆ เพิ่มขึ้น อันเป็นการอำนวยความสะดวกในการเดินทางให้กับผู้สนใจมาท่องเที่ยวและช่วยส่งเสริมการท่องเที่ยวอีกทางหนึ่ง

## 2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบและพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยววิถีพุทธในพื้นที่เกาะเมือง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
2. เพื่อประเมินประสิทธิภาพโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยววิถีพุทธในพื้นที่เกาะเมือง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยววิถีพุทธในพื้นที่เกาะเมือง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

## 3. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โมบายแอปพลิเคชัน (Mobile Application) เป็นการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับอุปกรณ์สื่อสารที่ใช้ในการพกพาที่ใช้งานได้ตามพื้นฐานของโทรศัพท์และยังสามารถใช้งานเหมือนเครื่องคอมพิวเตอร์ เช่น โทรศัพท์มือถือ แท็บเล็ต โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ โดยมีระบบปฏิบัติการที่นิยมคือ IOS และ Android จึงมีการพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อสนับสนุนการใช้งานบนอุปกรณ์สื่อสารแบบพกพาอย่างแพร่หลาย

ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android) เป็นระบบปฏิบัติการที่ควบคุมการทำงานบนอุปกรณ์แบบพกพา มีองค์ประกอบอยู่ 4 ประเภท คือ 1. Activity คือ สิ่งที่ใช้ในการแสดงผลออกมาเพื่อให้ผู้ใช้งานได้เห็นและได้ใช้งาน 2. Service คือ สิ่งที่ไม่มีส่วนของการแสดงผลแต่ถูกเรียกว่าทำงานอยู่ในลักษณะของ Background Process โดย Service อาจมีการติดต่อรับส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย 3. Broadcast receiver คือ ใช้สำหรับคอยรับและตอบสนองต่อเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น เช่น เปลี่ยนภาษา โทรออก มีข้อความเข้า 4. Content Provider คือ กลุ่มของข้อมูลที่สร้างขึ้นจากแอปพลิเคชัน เพื่อให้แอปพลิเคชันได้นำไปใช้ โดยอยู่ในลักษณะของไฟล์ฐานข้อมูล (Android Developers, 2009)

การพัฒนาโมบายแอปพลิเคชัน มี 2 รูปแบบคือ Native เป็นการพัฒนาบนแต่ละระบบปฏิบัติการแยกกันออกไปบนพื้นฐานระบบปฏิบัติการที่แตกต่างกันออกไป สามารถใช้ประสิทธิภาพของระบบปฏิบัติการได้เต็มที่และยังสามารถใช้การทำงานของแต่ละระบบปฏิบัติการได้โดยไม่มีปัญหา และการพัฒนา Cross platform เป็นการพัฒนาที่นำภาษากลางมาใช้และจะมีตัวแปรภาษาให้เหมาะสมกับภาษาของแต่ละระบบปฏิบัติการ ข้อดีคือ ค่าใช้จ่ายและค่าบำรุงถูกกว่า เนื่องจากการพัฒนาแก้ไขเพียงครั้งเดียวมีผลทั้ง 3 ระบบปฏิบัติการ ส่วนข้อเสียคือ จะไม่สามารถใช้ลูกเล่นพิเศษของอุปกรณ์พกพาได้หรืออาจจะใช้ได้แต่ต้องรอเครื่องมือของ Cross platform นั้นพัฒนาจนถึงจะใช้งานได้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้ศึกษาแนวทางการพัฒนาแอปพลิเคชันโมบายการท่องเที่ยว ได้แก่ งานวิจัยของนิศารท เถาสมบัติ, เนตรนา แซ่ตั้ง และณัฐธรมน หีบจันทร์กริ, (2563) การพัฒนาแอปพลิเคชันวัดไทยบนสมาร์ทโฟน งานวิจัยของ ศศิพิมพ์ ปิ่นประยูร ศศิมาพร ภูนิลามัย กาญจนา ผาพร, และสุชนันต์ พรหมบุญเรือง, (2558) แอปพลิเคชันแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวจังหวัดกาฬสินธุ์ บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ งานวิจัยของสุรสิทธิ์ น้อยมหาไว และปานจิตร หลงประดิษฐ์, (2559) แอปพลิเคชันรับรู้และแสดงตำแหน่งสถานที่ท่องเที่ยวจังหวัดเพชรบุรี ตามการจำแนกกลุ่มของผู้ใช้ด้วยทูลเกิลแมพเอพีไอบนมือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ และงานวิจัยสุริยา จันทร์ปุม พิเชนทร์ จันทร์ปุม และแพรตะวัน จารุตัน, (2560) การพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันแหล่งท่องเที่ยวในจังหวัดสกลนคร บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เป็นงานวิจัยที่พัฒนาและประเมินประสิทธิภาพที่สามารถนำไปใช้งานได้

