



วารสารการจัดการเทคโนโลยี และนวัตกรรมดิจิทัล

Journal of Technology Management
and Digital Innovation

ปีที่ 2 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม 2568
Vol.2 No.2 July-December 2025

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

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

 tmdijournal@rmutsb.ac.th

 065-8413-319

วารสารการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรมดิจิทัล

Journal of Technology Management and Digital Innovation

ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรชัย เอ็มอักษร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สาลินันท์ บุญมี

อาจารย์อโณทัย ทิพนเนตร

บรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. แสงทอง บุญยิ่ง

รองบรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุวิทย์ สมสุภาพรุ่งยศ

ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ (ภายนอก)

รองศาสตราจารย์ ดร. พงษ์พิสิฐ วุฒิติษฐโชติ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

รองศาสตราจารย์ ดร. แหวดดา เตชาทวีวรรณ

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

รองศาสตราจารย์ ดร. สุรรัตน์ อินทร์หม้อ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

รองศาสตราจารย์ ดร. โอฟาริก สุรินดี๊ะ

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

รองศาสตราจารย์กฤติยา รุ่งสม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

รองศาสตราจารย์วสันต์ กันอ้า

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุธาสินี จิตต์อนันต์

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เกรียงศักดิ์ เตมีย์

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สัญญา เครือหงษ์

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ฐิติชัย รักบำรุง

มหาวิทยาลัยบูรพา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นคร ละลอกน้ำ

มหาวิทยาลัยบูรพา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วีระพันธ์ พานิชย์

มหาวิทยาลัยบูรพา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อัจฉรงค์ มโนสุทธิฤทธิ์

มหาวิทยาลัยบูรพา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ฉัตรตระกูล สมบัติธีระ

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วุฒิชัย วิเชียรไชย

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ผุสดี บุณรอด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มณเฑียร รัตนศิริวงศ์วุฒิ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศักดิ์ชาย ตั้งวรรณวิทย์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จีราวดี พุ่มเจริญ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุมนา บุษบก
ผู้ช่วยศาสตราจารย์อดิศักดิ์ สารธรรม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์อนุทิทา เล็กเพชร
ดร. ชนิตา แก้วเพชร
ดร. วัชรีย์ เพ็ชรวงษ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

คณะกรรมการดำเนินงาน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สาลินันท์ บุญมี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์อดิศักดิ์ สารธรรม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์รัศมีเมศวร์ ต้นวินุกูล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชุติมา กลั่นไพฑูรย์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์นันทยา ต้นติตลธเนศ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญา นาโท
อาจารย์ณัฐภััสสร เกียรติพิรติกุล

ฝ่ายประสานงาน

อาจารย์จารุณี ทองอร่าม
อาจารย์ณัฐฉิณี คงไกรฤกษ์

จัดทำโดย

กองบรรณาธิการวารสารการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรมดิจิทัล
คณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
เลขที่ 19 ถนนอุ่มทอง ตำบลท่าवासูกกรี 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 ครอบคลุมบทความวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 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 โดยผู้ทรงคุณวุฒิที่ประเมินบทความไม่ทราบชื่อผู้แต่งและผู้แต่งไม่ทราบชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ (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 2 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2568 ประกอบด้วยบทความวิจัยจำนวน 4 บทความ ข้อความหรือความคิดเห็นจากบทความวิจัยแต่ละเรื่องที่น่าเสนอในวารสารฉบับนี้ เป็นความเห็นจากผู้เขียนหรือผู้วิจัยเจ้าของบทความ ไม่ใช่ความคิดเห็นของกองบรรณาธิการ และไม่ใช้ความรับผิดชอบของกองบรรณาธิการ กองบรรณาธิการมีหน้าที่เพียงพิจารณาจัดพิมพ์และเผยแพร่เพื่อเป็นสื่อกลางในการถ่ายทอดองค์ความรู้สู่สังคมเท่านั้น

กองบรรณาธิการวารสารการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรมดิจิทัล คณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าบุคลากรทั้งในสถานศึกษาและสถานประกอบการตลอดจนผู้สนใจโดยทั่วไปจะได้รับประโยชน์จากวารสารฉบับนี้

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. แสงทอง บุญยิ่ง
บรรณาธิการ

สารบัญ

บทความ

หน้า

ปัญญาประดิษฐ์ (AI) กับการเรียนรู้แบบปรับตามผู้เรียน (Personalized Learning)..... 1

: การปฏิวัติระบบการศึกษาในยุคดิจิทัล

Artificial Intelligence (AI) and Personalized Learning: Revolutionizing Education in the Digital Era

นันทิชา พึ่งพวก

การศึกษาความเหมาะสมของต้นแบบแอปพลิเคชันแนะนำสถานที่ท่องเที่ยว 10

ตามความเชื่อส่วนบุคคล ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา

An Appropriateness Study of Application Prototype for Recommending Tourist Attractions Based on Personal Beliefs in Phra Nakhon Si Ayutthaya Province

พิชามณูชู่ ฤทธิประวัติ

ต้นแบบระบบควบคุมสถานที่จอดรถยนต์ด้วยเทคโนโลยีไอโอที (IoT).....24

Prototype of a parking control system using IoT technology

ภุริ พันธุ์เสื่อทอง และ สุภัสสร อรรถเมธี

Developing an Extended Technology Acceptance Model (TAM).....34

for Mathematics Learning: A Structural Equation Modeling Approach

Anek Putthidech, Yuwadee Chomdang, Pratueng Vongtong, Varit Kankaew

ปัญญาประดิษฐ์ (AI) กับการเรียนรู้แบบปรับตามผู้เรียน (Personalized Learning)

: การปฏิวัติระบบการศึกษาในยุคดิจิทัล

Artificial Intelligence (AI) and Personalized Learning: Revolutionizing Education in the Digital Era

นันทิชา พึ่งพอก¹

¹คณะศึกษาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง (ฝ่ายมัธยม)

E-Mail nanticha.p@ru.ac.th

วันที่รับบทความ 24 พฤศจิกายน 2568

วันแก้ไขบทความ 29 ธันวาคม 2568

วันที่รับบทความ 3 กุมภาพันธ์ 2569

บทคัดย่อ

การเรียนรู้แบบปรับตามผู้เรียน (Personalized Learning) ที่ขับเคลื่อนด้วยปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) กำลังเปลี่ยนแปลงภูมิทัศน์ของการศึกษาอย่างรากฐาน บทความนี้นำเสนอการวิเคราะห์เชิงลึกเกี่ยวกับการบูรณาการเทคโนโลยี AI เข้ากับระบบการเรียนรู้ที่ปรับตามความต้องการเฉพาะของผู้เรียนแต่ละคน ผ่านการศึกษาแนวคิดทฤษฎี เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง ประโยชน์และความท้าทาย รวมถึงการประยุกต์ใช้ในปัจจุบันและแนวโน้มในอนาคต งานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่า AI-driven Personalized Learning มีศักยภาพในการเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ ลดความเหลื่อมล้ำทางการศึกษา และสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่มีคุณภาพสำหรับผู้เรียนทุกคน

คำสำคัญ: ปัญญาประดิษฐ์, การเรียนรู้แบบปรับตามผู้เรียน, ระบบแนะนำเชิงปรับตัว, การวิเคราะห์ข้อมูลการเรียนรู้, เทคโนโลยีการศึกษา

ABSTRACT

Artificial Intelligence (AI)-driven Personalized Learning is fundamentally transforming the educational landscape by creating adaptive learning systems that respond to individual student needs, preferences, and learning patterns. This comprehensive analysis explores the integration of AI technologies into personalized learning frameworks, examining theoretical foundations, relevant technologies, benefits and challenges, current applications, and future trends. This research demonstrates that AI-driven personalized learning has the potential to enhance learning efficiency, reduce educational inequalities, and create high-quality learning experiences for all students.

KEYWORDS: Artificial Intelligence, Personalized Learning, Adaptive Recommendation Systems, Learning Analytics, Educational Technology

1. บทนำ

ในยุคที่เทคโนโลยีดิจิทัลพัฒนาอย่างรวดเร็ว การศึกษาเป็นหนึ่งในสาขาที่ได้รับผลกระทบและโอกาสจากการปฏิวัติทางเทคโนโลยีมากที่สุด ระบบการศึกษาแบบดั้งเดิมที่มุ่งเน้นการสอนแบบ "หนึ่งเดียวเหมาะกับทุกคน" (One-size-fits-all) กำลังถูกท้าทายด้วยแนวคิดการเรียนรู้แบบปรับตามผู้เรียน (Personalized Learning) ที่ให้ความสำคัญกับความแตกต่างของผู้เรียนแต่ละคน ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญ ในการทำให้การเรียนรู้แบบปรับตามผู้เรียนเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพและครอบคลุมมากขึ้น

ด้วยความสามารถในการประมวลผลข้อมูลจำนวนมาก การวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้ และการปรับรูปแบบเรียลไทม์ AI ได้เปิดโอกาสใหม่ในการสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่เหมาะสมกับผู้เรียนแต่ละคนอย่างแท้จริง บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและวิเคราะห์บทบาทของปัญญาประดิษฐ์ในการเรียนรู้แบบปรับตามผู้เรียน โดยครอบคลุมตั้งแต่แนวคิดพื้นฐาน เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง การประยุกต์ใช้งานจริง ไปจนถึงความท้าทายและแนวโน้มในอนาคต เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ชัดเจนเกี่ยวกับศักยภาพและข้อจำกัดของเทคโนโลยีนี้ในบริบทการศึกษาไทยและสากล

2. ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 การเรียนรู้แบบปรับตามผู้เรียน (Personalized Learning) การเรียนรู้แบบปรับตามผู้เรียนเป็นแนวทางการศึกษาที่มุ่งเน้นการปรับแต่งประสบการณ์การเรียนรู้ให้เหมาะสมกับความต้องการ ความสนใจ และสไตล์การเรียนรู้ของผู้เรียนแต่ละคน แนวคิดนี้มีรากฐานมาจากทฤษฎีการเรียนรู้หลายสาขา รวมถึงทฤษฎีการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์ (Constructivism) ของ Jean Piaget และ Lev Vygotsky ที่เน้นว่าผู้เรียนสร้างความรู้ผ่านการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมและประสบการณ์ของตนเอง ทฤษฎีนี้สนับสนุนแนวคิดที่ว่า การเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพควรปรับตามบริบทและความพร้อมของผู้เรียน ทฤษฎีปัญญาหลากหลาย (Multiple Intelligences Theory) ของ Howard Gardner ที่ระบุว่ามนุษย์มีปัญญาหลายประเภท เช่น ปัญญาด้านภาษา ตรรกะ-คณิตศาสตร์ พื้นที่ ดนตรี และการเคลื่อนไหว ทฤษฎีนี้สนับสนุนการออกแบบการเรียนรู้ที่หลากหลายเพื่อตอบสนองจุดแข็งของผู้เรียนแต่ละคน และทฤษฎีโซนพัฒนาการใกล้เคียง (Zone of Proximal Development) ของ Vygotsky ที่อธิบายช่วงระหว่างสิ่งที่ผู้เรียนสามารถทำได้ด้วยตนเองและสิ่งที่ทำได้ด้วยความช่วยเหลือ ทฤษฎีนี้เป็นพื้นฐานสำคัญในการออกแบบระบบ AI ที่สามารถปรับระดับความยากง่ายของเนื้อหาให้เหมาะสม

2.2 ปัญญาประดิษฐ์ในการศึกษา ปัญญาประดิษฐ์ในบริบทการศึกษาหมายถึงการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ที่สามารถจำลองกระบวนการคิดของมนุษย์เพื่อสนับสนุนการเรียนการสอน เทคโนโลยี AI ที่สำคัญในการศึกษาประกอบด้วย 1) Machine Learning (ML) เป็นกลไกหลักที่ช่วยให้ระบบสามารถเรียนรู้จากข้อมูลและปรับปรุงประสิทธิภาพโดยอัตโนมัติ ในบริบทการศึกษา ML ช่วยวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้ พยากรณ์ผลการเรียน และปรับแต่งเนื้อหาให้เหมาะสม 2) Natural Language Processing (NLP) ช่วยให้ระบบสามารถเข้าใจและประมวลผลภาษาธรรมชาติ ทำให้เกิดการโต้ตอบที่เป็นธรรมชาติระหว่างผู้เรียนและระบบ รวมถึงการวิเคราะห์งานเขียนและให้ข้อเสนอแนะ 3) Computer Vision ช่วยในการวิเคราะห์ภาพและวิดีโอ สามารถใช้ในการประเมินการเรียนรู้ผ่านการสังเกตพฤติกรรม การตรวจจับอารมณ์ หรือการวิเคราะห์งานศิลปะ 4) Expert Systems ระบบที่จำลองความรู้และประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญในสาขาต่าง ๆ สามารถใช้เป็นครูสอนพิเศษอัจฉริยะ (Intelligent Tutoring Systems) ที่ให้คำแนะนำเฉพาะเจาะจง

2.3 การบูรณาการ AI และ Personalized Learning การผสมผสานระหว่าง AI และการเรียนรู้แบบปรับตามผู้เรียนสร้างระบบนิเวศการศึกษาที่มีลักษณะสำคัญดังนี้ 1) การปรับตัวแบบไดนามิก (Dynamic Adaptation) ระบบสามารถปรับเนื้อหา วิธีการสอน และความยากง่ายแบบเรียลไทม์ตามการตอบสนองของผู้เรียน 2) การวิเคราะห์เชิงลึก (Deep Analytics) ความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลการเรียนรู้ในมิติต่างๆ เพื่อเข้าใจรูปแบบการเรียนรู้และความต้องการของ

ผู้เรียนและ 3) การส่งเสริมการเรียนรู้เชิงรุก (Proactive Learning Support) ระบบสามารถคาดการณ์ปัญหาและให้การสนับสนุนก่อนที่ผู้เรียนจะประสบความยากลำบาก

3. เทคโนโลยีและอัลกอริทึมที่เกี่ยวข้อง

3.1 ระบบแนะนำเชิงปรับตัว (Adaptive Recommendation Systems) ระบบแนะนำเชิงปรับตัวเป็นหัวใจสำคัญของการเรียนรู้แบบปรับตามผู้เรียน โดยใช้อัลกอริทึมหลายประเภท 1) Collaborative Filtering เป็นวิธีการแนะนำที่อาศัยการวิเคราะห์พฤติกรรมของผู้เรียนที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน โดยใช้หลักการว่าผู้เรียนที่มีรูปแบบการเรียนรู้และประสิทธิภาพในบางหัวข้อใกล้เคียงกัน มักมีความต้องการการเรียนรู้ที่คล้ายคลึงกันในหัวข้ออื่นด้วย ข้อมูลที่ใช้ในการกรองประกอบด้วยข้อมูลเชิงพฤติกรรมและผลสัมฤทธิ์ เช่น คะแนนแบบทดสอบในแต่ละแนวคิด ระยะเวลาที่ใช้ในการเรียนหรือทำแบบฝึกหัด จำนวนครั้งของความผิดพลาด ความถี่ในการขอคำแนะนำ และรูปแบบการเลือกกิจกรรม ระบบจะคำนวณความคล้ายคลึงระหว่างผู้เรียน (Learner similarity) และนำผลลัพธ์มาใช้แนะนำเนื้อหา แบบฝึกหัด หรือเส้นทางการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับผู้เรียนรายบุคคลด้วย 2) Content-Based Filtering เป็นวิธีการแนะนำที่มุ่งวิเคราะห์คุณลักษณะของเนื้อหาและประวัติการเรียนรู้ของผู้เรียนแต่ละคน โดยพิจารณาข้อมูลจากการมีปฏิสัมพันธ์กับเนื้อหาในอดีต เช่น เนื้อหาที่เรียนแล้วให้ผลลัพธ์ดี หรือเนื้อหาที่ผู้เรียนใช้เวลาศึกษาเป็นพิเศษ ข้อมูลที่ใช้ในการกรอง ได้แก่ คุณลักษณะของเนื้อหา เช่น ระดับความยาก ประเภทของสื่อ (ข้อความ วิดีโอ แบบฝึกหัดเชิงโต้ตอบ) รูปแบบการนำเสนอ แนวคิดหรือหัวข้อที่เกี่ยวข้อง รวมถึงข้อมูลการตอบสนองของผู้เรียน เช่น คะแนน เวลาในการเรียน และรูปแบบข้อผิดพลาด ระบบจะนำข้อมูลดังกล่าวมาสร้างโปรไฟล์ผู้เรียน (Learner profile) เพื่อแนะนำเนื้อหาที่มีลักษณะสอดคล้องกับความต้องการและระดับความสามารถของผู้เรียน และ 3) Hybrid Systems รวมทั้งสองแนวทางเข้าด้วยกันเพื่อให้ได้ข้อแนะนำที่แม่นยำและครอบคลุมมากขึ้น ระบบแบบผสมนี้สามารถแก้ไขข้อจำกัดของแต่ละแนวทางและให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลการเรียนรู้ (Learning Analytics) Learning Analytics ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลขั้นสูงในการทำความเข้าใจพฤติกรรมการเรียนรู้ 1) Predictive Analytics ใช้อัลกอริทึม Machine Learning เพื่อพยากรณ์ผลการเรียนของผู้เรียน ระบุผู้เรียนที่มีความเสี่ยงในการล้มเหลว และแนะนำมาตรการป้องกันที่เหมาะสม เทคนิคที่ใช้ประกอบด้วย Decision Trees, Random Forest, Neural Networks และ Support Vector Machines 2) Descriptive Analytics วิเคราะห์ข้อมูลในอดีตเพื่อเข้าใจรูปแบบการเรียนรู้ การใช้งานระบบ และประสิทธิภาพของผู้เรียน ช่วยให้ครูและผู้บริหารเข้าใจสถานการณ์การเรียนรู้ได้อย่างรอบด้าน และ 3) Prescriptive Analytics ไม่เพียงแต่พยากรณ์สิ่งที่จะเกิดขึ้น แต่ยังแนะนำการดำเนินการที่เหมาะสมเพื่อให้บรรลุเป้าหมายการเรียนรู้ที่ต้องการ

3.3 ระบบครูสอนพิเศษอัจฉริยะ (Intelligent Tutoring Systems - ITS) ITS เป็นระบบที่จำลองการสอนของครูมนุษย์โดยใช้ AI ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 4 ส่วน 1) Domain Model ฐานความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาวิชาที่จะสอน รวมถึงความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดต่างๆ และลำดับการเรียนรู้ที่เหมาะสม 2) Student Model คือแบบจำลองที่ใช้แทนสถานะการเรียนรู้ของผู้เรียนรายบุคคล โดยทำหน้าที่ติดตามระดับความรู้ ทักษะ ความเข้าใจ รวมถึงจุดแข็งและจุดอ่อนของผู้เรียน เพื่อให้ระบบสามารถปรับการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับแต่ละบุคคล แบบจำลองนี้อาศัยการเก็บข้อมูลจากการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง เช่น คะแนนแบบทดสอบ ความถูกต้องของคำตอบ เวลาในการทำกิจกรรม และพฤติกรรมการเรียนรู้ ข้อมูลดังกล่าวจะถูกนำมาอัปเดตสถานะความรู้ของผู้เรียนในแต่ละแนวคิดผ่านอัลกอริทึมติดตามความรู้ เช่น Bayesian Knowledge Tracing หรือเทคนิค Machine Learning การอัปเดตข้อมูลอย่างต่อเนื่องทำให้ Student Model เป็นแบบจำลองเชิงพลวัต (dynamic model) ซึ่งสะท้อนความก้าวหน้าและความเปลี่ยนแปลงของผู้เรียนแบบเรียลไทม์ ส่งผลให้ระบบสามารถปรับลำดับเนื้อหา ระดับความยาก และการให้ข้อเสนอแนะให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียนแต่ละคนได้อย่างเหมาะสม อันเป็นกลไกสำคัญของการเรียนรู้ด้วยตนเอง 3) Pedagogical Model กลยุทธ์และวิธีการ

สอนที่ระบบใช้ในการส่งผ่านความรู้ รวมถึงการเลือกใช้เทคนิคการสอนที่เหมาะสมสำหรับสถานการณ์ต่าง ๆ และ 4) Interface Model ส่วนประสานผู้ใช้ที่อำนวยความสะดวกในการโต้ตอบระหว่างผู้เรียนและระบบ ออกแบบให้ใช้งานง่ายและส่งเสริมการเรียนรู้

3.4 อัลกอริธึมการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) Deep Learning ได้กลายเป็นเทคโนโลยีหลักในการพัฒนาระบบการเรียนรู้แบบปรับตามผู้เรียน 1) Recurrent Neural Networks (RNNs) และ Long Short-Term Memory (LSTM) ใช้ในการวิเคราะห์ลำดับพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนตามช่วงเวลา เช่น การติดตามผลการทำแบบฝึกหัดต่อเนื่องหลายบท การวิเคราะห์ความก้าวหน้าหรือการถดถอยของความเข้าใจในแต่ละแนวคิด และการคาดการณ์ความเสี่ยงที่ผู้เรียนอาจไม่สามารถเรียนต่อไปได้ ระบบจึงสามารถปรับลำดับเนื้อหา หรือแนะนำกิจกรรมทบทวนเฉพาะจุดได้อย่างเหมาะสม 2) Convolutional Neural Networks (CNNs) ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลภาพในบริบทการเรียนรู้ เช่น การประเมินงานศิลปะหรือผลงานออกแบบของผู้เรียน การวิเคราะห์ลายมือเพื่อประเมินทักษะการเขียน หรือการตรวจจับอารมณ์จากภาพใบหน้าเพื่อติดตามระดับความสนใจและความมีส่วนร่วมของผู้เรียนระหว่างการเรียนออนไลน์ ซึ่งช่วยให้ระบบปรับรูปแบบการนำเสนอหรือให้การสนับสนุนเพิ่มเติมได้ตรงกับสภาวะของผู้เรียน 3) Transformer Models เช่น BERT และ GPT ใช้ในการประมวลผลภาษาธรรมชาติ เช่น การสร้างคำถามและแบบฝึกหัดอัตโนมัติจากเนื้อหาบทเรียน การให้ข้อเสนอแนะเชิงอธิบายที่สอดคล้องกับคำตอบของผู้เรียน และการสนทนาแบบอัจฉริยะในระบบผู้ช่วยสอน (Intelligent Tutoring Systems) เพื่อช่วยอธิบายเนื้อหาและส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเอง

