แพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์มโดยการผสมผสานทฤษฎีแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

นายศิวกร บรรลือทรัพย์

ดุษฎีนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ปีการศึกษา 2568
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

แพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์มโดยการผสมผสานทฤษฎีแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

นายศิวกร บรรลือทรัพย์

ดุษฎีนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร
ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ปีการศึกษา 2568
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ใบรับรองดุษฎีนิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เรื่อง แพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์มโดยการผสมผสานทฤษฎีแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

โดย นายศิวกร บรรลือทรัพย์

ได้รับอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย / หัวหน้าภาควิชา

คณะกรรมการสอบดุษฎีนิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ปราการเจริญ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.มหศักดิ์ เกตุฉ่ำ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มณเฑียร รัตนศิริวงศ์วุฒิ)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ชาย ตั้งวรรณวิทย์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐวี อุตกฤษฎ์)

ชื่อ : นายศิวกร บรรลือทรัพย์
ชื่อดุษฎีนิพนธ์ : แพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์มโดยการผสมผสานทฤษฎีแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง
สาขาวิชา : ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
อาจารย์ที่ปรึกษาดุษฎีนิพนธ์หลัก : รองศาสตราจารย์ ดร.มหศักดิ์ เกตุฉ่ำ
อาจารย์ที่ปรึกษาดุษฎีนิพนธ์ร่วม : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มณเฑียร รัตนศิริวงศ์วุฒิ
ปีการศึกษา : 2568

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์มโดยการผสมผสานทฤษฎีแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในบริบทของอุตสาหกรรมเกษตรไทย โดยการผสมผสานทฤษฎีรวมของการยอมรับและการใช้เทคโนโลยี (UTAUT) ทฤษฎีพฤติกรรมตามแผน (TPB) และทฤษฎีแบบจำลองความสำเร็จของระบบสารสนเทศ (IS Success Model) เข้ากับปัจจัยเสริมด้านปัญญาประดิษฐ์ที่ได้พัฒนาขึ้นมาใหม่ ได้แก่ การรับรู้ประโยชน์จาก AI ความเชื่อมั่นในเทคโนโลยี ความกังวลเรื่องความเป็นส่วนตัวของข้อมูล การสนับสนุนจากรัฐบาล และความรู้ด้านดิจิทัล จนเกิดเป็นแบบจำลอง AI-Augmented Smart Farm Technology Acceptance Model (AI-SFAM) การวิจัยใช้วิธีการวิจัยเชิงปริมาณด้วยการสำรวจกลุ่มตัวอย่าง 945 คนที่มีความสนใจในการใช้แพลตฟอร์มระบบฟาร์มอัจฉริยะ และใช้การสร้างแบบจำลองสมการโครงสร้างในการทดสอบสมมติฐาน 14 ข้อ ผลการทดสอบสมมติฐานพบว่า 12 สมมติฐานได้รับการยอมรับ (H1, H3-H5, H7-H14) และ 2 สมมติฐานถูกปฏิเสธ (H2, H6) โดยปัจจัยที่มีอิทธิพลสูงสุดต่อความพึงพอใจของผู้ใช้คือ คุณภาพของระบบ (β=0.362) และคุณภาพของข้อมูล (β=0.355) ส่วนค่าดัชนีความกลมกลืนของแบบจำลองโครงสร้างแสดงให้เห็นว่าแพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์มโดยการผสมผสานทฤษฎีแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมีความเหมาะสมในระดับที่ยอมรับได้ โดย SRMR = 0.037 และ NFI = 0.924 ผลการวิจัยให้ความเข้าใจที่ครอบคลุมเกี่ยวกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในระบบฟาร์มอัจฉริยะ และเป็นแนวทางในการพัฒนาแพลตฟอร์มที่สามารถควบคุมการรดน้ำแบบเรียลไทม์ ประหยัดเวลาและแรงงานของเกษตรกร รวมถึงการใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการวิเคราะห์

ข้อมูลพืช งานวิจัยนี้จึงมีส่วนสำคัญในการส่งเสริมการยอมรับและการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ในภาคเกษตรไทยให้สอดคล้องกับนโยบาย Thailand 4.0

(มีจำนวนทั้งสิ้น 464 หน้า)

คำสำคัญ : ฟาร์มอัจฉริยะที่เสริมด้วย AI,แพลตฟอร์มการเกษตรดิจิทัล, แพลตฟอร์มการเกษตรดิจิทัล

อาจารย์ที่ปรึกษาดุษฎีนิพนธ์หลัก

Name : Mr. Siwakorn Banluesapy
Dissertation Title : Smart farm system platform integrating the Technology Acceptance Model theory and the Internet of Things
Major Field : Management Information Systems
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Dissertation Advisor : Mahasak Ketcham
Co-Advisor : Montean Rattanasiriwongwut
Academic Year : 2025

ABSTRACT

This study aimed to develop a smart farm system platform integrating the technology acceptance model theory and the Internet of Things tailored for the Thai agricultural context. The proposed model, named the AI-Augmented Smart Farm Technology Acceptance Model (AI-SFAM), integrates foundational theories—the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT), the Theory of Planned Behavior (TPB), and the Information Systems (IS) Success Model. This integration is further augmented with newly developed constructs related to artificial intelligence: Perceived Benefits of AI, Trust in Technology, Data Privacy Concerns, Government Support, and Digital Literacy. A quantitative research methodology was employed, utilizing survey data from a sample of 945 individuals interested in smart farm platforms. Structural Equation Modeling (SEM) was used to test 14 hypotheses. The results indicated that 12 hypotheses (H1, H3-H5, H7-H14) were supported, while two (H2, H6) were rejected. Among the supported hypotheses, System Quality (β=0.362) and Information Quality (β=0.362β) emerged as the most significant predictors of user satisfaction. The structural model's fit indices demonstrated an acceptable level of adequacy, with an SRMR=0.037 and an N F I = 0.924. The findings offer a holistic understanding of the determinants of IoT adoption in smart farming. These insights provide actionable

guidelines for the development of platforms featuring real-time irrigation control, optimization of labor and time for farmers, and the application of artificial intelligence for crop data analytics. Consequently, this study makes a significant contribution to fostering the adoption and utilization of modern technologies within the Thai agricultural sector, in alignment with the national Thailand 4.0 policy.

(Total 464 Pages)

Keywords: AI-Augmented Smart Farm, Digital Agriculture Platform, Precision Agriculture

Advisor

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยคำแนะนำและความกรุณายิ่งของ ท่าน รศ.ดร.มหศักดิ์ เกตุฉ่ำ อาจารย์ที่ปรึกษาดุษฎีนิพนธ์ และ ผศ.ดร.มณเฑียร รัตนศิริวงศ์วุฒิซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ซึ่งท่านได้สละเวลาอันมีค่ามาคอยให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางอันเป็นประโยชน์ในการทำวิทยานิพนธ์ อีกทั้งยังให้ความกรุณาเอาใจใส่และให้กำลังใจอย่างสม่ำเสมอ

ขอกราบขอบพระคุณท่านประธานกรรมการ และท่านคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ตลอดจนคณาจารย์และบุคลากรคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล ทุกท่านที่ได้สอนวิชาการความรู้ต่าง ๆแนะนำการแก้ไขปัญหาต่างๆ และประสิทธิประสาทวิชาความรู้ในด้านต่าง ๆ เป็นอย่างดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ และน้อง ๆ สาขาวิชาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วง

ขอขอบพระคุณห้องปฏิบัติการสาขาวิชาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือซึ่งเอื้ออำนวยสถานที่ในการทดลอง และจัดทำดุษฎีนิพนธ์จนมีความสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ และผู้มีพระคุณที่คอยให้การสนับสนุนช่วยเหลือในทุก ๆ ด้านและคอยให้กำลังใจเสมอมา พร้อมได้อบรมปลูกฝังให้ลูกมีสำนึกที่จะทำดีและเป็นคนดี โดยเฉพาะการให้การศึกษาที่ดีแก่ผู้จัดทำตลอดมา หากความสำเร็จใด ๆ ที่มีในชีวิต ขอมอบให้แก่ผู้มีพระคุณทุกท่านที่กล่าวมาข้างต้นทั้งหมด

ศิวกร บรรลือทรัพย์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... **ง**

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... **ฉ**

กิตติกรรมประกาศ ..... **ซ**

สารบัญ ..... **ฌ**

สารบัญตาราง ..... **ฏ**

สารบัญภาพ ..... **ฑ**

บทที่ 1 ..... **1**

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 2

1.2 วัตถุประสงค์ 3

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 4

1.4 สมมติฐานการวิจัย 4

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ 6

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 6

บทที่ 2 ..... **9**

2.1 แนวคิดและทฤษฎีจากเอกสารและตำราที่เกี่ยวข้อง 9

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 58

2.3 สรุปเอกสารและงานวิจัยตามองค์ประกอบการวิจัย 108

บทที่ 3 ..... **189**

3.1 กรอบแนวคิดงานวิจัย 190

3.2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 196

3.3 สมมติฐานงานวิจัย 201

3.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 225

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย 227

3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล 237

3.6 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 240

3.7 สถาปัตยกรรมระบบสมาร์ทฟาร์มและข้อกำหนด 243

3.8 การออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชัน 251

3.9 ความปลอดภัยและความเป็นส่วนตัวของข้อมูล 259

3.10 โครงสร้างพื้นฐานและกระบวนการ DEPLOYMENT/DEVOPS 260

3.11 แผนการทดสอบระบบและการใช้งานภาคสนาม 261

3.12 แผนการเชื่อมโยงผลการทดสอบกับสมมติฐานการยอมรับ 265

บทที่ 4 267

4.1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง 269

4.2 ผลการตรวจสอบความตรงของโมเดลการวัด 296

4.3 ผลการทดสอบโมเดลเชิงโครงสร้างและสมมติฐานการวิจัย 320

4.4 ผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการใช้งานแอปพลิเคชันฟาร์มอัจฉริยะ 341

4.5 ผลการทดสอบใช้งานภาคสนามของระบบสมาร์ทฟาร์ม 345

4.6 ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบและโครงสร้างพื้นฐาน 346

4.7 ผลการวิเคราะห์การแจ้งเตือนและการควบคุมอุปกรณ์ 348

4.8 การเชื่อมโยงผลระบบกับตัวแปรการยอมรับเทคโนโลยี 349

4.9 การเปรียบเทียบก่อน–หลังการใช้งาน และกรณีศึกษา 350

4.10 ผลการทดสอบความปลอดภัยและความเป็นส่วนตัวของข้อมูล 357

4.11 การประเมินประสิทธิภาพโมเดล AI 358

บทที่ 5 361

5.1 สรุปผลการวิจัย 362

5.2 อภิปรายผลการวิจัย 366

5.3 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป 368

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บรรณานุกรม 373

ภาคผนวก ก แบบสอบถามงานวิจัย 425

ภาคผนวก ข สรุปดัชนีความสอดคล้อง (IOC) 433

ภาคผนวก ค เอกสารรับรองการประเมินด้านจริยธรรม 441

ภาคผนวก ง หนังสือเชิญผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้องของแบบสอบถาม 443

ภาคผนวก จ วารสารที่ได้รับการตีพิมพ์ฉบับที่ 1 449

ภาคผนวก ฉ วารสารที่ได้รับการตีพิมพ์ฉบับที่ 2 455

ภาคผนวก ช บทความนำเสนอวิชาการระดับนานาชาติครั้งที่ 1 459

ภาคผนวก ซ บทความนำเสนอวิชาการระดับนานาชาติครั้งที่ 2 461

ประวัติผู้เขียน 464

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2-1 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรหรือฟาร์มอัจฉริยะ	110
2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง	118
3-1 สรุปสมมุติฐานในการวิจัย	225
3-2 ตารางแสดงคำถามที่ใช้ในแบบสอบถาม	231
3-3 สถิติที่และเกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์	243
3-4 เซนเซอร์ที่ใช้ในการทดลอง	250
4-1 ตารางแสดงคำถามที่ใช้ในแบบสอบถาม	267
4-2 จำนวน ร้อยละ ของผู้ตอบแบบสอบถาม โดยจำแนกตามช่วงอายุ	268
4-3 จำนวน ร้อยละ ของผู้ตอบแบบสอบถาม โดยจำแนกตามระดับการศึกษา	269
4-4 จำนวน ร้อยละ ของผู้ตอบแบบสอบถาม โดยจำแนกตามขนาดฟาร์ม	270
4-5 จำนวน ร้อยละ ของผู้ตอบแบบสอบถาม โดยจำแนกตามประสบการณ์	271
4-6 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยการยอมรับระบบสมาร์ทฟาร์ม	272
4-7 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยด้านทัศนคติต่อการใช้ระบบฟาร์มอัจฉริยะ	273
4-8 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยด้านการรับรู้ความสามารถในการใช้งาน	274
4-9 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยด้านความคาดหวังด้านประสิทธิภาพ	275
4-10 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยด้านความคาดหวังด้านความง่ายในการใช้งาน	275
4-11 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยด้านอิทธิพลทางสังคม	276
4-12 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยด้านเงื่อนไขสนับสนุน	277
4-13 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยด้านคุณภาพของระบบ	278
4-14 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยด้านคุณภาพของข้อมูล	279
4-15 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยด้านการรับรู้ประโยชน์ของ AI	280
4-16 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยด้านความเชื่อมั่นในระบบ AI	281
4-17 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยด้านความกังวลด้านข้อมูลส่วนบุคคล	282

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4-18 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยด้านการสนับสนุนจากภาครัฐ	283
4-19 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยด้านความรู้ด้านดิจิทัล	284
4-20 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยด้านความพึงพอใจในการใช้งาน	285
4-21 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยด้านการยอมรับระบบสมาร์ทฟาร์ม	286
4-22 การทดสอบลักษณะการแจกแจงข้อมูลแบบปกติ	287
4-23 ผลการวิเคราะห์ความเชื่อมั่นของโมเดล	297
4-24 ผลวิเคราะห์ค่า Factor Loadings ของแต่ละตัวแปร	300
4-25 ผลการวิเคราะห์ Fornell-Larcker Criterion	303
4-26 ผลการวิเคราะห์ Cross Loadings Matrix	306
4-27 ผลการวิเคราะห์ HTMT	317
4-28 ผลการวิเคราะห์ Structural Model Fit	320
4-29 ผลการวิเคราะห์ Coefficient of Determination	322
4-30 การแปลผลค่า f^2 ตามเกณฑ์ Cohen (1988)	323
4-31 ค่า Q^2predict ของแต่ละตัวแปร	324
4-32 ผลการทดสอบสมมติฐาน	327
4-33 สรุปผลกระทบทางอ้อม (Indirect Effects) ตามสมมติฐาน	329
4-34 Total Effects ต่อ Smart Farm Acceptance (SFA)	331
4-35 Total Effects ต่อ User Satisfaction (US)	333
4-36 การวิเคราะห์เปรียบเทียบ Direct, Indirect และ Total Effects : SFA	334
4-37 การวิเคราะห์เปรียบเทียบ Direct, Indirect และ Total Effects : US	335
4-38 Importance-performance map [US] (constructs)	338
4-39 Importance-performance map [SFA] (constructs)	340
4-40 สถิติพรรณนาของตัวแปรหลักในการยอมรับเทคโนโลยี	341
4-41 สถิติพรรณนาของคุณภาพระบบและผลลัพธ์	342
4-42 สถิติพรรณนาของปัจจัยสนับสนุนและอุปสรรค	343
4-43 สถิติพรรณนาของข้อมูลประชากรศาสตร์	344

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2-1 Various usages of IoT	11
2-2 Technology embedded in IoT	11
2-3 Precision farming system architecture	15
2-4 ประเภทการเรียนรู้ของเครื่อง	17
2-5 ตัวอย่างการเรียนรู้แบบมีผู้สอน	19
2-6 ตัวอย่างการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน	22
2-7 ตัวอย่างการเรียนแบบเสริมกำลัง	23
2-8 Use case diagram to show the process with web-based and mobile application	25
2-9 แบบจำลองเชิงเส้นตรง (Linear Model) ของกระบวนการสร้างสรรค์นวัตกรรม	30
2-10 แบบจำลองขั้นตอน (Stage Model) ของกระบวนการสร้างสรรค์นวัตกรรม	30
2-11 Design Thinking	37
2-12 Cross-industry standard process for data mining : CRISP-DM	39
2-13 Analytics Solutions Unified Method for Data Mining : ASUM-DM	41
2-14 Team Data Science Process (TDSP)	42
2-15 Machine Learning Operations : MLOps	43
2-16 Cross-Industry Standard Process for Machine Learning : CRISP-ML	46
2-17 UTAUT Model	52
2-18 Diffusion of Innovation Theory	53
2-19 Internet of Things Acceptance Model	55
2-20 Updated D&M IS success model	56
2-21 Theory of Planned Behavior	57
3-1 AI-Augmented Smart Farm Technology Acceptance Model: AI-SFAM	195
3-2 ขั้นตอนที่ 1: การศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลของการยอมรับเทคโนโลยี	196
3-3 ขั้นตอนที่ 2: การทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพระบบ	199
3-4 ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย	239
3-5 ระบบอัตโนมัติควบคุมด้วยปัญญาประดิษฐ์	244
3-6 The four layers of IoT approach	245

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3-7 Functional Module Design	248
3-8 Microcontroller circuit board	250
3-9 Software Architecture Flow Diagram	253
3-10 ระดมความคิดการนำ Sensors ไปใช้กับฟาร์ม	254
3-11 ผังความสำคัญระดมความคิดการทำ Application Smart Farm	255
3-12 การระดมความคิด (Ideate) : Sensor ที่ใช้	255
3-13 Wireframe หน้าจอเพิ่มบอร์ดและแดชบอร์ด	256
3-14 Wireframe ฟังก์ชันอัตโนมัติในการควบคุมและการปิด-เปิดด้วยตัวเอง	256
3-15 Wireframe การตั้งปิด-เปิดอัตโนมัติด้วยเวลาและรายงานการส่งข้อมูลจากเซ็นเซอร์	257
3-16 แผนการทดสอบ	262
3-17 ฟาร์มที่ใช้ในการทดลอง	263
4-1 Partial Least Squares Structural Equation Modeling: PLS-SEM	319
4-2 Bootstrapping	326
4-3 Importance-performance map [US] (constructs)	337
4-4 Importance-performance map [SFA] (constructs)	339
4-5 ตัวอย่างหน้าจอการควบคุมเปิด-ปิดเบื้องต้น	345
4-6 การวิเคราะห์ความสำคัญของปัจจัยต่างๆ ในการตัดสินใจเรื่องการให้น้ำแบบอัตโนมัติ	351
4-7 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของดินและความชื้นในดิน	352
4-8 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในอากาศและความชื้นในดิน	353
4-9 การวิเคราะห์การเปรียบเทียบการใช้น้ำและการเปรียบเทียบการใช้พลังงาน	354
4-10 การวิเคราะห์ความชื้นในดินและการตัดสินใจเรื่องการให้น้ำ	355
4-11 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้น้ำ	356
4-12 การวิเคราะห์และเปรียบเทียบการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	356
4-13 การประเมินประสิทธิภาพโมเดล AI	358
จ-1 ปกวารสาร Energy Engineering	450
จ-2 เว็บไซต์แหล่งวารสาร Energy Engineering	451
จ-3 เว็บไซต์บทความวิจัยที่เผยแพร่บนวารสาร Energy Engineering	451
จ-4 รายละเอียดวารสารแสดงค่าเฉลี่ย Percentile อยู่ที่ Q3	452

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ฉ-1 ปกวารสาร Global Journal of Flexible Systems Management	456
ฉ-3 เว็บไซต์แหล่งวารสาร Global Journal of Flexible Systems Management	457
ฉ-4 เว็บไซต์บทความวิจัยที่เผยแพร่บนวารสาร Global Journal of Flexible Systems Management	457
ฉ-4 รายละเอียดวารสารแสดงค่าเฉลี่ย Percentile อยู่ที่ Q1 Tier 1	458
ช-1 หน้าแรกบทความนำเสนอวิชาการครั้งที่ 1	460
ซ-1 รางวัล Best paper award	462
ซ-2 หน้าแรกบทความนำเสนอวิชาการครั้งที่ 2	463

บทที่ 1
บทนำ

ผลกระทบของอิทธิพลต่อนวัตกรรมในการพัฒนาแพลตฟอร์มระบบฟาร์มอัจฉริยะด้วยการผสมผสานระหว่างทฤษฎีรวมของการยอมรับและการใช้เทคโนโลยี (The unified theory on acceptance and use of technology : UTAUT) บูรณาการเข้ากับทฤษฎีพฤติกรรมตามแผน (Theory of Planned Behavior: TPB) และ ทฤษฎีแบบจำลองความสำเร็จของระบบสารสนเทศ (Information System Success Model: IS Success) นอกจากนี้ยังเสริมปัจจัยด้านปัญญาประดิษฐ์เพื่อส่งเสริมการเกษตรแม่นยำ จนเกิดเป็นแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยีเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในระบบฟาร์มอัจฉริยะมีส่วนสำคัญอย่างมากเพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาแพลตฟอร์มระบบฟาร์มอัจฉริยะให้มีศักยภาพที่สามารถส่งเสริมและสร้างการเรียนรู้ให้ มีคุณภาพ มีขีดความสามารถในการแข่งขันในอนาคต ในยุคของการพัฒนาที่เน้นการใช้เทคโนโลยีอย่างเต็มรูปแบบภายใต้นโยบาย Thailand 4.0 หนึ่งในภาคส่วนที่ได้รับการผลักดันให้ก้าวหน้าคือภาคการเกษตร ซึ่งการนำเทคโนโลยีมาใช้พัฒนาให้เป็นแพลตฟอร์มระบบฟาร์มอัจฉริยะ นั้นเป็นกลยุทธ์หลักที่ช่วยให้การเกษตรของไทยสามารถแข่งขันได้ในระดับโลก และยังช่วยเพิ่มคุณภาพชีวิตของเกษตรกรไทยให้ดีขึ้นอีกด้วย ดังนั้นบทนำของงานวิจัยครั้งนี้จะมีหัวข้อดังต่อไปนี้

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.4 สมมติฐานการวิจัย

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.5 ประโยชน์ที่จะได้รับ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ภาคเกษตรกรรมทั่วโลกกำลังเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงครั้งสำคัญที่ขับเคลื่อนด้วยการบูรณาการเทคโนโลยีอัจฉริยะ ปัญญาประดิษฐ์ (AI) และโซลูชันอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) เกษตรกรรมอัจฉริยะที่มีลักษณะเด่นด้วยการประยุกต์ใช้แนวทางที่ขับเคลื่อนด้วยข้อมูลและระบบอัตโนมัติ นำเสนอทางออกที่มีแนวโน้มในการแก้ไขความท้าทายสำคัญ ได้แก่ ความมั่นคงทางอาหาร การใช้ทรัพยากรอย่างเหมาะสม และแนวปฏิบัติทางการเกษตรที่ยั่งยืน (Wolfert et al., 2017) แม้จะมีประโยชน์ที่อาจเกิดขึ้น การยอมรับเทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะยังคงไม่สม่ำเสมอในภูมิภาคและชุมชนเกษตรกรที่แตกต่างกัน ซึ่งเน้นย้ำถึงความจำเป็นในการมีแบบจำลองที่ครอบคลุมซึ่งสามารถอธิบายและคาดการณ์การยอมรับเทคโนโลยีในบริบททางการเกษตรได้ (Klerkx et al., 2019)

การวิจัยนี้มีส่วนสนับสนุนทั้งความรู้ทางทฤษฎีและความเข้าใจในทางปฏิบัติเกี่ยวกับการยอมรับเทคโนโลยี IoT ที่เสริมด้วย AI ในการเกษตร จากมุมมองทฤษฎี การศึกษาช่วยพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับการยอมรับเทคโนโลยีโดยการพัฒนาแบบจำลองแบบบูรณาการที่รวมข้อมูลเชิงลึกจากทฤษฎีที่ได้รับการยอมรับหลายตัว ได้แก่ Theory of Planned Behavior (TPB) Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) Information Systems Success Model (IS Success Model) ของ DeLone & McLean และการเพิ่มปัจจัยเฉพาะด้าน AI และบริบทการเกษตรที่สำคัญ ประกอบด้วย Perceived AI Benefits (PAIB) Trust in Technology (TRUST) Data Privacy Concerns (DPC) Government Support (GOV) และ Digital Literacy (DL) การบูรณาการทฤษฎีเหล่านี้ช่วยให้เข้าใจปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับเทคโนโลยีได้อย่างครอบคลุมมากขึ้น (Bronson, 2019; Phillips et al., 2019) โดยเฉพาะในบริบทของการเกษตรอัจฉริยะที่มีความซับซ้อนทั้งด้านเทคนิคและสังคม (Affandi, 2023; Tam & Oliveira, 2016; Xie et al., 2022)

แนวทางแบบบูรณาการนี้ให้กรอบงานที่ครอบคลุมมากขึ้นสำหรับการทำความเข้าใจปัจจัยที่ซับซ้อนซึ่งมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจยอมรับเทคโนโลยีในบริบทการเกษตร การรวมทฤษฎี TPB และ UTAUT ช่วยอธิบายความตั้งใจในการใช้งานระบบสารสนเทศและเทคโนโลยีได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในขณะที่การเพิ่ม IS Success Model ช่วยประเมินความสำเร็จของระบบสารสนเทศในมิติต่างๆ เช่น คุณภาพระบบ คุณภาพข้อมูล และความพึงพอใจของผู้ใช้ ที่สำคัญคือการเพิ่มปัจจัยเฉพาะด้าน AI ทำให้แบบจำลองสามารถอธิบายความซับซ้อนของเทคโนโลยี AI ในบริบทเกษตรกรรมได้อย่างเหมาะสม

โดยเฉพาะการรับรู้ประโยชน์จาก AI ที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ความเชื่อมั่นในเทคโนโลยี AI ที่มีความซับซ้อนสูง และความกังวลเรื่องความเป็นส่วนตัวของข้อมูลที่เป็นประเด็นสำคัญในยุคดิจิทัล การศึกษาล่าสุดแสดงให้เห็นว่าการใช้แบบจำลองแบบบูรณาการนี้ช่วยเพิ่มความเข้าใจในพฤติกรรมการยอมรับเทคโนโลยีในภาคเกษตรได้อย่างมีนัยสำคัญ (Adnan et al., 2025)

การพัฒนาแบบจำลอง AI-Augmented ฟาร์มอัจฉริยะ Technology Acceptance Model (AI-SFAM) จึงเป็นการก้าวสำคัญในการสร้างกรอบทฤษฎีที่เฉพาะเจาะจงสำหรับการยอมรับเทคโนโลยี AI ในภาคเกษตรกรรม การศึกษานี้ยังมีความสำคัญในการสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับการยอมรับ IoT ที่เสริมด้วย AI ในการเกษตรซึ่งเป็นแนวโน้มที่สำคัญในการพัฒนาเกษตรกรรมยั่งยืน แบบจำลอง AI-SFAM ช่วยให้เข้าใจปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับเทคโนโลยี AI ในบริบทการเกษตรได้อย่างชัดเจน ทำให้สามารถพัฒนากลยุทธ์การส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมายแต่ละประเภท (Amin et al., 2014; Kusuma et al., 2021; Xie et al., 2022)

งานวิจัยนี้แก้ไขช่องว่างเหล่านี้โดยเสนอแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะที่เสริมด้วย AI (AI-SFAM) ซึ่งบูรณาการทฤษฎีการยอมรับที่เป็นที่ยอมรับกับปัจจัยสำคัญเฉพาะในส่วนของเทคโนโลยีการเกษตร แบบจำลองของนี้ขยายเกินกว่าพารามิเตอร์การยอมรับแบบดั้งเดิมเพื่อรวมความกังวลเกี่ยวกับความเป็นส่วนตัวของข้อมูล (DPC) ความเชื่อมั่นในเทคโนโลยี (TRUST) การรับรู้ประโยชน์ของ AI (PAIB) การสนับสนุนจากรัฐบาล (GOV) และความรู้ด้านดิจิทัล (DL) เป็นตัวกำหนดการยอมรับฟาร์มอัจฉริยะ โดยการตรวจสอบว่าปัจจัยเหล่านี้มีปฏิสัมพันธ์กับโครงสร้างการยอมรับแบบดั้งเดิม เช่น User Satisfaction (US) และ (SFA) ได้อย่างไร ผู้วิจัยจึงตั้งเป้าที่จะให้ความเข้าใจที่ครอบคลุมมากขึ้นเกี่ยวกับกระบวนการยอมรับ (Cinner & Barnes, 2019; Gao et al., 2018)

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาผลกระทบของปัจจัยต่างๆ ในการพัฒนาแพลตฟอร์มระบบฟาร์มอัจฉริยะ

1.2.2 เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีทางการเกษตรแบบเดิมสู่การใช้เทคโนโลยีอัจฉริยะในการเกษตรในรูปแบบระบบฟาร์มอัจฉริยะ

1.2.3 เพื่อพัฒนาแบบจำลองสมการโครงสร้างที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ ในการพัฒนาแพลตฟอร์มระบบฟาร์มอัจฉริยะ

1.2.4 เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาและปรับปรุงพัฒนาแพลตฟอร์มระบบฟาร์มอัจฉริยะ

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

จากวัตถุประสงค์ของงานวิจัยในการศึกษาผลกระทบของอิทธิพลต่อนวัตกรรมในการพัฒนาแพลตฟอร์มระบบฟาร์มอัจฉริยะซึ่งกำหนดขอบเขตได้ดังนี้

1.3.1 การวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) ด้วยวิธีการสำรวจ (Survey Research) เพื่อศึกษาและพัฒนาแบบจำลองสมการโครงสร้างผลกระทบของอิทธิพลต่อนวัตกรรมในการพัฒนาแพลตฟอร์มระบบฟาร์มอัจฉริยะ นำมาสร้างเป็นองค์ความรู้และแนวทางการพัฒนาแพลตฟอร์มระบบฟาร์มอัจฉริยะในประเทศไทย

1.3.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วยผู้ที่มีความสนใจในการ การใช้แพลตฟอร์มระบบฟาร์มอัจฉริยะ จำนวน 945 คน โดยผู้วิจัยมุ่งเน้นความหลากหลายทั้งด้านอายุ การศึกษา และอาชีพเกษตรกร เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมและเป็นตัวแทนของกลุ่มตัวอย่าง

1.3.3 ระยะเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณของการวิจัยครั้งนี้ ดำเนินการในเดือนมกราคม ถึงมิถุนายน พ.ศ. 2568

1.3.4 แพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์มโดยการผสมผสานทฤษฎีแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

1.4 สมมติฐานการวิจัย

H1: ทัศนคติของเกษตรกรมีผลบวกต่อความตั้งใจในการใช้งาน

(Attitude Toward Behavior ⟶ Behavioral Intention to Use)

H2: การรับรู้รับการควบคุมพฤติกรรมของเกษตรกรมีผลบวกต่อความตั้งใจในการใช้งาน

(Perceived Behavioral Control ⟶ Behavioral Intention to Use)

H3: ความคาดหวังในประสิทธิภาพมีผลบวกต่อความตั้งใจในการใช้งาน

(Performance Expectancy ⟶ Behavioral Intention to Use)

H4: ความคาดหวังในความพยายามมีผลบวกต่อความตั้งใจในการใช้งาน

(Effort Expectancy⟶ Behavioral Intention to Use)

H5: ความคาดหวังในความพยายามมีผลบวกต่อความตั้งใจในการใช้งาน

(Social Influence ⟶ Behavioral Intention to Use)

H6: สภาพสิ่งอำนวยความสะดวกในการใช้งานมีผลบวกต่อความตั้งใจในการใช้งาน

(Facilitating Conditions ⟶ Behavioral Intention to Use)

H7: คุณภาพของระบบมีผลบวกต่อความพึงพอใจของผู้ใช้

(System Quality ⟶ User Satisfaction)

H8: คุณภาพของข้อมูลมีผลบวกต่อความพึงพอใจของผู้ใช้

(Information Quality ⟶ User Satisfaction)

H9: ประโยชน์ที่รับรู้ได้จากปัญญาประดิษฐ์มีผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้

(Perceived AI Benefit ⟶ User Satisfaction)

H10: ความเชื่อมั่นในเทคโนโลยีมีผลบวกต่อความความพึงพอใจของผู้ใช้

(Trust in Technology ⟶ User Satisfaction)

H11: ความกังวลเกี่ยวกับความเป็นส่วนตัวของข้อมูลมีผลบวกต่อการยอมรับฟาร์มอัจฉริยะ

(Data Privacy Concern ⟶ Smart Farm Adoption)

H12: การสนับสนุนจากภาครัฐมีผลบวกต่อการยอมรับฟาร์มอัจฉริยะ

(Government Support ⟶ Smart Farm Adoption)

H13: ความรู้ความเข้าใจและใช้เทคโนโลยีดิจิทัลมีผลบวกต่อการยอมรับฟาร์มอัจฉริยะ

(Digital Literacy ⟶ Smart Farm Adoption)

H14: ความพึงพอใจของผู้ใช้มีผลต่อการยอมรับฟาร์มอัจฉริยะ

(User Satisfaction ⟶ Smart Farm Adoption)

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things : IoT) หมายถึง เครือข่ายของอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกันผ่านอินเทอร์เน็ต ซึ่งสามารถสื่อสารและแลกเปลี่ยนข้อมูลกันได้โดยอัตโนมัติ

ฟาร์มอัจฉริยะ หมายถึง การใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยและเชื่อมต่อกันผ่านอินเทอร์เน็ตในการจัดการและดำเนินงานในงานด้านการเกษตร

ยุคเกษตร 4.0 (Agriculture 4.0) หมายถึงการนำเทคโนโลยีดิจิทัลและเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาใช้ในภาคการเกษตรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ลดต้นทุน และปรับปรุงคุณภาพของผลผลิต

การยอมรับและการใช้เทคโนโลยี (The unified theory on acceptance and use of technology : UTAUT) หมายถึงปัจจัยที่ทำให้คนใช้เทคโนโลยีใหม่

ทฤษฎีพฤติกรรมตามแผน (Theory of Planned Behavior: TPB) หมายถึงการตัดสินใจทำพฤติกรรมจากทัศนคติและบรรทัดฐาน

ทฤษฎีแบบจำลองความสำเร็จของระบบสารสนเทศ (Information System Success Model: IS Success) หมายถึงวัดประสิทธิผลระบบสารสนเทศ

ปัจจัยเสริมด้านปัญญาประดิษฐ์หมายถึงองค์ประกอบที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ AI

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ประโยชน์ด้านวิชาการ

1.6.1.1 เพิ่มเติมและขยายองค์ความรู้ทางวิชาการ และผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่มีผลต่อความตั้งใจการใช้แพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม ซึ่งได้แก่ ปัจจัยด้านการรับรู้ความมีประโยชน์ การรับรู้ความง่ายในการใช้งาน อิทธิพลทางสังคม ปัจจัยด้านความน่าเชื่อถือ ความตั้งใจใช้ เงื่อนไขสนับสนุน ตลอดจนปัจจัยเสริมด้านปัญญาประดิษฐ์ เป็นต้น

1.6.1.2 เพื่อให้องค์การได้ตระหนักถึงปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับการใช้แพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์มกันและสามารถนำมาใช้กำหนดนโยบายหรือกลยุทธ์ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินงานขององค์การและเป็นแนวทางการพัฒนาเครื่องมือการทำงานร่วมกันให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

1.6.2 ประโยชน์ด้านการนำไปใช้

1.6.2.1 ได้แพลตฟอร์มระบบฟาร์มอัจฉริยะสำหรับการเกษตร ที่สามารถควบคุมการสั่งการปิด-เปิดน้ำได้แบบเรียลไทม์

1.6.2.2 ช่วยให้สามารถรดน้ำได้อย่างเพียงพอ ตามเงื่อนไขที่กำหนด

1.6.2.3 ประหยัดเวลา และแรงงานของเกษตรกรเนื่องจากสามารถเข้าถึงข้อมูล ตรวจสอบและสั่งการได้ทุกที่

1.6.2.4 สามารถใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการวิเคราะห์ข้อมูลของพืชได้

บทที่ 2
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดและทฤษฎี รวมถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางกำหนดกรอบแนวคิดการวิจัย สมมติฐานการวิจัย ตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้นำปัจจัยจาก ผสมผสานระหว่างทฤษฎีรวมของการยอมรับและการใช้เทคโนโลยี (The unified theory on acceptance and use of technology : UTAUT) บูรณาการเข้ากับทฤษฎีพฤติกรรมตามแผน (Theory of Planned Behavior: TPB) และ ทฤษฎีแบบจำลองความสำเร็จของระบบสารสนเทศ (Information System Success Model: IS Success) นอกจากนี้ยังมีปัจจัยเสริมด้านปัญญาประดิษฐ์จนเกิดเป็นแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยีเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในระบบฟาร์มอัจฉริยะเพื่อใช้ในการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการยอมรับการใช้งานเทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะ (AI-Augmented Smart Farm Technology Acceptance Model: AI-SFAM) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 แนวคิดและทฤษฎีจากเอกสารและตำราที่เกี่ยวข้อง

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.3 สรุปเอกสารและงานวิจัยตามองค์ประกอบการวิจัย

2.1 แนวคิดและทฤษฎีจากเอกสารและตำราที่เกี่ยวข้อง

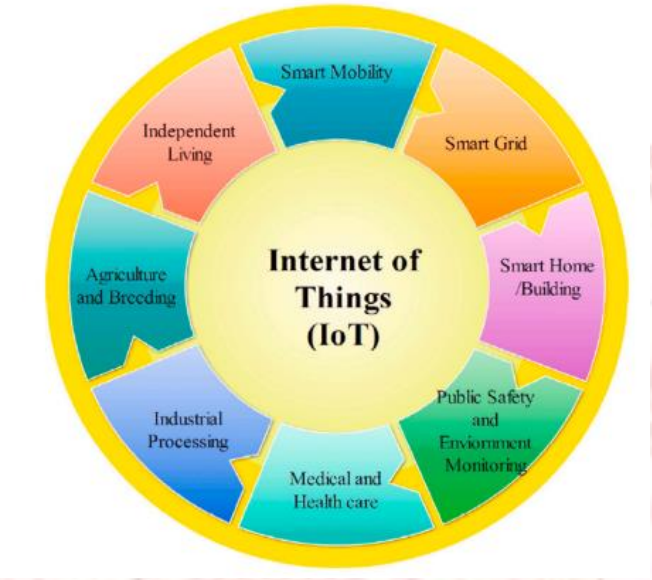
2.1.1 แนวคิดเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT)

วิธีการที่เห็นได้ทั่วสำหรับการปฏิสัมพันธ์กับเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ นั้นคือการเชื่อมต่ออุปกรณ์ เช่นเมาส์ หรือ แป้นพิมพ์ เข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ จะถูกแทนที่ด้วยรูปแบบการปฏิสัมพันธ์ในรูปแบบใหม่โดยใช้ร่างกายของมนุษย์ในการปฏิสัมพันธ์โดยตรง เช่น การสัมผัสหน้าจอ การปฏิสัมพันธ์ด้วยอวัยวะของร่างกาย ดวงตา นิ้วมือ หรือการปฏิสัมพันธ์ด้วยการแสดงท่าทาง เป็นต้น (Manches et al., 2015)

อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things หรือ IoT) เป็นแนวคิดที่อธิบายถึงการเชื่อมต่อสิ่งของทั้งหมดที่มีในโลกด้วยอินเทอร์เน็ต เพื่อให้สามารถรับส่งข้อมูลและปฏิสัมพันธ์กับกันได้ นับจากที่นิยมในหมู่ประชากรในปัจจุบัน การที่สิ่งของเหล่านี้สามารถเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตและกันเอง หมายความว่าสามารถควบคุมและรับข้อมูลจากสิ่งของนั้นผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ (Hsu et al., 2020; S. Li et al., 2015) ซึ่งทำให้เกิดโอกาสใหม่ๆ ในการจัดการและใช้ประโยชน์จากข้อมูลที่ได้รับมาจากอุปกรณ์ต่างๆ นอกจากนี้ IoT ยังเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการพัฒนาเมืองอัจฉริยะ (Smart City) และในงานอุตสาหกรรม และภาคบริการอีกด้วย เช่น การใช้เซ็นเซอร์เพื่อตรวจจับสถานะแวดล้อม การจัดการพลังงาน การติดตามและจัดการขนส่ง การบริหารจัดการทรัพยากรทางน้ำ การดูแลสุขภาพ และหลายๆ อื่นๆ อีกมาก

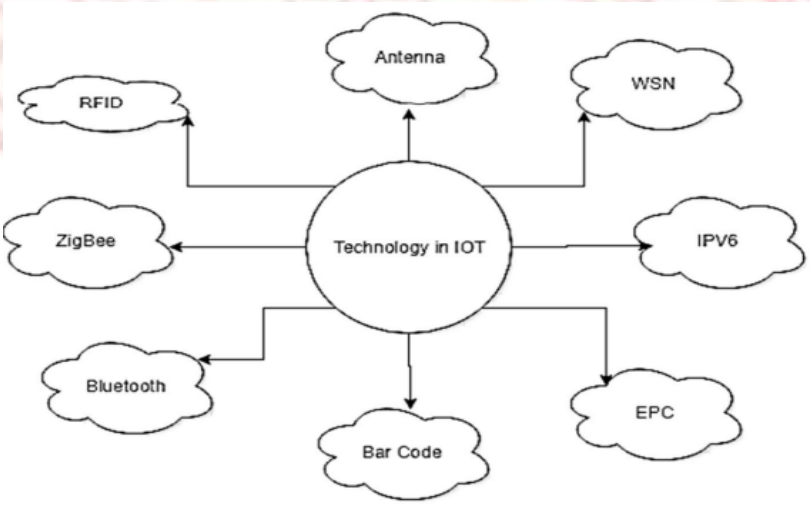
เมื่ออินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเริ่มเข้ามามีอิทธิพลในชีวิตประจำวันเพิ่มมากขึ้น (Smith, 2015) ย่อมส่งผลใน 3 ระดับคือ 1. ระดับบุคคล (Personal Use) โดยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งจะเปลี่ยนแปลงวิถีการดำเนินชีวิตของทุกคน การสื่อสารกับอุปกรณ์ต่าง ๆ สามารถทำได้ง่าย ข้อมูลจำนวนมาก จะส่งตรงไปยังผู้ใช้ การอำนวยความสะดวกในการใช้งานและบริการการต่าง ๆ จะเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม เช่น สามารถส่งข้อมูลความดันโลหิต ระดับน้ำตาลในเลือด หรือข้อมูลอื่น ๆ ที่หมอต้องการ ที่ได้จากการเครื่องวัดสุขภาพ ที่เป็นอุปกรณ์คอยติดตามและรายงานความเปลี่ยนแปลงทางสุขภาพต่างๆ ของแต่ละบุคคลได้ หรือ เซนเซอร์ที่ติดอยู่บนรถเมื่อประสบอุบัติเหตุจะส่งข้อมูลไปยังรถฉุกเฉินเพื่อแจ้งเตือนไปยังการเกิดอุบัติเหตุทำการค้นหาผ่านระบบตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ 2. ระดับรัฐบาล (Government Use) การเข้ามาของเทคโนโลยี IoT นำไปสู่แผนและกลยุทธ์ในการพัฒนาประเทศของหลาย ๆ ประเทศ ที่ต้องปรับเปลี่ยนยุทธศาสตร์หรือนโยบายโดยนำเอาแนวคิด IoT มาเป็นเครื่องมือในการนำประเทศไปสู่ "Smart cities" ขึ้น เพื่อช่วยให้การบริหารจัดการทรัพยากรต่าง ๆ ด้วยสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดค่าใช้จ่ายใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า ตัวอย่างเช่น ประเทศสิงคโปร์ ได้ทำใช้ระบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์อัจฉริยะกับรถแท็กซี่ เพื่อให้รถแท็กซี่ส่งข้อมูลรายงานสภาพการจราจรบนท้องถนนโดยมีเซ็นเซอร์ที่คอยจัดส่งข้อมูลไปยังศูนย์กลางของเครือข่ายและการวิเคราะห์ทำนายรูปแบบการจราจรและควบคุมสัญญาณไฟจราจรเพื่อปรับเปลี่ยนเส้นทางให้สอดคล้องกับสภาพการจราจร 3. ระดับโลก (Global Use) เป็นผลจากพฤติกรรมการใช้อินเทอร์เน็ตของคนทั่วโลก ส่งผลให้การพัฒนาอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมีพัฒนาการอย่างรวดเร็ว ทุก

คนทั่วโลกสามารถเข้าถึงบริการอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งได้จากเครือข่ายทั่วโลก การใช้งานเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมีหลายรูปแบบ โดยใช้ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสิ่งของและมนุษย์ ซึ่งหมายถึงการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์หรือสิ่งของต่างๆ ด้วยกันผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ดังภาพที่ 2-1



ภาพที่ 2-1 Various usages of IoT (Khanna & Kaur, 2019)

จากการศึกษาและสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) และการประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆ โดยมีประเด็นสำคัญดังนี้ (Balaji et al., 2019)



ภาพที่ 2-2 Technology embedded in IoT (Balaji et al., 2019)

- เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเป็นเครือข่ายที่เชื่อมโยงโลกกายภาพและโลกเสมือนเข้าด้วยกัน โดยใช้อินเทอร์เน็ตเป็นสื่อกลางในการสื่อสารและส่งข้อมูล

- เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งช่วยให้อุปกรณ์ต่างๆ สามารถทำงานได้โดยอัตโนมัติ โดยไม่ต้องอาศัยการควบคุมจากมนุษย์

- มีการใช้งานเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งอย่างแพร่หลายในหลายด้าน เช่น การแพทย์ อุตสาหกรรม การเกษตร พลังงาน และการสร้างเมืองอัจฉริยะ

- เทคโนโลยีสำคัญที่ใช้ในเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ได้แก่ RFID, WSN, EPC, บาร์โค้ด, ZigBee และ Bluetooth พลังงานต่ำ

- กระบวนการทำงานของเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งประกอบด้วยการเชื่อมต่อ การรับรู้ การสื่อสาร การรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ และการตอบสนอง

- จำนวนอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว คาดว่าจะมีถึง 60 พันล้านเครื่องในปี 2025

- งานวิจัยเกี่ยวกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมีการเติบโตอย่างก้าวกระโดดในช่วงปี 2013-2018

- ยังมีความท้าทายด้านความปลอดภัยและความเป็นส่วนตัวที่ต้องได้รับการแก้ไขเพื่อการใช้งานเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งอย่างมีประสิทธิภาพ

ระบบควบคุมการเข้าถึงแบบรวมศูนย์ไม่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งที่ซับซ้อนและมีอุปกรณ์จำนวนมาก เพื่อแก้ไขปัญหานี้ จึงได้มีการนำเสนอสถาปัตยกรรมใหม่สำหรับการจัดการการเข้าถึงในอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งโดยใช้เทคโนโลยีบล็อกเชน (Novo, 2018) สถาปัตยกรรมใหม่นี้เป็นระบบควบคุมการเข้าถึงแบบกระจายศูนย์ที่ใช้บล็อกเชนในการบังคับใช้นโยบายการเข้าถึง โดยมีข้อดีหลายประการ ได้แก่ (1) รองรับการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ (2) สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ตลอดเวลา (3) รองรับการจัดการพร้อมกันจากหลายผู้ดูแล (4) ไม่ต้องปรับแต่งอุปกรณ์อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (5) รองรับการขยายตัวได้ดี และ (6) มีความโปร่งใส การออกแบบเฉพาะเพื่อหลีกเลี่ยงการผสานบล็อกเชนเข้ากับอุปกรณ์อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งโดยตรงทำให้สามารถใช้งาน

ได้กับอุปกรณ์ที่มีข้อจำกัดด้านทรัพยากร นอกจากนี้ยังใช้สมาร์ทคอนแทรกต์เพียงตัวเดียวเพื่อลดการสื่อสารระหว่างโหนด และให้ข้อมูลควบคุมการเข้าถึงแก่อุปกรณ์อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งแบบเรียลไทม์ งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการใช้บล็อกเชนในการจัดการการเข้าถึงสำหรับ IoT โดยเฉพาะในสถานการณ์ที่ต้องการความสามารถในการขยายตัวสูง

การบรรจบกันระหว่างอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) และการประมวลผลแบบคลาวด์เป็นแนวโน้มที่สำคัญในปัจจุบัน โดยมีทั้งโอกาสและความท้าทายที่เกิดขึ้น (Biswas & Giaffreda, 2014) ความสำเร็จของ IoT จำเป็นต้องอาศัยการให้บริการที่มีคุณลักษณะสำคัญ ได้แก่ ความพร้อมใช้งานสูง ความน่าเชื่อถือ ประสิทธิภาพสูง และความสามารถในการขยายขนาด การรวมแนวคิด Cloud Computing เข้ากับอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งจะนำไปสู่แบบจำลอง "Everything as a Service" ซึ่งจะเพิ่มฟังก์ชันการทำงานใหม่และความสามารถด้านปัญญาประดิษฐ์ให้กับระบบนิเวศอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ความท้าทายหลักของอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งประกอบด้วย (1) การเข้าถึงและเชื่อมต่อแบบไร้ขอบเขต (2) การจัดการอุปกรณ์จำนวนมหาศาลและข้อมูลขนาดใหญ่ (3) การใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด และ (4) การปรับแต่งบริการตามความต้องการของผู้ใช้ ในขณะเดียวกัน Cloud Computing สามารถตอบสนองความต้องการเหล่านี้ได้ด้วยคุณสมบัติพื้นฐาน เช่น การแบ่งปันทรัพยากร การเข้าถึงจากทุกที่ทุกเวลา การจำลองเสมือน และความยืดหยุ่นในการขยายขนาด การศึกษาได้เสนอแนวทางการบรรจบกันสองรูปแบบ คือ Cloud-based IoT และ IoT-Centric Cloud โดยเน้นการอธิบายแนวคิด IoT-Centric Cloud ซึ่งขยายการประมวลผลแบบคลาวด์ไปยังขอบของเครือข่ายใกล้กับอุปกรณ์ IoT มากขึ้น ส่งผลให้เกิดประโยชน์ในการลดความหน่วงเวลา ลดปริมาณการรับส่งข้อมูล และรองรับการประมวลผลแบบเคลื่อนที่และการสตรีมข้อมูล แนวคิดนี้มีความเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่แบบเรียลไทม์ เนื่องจากมีการกระจายตัวทางภูมิศาสตร์อย่างกว้างขวาง

การพัฒนาเครือข่ายอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในอนาคตจำเป็นต้องให้ความสำคัญกับประเด็นด้านเครือข่าย ซึ่งเป็นองค์ประกอบพื้นฐานสำคัญที่จะทำให้บริการอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเป็นไปได้ (S. Lee et al., 2017) สถาปัตยกรรมของอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งประกอบด้วยสี่ชั้นหลัก ได้แก่ (1) ชั้นบริการ ที่ทำหน้าที่เป็นส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (2) ชั้นแพลตฟอร์ม ที่สนับสนุนแอปพลิเคชันและบริการอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (3) ชั้นเครือข่าย ที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อและส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ และ (4)

ชั้นอุปกรณ์ ที่ประกอบด้วยเซ็นเซอร์และอุปกรณ์ต่างๆ ข้อจำกัดของการวิจัยและพัฒนาอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในปัจจุบันรวมถึง การพัฒนาแอปพลิเคชันและบริการที่กระจัดกระจายโดยไม่มีมาตรฐานกลาง และการขาดโปรโตคอลเครือข่ายมาตรฐานสำหรับ IoT นอกจากนี้ยังมีความท้าทายในการรองรับจำนวนอุปกรณ์อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและความจำเป็นในการประมวลผลข้อมูลขนาดใหญ่

ปัจจัยที่ส่งผลต่อการยอมรับและการใช้งานอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งอย่างต่อเนื่องเป็นประเด็นสำคัญที่ต้องศึกษา โดยการศึกษาเชิงประจักษ์ได้นำเสนอแบบจำลองการวิจัยที่ประกอบด้วยห้าองค์ประกอบหลัก ได้แก่ (1) การรับรู้เกี่ยวกับอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (2) ความรู้ด้านความเป็นส่วนตัวและความปลอดภัยของอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (3) ความไว้วางใจในอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และ (4) ความตั้งใจที่จะใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งอย่างต่อเนื่อง (Koohang et al., 2022) การศึกษาที่ดำเนินการกับผู้เข้าร่วม 297 คนจากองค์กรต่างๆ ใน 9 ภูมิภาคของสหรัฐอเมริกา พบว่าการรับรู้เกี่ยวกับอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมีอิทธิพลเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญต่อความรู้ด้านความเป็นส่วนตัวและความปลอดภัย ซึ่งส่งผลต่อความไว้วางใจและความตั้งใจที่จะใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งอย่างต่อเนื่อง การเติบโตอย่างรวดเร็วของการใช้งานอุปกรณ์อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งทำให้ความเป็นส่วนตัว ความปลอดภัย และความไว้วางใจกลายเป็นความท้าทายสำคัญที่ส่งผลต่อการยอมรับเทคโนโลยี การศึกษานี้มีส่วนสำคัญในการเสริมสร้างความเข้าใจทั้งในเชิงทฤษฎีและการปฏิบัติเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อการยอมรับและการใช้งานอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งอย่างต่อเนื่อง

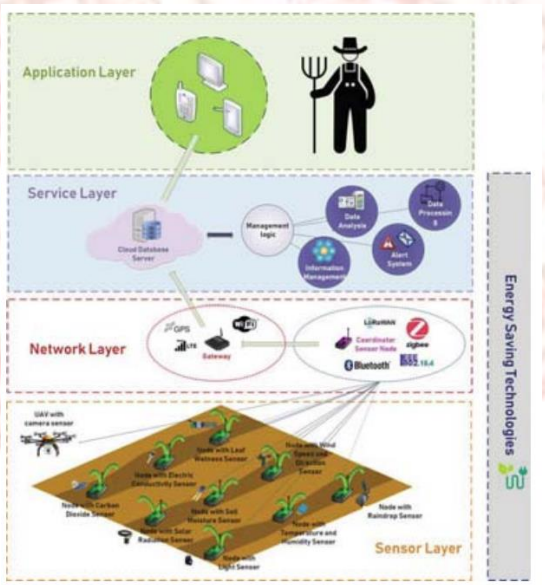
2.1.2 แนวคิดเกี่ยวกับนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตร หรือ ฟาร์มอัจฉริยะ

การพัฒนาเทคโนโลยีที่มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องมีผลกระทบในเชิงบวกต่อด้านการเกษตร (Mekala & Viswanathan, 2019) โดยพืชที่ใช้ทำการเกษตรเป็นสินค้าที่ขึ้นอยู่กับสภาพแวดลอม ยกตัวอย่างคือ เงื่อนไขสภาพแวดล้อม สภาพอากาศและศัตรูพืชที่มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อผลผลิต (Verdouw et al., 2019) ดังนั้นการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งจะช่วยลดความกังวลที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องในแต่ละวันของเกษตรกรได้ เช่น การวิเคราะห์ข้อมูล อุณหภูมิดิน ความชื้นในดิน และโรคพืช เป็นต้น (Alahi et al., 2017; Marković et al., 2015; Page et al.,

2013) โดยจะใช้เซนเซอร์ที่มาพร้อมกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งการใช้ IoT ในด้านเกษตรกรรม ประกอบไปด้วยเทคโนโลยีหลายรูปแบบที่มีพื้นฐานบนอินเทอร์เน็ต

การนำเอาเทคโนโลยีต่างๆมาพัฒนา ปรับใช้ในรูปแบบด้านการเกษตร ไม่ว่าจะเป็น ข้อมูลทางการเกษตร ซึ่งถือเป็นอีกหนึ่งสำคัญในการส่งเสริม พัฒนาและเปลี่ยนแปลงต่อเศรษฐกิจและความยั่งยืนในการเกษตร อย่างไรก็ตาม การนำเทคโนโลยีเหล่านี้มาใช้ในวงกว้างยังมีความท้าทายหลายประการ เช่น ปัญหาด้านความปลอดภัยทางไซเบอร์ การจัดการข้อมูลขนาดใหญ่ และการรักษาความเป็นส่วนตัว ซึ่งจำเป็นต้องได้รับการแก้ไขเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดจากการใช้เทคโนโลยีเหล่านี้ในภาคเกษตร

นอกจากนี้ระบบการเกษตรอัจฉริยะยังรวมถึงเทคนิคการรับรู้ระยะไกลสมัยใหม่ เช่น อากาศยานไร้คนขับ ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (GPS) ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) การตรวจสอบแบบเรียลไทม์ด้วยเซ็นเซอร์ประเภทต่างๆ และระบบควบคุมการป้อนข้อมูลอัจฉริยะ (Triantafyllou et al., 2019) ดังภาพที่ 2-3



ภาพที่ 2-3 Precision farming system architecture (Triantafyllou et al., 2019)

จากการศึกษาและสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้องการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ในการตรวจสอบการเจริญเติบโตของพืชและการควบคุมคุณภาพในภาคการเกษตร โดยมีประเด็นสำคัญ (Devare & Hajare, 2019) ดังนี้

- อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งช่วยเปลี่ยนการควบคุมและตรวจสอบแบบดั้งเดิมในการเกษตรให้เป็นระบบอัตโนมัติและควบคุมระยะไกล

- ใช้เซ็นเซอร์หลากหลายชนิดเพื่อเก็บข้อมูลจากฟาร์ม เช่น ค่า pH ของดิน ความชื้น อุณหภูมิ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ระดับน้ำ การตรวจจับแมลงและศัตรูพืช

- ข้อมูลจากเซ็นเซอร์จะถูกส่งผ่านเครือข่าย ZigBee ไปยังเซิร์ฟเวอร์หลักเพื่อประมวลผล

- เกษตรกรสามารถตรวจสอบและควบคุมฟาร์มระยะไกลผ่านสมาร์ทโฟน

- ระบบอัตโนมัติที่ใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ได้แก่ ระบบชลประทาน การควบคุมศัตรูพืช การตรวจสอบการเจริญเติบโตของพืช การวิเคราะห์ยาฆ่าแมลง และการควบคุมประชากรแมลง

- ช่วยลดแรงงาน เพิ่มผลผลิต ประหยัดต้นทุนและเวลา

- มีการใช้โดรนและหุ่นยนต์การเกษตรในการฉีดพ่นยาฆ่าแมลง เพื่อลดอัตราการเสียชีวิตของเกษตรกร

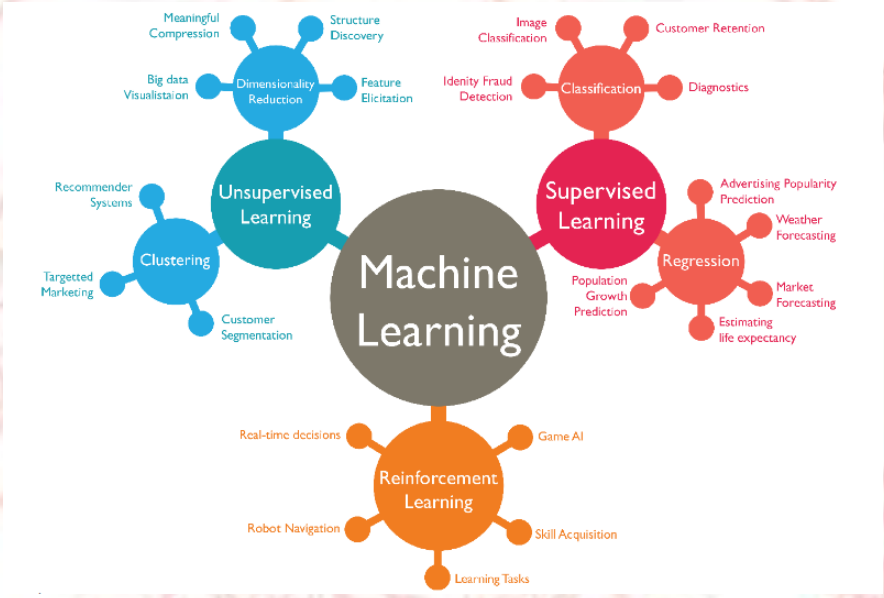
- ความท้าทายในการออกแบบระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง สำหรับการเกษตร ได้แก่ ความปลอดภัย การจัดการคีย์ การพิสูจน์ตัวตนและการอนุญาต การควบคุมการเข้าถึง โปรโตคอลการจัดเส้นทาง และการรวบรวมข้อมูล

ซึ่งแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในการปฏิวัติภาคการเกษตร โดยช่วยให้เกษตรกรสามารถจัดการฟาร์มได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ลดต้นทุน และเพิ่มผลผลิต

2.1.3 การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning)

การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) เป็นกระบวนการที่คอมพิวเตอร์สามารถเรียนรู้และปรับปรุงการปฏิบัติตามข้อมูลที่ได้รับโดยไม่ต้องโปรแกรมให้แต่ละกระบวนการอย่างชัดเจน ในการเรียนรู้ของเครื่องมักใช้ข้อมูลเป็นพื้นฐานในการสร้างแบบจำลองและการทำนาย (Bi et al., 2019)

การเรียนรู้ของเครื่องเป็นหนึ่งในประเภทของปัญญาประดิษฐ์ ที่จะช่วยให้แอปพลิเคชัน หรือซอฟต์แวร์เกิดการเรียนรู้จากชุดข้อมูลที่จะสามารถทำนายผลได้อย่างแม่นยำ โดยหลักการคือจะมีแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และมีอัลกอริทึมในหลากหลายรูปแบบมาเรียนรู้จากชุดข้อมูล (Data set) จนทำให้คอมพิวเตอร์เกิดการเรียนรู้และฉลาดในการตัดสินใจบนข้อมูลที่ไม่เคยได้เห็นมาก่อนได้สำเร็จ (El Naqa & Murphy, 2015)



ภาพที่ 2-4 ประเภทการเรียนรู้ของเครื่อง (*Depa Thailand - Article View*, 2020)

โดยหลักการของการเรียนรู้ของเครื่องจะแบ่งออกเป็น 3 ประเภทตามรูปแบบการเรียนรู้ด้วยกัน โดยแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบดังนี้

2.1.3.1 การเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised Learning)

เทคนิคในประเภทนี้จะเน้นการเรียนรู้จากข้อมูลที่มีอยู่ในอดีตเพื่อนำมาสร้างแบบจำลองสำหรับทำนายหรือคาดการณ์สิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคต (Sharma, 2023) ในแบบจำลองแต่ละแบบจำลองอาจจะเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ หรือ กฎต่างๆ (Cunningham et al., 2008)

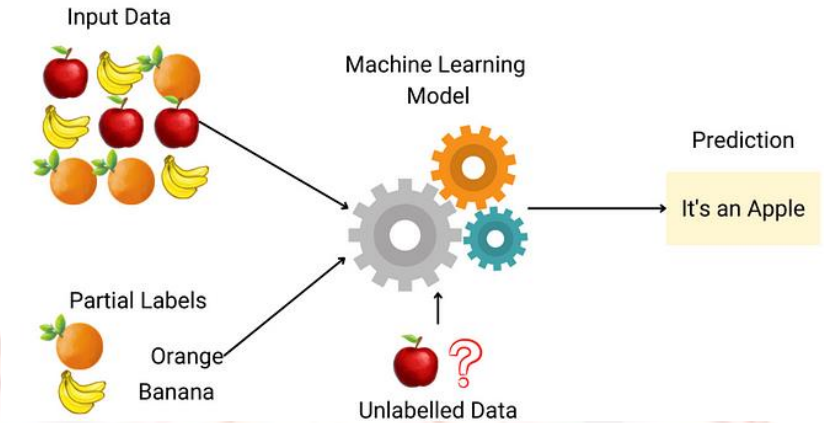
การเรียนรู้แบบมีผู้สอนเป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมและมีการพัฒนาอย่างรวดเร็วในทศวรรษที่ผ่านมา โดยมีการนำไปใช้ในการประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูลหลากหลายประเภท (Nasteski, 2017) จุดเด่นของการเรียนรู้แบบมีผู้สอนคือการใช้ข้อมูลการฝึกอบรมที่มีการใส่คำอธิบาย (Annotated Training Data) ซึ่งช่วยให้การสร้างแบบจำลองมีความแม่นยำมากขึ้น อัลกอริทึมที่สำคัญของการเรียนรู้แบบมีผู้สอน ได้แก่ ต้นไม้การตัดสินใจ (Decision Trees) การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) Naive Bayes และการถดถอยโลจิสติก (Logistic Regression)