#### 4. วิธีดำเนินการวิจัย

##### ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ ผู้ที่มีความสนใจท่องเที่ยวในสถานที่ท่องเที่ยววิถีพุทธที่ตั้งอยู่ในพื้นที่เกาะเมือง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ผู้สนใจท่องเที่ยวในสถานที่ท่องเที่ยววิถีพุทธที่ตั้งอยู่ในพื้นที่เกาะเมือง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยเปิดตารางสำเร็จรูปของทาโร ยามาเน (Yamane, 1973) จำนวน 400 คน ใช้การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง

##### เครื่องมือในการรวบรวมข้อมูล

1) แบบประเมินประสิทธิภาพการทำงานของโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยววิถีพุทธในพื้นที่เกาะเมือง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา มีลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ

2) แบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยววิถีพุทธในพื้นที่เกาะเมือง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา มีลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ

##### เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาโมบายแอปพลิเคชัน

เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยววิถีพุทธในพื้นที่เกาะเมือง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ประกอบด้วย

- 1) โปรแกรม Android Studio สำหรับใช้การเขียนชุดคำสั่ง
- 2) โปรแกรม PhpMyAdmin สำหรับระบบจัดการฐานข้อมูล
- 3) โปรแกรม Adobe Photoshop และ Adobe Illustrator ใช้ออกแบบส่วนการติดต่อผู้ใช้

##### การดำเนินการวิจัย ประกอบด้วย ขั้นตอน ดังนี้ 5

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษารวบรวมข้อมูลในเกาะเมือง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ได้แก่ ข้อมูลเกี่ยวกับแหล่งท่องเที่ยววิถีพุทธ ข้อมูลร้านอาหาร ข้อมูลสถานที่ราชการ เป็นต้น ในพื้นที่เกาะเมือง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา แล้วนำข้อมูลรายละเอียดทางกายภาพของแต่ละสถานที่มาทำการวิเคราะห์หาจุดสถานที่ท่องเที่ยวในเกาะเมือง จังหวัดอยุธยา และ

ลำดับการเดินทางไปยังสถานที่ท่องเที่ยวที่ผู้ใช้กำหนดด้วยแสดงเส้นทางการเดินทางด้วย Google Map แสดงจุดเด่นของแต่ละวัดที่มีความน่าสนใจแล้วทำการคัดแยก จัดกลุ่ม โดยแบ่งเป็นวัดที่มีพระพุทธรูปขนาดใหญ่ มีพระพุทธรูปเก่าโบราณ มีพื้นที่ติดแม่น้ำ มีโบสถ์เก่า เป็นต้น โดยใช้การศึกษาค้นคว้าทางเอกสาร แหล่งสืบค้นต่าง ๆ รวมถึงการลงพื้นที่เก็บข้อมูลด้วยการสนทนาพูดคุยกับผู้นำชุมชนหรือคนในชุมชนที่พักอาศัยอยู่บริเวณใกล้เคียงสถานที่นั้น

ขั้นตอนที่ 2 ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากศึกษามาตรวจสอบความถูกต้องก่อนนำมาใช้เป็นแนวทางในการกำหนดเนื้อหาที่จะนำมาใช้ในการพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยววิถีพุทธในพื้นที่เกาะเมือง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยนำข้อมูลที่ได้มาออกแบบระบบงานให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้ด้วยเครื่องมือ UML Diagram แสดงภาพรวมของระบบงาน (Design Overview) แผนภาพปฏิสัมพันธ์ระหว่างระบบงานและสิ่งที่อยู่นอกระบบงาน (Use Case Diagram) แผนภาพที่ใช้แสดงคลาสและความสัมพันธ์ของคลาส (Class Diagram) แผนภาพแสดงลำดับการทำงานของระบบ (Sequence Diagram) แผนภาพแสดงลำดับการดำเนินกิจกรรม (Activity Diagram) รวมทั้งการใช้ในการออกแบบแผนผังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มข้อมูล (E-R Diagram) และดำเนินการออกแบบหน้าจอที่เป็นส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ให้เหมาะสม แสดงผังการเชื่อมต่อไปยังหน้าจอต่าง ๆ ในแอปพลิเคชัน จากนั้นนำรายละเอียดการออกแบบไปให้ผู้เชี่ยวชาญทำการตรวจสอบความถูกต้องและเหมาะสม