4. การประยุกต์ใช้งานในปัจจุบัน

4.1 แพลตฟอร์มการเรียนรู้ออนไลน์ แพลตฟอร์มการเรียนรู้ออนไลน์สมัยใหม่หลายแห่งได้นำ AI มาใช้ในการสร้างประสบการณ์การเรียนรู้แบบปรับตามผู้เรียน 1) Khan Academy ใช้ระบบ Mastery Learning ที่ขับเคลื่อนด้วย AI เพื่อให้ผู้เรียนเรียนรู้ในจังหวะของตนเองและไม่ก้าวต่อไปจนกว่าจะเข้าใจเนื้อหาอย่างลึกซึ้ง ระบบจะปรับแต่งเส้นทางการเรียนรู้และให้แบบฝึกหัดเพิ่มเติมสำหรับหัวข้อที่ผู้เรียนยังมีปัญหา Coursera และ edX ใช้ AI ในการแนะนำหลักสูตร การปรับแต่งเนื้อหา และการให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการเรียนรู้ รวมถึงการใช้ระบบการให้คะแนนอัตโนมัติสำหรับงานเขียนและโครงการ Duolingo ใช้ AI ในการปรับแต่งหลักสูตรภาษา โดยวิเคราะห์ความผิดพลาดและรูปแบบการเรียนรู้ของผู้ใช้เพื่อเน้นหัวข้อที่ต้องการการฝึกฝนเพิ่มเติม

4.2 ระบบการประเมินอัจฉริยะ การประเมินแบบดั้งเดิมกำลังถูกปรับปรุงด้วยเทคโนโลยี AI 1) Adaptive Testing ระบบข้อสอบที่ปรับความยากง่ายตามคำตอบของผู้เรียน หากผู้เรียนตอบถูก ระบบจะให้ข้อสอบที่ยากขึ้น หากตอบผิด จะให้ข้อสอบที่ง่ายลง วิธีการนี้ช่วยประเมินความสามารถได้แม่นยำมากขึ้นด้วยข้อสอบน้อยกว่า 2) Automated Essay Scoring ใช้ NLP ในการให้คะแนนงานเขียนโดยอัตโนมัติ วิเคราะห์ปัจจัยต่าง ๆ เช่น ไวยากรณ์ โครงสร้าง เนื้อหา และความคิดสร้างสรรค์ และ 3) Real-time Feedback Systems ให้ข้อเสนอแนะทันทีต่อผู้เรียน ช่วยให้การเรียนรู้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพ

4.3 เกมการศึกษาและการเรียนรู้ผ่านเกม (Gamification) AI ได้ถูกนำมาใช้ในการพัฒนาเกมการศึกษาที่ปรับตัวได้ 1) Adaptive Game Mechanics ระบบเกมที่ปรับระดับความยาก การกิจ และรางวัลตามความสามารถและความก้าวหน้าของผู้เล่น 2) Intelligent Non-Player Characters (NPCs) ตัวละครในเกมที่ขับเคลื่อนด้วย AI สามารถโต้ตอบและสอนผู้เรียนแบบธรรมชาติ และ 3) Progress Tracking และ Achievement Systems ระบบติดตามความก้าวหน้าที่ซับซ้อนและให้รางวัลที่เหมาะสมเพื่อกระตุ้นแรงจูงใจในการเรียนรู้

5. ประโยชน์และข้อได้เปรียบ

5.1 การเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ การเรียนรู้แบบปรับตามผู้เรียนที่ขับเคลื่อนด้วย AI ให้ประโยชน์ในการเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้หลายด้าน 1) การเรียนรู้ที่เหมาะสมกับบุคคล ผู้เรียนแต่ละคนได้รับเนื้อหาและวิธีการสอนที่เหมาะสมกับสไตล์การเรียนรู้ ความสามารถ และความสนใจของตน ทำให้การเรียนรู้เกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น 2) การเรียนรู้ในจังหวะที่เหมาะสม ระบบ AI สามารถปรับจังหวะการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับความสามารถในการรับรู้ของผู้เรียนแต่ละคน ผู้เรียนที่เรียนรู้เร็วสามารถก้าวหน้าได้อย่างรวดเร็ว ในขณะที่ผู้เรียนที่ต้องการเวลามากกว่าก็จะได้รับการสนับสนุนที่เพียงพอ และ 3) การเสริมแรงเชิงบวก ระบบสามารถให้การเสริมแรงและข้อเสนอแนะที่เหมาะสมเพื่อกระตุ้นแรงจูงใจและความมั่นใจของผู้เรียน

5.2 การลดความเหลื่อมล้ำทางการศึกษา AI มีศักยภาพในการลดความเหลื่อมล้ำทางการศึกษาผ่าน 1) การเข้าถึงการศึกษาคุณภาพ ระบบ AI สามารถให้การศึกษาคุณภาพสูงแก่ผู้เรียนในพื้นที่ห่างไกลหรือด้อยโอกาส ผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์ที่ไม่ต้องพึ่งพาครูผู้เชี่ยวชาญในพื้นที่ 2) การสนับสนุนผู้เรียนที่มีความต้องการพิเศษ AI สามารถปรับรูปแบบการนำเสนอเนื้อหาให้เหมาะสมกับผู้เรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ เช่น การแปลงข้อความเป็นเสียง การใช้ภาพประกอบ หรือการปรับขนาดและสีของข้อความ และ 3) การเรียนรู้หลายภาษา ระบบ AI สามารถสนับสนุนการเรียนรู้ในภาษาแม่ของผู้เรียนหรือให้การสนับสนุนในการเรียนภาษาใหม่

5.3 การพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 AI-powered Personalized Learning ช่วยพัฒนาทักษะที่จำเป็นสำหรับอนาคต 1) ทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ระบบสามารถสร้างสถานการณ์จำลองและปัญหาที่ซับซ้อนเพื่อฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์ 2) ทักษะความร่วมมือ แม้ว่าจะเป็นการเรียนรู้แบบปรับตามบุคคล แต่ระบบสามารถจัดกลุ่มผู้เรียนที่มีความสามารถเสริมกันเพื่อทำงานร่วมกันในโครงการที่ท้าทาย 3) ทักษะการเรียนรู้ตลอดชีวิต ระบบช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะในการเรียนรู้ด้วยตนเอง การตั้งเป้าหมาย และการปรับตัวต่อความเปลี่ยนแปลง และ 4) ทักษะดิจิทัล การใช้งานระบบ AI เองก็เป็นการพัฒนาทักษะดิจิทัลที่จำเป็นในยุคปัจจุบัน

6. ความท้าทายและข้อจำกัด

6.1 ความท้าทายด้านเทคนิค 1) ความซับซ้อนของการพัฒนาระบบ การสร้างระบบ AI ที่มีประสิทธิภาพต้องการความเชี่ยวชาญทางเทคนิคสูง การลงทุนในการพัฒนาที่มาก และเวลาในการทดสอบและปรับปรุงระบบ 2) ปัญหาข้อมูลไม่เพียงพอ (Data Scarcity) ระบบ AI ต้องการข้อมูลการเรียนรู้ในปริมาณมากเพื่อการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ แต่ข้อมูลการศึกษาที่มีคุณภาพมักจำกัดและกระจายอยู่ในแหล่งต่างๆ และ 3) ปัญหาการทำงานแบบกล่องดำ (Black Box Problem) การใช้ Explainable AI (XAI) นำเทคนิค เช่น SHAP หรือ LIME มาอธิบายว่าคุณลักษณะใดของข้อมูลผู้เรียน (คะแนน เวลา ข้อผิดพลาด) มีอิทธิพลต่อการแนะนำหรือการตัดสินใจของระบบ ช่วยให้ครูและผู้เรียนเข้าใจเหตุผลเบื้องหลังของ AI มากขึ้น การออกแบบ AI แบบมนุษย์มีส่วนร่วม (Human-in-the-Loop) เปิดโอกาสให้ครูสามารถตรวจสอบ ปรับแก้ หรือยืนยันผลการตัดสินใจของระบบ AI โดยเฉพาะในกรณีที่มีผลกระทบต่อการเรียนรู้หรือเส้นทางการเรียนรู้ของผู้เรียน การแสดงผลการตัดสินใจในรูปแบบที่เข้าใจง่ายนำเสนอผลการวิเคราะห์ของระบบผ่านแดชบอร์ดหรือคำอธิบายเชิงข้อความ เช่น สาเหตุที่ระบบแนะนำเนื้อหาหนึ่งหรือปรับระดับความยาก เพื่อเพิ่มความโปร่งใสและความเชื่อมั่นในการใช้งาน

6.2 ประเด็นด้านจริยธรรมและความเป็นส่วนตัว 1) การคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล ระบบ AI ต้องเก็บรวบรวมข้อมูลการเรียนรู้ส่วนบุคคลจำนวนมาก ซึ่งก่อให้เกิดความกังวลเกี่ยวกับความปลอดภัยและการใช้ข้อมูลอย่างเหมาะสม 2) ความลำเอียงของอัลกอริธึม (Algorithmic Bias) เกิดจากการที่ระบบ AI เรียนรู้จากข้อมูลฝึกสอนที่มีความไม่สมดุลหรือสะท้อนอคติเดิม ส่งผลให้เกิดการตัดสินใจที่ไม่เป็นธรรมต่อผู้เรียนบางกลุ่ม แนวทางลดผลกระทบ ได้แก่ การคัดเลือกและ

ปรับสมดุลข้อมูลฝึกสอน การออกแบบอัลกอริธึมที่คำนึงถึงความเป็นธรรม การประเมินผลการทำงานของระบบแยกตามกลุ่มผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง และการเปิดโอกาสให้มนุษย์มีส่วนร่วมในการตรวจสอบและปรับการตัดสินใจ เพื่อส่งเสริมความเป็นธรรมและความน่าเชื่อถือของระบบ AI ในการเรียนรู้ และ 3) การพึ่งพาเทคโนโลยีมากเกินไป ความกังวลว่า การใช้ AI อาจทำให้ผู้เรียนสูญเสียทักษะการคิดวิเคราะห์ด้วยตนเองและการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

6.3 ความท้าทายด้านการนำไปใช้งาน 1) การต้านทานการเปลี่ยนแปลง ครู ผู้บริหาร และผู้ปกครองอาจมีความกังวลหรือต้านทานการใช้เทคโนโลยี AI ในการศึกษา 2) ต้นทุนและการลงทุน การพัฒนาและดำเนินการระบบ AI ต้องการการลงทุนเริ่มต้นที่สูงและการบำรุงรักษาอย่างต่อเนื่อง และ 3) การขาดแคลนบุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญ การขาดแคลนผู้เชี่ยวชาญด้าน AI ในการศึกษาทำให้การพัฒนาและประยุกต์ใช้เป็นไปได้อย่างจำกัด

7. กรณีศึกษาที่สำคัญ

7.1 กรณีศึกษาระบบ ALEKS (Assessment and Learning in Knowledge Spaces) มีพื้นฐานสำคัญจาก Knowledge Space Theory (KST) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ ทฤษฎีการสร้างความรู้ (Constructivist Theory) ที่มองว่าผู้เรียนสร้างความรู้ใหม่จากโครงสร้างความรู้เดิมของตนเอง ไม่ใช่การรับความรู้แบบถ่ายทอดเพียงอย่างเดียว ALEKS ทำการประเมินสถานะความรู้ปัจจุบันของผู้เรียนอย่างละเอียดในระดับแนวคิด (concept-level assessment) และระบุว่าผู้เรียนมีความรู้ใดแล้วและยังขาดแนวคิดใดอยู่ จากนั้นระบบจะจัดลำดับการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับโครงสร้างความรู้เฉพาะบุคคล ซึ่งสะท้อนหลักการของ Constructivism ที่เน้นการเรียนรู้แบบเป็นลำดับขั้นและอยู่ในระดับที่ผู้เรียนสามารถพัฒนาได้ต่อเนื่อง การที่ผู้เรียนเลือกเรียนหัวข้อที่ระบบแนะนำและได้รับการเสริมความรู้เฉพาะจุด ช่วยให้เกิดการเรียนรู้เชิงรุก (active learning) และการสร้างความเข้าใจด้วยตนเอง ผลลัพธ์เชิงประจักษ์ เช่น คะแนนสอบที่เพิ่มขึ้น การลดเวลาในการเรียนรู้ และความมั่นใจที่สูงขึ้น จึงแสดงให้เห็นว่า ALEKS ไม่เพียงทำหน้าที่ประเมินความรู้ แต่ยังสนับสนุนกระบวนการสร้างความรู้ของผู้เรียนอย่างเป็นระบบและสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้เชิงสร้างความรู้โดยตรง

7.2 กรณีศึกษา Carnegie Learning's MATHia MATHia เป็นระบบครูสอนพิเศษอัจฉริยะสำหรับคณิตศาสตร์ที่พัฒนาโดย Carnegie Learning ระบบนี้ใช้ Cognitive Model เพื่อเข้าใจวิธีการคิดของผู้เรียนและให้คำแนะนำที่เหมาะสม คุณลักษณะเด่น 1) การติดตามขั้นตอนการคิดของผู้เรียนแบบเรียลไทม์ 2) การให้คำใบ้และการแนะนำที่เฉพาะเจาะจง 3) การปรับแต่งปัญหาและแบบฝึกหัดตามความต้องการ ผลการศึกษา 1) นักเรียนที่ใช้ MATHia มีผลการเรียนดีขึ้น 15 - 20% เมื่อเทียบกับการเรียนแบบดั้งเดิม 2) ครูสามารถใช้เวลาในการสอนแบบเฉพาะเจาะจงมากขึ้น

7.3 กรณีศึกษา ระบบการศึกษาในประเทศจีน ประเทศจีนได้นำ AI มาใช้ในระบบการศึกษาอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะโครงการ "AI + Education" ที่ริเริ่มโดยรัฐบาล การนำไปใช้ที่สำคัญ: 1) ระบบการประเมินอัจฉริยะในการสอบเข้ามหาวิทยาลัย (Gaokao) 2) แพลตฟอร์มการเรียนรู้ออนไลน์ขนาดใหญ่ เช่น Squirrel AI และ VIPKID 3) การใช้ AI ในการวิเคราะห์พฤติกรรมกรรมการเรียนรู้และการประเมินผล ผลลัพธ์ 1) การเพิ่มการเข้าถึงการศึกษาคุณภาพในพื้นที่ชนบท 2) การปรับปรุงประสิทธิภาพการเรียนรู้ระดับประเทศ และ 3) การพัฒนาระบบการศึกษาให้ทันสมัยและสอดคล้องกับเศรษฐกิจดิจิทัล

8. องค์ความรู้ใหม่ แนวโน้มและอนาคตของ AI ในการศึกษา

8.1 เทคโนโลยีที่กำลังพัฒนา 1) Generative AI เช่น ChatGPT และ Claude กำลังเปลี่ยนแปลงการศึกษาในด้านต่าง ๆ เช่น การสร้างเนื้อหาการเรียนรู้ การให้คำปรึกษา และการประเมินผลแบบเปิด 2) Virtual และ Augmented Reality การผสมรวม AI กับ VR/AR จะสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่ดื่มด่ำและโต้ตอบได้ 3) Emotion AI เทคโนโลยี

การจดจำและตอบสนองต่ออารมณ์จะช่วยให้ระบบเข้าใจสถานะทางจิตใจของผู้เรียนและปรับการสอนให้เหมาะสม และ

4) Blockchain in Education การใช้ blockchain ร่วมกับ AI เพื่อสร้างระบบการรับรองคุณวุฒิที่โปร่งใสและปลอดภัย

8.2 แนวโน้มการพัฒนาในอนาคต 1) การเรียนรู้ตลอดชีวิตแบบปรับตัวได้ ระบบ AI จะสามารถติดตามและสนับสนุนการเรียนรู้ของบุคคลตั้งแต่วัยเด็กจนวัยชรา ปรับเนื้อหาและวิธีการตามการเปลี่ยนแปลงของความต้องการและสถานการณ์ชีวิต 2) การศึกษาแบบไฮบริด การผสมรวมระหว่างการเรียนรู้ในห้องเรียนและการเรียนรู้ออนไลน์ที่ขับเคลื่อนด้วย AI จะกลายเป็นรูปแบบมาตรฐาน และ 3) ระบบการศึกษาแบบกระจายศูนย์ AI จะช่วยให้เกิดระบบการศึกษาที่ไม่ผูกติดกับสถานที่และเวลา ผู้เรียนสามารถเข้าถึงการศึกษาคุณภาพจากทุกที่ทุกเวลา

8.3 การพัฒนาสู่ระบบนิเวศการศึกษาอัจฉริยะ 1) Interconnected Learning Ecosystem ระบบต่าง ๆ จะเชื่อมต่อกันเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลและสร้างภาพรวมการเรียนรู้ที่สมบูรณ์ 2) Continuous Assessment และ Micro-credentials การประเมินผลแบบต่อเนื่องและการให้คุณวุฒิย่อยที่สะท้อนทักษะเฉพาะ และ 3) AI Teaching Assistants ผู้ช่วยสอนอัจฉริยะที่สามารถสนับสนุนครูมนุษย์ในการจัดการห้องเรียนและให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียน

9. การประยุกต์ใช้ในบริบทประเทศไทย

9.1 โอกาสและศักยภาพ ประเทศไทยมีโอกาสในการประยุกต์ใช้ AI สำหรับการเรียนรู้แบบปรับตามผู้เรียนในหลายด้าน: 1) การแก้ไขปัญหาความเหลื่อมล้ำทางการศึกษา AI สามารถช่วยลดช่องว่างการศึกษาระหว่างพื้นที่เมืองและชนบท โดยการให้การเข้าถึงการศึกษาคุณภาพผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัล 2) การสนับสนุนภาษาท้องถิ่น AI สามารถพัฒนาให้สนับสนุนการเรียนรู้ในภาษาท้องถิ่นต่างๆ ของไทย ช่วยอนุรักษ์และส่งเสริมความหลากหลายทางวัฒนธรรม และ 3) การพัฒนาทักษะสำหรับ Thailand 4.0 การใช้ AI ในการศึกษาจะช่วยพัฒนาบุคลากรที่มีทักษะดิจิทัลและเทคโนโลยีสูงตามนโยบาย Thailand 4.0

9.2 ความท้าทายเฉพาะในบริบทไทย 1) การขาดแคลนบุคลากรด้านเทคโนโลยี ประเทศไทยยังขาดแคลนผู้เชี่ยวชาญด้าน AI และการศึกษาดิจิทัล 2) ความพร้อมด้านโครงสร้างพื้นฐาน การเข้าถึงอินเทอร์เน็ตความเร็วสูงและอุปกรณ์เทคโนโลยีในบางพื้นที่ยังจำกัด และ 3) ค่านิยมและวัฒนธรรมการศึกษา การปรับเปลี่ยนจากระบบการศึกษาแบบดั้งเดิมสู่ระบบที่ขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยีต้องการการปรับเปลี่ยนความคิดของสังคม

9.3 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย 1) การพัฒนาบุคลากร ควรมีการฝึกอบรมครูและบุคลากรทางการศึกษาให้สามารถใช้งาน AI อย่างมีประสิทธิภาพ 2) การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน การลงทุนในโครงสร้างพื้นฐานดิจิทัลเพื่อรองรับการศึกษาที่ขับเคลื่อนด้วย AI และ 3) กรอบการทำงานด้านจริยธรรมการสร้างมาตรฐานและแนวปฏิบัติด้านจริยธรรมในการใช้ AI ในการศึกษา

10. ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา

10.1 แนวทางการพัฒนาระบบ 1) การออกแบบที่เน้นผู้ใช้ (User-Centered Design) ระบบ AI ควรออกแบบโดยให้ผู้ใช้และครูเป็นศูนย์กลาง คำนึงถึงความต้องการและข้อจำกัดของผู้ใช้จริง 2) การพัฒนาแบบค่อยเป็นค่อยไป (Gradual Implementation) การนำ AI มาใช้ในการศึกษาควรเป็นไปแบบค่อยเป็นค่อยไป เริ่มจากโครงการนำร่องขนาดเล็กก่อนขยายผลในวงกว้าง และ 3) การสร้างความร่วมมือ (Collaborative Development) การพัฒนาระบบ AI สำหรับการศึกษาคควรเกิดจากความร่วมมือระหว่างนักเทคโนโลยี นักการศึกษา และผู้ปฏิบัติงานในพื้นที่

10.2 การสร้างความไว้วางใจและการยอมรับ 1) ความโปร่งใสในการทำงาน (Explainable AI) ระบบ AI ควรสามารถอธิบายการตัดสินใจของตนได้อย่างชัดเจน เพื่อสร้างความไว้วางใจจากครูและผู้เรียน 2) การมีส่วนร่วมของชุมชน

การพัฒนา ระบบ AI ควรให้ชุมชนการศึกษามีส่วนร่วมในการออกแบบและประเมินผล และ 3) การฝึกอบรมและการสนับสนุน การให้การฝึกอบรมและสนับสนุนที่เพียงพอแก่ครูและบุคลากรทางการศึกษา

10.3 การรับประกันคุณภาพ 1) มาตรฐานการพัฒนา การสร้างมาตรฐานและแนวปฏิบัติที่ดีสำหรับการพัฒนาระบบ AI ในการศึกษา 2) การประเมินผลอย่างต่อเนื่อง การติดตามและประเมินผลการใช้งานระบบ AI เพื่อการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง และ 3) การคุ้มครองข้อมูล การสร้างกลไกการคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคลของผู้เรียนอย่างเข้มงวด

11. บทสรุป

การบูรณาการปัญญาประดิษฐ์เข้ากับการเรียนรู้แบบปรับตามผู้เรียนแสดงให้เห็นถึงศักยภาพอันยิ่งใหญ่ในการปฏิรูประบบการศึกษา เทคโนโลยี AI ช่วยให้การเรียนรู้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เหมาะสมกับบุคคล และเข้าถึงได้ง่ายมากขึ้น ผู้เรียนสามารถได้รับการศึกษาที่ตรงกับความต้องการ ความสามารถ และเป้าหมายของตนเอง อย่างไรก็ตาม การนำเทคโนโลยีนี้มาใช้ยังมีความท้าทายหลายประการ ตั้งแต่ปัญหาทางเทคนิค ประเด็นด้านจริยธรรม ไปจนถึงการต้านทาน การเปลี่ยนแปลง ความสำเร็จของการประยุกต์ใช้ AI ในการศึกษาจึงต้องอาศัยการวางแผนที่รอบคอบ การพัฒนาที่เป็นระบบ และความร่วมมือจากทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง สำหรับประเทศไทย การใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยี AI เพื่อการเรียนรู้แบบปรับตามผู้เรียนจะต้องคำนึงถึงบริบทเฉพาะของประเทศ รวมถึงความหลากหลายทางภาษาและวัฒนธรรม ความพร้อมของโครงสร้างพื้นฐาน และความต้องการของตลาดแรงงาน การพัฒนาควรเป็นไปอย่างค่อยเป็นค่อยไปและมีการประเมินผลอย่างต่อเนื่อง ในอนาคตคาดว่าจะเห็นการพัฒนาระบบการศึกษาที่ขับเคลื่อนด้วย AI ที่ซับซ้อนและมีประสิทธิภาพมากขึ้น การเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ทุกที่ทุกเวลา และเหมาะสมกับผู้เรียนแต่ละคนอย่างแท้จริง

ความสำเร็จของการปฏิวัติทางการศึกษานี้จะขึ้นอยู่กับความสามารถของเราในการใช้เทคโนโลยีอย่างมีจริยธรรม มีประสิทธิภาพ และเป็นธรรมต่อทุกคน การศึกษาวิจัยเพิ่มเติมควรมุ่งเน้นไปที่การพัฒนาอัลกอริธึมที่อธิบายได้ การสร้างมาตรฐานด้านจริยธรรม และการศึกษาผลกระทบระยะยาวของเทคโนโลยีนี้ต่อสังคมและการพัฒนามนุษย์ เพื่อให้แน่ใจว่าการใช้ AI ในการศึกษาจะนำไปสู่อนาคตที่ดีกว่าสำหรับผู้เรียนทุกคน

12. เอกสารอ้างอิง

- Anderson, T., & Dron, J. (2023). Artificial intelligence in personalized learning: A comprehensive review. *Journal of Educational Technology Research*, 45(3), 234–267.
- Chen, L., Wang, M., & Zhang, Y. (2022). Adaptive learning systems powered by AI: Current state and future directions. In *Proceedings of the International Conference on AI in Education* (pp. 156–171).
- Drachler, H., & Greller, W. (2024). Privacy and ethics in AI-driven personalized learning. *Computers & Education*, 189, 104118.
- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2023). *Artificial intelligence in education: Promises and implications*. Harvard Education Press.
- Luckin, R., & Cukurova, M. (2022). Designing educational technologies in the age of AI: A human-centred approach. *British Journal of Educational Technology*, 53(4), 891–905.
- Pane, J. F., Steiner, E. D., Baird, M. D., & Hamilton, L. S. (2024). *Continued progress: Promising evidence on personalized learning* (Research Report No. RR-2365-BMG). RAND Corporation.