เทคนิคการเรียนรู้แบบมีผู้สอนสามารถแบ่งออกเป็นสองประเภทหลัก คือ การจำแนกประเภทข้อมูล (Classification) และการประมาณค่าข้อมูล (Regression) ทั้งสองเทคนิคมีลักษณะคล้ายกัน แต่จะแตกต่างกันที่คำตอบที่ได้จากการทำนายหรือค่าความจริงที่ปรากฏ (Pacharawongsakda, 2014)

การจำแนกประเภทข้อมูล (Classification) เป็นเทคนิคการจำแนกประเภทข้อมูลที่มีในอดีตมาสอนระบบเพื่อให้เรียนรู้รูปแบบที่เกิดขึ้นในข้อมูล แล้วจึงสร้างเป็นสมการหรือแบบจำลอง (Model) เพื่อหาคำตอบสำหรับข้อมูลใหม่ ตัวอย่างเช่น การจำแนกอีเมลออกเป็นสแปมหรือแบบปกติ โดยจะต้องมีการนำข้อมูลของอีเมลประเภทสแปมและประเภทปกติมาให้คอมพิวเตอร์ทำการเรียนรู้ หลังจากนั้นจึงสร้างแบบจำลองเพื่อจำแนกประเภทของอีเมลว่าเป็นสแปมหรือแบบปกติ (Makkawal et al., 2020)

การประมาณค่าข้อมูลหรือการวิเคราะห์การถดถอย (Regression) เป็นวิธีการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างสองตัวแปรขึ้นไป ซึ่งสามารถนำค่าของความสัมพันธ์มาพยากรณ์ค่าของตัวแปรอีกตัวได้

ตัวอย่างของเทคนิคการเรียนรู้แบบมีผู้สอน คือ การที่คอมพิวเตอร์เรียนรู้จากชุดข้อมูลของผลไม้โดยใช้ชุดข้อมูลเป็นตัวสอนคอมพิวเตอร์ให้เข้าใจลักษณะของแอปเปิล การจำแนกแอปเปิลจะพิจารณาจากลักษณะทรงผลที่มีร่องบุ๋มที่ขั้วและก้นผล หรือกลมแบนเล็กน้อย ซึ่งมีหลายสี เช่น สีชมพู สีแดง สีเขียว และสีเหลือง ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ แต่จากชุดข้อมูลตัวอย่างการเรียนรู้จะใช้สีแดง ด้วยขั้นตอนวิธีนี้จะทำให้คอมพิวเตอร์สามารถแยกแอปเปิลออกจากผลไม้ชนิดอื่นได้ ดังภาพที่ 2-5



ภาพที่ 2-5 ตัวอย่างการเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Sharma, 2023)

งานวิจัยเรื่องการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันเพื่อจำแนกกล้วยด่างด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง ได้นำเสนอเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องแบบการเรียนรู้เชิงลึกด้วยอัลกอริทึมคอนโวลูชันนิวรอนเน็ตเวิร์ก ซึ่งเป็นงานในส่วนของการเรียนรู้แบบมีผู้สอนมาพัฒนาแบบจำลองการจำแนกและหาความสัมพันธ์ของกล้วยด่าง (Makkawal et al., 2020) การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) หาแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่องมาประยุกต์ใช้กับการจำแนกสายพันธุ์กล้วยด่าง 2) พัฒนาเว็บแอปพลิเคชันเพื่อจำแนกกล้วยด่างด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง และ 3) หาประสิทธิภาพด้านความถูกต้องของแบบจำลองการเรียนรู้ ในการดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลภาพใบกล้วยด่างจากฐานข้อมูลขององค์การสวนพฤกษศาสตร์ จำนวน 5 สายพันธุ์ ได้แก่ 1) กล้วยฟอริด้าด่าง 2) กล้วยน้ำหว้าด่าง 3) กล้วยตานีด่าง 4) กล้วยเทพพนมด่าง และ 5) กล้วยแดงอินโดด่าง โดยแบ่งชุดข้อมูลสำหรับการสอนร้อยละ 70 และข้อมูลสำหรับทดสอบร้อยละ 30 จากนั้นใช้วิธีการเรียนรู้เชิงลึกด้วยอัลกอริทึมคอนโวลูชันนิวรอนเน็ตเวิร์กในการประมวลผลภาพเพื่อสร้างแบบจำลอง แล้วนำไปพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันด้วยภาษาไพธอน ผลการวิจัยพบว่า 1) ได้แบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่องมาประยุกต์ใช้กับการจำแนกสายพันธุ์กล้วยด่าง และ 2) ประสิทธิภาพด้านความถูกต้องของแบบจำลองการเรียนรู้ วัดด้วยวิธี F1 Score ได้รับค่าความถูกต้องสูงสุดที่ 83.00%

วิธีการเรียนรู้แบบมีผู้ควบคุมสำหรับการตรวจจับขอบและขอบเขตของวัตถุ ซึ่งเรียกว่า "Boosted Edge Learning" หรือ BEL ได้ถูกนำเสนอเพื่อแก้ปัญหาการตรวจจับขอบที่ยังคงเป็นความท้าทายในด้านการมองเห็นของคอมพิวเตอร์ (Dollar et al., 2006) ในกระบวนการเรียนรู้ BEL จะ

เลือกและรวมคุณลักษณะจำนวนมากข้ามมาตราส่วนต่างๆ เพื่อสร้างแบบจำลองที่ใช้จำแนกที่มีประสิทธิภาพ โดยใช้การขยายของ Probabilistic Boosting Tree Algorithm ซึ่งไม่ต้องมีการปรับแต่งพารามิเตอร์ใดๆ ผลการทดสอบบนชุดข้อมูลต่างๆ รวมถึง Berkeley Dataset พบว่าวิธีการนี้ให้ผลลัพธ์ที่ดีมาก แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการใช้ข้อมูลบริบทและข้อมูลระดับสูงในการตรวจจับขอบและขอบเขตของวัตถุ

แนวคิดใหม่ในการปรับปรุงอัลกอริทึมสำหรับการเรียนรู้แบบมีผู้สอนโดยใช้เครือข่ายประสาทเทียม (Neural Networks) ได้ถูกเสนอขึ้น โดยเสนอว่าอัลกอริทึม Back Propagation ที่ใช้ในปัจจุบันสามารถถูกขยายขอบเขตได้ โดยการกำหนดค่าเอาต์พุตและอินพุตของเซลล์ประสาทเป็นค่าความน่าจะเป็น และปรับน้ำหนักซินแนปส์ในทิศทางของ Gradient ของ Log Likelihood แทนที่จะเป็น 'Error' (Baum & Wilczek, 1987) การทำเช่นนี้จะทำให้การวางแนวคิดของ Back Propagation มีความชัดเจนและมีประสิทธิภาพมากขึ้น ในช่วงสามสิบปีที่ผ่านมา มีนักวิจัยหลายคนที่ได้ศึกษาการเรียนรู้แบบมีผู้สอนในเครือข่ายที่คล้ายกับเครือข่ายประสาทเทียม อัลกอริทึมที่เรียกว่า 'Back Propagation' หรือ 'Generalized Delta-Rule' ได้ถูกนำมาใช้ในปัญหาต่างๆ เช่น การแมปข้อความกับโฟนีม การวินิจฉัยโรค และการจำแนกเป้าหมายของโซนาร์ ในแอปพลิเคชันเหล่านี้ มักจะมีการพิจารณาข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์หรือมีความน่าจะเป็น ซึ่งผู้เขียนเชื่อว่าการพิจารณาการเรียนรู้แบบมีผู้สอนจากมุมมองที่กว้างขึ้นนี้จะช่วยให้สามารถวางแนวคิดและปรับปรุงประสิทธิภาพของ Back Propagation ได้

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องข้างต้น สามารถสรุปได้ว่าการเรียนรู้แบบมีผู้สอนเป็นวิธีการที่โดดเด่นในสาขาการเรียนรู้ของเครื่อง เทคนิคที่ใช้มีความสำเร็จมากกว่าเทคนิคแบบไม่มีผู้สอน เนื่องจากข้อมูลการฝึกอบรมที่มีป้ายกำกับและระบุกลุ่มชัดเจน ทำให้สามารถสร้างแบบจำลองที่มีความแม่นยำและประสิทธิภาพสูง

2.1.3.2 การเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised Learning)

การเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอนนั้น ไม่จำเป็นต้องมีค่าเป้าหมายของแต่ละข้อมูลตัวอย่าง ในระหว่างการเรียนรู้ โครงข่ายประสามเทียมจะได้รับข้อมูลกระตุ้นในรูปแบบต่างๆ และจะทำการจัดกลุ่ม

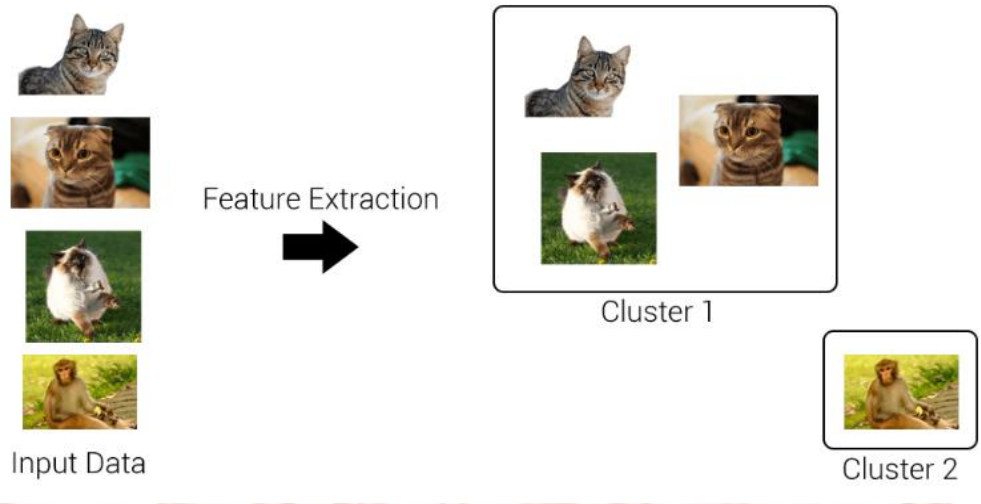
รูปแบบต่างๆ เหล่านั้นเองตามต้องการ ผลตอบของโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้การเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอนนี้ จะเป็นการระบุกลุ่มของข้อมูลที่ใส่เข้าไป โดยจะอิงกับวิธีการจัดกลุ่มซึ่งได้เรียนรู้จากข้อมูลที่โครงข่ายเคยพบมา เทคนิคนี้จะเน้นการพิจารณาข้อมูลเป็นหลัก เช่น พิจารณาความสัมพันธ์ของข้อมูลกันในลักษณะแบบใดบ้าง โดยเทคนิคประเภทนี้จะแบ่งย่อยได้อีกคือ เทคนิคการค้นหากฎความสัมพันธ์ (Association rule) (Pacharawongsakda, 2014)

เทคนิคการค้นหากฎความสัมพันธ์ Association rule คือ การค้นหาความสัมพันธ์จากข้อมูลที่มีขนาดใหญ่จากชุดข้อมูล (Data set) เพื่อนำมาวิเคราะห์หรือทำนายปรากฏการณ์ต่างๆ (Kumbhare & Chobe, 2014)

การแบ่งกลุ่มข้อมูล (Clustering) คือ เป็นเทคนิคที่ใช้ในการจัดกลุ่มหรือแบ่งกลุ่มข้อมูล เช่น คนสัตว์ สิ่งของ หรือ ต้นไม้ องค์กร บริษัท เป็นต้น โดยกลุ่มที่มีลักษณะเหมือนกันหรือคล้ายกันจะอยู่ในกลุ่มเดียวกัน ดังนั้นการพิจารณาเลือกลักษณะตัวแปรที่จะใช้ในการแบ่งกลุ่มจึงมีความสัมพันธ์ (Xu & Wunsch, 2005)

เนื่องจากขั้นตอนการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอนนี้ จะมีการระบุกลุ่มของข้อมูลตัวอย่างก่อน เมื่อตัดสินใจได้แล้วว่า ข้อมูลใหม่มีลักษณะที่ควรจะจัดรวมเข้ากลุ่มใด (หรืออาจถือเป็นกลุ่มใหม่ก็ได้ ในกรณีที่เห็นว่า ไม่ควรจัดเข้ากลุ่มใดเลย) หลังจากนั้น จึงมีการปรับคุณลักษณะของกลุ่ม โดยการนำลักษณะของข้อมูลใหม่นี้มาช่วยกำหนดแนวทางการจัดด้วย ในการตัดสินว่าข้อมูลใหม่นี้ควรจัดรวมเข้ากลุ่มใด ในโครงข่ายประสาทเทียมบางชนิดอาจจะใช้วิธีการแข่งขันกันของกลุ่มต่างๆ ว่ากลุ่มใดควรได้ข้อมูลดังกล่าวไป การเรียนรู้ในลักษณะนี้จะถูกเรียกว่า การเรียนรู้แบบแข่งขันกัน (Competitive Learning)

โดยเทคนิควิธีการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอนจะค่อนข้างยากในการที่จะให้คอมพิวเตอร์จัดกลุ่มคำตอบให้ชัดเจน กล่าวคือ คอมพิวเตอร์จะสามารถเรียนรู้จากชุดข้อมูลของสัตว์ แต่ไม่รู้ว่าสัตว์ประเภทนี้คือสัตว์อะไร แต่คอมพิวเตอร์สามารถทำได้คือการทำ Feature Extraction และแยกข้อมูลออกมาได้โดยที่ไม่รู้ว่าประเภทข้อมูลนั้นคืออะไรหรือสัตว์นี้คืออะไร โดยกลุ่มพวกนี้จะเรียกว่าการ Cluster ดังภาพที่ 2-6



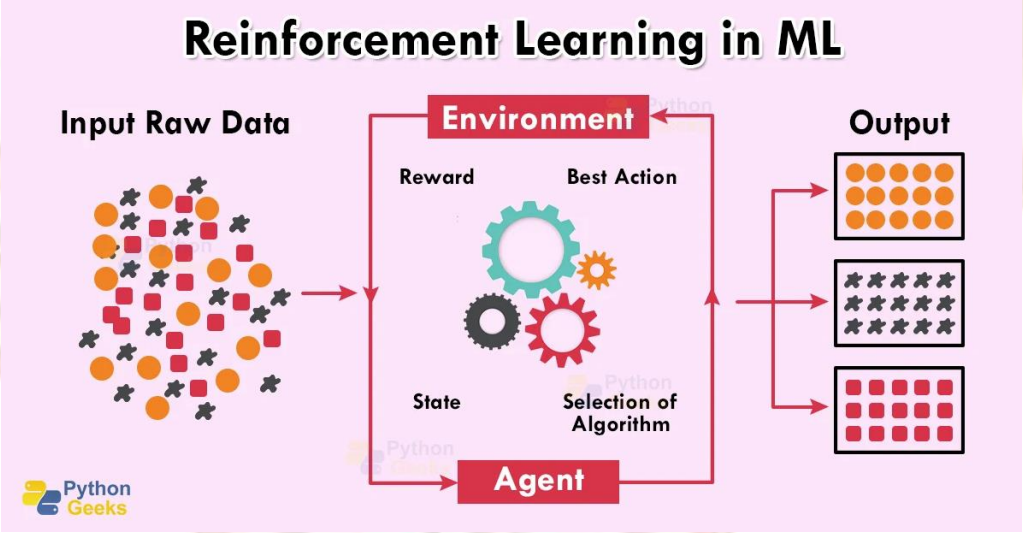
ภาพที่ 2-6 ตัวอย่างการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (Puitrakul, 2016)

นอกจากนี้งานวิจัยประเภทการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอนยังสามารถช่วยในการหาความสัมพันธ์ (Sukprasert et al., 2023) จากการศึกษาและทบทวนงานวิจัยนี้ทำการค้นหารูปแบบความสัมพันธ์ในการเกิดของอุบัติเหตุการจราจรที่เกิดขึ้นทางบกในประเทศไทย โดยใช้เทคนิคการค้นหากฎความสัมพันธ์และประยุกต์ใช้ FP-growth algorithm ในขั้นตอนของการค้นหาชุดรายการที่เกิดขึ้นบ่อยซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยนี้เป็นข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุในประเทศไทยจากศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานปลัดกระทรวงคมนาคม ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2562 จนถึงวันที่ 30 กันยายน พ.ศ. 2565 จำนวนทั้งสิ้น 74,231ราย โดยแอตทริบิวต์ที่ใช้ประกอบด้วย 10 แอตทริบิวต์ ได้แก่ช่วงเวลาเดือนจังหวัด สภาพอากาศ ประเภทของรถ สาเหตุในการเกิด ลักษณะการเกิด ลักษณะของถนน ประเภทของถนน และผลที่เกิดจากการประสบอุบัติเหตุผลการวิจัยพบว่ารูปแบบของการเกิดอุบัติเหตุการจราจรที่เกิดขึ้นทางบกส่วนใหญ่มักมีลักษณะการเกิดอุบัติเหตุแบบชนท้ายและพลิกคว่ำหรือตกถนนในทางตรงซึ่งมีสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุจากการขับรถด้วยอัตราเร็วเกินกว่าที่กฎหมายกำหนดไว้โดยมักเกิดอุบัติเหตุกับลักษณะของถนนแบบทางตรงและไม่มีความลาดชันในวันที่มีสภาพอากาศแจ่มใสอีกทั้งประเภทของรถที่เกิดเหตุอุบัติเหตุบ่อยครั้งเป็นรถจักรยานยนต์และประเภทถนนที่มักเกิดอุบัติเหตุเป็นถนนกรมทางหลวง

ดังนั้นการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอนเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์สำหรับหลากหลายงานที่เกี่ยวข้องกับการค้นหารูปแบบและโครงสร้างในข้อมูล โดยไม่ต้องอาศัยการกำกับข้อมูลหรือการควบคุมจากมนุษย์

2.1.3.3 การเรียนรู้แบบเสริมกำลัง (Reinforcement Learning)

การเรียนรู้เสริมกำลังเป็นส่วนหนึ่งของการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning หรือ ML) ซึ่งมีความสำคัญในหลายสาขา เช่น วิทยาการคอมพิวเตอร์ วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์ และจิตวิทยา แตกต่างจากการเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised Learning) และการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised Learning) การเรียนรู้เสริมกำลังจะให้เอเจนต์ทำงานในสภาพแวดล้อมที่ไม่แน่นอน โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อเพิ่มรางวัลสูงสุดผ่านกระบวนการลองผิดลองถูก (*Depa Thailand - Article View*, 2020; Kommey et al., 2024) ดังภาพที่ 2-7



ภาพที่ 2-7 ตัวอย่างการเรียนแบบเสริมกำลัง (Kommey et al., 2024)

การศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการเรียนรู้แบบเสริมกำลัง (Reinforcement Learning) ได้กล่าวถึงปัญหาหลักในการเรียนแบบเสริมกำลัง เช่น การสำรวจและการใช้ประโยชน์ (Exploration and Exploitation) การทั่วไป (Generalization) และการจัดการกับสถานะที่ซ่อนอยู่ (Hidden States)

(Kommey et al., 2024) นอกจากนี้ยังได้กล่าวถึงวิธีการต่างๆ ในการแก้ไขปัญหาเหล่านี้ เช่น การใช้แบบจำลอง (Model-Based RL) และการไม่ใช้แบบจำลอง (Model-Free RL) รวมถึงการประยุกต์ใช้ในสาขาต่างๆ เช่น ระบบควบคุม หุ่นยนต์ การเล่นเกม และการเงิน

การพัฒนางานด้านการเรียนแบบเสริมกำลังได้ขยายไปยังการเรียนรู้เสริมกำลังแบบลึก (Deep Reinforcement Learning หรือ DRL) และการเรียนรู้เสริมกำลังแบบหลายเอเจนต์ (Multi-Agent Reinforcement Learning หรือ MARL) ซึ่งมีการประยุกต์ใช้ในระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติ การวางแผนเส้นทาง การซื้อขายหุ้น และการดูแลสุขภาพ การใช้การเรียนรู้เสริมกำลังแบบลึกในการสร้าง AlphaGo ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ชนะเลิศการแข่งขันเกมโกระดับโลก เป็นตัวอย่างที่โดดเด่นของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีนี้

แม้ว่าการเรียนรู้เสริมกำลังจะมีการพัฒนาและประยุกต์ใช้ในหลายสาขา แต่ยังมีข้อจำกัดหลายประการ เช่น ความท้าทายในการสำรวจสภาพแวดล้อมที่มีมิติสูง (High-Dimensional Spaces) การทั่วไปของแบบจำลอง และปัญหาด้านความปลอดภัยและเสถียรภาพ (Kommey et al., 2024) เสนอว่าอนาคตของการเรียนแบบเสริมกำลังควรมุ่งเน้นไปที่การพัฒนาสมรรถนะของคอมพิวเตอร์และการสร้างอัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

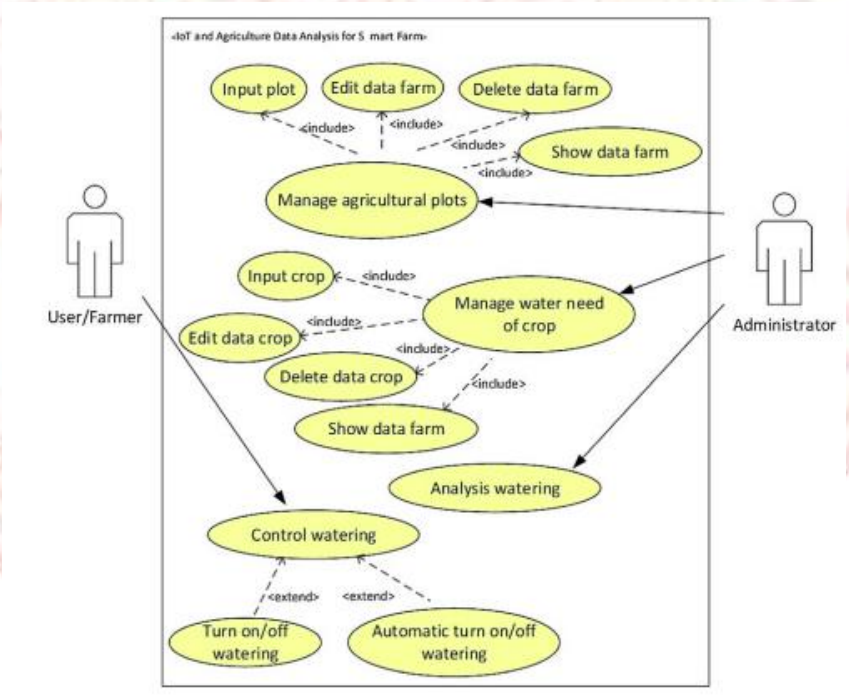
สถานการณ์ปัจจุบันของการเรียนรู้เสริมกำลังเน้นที่การพัฒนาวิธีการและการประยุกต์ใช้ในหลายสาขา รวมถึงข้อจำกัดและแนวโน้มในอนาคต โดยสรุปว่าการเรียนแบบเสริมกำลังมีศักยภาพสูงในการแก้ไขปัญหาที่ซับซ้อนและการตัดสินใจในสภาพแวดล้อมที่ไม่แน่นอน

2.1.4 แนวคิดเกี่ยวกับการผสมผสานการเรียนรู้ของเครื่องมาทำงานร่วมกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตร หรือ ฟาร์มอัจฉริยะ

ในยุคดิจิทัลที่เทคโนโลยีมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาหลากหลายอุตสาหกรรม การเกษตรก็ไม่ใช่ข้อยกเว้น การนำการเรียนรู้ของเครื่องมาทำงานร่วมกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเป็นหนึ่งในแนวคิดที่สามารถเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงานของเกษตรกรและฟาร์มให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ในระบบฟาร์มอัจฉริยะ การใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง สามารถช่วยในการเก็บข้อมูลจากเซ็นเซอร์ต่างๆ เช่น ความชื้นในดิน อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน และสภาพอากาศ ข้อมูลเหล่านี้

จะถูกส่งไปยังระบบกลางเพื่อทำการวิเคราะห์ ซึ่งการเรียนรู้ของเครื่องจะเข้ามามีบทบาทในการวิเคราะห์ข้อมูลเหล่านี้เพื่อทำนายแนวโน้มและแนะนำการปฏิบัติที่เหมาะสม

การเรียนรู้ของเครื่องสามารถใช้ในการสร้างแบบจำลองที่สามารถทำนายผลผลิตหรือปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต เช่น การทำนายการระบาดของศัตรูพืช หรือการทำนายว่าสภาพอากาศแบบใดจะส่งผลกระทบต่อพืชผล การทำนายเหล่านี้ช่วยให้เกษตรกรสามารถเตรียมตัวและปรับตัวได้ทันเวลา นอกจากนี้การใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งและการเรียนรู้ของเครื่องสามารถช่วยในการจัดการทรัพยากร เช่น น้ำ ปุ๋ย และพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตัวอย่างเช่น ระบบสามารถทำนายว่าพื้นที่ใดต้องการน้ำมากที่สุดและเมื่อไร ซึ่งจะช่วยลดการใช้น้ำเกินความจำเป็นและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำโดยมีตัวอย่างผังการทำงานดังภาพที่ 2-8



ภาพที่ 2-8 Use case diagram to show the process with web-based and mobile application (Muangprathub et al., 2019)

จากการศึกษาและทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยการนำการเรียนรู้ของเครื่องมาประยุกต์ใช้กับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในงานด้านเกษตรกรรมและฟาร์มอัจฉริยะ โดยมีจุดสำคัญดังนี้ (Maduranga & Abeysekera, 2020)

1. การเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์: ใช้เซ็นเซอร์อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในการเก็บข้อมูลจากฟาร์ม เช่น ความชื้นในดิน อุณหภูมิ และสภาพอากาศ โดยข้อมูลที่ได้จะถูกส่งไปยังระบบกลางเพื่อทำการวิเคราะห์โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง เพื่อทำนายแนวโน้มและแนะนำการปฏิบัติที่เหมาะสม

2. การตัดสินใจที่แม่นยำ: การเรียนรู้ของเครื่องสามารถสร้างแบบจำลองเพื่อทำนายผลผลิตหรือปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต เช่น การระบาดของศัตรูพืช

3. การจัดการทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ: ระบบสามารถทำนายความต้องการน้ำของพื้นที่ต่างๆ และปรับปรุงการใช้น้ำให้มีประสิทธิภาพ

4. การตรวจสอบและการบำรุงรักษา: ใช้เซ็นเซอร์อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในการตรวจสอบสภาพเครื่องจักรและอุปกรณ์ในฟาร์ม และใช้การเรียนรู้ของเครื่องในการทำนายการเสียหายหรือการบำรุงรักษาที่จำเป็น

5. การเพิ่มผลผลิตและคุณภาพ: การวิเคราะห์ข้อมูลจากฟาร์มและการใช้การเรียนรู้ของเครื่องสามารถช่วยในการปรับปรุงกระบวนการผลิต เช่น การเลือกพันธุ์พืชที่เหมาะสม การปรับปรุงกระบวนการเก็บเกี่ยว

6. การนำการเรียนรู้ของเครื่องมาประยุกต์ใช้ในอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งด้านการเกษตร

6.1การจัดการพืช (Plant Management) ใช้การเรียนรู้ของเครื่องร่วมกับอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในการควบคุมสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืช เช่น การควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และความเข้มของแสง

6.2 การจัดการผลผลิต (Crop and Yield Management): ใช้การเรียนรู้ของเครื่องในการทำนายและปรับปรุงผลผลิตในเกษตรกรรม โดยการเก็บข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

6.3 การจัดการดิน (Soil Management) เก็บข้อมูลดินจากเซ็นเซอร์และใช้การเรียนรู้ของเครื่องในการทำนายและวิเคราะห์คุณสมบัติของดิน

6.4 การจัดการโรค (Diseases Management) ใช้การเรียนรู้ของเครื่องและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในการระบุและจัดการโรคในพืช โดยการวิเคราะห์ข้อมูลจากเซ็นเซอร์และกล้อง

6.5 การจัดการวัชพืช (Weed Management) ใช้การเรียนรู้ของเครื่องในการระบุและจัดการวัชพืช โดยใช้โดรนถ่ายภาพและแผนที่วัชพืชในแปลงเพาะปลูก

6.6 การจัดการน้ำ (Water Management) ใช้การเรียนรู้ของเครื่องและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในการควบคุมการใช้น้ำและวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

6.7 การติดตามสัตว์ (Animal Tracking) ใช้เซ็นเซอร์อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งและการเรียนรู้ของเครื่องในการติดตามและศึกษาพฤติกรรมของสัตว์ในฟาร์ม

ดังนั้นการผสมผสานการเรียนรู้ของเครื่องกับอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในการเกษตรเป็นแนวคิดที่มีศักยภาพในการเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงานของเกษตรกรให้มีประสิทธิภาพและยั่งยืนมากยิ่งขึ้น การเก็บข้อมูลที่แม่นยำ การวิเคราะห์ที่ชาญฉลาด และการตัดสินใจที่มีข้อมูลสนับสนุนจะช่วยให้เกษตรกรสามารถปรับตัวและพัฒนากระบวนการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

2.1.5 แนวคิดและทฤษฎีนวัตกรรม (Innovation theory)

กระแสโลกาภิวัตน์ ทำให้องค์กรต่าง ๆ ต้องปรับตัวให้ทันต่อสภาพการแข่งขันที่เปลี่ยนไปส่งผลทำให้การปฏิบัติงานในปัจจุบันจะมิได้มีความท้าทายเพียงแค่การลดต้นทุนในการผลิตเท่านั้นแต่รวมถึงการทำให้ลูกค้าเกิดความจงรักภักดีหรือการออกสินค้าและบริการรูปแบบใหม่ๆก่อนคู่แข่งขันก็เป็นเรื่องที่ท้าทายของธุรกิจในการตอบสนองความคาดหวังที่มีอย่างไม่จำกัดของลูกค้า (Sivapitak, 2020) การที่องค์กรธุรกิจยังคงอยู่รอดภายใต้สภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วหรือมีความเป็นพลวัต (Dynamism) นั้น การจัดการนวัตกรรมที่ดีเป็นวิถีทางหนึ่งที่มีการกล่าวถึง

นวัตกรรม (Innovation) หมายถึงกระบวนการของการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ ที่มีคุณค่าและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง นวัตกรรมไม่จำเป็นต้องเป็นสิ่งที่ไม่เคยมีมาก่อนเสมอไป แต่สามารถเป็นการปรับปรุงหรือพัฒนาสิ่งที่มีอยู่แล้วให้ดีขึ้นก็ได้ ในปัจจุบันองค์กรทั้งภาครัฐและเอกชนได้ให้ความสำคัญกับนวัตกรรม อีกทั้งนักวิชาการหลายกลุ่มได้สนใจศึกษานวัตกรรมมากขึ้น โดยให้

ความหมายของนวัตกรรมไว้หลากหลาย (Johannessen et al., 1999) ในยุคของการแข่งขันที่รุนแรง (hypercompetition) องค์กรต่างตระหนักว่าฐานความรู้เป็นรากฐานของความได้เปรียบในการแข่งขัน และนวัตกรรมเป็นสิ่งสำคัญในการรักษาความได้เปรียบดังกล่าว "นวัตกรรม คือ การนำความรู้ไปสร้างความรู้ใหม่" ดังนั้น การใช้ประโยชน์จากความรู้ที่มีอยู่อย่างมีประสิทธิภาพ และการได้มาซึ่งความรู้ใหม่จึงเป็นสิ่งสำคัญสำหรับองค์กร

ข้อแนะนำว่าผู้ประกอบการจำเป็นต้องมีกิจกรรมด้านนวัตกรรม 5 ประการ คือ (1) การแนะนำสินค้า และผลิตภัณฑ์ตัวใหม่ (2) การแนะนำวิธีการใหม่ด้านการผลิต (3) การเปิดตลาดแห่งใหม่ (4) การเปิดแหล่งวัตถุดิบแหล่งใหม่ และ (5) การปรับโครงสร้างองค์กรอุตสาหกรรม การสร้างสรรค์นวัตกรรมต้องอาศัยกิจกรรมด้านนวัตกรรมเหล่านี้ (Weerawardena & Coote, 2001)

นอกจากนี้ ระบบนวัตกรรมแห่งชาติ ได้ให้ความหมายของ นวัตกรรม (Innovation) คือการปรับใช้ผลิตภัณฑ์ ใหม่ กระบวนการผลิตใหม่ การตลาดหรือรูปแบบองค์กรใหม่ ที่ก่อให้เกิดผลลัพธ์เชิงมูลค่าในแง่ของผลประโยชน์ด้านการเงิน ชีวิตความเป็นอยู่ที่ดี และความมีประสิทธิภาพ (Namburi, 2019)

เมื่อพิจารณาจากนิยาม และความหมายของนวัตกรรมของนักวิชาการข้างต้น จะพบว่าสิ่งที่ถูกกล่าวถึงบ่อยที่สุด คือ ความคิดสร้างสรรค์ คิดใหม่ แตกต่าง การเรียนรู้ มีคุณค่า ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงสรุปความหมายได้ว่า นวัตกรรม คือ "สินค้า บริการ และกระบวนการทำงานใหม่ ซึ่งสิ่งนั้นไม่จำเป็นต้องเป็นสิ่งใหม่เพียงอย่างเดียว แต่เป็นการพัฒนาปรับปรุงให้ดีขึ้นมีประโยชน์ต่อหน่วยงาน องค์กร สังคมและประเทศชาติ"

ในปัจจุบันยังในมีชื่อสรุปที่แน่ชัด หรือทฤษฎีที่ทั่วไป (General Theory) ที่ว่าด้วยนวัตกรรมเฉพาะเรื่อง ทำให้การศึกษาเรื่องนวัตกรรมเป็นเพียงความคิดที่กระจัดกระจาย เพราะว่า นวัตกรรมเป็นกิจกรรมหนึ่งที่มีความซับซ้อนเกินกว่าภาพธรรมที่ปรากฏชัดเจน นักวิจัยบางกลุ่ม (Wolfe, 1994) ศึกษาพบว่า ผลการศึกษาเกี่ยวกับนวัตกรรมขององค์กรเกือบทั้งหมดไม่สอดคล้องกัน โดยให้เหตุผลว่าสาเหตุอาจเนื่องมาจากนักวิจัยที่ทำการศึกษาเรื่องนวัตกรรมมาจากสาขาที่แตกต่างกันไป ดังนั้นทฤษฎีทั่วไปที่ว่าด้วยนวัตกรรมจึงยังไม่เกิดขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดนวัตกรรมมีความสลับซับซ้อน

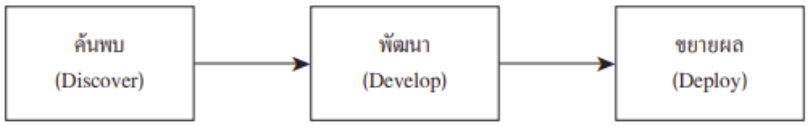
และมีความเกี่ยวข้องกับทุกภาคส่วนในองค์กรจึงไม่สามารถสรุปเป็นทฤษฎีทั่วไปของนวัตกรรมได้ (Henry & Amabile, 2006) แต่ยังมีทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับนวัตกรรม ได้แก่

2.1.5.1 ทฤษฎีว่าด้วยระบบ (Systems Theory)

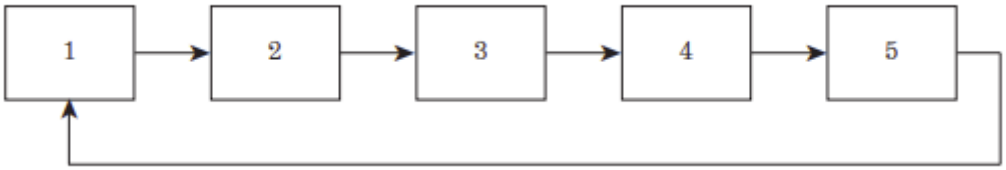
ทฤษฎีแรกเกี่ยวของกับนวัตกรรมที่จะอธิบายคือ ทฤษฎีว่าด้วยระบบ มีนักวิจัยได้อธิบายทฤษฎีนี้ไว้หลากหลายความหมาย (Henry & Amabile, 2006) เช่น กระบวนการสร้างสรรค์นวัตกรรมขององค์กรเกิดขึ้นในระดับของระบบงาน หมายถึง กลุ่มคนขนาดใหญ่ทำงานร่วมกันในหน่วยงานหรือแผนกต่าง ๆ ได้ศึกษาเพื่อหาหนทางในการแก้ไขปัญหาด้านต่าง ๆ โดยนำเอาความคิดใหม่ ๆ มาใช้และพากเพียรจนงานสำเร็จลุล่วงไปได้

ยังมีการกล่าวว่า (Hatch, 2018) ทฤษฎีระบบ มีลักษณะที่สำคัญคือการร่วมกันดำเนินงานของหน่วยงานย่อยหลายๆ หน่วยที่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันจนเป็นหนึ่งเดียวกันนอกจากนั้น (Henry & Amabile, 2006) องค์กรที่นำทฤษฎีระบบมาประยุกต์ใช้ต้องให้ความสำคัญต่อปัจจัยนำเข้า (Inputs) กระบวนการภายในองค์กร (Internal Processes) และผลผลิต (Outputs) รวมทั้งการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบเหล่านี้ด้วย จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า ทฤษฎีว่าด้วยระบบเครือข่ายทั่วไป (The General Systems Theory) ได้ถูกสร้างขึ้นมาโดย Ladwig von ซึ่งเป็นนักฟิสิกส์ชีววิทยาชาวเยอรมันในช่วงทศวรรษที่ 1950 ทฤษฎีของ Bertalanffy นั้นเป็นความพยายามที่จะรวบรวมศาสตร์ต่าง ๆ เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์จากหน่วยเล็กที่สุดไปจนถึงระดับสังคม นั่นคือ การศึกษาสิ่งต่าง ๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกันโดยอาศัยระบบแบ่งระดับชั้น (A Hierarchy of Systems) ระบบที่อยู่ในระดับสูงขึ้นไปจะประกอบด้วย ระบบต่าง ๆ ที่อยู่ในระดับต่ำกว่า เช่น องค์กรระบบหนึ่งซึ่งอยู่ในระบบสูงจะประประกอบไปด้วยระบบต่าง ๆ อาทิภาค/ส่วน (Divisions) และแผนก (Department) ซึ่งแต่ละระดับจะมีปฏิสัมพันธ์และมีอิทธิพลต่อกัน

นอกจากนี้ยังได้มีนักวิจัยกลุ่มหนึ่งได้สร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายกระบวนการสร้างสรรค์นวัตกรรมซึ่งแบบจำลองถูกพัฒนาขึ้นมาจากตัวแบบเชิงเส้นตรงที่ทำให้เข้าใจง่ายไปจนถึงแบบจำลองของขั้นตอนหรือกระบวนการ (Padmore et al., 1998; Tang, 1998) ดังแสดงในภาพที่ 2-9 และ 2-10



ภาพที่ 2-9 แบบจำลองเชิงเส้นตรง (Linear Model) ของกระบวนการสร้างสรรค์นวัตกรรม (Padmore et al., 1998; Tang, 1998)



ภาพที่ 2-10 แบบจำลองขั้นตอน (Stage Model) ของกระบวนการสร้างสรรค์นวัตกรรม (Padmore et al., 1998; Tang, 1998)

จากภาพที่ 2-10 แสดงขั้นตอนกระบวนการสร้างสรรค์นวัตกรรมที่มีความซับซ้อนมากขึ้นกว่าขั้นตอนในภาพที่ 2-9 โดยเพิ่มขั้นตอนให้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback Loops) ไว้ด้วย Feedbackคือข้อมูลเกี่ยวกับผลลัพธ์ต่าง ๆ ที่เกิดจากการทำงานของระบบ ซึ่งช่วยเพิ่มศักยภาพให้กับการควบคุมการทำงานของระบบในอนาคตนอกจากนี้แบบจำลองของขั้นตอนในภาพที่ 2-10 จะใช้เพื่ออธิบายเกี่ยวกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ซึ่งประกอบด้วยชั้นตอนต่าง ๆ เช่น การวางแผนเชิงกลยุทธ์ การสร้างความคิดรวบยอด การออกแบบ และการทดสอบการผลิต และการจัดจำหน่าย รวมถึงการตลาด (Padmore et al., 1998; Tang, 1998) อย่างไรก็ตาม แบบจำลองที่ได้กล่าวมาข้างต้นมีข้อด้อยอยู่ประการแรก คือ แบบจำลองเหล่านั้นมุ่งอธิบายถึงการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งทำให้ต้องตัดนวัตกรรมด้านกระบวนการ (Process Innovations) ออกไปและมักจะเป็นการพัฒนาจากการใช้แนวคิดจากภายนอกองค์กรประการที่สอง แบบจำลองเหล่านั้นให้ความสำคัญเพียงเล็กน้อยกับสภาพแวดล้อมกายนอก เช่น ลูกค้าหรือบทบาทของผู้ส่งปัจจัยการผลิตในการสร้างสรรค์นวัตกรรม ประการที่สาม แบบจำลองเหล่านั้นประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ รวมกันเป็นชุดซึ่งถือว่าเป็นกระบวนการเข้มงวดเพื่อให้เกิดความสำเร็จซึ่งได้เสนอแบบจำลองแบบบูรณาการ (Tang, 1998) ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้กับองค์กรประเภทต่าง ๆ ได้ดีกว่า และแบบจำลองแบบบูรณาการนี้ยังประกอบไปด้วยลักษณะสำคัญหลายประการของนวัตกรรมแม้กระนั้นก็ตาม แบบจำลองนี้ได้ละเลยเรื่อง

ผลกระทบจากสภาพแวดล้อมภายนอก และ ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) ของแต่ละขั้นตอนในกระบวนการสร้างสรรค์นวัตกรรมไป

ในหัวข้อนี้สรุปได้ว่ากระบวนการสร้างสรรค์นวัตกรรมขององค์กรตามทฤษฎีระบบเกิดขึ้นในระดับระบบงาน ตั้งแต่ขั้นตอนการป้อนข้อมูล กระบวนการภายใน จนกระทั่งได้ผลลัพธ์โดยมีผู้เกี่ยวข้องหลายฝ่าย ที่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันมาร่วมทำงานเพื่อให้ได้ความคิดใหม่ มาแก้ปัญหาจนงานเสร็จลุล่วงไปได้

2.1.5.2 ทฤษฎีว่าด้วยสถาบัน (Institutional Theory)

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับนวัตกรรมลำดับที่สอง คือ ทฤษฎีว่าด้วยสถาบัน (Spraggon & Bodolica, 2008) ให้ความสำคัญต่อการศึกษาบทบาทของอิทธิพลทางสังคมและแรงกดดัน เพื่อให้เกิดความเห็นพ้องต้องกันของคนในสังคมที่จะปรับเปลี่ยนการปฏิบัติงานขององค์กร บริบทของสถาบันจะทำหน้าที่ปรับแต่งและให้แรงเสริมทางสังคมแก่พฤติกรรมด้านเศรษฐกิจ ซึ่งเป็นที่ยอมรับโดยผ่านกรอบความคิดทางสังคมเกี่ยวกับบรรทัดฐาน (Norms) กระบวนการ (Procedures) และข้อสันนิษฐาน ซึ่งเป็นที่รู้กันเป็นอย่างดีเกี่ยวกับกิจกรรมของมนุษย์และธุรกิจ หากพิจารณาถึงองค์ประกอบต่าง ๆ ของมุมมองด้านสถาบัน จะพบว่าความเห็นพ้องต้องกันที่มีต่อความคาดหวังทางสังคม มีส่วนช่วยสร้างความสำเร็จ และความอยู่รอดขององค์กรธุรกิจปฏิบัติตามความคาดหวังของสังคม เนื่องจากองค์กรธุรกิจจำเป็นต้องแลกเปลี่ยน เพื่อให้ได้มาซึ่งสิทธิตามกฎหมายและทรัพยากรที่มีค่าเป็นจำนวนมากยิ่งขึ้น ซึ่งสร้างความมั่นคงที่ยั่งยืนให้แก่องค์กรได้ การเปลี่ยนแปลงด้านโครงสร้างมิได้พัฒนาจากหลักการของความพอเพียง (The Efficiency Rationales) และการแข่งขันในตลาด (Marketplace Completion) แต่แต่เกิดจากขอบเขตของสถาบันที่กำหนดโดยรัฐบาลซึ่งไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนองค์กรให้เป็นตัวแทนด้านเศรษฐกิจที่มีประสิทธิภาพ (Efficient Economic Agents) นักวิชาการที่ศึกษาด้านสถาบันมีความสนใจเป็นอย่างยิ่งในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการที่โครงสร้างขององค์กร (Corporate Structures) และกระบวนการต่าง ๆ (Processes) ได้ถูกทำให้กลายเป็นสถาบัน หรือกลมกลืนกันได้อย่างดี (Homogenized) เมื่อเวลาผ่านไป อันที่จริง แนวโน้มของธุรกิจที่จะเห็นพ้องต้องกัน โดยยึดถือบรรทัดฐานทางสังคม (Social Norms) และขนบธรรมเนียมประเพณี ซึ่งเป็นอิทธิพลในสภาพแวดล้อมของสังคม ได้นำไปสู่ความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน (Homogeneity) ใน

ระดับสูงระหว่างองค์กร นอกจากนี้ยังกล่าวได้กล่าวว่า ความเห็นพ้องต้องกัน (Homogeneity) ที่เห็นได้ในรูปแบบ (Forms) และการปฏิบัติ (Practices) ขององค์กรเกิดขึ้นจากกลไก 3 ประการ ได้แก่ (1) ความเห็นพ้องต้องกันที่เกิดจากการถูกบังคับโดยอิทธิพลทางการเมืองและการแสวงหาซึ่งสิทธิกฎหมาย (2) กระบวนการเลียนแบบซึ่งจูงใจให้บางองค์กรเลียนแบบองค์กรอื่น ซึ่งเป็นที่รับรู้ได้ว่ามีสิทธิทางกฎหมายหรือประสบความสำเร็จมากกว่าในกิจการ/ธุรกิจของพวกเขา และ (3) แรงกดดันที่เกิดจากบรรทัดฐาน ซึ่งมีต้นกำเนิดมาจาก "ความเป็นนักวิชาชีพ" (Professionalization) เช่น การรับรองผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาหรือเครือข่ายระหว่างบริษัท (Inter-firm Networks) ซึ่งเชื่อมโยงองค์กรต่าง ๆ ไว้ด้วยกัน

2.1.5.3 ทฤษฎีที่อาศัยทรัพยากรเป็นฐาน (Resource-based Perspective)

ทฤษฎีต่อมาที่เกี่ยวข้องกับนวัตกรรม คือ ทฤษฎีที่อาศัยทรัพยากรเป็นฐาน โดยแนวคิดของทฤษฎีนี้จะวิเคราะห์บทบาทของทรัพยากรและศักยภาพด้านต่าง ๆ ขององค์กร ซึ่งช่วยให้องค์กรสามารถสร้างผลตอบแทนอันมหาศาล และสร้างข้อได้เปรียบที่สามารถแข่งขันได้อย่างยั่งยืน (Sustainable Competitive Advantage) สำหรับทรัพยากรนั้น นักวิจัยมองว่าเป็นจุดแข็ง (Strength) ทรัพย์สิน หรือผลประโยชน์ต่าง ๆ ขององค์กรซึ่งมีตัวตนหรือจับต้องได้ (Tangle) เช่น เครื่องมือเฉพาะด้าน โครงสร้างภายในองค์กร ทรัพย์สินทางการเงิน เทคโนโลยี เป็นต้น หรือทรัพยากรที่จับต้องไม่ได้ (Intangible) เช่น ความคิดสร้างสรรค์ของพนักงาน ต้นทุนของมนุษย์ ความรู้เฉพาะด้าน ทักษะการบริหารจัดการ ไมตรีจิต การปฏิบัติงานประจำวัน เครื่องหมายการค้า ยี่ห้อ เป็นต้น ส่วนศักยภาพ (Capabilities) คือ ศักยภาพโดยรวมขององค์กร (Organization's Collective Capability) ในการปฏิบัติงานเฉพาะด้าน (Weiner, 2009)

สรุปได้ว่า กระบวนการสร้างนวัตกรรมเกิดขึ้นได้ต้องอาศัยทรัพยากรขององค์กรแบ่งออกเป็นทรัพยากรที่จับต้องได้(Tangible Asset) เช่น เครื่องจักร เงินลงทุน ที่ดิน เป็นต้นและทรัพยากรที่จับต้องไม่ได้(Intangible Asset) เช่น ตราสินค้า ความรู้ความสามารถของพนักงานตลอดจนวัฒนธรรมองค์กรที่ได้สั่งสมกันมา

2.1.5.4 ทฤษฎีว่าด้วยต้นทุนทางสังคม/เครือข่าย (Social Capital / Network Theory)

ทฤษฎีสุดท้ายที่นำเสนอ คือ ทฤษฎีว่าด้วยต้นทุนทางสังคม/เครือข่าย สาเหตุที่ผู้วิจัยให้ความสำคัญกับทฤษฎีนี้เกิดจาก การก่อกำเนิดของเศรษฐกิจแนวใหม่ ตลาดเสรีและการพัฒนาการที่ไม่หยุดยั้งของเทคโนโลยีสารสนเทศ การเกิดขึ้นของเครือข่าย (Network) เป็นลักษณะเด่นที่อธิบายว่าองค์กรร่วมสมัย (Contemporary Organization) นั้นมีลักษณะที่สำคัญ 4 ประการ คือ (1) องค์กรเป็นเครือข่ายทางสังคม (Social Networks) ซึ่งถูกเชื่อมโยงโดยสัมพันธภาพทางสังคมซึ่งอาจจะมีลักษณะเป็นทางการ หรือไม่เป็นทางการก็ได้ ที่มีอยู่ภายในและระหว่างองค์กรต่าง ๆ (2) สภาพแวดล้อมขององค์กร คือเครือข่ายของบริษัท/ธุรกิจ อื่น ๆ ที่คงอยู่ในตาข่าย (webs) ของความสัมพันธ์ที่มากมายซับซ้อนกันซึ่งเรียกว่า สาขาขององค์กร (Organizational Fields) (3) การปฏิบัติงานของผู้กระทำ (Actors) ได้รับการอธิบายจากตำแหน่งงานในเครือข่ายงาน ที่ซึ่งตำแหน่งสำคัญสำคัญเป็นเสมือนแหล่งข้อมูลอันมีค่า และอำนาจที่มีอิทธิพลต่อสมาชิกคนอื่น ๆ ของเครือข่าย (4) พันธะผูกพันในเครือข่ายได้รับการสร้างขึ้นจากสัมพันธภาพทางสังคม เป็นความผูกพันที่สร้างขึ้นมาใหม่ และเป็นความผูกพันที่พัฒนาขึ้นมา อันเป็นผลมาจากการปฏิบัติงานของปัจเจกพนักงานหรือกลุ่มพนักงาน (Sivapitak, 2020)

สรุปได้ว่า นวัตกรรมมีความเกี่ยวข้องกับต้นทุนทางสังคม/เครือข่าย ขององค์กรธุรกิจในด้านความร่วมมือที่เกิดขึ้นภายในองค์กรและระหว่างองค์กร ซึ่งจะส่งผลต่อการมีข้อได้เปรียบเชิงกันแข่งขันอย่างยั่งยืน

ในส่วนประเภทของนวัตกรรมซึ่งปรากฏว่ายังไม่มีทฤษฎีใดที่อธิบายได้โดยตรง แต่มีแนวคิดทฤษฎีที่สามารถอธิบายถึง การมีนวัตกรรมได้ สำหรับเนื้อหาในส่วนต่อไปนี้จะอธิบายประเภทของนวัตกรรม ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ (Sivapitak, 2020)

1. นวัตกรรมด้านสินค้า/ผลิตภัณฑ์ (Product Innovations) หมายถึง สินค้า/ผลิตภัณฑ์หรือบริการรูปแบบใหม่ สินค้าตัวใหม่ และบริการใหม่ เหล่านี้จะได้รับการแนะนำให้แก่ลูกค้าเพื่อตอบสนองความต้องการของพวกเขา หรือความต้องการของตลาด นวัตกรรมด้านสินค้า/ผลิตภัณฑ์มีลักษณะที่คล้ายคลึงกับนวัตกรรมด้านเทคนิค (Technical Innovations) นั่นคือ นวัตกรรมเหล่านี้จัดเป็นส่วนประกอบของการปฏิบัติงาน (Operating Component) และมีผลกระทบต่อระบบทาง

เทคนิคขององค์กร รวมทั้งการรับเอาความคิดใหม่มาใช้เพื่อผลิตสินค้าหรือบริการ (Shih et al., 2013)

2. นวัตกรรมด้านกระบวนการ (Process innovations) หมายถึง ส่วนประกอบใหม่ ที่ได้รับการนำเอามาใช้ในกระบวนการผลิตขององค์กร หรือการบริการ โดยนวัตกรรมด้านกระบวนการมิได้ผลิตสินค้า หรือการบริการโดยตรงแต่มีอิทธิพลโดยอ้อมต่อการนำเอาสินค้าและบริการมาใช้ (Damanpour, 1991) นวัตกรรมด้านกระบวนการมีความคล้ายคลึงกับนวัตกรรมด้านการจัดการ (Administrative Innovations) (Jaskyte, 2011) นวัตกรรมด้านกระบวนการนี้ มีผลกระทบต่อสมาชิกขององค์กรและความสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกภายในองค์กร ซึ่งได้แก่กฎระเบียบ บทบาทหน้าที่และโครงสร้าง การสื่อสาร การแลกเปลี่ยนระหว่างสมาชิกภายในองค์กรและระหว่างสภาพแวดล้อมกับสมาชิกขององค์กร

นอกจากแนวคิดในการแบ่งประเภทนวัตกรรมข้างต้น ยังมีการวิจัยซึ่งได้แบ่งประเภทนวัตกรรมมากกว่า 2 ประเภท ซึ่งได้เสนอว่า นวัตกรรมในองค์กรแบ่งเป็น 4 ประเภท ดังนี้ (1) นวัตกรรมด้านผลิตภัณฑ์(Product Innovation) เพื่อการเปลี่ยนแปลงด้านสินค้าและบริการ (2) นวัตกรรมด้านกระบวนการ (Process Innovation) เพื่อการเปลี่ยนแปลงด้านกระบวนการผลิต การทำงานและการส่งมอบ (3) นวัตกรรมด้านตำแหน่งผลิตภัณฑ์ (Position Innovation) เพื่อการเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบในการนำเสนอ หรือการวางตำแหน่งของสินค้าและบริการ (4) นวัตกรรมด้านกระบวนทัศน์ (Paradigm Innovation) เพื่อการเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวข้องกับกรอบความคิด (Mental model) และกระบวนทัศน์ (Paradigm) ที่องค์กรต้องการจะเป็น ในขณะที่ สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ(2552) แบ่งนวัตกรรมออกเป็น 5 ประเภท คือ 1) นวัตกรรมผลิตภัณฑ์2) นวัตกรรมบริการ 3) นวัตกรรมกระบวนการ 4) นวัตกรรมการตลาด และ 5) นวัตกรรมองค์กร (Tidd & Bessant, 2021)

ประเภทของนวัตกรรมออกเป็น นวัตกรรมที่สร้างสรรค์ขึ้นจากความต้องการของตลาด (Market-based Innovations) และนวัตกรรมที่สร้างสรรค์ขึ้นจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี (Technology-based Innovations) โดยนวัตกรรมที่สร้างสรรค์ขึ้นจากการต้องการของตลาดนั้นเป็นตัวแทนของสินค้าที่แสดงให้เห็นถึงการถอยห่างออกมาจากตลาดที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน นอกจากนั้น

วัตกรรมที่สร้างสรรค์ขึ้นจากความต้องการของตลาดประกอบด้วยเทคโนโลยีใหม่ต่าง ๆ (Marion, 2006) กันซึ่งตอบสนองค่านิยมของลูกค้าในตลาดใหม่ ๆ ที่เกิดขึ้น และยังได้ให้คำนิยามว่าเป็นนวัตกรรมที่สร้างสรรค์อย่างไม่ต่อเนื่อง (Discontinuous Innovations) ส่วนนวัตกรรมที่สร้างสรรค์ขึ้นจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี (Technology-based Innovations) เป็นการรับเอาเทคโนโลยีสมัยใหม่ และเป็นเทคโนโลยีระดับสูงเพื่อ "คืนกำไร" ให้แก่ลูกค้าซึ่งมีความเชื่อมโยงกับสินค้า/ผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่ ที่สำคัญลูกค้าในตลาดปัจจุบันมองนวัตกรรมเหล่านี้ว่าเป็นนวัตกรรมที่สร้างสรรค์ขึ้นอย่างฉับพลัน (Radical Innovations) จากการศึกษาคำนิยามเหล่านี้จะพบว่านวัตกรรมที่สร้างสรรค์ขึ้นจากความต้องการของตลาด (Market-based Innovations) จะให้ความสำคัญอย่างมากกับการพัฒนาตลาด ในขณะที่นวัตกรรมที่สร้างสรรค์ขึ้นจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี (Technology-based Innovations) จะให้ความสำคัญอย่างมากกับด้านการผลิต

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับประเภทของนวัตกรรมข้างต้น จะพบว่า ยังไม่มีข้อสรุปที่แน่ชัดว่า นวัตกรรมแบ่งได้กี่ประเภท เพราะนักวิชาการเสนอแนวคิดที่หลากหลายแตกต่างกันออกไป

จากงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษาที่กล่าวมาทั้งหมดอาจจะสรุปได้ว่า ในปัจจุบันสภาพแวดล้อมในการดำเนินการมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว องค์กรต่างๆ ต้องปรับตัวให้ทันต่อสภาพการแข่งขันที่เปลี่ยนไปส่งผลให้การปฏิบัติงานในปัจจุบันต้องปรับตัวให้ทัน โดยกระแสการสร้างนวัตกรรมให้เกิดขึ้นในองค์กร (Organizational Innovation) ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย โดยนวัตกรรมส่งผลในเชิงบวกกับผลการดำเนินงานของธุรกิจ (Gunday et al., 2011)

2.1.6 กระบวนการคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking)

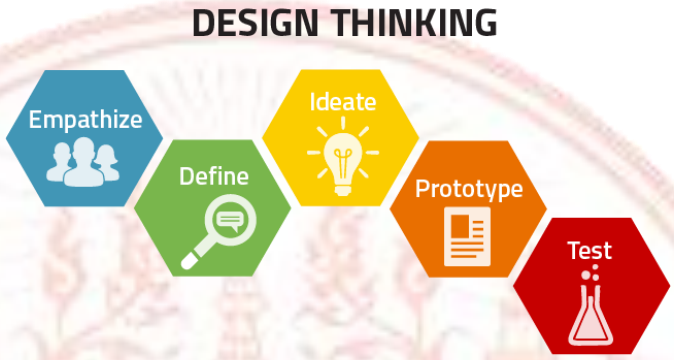
กระบวนการคิดเชิงออกแบบ เป็นคำคิดขึ้นมาโดยเดวิด เคลลี่, ทิม บราวน์ และโรเจอร์ มาร์ติน (IDEO) ในยุค 1990 และตีพิมพ์ใน Harvard business review ในปี ค.ศ. 2008 เพื่อใช้อธิบายเรื่องการออกแบบที่มีมนุษย์เป็นศูนย์กลางซึ่งมีการพัฒนามาอย่างยาวนานให้องค์กรและผู้ที่ไม่มีพื้นฐานการออกแบบเข้าใจได้โดยง่าย (Razzouk & Shute, 2012) เป็นรูปแบบกระบวนการคิดเพื่อแก้ไขปัญหาหรือโจทย์ให้ถูกจุดตลอดจนพัฒนาแนวคิดใหม่ ๆ ในการแก้ไขปัญหาหรือโจทย์ที่ตั้งไว้ เพื่อที่จะ

หาวิถีทางที่ดีที่สุดและเหมาะสมที่สุดการแก้ปัญหาบนพื้นฐานกระบวนการนี้จะเน้นยึดไปที่หลักของผู้ใช้ (user centered) เป็นหลัก (Johansson-Sköldberg et al., 2013) โดยมีเจตนาในการสร้างผลลัพธ์ในอนาคตที่เป็นภาพธรรม เพื่อให้ตอบโจทย์ตลอดจนแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมไปถึงเกิดนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่เป็นประโยชน์ เดวิด เคลลี่ ผู้ร่วมก่อตั้ง IDEO ได้กล่าวว่า "การคิดเชิงออกแบบเป็นวิธีการสร้างความคิดใหม่อย่างก้าวกระโดดนอกกรอบเดิมโดยเฉพาะสำหรับโครงการและปัญหาที่ซับซ้อนเป็นเวลาที่ต้องใช้ทีมที่มีความชำนาญหลากหลายศาสตร์ จำเป็นต้องสร้างและทดลองต้นแบบกับผู้ใช้" (Razzouk & Shute, 2012) และการผสมผสานกระบวนการคิดเชิงออกแบบ (design thinking) ในกรพัฒนาทักษะการคิดและทักษะการเล่าเรื่องข้ามสื่อเพื่อผลิตสื่อสร้างสรรค์พบว่า รูปแบบนี้สามารถพัฒนากระบวนการคิดผลิตสื่อ การคิดเพื่อใช้สื่อหลากหลายช่องทางให้เกิดประสิทธิภาพการคิดสื่อเพื่อตอบโจทย์ความต้องการของผู้รับสารและคนในสังคม และการคิดสื่อเพื่อให้เกิดการมีส่วนร่วมและเกิดพฤติกรรมตามเป้าหมายได้ กระบวนการคิดเชิงการออกแบบที่ใช้การทำความเข้าใจในปัญหาอย่างลึกซึ้งโดยให้ผู้ใช้เป็นศูนย์กลางและนำเอาความคิดสร้างสรรค์และมุมมองจากหลากหลายคนมาสร้างไอเดีย แนวทางการแก้ไข และนำเอาแนวทางเหล่านั้นมาทดสอบและพัฒนาเพื่อให้ได้แนวทางหรือนวัตกรรมที่ตอบโจทย์กับผู้ใช้และสถานการณ์นั้น

โดยกระบวนการคิดเชิงออกแบบที่นำมาใช้กับการพัฒนานวัตกรรม มีกระบวนการที่สำคัญคือ (Leary et al., 2022) การเข้าใจปัญหาของกลุ่มเป้าหมายหรือลูกค้าในถูกต้อง (Human Centered) ในแต่ละแบบจำลองอาจจะใช้คำว่า understand, discovery, empathize แต่หลักสำคัญคือ เราต้องรู้ว่าปัญหาที่แท้จริงขอลูกค้าหรือกลุ่มเป้าหมายนั้นคืออะไร และทำความเข้าใจปัญหานั้นอย่างถ่องแท้ เพื่อที่จะหาวิธีการแก้ไขปัญหาได้ตรงจุด ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญมาก หากตั้งประเด็นปัญหาที่ไม่ใช่ปัญหาที่แท้จริง ขั้นตอนต่อไปอาจจะไม่มีประสิทธิภาพหรือไม่ตอบโจทย์เลยเป็นได้ (Leary et al., 2022)

กระบวนการคิดและแก้ไขปัญหา (Ideation & Brainstorming) ขั้นตอนนี้เป็นการคิดหาแนวทางแก้ปัญหาใหม่ๆ บางครั้งต้องออกนอกกรอบไปเลย หรือต้องคิดสร้างสรรค์ใหม่ๆ บางไอเดียอาจจะยังไม่สามารถทำได้ในทันที เพราะทรัพยากรในบริษัทยังไม่มีเพียงพอ แต่การคิดให้ออกไอเดียเยอะๆ แล้วค่อยประเมินว่าไอเดียใดจะนำมาทำก่อน ไอเดียใดค่อยทำเมื่อมีทรัพยากรพร้อมก็ได้ (Vagal et al., 2020)

การลงมือทำและทดสอบกับกลุ่มเป้าหมาย (Prototype and Implement) ขั้นตอนนี้เป็นอีกขั้นตอนที่สำคัญ เพราะไอเดียหลายๆอย่างที่คิดกันมา แล้วไม่เกิด เพราะขาดการลงมือทำให้เกิดออกมาเป็นภาพธรรมเพื่อทดสอบกับกลุ่มเป้าหมาย (Taratukhin et al., 2018)



ภาพที่ 2-11 Design Thinking (Onsomkrit, 2022)

ขั้นตอนของกระบวนการคิดเชิงออกแบบ จะมี 5 ขั้นตอนได้แก่ (Vagal et al., 2020; ประตูมณีชัย et al., 2023)