ขั้นตอนที่ 3 ดำเนินการพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยววิถีพุทธในพื้นที่เกาะเมือง จังหวัดพระนครศรีอยุธยาตามแนวทางการพัฒนาระบบประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ การวิเคราะห์ การออกแบบ การพัฒนา การทดสอบและการประเมินผล

ขั้นตอนที่ 4 ประเมินประสิทธิภาพของโมบายแอปพลิเคชัน วางแผนการท่องเที่ยววิถีพุทธในพื้นที่เกาะเมือง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน

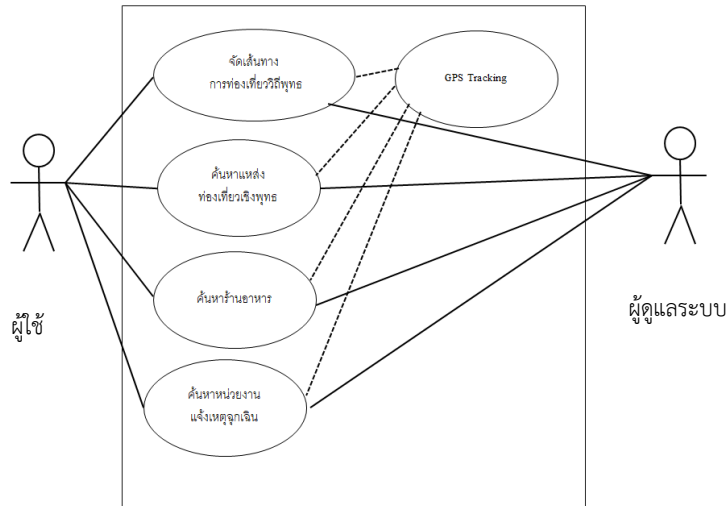
ขั้นตอนที่ 5 ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้โมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยววิถีพุทธในพื้นที่เกาะเมือง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ที่พัฒนาขึ้น โดยให้ผู้ที่มีความต้องการหรือสนใจจะเดินทางท่องเที่ยววิถีพุทธที่พักอาศัยอยู่ทั้งในและนอกพื้นที่เกาะเมือง จังหวัดพระนครศรีอยุธยาทำการประเมิน

**สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล** ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย (Average:  $\bar{X}$ ) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D.) สำหรับเกณฑ์ที่ใช้ในการแปลความหมายของค่าเฉลี่ย (พิสุทธา อารีราษฎร์, 2551) ) แปลความหมายได้ดังนี้

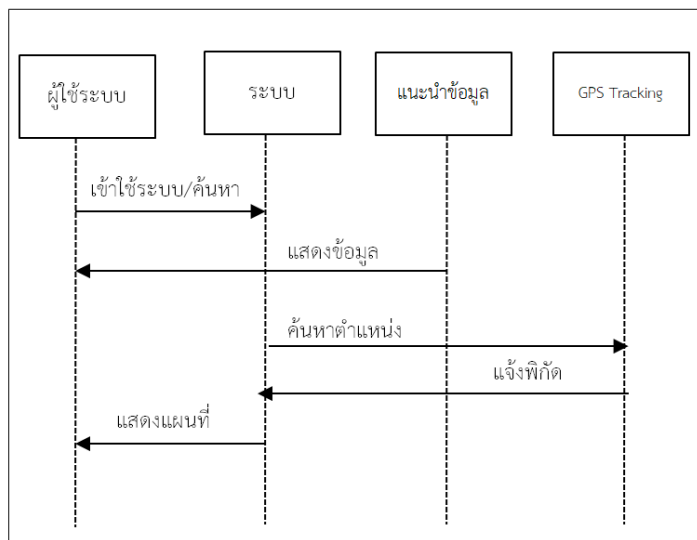
|                       |         |                 |
|-----------------------|---------|-----------------|
| ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00 | หมายถึง | ระดับมากที่สุด  |
| ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50 | หมายถึง | ระดับมาก        |
| ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50 | หมายถึง | ระดับปานกลาง    |
| ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50 | หมายถึง | ระดับน้อย       |
| ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.50 | หมายถึง | ระดับน้อยที่สุด |