Siemens, G., & Long, P. (2023). Penetrating the fog: Analytics in learning and education. *EDUCAUSE Review*, 46(5), 31–40.

VanLehn, K. (2022). The relative effectiveness of human tutoring, intelligent tutoring systems, and other tutoring systems. *Educational Psychologist*, 46(4), 197–221.

Woolf, B. P. (2024). *Building intelligent interactive tutors: Student-centered strategies for revolutionizing e-learning*. Morgan Kaufmann.

Zawacki-Richter, O., Marin, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2023). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(1), 1–27.

การศึกษาความเหมาะสมของต้นแบบแอปพลิเคชันแนะนำสถานที่ท่องเที่ยว
ตามความเชื่อส่วนบุคคล ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา

An Appropriateness Study of Application Prototype for Recommending
Tourist Attractions Based on Personal Beliefs in Phra Nakhon Si Ayutthaya
Province.

พิชามณูช ฤทธิประวัติ¹

¹คณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

Email: 267387322005-st@rmutsb.ac.th

วันที่รับบทความ 24 พฤศจิกายน 2568

วันแก้ไขบทความ 17 ธันวาคม 2568

วันที่รับบทความ 26 กุมภาพันธ์ 2569

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ได้พัฒนาต้นแบบโมบายแอปพลิเคชันแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวตามความเชื่อส่วนบุคคลในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ที่สามารถวิเคราะห์พฤติกรรมผู้ใช้เพื่อแนะนำสถานที่ที่สอดคล้องกับความเชื่อเฉพาะบุคคล โดยมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อออกแบบต้นแบบโมบายแอปพลิเคชันแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวตามความเชื่อส่วนบุคคลในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา 2) เพื่อประเมินความเหมาะสมของต้นแบบแอปพลิเคชันแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวตามความเชื่อส่วนบุคคล ทั้งด้านเนื้อหา ด้านการออกแบบ (UX/UI) ด้านการใช้งาน และด้านประโยชน์ใช้สอย จากผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน เพื่อพิจารณา ด้านเนื้อหา ด้านการใช้งาน ด้านออกแบบ และด้านประโยชน์การใช้สอยให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการแอปพลิเคชันในครั้งนี้ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย ต้นแบบแอปพลิเคชันแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวตามความเชื่อส่วนบุคคล แบบประเมินความเหมาะสมของต้นแบบแอปพลิเคชันแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวตามความเชื่อส่วนบุคคล สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า ผลประเมินความเหมาะสมของต้นแบบแอปพลิเคชันแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวตามความเชื่อส่วนบุคคลอยู่ในระดับความเหมาะสมมากมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.36 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.56 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า การต้นแบบแอปพลิเคชันแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวตามความเชื่อส่วนบุคคลที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปพัฒนาต่อให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้ โดยเฉพาะในด้านการใช้งานที่สะดวกและง่ายต่อการเรียนรู้

คำสำคัญ : ต้นแบบโมบายแอปพลิเคชัน/พฤติกรรมผู้ใช้/การท่องเที่ยวตามความเชื่อส่วนบุคคล

ABSTRACT

This research developed a prototype Android-based mobile application for recommending tourist attractions aligned with individuals' personal beliefs in Phra Nakhon Si Ayutthaya Province. The system was integrated with Firebase and the Google Maps API for data storage, processing, and location-based

services. The application also incorporated user behavior analysis to generate personalized recommendations consistent with specific belief profiles. The objectives of this study were: (1) to design and develop a mobile application for recommending tourist attractions based on personal beliefs in Phra Nakhon Si Ayutthaya Province; and (2) to evaluate the appropriateness of the application prototype in terms of content quality, user interface and user experience (UX/UI) design, usability, and practical utility. The evaluation was conducted by five experts who assessed the prototype to ensure its alignment with the intended objectives of the application.

The research instruments consisted of the developed application prototype and an expert evaluation form measuring the appropriateness of the system across the specified dimensions. Descriptive statistics, including mean and standard deviation, were used for data analysis. The findings revealed that the overall appropriateness of the application prototype was rated at a high level ($M = 4.36$, $SD = 0.56$). It can be concluded that the developed prototype demonstrates strong potential for further development and practical implementation, particularly in enhancing usability and ease of learning, thereby effectively responding to users' needs in personalized tourism recommendation contexts.

Keywords : Mobile Application Prototype / User Behavior / Belief-based Tourism.

1. บทนำ

การท่องเที่ยวมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการกระตุ้นเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงก่อนและหลังการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา (COVID-19) อุตสาหกรรมการท่องเที่ยวมีบทบาทในการสร้างรายได้ให้กับประเทศอย่างมหาศาล รวมถึงเป็นเครื่องมือในการกระจายรายได้ไปยังท้องถิ่น ส่งเสริมวัฒนธรรม และพัฒนาคุณภาพชีวิตของชุมชนในแหล่งท่องเที่ยว (การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย, 2566) ประเทศไทยได้รับการจัดอันดับให้เป็นหนึ่งในจุดหมายปลายทางยอดนิยมของนักท่องเที่ยวทั่วโลก โดยเฉพาะในด้านการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ และการท่องเที่ยวเชิงจิตวิญญาณ (ธีรพันธ์ & ภูมิพัฒน์, 2562)

จังหวัดพระนครศรีอยุธยาเป็นหนึ่งในแหล่งท่องเที่ยวสำคัญของประเทศไทยที่ได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นมรดกโลกจากองค์การยูเนสโก เมื่อวันที่ 13 ธันวาคม 1991 (องค์การยูเนสโก, ม.ป.ป.) โดยมีสถานที่ท่องเที่ยวทางวัฒนธรรมและประวัติศาสตร์จำนวนมาก โดยเฉพาะสถานที่ท่องเที่ยวเชิงพุทธศาสนา เช่น วัดมหาธาตุ วัดไชยวัฒนาราม และวัดพนัญเชิงวรวิหาร วัดเหล่านี้ล้วนมีความสำคัญ ไม่เพียงแต่ในด้านศิลปกรรมและสถาปัตยกรรมที่สะท้อนถึงภูมิปัญญาในแต่ละยุคสมัย รวมทั้งเป็นศูนย์รวมแห่งศรัทธาและจิตวิญญาณของผู้คนในชุมชนอีกด้วย ทั้งยังเป็นจุดหมายของนักท่องเที่ยวทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติที่สนใจในประวัติศาสตร์และศาสนา อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันการเข้าถึงข้อมูลเกี่ยวกับแหล่งท่องเที่ยวเชิงพุทธศาสนาในเชิงลึกยังคงขาดการบูรณาการอย่างเป็นระบบ และยังไม่มียุทธศาสตร์สนับสนุนการแนะนำแหล่งท่องเที่ยวที่สามารถปรับให้เหมาะสมกับลักษณะความสนใจหรือความเชื่อเฉพาะบุคคลของนักท่องเที่ยวได้ จังหวัดพระนครศรีอยุธยามีวัดและสถานที่ศักดิ์สิทธิ์เป็นจำนวนมากภายในเขตอุทยานประวัติศาสตร์ฯ มีวัดจำนวนทั้งหมด 834 แห่ง (“พิศมัย & ซวลีย์, 2565” กับ “ญาณินท์ & ภิญญา, 2567”)

แนวโน้มพฤติกรรมนักท่องเที่ยวในปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก นักท่องเที่ยวให้ความสำคัญกับประสบการณ์เฉพาะบุคคล แต่ยังไม่มีการพัฒนาระบบการรวบรวมข้อมูลหรือแอปพลิเคชันที่สามารถให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับสถานที่ท่องเที่ยวตามความเชื่อเฉพาะบุคคลได้อย่างมีประสิทธิภาพและครอบคลุม (Jatturat & Na-Talang,

2022). ส่งผลให้นักท่องเที่ยวจำนวนหนึ่งไม่สามารถเข้าถึงข้อมูลเกี่ยวกับวัดหรือสถานที่ศักดิ์สิทธิ์ที่ตรงกับความเชื่อหรือวัตถุประสงค์ของตนเอง เช่น วัดที่เหมาะสมกับการขอพรเรื่องการงาน หรือวัดที่โดดเด่นด้านการแก้ปวง ปัญหาที่สะท้อนถึงความจำเป็นในการพัฒนาเครื่องมือที่สามารถวิเคราะห์และเชื่อมโยงพฤติกรรมของนักท่องเที่ยวกับความเชื่อส่วนบุคคล เพื่อแนะนำสถานที่ที่เหมาะสมทั้งเชิงวัฒนธรรมและความศรัทธาอย่างมีระบบ จึงเกิดแนวโน้มของการท่องเที่ยวเชิงความเชื่อ หรือ “สายมู” ที่เติบโตอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะในกลุ่มคนรุ่นใหม่ที่ยิยมขอพร เสริมดวง แก้กรรม ฯลฯ เช่น วัดพญางิ้วหว้าวิหาร ที่มีชื่อเสียงด้านการขอพรเรื่องความรักและการงาน หรือวัดบางกะจะ ที่ได้รับความนิยมด้านโชคลาภการเงิน อย่างไรก็ตาม ข้อมูลเกี่ยวกับวัดเหล่านี้ยังไม่มีการจัดการในเชิงระบบ และไม่สามารถตอบสนองต่อความเชื่อเฉพาะบุคคลของนักท่องเที่ยวได้อย่างตรงจุด

การศึกษางานวิจัยในครั้งนี้จึงมีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาต้นแบบโมบายแอปพลิเคชันแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวตามความเชื่อส่วนบุคคลบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่สามารถเรียนรู้พฤติกรรมผู้ใช้และปรับการแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวตามความเชื่อส่วนบุคคลของผู้ใช้ได้อย่างเหมาะสม (นันทพล และคณะ, 2566) เพื่อประเมินความเหมาะสมของต้นแบบแอปพลิเคชันแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวตามความเชื่อส่วนบุคคล ทั้งด้านเนื้อหา ด้านการออกแบบ (UX/UI) ด้านการใช้งาน และด้านประโยชน์ใช้สอย เพื่อนำไปปรับปรุงและพัฒนาต้นแบบให้ตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้ได้อย่างเหมาะสม

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1) เพื่อออกแบบต้นแบบแอปพลิเคชันแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวตามความเชื่อส่วนบุคคลในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา
- 2) เพื่อประเมินความเหมาะสมของต้นแบบแอปพลิเคชันแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวตามความเชื่อส่วนบุคคล ทั้งด้านเนื้อหา ด้านการออกแบบ (UX/UI) ด้านการใช้งาน และด้านประโยชน์ใช้สอย

3. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พิศมัย จัตุรัตน์ และชวลีย์ ณ ถลาง (2565) ศึกษาพฤติกรรมของนักท่องเที่ยวชาวไทยที่เดินทางในแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในกรุงเทพฯ พบว่าส่วนใหญ่เดินทางกับครอบครัวในวันหยุด ใช้รถยนต์ส่วนตัว และมีเป้าหมายเพื่อพักผ่อน โดยปัจจัยทางประชากรศาสตร์ เช่น เพศ อายุ รายได้ มีความสัมพันธ์ต่อรูปแบบการเดินทางและค่าใช้จ่าย

เกษางาม วิรดา, พุ่มโพธิ์แพน สุครัตน์ และกันแก้ว วาฤทธิ์ (2568) การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันของมูลนิธิร่วมกตัญญู จังหวัดพระนครศรีอยุธยา สำหรับใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการแจ้งเหตุฉุกเฉิน การส่งข้อมูลอุบัติเหตุ และให้ข้อมูลคู่มือปฐมพยาบาลเบื้องต้นแก่ประชาชน โดยมุ่งเน้นให้ระบบสามารถเชื่อมโยงข้อมูลกับเจ้าหน้าที่กู้ภัยได้อย่างรวดเร็วและปลอดภัย ผลการประเมินคุณภาพของต้นแบบแอปพลิเคชันพบว่า แอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมในระดับ “ดีมาก”

Hananta et al. (2025) พัฒนาแอปพลิเคชันท่องเที่ยวบน Android โดยใช้ Waterfall Model และ Firebase ให้บริการข้อมูลสถานที่และเส้นทางท่องเที่ยว พร้อมทดสอบด้วย System Usability Scale ได้คะแนนเฉลี่ย 84.83 สะท้อนถึงความสามารถในการใช้งานระดับดีเยี่ยม

อิสริยา เส้นี และคณะ (2566) พัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อแนะนำแหล่งท่องเที่ยวแห่งใหม่ในจังหวัดภูเก็ต โดยเน้นการส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์หลังโควิด-19 ผ่านฟีเจอร์การค้นหาและแผนที่ ได้คะแนนความพึงพอใจเฉลี่ย 4.49

วุฒิกัท หนุยอด (2565) ได้ดำเนินการวิจัยเรื่อง “การพัฒนาแอปพลิเคชันแหล่งท่องเที่ยวในจังหวัดจันทบุรี” ผลการวิจัยพบว่า แอปพลิเคชันสามารถใช้งานได้ทั้งสองระบบปฏิบัติการ และได้รับการประเมินว่ามีประสิทธิภาพโดยรวมอยู่ในระดับ “ดี” ด้านที่ได้รับคะแนนสูงสุดคือด้าน ความยืดหยุ่นในการใช้งาน

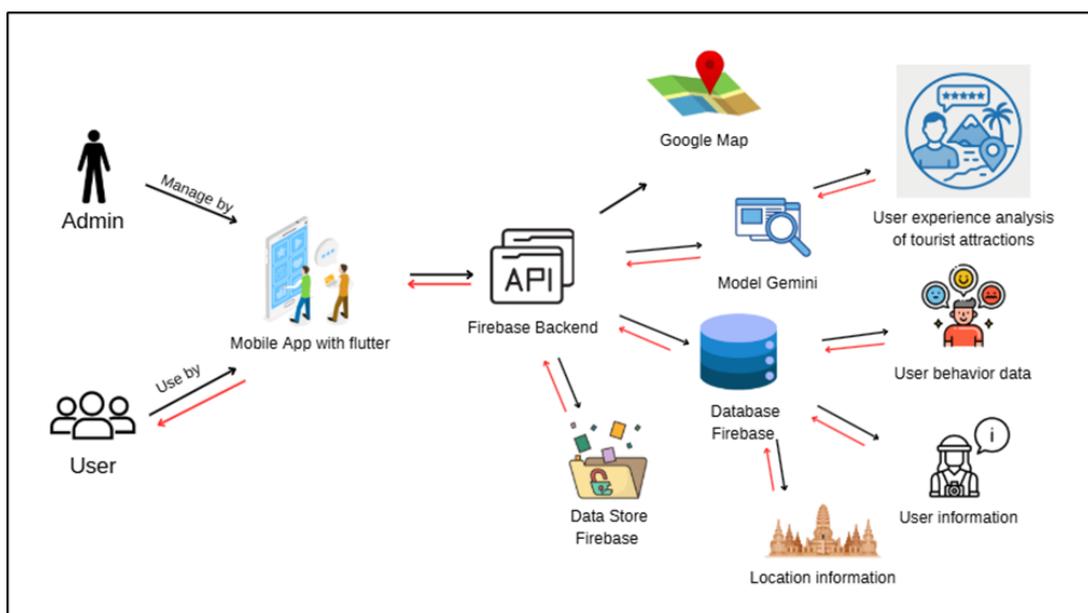
ระบบแนะนำ (Recommender Systems) มีบทบาทสำคัญในการยกระดับประสบการณ์ของนักท่องเที่ยวผ่านการวิเคราะห์ข้อมูลพฤติกรรมผู้ใช้ ความสนใจ และบริบทการใช้งาน โดยเฉพาะในสภาพแวดล้อมของการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมและศรัทธา งานวิจัยจำนวนมากได้ประยุกต์ใช้เทคนิคการกรองข้อมูลแบบเนื้อหา (Content-Based Filtering) การกรองแบบอาศัยความร่วมมือ (Collaborative Filtering) และการวิเคราะห์พฤติกรรมผู้ใช้ร่วมกับข้อมูลตำแหน่งที่ตั้ง (Location-Based Services) เพื่อสร้างข้อเสนอแนะที่มีความเฉพาะบุคคล (Personalization) มากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ การใช้เทคโนโลยีคลาวด์และฐานข้อมูลแบบเรียลไทม์ เช่น Firebase ร่วมกับ Google Maps API ยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเก็บ ประมวลผล และนำเสนอข้อมูลเชิงพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับแนวคิด Smart Tourism และ Digital Experience Design ที่มุ่งเน้นการบูรณาการเทคโนโลยีดิจิทัลกับพฤติกรรมผู้บริโภค เพื่อสร้างคุณค่าเชิงประสบการณ์และความพึงพอใจที่ยั่งยืน

ในด้านการออกแบบและประเมินต้นแบบ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องส่วนมากให้ความสำคัญกับหลักการออกแบบประสบการณ์ผู้ใช้ (UX) และส่วนติดต่อผู้ใช้ (UI) ที่เน้นความเรียบง่าย ชัดเจน และตอบสนองต่อบริบทของผู้ใช้ รวมถึงแนวคิดการออกแบบเชิงมนุษย์เป็นศูนย์กลาง (Human-Centered Design) ซึ่งช่วยให้ระบบสามารถใช้งานได้สะดวกและเรียนรู้ได้ง่าย กระบวนการประเมินความเหมาะสมของต้นแบบมักใช้การประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ (Expert Evaluation) เพื่อพิจารณาความถูกต้องของเนื้อหา ความเหมาะสมด้านการออกแบบ การใช้งาน และประโยชน์ใช้สอย ก่อนนำไปพัฒนาในระดับการใช้งานจริง การใช้สถิติเชิงพรรณนา เช่น ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ในการวิเคราะห์ผลการประเมินถือเป็นแนวปฏิบัติมาตรฐานที่ช่วยสะท้อนระดับความเหมาะสมของระบบอย่างเป็นรูปธรรม ดังนั้น แนวคิดและกรอบทฤษฎีดังกล่าวจึงเป็นฐานสำคัญในการพัฒนาต้นแบบโมบายแอปพลิเคชันแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวตามความเชื่อส่วนบุคคลในจังหวัดพระนครศรีอยุธยาให้มีความน่าเชื่อถือทั้งในเชิงเทคโนโลยีและเชิงวิชาการ

4. วิธีดำเนินการวิจัย/ระเบียบวิธีวิจัย/Research Methodology

การวิจัยนี้เพื่อพัฒนาต้นแบบผู้ใช้เพื่อการพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวตามความเชื่อส่วนบุคคลในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา จึงได้ออกแบบวิธีการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

4.1 สถาปัตยกรรมของระบบ



รูปที่ 1 สถาปัตยกรรมของระบบ

สถาปัตยกรรมของระบบนี้เป็นแพลตฟอร์มที่เชื่อมโยงผู้ใช้ (User) กับข้อมูลการท่องเที่ยว โดยมีผู้ดูแลระบบ (Admin) คอยจัดการข้อมูล และใช้ Gemini Model ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับประสบการณ์ของผู้ใช้ ซึ่งข้อมูลทั้งหมดจะถูกจัดเก็บและประมวลผลผ่าน Firebase Backend โดยมีการทำงานดังนี้

4.1.1 ส่วนประกอบหลักและการทำงาน

4.1.1.1 ผู้ใช้งาน (User) เป็นผู้ใช้ปลายทางที่ใช้งานแอปพลิเคชันมือถือ (Mobile App with Flutter) เพื่อเข้าถึงข้อมูลต่าง ๆ และผู้ดูแลระบบ (Admin) เป็นผู้ดูแลระบบที่มีสิทธิ์จัดการและควบคุมข้อมูลทั้งหมดผ่านแอปพลิเคชันมือถือเช่นกัน

4.1.1.2 ส่วนหน้า Mobile App with Flutter เป็นแอปพลิเคชันมือถือที่พัฒนาด้วยเฟรมเวิร์ก Flutter ทำหน้าที่เป็นส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface) และผู้ดูแลระบบ โดยแอปนี้จะสื่อสารกับส่วนหลัง (Backend) ผ่าน API เพื่อรับส่งข้อมูล