2.1.6.1 Empathize (เข้าใจ) ขั้นตอนแรกของ Design Thinking ก็คือการทำความเข้าใจผู้ใช้งาน Empathy (การเข้าอกเข้าใจ) คือการเพิ่มคุณค่าให้กับกระบวนการ ผ่านการนำปัญหาของผู้ใช้งานมาเป็นจุดเริ่มต้นขั้นตอนนี้เริ่มจากการสังเกตและการถามผู้ใช้งาน โดยเฉพาะคำว่า "ทำไม" ซ้ำหลายๆรอบ คำถามหลักที่เราต้องตอบก็คือ "ผู้ใช้คือใคร" และ "ผู้ใช้ต้องการอะไร" ข้อดีของ Empathize ก็คือการหาคำตอบจากศูนย์ โดยไม่ใช้สมมติฐานหรืออคติส่วนตัว (Köppen & Meinel, 2015)

2.1.6.2 Define (นิยาม) คือการสรุปข้อมูลจากขั้นตอนที่แล้วเพื่ออธิบาย "ปัญหาของผู้ใช้" ออกมาให้ชัดเจนที่สุด การสรุปปัญหาของผู้ใช้ที่ดีต้องตอบโจทย์ให้ได้ว่า "ใคร" "อะไร" "ทำไม" และบางครั้งก็ "เมื่อไร" และ "ที่ไหน" (Köppen & Meinel, 2015)

2.1.6.3 Ideate (สร้างสรรค์) เป็นขั้นตอนที่คนส่วนมากจำได้ดีที่สุด เพราะเป็นขั้นตอนมีสีสัน ในขั้นตอนนี้ หากเรามีคนซัก 45 คนต่อหนึ่งกลุ่มก็ถือว่ากำลังดีเลย เพราะเราจะทำการ "ระดมสมอง" ออกไอเดียหาความคิดใหม่ๆมาแก้ปัญหาที่เราตั้งไว้ในข้อที่แล้วยิ่งเราสามารถออกไอเดียได้เยอะ

สามารถ "คิดนอกกรอบ" ได้ก็ยิ่งดี หลังจากนั้นเราก็ต้องเลือกว่าไอเดียไหน "น่าทดลอง" โดยอาจจะเลือกจากไอเดียที่น่าจะได้ผลที่สุด หรือ ทำได้จริงมากที่สุดก็ได้ เราสามารถนำสองถึงสามไอเดียมารวมกันเป็นคำตอบเดียวกันก็ได้ (ประตูมณีชัย et al., 2023)

2.1.6.4 Prototype (จำลอง) ขั้นตอนนี้ก็คือสร้าง Prototype หรือแบบจำลอง เพื่อนำไอเดียที่ดีที่สุดจากข้อที่แล้วมา แล้วถามตัวเองว่า "สามารถช่วยตอบโจทย์ของผู้ใช้" ได้ดีแค่ไหน (ก่อนที่จะนำไปทดลองในข้อต่อไป) ในช่วงแรก เราไม่ควรลงทุนหรือลงเวลามากในการสร้างแบบจำลอง เพราะสิ่งที่เราต้องให้ความสำคัญมากกว่าคือการเรียนรู้เพื่อมาปรับปรุงเพิ่มเติมในอนาคต แบบจำลองที่ดีต้อง "สามารถแทนไอเดียที่คุณอยากจะนำเสนอได้" และ "ทำให้คุณรู้ได้ว่าส่วนไหนของไอเดียที่ผู้ใช้ ชอบ หรือ ไม่ชอบ" (Razzouk & Shute, 2012; ประตูมณีชัย et al., 2023)

2.1.6.5 Test (ทดสอบ) ข้อสำคัญของการทดสอบคือการเก็บข้อมูลอย่างรวดเร็ว คำว่าทดสอบอาจจะฟังดูเหมือนขั้นตอนสั้นๆ แต่ในความเป็นจริง เราต้องมีการ "ปรับเปลี่ยน ปรับปรุง แก้ไข" ซ้ำหลายรอบเพื่อให้ได้คำตอบที่ดีที่สุด คำตอบที่คุณควรได้ก็คือ "อะไรที่ผู้ใช้ชอบ" และ "อะไรที่เราต้องปรับปรุง (Razzouk & Shute, 2012; ประตูมณีชัย et al., 2023)

2.1.7 Cross-industry standard process for data mining: CRISP-DM

Cross-industry standard process for data mining : CRISP-DM ซึ่งหมายถึง กระบวนการมาตรฐานที่ใช้สำหรับการทำเหมืองข้อมูล เพื่อทำการวิเคราะห์และนำไปใช้ประโยชน์ทางธุรกิจ พัฒนาขึ้นโดย 3 บริษัท เช่น บริษัท SPSS บริษัท DaimlerChrysler บริษัท NCR ซึ่งเป็น Workflow มาตรฐานสำหรับการทำ Data mining โดยมีอยู่ 6 ขั้นตอน คือ (Pacharawongsakda, 2014)

1. การทำความเข้าใจธุรกิจ (Business Understanding) ขั้นตอนแรกมุ่งไปที่การทำความเข้าใจธุรกิจ ปัญหาและวัตถุประสงค์ของโครงการจากมุมมองทางธุรกิจ จากนั้นแปลงปัญหาให้อยู่ในภาพของโจทย์สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล และวางแผนการดำเนินงานเบื้องต้น

2. การทำความเข้าใจข้อมูล (Data Understanding) ขั้นตอนนี้เริ่มต้นด้วยการรวบรวมข้อมูล จากนั้นทำความเข้าใจ ตรวจสอบคุณภาพ และเลือกข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาว่าจะใช้ข้อมูลใดบ้างในการวิเคราะห์

3. การเตรียมข้อมูล (Data Preparation) ขั้นตอนการเตรียมข้อมูล หมายถึง ขั้นตอนทั้งหมดที่จะทำเพื่อให้ข้อมูลดิบที่เรารวบรวมมา กลายเป็นข้อมูลสมบูรณ์ที่พร้อมจะเข้าสู่แบบจำลองในขั้นตอนที่ 4 เช่น การสร้างตาราง การลบข้อมูลที่ไม่ต้องการออก การแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่ต้องการ เป็นต้น

4. การสร้างแบบจำลอง (Modeling) ในขั้นตอนนี้ จะเลือกและทดสองสร้างแบบจำลองหลายๆ แบบที่น่าจะสามารถแก้ไขปัญหาที่ต้องการได้ จากนั้นค่อยๆปรับค่าพารามิเตอร์ในแต่ละ แบบจำลอง เพื่อให้ได้แบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดมาใช้ในการแก้ไขปัญหา

5. การวัดประสิทธิภาพของแบบจำลอง (Evaluation) ทำการวัดประสิทธิภาพของแบบจำลองที่ได้จากขั้นตอนที่ 4 เพื่อวัดว่าแบบจำลองมีประสิทธิภาพเพียงพอต่อการนำไปใช้งานแล้วหรือไม่ ซึ่งแบบจำลองแต่ละประเภทก็จะมีตัววัดประสิทธิภาพที่แตกต่างกันออกไป

6. การนำแบบจำลองไปใช้งานจริง (Deployment) เป็นการนำแบบจำลองเหมาะสมที่สุดไปใช้งานจริง เพื่อวิเคราะห์และแก้ปัญหาที่ต้องการ

ภาพที่ 2-12 Cross-industry standard process for data mining : CRISP-DM (Pacharawongsakda, 2014)

2.1.8 Analytics Solutions Unified Method for Data Mining: ASUM-DM

ASUM-DM ถูกพัฒนาโดย IBM ในปี 2015 คือวิธีการขั้นตอนในการนำระบบวิเคราะห์ข้อมูลของ IBM มาใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ โดยช่วยลดความเสี่ยงและสร้างความสำเร็จในการนำไปใช้ซ้ำได้ ASUM มีขั้นตอนที่ครอบคลุมตั้งแต่การวิเคราะห์ไปจนถึงการปรับปรุงและดูแลระบบ โดยใช้แนวทางแบบผสมระหว่างแบบ Agile และแบบดั้งเดิม เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานที่ครอบคลุมทั้งหมด 5 ขั้นตอน ดังนี้ (Angée et al., 2018)

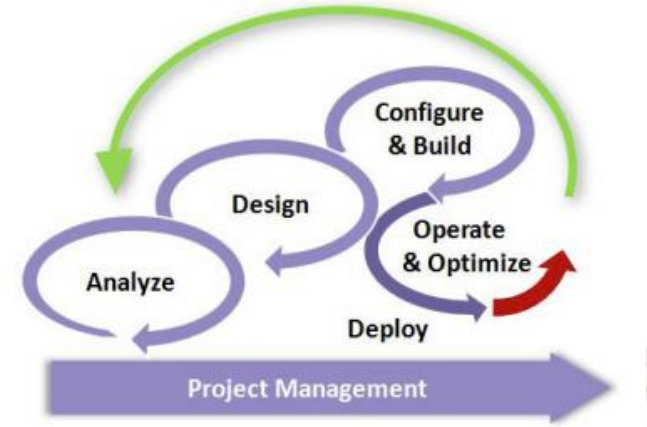
1. วิเคราะห์ (Analyze) กำหนดว่าโซลูชันต้องการให้บรรลุเป้าหมายอะไร ทั้งในเรื่องคุณสมบัติและคุณลักษณะที่ไม่ใช่ฟังก์ชันการทำงาน (เช่น ประสิทธิภาพ, ความใช้งานง่าย) และได้รับการยอมรับจากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง

2. ออกแบบ (Design) กำหนดองค์ประกอบของโซลูชันและความสัมพันธ์ระหว่างกัน, ระบุทรัพยากรที่ต้องใช้, และติดตั้งสภาพแวดล้อมการพัฒนา โดยใช้การพัฒนาแบบ Iterative Prototyping Sprints เมื่อจำเป็น

3. กำหนดค่า และสร้าง (Configure & Build) กำหนดค่า, สร้าง, และรวมองค์ประกอบต่างๆ โดยใช้วิธีการแบบ Iterative และ Incremental พร้อมทั้งมีแผนการทดสอบและตรวจสอบหลายสภาพแวดล้อมตามแนวทาง V-Model

4. นำไปใช้ (Deploy) สร้างแผนการดำเนินงานและบำรุงรักษาโซลูชัน รวมถึงตารางการสนับสนุน, ย้ายไปยังสภาพแวดล้อมการผลิง, กำหนดค่าตามความจำเป็น และสื่อสารการนำไปใช้งานให้กับผู้ใช้ธุรกิจ

5. ดำเนินการและปรับปรุง (Operate & Optimize) ดูแลการใช้งานโซลูชันวิเคราะห์ของ IBM ซึ่งรวมถึงงานบำรุงรักษาและจุดตรวจสอบหลังการใช้งานเพื่อให้การใช้งานประสบความสำเร็จและรักษาสุขภาพของระบบ



ภาพที่ 2-13 Analytics Solutions Unified Method for Data Mining : ASUM-DM (Riepl, 2019)

ดังนั้น ASUM-DM ช่วยให้การดำเนินงานของโครงการ data mining และ predictive analytics เป็นไปอย่างมีระบบและมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยการนำแนวทางและขั้นตอนที่ชัดเจนมาใช้ในการดำเนินงาน

2.1.9 Team Data Science Process (TDSP)

TDSP เป็นกระบวนการที่พัฒนาขึ้นโดย Microsoft ในปี 2016 เพื่อใช้ในการดำเนินโครงการด้านการวิเคราะห์ข้อมูลและการสร้างแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่อง ในลักษณะการทำงานเป็นทีม โดยมีขั้นตอนหลัก 5 ขั้นตอน ดังนี้ (Kullimratchai, 2018)

1. Business Understanding ทำความเข้าใจปัญหาทางธุรกิจและความต้องการของลูกค้า
2. Data Acquisition and Understanding รวบรวมและทำความเข้าใจข้อมูลที่จำเป็น
3. Modeling สร้างและทดสอบแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่อง
4. Deployment นำแบบจำลองไปใช้งานจริง
5. Customer Acceptance ประเมินผลและรับฟังความคิดเห็นจากลูกค้า

ภาพที่ 2-14 Team Data Science Process (TDSP) (Kullimratchai, 2018)

ดังนั้น TDSP เน้นการทำงานเป็นทีมและการจัดการโครงการ โดยมีบทบาทและความรับผิดชอบที่ชัดเจนของสมาชิกในทีม เช่น Data Scientist, Data Engineer, Project Manager เป็นต้น ซึ่งช่วยให้การดำเนินโครงการเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

2.1.10 Machine Learning Operations : MLOps

MLOps คือกระบวนการที่รวมการพัฒนาและการดำเนินงานของแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่องเข้าด้วยกัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการพัฒนา การทดสอบ การนำไปใช้ และการดูแลรักษาแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่องในสภาพแวดล้อมการผลิต ซึ่งเป็นการผสมผสานระหว่าง Machine Learning และ DevOps ที่ช่วยให้การพัฒนาและการใช้งานแบบจำลองเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและเชื่อถือได้ (Bhatt, 2023) โดยโครงสร้างของ MLOps ถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น การเงิน การแพทย์ อีคอมเมิร์ซ การผลิต และอื่นๆ โดยจะประกอบด้วยขั้นตอนหลักๆ ดังนี้ (Symeonidis et al., 2022)

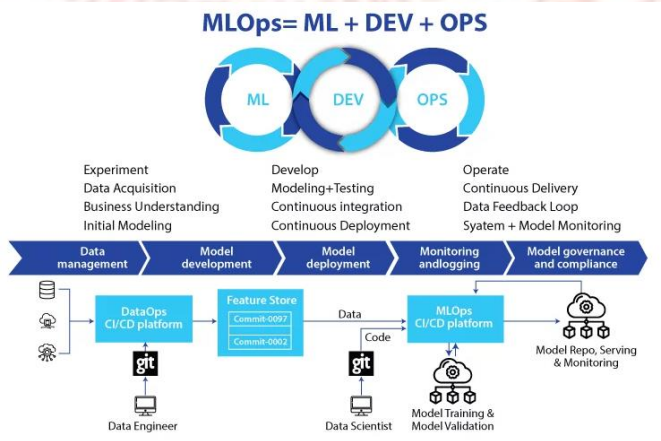
1. การจัดการข้อมูล (Data Management) การเก็บรวบรวมข้อมูล การประมวลผลข้อมูลเบื้องต้น และการจัดการเวอร์ชันของข้อมูล ทำให้มั่นใจว่ามีข้อมูลคุณภาพสูงพร้อมสำหรับการฝึกฝนและทดสอบแบบจำลอง

2. การพัฒนาแบบจำลอง (Model Development) การสร้างและฝึกฝนแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่องโดยใช้ข้อมูลที่เตรียมไว้ การประเมินผล และการจัดการเวอร์ชันของแบบจำลอง รวมถึงการเลือกอัลกอริทึมที่เหมาะสม การปรับแต่งไฮเปอร์พารามิเตอร์ และการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง

3. การนำแบบจำลองไปใช้งาน (Model Deployment) การติดตั้งและการนำแบบจำลองที่ผ่านการทดสอบไปใช้งานในสภาพแวดล้อมการผลิต และจัดการการนำแบบจลองไปใช้งานจริง และการตั้งค่าไปป์ไลน์สำหรับการบูรณาการและการใช้งานแบบต่อเนื่อง (CI/CD)

4. การทดสอบแบบจำลอง (Monitoring and logging) การทดสอบและประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองเพื่อให้แน่ใจว่าแบบจำลองทำงานได้ดี ทำให้มั่นใจว่ามีการตรวจสอบแบบจำลองที่ใช้งานแบบเรียลไทม์ เก็บข้อมูลเมตริกประสิทธิภาพและบันทึกเหตุการณ์และการทำนายที่เกี่ยวข้อง ช่วยในการตรวจจับปัญหา การแก้ไขข้อบกพร่อง และการปรับปรุงประสิทธิภาพ

5. การกำกับดูแลและการปฏิบัติตามกฎระเบียบ (Model governance and compliance) ทำให้มั่นใจว่าแบบจำลองเป็นไปตามแนวทางด้านกฎระเบียบและจริยธรรม เกี่ยวข้องกับการควบคุมเวอร์ชัน การจัดทำเอกสาร และการรักษาความเป็นส่วนตัวของข้อมูลและมาตรฐานความปลอดภัย



ภาพที่ 2-15 Machine Learning Operations : MLOps (Bhatt, 2023)

โครงสร้างเหล่านี้ทำงานร่วมกันเพื่อสร้างกรอบการทำงานที่ครอบคลุมสำหรับการจัดการวงจรชีวิตของแบบจำลอง การเรียนรู้ของเครื่องตั้งแต่การเก็บรวบรวมข้อมูลไปจนถึงการใช้งานและการบำรุงรักษา ช่วยให้องค์กรสามารถพัฒนา ใช้งาน และจัดการแบบจำลอง การเรียนรู้ของเครื่องได้อย่างมีประสิทธิภาพและเชื่อถือได้

ในปี 2024 แนวโน้มและนวัตกรรมในสถาปัตยกรรม MLOps กำลังเปลี่ยนแปลงและพัฒนาอย่างรวดเร็ว หนึ่งในแนวโน้มที่สำคัญคือการอัตโนมัติกระบวนการ MLOps โดยการใช้เครื่องมือและแพลตฟอร์มที่สามารถอัตโนมัติกระบวนการทั้งหมด ตั้งแต่การเตรียมข้อมูล การฝึกสอนแบบจำลอง การทดสอบ และการนำไปใช้ในสภาพแวดล้อมการผลิต การอัตโนมัติช่วยลดความซับซ้อนและเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงาน

นอกจากนี้ การใช้ CI/CD (Continuous Integration/Continuous Deployment) สำหรับการพัฒนาและการดำเนินงานแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่องก็เป็นแนวโน้มที่สำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพและความรวดเร็วในการพัฒนาและปรับปรุงแบบจำลอง ซึ่งการนำแนวคิด CI/CD มาใช้ช่วยให้การพัฒนาแบบจำลองเป็นไปอย่างต่อเนื่องและสามารถนำไปใช้งานได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ (Bhatt, 2023)

2.1.11 Cross-Industry Standard Process for Machine Learning : CRISP-ML

CRISP-ML(Q) หรือ Cross-Industry Standard Process for Machine Learning with Quality assurance เป็นกรอบการทำงานที่พัฒนาต่อยอดมาจาก CRISP-DM (Cross-Industry Standard Process for Data Mining) (Studer et al., 2021) โดยมีการเพิ่มเติมแนวคิดด้านการประกันคุณภาพ (Quality Assurance) เข้าไปในกระบวนการพัฒนาแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) CRISP-ML(Q) ประกอบด้วย 6 ขั้นตอนหลัก ดังนี้ (Vanga, 2024)

1. การทำความเข้าใจธุรกิจและข้อมูล (Business and Data Understanding)

ขั้นตอนแรกของการพัฒนาแอปพลิเคชัน Machine Learning เริ่มต้นด้วยการกำหนดปัญหาและวัตถุประสงค์ให้ชัดเจนและสอดคล้องกับเป้าหมายทางธุรกิจ จากนั้นทำการวิเคราะห์ความพร้อมของข้อมูลเพื่อประเมินความเป็นไปได้ของโครงการ รวมถึงการระบุผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและทำความเข้า

ใจความต้องการของพวกเขา และสร้างเกณฑ์วัดความสำเร็จที่สามารถวัดผลได้อย่างเป็นภาพธรรม เพื่อให้มั่นใจว่าโครงการจะตอบสนองความต้องการทางธุรกิจได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. การเตรียมข้อมูล (Data Preparation)

การเตรียมข้อมูลเป็นขั้นตอนสำคัญที่เริ่มต้นด้วยการทำความสะอาดข้อมูลโดยจัดการค่าที่หายไป (Missing Values) และค่าผิดปกติ (Outliers) ตามด้วยการแปลงและปรับปรุงข้อมูลผ่านกระบวนการ Feature Engineering เพื่อสร้างคุณลักษณะใหม่ที่มีประโยชน์ จากนั้นดำเนินการคัดเลือกคุณลักษณะสำคัญ (Feature Selection) ที่มีอิทธิพลต่อการสร้างแบบจำลอง และสุดท้ายทำการมาตรฐานข้อมูลให้มีความสอดคล้องและเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ เพื่อให้ข้อมูลมีคุณภาพและพร้อมสำหรับการสร้างแบบจำลอง

3. การสร้างแบบจำลอง (Machine Learning Model Engineering)

ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองเริ่มต้นด้วยการเลือกอัลกอริทึมที่เหมาะสมตามลักษณะของปัญหาและประเภทข้อมูล จากนั้นดำเนินการฝึกอบรมแบบจำลองด้วยข้อมูลที่ผ่านการเตรียมแล้ว ตามด้วยการประเมินประสิทธิภาพโดยใช้เมตริกที่เหมาะสมกับปัญหา เช่น Accuracy, Precision, Recall หรือ F1-Score และสุดท้ายทำการเปรียบเทียบแบบจำลองต่าง ๆ เพื่อคัดเลือกแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพสูงสุดและตอบสนองความต้องการของโครงการได้ดีที่สุด

4. การประเมิน (Evaluation)

การประเมินเป็นขั้นตอนที่มุ่งเน้นการตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลและแบบจำลองอย่างละเอียด โดยจัดการปัญหาความลำเอียง (Bias) และความยุติธรรมของแบบจำลองเพื่อให้มั่นใจว่าผลลัพธ์ไม่เอนเอียงต่อกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง รวมถึงการทดสอบความสามารถในการอธิบาย (Interpretability) ของแบบจำลองเพื่อให้ผู้ใช้งานเข้าใจวิธีการตัดสินใจของแบบจำลอง และยืนยันประสิทธิภาพตามเกณฑ์ความสำเร็จที่กำหนดไว้ในขั้นตอนแรก เพื่อรับประกันคุณภาพของแบบจำลองก่อนนำไปใช้งานจริง

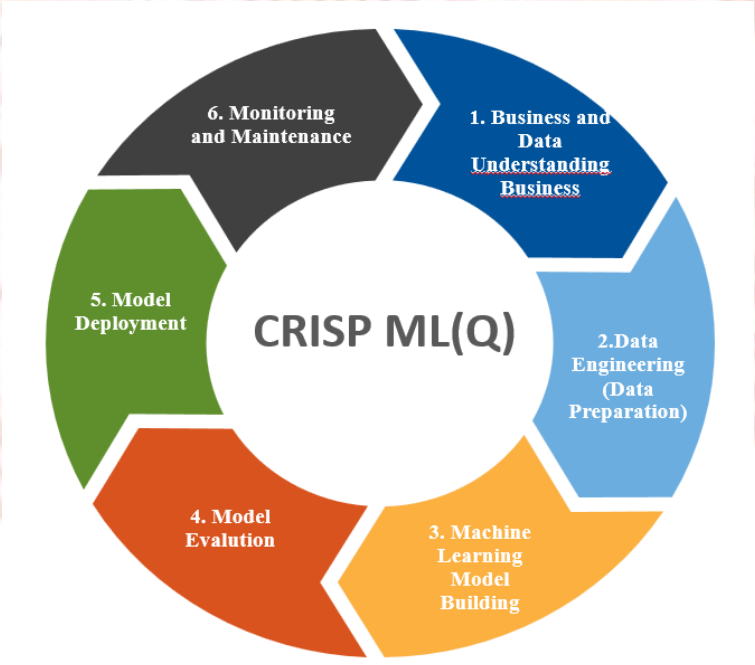
5. การปรับใช้ (Deployment)

การปรับใช้เป็นขั้นตอนการนำแบบจำลองที่ผ่านการประเมินแล้วไปบูรณาการเข้ากับระบบการผลิต (Production Environment) พร้อมทั้งติดตามประสิทธิภาพในสภาพแวดล้อมการใช้งานจริงอย่าง

ต่อเนื่องเพื่อตรวจสอบการทำงาน ดำเนินการฝึกอบรมแบบจำลองใหม่เมื่อจำเป็นเพื่อรักษาความแม่นยำและประสิทธิภาพ และสื่อสารผลลัพธ์และข้อมูลเชิงลึกให้กับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียอย่างชัดเจนและเข้าใจง่าย เพื่อให้แบบจำลองสามารถสร้างคุณค่าทางธุรกิจได้อย่างเป็นภาพธรรม

6. การติดตามและบำรุงรักษา (Monitoring and Maintenance)

ขั้นตอนสุดท้ายเป็นการติดตามการเสื่อมสภาพ (Model Drift) ของแบบจำลองในสภาพแวดล้อมการผลิตอย่างต่อเนื่องเพื่อตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของประสิทธิภาพ ดำเนินการอัปเดตและฝึกอบรมแบบจำลองใหม่ตามความจำเป็นและการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลหรือสภาพแวดล้อมทางธุรกิจ บำรุงรักษาโครงสร้างพื้นฐานและระบบที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าที่เกิดขึ้นเพื่อรักษาประสิทธิภาพการทำงานให้คงที่และตอบสนองความต้องการทางธุรกิจอย่างต่อเนื่อง



ภาพที่ 2-16 Cross-Industry Standard Process for Machine Learning : CRISP-ML (Vanga, 2024)

2.1.12 ทฤษฎีรวมของการยอมรับและการใช้เทคโนโลยี (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology หรือ UTAUT)

เป็นทฤษฎีที่ใช้ในการศึกษาพฤติกรรมการยอมรับการใช้เทคโนโลยีใหม่ ๆ (Venkatesh et al., 2003a) ของมนุษย์และสามารถที่จะทำนายพฤติกรรมการยอมรับการใช้เทคโนโลยีใหม่ ๆ ในอนาคตได้ (Chang, 2012) (Taherdoost, 2018a) โดยได้ถูกพัฒนามาจากการผสมผสานทฤษฎีด้านพฤติกรรมการยอมรับ 8 ทฤษฎี เป็นพื้นฐานในงานวิจัย ดังนี้

1.) ทฤษฎีการกระทำตามหลักเหตุและผล (The theory of Reasoned Action หรือ TRA) (Giua et al., 2022)

2.) ทฤษฎีพฤติกรรมตามแผน (Theory of Planned Behavior หรือ TPB) (Fretzen, 2018; Jeong et al., 2020)

3.) ทฤษฎีการยอมรับการใช้เทคโนโลยี (Technology Acceptance Model หรือ TAM) (Fretzen, 2018; Jeong et al., 2020)

4.) แบบจำลองการใช้ประโยชน์เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล(Model of PC utilization : MPCU) (Taherdoost, 2018a)

5.) ทฤษฎีการแพร่กระจายนวัตกรรม (Diffusion of Innovation Theory : DOI) (Taherdoost, 2018a)

6.) แบบจำลองทฤษฎีแรงจูงใจ (Motivation Model หรือ MM) (Schunk & DiBenedetto, 2020; Shi et al., 2022)

7.) ทฤษฎีปัญญาทางสังคม (Social Cognitive Theory หรือ SCT) (Schunk & DiBenedetto, 2020)

8.) ทฤษฎีผสมผสานระหว่าง TAM และ TPB (Combined –TAM-TPB หรือ C-TAM-TPB) (Fretzen, 2018; Giua et al., 2022)

จากการศึกษาพบว่าพบว่ามี 4 ปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลโดยตรงต่อพฤติกรรม ความตั้งใจที่จะใช้งานเทคโนโลยี (Behavioral Intention) และการใช้งานเทคโนโลยี (Use Behavior) (Venkatesh et al., 2003a) คือ

2.1.11.1 ความคาดหวังในประสิทธิภาพ (Performance Expectancy) เป็นการกำหนดระดับความเชื่อของแต่ละบุคคลว่าการใช้เทคโนโลยีสามารถทำให้เกิดผลประโยชน์และบรรลุผลสำเร็จในการทำงาน (che nawi et al., 2021; Schukat & Heise, 2021b) ปัจจัยนี้พัฒนาจากปัจจัยที่เป็นแนวทางที่เกี่ยวข้องจาก 5 ทฤษฎี ดังนี้

1.) การรับรู้ประโยชน์ (Perceived Usefulness) จากทฤษฎีการยอมรับการใช้เทคโนโลยี (Technology Acceptance Model หรือ TAM) คือ ระดับความเชื่อด้านประโยชน์ของผู้ใช้ว่าการใช้เทคโนโลยีจะสามารถเพิ่มให้ผลของการทำงานที่ดีขึ้น (Davis, 1989)

2.) แรงจูงใจภายนอก (Extrinsic Motivation) จากแบบจำลองทฤษฎีแรงจูงใจ (Motivation model หรือ MM) คือ แรงจูงใจว่าผู้ที่ใช้เทคโนโลยีในการในการทำงานจะทำให้เกิดผลงานที่มีค่าและทำให้ได้รับในสิ่งที่ดีกว่าผู้อื่น (Wilhelm et al., 2019)

3.) ความเหมาะสมกับงาน (Job-fit) จากแบบจำลองการใช้ประโยชน์เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Model of PC utilization : MPCU) คือ ความสามารถของระบบสารสนเทศที่แต่ละบุคคลเชื่อว่าการใช้ระบบสารสนเทศจะทำให้เพิ่มประสิทธิภาพการทางานได้ (Rahi et al., 2019)

4.) ประโยชน์ที่ได้รับมากขึ้น (Relative Advantage) จากทฤษฎีการแพร่กระจายนวัตกรรม (Diffusion of Innovation Theory : DOI) คือ การรับรู้ว่าใช้เทคโนโลยีใหม่นั้นสามารถใช้งานได้ดีกว่าที่เคยมีมาก่อน (Sahin, 2006)

5.) การคาดหวังผลลัพธ์ (Outcome Expectations) จากจากทฤษฎีปัญญาทางสังคม (Social Cognitive Theory หรือ SCT) คือ ความคาดหวังถึงผลลัพธ์ที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรม ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นความคาดหวังจากการท างานและความคาดหวังส่วนบุคคล (Maddux et al., 1986)

2.1.11.2 ความคาดหวังในความพยายาม (Effort Expectancy) คือ ระดับความง่ายในการมีส่วนร่วมในการใช้เทคโนโลยี (Giua et al., 2022; Ronaghi & Forouharfar, 2020) ปัจจัยนี้พัฒนาจากปัจจัยที่เป็นแนวทางที่เกี่ยวข้องจาก 3 ทฤษฎี ดังนี้

1.) การรับรู้ความง่าย (Perceived Ease of Use) จากทฤษฎีการยอมรับการใช้เทคโนโลยี (Technology Acceptance Model หรือ TAM) คือ ระดับความเชื่อของบุคคลว่าการใช้เทคโนโลยีไม่ต้องใช้ความพยายามสูงในการใช้งานมากนัก (Caffaro et al., 2020; Tubtiang & Pipatpanuvittaya, 2015)

2.) ความซับซ้อน (Complexity) จากแบบจำลองการใช้ประโยชน์เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Model of PC utilization หรือ MPCU) คือ ระดับของการทำความเข้าใจถึงเทคโนโลยีนั้นมีความยากหรือง่ายต่อการใช้งาน (Yoon et al., 2020)

3.) ความง่ายต่อการใช้งาน (Ease of Use) จากทฤษฎีการแพร่กระจายนวัตกรรม (Diffusion of Innovation Theory หรือ DOI) คือ ระดับของการรับรู้ที่ทำให้ผู้ใช้รู้สึกว่านวัตกรรมนั้นใช้งานได้ง่าย (Dixit et al., 2023a; Mathebula, 2022)

2.1.11.3 อิทธิพลทางสังคม (Social Influence) คือ ระดับการเข้าใจของแต่ละบุคคลถึงความสำคัญที่จะเชื่อว่าควรใช้เทคโนโลยีใหม่ๆ ในการทำงาน (Piancharoenwong & Badir, 2024; H. Wang et al., 2020; Wee & Lim, 2022) ปัจจัยนี้พัฒนาจากปัจจัยที่เป็นแนวทางที่เกี่ยวข้องจาก 3 ทฤษฎีดังนี้

1.) บรรทัดฐานของบุคคลที่อยู่โดยรอบการแสดงพฤติกรรม (Subjective Norm) จากทฤษฎีการกระทำตามหลักเหตุและผล (The Theory of Reasoned Action หรือ TRA) คือพฤติกรรมการแสดงออกของแต่ละบุคคลนั้นมีอิทธิพลจากพฤติกรรมของผู้มีอิทธิพลต่อบุคคลเหล่านั้น (Venkatesh et al., 2003a)

2.) ปัจจัยทางสังคม (Social Factors) จากแบบจำลองการใช้ประโยชน์เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Model of PC utilization หรือ MPCU) คือ สัมพันธภาพระหว่างบุคคลที่แสดงออกถึงวัฒนธรรมและการได้ปฏิบัติต่อกันในสถานการณ์ของแต่ละสังคม (Venkatesh et al., 2003a)

3.) ภาพลักษณ์ (Image) จากทฤษฎีการแพร่กระจายนวัตกรรม (Diffusion of Innovation Theory หรือ DOI) คือ ระดับของการใช้นวัตกรรมที่ทำให้ช่วยเพิ่มภาพลักษณ์หรือสถานะภาพทางสังคมที่ดี (Sahin, 2006)

2.1.11.4 สภาพของสิ่งอำนวยความสะดวกในระบบ (Facilitating Condition) คือระดับความเชื่อของบุคคลว่าสิ่งอำนวยความสะดวกหรืออุปกรณ์ทางเทคโนโลยีที่มีอยู่มีส่วนจะช่วยสนับสนุนในการใช้งาน (Anubhav et al., 2023; Sobti, 2019; Wee & Lim, 2022) ปัจจัยนี้พัฒนาขึ้นจากปัจจัยที่เป็นแนวทางที่เกี่ยวข้องจาก 3 ทฤษฎี คือ

1.) Perceived Behavioral Control จากทฤษฎีพฤติกรรม ตามแผน (Theory of Planned Behavior หรือ TPB) คือ ความเข้าใจถึงการรับรู้อำนาจในการควบคุมระบบทั้งภายในและภายนอก (Jeong et al., 2020)

2.) เงื่อนไขการอำนวยความสะดวก (Facilitating Condition) จากแบบจำลองการใช้ประโยชน์เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Model of PC Utilization หรือ MPCU) คือ ปัจจัยที่เกี่ยวกับปัจจัยการอำนวยความสะดวกทางด้านสภาพแวดล้อมรวมถึงการสนับสนุนทางด้านอุปกรณ์คอมพิวเตอร์มีส่วนช่วยให้เกิดความง่ายในการทำงาน (Venkatesh et al., 2003a)

3.) ความสอดคล้องหรือเหมาะสมกับผู้ใช้งาน (Compatibility) จากทฤษฎีการแพร่กระจายนวัตกรรม (Diffusion of Innovation Theory : DOI) คือ ระดับของการเข้าใจในเทคโนโลยีว่ามีความสอดคล้องกับความต้องการหรือประสบการณ์ของกลุ่มผู้ใช้งาน (Dixit et al., 2023a; Yoon et al., 2020)

จากข้อจำกัดข้างต้นทำให้ Venkatesh และคณะ (van der Heijden, 2004) พัฒนาขยายเพิ่มเติมแบบจำลอง Modified UTAUT หรือ UTAUT2 ให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้นโดยเพิ่มปัจจัย 3 ประการได้แก่ แรงจูงใจด้านความบันเทิง (Hedonic motivation) มูลค่าราคา (Price value) และความเคยชิน (Habit) เพื่อลดข้อจำกัด และสามารถปรับใช้เพื่ออธิบายความตั้งใจ และพฤติกรรมการใช้เทคโนโลยีในบริบทของกลุ่มผู้บริโภคได้ดียิ่งขึ้น

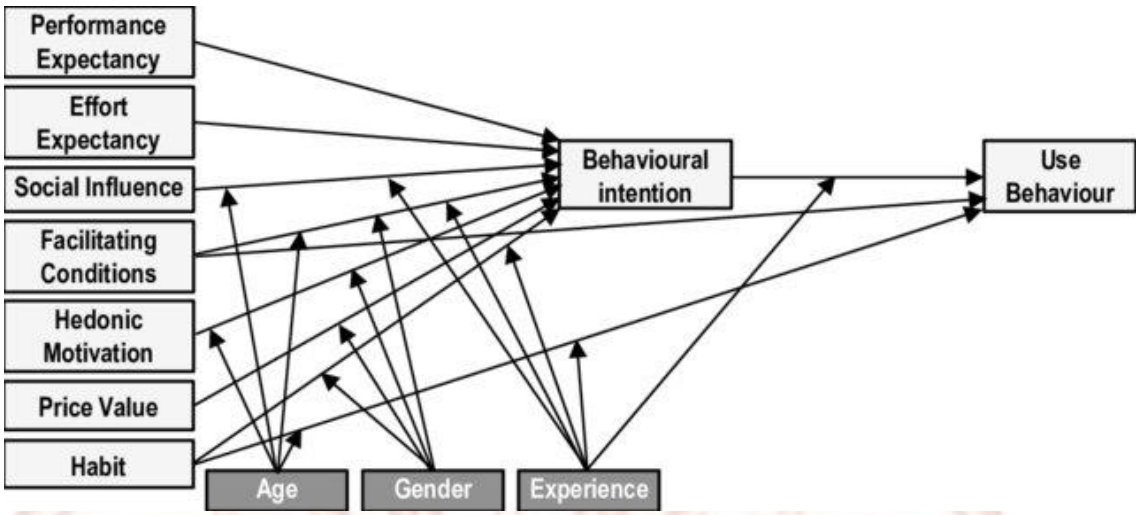
2.1.11.5 ความสนุกสนานหรือความสุข (Hedonic Motive) แรงจูงใจด้านความบันเทิง คือความสนุกหรือความพึงพอใจที่ได้รับจากการใช้เทคโนโลยี เป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดการยอมรับการ

ใช้เทคโนโลยีโดยตรง (Thong et al., 2006; van der Heijden, 2004) สำหรับงานวิจัยที่ศึกษาในบริบทของผู้บริโภคที่ผ่านมาพบว่า แรงจูงใจด้านความบันเทิงเป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดการยอมรับการใช้เทคโนโลยีด้วยเช่นกัน (Brown & Venkatesh, 2005; Childers et al., 2001) ดังนั้นจึงเป็นเหตุผลของการผนวก แรงจูงใจด้านความบันเทิงเพื่อใช้เป็นตัวพยากรณ์ความตั้งใจแสดงพฤติกรรมและการใช้เทคโนโลยีของผู้บริโภค

2.1.11.6 ความเคยชิน (Habit) ความเคยชิน คือการที่บุคคลมีแนวโน้มที่จะแสดงพฤติกรรมโดยอัตโนมัติ เพราะสืบเนื่องจากสิ่งที่เรียนรู้มาในอดีตที่เคยปฏิบัติอย่างสม่ำเสมอ (Experience) จนกลายเป็นความเคยชิน จากงานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าความเคยชินและประสบการณ์มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน (Chang, 2012; Palau-Saumell et al., 2019) กล่าวคือ ประสบการณ์เป็นปัจจัยที่สะท้อนถึงจุดเริ่มต้นของโอกาสในการใช้เทคโนโลยี และชี้วัดถึงการเปลี่ยนผ่านของเวลาหรือลำดับเหตุการณ์ในการใช้เทคโนโลยีของแต่ละบุคคล (The passage of time)ในขณะที่ความเคยชินเป็นปัจจัยที่สะท้อนให้เห็นว่าบุคคลมีแนวโน้มที่จะแสดงพฤติกรรมโดยอัตโนมัติ เพราะสืบเนื่องจากสิ่งที่เรียนรู้มาในอดีตที่เคยปฏิบัติอย่างสม่ำเสมอจนพฤติกรรมนั้นกลายเป็นความเคยชินในที่สุด

2.1.11.7 ความคุ้มค่าของราคา (Price Value) คือความรู้และทักษะการคิดเปรียบเทียบ (Cognitive tradeoff) ของผู้บริโภคเกี่ยวกับประโยชน์ที่จะได้รับ และค่าใช้จ่ายสำหรับการใช้ประโยชน์นั้นทำให้ปัจจัยด้านราคามีความสำคัญต่อผู้บริโภค จึงทำให้งานวิจัยที่ศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภคที่ผ่านมาได้รวมปัจจัยด้านราคา (Giua et al., 2022; Palau-Saumell et al., 2019; Shi et al., 2022) เพื่อใช้อธิบายพฤติกรรมของผู้บริโภค และด้วยความแตกต่างระหว่างบริบทของกลุ่มพนักงานธุรกิจ และ ริบทกลุ่มผู้บริโภค จึงเป็นเหตุผลของการผนวกปัจจัยด้านราคา เพื่อใช้เป็นตัวพยากรณ์ความตั้งใจแสดงพฤติกรรมและการใช้เทคโนโลยีของผู้บริโภค

ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยหลักและตัวแปรเสริม/ตัวผันแปรตามทฤษฎี UTAUT แสดงในภาพของแบบจำลอง ดังภาพที่ 2-17



ภาพที่ 2-17 UTAUT Model (Popescu et al., 2017)

2.1.13 ทฤษฎีการแพร่กระจายนวัตกรรม (Diffusion of Innovation Theory หรือ DOI)

ได้นำเสนอทฤษฎีการแพร่กระจายนวัตกรรม เพื่อใช้สำหรับใช้ศึกษาถึงการเผยแพร่นวัตกรรมในบริบทต่างๆ (Dixit et al., 2023; Sahin, 2006; Venkatesh et al., 2003b; Yoon et al., 2020) โดยสรุปลักษณะของนวัตกรรมที่มีผลต่อการยอมรับไว้ทั้งสิ้น 5 ประการ คือ

2.1.12.1 ประโยชน์ที่จะได้รับมากขึ้นหรือข้อได้เปรียบที่ดีกว่า (Relative advantage) หมายถึง การที่ผู้รับนวัตกรรมรับรู้ว่านวัตกรรมนั้นดีกว่า มีประโยชน์มากว่าสิ่งที่เคยมีมาก่อน ยิ่งมีความรู้สึกว่ามีประโยชน์มากโอกาสที่จะยอมรับนวัตกรรมเหล่านั้นก็มีมากขึ้น (Dixit et al., 2023a)

2.1.12.2 ความยุ่งยากหรือความซับซ้อน (Complexity) หมายถึง การที่ผู้รับนวัตกรรมรับรู้ว่านวัตกรรมนั้นยากในการเข้าใจ และการใช้งานต้องใช้เวลานานถึงจะยอมรับ แต่หากนวัตกรรมใดไม่ซับซ้อน ใช้งานง่าย สะดวกต่อการน าไปใช้ จะทำให้ผู้รับนวัตกรรมเกิดการยอมรับได้มากขึ้น (Al-Jabri & Sohail, 2012; Giua et al., 2022)

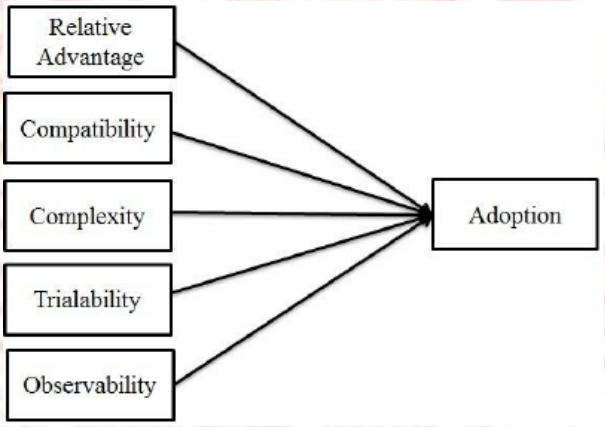
2.1.12.3 การสังเกตเห็นได้ (Observability) หมายถึง ถ้าผู้รับนวัตกรรมสามารถมองเห็นผลของนวัตกรรมได้ง่าย จะท าให้เกิดการยอมรับได้ง่ายและไว (Al-Jabri & Sohail, 2012; Giua et al., 2022)

2.1.12.4 ความเข้ากันได้ (Compatibility) หมายถึง การที่ผู้รับนวัตกรรมรู้สึกว่านวัตกรรมนั้นสอดคล้องกับค่านิยม ความต้องการหรือประสบการณ์ในอดีตของตน นวัตกรรมนั้นจะได้รับการ

ยอมรับของกลุ่มผู้มีศักยภาพในการยอมรับนวัตกรรม (Al-Jabri & Sohail, 2012; Dixit et al., 2023a)

2.1.12.5 ผลลัพธ์ที่สามารถแสดงให้เห็นได้ (Trialability) หมายถึง ผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้นวัตกรรมนั้น จะต้องสามารถแบ่งทดลองครั้งละน้อยได้จับต้องได้และสามารถถ่ายทอดได้ (Al-Jabri & Sohail, 2012)

ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยหลักและตัวแปรเสริม/ตัวผันแปรตามทฤษฎี DOI แสดงในภาพของแบบจำลอง ดังภาพที่ 2-18



ภาพที่ 2-18 Diffusion of Innovation Theory (Donmez-Turan et al., 2014)

2.1.14 การยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things Acceptance Model หรือ IoTAM)

รูปแบบการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง Internet of Things (IoTAM) ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อทำความเข้าใจปัจจัยที่กำหนดเจตนาทางพฤติกรรมในการยอมรับผลิตภัณฑ์และแอปพลิเคชันอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ของผู้บริโภค รูปแบบนี้รวมปัจจัยจากสองแหล่งข้อมูลหลัก คือ ด้านเทคนิคและด้านจิตวิทยา (Tsourela & Nerantzaki, 2020) ซึ่งจะประกอบไปด้วย

2.1.14.1 เจตนาทางพฤติกรรม (Behavioral Intention - BI) เป็นตัวบ่งชี้หลักของการยอมรับเทคโนโลยี ยิ่งมีเจตนาทางพฤติกรรมสูง ยิ่งมีโอกาสยอมรับเทคโนโลยีมากขึ้น

ทัศนคติ (Attitude - AT) ทัศนคติเชิงบวกต่อการใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง จะส่งผลให้มีเจตนาทางพฤติกรรมในการใช้งานสูงขึ้น

2.1.14.2 การรับรู้ประโยชน์ (Perceived Usefulness - PU) การรับรู้ว่าอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง มีประโยชน์ต่อการทำงานหรือชีวิตประจำวัน จะส่งผลให้ทัศนคติเชิงบวกต่อการใช้ IoT

การรับรู้ความง่ายในการใช้งาน (Perceived Ease of Use - PEOU) การรับรู้ว่า IoT ใช้งานง่าย จะส่งผลให้มีการรับรู้ประโยชน์และทัศนคติที่ดีต่อ IoT

2.1.14.3 การสนับสนุนการใช้งาน (Facilitated Appropriation - FA) การได้รับการสนับสนุนในการใช้งาน อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งจะทำให้ผู้ใช้มองว่าอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมีประโยชน์มากขึ้น

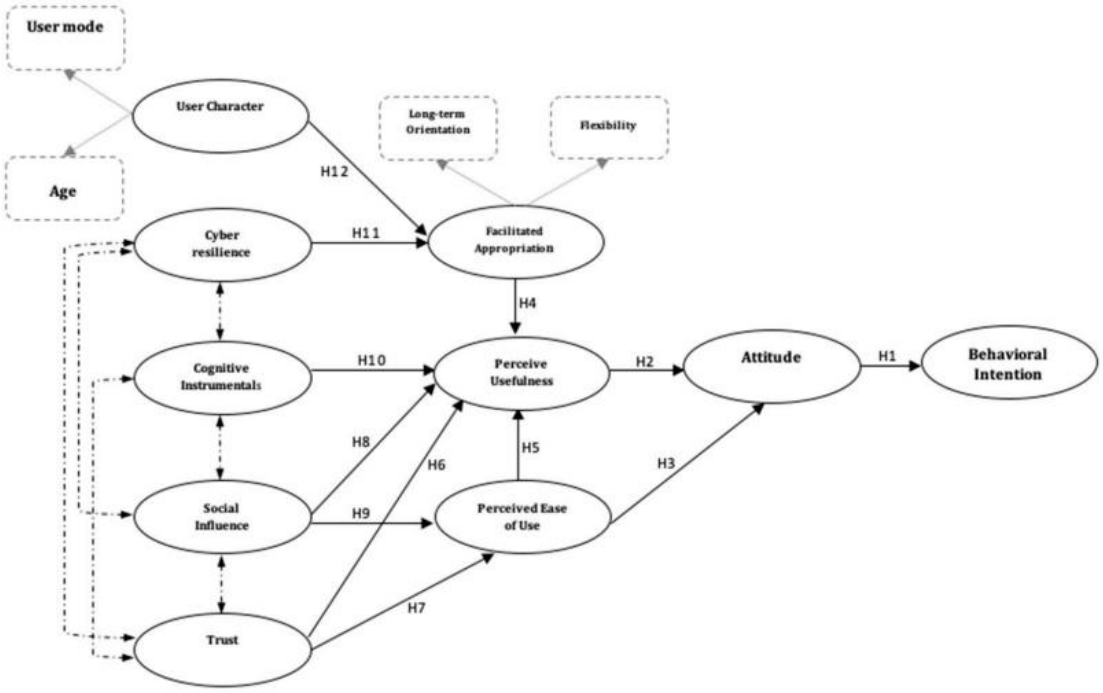
2.1.14.4 ความไว้วางใจ (Trust - T) ความไว้วางใจในอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง จะส่งผลให้มีการรับรู้ประโยชน์และการรับรู้ความง่ายในการใช้งานที่ดีขึ้น

2.1.14.5 อิทธิพลทางสังคม (Social Influence - SI) อิทธิพลจากบุคคลรอบข้างหรือสังคมจะส่งผลให้มีการรับรู้ประโยชน์และการรับรู้ความง่ายในการใช้งานที่ดีขึ้น

2.1.14.6 เครื่องมือทางปัญญา (Cognitive Instrumentals - CI) การใช้เครื่องมือทางปัญญาในการตัดสินใจจะส่งผลให้มีการรับรู้ประโยชน์ที่ดีขึ้น

2.1.14.7 ความยืดหยุ่นทางไซเบอร์ (Cyber Resilience - CR) ความสามารถในการปรับตัวต่อสถานการณ์ทางไซเบอร์จะส่งผลให้มีการสนับสนุนการใช้งานที่ดีขึ้น

2.1.14.8 ลักษณะผู้ใช้งาน (User Character - UC) ลักษณะส่วนบุคคลของผู้ใช้งาน เช่น อายุ และโหมดการใช้งาน จะส่งผลต่อการสนับสนุนการใช้งาน

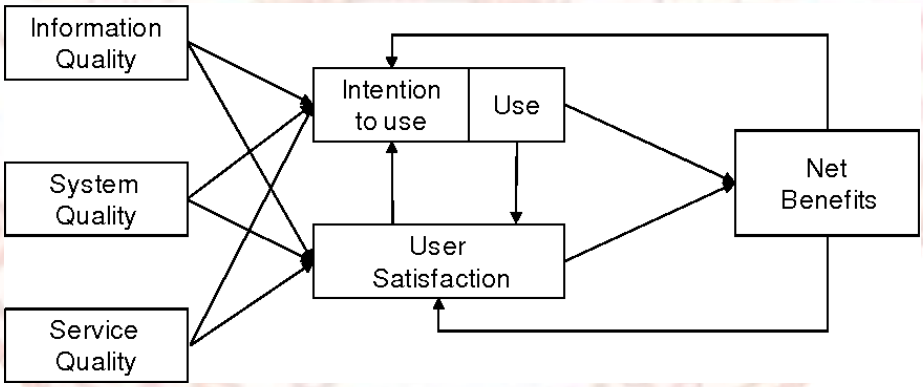


ภาพที่ 2-19 Internet of Things Acceptance Model (Tsourela & Nerantzaki, 2020)

2.1.15 ทฤษฎีแบบจำลองความสำเร็จของระบบสารสนเทศ (Information System Success Model: IS Success)

ในปี 1992 Delone และ McLean ได้คิดค้นแบบจำลองขึ้นเพื่อใช้ประเมินประสิทธิผลของระบบสารสนเทศ โดยประกอบด้วยตัวแปรความสำเร็จของระบบสารสมเทศ 6 ตัวแปรด้วยกับคือ 1. คุณภาพของระบบ (System Quality) 2. คุณภาพของข้อมูล(Information Quality) 3. การใช้ระบบสารสนเทศ(1S Use) 4. ความพึ่งพอใจของผู้ใช้(User Satisfaction) 5. ผลกระทบรายบุคคล (Individual Impact) 6. Naกระทบขององค์กร (Organizational Impact) จากการศึกษาในก่อนหน้า Delone และ McLean ได้มีการปรับปรุงแบบจำลองของเขาในปี 2003 โดยเพิ่มตัวแปร คุณภาพของการบริการ (Service Quality) โดยรวมเข้าไปในการวัดผลความสำเร็จ และแบ่งแบบจำลองอองออกเป็น 3 มิติด้วยกัน คือ 1. คุณภาพของระบบ (System Quality) 2. คุณภาพของข้อมูล (Information Quality) และ 3. คุณภาพของการบริการ (Service Quality)

ตั้งแต่เริ่มแรก IS Success Madel ได้มีการถูกนำกาใช้อย่างกว้างขวางเพื่อทดสอบการยอมรับระบบสารสนเทศที่หลากหลาย โดย Song and Zahedi (2007) ได้ทดสอบผลของคุงคุณภาพของระบบ (System Quality) และ คุณภาพของข้อมูล (Information Quality) บนความเชื่อมั่นของผู้ใช้งานบนสื่อกลางด้านข่าวสาร ขณะเดียวกัน Chen and Cheng (2009) ได้น่า IS Success Model ไปใช้เพื่อคาดการณ์ความตั้งใจในช้อปปิ้งออนไลน์ของผู้บริโภคนอกจากนี้แบบจำลองยังได้ถูกใช้เพื่อศึกษาและทำความเข้าใจพฤติกรรมการใช้งานโทรศัพท์มือถือ ซึ่ง Lee and Chung (2009) ได้เสริมว่าคุณภาพของระบบ คุณภาพของข้อมูล และคุณภาพของการออกแบบหน้าขอ (Interface Design) มีผลต่อความเชื่อมั่นและความพึงพอใจของผู้ใช้งานโมบายแบงก์กิ้งต่อมา Zhou (2013) ได้ท าการทดสอบปัจจัยที่ส่งผลต่อความตั้งใจในการช าระเงินผ่าน Mobile Payment อย่างต่อเนื่อง ซึ่งระบุว่าทั้งคุณภาพของระบบ คุณภาพของข้อมูลและคุณภาพของการบริการต่างส่งผลต่อความตั้งใจในการใช้งานอย่างต่อเนื่องผ่านความเชื่อมัน (Trust) และ ความพึงพอใจ (Satisfaction) (Delone & McLean, 2003; Ojo, 2017)



ภาพที่ 2-20 Updated D&M IS success model (Delone & McLean, 2003)

2.1.16 ทฤษฎีพฤติกรรมตามแผน (Theory of Planned Behavior: TPB)

ทฤษฎีพฤติกรรมตามแผน (Theory of Planned Behavior: TPB) เป็นทฤษฎีทางจิตวิทยาสังคมที่พัฒนาโดย Icek Ajzen ในปี 1985 เพื่ออธิบายและทำนายพฤติกรรมของมนุษย์ในสถานการณ์ต่างๆ ทฤษฎีนี้เป็นการขยายต่อยอดมาจากทฤษฎีการกระทำด้วยเหตุผล (Theory of Reasoned

Action) ทฤษฎีนี้เสนอว่าความตั้งใจที่จะแสดงพฤติกรรม (Behavioral Intention) เป็นปัจจัยสำคัญที่สุดในการทำนายพฤติกรรมของบุคคล โดยความตั้งใจนี้ได้รับอิทธิพลจากปัจจัยหลัก 3 ประการ ได้แก่: (Alismail, 2023; Octav-Ionut, 2015)

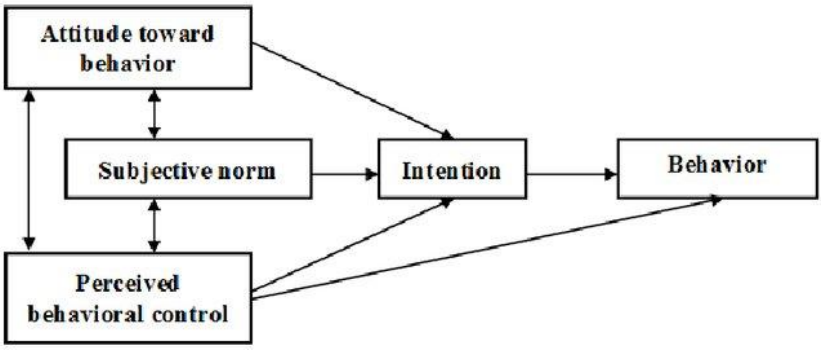
2.1.16.1 ทัศนคติต่อพฤติกรรม (Attitude toward the behavior): เป็นการประเมินทางบวกหรือลบของบุคคลต่อพฤติกรรมนั้นๆ

2.1.16.2 การคล้อยตามกลุ่มอ้างอิง (Subjective norm): เป็นการรับรู้ของบุคคลเกี่ยวกับความคาดหวังหรือแรงกดดันทางสังคมจากบุคคลที่มีความสำคัญต่อตน

2.1.16.3 การรับรู้ความสามารถในการควบคุมพฤติกรรม (Perceived behavioral control): เป็นการรับรู้ของบุคคลเกี่ยวกับความยากง่ายในการแสดงพฤติกรรมนั้นๆ

ทฤษฎีนี้เสนอว่า หากบุคคลมีทัศนคติที่ดีต่อพฤติกรรม รู้สึกว่าคนรอบข้างสนับสนุน และเชื่อว่าตนเองสามารถควบคุมพฤติกรรมนั้นได้ ก็จะมีแนวโน้มที่จะแสดงพฤติกรรมนั้นมากขึ้น ทฤษฎีพฤติกรรมตามแผนได้รับการนำไปประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางในหลายสาขา เช่น การส่งเสริมสุขภาพ การตลาด การศึกษา และการจัดการสิ่งแวดล้อม เพื่อเข้าใจและทำนายพฤติกรรมของบุคคล รวมถึงออกแบบกลยุทธ์ในการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม

อย่างไรก็ตาม ทฤษฎีนี้ก็มีข้อจำกัดบางประการ เช่น อาจไม่สามารถอธิบายพฤติกรรมที่เกิดจากอารมณ์หรือความเคยชินได้อย่างสมบูรณ์ และอาจไม่ครอบคลุมปัจจัยอื่นๆ ที่อาจส่งผลต่อพฤติกรรม เช่น ปัจจัยทางสภาพแวดล้อมหรือสถานการณ์เฉพาะหน้า



ภาพที่ 2-21 Theory of Planned Behavior: TPB (Octav-Ionut, 2015)

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตร หรือฟาร์มอัจฉริยะ

ปัญหาการใช้น้ำที่ไม่มีประสิทธิภาพในเกษตรกรรมเป็นประเด็นสำคัญ โดยเฉพาะในประเทศที่มีทรัพยากรน้ำจืดจำกัด การพัฒนาระบบฟาร์มอัจฉริยะสำหรับการประหยัดน้ำและเพิ่มประสิทธิภาพการให้น้ำแก่พืชในระบบการเกษตรแบบอุโมงค์จึงมีความจำเป็น ระบบที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยเซ็นเซอร์หลายประเภท ได้แก่ เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน ความชื้นในอากาศ อุณหภูมิ และความเข้มของแสง โดยใช้ฟัซซี่ลอจิก (Fuzzy Logic) ในการตัดสินใจเกี่ยวกับปริมาณน้ำและเวลาที่เหมาะสมสำหรับการให้น้ำแก่พืช ซึ่งพิจารณาจากปัจจัยต่างๆ เช่น ชนิดของพืช สภาพอากาศ ความชื้นในดิน และอุณหภูมิ ระบบใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC16F877A) เป็นหน่วยประมวลผลหลักที่เชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์ต่างๆ และสามารถควบคุมปั๊มน้ำ วาล์ว และระบบไฟฟ้าได้อัตโนมัติ รวมถึงระบบควบคุมไฟฟ้าที่ใช้เซ็นเซอร์ LDR ในการตรวจจับแสงและควบคุมการเปิด-ปิดไฟ (Munir et al., 2018)

การพัฒนาระบบการให้น้ำอัตโนมัติอีกรูปแบบหนึ่งเน้นการใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย (WSN) ที่สามารถจัดการข้อมูลผ่านสมาร์ทโฟนและเว็บแอปพลิเคชัน ระบบประกอบด้วยสามส่วนหลัก ได้แก่ ฮาร์ดแวร์ที่ประกอบด้วยกล่องควบคุมเชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์วัดความชื้นในดินและอุปกรณ์ต่างๆ เว็บแอปพลิเคชันสำหรับจัดการข้อมูลพืชและการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทำนายความต้องการน้ำของพืชในอนาคต และแอปพลิเคชันบนมือถือสำหรับควบคุมการให้น้ำทั้งในโหมดอัตโนมัติและโหมดควบคุมด้วยตนเอง นอกจากนี้ระบบยังสามารถวิเคราะห์ข้อมูลการเกษตรโดยใช้การทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) ผ่านกฎการเชื่อมโยง (Association Rules) และการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) (Muangprathub et al., 2019)

การบริการเชิงสร้างสรรค์ในแพลตฟอร์มฟาร์มอัจฉริยะได้นำเสนอการใช้เทคโนโลยี Cloud fog computing เพื่อปรับปรุงการรวมระบบเครือข่ายและเพิ่มความเร็วในการประมวลผลข้อมูลในฟาร์มอัจฉริยะ การผสานรวมระบบ Cloud fog computing ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลในพื้นที่การเกษตรขนาดใหญ่ ทำให้สามารถจัดการข้อมูลจำนวนมากได้อย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็วยิ่งขึ้น (Hsu et al., 2020)

ระบบฟาร์มอัจฉริยะที่ใช้การเชื่อมต่อแบบผสมผสานทั้งแบบใช้สายและไร้สายได้รับการพัฒนาขึ้น โดยประกอบด้วยโหนดเซ็นเซอร์ เกตเวย์ เซิร์ฟเวอร์ ฐานข้อมูล และสมาร์ทโฟนสำหรับผู้ใช้งาน ระบบใช้เทคโนโลยีการสื่อสารสามแบบ ได้แก่ LPWAN สำหรับระยะไกลถึง 10 กิโลเมตรใช้ความถี่ 900 MHz, Bluetooth สำหรับระยะใกล้ถึง 100 เมตรใช้ความถี่ 2.4 GHz และ RS485 สำหรับการสื่อสารแบบใช้สายระยะไกลถึง 1.2 กิโลเมตร การใช้โปรโตคอล MQTT ในการสื่อสารระหว่างเกตเวย์และเซิร์ฟเวอร์ทำให้ง่ายต่อการเพิ่มอุปกรณ์และขยายระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Yoon et al., 2018)

การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการฟาร์มที่มีความเฉพาะเจาะจงกับบริบทได้รับความสนใจมากขึ้น เนื่องจากระบบ ICT เพื่อการเกษตรที่มีอยู่ในปัจจุบันมักเป็นระบบทั่วไป ไม่เฉพาะเจาะจง และมีการส่งข้อมูลทางเดียวไปยังเกษตรกร ทำให้เกิดปัญหาในการนำไปใช้จริงและการยอมรับ การศึกษาที่ทำร่วมกับเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมในเคนยาพบว่ายังมีความต้องการระบบ ICT ที่เข้ากันได้กับบริบทของเกษตรกร โดยควรให้เกษตรกรสามารถจัดการข้อมูลของตนเองได้และมีการไหลของข้อมูลแบบสองทิศทาง ซึ่งจะช่วยเพิ่มการยอมรับและประสิทธิภาพในการใช้งานระบบ ICT ทางการเกษตรได้มากขึ้น (Chepken, 2022)

การพัฒนาสถาปัตยกรรมระบบสารสนเทศสำหรับฟาร์มอัจฉริยะในยุคอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งได้รับการศึกษาอย่างเป็นระบบ แม้ว่าจะมีการใช้ผลิตภัณฑ์อัจฉริยะในภาคการเกษตรมากขึ้น แต่ยังขาดระบบสารสนเทศที่ออกแบบมาเฉพาะสำหรับความต้องการในวงกว้างของภาคเกษตร การทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบและการวิเคราะห์แนวทางสถาปัตยกรรมที่มีอยู่ 18 แบบได้นำไปสู่การพัฒนาสถาปัตยกรรมระบบสารสนเทศที่เป็นอิสระจากกรณีการใช้งานหรือเทคโนโลยีเฉพาะ โดยมุ่งเน้นไปที่ด้านฟาร์มอัจฉริยะ ระบบประกอบด้วยองค์ประกอบอัจฉริยะต่างๆ เช่น เซ็นเซอร์ ตัวขับเคลื่อน การควบคุม ไมโครโพรเซสเซอร์ ซอฟต์แวร์ และการจัดเก็บข้อมูล รวมถึงองค์ประกอบการเชื่อมต่อที่ช่วยให้สามารถตรวจสอบ ควบคุม ปรับให้เหมาะสม และทำงานได้โดยอัตโนมัติ (University Duisburg-Essen, Research Group for Business Informatics and Software Engineering, Essen, Germany & Strobel, 2020)