## 5. ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1. การดำเนินการพัฒนาระบบ ผู้วิจัยทำการพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันด้วย Android Studio เพื่อให้แอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้น สามารถทำงานบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ได้ และใช้ PhpMyAdmin สำหรับเก็บข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยววิถีพุทธ ร้านอาหารแนะนำ และสถานที่จูงเงิน



ภาพที่ 1 Use Case Diagram ของระบบ



ภาพที่ 2 Sequence Diagram ส่วนการใช้งานระบบ

```

com.tourist.attraction.data
Place
    placeName : String
    latlng : LatLng
    currentPoint : Location
    getPlaceName() : String
    setPlaceName(String) : void
    getLatlng() : LatLng
    setLatlng(LatLng) : void
    describeContents() : int
    writeToParcel(Parcel, int) : void
    Place(Parcel)
    Place()
    CREATOR : Creator<Place>
    new Creator() {...}
    getCurrentPoint() : Location
    setCurrentPoint(Location) : void
    compareTo(Place) : int
    
```

(a)

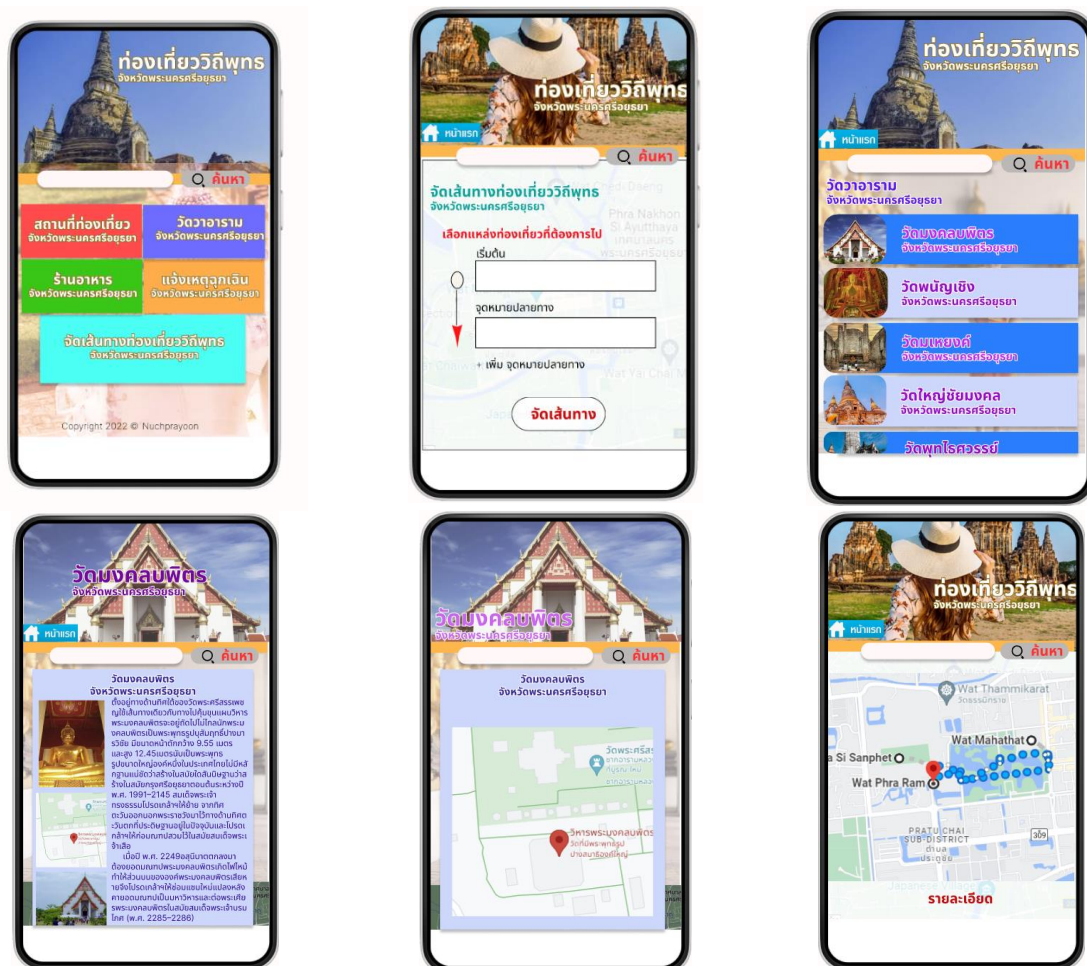
```

com.tourist.attraction.direction
DirectionGen
    MODE_DRIVING : String
    MODE_WALKING : String
    appContext : Context
    manager : LocationManager
    DirectionGen()
    getDocument(LatLng, LatLng, String) : Document
    getDurationText(Document) : String
    getDurationValue(Document) : int
    getDistanceText(Document) : String
    getDistanceValue(Document) : int
    getStartAddress(Document) : String
    getEndAddress(Document) : String
    getCopyRights(Document) : String
    getDirection(Document) : ArrayList<LatLng>
    getNodeIndex(NodeList, String) : int
    decodePoly(String) : ArrayList<LatLng>
    getCurrentPositionLocation(Context, LocationListener) : Location
    
```