4.1.1.3 ส่วนหลัง Firebase Backend เป็นหัวใจของระบบ ทำหน้าที่เป็นเซิร์ฟเวอร์หลัก (Backend) โดยจัดการคำขอต่าง ๆ จากแอปพลิเคชันมือถือผ่าน API ที่เป็นช่องทางการสื่อสารระหว่างแอปพลิเคชันมือถือกับ Firebase Backend

4.1.1.4 ส่วนเก็บข้อมูลและบริการ (Data Storage and Services)

- 1) Database Firebase เป็นฐานข้อมูลหลักของระบบ ใช้สำหรับจัดเก็บข้อมูลสำคัญต่างๆ
 - 1.1) User information ข้อมูลส่วนตัวของผู้ใช้
 - 1.2) User behavior data ข้อมูลพฤติกรรมการใช้งานของผู้ใช้ เช่น สถานที่ที่สนใจหรือเส้นทางที่ค้นหา
 - 1.3) Location information ข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยว รวมถึงรายละเอียดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง
- 2) Data Store Firebase เป็นส่วนที่ใช้จัดเก็บไฟล์หรือข้อมูลที่ไม่ใช่เชิงโครงสร้าง เช่น รูปภาพ หรือเอกสารต่าง ๆ
- 3) Google Map เป็นบริการภายนอกที่ระบบเรียกใช้งานเพื่อแสดงข้อมูลแผนที่และตำแหน่งของสถานที่ท่องเที่ยวต่าง ๆ

4.1.2 การไหลของข้อมูลและการประมวลผล

4.1.2.1 การสื่อสารเบื้องต้น ทั้งผู้ใช้และผู้ดูแลระบบจะใช้งานแอปพลิเคชันมือถือ ซึ่งจะส่งคำขอและรับข้อมูลผ่าน API ที่เชื่อมต่อไปยัง Firebase Backend

4.1.2.2 การวิเคราะห์ข้อมูล Firebase Backend จะดึงข้อมูลจาก Database Firebase (เช่น ข้อมูลพฤติกรรมผู้ใช้และข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยว) ข้อมูลเหล่านี้จะถูกส่งไปยัง Model Gemini เพื่อทำการวิเคราะห์ User experience analysis of tourist attractions (การวิเคราะห์ประสบการณ์ของผู้ใช้ต่อสถานที่ท่องเที่ยว)

4.1.2.3 การแลกเปลี่ยนข้อมูล Model Gemini จะส่งผลการวิเคราะห์กลับไป Firebase Backend จะทำการจัดเก็บข้อมูลเหล่านั้นลงใน Database Firebase หรือใช้ในการปรับปรุงข้อมูลอื่น ๆ เพื่อส่งผลลัพธ์ที่ดียิ่งขึ้นกลับไปแอปพลิเคชันมือถือ

4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

4.2.1 ต้นแบบแอปพลิเคชันแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวตามความเชื่อส่วนบุคคล ที่นักวิจัยได้ทำการออกแบบโดยรวบรวมจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.2.2 แบบประเมินความเหมาะสมของต้นแบบแอปพลิเคชันแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวตามความเชื่อส่วนบุคคล ที่นักวิจัยพัฒนาขึ้น

4.2.3 เครื่องมือวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis Tools) ใช้โปรแกรม Jamovi ในการวิเคราะห์ข้อมูล สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลการวิจัย และการประเมินผล โดยใช้สถิติพรรณนา ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

4.3 การประเมินความเหมาะสมของต้นแบบแอปพลิเคชันแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวตามความเชื่อส่วนบุคคล จากผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 ท่าน

การคัดเลือกคุณสมบัติผู้ทรงคุณวุฒิในครั้งนี้ ได้กำหนดคุณสมบัติผู้ทรงคุณวุฒิ คือ สำเร็จการศึกษาตั้งแต่ปริญญาโทขึ้นไป สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ เทคโนโลยีดิจิทัล วิทยาการคอมพิวเตอร์ หรือสาขาที่เกี่ยวข้อง จำนวน 5 ท่าน โดยแบบประเมินแบ่งเป็น 4 ด้าน ดังนี้ 1.ด้านเนื้อหา 2. ด้านของการใช้งาน 3. ด้านของการออกแบบ 4. ด้านประโยชน์ใช้สอย

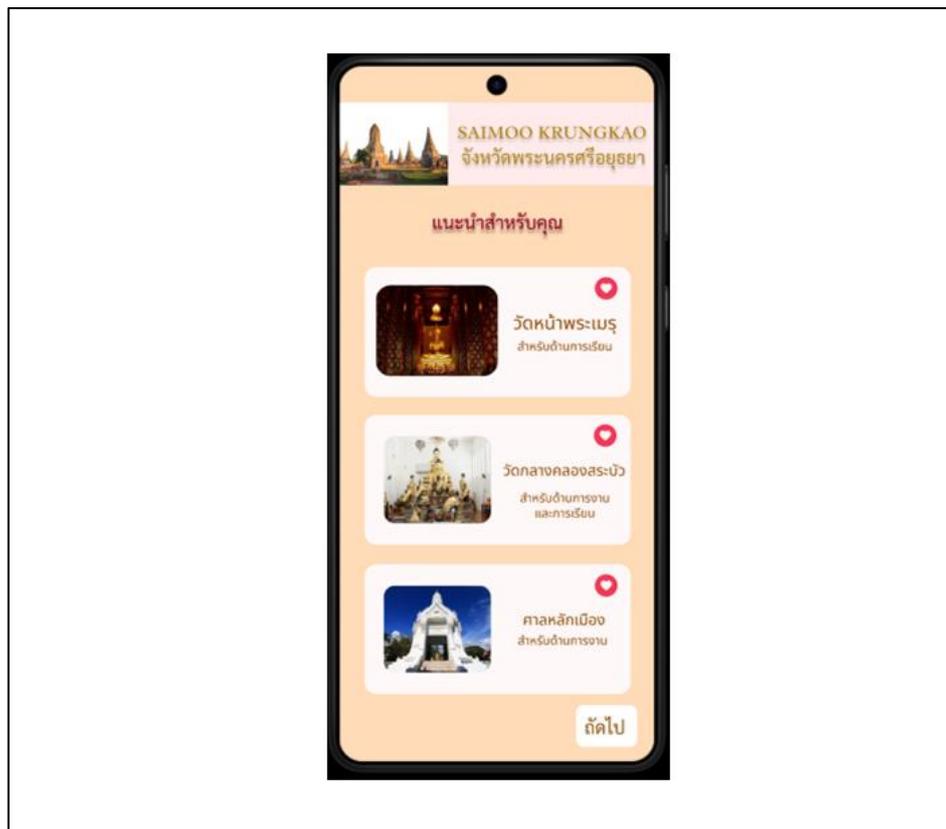
4.4 การออกแบบต้นแบบแอปพลิเคชัน



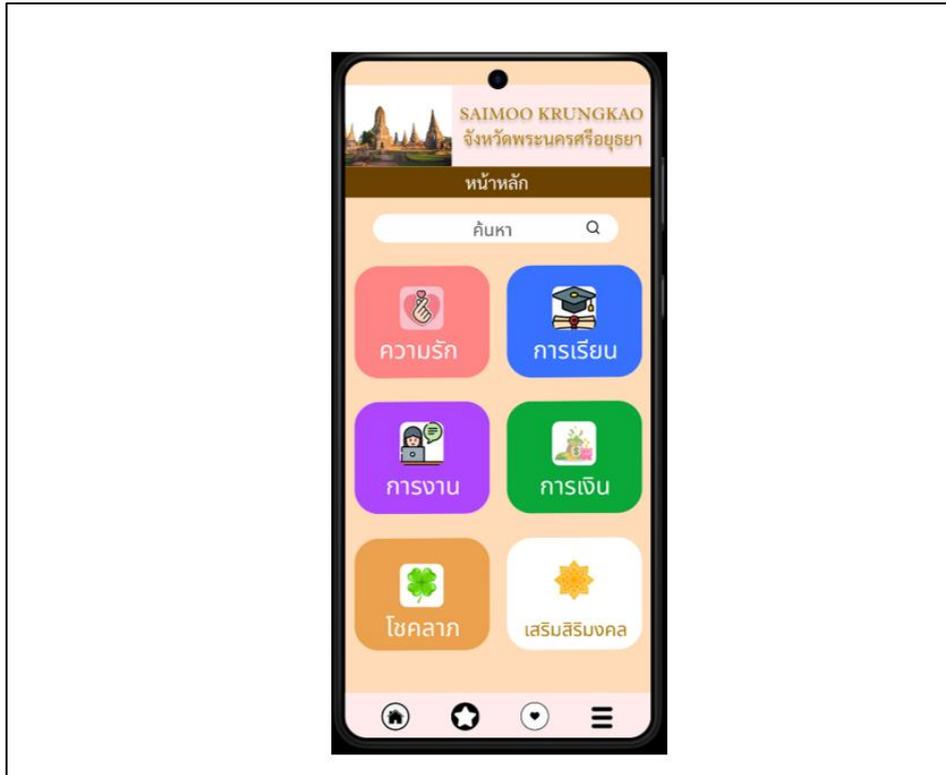
รูปที่ 2 แสดงหน้าเริ่มต้นของแอปพลิเคชัน การลงทะเบียนผู้ใช้ใหม่ และลงทะเบียนผู้ใช้เก่า



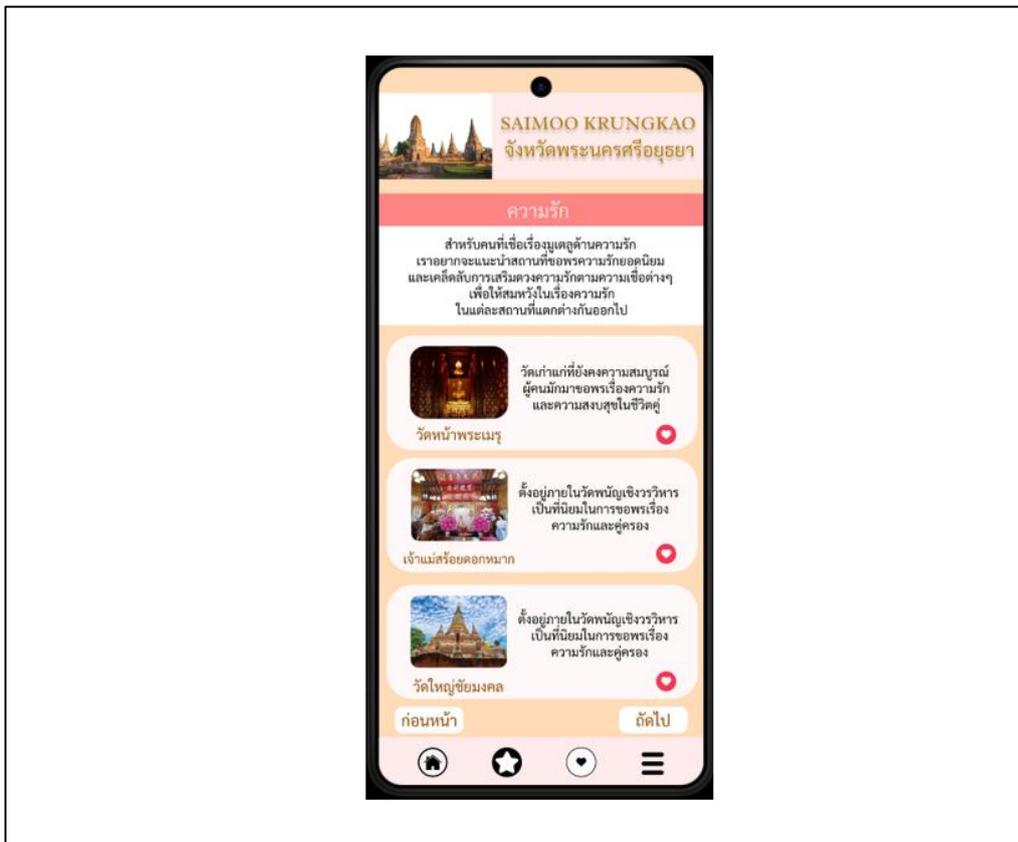
รูปที่ 3 แสดงแบบสอบถามพฤติกรรมและความชอบทางความเชื่อ



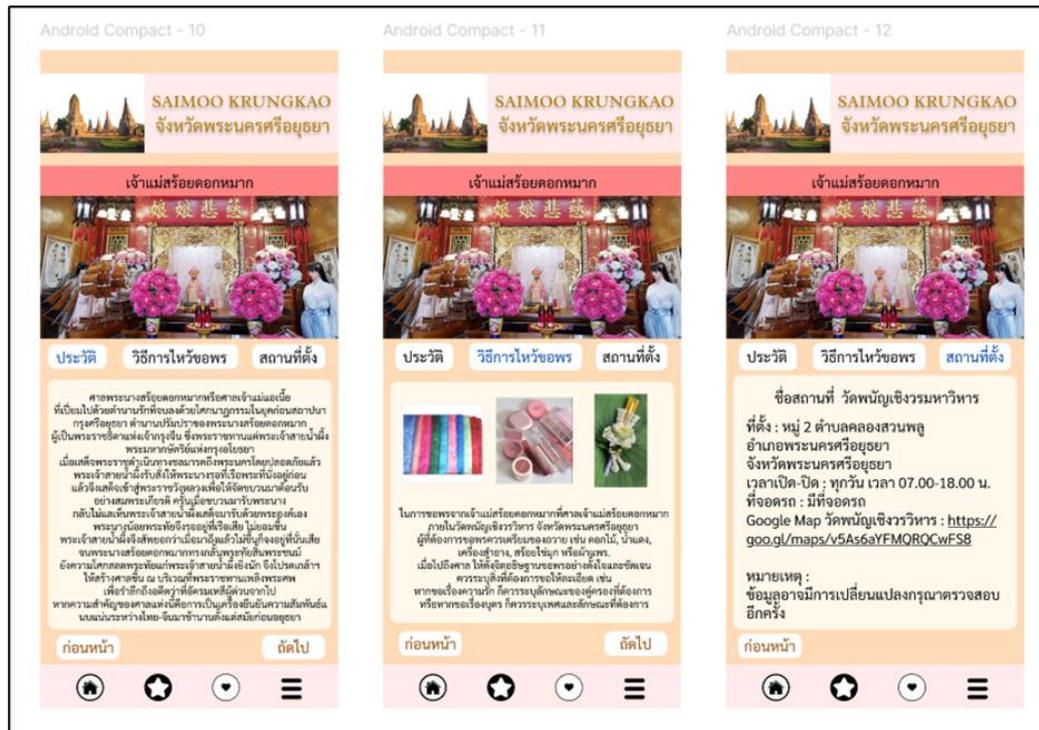
รูปที่ 4 แสดงหน้าจอสำหรับแนะนำส่วนบุคคล



รูปที่ 5 แสดงหน้าหลักของแอปพลิเคชัน



รูปที่ 6 แสดงหน้าจอข้อมูลสถานที่ของด้านความรัก



รูปที่ 7 แสดงกดเลือกสถานที่จะขึ้นหน้าประวัติ, วิธีการไหว้ขอพร, สถานที่ตั้ง

5. ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

5.1 ผลการวิจัย

การวิจัยนี้ได้จัดทำแบบประเมินความเหมาะสมต้นแบบแอปพลิเคชันแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวตามความเชื่อส่วนบุคคลในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา เพื่อนำไปประเมินความเหมาะสมของต้นแบบแอปพลิเคชันฯ โดยกำหนดคุณสมบัติผู้ทรงคุณวุฒิ คือ สำเร็จการศึกษาตั้งแต่ปริญญาโทขึ้นไป สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ เทคโนโลยีดิจิทัล วิทยาการคอมพิวเตอร์ หรือสาขาที่เกี่ยวข้อง จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์ หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อประเมินผลความเหมาะสมของต้นแบบแอปพลิเคชันฯ ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนของแบบประเมินความพึงพอใจตามเกณฑ์ลิเคิร์ท (Likert Scale) (ปรีदारรรณ & ชัชฌิมพัฒน์, 2565) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เกณฑ์การให้คะแนนของแบบประเมินความเหมาะสมของต้นแบบแอปพลิเคชัน

เกณฑ์การให้คะแนน		ความหมาย
เชิงปริมาณ	เชิงคุณภาพ	
4.51-5.00	มากที่สุด	ความเหมาะสมมากที่สุด
3.51-4.50	มาก	ความเหมาะสมมาก
2.51-3.50	ปานกลาง	ความเหมาะสมปานกลาง
1.51-2.50	น้อย	ความเหมาะสมน้อย
1.00-1.50	น้อยที่สุด	ความเหมาะสมน้อยที่สุด

การพัฒนาต้นแบบแอปพลิเคชันแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวตามความเชื่อส่วนบุคคลในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา มีผลการประเมินประสิทธิภาพโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 3 คน ซึ่งแบ่งเป็นแต่ละด้าน ดังนี้

ตารางที่ 2 ด้านเนื้อหา ผลการแสดงความเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความเหมาะสมของแอปพลิเคชัน

ด้านเนื้อหา	ค่าเฉลี่ย (\bar{X})	ส่วนเบี่ยงเบน	
		มาตรฐาน (S.D.)	แปลผล
1.1 เนื้อหาที่มีความถูกต้องและครบถ้วน	3.67	0.58	มาก
1.2 เนื้อหาที่มีความน่าเชื่อถือ	4.00	0.00	มาก
1.3 เนื้อหาที่มีความชัดเจนการนำเสนอ	3.67	0.58	มาก
เฉลี่ยรวม	3.78	0.39	มาก

ด้านเนื้อหา ผลการประเมินความเหมาะสมจากผู้ทรงคุณวุฒิอยู่ในระดับมีความเหมาะสมมาก ($\bar{X} = 3.78$, S.D. = 0.39) เมื่อพิจารณาเรียงลำดับความเหมาะสมจากมากไปหาน้อย พบว่า เนื้อหาที่มีความน่าเชื่อถืออยู่ในระดับมีความเหมาะสมมาก ($\bar{X} = 4.00$, S.D. = 0.00) รองลงมาซึ่งมีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนเท่ากัน คือ เนื้อหาที่มีความถูกต้องและครบถ้วนและเนื้อหาที่มีความชัดเจนการนำเสนอ อยู่ในระดับมีความเหมาะสมมาก ($\bar{X} = 3.67$, S.D. = 0.58) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 3 ด้านการใช้งาน ผลการแสดงความเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความเหมาะสมของแอปพลิเคชัน

ด้านการใช้งาน	ค่าเฉลี่ย (\bar{X})	ส่วนเบี่ยงเบน	
		มาตรฐาน (S.D.)	แปลผล
2.1 การใช้งานมีความสะดวกในการใช้งานเมนูและปุ่มกด	5.00	0.00	มากที่สุด
2.2 การใช้งานมีความเข้าถึงฟังก์ชันสำคัญ (การค้นหา, การบันทึกสถานที่, การใช้ Google Map)	4.00	1.00	มาก
2.3 การใช้งานมีความง่ายต่อการเรียนรู้ของผู้ใช้ใหม่	4.67	0.58	มากที่สุด
เฉลี่ยรวม	4.56	0.53	มากที่สุด

ด้านการใช้งาน ผลการประเมินความเหมาะสมจากผู้ทรงคุณวุฒิอยู่ในระดับมีความเหมาะสมมากที่สุด ($\bar{X} = 4.56$, S.D. = 0.53) เมื่อพิจารณาเรียงลำดับความเหมาะสมจากมากไปหาน้อย พบว่า การใช้งานมีความสะดวกในการใช้งานเมนูและปุ่มกด อยู่ในระดับมีความเหมาะสมมากที่สุด ($\bar{X} = 5.00$, S.D. = 0.00) การใช้งานมีความง่ายต่อการเรียนรู้ของผู้ใช้ใหม่ อยู่ในระดับมีความเหมาะสมมากที่สุด ($\bar{X} = 4.67$, S.D. = 0.58) และการใช้งานมีความเข้าถึงฟังก์ชันสำคัญ อยู่ในระดับมีความเหมาะสมมาก ($\bar{X} = 4.00$, S.D. = 1.00) ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 4 ด้านการออกแบบ ผลการแสดงผลค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความเหมาะสมของแอปพลิเคชัน

ด้านการออกแบบ	ค่าเฉลี่ย (\bar{X})	ส่วนเบี่ยงเบน	
		มาตรฐาน (S.D.)	แปลผล
3.1 การออกแบบมีความสวยงามและความเหมาะสมหน้าจอ	3.78	0.39	มาก
3.2 การออกแบบมีความชัดเจนของการใช้สัญลักษณ์และไอคอน	4.67	0.58	มากที่สุด
3.3 การออกแบบมีความเหมาะสมของสีและองค์ประกอบภาพรวม	4.33	0.58	มาก
เฉลี่ยรวม	4.33	0.39	มาก

ด้านการออกแบบ ผลการประเมินความเหมาะสมจากผู้ทรงคุณวุฒิอยู่ในระดับมีความเหมาะสมมาก ($\bar{X} = 4.33$, S.D. = 0.39) เมื่อพิจารณาเรียงลำดับความเหมาะสมจากมากไปหาน้อย พบว่า การออกแบบมีความชัดเจนของการใช้สัญลักษณ์และไอคอนอยู่ในระดับมีความเหมาะสมมากที่สุด ($\bar{X} = 4.67$, S.D. = 0.58) การออกแบบมีความเหมาะสมของสีและองค์ประกอบภาพรวมอยู่ในระดับมีความเหมาะสมมาก ($\bar{X} = 4.33$, S.D. = 0.58) และการออกแบบมีความสวยงามและความเหมาะสมหน้าจออยู่ในระดับมีความเหมาะสมมาก ($\bar{X} = 3.78$, S.D. = 0.39) ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 5 ด้านประโยชน์การใช้สอย ผลการแสดงผลค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความเหมาะสมของแอปพลิเคชัน

ด้านประโยชน์การใช้สอย	ค่าเฉลี่ย (\bar{X})	ส่วนเบี่ยงเบน	
		มาตรฐาน (S.D.)	แปลผล
4.1 ประโยชน์การใช้สอยสอดคล้องต่อแอปพลิเคชันกับวัตถุประสงค์การท่องเที่ยว	4.33	0.58	มาก
4.2 ประโยชน์การใช้สอยเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้ทั่วไป	4.33	0.58	มาก
4.3 ประโยชน์การใช้สอยช่วยส่งเสริมการท่องเที่ยวจังหวัด	4.00	1.00	มาก
เฉลี่ยรวม	4.22	0.72	มาก