แนวโน้มการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ในภาคการเกษตรได้รับความสนใจอย่างมาก โดยเฉพาะการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ (AI) และการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ในการเกษตรแม่นยำสูงและการเกษตรอัจฉริยะ การเติบโตของประชากรโลกและความต้องการอาหารที่เพิ่มขึ้นทำให้ภาคเกษตรต้องเผชิญกับความท้าทายในการเพิ่มผลผลิตอย่างยั่งยืน โดยคาดการณ์ว่าความต้องการอาหารโลกจะเพิ่มขึ้น 70% ภายในปี 2050 เทคโนโลยีสมัยใหม่ เช่น AI, IoT และ Industry 4.0 กำลังเข้ามามีบทบาทสำคัญในการปฏิวัติภาคเกษตรโดยช่วยให้เกษตรกรสามารถเพิ่มผลผลิตและลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติได้ผ่านการใช้เซ็นเซอร์สิ่งแวดล้อมและเทคโนโลยีการพยากรณ์ (Ayoub Shaikh et al., 2022)

การพัฒนาแบบจำลองอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับการเกษตรอัจฉริยะและการจัดการน้ำชลประทานในแอฟริกา โดยเฉพาะในไนจีเรียตอนเหนือที่ยังคงใช้ระบบชลประทานแบบควบคุมด้วยมือ ได้รับการพัฒนาโดยใช้แพลตฟอร์มหลักสี่ส่วน ได้แก่ ReactJS สำหรับพัฒนาส่วนติดต่อผู้ใช้, Amazon Web Services IoT Core สำหรับระบบหลังบ้าน, Arduino สำหรับพัฒนาโหนดเซ็นเซอร์ และ Python สำหรับโหนดควบคุมบน Raspberry Pi ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพดีกว่าระบบเดิมในหลายด้าน ได้แก่ ความแม่นยำของการวัด การจัดการน้ำชลประทาน การเข้าถึงแพลตฟอร์ม การแสดงผลวิดีโอแบบเรียลไทม์ ความเป็นมิตรต่อผู้ใช้ และประสิทธิภาพโดยรวม (Dickson & Amannah, 2023)

ในประเทศไทย การออกแบบต้นแบบฟาร์มอัจฉริยะโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งได้รับการพัฒนาเพื่อระบบควบคุมน้ำอัตโนมัติสำหรับการเกษตร ระบบประกอบด้วยฮาร์ดแวร์ที่ใช้บอร์ด Raspberry Pi ติดตั้งในกล่องควบคุมเพื่อเก็บข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นจากเซ็นเซอร์ DHT22 และเว็บแอปพลิเคชันที่ออกแบบเพื่อเก็บและแสดงข้อมูลแบบเรียลไทม์ ระบบได้รับการทดสอบในฟาร์มข้าวที่จังหวัดสุพรรณบุรี แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของระบบในการควบคุมปริมาณน้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช (Suanpang & Jamjuntr, 2019)

ในเวียดนาม การพัฒนาระบบฟาร์มอัจฉริยะที่มีประสิทธิภาพและคุ้มค่าโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งได้รับการนำเสนอ ระบบประกอบด้วยโมดูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบเซ็นเซอร์ การสื่อสาร และการวิเคราะห์ข้อมูลที่บูรณาการเข้าด้วยกัน จุดเด่นของระบบคือการเพิ่ม

ฐานความรู้เพื่อให้ระบบมีความชาญฉลาดมากขึ้น การออกแบบชุดอุปกรณ์ที่มีราคาถูกแต่มีประสิทธิภาพ และการใช้การสื่อสารแบบเบาที่สามารถนำไปใช้งานได้จริง ระบบได้รับการทดลองใช้กับการเพาะเห็ดนางรมและข้าวโพดลูกผสม ช่วยให้เกษตรกรสามารถจัดการและควบคุมฟาร์มจากระยะไกลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นการตอบสนองต่อปัญหาด้านความมั่นคงทางอาหารและความปลอดภัยของอาหารที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Minh et al., 2017)

ฟาร์มอัจฉริยะหรือการเกษตรอัจฉริยะในยุโรปเป็นแนวคิดใหม่ที่มุ่งเปลี่ยนแปลงเทคนิคการเกษตรแบบดั้งเดิมไปสู่วิธีการที่ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (ICT) อย่างชาญฉลาด เทคโนโลยีสำคัญที่นำมาใช้ ได้แก่ อากาศยานไร้คนขับ (UAVs) ยานพาหนะภาคพื้นไร้คนขับ (UGVs) การประมวลผลภาพ การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) Big Data การประมวลผลแบบคลาวด์ และเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย (WSNs) เทคโนโลยีเหล่านี้คาดว่าจะช่วยเพิ่มผลผลิต ลดต้นทุนการผลิต ลดการใช้ปัจจัยการผลิตเช่นเชื้อเพลิง ปุ๋ย และยาฆ่าแมลง ลดแรงงาน และปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้าย การศึกษานี้นำเสนอภาพรวมของความพยายามในการวิจัยด้านฟาร์มอัจฉริยะในยุโรป โดยแบ่งเป็นสองส่วน ส่วนแรกนำเสนอความพยายามในการวิจัยของนักวิจัยที่ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีนวัตกรรมกับพืชผลต่างๆ ทั่วยุโรป และส่วนที่สองนำเสนอและวิเคราะห์โครงการวิจัยที่สำคัญในยุโรปด้านฟาร์มอัจฉริยะ (Moysiadis et al., 2021)

2.2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ของเครื่องมาทำงานร่วมกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตร หรือ ฟาร์มอัจฉริยะ

การพัฒนาระบบการรดน้ำพืชในแปลงเกษตรโดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย (WSN) และการจัดการข้อมูลผ่านสมาร์ทโฟนและเว็บแอปพลิเคชัน โดยประกอบด้วยสามส่วนหลัก ได้แก่ ฮาร์ดแวร์ เว็บแอปพลิเคชัน และโมบายแอปพลิเคชัน ซึ่งได้มีการทดสอบในเขตมะขามเตี้ย จังหวัดสุราษฎร์ธานี ประเทศไทย (Muangprathub et al., 2019)

ในส่วนของฮาร์ดแวร์ มีการออกแบบและติดตั้งกล่องควบคุมที่เชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์ตรวจวัดความชื้นในดินและสภาพอากาศ โดยเซ็นเซอร์วัดความชื้นในดินจะใช้ในการตรวจสอบและควบคุมการรดน้ำ สำหรับเว็บแอปพลิเคชัน ได้รับการออกแบบและพัฒนาเพื่อจัดการข้อมูลพืชและข้อมูลแปลง

เกษตร โดยนำข้อมูลขนาดใหญ่จากอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาวิเคราะห์เพื่อทำนายความต้องการน้ำในอนาคต

ในส่วนของโมบายแอปพลิเคชัน จะใช้ควบคุมการรดน้ำพืชผ่านสมาร์ทโฟน ทั้งในโหมดอัตโนมัติและโหมดแมนนวล พร้อมทั้งส่งการแจ้งเตือนผ่าน LINE API สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลเกษตร จะใช้การทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) เพื่อค้นหาความรู้จากข้อมูลขนาดใหญ่ โดยใช้อัลกอริทึม Apriori ในการค้นหากฎความสัมพันธ์ และการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) เพื่อสร้างแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าระบบสามารถควบคุมความชื้นในดินได้อย่างเหมาะสม ช่วยลดต้นทุนและเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร นอกจากนี้ การค้นพบความรู้จากข้อมูลจริงยังแสดงให้เห็นว่าช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของพืชอยู่ระหว่าง 29°C ถึง 32°C และความชื้นที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของมะนาวอยู่ที่ 72%-81%

งานวิจัยนี้จึงแสดงให้เห็นว่าเทคโนโลยีเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสามารถช่วยเกษตรกรในการตรวจสอบและจัดการแปลงเกษตรได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้ต้นทุนที่ต่ำและติดตั้งได้ง่าย ทำให้เกษตรกรสามารถเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของพืชผลได้

การประยุกต์ใช้การเรียนรู้ของเครื่องบนชุดข้อมูลทางการเกษตรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบฟาร์มอัจฉริยะ โดยเน้นการจัดการข้อมูลที่หลากหลายและมาจากแหล่งข้อมูลจริง เช่น ข้อมูลทางกายภาพ ชีวภาพ และเซนเซอร์ โดยมีวัตถุประสงค์หลักในการแสดงวิธีการจัดการข้อมูลที่หลากหลายจากชุดข้อมูลจริง และการใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อทำนายผลผลิตทางการเกษตรและสร้างข้อมูลเซนเซอร์ที่ขาดหายไป (Balducci et al., 2018)

แหล่งข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยประกอบด้วยชุดข้อมูลจาก Istat (National Institute of Statistics) ซึ่งรวมข้อมูลผลผลิตทางการเกษตรของอิตาลี, ชุดข้อมูลจาก CNR (National Research Council) ที่มีข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และเทคนิคเกี่ยวกับพืชและพันธุ์ไม้, และชุดข้อมูลจากเซนเซอร์ IoT ที่ใช้ในภาคอุตสาหกรรม

เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องที่นำมาใช้ ได้แก่ การทำนายผลผลิตทางการเกษตรโดยใช้ Neural Network และ Polynomial Regression รวมถึงการสร้างข้อมูลที่ขาดหายไปโดยใช้ Decision Tree K-Nearest Neighbors (KNN) และ Polynomial Regression

ผลการทดลองพบว่าการทำนายผลผลิตของแอปเปิลและลูกแพร์ในจังหวัดต่างๆ ของอิตาลี โดยใช้แบบจำลอง Neural Network มีความแม่นยำสูงสุดถึง 90% นอกจากนี้ การสร้างข้อมูล LAI (Leaf Area Index) ที่ขาดหายไปในชุดข้อมูลจาก CNR โดยใช้ Polynomial Regression ก็แสดงความแม่นยำสูงสุดเช่นกัน ในขณะที่การสร้างข้อมูลเซนเซอร์ที่ขาดหายไปในชุดข้อมูลจากเซนเซอร์อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งโดยใช้ Decision Tree มีความแม่นยำสูงสุดเช่นกัน และยังมีการตรวจจับสถานีตรวจวัดที่มีข้อผิดพลาดโดยใช้การจัดกลุ่มตามพิกัดทางภูมิศาสตร์

ข้อเสนอแนะจากงานวิจัยนี้คือความจำเป็นในการรวมการจัดการและนักวิทยาศาสตร์ข้อมูลเพื่อใช้ประโยชน์จากระบบ IoT รวมถึงการลงทุนในทักษะและความรู้เพื่อใช้ประโยชน์สูงสุดจากเทคโนโลยี IoT ในการพัฒนาฟาร์มอัจฉริยะต่อไป

งานวิจัยนี้จึงแสดงให้เห็นว่าการใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการข้อมูลทางการเกษตรและปรับปรุงผลผลิตของฟาร์มอัจฉริยะได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ระบบฟาร์มอัจฉริยะที่ใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งพร้อมกับวิธีการทำนายที่มีประสิทธิภาพชื่อว่า WPART ซึ่งใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อทำนายผลผลิตของพืชและภัยแล้ง เพื่อช่วยในการตัดสินใจสำหรับระบบฟาร์มอัจฉริยะ วัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยคือการพัฒนาระบบฟาร์มอัจฉริยะที่ใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อทำนายผลผลิตของพืชและภัยแล้ง โดยใช้เทคนิคการเลือกคุณลักษณะและการจัดประเภท PART เพื่อปรับปรุงความแม่นยำในการทำนาย (Rezk et al., 2021)

เทคนิคที่ใช้ในระบบ WPART คือการผสมผสานการเลือกคุณลักษณะโดยใช้ Wrapper และการจัดประเภท PART ซึ่งเป็นเวอร์ชันที่พัฒนามาจาก C4.5 และ RIPPER โดย Wrapper Feature Selection เป็นเทคนิคการเลือกคุณลักษณะที่ประเมินชุดคุณลักษณะทั้งหมดและเลือกชุดที่ให้ผลลัพธ์ดีที่สุด ขณะที่ PART Classification เป็นวิธีการสร้างกฎการตัดสินใจที่ไม่จำเป็นต้องหาการเพิ่มประสิทธิภาพทั่วโลก

ขั้นตอนการทำงานประกอบด้วยการเก็บข้อมูลโดยใช้เซ็นเซอร์อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในการเก็บข้อมูลสิ่งแวดล้อมต่างๆ เช่น ความชื้น อุณหภูมิ และปริมาณน้ำฝน จากนั้นมีการจัดการข้อมูลเพื่อแปลงข้อมูลให้เป็นรูปแบบที่เหมาะสมและจัดการกับค่าที่ขาดหายไปโดยใช้เทคนิคการถดถอยเชิงเส้น ต่อมาใช้เทคนิค Wrapper เพื่อเลือกตัวบ่งชี้สิ่งแวดล้อมที่มีประสิทธิภาพ และสุดท้ายใช้ PART algorithm เพื่อสร้างตัวจำแนกสำหรับการทำนายภัยแล้งและผลผลิตของพืช

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าระบบ WPART มีความแม่นยำสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับอัลกอริทึมมาตรฐานอื่นๆ โดยมีความแม่นยำถึง 92.51%, 96.77%, 98.04%, 96.12%, และ 98.15% สำหรับชุดข้อมูลทั้งห้า นอกจากนี้ ระบบ WPART ยังมีค่า Precision, Sensitivity, และ F-Score สูงกว่าวิธีอื่นๆ

ข้อเสนอแนะจากงานวิจัยนี้รวมถึงการใช้การวิเคราะห์อนุกรมเวลาเพื่อทำนายค่าที่จะเกิดขึ้นในอนาคตโดยอิงจากค่าที่สังเกตได้ก่อนหน้า และการเพิ่มพารามิเตอร์อื่นๆ เช่น คุณภาพดิน สารอาหารในดิน และพื้นที่ชลประทาน เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการทำนายในอนาคต

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการข้อมูลทางการเกษตรและปรับปรุงผลผลิตของฟาร์มอัจฉริยะได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ระบบฟาร์มอัจฉริยะที่ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งและการเรียนรู้ของเครื่อง เพื่อทำนายความชื้นในดินและจัดการการชลประทานอย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้สถาปัตยกรรม EDGE-Fog-IoT-Cloud ซึ่งมีวัตถุประสงค์หลักในการออกแบบสถาปัตยกรรมสำหรับฟาร์มอัจฉริยะ และใช้เทคนิค AI เพื่อช่วยในการตัดสินใจเกี่ยวกับการชลประทานโดยใช้ปริมาณน้ำอย่างเหมาะสม (Dahane et al., 2020)

เทคนิคที่ใช้ในระบบประกอบด้วยการเก็บข้อมูลจากเซ็นเซอร์อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ซึ่งเก็บข้อมูลสิ่งแวดล้อม เช่น ความชื้นในดิน อุณหภูมิอากาศ ความชื้นในอากาศ ระดับน้ำ และการไหลของน้ำ หลังจากนั้นมีการประมวลผลข้อมูลด้วยเทคนิคการทำความสะอาดข้อมูลและการเก็บข้อมูลในคลาวด์ เพื่อให้สามารถเข้าถึงข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว

สำหรับการทำนายความชื้นในดินในวันถัดไป ใช้แบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึก เช่น LSTM (Long Short-Term Memory) และ GRU (Gated Recurrent Unit) ในการทำงาน โดย

สถาปัตยกรรมของระบบแบ่งออกเป็นสามชั้น ได้แก่ ชั้นข้อมูลที่เก็บรวบรวมข้อมูลจากเซ็นเซอร์ในฟาร์ม, ชั้นการประมวลผลข้อมูลที่ประมวลผลและจัดเก็บข้อมูลในระดับ EDGE, และชั้นแอปพลิเคชันที่ใช้ข้อมูลเพื่อให้คำแนะนำในการชลประทานและทำนายความชื้นในดิน

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าแบบจำลอง GRU มีประสิทธิภาพดีกว่า LSTM ในการทำนายความชื้นในดินและอุณหภูมิอากาศ ในขณะที่ LSTM มีประสิทธิภาพดีกว่าในเรื่องความชื้นในอากาศ

ข้อเสนอแนะจากงานวิจัยนี้รวมถึงการเก็บรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมจากระบบฟาร์มจริงเพื่อพัฒนาอัลกอริทึมทำนายความชื้นในดิน และการวัดประสิทธิภาพของฮาร์ดแวร์ในระดับเซิร์ฟเวอร์เมื่อมีการรับข้อมูล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและการตัดสินใจในการจัดการการชลประทานในอนาคต

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการใช้เทคนิคปัญญาประดิษฐ์ในการเกษตรแบบแม่นยำและการจัดการทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอระบบฟาร์มอัจฉริยะที่มีต้นทุนต่ำโดยใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งและการเรียนรู้ของเครื่อง เพื่อปรับปรุงการเกษตรแบบดั้งเดิม โดยระบบนี้ช่วยให้เกษตรกรสามารถตรวจสอบสภาพของพืชได้แบบเรียลไทม์และทำนายสภาพของพืชในอนาคต วัตถุประสงค์หลักของการวิจัยคือการพัฒนาระบบฟาร์มอัจฉริยะที่มีต้นทุนต่ำซึ่งใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งและการเรียนรู้ของเครื่อง เพื่อช่วยเกษตรกรในการตรวจสอบและควบคุมสภาพของพืชแบบเรียลไทม์ รวมถึงการทำนายสภาพของพืชในอนาคตเพื่อให้เกษตรกรสามารถตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Varghese & Sharma, 2018)

เทคโนโลยีที่ใช้ในระบบประกอบด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ซึ่งใช้เซ็นเซอร์ในการเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อม เช่น ความชื้นในดิน อุณหภูมิ และความชื้นในอากาศ นอกจากนี้ยังมีการใช้การเรียนรู้ของเครื่องในการวิเคราะห์ข้อมูลแบบเรียลไทม์บนคลาวด์เพื่อทำนายสภาพของพืชในอนาคต

การทำงานของระบบมีขั้นตอนที่สำคัญ ได้แก่ การเก็บข้อมูลจากเซ็นเซอร์ซึ่งจะส่งข้อมูลไปยังคลาวด์เพื่อการวิเคราะห์ จากนั้นใช้แบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อวิเคราะห์และทำนายสภาพของพืช หากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม ระบบจะส่ง SMS แจ้งเตือนเกษตรกร นอกจากนี้ เกษตรกรยังสามารถควบคุมอุปกรณ์ในฟาร์มผ่านแอปพลิเคชันบนเว็บหรือแอนดรอยด์

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าระบบสามารถทำนายสภาพของพืชได้อย่างแม่นยำ ลดการใช้แรงงานคน และสามารถแจ้งเตือนเกษตรกรเมื่อสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม รวมถึงการควบคุมอุปกรณ์ในฟาร์มได้จากระยะไกล

ข้อเสนอแนะจากงานวิจัยนี้รวมถึงการเพิ่มฟีเจอร์การตรวจสอบชนิดของดินและเมล็ดพันธุ์โดยใช้ภาพถ่าย, การใช้การมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อตรวจจับสิ่งรบกวนในฟาร์ม เช่น นกหรือสัตว์ที่ทำลายพืช, และการพัฒนาบอร์ดวงจรพิมพ์ (PCB) สำหรับงานนี้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนของโครงการ

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงวิธีการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งและการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อปรับปรุงการเกษตรแบบดั้งเดิมให้มีประสิทธิภาพและต้นทุนต่ำ

การวิเคราะห์การทำนายโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่องและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับการเกษตรอัจฉริยะ โดยมีการรวบรวมข้อมูลแบบเรียลไทม์จากเซ็นเซอร์และใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อปรับปรุงกระบวนการทางการเกษตร วัตถุประสงค์หลักคือการพัฒนาระบบการเกษตรอัจฉริยะที่สามารถทำนายและปรับปรุงกระบวนการทางการเกษตรได้อย่างแม่นยำ รวมถึงการใช้ข้อมูลจากเซ็นเซอร์และการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อกำหนดเวลาที่เหมาะสมสำหรับการดำเนินการทางการเกษตร (Rehman et al., 2020)

เทคโนโลยีที่ใช้ในระบบประกอบด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ซึ่งใช้เซ็นเซอร์ในการเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิของดิน อุณหภูมิอากาศ และความชื้น นอกจากนี้ยังมีการใช้การเรียนรู้ของเครื่องในการวิเคราะห์และทำนายข้อมูลจากเซ็นเซอร์

การทำงานของระบบมีขั้นตอนที่สำคัญ ได้แก่ การเก็บข้อมูลจากเซ็นเซอร์ในฟาร์มซึ่งจะส่งข้อมูลไปยัง Raspberry Pi3 เพื่อการประมวลผล ข้อมูลที่ได้รับจะถูกประมวลผลและทำความสะอาดโดยใช้เทคนิค Apache Spark จากนั้นระบบจะใช้ข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาเพื่อทำนายสภาพแวดล้อมในอนาคตและให้คำแนะนำเกี่ยวกับการดำเนินการทางการเกษตร

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าระบบสามารถเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมแบบเรียลไทม์และใช้ในการทำนายสภาพแวดล้อมในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ระบบยังสามารถให้คำแนะนำเกี่ยวกับการดำเนินการทางการเกษตรตามข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้

ข้อเสนอแนะจากงานวิจัยนี้รวมถึงการใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำนายและแนะนำ รวมถึงการพัฒนาระบบให้สามารถรองรับข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลายและมีความปลอดภัยในการจัดการข้อมูล

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงวิธีการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งและการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อปรับปรุงการเกษตรแบบดั้งเดิมให้มีประสิทธิภาพและแม่นยำมากยิ่งขึ้น

กรอบการทำงานสำหรับการตรวจจับการบุกรุกและการลดความเสี่ยงในระบบชลประทานอัจฉริยะที่เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในฟาร์มอัจฉริยะ โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่องเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความปลอดภัยของระบบ วัตถุประสงค์หลักคือการพัฒนาระบบชลประทานอัจฉริยะที่สามารถตรวจจับและจัดประเภทการบุกรุกในเครือข่ายอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งที่ใช้ในฟาร์ม รวมถึงการลดความเสี่ยงและเพิ่มความปลอดภัยในการใช้งานระบบชลประทานอัจฉริยะ (Raghuvanshi et al., 2022)

เทคโนโลยีที่ใช้ในระบบประกอบด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ซึ่งใช้เซ็นเซอร์ในการเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิของดิน ความชื้น และ pH ของดิน นอกจากนี้ยังมีการใช้การเรียนรู้ของเครื่องในการวิเคราะห์และทำนายการบุกรุกในระบบ

การทำงานของระบบมีขั้นตอนที่สำคัญ ได้แก่ การเก็บข้อมูลจากเซ็นเซอร์ในฟาร์มซึ่งจะส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์คลาวด์ ข้อมูลที่ได้รับจะถูกประมวลผลและทำความสะอาดโดยใช้เทคนิค PCA (Principal Component Analysis) จากนั้นระบบจะใช้ข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาเพื่อทำนายการบุกรุกและให้คำแนะนำเกี่ยวกับการดำเนินการทางการเกษตร

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าใช้ชุดข้อมูล NSL-KDD ในการทดสอบการตรวจจับการบุกรุก โดยใช้สามอัลกอริธึมในการจัดประเภทข้อมูล ได้แก่ SVM (Support Vector Machine), Logistic Regression, และ Random Forest ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า SVM มีความแม่นยำสูงสุดที่มากกว่า 98% ในการตรวจจับการบุกรุก

ข้อเสนอแนะจากงานวิจัยนี้รวมถึงการใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำนายและแนะนำ รวมถึงการพัฒนาระบบให้สามารถรองรับข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลายและมีความปลอดภัยในการจัดการข้อมูล

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงวิธีการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งและการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความปลอดภัยในระบบชลประทานอัจฉริยะในฟาร์มอัจฉริยะ

การออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบฟาร์มอัจฉริยะที่ใช้การประยุกต์ข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data) และการเรียนรู้ของเครื่อง โดยมีเป้าหมายเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรและรายได้ของเกษตรกร วัตถุประสงค์หลักประกอบด้วยการพัฒนาระบบฟาร์มอัจฉริยะที่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมในการเพาะปลูกได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพิ่มผลผลิตทางการเกษตรและรายได้ของเกษตรกร รวมถึงการใช้การเรียนรู้ของเครื่องในการวิเคราะห์ข้อมูลและให้คำแนะนำเกี่ยวกับการเพาะปลูก (Donzia & Kim, 2020)

เทคโนโลยีที่ใช้ในระบบประกอบด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ซึ่งใช้เซ็นเซอร์ในการเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และสารอาหารในดิน นอกจากนี้ยังใช้ข้อมูลขนาดใหญ่ในการจัดการและวิเคราะห์ข้อมูล รวมถึงการเรียนรู้ของเครื่องในการทำนายและให้คำแนะนำเกี่ยวกับ การเพาะปลูก

การทำงานของระบบมีขั้นตอนที่สำคัญ ได้แก่ การเก็บข้อมูลจากเซ็นเซอร์และส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์คลาวด์ ข้อมูลที่ได้รับจะถูกประมวลผลและทำความสะอาดโดยใช้เทคนิคการประมวลผลข้อมูลขนาดใหญ่ จากนั้นระบบจะใช้ข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาเพื่อทำนายสภาพแวดล้อมและให้คำแนะนำเกี่ยวกับการเพาะปลูก

การออกแบบระบบใช้เซ็นเซอร์ในการเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมและส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์คลาวด์ผ่านการสื่อสารแบบ Ethernet ข้อมูลที่เก็บรวบรวมจะถูกประมวลผลและวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง ผลการทำนายและคำแนะนำจะถูกส่งไปยังผู้ใช้ผ่านทางเซิร์ฟเวอร์แอปพลิเคชัน

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าระบบฟาร์มอัจฉริยะที่พัฒนาขึ้นสามารถเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรและรายได้ของเกษตรกรได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ระบบยังสามารถทำนายเวลาที่เหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยวผลผลิตได้อย่างแม่นยำ

ข้อเสนอแนะจากงานวิจัยนี้รวมถึงการพัฒนาระบบให้สามารถรองรับข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลายและมีความปลอดภัยในการจัดการข้อมูล รวมถึงการเพิ่มฟีเจอร์ใหม่ๆ ในการแสดงผลและการวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงวิธีการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง, ข้อมูลขนาดใหญ่และการเรียนรู้ของเครื่องในการพัฒนาระบบฟาร์มอัจฉริยะที่สามารถเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรและรายได้ของเกษตรกรได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การวิเคราะห์แบบครอบคลุมเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งและอัลกอริธึมการเรียนรู้ของเครื่องในการแก้ปัญหาฟาร์มอัจฉริยะ โดยมีเป้าหมายเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรและลดความเสี่ยงในการเกิดความเสียหายของพืชผล วัตถุประสงค์หลักประกอบด้วยการพัฒนาระบบฟาร์มอัจฉริยะที่สามารถควบคุมและตรวจสอบสภาพแวดล้อมในฟาร์มได้อย่างมีประสิทธิภาพ และการใช้การเรียนรู้ของเครื่องเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรและลดความเสี่ยงในการเกิดความเสียหายของพืชผล (Aliar et al., 2022)

เทคโนโลยีที่ใช้ในระบบประกอบด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ซึ่งใช้เซ็นเซอร์ในการเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อม เช่น ระดับน้ำ แสง คุณสมบัติของดิน และการเจริญเติบโตของพืช นอกจากนี้ยังมีการใช้การเรียนรู้ของเครื่องในการวิเคราะห์และทำนายสภาพแวดล้อมทางการเกษตร

การทำงานของระบบมีขั้นตอนที่สำคัญ ได้แก่ การเก็บข้อมูลจากเซ็นเซอร์และส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์คลาวด์ ข้อมูลที่ได้รับจะถูกประมวลผลและวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง จากนั้นระบบจะใช้ข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาเพื่อทำนายสภาพแวดล้อมและให้คำแนะนำเกี่ยวกับการเพาะปลูก

การออกแบบระบบใช้เซ็นเซอร์ในการเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมและส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์คลาวด์ผ่านการสื่อสารแบบต่างๆ เช่น WiFi, ZigBee, และ Cellular ข้อมูลที่เก็บรวบรวมจะถูกประมวลผลและวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง เช่น SVM, Decision Tree, และ Regression

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าระบบฟาร์มอัจฉริยะที่พัฒนาขึ้นสามารถเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรและลดความเสี่ยงในการเกิดความเสียหายของพืชผลได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ระบบยังสามารถทำนายสภาพแวดล้อมและให้คำแนะนำเกี่ยวกับการเพาะปลูกได้อย่างแม่นยำ

ข้อเสนอแนะจากงานวิจัยนี้รวมถึงการพัฒนาระบบให้สามารถรองรับข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลายและมีความปลอดภัยในการจัดการข้อมูล รวมถึงการเพิ่มฟีเจอร์ใหม่ๆ ในการแสดงผลและการวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงวิธีการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งและการเรียนรู้ของเครื่องในการพัฒนาระบบฟาร์มอัจฉริยะที่สามารถเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรและลดความเสี่ยงในการเกิดความเสียหายของพืชผลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งและการเรียนรู้ของเครื่องในระบบเกษตรอัจฉริยะ โดยมีวัตถุประสงค์หลักสองประการ ได้แก่ การพัฒนาระบบตรวจสอบฟาร์มระยะไกลและการสร้างระบบต้นแบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับการตรวจจับการบุกรุกของสัตว์ป่า (Abraham et al., 2021)

วัตถุประสงค์หลักของการวิจัยนี้คือการพัฒนาระบบตรวจสอบฟาร์มที่ช่วยให้เกษตรกรสามารถตรวจสอบฟาร์มของตนได้ตลอดเวลา และการสร้างระบบต้นแบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับการตรวจจับการบุกรุกของสัตว์ป่า โดยใช้เทคนิคการจำแนกประเภทหลายชั้น (multi-class classification) ด้วยการเรียนรู้ของเครื่องและการเรียนรู้เชิงลึก

เทคโนโลยีที่ใช้ในระบบประกอบด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ซึ่งใช้เซ็นเซอร์ต่างๆ เช่น เซ็นเซอร์ความชื้นในดิน, เซ็นเซอร์วัดระดับน้ำ, เซ็นเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิ, และเซ็นเซอร์ตรวจจับก๊าซ นอกจากนี้ยังมีการใช้การเรียนรู้ของเครื่องและการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) โดยใช้อัลกอริทึม SVM และ CNN ในการจำแนกภาพสัตว์ที่บุกรุกฟาร์ม

การทำงานของระบบประกอบด้วยการตรวจสอบพารามิเตอร์ โดยเซ็นเซอร์ต่างๆ จะส่งข้อมูลไปยัง Arduino Mega Board และ NodeMCU ซึ่งข้อมูลจะถูกส่งไปยังฐานข้อมูลคลาวด์เพื่อแสดงผลผ่านแอปพลิเคชัน GRAiN ระบบยังมีการควบคุมสปริงเกลอร์ที่เปิดหรือปิดตามระดับความชื้นในดินที่

ตรวจพบ และการตรวจจับการบุกรุกของสัตว์ป่า โดยใช้โมดูลกล้องในการตรวจจับและจำแนกสัตว์ป่าที่เข้ามาในฟาร์ม และแจ้งเตือนเกษตรกรผ่านแอปพลิเคชัน

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าแบบจำลอง CNN ให้ผลการจำแนกภาพที่ดีกว่า SVM โดย CNN มีความแม่นยำเฉลี่ยอยู่ที่ 89.13% ในขณะที่ SVM มีความแม่นยำเฉลี่ยอยู่ที่ 74.46% นอกจากนี้แบบจำลองที่ใช้ในการจำแนกสัตว์ป่าและสัตว์ฟาร์มมีความแม่นยำสูงเมื่อจำแนกข้อมูลเฉพาะเจาะจง

ข้อเสนอแนะจากงานวิจัยนี้รวมถึงการพัฒนาระบบให้สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์เพิ่มเติม เช่น กล้องวงจรปิดและเซ็นเซอร์อื่นๆ การปรับปรุงแบบจำลองการทำนายเพื่อเพิ่มความแม่นยำและลดการเกิด overfitting และการพัฒนาแอปพลิเคชันให้มีความสามารถในการแจ้งเตือนและแสดงผลข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงวิธีการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งและการเรียนรู้ของเครื่องในการพัฒนาระบบเกษตรอัจฉริยะที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการฟาร์มและลดความเสี่ยงจากการบุกรุกของสัตว์ป่าได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการเรียนรู้ของเครื่องและการเรียนรู้เชิงลึกในระบบเกษตรอัจฉริยะโดยมีวัตถุประสงค์หลักในการพัฒนาระบบที่ช่วยเกษตรกรในการตรวจสอบฟาร์มและจัดการการเพาะปลูกอย่างมีประสิทธิภาพ การเกษตรเป็นส่วนสำคัญของเศรษฐกิจประเทศ โดยเกษตรกรยังคงใช้เทคนิคการเพาะปลูกแบบดั้งเดิมซึ่งมีความไม่แม่นยำ ส่งผลให้ผลผลิตลดลงและใช้เวลามากขึ้น การเกษตรแม่นยำช่วยเพิ่มผลผลิตโดยการวิเคราะห์สภาพแวดล้อม เช่น สภาพอากาศและคุณสมบัติของดิน รวมถึงการแนะนำการใช้ปุ๋ยและสารเคมีที่เหมาะสม (Durai & Shamili, 2022)

ระบบที่พัฒนาขึ้นใช้เทคโนโลยีเช่น เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง, การวิเคราะห์ข้อมูล, และการเรียนรู้ของเครื่องในการเก็บรวบรวมข้อมูลและทำการคาดการณ์ โดยการใช้เซ็นเซอร์เพื่อตรวจสอบสภาพแวดล้อมในฟาร์มและโมเดลการเรียนรู้ของเครื่องในการวิเคราะห์ข้อมูลเหล่านั้น การทำงานของระบบรวมถึงการตรวจสอบพารามิเตอร์ต่าง ๆ การควบคุมระบบสปริงเกลอร์ตามความชื้นในดิน และการตรวจจับการบุกรุกของสัตว์ป่าโดยใช้กล้อง

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าแบบจำลอง CNN มีความแม่นยำสูงในการจำแนกภาพสัตว์ที่บุกรุกฟาร์มเมื่อเปรียบเทียบกับ SVM ซึ่งมีความแม่นยำต่ำกว่า นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาระบบให้สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่น ๆ และปรับปรุงแบบจำลองเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการคาดการณ์

การทำงานของระบบถูกแบ่งออกเป็นหลายโมดูล เช่น การแนะนำพืช การตรวจจับวัชพืช การแนะนำสารเคมี และการประมาณต้นทุนการเพาะปลูก โดยใช้ข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ เช่น Kaggle และการสำรวจต้นทุนการเพาะปลูกของอินเดีย ระบบนี้ไม่เพียงแต่ช่วยเกษตรกรในการตัดสินใจที่ดีขึ้น แต่ยังช่วยวางแผนการเพาะปลูกให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

โดยรวมแล้ว งานวิจัยนี้เสนอแนวทางใหม่ในการใช้เทคโนโลยีการเรียนรู้ของเครื่องในเกษตรกรรม เพื่อช่วยให้เกษตรกรสามารถเพิ่มผลผลิต ลดต้นทุน และจัดการฟาร์มของตนได้อย่างชาญฉลาดและมีประสิทธิภาพ

การใช้เทคโนโลยีการเรียนรู้ของเครื่องและปัญญาประดิษฐ์ในเกษตรกรรมแม่นยำและการเกษตรอัจฉริยะ โดยมีการพัฒนาแอปพลิเคชันการจัดการเกษตรดิจิทัลที่สามารถช่วยเกษตรกรเพิ่มผลผลิตและลดการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ การใช้เทคโนโลยีเช่น IoT และโดรนในการตรวจสอบพืชผลและการจัดการน้ำสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตอาหารได้ ในปัจจุบัน ความต้องการอาหารทั่วโลกคาดว่าจะเพิ่มขึ้นอย่างมากในอนาคต ซึ่งทำให้เกษตรกรต้องปรับตัวและใช้เทคโนโลยีใหม่ๆ เพื่อเพิ่มผลผลิตและลดการใช้ทรัพยากร (Ayoub Shaikh et al., 2022)

การเกษตรอัจฉริยะหรือ Agriculture 4.0 เป็นชุดของเทคโนโลยีที่ช่วยให้เกษตรกรสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมและปรับปรุงกระบวนการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการใช้เซ็นเซอร์และระบบการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องเกี่ยวกับสภาพดินและพืชผล นอกจากนี้ การใช้เทคโนโลยีการเรียนรู้ของเครื่องยังช่วยในการตรวจจับและจำแนกโรคพืช ซึ่งสามารถช่วยเกษตรกรในการตัดสินใจเกี่ยวกับการใช้สารเคมีและการจัดการพืชผลได้อย่างแม่นยำ

งานวิจัยนี้ยังได้สำรวจเทคนิคต่างๆ ที่ใช้ในการตรวจจับโรคพืช เช่น การใช้เครือข่ายประสาทเทียม (ANN) และการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) ที่สามารถให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำในการจำแนกโรคพืช นอกจากนี้ ยังมีการพูดถึงความท้าทายและปัญหาที่เกิดขึ้นในการนำเทคโนโลยีเหล่านี้มาใช้ในภาคเกษตร เช่น ความเป็นส่วนตัวของข้อมูลและคุณภาพของข้อมูลที่เก็บรวบรวม

การพัฒนาเทคโนโลยีที่สามารถช่วยเกษตรกรในการเพิ่มผลผลิตและลดการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพเป็นสิ่งสำคัญในอนาคต โดยการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมสามารถช่วยให้เกษตรกรตอบสนองต่อความต้องการอาหารที่เพิ่มขึ้นได้อย่างยั่งยืนและมีประสิทธิภาพ

2.2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตร หรือ ฟาร์มอัจฉริยะ

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อเจตนาของเกษตรกรในการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) โดยใช้ทฤษฎีการยอมรับและการใช้เทคโนโลยีแบบรวม (UTAUT) และทฤษฎีเทคโนโลยี-องค์กร-สิ่งแวดล้อม (TOE) งานวิจัยนี้เป็นการสร้างโมเดลกลไกที่มีอิทธิพลต่อเจตนาของเกษตรกรในการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเป็นครั้งแรก ซึ่งขยายขอบเขตของงานวิจัยปัจจุบันเกี่ยวกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในภาคการเกษตร และเปิดเผยกลไกภายในที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งของเกษตรกร (L. Li et al., 2024)

การวิจัยนี้ใช้โมเดล UTAUT-TOE โดยรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณจากเกษตรกรปลูกผักจำนวน 357 คนผ่านการสำรวจแบบสอบถาม และใช้การสร้างโมเดลสมการโครงสร้าง (SEM) เพื่อทดสอบผลกระทบทางตรงและทางอ้อมของแต่ละปัจจัยต่อเจตนาของเกษตรกรในการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ผลการวิจัยพบว่าตัวแปรเกือบทั้งหมดใน TOE มีผลกระทบทางตรงที่มีนัยสำคัญต่อเจตนา ในขณะที่ตัวแปรใน UTAUT ไม่มีผลกระทบทางตรงที่มีนัยสำคัญ โดยเฉพาะการสนับสนุนจากรัฐบาลและความซับซ้อนเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการมีอิทธิพลต่อเจตนา

การลดความซับซ้อนในการใช้งานเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง การปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐานข้อมูลในชนบท และการเพิ่มเงินอุดหนุนและแรงจูงใจจากรัฐบาลถูกเสนอเป็นแนวทางในการส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในภาคการเกษตร

การวิเคราะห์กลไกที่มีอิทธิพลต่อเจตนาของเกษตรกรในการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในงานวิจัยนี้ช่วยในการเสริมสร้างและปรับปรุงการวิจัยเกี่ยวกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในภาคการเกษตร และส่งเสริมกระบวนการปรับปรุงการเกษตรให้ทันสมัย

การศึกษาการยอมรับแอปพลิเคชันการเกษตรดิจิทัลโดยเกษตรกรในเขตเล็มบังและปารองปง จังหวัดบันดุง โดยใช้วิธี UTAUT2 เพื่อเน้นพฤติกรรมชุมชนและประสบการณ์ผู้ใช้ วัตถุประสงค์หลักของการวิจัยคือการค้นหาวิธีที่เกษตรกรใช้เทคโนโลยีแอปพลิเคชันการเกษตรเพื่อพัฒนาการเกษตรในพื้นที่ชนบท และค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมผู้ใช้และประสบการณ์ผู้ใช้ในแอปพลิเคชันการเกษตร (Putra et al., 2023)

กรอบแนวคิดในการวิจัยนี้ใช้โมเดล UTAUT2 ซึ่งประกอบด้วยตัวแปร 9 ตัว ได้แก่ การคาดหวังประสิทธิภาพ (Performance Expectancy) การคาดหวังความพยายาม (Effort Expectancy) อิทธิพลทางสังคม (Social Influence) สภาพแวดล้อมที่เอื้ออำนวย (Facilitating Conditions), แรงจูงใจเชิงความสุข (Hedonic Motivation) มูลค่าราคา (Price Value), นิสัย (Habit) ความตั้งใจเชิงพฤติกรรม (Behavioral Intention) และพฤติกรรมผู้ใช้ (User Behavior)

การวิจัยนี้ใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 120 คน โดยแบ่งเป็นเกษตรกรในเขตเล็มบังและปารองปง เขตละ 60 คน กระบวนการวิจัยเริ่มจากการแจกแบบสอบถามให้กับเกษตรกรที่ใช้แอปพลิเคชันการเกษตร และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้วิธีการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง (SEM)

ผลการวิจัยพบว่าเกษตรกรชายมีแนวโน้มที่จะเข้าร่วมกลุ่มเกษตรกรรวมมากกว่าเกษตรกรหญิง โดยเกษตรกรชายมีสัดส่วน 86% และเกษตรกรหญิงมีสัดส่วน 14% นอกจากนี้ การวิจัยยังพบว่าเกษตรกรที่มีประสบการณ์การใช้แอปพลิเคชันการเกษตรมากกว่า 8 เดือนมีแนวโน้มที่จะใช้แอปพลิเคชันนี้ต่อไป โดยมีสัดส่วนถึง 79%

ผลลัพธ์จากการทดสอบสมมติฐานพบว่าความตั้งใจเชิงพฤติกรรมมีผลต่อพฤติกรรมการใช้ และแรงจูงใจเชิงความสุขมีผลต่อความตั้งใจเชิงพฤติกรรม นอกจากนี้ ประสบการณ์การใช้แอปพลิเคชันการเกษตรช่วยเสริมความเชื่อมั่นของผู้ใช้ว่าแอปพลิเคชันการเกษตรสามารถเป็นประโยชน์ต่อธุรกิจการเกษตรของพวกเขา

สรุปการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าแอปพลิเคชันการเกษตรดิจิทัลมีศักยภาพในการพัฒนาการเกษตรในพื้นที่ชนบท โดยการเข้าใจปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับแอปพลิเคชันเหล่านี้สามารถช่วยให้ผู้มีส่วนได้

ส่วนเสียและผู้กำหนดนโยบายสามารถพัฒนายุทธศาสตร์เพื่อเพิ่มการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในภาคการเกษตร

การปรับทฤษฎีการยอมรับและการใช้เทคโนโลยีแบบรวม (UTAUT) โดยการเพิ่มความยั่งยืนเป็นตัวแปร เพื่อดูว่ามีอิทธิพลต่อเกษตรกรในเมืองโจฮันเนสเบิร์กอย่างไร และเจตนาทางพฤติกรรมในการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง การศึกษานี้ใช้วิธีการวิจัยแบบผสมผสาน โดยใช้แบบสอบถามออนไลน์ 25 ข้อที่เพิ่มตัวแปรความยั่งยืน และสัมภาษณ์เชิงลึกกับเกษตรกรในเมืองสามคนในเขตเกาเต็ง (Mathebula, 2022)

กรอบแนวคิดในการวิจัยนี้ใช้โมเดล UTAUT ที่ประกอบด้วยตัวแปรหลัก 4 ตัว ได้แก่ การคาดหวังประสิทธิภาพ (Performance Expectancy) การคาดหวังความพยายาม (Effort Expectancy) อิทธิพลทางสังคม (Social Influence) และสภาพแวดล้อมที่เอื้ออำนวย (Facilitating Conditions) โดยมีตัวแปรเพิ่มเติมคือ ความยั่งยืน (Sustainability) ตัวแปรเหล่านี้ถูกตั้งสมมติฐานว่าจะมีผลต่อเจตนาทางพฤติกรรมในการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

การวิจัยนี้ใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 32 คน โดยแบ่งเป็นเกษตรกรในเมืองโจฮันเนสเบิร์กและพื้นที่ใกล้เคียง กระบวนการวิจัยเริ่มจากการแจกแบบสอบถามออนไลน์และสัมภาษณ์เชิงลึกกับเกษตรกรที่ใช้และไม่ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

ผลการวิจัยพบว่า การคาดหวังความพยายามและอิทธิพลทางสังคมมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับเจตนาทางพฤติกรรมในการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ในขณะที่ความยั่งยืนไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ แม้ว่าเกษตรกรในเมืองจะเชื่อว่าความยั่งยืนเป็นสิ่งสำคัญ แต่ผลการสัมภาษณ์พบว่า การเข้าถึงเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งยังคงมีข้อจำกัด เช่น ข้อจำกัดด้านเงินทุนและการเข้าถึง

การศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าเกษตรกรในเมืองมีความสนใจที่จะใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อปรับปรุงการดำเนินงานของพวกเขา แต่ยังคงมีข้อจำกัดที่ต้องแก้ไขเพื่อให้สามารถนำเทคโนโลยีนี้มาใช้ได้อย่างเต็มที่

การสำรวจปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีการเกษตรอัจฉริยะ (ฟาร์มอัจฉริยะing Technologies: SFT) โดยเฉพาะการพิจารณาในเชิงการตัดสินใจหลายขั้นตอนและบทบาทของสภาพแวดล้อมองค์กรและโครงสร้างการบริหารจัดการห่วงโซ่อุปทานในการส่งเสริมการยอมรับ SFT ของเกษตรกร กรอบแนวคิดมาจากการรีวิววรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีการเกษตรแม่นยำ (Precision Agriculture Technologies: PAT) และ SFT โดยใช้แบบจำลอง UTAUT (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology) ในการวิเคราะห์ (Giua et al., 2022)

ตัวอย่างการวิจัยประกอบด้วยการสำรวจออนไลน์จากเกษตรกรจำนวน 474 คน การวิเคราะห์ใช้วิธี Structural Equation Modeling (SEM) และ Zero-Inflated Poisson Regression (ZIP) เพื่อศึกษาความตั้งใจในการใช้และการตัดสินใจยอมรับจริง

กระบวนการวิจัยเริ่มต้นด้วยการสำรวจออนไลน์ซึ่งประกอบด้วยคำถาม 40 ข้อ ส่วนใหญ่เป็นคำถามแบบ Likert-scale ที่เข้ากันได้กับแบบจำลอง UTAUT การสำรวจนี้ถูกทดสอบกับเกษตรกร 8 คนก่อนการนำไปใช้จริง ผลการวิเคราะห์เชิงโครงสร้าง (SEM) พบว่า ความตั้งใจในการใช้ SFT ของเกษตรกรส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับความคาดหวังในประสิทธิภาพของเทคโนโลยี ความซับซ้อนของเทคโนโลยี และอิทธิพลทางสังคม ในขณะที่สภาพแวดล้อมองค์กรไม่มีผลสำคัญ

ผลการวิเคราะห์เชิงปริมาณ (ZIP) พบว่าการตัดสินใจยอมรับ SFT ของผู้ที่ยังไม่เคยใช้มาก่อนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อมีการบูรณาการตามห่วงโซ่อุปทานสูงและฟาร์มมีขนาดใหญ่ ในขณะที่การตัดสินใจยอมรับของผู้ที่เคยใช้แล้วได้รับผลกระทบจากความตั้งใจในการใช้และการเชี่ยวชาญในภาคการเกษตรเพาะปลูก

ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีการเกษตรอัจฉริยะได้แก่ อิทธิพลทางสังคมและความซับซ้อนของเทคโนโลยี ในขณะที่สภาพแวดล้อมองค์กรยังคงมีบทบาทที่ไม่เข้มแข็งในการสนับสนุนการตัดสินใจยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

การสำรวจปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความตั้งใจของเกษตรกรชาวบังคลาเทศในการยอมรับและจ่ายเงินสำหรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ในภาคเกษตรกรรม โดยใช้กรอบแนวคิดจากทฤษฎี UTAUT 2 (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology 2) การวิจัยนี้ใช้

วิธีการวิจัยเชิงปริมาณ โดยเก็บข้อมูลจากเกษตรกร 345 คนจากเขตทางตอนเหนือของบังคลาเทศ การสำรวจใช้แบบสอบถามและวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธี Structural Equation Modeling (SEM) ผ่านโปรแกรม AMOS 26 (Schukat & Heise, 2021b)

กรอบแนวคิดและสมมติฐานในการวิจัยประกอบด้วยปัจจัยต่าง ๆ เช่น ความคาดหวังด้านประสิทธิภาพ (Performance Expectancy) การสนับสนุนจากรัฐบาล, เงื่อนไขที่เอื้อต่อการใช้เทคโนโลยี (Facilitating Condition) แรงจูงใจทางอารมณ์ (Hedonic Motivation) มูลค่าราคา (Price Value) นวัตกรรมส่วนบุคคล (Personal Innovativeness) และความเชื่อมั่น (Trust) นอกจากนี้ยังมีการพิจารณาบทบาทของความตั้งใจในการยอมรับและความตั้งใจที่จะจ่ายเงินสำหรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

แบบจำลองที่ใช้ในการวิจัยคือ UTAUT 2 ซึ่งเป็นการปรับปรุงจากแบบจำลอง UTAUT โดยเพิ่มปัจจัยใหม่ ๆ เช่น แรงจูงใจทางอารมณ์และมูลค่าราคา ขนาดตัวอย่างของการวิจัยนี้คือ 345 คน

กระบวนการวิจัยเริ่มต้นด้วยการสำรวจเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis) เพื่อยืนยันความเป็นอิสระและความเฉพาะเจาะจงของตัวแปรแฝง จากนั้นทำการทดสอบความน่าเชื่อถือและความถูกต้องของข้อมูลด้วยการวัดค่า Cronbach Alpha (CA) และค่า Average Variance Extracted (AVE) พร้อมกับ Composite Reliability (CR) เพื่อประเมินความถูกต้องของโครงสร้าง

ผลลัพธ์ของการวิจัยพบว่า ความคาดหวังด้านประสิทธิภาพ การสนับสนุนจากรัฐบาล เงื่อนไขที่เอื้อต่อการใช้เทคโนโลยี แรงจูงใจทางอารมณ์ ความคาดหวังด้านความพยายาม ความเชื่อมั่น มูลค่าราคา และนวัตกรรมส่วนบุคคล มีอิทธิพลต่อความตั้งใจในการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง นอกจากนี้ ความตั้งใจในการยอมรับและความเชื่อมั่นยังมีอิทธิพลต่อความตั้งใจที่จะจ่ายเงินสำหรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ในขณะที่ความคาดหวังด้านประสิทธิภาพไม่มีผลต่อความตั้งใจที่จะจ่ายเงิน

การศึกษานี้มีความสำคัญเนื่องจากให้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับพฤติกรรมของเกษตรกรในพื้นที่ชนบทต่อการยอมรับนวัตกรรม โดยเฉพาะเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในภาคเกษตรกรรม ซึ่งจะช่วยให้นักการตลาดสามารถออกแบบกลยุทธ์การตลาดที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มการยอมรับในพื้นที่ชนบท

การสำรวจปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับฟาร์มอัจฉริยะในเกาหลี โดยใช้กรอบแนวคิดจากทฤษฎีการแพร่กระจายนวัตกรรมของ Rogers และแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยีในองค์กร ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าการยอมรับเทคโนโลยีนวัตกรรมได้รับอิทธิพลจากข้อได้เปรียบเชิงเปรียบเทียบ ความซับซ้อน และความเข้ากันได้ของเทคโนโลยี ลักษณะนวัตกรรมและความรู้ด้านเทคโนโลยี สารสนเทศของ CEO ต้นทุนทางการเงิน ความเปราะบางของทรัพยากรมนุษย์และการขาดทักษะ แรงกดดันจากการแข่งขัน การสนับสนุนจากรัฐบาล และการเปลี่ยนแปลงสู่สภาพแวดล้อมดิจิทัล (Yoon et al., 2020)

การวิจัยนี้ใช้กรอบแนวคิด เทคโนโลยี-องค์กร-สิ่งแวดล้อม (Technology-Organization-Environment : TOE) และทฤษฎีการแพร่กระจายนวัตกรรม (Diffusion of Innovation : DOI) โดยมีการทดสอบสมมติฐานโดยใช้ข้อมูลจากการสำรวจเพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับฟาร์มอัจฉริยะในเกาหลี ขนาดตัวอย่างในการวิจัยคือ 232 คน

กระบวนการวิจัยเริ่มต้นด้วยการเก็บข้อมูลผ่านแบบสอบถามออนไลน์และออฟไลน์ โดยใช้ QR code ที่เชื่อมโยงกับเว็บไซต์วิจัยทางสังคมศาสตร์ ข้อมูลที่เก็บได้ถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยวิธี Structural Equation Modeling (SEM) ผ่านเทคนิค Partial Least Squares (PLS) เพื่อทดสอบความน่าเชื่อถือและความถูกต้องของตัวแปรในการวิจัย

ผลลัพธ์ของการวิจัยพบว่า ความเข้ากันได้ของเทคโนโลยี ต้นทุนทางการเงิน และการเปลี่ยนแปลงสู่สภาพแวดล้อมดิจิทัลมีผลต่อการยอมรับฟาร์มอัจฉริยะอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ข้อได้เปรียบเชิงเปรียบเทียบ ความซับซ้อน นวัตกรรมและความรู้ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศของ CEO การขาดทักษะ ความเปราะบางของทรัพยากรมนุษย์ แรงกดดันจากการแข่งขัน และการสนับสนุนจากรัฐบาลไม่มีผลต่อการยอมรับฟาร์มอัจฉริยะ

ผลการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าความเข้ากันได้ของเทคโนโลยีเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการยอมรับฟาร์มอัจฉริยะ นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงสู่สภาพแวดล้อมดิจิทัลยังเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการยอมรับฟาร์มอัจฉริยะอีกด้วย ส่วนต้นทุนทางการเงินเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบเชิงลบต่อการยอมรับฟาร์มอัจฉริยะ

การวิจัยนี้มีข้อจำกัดในด้านขนาดตัวอย่างที่ค่อนข้างเล็ก และการใช้วิธี SEM ซึ่งไม่สามารถวิเคราะห์ตัวแปรอิสระในระดับชั้นได้ ดังนั้นในอนาคตควรมีการศึกษาเพิ่มเติมด้วยเทคนิคการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น เช่น Hierarchical Linear Modeling (HLM) และการสัมภาษณ์เชิงลึกเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีความเป็นจริงและมีประโยชน์มากยิ่งขึ้น

การสำรวจแรงจูงใจในการยอมรับบริการเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ในการค้าปลีกในกลุ่มเยาวชนมาเลเซีย โดยใช้กรอบแนวคิดจากทฤษฎีการยอมรับและการใช้เทคโนโลยีแบบรวม (UTAUT) ซึ่งรวมถึงการรับรู้ความสนุกสนาน การรับรู้ความเชื่อถือ และการรับรู้ความเสี่ยง ขนาดตัวอย่างในการวิจัยนี้คือ 357 คน (che nawi et al., 2021)

กระบวนการวิจัยเริ่มต้นด้วยการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากเยาวชนมาเลเซียที่มีประสบการณ์ในการซื้อสินค้าออนไลน์ โดยใช้แบบสอบถามออนไลน์ผ่าน Google Forms ที่เผยแพร่บน Facebook และสื่อสังคมออนไลน์อื่น ๆ ข้อมูลที่เก็บได้ถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยวิธี Partial Least Squares-Structural Equation Modeling (PLS-SEM) ผ่านโปรแกรม Smart-PLS 3.1

ผลลัพธ์ของการวิจัยพบว่า การคาดหวังด้านประสิทธิภาพ การสนับสนุนจากเงื่อนไขที่เอื้ออำนวย การรับรู้ความสนุกสนาน และการรับรู้ความเชื่อถือในเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมีผลบวกและมีนัยสำคัญต่อแรงจูงใจในการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ในขณะที่การรับรู้ความเสี่ยงมีผลลบและมีนัยสำคัญต่อแรงจูงใจในการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

การศึกษานี้ให้ข้อเสนอแนะเชิงทฤษฎีและปฏิบัติสำหรับการพัฒนาและการตลาดของเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในอุตสาหกรรมค้าปลีก นอกจากนี้ยังชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการเพิ่มความรู้และทักษะของผู้ใช้ในเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และการสร้างความเชื่อมั่นในเทคโนโลยีเพื่อกระตุ้นการยอมรับ นอกจากนี้ยังแนะนำให้มีการศึกษาต่อเนื่องในประเทศกำลังพัฒนาอื่น ๆ เพื่อยืนยันและขยายผลการวิจัย

การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) มาใช้ในภาคการเกษตร โดยเฉพาะบทบาทของความเชื่อมั่น มูลค่าที่รับรู้ และความเสี่ยงที่รับรู้ การวิจัยนี้ใช้แบบจำลองสมการโครงสร้าง (Structural Equation Model: SEM) เพื่อวิเคราะห์ผลการสำรวจจากเกษตรกร 492 คนในรัฐไอโอวา สหรัฐอเมริกา (Jayashankar et al., 2018)

กรอบแนวคิดการวิจัยเน้นที่การเชื่อมโยงองค์ประกอบต่าง ๆ ของมูลค่าที่รับรู้กับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง โดยใช้ตรรกะการบริการเป็นศูนย์กลาง (Service-Dominant Logic) เพื่อศึกษาอิทธิพลของความเชื่อมั่นต่อมูลค่าที่รับรู้และความเสี่ยงที่รับรู้ และวิเคราะห์ว่ามูลค่าและความเสี่ยงที่รับรู้ส่งผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งอย่างไร

กระบวนการวิจัยเริ่มต้นด้วยการพัฒนาแบบสำรวจและทดสอบสมมติฐานโดยใช้แบบจำลองสมการโครงสร้าง ผลการสำรวจแสดงให้เห็นว่าความเชื่อมั่นมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับมูลค่าที่รับรู้และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับความเสี่ยงที่รับรู้ มูลค่าที่รับรู้มีผลบวกต่อการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ ขณะที่ความเสี่ยงที่รับรู้มีผลลบต่อการนำเทคโนโลยีนี้มาใช้

ผลลัพธ์ของการวิจัยชี้ให้เห็นว่าการส่งเสริมความเชื่อมั่นและการลดความเสี่ยงที่รับรู้สามารถเพิ่มการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในภาคการเกษตรได้ นอกจากนี้ มูลค่าที่รับรู้ในด้านเศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม และความรู้ยังเป็นปัจจัยสำคัญที่กระตุ้นให้เกษตรกรนำเทคโนโลยีนี้มาใช้ ผลการวิจัยนี้มีความสำคัญต่อการตลาดแบบธุรกิจกับธุรกิจ (B2B) และผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในภาคการเกษตร โดยเฉพาะในยุคที่เกษตรกรมีความกังวลเกี่ยวกับความเสี่ยงในการจัดการข้อมูลที่เกิดจากการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับและการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ในการเกษตรอัจฉริยะในประเทศตะวันออกกลาง โดยใช้แบบจำลองทฤษฎีรวมการยอมรับและการใช้เทคโนโลยี (UTAUT) ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า ปัจจัยที่มีผลบวกต่อความตั้งใจใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ได้แก่ ความคาดหวังด้านประสิทธิภาพ (H1), ความคาดหวังด้านความสะดวกในการใช้งาน (H2), อิทธิพลทางสังคม (H3), ปัจจัยส่วนบุคคล (H4), และเงื่อนไขที่เอื้ออำนวย (H5) นอกจากนี้ยังพบว่าความตั้งใจในการใช้เทคโนโลยีมีผลต่อการใช้งานจริง (H6) (Ronaghi & Forouharfar, 2020)

การวิจัยนี้ใช้แบบจำลอง UTAUT ซึ่งประเมินความตั้งใจและการใช้เทคโนโลยีผ่านปัจจัย 4 ประการ ได้แก่ ความคาดหวังด้านประสิทธิภาพ (PE), ความคาดหวังด้านความสะดวกในการใช้งาน (EE), อิทธิพลทางสังคม (SI), และเงื่อนไขที่เอื้ออำนวย (FC) โดยมีการเพิ่มปัจจัยส่วนบุคคล (IF) เข้าไปในแบบจำลอง

การวิจัยดำเนินการในประเทศอิหร่าน โดยใช้แบบสอบถามที่มีคำถามทั้งหมด 27 ข้อ เพื่อประเมินปัจจัยต่าง ๆ ที่กล่าวถึงในสมมติฐานการวิจัย จากกลุ่มเกษตรกรจำนวน 420 คนในจังหวัดฟาร์ส โดยมีอัตราการตอบกลับ 93.3% (392 คน) และใช้การวิเคราะห์เส้นทางผ่านโปรแกรม LISREL และการทดสอบความปกติผ่านโปรแกรม SPSS

ผลการวิจัยพบว่า ความคาดหวังด้านประสิทธิภาพ (PE) มีผลบวกต่อความตั้งใจใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง โดยเกษตรกรที่มีความคาดหวังสูงว่าจะได้รับประโยชน์จากการใช้เทคโนโลยีนี้มีแนวโน้มที่จะใช้เทคโนโลยีมากขึ้น นอกจากนี้ ความคาดหวังด้านความสะดวกในการใช้งาน (EE) ก็มีผลบวกต่อความตั้งใจใช้เทคโนโลยี โดยเกษตรกรที่คิดว่าเทคโนโลยีนี้ใช้งานง่ายก็มีแนวโน้มที่จะใช้เทคโนโลยีมากขึ้นเช่นกัน อิทธิพลทางสังคม (SI) มีผลบวกต่อความตั้งใจใช้เทคโนโลยี โดยเกษตรกรที่ได้รับอิทธิพลจากคนรอบข้างมีแนวโน้มที่จะใช้เทคโนโลยีนี้มากขึ้น ปัจจัยส่วนบุคคล (IF) มีผลลบต่อความตั้งใจใช้เทคโนโลยี โดยเกษตรกรที่มีอายุมากและมีรายได้สูงมีแนวโน้มที่จะไม่ใช้เทคโนโลยีนี้ เงื่อนไขที่เอื้ออำนวย (FC) มีผลบวกต่อการใช้งานเทคโนโลยี โดยเกษตรกรที่มีการสนับสนุนด้านเทคนิคและองค์กรมีแนวโน้มที่จะใช้เทคโนโลยีนี้มากขึ้น

จากผลการวิจัยนี้สามารถสรุปได้ว่า การวางแผนเพื่อส่งเสริมการเกษตรอัจฉริยะควรให้ความสำคัญกับปัจจัยทั้งหกข้างต้น เพื่อให้การนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในภาคการเกษตรเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

การวิเคราะห์กระบวนการดิจิทัลของบริษัท โดยศึกษาบทบาทของเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ในฐานะเครื่องมือเชิงกลยุทธ์ จุดมุ่งหมายหลักคือการระบุปัจจัยที่มีผลต่อแรงจูงใจของบริษัทในการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง มาใช้ในแผนกลยุทธ์ และเพื่อให้เข้าใจถึงศักยภาพของเทคโนโลยีนี้ในฐานะทางเลือกเชิงกลยุทธ์ การศึกษานี้ใช้แบบจำลอง 'Unified Theory of Acceptance and Use of Technology' (UTAUT) และขยายเพิ่มเติมเพื่อสร้างแบบจำลองที่รวมปัจจัยที่ระบุไว้ (Fretzen, 2018)