(b)

ภาพที่ 3 (a) คลาส Place จัดการข้อมูลและรายงานสถานที่ท่องเที่ยว

(b) คลาส DirectionGen จัดการเส้นทางและรายละเอียดการเดินทาง



ภาพที่ 4 ตัวอย่างหน้าจอแสดงผลระบบ

2. ผลการหาประสิทธิภาพโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยววิถีพุทธในพื้นที่เกาะเมือง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยผู้วิจัยดำเนินการประเมินประสิทธิภาพโมบายแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้น โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน จากนั้นนำผลการประเมินมาวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติแล้วเทียบกับเกณฑ์ ดังแสดงในตารางที่ 1

**ตารางที่ 1** ผลประเมินประสิทธิภาพโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยววิถีพุทธในพื้นที่เกาะเมือง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

| รายการประเมิน                                        | $\bar{X}$   | S.D.        | แปลผล      |
|------------------------------------------------------|-------------|-------------|------------|
| 1. เครื่องมือที่นำมาใช้พัฒนาโปรแกรมมีความเหมาะสม     | 4.60        | 0.54        | มากที่สุด  |
| 2. ฐานข้อมูลที่นำมาใช้จัดเก็บฐานข้อมูลมีความเหมาะสม  | 4.20        | 0.44        | มาก        |
| 3. การทำงานภายในแอปพลิเคชันมีความเหมาะสม             | 4.80        | 0.44        | มากที่สุด  |
| 4. ขนาดตัวอักษรในการแสดงผลมีความเหมาะสม              | 4.40        | 0.54        | มาก        |
| 5. สีที่ใช้ในการแสดงผลมีความเหมาะสม                  | 4.40        | 0.44        | มาก        |
| 6. การวางปุ่ม รูปภาพในแอปพลิเคชันมีความเหมาะสม       | 4.60        | 0.54        | มากที่สุด  |
| 7. การออกแบบส่วนนำเข้าสู่ข้อมูลง่ายต่อการเข้าใจ      | 4.40        | 0.54        | มาก        |
| 8. การแสดงข้อมูลพิกัดของสถานที่ได้อย่างถูกต้องแม่นยำ | 4.60        | 0.54        | มากที่สุด  |
| <b>ค่าเฉลี่ยรวม</b>                                  | <b>4.50</b> | <b>0.51</b> | <b>มาก</b> |

จากตารางที่ 1 พบว่าผลการประเมินประสิทธิภาพโมบายแอปพลิเคชัน โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ประสิทธิภาพของโมบายแอปพลิเคชันในภาพรวมมีระดับมากที่สุด ( $\bar{X}=4.50$ , S.D. = 0.51) เมื่อพิจารณาแต่ละรายการประเมิน พบว่า รายการประเมินที่มีระดับประสิทธิภาพสูงสุด คือ การทำงานภายในแอปพลิเคชันมีความเหมาะสม มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด ( $\bar{X}=4.80$ , S.D. = 0.44) สำหรับรายการประเมินที่มีประสิทธิภาพน้อยที่สุด คือ ฐานข้อมูลที่นำมาใช้จัดเก็บฐานข้อมูลมีความเหมาะสม มีค่าเฉลี่ยระดับมาก ( $\bar{X}=4.20$ , S.D. = 0.44)

3. ผลการศึกษาการศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยววิถีพุทธในพื้นที่เกาะเมือง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ที่พัฒนาขึ้นของผู้ใช้โมบายแอปพลิเคชัน จำนวน 400 คน ดังแสดงในตารางที่ 2

**ตารางที่ 2** ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยววิถีพุทธในพื้นที่เกาะเมือง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

| รายการประเมิน                                  | $\bar{X}$ | S.D. | แปลผล     |
|------------------------------------------------|-----------|------|-----------|
| 1. ขนาดตัวอักษรในการแสดงผลมีความเหมาะสม        | 4.47      | 0.52 | มาก       |
| 2. สีที่ใช้ในการแสดงผลมีความเหมาะสม            | 3.96      | 0.87 | มาก       |
| 3. แอปพลิเคชันออกแบบเมนูต่าง ๆ ใช้งานง่าย      | 4.51      | 0.51 | มากที่สุด |
| 4. รูปภาพในแอปพลิเคชันมีความเหมาะสม            | 4.14      | 0.77 | มาก       |
| 5. ข้อมูลรายละเอียดของสถานที่ต่าง ๆ มีถูกต้อง  | 4.50      | 0.52 | มาก       |
| 6. แอปพลิเคชันช่วยให้การเดินทางสะดวกมากขึ้น    | 4.53      | 0.57 | มากที่สุด |
| 7. แอปพลิเคชันแสดงข้อมูลต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็ว | 3.97      | 0.88 | มาก       |

**ตารางที่ 2** ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยววิถีพุทธในพื้นที่เกาะเมือง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา (ต่อ)

| รายการประเมิน                                         | $\bar{X}$   | S.D.        | แปลผล      |
|-------------------------------------------------------|-------------|-------------|------------|
| 8. แอปพลิเคชันบอกเส้นทางได้อย่างถูกต้อง               | 4.01        | 0.90        | มาก        |
| 9. การแอปพลิเคชันถูกออกแบบมาตรงกับความต้องการ         | 4.09        | 0.77        | มาก        |
| 10 .ความพอใจหลังใช้แอปพลิเคชันช่วยวางแผนการท่องเที่ยว | 4.04        | 0.75        | มาก        |
| <b>ค่าเฉลี่ยรวมทุกด้าน</b>                            | <b>4.23</b> | <b>0.71</b> | <b>มาก</b> |

จากตารางที่ 2 ผลการศึกษาความพึงพอใจต่อโมบายแอปพลิเคชันของผู้ใช้จำนวน 400 คน พบว่า ความพึงพอใจต่อโมบายแอปพลิเคชันของผู้ใช้ในภาพรวมในทุกด้านอยู่ในระดับมาก ( $\bar{X} = 4.23$  ,S.D. = 0.71) เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า รายการประเมินที่มีระดับคะแนนมากที่สุดคือ แอปพลิเคชันช่วยให้การเดินทางสะดวกมากขึ้น มีค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}=4.53$ , S.D. = 0.57) รองลงมา แอปพลิเคชันออกแบบเมนูต่าง ๆ ใช้งานง่าย มีค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}=4.51$ , S.D. = 0.51) และข้อมูลรายละเอียดของสถานที่ต่าง ๆ มีถูกต้อง มีค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}=4.50$ , S.D. = 0.52) ตามลำดับ

### อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยนี้วัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยววิถีพุทธในพื้นที่เกาะเมือง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ประเมินประสิทธิภาพและศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้ต่อโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยววิถีพุทธที่พัฒนาขึ้น โดยอภิปรายผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์การวิจัย ดังนี้

1. การออกแบบและพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยววิถีพุทธของนักท่องเที่ยวในพื้นที่เกาะเมือง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ใช้งานได้บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ความสามารถในการทำงานเป็นไปตามขอบเขตความต้องการที่ได้กำหนดไว้ โดยผู้ใช้สามารถเลือกสถานที่ท่องเที่ยววิถีพุทธที่ต้องการเดินทางไปก็แก่ก็ได้ แอปพลิเคชันจะทำการจัดลำดับช่วยวางแผนการเดินทางท่องเที่ยวให้แก่ผู้ใช้ นอกจากนี้ยังสามารถสืบค้นข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยวเชิงพุทธ ร้านอาหาร สถานที่ฉุกเฉิน สามารถระบุตำแหน่งบนแผนที่และแสดงเส้นทางผ่าน Google Map ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ศศิพิมพ์ ปิ่นประยูร และคณะ(2558) ทำการวิจัย เรื่อง แอปพลิเคชันแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวจังหวัดกาฬสินธุ์บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ผลการพัฒนา คือ ระบบจัดเก็บข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยวเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถสืบค้นข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยวได้ ระบบระบุตำแหน่งเส้นทางสถานที่ท่องเที่ยว เพื่อให้นักท่องเที่ยวค้นหาเส้นทางสถานที่ท่องเที่ยวจังหวัดกาฬสินธุ์ได้และสอดคล้องกับ สุรสิทธิ์ น้อยมหาไวย และปานจิตต์หลงประดิษฐ์ (2559) ได้ศึกษาแอปพลิเคชันการรับรู้และแสดงตำแหน่งสถานที่ท่องเที่ยวจังหวัดเพชรบุรีตามจากจำแนกกลุ่มของผู้ใช้ด้วยกูเกิ้ลแมพเอพีไอบนมือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ผลการพัฒนา คือ ระบบสามารถระบุและแสดงตำแหน่งเส้นทางท่องเที่ยวได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วยกูเกิ้ลแมพเอพีไอ

2. ผลประเมินประสิทธิภาพของโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยววิถีพุทธของนักท่องเที่ยวในพื้นที่เกาะเมือง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า มีประสิทธิภาพในภาพรวมอยู่ระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 4.50 สำหรับรายการประเมินที่มีระดับประสิทธิภาพมากที่สุด คือ การทำงานภายในแอปพลิเคชันมีความเหมาะสม อยู่ในระดับมากที่สุด เนื่องจากโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยววิถีพุทธที่พัฒนาขึ้นสามารถจัดลำดับการเดินทางท่องเที่ยวตามที่นักท่องเที่ยวเลือกสถานที่ท่องเที่ยวได้อย่างเหมาะสม สอดคล้องกับ สุรจิรา จันท์ปุมและคณะ (2560) ที่ได้ศึกษาการพัฒนาโปรแกรมแอปพลิเคชันการท่องเที่ยวในจังหวัดสกลนครบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่สามารถแสดงข้อมูลสถานที่ ระบุตำแหน่งและค้นหาข้อมูลสถานที่ได้ การจัดเรียงลำดับตามตำแหน่งของสถานที่มี

ความถูกต้อง ตรงกับความต้องการ ช่วยเดินทางได้สะดวกรวดเร็ว นอกจากนี้การใช้งานแอปพลิเคชันง่ายไม่ซับซ้อน สอดคล้องกับงานวิจัยของ นิสากร เกาสมบัติ และคณะ (2563) ทำวิจัยเรื่อง การพัฒนาแอปพลิเคชันวัดไทยบนสมาร์ตโฟน พบว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพในการพัฒนาระดับมากที่สุด

3. ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้ต่อโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยววิถีพุทธในพื้นที่เกาะเมือง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา พบว่า ความพึงพอใจของผู้ใช้ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 4.23 เมื่อพิจารณาตามลำดับรายการประเมิน แอปพลิเคชันช่วยให้การเดินทางสะดวกมากขึ้น มีค่าเฉลี่ยระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.53 รองลงมาแอปพลิเคชันออกแบบเมนูต่าง ๆ ใช้งานง่าย มีค่าเฉลี่ย 4.51 และข้อมูลรายละเอียดของสถานที่ต่าง ๆ มีความถูกต้องมีค่าเฉลี่ย 4.50 โดยแอปพลิเคชัน ถูกออกแบบมาให้ใช้งานง่ายและการใช้งานไม่ยุ่งยากและซับซ้อน สอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัฐนันท์ พิธิวัตโชติกุล (2560) ทำวิจัยเรื่อง การยอมรับเทคโนโลยีโทรศัพท์มือถือ การตลาดผ่านสื่อสังคมออนไลน์และพฤติกรรม ผู้บริโภคออนไลน์ที่ส่งผลต่อความตั้งใจซื้อสินค้าออนไลน์ผ่านแอปพลิเคชัน ของผู้บริโภคในกรุงเทพมหานคร พบว่า ด้านการรับรู้ความง่ายในการใช้งาน ค่าเฉลี่ย 4.12 มีค่าเฉลี่ยระดับมาก