ด้านประโยชน์การใช้สอย ผลการประเมินความเหมาะสมจากผู้ทรงคุณวุฒิอยู่ในระดับมีความเหมาะสมมาก ($\bar{X} = 4.22$, S.D. = 0.72) เมื่อพิจารณาเรียงลำดับความเหมาะสมจากมากไปหาน้อย พบว่า ประโยชน์การใช้สอยสอดคล้องต่อแอปพลิเคชันกับวัตถุประสงค์การท่องเที่ยวและประโยชน์การใช้สอยเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้ทั่วไปอยู่ในระดับมีความเหมาะสมมาก ($\bar{X} = 4.33$, S.D. = 0.58) และประโยชน์การใช้สอยช่วยส่งเสริมการท่องเที่ยวจังหวัด อยู่ในระดับมีความเหมาะสมมาก ($\bar{X} = 4.00$, S.D. = 1.00) ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 6 แสดงผลค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความเหมาะสมของแอปพลิเคชันรวมทั้ง 4 ด้าน

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย (\bar{X})	ส่วนเบี่ยงเบน	
		มาตรฐาน (S.D.)	แปลผล
1. ด้านเนื้อหา	4.33	0.58	มาก
2. ด้านการใช้งาน	4.56	0.53	มากที่สุด
3. ด้านการออกแบบ	4.33	0.39	มาก
4. ด้านประโยชน์การใช้สอย	4.22	0.72	มาก
เฉลี่ยรวม	4.36	0.56	มาก

จากผลการประเมินความเหมาะสมของต้นแบบแอปพลิเคชันแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวตามความเชื่อส่วนบุคคลในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยผู้เชี่ยวชาญค่าเฉลี่ยรวมทั้ง 4 ด้าน พบว่า แอปพลิเคชันมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.36$, S.D. = 0.56) เมื่อพิจารณาเรียงลำดับความเหมาะสมจากมากไปหาน้อย ด้านการใช้งานมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.56$, S.D. = 0.53) รองลงมาซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากัน ได้แก่ ด้านเนื้อหาและด้านการออกแบบ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.33$, S.D. = 0.58, 0.39 ตามลำดับ) และด้านประโยชน์การใช้สอยมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.22$, S.D. = 0.72) ดังตารางที่ 6

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

1. ด้านเนื้อหา ผลการประเมินอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.78, S.D. 0.39) แสดงให้เห็นว่าเนื้อหาที่จัดทำมีความน่าเชื่อถือและเหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมาย 2. ด้านการใช้งาน (Usability) ได้รับคะแนนเฉลี่ยสูงสุด (ค่าเฉลี่ย 4.56, S.D. 0.53) ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุด แสดงว่าแอปพลิเคชันมีการออกแบบที่ใช้งานง่าย เหมาะสมกับผู้ใช้ทุกกลุ่ม มีการจัดวางเมนูและฟังก์ชันที่เป็นระเบียบ สามารถเข้าถึงได้อย่างรวดเร็วและไม่ซับซ้อน 3. ด้านการออกแบบ (Design) ผลการประเมินอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.33, S.D. 0.39) ผลดังกล่าวสะท้อนว่าโครงสร้างหน้าจอบและองค์ประกอบภาพมีความเหมาะสมกับเนื้อหา โดยมีการใช้สีและสัญลักษณ์ที่สื่อความหมายชัดเจน ช่วยให้ผู้ใช้เข้าใจฟังก์ชันของแอปได้ง่าย 4. ด้านประโยชน์การใช้สอย (Practical Benefit) ผลการประเมินอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.22, S.D. 0.72) ผลการประเมินชี้ว่าแอปพลิเคชันสามารถช่วยส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงความเชื่อในพื้นที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยาได้ในระดับหนึ่ง

ผลการวิจัยโดยรวมแสดงให้เห็นว่าต้นแบบแอปพลิเคชันแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวตามความเชื่อส่วนบุคคลในจังหวัดพระนครศรีอยุธยาที่ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบ มีความเหมาะสมต่อการใช้งานจริง และสามารถตอบสนองต่อความต้องการของกลุ่มผู้ใช้ที่สนใจการท่องเที่ยวตามความเชื่อส่วนบุคคลได้เป็นอย่างดี และสามารถนำไปพัฒนาต่อให้เป็นแอปพลิเคชันแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวตามความเชื่อส่วนบุคคลในจังหวัดพระนครศรีอยุธยาที่ใช้งานได้จริงแต่ตรงตามความต้องการของผู้ใช้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วุฒิภัทร หนูยอดและคณะ (2565) แอปพลิเคชันมีความง่ายในการใช้งานสูง โดยผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลและฟังก์ชันต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็ว ไม่ซับซ้อน และเมนูการใช้งานมีความชัดเจน ทำให้ลดความยุ่งยากและเวลาในการเรียนรู้วิธีใช้งาน

6. สรุปผลการวิจัย

ต้นแบบแอปพลิเคชันแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวตามความเชื่อส่วนบุคคลในจังหวัดพระนครศรีอยุธยาที่ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบ มีความเหมาะสมทั้งในด้านเนื้อหา การใช้งาน การออกแบบ และประโยชน์การใช้สอย โดยเฉพาะด้านการใช้งานที่มีความโดดเด่นสูงสุด แอปพลิเคชันดังกล่าวจึงสามารถนำไปเป็นต้นแบบสำหรับการพัฒนาแอปพลิเคชันท่องเที่ยวในเชิงวัฒนธรรมและความเชื่อส่วนบุคคลในพื้นที่อื่น ๆ ได้ต่อไป ทั้งนี้ ผู้วิจัยเสนอแนะแนวทางการพัฒนาในอนาคตว่า ควรมีการขยายฐานข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยวเชิงความเชื่อเพิ่มเติมในพื้นที่ใกล้เคียง รวมถึงพัฒนาแอปพลิเคชันให้รองรับระบบปฏิบัติการอื่น เช่น iOS และเพิ่มระบบติดตามผลการใช้งาน (User Feedback) เพื่อเก็บข้อมูลพฤติกรรมและความพึงพอใจของผู้ใช้จริง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบให้ดียิ่งขึ้น

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ขยายกลุ่มตัวอย่างในการประเมินความเหมาะสมของต้นแบบแอปพลิเคชันสู่ผู้ใช้งานจริงในวงกว้าง กล่าวคือ การวิจัยครั้งต่อไปควรเพิ่มกลุ่มตัวอย่างกับกลุ่มนักท่องเที่ยวหรือประชาชนทั่วไปในสถานการณ์จริง (Field Testing) เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบในด้านความแม่นยำของการแนะนำ ความพึงพอใจของผู้ใช้ และผลกระทบต่อการตัดสินใจเลือกสถานที่ท่องเที่ยว

7.2 การออกต้นแบบแอปพลิเคชันให้มีการประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลขั้นสูงเพื่อเพิ่มความแม่นยำของระบบแนะนำ โดยการนำเทคนิคปัญญาประดิษฐ์หรือการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์พฤติกรรมผู้ใช้และรูปแบบความเชื่อเชิงลึก เพื่อปรับปรุงอัลกอริทึมการแนะนำให้มีความเฉพาะบุคคล (Personalization) มากยิ่งขึ้น รวมถึงการพิจารณาปัจจัยด้านบริบท เช่น เวลา ฤดูกาล เทศกาลทางศาสนา หรือข้อมูลรีวิวจากผู้ใช้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความยืดหยุ่นของระบบ ในการให้คำแนะนำกับผู้ใช้

7.3 ควรมีการศึกษาเพื่อการขยายผลไปยังจังหวัดหรือแหล่งท่องเที่ยวที่มีบริบทด้านความเชื่อและวัฒนธรรมแตกต่างกัน ตลอดจนเปรียบเทียบผลการประเมินระหว่างพื้นที่ เพื่อพัฒนาแนวทางหรือโมเดลต้นแบบที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในระดับภูมิภาคหรือระดับประเทศได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืนต่อไปในอนาคต

7. เอกสารอ้างอิง

- เกษางาม, ว., พุ่มโพธิ์แพน, ส., & กันแก้ว, ว. (2568). การพัฒนาแอปพลิเคชันมูลนิธิร่วมกตัญญู: ระบบแจ้งเหตุฉุกเฉิน การแจ้งเตือน และคู่มือปฐมพยาบาลเบื้องต้น. *วารสารการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรมดิจิทัล*, 2(1), 39–48. <https://ph05.tci-thaijo.org/index.php/TMDI/article/view/191/161>
- จัดตุรต, ป., & ณ ถลาง, ช. (2565). พฤติกรรมของนักท่องเที่ยวชาวไทยที่มาเยือนแหล่งท่องเที่ยวทางวัฒนธรรมในชุมชนของกรุงเทพมหานคร. *วารสารวิทยาลัยดุสิตธานี*, 16(2), 50–64. <https://so01.tci-thaijo.org/index.php/journaldttc/article/view/262397>
- ญาณินท์ ช่างหล้า, & ภิญรดา เมธารมณ. (2567). พฤติกรรมการท่องเที่ยวจังหวัดพระนครศรีอยุธยาของกลุ่มนักท่องเที่ยวชาวไทย. *วารสารวิชาการอยุธยาศึกษา*, 16(2), 57–73.
- นันทพล เหลืองอร่าม, ภูมินันท์ รักยิ้ม, & สุนันทา ศรีม่วง. (2566). การพัฒนาระบบแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวรายบุคคล. *วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมเชิงวิชาการ*, 4(1).
- ปรีดาวรรณ เกษเมธีการุณ, & ชัชฌพัฒน์ ขอบวิทยาคุณ. (2565). การพัฒนาต้นแบบเกมโมบายแอปพลิเคชันเพื่อเสริมสร้างแรงจูงใจต่อการเรียนการสอนออนไลน์ รองรับฐานวิถีชีวิตใหม่สำหรับผู้เรียนระดับปริญญาตรี.

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 3(2), 29–38.

https://so09.tci-thaijo.org/index.php/jait_ssrui/article/view/889

ธีรพันธ์ สงวนวงศ์, & ภูมิพัฒน์ พงศ์พุดติกุล. (2562). รูปแบบคุณภาพการบริการของท่าอากาศยานนานาชาติในประเทศไทย. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต*, 15(2), 1–14.

พิศมัย จัตุรัตน์, & ชวลีย์ ณ ถลาง. (2565). พฤติกรรมของนักท่องเที่ยวชาวไทยที่เดินทางมาท่องเที่ยวในแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม. *วารสารวิทยาลัยดุสิตธานี*, 16(2), 50–55.

วุฒิกัทร หนุ่ยยอด, เจษฎา สิงห์ทองชัย, & มานิตย์ สิงห์ทองชัย. (2565). การพัฒนาแอปพลิเคชันแหล่งท่องเที่ยวในจังหวัดจันทบุรี. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์*, 14(19), 96–106.

<https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/JSTNSRU/article/view/245398>

องค์การยูเนสโก. (ม.ป.ป.). *เมืองประวัติศาสตร์อยุธยา*. <https://whc.unesco.org/th/list/576/>

Hananta, A., et al. (2025). Development of an Android-based tourism application. *Journal of Science and Technology Nakhon Sawan Rajabhat University*, 14(19).

<https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/JSTNSRU/article/view/245398>

Jatturat, P., & Na-Talang, C. (2022). Tourist behavior in cultural tourism destinations in Bangkok communities. *Dusit Thani College Journal*, 16(2), 50–64.

ต้นแบบระบบควบคุมสถานที่จอดรถยนต์ด้วยเทคโนโลยีไอโอที (IoT) Prototype of a parking control system using IoT technology

ภูริ พันธุ์เสื่อทอง¹ และ สุภัตสร อรรถเมธี²

¹สาขาเทคโนโลยีธุรกิจดิจิทัล คณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
Email 267345221029-st@rmutsb.ac.th

²สาขาเทคโนโลยีธุรกิจดิจิทัล คณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
Email 267345221042-st@rmutsb.ac.th

วันที่รับบทความ 24 พฤศจิกายน 2568

วันแก้ไขบทความ 17 ธันวาคม 2568

วันตอบรับบทความ 27 กุมภาพันธ์ 2569

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาต้นแบบระบบควบคุมสถานที่จอดรถยนต์ด้วยเทคโนโลยีไอโอที (IoT) และประเมินประสิทธิภาพของระบบที่พัฒนาขึ้นโดยผู้เชี่ยวชาญ ต้นแบบที่พัฒนาขึ้นนี้มุ่งแก้ไขความไม่สะดวกในการค้นหาที่จอดรถด้วยตนเอง อันเนื่องมาจากมีจำนวนรถยนต์เพิ่มมากขึ้นที่ใช้บริการจอดรถ และการขาดระบบแจ้งข้อมูลช่องจอดรถในรูปแบบเรียลไทม์ เทคโนโลยีไอโอที (IoT) จึงถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการระบบควบคุมสถานที่จอดรถยนต์ โดยแสดงผลผ่านโมเดลจำลองสถานที่จอด ที่มีจอ LCD ขนาดเล็กแสดงพื้นที่ว่างของช่องจอดให้ผู้ขับขี่ทราบข้อมูลได้แบบเรียลไทม์ และส่งข้อมูลจำนวนรถที่เข้าและออกจากลานจอดรถไปยังหน้าเว็บไซต์ เพื่อให้ผู้ที่ทำหน้าที่ดูแลระบบทราบข้อมูลที่เป็นปัจจุบัน ผลการทดสอบประสิทธิภาพต้นแบบระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่ามีประสิทธิภาพในด้าน Functional test อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.67$, S.D. = 0.38) และประสิทธิภาพในด้าน Requirement test อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.00$, S.D. = 0.48)

คำสำคัญ: ระบบควบคุมสถานที่จอด, เทคโนโลยีไอโอที, เรียลไทม์

ABSTRACT

This research aims to develop a prototype of a car parking control system using IoT technology and evaluate the system's performance by experts. The developed prototype aims to address the inconvenience of manually searching for parking spaces due to the increasing number of cars using parking services and the lack of a real-time parking space information system. Therefore, IoT technology has been applied to enhance the efficiency of managing the car parking control system. It displays information thru a simulated parking model with a small LCD screen showing available parking spaces in real-time and sends data on the number of cars entering and exiting the parking lot to a website, allowing

system administrators to access up-to-date information. The performance testing of the prototype system by experts found that its efficiency in the Functional test was at the highest level ($\bar{X} = 4.67$, S.D. = 0.38) and its efficiency in the Requirement test was at a high level ($\bar{X} = 4.00$, S.D. = 0.48).

KEYWORDS: Parking Control System, IoT Technology, real time

1. บทนำ

การเติบโตอย่างต่อเนื่องของประชากรผู้ขับขี่รถยนต์ในปัจจุบันเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ความต้องการพื้นที่จอดรถในสถานที่ต่าง ๆ อาทิ อาคารสำนักงาน ห้างสรรพสินค้า สถานที่ราชการ มีจำนวนเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในเขตเมืองหรือสถานที่ที่มีข้อจำกัดด้านพื้นที่จอดรถ ทำให้การบริหารจัดการพื้นที่จอดเป็นเรื่องที่สำคัญที่ต้องตระหนักถึง เนื่องจากที่จอดรถที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้ใช้รถแล้ว ยังก่อให้เกิดผลกระทบที่เกี่ยวข้องอย่างชัดเจนคือการสิ้นเปลืองพลังงานเชื้อเพลิง ปัญหาการจราจรที่ติดขัด และมลภาวะทางอากาศที่เกิดขึ้น ดังนั้นการขาดระบบแจ้งเตือนผู้ใช้รถเพื่อความสะดวกในการจอดรถ จึงเป็นอุปสรรคสำคัญที่ทำให้ผู้ใช้รถเสียเวลาโดยเปล่าประโยชน์ ก่อให้เกิดความหนาแน่นและความแออัดในพื้นที่จอดรถที่ยากต่อการควบคุม

เทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวันของมนุษย์ในปัจจุบัน ที่ถูกนำมาใช้งานอย่างแพร่หลาย คือ เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง (Internet of Things, IoT) โดยหมายถึงการที่อุปกรณ์อัจฉริยะต่าง ๆ สามารถสื่อสารกันผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ทำให้มนุษย์สั่งการและควบคุมการใช้งานอุปกรณ์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เช่น การสั่งเปิด-ปิดอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า การสั่งงานในระบบรถยนต์ โทรศัพท์มือถือ เครื่องมือสื่อสาร เครื่องใช้สำนักงาน เครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรม รวมถึงสิ่งของเครื่องใช้ในชีวิตประจำวัน (ประภาพร กุลลัมรัตน์ชัย, 2559) ซึ่งไอโอทีถูกนำมาใช้ทั้งในภาครัฐบาล เอกชน อุตสาหกรรมการผลิต ตลอดจนประชาชนทั่วไป สามารถเข้าถึงไอโอทีผ่านโครงการต่าง ๆ ได้แก่ อุตสาหกรรมอัจฉริยะ (Smart Industry) เมืองอัจฉริยะ (Smart City) วิถีชีวิตแบบอัจฉริยะ (Smart Life) ที่สามารถเชื่อมต่อและทำงานผ่านสมาร์ตโฟน ทำให้ลดขั้นตอนการทำงานและเกิดความสะดวกสบายต่อการใช้ชีวิตประจำวันของมนุษย์ (ไพรินทร์ น้อมเศียร และมะลิวรรณ พลาวุฑ, 2565)

ต้นแบบระบบควบคุมสถานที่จอดรถยนต์ด้วยเทคโนโลยีไอโอที (IoT) ที่พัฒนาขึ้น ใช้เซนเซอร์ตรวจจับสถานะการจอดรถและส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยจะแสดงข้อมูลผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ประกอบด้วยจำนวนพื้นที่เหลือที่สามารถจอดรถยนต์ได้ จำนวนรถในช่องจอดรถทั้งหมด ซึ่งเป็นต้นแบบระบบบริหารจัดการพื้นที่จอดรถอัจฉริยะ เพื่อช่วยเพิ่มศักยภาพในการจัดการข้อมูลแบบเรียลไทม์ ที่สอดคล้องกับวิถีชีวิตแบบอัจฉริยะ (Smart Life) ซึ่งลดขั้นตอนการดำเนินชีวิตและเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการทรัพยากรพื้นที่จอดรถได้อย่างยั่งยืน

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 2.1 เพื่อพัฒนาต้นแบบระบบควบคุมสถานที่จอดรถยนต์ด้วยเทคโนโลยีไอโอที (IoT)
- 2.2 เพื่อประเมินประสิทธิภาพต้นแบบระบบควบคุมสถานที่จอดรถยนต์ด้วยเทคโนโลยีไอโอที (IoT)

3. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง (Internet of Things, IoT)

3.1.1 ความหมายของอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง

นพดล อุ่มน้อย (ม.ป.ป.) กล่าวว่าอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง คือเทคโนโลยีที่ทำให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ สามารถเชื่อมโยงกันและรับส่งข้อมูลระหว่างกันได้อย่างง่ายดาย ซึ่งสั่งการและควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ผ่านอินเทอร์เน็ต

วิวัฒน์ มีสุวรรณ (2559) กล่าวว่าอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง มาจากคำสำคัญสองคำ คือ “Internet” ซึ่งหมายถึงระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ ที่เชื่อมต่อและสื่อสารจากคอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่งไปยังอีกเครื่องหนึ่ง ส่วน “Thing” หมายถึงสรรพสิ่งทุกอย่าง วัตถุหรือสิ่งของ อุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น เครื่องปรับอากาศ โทรทัศน์ โต้ะ ปากกา เป็นต้น

สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (2562) ให้ความหมายของอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง คือ วัตถุ อุปกรณ์ พาหนะ สิ่งของเครื่องใช้ และสิ่งอำนวยความสะดวกในชีวิตอื่น ๆ ที่มนุษย์สร้างขึ้นโดยมีการฝังตัวของวงจรรีเลย์ทรอนิกส์ ซอฟต์แวร์ เซ็นเซอร์ และการเชื่อมต่อกับเครือข่าย ซึ่งวัตถุสิ่งของเหล่านี้สามารถเก็บบันทึกและแลกเปลี่ยนข้อมูลกันได้

จากความหมายข้างต้น สามารถสรุปความหมายของอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง คือเทคโนโลยีที่เชื่อมโยงอุปกรณ์และสิ่งของต่าง ๆ รอบตัวเข้ากับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อให้สามารถบันทึก รับส่งข้อมูล และสื่อสารระหว่างกันได้ อย่างอิสระ โดยที่มนุษย์สามารถสั่งการและควบคุมอุปกรณ์เหล่านั้นได้อย่างสะดวกและมีประสิทธิภาพ

3.1.2 การประยุกต์ใช้อินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง

ประภาพร กุลลิมรัตน์ชัย (2559) อธิบายเกี่ยวกับนำอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่งมาประยุกต์ใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. ด้านที่อยู่อาศัย ทำให้เกิดระบบบ้านอัจฉริยะ (smart home) ที่ผู้อยู่อาศัยสามารถควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในบ้าน ทั้งระบบไฟฟ้า เครื่องปรับอากาศ ไปจนถึงระบบรักษาความปลอดภัยจากกล้องวงจรปิด

2. ด้านการแพทย์ (healthcare) เพื่อติดตามเฝ้าระวังปัญหาสุขภาพของผู้ป่วย เช่น การติดตามเซ็นเซอร์ที่ตัวผู้ป่วยโรคหัวใจเพื่อวัดอัตราการเต้นของหัวใจว่าเกิดความผิดปกติหรือไม่ และส่งสัญญาณให้บุคคลในครอบครัวหรือแพทย์รับทราบเพื่อส่งข้อมูลเรียกรถฉุกเฉิน เป็นต้น

3. ด้านระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (smart grid) เป็นโครงข่ายไฟฟ้าที่ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารมาบริหารจัดการควบคุมการผลิต ส่ง และจ่ายพลังงานไฟฟ้า สามารถรองรับการเชื่อมต่อบริษัทจากแหล่งพลังงานทางเลือก รวมทั้งให้บริการกับผู้เชื่อมต่อกับโครงข่ายผ่านมิเตอร์อัจฉริยะ