การวิจัยนี้ใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากวรรณกรรมที่มีอยู่เกี่ยวกับดิจิทัลและเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง รวมถึงการเก็บข้อมูลปฐมภูมิในรูปแบบของการสัมภาษณ์สามครั้ง ซึ่งนำไปสู่การประเมินหัวข้อที่ซับซ้อนจากมุมมองที่แตกต่างกันสามมุมมอง ผลการวิจัยเน้นความซับซ้อนของหัวข้อ โดย

ชี้ให้เห็นว่าเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งขึ้นอยู่กับแรงจูงใจทั่วโลกในการสร้างระบบนิเวศดิจิทัล ปัจจัยที่สำคัญเช่น ต้นทุน ช่องว่างทักษะ โครงสร้างพื้นฐานทางเทคโนโลยี หรือการรวมตัวของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ถือเป็นปัจจัยสำคัญในการนำไปใช้ ขณะที่ประโยชน์ที่อาจเกิดขึ้น เช่น การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการ ขยายห่วงโซ่คุณค่า หรือเพิ่มความสามารถในการทำกำไร เป็นปัจจัยสำคัญที่กระตุ้นให้บริษัทนำเทคโนโลยีนี้มาใช้

แบบจำลองที่ใช้ในการวิจัยคือ UTAUT ซึ่งประกอบด้วยปัจจัยหลักสี่ประการ ได้แก่ ความคาดหวังด้านประสิทธิภาพ (Performance Expectancy), ความคาดหวังด้านความสะดวกในการใช้งาน (Effort Expectancy), อิทธิพลทางสังคม (Social Influence), และเงื่อนไขที่เอื้ออำนวย (Facilitating Conditions) โดยมีตัวแปรสื่อกลางสี่ตัว ได้แก่ เพศ อายุ ประสบการณ์ และความสมัครใจในการใช้

การวิจัยใช้วิธีการเชิงคุณภาพ โดยการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญจากบริษัทที่เกี่ยวข้องกับการให้บริการเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง บริษัทวัสดุก่อสร้าง และที่ปรึกษาด้านการเปลี่ยนแปลงดิจิทัล ขนาดตัวอย่างของการสัมภาษณ์คือสามคนจากมุมมองที่แตกต่างกัน

ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยที่กระตุ้นให้ผู้จัดการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้มีมากกว่าปัจจัยที่ขัดขวาง โดยปัจจัยที่กระตุ้นได้แก่ การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการ การขยายห่วงโซ่คุณค่า และความสามารถในการทำกำไร ขณะที่ปัจจัยที่ขัดขวางได้แก่ ต้นทุนสูง ความเสี่ยงจากการละเมิดความเป็นส่วนตัวของข้อมูล และช่องว่างทักษะ

การวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่า การเปลี่ยนแปลงทางดิจิทัลเป็นแรงผลักดันหลักที่ทำให้บริษัทต้องพิจารณาการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความสามารถในการทำกำไรในระยะยาว

การสำรวจปัจจัยที่มีผลต่อการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) มาใช้ในภาคการเกษตรในประเทศมาเลเซีย โดยใช้แบบจำลอง "Technology-Organization-Environment" (TOE) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยี องค์กร และสิ่งแวดล้อมในการตัดสินใจนำเทคโนโลยีมาใช้ ขนาดตัวอย่างของการวิจัยคือผู้จัดการ 179 คนจากองค์กรการเกษตรต่าง ๆ ใน

มาเลเซีย การวิเคราะห์ข้อมูลใช้วิธีการ "Partial Least Squares Structural Equation Modeling" (PLS-SEM) (Bahari et al., 2024)

กรอบแนวคิดและสมมติฐานในการวิจัยประกอบด้วยปัจจัยในสามมิติ ได้แก่ เทคโนโลยี องค์กร และสิ่งแวดล้อม ปัจจัยที่สำคัญที่ถูกพิจารณาได้แก่ ข้อได้เปรียบเชิงสัมพัทธ์ ความซับซ้อน ความเข้ากันได้ ความสามารถทางเทคโนโลยี ค่าใช้จ่าย ความรู้ทางเทคนิค การสนับสนุนจากผู้บริหารระดับสูง ความพร้อมขององค์กร ขนาดองค์กร ความกดดันจากการแข่งขัน และการสนับสนุนจากรัฐบาล

กระบวนการวิจัยเริ่มต้นด้วยการเลือกมาตรวัดที่เหมาะสมจากเครื่องมือที่มีอยู่และปรับปรุงให้เข้ากับบริบทของเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง จากนั้นทำการเก็บข้อมูลโดยการส่งแบบสอบถามออนไลน์ไปยังผู้จัดการระดับสูงและผู้ตัดสินใจในองค์กรการเกษตรในมาเลเซีย โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบสุ่ม และได้รับแบบสอบถามที่สมบูรณ์กลับมาจำนวน 179 ชุด

ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยที่มีผลสำคัญต่อการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ ได้แก่ ข้อได้เปรียบเชิงสัมพัทธ์ ความเข้ากันได้ ความสามารถทางเทคโนโลยี ค่าใช้จ่าย ความรู้ทางเทคนิค การสนับสนุนจากผู้บริหารระดับสูง ความพร้อมขององค์กร ความกดดันจากการแข่งขัน และการสนับสนุนจากรัฐบาล โดยการสนับสนุนจากรัฐบาลเป็นปัจจัยที่มีผลมากที่สุด รองลงมาคือความเข้ากันได้

นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังชี้ให้เห็นว่า ความซับซ้อน ขนาดองค์กร และความเข้มข้นของข้อมูลไม่มีผลสำคัญต่อการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ ผลการวิจัยยังแสดงให้เห็นว่า 81.4% ของความแปรปรวนในการตั้งใจนำเทคโนโลยีมาใช้สามารถอธิบายได้โดยปัจจัยอิสระที่พิจารณาในการวิจัยนี้

การวิจัยนี้มีข้อจำกัดบางประการ เช่น ขนาดตัวอย่างที่ใช้จากองค์กรการเกษตรในมาเลเซียเท่านั้น และปัจจัยที่พิจารณาในงานวิจัยนี้ยังเป็นเพียงส่วนหนึ่งของปัจจัยที่เป็นไปได้ทั้งหมดในกระบวนการนำเทคโนโลยีมาใช้ ดังนั้นการวิจัยในอนาคตควรพิจารณาปัจจัยอื่น ๆ เพิ่มเติมและใช้วิธีการเก็บข้อมูลอื่น ๆ เช่น grounded theory หรือ case studies เพื่อให้ได้ความเข้าใจที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้นในบริบทใหม่ ๆ

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความเต็มใจของเกษตรกรในบังคลาเทศในการนำและจ่ายเงินสำหรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ในภาคการเกษตร โดยใช้กรอบแนวคิดของทฤษฎีการยอมรับและการใช้เทคโนโลยีแบบรวม (UTAUT 2) การวิจัยนี้ใช้วิธีการวิจัยเชิงปริมาณและเก็บข้อมูลจากเกษตรกร 345 คนจากเขตทางตอนเหนือของบังคลาเทศ โดยใช้แบบสำรวจภาคตัดขวางและวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบสะดวก ข้อมูลถูกวิเคราะห์โดยใช้การสร้างแบบจำลองสมการโครงสร้าง (SEM) ผ่านโปรแกรม AMOS 26 (Shi et al., 2022)

กรอบแนวคิดและสมมติฐานในการวิจัยประกอบด้วยปัจจัยต่าง ๆ เช่น ความคาดหวังด้านประสิทธิภาพ (PE) การสนับสนุนจากรัฐบาล (GS) เงื่อนไขที่เอื้ออำนวย (FC) อิทธิพลทางสังคม (SI) แรงจูงใจด้านความสุข (HM) ความคาดหวังด้านความพยายาม (EE) ความไว้วางใจ (TT) มูลค่าราคา (PV) นวัตกรรมส่วนบุคคล (PI) ความเต็มใจที่จะนำไปใช้ (WTA) และความเต็มใจที่จะจ่าย (WTP)

การวิจัยนี้ใช้แบบจำลอง UTAUT 2 ซึ่งเป็นการขยายจากแบบจำลอง UTAUT ดั้งเดิม โดยเพิ่มปัจจัยภายในและแรงจูงใจด้านความสุขเข้าไป ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือเกษตรกร 345 คนจากเขตทางตอนเหนือของบังคลาเทศ

กระบวนการวิจัยเริ่มต้นด้วยการกำหนดขอบเขตและวัตถุประสงค์ของการวิจัยร่วมกับผู้เชี่ยวชาญในสาขา จากนั้นทำการสำรวจนำร่องกับเกษตรกร 50 คนเพื่อประเมินความน่าเชื่อถือและความถูกต้องของเครื่องมือวัด ในการสำรวจครั้งสุดท้าย แบบสอบถามถูกแจกจ่ายให้กับเกษตรกรที่ใช้เทคโนโลยีในการทำฟาร์ม และได้รับการตอบกลับที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์จำนวน 345 ชุด

ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยที่มีผลสำคัญต่อความเต็มใจที่จะนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในภาคการเกษตร ได้แก่ ความคาดหวังด้านประสิทธิภาพ การสนับสนุนจากรัฐบาล เงื่อนไขที่เอื้ออำนวย อิทธิพลทางสังคม แรงจูงใจด้านความสุข ความคาดหวังด้านความพยายาม ความไว้วางใจ มูลค่าราคา และนวัตกรรมส่วนบุคคล นอกจากนี้ ความไว้วางใจและความเต็มใจที่จะนำมาใช้ยังมีผลต่อความเต็มใจที่จะจ่ายสำหรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ในขณะที่ความคาดหวังด้านประสิทธิภาพไม่มีผลต่อความเต็มใจที่จะจ่าย

การวิจัยยังพบว่า เงื่อนไขที่เอื้ออำนวยมีบทบาทสำคัญในการเป็นตัวกลางระหว่างความคาดหวังด้านประสิทธิภาพและความเต็มใจที่จะนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้

ผลการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าการสนับสนุนจากรัฐบาลและการสร้างเงื่อนไขที่เอื้ออำนวยเป็นปัจจัยสำคัญที่จะช่วยเพิ่มความเต็มใจในการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในภาคการเกษตร

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) มาใช้ในฟาร์มเรือนกระจกในเคนยา โดยเน้นที่การเกษตรในเรือนกระจก วัตถุประสงค์เฉพาะคือเพื่อศึกษาผลของการรับรู้ของเกษตรกรเกี่ยวกับเทคโนโลยี ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ ปัจจัยของฟาร์ม และปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมต่อการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในฟาร์มเรือนกระจกที่เลือกในเคนยา (Jepkorir et al., 2022)

การวิจัยนี้ใช้การออกแบบการวิจัยแบบภาคตัดขวางเชิงพรรณนา กลุ่มตัวอย่างเป้าหมายคือผู้จัดการฟาร์มเรือนกระจก 198 คน โดยสุ่มตัวอย่างเป็นผู้จัดการฟาร์มเรือนกระจก 130 คนด้วยเทคนิคการสุ่มแบบชั้นสัดส่วน หน่วยวิเคราะห์คือฟาร์มเรือนกระจกที่เลือก 3 แห่ง (ฟาร์ม Amiran Kenya Ltd, ฟาร์ม Illuminum Greenhouses Kenya และฟาร์ม East Africa Growers Ltd (EAGA)) หน่วยสังเกตคือผู้จัดการฟาร์มเรือนกระจกและพนักงานฟาร์มเรือนกระจกของฟาร์มเรือนกระจกที่เลือก ข้อมูลปฐมภูมิถูกรวบรวมโดยใช้แบบสอบถามที่ตอบด้วยตนเอง ข้อมูลที่รวบรวมถูกเข้ารหัสและวิเคราะห์เพื่อสร้างสถิติเชิงพรรณนาและสถิติเชิงอนุมาน ข้อมูลเชิงปริมาณถูกนำเสนอในตารางและภาพภาพ ในขณะที่ข้อมูลเชิงคุณภาพถูกประเมินโดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา และผลการวิจัยถูกนำเสนอในเชิงประเด็น

ผลการวิจัยพบว่าปัจจัยของฟาร์ม (β=0.413, p=0.000) การรับรู้ของเกษตรกรเกี่ยวกับเทคโนโลยี (β=0.139, p=0.005) ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ (β=0.349, p=0.000) และปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม (β=0.383, p=0.000) มีความสัมพันธ์เชิงบวกและมีนัยสำคัญกับการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในฟาร์มเรือนกระจกที่เลือกในเคนยา

การวิจัยนี้ใช้แบบจำลองหลายแบบจำลอง ได้แก่ Resource-Based View Theory (RBV), Diffusion of Innovation Theory (DOI), Technology Acceptance Model (TAM), และ Technology-Organization-Environment (TOE) Model ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือผู้จัดการฟาร์มเรือนกระจก 130 คน

กระบวนการวิจัยเริ่มต้นด้วยการกำหนดขอบเขตและวัตถุประสงค์ของการวิจัยร่วมกับผู้เชี่ยวชาญในสาขา จากนั้นทำการสำรวจนำร่องกับเกษตรกร 50 คนเพื่อประเมินความน่าเชื่อถือและความถูกต้องของเครื่องมือวัด ในการสำรวจครั้งสุดท้าย แบบสอบถามถูกแจกจ่ายให้กับเกษตรกรที่ใช้เทคโนโลยีในการทำฟาร์ม และได้รับการตอบกลับที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์จำนวน 345 ชุด

ผลการวิจัยพบว่าปัจจัยที่มีผลสำคัญต่อความเต็มใจที่จะนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในภาคการเกษตร ได้แก่ ความคาดหวังด้านประสิทธิภาพ การสนับสนุนจากรัฐบาล เงื่อนไขที่เอื้ออำนวย อิทธิพลทางสังคม แรงจูงใจด้านความสุข ความคาดหวังด้านความพยายาม ความไว้วางใจ มูลค่าราคา และนวัตกรรมส่วนบุคคล นอกจากนี้ ความไว้วางใจและความเต็มใจที่จะนำมาใช้ยังมีผลต่อความเต็มใจที่จะจ่ายสำหรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ในขณะที่ความคาดหวังด้านประสิทธิภาพไม่มีผลต่อความเต็มใจที่จะจ่าย

การวิจัยยังพบว่า เงื่อนไขที่เอื้ออำนวยมีบทบาทสำคัญในการเป็นตัวกลางระหว่างความคาดหวังด้านประสิทธิภาพและความเต็มใจที่จะนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ ผลการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าการสนับสนุนจากรัฐบาลและการสร้างเงื่อนไขที่เอื้ออำนวยเป็นปัจจัยสำคัญที่จะช่วยเพิ่มความเต็มใจในการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในภาคการเกษตร

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความตั้งใจในการนำเทคโนโลยีการเกษตรอัจฉริยะมาใช้ในซาราวัก ประเทศมาเลเซีย โดยใช้กรอบแนวคิดของทฤษฎีการยอมรับและการใช้เทคโนโลยีแบบรวม (UTAUT) การวิจัยนี้ใช้การออกแบบการวิจัยเชิงปริมาณ โดยเก็บข้อมูลจากเกษตรกรในมาเลเซียผ่านการสำรวจแบบตัวต่อตัวในปี 2021 (n = 381) และใช้การวิเคราะห์การถดถอยแบบ Partial Least Squares (PLS) สำหรับการทดสอบแบบจำลองและสมมติฐาน (Wee & Lim, 2022)

ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า ความคาดหวังด้านประสิทธิภาพ (PE) ความคาดหวังด้านความพยายาม (EE) อิทธิพลทางสังคม (SI) และเงื่อนไขที่เอื้ออำนวย (FC) มีผลต่อความตั้งใจในการนำเทคโนโลยีการเกษตรอัจฉริยะมาใช้ โดยอิทธิพลทางสังคม (SI) เป็นตัวทำนายที่มีอิทธิพลมากที่สุด

การวิจัยนี้ใช้แบบจำลอง UTAUT ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในการศึกษาเกี่ยวกับการยอมรับเทคโนโลยีของผู้บริโภค ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือเกษตรกร 381 คนจากซาราวัก

กระบวนการวิจัยเริ่มต้นด้วยการสุ่มตัวอย่างแบบคลัสเตอร์ โดยแบ่งเกษตรกรในซาราวักออกเป็น 12 กลุ่ม และเลือกเกษตรกร 130 คนจาก 3 กลุ่ม (Kuching, Samarahan และ Serian) แบบสุ่ม จากนั้นใช้แบบสอบถามออนไลน์ที่ตอบด้วยตนเองเพื่อเก็บข้อมูล โดยใช้มาตราส่วน Likert แบบ 7 จุด

ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าความคาดหวังด้านประสิทธิภาพ (PE) ความคาดหวังด้านความพยายาม (EE) อิทธิพลทางสังคม (SI) และเงื่อนไขที่เอื้ออำนวย (FC) มีความสัมพันธ์เชิงบวกและมีนัยสำคัญกับความตั้งใจในการนำเทคโนโลยีการเกษตรอัจฉริยะมาใช้ โดยอิทธิพลทางสังคม (SI) มีความสัมพันธ์ที่แข็งแกร่งที่สุดกับความตั้งใจในการนำเทคโนโลยีมาใช้

การวิจัยนี้มีผลกระทบทางทฤษฎีในการนำ UTAUT มาอธิบายการยอมรับเทคโนโลยีการเกษตรอัจฉริยะในภาคการเกษตร และมีผลกระทบเชิงปฏิบัติที่สำคัญต่อรัฐบาลซาราวัก ผู้กำหนดนโยบาย และผู้พัฒนาเทคโนโลยีในการพัฒนาระบบการเกษตรอัจฉริยะที่เหมาะสมสำหรับซาราวัก

สรุปได้ว่า ความคาดหวังด้านประสิทธิภาพ (PE) ความคาดหวังด้านความพยายาม (EE) อิทธิพลทางสังคม (SI) และเงื่อนไขที่เอื้ออำนวย (FC) มีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมความตั้งใจของเกษตรกรในการนำเทคโนโลยีการเกษตรอัจฉริยะมาใช้ในซาราวัก

การสำรวจการรับรู้และการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) สำหรับการตรวจสอบสุขภาพพืชและการทำนายผลผลิตในจังหวัดจีซาน ประเทศซาอุดีอาระเบีย โดยมีการสอบถามเกษตรกรในพื้นที่เกี่ยวกับการรับรู้ถึงเทคโนโลยีเหล่านี้ ประโยชน์ที่คาดหวัง และความตั้งใจที่จะนำมาใช้ รวมถึงปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับ เช่น การเข้าถึงข้อมูล การฝึกอบรม และการสนับสนุนจากรัฐบาล (Jabbari et al., 2023)

กรอบแนวคิดของการวิจัยนี้อิงตามสมมติฐานที่ว่า การรับรู้ของเกษตรกรเกี่ยวกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมีความสัมพันธ์กับการรับรู้ถึงประโยชน์ของเทคโนโลยีเหล่านี้ นอกจากนี้ยังสำรวจว่าประโยชน์ที่รับรู้มีผลต่อความตั้งใจในการนำเทคโนโลยีมาใช้ และการเข้าถึงข้อมูล การฝึกอบรม และการสนับสนุนจากรัฐบาลมีผลต่อความตั้งใจในการนำเทคโนโลยีมาใช้

การวิจัยใช้แบบจำลองการวิเคราะห์เชิงปริมาณ โดยเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามที่แจกจ่ายให้กับเกษตรกร 550 คนในจังหวัดจีซาน มีอัตราการตอบกลับ 90.91% ซึ่งได้ข้อมูลจากเกษตรกร 500 คน

กระบวนการวิจัยเริ่มต้นด้วยการสุ่มตัวอย่างแบบชั้น โดยแบ่งกลุ่มเกษตรกรตามขนาดฟาร์ม ประสบการณ์การทำฟาร์ม และที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ จากนั้นใช้แบบสอบถามที่มีคำถามแบบเลือกตอบและมาตราส่วน Likert เพื่อเก็บข้อมูล ทั้งนี้แบบสอบถามได้รับการทดสอบล่วงหน้ากับกลุ่มเกษตรกรเพื่อความชัดเจนและความถูกต้อง

ผลการวิจัยพบว่ามีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญระหว่างการรับรู้ของเกษตรกรเกี่ยวกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งกับการรับรู้ถึงประโยชน์ของเทคโนโลยีเหล่านี้ นอกจากนี้ประโยชน์ที่รับรู้ยังมีความสัมพันธ์เชิงบวกปานกลางกับความตั้งใจในการนำเทคโนโลยีมาใช้ การเข้าถึงข้อมูล การฝึกอบรม และการสนับสนุนจากรัฐบาลก็มีผลเชิงบวกต่อความตั้งใจในการนำเทคโนโลยีมาใช้เช่นกัน

จากผลการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการเพิ่มการรับรู้ของเกษตรกรเกี่ยวกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และการให้ข้อมูลและการฝึกอบรมที่เหมาะสม นอกจากนี้ยังเน้นถึงความจำเป็นในการสนับสนุนจากรัฐบาลเพื่อส่งเสริมการยอมรับเทคโนโลยีเหล่านี้ในภาคการเกษตร ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมรวมถึงการสำรวจปัจจัยอื่น ๆ การศึกษาระยะยาว และการพัฒนาโปรแกรมการฝึกอบรมที่เหมาะสม การร่วมมือระหว่างผู้มีส่วนได้เสียและกลไกการสนับสนุนทางการเงินก็เป็นสิ่งสำคัญเช่นกัน

สรุปได้ว่า การเพิ่มการรับรู้และการสนับสนุนจากรัฐบาลสามารถช่วยส่งเสริมการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในภาคการเกษตรของจังหวัดจีซานได้ ซึ่งจะนำไปสู่การปรับปรุงการตรวจสอบสุขภาพพืช เพิ่มผลผลิต และส่งเสริมการทำเกษตรอย่างยั่งยืน

การศึกษาความตั้งใจและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) มาใช้ในการตรวจสอบย้อนกลับของอาหารในกลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงสุกรในมณฑลส่านซี ประเทศจีน โดยใช้ข้อมูลจากการสำรวจเกษตรกรผู้เลี้ยงสุกรจำนวน 264 คน การวิจัยนี้ใช้กรอบแนวคิดของทฤษฎีการยอมรับและการใช้เทคโนโลยีแบบรวม (UTAUT) เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ (R. Sun et al., 2021)

สมมติฐานในการวิจัยประกอบด้วย ความคาดหวังด้านประสิทธิภาพ (Performance Expectancy) ความคาดหวังด้านความพยายาม (Effort Expectancy) อิทธิพลทางสังคม (Social

Influence) นวัตกรรมส่วนบุคคล (Personal Innovation) และความเสี่ยงที่รับรู้ (Perceived Risk) โดยนวัตกรรมส่วนบุคคลมีบทบาทเป็นตัวแปรกลางระหว่างความคาดหวังด้านความพยายามและความตั้งใจในการนำเทคโนโลยีมาใช้ และความเสี่ยงที่รับรู้มีบทบาทเป็นตัวแปรปรับระหว่างนวัตกรรมส่วนบุคคลและความตั้งใจในการนำเทคโนโลยีมาใช้

การวิจัยใช้แบบจำลอง UTAUT ที่ปรับปรุงใหม่ โดยลบตัวแปรปรับเดิมออกและแทนที่ด้วย "นวัตกรรมส่วนบุคคล" และลบตัวแปรที่มีผลปรับออกเนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่อายุ 40-50 ปี

การเก็บข้อมูลทำโดยการสุ่มตัวอย่างเกษตรกรผู้เลี้ยงสุกร 90 คนในแต่ละพื้นที่ จากทั้งหมด 3 พื้นที่ในมณฑลส่านซี รวมเป็น 270 คน และได้แบบสอบถามที่สมบูรณ์ 264 ฉบับ คิดเป็นอัตราการตอบกลับ 97%

ผลการวิจัยพบว่า ความคาดหวังด้านความพยายามมีผลเชิงบวกต่อความตั้งใจในการนำเทคโนโลยีมาใช้ ความคาดหวังด้านประสิทธิภาพมีผลเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญต่อความตั้งใจในการนำเทคโนโลยีมาใช้ อิทธิพลทางสังคมมีผลเชิงบวกต่อความตั้งใจในการนำเทคโนโลยีมาใช้ นวัตกรรมส่วนบุคคลมีบทบาทเป็นตัวแปรกลางระหว่างความคาดหวังด้านความพยายามและความตั้งใจในการนำเทคโนโลยีมาใช้ และความเสี่ยงที่รับรู้มีบทบาทเป็นตัวแปรปรับระหว่างนวัตกรรมส่วนบุคคลและความตั้งใจในการนำเทคโนโลยีมาใช้

การวิจัยนี้ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการเพิ่มความเข้าใจและการยอมรับในเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในกลุ่มเกษตรกร การปรับปรุงเทคโนโลยีให้ใช้งานง่ายขึ้น และการสนับสนุนจากรัฐบาลเพื่อส่งเสริมการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการตรวจสอบย้อนกลับของอาหาร

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อทัศนคติต่อการนำเทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะมาใช้ในตำบลท่านัด อำเภอดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี โดยการวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณโดยใช้แบบสอบถามเพื่อเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างที่เลือกแบบเจาะจง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรผู้ปลูกฝรั่ง (Tubtiang & Pipatpanuvittaya, 2015)

กรอบแนวคิดของการวิจัยนี้ใช้ทฤษฎีการยอมรับและการใช้เทคโนโลยี (TAM) ซึ่งประกอบด้วยสมมติฐานเก้าข้อจากปัจจัยอิสระสามปัจจัย (ปัจจัยการใช้งาน, ปัจจัยการเงิน, และปัจจัยโครงสร้าง

พื้นที่) และปัจจัยตามสามปัจจัย (การรับรู้ความง่ายในการใช้, การรับรู้ประโยชน์ในการใช้, และทัศนคติในการใช้)

การวิจัยใช้แบบจำลอง TAM ที่ปรับปรุงใหม่ โดยมีขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เก็บข้อมูลได้จากประชากรในตำบลท่านัดจำนวน 7,000 คน ซึ่งพบว่ามีความเชื่อมั่น 95% และทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบสอบถามด้วยสัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบาคที่มากกว่า 0.7 จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม SPSS ด้วยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ

ผลการวิจัยพบว่า เกษตรกรในตำบลท่านัดมีทัศนคติเชิงบวกต่อการนำเทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะมาใช้ โดยพบว่าปัจจัยการใช้งานมีผลเชิงบวกต่อการรับรู้ความง่ายในการใช้และการรับรู้ประโยชน์ในการใช้ ปัจจัยการเงินมีผลเชิงบวกต่อการรับรู้ความง่ายในการใช้และการรับรู้ประโยชน์ในการใช้ และปัจจัยโครงสร้างพื้นที่มีผลเชิงบวกต่อการรับรู้ความง่ายในการใช้และการรับรู้ประโยชน์ในการใช้ นอกจากนี้ การรับรู้ความง่ายในการใช้ยังมีผลเชิงบวกต่อการรับรู้ประโยชน์ในการใช้และทัศนคติในการใช้ และการรับรู้ประโยชน์ในการใช้มีผลเชิงบวกต่อทัศนคติในการใช้

จากผลการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการเพิ่มความตระหนักและความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะผ่านช่องทางต่าง ๆ เช่น แอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน อินเทอร์เน็ต และศูนย์บริการข้อมูล รวมถึงการสนับสนุนทางการเงินให้กับผู้ใช้ที่มีศักยภาพทั่วประเทศ โดยเริ่มจากพื้นที่เป้าหมายเฉพาะ และการกำหนดหน่วยงานที่เหมาะสมเพื่อพิจารณาและศึกษามาตรฐานของอุปกรณ์และเทคโนโลยี

การศึกษานี้ยังพบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศชาย (57.2%) เป็นเกษตรกร (76.8%) มีประสบการณ์ในการใช้เทคโนโลยีใหม่ ๆ น้อยมาก (99.2%) และมีการศึกษาต่ำกว่าระดับปริญญาตรี (76.4%) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยที่พบว่าเกษตรกรมีทัศนคติเชิงบวกต่อการนำเทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะมาใช้

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) มาใช้ในฟาร์มเมือง โดยใช้ทฤษฎีการยอมรับเทคโนโลยี (TAM) และทฤษฎีการวางแผนพฤติกรรม (TPB) เป็นกรอบแนวคิดในการวิจัย การวิจัยนี้ได้รวบรวมข้อมูลจากผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 110 คนในเมืองยะโฮร์บาห์รู ประเทศมาเลเซีย ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างที่เลือกแบบเจาะจง (Sa'don & Salim, 2021)

กระบวนการวิจัยใช้วิธีการวิจัยเชิงปริมาณโดยใช้แบบสอบถามที่จัดทำขึ้นเอง ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าปัจจัยที่มีผลต่อการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในฟาร์มเมืองมากที่สุดคือปัจจัยทางสังคม (subjective norms) โดยมีค่าเฉลี่ย 4.37 การวิจัยนี้มีผลกระทบสำคัญต่อหลายฝ่ายรวมถึงผู้กำหนดนโยบายในการส่งเสริมและสนับสนุนฟาร์มเมืองในมาเลเซีย เกษตรกรที่ต้องการเข้าใจปัจจัยที่มีผลต่อการนำเทคโนโลยีมาใช้ และนักวิจัยในอนาคตที่ต้องการศึกษาต่อเกี่ยวกับเทคโนโลยีปัจจุบันและความสำคัญของการเพาะปลูก

ผลการวิจัยพบว่าปัจจัยทางสังคมมีผลเชิงบวกต่อการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในฟาร์มเมือง ขณะที่ปัจจัยการรับรู้ประโยชน์และการควบคุมพฤติกรรมมีความสัมพันธ์น้อยกับการนำเทคโนโลยีมาใช้ นอกจากนี้ การทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบสอบถามแสดงให้เห็นว่าค่าความเชื่อมั่นของ Cronbach’s alpha สำหรับแต่ละปัจจัยมีค่ามากกว่า 0.7 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเครื่องมือวิจัยที่ใช้มีความน่าเชื่อถือ

การวิจัยนี้ยังพบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศชาย (53.6%) และมีการใช้เทคโนโลยีเพื่อการเกษตรเพียง 10.9% ผลการวิเคราะห์เชิงพรรณนาแสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยของปัจจัยทางสังคมสูงสุดคือ 4.45 สำหรับคำถามที่เกี่ยวกับการยกเว้นภาษีหากใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในฟาร์มเมือง ขณะที่คำถามที่เกี่ยวกับการสนับสนุนจากเพื่อนบ้านมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือ 4.29

สรุปได้ว่าการวิจัยนี้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ในการระบุปัจจัยที่มีผลต่อการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในฟาร์มเมือง และแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของปัจจัยทางสังคมในการนำเทคโนโลยีมาใช้ ผลการวิจัยนี้สามารถนำไปใช้ในการพัฒนานโยบายและกลยุทธ์ในการส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีในฟาร์มเมืองในอนาคต

การประเมินความพร้อมทางเทคโนโลยีสำหรับการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) มาใช้ในฟาร์มอัจฉริยะในประเทศไทย โดยใช้แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี (TAM) ที่ขยายเพิ่มเติม การวิจัยนี้ได้ทำการสำรวจฟาร์มในประเทศไทยจำนวน 395 ฟาร์ม (Duang-Ek-Anong et al., 2019)

กรอบแนวคิดในการวิจัยนี้ประกอบด้วยปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการนำเทคโนโลยีมาใช้ ได้แก่ ความพร้อมทางเทคโนโลยี (Technology Readiness), การรับรู้ประโยชน์ (Perceived Usefulness),

การเรียนรู้ออนไลน์ (E-learning), และการสนับสนุนจากสถาบัน (Institutional Support) โดยสมมติฐานหลักๆ ของการวิจัยได้แก่ ความพร้อมทางเทคโนโลยีมีผลต่อการนำเทคโนโลยีมาใช้, การเรียนรู้ออนไลน์มีผลต่อการรับรู้ประโยชน์และการใช้งานง่าย, และการสนับสนุนจากสถาบันมีผลต่อการนำเทคโนโลยีมาใช้

การวิจัยนี้ใช้แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี (TAM) ที่ขยายเพิ่มเติม โดยมีการเก็บข้อมูลจากฟาร์มในประเทศไทยจำนวน 395 ฟาร์ม โดยใช้แบบสอบถามออนไลน์ ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ประกอบด้วยฟาร์มครอบครัวหรือฟาร์มขนาดเล็กที่มีพนักงานน้อยกว่า 10 คน (64%) ฟาร์มขนาดกลางที่มีพนักงาน 10-25 คน (30%) และฟาร์มขนาดใหญ่ที่มีพนักงานมากกว่า 26 คน (6%)

ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อความพร้อมทางเทคโนโลยีได้แก่ ความพร้อมทางเทคโนโลยีสารสนเทศ (IT Readiness), ความพร้อมทางกระบวนการธุรกิจ (BP Readiness), ความพร้อมทางวัฒนธรรมองค์กร (OC Readiness), และความพร้อมของผู้ตัดสินใจ (DM Readiness) ขณะที่ความพร้อมทางทรัพยากรบุคคล (HR Readiness) ไม่เป็นปัจจัยสำคัญ นอกจากนี้ การเรียนรู้ออนไลน์มีผลต่อการรับรู้ประโยชน์และการใช้งานง่ายของเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ขณะที่ความพร้อมทางเทคโนโลยีมีผลต่อการรับรู้ประโยชน์และการนำเทคโนโลยีมาใช้ แต่ไม่มีผลต่อการใช้งานง่าย

การวิจัยนี้ยังพบว่าการสนับสนุนจากสถาบันมีผลต่อการนำเทคโนโลยีมาใช้ ขณะที่ความเชื่อถือในเทคโนโลยีไม่เป็นปัจจัยสำคัญ ผลการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าการเรียนรู้ออนไลน์และการสนับสนุนจากสถาบันสามารถใช้ในการเตรียมความพร้อมสำหรับการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในฟาร์มอัจฉริยะในประเทศไทย

ข้อจำกัดของการวิจัยนี้คือ ข้อมูลที่ได้มาจากฟาร์มขนาดเล็กเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งอาจไม่สะท้อนถึงฟาร์มขนาดใหญ่ที่อาจเป็นผู้ใช้งานเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งก่อน นอกจากนี้ ปัจจัยด้านต้นทุนและการสนับสนุนทางการเงินไม่ได้ถูกพิจารณาในงานวิจัยนี้

การวิจัยในอนาคตอาจเน้นไปที่การศึกษากรณีศึกษาในฟาร์มที่กำลังเปลี่ยนแปลงเป็นฟาร์มอัจฉริยะ เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จและความล้มเหลวในการนำเทคโนโลยีมาใช้

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการนำฟาร์มอัจฉริยะมาใช้ในประเทศเกาหลีใต้ โดยใช้กรอบแนวคิด TOE (Technology-Organization-Environment) และทฤษฎีการแพร่กระจายนวัตกรรม (Innovation Diffusion Theory) ของ Rogers เป็นพื้นฐานในการสร้างแบบจำลองการวิจัย การวิจัยนี้เสนอว่าการนำเทคโนโลยีใหม่มาใช้นั้นได้รับอิทธิพลจากข้อได้เปรียบเชิงเปรียบเทียบ ความซับซ้อนและความเข้ากันได้ของเทคโนโลยี ลักษณะของ CEO เช่น ความเป็นนวัตกรรมและความรู้ด้าน IT ต้นทุนทางการเงิน ความเปราะบางของทรัพยากรมนุษย์ และการขาดทักษะ แรงกดดันจากการแข่งขัน การสนับสนุนจากรัฐบาล และการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมดิจิทัล (Yoon et al., 2020)

การวิจัยนี้ใช้แบบสอบถามออนไลน์และออฟไลน์ในการเก็บข้อมูลจากเกษตรกรที่มหาวิทยาลัยเกษตรกรเกาหลีและสมาชิกของชุมชนออนไลน์ที่เกี่ยวข้องกับการแลกเปลี่ยนข้อมูลการเกษตร โดยมีผู้ตอบแบบสอบถามที่ใช้ในการวิเคราะห์ทั้งหมด 232 คน ซึ่งประกอบด้วยผู้ชาย 162 คนและผู้หญิง 70 คน ส่วนใหญ่ของผู้ตอบแบบสอบถามมีอายุเกิน 50 ปี และ 72% ของพวกเขาอยู่ในฟาร์มส่วนตัว

ผลการวิจัยพบว่า ความเข้ากันได้ของเทคโนโลยี ต้นทุนทางการเงิน และการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมดิจิทัลมีผลต่อการนำฟาร์มอัจฉริยะมาใช้ ขณะที่ข้อได้เปรียบเชิงเปรียบเทียบ ความซับซ้อน ความเป็นนวัตกรรมของ CEO ความรู้ด้าน IT ของ CEO การขาดทักษะ ความเปราะบางของทรัพยากรมนุษย์ แรงกดดันจากการแข่งขัน และการสนับสนุนจากรัฐบาลไม่มีผลต่อการนำฟาร์มอัจฉริยะมาใช้

ในการวิเคราะห์เชิงโครงสร้างพบว่า ความเข้ากันได้ของเทคโนโลยีและการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมดิจิทัลมีผลสำคัญต่อการนำฟาร์มอัจฉริยะมาใช้ ขณะที่ต้นทุนทางการเงินมีผลลบต่อการนำฟาร์มอัจฉริยะมาใช้ ผลการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าความเข้ากันได้ของเทคโนโลยีเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการนำฟาร์มอัจฉริยะมาใช้ นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมดิจิทัลยังเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการนำฟาร์มอัจฉริยะมาใช้ สุดท้าย ต้นทุนทางการเงินเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลลบต่อการนำฟาร์มอัจฉริยะมาใช้

การวิจัยนี้มีข้อจำกัดบางประการ เช่น ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์เชิงประจักษ์ค่อนข้างเล็ก และการใช้วิธีการสำรวจในการวิเคราะห์เชิงประจักษ์ ดังนั้น การวิจัยในอนาคตควรใช้เทคนิคการ

วิเคราะห์ที่สามารถแยกตัวแปรจากระดับบุคคลและองค์กรได้ รวมถึงการศึกษาในประเทศต่างๆ เพื่อยืนยันและทั่วไปผลการวิจัยนี้

การศึกษาความตั้งใจของผู้บริโภคในการยอมรับเทคโนโลยีในการผลิตทางการเกษตร โดยใช้ทฤษฎีการยอมรับและการใช้เทคโนโลยีแบบรวม (UTAUT) ในฟาร์มอัจฉริยะ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการวิเคราะห์ความตั้งใจที่จะยอมรับเทคโนโลยีของนักศึกษาเกษตรกร เกษตรกร ผู้เริ่มต้นทำการเกษตร ผู้กลับมาทำการเกษตร และผู้ที่กลับมาจากอุตสาหกรรมการผลิตทั่วไปและอุตสาหกรรมเทคโนโลยีขั้นสูง ผลการวิจัยพบว่า การคาดหวังผลการปฏิบัติงาน อิทธิพลทางสังคม เงื่อนไขการสนับสนุน ระดับการพัฒนา IT และความน่าเชื่อถือมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อความตั้งใจที่จะใช้เทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะ อย่างไรก็ตาม ความคาดหวังในความพยายามและมูลค่าราคาไม่มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อความตั้งใจที่จะใช้ (Kang, Chang, et al., 2020)

การวิจัยนี้ใช้แบบจำลอง UTAUT2 ที่ขยายเพิ่มเติม โดยมีการเก็บข้อมูลจากผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด 204 คน ซึ่งประกอบด้วยผู้ชาย 156 คนและผู้หญิง 48 คน ส่วนใหญ่ของผู้ตอบแบบสอบถามมีอายุเกิน 50 ปี และ 72% ของพวกเขาอยู่ในฟาร์มส่วนตัว

ผลการวิจัยพบว่า ความเข้ากันได้ของเทคโนโลยี ต้นทุนทางการเงิน และการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมดิจิทัลมีผลต่อการนำฟาร์มอัจฉริยะมาใช้ ขณะที่ข้อได้เปรียบเชิงเปรียบเทียบ ความซับซ้อน ความเป็นนวัตกรรมของ CEO ความรู้ด้าน IT ของ CEO การขาดทักษะ ความเปราะบางของทรัพยากรมนุษย์ แรงกดดันจากการแข่งขัน และการสนับสนุนจากรัฐบาลไม่มีผลต่อการนำฟาร์มอัจฉริยะมาใช้

ในการวิเคราะห์เชิงโครงสร้างพบว่า ความเข้ากันได้ของเทคโนโลยีและการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมดิจิทัลมีผลสำคัญต่อการนำฟาร์มอัจฉริยะมาใช้ ขณะที่ต้นทุนทางการเงินมีผลลบต่อการนำฟาร์มอัจฉริยะมาใช้ ผลการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าความเข้ากันได้ของเทคโนโลยีเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการนำฟาร์มอัจฉริยะมาใช้ นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมดิจิทัลยังเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการนำฟาร์มอัจฉริยะมาใช้ สุดท้าย ต้นทุนทางการเงินเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลลบต่อการนำฟาร์มอัจฉริยะมาใช้

การวิจัยนี้มีข้อจำกัดบางประการ เช่น ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์เชิงประจักษ์ค่อนข้างเล็ก และการใช้วิธีการสำรวจในการวิเคราะห์เชิงประจักษ์ ดังนั้น การวิจัยในอนาคตควรใช้เทคนิคการวิเคราะห์ที่สามารถแยกตัวแปรจากระดับบุคคลและองค์กรได้ รวมถึงการศึกษาในประเทศต่างๆ เพื่อยืนยันและทั่วไปผลการวิจัยนี้

การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความตั้งใจในการนำเทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะมาใช้ในรัฐซาราวักประเทศมาเลเซีย โดยใช้กรอบแนวคิดทฤษฎีการยอมรับและการใช้เทคโนโลยีแบบรวม (UTAUT) ในการตรวจสอบความตั้งใจของเกษตรกรในการนำเทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะมาใช้ การวิจัยนี้ใช้แบบสอบถามเชิงปริมาณในการเก็บข้อมูลจากเกษตรกรในมาเลเซียโดยการสำรวจแบบพบหน้าในปี 2021 (n = 381) และใช้การวิเคราะห์ Partial Least Squares (PLS) regression ในการทดสอบแบบจำลองและสมมติฐาน (Wee & Lim, 2022)

การวิจัยนี้ใช้แบบจำลอง UTAUT ซึ่งประกอบด้วยตัวแปรหลัก 4 ตัว ได้แก่ การคาดหวังผลการปฏิบัติงาน (PE), การคาดหวังความพยายาม (EE), อิทธิพลทางสังคม (SI) และเงื่อนไขการสนับสนุน (FC) ซึ่งพบว่าทุกตัวแปรมีอิทธิพลต่อความตั้งใจในการนำเทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะมาใช้ โดยเฉพาะอิทธิพลทางสังคม (SI) ซึ่งเป็นตัวทำนายที่แข็งแกร่งที่สุด

การวิจัยนี้ได้เก็บข้อมูลจากเกษตรกรในรัฐซาราวักโดยใช้การสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่มและแบ่งกลุ่มเกษตรกรออกเป็น 12 กลุ่ม โดยมีการเลือกเกษตรกรจำนวน 130 คนจาก 3 เขต ได้แก่ กูชิง, ซามาราฮัน และเซอเรียน รวมทั้งหมด 390 คน

ผลลัพธ์ของการวิจัยพบว่า การคาดหวังผลการปฏิบัติงาน (PE), การคาดหวังความพยายาม (EE), อิทธิพลทางสังคม (SI) และเงื่อนไขการสนับสนุน (FC) มีอิทธิพลต่อความตั้งใจในการนำเทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะมาใช้ โดยอิทธิพลทางสังคม (SI) มีอิทธิพลมากที่สุด ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรในซาราวักมีแนวโน้มที่จะถูกชักจูงและนำโดยเพื่อนร่วมงาน

การวิจัยนี้มีนัยสำคัญทั้งในเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติ โดยในเชิงทฤษฎีได้ยืนยันถึงบทบาทของตัวแปร PE, EE, SI และ FC ในการนำเทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะมาใช้ และในเชิงปฏิบัติได้เสนอแนะให้รัฐบาลซาราวักและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องพิจารณาการออกแบบและดำเนินการเทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะที่สามารถตอบสนองความต้องการของเกษตรกรในท้องถิ่น

โดยสรุป การวิจัยนี้ได้สำรวจปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความตั้งใจในการนำเทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะมาใช้ในรัฐซาราวัก และพบว่าการคาดหวังผลการปฏิบัติงาน, การคาดหวังความพยายาม, อิทธิพลทางสังคม และเงื่อนไขการสนับสนุนมีบทบาทสำคัญในการกำหนดความตั้งใจของเกษตรกรในการนำเทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะมาใช้

การศึกษาการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) มาใช้ในอุตสาหกรรมการเกษตรของเกษตรกรในประเทศอินเดีย โดยใช้กรอบแนวคิดทฤษฎีเหตุผลเชิงพฤติกรรม (Behavioral Reasoning Theory - BRT) ในการตรวจสอบพฤติกรรมการยอมรับเทคโนโลยีนี้ (Pillai & Sivathanu, 2020)

กรอบแนวคิดและสมมติฐานในการวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่การระบุ "เหตุผลที่สนับสนุน" และ "เหตุผลที่ไม่สนับสนุน" การนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในเกษตรกรรม โดยเหตุผลที่สนับสนุนรวมถึง ข้อได้เปรียบเชิงสัมพัทธ์, อิทธิพลทางสังคม, ความสะดวกในการใช้ และการรับรู้ถึงประโยชน์ ส่วนเหตุผลที่ไม่สนับสนุนรวมถึง อุปสรรคทางภาพลักษณ์, ความวิตกกังวลทางเทคโนโลยี, ราคาที่รับรู้ และความเสี่ยงที่รับรู้

การวิจัยนี้ใช้แบบจำลองทฤษฎีเหตุผลเชิงพฤติกรรม (BRT) และการวิเคราะห์แบบโครงสร้างสมการ (SEM) โดยมีการเก็บข้อมูลจากเกษตรกรในรัฐมหาราษฏระ ประเทศอินเดีย โดยการสำรวจแบบพบหน้าและการสัมภาษณ์เชิงกึ่งโครงสร้างกับเกษตรกรที่ใช้เทคโนโลยีบางประเภทในเกษตรกรรมแต่ยังไม่ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

ขนาดตัวอย่างในการวิจัยนี้ประกอบด้วยเกษตรกรจำนวน 1,580 คนจากหมู่บ้านดิจิทัล 45 แห่งในรัฐมหาราษฏระ โดยการสุ่มตัวอย่างแบบสะดวกและการใช้แบบสอบถามที่แปลเป็นภาษาท้องถิ่น

กระบวนการวิจัยเริ่มต้นด้วยการสัมภาษณ์เชิงกึ่งโครงสร้างเพื่อระบุเหตุผลที่สนับสนุนและไม่สนับสนุนการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ จากนั้นใช้การวิเคราะห์แบบโครงสร้างสมการ (PLS-SEM) ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บได้

ผลลัพธ์ของการวิจัยพบว่า เหตุผลที่สนับสนุนการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ประกอบด้วย ข้อได้เปรียบเชิงสัมพัทธ์, อิทธิพลทางสังคม, ความสะดวกในการใช้ และการรับรู้ถึง

ประโยชน์ ขณะที่เหตุผลที่ไม่สนับสนุนประกอบด้วย อุปสรรคทางภาพลักษณ์, ความวิตกกังวลทางเทคโนโลยี, ราคาที่รับรู้ และความเสี่ยงที่รับรู้ นอกจากนี้ยังพบว่า ขนาดฟาร์มและอายุของเกษตรกรไม่มีผลต่อความตั้งใจในการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้

การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีสมาร์ทฟาร์มโดยพนักงานขององค์กรเกษตรกรในชนบทของเกาหลีใต้ โดยใช้กรอบแนวคิดทฤษฎีการยอมรับเทคโนโลยีแบบขยาย (Extended Technology Acceptance Model) ซึ่งรวมเอาทฤษฎีการวางแผนพฤติกรรม (TPB), ทฤษฎีการยอมรับเทคโนโลยี (TAM), ทฤษฎีการยอมรับและการใช้เทคโนโลยีแบบรวม (UTAUT), และทฤษฎีการแพร่กระจายนวัตกรรม (IDT) เพื่ออธิบายความตั้งใจในการยอมรับเทคโนโลยี (Jeong et al., 2020)

การวิจัยนี้ใช้ตัวแปรอิสระ 9 ตัว ได้แก่ มาตรฐานเชิงอัตนัย, การควบคุมพฤติกรรมที่รับรู้, ทัศนคติ, การรับรู้ประโยชน์, ความคาดหวังด้านประสิทธิภาพ, ความคาดหวังด้านความพยายาม, ผลกระทบทางสังคม, เงื่อนไขการส่งเสริม, และความเหมาะสม เพื่อตรวจสอบผลกระทบต่อความตั้งใจในการยอมรับสมาร์ทฟาร์ม

ขนาดตัวอย่างในการวิจัยนี้ประกอบด้วยพนักงานจำนวน 165 คนจากองค์กรเกษตรกรในชนบทของเกาหลีใต้ โดยทำการสำรวจในช่วงเดือนกันยายนถึงพฤศจิกายน 2019 โดยใช้แบบสอบถามที่มีการตอบกลับทั้งหมด 204 ชุด และใช้ในการวิเคราะห์จริง 165 ชุด

กระบวนการวิจัยเริ่มต้นด้วยการออกแบบแบบสอบถาม โดยใช้มาตรวัดแบบ Likert 5 จุด และทำการสำรวจแบบพบหน้าและออนไลน์ จากนั้นใช้การวิเคราะห์เชิงสถิติเพื่อทดสอบความน่าเชื่อถือและความถูกต้องของข้อมูล โดยใช้โปรแกรม IBM SPSS 25.0

ผลลัพธ์ของการวิจัยพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อความตั้งใจในการยอมรับสมาร์ทฟาร์ม ได้แก่ การควบคุมพฤติกรรมที่รับรู้, การรับรู้ประโยชน์, ผลกระทบทางสังคม, และความเหมาะสม โดยการรับรู้ประโยชน์มีผลมากที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่า ความเข้าใจเกี่ยวกับสมาร์ทฟาร์มมีผลต่อความตั้งใจในการยอมรับอย่างมีนัยสำคัญ

การวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นพบว่า แต่ละขั้นตอนของการเพิ่มตัวแปรอิสระทำให้ค่า Adjusted R2 สูงขึ้น ซึ่งแสดงถึงความสามารถในการอธิบายความตั้งใจในการยอมรับสมาร์ทฟาร์มที่เพิ่มขึ้น

ผลสรุป การวิจัยนี้ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการรับรู้ประโยชน์, ความเหมาะสม, ผลกระทบทางสังคม, และการควบคุมพฤติกรรมที่รับรู้ในการส่งเสริมการยอมรับสมาร์ทฟาร์ม และเสนอแนะให้มีการส่งเสริมความเข้าใจและการรับรู้ประโยชน์ของสมาร์ทฟาร์มผ่านการฝึกอบรมและการประชาสัมพันธ์

การศึกษาการจัดการความเสี่ยงในการนำเทคโนโลยีสมาร์ทฟาร์มมาใช้โดยเกษตรกรในชนบท โดยใช้กรอบแนวคิดทฤษฎีการยอมรับเทคโนโลยี (Technology Acceptance Model - TAM) และทฤษฎีการแพร่กระจายนวัตกรรม (Innovation Diffusion Theory - IDT) เพื่ออธิบายพฤติกรรมการยอมรับเทคโนโลยีนี้ (Jaroenwanit et al., 2023)

การวิจัยนี้ใช้ตัวแปรอิสระ 7 ตัว ได้แก่ อิทธิพลทางสังคม, การสนับสนุนจากรัฐบาล, ประโยชน์สัมพัทธ์ของสมาร์ทฟาร์ม, ความเข้ากันได้ของสมาร์ทฟาร์มกับชีวิตเกษตรกร, ทัศนคติเชิงบวกต่อสมาร์ทฟาร์ม, ความสนใจในสมาร์ทฟาร์ม และการจัดการความเสี่ยง โดยตัวแปรเหล่านี้ถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์กับการยอมรับสมาร์ทฟาร์ม

ขนาดตัวอย่างในการวิจัยนี้ประกอบด้วยเกษตรกรจำนวน 400 คนที่เป็นสมาชิกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยทำการสำรวจในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2022 ถึงกุมภาพันธ์ 2023

กระบวนการวิจัยเริ่มต้นด้วยการออกแบบแบบสอบถาม โดยใช้มาตรวัดแบบ Likert 5 จุด และทำการสำรวจด้วยการสัมภาษณ์แบบพบหน้าและออนไลน์ จากนั้นใช้การวิเคราะห์เชิงสถิติเพื่อทดสอบความน่าเชื่อถือและความถูกต้องของข้อมูล โดยใช้โปรแกรม SPSS และการวิเคราะห์แบบสมการโครงสร้าง (SEM)

ผลลัพธ์ของการวิจัยพบว่า การสนับสนุนจากรัฐบาลมีผลมากที่สุดต่อการยอมรับสมาร์ทฟาร์มและการจัดการความเสี่ยง โดยมีอิทธิพลทางตรงและทางอ้อมที่มีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบว่า ปัจจัยอื่น ๆ เช่น อิทธิพลทางสังคม, ประโยชน์สัมพัทธ์ของสมาร์ทฟาร์ม, ความเข้ากันได้ของสมาร์ทฟาร์มกับชีวิตเกษตรกร, ทัศนคติเชิงบวกต่อสมาร์ทฟาร์ม และความสนใจในสมาร์ทฟาร์ม ก็มีผลต่อการยอมรับสมาร์ทฟาร์มและการจัดการความเสี่ยงอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน

การวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นพบว่า แต่ละขั้นตอนของการเพิ่มตัวแปรอิสระทำให้ค่า Adjusted R2 สูงขึ้น ซึ่งแสดงถึงความสามารถในการอธิบายความตั้งใจในการยอมรับสมาร์ทฟาร์มที่เพิ่มขึ้น

ผลสรุปการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการสนับสนุนจากรัฐบาล, ประโยชน์สัมพัทธ์ของสมาร์ทฟาร์ม, ความเข้ากันได้ของสมาร์ทฟาร์มกับชีวิตเกษตรกร, ทัศนคติเชิงบวกต่อสมาร์ทฟาร์ม, และความสนใจในสมาร์ทฟาร์มในการส่งเสริมการยอมรับสมาร์ทฟาร์ม และเสนอแนะให้มีการส่งเสริมความเข้าใจและการรับรู้ประโยชน์ของสมาร์ทฟาร์มผ่านการฝึกอบรมและการประชาสัมพันธ์

การประเมินอุปสรรคในการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) สำหรับการเกษตรอัจฉริยะมาใช้ในกลุ่มเกษตรกรชาวบราซิล โดยมุ่งเน้นไปที่การทำความเข้าใจความสำคัญของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียก่อนการเปิดตัวนวัตกรรม (Strong et al., 2022)

กรอบแนวคิดในการวิจัยนี้ใช้ทฤษฎีการแพร่กระจายนวัตกรรมของ Rogers ซึ่งเป็นที่ยอมรับทั่วโลกและใช้ในการศึกษาการยอมรับเทคโนโลยีและข้อมูลในสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย ทฤษฎีนี้ระบุลักษณะนวัตกรรม 5 ประการที่ส่งผลต่อการยอมรับและการแพร่กระจายของนวัตกรรม ได้แก่ ความได้เปรียบสัมพัทธ์, ความเข้ากันได้, ความซับซ้อน, ความสามารถในการทดลอง และความสามารถในการสังเกตเห็น

การวิจัยนี้ใช้ขนาดตัวอย่างของเกษตรกรจำนวน 344 คนจากจังหวัด Rio Grande do Sul โดยใช้เทคนิคการสุ่มตัวอย่างแบบง่ายในการเก็บข้อมูลจากการประชุมของสหกรณ์เกษตร

กระบวนการวิจัยเริ่มต้นด้วยการออกแบบแบบสอบถามที่ประกอบด้วย 9 ส่วน และใช้การทดสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของเครื่องมือวิจัยก่อนการแจกจ่ายให้กับกลุ่มตัวอย่าง การวิเคราะห์ข้อมูลใช้โปรแกรม SPSS โดยใช้สถิติเชิงพรรณนาและการวิเคราะห์การถดถอยเชิงขั้นตอนเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

ผลลัพธ์ของการวิจัยพบว่า เกษตรกรที่มีการศึกษาสูง มีความรู้สึกต่อสถานะทางสังคมมากขึ้น มีความเข้าใจในการใช้เทคโนโลยีมากขึ้น และมักถูกระบุว่าเป็นผู้นำความคิดเห็นในชุมชน นวัตกรรมที่มีลักษณะง่ายต่อการใช้งาน สื่อสารได้ง่าย ยอมรับในสังคม และมีความสามารถในการใช้งานสูง มีแนวโน้มที่จะถูกนำมาใช้มากขึ้น ขณะที่อุปสรรคหลักในการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้คือความซับซ้อนที่มากเกินไปและความเข้ากันได้ที่น้อย

นอกจากนี้ การสนับสนุนจากผู้นำความคิดเห็นในชุมชน การลดความซับซ้อนของนวัตกรรม และการเพิ่มโอกาสทางการศึกษาเกี่ยวกับเทคโนโลยีเป็นปัจจัยสำคัญในการส่งเสริมการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในกลุ่มเกษตรกร

การวิจัยนี้เสนอแนะให้มีการสื่อสารข้อมูลนวัตกรรมผ่านช่องทางที่เกษตรกรรู้จักและยอมรับ เพื่อเพิ่มโอกาสในการยอมรับและการแพร่กระจายของเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในชุมชนเกษตรกร

การระบุโอกาสและอุปสรรคในการนำเทคโนโลยีการเกษตรอัจฉริยะมาใช้ในพื้นที่ชนบท โดยเน้นการออกแบบที่มุ่งเน้นผู้ใช้เพื่อเพิ่มการยอมรับเทคโนโลยี (Talero-Sarmiento et al., 2023)

กรอบแนวคิดและสมมติฐานในการวิจัยนี้ใช้ทฤษฎีการแพร่กระจายนวัตกรรม (Diffusion of Innovation - DOI) ของ Rogers ซึ่งอธิบายว่าทำไมนวัตกรรมใหม่ๆ จึงถูกนำมาใช้และแพร่กระจาย นอกจากนี้ยังใช้ทฤษฎีการยอมรับและการใช้เทคโนโลยีแบบรวม (UTAUT) และแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี (TAM) เพื่ออธิบายการยอมรับเทคโนโลยีในภาคการเกษตร

การวิจัยนี้ใช้ขนาดตัวอย่างจากเอกสารวิจัยที่คัดเลือกจากฐานข้อมูล Scopus โดยเลือกเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการนำเทคโนโลยีการเกษตรอัจฉริยะมาใช้ในพื้นที่ชนบทที่ตีพิมพ์ในช่วงปี 2016-2021 รวมทั้งสิ้น 409 เอกสาร

กระบวนการวิจัยเริ่มต้นด้วยการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ โดยใช้คำถามวิจัย 4 ข้อ ได้แก่ (1) การศึกษาหลักเกี่ยวกับการนำเทคโนโลยีการเกษตรอัจฉริยะมาใช้และการรับรู้การใช้งาน (2) ความสัมพันธ์ระหว่างผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในห่วงโซ่คุณค่าเกษตรกรรม (3) การอ้างอิงทฤษฎีในการนำเทคโนโลยีการเกษตรอัจฉริยะมาใช้ในพื้นที่ชนบท และ (4) เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งที่ถูกนำมาใช้ในพื้นที่ชนบทเพื่อสนับสนุนงานของเกษตรกร

ผลลัพธ์ของการวิจัยพบว่า การนำเทคโนโลยีการเกษตรอัจฉริยะมาใช้มีประโยชน์หลายประการ เช่น เพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ลดต้นทุนการใช้ทรัพยากร และปรับปรุงความสะดวกสบายในการทำงานของเกษตรกร อย่างไรก็ตาม ยังพบอุปสรรคหลายประการ เช่น ความซับซ้อนในการใช้งาน ขาดการศึกษาเกี่ยวกับเทคโนโลยี และความสามารถในการลงทุน

การวิจัยยังพบว่า การออกแบบเทคโนโลยีที่มุ่งเน้นผู้ใช้และการร่วมออกแบบเป็นกระบวนการที่สำคัญในการเพิ่มการยอมรับเทคโนโลยี โดยเฉพาะในกลุ่มเกษตรกรรายย่อยซึ่งเป็นกลุ่มที่มีความสำคัญในการบรรลุเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน

สรุปแล้ว การพัฒนาเทคโนโลยีการเกษตรอัจฉริยะเพื่อบรรลุเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนจำเป็นต้องเปลี่ยนโฟกัสไปที่ความต้องการของเกษตรกรรายย่อย และต้องรวมการศึกษาเชิงสังคมศาสตร์เพื่อช่วยในการยอมรับเทคโนโลยีในบริบทที่เกิดขึ้นจริง

การทำความเข้าใจการยอมรับเทคโนโลยีในเกษตรกรรมอัจฉริยะ โดยมุ่งเน้นที่ระบบการพยากรณ์และการสนับสนุนการตัดสินใจในด้านการผลิตพืชผล การยอมรับเทคโนโลยีเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีสามารถแปลงเป็นผลกระทบในโลกแห่งความเป็นจริงได้ อย่างไรก็ตาม การยอมรับเทคโนโลยีมีความซับซ้อนและมักจะถูกเข้าใจผิด (Thomas et al., 2023)

การวิจัยนี้ใช้กรอบแนวคิดทางทฤษฎีการยอมรับเทคโนโลยี (Technology Acceptance Model - TAM) และกรอบแนวคิดทางทฤษฎีการยอมรับ (Theoretical Framework of Acceptability - TFA) ซึ่งเป็นแบบจำลองที่เน้นการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ โดยมีขนาดตัวอย่างจากการศึกษาวิจัยที่คัดเลือกมาจำนวน 16 บทความ

กระบวนการวิจัยเริ่มต้นด้วยการค้นหาเอกสารวิจัยจากฐานข้อมูลหลักๆ เช่น ACM Digital Library, Scopus, CABI และ Business Source Complete โดยใช้คำค้นที่เกี่ยวข้องกับเกษตรกรรม เทคโนโลยีการเกษตรอัจฉริยะ และการยอมรับเทคโนโลยี จากนั้นทำการคัดกรองบทความตามเกณฑ์ที่กำหนด และทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากบทความที่ผ่านการคัดเลือก

ผลลัพธ์ของการวิจัยพบว่า ปัจจัยที่เอื้อต่อการยอมรับเทคโนโลยี ได้แก่ การเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุน ความรู้และข้อมูลที่เพิ่มขึ้น การสนับสนุนการฝึกอบรม ความคุ้นเคยกับเทคโนโลยี และการสนับสนุนการทำงานประจำวัน ขณะที่อุปสรรคที่พบได้แก่ ความซับซ้อนในการใช้งาน ข้อกำหนดด้านโครงสร้างพื้นฐาน การขาดการสนับสนุน ความไม่เหมาะสมกับความต้องการของเกษตรกร ภาระที่เพิ่มขึ้น และการรับรู้เชิงลบต่อเทคโนโลยี

การวิจัยยังพบว่า การใช้แบบจำลอง TAM และ TFA สามารถช่วยในการวิเคราะห์และทำความเข้าใจปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม ยังมีความ

จำเป็นในการพัฒนาแบบจำลองหรือเครื่องมือที่ได้รับการตรวจสอบและยืนยันในบริบทของการเกษตร เพื่อให้การศึกษาเกี่ยวกับการยอมรับเทคโนโลยีมีความครอบคลุมและมีความเข้มแข็งมากยิ่งขึ้น

การระบุอุปสรรคในการยอมรับและตรวจสอบว่าปัจจัยที่มีผลกระทบทางด้านความคิดและอารมณ์สามารถอธิบายการยอมรับและการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) มาใช้ในฟาร์มโคนมได้หรือไม่ โดยใช้แบบสำรวจออนไลน์กับเกษตรกรโคนมชาวเยอรมันจำนวน 212 คน (Langer et al., 2024)