### ข้อเสนอแนะ

ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป ดังนี้

1. เพิ่มจำนวนข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยวเพิ่มขึ้นให้เป็นปัจจุบันที่สุด และทำการแบ่งหมวดหมู่ประเภทสถานที่ท่องเที่ยวง่ายต่อการใช้งานระบบ
2. เพิ่มช่องทางการประชาสัมพันธ์ดาวน์โหลดโปรแกรมและการประชาสัมพันธ์การใช้งานแก่นักท่องเที่ยวเพื่อได้รู้จักและมีเปิดโอกาสในการใช้งานโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนี้เพิ่มมากขึ้น
3. ควรพัฒนาโปรแกรมให้สามารถติดตั้งและใช้งานได้หลายแพลตฟอร์ม เพื่อเพิ่มโอกาสการเข้าถึงแอปพลิเคชันแก่นักท่องเที่ยว

### 8. เอกสารอ้างอิง

- ชนัญ วงษ์วิภาค. (2547).การจัดการทรัพยากรทางวัฒนธรรมเพื่อการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน. นครปฐม :โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- ธนกฤต สังข์เจย. (2550). อุตสาหกรรมการท่องเที่ยวและการบริหาร. เพชรบุรี: คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศ.
- ณัฐนันท์ พิธิวัตโชติกุล. (2560) การยอมรับเทคโนโลยีโทรศัพท์มือถือต่อการตลาดผ่านสื่อสังคมออนไลน์และพฤติกรรม ผู้บริโภคออนไลน์ที่ส่งผลต่อความตั้งใจซื้อสินค้าออนไลน์ผ่านแอปพลิเคชัน ของผู้บริโภคในกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจบัณฑิต มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.
- นิสากร เกาสมบัติ, เนตรนภา แซ่ตั้ง และณัฐธรมน หีบจันทร์กรี. (2563) .การพัฒนาแอปพลิเคชันวัดไทยบนสมาร์ตโฟน. วารสารก้าวหน้าโลกวิทยาศาสตร์. 20(1). 34-54.
- นงเยาว์ ชาญณรงค์. (2559). วัฒนธรรมส่งเสริมการท่องเที่ยว. วารสารรามคำแหง ฉบับมนุษยศาสตร์. 35(2): 171-184.
- พิสุทธา อารีราษฎร์. (2551). การพัฒนาซอฟต์แวร์ทางการศึกษา. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. มหาสารคาม: อภิชาติการพิมพ์.
- ศศิพิมพ์ ปิ่นประยูร, ศศิมาพร ภูนิลามัย, กาญจนา ผาพรหม, และสุชสันต์ พรหมบุญเรือง. (2558). แอปพลิเคชันแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวจังหวัดกาฬสินธุ์ บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์. การประชุมวิชาการระดับปริญญาตรีด้านคอมพิวเตอร์ ภูมิภาคอาเซียน. ฉะเชิงเทรา : มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์.

- สุรสีห์ น้อยมหาไวย, และปานจิตร หलगประดิษฐ์. (2559). แอปพลิเคชันรับรู้และแสดงตำแหน่งสถานที่ท่องเที่ยวจังหวัดเพชรบุรี ตามการจำแนกกลุ่มของผู้ใช้ด้วยกูเกิ้ลแมพเอพีไอบนมือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์. การประชุมวิชาการระดับชาติการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม ครั้งที่ 2. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. 387-394.
- สุธีรา จันทรปุม, พิเชนทร์ จันทรปุม และแพรตะวัน จารุตัน. (2560). การพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันแหล่งท่องเที่ยวในจังหวัดสกลนคร บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์. วารสารวิชาการการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม. 4(2). 114-120.
- สำนักงานปลัดกระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา. (2560). แผนปฏิบัติการขับเคลื่อนการพัฒนาการท่องเที่ยว โดยชุมชนอย่างยั่งยืนและสร้างสรรค์ พ.ศ. 2561 - 2565. กรุงเทพฯ: สำนักงานปลัดกระทรวง การท่องเที่ยวและกีฬา.
- Android Developers. (2009). Android SDK. ค้นหาเมื่อ 20 มกราคม 2567 จาก [http://developer.android.com/sdk/index.html?utm\\_source=webolife](http://developer.android.com/sdk/index.html?utm_source=webolife)