4. ภาคการเกษตร ทำให้เกิดระบบฟาร์มอัจฉริยะ (smart farm) โดยการเปลี่ยน ไร่ นา สวนเกษตรให้เป็นระบบฟาร์มอัจฉริยะ ที่มีความสามารถในการรับรู้ความเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น สภาพดิน น้ำ อากาศ ด้วยเซ็นเซอร์ และทำงานได้อย่างอัตโนมัติ

3.2 เทคโนโลยีที่นำมาประยุกต์ใช้ในการบริหารจัดการที่จอดรถ

แลนด์ แอนด์ เฮ้าส์ (ม.ป.ป.) กล่าวถึงเทคโนโลยี Auto parking หรือ ระบบจอดรถอัตโนมัติ คือเทคโนโลยีที่ช่วยบริหารจัดการให้อาคารจอดรถมีพื้นที่จอดรถเพิ่มมากขึ้น เมื่อเทียบกับอาคารจอดรถทั่วไป โดยแบ่งประเภทของ Auto parking ได้เป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. Tower Parking เป็นระบบจอดซ้อนกันในแนวตั้ง มักนิยมใช้ในที่จอดรถคอนโดมิเนียม สำหรับโครงการที่มีพื้นที่น้อย โดยทำเป็นทอสูง ระบบเคลื่อนที่ในแนวตั้ง สามารถจอดรถได้ 2-4 คัน ต่อชั้น

2. Multi Floor Parking เหมาะกับสถานที่ที่มีพื้นที่ค่อนข้างมาก เป็นการจอดรถในแนวราบ ระบบทำงานโดยการใช้ลิฟท์ยกรถขึ้นระหว่างชั้น และคาร์ทเคลื่อนที่ส่งรถในแนวราบ ทำให้สามารถจอดรถได้หลายคันในแต่ละชั้น

3. Rotary Parking เหมาะสำหรับสถานที่ที่มีพื้นที่น้อย โดยทำเป็นกระเช้าสูง เคลื่อนที่แบบหมุนวนในแนวตั้ง สามารถจอดรถได้ 16 คันต่อหนึ่งชุด

4. Circulation Parking เหมาะกับพื้นที่แคบและยาว พื้นที่น้อย โดยระบบจะเคลื่อนที่แบบหมุนวนในแนวราบ สามารถจอดรถได้ 10-30 คันต่อหนึ่งชุด

4. วิธีดำเนินการวิจัย/ระเบียบวิธีวิจัย/Research Methodology

ต้นแบบระบบควบคุมสถานที่จอดรถยนต์ด้วยเทคโนโลยีไอโอที ในขั้นตอนวิธีดำเนินการวิจัย ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

4.1 ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง

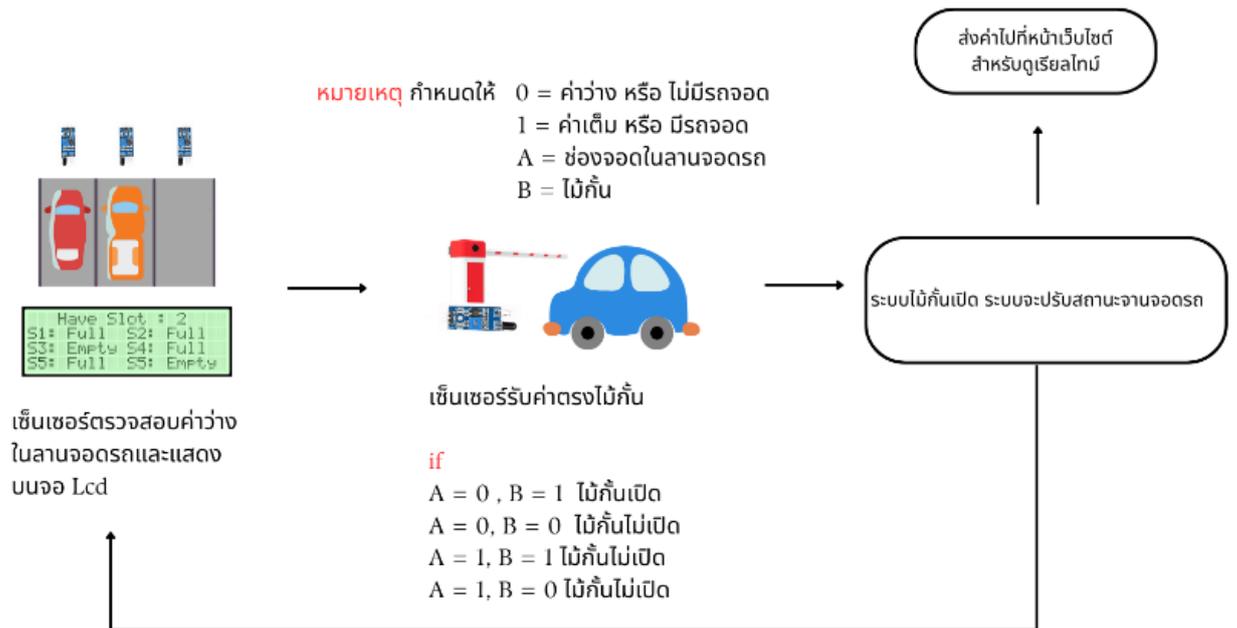
4.1.1 ศึกษาปัญหาจากระบบงานเดิมโดยการไปสำรวจพื้นที่จริง ได้แก่ ห้างสรรพสินค้าแห่งหนึ่งในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์พระนครศรีอยุธยา วาสุกกรี จากการสำรวจค้นพบว่าลานจอดรถของห้างสรรพสินค้านี้มีตู้กดบัตรจอดรถและพนักงานแจกบัตร ในส่วนของมหาวิทยาลัยมีพนักงานรักษาความปลอดภัยเป็นผู้เลื่อนที่กัน ซึ่งลานจอดทั้งสองแห่งไม่มีหน้าจอหรือป้ายที่แสดงข้อมูลที่จอดช่องใดว่าง ผู้ใช้บริการต้องขั้รถวนหาที่จอดรถจนกระทั่งพบที่จอดว่างจึงจะสามารถจอดได้

4.1.2 ศึกษาแนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับเทคโนโลยีไอโอที เพื่อใช้ในการพัฒนาระบบ โดยศึกษาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าสามารถนำเทคโนโลยีไอโอทีมาปรับใช้ในการพัฒนาต้นแบบระบบควบคุมสถานที่จอดรถยนต์

4.2 ออกแบบระบบ

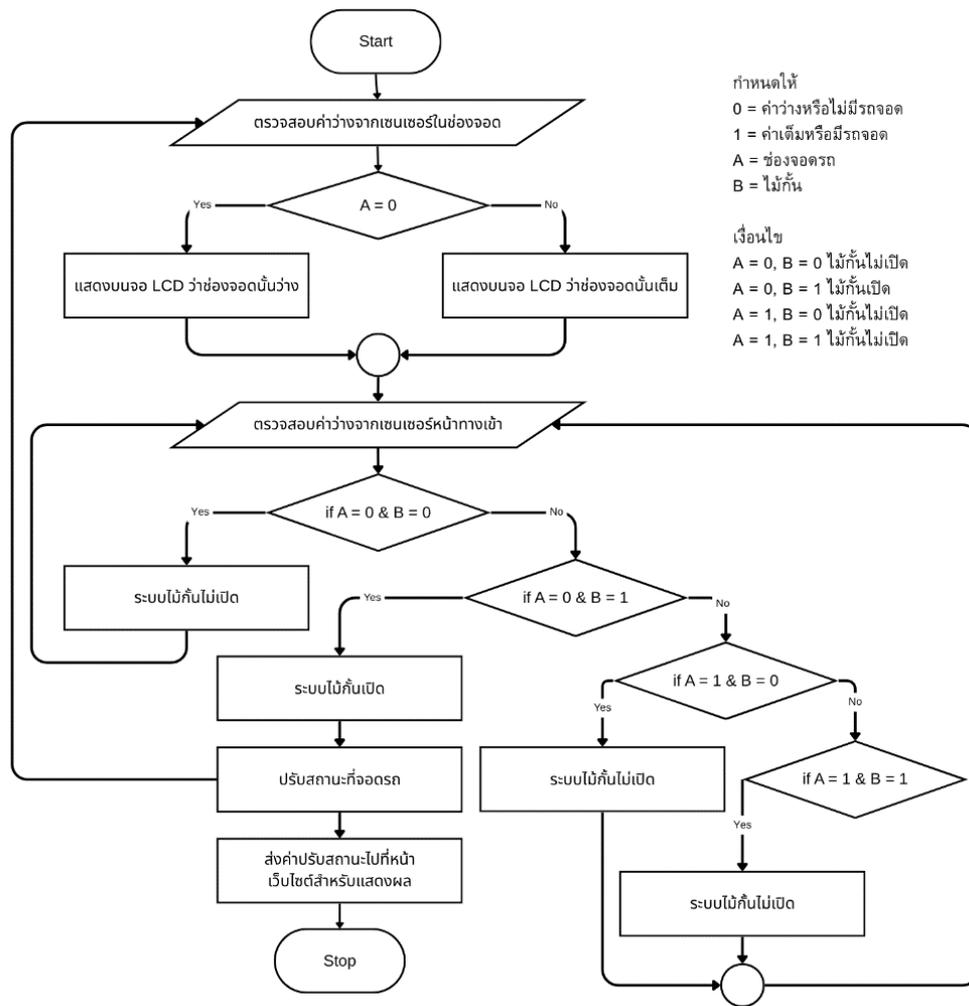
การออกแบบระบบ ประกอบด้วยกรอบแนวคิด การออกแบบแผนผังการทำงาน แผนภาพจำลอง การเชื่อมต่ออุปกรณ์ ส่วนแสดงผลของจอ LCD และส่วนแสดงผลของหน้าเว็บไซต์ ดังนี้

4.2.1 กรอบแนวคิดของระบบควบคุมสถานที่จอดรถยนต์ด้วยเทคโนโลยีไอโอที (IoT)



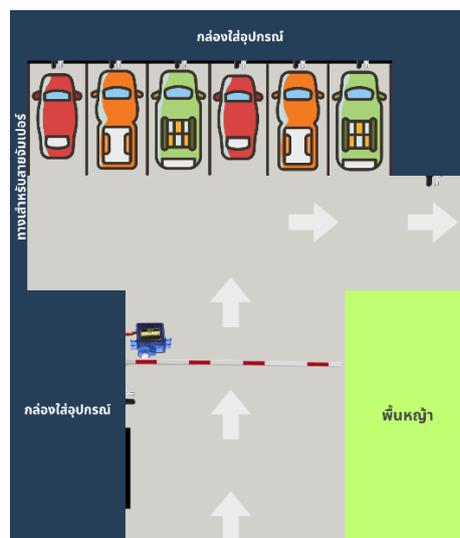
ภาพที่ 1 : กรอบแนวคิด

4.2.2 แผนผังการทำงาน



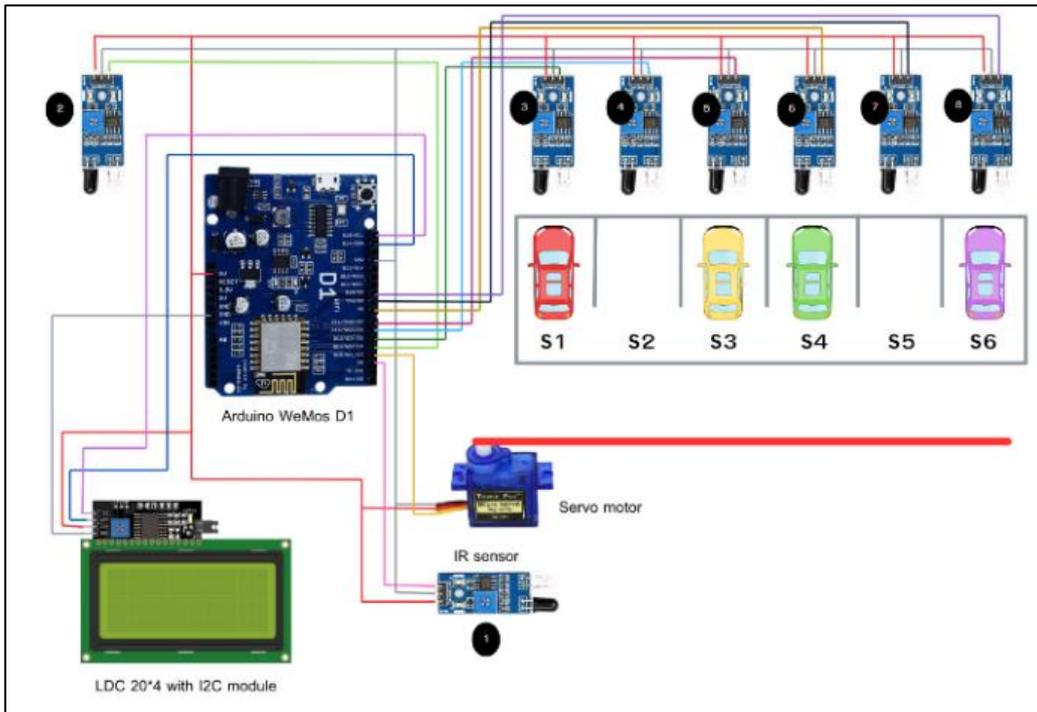
ภาพที่ 2 : แผนผังการทำงาน

4.2.3 การออกแบบแผนภาพจำลอง



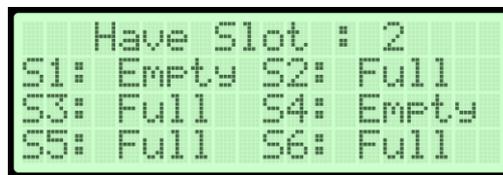
ภาพที่ 3 : แบบจำลองโมเดลสถานที่จอดรถยนต์

4.2.4 การออกแบบวงจรของอุปกรณ์



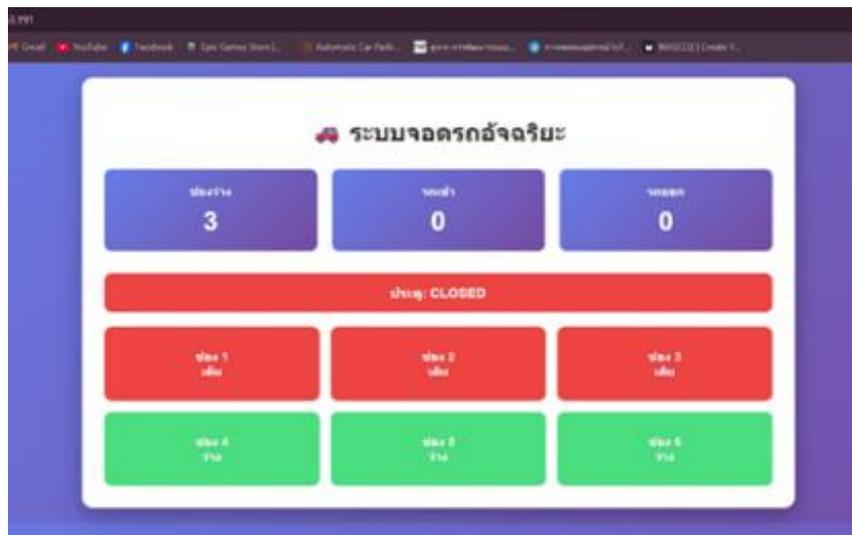
ภาพที่ 4 : วงจรของอุปกรณ์

4.2.5 การออกแบบส่วนแสดงผลของจอ LCD



ภาพที่ 5 : ส่วนแสดงผลของจอ LCD

4.2.6 การออกแบบส่วนแสดงผลของหน้าเว็บไซต์



ภาพที่ 6 : ส่วนแสดงผลของหน้าเว็บไซต์

4.3 พัฒนาระบบและทดสอบ

ผู้วิจัยใช้โปรแกรม Canva ควบคู่กับโปรแกรม LCD Display Screenshot Generator และโปรแกรม Lucidchart ในการออกแบบกรอบแนวคิด แผนผังการทำงาน วงจรเชื่อมต่ออุปกรณ์ ส่วนแสดงผลของจอ LCD และใช้โปรแกรม Arduino IDE ด้วยภาษา C/C++ ในการเขียนโค้ดพัฒนาโปรแกรมและส่งค่าที่ได้ไปแสดงผลแบบเรียลไทม์ผ่านเว็บไซต์

4.4 ประเมินประสิทธิภาพของระบบ

การประเมินประสิทธิภาพของต้นแบบระบบควบคุมสถานที่จอดรถยนต์ด้วยเทคโนโลยีไอโอทีที่ได้พัฒนาขึ้น ซึ่งประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบประเมินมาตราประมาณค่า 5 ระดับของ Likert (Likert, 1932) ซึ่งระดับความพึงพอใจตามหลักการของลิเคิร์ตนั้น ระดับ 5 คือมากที่สุด ระดับ 4 คือมาก ระดับ 3 คือปานกลาง ระดับ 2 คือน้อย และระดับ 1 คือน้อยที่สุด โดยนำค่าตัวเลขที่ได้มาวิเคราะห์และแปลผลด้วยเกณฑ์ของ Best & Kahn (1997) คือ ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจเท่ากับ 4.51 – 5.00 คือมากที่สุด 3.51 – 4.50 คือมาก 2.51 – 3.50 คือปานกลาง 1.51 – 2.50 คือน้อย และ 1.00 – 1.50 คือน้อยที่สุด สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

5. ผลการวิจัย

ต้นแบบระบบควบคุมสถานที่จอดรถยนต์ด้วยเทคโนโลยีไอโอที มีผลการประเมินประสิทธิภาพของต้นแบบ แสดงผลการวิจัยได้ดังตารางที่ 1 – 4 ดังนี้

ตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของต้นแบบโดยผู้วิจัย

ครั้งที่	จอ LCD แสดงผล ถูกต้อง	เซนเซอร์ ตรวจสอบค่า ว่างในลาน จอด ได้ถูกต้อง	เซนเซอร์หน้า ไม้กั้น ตรวจสอบ ค่าว่างได้ ถูกต้อง	ไม้กั้นเปิด-ปิด ตามเงื่อนไข	เซนเซอร์นับ จำนวนรถเข้า ใช้งานได้ ถูกต้อง	เซนเซอร์นับ จำนวนรถออก ใช้งานได้ ถูกต้อง
1	X	✓	✓	X	X	✓
2	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5	✓	✓	✓	✓	✓	X
6	✓	✓	✓	✓	✓	✓
7	X	X	X	X	X	✓
8	✓	✓	✓	✓	✓	X
9	✓	✓	✓	✓	✓	✓
10	✓	✓	✓	✓	✓	✓

ตารางที่ 2 สรุปผลการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของต้นแบบจากตารางที่ 1

หัวข้อ	คะแนนเฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
1. จอ LCD แสดงผลถูกต้อง	0.8	80
2. เซนเซอร์ตรวจสอบค่าว่างในลานจอดได้ถูกต้อง	0.9	90
3. เซนเซอร์หน้าไม้กั้น ตรวจสอบค่าว่างได้ถูกต้อง	0.9	90
4. ไม้กั้นเปิด-ปิด ตามเงื่อนไข	0.8	80
5. เซนเซอร์นับจำนวนรถเข้า ใช้งานได้ถูกต้อง	0.8	80
6. เซนเซอร์นับจำนวนรถออก ใช้งานได้ถูกต้อง	0.8	80
รวม	0.83	83

จากตารางที่ 1 และ 2 สรุปผลการประเมินประสิทธิภาพของต้นแบบที่พัฒนาขึ้น โดยการทำงานที่มีค่าประสิทธิภาพมากที่สุด คือเซนเซอร์ตรวจสอบค่าว่างในลานจอดได้ถูกต้อง และเซนเซอร์หน้าไม้กั้นตรวจสอบค่าว่างได้ถูกต้อง

ตารางที่ 3 ผลการประเมินประสิทธิภาพด้าน Functional test โดยผู้เชี่ยวชาญ

หัวข้อ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	แปลผล
1. เซนเซอร์ตรวจจับค่าว่างในช่องจอดรถมีความแม่นยำ	4.67	0.58	มากที่สุด
2. เซนเซอร์นับจำนวนรถออกมีความแม่นยำ	4.33	0.58	มาก
3. ไม้กั้นเปิดตามเงื่อนไขที่กำหนด	5.00	0.00	มากที่สุด
4. จอ LCD แสดงผลเรียลไทม์ได้ถูกต้อง	4.67	0.58	มากที่สุด
5. ส่งค่านับจำนวนรถไปที่หน้าเว็บไซต์เพื่อแสดงผลได้ถูกต้อง	5.00	0.00	มากที่สุด
6. ระบบสามารถรีเซ็ตค่าเริ่มต้นได้เมื่อกดปุ่มรีเซ็ต	4.33	0.58	มาก
รวม	4.67	0.38	มากที่สุด

จากตารางที่ 3 ผลการประเมินประสิทธิภาพด้าน Functional test พบว่าในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยการทำงานที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ ไม้กั้นเปิดตามเงื่อนไขที่กำหนด และส่งค่านับจำนวนรถไปที่หน้าเว็บไซต์เพื่อแสดงผลได้ถูกต้อง การทำงานที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ เซนเซอร์นับจำนวนรถออกมีความแม่นยำและระบบสามารถรีเซ็ตค่าเริ่มต้นได้เมื่อกดปุ่มรีเซ็ต

ตารางที่ 4 ผลการประเมินประสิทธิภาพด้าน Requirement test โดยผู้เชี่ยวชาญ

หัวข้อ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	แปลผล
1. ต้นแบบใช้งานได้จริง	4.00	0.00	มาก
2. ระบบใช้งานได้ง่าย ไม่ซับซ้อน	4.33	0.58	มาก
3. ระบบมีความเสถียร	4.00	0.00	มาก
4. ข้อมูลที่แสดงผลบนจอ LCD มีความชัดเจน	4.67	0.58	มากที่สุด
5. เก็บค่าจำนวนรถเข้า-ออกได้ถูกต้อง	3.00	1.73	ปานกลาง
6. ระบบติดตั้งและบำรุงรักษาง่าย	4.00	0.00	มาก
รวม	4.00	0.48	มาก

จากตารางที่ 4 ผลการประเมินประสิทธิภาพด้าน Requirement test พบว่าในภาพรวมอยู่ในระดับมาก โดยการทำงานที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ ข้อมูลที่แสดงผลบนจอ LCD มีความชัดเจน การทำงานที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ เก็บค่าจำนวนรถเข้า-ออกได้ถูกต้อง