กรอบแนวคิดและสมมติฐานในการวิจัยนี้ใช้แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี (TAM) และทฤษฎีการวางแผนพฤติกรรม (TPB) รวมถึงแบบจำลองพฤติกรรมที่มุ่งเน้นเป้าหมาย (MGB) เพื่อรวมปัจจัยทางพฤติกรรมทั้งด้านความคิดและอารมณ์เข้าไว้ด้วยกัน

การวิจัยนี้ใช้ขนาดตัวอย่างจากเกษตรกรโคนมชาวเยอรมันจำนวน 212 คน โดยทำการสำรวจออนไลน์และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการประมาณการพหุคูณน้อยที่สุด (PLS)

ผลลัพธ์ของการวิจัยพบว่า อุปสรรคในการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในฟาร์มโคนมแตกต่างกันระหว่างผู้ใช้และผู้ไม่ใช้ โดยทั้งสองกลุ่มมองว่าต้นทุนการลงทุนสูงเป็นอุปสรรคที่สำคัญที่สุด นอกจากนี้ ปัจจัยทางความคิดและอารมณ์ที่คาดหวังในเชิงบวกมีผลต่อการตัดสินใจยอมรับเทคโนโลยี ปัจจัยหลักของทฤษฎีการวางแผนพฤติกรรม เช่น ทัศนคติและการควบคุมพฤติกรรม มีผลเชิงบวกต่อความต้องการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ซึ่งส่งผลดีต่อการยอมรับ

ผลการวิจัยเน้นย้ำว่า นอกจากข้อกำหนดทางเทคนิคและทัศนคติทางความคิดแล้ว ปัจจัยทางอารมณ์ก็มีความสำคัญต่อการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในฟาร์มโคนม ข้อค้นพบเหล่านี้สำคัญต่อผู้ผลิต นโยบาย และสมาคมการเกษตรและดิจิทัล

การศึกษาความตั้งใจของเกษตรกรผู้ถือครองรายย่อยในการนำแอปพลิเคชันการเกษตรมาใช้ โดยเน้นที่บทบาทของแนวทางการเรียนรู้แบบมุ่งมั่น (Mastery Approach) และศูนย์นวัตกรรมในเม็กซิโก การวิจัยนี้ใช้กรอบแนวคิดทฤษฎีการยอมรับและการใช้เทคโนโลยีแบบรวม (UTAUT) ซึ่งได้รับการขยายด้วยโครงสร้างเพิ่มเติม เช่น เป้าหมายการเรียนรู้แบบมุ่งมั่น (MAG) และความเชื่อมั่น (Trust) (Molina-Maturano et al., 2021)

การวิจัยนี้ใช้แบบจำลอง UTAUT โดยมีการสำรวจเกษตรกรผู้ถือครองรายย่อยจำนวน 394 คน ในปี 2019 โดยใช้วิธีการวิเคราะห์สมการเชิงโครงสร้าง (SEM) เพื่อทำความเข้าใจการตัดสินใจของเกษตรกรในการนำแอปพลิเคชันการเกษตรมาใช้ การวิเคราะห์กลุ่มหลายกลุ่มเผยให้เห็นว่า ความคาดหวังด้านผลการปฏิบัติงาน (PE) เป็นตัวทำนายที่สำคัญของความตั้งใจในการนำแอปมาใช้ ในขณะที่เป้าหมายการเรียนรู้แบบมุ่งมั่น (MAG) มีความสำคัญเฉพาะสำหรับเกษตรกรที่อายุน้อยกว่าและเกษตรกรที่ไม่ได้เชื่อมต่อกับศูนย์นวัตกรรม

กระบวนการวิจัยเริ่มต้นด้วยการเก็บข้อมูลผ่านการสัมภาษณ์แบบพบหน้าโดยใช้แอป GeoODK ในภูมิภาค El Bajío ของรัฐ Guanajuato เกษตรกรที่เชื่อมต่อกับศูนย์นวัตกรรมถูกสุ่มเลือกจากฐานข้อมูล ในขณะที่เกษตรกรที่ไม่ได้เชื่อมต่อกับศูนย์นวัตกรรมถูกสัมภาษณ์ในจุดนัดพบต่างๆ รวมถึงงานกิจกรรมในพื้นที่

ผลการวิจัยพบว่า ความคาดหวังด้านผลการปฏิบัติงาน (PE) และเงื่อนไขที่เอื้ออำนวย (FC) มีผลบวกต่อความตั้งใจในการนำแอปมาใช้ ในขณะที่ความพยายามที่คาดหวัง (EE) และอิทธิพลทางสังคม (SI) ไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ เป้าหมายการเรียนรู้แบบมุ่งมั่น (MAG) ยังมีผลสำคัญต่อความตั้งใจในการนำแอปมาใช้ ซึ่งบ่งชี้ว่าเกษตรกรเชื่อว่าการเรียนรู้การใช้แอปจะช่วยเพิ่มความสามารถและความรู้ด้านการเกษตร

การวิเคราะห์กลุ่มเผยให้เห็นว่า ความคาดหวังด้านผลการปฏิบัติงาน (PE) มีความสำคัญมากขึ้นสำหรับเกษตรกรที่มีอายุมากกว่า ในขณะที่เป้าหมายการเรียนรู้แบบมุ่งมั่น (MAG) มีความสำคัญสำหรับเกษตรกรที่อายุน้อยกว่าและเกษตรกรที่ไม่ได้เชื่อมต่อกับศูนย์นวัตกรรม ผลการวิจัยยังชี้ให้เห็นว่า การเชื่อมต่อกับศูนย์นวัตกรรมมีผลต่อความตั้งใจในการนำแอปมาใช้

ข้อค้นพบเหล่านี้มีความสำคัญต่อผู้พัฒนาแอปและผู้จัดการโครงการในการออกแบบเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจทางการเกษตรที่ตอบสนองต่อความต้องการของเกษตรกรในประเทศกำลังพัฒนา

การศึกษาปัจจัยที่กำหนดความตั้งใจในการยอมรับผลิตภัณฑ์และแอปพลิเคชันเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ในหมู่บุคคลทั่วไป โดยพัฒนาและทดสอบแบบจำลองการยอมรับ IoT

(IoTAM) ซึ่งรวมปัจจัยจากสองแหล่งข้อมูลที่แตกต่างกันคือด้านเทคนิคและด้านจิตวิทยา (Tsourela & Nerantzaki, 2020)

การวิจัยนี้ใช้กรอบแนวคิดทฤษฎีการยอมรับเทคโนโลยี (TAM) และทฤษฎีการยอมรับและการใช้เทคโนโลยีแบบรวม (UTAUT) โดยมีการเพิ่มปัจจัยใหม่ เช่น ความเชื่อมั่น (Trust) อิทธิพลทางสังคม (Social Influence) เครื่องมือทางปัญญา (Cognitive Instrumentals) ความยืดหยุ่น (Flexibility) และการปรับตัวในระยะยาว (Long-term Orientation) การวิจัยนี้ใช้การวิเคราะห์สมการเชิงโครงสร้าง (SEM) เพื่อทดสอบแบบจำลอง IoTAM

กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยผู้เข้าร่วมจำนวน 812 คนจาก Amazon Mechanical Turk (MTurk) ซึ่งเป็นบริการ crowdsourcing ที่นิยมใช้ในการวิจัยด้านปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์และการวิจัยเทคโนโลยีที่มีผลกระทบต่อพฤติกรรมมนุษย์

ผลการวิจัยพบว่า ความคาดหวังด้านผลการปฏิบัติงาน (PEOU) และการรับรู้ถึงประโยชน์ (PU) มีผลบวกต่อทัศนคติและความตั้งใจในการใช้ผลิตภัณฑ์และแอปพลิเคชัน IoT นอกจากนี้ ความเชื่อมั่นยังมีผลบวกต่อ PEOU และ PU โดยอิทธิพลทางสังคมมีผลบวกต่อ PEOU และ PU ผ่านกระบวนการกลางของ PEOU ความยืดหยุ่นและการปรับตัวในระยะยาวมีผลบวกต่อการปรับตัวเชิงเทคนิค (Facilitated Appropriation) ซึ่งในทางกลับกันมีผลบวกต่อ PU

การวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่า ปัจจัยด้านจิตวิทยาและเทคนิคมีผลสำคัญต่อความตั้งใจในการยอมรับผลิตภัณฑ์และแอปพลิเคชัน IoT โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ความเชื่อมั่นและอิทธิพลทางสังคมมีบทบาทสำคัญในการกำหนดทัศนคติและความตั้งใจในการใช้ นอกจากนี้ การวิจัยยังชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการออกแบบผลิตภัณฑ์ IoT ที่ยืดหยุ่นและใช้งานง่ายเพื่อเพิ่มโอกาสในการยอมรับและการใช้งานในวงกว้าง

การออกแบบและพัฒนาระบบเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) สำหรับการปลูกข้าวโพด และตรวจสอบปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีนี้ในหมู่เกษตรกร โดยใช้แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี (TAM) ซึ่งประกอบด้วยปัจจัยการรับรู้ประโยชน์ (Perceived Usefulness - PU) การรับรู้ความง่ายในการใช้ (Perceived Ease of Use - PEOU) และความตั้งใจในการใช้ (Intention to Use - I) (Kanita Saengkrajang, 2021)

การวิจัยนี้ดำเนินการในจังหวัดเพชรบูรณ์ โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นเกษตรกรรุ่นใหม่จำนวน 30 คน ในการเก็บข้อมูลผ่านแบบสอบถามออนไลน์และการทดสอบระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งที่ออกแบบขึ้น ซึ่งประกอบด้วยเซ็นเซอร์ตรวจวัดความชื้นในดิน อุณหภูมิ และความชื้นในอากาศ โดยข้อมูลที่ได้รับจากเซ็นเซอร์จะถูกส่งไปยังระบบคลาวด์และจัดเก็บใน Google Sheet

ผลการวิจัยพบว่า ระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งที่พัฒนาขึ้นสามารถตรวจวัดและจัดเก็บข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเกษตรกรมีการรับรู้ประโยชน์ของระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในระดับสูงสุด การรับรู้ความง่ายในการใช้ในระดับสูง และมีความตั้งใจในการใช้ระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในการปลูกข้าวโพดในระดับสูง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการรับรู้ประโยชน์และความง่ายในการใช้มีผลโดยตรงต่อความตั้งใจในการใช้เทคโนโลยีนี้

การวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสามารถนำมาใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ลดต้นทุน และเพิ่มผลผลิตให้กับเกษตรกรได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยการพัฒนาระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับการเกษตรในอนาคต ควรมีการทดลองในพื้นที่ขนาดใหญ่และใช้ข้อมูลจากเซ็นเซอร์หลายตัวเพื่อพัฒนาอัลกอริทึมที่เหมาะสมในการควบคุมการรดน้ำและการจัดการทรัพยากรน้ำ

การระบุปัจจัยที่มีผลต่อความตั้งใจในการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ในหมู่เกษตรกรในประเทศกำลังพัฒนา เช่น ประเทศอิรัก โดยใช้แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี (TAM) และทฤษฎีการวางแผนพฤติกรรม (TPB) การวิจัยนี้เสนอว่าการรับรู้ประโยชน์ (PU) การรับรู้ความซับซ้อน (PC) บรรทัดฐานทางสังคม (SN) ความน่าเชื่อถือ (RE) และการประหยัดค่าใช้จ่าย (CS) จะมีผลต่อความตั้งใจในการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IUIoT) โดยมีการรับรู้คุณค่า (PV) เป็นตัวกลาง และขนาดของพื้นที่เป็นตัวแปรปรับ (Sharef, 2022)

การวิจัยนี้ใช้การสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง โดยเก็บข้อมูลจากเกษตรกรในอิรักจำนวน 223 คน การวิเคราะห์โดยใช้ Smart PLS พบว่าปัจจัย PU, PC, RE, SN และ CS มีผลต่อ IUIoT อย่างมีนัยสำคัญ โดย PV มีบทบาทเป็นตัวกลางอย่างเต็มที่ระหว่าง PC และ IUIoT และเป็นตัวกลางบางส่วนระหว่างปัจจัยอื่น ๆ กับ IUIoT ขนาดของพื้นที่ไม่มีผลปรับระหว่าง PV และ IUIoT

การวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่า ผู้กำหนดนโยบายควรทำให้กระบวนการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ง่ายขึ้น และเพิ่มการรับรู้ถึงประโยชน์ของการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ในหมู่เกษตรกร ผลการวิจัยยังแสดงให้เห็นว่าการรับรู้คุณค่ามีบทบาทสำคัญในการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง มาใช้ แม้ว่าจะมีการรับรู้ว่ามันซับซ้อนก็ตาม

โดยสรุป การวิจัยนี้ได้สำรวจปัจจัยที่มีผลต่อความตั้งใจในการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ในภาคเกษตรกรรมในประเทศกำลังพัฒนา โดยพบว่าปัจจัย การรับรู้ประโยชน์ การรับรู้ความซับซ้อน บรรทัดฐานทางสังคม ความน่าเชื่อถือ และการประหยัดค่าใช้จ่ายมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อ IUIoT และการรับรู้คุณค่ามีบทบาทเป็นตัวกลางในการเชื่อมโยงปัจจัยเหล่านี้กับ IUIoT ขนาดของพื้นที่ไม่มีผลปรับในการนำ IoT มาใช้

การสำรวจการยอมรับเทคโนโลยีการส่งข้อความสั้น (SMS) ผ่านมือถือของเกษตรกรรายย่อยในการให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับฟาร์ม และประเมินบทบาทของลักษณะเกษตรกร (เช่น อายุและประสบการณ์) ในการทำนายความตั้งใจในการใช้เทคโนโลยี SMS การวิจัยนี้ขยายแบบจำลองทฤษฎีการยอมรับและการใช้เทคโนโลยีแบบรวม (UTAUT2) ด้วยการเพิ่มตัวแปรจากความไว้วางใจนวัตกรรมส่วนบุคคลในเทคโนโลยีสารสนเทศ และเป้าหมายการเรียนรู้ (Beza et al., 2018)

การวิจัยใช้กลุ่มตัวอย่างเกษตรกรรายย่อยจำนวน 220 คนจากสามภูมิภาคในเอธิโอเปียที่มีส่วนร่วมในการทดลอง SMS และกลุ่มควบคุม การวิเคราะห์สมการโครงสร้างแสดงให้เห็นว่าความตั้งใจในการใช้เทคโนโลยี SMS สำหรับการให้ข้อมูลทางการเกษตรถูกทำนายโดยการรับรู้ประโยชน์ของเทคโนโลยี (performance expectancy) ความพยายามที่ต้องใช้ (effort expectancy) ต้นทุนการใช้เทคโนโลยี (price value) และความไว้วางใจในองค์กรที่จัดการ (trust)

การวิเคราะห์กลุ่มหลายกลุ่มโดยใช้ลักษณะเกษตรกรเป็นตัวแปรปรับแสดงให้เห็นว่าการรับรู้ประโยชน์มีความสำคัญสำหรับเกษตรกรที่อายุน้อยกว่า ในขณะที่ต้นทุนการใช้มีความสำคัญสำหรับเกษตรกรที่ไม่ได้เข้าร่วมในการทดลอง SMS การวิจัยนี้ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์และแนวทางปฏิบัติสำหรับผู้ปฏิบัติงานด้านวิทยาศาสตร์พลเมือง ผู้กำหนดนโยบาย และนักพัฒนาแอปพลิเคชันมือถือในการระบุปัจจัยที่ขับเคลื่อนการยอมรับเทคโนโลยี SMS ของเกษตรกรในการเก็บข้อมูลทางการเกษตร

การศึกษาผลกระทบของการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ต่อความยั่งยืนของนักนวัตกรรมระดับรากหญ้าในมาเลเซีย โดยมุ่งเน้นที่การขยายตัวแปรสองตัวคือการรับรู้ประโยชน์และการรับรู้ความง่ายในการใช้งาน การวิจัยนี้ใช้กรอบแนวคิดที่ผสานองค์ประกอบหลักเพื่อสร้างกรอบแนวคิดเชิงทฤษฎี โดยใช้แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี (TAM), ทฤษฎีการยอมรับและการใช้เทคโนโลยีแบบรวม (UTAUT) และทฤษฎีการแพร่กระจายนวัตกรรม (DOI) รวมถึงการผสานแบบจำลอง Task-Technology Fit (TTF) ที่ขยายเพิ่มเติม ตัวอย่างในการวิจัยนี้ได้มาจากนักนวัตกรรมระดับรากหญ้าจำนวน 335 คนจากเจ็ดโซนทั่วมาเลเซีย (Mohamed Salleh, 2021)

กระบวนการวิจัยใช้การวิเคราะห์สมการโครงสร้าง (SEM) เพื่อให้แน่ใจถึงความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของผลลัพธ์ โดย SEM คาดว่าจะสามารถแสดงผลกระทบของการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งต่อความยั่งยืนของนักนวัตกรรมระดับรากหญ้าในมาเลเซีย ผลการวิจัยควรให้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับวิธีที่นักนวัตกรรมระดับรากหญ้าในมาเลเซียและชุมชนที่คล้ายคลึงกันในประเทศอื่น ๆ สามารถรักษาความสามารถในการนวัตกรรมของตนเองได้โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

ผลลัพธ์ของการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งช่วยให้นักนวัตกรรมระดับรากหญ้าสามารถพัฒนานวัตกรรมจากการใช้งานไปสู่การพาณิชย์ล่วงหน้าและได้รับประโยชน์มากกว่าการไม่แสวงหาผลกำไร การใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งช่วยให้นักนวัตกรรมระดับรากหญ้าสามารถผสานความรู้เชิงปฏิบัติและวิทยาศาสตร์เข้าด้วยกัน และการเตรียมความพร้อมในการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในการพัฒนานวัตกรรมของพวกเขาเปิดโอกาสกว้างในการทำซ้ำ ปรับปรุง และนำไปใช้ที่อื่น

การวิจัยนี้ให้ความเข้าใจที่สำคัญแก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการระบุกลยุทธ์เพื่อเพิ่มการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในนักนวัตกรรมระดับรากหญ้าเพื่อให้มั่นใจถึงความยั่งยืนในด้านปัญหาสิ่งแวดล้อม โครงสร้างสังคม และความสำคัญทางเศรษฐกิจ

การระบุปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับการทำฟาร์มอัจฉริยะ เพื่อทำความเข้าใจสาเหตุของการยอมรับที่ต่ำแม้จะมีการสนับสนุนอย่างต่อเนื่องจากเศรษฐกิจเกิดใหม่ต่างๆ โดยใช้ข้อมูลจากผู้ตอบ

แบบสอบถาม 597 คนและวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Partial Least Square (PLS) - Structural Equation Modelling (SEM) (Dixit et al., 2023a)

กรอบแนวคิดในการวิจัยนี้ใช้โมเดลการแพร่กระจายนวัตกรรมของ Rogers โดยมีตัวแปรหลัก 6 ตัว ได้แก่ ความได้เปรียบเชิงสัมพัทธ์ ความเข้ากันได้ ความง่ายในการใช้งาน ความเสี่ยงที่รับรู้ การสนับสนุนจากรัฐบาล และประสิทธิผลของการสื่อสารการขยายการเกษตร นอกจากนี้ยังมีตัวแปรทัศนคติเป็นตัวกลางเพื่อทำความเข้าใจพฤติกรรมของเกษตรกร

การวิจัยนี้ใช้ข้อมูลจากผู้ตอบแบบสอบถาม 597 คน โดยใช้การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง (SEM) ผลการวิจัยพบว่าความได้เปรียบเชิงสัมพัทธ์ ความเข้ากันได้ ความง่ายในการใช้งาน ทัศนคติ ประสิทธิผลของการสื่อสารการขยายการเกษตร และการสนับสนุนจากรัฐบาลมีอิทธิพลเชิงบวกต่อการยอมรับการทำฟาร์มอัจฉริยะ ในขณะที่ความเสี่ยงที่รับรู้มีอิทธิพลเชิงลบต่อการยอมรับการทำฟาร์มอัจฉริยะ

การวิจัยนี้ยังพบว่าความสามารถในการมองเห็นและการแสดงผลลัพธ์ไม่มีอิทธิพลต่อการยอมรับการทำฟาร์มอัจฉริยะ และในกรณีของทัศนคติ ความได้เปรียบเชิงสัมพัทธ์ ความเข้ากันได้ ความง่ายในการใช้งาน และการแสดงผลลัพธ์มีอิทธิพลเชิงบวก ขณะที่ความเข้ากันได้และความสามารถในการมองเห็นไม่มีอิทธิพลต่อทัศนคติ

ผลการวิจัยนี้สามารถนำไปใช้กับประเทศที่มีพื้นฐานทางวัฒนธรรม ประวัติศาสตร์ และเศรษฐกิจที่คล้ายคลึงกันได้

2.3 สรุปเอกสารและงานวิจัยตามองค์ประกอบการวิจัย

ในปัจจุบันเทคโนโลยีสมาร์ทฟาร์มได้รับความสนใจและการพัฒนาอย่างต่อเนื่องในอุตสาหกรรมเกษตร เนื่องจากสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ลดต้นทุน และปรับปรุงการบริหารจัดการฟาร์มให้มีความยั่งยืนมากขึ้น อย่างไรก็ตาม การยอมรับและการนำแพลตฟอร์มสมาร์ทฟาร์มมาใช้งานในภาคเกษตรกรรมนั้นยังคงเป็นความท้าทายที่สำคัญ ซึ่งต้องอาศัยการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับเทคโนโลยีดังกล่าว

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการผสมผสานทฤษฎีและแบบจำลองที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยี เช่น ทฤษฎีรวมของการยอมรับและการใช้เทคโนโลยี (The unified theory on acceptance and use of technology : UTAUT) บูรณาการเข้ากับทฤษฎีพฤติกรรมตามแผน (Theory of Planned Behavior: TPB) และ ทฤษฎีแบบจำลองความสำเร็จของระบบสารสนเทศ (Information System Success Model: IS Success) นอกจากนี้ยังมีปัจจัยเสริมด้านปัญญาประดิษฐ์จนเกิดเป็นแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยีเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในระบบฟาร์มอัจฉริยะเพื่อใช้ในการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการยอมรับการใช้งานเทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะ (AI-Augmented ฟาร์มอัจฉริยะ Technology Acceptance Mode : AI-SFAM)

เพื่อพัฒนากรอบแนวคิดใหม่ในการศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการยอมรับแพลตฟอร์มสมาร์ทฟาร์มของเกษตรกร นอกจากนี้ งานวิจัยยังมุ่งประเมินความพร้อมใช้งานของแพลตฟอร์มสมาร์ทฟาร์มในอุตสาหกรรมเกษตรไทย เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สามารถนำไปใช้ในการพัฒนาและส่งเสริมการนำเทคโนโลยีดังกล่าวมาใช้ในภาคเกษตรกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยจะสรุปเป็นการสังเคราะห์งานวิจัยดังตารางที่ 2-1 ถึง 2-2

ตารางที่ 2-1 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรหรือฟาร์มอัจฉริยะ

ลำดับ	ผู้วิจัย	เทคโนโลยี	โครงสร้างระบบ	ประโยชน์
1	(Munir et al., 2018)	ระบบนี้ใช้ฟัซซี่ลอจิก (Fuzzy Logic) ในการตัดสินใจเกี่ยวกับปริมาณน้ำและเวลาที่จะให้น้ำแก่พืช	เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน ความชื้นในอากาศ อุณหภูมิ และความเข้มของแสง เพื่อเก็บข้อมูลและควบคุมการให้น้ำแก่พืช	การตัดสินใจเกี่ยวกับปริมาณน้ำและเวลาที่จะให้น้ำแก่พืช โดยพิจารณาจากชนิดของพืช สภาพอากาศ ความชื้นในดิน และอุณหภูมิ
2	(Muangprathub et al., 2019)	เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย (WSN) ที่สามารถจัดการข้อมูลผ่านสมาร์ทโฟนและเว็บแอปพลิเคชัน	ส่วนประกอบของระบบจะประกอบไปด้วย ฮาร์ดแวร์: กล่องควบคุมที่เชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์วัดความชื้นในดินและอุปกรณ์อื่นๆ เพื่อเก็บข้อมูลเกี่ยวกับพืช เว็บแอปพลิเคชัน: ใช้ในการจัดการข้อมูลพืชและข้อมูลสนาม รวมถึงการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทำนายความต้องการน้ำของพืชในอนาคต แอปพลิเคชันบนมือถือ: ใช้ในการควบคุมการให้น้ำพืชผ่านสมาร์ทโฟน ทั้งในโหมดอัตโนมัติและโหมดควบคุมด้วยตนเอง	ระบบควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติที่ใช้เซ็นเซอร์ LDR ในการตรวจจับแสงและควบคุมการเปิด-ปิดไฟ

ตารางที่ 2-1 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรหรือฟาร์มอัจฉริยะ (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	เทคโนโลยี	โครงสร้างระบบ	ประโยชน์
3	(Hsu et al., 2020)	Cloud fog computing	ระบบเครือข่ายและความเร็วในการประมวลผลข้อมูลในฟาร์มอัจฉริยะสำหรับการเกษตร การผสานรวมระบบ Cloud fog computing	เพิ่มประสิทธิภาพการเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลในพื้นที่การเกษตรขนาดใหญ่
4	(Yoon et al., 2018)	การสื่อสาร 3 แบบ เช่น LPWAN: ระยะไกลถึง 10 กม. ใช้ความถี่ 900 MHz , Bluetooth: ระยะใกล้ถึง 100 ม. ใช้ความถี่ 2.4 GHz และ RS485: การสื่อสารแบบใช้สาย ระยะไกลถึง 1.2 กม. ใช้โปรโตคอล MQTT	ระบบประกอบด้วยโหนดเซ็นเซอร์, เกตเวย์, เซิร์ฟเวอร์, ฐานข้อมูล และสมาร์ทโฟนสำหรับผู้ใช้งาน	ง่ายต่อการเพิ่มอุปกรณ์และขยายระบบ

ตารางที่ 2-1 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรหรือฟาร์มอัจฉริยะ (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	เทคโนโลยี	โครงสร้างระบบ	ประโยชน์
5	(Chepken, 2022)	-	พัฒนาระบบใหม่ร่วมกับเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม 5 รายในเคนยา	เกษตรกรสามารถจัดการข้อมูลของตนเองได้ และมีการไหลของข้อมูลแบบสองทิศทาง
6	(University Duisburg-Essen, Research Group for Business Informatics and Software Engineering, Essen,	เซ็นเซอร์ ตัวขับเคลื่อน การควบคุม ไมโครโพรเซสเซอร์ ซอฟต์แวร์ และการจัดเก็บข้อมูล	สถาปัตยกรรมที่มีอยู่ 18 แบบ เพื่อพัฒนาสถาปัตยกรรมระบบสารสนเทศที่เป็นอิสระจากกรณีการใช้งานหรือเทคโนโลยีเฉพาะและมุ่งเน้นไปที่ด้านฟาร์มอัจฉริยะ	สามารถตรวจสอบ ควบคุม ปรับให้เหมาะสม และทำงานได้โดยอัตโนมัติ

ตารางที่ 2-1 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรหรือฟาร์มอัจฉริยะ (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	เทคโนโลยี	โครงสร้างระบบ	ประโยชน์
	Germany & Strobel, 2020)			
7	(Ayoub Shaikh et al., 2022)	การเกษตรแม่นยำสูงและการเกษตรอัจฉริยะ	-	ช่วยให้เกษตรกรสามารถเพิ่มผลผลิตและลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติลงได้
8	(Suanpang & Jamjuntr, 2019)	Raspberry Pi , DHT22	ระบบควบคุมน้ำอัตโนมัติสำหรับการเกษตร	ควบคุมปริมาณน้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช
9	(Dickson & Amannah, 2023)	ReactJS สำหรับพัฒนาส่วนติดต่อผู้ใช้, Amazon Web Services IoT Core สำหรับระบบหลังบ้าน, Arduino สำหรับพัฒนาโหนดเซ็นเซอร์ และ	ระบบเซ็นเซอร์ การสื่อสาร และการวิเคราะห์ข้อมูล	ความแม่นยำของการวัด การจัดการน้ำชลประทาน การเข้าถึงแพลตฟอร์ม การแสดงผลวิดีโอแบบเรียลไทม์ ความเป็นมิตรต่อผู้ใช้ และประสิทธิภาพโดยรวม

ตารางที่ 2-1 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรหรือฟาร์มอัจฉริยะ (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	เทคโนโลยี	โครงสร้างระบบ	ประโยชน์
		Python สำหรับโหนดควบคุมบน Raspberry Pi		
10	(Moysiadis et al., 2021)	WSNs , อากาศยานไร้คนขับ (UAVs) ยานพาหนะภาคพื้นไร้คนขับ (UGVs)	-	ช่วยเพิ่มผลผลิต ลดต้นทุนการผลิต ลดการใช้ปัจจัยการผลิตเช่นเชื้อเพลิง ปุ๋ย และยาฆ่าแมลง ลดแรงงาน และปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์
11	(Dagar et al., 2018)	เซ็นเซอร์อุณหภูมิ เซ็นเซอร์ pH ของดิน เซ็นเซอร์ความชื้นในดิน เซ็นเซอร์ปริมาณน้ำ เซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว	เซ็นเซอร์จะเก็บข้อมูลเกี่ยวกับสภาพดินและอากาศ แล้วส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์ที่สามารถดำเนินการตามข้อมูลนั้นได้ เช่น การเปิดปิดปั๊มน้ำหรือการปรับอุณหภูมิในโพลีเฮาส์	เพื่อเพิ่มผลผลิตในขณะที่ลดต้นทุน ตัวอย่างเช่น การใช้โพลีเฮาส์ซึ่งเป็นโครงสร้างที่ป้องกันพืชจากสภาพอากาศที่ไม่เอื้ออำนวย ทำให้

ตารางที่ 2-1 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรหรือฟาร์มอัจฉริยะ (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	เทคโนโลยี	โครงสร้างระบบ	ประโยชน์
				สามารถเพิ่มผลผลิตได้เกือบสองเท่า
12	(Ramli et al., 2020)	โปรโตคอล LoRaWAN และ IEEE 802.11ac	ตรวจสอบข้อมูลแบบเรียลไทม์ในฟาร์มอัจฉริยะ	สามารถลดความล่าช้าและเพิ่มจำนวนข้อมูลที่รวบรวม
13	(Chieochan et al., 2017)	NodeMCU , DHT22 , NETPIE , LINE API	ควบคุมและตรวจสอบความชื้นในฟาร์มเห็ดหลินจือที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยใช้เซ็นเซอร์วัดความชื้นที่เชื่อมต่อกับแพลตฟอร์ม NETPIE	ช่วยลดต้นทุนแรงงานและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน โดยการใช้เทคโนโลยีนี้มีต้นทุนประมาณ 2,000 บาท แต่สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้ถึง 10 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้แรงงานมนุษย์
14	(Amiri-Zarandi et al., 2022)	Cloud Computing ,Edge Computing	แพลตฟอร์มสำหรับการประมวลผลข้อมูลในฟาร์มอัจฉริยะ	เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตในเกษตรกรรม

ตารางที่ 2-1 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรหรือฟาร์มอัจฉริยะ (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	เทคโนโลยี	โครงสร้างระบบ	ประโยชน์
15	(Kodali et al., 2018)	LoRaWAN , LoRa , DHT-11	IBM Watson IoT	ประหยัดพลังงานความปลอดภัยและความสามารถในการขยาย
16	(Al-Ali et al., 2019)	ใช้ตัวควบคุม National Instruments myRIO ที่มีการเชื่อมต่อเซนเซอร์และปั๊มน้ำ และใช้พลังงานแสงอาทิตย์	มีโหมดการทำงาน 3 แบบ: โหมดควบคุมด้วยตัวเอง โหมดควบคุมและตรวจสอบระยะไกล และโหมดควบคุมด้วยตรรกศาสตร์คลุมเครือ	ส่งเสริมการเกษตรที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยการใช้พลังงานทดแทนและการจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ
17	(Zamora-Izquierdo et al., 2019)	Network Function Virtualisation, Cyber-Physical Systems	ใช้ FIWARE เป็นพื้นฐานในระดับขอบเขตและคลาวด์	ระบบสามารถประหยัดน้ำและปุ๋ยมากกว่า 30% เมื่อเทียบกับการปลูกแบบปกติ

ตารางที่ 2-1 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรหรือฟาร์มอัจฉริยะ (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	เทคโนโลยี	โครงสร้างระบบ	ประโยชน์
18	(Serikul et al., 2018)	ไมโครคอนโทรลเลอร์ Node MCU ESP8266 และเซ็นเซอร์วัดความชื้น SHT21	ติดตามและตรวจสอบระดับความชื้นของข้าวเปลือกที่เก็บในโกดัง โดยการออกแบบและพัฒนาแคปซูลอัจฉริยะสำหรับวัดความชื้นข้าวที่อยู่ในถุง	ช่วยให้เกษตรกรสามารถติดตามและควบคุมระดับความชื้นของข้าวได้อย่างแม่นยำ ซึ่งช่วยลดความเสี่ยงในการเน่าเสียของข้าว
19	(Ryu et al., 2015)	ZigBee, WiFi, และ MQTT เพื่อเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ	แอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน สำหรับการติดตามและควบคุมฟาร์มจากระยะไกล	ช่วยให้เกษตรกรสามารถติดตามสภาพแวดล้อมและควบคุมฟาร์มโดยใช้โทรศัพท์สมาร์ทโฟน
20	(Kamilaris et al., 2016)	Agri-IoT	Data Wrapper, Device Manager, Discovery Module, Data Aggregation, Data Federation, Event Detection, Real-Time Adaptive Reasoning และ Dashboard	ระบบช่วยให้การใช้น้ำและปุ๋ยมีประสิทธิภาพมากขึ้น ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
1	(Putra et al., 2023)	SEM	การค้นหาวิธีที่เกษตรกรใช้เทคโนโลยีแอปพลิเคชันการเกษตรเพื่อพัฒนาการเกษตรในพื้นที่ชนบท	UTAUT 2	120 / อินโดนีเซีย	ความตั้งใจเชิงพฤติกรรมมีผลต่อพฤติกรรมการใช้ และแรงจูงใจเชิงความสุขมีผลต่อความตั้งใจเชิงพฤติกรรม นอกจากนี้ ประสบการณ์การใช้แอปพลิเคชันการเกษตรช่วยเสริมความเชื่อมั่นของผู้ใช้
2	(Mathebula, 2022)	SEM, PLS, และ AMOS	ปรับทฤษฎีการยอมรับและการใช้เทคโนโลยีแบบรวม โดยการเพิ่มความยั่งยืนเป็นตัวแปรเพื่อดูว่ามีอิทธิพลต่อเกษตรกรในเมืองโจฮันเนสเบิร์กอย่างไร	UTAUT	32 / แอฟริกาใต้	การคาดหวังความพยายามและอิทธิพลทางสังคมมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับเจตนาทางพฤติกรรมในการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ในขณะที่ความยั่งยืนไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
3	(Giua et al., 2022)	SEM , ZIP	สำรวจปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีการเกษตรอัจฉริยะ	UTAUT	32 / แอฟริกาใต้	ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีการเกษตรอัจฉริยะ ได้แก่ อิทธิพลทางสังคมและความซับซ้อนของเทคโนโลยี
4	(Schukat & Heise, 2021b)	SEM , AMOS 26	เพื่อสำรวจปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความตั้งใจของเกษตรกรชาวบังคลาเทศในการยอมรับและจ่ายเงินสำหรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง	UTAUT 2	345 / บังคลาเทศ	ความคาดหวังด้านประสิทธิภาพ การสนับสนุนจากรัฐบาล เงื่อนไขที่เอื้อต่อการใช้เทคโนโลยี แรงจูงใจทางอารมณ์ ความคาดหวังด้านความพยายาม ความเชื่อมั่น มูลค่าราคาและนวัตกรรมส่วนบุคคล มีอิทธิพลต่อความตั้งใจในการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
5	(Yoon et al., 2020)	PLS-SEM	เพื่อสำรวจปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับฟาร์มอัจฉริยะในเกาหลี	TOE, DOI	232 /เกาหลี	ความเข้ากันได้ของเทคโนโลยีเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการยอมรับฟาร์มอัจฉริยะ นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงสู่สภาพแวดล้อมดิจิทัลยังเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการยอมรับฟาร์มอัจฉริยะอีกด้วย
6	(che nawi et al., 2021)	PLS-SEM (Smart-PLS)	เพื่อสำรวจแรงจูงใจในการยอมรับบริการเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ในการค้าปลีกในกลุ่มเยาวชนมาเลเซีย	UTAUT	357 / มาเลเซีย	การคาดหวังด้านประสิทธิภาพ การสนับสนุนจากเงื่อนไขที่เอื้ออำนวย การรับรู้ความสนุกสนาน และการรับรู้ความเชื่อถือในเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมีผลบวกและมีนัยสำคัญต่อแรงจูงใจในการ

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
						ยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง
7	(Jayashankar et al., 2018)	SEM	เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) มาใช้ในภาคการเกษตร	TAM	492 / สหรัฐอเมริกา	การส่งเสริมความเชื่อมั่นและการลดความเสี่ยงที่รับรู้สามารถเพิ่มการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในภาคการเกษตรได้ นอกจากนี้ มูลค่าที่รับรู้ในด้านเศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม และความรู้ยัง

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
						เป็นปัจจัยสำคัญที่กระตุ้นให้เกษตรกรนำเทคโนโลยีนี้มาใช้
8	(Ronaghi & Forouharfar, 2020)	LISREL,SPSS	ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับและการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ในการเกษตรอัจฉริยะ	UTAUT	392 / ประเทศอิหร่าน	ความคาดหวังด้านประสิทธิภาพ ความคาดหวังด้านความสะดวกในการใช้งาน มีผลบวกต่อความตั้งใจใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
9	(Fretzen, 2018)	-	เพื่อวิเคราะห์กระบวนการดิจิทัลของบริษัท โดยศึกษาบทบาทของเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ในฐานะเครื่องมือเชิงกลยุทธ์	TAM,UTAUT	-	ปัจจัยที่กระตุ้นให้ผู้จัดการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้มีมากกว่าปัจจัยที่ขัดขวาง โดยปัจจัยที่กระตุ้นได้แก่ การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการ การขยายห่วงโซ่คุณค่า และความสามารถในการทำกำไร ขณะที่ปัจจัยที่ขัดขวางได้แก่ ต้นทุนสูง

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
10	(Duang-Ek-Anong et al., 2019)	-	เพื่อประเมินความพร้อมทางเทคโนโลยีสำหรับการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) มาใช้ในเกษตรอัจฉริยะในประเทศไทย	TAM	395 / ไทย	ปัจจัยที่มีผลสำคัญต่อความพร้อมด้านเทคโนโลยี (TR) ได้แก่ ผู้ตัดสินใจ (DM) ความพร้อมด้าน IT ความพร้อมด้านกระบวนการธุรกิจ (BP) และวัฒนธรรมองค์กร (OC) แต่ความพร้อมด้านทรัพยากรมนุษย์ (HR) ไม่เป็นปัจจัยสำคัญ
11	(Bahari et al., 2024)	PLS-SEM	เพื่อสำรวจปัจจัยที่มีผลต่อการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) มาใช้ในภาค	TOE	179 / มาเลเซีย	ข้อได้เปรียบเชิงสัมพัทธ์ ความเข้ากันได้ ความสามารถทางเทคโนโลยี ค่าใช้จ่าย ความรู้ทางเทคนิค การสนับสนุนจากผู้บริหารระดับสูง ความพร้อมขององค์กร ความกดดันจาก

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
			การเกษตรในประเทศมาเลเซีย			การแข่งขัน และการสนับสนุนจากรัฐบาล โดยการสนับสนุนจากรัฐบาลเป็นปัจจัยที่มีผลมากที่สุด
12	(Shi et al., 2022)	SEM , AMOS 26	เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความเต็มใจของเกษตรกรในบังคลาเทศในการนำและจ่ายเงินสำหรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ในภาคการเกษตร	UTAUT 2	345 / บังคลาเทศ	ความไว้วางใจและความเต็มใจที่จะนำมาใช้ยังมีผลต่อความเต็มใจที่จะจ่ายสำหรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ในขณะที่ความคาดหวังด้านประสิทธิภาพไม่มีผลต่อความเต็มใจที่จะจ่าย

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
13	(Jepkorir et al., 2022)	-	เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) มาใช้ในฟาร์มเรือนกระจกในเคนยา โดยเน้นที่การเกษตรในเรือนกระจก	RBV ,DOI , TAM, TOE	198 / เคนยา	เงื่อนไขที่เอื้ออำนวยมีบทบาทสำคัญในการเป็นตัวกลางระหว่างความคาดหวังด้านประสิทธิภาพและความเต็มใจที่จะนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ ผลการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าการสนับสนุนจากรัฐบาลและการสร้างเงื่อนไขที่เอื้ออำนวยเป็นปัจจัยสำคัญที่จะช่วยเพิ่มความเต็มใจในการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในภาคการเกษตร

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
14	(Wee & Lim, 2022)	PLS	เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความตั้งใจในการนำเทคโนโลยีการเกษตรอัจฉริยะมาใช้ในซาราวัก ประเทศมาเลเซีย	UTAUT	381 / มาเลเซีย	ความคาดหวังด้านประสิทธิภาพ (PE) ความคาดหวังด้านความพยายาม (EE) อิทธิพลทางสังคม (SI) และเงื่อนไขที่เอื้ออำนวย (FC) มีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมความตั้งใจของเกษตรกรในการนำเทคโนโลยีการเกษตรอัจฉริยะมาใช้ในซาราวัก
15	(Jabbari et al., 2023)	Survey ,Likert	เพื่อสำรวจการรับรู้และการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) สำหรับการตรวจสอบ	-	500 / ซาอุดีอาระเบีย	การเพิ่มการรับรู้และการสนับสนุนจากรัฐบาลสามารถช่วยส่งเสริมการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของ

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
			สุขภาพพืชและการทำนายผลผลิตในจังหวัดจีซาน ประเทศซาอุดีอาระเบีย			สรรพสิ่งในภาคการเกษตรของจังหวัดจีซานได้
16	(R. Sun et al., 2021)	SEM	เพื่อศึกษาความตั้งใจและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) มาใช้ในการตรวจสอบย้อนกลับของอาหารในกลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงสุกร	UTAUT	264 / จีน	ความคาดหวังด้านความพยายามมีผลเชิงบวกต่อความตั้งใจในการนำเทคโนโลยีมาใช้ ความคาดหวังด้านประสิทธิภาพมีผลเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญต่อความตั้งใจในการนำเทคโนโลยีมาใช้ อิทธิพลทางสังคมมีผลเชิงบวกต่อความตั้งใจในการนำเทคโนโลยีมาใช้

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
17	(Tubtiang & Pipatpanuvittaya, 2015)	Cronbach's alpha,SPSS	เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อทัศนคติต่อการนำเทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะ	TAM	7,000 / ไทย	ปัจจัยการใช้งานมีผลเชิงบวกต่อการรับรู้ความง่ายในการใช้และการรับรู้ประโยชน์ในการใช้ ปัจจัยการเงินมีผลเชิงบวกต่อการรับรู้ความง่ายในการใช้และการรับรู้ประโยชน์ในการใช้ และปัจจัยโครงสร้างพื้นที่มีผลเชิงบวกต่อการรับรู้ความง่ายในการใช้และการรับรู้ประโยชน์ในการใช้
18	(Sa'don & Salim, 2021)	Cronbach's alpha	เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) มาใช้ในฟาร์มในเมือง	TAM, TPB	110 / มาเลเซีย	ปัจจัยทางสังคมมีผลเชิงบวกต่อการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในฟาร์มเมือง ขณะที่ปัจจัยการรับรู้ประโยชน์และการควบคุม

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
						พฤติกรรมมีความสัมพันธ์น้อยกับการนำเทคโนโลยีมาใช้
19	(Yoon et al., 2020)	-	เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการนำฟาร์มอัจฉริยะมาใช้ในประเทศเกาหลีใต้	TOE ,DOI	232 / เกาหลีใต้	ความเข้ากันได้ของเทคโนโลยีและการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมดิจิทัลมีผลสำคัญต่อการนำฟาร์มอัจฉริยะมาใช้ ขณะที่ต้นทุนทางการเงินมีผลลบต่อการนำฟาร์มอัจฉริยะมาใช้ ผลการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าความเข้ากันได้ของเทคโนโลยีเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการนำฟาร์มอัจฉริยะมาใช้

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
20	(Kang, Chang, et al., 2020)	-	เพื่อศึกษาความตั้งใจของผู้บริโภคในการยอมรับเทคโนโลยีในการผลิตทางการเกษตร	UTAUT 2	204 / จีน	ความเข้ากันได้ของเทคโนโลยีและการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมดิจิทัลมีผลสำคัญต่อการนำฟาร์มอัจฉริยะมาใช้
21	(Wee & Lim, 2022)	PLS-SEM	เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความตั้งใจในการนำเทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะมาใช้ในรัฐซาราวัก ประเทศมาเลเซีย	UTAUT	381 / มาเลเซีย	การคาดหวังผลการปฏิบัติงาน (PE), การคาดหวังความพยายาม (EE), อิทธิพลทางสังคม (SI) และเงื่อนไขการสนับสนุน (FC) มีอิทธิพลต่อความตั้งใจในการนำเทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะมาใช้ โดยอิทธิพลทางสังคม (SI) มีอิทธิพลมากที่สุด

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
22	(Pillai & Sivathanu, 2020)	-	เพื่อศึกษาการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) มาใช้ในอุตสาหกรรมการเกษตรของเกษตรกรในประเทศอินเดีย	BRT	1,580 / อินเดีย	เหตุผลที่สนับสนุนการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ประกอบด้วย ข้อได้เปรียบเชิงสัมพัทธ์, อิทธิพลทางสังคม, ความสะดวกในการใช้ และการรับรู้ถึงประโยชน์
23	(Jeong et al., 2020)	Survey , Likert 5 จุด ,SPSS 25.0	เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีสมาร์ทฟาร์มโดยพนักงานขององค์กรเกษตรกรในชนบทของเกาหลีใต้	TPB, TAM, UTAUT, IDT	165 / เกาหลีใต้	ปัจจัยที่มีผลต่อความตั้งใจในการยอมรับสมาร์ทฟาร์ม ได้แก่ การควบคุมพฤติกรรมที่รับรู้, การรับรู้ประโยชน์, ผลกระทบทางสังคม, และความเหมาะสม โดยการรับรู้ประโยชน์มีผลมากที่สุด นอกจากนี้ยัง

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
						พบว่า ความเข้าใจเกี่ยวกับสมาร์ทฟาร์มมีผลต่อความตั้งใจในการยอมรับอย่างมีนัยสำคัญ
24	(Jaroenwanit et al., 2023)	SEM	เพื่อศึกษาการจัดการความเสี่ยงในการนำเทคโนโลยีสมาร์ทฟาร์มมาใช้โดยเกษตรกรในชนบท	IDT , TAM	400 / ไทย	การสนับสนุนจากรัฐบาลมีผลมากที่สุดต่อการยอมรับสมาร์ทฟาร์มและการจัดการความเสี่ยง โดยมีอิทธิพลทางตรงและทางอ้อมที่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
25	(Strong et al., 2022)	Descriptive Statistics Regression Analysis	เพื่อประเมินอุปสรรคในการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) สำหรับการเกษตรอัจฉริยะมาใช้ในกลุ่มเกษตรกรชาวบราซิล โดยมุ่งเน้นไปที่การทำความเข้าใจความสำคัญของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียก่อนการเปิดตัวนวัตกรรม	DOI	344 / บราซิล	เกษตรกรที่มีการศึกษาสูง มีความรู้สึกต่อสถานะทางสังคมมากขึ้น มีความเข้าใจในการใช้เทคโนโลยีมากขึ้น และมักถูกระบุว่าเป็นผู้นำความคิดเห็นในชุมชน นวัตกรรมที่มีลักษณะง่ายต่อการใช้งาน สื่อสารได้ง่าย ยอมรับในสังคม และมีความสามารถในการใช้งานสูง
26	(Talero-Sarmiento et al., 2023)	Survey	เพื่อระบุโอกาสและอุปสรรคในการนำเทคโนโลยีการเกษตร	UTAUT , TAM	ศึกษาวิจัยที่คัดเลือกมาจำนวน 2016-	การนำเทคโนโลยีการเกษตรอัจฉริยะมาใช้มีประโยชน์หลายประการ เช่น เพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ลดต้นทุน

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
			อัจฉริยะมาใช้ในพื้นที่ชนบท โดยเน้นการออกแบบที่มุ่งเน้นผู้ใช้เพื่อเพิ่มการยอมรับเทคโนโลยี		2021 รวมทั้งสิ้น 409 เอกสาร	การใช้ทรัพยากร และปรับปรุงความสะดวกสบายในการทำงานของเกษตรกร อย่างไรก็ตาม ยังพบอุปสรรคหลายประการ เช่น ความซับซ้อนในการใช้งาน ขาดการศึกษาเกี่ยวกับเทคโนโลยี
27	(Thomas et al., 2023)	-	เพื่อทำความเข้าใจการยอมรับเทคโนโลยีในเกษตรกรรมอัจฉริยะ โดยมุ่งเน้นที่ระบบการพยากรณ์และการสนับสนุนการ	TAM, TFA	ศึกษาวิจัยที่คัดเลือกมาจำนวน 16 บทความ	ปัจจัยที่เอื้อต่อการยอมรับเทคโนโลยี ได้แก่ การเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุน ความรู้และข้อมูลที่เพิ่มขึ้น การสนับสนุนการฝึกอบรม ความคุ้นเคยกับเทคโนโลยี และการสนับสนุนการทำงานประจำวัน

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
			ตัดสินใจในด้านการผลิตพืชผล			
28	(Langer et al., 2024)	PLS	เพื่อระบุอุปสรรคในการยอมรับและตรวจสอบว่าปัจจัยที่มีผลกระทบทางด้านความคิดและอารมณ์สามารถอธิบายการยอมรับและการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) มาใช้ในฟาร์มโคนมได้หรือไม่	TAM, MGB	212 / เยอรมัน	นอกจากข้อกำหนดทางเทคนิคและทัศนคติทางความคิดแล้ว ปัจจัยทางอารมณ์ก็มีความสำคัญต่อการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในฟาร์มโคนม ข้อค้นพบเหล่านี้สำคัญต่อผู้ผลิต นโยบาย และสมาคมการเกษตรและดิจิทัล

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
29	(Molina-Maturano et al., 2021)	SEM	เพื่อศึกษาความตั้งใจของเกษตรกรผู้ถือครองรายย่อยในการนำแอปพลิเคชันการเกษตรมาใช้ โดยเน้นที่บทบาทของแนวทางการเรียนรู้แบบมุ่งมั่น	UTAUT	394 / เม็กซิโก	ความคาดหวังด้านผลการปฏิบัติงาน (PE) และเงื่อนไขที่เอื้ออำนวย (FC) มีผลบวกต่อความตั้งใจในการนำแอปมาใช้ ในขณะที่ความพยายามที่คาดหวัง (EE) และอิทธิพลทางสังคม (SI) ไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญ
30	(Tsourela & Nerantzaki, 2020)	SEM	เพื่อศึกษาปัจจัยที่กำหนดความตั้งใจในการยอมรับผลิตภัณฑ์และแอปพลิเคชันเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ในหมู่บุคคลทั่วไป	IoTAM	812 จาก MTurk (แพลตฟอร์มออนไลน์)	ความคาดหวังด้านผลการปฏิบัติงาน (PEOU) และการรับรู้ถึงประโยชน์ (PU) มีผลบวกต่อทัศนคติและความตั้งใจในการใช้ผลิตภัณฑ์และแอปพลิเคชัน IoT

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
31	(Kanita Saengkrajang, 2021)	-	เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) สำหรับการปลูกข้าวโพด และตรวจสอบปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีนี้ในหมู่เกษตรกร	TAM	30 / ไทย	ระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งที่พัฒนาขึ้นสามารถตรวจวัดและจัดเก็บข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเกษตรกรมีการรับรู้ประโยชน์ของระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในระดับสูงสุด
32	(Sharef, 2022)	SEM	เพื่อระบุปัจจัยที่มีผลต่อความตั้งใจในการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ในหมู่	TAM, TPB	223 / อิรัก	ปัจจัย การรับรู้ประโยชน์ การรับรู้ความซับซ้อน บรรทัดฐานทางสังคม ความน่าเชื่อถือ และการประหยัดค่าใช้จ่ายมีผลอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
			เกษตรกรในประเทศกำลังพัฒนา เช่น ประเทศอิรัก			
33	(Beza et al., 2018)	-	เพื่อสำรวจการยอมรับเทคโนโลยีการส่งข้อความสั้น (SMS) ผ่านมือถือของเกษตรกรรายย่อยในการให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับฟาร์มและประเมินบทบาทของลักษณะเกษตรกร	UTAUT 2	220 / เอธิโอเปีย	การรับรู้ประโยชน์มีความสำคัญสำหรับเกษตรกรที่อายุน้อยกว่า ในขณะที่ต้นทุนการใช้มีความสำคัญสำหรับเกษตรกรที่ไม่ได้เข้าร่วมในการทดลอง SMS การวิจัยนี้ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์และแนวทางปฏิบัติสำหรับผู้ปฏิบัติงานด้านวิทยาศาสตร์พลเมือง

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
34	(Mohamed Salleh, 2021)	SEM	เพื่อศึกษาผลกระทบของการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ต่อความยั่งยืนของนักนวัตกรรมระดับรากหญ้าในมาเลเซีย	TAM, DOI	335 / มาเลเซีย	การใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งช่วยให้นักนวัตกรรมระดับรากหญ้าสามารถพัฒนานวัตกรรมจากการใช้งานไปสู่การพาณิชย์ล่วงหน้าและได้รับประโยชน์มากกว่าการไม่แสวงหาผลกำไร
35	(L. Li et al., 2024)	SEM	เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อเจตนาของเกษตรกรในการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง	UTAUT,TOE	357 / จีน	ตัวแปรเกือบทั้งหมดใน TOE มีผลกระทบทางตรงที่มีนัยสำคัญต่อเจตนา ในขณะที่ตัวแปรใน UTAUT ไม่มีผลกระทบทางตรงที่มีนัยสำคัญ

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
36	(Chuang et al., 2020)	big data analysis	เพื่อสำรวจความรู้ ทัศนคติ และการนำเทคโนโลยีการเกษตรอัจฉริยะ (Smart Agriculture: SA) มาใช้ของเกษตรกรในไต้หวัน	KAP	321 / ไต้หวัน	การเพิ่มขึ้น 1% ในระดับความรู้เกี่ยวกับ SA จะเพิ่มคะแนนการนำเทคโนโลยี SA มาใช้ขึ้น 0.932% และการเพิ่มขึ้น 1% ในการรับรู้ความสำคัญจะเพิ่มคะแนนการนำเทคโนโลยี SA มาใช้ขึ้น 0.811%
37	(Dhanaraju et al., 2022)	วิเคราะห์ข้อมูลจากเซ็นเซอร์ต่าง ๆ	เพื่อศึกษาและวิเคราะห์การใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในการเกษตรอย่างยั่งยืน โดยเน้นที่การพัฒนาแนวทางการเกษตรที่ใช้ข้อมูลและเทคโนโลยี	-	อินเดีย	การใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการทรัพยากร การลดการใช้ปุ๋ยและน้ำ รวมถึงการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรได้อย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
			สมัยใหม่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม			
38	(Mohd Nor et al., 2024)	Semi-structured, Critical Incident	เพื่อสำรวจปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในการทำเกษตรอัจฉริยะ	-	20 / มาเลเซีย	ความพร้อมของข้อมูลทางเทคนิคเกี่ยวกับพืชที่ช่วยในการตัดสินใจในการดำเนินงานฟาร์ม โดย 70% ของผู้ตอบแบบสอบถามยืนยันว่าข้อมูลเหล่านี้ช่วยให้การตัดสินใจในการทำเกษตรมีความแม่นยำมากขึ้น นอกจากนี้ 50% ของเกษตรกรมี

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
						ความมุ่งมั่นในการเรียนรู้ด้วยตนเองเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีนี้ และ 45% เน้นความสำคัญของความสนใจและทักษะในการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งอย่างมีประสิทธิภาพ
39	(Knierim et al., 2018)	semi-structured	เพื่อสำรวจปัจจัยที่มีผลต่อการนำเทคโนโลยีการเกษตรอัจฉริยะ (SFT) มาใช้ในระบบการเกษตรของยุโรป	LCM, DOI	287 ราย จากเกษตรกรใน 7 ประเทศ ได้แก่ ฝรั่งเศส เยอรมนี กรีซ เซอร์เบีย	เกษตรกรส่วนใหญ่มีทัศนคติที่ดีต่อ SFT และเห็นว่ามีศักยภาพในการปรับปรุงกระบวนการทำงานและความสะดวกสบายในการทำงาน

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
					สเปน เนเธอร์แลนด์ และสหราชอาณาจักร	
40	(Caffaro & Cavallo, 2019)	Quantitative analysis, in-depth interviews	เพื่อสำรวจและวิเคราะห์การนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในภาคอุตสาหกรรม โดยมุ่งเน้นที่การปรับปรุงประสิทธิภาพและ	-	300	การนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเข้ามาใช้ในองค์กรสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในด้านการลดต้นทุนและการเพิ่มความรวดเร็วในการดำเนินงา

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
			ความสามารถในการแข่งขันขององค์กรต่าง ๆ			
41	(Knierim et al., 2019)	Qualitative Interview	เพื่อสำรวจปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับแพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม (SFT) ในประเทศเยอรมนี โดยเน้นการใช้แนวทางการวิจัยแบบมีส่วนร่วมหลากหลายฝ่าย ซึ่งช่วยให้สามารถเข้าใจมุมมองและความต้องการของเกษตรกรได้ดียิ่งขึ้น	mixed-methods	27 / เยอรมนี	เกษตรกรมีทัศนคติที่ดีต่อ SFT โดยเฉพาะในด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต แต่มีความกังวลเกี่ยวกับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
42	(Nguyen et al., 2024)	semi-structured interviews	ศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อความตั้งใจของเกษตรกรข้าวรายย่อยในเวียดนามในการรับใช้เทคโนโลยีเกษตรแม่นยำ	UTAUT	35 / เวียดนาม	ความคาดหวังในประสิทธิภาพและความง่ายในการใช้งานเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความตั้งใจของเกษตรกรในการนำเทคโนโลยีเกษตรแม่นยำมาใช้
43	(Dixit et al., 2023a)	PLS-SEM	เพื่อระบุปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับการทำฟาร์มอัจฉริยะ เพื่อทำความเข้าใจสาเหตุของการยอมรับที่ต่ำแม้จะมีการสนับสนุนอย่างต่อเนื่องจากเศรษฐกิจเกิดใหม่ต่างๆ	DOI	597	ความได้เปรียบเชิงสัมพัทธ์ ความเข้ากันได้ ความง่ายในการใช้งาน ทัศนคติ ประสิทธิผลของการสื่อสารการขยายการเกษตร และการสนับสนุนจากรัฐบาลมีอิทธิพลเชิงบวกต่อการยอมรับการทำฟาร์มอัจฉริยะ

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
44	(Balafoutis et al., 2020)	Qualitative Interview	วัตถุประสงค์ในการศึกษาผลกระทบของเทคโนโลยีเกษตรอัจฉริยะ (ฟาร์มอัจฉริยะing Technology: SFT) ต่อเศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม และแรงงานในภาคเกษตร รวมถึงความพร้อมในการรับเทคโนโลยีเหล่านี้ของเกษตรกร	TRL	1,064 / ยุโรปและอเมริกาเหนือ	SFT ที่พัฒนาขึ้นจากโครงการวิจัยมีแนวโน้มที่จะมีผลกระทบเชิงบวกต่อการลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มผลผลิตในฟาร์ม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ
45	(Vasan & Yoganandan, 2023)	Regression Analysis, ANOVA,	เพื่อสำรวจเจตนาของเกษตรกรในการนำเทคโนโลยีการเกษตร	TAM	500 / อินเดีย	ทัศนคติต่อการใช้ (AU) ได้รับอิทธิพลโดยตรงจาก PU, PEU และความมั่นใจ (AC) ของเกษตรกร โดย AU มี

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
		SEM	อัจฉริยะ (SFT) มาใช้ และศึกษาว่าความเชื่อของเกษตรกรเกี่ยวกับที่ดินว่าเป็นพระเจ้ามีอิทธิพลต่อการตัดสินใจในการนำ SFT มาใช้มากน้อยเพียงใด			บทบาทสำคัญในการกำหนดเจตนาพฤติกรรมในการใช้ SFT
46	(Schukat & Heise, 2021a)	cluster analysis	ศึกษาทัศนคติของเกษตรกรผู้เลี้ยงปศุสัตว์ในเยอรมนีต่อการใช้ผลิตภัณฑ์สมาร์ท	UTAUT	422 / เยอรมนี	แต่ละกลุ่มมีลักษณะเฉพาะในการตอบสนองต่อปัจจัยต่างๆ เช่น อิทธิพลจากสังคม ความไว้วางใจในเทคโนโลยี และความพร้อมด้านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
47	(Zaman et al., 2023)	Qualitative Interview	เพื่อสำรวจการยอมรับการใช้เทคโนโลยีเกษตรอัจฉริยะในกลุ่มเกษตรกรปลูกข้าวในพื้นที่ Barat Laut Selangor ของมาเลเซีย	-	มาเลเซีย	เกษตรกรมีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง แต่ยังมีอุปสรรคในการนำไปใช้ เช่น ขาดการสนับสนุนทางการเงินและความรู้ในการใช้งาน นอกจากนี้ยังพบว่าการฝึกอบรมและการให้ข้อมูลที่เหมาะสมสามารถช่วยเพิ่มการยอมรับและการใช้เทคโนโลยีในกลุ่มเกษตรกรได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
48	(Eastwood & Renwick, 2020)	Correlation Analysis , Regression Analysis, ANOVA	เพื่อศึกษาแรงงานในระบบการรีดนมอัตโนมัติ (Automatic Milking Systems: AMS) และวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีนี้ในระดับนานาชาติ	Uncertainty in Innovation (UI)	81	การลดแรงงานในฟาร์มและการเพิ่มเวลาสำหรับครอบครัว ขณะเดียวกันก็พบว่าค่าใช้จ่ายในการลงทุน การขาดความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และประสบการณ์ลบจากเกษตรกรรายอื่น เป็นอุปสรรคที่ทำให้การยอมรับ AMS ลดลง
49	(R. Kumar et al., 2022)	Descriptive Analysis , Regression	เพื่อสำรวจและประเมินการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งนี้ไปใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการ	-	-	เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการการเกษตรได้อย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
		Analysis, t-test, ANOVA	ผลิตและคุณภาพของผลผลิตทางการเกษตร			โดยช่วยลดการใช้น้ำและปุ๋ย รวมถึงเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของผลผลิต
50	(Shang et al., 2021)	-	พัฒนาและนำเสนอกรอบแนวคิดสำหรับการศึกษาการรับและแพร่กระจายของเทคโนโลยีการเกษตรดิจิทัล โดยเฉพาะการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานระดับฟาร์มและการจำลองระบบผ่านแบบจำลองตัวแทนเอเจนต์ (ABM)	DOI ,TAM, ABM	-	ขนาดฟาร์ม การศึกษา และทัศนคติของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีมีผลต่อการตัดสินใจรับเทคโนโลยีการเกษตรดิจิทัลอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
51	(Vecchio et al., 2020)	Logit Model	ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการรับรู้ความซับซ้อนในการใช้เทคโนโลยีเกษตรแม่นยำของเกษตรกรในอิตาลี โดยมุ่งเน้นไปที่การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางสังคมและเศรษฐกิจกับการนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้ในฟาร์ม	DOI	174	เกษตรกรที่มีการศึกษาในระดับสูงและมีอายุน้อยกว่าจะมีแนวโน้มที่จะนำเทคโนโลยีเกษตรแม่นยำมาใช้มากกว่า โดยการเข้าถึงข้อมูลและการมีส่วนร่วมในเครือข่ายการสนับสนุนมีบทบาทสำคัญในการเพิ่มความตระหนักรู้และลดการรับรู้ถึงความซับซ้อนของเทคโนโลยีเกษตรแม่นยำ
52	(Yadav & Srinivasan, 2023)	-	เพื่อสำรวจอุปสรรคที่มีต่อการนำเทคโนโลยีที่ชาญฉลาดมาประยุกต์ใช้ใน	TISM, MICMAC	-	อุปสรรคที่สำคัญต่อการนำเทคโนโลยีที่ชาญฉลาดมาประยุกต์ใช้ในระบบอุปสรรคทางวัฒนธรรม การ

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
			ระบบเกษตรกรรมในเขตเมืองและชานเมือง			สนับสนุนจากสถาบัน นโยบายและกฎระเบียบ
53	(Osrof et al., 2023)	SEM	การศึกษาเกี่ยวกับการนำเทคโนโลยีการเกษตรอัจฉริยะ (SFTs) มาใช้ในภาคการเกษตร โดยมีการรวบรวมข้อมูลจากการศึกษาเชิงประจักษ์จำนวน 182 งานวิจัย	TAM, DOI, TPB, TOE	182 งานวิจัย	ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการพัฒนาแนวทางการสื่อสารคุณค่าของ SFTs ให้กับเกษตรกร รวมถึงการแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการแบ่งปันข้อมูลและความเป็นเจ้าของข้อมูล
54	(Bekee et al., 2024)	Qualitative research	เพื่อสำรวจปัจจัยที่ส่งผลต่อการยอมรับและการนำเครือข่ายฟาร์มอัจฉริยะมา	translational research	9 / สหรัฐอเมริกา	เกษตรกรมีความกังวลเกี่ยวกับความเป็นส่วนตัวของข้อมูลและความถูกต้องของข้อมูลที่แชร์ในเครือข่าย

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
			ใช้ในบริบทของระบบเตือนภัยล่วงหน้าสำหรับการระบาดของศัตรูพืช			นอกจากนี้ พวกเขายังแสดงความสนใจในการมีส่วนร่วมในเครือข่ายที่สามารถให้ข้อมูลที่ถูกต้องและเชื่อถือได้
55	(Agussabti et al., 2022)	Lime Survey, Descriptive Analysis	เพื่อศึกษาการรับรู้ของเกษตรกรและเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรในเขตอาเจะห์ ประเทศอินโดนีเซีย ต่อศักยภาพการใช้เทคโนโลยีการเกษตรอัจฉริยะ (SFT) ในการเพิ่มผลผลิตพืชอาหาร	Mann–Whitney ,Kruskal–Wallis	210 / อินโดนีเซีย	เกษตรกรและเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรมีการรับรู้ในเชิงบวกต่อการใช้ SFT โดยเฉพาะในด้านการลดต้นทุนการผลิตและการเพิ่มผลผลิต

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
56	(Reichelt & Nettle, 2023)	Qualitative Analysis, Quantitative Analysis, SWOT	ศึกษาการนำเทคโนโลยีการจัดการสัตว์โดยระบบกึ่งเสมือนในบริบทการเกษตรอัจฉริยะ เพื่อสำรวจแนวทางการรับรู้และยอมรับเทคโนโลยีดังกล่าวอย่างมีความรับผิดชอบในหมู่ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียต่าง ๆ	PTA	80 / ออสเตรเลีย	ความเชื่อมั่นในความสามารถของเทคโนโลยีนี้เป็นปัจจัยสำคัญในการตัดสินใจนำไปใช้ในฟาร์ม ซึ่งจำเป็นต้องมีการจัดเตรียมการสนับสนุนและการฝึกอบรมที่เหมาะสมเพื่อให้ผู้ใช้สามารถใช้เทคโนโลยีได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย
57	(Dilleen et al., 2023)	semi-structured interviews	เพื่อศึกษาว่าผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในเครือข่ายเกษตรกรมีอิทธิพลต่อการนำเทคโนโลยีการเกษตร	SNA	20 / ไอร์แลนด์	เครือข่ายเกษตรกรมีบทบาทสำคัญในการเผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับ SFT โดยเกษตรกรมีความไว้วางใจในข้อมูลที่

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
			อัจฉริยะ (SFT) ไปใช้ เพื่อทำความเข้าใจว่ามีผลกระทบจากสื่อสังคมต่อกระบวนการนำไปใช้อย่างไร			ได้รับจากเพื่อนเกษตรกรมากกว่าข้อมูลจากผู้ขายเทคโนโลยี
58	(Das V. et al., 2019)	Ex-Ante	เพื่อสำรวจสาเหตุที่ทำให้การนำเทคโนโลยีการเกษตรอัจฉริยะ ในไอร์แลนด์มีอัตราการนำไปใช้ที่ต่ำกว่าประเทศอื่น	TAM	32 / ไอร์แลนด์	เกษตรกรส่วนใหญ่มีทัศนคติในเชิงบวกต่อการใช้เทคโนโลยีการเกษตร โดย 62.5% ของผู้ตอบแบบสอบถามใช้เทคโนโลยีบางประเภทในฟาร์มของตน และ 70% ของผู้ใช้เทคโนโลยีเหล่านี้ใช้เทคโนโลยีคลาวด์

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
						เพื่อบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับสัตว์และการจัดการฟาร์ม
59	(Sarri et al., 2020)	focus group , SWOT	เพื่อสร้างกรอบอ้างอิงในการพัฒนาวิธีการที่ช่วยให้เกษตรกรและผู้เชี่ยวชาญในภาคเกษตรสามารถเลือกใช้เทคโนโลยีการเกษตรที่ชาญฉลาดและการเกษตรที่แม่นยำได้อย่างมีประสิทธิภาพ	BMC , TRL , MRL	708 / ฝรั่งเศส	การนำเทคโนโลยีใหม่ๆ เข้ามาใช้ในฟาร์มไวน์สามารถเพิ่มความยั่งยืนทางเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมได้ โดยการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งช่วยให้การเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
60	(Kang, Chung, et al., 2020, p.)	SPSS 24 ,Process Macro 3.4	เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะ โดยเฉพาะการเน้นที่ผลกระทบของความเชื่อมั่น	UTAUT	204 / เกาหลี	ความคาดหวังด้านผลสัมฤทธิ์, อิทธิพลทางสังคม และคุณค่าราคา มีผลบวกอย่างมีนัยสำคัญต่อความตั้งใจในการใช้เทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะ ในขณะที่ความคาดหวังด้านความพยายามและเงื่อนไขการสนับสนุน ไม่พบว่ามีผลกระทบที่สำคัญต่อการใช้เทคโนโลยีนี้
61	(Pagliacci et al., 2020)	Poisson regression	เพื่อสำรวจปัจจัยที่ส่งผลต่อการนำและการต่อเนื่องของการปฏิบัติการเกษตรที่ชาญ	-	66 / อิตาลี	ความสามารถในการเข้าถึงเทคโนโลยี สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม และลักษณะนโยบายที่สนับสนุน

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
			ฉลาดต่อสภาพภูมิอากาศ (CSA)			
62	(Wetchasit & Lilavanichakul, 2023)	Regression Analysis	เพื่อสำรวจปัจจัยที่มีผลต่อการนำเทคโนโลยีการเกษตรอัจฉริยะไปใช้ในเกษตรกรทุเรียนในจังหวัดชุมพร โดยมุ่งเน้นการวิเคราะห์ลักษณะประชากร ตัวแปรทางสังคมเศรษฐกิจ และระบบการเกษตรที่มีผลต่อ	-	108 / ไทย	การนำเทคโนโลยีการเกษตรอัจฉริยะไปใช้มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับอายุของเกษตรกร อาชีพหลักของเกษตรกร การเข้าถึงบริการขยายผล และขนาดของฟาร์ม เกษตรกรที่ได้รับการสนับสนุนจากบริการขยายผลมีโอกาสในการนำเทคโนโลยีไปใช้เพิ่มขึ้นถึง 271.8% เมื่อเปรียบเทียบกับผู้ที่ไม่ได้รับบริการ

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
			การตัดสินใจในการนำเทคโนโลยีมาใช้			
63	(Relf-Eckstein et al., 2019)	Quantitative Analysis	เพื่อสำรวจและวิเคราะห์การนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในภาคอุตสาหกรรม โดยมุ่งหวังที่จะพัฒนาแนวทางที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนในการ	Complex Systems Theory , Data Management Model	-	การนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในภาคอุตสาหกรรมมีผลกระทบเชิงบวกต่อประสิทธิภาพการผลิต โดยเฉพาะในด้านการลดเวลาที่ใช้ในการดำเนินงานและการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
			ดำเนินงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ			
64	(Bryant & Higgins, 2021)	content analysis	เพื่อสำรวจความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นในกระบวนการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในภาคการเกษตรในอุตสาหกรรมข้าว	TAM	20 / ออสเตรเลีย	ความไม่แน่นอนด้านเทคโนโลยีเกี่ยวข้องกับค่าใช้จ่ายและประสิทธิภาพของเทคโนโลยี ซึ่งส่งผลต่อการตัดสินใจของเกษตรกรในการนำเทคโนโลยีมาใช้
65	(Castiblanco Jimenez et al., 2021)	SEM	เพื่อระบุปัจจัยที่ส่งผลต่อการยอมรับแพลตฟอร์ม e-Learning FARMER 4.0 ในภาคการเกษตร	TAM	42 / อิตาลี	คุณภาพของเนื้อหา (CQ) เป็นตัวกำหนดหลักที่มีอิทธิพลต่อการรับรู้ถึงความเป็นประโยชน์ (PU) ของแพลตฟอร์ม ในขณะที่ประสบการณ์

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
						(EXP) และความสามารถในตนเอง (SE) มีผลกระทบเชิงบวกต่อการรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งาน (PEOU)
66	(Chen & Li, 2022)	Qualitative Analysis, Quantitative Analysis	เพื่อศึกษากระบวนการแพร่กระจายของนวัตกรรมเทคโนโลยีการเกษตรในพื้นที่วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร (ASTP) โดยมุ่งเน้นการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อ	TAM	100 / จีน	การนำเทคโนโลยีใหม่มาใช้ในกลุ่มเกษตรกรนั้นได้รับอิทธิพลจากหลายปัจจัย เช่น ความต้องการของเกษตรกร สภาพแวดล้อมของการแพร่กระจายเทคโนโลยี และลักษณะของเทคโนโลยีเอง

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
			การยอมรับเทคโนโลยีใหม่ๆ ของเกษตรกร			
67	(RAVANELLO, 2023)	semi-structured interviews	เพื่อระบุความเต็มใจของฟาร์มชีวภาพขนาดเล็กในการนำระบบการติดตามย้อนกลับมาใช้ในการผลิต	UTAUT	อิตาลี	ความคาดหวังในความพยายามและเงื่อนไขที่เอื้อต่อการใช้ ซึ่งเป็นตัวแปร UTAUT สองตัว ไม่ได้มีบทบาทที่สำคัญในกระบวนการตัดสินใจนี้ โดยความเต็มใจในการใช้ระบบการติดตามย้อนกลับนั้นขึ้นอยู่กับอิทธิพลทางสังคม

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
68	(Michels et al., 2020)	PLS -SEM	เพื่อศึกษาการนำแอปพลิเคชันสมาร์ทโฟนมาใช้ในการป้องกันพืชผลทางการเกษตร	UTAUT	207 / เยอรมัน	95% ของเกษตรกรใช้สมาร์ทโฟน และ 71% ใช้แอปพลิเคชันป้องกันพืชผล โดยแอปพลิเคชันที่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพอากาศ การสำรวจศัตรูพืช และการพยากรณ์การระบาดของศัตรูพืชถูกมองว่ามีประโยชน์มากที่สุด
69	(Xie et al., 2022)	Smart-PLS 3.0	เพื่อสำรวจปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความตั้งใจของเกษตรกรชาในการนำเทคโนโลยีเกษตรระบบนิเวศมาใช้	UTAUT	178 / จีน	ปัจจัยสนับสนุนมีผลกระทบที่สำคัญต่อความตั้งใจของเกษตรกรชาในการนำเทคโนโลยีเกษตรระบบนิเวศมาใช้

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
70	(Otter & Deutsch, 2023)	SmartPLS 3.3.0 software,PLS-SEM	เพื่อประเมินความคาดหวังด้านผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจจากการปลูกระบบเกษตรกรรมแบบแถวนา	UTAUT	209 / เยอรมัน	เกษตรกรมีความคาดหวังในด้านการสนับสนุนจากรัฐบาลมากกว่าการสร้างรายได้จากการขายผลิตภัณฑ์ไม้
71	(Michels et al., 2019)	PLS	เพื่อศึกษาและเข้าใจการนำแอปพลิเคชันสมาร์ทโฟนที่เกี่ยวกับการป้องกันพืชผลมาใช้ในหมู่เกษตรกร	UTAUT	207 / เยอรมัน	สามารถอธิบายความแตกต่างของเจตนาที่จะใช้แอปพลิเคชันได้ 72% และ 50% ของความแตกต่างในการนำไปใช้งานจริง ผลการวิจัยนี้มีความสำคัญต่อผู้กำหนดนโยบายในด้านการดิจิทัลในเกษตรกรรม

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
72	(Bekoe et al., 2023)	in-depth interview	เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการนำทรัพยากร e-Agriculture ไปใช้ในการพัฒนาชีวิตและผลกระทบต่อผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย เช่น เกษตรกรและผู้จัดการระบบ	TAM	60 / กานา	การดำเนินงานของโปรแกรม e-Agriculture ยังพบความท้าทายในการรักษาความยั่งยืน ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อภาคเกษตรกรรมและความมั่นคงด้านอาหารของประเทศกานา โดยเฉพาะในเรื่องของการขาดแคลนงบประมาณและการสนับสนุนจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
73	(Chen et al., 2024)	SEM	เพื่อสำรวจและวิเคราะห์การใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในภาคอุตสาหกรรม โดยมี	TAM ,OCM	424 / จีน	แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและลดต้นทุนในภาคอุตสาหกรรม

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
			กรอบแนวคิดที่ชัดเจนและสมมติฐานที่ตั้งไว้เพื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างการนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้กับประสิทธิภาพการทำงานขององค์กร			
74	(Mir & Padma, 2020)	-	ประเมินระบบสนับสนุนการตัดสินใจทางการเกษตรโดยมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาความยอมรับของเทคโนโลยีในกลุ่มผู้ใช้	TAM	อินเดีย	ปัจจัยหลายประการที่มีผลต่อการยอมรับระบบสนับสนุนการตัดสินใจทางการเกษตร เช่น ความสะดวกในการใช้งาน ประสิทธิภาพในการช่วยตัดสินใจ และการสนับสนุนจากผู้เชี่ยวชาญ

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
75	(Keerativutisest et al., 2024)	SEM	เพื่อศึกษาปัจจัยที่กำหนดการนำแอปพลิเคชันที่ใช้ AI มาใช้ในภาคเกษตรกรรมของประเทศไทยและโปแลนด์ โดยมุ่งเน้นการเปรียบเทียบระหว่างสองประเทศเพื่อเข้าใจปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการนำ AI มาใช้ในภาคเกษตรกรรม	UTAUT	550 / ไทย 550 / โปแลนด์	ขนาดองค์กรมีอิทธิพลต่อการนำแอปพลิเคชัน AI มาใช้ในทั้งสองประเทศ โดยเฉพาะในประเทศไทยที่มีอิทธิพลสูงสุด ขณะเดียวกัน ความสามารถทางเทคโนโลยีก็มีผลต่อการนำ AI มาใช้ในทั้งสองประเทศเช่นกัน
76	(Javaid et al., 2022)	Qualitative Analysis,	เพื่อสำรวจและวิเคราะห์ผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจาก	-	218 งานวิจัย	เพื่อสำรวจและวิเคราะห์ผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการใช้เทคโนโลยีเหล่านี้

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
		Quantitative Analysis	การใช้เทคโนโลยีเหล่านี้ในภาคการผลิต โดยเน้นไปที่การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตและการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม			ในภาคการผลิต โดยเน้นไปที่การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตและการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
77	(Ali & Aziz, 2023)	SPSS 26 , SmartPLS 4,SEM	เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความตั้งใจในการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในภาคการศึกษาสูง โดยเฉพาะในกลุ่มอาจารย์ที่มหาวิทยาลัยโมซูล	TAM ,TOE	84 / อิรัก	ปัจจัยด้านความเข้ากันได้ทางเทคโนโลยีและความมีประโยชน์ที่รับรู้มีผลกระทบต่อความตั้งใจในการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
78	(S. Lee & Yoon, 2022)	Regression analysis	เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการนำแพลตฟอร์มบริการออนไลน์ถึงออฟไลน์ (O2O) มาใช้ในธุรกิจขนาดเล็กในเกาหลี	TAM ,TOE	279 / เกาหลีใต้	ความมีประโยชน์ที่รับรู้, ความง่ายในการใช้, และบรรทัดฐานทางสังคมมีผลต่อเจตนารมณ์ในการนำแพลตฟอร์ม O2O มาใช้ โดยความง่ายในการใช้มีผลต่อความมีประโยชน์ที่รับรู้
79	(Hawash et al., 2021)	PLS-SEM	เพื่อระบุปัจจัยที่มีผลต่อการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง มาใช้ในภาคอุตสาหกรรมน้ำมันและก๊าซในเยเมน	TOE	390 / เยเมน	โครงสร้างพื้นฐานทางเทคโนโลยี (TI), การใช้ทรัพยากรทางเทคโนโลยี (UTR), ขอบเขตของการดำเนินธุรกิจ (SPO), การสนับสนุนจากผู้บริหารระดับสูง (TMS), นโยบายของรัฐบาล (GP), แรงกดดันจากการแข่งขัน

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
						(CP), ความปลอดภัยของข้อมูล (IS) และความปลอดภัยขององค์กร (CS) มีผลต่อการนำ IoT มาใช้ในภาคอุตสาหกรรมน้ำมันและก๊าซในเยเมนอย่างมีนัยสำคัญ
80	(Rosario et al., 2022)	-	เพื่อทำความเข้าใจปัจจัยที่มีผลต่อการนำเอานวัตกรรมเกษตรกรรมที่ยั่งยืนไปใช้ในเกษตรกร	TPB , TAM	62 วิจัย	การเติบโตของการศึกษาในด้านปัจจัยทางสังคมและจิตวิทยาที่มีผลต่อการนำเอานวัตกรรมเกษตรกรรมที่ยั่งยืนไปใช้
81	(Lanzini et al., 2021)	Bayesian Best-Worst Method	เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการนำเทคโนโลยีบล็อกเชนเข้ามา	TAM	-	ปัจจัยหลายประการ เช่น ความเชื่อมั่นในเทคโนโลยี ความพร้อมในการลงทุน และการสนับสนุนจาก

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
			ใช้ในองค์กรขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) ในการจัดการห่วงโซ่อุปทาน			ผู้บริหาร มีผลต่อการตัดสินใจในการนำบล็อกเชนมาใช้ในองค์กร
82	(Wiliam et al., 2022)	PLS-SEM	เพื่อศึกษาอิทธิพลของอำนาจทางสังคมของรัฐบาลที่มีต่อพฤติกรรมการใช้เทคโนโลยีการเกษตรอัจฉริยะของเกษตรกร และศึกษาบทบาทการเป็นตัวกลางของความตั้งใจในการใช้เทคโนโลยีของเกษตรกรในการเชื่อมโยง	UTAUT, TAM, TPB	301 / อินโดนีเซีย	อำนาจทางสังคมของรัฐบาลมีผลบวกและมีนัยสำคัญต่อพฤติกรรมการใช้เทคโนโลยีของเกษตรกร และความตั้งใจในการใช้เทคโนโลยีของเกษตรกรมีบทบาทเป็นตัวกลางที่สำคัญในการเชื่อมโยงระหว่างอำนาจทางสังคมของรัฐบาลกับพฤติกรรมการใช้เทคโนโลยี

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
			ระหว่างอำนาจทางสังคมของรัฐบาลกับพฤติกรรมการใช้			
83	(Chweya, 2021)	PLS-SEM, IPMA	เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อความพร้อมในการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง	TRI	181 / เคนยา	ความได้เปรียบเชิงสัมพัทธ์ ความเรียบง่าย ความเข้ากันได้ การสนับสนุนจากผู้บริหารระดับสูง โครงสร้างพื้นฐานด้าน IT ความกดดันจากคู่แข่ง ความมองโลกในแง่ดี และความไม่มั่นคง มีผลต่อการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
84	(Ahmetoglu et al., 2022)	Correlation Analysis, Regression Analysis	เพื่อสำรวจและวิเคราะห์ผลกระทบของเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งต่อการพัฒนาประสิทธิภาพในการทำงานในองค์กร	-	-	การนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเข้ามาใช้ในองค์กรสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานได้อย่างมีนัยสำคัญ
85	(Jnr & Petersen, 2023)	PLS-SEM	เพื่อสำรวจปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการนำเอาโครงสร้างสถาปัตยกรรมองค์กร (EA) มาใช้ในเมืองอัจฉริยะ	TAM	18 / ไอร์แลนด์	ความสะดวกในการใช้ EA มีอิทธิพลเชิงบวกต่อการรับรู้ถึงความมีประโยชน์ของ EA และมีผลต่อเจตนาของผู้ปฏิบัติงานในการนำ EA มาใช้
86	(Morawiec & Sołtysik-	literature analysis	เพื่อแสดงให้เห็นถึงผลกระทบของปัจจัยทางเทคโนโลยี องค์กร และ	TOE	-	ปัจจัยทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการนำระบบ ERP มาใช้สามารถส่งผลกระทบต่อความคล่องตัวของ

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
	Piorunkiewicz, 2023)		สิ่งแวดล้อมต่อการพัฒนาและการใช้ระบบ ERP ในบริบทของอุตสาหกรรม 4.0			องค์กรในอุตสาหกรรม 4.0 ได้อย่างมีนัยสำคัญ
87	(Narwane et al., 2022)	Regression Analysis, SEM	เพื่อศึกษาปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในห่วงโซ่อุปทานการเกษตรและอาหารในประเทศอินเดีย	TAM, TISM, TOE	16 / อินเดีย	ปัจจัยทางเทคโนโลยีและองค์กรมีอิทธิพลมากที่สุดต่อการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง
88	(Omoyiola, 2019)	-	สำรวจปัจจัยที่มีผลต่อการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในองค์กร	DOI,TOE	-	ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ ได้แก่ ความพร้อมด้าน

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
			โดยเฉพาะปัจจัยทางเทคโนโลยี องค์กร และสภาพแวดล้อมที่ส่งผลต่อความตั้งใจในการนำไปใช้			เทคโนโลยี การสนับสนุนจากผู้บริหาร ขนาดขององค์กร ความกังวลด้านความปลอดภัย และความเข้ากันได้กับระบบที่มีอยู่
89	(Sirimorok et al., 2023)	-	เพื่อพัฒนาระบบความปลอดภัยสำหรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งโดยเน้นการรวมกันของระบบมัลติเอเจนต์ (MAS) และระบบภูมิคุ้มกันเทียม (AIS)	MAS, AIS	-	แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในการพัฒนาระบบความปลอดภัยที่มีประสิทธิภาพ โดยการสร้างเครือข่ายที่สามารถตอบสนองต่อภัยคุกคามได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
90	(Doshi et al., 2019)	-	พัฒนาเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในเกษตรกรรม เพื่อปรับปรุงการจัดการฟาร์มและเพิ่มผลผลิต โดยสามารถติดตามสภาพแวดล้อมของฟาร์มได้แบบเรียลไทม์ผ่านเซ็นเซอร์ต่าง ๆ	-	-	เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการฟาร์มได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยเกษตรกรสามารถเข้าถึงข้อมูลที่สำคัญเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมได้ตลอดเวลา
91	(Acharya et al., 2022)	-	การใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งและการวิเคราะห์ข้อมูลในเกษตรกรรมอัจฉริยะ โดยมี	TOE	-	การใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตได้ถึง 50% และช่วยในการทำนาย

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
			วัตถุประสงค์เพื่อสำรวจประโยชน์และความท้าทายที่เกิดขึ้นจากการนำเทคโนโลยีนี้มาใช้ในภาคเกษตร			สภาพอากาศและการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ
92	(Mphale et al., 2024)	PRISMA, PLS-SEM, IPMA	เพื่อสร้างกรอบแนวคิดแบบหลายทฤษฎีในการประเมินการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ในธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs)	DOI, TOE, TAM, และ UTAUT	บอตสวานา	ปัจจัยหลายอย่างที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งใน SMEs เช่น ความพร้อมด้านเทคโนโลยี ความกังวลเรื่องความปลอดภัยและความเป็นส่วนตัว ทรัพยากรทางการเงิน ความมีประโยชน์ที่รับรู้ได้ และความไว้วางใจ

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
93	(Giampietri & Trestini, 2020)	SEM	เพื่อสำรวจปัจจัยที่มีผลต่อความตั้งใจในการนำเครื่องมือการตลาดผ่านเว็บ (Web Marketing) มาใช้ในระดับฟาร์ม	TOE	94 / อิตาลี	ความตั้งใจในการนำเครื่องมือการตลาดผ่านเว็บมาใช้มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความรู้สึกถึงประโยชน์ของการตลาดผ่านเว็บและความง่ายในการใช้งาน
94	(Montesclaros & Teng, 2023)	-	เพื่อศึกษาการนำเทคโนโลยีดิจิทัลมาใช้ในภาคเกษตรกรรมในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยมุ่งเน้นไปที่การพัฒนาและใช้กรอบแนวคิดร่วมกัน	-	-	การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในภาคเกษตรกรรมในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้นั้นยังอยู่ในระยะเริ่มต้น โดยมีการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการให้คำปรึกษาแก่เกษตรกรเกี่ยวกับการเพิ่มผลผลิต การใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
			เพื่อทำความเข้าใจและจัดประเภทเทคโนโลยีเหล่านี้			
95	(Idris et al., 2023a)	-	เพื่อประเมินความพร้อมในการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งไปใช้ในสถาบันการศึกษาระดับอุดมศึกษาในลิเบีย	TAM, UTAUT, DOI, และ TOE,	ลิเบีย	มีความต้องการและความสนใจในการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในสถาบันการศึกษาระดับอุดมศึกษาในลิเบีย แต่ยังมีอุปสรรคหลายประการ เช่น ขาดแคลนทรัพยากรและการฝึกอบรมที่เพียงพอ
96	(Robles-Gómez et al., 2021)	SEM , Likert	เพื่อออกแบบและประเมินแพลตฟอร์ม LoT@UNED	UTAUT , TAM	129 / สเปน	ความคาดหวังด้านประสิทธิภาพมีอิทธิพลต่อทัศนคติของนักศึกษา ซึ่งมี

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
			ซึ่งเป็นโซลูชันการศึกษาในรูปแบบเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ที่ช่วยเสริมสร้างการเรียนรู้สำหรับนักศึกษาในสาขาวิศวกรรมศาสตร์ โดยเฉพาะในช่วงวิกฤต COVID-19			ผลต่อเจตนาที่จะใช้แพลตฟอร์มในอนาคต
97	(Aldhaen, 2022)	SEM	เพื่อศึกษาความตั้งใจต่อเนื่องของบุคลากรทางการแพทย์ในการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของ	UTAUT 2	354 / บาห์เรน	บุคลากรทางการแพทย์จะมีแนวโน้มที่จะใช้เทคโนโลยีที่แพร่กระจายไปพร้อมกันขึ้นอยู่กับข้อได้เปรียบ สัมพัทธ์ ความซับซ้อน และความเข้า

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
			สรรพสิ่งที่ฝังด้วยปัญญาประดิษฐ์			กันได้ของนวัตกรรม นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังชี้ให้เห็นว่าความเข้ากันได้ของเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งที่มีปัญญาประดิษฐ์สามารถกระตุ้นให้บุคลากรทางการแพทย์มีแรงจูงใจในการใช้เทคโนโลยีนี้อย่างต่อเนื่อง
98	(A. Kumar et al., 2023)	descriptive analysis	เพื่อสังเคราะห์ความรู้เกี่ยวกับการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ โดยใช้การทบทวนวรรณกรรมเชิงระบบ	UTAUT , TAM	101 งานวิจัย	การจัดหมวดหมู่ของปัจจัยที่มีผลต่อการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ ซึ่งได้แก่ ปัจจัยด้านเทคโนโลยี องค์กร และสิ่งแวดล้อม

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
			(SPAR-4-SLR) ร่วมกับกรอบแนวคิด TCCM			โดยมีการรวมกลุ่มเฉพาะสำหรับผู้ใช้ปลายทาง
99	(Wright, 2017)	Regression Analysis	เพื่อศึกษาการใช้และการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งโดยผู้บริโภคในสหรัฐอเมริกา	UTAUT , TAM ,DOI	500 / สหรัฐอเมริกา	ผู้บริโภคมีความกังวลเกี่ยวกับการเข้าถึงข้อมูลส่วนบุคคลและความเสี่ยงที่อาจเกิดจากการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง
100	(Hassan et al., 2024)	SPSS	เพื่อประเมินความยืดหยุ่นของเกษตรกรเยาวชนต่อการนำเทคโนโลยีการเกษตรอัจฉริยะที่เป็นมิตรต่อ	TAM	122 / บรูไน	ปัจจัยด้านบุคลิกภาพและทัศนคติ (H1) มีผลกระทบที่สำคัญต่อการนำ CSAT มาใช้ โดยมีผู้ตอบแบบสอบถามถึง 88% ที่ตอบว่าเห็นด้วยกับปัจจัยนี้ ในขณะที่ปัจจัยด้าน

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
			สิ่งแวดล้อม (Climate Smart Agriculture Technology - CSAT)			การศึกษาและการเปิดรับ (H2) ปัจจัยด้านพื้นฐานทางสังคมและเศรษฐกิจ (H3) รวมถึงปัจจัยด้านการจัดองค์กร (H5) แสดงให้เห็นถึงผลกระทบเชิงลบต่อการนำ CSAT มาใช้ นอกจากนี้ ปัจจัยด้านเทคโนโลยี (H4) และปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม (H6) ก็มีความสำคัญในการส่งเสริมการนำ CSAT มาใช้เช่นกัน
101	(Alkdour et al., 2023)	SEM	เพื่อสำรวจปัจจัยที่ส่งผลต่อการนำเมืองอัจฉริยะไปใช้	TAM	445 / จอร์แดน	ปัจจัยด้านความปลอดภัยของข้อมูลและความเป็นส่วนตัวมีผลบวกต่อ

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
			โดยเน้นที่ปัจจัยด้านความปลอดภัยและเทคโนโลยี			เจตนาที่จะนำบริการเมืองอัจฉริยะไปใช้
102	(Idris et al., 2023b)	-	เพื่อประเมินความพร้อมในการบูรณาการเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในสถาบันการศึกษาระดับอุดมศึกษา	UTAUT ,TOE, TRI	ลิเบีย	มีความต้องการและความสนใจในการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในระบบการศึกษา แต่ยังมีอุปสรรคหลายประการ เช่น ขาดความรู้และทักษะด้านเทคโนโลยีในกลุ่มผู้ใช้
103	(Wright, 2021)	Multiple Case Study	เพื่อสำรวจกลยุทธ์ด้านความปลอดภัยที่ผู้ดูแลระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ (IT) ใช้ในการป้องกันการ	UTAUT	11 / สหรัฐอเมริกา	กลยุทธ์ด้านความปลอดภัยที่สำคัญที่ผู้ดูแลระบบ IT ใช้มี 3 ประเด็นหลัก ได้แก่ การป้องกันการละเมิดในองค์กร การจัดการโครงสร้างพื้นฐาน

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
			ละเมิดข้อมูลที่เกิดจากการรวมเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในสถาบันการศึกษา			ที่อยู่นอก IT และการจัดการนโยบายภายใน IT
104	(Selçuk, 2021)	PLS-SEM	เพื่อระบุปัจจัยที่มีผลต่อการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในอุตสาหกรรม	TAM	342	ปัจจัยที่มีผลกระทบสูงสุดต่อการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง คือ ความเสี่ยงที่รับรู้และความเชื่อถือที่รับรู้ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการลดความเสี่ยงด้านความปลอดภัยและการทำให้ระบบต่าง ๆ ทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 2-2 ตารางสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในงานด้านเกษตรและงานที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	วิธีการวิจัย / วิเคราะห์	วัตถุประสงค์	ทฤษฎี / แบบจำลองที่ใช้	กลุ่มตัวอย่าง / ประเทศ	ผลลัพธ์
105	(Opasvitayarux et al., 2022)	PLS-SEM	เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในกระบวนการบริหารคุณภาพในห่วงโซ่อุปทานอาหาร	TOE	197 / ไทย	ปัจจัยต่าง ๆ ที่ถูกระบุมีผลกระทบเชิงบวกต่อการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในกระบวนการบริหารคุณภาพในห่วงโซ่อุปทานอาหาร

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

วิธีการดำเนินงานวิจัยกำหนดกรอบทฤษฎีการยอมรับเทคโนโลยีและสมมติฐาน จากนั้นออกแบบการเก็บข้อมูลแบบผสมผสาน: เชิงปริมาณด้วยแบบสอบถาม (วิเคราะห์ด้วยค่าสถิติพื้นฐาน, ความตรงของโมเดลการวัด, และโมเดลเชิงโครงสร้าง) และเชิงคุณภาพด้วยสัมภาษณ์/บันทึกภาคสนาม พร้อมทดสอบแอปสมาร์ทฟาร์มในสถานการณ์จริง. ด้านเทคนิคระบุสถาปัตยกรรม ระบบ IoT–API–ฐานข้อมูล, มาตรการความปลอดภัย (JWT/TLS/PDPA), และ KPI ระบบ (uptime, latency, accuracy) โดยใช้เครื่องมือ DevOps/Monitoring เพื่อเชื่อมผลการทดสอบกับตัวแปรการยอมรับและประเมินความพร้อมใช้งานโดยมีรายละเอียดวิธีการดำเนินงานวิจัยดังต่อไปนี้

3.1 กรอบแนวคิดงานวิจัย

3.2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.2 สมมติฐานงานวิจัย

3.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.6 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.7 สถาปัตยกรรมระบบสมาร์ทฟาร์มและข้อกำหนด

3.8 การออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชัน

3.9 ความปลอดภัยและความเป็นส่วนตัวของข้อมูล

3.10 โครงสร้างพื้นฐานและกระบวนการ Deployment/DevOps

3.11 แผนการทดสอบระบบและการใช้งานภาคสนาม

3.12 แผนการเชื่อมโยงผลการทดสอบกับสมมติฐานการยอมรับ

3.1 กรอบแนวคิดงานวิจัย

โมเดล AI-Augmented Smart farm Technology Acceptance Model (AI-SFAM) เป็นการบูรณาการกรอบทฤษฎี 3 โมเดลหลัก ได้แก่ TPB (Theory of Planned Behavior) ที่นำเอา Attitude Toward Behavior และ Perceived Behavioral Control มาใช้ UTAUT (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology) ที่ครอบคลุม Performance Expectancy Effort Expectancy Social Influence และ Facilitating Conditions และ IS Success Model ที่เน้น System Quality, Information Quality และ User Satisfaction เป็นตัวกลาง ปัจจัยเหล่านี้ทำงานร่วมกันเพื่ออธิบายพฤติกรรมการยอมรับเทคโนโลยีในบริบทของฟาร์มอัจฉริยะ

นอกจากโมเดลพื้นฐานแล้ว โมเดลนี้ยังเพิ่มปัจจัยใหม่เฉพาะด้านปัญญาประดิษฐ์ที่ที่ได้พัฒนาขึ้นใหม่ มีปัจจัยสำคัญ 5 ปัจจัย ประกอบด้วย Perceived AI Benefit (การรับรู้ประโยชน์ของ AI), Trust in Technology (ความไว้วางใจในเทคโนโลยี) Data Privacy Concern (ความกังวลเรื่องความเป็นส่วนตัวของข้อมูล) Government Support (การสนับสนุนจากรัฐบาล) และ Digital Literacy (ความรู้ด้านดิจิทัล) ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีผลโดยตรงต่อการยอมรับฟาร์มอัจฉริยะ ขณะที่ปัจจัยจากโมเดลดั้งเดิมส่งผลผ่านความพึงพอใจของผู้ใช้เป็นตัวกลาง

3.1.1 ทฤษฎีพฤติกรรมตามแผน (Theory of Planned Behavior: TPB)

Theory of Planned Behavior (TPB) เป็นทฤษฎีที่พัฒนาโดย Ajzen (1991) เพื่ออธิบายและทำนายพฤติกรรมของมนุษย์ โดยเป็นการขยายจาก Theory of Reasoned Action (TRA) ทฤษฎีนี้ตั้งอยู่บนสมมติฐานที่ว่าพฤติกรรมของบุคคลเกิดจากความตั้งใจ (behavioral intention) ซึ่งถูกกำหนดโดยปัจจัยสำคัญ 3 ประการ ได้แก่ Attitude toward the behavior (ทัศนคติต่อพฤติกรรม) หมายถึงการประเมินเชิงบวกหรือลบต่อการแสดงพฤติกรรมนั้น Subjective norms (บรรทัดฐานตามการรับรู้) คือการรับรู้แรงกดดันทางสังคมในการแสดงหรือไม่แสดงพฤติกรรม และ Perceived behavioral control (การรับรู้การควบคุมพฤติกรรม) ซึ่งสะท้อนการรับรู้ของบุคคลเกี่ยวกับความง่ายหรือความยากในการแสดงพฤติกรรมนั้น ความแตกต่างสำคัญของ TPB จาก TRA คือการเพิ่มองค์ประกอบของ perceived behavioral control ซึ่งช่วยอธิบายพฤติกรรมที่ไม่ได้อยู่ภายใต้การควบคุมของเจตจำนงอย่างสมบูรณ์ (Ajzen, 1991)

ในบริบทของโมเดล AI-SFAM ทฤษฎี TPB ถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่ออธิบายการยอมรับเทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะที่ขับเคลื่อนด้วย AI โดยเฉพาะในด้าน Attitude toward Behavior ซึ่งสะท้อนทัศนคติของเกษตรกรต่อการใช้เทคโนโลยี AI ในการเกษตร และ Perceived Behavioral Control ที่แสดงถึงการรับรู้ของเกษตรกรเกี่ยวกับความสามารถในการควบคุมและใช้งานระบบฟาร์มอัจฉริยะได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทฤษฎีนี้ได้รับการประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในหลากหลายสาขา เช่น การศึกษาพฤติกรรมสุขภาพ การยอมรับเทคโนโลยี การตัดสินใจของผู้บริโภค และการวิจัยด้านสิ่งแวดล้อม เนื่องจากมีความสามารถในการทำนายความตั้งใจและพฤติกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในบริบทที่พฤติกรรมเป็นการกระทำที่มีการวางแผนและใช้เหตุผล (Ajzen, 2002, 2012)

3.1.2 ทฤษฎีรวมของการยอมรับและการใช้เทคโนโลยี (The unified theory on acceptance and use of technology: UTAUT)

The Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) เป็นทฤษฎีที่พัฒนาโดย Venkatesh et al. (2003) เพื่อรวมและปรับปรุงทฤษฎีการยอมรับเทคโนโลยีที่มีอยู่ 8 ทฤษฎี ได้แก่ TRA, TAM, TPB, C-TAM-TPB, MM, PCT, IDT และ SCT ให้เป็นกรอบทฤษฎีเดียวที่มีความสมบูรณ์และมีอำนาจในการทำนายสูง ทฤษฎี UTAUT ประกอบด้วยปัจจัยหลัก 4 ตัว ได้แก่ Performance Expectancy (ความคาดหวังด้านประสิทธิภาพ) ซึ่งหมายถึงระดับความเชื่อของบุคคลว่าการใช้ระบบจะช่วยให้เขาได้รับผลการปฏิบัติงานที่ดีขึ้น Effort Expectancy (ความคาดหวังด้านความพยายาม) คือระดับความง่ายที่เกี่ยวข้องกับการใช้ระบบ Social Influence (อิทธิพลทางสังคม) หมายถึงระดับที่บุคคลรับรู้ว่าผู้อื่นที่สำคัญเชื่อว่าเขาควรใช้ระบบใหม่ และ Facilitating Conditions (เงื่อนไขที่เอื้ออำนวย) ซึ่งเป็นระดับที่บุคคลเชื่อว่าโครงสร้างพื้นฐานขององค์กรและเทคนิคมีอยู่เพื่อสนับสนุนการใช้ระบบ (Venkatesh et al., 2003b)

ในโมเดล AI-SFAM ทฤษฎี UTAUT ถูกนำมาเป็นกรอบทฤษฎีหลักในการอธิบายการยอมรับเทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะที่ใช้ AI โดยปัจจัยทั้ง 4 ตัวของ UTAUT ได้รับการปรับใช้ให้เหมาะสมกับบริบทการเกษตรอัจฉริยะ Performance Expectancy สะท้อนความเชื่อของเกษตรกรว่าระบบ AI จะช่วยเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุน Effort Expectancy แสดงถึงการรับรู้ความง่ายในการใช้งานเทคโนโลยี AI ในฟาร์ม Social Influence ครอบคลุมอิทธิพลจากเกษตรกรรายอื่น หน่วยงานรัฐ และ

สื่อต่างๆ ส่วน Facilitating Conditions หมายถึงการสนับสนุนด้านโครงสร้างพื้นฐาน เช่น อินเทอร์เน็ต ไฟฟ้า และการฝึกอบรม ปัจจัยเหล่านี้ในโมเดล AI-SFAM มีผลต่อ User Satisfaction ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวแปรกลางก่อนส่งผลต่อการยอมรับฟาร์มอัจฉริยะในที่สุด (Dwivedi et al., 2019; Venkatesh et al., 2012)

3.1.3 ทฤษฎีแบบจำลองความสำเร็จของระบบสารสนเทศ (Information System Success Model: IS Success)

Information System Success Model (IS Success Model) เป็นทฤษฎีที่พัฒนาโดย DeLone และ McLean เพื่ออธิบายและวัดความสำเร็จของระบบสารสนเทศอย่างครอบคลุม โมเดลนี้ประกอบด้วย 6 มิติหลัก ได้แก่ System Quality (คุณภาพระบบ) ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่พึงประสงค์ของระบบสารสนเทศ เช่น ความสะดวกในการใช้งาน ความยืดหยุ่น และความน่าเชื่อถือ Information Quality (คุณภาพสารสนเทศ) หมายถึงคุณลักษณะที่พึงประสงค์ของผลผลิตระบบ เช่น ความถูกต้อง ความทันเวลา และความสมบูรณ์ Service Quality (คุณภาพการบริการ) คือคุณภาพการสนับสนุนที่ผู้ใช้ได้รับจากหน่วย IS และเจ้าหน้าที่สนับสนุน Use/Intention to Use (การใช้งาน/ความตั้งใจใช้งาน) User Satisfaction (ความพึงพอใจของผู้ใช้) และ Net Benefits (ประโยชน์สุทธิ) ซึ่งเป็นผลกระทบเชิงบวกของระบบสารสนเทศต่อบุคคล กลุ่ม องค์กร อุตสาหกรรม หรือสังคม (Delone & McLean, 2003)

ในโมเดล AI-SFAM ทฤษฎี IS Success Model ถูกนำมาประยุกต์ใช้เป็นองค์ประกอบสำคัญในการอธิบายความสำเร็จของระบบฟาร์มอัจฉริยะที่เสริมด้วย AI โดย System Quality ในบริบท AI-SFAM หมายถึงคุณภาพของระบบ IoT sensors, AI algorithms และ user interface ที่มีความแม่นยำ เสถียร และใช้งานง่าย Information Quality สะท้อนคุณภาพของข้อมูลเกษตรที่ AI วิเคราะห์และนำเสนอ เช่น ความแม่นยำของการพยากรณ์อากาศ การวิเคราะห์ดิน และคำแนะนำการจัดการพืช ส่วน Service Quality ครอบคลุมการสนับสนุนทางเทคนิค การฝึกอบรม และการบำรุงรักษาระบบ ปัจจัยทั้งสามนี้ส่งผลต่อ User Satisfaction และ Intention to Use ซึ่งนำไปสู่ Net Benefits ในรูปแบบของการเพิ่มผลผลิต ลดต้นทุน และการจัดการทรัพยากรอย่างยั่งยืน โมเดล AI-SFAM จึงเป็นการผสมผสานระหว่างทฤษฎีการยอมรับเทคโนโลยีและทฤษฎีความสำเร็จของระบบ

สารสนเทศเพื่อให้เหมาะสมกับบริบทเฉพาะของเทคโนโลยีเกษตรอัจฉริยะ (Petter et al., 2008; Tam & Oliveira, 2016)

3.1.4 การผสมผสานทั้ง 3 แบบจำลองและปัจจัยเสริมด้าน AI เพื่อใช้ในการพัฒนาระบบฟาร์มอัจฉริยะ

การรวมกันของทั้งสามแบบจำลองนี้ช่วยให้สามารถสร้างกรอบการทำงานที่ครอบคลุมสำหรับการพัฒนาระบบฟาร์มอัจฉริยะ ดังนี้

3.1.4.1 TPB ช่วยในการเข้าใจพฤติกรรมและความต้องการของเกษตรกร (Jeong et al., 2020)

3.1.4.2 UTAUT ช่วยในการระบุและประเมินปัจจัยที่ส่งผลต่อการยอมรับเทคโนโลยี (Xie et al., 2022)

3.1.4.3 IS Success Model ช่วยในการวัดและปรับปรุงความสำเร็จของระบบอย่างต่อเนื่อง (Do & Shih, 2016)

3.1.4.4 ปัจจัยเสริมด้าน AI ช่วยเพิ่มความเชื่อมั่นในการตัดสินใจของ AI การพยากรณ์โรคพืชก่อนเกิดอาการ การเก็บข้อมูลการผลิต และ ความมั่นใจในความปลอดภัยของระบบ

โมเดล AI-SFAM (AI-Augmented Smart Farm Technology Acceptance Model) เป็นโมเดลการยอมรับเทคโนโลยี AI ในเกษตรอัจฉริยะที่ได้รับการพัฒนาขึ้นจากการบูรณาการ 3 ทฤษฎีหลัก ได้แก่ UTAUT (Performance Expectancy, Effort Expectancy, Social Influence, Facilitating Conditions), IS Success Model (System Quality, Information Quality, Service Quality, User Satisfaction), และ TPB (Attitude, Subjective Norm, Perceived Behavioral Control) ร่วมกับ 5 ปัจจัยเสริมใหม่ที่เฉพาะเจาะจงสำหรับบริบทเกษตรอัจฉริยะ ได้แก่ Perceived AI Benefit (การรับรู้ประโยชน์เฉพาะของ AI), Trust in Technology (ความไว้วางใจในเทคโนโลยี), Data Privacy Concern (ความกังวลด้านความเป็นส่วนตัวของข้อมูล), Government Support (การสนับสนุนจากภาครัฐ), และ Digital Literacy (ความรู้ด้านดิจิทัล) เพื่อทำนายระบบฟาร์ม

อัจฉริยะของเกษตรกรต่อเทคโนโลยี AI ในฟาร์มอัจฉริยะ โดยมี User Satisfaction ทำหน้าที่เป็นตัวแปรคั่นกลาง ทำให้โมเดลนี้มีความครอบคลุม ทันสมัย และสามารถประยุกต์ใช้ได้จริงในการศึกษาและส่งเสริมการยอมรับเทคโนโลยี AI ในภาคเกษตรไทย

ด้วยการใช้แบบจำลองเหล่านี้ร่วมกัน นักพัฒนาสามารถสร้างระบบที่ไม่เพียงแต่มีประสิทธิภาพแต่ยังตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้และส่งเสริมการใช้งานในระยะยาว

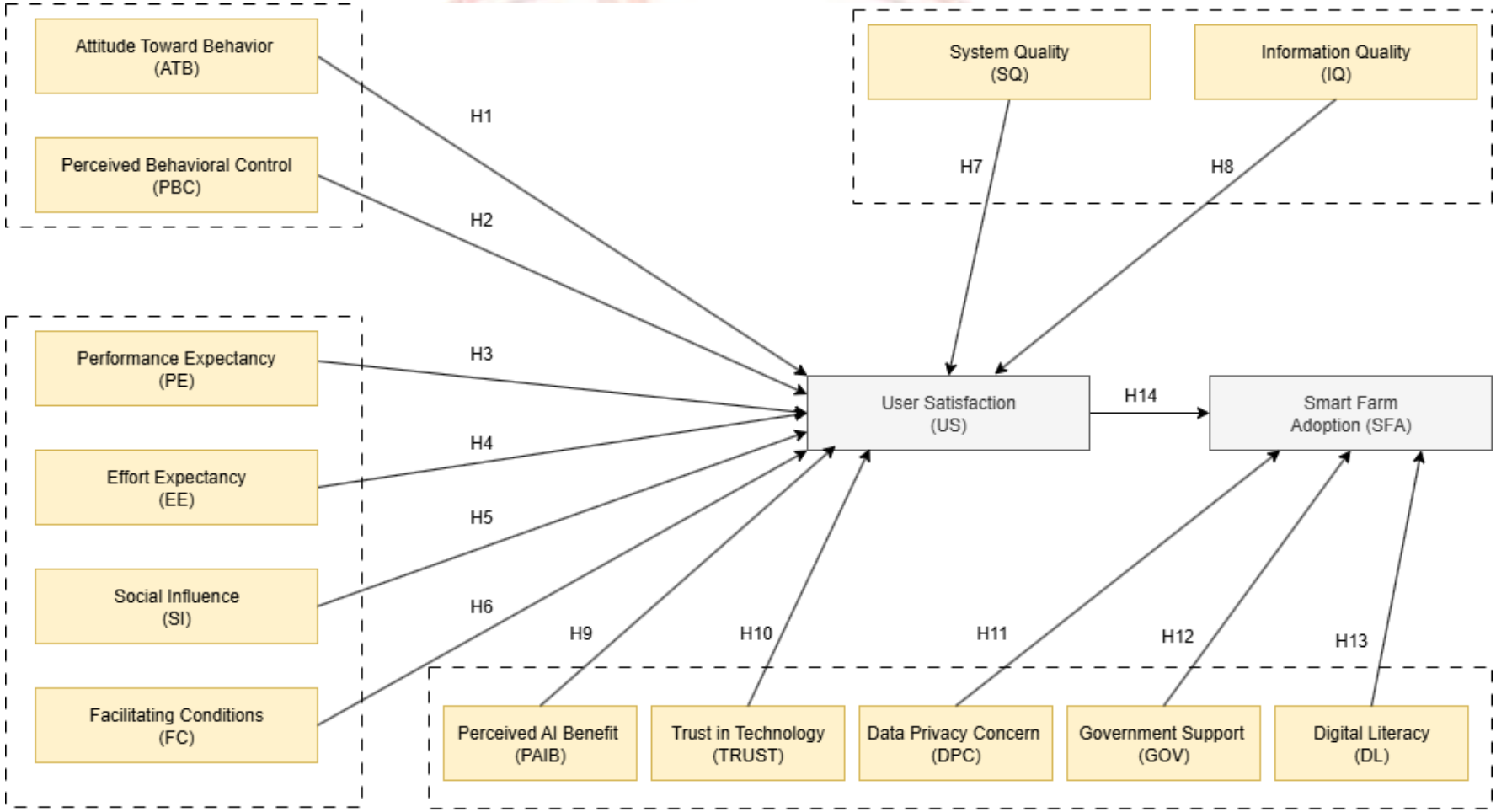
3.1.5 ประโยชน์ของการผสมผสานทั้ง 3 แบบจำลองและปัจจัยเสริมด้าน AI เพื่อใช้ในการพัฒนาระบบฟาร์มอัจฉริยะ

3.1.5.1 การสร้างกรอบการทำงานที่ครอบคลุม : การรวมแบบจำลองทั้งสามนี้ช่วยสร้างกรอบการทำงานที่ครอบคลุมทุกด้านของการพัฒนาระบบ ตั้งแต่การเข้าใจพฤติกรรมและความต้องการของผู้ใช้ การประเมินการยอมรับเทคโนโลยี ไปจนถึงการวัดและปรับปรุงความสำเร็จของระบบ (Alismail, 2023)

3.1.5.2 การเพิ่มประสิทธิภาพและผลกระทบเชิงบวก : การรวมแบบจำลองทั้งสามนี้ช่วยสร้างกรอบการทำงานที่ครอบคลุมทุกด้านของการพัฒนาระบบ ตั้งแต่การเข้าใจพฤติกรรมและความต้องการของผู้ใช้ การประเมินการยอมรับเทคโนโลยี ไปจนถึงการวัดและปรับปรุงความสำเร็จของระบบ (Do & Shih, 2016)

3.1.5.3 การสนับสนุนการตัดสินใจและการวางแผน : การมีกรอบการทำงานที่ชัดเจนช่วยให้นักพัฒนาสามารถตัดสินใจและวางแผนการพัฒนาได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยมีพื้นฐานจากข้อมูลและการวิเคราะห์ที่ครอบคลุม (Holden & Karsh, 2010)

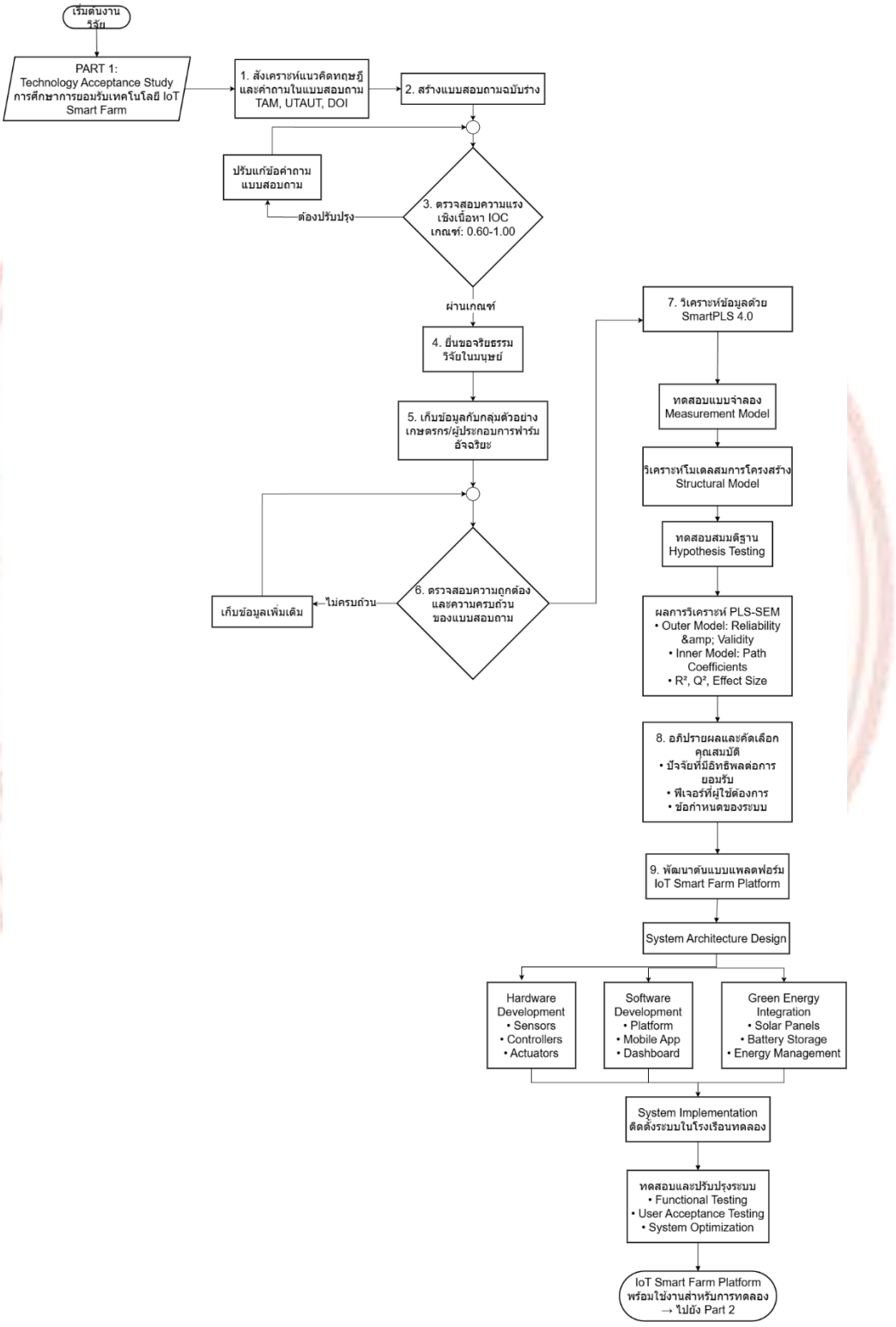
การผสมผสานแบบจำลองทั้งสามนี้จึงช่วยให้ได้แบบจำลองที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการศึกษาการยอมรับแพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์มอย่างละเอียดและครอบคลุมทุกมิติดังภาพที่ 3-1



ภาพที่ 3-1 AI-Augmented Smart Farm Technology Acceptance Model: AI-SFAM

3.2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.2.1 ขั้นตอนที่ 1: การศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลของการยอมรับเทคโนโลยี



ภาพที่ 3-2 ขั้นตอนที่ 1: การศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลของการยอมรับเทคโนโลยี

จากภาพที่ 3-2 งานวิจัยนี้เริ่มต้นด้วยการสังเคราะห์แนวคิดทฤษฎีการยอมรับเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ Technology Acceptance Model (TAM), Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) และ Diffusion of Innovation (DOI) เพื่อสร้างกรอบแนวคิดในการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับเทคโนโลยี IoT Smart Farm ของเกษตรกรและผู้ประกอบการ จากนั้นจึงพัฒนาแบบสอบถามฉบับร่างตามกรอบทฤษฎีที่เลือกใช้ โดยแบบสอบถามที่สร้างขึ้นจะต้องผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Index of Item-Objective Congruence: IOC) จากผู้เชี่ยวชาญ โดยกำหนดเกณฑ์การยอมรับที่ค่า IOC ตั้งแต่ 0.60-1.00 หากแบบสอบถามไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด จะต้องทำการปรับแก้คำถามและส่งให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบใหม่จนกว่าจะผ่านเกณฑ์

เมื่อแบบสอบถามผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาแล้ว ผู้วิจัยจะดำเนินการยื่นขออนุมัติจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ เพื่อให้การวิจัยเป็นไปตามหลักจริยธรรมและคุ้มครองสิทธิของผู้ให้ข้อมูล หลังจากได้รับการอนุมัติแล้ว จึงเริ่มเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นเกษตรกรและผู้ประกอบการฟาร์มอัจฉริยะ โดยข้อมูลที่เก็บได้จะต้องผ่านการตรวจสอบความถูกต้องและความครบถ้วนอย่างละเอียด หากพบว่าข้อมูลไม่ครบถ้วนหรือมีข้อบกพร่อง ผู้วิจัยจะต้องดำเนินการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมจนกว่าจะได้ข้อมูลที่มีคุณภาพเพียงพอสำหรับการวิเคราะห์

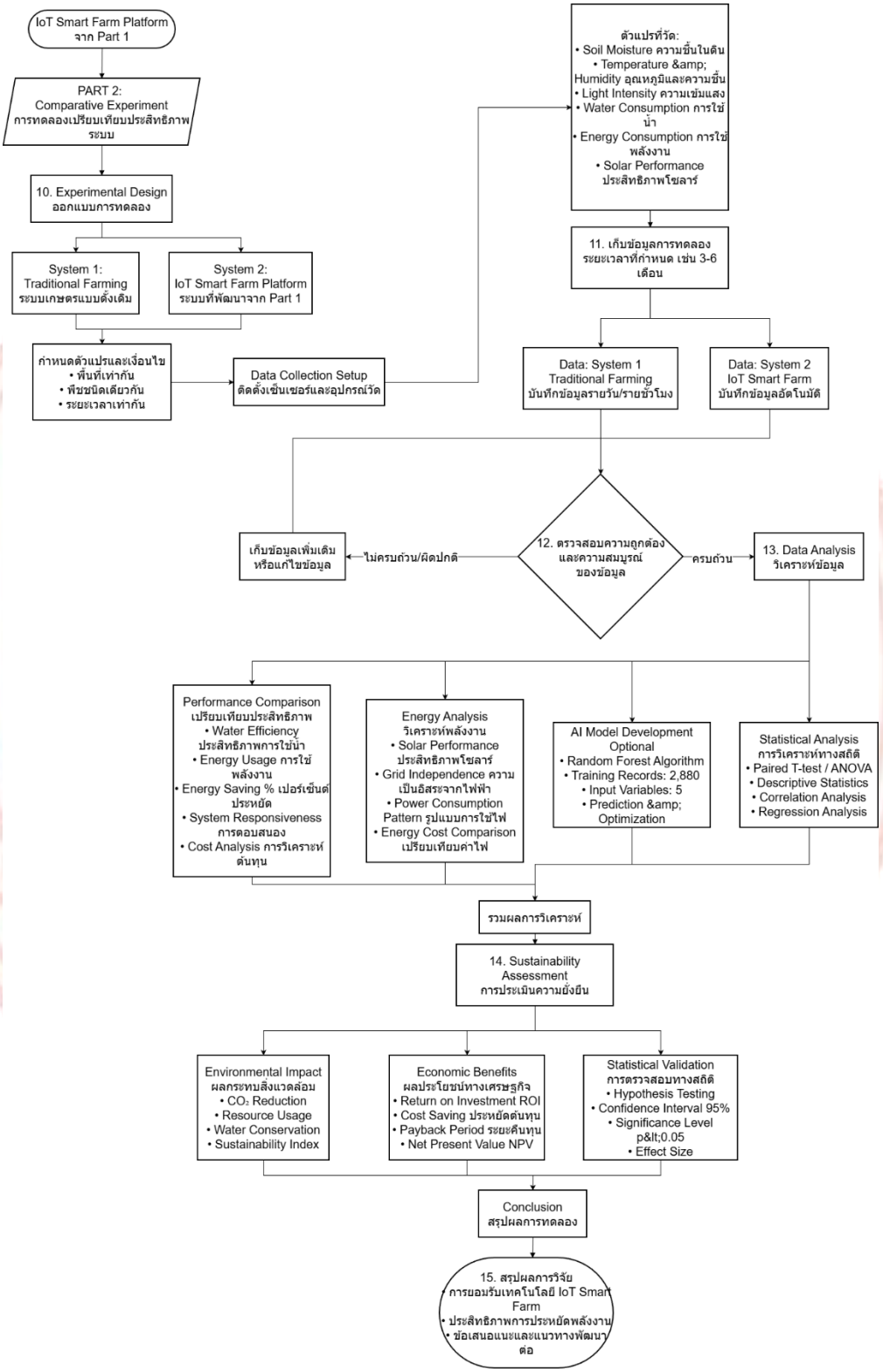
ข้อมูลที่ได้รับจะถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SmartPLS 4.0 โดยใช้เทคนิค Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM) ซึ่งประกอบด้วยการทดสอบแบบจำลองการวัด (Measurement Model) เพื่อตรวจสอบความเชื่อมั่นและความตรงของตัวแปร จากนั้นจึงวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง (Structural Model) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ และทดสอบสมมติฐานการวิจัย (Hypothesis Testing) ผลการวิเคราะห์จะประเมินจากค่าต่างๆ ได้แก่ Outer Model ที่แสดงความเชื่อมั่นและความตรง (Reliability & Validity), Inner Model ที่แสดงค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (Path Coefficients), ค่าสัมประสิทธิ์การทำนาย (R^2), ค่าความเกี่ยวข้อง (Q^2) และขนาดของผลกระทบ (Effect Size) จากผลการวิเคราะห์ ผู้วิจัยจะอภิปรายและสรุปปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับเทคโนโลยี IoT Smart Farm พร้อมทั้งคัดเลือกฟีเจอร์และคุณสมบัติที่ผู้ใช้ต้องการ รวมถึงกำหนดข้อกำหนดของระบบที่จะพัฒนา

จากผลการวิเคราะห์และข้อเสนอแนะที่ได้ ผู้วิจัยจะดำเนินการพัฒนาต้นแบบแพลตฟอร์ม IoT Smart Farm โดยเริ่มจากการออกแบบสถาปัตยกรรมระบบ (System Architecture Design) ที่ครอบคลุมทั้งด้านฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ และพลังงานสีเขียว ในส่วนของการพัฒนาฮาร์ดแวร์

(Hardware Development) จะประกอบด้วยการติดตั้งเซ็นเซอร์ (Sensors) สำหรับวัดค่าต่างๆ ในฟาร์ม ตัวควบคุม (Controllers) สำหรับประมวลผลและสั่งการ และอุปกรณ์ปฏิบัติการ (Actuators) สำหรับควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ในฟาร์ม สำหรับการพัฒนาซอฟต์แวร์ (Software Development) จะพัฒนาแพลตฟอร์มหลัก (Platform) สำหรับจัดการระบบ แอปพลิเคชันมือถือ (Mobile App) สำหรับให้ผู้ใช้สามารถควบคุมและติดตามระบบได้จากทุกที่ และหน้าแดชบอร์ด (Dashboard) สำหรับแสดงข้อมูลและสถิติต่างๆ อย่างเป็นระบบ