6. อภิปรายผลการวิจัย

1. ต้นแบบระบบควบคุมสถานที่จอดรถยนต์ด้วยเทคโนโลยีไอโอที ถูกออกแบบและพัฒนาขึ้น โดยมีกรอบแนวคิด การออกแบบแผนผังการทำงาน แผนภาพจำลอง การเชื่อมต่ออุปกรณ์ ส่วนแสดงผลของจอ LCD และส่วนแสดงผลของหน้าเว็บไซต์ที่ชัดเจน พัฒนาโดยใช้โปรแกรม Arduino IDE ด้วยภาษา C/C++ ที่มีผลสรุปการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของต้นแบบ คิดเป็นร้อยละ 0.83 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ญัฐพัชญ์ ศรีราชจันทร์ และภาณุพงศ์ แสงสว่าง (2564) ที่ได้พัฒนาระบบชั้นวางของอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ที่ใช้โปรแกรม Arduino IDE ด้วยภาษา C/C++ สำหรับควบคุมการรับ-ส่งค่าที่ได้จากเซนเซอร์ ทำให้สามารถรับข้อมูลเซนเซอร์การตรวจสอบสินค้าบนชั้นวางสินค้า เพื่อนำมาแสดงผลและแจ้งเตือนได้

2. ผลการประเมินประสิทธิภาพของต้นแบบโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ในด้าน Functional test ในภาพรวมมีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ นรินทร์ พนาวาส (2567) ได้พัฒนาระบบเฝ้าระวังความปลอดภัยห้องดาต้าเซ็นเตอร์ด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง โดยมีผลประเมินประสิทธิภาพด้าน Function test ในระดับดีมาก เนื่องจากระบบเซนเซอร์สามารถตรวจสอบการจ่ายระบบไฟฟ้า ตรวจสอบอุณหภูมิ แจ้งเตือนได้จริงตามสมมติฐานการวิจัยที่กำหนดไว้ สำหรับผลประเมินประสิทธิภาพด้าน Requirement test ในภาพรวมมีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ ภาณุวัฒน์ เรืองกุลทรัพย์ และคณะ (2565) ที่ทำการพัฒนาระบบควบคุมไม้แขนกันและไฟจราจรสำหรับข้ามถนนด้วยเทคโนโลยีไอโอที กรณีศึกษาโรงเรียนระดับประถมศึกษาหรือมัธยมศึกษาในเทศบาลขอนแก่น ระบบมีการทำงานส่งการผ่านเว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้น มีการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบไฟจราจรข้ามถนนเดิมกับระบบควบคุมไม้ แขนกันและไฟจราจรสำหรับข้ามถนนด้วยเทคโนโลยีไอโอที ซึ่งมีผลการประเมินประสิทธิภาพอยู่ในระดับมาก ที่เป็นเช่นนั้นเนื่องจากการทดสอบประสิทธิภาพพบว่าระบบสามารถทำงานได้มีประสิทธิภาพเมื่อเทียบกับระบบที่ใช้งานอยู่เดิม

7. กิตติกรรมประกาศ / Acknowledgements

ในการพัฒนาด้านระบบควบคุมสถานที่จอดรถยนต์ด้วยเทคโนโลยีไอโอที ประสบผลสำเร็จลุล่วงตามเป้าหมาย โดยได้รับความช่วยเหลือจาก ผศ.ดร.สุวิทย์ สมสุภาพรุ่งยศ และ ผศ.ชุตินา กลั่นไพฑูริย์ ผู้ให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ จึงทำให้ต้นแบบถูกพัฒนาขึ้นได้โดยสำเร็จ และขอขอบคุณบิดามารดาที่คอยให้กำลังใจ ในการจัดทำงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยความราบรื่นเป็นอย่างดี

8. เอกสารอ้างอิง

- ญัฐพัชญ์ ศรีราชจันทร์ และภาณุพงศ์ แสงสว่าง. (2564). การพัฒนาระบบชั้นวางของอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง. *วารสารวิทยาสารสนเทศและเทคโนโลยี*, 2(1), 41-52.
- นพดล อุ่มน้อย. (ม.ป.ป.). *การพัฒนาของ IoT (Internet of Things) ในประเทศไทย: จากแนวคิดสู่การปฏิบัติ*. กองพัฒนาดิจิทัลอุตสาหกรรม กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. <https://ddi.dip.go.th/files/article/attachments/ddi/bthkhvam-kar-phat-hna-khxng-iotni-prathesthiy-68fb3d1775cab042910133.pdf>
- นรินทร์ พนาวาส. (2567). การพัฒนาระบบเฝ้าระวังความปลอดภัยสำหรับห้องบริหารจัดการระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง. *วารสารสหศาสตร์ศรีปทุม ชลบุรี*, 10(1), 61-76.
- ประภาพร กุลลิมรัตน์ชัย. (2559). Internet of Things: แนวโน้มเทคโนโลยีปัจจุบันกับการใช้งานในอนาคต. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 10(1), 29-36.
- ไพรินทร์ น้อมเศียร และมะลิวรรณ พลากูท. (2565). อินเทอร์เน็ตสรรพสิ่งเปลี่ยนชีวิต. *T-VET Journal*, 6(12), 201-210.

ภาณุวัฒน์ เรืองกุลทรัพย์) .และทองปาน ปรีวัตร ,นรินทร์ พนาवास ,2565). การพัฒนาระบบควบคุมไม้แขวนกันและไฟ
จราจรสำหรับข้ามถนนด้วยเทคโนโลยีไอโอที กรณีศึกษาโรงเรียนระดับประถมศึกษาหรือมัธยมศึกษาในเทศบาล
ขอนแก่น .วารสารสหศาสตร์ศรีปทุม ชลบุรี ,8(3), 141-156.

แลนดี แอนด์ เฮ้าส์. (ม.ป.ป.). *Auto Parking ระบบจอดรถอัตโนมัติ ตอบโจทย์การใช้ชีวิตคนเมือง.*

<https://www.lh.co.th/th/blogs/living-tips/autoparking-for-condo>

วิวัฒน์ มีสุวรรณ. (2559). อินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง (Internet of Things) กับการศึกษา. *วารสารศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยนเรศวร, 18(4), 353-360.*

สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม. (2562, 13 พฤศจิกายน). *IoT กำลังจะเปลี่ยน
โลก.* https://www.ops.go.th/th/content_page/item/655-iot-กำลังจะเปลี่ยนโลก

Best, J. W., & Kahn, J. V. (1997). *Research in education* (8th ed.). Allyn & Bacon.

Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology, 22, 1-55.*

Developing an Extended Technology Acceptance Model (TAM) for Mathematics Learning: A Structural Equation Modeling Approach

Anek Putthidech¹, Yuwadee Chomdang², Pratueng Vongtong³,
Varit Kankaew⁴

¹Department of Mathematics, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, Thailand.

^{2,3,4}Department of Digital Technology, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, Thailand.

Article Info

Article history:

Received February 26, 2026

Revised February 26, 2026

Accepted February 26, 2026

Keywords:

Technology Acceptance Model
Mathematics Learning
Technology Quality
Learning Processes
Structural Equation Modeling

ABSTRACT

The increasing integration of digital and AI-supported technologies in mathematics education has highlighted the need to understand how technology quality influences students' learning experiences and outcomes. This study proposes and tests a parsimonious extended Technology Acceptance Model inspired framework to examine the relationships among technology quality perceptions, learning processes, and learning outcomes in technology supported mathematics learning. A quantitative, cross-sectional survey design was employed, and data were collected from undergraduate students with experience using digital tools for mathematics learning. Structural equation modeling (SEM) was applied to analyze the data. The results revealed that technology quality perceptions including feedback quality, adaptability, and clarity of mathematical content had a significant positive effect on learning processes ($\beta = 0.62, p < .001$). In turn, learning processes exerted a strong positive influence on learning outcomes, measured by mathematics learning achievement and mathematical literacy ($\beta = 0.68, p < .001$). Mediation analysis further indicated that learning processes fully mediated the relationship between technology quality perceptions and learning outcomes, with a significant indirect effect ($\beta = 0.42, p < .001$). These findings suggest that the educational value of technology lies not only in its features but in its capacity to foster meaningful learning processes. This study contributes empirical evidence for a concise, learning-centered model explaining how perceived technology quality translates into effective mathematics learning.

Corresponding Author:

Anek Putthidech
Department of Mathematics, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi
60 Moo 3 Hunta, Phra Nakhon Si Ayuttaya, Thailand
Email: anek.p@rmutsb.ac.th

1. INTRODUCTION

In an era where digital technologies are increasingly integrated into educational settings, understanding how learners accept and use these technologies has become a central concern for both researchers and practitioners. The Technology Acceptance Model (TAM), originally proposed by [1], is one of the most widely applied theoretical frameworks to explain and predict users' acceptance and use of technology. TAM postulates that individuals' behavioral intentions to use technology are influenced primarily by their perceived usefulness (PU) and perceived ease of use (PEOU) of the system, which in turn affect actual usage behavior [1]. The model

has been successfully applied to a variety of educational contexts, including online learning environments and mobile technologies for learning mathematics [2], [3].

Despite the extensive use of TAM in educational research, a significant gap remains in its application to mathematics learning especially in linking technology acceptance not only to behavioral intentions but also to learning processes and outcomes. Prior research has explored technology acceptance in general educational contexts, such as learning management systems (LMS) and elearning platforms [4], [5], but few studies have extended the model to capture how acceptance of technology directly influences students' mathematical engagement, self-regulated learning, or academic achievement.

In particular, studies investigating mobile technology acceptance in mathematics show promising results regarding behavioral intention and usage behavior among learners. For example [3] developed a scale to measure high school students' acceptance of mobile technologies in mathematics learning, underscoring the relevance of acceptance constructs such as effort expectancy and facilitating conditions. However, most of these studies remain descriptive or limited to behavioral outcomes without systematically examining the structural relationships between acceptance constructs and actual learning outcomes such as mathematical proficiency or conceptual understanding.

The integration of structural equation modeling (SEM) represents a robust analytical approach to untangling these complex relationships. SEM allows researchers to simultaneously assess multiple constructs and their interdependencies, providing a more comprehensive view of how technology acceptance influences learning behavior and outcomes. Recent studies have successfully applied extended TAM frameworks using SEM in related educational technology research, highlighting the model's adaptability and predictive capacity [6], [7].

Given the rapid development of educational technologies including AI-powered learning tools, adaptive systems, and interactive mobile applications there is a compelling need to develop an extended TAM that not only accounts for acceptance factors but also integrates learning process variables (e.g., engagement, cognitive support) and outcome measures specific to mathematics learning. Such an extended model can provide deeper theoretical insights and practical guidance on how technology design and pedagogical integration influence student success in mathematics. This study thus proposes a novel TAM extension to investigate the causal relationships among technology acceptance, learning processes, and mathematics learning outcomes using structural equation modeling.

Mathematics learning presents distinct cognitive challenges due to its abstract symbolic representations, hierarchical conceptual structures, and high demands on working memory and metacognitive regulation. Unlike general technology adoption contexts, mathematics learning requires deep conceptual processing rather than surface-level interaction with digital tools. Therefore, an extended TAM framework that incorporates learning processes as mediating mechanisms is particularly necessary in mathematics education, where technology must support cognitive engagement rather than mere usage.

2. HYPOTHESES OF RESEARCH

H1: Technology quality perceptions positively influence learning processes.

H2: Learning processes positively influence learning outcomes.

H3: Learning processes mediate the relationship between technology quality perceptions and learning outcomes.

3. LITERATURE REVIEW

3.1. Technology Acceptance Model (TAM) in Educational Contexts

The Technology Acceptance Model (TAM), proposed by [1], is one of the most influential theoretical frameworks for explaining individuals' acceptance and use of information technology. The model posits that perceived usefulness (PU) and perceived ease of use (PEOU) are the primary determinants of users' attitudes and behavioral intentions toward technology usage, which subsequently influence actual use. TAM has been extensively validated across various technological and organizational contexts, including education, due to its parsimony and strong explanatory power.

In educational settings, TAM has been widely employed to investigate learners' acceptance of elearning systems, learning management systems (LMS), mobile learning applications, and digital learning platforms. For instance, [5] demonstrated that PU and PEOU significantly influenced students' intentions to use

LMS platforms in higher education, highlighting the central role of perceived pedagogical benefits in technology adoption. Similarly, [4] conducted a comprehensive review of TAM based studies in education and concluded that TAM remains a robust model, although it often requires contextual extensions to capture domain specific learning dynamics.

Despite its widespread application, critics have noted that TAM primarily focuses on technology usage behavior, rather than on learning processes or educational outcomes. As a result, several scholars have called for extending TAM to include pedagogical, cognitive, and motivational variables that better reflect learning effectiveness in educational environments [8].

While the original TAM emphasizes perceived usefulness (PU) and perceived ease of use (PEOU) as primary determinants of behavioral intention, the present study extends TAM by reconceptualizing technology quality perceptions as a domain-specific refinement of PU within mathematics learning contexts. Rather than focusing solely on behavioral intention, this extended framework integrates learning process variables—such as engagement and self-regulation—as mediating mechanisms linking perceived technology quality to learning outcomes. In this sense, the proposed model preserves the core acceptance logic of TAM while advancing it toward a learning-centered structural explanation.

3.2. TAM Extensions and Structural Equation Modeling (SEM)

To address the limitations of the original TAM, researchers have proposed various extended TAM models that incorporate additional constructs such as social influence, facilitating conditions, system quality, and perceived enjoyment. These extensions are often analyzed using structural equation modeling (SEM), which enables the simultaneous examination of complex causal relationships among latent variables.

SEM has been recognized as a powerful analytical technique in educational technology research due to its ability to test theoretical models with multiple interrelated constructs. [6] employed an extended TAM using SEM to examine university students' acceptance of intelligent tutoring systems and found that feedback quality and system adaptability significantly enhanced perceived usefulness, which indirectly influenced learning satisfaction.

Similarly, [7] integrated cognitive engagement and selfregulation into TAM to explore students' acceptance of AI-supported learning environments. Their findings suggested that learning related variables played a mediating role between technology acceptance and learning outcomes, underscoring the importance of moving beyond behavioral intention as the final outcome variable.

These studies collectively indicate that SEM based extended TAM frameworks provide richer explanatory power than the original TAM, particularly in educational contexts where learning effectiveness is the primary concern.

3.3. Technology Acceptance in Mathematics Learning

Mathematics education presents unique challenges due to its abstract nature, high cognitive demands, and frequent learner anxiety. Consequently, researchers have increasingly explored how technology can support mathematics learning and how learners perceive and accept such technologies. Studies applying TAM to mathematics education have shown that acceptance factors significantly influence students' willingness to engage with digital mathematics tools.

[3] developed and validated a technology acceptance scale for mobileassisted mathematics learning among secondary school students. Their results indicated that perceived usefulness strongly predicted students' intention to use mobile technologies for learning mathematics, while ease of use influenced sustained engagement.

More recently, [2] examined students' acceptance of digital mathematics learning platforms and reported that technology acceptance was associated with higher levels of learner engagement and persistence. However, the authors noted that most acceptance studies in mathematics remain focused on intention and usage rather than measurable learning outcomes.

These findings suggest that while TAM is applicable to mathematics education, existing research has not fully explored how acceptance translates into actual mathematical learning performance or mathematical literacy.

3.4. Learning Processes in Technology Supported Mathematics Education

Beyond technology acceptance, learning processes such as student engagement, self-regulated learning, and cognitive support are critical determinants of successful mathematics learning. Engagement refers to learners' behavioral, emotional, and cognitive involvement in learning activities, while self-regulated learning encompasses learners' ability to plan, monitor, and evaluate their own learning strategies.

Research consistently demonstrates that technology supported environments can enhance engagement and self-regulation when appropriately designed. For example, [9] found that interactive digital tools increased cognitive engagement in mathematics courses, leading to improved learning outcomes.

Similarly, adaptive and AI-based learning systems have been shown to provide personalized feedback and scaffolding, thereby supporting learners' cognitive processes and conceptual understanding in mathematics [10].

However, these learning process variables are rarely integrated into TAM based models, resulting in a fragmented understanding of how technology acceptance influences learning effectiveness.

3.5. Research Gap and Conceptual Direction

The reviewed literature reveals three critical gaps. First, while TAM has been extensively applied in educational research, its use in mathematics education remains largely focused on technology acceptance rather than learning outcomes. Second, existing studies rarely integrate learning process variables such as engagement and self-regulation into TAM frameworks. Third, although SEM has been widely used to test extended TAM models, few studies have explicitly examined the structural pathways linking technology acceptance to mathematics learning outcomes.

To address these gaps, the present study proposes an extended Technology Acceptance Model for mathematics learning, integrating technology acceptance constructs with learning process variables and learning outcomes. By employing structural equation modeling, this study aims to provide a comprehensive explanation of how acceptance of educational technology translates into meaningful mathematics learning.

4. RESEARCH METHOD

4.1. Research Design

This study employed a quantitative research design to examine the relationships among technology quality perceptions, learning processes, and learning outcomes in technology supported mathematics learning. Guided by an extended Technology Acceptance Model inspired framework, the study conceptualized learning as a process in which learners' perceptions of technology quality influence how they engage with learning activities and, ultimately, their learning outcomes.

A cross-sectional survey approach was adopted, with data collected from students who had experience using digital or technology enhanced tools for mathematics learning. This design was appropriate for investigating learners' perceptions, learning behaviors, and outcomes at a single point in time and for testing theoretically grounded relationships among latent constructs. The focus on mathematics learning provided a meaningful context, given the cognitive demands of the subject and the increasing integration of digital technologies in mathematics instruction.

The analytical strategy followed a two-stage procedure. First, confirmatory factor analysis was conducted to evaluate the reliability and validity of the measurement model. Second, structural equation modeling was applied to test the hypothesized structural relationships among technology quality perceptions, learning processes, and learning outcomes, including the mediating role of learning processes. Model adequacy was assessed using multiple goodness of fit indices.

4.2. Population and Sampling

The participants in this study were students who had experience using digital or technology supported tools for mathematics learning, such as online learning platforms, intelligent tutoring systems, or interactive mathematics applications. The target population consisted of students enrolled in mathematics related courses in higher education institutions. This group was selected because they regularly engage with technology as part of their formal mathematics learning activities and are therefore well positioned to evaluate technology quality, learning processes, and learning outcomes.

A non probability sampling approach, specifically purposive sampling, was employed to ensure that all participants met the key inclusion criterion of having prior experience with technology supported mathematics learning. This sampling strategy is commonly used in educational technology research when the study focuses on specific user characteristics rather than population level generalization. Participants were invited to take part in the study voluntarily, and informed consent was obtained prior to data collection.

The final sample size was determined based on recommendations for structural equation modeling, which suggest that a minimum of 200 responses is adequate for models with a limited number of latent constructs to ensure stable parameter estimation and reliable model fit assessment. A total of 245 responses were collected through a self-administered questionnaire. After data screening for completeness and response quality, 18 questionnaires were excluded due to incomplete data, resulting in a final sample of $N = 227$ for analysis.

4.3. Research Instruments

The primary research instrument used in this study was a self administered questionnaire designed to measure students' perceptions of technology quality, learning processes, and learning outcomes in technology-supported mathematics learning. The questionnaire was developed based on established theoretical frameworks in educational technology, technology acceptance, and mathematics education, and was adapted to suit the context of digital mathematics learning.

All questionnaire items were measured using a five point Likert scale, ranging from 1 (strongly disagree) to 5 (strongly agree). This scale was selected because it is widely used in educational research and is suitable for capturing learners' perceptions and self reported learning experiences.

4.3.1 Questionnaire Development

The questionnaire consisted of three sections corresponding to the three latent constructs in the proposed model. The first section measured Technology Quality Perceptions, focusing on students' evaluations of the quality of the technology used for mathematics learning. Items in this section addressed aspects such as feedback quality, adaptability of learning content, and clarity of mathematical explanations.

The second section measured Learning Processes, which reflected how students engaged with and regulated their learning when using technology. This section included items related to student engagement, self regulated learning behaviors, and perceived cognitive support during mathematics learning activities.

The third section measured Learning Outcomes, capturing students' perceived learning achievement and mathematical literacy. These items focused on students' understanding of mathematical concepts, problem solving ability, and their capacity to apply mathematics in realworld contexts.

All items were adapted from prior empirical studies and refined to ensure clarity, relevance, and suitability for the mathematics learning context. The questionnaire was reviewed to ensure that item wording was concise and understandable for the target population.

4.3.2 Validity and Reliability of the Research Instrument

The validity and reliability of the research instrument were rigorously examined following established guidelines for structural equation modeling. Several forms of validity and reliability were assessed to ensure the robustness of the measurement model.

Content validity was established through expert review. The questionnaire items were evaluated by experts in mathematics education and educational technology to ensure that each item was relevant, clear, and representative of its intended construct. Revisions were made based on expert feedback to improve clarity and construct coverage.

Construct validity was examined using confirmatory factor analysis (CFA). Factor loadings were assessed to determine the strength of the relationship between observed items and their corresponding latent constructs. Consistent with recommended criteria, standardized factor loadings of 0.50 or higher were considered acceptable, while values above 0.70 indicated strong item reliability [11].

Convergent validity was evaluated using Composite Reliability (CR) and Average Variance Extracted (AVE). CR values of 0.70 or above indicated satisfactory internal consistency, whereas AVE values of 0.50 or higher suggested that the construct explained more than half of the variance in its indicators [11], [12].

Discriminant validity was assessed using the Fornell Larcker criterion, whereby the square root of the AVE for each construct was required to exceed its correlations with other constructs, indicating adequate construct distinctiveness [12].

The reliability of the instrument was examined using Cronbach's alpha (α) and composite reliability coefficients. Cronbach's alpha values of 0.70 or higher were considered indicative of acceptable internal consistency, while values exceeding 0.80 reflected good reliability [13].

Overall, the results of these analyses demonstrated that the measurement instrument met established standards for validity and reliability, supporting its suitability for subsequent structural equation modeling.

4.4. Data Collection

Data were collected using a self administered questionnaire to examine students' perceptions of technology quality, learning processes, and learning outcomes in technology supported mathematics learning. Prior to data collection, participants were informed about the objectives of the study, the voluntary nature of participation, and the confidentiality of their responses. Informed consent was obtained from all participants before they completed the questionnaire.

The questionnaire was distributed through an online survey platform, enabling participants to respond at their convenience and ensuring broad accessibility. This method was appropriate given the digital learning context of the study and the participants' familiarity with online technologies. Clear instructions were provided to guide participants in completing the questionnaire accurately.

Data collection was conducted over a specified period to allow sufficient time for participation. Reminder messages were sent periodically to increase the response rate. After the data collection phase, all responses were screened for completeness and response quality. Questionnaires with excessive missing data or inconsistent response patterns were excluded from further analysis.

All collected data were anonymized and securely stored for research purposes only. The final dataset was prepared through coding and preliminary data screening before being used for confirmatory factor analysis and structural equation modeling.

4.5. Data Analysis

Data analysis was conducted in several stages to examine the relationships among technology quality perceptions, learning processes, and learning outcomes. Statistical analyses were performed to summarize the data, evaluate the measurement properties of the research instruments, and test the hypothesized structural relationships using structural equation modeling.

4.5.1 Descriptive Statistics

Descriptive statistics were used to summarize the characteristics of the sample and the distribution of observed variables. Means and standard deviations were calculated for all questionnaire items. Prior to inferential analysis, the data were screened for missing values, outliers, and normality. Skewness and kurtosis values within the range of ± 2 were considered indicative of acceptable univariate normality (Hair et al., 2019). These procedures ensured that the data were suitable for subsequent CFA and SEM analyses.

4.5.2 Measurement Model (CFA)

Confirmatory factor analysis (CFA) was conducted to assess the reliability and validity of the measurement model. Standardized factor loadings were examined, with values of 0.50 or higher considered acceptable and values above 0.70 indicating strong indicator reliability [11].

Convergent validity was evaluated using Composite Reliability (CR) and Average Variance Extracted (AVE). CR values of 0.70 or higher indicated satisfactory internal consistency, while AVE values of 0.50 or higher demonstrated adequate convergent validity [12].

Discriminant validity was assessed using the Fornell-Larcker criterion, whereby the square root of the AVE of each construct was required to exceed its correlations with other constructs [12].

Overall model fit was evaluated using multiple goodness of fit indices. A χ^2/df ratio below 3.00, CFI and TLI values of 0.90 or higher, and RMSEA values below 0.08 were considered indicative of an acceptable model fit [14], [15].

4.5.3 Structural Equation Modeling (SEM)

Structural equation modeling was employed to test the hypothesized relationships among the latent constructs. Path coefficients were examined to evaluate the strength and significance of the proposed relationships, with p-values less than 0.05 indicating statistical significance. The mediating role of learning processes was tested by examining indirect effects, using bootstrapping procedures to generate confidence intervals. An indirect effect was considered significant when the 95% confidence interval did not include zero [16].

The overall fit of the structural model was assessed using the same goodness of fit criteria applied to the measurement model. This approach enabled a comprehensive evaluation of both direct and indirect effects within a single analytical framework.

5. RESULTS

5.1. Descriptive Statistics

Descriptive statistics were calculated to summarize students' perceptions of technology quality, learning processes, and learning outcomes in technology supported mathematics learning. Means and standard deviations were used to describe the central tendency and variability of each construct. Overall, the results indicate that students reported moderate to high levels of agreement across all constructs, suggesting generally positive perceptions of technology supported mathematics learning.

Table 1. Descriptive Statistics of Latent Constructs

Latent Construct	Indicator Description	Mean	SD
Technology Quality Perceptions (TQP)	Feedback quality, adaptability, content clarity	3.94	0.62
Learning Processes (LP)	Engagement, self regulated learning, cognitive support	3.87	0.65
Learning Outcomes (LO)	Mathematics achievement, mathematical literacy	3.82	0.68

As shown in Table 1, Technology Quality Perceptions demonstrated the highest mean score ($M = 3.94$, $SD = 0.62$), indicating that students generally perceived the technology used in mathematics learning as high quality, particularly in terms of feedback, adaptability, and clarity of content. Learning Processes also showed a relatively high mean score ($M = 3.87$, $SD = 0.65$), suggesting that students reported active engagement, effective selfregulation, and sufficient cognitive support during technology supported mathematics learning activities. Learning Outcomes exhibited a slightly lower but still positive mean score ($M = 3.82$, $SD = 0.68$), reflecting students' perceived improvement in mathematics achievement and mathematical literacy.

The relatively small standard deviations across constructs indicate a moderate level of response consistency among participants, supporting the suitability of the data for subsequent confirmatory factor analysis and structural equation modeling.

5.2. Measurement Model Evaluation

The measurement model was evaluated using confirmatory factor analysis (CFA) to assess the reliability and validity of the three latent constructs: Technology Quality Perceptions, Learning Processes, and Learning Outcomes. The evaluation followed established guidelines for SEM to ensure that the measurement model was psychometrically sound before testing the structural model.

5.2.1. Construct Reliability and Validity

Construct reliability was assessed using Cronbach's alpha (α) and Composite Reliability (CR). As shown in Table 2, all constructs demonstrated Cronbach's alpha and CR values exceeding the recommended threshold of 0.70, indicating satisfactory internal consistency.

Convergent validity was evaluated using Average Variance Extracted (AVE). All AVE values were above the recommended minimum of 0.50, suggesting that each construct explained more than half of the

variance of its indicators [12]. Standardized factor loadings ranged from 0.68 to 0.86, exceeding the acceptable threshold of 0.50 and indicating strong indicator reliability.

Discriminant validity was examined using the Fornell Larcker criterion, whereby the square root of the AVE for each construct exceeded its correlations with other constructs, confirming adequate construct distinctiveness.

Table 2. Construct Reliability and Convergent Validity

Construct	No. of Items	Factor Loadings	Cronbach's α	CR	AVE
Technology Quality Perceptions	6	0.71-0.86	0.88	0.9	0.61
Learning Processes	6	0.68-0.84	0.87	0.89	0.59
Learning Outcomes	5	0.70-0.85	0.86	0.88	0.6

Table 3. Discriminant Validity (Fornell-Larcker Criterion)

Construct	TQP	LP	LO
Technology Quality Perceptions (TQP)	0.78		
Learning Processes (LP)	0.63	0.77	
Learning Outcomes (LO)	0.58	0.66	0.77

5.2.2. Model Fit Indices

The overall fit of the measurement model was evaluated using multiple goodness of fit indices. As presented in Table 4, all fit indices met or exceeded commonly accepted criteria, indicating that the measurement model provided an adequate fit to the data. The chisquare to degrees of freedom ratio (χ^2/df) was below the recommended threshold of 3.00. Incremental fit indices, including the Comparative Fit Index (CFI) and Tucker-Lewis Index (TLI), exceeded the recommended value of 0.90. The Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA) was below 0.08, indicating an acceptable level of approximation error.

Table 4. Measurement Model Fit Indices

Fit Index	Recommended Threshold	Measurement Model
χ^2/df	< 3.00	2.21
CFI	\geq 0.90	0.95
TLI	\geq 0.90	0.94
RMSEA	\leq 0.08	0.056
SRMR	\leq 0.08	0.047

5.3. Structural Model Results

After establishing an adequate measurement model, the structural model was evaluated using structural equation modeling (SEM) to test the hypothesized relationships among Technology Quality Perceptions, Learning Processes, and Learning Outcomes. The overall structural model demonstrated a good fit to the data ($\chi^2/df = 2.34$, CFI = 0.94, TLI = 0.93, RMSEA = 0.058, SRMR = 0.049), indicating that the proposed model was suitable for hypothesis testing.

5.3.1. Direct Effects

The standardized path coefficients for the direct effects are presented in Table 5. The results revealed that Technology Quality Perceptions had a significant positive effect on Learning Processes ($\beta = 0.62$, $p < .001$), supporting the hypothesis that students who perceived higher quality in technology—such as effective feedback, adaptability, and clear mathematical content—were more likely to demonstrate active engagement, effective self regulation, and perceived cognitive support during learning.

In addition, Learning Processes exerted a significant positive effect on Learning Outcomes ($\beta = 0.68$, $p < .001$). This finding indicates that students who reported stronger learning processes tended to demonstrate higher levels of mathematics learning achievement and mathematical literacy. Overall, the direct effects support the proposed input-process-outcome structure of the model.

Table 5. Direct Effects of the Structural Model

Path	β	t-value	p-value	Result
TQP \rightarrow LP	0.62	11.84	< .001	Supported
LP \rightarrow LO	0.68	13.27	< .001	Supported

5.3.2. Indirect and Mediating Effects

To examine the mediating role of Learning Processes, indirect effects were tested using a bootstrapping procedure with 5,000 resamples. The indirect effect of Technology Quality Perceptions on Learning Outcomes via Learning Processes was found to be statistically significant ($\beta = 0.42$, 95% CI [0.31, 0.54]), as the confidence interval did not include zero. This result confirms that learning processes significantly mediate the relationship between technology quality perceptions and learning outcomes.

Furthermore, the absence of a direct path from Technology Quality Perceptions to Learning Outcomes in the structural model suggests a full mediation effect, indicating that the influence of perceived technology quality on mathematics learning outcomes operates primarily through students' engagement, self regulation, and cognitive support.

Table 6. Indirect and Mediating Effects

Indirect Path	Indirect Effect (β)	95% CI	Mediation Type
TQP \rightarrow LP \rightarrow LO	0.42	[0.31, 0.54]	Full mediation

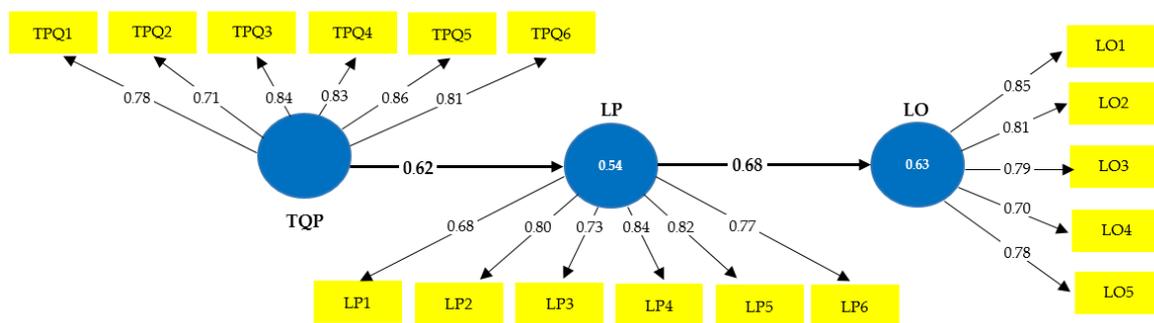


Figure 1. Structural Equation Modeling

5.4. Measurement Model Evaluation

To provide a concise overview of the hypothesis testing results, Table 7 summarizes the standardized path coefficients, significance levels, and support status for each proposed hypothesis. The hypotheses were evaluated based on the results of the structural equation modeling analysis, including both direct and indirect effects. The findings presented in the table indicate whether the empirical data support the hypothesized relationships among technology quality perceptions, learning processes, and learning outcomes within the proposed model.

Table 7. Summary of Hypothesis Testing

Hypothesis	Hypothesized Relationship	β	p-value	Result
H1	TQP \rightarrow LP	0.62	< .001	Supported
H2	LP \rightarrow LO	0.68	< .001	Supported
H3	TQP \rightarrow LP \rightarrow LO (Indirect Effect)	0.42	< .001	Supported

6. DISCUSSION

The purpose of this study was to examine how technology quality perceptions influence learning processes and learning outcomes in technology supported mathematics learning using a parsimonious extended TAM inspired framework. The findings provide empirical support for the proposed input process outcome

structure and offer important theoretical and practical implications for educational technology and mathematics education.

First, the results demonstrated that technology quality perceptions significantly and positively influenced learning processes. This finding suggests that when students perceive educational technology as providing high quality feedback, adaptive learning features, and clear mathematical content, they are more likely to engage actively in learning, regulate their learning strategies, and perceive adequate cognitive support. This result is consistent with prior research emphasizing the role of system, content, and feedback quality in shaping learners' interactions with digital learning environments [17], [18]. From a technology acceptance perspective, these findings extend traditional TAM by highlighting that learners' evaluations of technology quality—rather than general perceptions of usefulness alone play a crucial role in activating meaningful learning behaviors [4].

In addition, metaanalytic evidence suggests that digital tools yield stronger academic effects when they explicitly support cognitive engagement and structured feedback mechanisms [19]. Research on self regulated learning further indicates that adaptive systems enhance performance when they scaffold monitoring and metacognitive strategy use [20]. These findings strengthen the theoretical interpretation that technology quality operates as a cognitive activation mechanism rather than merely as a usability factor. Moreover, recent work by [21] demonstrated that cognitive processes significantly predict student engagement and mathematics learning outcomes in higher education, reinforcing the centrality of processbased mechanisms within technology supported learning models.

Second, the findings revealed that learning processes had a strong positive effect on learning outcomes, including mathematics learning achievement and mathematical literacy. This result reinforces extensive evidence in mathematics education indicating that engagement, self regulated learning, and cognitive support are key mechanisms through which students develop both procedural competence and higher order mathematical reasoning [22], [23]. The strong association observed in this study underscores the importance of viewing technology not as an end in itself, but as a tool that facilitates effective learning processes, particularly in cognitively demanding subjects such as mathematics.

This interpretation aligns with research demonstrating bidirectional relationships between conceptual and procedural knowledge in mathematics, where deeper cognitive engagement enhances transferable mathematical competence [24]. Furthermore, AI-supported learning studies indicate that perceived feedback accuracy and system transparency significantly enhance cognitive and emotional engagement, which subsequently predicts learning gains [25].

Third, the mediation analysis showed that learning processes fully mediated the relationship between technology quality perceptions and learning outcomes. This finding indicates that perceived technology quality does not directly translate into improved learning outcomes unless it fosters productive learning processes. This result aligns with contemporary educational technology research suggesting that the effectiveness of digital tools depends largely on how they shape learners' cognitive and behavioral engagement rather than on their technological features alone [9], [10]. The full mediation effect also supports calls in the literature to move beyond technology acceptance or usage metrics and to focus on learning centered mechanisms when evaluating educational technologies.

From a theoretical standpoint, this full mediation result strengthens learning centered extensions of TAM by positioning engagement and cognitive regulation as essential intervening variables. It also resonates with contextualized mathematics education research demonstrating that meaningful learning emerges when cognitive processes are activated within authentic realworld contexts. For example, research on New Theory Agriculture and Smart Agriculture as contextual learning environments [26] found that mathematical literacy improves when learners engage cognitively within sustainability oriented community contexts. This suggests that both technological quality and contextual authenticity operate through similar process based mechanisms to influence learning outcomes.

Taken together, these findings contribute to the literature by demonstrating that a parsimonious three construct meaningful mathematics model can effectively explain how technology quality perceptions are transformed into learning outcomes through learning processes. By integrating insights from TAM, learning theory, and mathematics education, this study provides a theoretically grounded and empirically supported framework that can guide the design and evaluation of technology supported mathematics learning environments.

Beyond its immediate empirical contribution, this study also advances the conceptual shift from technology centered evaluation toward process centered evaluation in mathematics education research. By empirically validating the mediating role of learning processes, the findings support an integrative perspective

that connects technology acceptance theory, cognitive process theory, and contextualized sustainability learning frameworks within a unified structural model.

7. CONCLUSION

This study examined the relationships among technology quality perceptions, learning processes, and learning outcomes in technology supported mathematics learning using a parsimonious extended Technology Acceptance Model-inspired framework. By employing structural equation modeling, the study provides empirical evidence clarifying how perceived technology quality contributes to effective mathematics learning through learners' cognitive and behavioral processes.

The findings indicate that technology quality perceptions encompassing feedback quality, adaptability, and clarity of mathematical content play a crucial role in shaping students' learning processes. When learners perceive educational technology as pedagogically supportive and well designed, they are more likely to engage actively, regulate their learning effectively, and experience adequate cognitive support. These learning processes, in turn, were found to strongly predict mathematics learning outcomes, including both learning achievement and mathematical literacy.

Importantly, the results revealed that learning processes fully mediated the relationship between technology quality perceptions and learning outcomes. This finding underscores that the educational value of technology does not stem from its features alone, but from its ability to foster meaningful learning processes. Given the full mediation effect observed in this study, the mere presence of digital tools in mathematics classrooms is insufficient to enhance learning outcomes. Rather, technology must actively support cognitive engagement and self-regulated learning. Educators and instructional designers should therefore prioritize interactive features such as adaptive feedback, conceptual scaffolding, and cognitive support mechanisms that stimulate meaningful engagement and deeper conceptual processing. Technology that lacks pedagogical interactivity is unlikely to produce substantial learning gains.

Overall, this study contributes to the literature by demonstrating that a concise three construct model can effectively explain the mechanisms through which technology quality influences mathematics learning. The proposed framework offers a theoretically grounded and empirically supported basis for future research and provides practical guidance for the design and implementation of technology enhanced mathematics learning environments.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors used ChatGPT4 to help with APA formatting work and to improve manuscript clarity through their review process. The authors. Edited all AI-generated content. The authors take responsibility, for the content of this publication.

REFERENCES

- [1] F. D. Davis, "Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology," *MIS Quarterly*, vol. 33, no. 3, pp. 319-340, 1989, doi: 10.2307/249008
- [2] M. Jatileni, P. Amutenya, and G. Likando, "Students' acceptance of digital mathematics learning platforms: An application of the technology acceptance model," *Frontiers in Education*, vol 9, p. 1425779, 2024, doi: 10.3389/feduc.2024.1425779
- [3] K. Açıkgül, and S. N. Şad, "Development and validation of a scale for measuring students' acceptance of mobile technologies in learning mathematics," *Education and Information Technologies*, vol 25, no. 4, 2020, pp. 2751-2772, doi: 10.1007/s10639-020-10112-x
- [4] A. Granić, and N. Marangunić, "Technology acceptance model in educational context: A systematic literature review," *Computers in Human Behavior*, vol 126, 2022, p. 107356. doi: 10.1016/j.chb.2021.107356
- [5] M. Mailizar, A. Almanthari, S. Maulina, and S. Bruce, "Secondary school mathematics teachers' views on e-learning implementation barriers during the COVID-19 pandemic," *Computers in Human Behavior*, vol 121, 2021, p. 106932, doi: 10.1016/j.chb.2021.106932
- [6] W. Li, Z. Xiaolin, L. Jing, Y. Xiao, L. Dong, and L. antong, "An explanatory study of factors influencing engagement in AI education at the K-12 Level: an extension of the classic TAM model," *Scientific Reports*, vol 14, no. 1, 2024, p. 13922, doi: 10.1038/s41598-024-64363-3
- [7] X. Liu, Y. Xiao, and D. Li, "Assessing strategic use of artificial intelligence in self-regulated learning: Instrument development and evidence from Chinese university students," *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, vol. 22, no. 1, p. 69, 2025, doi: 10.1186/s41239-025-00567-5
- [8] T. Teo, X. Fan, and J. Du, "Technology acceptance among pre-service teachers: Does gender matter?," *Computers & Education*, vol 137, p. 103725, 2019, doi: 10.1016/j.compedu.2019.103725
- [9] L. A. Schindler, et al., "Computers in education: A meta-analysis of engagement," *Computers & Education*, vol 113, pp. 1-15, 2017, doi: 10.1016/j.compedu.2017.02.004
- [10] V. Kovanović, et al., "Examining the role of feedback and cognitive support in digital learning environments," *Computers &*

-
- Education*, vol 195, p. 104774, 2023, doi: 10.1016/j.compedu.2023.104774
- [11] J. F. Hair, G. T. M. Hult, C. M. Ringle, and M. Sarstedt, *A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM)* (2nd ed.). Sage Publications.
- [12] C. Fornell, and D. F. Larcker, "Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error," *Journal of Marketing Research*, vol 18, no 1, 1981, pp. 39-50, doi: 10.2307/3151312
- [13] J. C. Nunnally, and I. H. Bernstein, *Psychometric theory* (3rd ed.). McGraw-Hill.
- [14] L. T. Hu, and P. M. Bentler, "Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives," *Structural Equation Modeling*, vol 6, no 1, pp. 1-55, 1999, doi: 10.1080/10705519909540118
- [15] R. B. Kline, *Principles and practice of structural equation modeling* (4th ed.). Guilford Press.
- [16] K. J. Preacher, and A. F. Hayes, "Asymptotic and resampling strategies for assessing and comparing indirect effects in multiple mediator models," *Behavior Research Methods*, vol 40, no 3, pp. 879-891, 2008, doi: 10.3758/BRM.40.3.879
- [17] W. H. DeLone, and E. R. McLean, "The DeLone and McLean model of information systems success: A ten-year update," *Journal of Management Information Systems*, vol 19, no 4, pp. 9-30, 2003, doi: 10.1080/07421222.2003.11045748
- [18] J. Hattie, and H. Timperley, "The power of feedback," *Review of Educational Research*, vol 77, no 1, pp. 81-112, 2007, doi: 10.3102/003465430298487
- [19] D. Hillmayr, L. Ziernwald, F. Reinhold, S. I. Hofer, and K. Reiss, "The potential of digital tools to enhance mathematics and science learning: A meta-analysis," *Computers & Education*, vol. 153, p. 103897, 2020, doi: 10.1016/j.compedu.2020.103897
- [20] E. Panadero, "A review of self-regulated learning: Six models and four directions for research," *Frontiers in Psychology*, vol. 8, p. 422, 2017, doi: 10.3389/fpsyg.2017.00422
- [21] A. Putthidech, "The role of cognitive processes and SDG awareness in student engagement and mathematics learning outcomes in higher education," *Sustainability*, vol 18, no 4, p. 2087, 2026, doi: 10.3390/su18042087
- [22] J. A. Fredricks, P. C. Blumenfeld, and A. H. Paris, "School engagement: Potential of the concept, state of the evidence," *Review of Educational Research*, vol 74, no 1, pp. 59-109, 2004, doi: 10.3102/00346543074001059
- [23] B. J. Zimmerman, "Becoming a self-regulated learner: An overview," *Theory Into Practice*, vol 41, no 2, pp. 64-70, 2002, doi: 10.1207/s15430421tip4102_2
- [24] B. Rittle-Johnson, M. Schneider, and J. R. Star, "Not a one-way street: Bidirectional relations between procedural and conceptual knowledge of mathematics," *Educational Psychology Review*, vol. 29, no. 1, pp. 1-23, 2017, doi: 10.1007/s10648-016-9372-x
- [25] W. Holmes, M. Bialik, and C. Fadel, "Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning," *Computers & Education: Artificial Intelligence*, vol. 3, p. 100079, 2022, doi: 10.1016/j.caeai.2022.100079
- [26] A. Putthidech et al., "New Theory Agriculture and Smart Agriculture as contexts for learning: A structural equation model of mathematical literacy and community learning," *Agriculture*, vol 16, no 1, p. 74, 2026, doi: 10.3390/agriculture16010074
-