นอกจากนี้ ระบบยังมีการบูรณาการพลังงานสีเขียว (Green Energy Integration) โดยติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ (Solar Panels) สำหรับผลิตพลังงานไฟฟ้า แบตเตอรี่สำรองพลังงาน (Battery Storage) สำหรับเก็บพลังงานไว้ใช้ในช่วงที่ไม่มีแสงแดด และระบบจัดการพลังงาน (Energy Management) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน เมื่อพัฒนาระบบเสร็จสมบูรณ์แล้ว จะดำเนินการติดตั้งระบบในโรงเรือนทดลอง (System Implementation) และทำการทดสอบและปรับปรุงระบบ ซึ่งประกอบด้วยการทดสอบการทำงาน (Functional Testing) การทดสอบการยอมรับของผู้ใช้ (User Acceptance Testing) และการปรับปรุงประสิทธิภาพระบบ (System Optimization) จนกว่าระบบจะพร้อมใช้งานสำหรับการทดลองในส่วนที่ 2

3.2.2 ขั้นตอนที่ 2: การทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพระบบ



ภาพที่ 3-3 ขั้นตอนที่ 2: การทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพระบบ

จากภาพที่ 3-3 ในส่วนที่ 2 ของงานวิจัย ผู้วิจัยจะดำเนินการออกแบบการทดลองเปรียบเทียบ (Experimental Design) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานระหว่างระบบเกษตรแบบดั้งเดิม (Traditional Farming) ซึ่งเป็น System 1 กับแพลตฟอร์ม IoT Smart Farm ที่พัฒนาขึ้นจาก Part 1 ซึ่งเป็น System 2 โดยการทดลองจะกำหนดตัวแปรและเงื่อนไขให้เท่าเทียมกัน เช่น พื้นที่การเพาะปลูกที่เท่ากัน ชนิดของพืชที่เหมือนกัน และระยะเวลาการทดลองที่เท่ากัน เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบผลได้อย่างเป็นธรรม จากนั้นจะดำเนินการติดตั้งอุปกรณ์เก็บข้อมูล (Data Collection Setup) ในทั้งสองระบบ โดยวัดตัวแปรต่างๆ ที่สำคัญ ได้แก่ ความชื้นในดิน (Soil Moisture), อุณหภูมิและความชื้น (Temperature & Humidity), ความเข้มแสง (Light Intensity), การใช้น้ำ (Water Consumption), การใช้พลังงาน (Energy Consumption) และประสิทธิภาพของโซลาร์เซลล์ (Solar Performance)

การเก็บข้อมูลการทดลองจะดำเนินการตามระยะเวลาที่กำหนด ซึ่งอาจใช้เวลา 3-6 เดือน เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เพียงพอและสะท้อนสภาพการใช้งานจริง โดยข้อมูลจาก System 1 (Traditional Farming) จะบันทึกด้วยวิธีการแบบดั้งเดิม ในขณะที่ข้อมูลจาก System 2 (IoT Smart Farm) จะบันทึกอัตโนมัติผ่านระบบเซ็นเซอร์และแพลตฟอร์มที่พัฒนาขึ้น ข้อมูลที่เก็บได้ทั้งหมดจะต้องผ่านการตรวจสอบความถูกต้องและความสมบูรณ์อย่างละเอียด หากพบว่าข้อมูลไม่ครบถ้วนหรือมีความผิดปกติ ผู้วิจัยจะต้องดำเนินการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมหรือแก้ไขข้อมูลให้ถูกต้องก่อนนำไปวิเคราะห์

เมื่อได้ข้อมูลที่มีคุณภาพเพียงพอแล้ว ผู้วิจัยจะดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลอย่างครอบคลุมใน 4 มิติ ได้แก่ การเปรียบเทียบประสิทธิภาพ (Performance Comparison) ซึ่งจะวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (Water Efficiency), การใช้พลังงาน (Energy Usage), เปอร์เซ็นต์การประหยัดพลังงาน (Energy Saving %), การตอบสนองของระบบ (System Responsiveness) และการวิเคราะห์ต้นทุน (Cost Analysis) การวิเคราะห์พลังงาน (Energy Analysis) ซึ่งจะศึกษาประสิทธิภาพของโซลาร์เซลล์ (Solar Performance), ความเป็นอิสระจากระบบไฟฟ้าหลัก (Grid Independence), รูปแบบการใช้ไฟฟ้า (Power Consumption Pattern) และการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายพลังงาน (Energy Cost Comparison)

นอกจากนี้ ผู้วิจัยอาจพัฒนาโมเดล AI (AI Model Development) เป็นทางเลือกเพิ่มเติม โดยใช้ Random Forest Algorithm กับข้อมูลการฝึก 2,880 รายการ และตัวแปรนำเข้า 5 ตัว เพื่อทำนายและเพิ่มประสิทธิภาพระบบ รวมถึงการวิเคราะห์ทางสถิติ (Statistical Analysis) ด้วยวิธีการ

ต่างๆ เช่น T-test หรือ ANOVA สำหรับทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม, สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics), การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Correlation Analysis) และการวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่มีความน่าเชื่อถือทางสถิติ

ผลการวิเคราะห์ทั้งหมดจะถูกนำมาประเมินความยั่งยืน (Sustainability Assessment) ใน 3 มิติหลัก ได้แก่ ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental Impact) ซึ่งจะประเมินการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2 Reduction), การใช้ทรัพยากร (Resource Usage), การอนุรักษ์น้ำ (Water Conservation) และดัชนีความยั่งยืน (Sustainability Index) ผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจ (Economic Benefits) ซึ่งจะคำนวณผลตอบแทนจากการลงทุน (ROI), การประหยัดต้นทุน (Cost Saving), ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) และมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value) และการตรวจสอบทางสถิติ (Statistical Validation) ซึ่งจะทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing), คำนวณช่วงความเชื่อมั่น 95% (Confidence Interval), ตรวจสอบระดับนัยสำคัญที่ $p<0.05$ (Significance Level) และวัดขนาดของผลกระทบ (Effect Size)

จากการประเมินทั้ง 3 มิติ ผู้วิจัยจะสรุปผลการทดลอง (Conclusion) โดยระบุว่าระบบใดประหยัดพลังงานมากกว่ากัน พร้อมทั้งนำเสนอหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ชัดเจน ได้แก่ เปอร์เซ็นต์การประหยัดพลังงาน, จำนวนเงินที่ประหยัดต้นทุนต่อปี และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ผลการวิจัยจะสรุปครอบคลุมทั้งการยอมรับเทคโนโลยี IoT Smart Farm จาก Part 1 และประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานจาก Part 2 พร้อมทั้งเสนอข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนาต่อยอดในอนาคต เพื่อให้เกิดการนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเป็นรูปธรรมในภาคเกษตรกรรมอัจฉริยะต่อไป

3.3 สมมติฐานงานวิจัย

ในยุคปัจจุบันที่เทคโนโลยีก้าวล้ำอย่างรวดเร็วการใช้เทคโนโลยีเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในการพัฒนาระบบแพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเกษตรมีความสำคัญอย่างมาก อย่างไรก็ตาม การนำเทคโนโลยีมาใช้ใหม่มักเผชิญกับความยากลำบากในการยอมรับและใช้ (Jung et al., 2023) ดังนั้น การศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อความตั้งใจในการใช้เทคโนโลยีใหม่เหล่านี้เป็นสิ่งสำคัญในการวิจัยด้านนี้

3.3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างทัศนคติต่อพฤติกรรมกับความพึงพอใจของผู้ใช้แพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม

ทัศนคติต่อพฤติกรรม (Attitude Toward Behavior) เป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ในการยอมรับและใช้งานเทคโนโลยีต่างๆ งานวิจัยในหลายบริบทได้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงบวกนี้อย่างชัดเจน

การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความตั้งใจในการใช้ผู้ช่วยเสียงบนสมาร์ทโฟนแสดงให้เห็นว่าคุณภาพของระบบและคุณภาพของข้อมูลมีผลกระทบอย่างมากต่อการรับรู้ประโยชน์และความง่ายในการใช้งาน ซึ่งส่งผลต่อทัศนคติและความพึงพอใจของผู้ใช้ในที่สุด (Yılmaz & Rızvanoğlu, 2022) การศึกษานี้ใช้แบบจำลองบูรณาการของความพึงพอใจของผู้ใช้และการยอมรับเทคโนโลยี โดยทำการสำรวจออนไลน์กับนักศึกษามหาวิทยาลัย 75 คน และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายและการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ

การทดสอบและพัฒนาแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี (TAM) ในการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อทัศนคติ ความพึงพอใจ และการใช้งานเทคโนโลยีสารสนเทศ พบว่าการรับรู้ประโยชน์เป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดทัศนคติต่อการยอมรับ ความพึงพอใจ และการใช้งานเทคโนโลยี นอกจากนี้ยังพบว่าทัศนคติมีความสัมพันธ์กับความพึงพอใจของผู้ใช้ (Al-Gahtani & King, 1999)

การบูรณาการแนวคิดจากสองสาขา คือ วรรณกรรมด้านความพึงพอใจของผู้ใช้และวรรณกรรมด้านการยอมรับเทคโนโลยี ได้พัฒนาแบบจำลองที่เชื่อมโยงความเชื่อและทัศนคติเกี่ยวกับระบบ (ความเชื่อและทัศนคติที่อิงกับวัตถุ) กับความเชื่อและทัศนคติเกี่ยวกับการใช้ระบบ (ความเชื่อและทัศนคติที่อิงกับพฤติกรรม) ผลการวิจัยแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างทัศนคติต่อการใช้งานและความพึงพอใจของผู้ใช้ (Wixom & Todd, 2005)

การนำเสนอแบบจำลองปฏิสัมพันธ์ของการยอมรับและความพึงพอใจในเทคโนโลยีสารสนเทศของผู้ใช้ในวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) พบว่าแบบจำลองและทฤษฎีที่มีอยู่เดิมไม่สามารถนำมาใช้กับ SMEs ได้โดยตรง ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าทัศนคติต่อพฤติกรรมมีผลต่อความตั้งใจในการใช้งานเทคโนโลยี ซึ่งส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ในที่สุด (Ghobakhloo et al., 2010)

การศึกษาความพึงพอใจของลูกค้าต่อการยอมรับเทคโนโลยี โดยเน้นที่การใช้งานสมาร์ทโฟน ได้อธิบายถึงทัศนคติของลูกค้าต่อการใช้เทคโนโลยีใหม่และความสัมพันธ์กับความพึงพอใจ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าทัศนคติต่อการใช้งานเทคโนโลยีมีผลต่อความพึงพอใจของลูกค้า (Bag & Lin, 2018)

การศึกษาปัจจัยที่กำหนดความพึงพอใจของผู้ใช้เว็บโดยใช้แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี พบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ ได้แก่ การมีส่วนร่วม การรับรู้ประโยชน์ ประสบการณ์ของผู้ใช้ การสนับสนุนจากองค์กร และทัศนคติของผู้ใช้ต่อระบบสารสนเทศ ผลการวิจัยยืนยันความสัมพันธ์ระหว่างทัศนคติต่อการใช้งานและความพึงพอใจของผู้ใช้ (Zaitul et al., 2018)

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทัศนคติต่อการใช้งานและความพึงพอใจของลูกค้าต่อบริการแอปพลิเคชันมือถือในอุตสาหกรรมประกันชีวิต ได้ทำการสำรวจผู้ตอบแบบสอบถาม 538 คนในไต้หวัน และวิเคราะห์ข้อมูลด้วย ANOVA การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ และการวิเคราะห์เส้นทาง ผลการวิจัยพบว่าทัศนคติต่อการใช้งานมีผลกระทบเชิงบวกต่อความพึงพอใจของลูกค้า (C.-Y. Lee et al., 2015)

การพัฒนาแบบจำลองการยอมรับเพื่อประเมินการยอมรับของผู้ใช้ต่อเทคโนโลยีบริการอิเล็กทรอนิกส์ ได้เสนอแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยีบริการอิเล็กทรอนิกส์ (E-Service Technology Acceptance Model) โดยพบว่าการยอมรับของผู้ใช้ยังคงเป็นอุปสรรคหลักต่อความสำเร็จและการพัฒนาเทคโนโลยี ผลการวิจัยยืนยันว่าความพึงพอใจของผู้บริโภคเป็นตัวบ่งชี้ของทัศนคติและการยอมรับเทคโนโลยี (Taherdoost, 2018b)

การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อทัศนคติของผู้บริโภคในการยอมรับและใช้งานแอปพลิเคชันมือถืออย่างต่อเนื่อง ได้พัฒนาแบบจำลองแนวคิดสำหรับการยอมรับแอปพลิเคชันมือถือทั้งประเภทอรรถประโยชน์และความบันเทิง โดยเสนอให้ความพึงพอใจและนิสัยเป็นตัวแปรสื่อกลาง ผลการวิจัยแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างทัศนคติต่อการใช้งานและความพึงพอใจของลูกค้า (Malik et al., 2017)

การวิเคราะห์อภิมานเกี่ยวกับตัวแปรที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ปลายทางเทคโนโลยีสารสนเทศ ได้วิเคราะห์ผลการวิจัยเชิงประจักษ์จาก 45 การศึกษาที่ตีพิมพ์ระหว่างปี 1986 ถึง 1998 โดยมุ่งเน้นความสัมพันธ์ระหว่างความพึงพอใจของผู้ใช้ปลายทางกับตัวแปรต่างๆ รวมถึงทัศนคติของ

ผู้ใช้ต่อระบบสารสนเทศ ผลการวิเคราะห์พบว่าทัศนคติของผู้ใช้มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความพึงพอใจของผู้ใช้ปลายทาง (Adam mahmood et al., 2000)

จากการทบทวนวรรณกรรมข้างต้น แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงบวกที่สม่ำเสมอระหว่างทัศนคติต่อพฤติกรรมและความพึงพอใจของผู้ใช้ในบริบทของการยอมรับและใช้งานเทคโนโลยีต่างๆ ทั้งในด้านเทคโนโลยีมือถือ ระบบสารสนเทศ บริการอิเล็กทรอนิกส์ และการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ซึ่งสนับสนุนสมมติฐานที่ 1 ดังนี้

Hypothesis 1 (H1): ทัศนคติต่อพฤติกรรมมีผลบวกต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ (Attitude Toward Behavior ⟶ User Satisfaction)

3.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้การควบคุมพฤติกรรมของเกษตรกรกับความพึงพอใจของผู้ใช้แพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม

การรับรู้การควบคุมพฤติกรรม (Perceived Behavioral Control) เป็นหนึ่งในองค์ประกอบสำคัญของทฤษฎีพฤติกรรมตามแผน (Theory of Planned Behavior) ที่มีอิทธิพลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ในการยอมรับและใช้งานเทคโนโลยีต่างๆ งานวิจัยในหลายบริบทได้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างตัวแปรทั้งสองนี้

การศึกษาผลกระทบของการรับรู้การควบคุมพฤติกรรมต่อการยอมรับการเรียนรู้แบบอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี พบว่า "ความตั้งใจ" และ "ความพึงพอใจของผู้ใช้" มีผลเชิงบวกต่อการใช้งานจริง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้การควบคุมพฤติกรรมและความพึงพอใจของผู้ใช้ (Damunupola & Nayanajith, 2021)การวิจัยนี้ใช้การสำรวจและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณในการศึกษา

การศึกษาอิทธิพลของปัจจัยส่วนบุคคล บริบท และสังคมต่อการรับรู้การควบคุมพฤติกรรมของเทคโนโลยีสารสนเทศโดยใช้แนวทางทฤษฎีสนาม พบว่าการรับรู้การควบคุมพฤติกรรมมีผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ปลายทางในการยอมรับและใช้งานเทคโนโลยี (Elie-Dit-Cosaque et al., 2011) กระบวนการวิจัยใช้การสำรวจและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

การศึกษาการยอมรับเทคโนโลยีสารสนเทศโดยใช้หลักฐานจากการแนะนำระบบข้อความเสียงและใช้ทฤษฎีพฤติกรรมตามแผน พบว่าการรับรู้การควบคุมพฤติกรรมมีบทบาทสำคัญในการกำหนดความพึงพอใจของผู้ใช้และการยอมรับนวัตกรรมเทคโนโลยีสารสนเทศ (Benham & Raymond, 1996)

การศึกษาความตั้งใจเชิงพฤติกรรมของผู้ใช้ในการใช้ผู้ช่วยเสียงบนสมาร์ทโฟนโดยใช้แบบจำลองบูรณาการของความพึงพอใจของผู้ใช้และการยอมรับเทคโนโลยี ได้ทำการสำรวจออนไลน์กับนักศึกษามหาวิทยาลัย 75 คน และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายและการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ ผลการวิจัยพบว่าการรับรู้การควบคุมพฤติกรรมมีผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้และความตั้งใจในการใช้ผู้ช่วยเสียงบนสมาร์ทโฟน (Yılmaz & Rızvanoğlu, 2022)

การศึกษาผลกระทบของทัศนคติ บรรทัดฐานทางสังคม และการรับรู้การควบคุมพฤติกรรมต่อการจองโรงแรมผ่านการชำระเงินทางมือถือโดยใช้แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี พบว่าการรับรู้การควบคุมพฤติกรรมมีผลทางอ้อมต่อความพึงพอใจของลูกค้า (S. Sun et al., 2020) การวิจัยนี้ใช้การสำรวจและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

การศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้ต่อบริการรัฐบาลอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้แบบจำลองบูรณาการที่รวมแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี ทฤษฎีพฤติกรรมตามแผน และความสำเร็จของระบบสารสนเทศ พบว่าการรับรู้การควบคุมพฤติกรรมเป็นหนึ่งในปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้บริการรัฐบาลอิเล็กทรอนิกส์ (Danila & Abdullah, 2014) การวิจัยนี้ใช้การสำรวจและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

การศึกษาแบบจำลองพฤติกรรมของมุมมองผู้บริหารเกี่ยวกับการยอมรับเทคโนโลยีในระบบการจัดการพลังงานอาคาร พบว่าจากมุมมองของผู้บริหาร ความพึงพอใจของผู้ใช้ต่อระบบถือว่ามีความสำคัญมากกว่าทัศนคติของผู้ใช้ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้การควบคุมพฤติกรรมและความพึงพอใจของผู้ใช้ (Chin & Lin, 2016)

การศึกษาบทบาทของอายุและเพศในความสัมพันธ์ระหว่างทัศนคติ บรรทัดฐานทางสังคม และการรับรู้การควบคุมพฤติกรรมกับการยอมรับการเรียนรู้แบบอิเล็กทรอนิกส์ในมหาวิทยาลัยจอร์แดน พบว่าอายุและเพศเป็นตัวแปรกำกับในความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้การควบคุมพฤติกรรมและความตั้งใจเชิงพฤติกรรมในการยอมรับการเรียนรู้แบบอิเล็กทรอนิกส์ งานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าปัจจัยด้าน

ประชากรศาสตร์มีผลต่อความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้การควบคุมพฤติกรรมและการยอมรับเทคโนโลยี ซึ่งอาจส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ในท้ายที่สุด (Altawallbeh et al., 2015)การวิจัยนี้ใช้การสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นและการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบลำดับชั้น

การศึกษาผลกระทบของความได้เปรียบเชิงเปรียบเทียบ การรับรู้การควบคุมพฤติกรรม และการรับรู้ความง่ายในการใช้งานต่อความตั้งใจในการยอมรับเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ในศรีลังกา พบว่าการรับรู้การควบคุมพฤติกรรมมีผลเชิงบวกต่อการยอมรับเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ (Bandara & Amarasena, 2018) การวิจัยนี้ใช้การสำรวจและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

การศึกษาแบบจำลองพฤติกรรมของมุมมองผู้บริหารเกี่ยวกับการยอมรับเทคโนโลยีในระบบการจัดการพลังงานอาคาร พบว่าจากมุมมองของผู้บริหาร ความพึงพอใจของผู้ใช้ต่อระบบถือว่ามีความสำคัญมากกว่าทัศนคติของผู้ใช้ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้การควบคุมพฤติกรรมและความพึงพอใจของผู้ใช้ (Chin & Lin, 2016)

งานวิจัยเหล่านี้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้การควบคุมพฤติกรรมและความพึงพอใจของผู้ใช้ในบริบทของการยอมรับและใช้งานเทคโนโลยีต่างๆ โดยแสดงให้เห็นว่าการรับรู้การควบคุมพฤติกรรมมีผลเชิงบวกต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ ทั้งทางตรงและทางอ้อม ในหลากหลายบริบทของการใช้เทคโนโลยี ซึ่งสนับสนุนสมมติฐานที่ 2 ดังนี้

Hypothesis 2 (H2): การรับรู้การควบคุมพฤติกรรมของเกษตรกรมีผลบวกต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ (Perceived Behavioral Control ⟶ User Satisfaction)

3.3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความคาดหวังในประสิทธิภาพกับความพึงพอใจของผู้ใช้แพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม

ความคาดหวังในประสิทธิภาพ (Performance Expectancy) เป็นหนึ่งในองค์ประกอบหลักของทฤษฎีรวมการยอมรับและการใช้เทคโนโลยี (UTAUT) ที่มีอิทธิพลสำคัญต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ในการยอมรับและใช้งานเทคโนโลยีต่างๆ งานวิจัยในหลายสาขาได้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างตัวแปรทั้งสองนี้

การศึกษาการบูรณาการแบบจำลอง UTAUT ในบริบทของการยอมรับการใช้งานอินเทอร์เน็ตแบงก์กิ้ง พบว่าความคาดหวังในประสิทธิภาพ (Performance Expectancy) มีบทบาทสำคัญในการ

เป็นตัวกลางระหว่างปัจจัยต่างๆ ของ UTAUT และการยอมรับเทคโนโลยี ซึ่งส่งผลต่อความพึงพอใจของลูกค้า (Rahi et al., 2019)การวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการรับรู้ประสิทธิภาพในการกำหนดระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งานบริการทางการเงินออนไลน์

การวิเคราะห์ผลกระทบของความคาดหวังในประสิทธิภาพต่อความไว้วางใจใน ChatGPT พบว่าการลดภาระงานของผู้ใช้มีความสำคัญอย่างยิ่งในการเพิ่มความพึงพอใจของผู้ใช้ ซึ่งส่งผลต่อความไว้วางใจในเทคโนโลยี (Choudhury & Shamszare, 2024)การศึกษานี้เน้นย้ำถึงความสำคัญของการรับรู้ประสิทธิภาพในการสร้างความเชื่อมั่นและความพึงพอใจในเทคโนโลยี AI

การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความคาดหวังในประสิทธิภาพและความตั้งใจในการใช้ ChatGPT พบว่าความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อความคาดหวังในประสิทธิภาพของ AI chatbots ซึ่งส่งผลต่อความตั้งใจในการใช้งานเทคโนโลยีนี้ (Camilleri, 2024) งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงความเชื่อมโยงระหว่างความเชื่อถือได้ของข้อมูลและความพึงพอใจของผู้ใช้

การศึกษาในบริบทของการบังคับใช้เทคโนโลยี e-government พบว่าความคาดหวังในประสิทธิภาพ ความคาดหวังในความพยายาม และเงื่อนไขที่เอื้ออำนวย มีผลโดยตรงต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ (Chan et al., 2011) การวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการรับรู้ประสิทธิภาพในการสร้างความพึงพอใจในบริการภาครัฐ

การศึกษาผลกระทบของ e-banking และ mobile banking ต่อความพึงพอใจของลูกค้า พบว่าความคาดหวังในความพยายาม (Effort Expectancy) สะท้อนถึงระดับความง่ายในการใช้งาน e-banking ซึ่งส่งผลต่อความพึงพอใจของลูกค้า(Usman et al., 2020) แม้ว่าการศึกษานี้จะเน้นที่ความคาดหวังในความพยายาม แต่ก็แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้ประสิทธิภาพและความพึงพอใจ

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความคาดหวังในประสิทธิภาพของนักศึกษาพยาบาลกับความตั้งใจในการใช้ ICT และสื่อสังคมออนไลน์ พบว่าความคาดหวังในประสิทธิภาพมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความตั้งใจในการใช้ โดยความคาดหวังในความพยายามมีผลเชิงบวกต่อความสัมพันธ์นี้ (Sari et al., 2024) การศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการรับรู้ประสิทธิภาพในบริบทการศึกษา

การศึกษาผลกระทบของปัจจัยต่างๆ รวมถึงความคาดหวังในประสิทธิภาพและความคาดหวังในความพยายาม ต่อความตั้งใจในการใช้แอปพลิเคชันสุขภาพบนมือถือ พบว่าการรับรู้ประโยชน์ของ

ผู้ใช้มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยี (Utomo et al., 2021) การวิจัยนี้เชื่อมโยงการรับรู้ประสิทธิภาพกับการยอมรับและความพึงพอใจของผู้ใช้

การศึกษาตรวจสอบอิทธิพลของความคาดหวังในความพยายาม ความคาดหวังในประสิทธิภาพ อิทธิพลทางสังคม และเงื่อนไขที่เอื้ออำนวย ต่อความตั้งใจในการใช้ ATM ที่มีการยืนยันตัวตนด้วยลายนิ้วมือ (Catherine et al., 2017) แม้ว่าการศึกษานี้จะไม่ได้วัดความพึงพอใจโดยตรง แต่ก็แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของความคาดหวังในประสิทธิภาพในการกำหนดการยอมรับเทคโนโลยี

การศึกษาผลกระทบของความคาดหวังก่อนการใช้งานแอปพลิเคชันฟิตเนส ต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ การใช้งานอย่างต่อเนื่อง และความพึงพอใจด้านสุขภาพ พบว่าความคาดหวังในประสิทธิภาพเป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดพฤติกรรมหลังการยอมรับเทคโนโลยี (Yousaf et al., 2021) การวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงผลกระทบระยะยาวของความคาดหวังในประสิทธิภาพต่อความพึงพอใจและการใช้งานต่อเนื่อง

การสำรวจบทบาทของความคาดหวังในประสิทธิภาพของเทคโนโลยี ความคาดหวังในความพยายามของแอปพลิเคชัน ความเสี่ยงที่รับรู้ และต้นทุนที่รับรู้ ต่อความตั้งใจในการใช้งานดิจิทัลของผู้ใช้ GoFood พบว่าความคาดหวังในความพยายามสะท้อนถึงประสิทธิภาพที่บุคคลคิดว่าจะได้รับในการใช้ระบบ (Tannady et al., 2024) การศึกษานี้เชื่อมโยงความคาดหวังในประสิทธิภาพกับความพึงพอใจของผู้ใช้แพลตฟอร์มดิจิทัล

จากการทบทวนวรรณกรรมข้างต้น แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงบวกที่สม่ำเสมอระหว่างความคาดหวังในประสิทธิภาพและความพึงพอใจของผู้ใช้ในบริบทของการยอมรับและใช้งานเทคโนโลยีต่างๆ ทั้งในด้านบริการทางการเงิน เทคโนโลยี AI บริการรัฐบาลอิเล็กทรอนิกส์ แอปพลิเคชันสุขภาพ ระบบการชำระเงิน และแพลตฟอร์มดิจิทัล ซึ่งสนับสนุนสมมติฐานที่ 3 ดังนี้

Hypothesis 3 (H3): ความคาดหวังในประสิทธิภาพมีผลบวกต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ (Performance Expectancy ⟶ User Satisfaction)

3.3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความคาดหวังในความพยายามกับความพึงพอใจของผู้ใช้แพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม

ความคาดหวังในความพยายาม (Effort Expectancy) เป็นหนึ่งในปัจจัยหลักของแบบจำลอง UTAUT ที่มีอิทธิพลสำคัญต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ในการยอมรับเทคโนโลยีใหม่ๆ งานวิจัยในหลายบริบทได้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงบวกนี้อย่างชัดเจน

การศึกษาการบูรณาการแบบจำลอง UTAUT ในการยอมรับการใช้งานอินเทอร์เน็ตแบงก์กิ้ง พบว่า ความคาดหวังในความพยายามมีบทบาทสำคัญในการเป็นตัวกลางระหว่างปัจจัยต่างๆ ของ UTAUT และการยอมรับเทคโนโลยี ซึ่งส่งผลต่อความพึงพอใจของลูกค้าในที่สุด (Rahi et al., 2019) ในทำนองเดียวกัน งานวิจัยเกี่ยวกับ e-banking แสดงให้เห็นว่า ความคาดหวังในความพยายามสะท้อนถึงระดับความง่ายในการใช้งาน ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อความพึงพอใจของลูกค้า (Usman et al., 2020) นอกจากนี้ การศึกษาเทคโนโลยี ATM ที่มีการยืนยันตัวตนด้วยลายนิ้วมือยังแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของความคาดหวังในความพยายามต่อการยอมรับเทคโนโลยีใหม่ในภาคการเงิน (Catherine et al., 2017)

การพัฒนาและทดสอบแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี e-government แบบบังคับใช้แสดงให้เห็นว่า ความคาดหวังในความพยายาม ร่วมกับความคาดหวังในประสิทธิภาพและเงื่อนไขที่เอื้ออำนวย มีผลโดยตรงต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ในบริบทของการบังคับใช้เทคโนโลยี e-government (Chan et al., 2011)

งานวิจัยหลายฉบับได้ยืนยันความสำคัญของความคาดหวังในความพยายามในด้านแอปพลิเคชันและบริการดิจิทัล การสำรวจบทบาทของความคาดหวังในความพยายามต่อความตั้งใจในการใช้งานดิจิทัลของผู้ใช้ GoFood พบว่า ความคาดหวังในความพยายามสะท้อนถึงประสิทธิภาพที่บุคคลคิดว่าจะได้รับในการใช้ระบบ ซึ่งส่งผลต่อความตั้งใจในการใช้งาน (Tannady et al., 2024)

การศึกษาแอปพลิเคชันฟิตเนสแสดงให้เห็นว่า ความคาดหวังในความพยายามเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อพฤติกรรมหลังการยอมรับเทคโนโลยี รวมถึงความพึงพอใจของผู้ใช้ (Yousaf et al., 2021) ส่วนการวัดประสิทธิผลของแอปพลิเคชันสุขภาพบนมือถือโดยใช้แนวทาง UTAUT พบว่า

ความคาดหวังในความพยายามสามารถเพิ่มความตั้งใจในการใช้แอปพลิเคชัน ซึ่งส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ (Utomo et al., 2021)

การตรวจสอบผลของความคาดหวังในความพยายามต่อความสัมพันธ์ระหว่างความคาดหวังในประสิทธิภาพและความตั้งใจในการใช้ ICT ในกลุ่มนักศึกษาพยาบาลชาวโมร็อกโกพบว่า ความคาดหวังในความพยายามมีผลเชิงบวกต่อความสัมพันธ์ดังกล่าว (Sari et al., 2024)

การวิเคราะห์ผลกระทบต่อความไว้วางใจใน ChatGPT แสดงให้เห็นว่า การลดภาระงานของผู้ใช้มีความสำคัญอย่างยิ่งในการเพิ่มความพึงพอใจของผู้ใช้ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดเรื่องความคาดหวังในความพยายาม (Choudhury & Shamszare, 2024)

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความคาดหวังก่อนการใช้งานและความตั้งใจในการใช้งานอย่างต่อเนื่องหลังการใช้งาน โดยใช้แบบจำลอง expectation-confirmation ที่ขยายเพิ่มเติม ชี้ให้เห็นว่านักพัฒนาควรเน้นการเพิ่มความพึงพอใจของผู้ใช้และความตั้งใจในการใช้งานอย่างต่อเนื่อง โดยการตอบสนองความคาดหวังก่อนการใช้งาน ซึ่งรวมถึงความคาดหวังในความพยายามด้วย (Gupta et al., 2020)

จากการทบทวนวรรณกรรมข้างต้น แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงบวกที่สม่ำเสมอระหว่างความคาดหวังในความพยายามและความพึงพอใจของผู้ใช้ในบริบทของการยอมรับและใช้งานเทคโนโลยีต่างๆ ทั้งในด้านบริการทางการเงิน บริการภาครัฐ แอปพลิเคชันดิจิทัล และเทคโนโลยีใหม่ๆ ซึ่งสนับสนุนสมมติฐานที่ 4 ดังนี้

Hypothesis 4 (H4): ความคาดหวังในความพยายามมีผลบวกต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ (Effort Expectancy ⟶ User Satisfaction)

3.3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอิทธิพลทางสังคมกับความพึงพอใจของผู้ใช้แพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม

อิทธิพลทางสังคม (Social Influence) เป็นหนึ่งในองค์ประกอบสำคัญของทฤษฎีรวมการยอมรับและการใช้เทคโนโลยี (UTAUT) ที่มีบทบาทสำคัญในการกำหนดความพึงพอใจของผู้ใช้ในการยอมรับและใช้งานเทคโนโลยีต่างๆ งานวิจัยในหลายสาขาและบริบทได้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างอิทธิพลทางสังคมและความพึงพอใจของผู้ใช้

การศึกษาการยอมรับ Mobile Government (M-government) ในประเทศไทยโดยใช้แบบจำลอง Technology Acceptance Model (TAM) และปัจจัยเพิ่มเติม พบว่าอิทธิพลทางสังคมมีผลทางอ้อมเชิงบวกต่อการยอมรับ M-government ผ่านความพึงพอใจของผู้ใช้ (Junnonyang, 2021) การวิจัยนี้ใช้การเก็บข้อมูลจากผู้ตอบแบบสอบถาม 400 คนในกรุงเทพฯและปริมณฑล และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิค Structural Equation Modeling (SEM) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของอิทธิพลทางสังคมในการสร้างความพึงพอใจและการยอมรับบริการรัฐบาลอิเล็กทรอนิกส์

การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการปรากฏตัวทางสังคมและความพึงพอใจของผู้ใช้กับ Mobile Instant Messaging (mIM) พบว่าประสบการณ์ของผู้ใช้ อิทธิพลทางสังคม และการรับรู้ความหลากหลายของสื่อเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการปรากฏตัวทางสังคมและความพึงพอใจของผู้ใช้ใน mIM (Ogara et al., 2014) การวิจัยนี้ใช้แบบสำรวจออนไลน์เก็บข้อมูลจากนักศึกษา 239 คนในสหรัฐอเมริกา แสดงให้เห็นถึงบทบาทของอิทธิพลทางสังคมในการสร้างความพึงพอใจของผู้ใช้แพลตฟอร์มการสื่อสาร

การศึกษาบทบาทของความสามารถในการใช้งาน ความเข้ากันได้ และอิทธิพลทางสังคมในการยอมรับ Mobile Banking ในอินโดนีเซีย พบว่าอิทธิพลทางสังคมมีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีและความพึงพอใจของผู้ใช้ (Sitorus et al., 2019) การวิจัยนี้ใช้แบบจำลองการวิจัยที่รวมห้าตัวแปร: ความพึงพอใจของผู้ใช้ การรับรู้ประโยชน์ การรับรู้ความง่ายในการใช้งาน ความเข้ากันได้ และอิทธิพลทางสังคม ผลการศึกษาเน้นย้ำถึงความสำคัญของอิทธิพลทางสังคมในการสร้างความพึงพอใจในบริการทางการเงินดิจิทัล

การพัฒนาแบบจำลองแนวคิดเพื่อกำหนดปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความตั้งใจ ความพึงพอใจที่รับรู้และการแนะนำให้ใช้บริการกระเป๋าเงินมือถือ พบว่าอิทธิพลทางสังคมมีผลต่อความพึงพอใจและการแนะนำให้ใช้บริการกระเป๋าเงินมือถือ (Singh et al., 2020) การวิจัยนี้ใช้การสำรวจออนไลน์และแบบสอบถามจากผู้ตอบ 206 คนในอินเดีย แสดงให้เห็นถึงผลกระทบของอิทธิพลทางสังคมต่อความพึงพอใจและพฤติกรรมการแนะนำในบริการการเงินดิจิทัล

การพัฒนาและทดสอบแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี e-government แบบบังคับใช้ของพลเมือง โดยใช้ตัวแปรการยอมรับเทคโนโลยีหลักจาก Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) พบว่าอิทธิพลทางสังคมและเงื่อนไขที่เอื้ออำนวยมีอิทธิพลเชิงบวกต่อ

ความพึงพอใจของผู้ใช้ (Chan et al., 2011) การศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของอิทธิพลทางสังคมแม้ในสถานการณ์ที่มีการบังคับใช้เทคโนโลยี

การวิเคราะห์วรรณกรรมเกี่ยวกับอิทธิพลทางสังคมในการวิจัยการยอมรับเทคโนโลยีตลอดระยะเวลาสองทศวรรษ พบว่าอิทธิพลทางสังคมมีนัยสำคัญมากขึ้นเมื่อใช้การวัดแบบเฉพาะบุคคลและมีความสำคัญมากขึ้นสำหรับการใช้งานระบบสารสนเทศเพื่อประโยชน์ใช้สอย (Eckhardt et al., 2010) การศึกษานี้วิเคราะห์บทความวารสารและการประชุมทั้งหมดจากการจัดอันดับวารสาร JAIS และรายงานการประชุม AIS ตั้งแต่ปี 1989 แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นของความสำคัญของอิทธิพลทางสังคมในการยอมรับเทคโนโลยี

การทบทวนวิธีการที่อิทธิพลทางสังคมถูกนำเสนอในการวิจัยการยอมรับเทคโนโลยี พบว่าการตีความอิทธิพลทางสังคมในปัจจุบันส่วนใหญ่อิงตามการปฏิบัติตาม และมุ่งเน้นที่ระดับบุคคล (Graf-Vlachy & Buhtz, 2017) การศึกษานี้ใช้การทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ และพัฒนามุมมองแบบบูรณาการเกี่ยวกับอิทธิพลทางสังคมในการวิจัยการยอมรับเทคโนโลยี โดยส่งเสริมให้นักวิชาการมุ่งสู่ความเข้าใจแบบหลายทฤษฎีเกี่ยวกับอิทธิพลทางสังคมที่เชื่อมโยงระหว่างผู้ใช้ บุคคลอ้างอิงทางสังคม และเทคโนโลยี

การขยายแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี (TAM) เพื่อรวมอิทธิพลทางสังคม เน้นย้ำว่าบทบาทของอิทธิพลทางสังคมในการยอมรับและใช้งานเทคโนโลยีสารสนเทศมีความสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาพแวดล้อมองค์กร ซึ่งการใช้งานที่มีประสิทธิภาพมักขึ้นอยู่กับอิทธิพลทางสังคมในรูปแบบต่างๆ (Malhotra & Galletta, 1999) การศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงความจำเป็นในการพิจารณาอิทธิพลทางสังคมเป็นปัจจัยสำคัญในการยอมรับเทคโนโลยี

จากการทบทวนวรรณกรรมข้างต้น แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงบวกที่สม่ำเสมอระหว่างอิทธิพลทางสังคมและความพึงพอใจของผู้ใช้ในบริบทของการยอมรับและใช้งานเทคโนโลยีต่างๆ ทั้งในระดับบุคคล องค์กร และสังคม อิทธิพลทางสังคมมีบทบาทสำคัญในการสร้างความพึงพอใจและการยอมรับเทคโนโลยี โดยเฉพาะในยุคดิจิทัลที่การเชื่อมโยงทางสังคมมีความสำคัญมากขึ้น ซึ่งสนับสนุนสมมติฐานที่ 5 ดังนี้

Hypothesis 5 (H5): อิทธิพลทางสังคมมีผลบวกต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ (Social Influence ⟶ User Satisfaction)

3.3.6 ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพสิ่งอำนวยความสะดวกในการใช้งานกับความพึงพอใจของผู้ใช้แพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม

สภาพเอื้ออำนวยความสะดวก (Facilitating Conditions) เป็นหนึ่งในองค์ประกอบหลักของทฤษฎี UTAUT (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology) ที่หมายถึงปัจจัยด้านโครงสร้างพื้นฐาน ทรัพยากร การสนับสนุน และเงื่อนไขต่างๆ ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการใช้งานเทคโนโลยี งานวิจัยในหลายบริบทและสาขาได้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างสภาพเอื้ออำนวยความสะดวกและความพึงพอใจของผู้ใช้

การศึกษาความพึงพอใจของพลเมืองต่อการบังคับใช้เทคโนโลยี e-government โดยใช้ตัวแปรการยอมรับเทคโนโลยีหลักจาก Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) พบว่าสภาพเอื้ออำนวยความสะดวกมีผลโดยตรงต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ (Chan et al., 2011) การวิจัยนี้ใช้การเก็บข้อมูลจากผู้ใช้ Smart ID Card ในฮ่องกง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแม้ในสถานการณ์ที่มีการบังคับใช้เทคโนโลยี สภาพเอื้ออำนวยความสะดวกยังคงมีบทบาทสำคัญในการสร้างความพึงพอใจของผู้ใช้

การพัฒนาแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยีแผนที่ออนไลน์สำหรับผู้สูงอายุ โดยใช้ Technology Acceptance Model (TAM) ร่วมกับปัจจัยสภาพเอื้ออำนวยความสะดวก ความเข้ากันได้ และความพึงพอใจในตนเอง พบว่าสภาพเอื้ออำนวยความสะดวกมีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีและความพึงพอใจของผู้สูงอายุ (Man et al., 2022) การวิจัยนี้ใช้การสำรวจออนไลน์กับผู้สูงอายุในฮ่องกง แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการออกแบบเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับกลุ่มผู้ใช้เฉพาะ โดยเฉพาะผู้สูงอายุที่อาจต้องการการสนับสนุนเพิ่มเติม

การศึกษาบทบาทของความวิตกกังวลด้านเทคโนโลยีของผู้บริโภคในการยอมรับการช้อปปิ้งผ่านมือถือโดยใช้แบบจำลอง UTAUT และเพิ่มปัจจัยด้านอารมณ์ พบว่าสภาพเอื้ออำนวยความสะดวกมีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีและความพึงพอใจของผู้ใช้ โดยเฉพาะในกลุ่มที่มีความวิตกกังวลด้านเทคโนโลยีสูง (Yang & Forney, 2013) การวิจัยนี้ใช้การสำรวจออนไลน์กับผู้บริโภคในสหรัฐอเมริกา แสดงให้เห็นถึงบทบาทของสภาพเอื้ออำนวยความสะดวกในการลดอุปสรรคทางจิตใจและเพิ่มความมั่นใจในการใช้งานเทคโนโลยี

งานวิจัยเหล่านี้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างสภาพเอื้ออำนวยความสะดวกในการใช้งานและความพึงพอใจของผู้ใช้ในบริบทของการยอมรับและใช้งานเทคโนโลยีต่างๆ ซึ่งสนับสนุนสมมติฐานที่ 6 ดังนี้

Hypothesis 6 (H6): สภาพสิ่งอำนวยความสะดวกในการใช้งานมีผลบวกต่อความตั้งใจในการใช้งาน (Facilitating Conditions ⟶ User Satisfaction)

3.3.7 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของระบบกับความพึงพอใจของผู้ใช้แพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม

คุณภาพของระบบ (System Quality) เป็นองค์ประกอบสำคัญของแบบจำลองความสำเร็จของระบบสารสนเทศที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง งานวิจัยจำนวนมากในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาได้สนับสนุนความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างคุณภาพของระบบและความพึงพอใจของผู้ใช้ในบริบทที่หลากหลาย

การศึกษาเชิงสำรวจเพื่อวิเคราะห์มุมมองความพึงพอใจของผู้ใช้ต่อโครงการระบบสารสนเทศในสถาบันอุดมศึกษาอิสลามในประเทศอินโดนีเซียพบว่า คุณภาพระบบเป็นปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ในการดำเนินโครงการระบบสารสนเทศ (Subiyakto et al., 2016)

การวิเคราะห์ผลกระทบแบบพหุมิติของคุณภาพระบบสารสนเทศ คุณภาพการบริการ และความพึงพอใจของผู้ใช้ต่อความภักดีของผู้ใช้ระบบสารสนเทศทางวิชาการที่ดำเนินการกับนักศึกษาสาขาวิศวกรรมสารสนเทศที่มหาวิทยาลัย Widyagama เมืองมาลังแสดงให้เห็นความสัมพันธ์เชิงสาเหตุที่ชัดเจน โดยคุณภาพระบบสารสนเทศส่งผลกระทบโดยตรงต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ และความพึงพอใจดังกล่าวส่งผลต่อความภักดีของผู้ใช้ต่อระบบ (Kurniawan et al., 2021)

การศึกษาอิทธิพลของปัจจัยคุณรูปแบบพหุมิติ ประกอบด้วยคุณภาพระบบ คุณภาพข้อมูล และคุณภาพบริการ ต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์ในหลักสูตรปริญญาโทสาขาบัญชีที่ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบสัดส่วนจากประชากรนักศึกษาจำนวน 451 คน และประยุกต์ใช้เทคนิค GSCA (Generalized Structured Component Analysis) ในการวิเคราะห์ข้อมูลยืนยันว่าคุณภาพระบบมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์ (Achmadi & Siregar, 2021)

การขยายและพัฒนาแบบจำลองความพึงพอใจแบบบูรณาการของ Wixom และ Todd โดยเสนอแนวทางการสร้างแบบจำลองคุณภาพข้อมูลและคุณภาพระบบในรูปแบบโครงสร้างลำดับที่สอง (Second-order Construct) ที่ทดสอบในบริบทการบริหารระบบองค์กรแสดงให้เห็นว่าการรวมลักษณะเฉพาะของข้อมูลและระบบตามบริบทช่วยเพิ่มความเข้าใจในลักษณะสำคัญของระบบสารสนเทศที่จำเป็นต่อการบริหารระบบอย่างมีประสิทธิภาพ (Forsgren et al., 2016)

การทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบเกี่ยวกับความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบสารสนเทศองค์กรที่มุ่งเน้นการวิเคราะห์ปัจจัยหลักสามประการ ได้แก่ คุณภาพข้อมูล คุณภาพสารสนเทศ และคุณภาพบริการยืนยันว่าคุณภาพระบบเป็นปัจจัยสำคัญอันดับต้นๆ ที่ส่งผลกระทบต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบสารสนเทศในระดับองค์กร (Beatrix, 2022)

การพัฒนากรอบการประเมินความสำเร็จของระบบสารสนเทศโดยการพิจารณาปัจจัยหลักสามประการ คือ คุณภาพระบบ คุณภาพข้อมูล และความพึงพอใจของผู้ใช้ที่ดำเนินการโดยใช้วิธีการสำรวจกับกลุ่มผู้ใช้ระบบสารสนเทศสำหรับอาจารย์แสดงให้เห็นความสัมพันธ์เชิงบวกที่มีนัยสำคัญระหว่างคุณภาพระบบและความพึงพอใจของผู้ใช้ และยืนยันบทบาทสำคัญของคุณภาพระบบในการเป็นตัวบ่งชี้ความสำเร็จของระบบสารสนเทศ (Othman et al., 2022)

การทบทวนวรรณกรรมเชิงวิพากษ์เกี่ยวกับแบบจำลองความพึงพอใจของผู้ใช้ที่นำไปสู่ความสำเร็จของระบบสารสนเทศในยุคดิจิทัลเสริมสร้างความเข้าใจว่าคุณภาพระบบยังคงเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้และความสำเร็จของระบบสารสนเทศในบริบทของเทคโนโลยีสมัยใหม่ (Antonopoulou & Kotsilieris, 2019)

การศึกษาอิทธิพลของปัจจัยการนำไปใช้ (Implementation Factors) ที่มีต่อคุณภาพระบบสารสนเทศและความพึงพอใจของผู้ใช้โดยใช้วิธีการสร้างแบบจำลองเชิงสาเหตุและทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมเผยให้เห็นว่าปัจจัยการนำไปใช้ส่งผลกระทบต่อคุณภาพระบบสารสนเทศ ซึ่งต่อมาส่งผลกระทบต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ในลักษณะของความสัมพันธ์เชิงสาเหตุแบบต่อเนื่อง (Quintero et al., 2009)

การวิเคราะห์เชิงลึกเกี่ยวกับคุณภาพระบบสารสนเทศทางวิชาการและผลกระทบต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มหาวิทยาลัยการศึกษาอินโดนีเซีย (UPI) ที่ประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ช่องว่าง (Gap Analysis) ร่วมกับแบบจำลองสมการโครงสร้าง (Structural Equation Modeling: SEM) ยืนยันว่าคุณภาพระบบสารสนเทศทางวิชาการในทุกมิติ ประกอบด้วยคุณภาพระบบ คุณภาพข้อมูล

และคุณภาพบริการ มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ (Sultono et al., 2016)

การศึกษาผลกระทบของคุณภาพเอกสารคู่มือผู้ใช้ซึ่งถือเป็นองค์ประกอบสนับสนุนที่สำคัญต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบสารสนเทศโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์สหสัมพันธ์แบบ Canonical Correlation Analysis แสดงให้เห็นว่าความพึงพอใจของผู้ใช้ต่อระบบได้รับอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญจากคุณภาพของเอกสารคู่มือ ซึ่งถือเป็นส่วนประกอบสำคัญของคุณภาพระบบในภาพรวม (Gemoets & Mahmood, 1990)

จากการทบทวนวรรณกรรมที่ครอบคลุมและเป็นระบบดังกล่าวข้างต้น สามารถสรุปได้อย่างชัดเจนว่า คุณภาพระบบ (System Quality) มีความสัมพันธ์เชิงบวกและส่งผลกระทบโดยตรงต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ (User Satisfaction) ในบริบทของระบบสารสนเทศที่หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นระบบสารสนเทศทางวิชาการ ระบบการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์ หรือระบบสารสนเทศระดับองค์กร ซึ่งสนับสนุนสมมติฐานที่ 7 ดังนี้

Hypothesis 7 (H7): คุณภาพของระบบมีผลบวกต่อความพึงพอใจของผู้ใช้แพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม (System Quality ⟶ User Satisfaction)

3.3.8 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของข้อมูลกับความพึงพอใจของผู้ใช้แพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม

ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพข้อมูล (Information Quality) และความพึงพอใจของผู้ใช้เป็นประเด็นที่ได้รับความสนใจอย่างกว้างขวางในด้านการวิจัยระบบสารสนเทศ การศึกษาที่ผ่านมาได้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของคุณภาพข้อมูลในการกำหนดระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ในบริบทที่หลากหลาย การทบทวนวรรณกรรมนี้ได้รวบรวมและวิเคราะห์หลักฐานเชิงประจักษ์จากการศึกษาต่างๆ เพื่อสนับสนุนความสัมพันธ์ดังกล่าว

การศึกษาอิทธิพลของคุณภาพระบบ คุณภาพข้อมูล และคุณภาพบริการต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ e-learning ในหลักสูตรปริญญาโทบัญชีที่ใช้การสุ่มตัวอย่างแบบสัดส่วนจากนักศึกษา 451 คน และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธี GSCA (Generalized Structured Component Analysis) พบว่าคุณภาพข้อมูลส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ e-learning (Achmadi & Siregar, 2021)

การศึกษามุมมองความพึงพอใจของผู้ใช้ต่อโครงการระบบสารสนเทศในสถาบันอุดมศึกษาอิสลามในอินโดนีเซียที่ใช้การสำรวจและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณพบว่าคุณภาพของข้อมูลเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ในบริบทของโครงการระบบสารสนเทศ (Subiyakto et al., 2016)

การวิเคราะห์ผลกระทบของคุณภาพระบบสารสนเทศ คุณภาพการบริการ และความพึงพอใจของผู้ใช้ต่อความภักดีของผู้ใช้ระบบสารสนเทศทางวิชาการที่ดำเนินการกับนักศึกษาสาขาวิศวกรรมสารสนเทศที่มหาวิทยาลัย Widyagama ของมาลังแสดงให้เห็นความสัมพันธ์เชิงสาเหตุที่ชัดเจน โดยคุณภาพของข้อมูลส่งผลโดยตรงต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ และความพึงพอใจของผู้ใช้ส่งผลโดยตรงต่อความภักดีของผู้ใช้ (Kurniawan et al., 2021)

การทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบสารสนเทศองค์กรที่เน้นที่คุณภาพข้อมูล คุณภาพสารสนเทศ และคุณภาพบริการโดยใช้การวิเคราะห์เอกสารที่เกี่ยวข้องพบว่าคุณภาพของข้อมูลเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบสารสนเทศองค์กร (Beatrix, 2022)

การประเมินความสำเร็จของระบบสารสนเทศโดยพิจารณาจากคุณภาพระบบ คุณภาพข้อมูล และความพึงพอใจของผู้ใช้ที่ดำเนินการโดยใช้การสำรวจกับผู้ใช้ระบบสารสนเทศสำหรับอาจารย์พบว่าคุณภาพของข้อมูลมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความพึงพอใจของผู้ใช้ และเป็นปัจจัยสำคัญในการประเมินความสำเร็จของระบบสารสนเทศ (Othman et al., 2022)

การศึกษาผลกระทบของคุณภาพข้อมูลในบริการข้อมูลมือถือต่อความพึงพอใจของผู้ใช้และการยอมรับบริการที่ใช้การสำรวจผู้ใช้บริการข้อมูลมือถือในฟินแลนด์พบว่าคุณภาพข้อมูลส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้บริโภคทั้งในบริบทการใช้งานเชิงอรรถประโยชน์และความบันเทิง (Koivumäki et al., 2008)

การศึกษาอิทธิพลของปัจจัยการนำไปใช้ในคุณภาพระบบสารสนเทศต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ที่ใช้การสำรวจในสถาบันอุดมศึกษา 6 แห่ง (94 แบบสอบถาม) และวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือทางสถิติ Partial Least Square พบว่าคุณภาพข้อมูลเป็นหนึ่งในปัจจัยที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ โดยมีความแปรปรวนที่อธิบายได้ 78.8% ในความพึงพอใจของผู้ใช้ (Quintero et al., 2009)

การขยายแบบจำลองความพึงพอใจแบบบูรณาการของ Wixom และ Todd โดยเสนอและสร้างแบบจำลองคุณภาพข้อมูลและคุณภาพระบบเป็นโครงสร้างลำดับที่สอง และทดสอบแบบจำลองในบริบทการบริหารระบบที่ใช้การวิเคราะห์เชิงปริมาณสนับสนุนการสร้างแบบจำลองคุณภาพข้อมูลเป็นโครงสร้างลำดับที่สองในแบบจำลองแบบบูรณาการ และพบว่าคุณภาพข้อมูลส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ (Forsgren et al., 2016)

การศึกษาระบบสารสนเทศ DAPODIK โดยมุ่งเน้นที่ความพึงพอใจของผู้ใช้ในฐานะตัวกลางระหว่างคุณภาพระบบและคุณภาพข้อมูลต่อผลประโยชน์สุทธิที่ใช้การสำรวจและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณพบว่าคุณภาพข้อมูลมีอิทธิพลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ และความพึงพอใจของผู้ใช้เป็นตัวกลางระหว่างคุณภาพข้อมูลและผลประโยชน์สุทธิ (Wahyudi et al., 2017)

การสำรวจอิทธิพลของคุณภาพระบบ คุณภาพข้อมูล และบริการภายนอกต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ BIM (Building Information Modeling) ที่ใช้การสำรวจและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณพบว่าคุณภาพข้อมูลมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ BIM (J. Song et al., 2017)

จากการทบทวนวรรณกรรมที่ครอบคลุมและเป็นระบบดังกล่าวข้างต้น สามารถสรุปได้อย่างชัดเจนว่า คุณภาพของข้อมูล (Information Quality) มีความสัมพันธ์เชิงบวกและส่งผลโดยตรงต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ (User Satisfaction) ในบริบทของระบบสารสนเทศต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นระบบ e-learning ระบบสารสนเทศองค์กร ระบบสารสนเทศทางวิชาการ หรือแม้แต่ในบริการข้อมูลมือถือ ซึ่งสนับสนุนสมมติฐานที่ 8 ดังนี้

Hypothesis 8 (H8): คุณภาพของข้อมูลมีผลบวกต่อความพึงพอใจของผู้ใช้แพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม (Information Quality ⟶ User Satisfaction)

3.3.9 ความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้ประโยชน์ของ AI กับความพึงพอใจของผู้ใช้แพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม

การรับรู้ประโยชน์ของปัญญาประดิษฐ์ (Perceived AI Benefit) เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้เทคโนโลยี AI ในบริบทต่างๆ การศึกษาที่ผ่านมาได้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างการรับรู้ประโยชน์และความพึงพอใจของผู้ใช้ โดยเฉพาะในด้านการเกษตรอัจฉริยะและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี AI ในภาคการเกษตร

การศึกษาความเข้าใจเกี่ยวกับการยอมรับเทคโนโลยีในการเกษตรอัจฉริยะพบว่าการเพิ่มผลผลิต การเข้าถึงข้อมูล และการสนับสนุนการฝึกอบรมเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งเสริมการยอมรับเทคโนโลยี ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าเมื่อผู้ใช้รับรู้ถึงประโยชน์ที่ชัดเจนจากเทคโนโลยี AI ในการเกษตร จะส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบดังกล่าว (Z. Liu, 2024)

การวิจัยเกี่ยวกับการปฏิวัติการเกษตรผ่านการทบทวนเทคโนโลยีการเกษตรอัจฉริยะพบว่าแบบจำลองที่ใช้ AI สามารถปรับปรุงการคาดการณ์ผลผลิตได้ถึง 20% และ UAVs สามารถลดการใช้น้ำและปุ๋ยได้ถึง 96% และ 40% ตามลำดับ ผลลัพธ์เหล่านี้แสดงให้เห็นถึงประโยชน์ที่เป็นภาพธรรมของเทคโนโลยี AI ซึ่งส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ในการนำเทคโนโลยีไปประยุกต์ใช้ (Y. Liu et al., 2025)

การศึกษาความพึงพอใจและการยอมรับของผู้ใช้ต่อปัญญาประดิษฐ์โดยใช้ทฤษฎีแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี (Technology Acceptance Model) พบว่าการรับรู้ประโยชน์ของ AI มีความสัมพันธ์โดยตรงกับความพึงพอใจของผู้ใช้ การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าเมื่อผู้ใช้รับรู้ถึงประโยชน์ที่จะได้รับจากการใช้เทคโนโลยี AI จะส่งผลต่อความพึงพอใจและความตั้งใจในการใช้งานต่อเนื่อง (Kelly et al., 2023)

การศึกษาเชิงประจักษ์ที่ใช้แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยีในบริบทการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี AI พบว่าการรับรู้ประโยชน์ (Perceived Usefulness) เป็นตัวแปรหลักที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ โดยการรับรู้ประโยชน์หมายถึงการประเมินเชิงอัตนัยของผู้จัดการหรือพนักงานเกี่ยวกับความสามารถของเทคโนโลยี AI ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงาน (Y. Song et al., 2025)

การศึกษาผลกระทบของการรับรู้ประโยชน์ของผู้ใช้ ChatGPT ต่อความพึงพอใจและความตั้งใจในการจ่ายเงินสมัครสมาชิกพบว่าการรับรู้ประโยชน์มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อความพึงพอใจของ

ผู้ใช้ การศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการรับรู้ประโยชน์ในการกำหนดระดับความพึงพอใจของผู้ใช้เทคโนโลยี AI

การทบทวนวรรณกรรมอย่างครอบคลุมเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อการยอมรับปัญญาประดิษฐ์ พบว่าการรับรู้ประโยชน์เป็นหนึ่งในปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการยอมรับและความพึงพอใจของผู้ใช้ การศึกษานี้เป็นงานวิจัยแรกที่ให้ภาพรวมที่ครอบคลุมของแบบจำลองและปัจจัยทางจิตสังคมที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับ AI ของผู้ใช้ (Zhao et al., 2023)

จากการทบทวนวรรณกรรมที่ครอบคลุมดังกล่าวข้างต้น สามารถสรุปได้อย่างชัดเจนว่า การรับรู้ประโยชน์ของ AI (Perceived AI Benefit) มีความสัมพันธ์เชิงบวกและส่งผลโดยตรงต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ (User Satisfaction) ในบริบทของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี AI ต่างๆ โดยเฉพาะในด้านการเกษตรอัจฉริยะ ซึ่งสนับสนุนสมมติฐานที่ 9 ดังนี้

Hypothesis 9 (H9): การรับรู้ประโยชน์ของ AI มีผลบวกต่อความพึงพอใจของผู้ใช้แพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม (Perceived AI Benefit ⟶ User Satisfaction)

3.3.10 ความสัมพันธ์ระหว่างความไว้วางใจในเทคโนโลยีกับความพึงพอใจของผู้ใช้แพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม

ความไว้วางใจในเทคโนโลยี (Trust in Technology) เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ (User Satisfaction) ในระบบดิจิทัลต่างๆ โดยเฉพาะในบริบทของเทคโนโลยีเกษตรอัจฉริยะ งานวิจัยหลายฉบับได้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างตัวแปรทั้งสอง

Technology Acceptance Model (TAM) ได้รับการขยายเพื่อรวมปัจจัยความไว้วางใจเข้าไป โดยงานวิจัยพบว่าความไว้วางใจเป็นองค์ประกอบหลักในการยอมรับเทคโนโลยี และมีผลต่อความพึงพอใจของลูกค้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Schuetz et al., 2025), การศึกษาเกี่ยวกับการยอมรับระบบตัดสินใจอัจฉริยะในเกษตรดิจิทัลแสดงให้เห็นว่าความไว้วางใจเป็นปัจจัยจูงใจสำคัญสำหรับผู้ใช้ปลายทาง (Gulati et al., 2024)

ในบริบทของ Internet of Things (IoT) และเกษตรอัจฉริยะ ความไว้วางใจในเทคโนโลยีมีบทบาทสำคัญในการเพิ่มความพึงพอใจของลูกค้า การศึกษาแสดงให้เห็นว่า IoT สามารถปรับปรุงการ

จัดการทรัพยากร ลดของเสีย และเพิ่มผลผลิตพืช ซึ่งส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ (Vance et al., 2008)

การศึกษาเกี่ยวกับการรับรู้ของสาธารณะต่อเกษตรอัจฉริยะพบว่า ประชาชนมีความเชื่อมโยงเชิงบวกต่อเกษตรอัจฉริยะโดยทั่วไป โดยเฉพาะเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับพืชได้รับการรับรู้เชิงบวกมากกว่า ซึ่งสะท้อนถึงระดับความไว้วางใจที่ส่งผลต่อความพึงพอใจ (Afroogh et al., 2024)

จากการทบทวนวรรณกรรมได้รับการสนับสนุนจากหลักฐานเชิงประจักษ์ที่แสดงให้เห็นว่าความไว้วางใจเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดความพึงพอใจของผู้ใช้ในระบบเทคโนโลยีต่างๆ รวมถึงระบบเกษตรอัจฉริยะและ IoT ซึ่งสนับสนุนสมมติฐานที่ 10 ดังนี้

Hypothesis 10 (H10): ความไว้วางใจในเทคโนโลยีมีผลบวกต่อความพึงพอใจของผู้ใช้แพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม (Trust in Technology⟶ User Satisfaction)

3.3.11 ความสัมพันธ์ระหว่างความกังวลเรื่องความเป็นส่วนตัวของข้อมูลกับการยอมรับแพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม

ความกังวลเรื่องความเป็นส่วนตัวของข้อมูล (Data Privacy Concern) เป็นหนึ่งในอุปสรรคสำคัญที่ส่งผลต่อการยอมรับแพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม งานวิจัยแบบ systematic literature review พบว่าแพลตฟอร์มการเก็บรักษาข้อมูลเกษตรที่มีการปกป้องความเป็นส่วนตัวกำลังได้รับการพัฒนาและประยุกต์ใช้เพื่อตอบสนองความกังวลของเกษตรกร (C. S. Sullivan et al., 2024) นอกจากนี้การสนทนาเกี่ยวกับความเป็นส่วนตัวของข้อมูลในเกษตรอัจฉริยะมักเริ่มต้นจากกรอบกฎหมายและนโยบายขององค์กร แต่ประเด็นพื้นฐานที่สำคัญกว่าคือความไว้วางใจของเกษตรกรต่อระบบการจัดการข้อมูล

เกษตรกรมีความกังวลหลายประการเกี่ยวกับการแบ่งปันข้อมูล ได้แก่ การสูญเสียความได้เปรียบในการแข่งขัน ความปลอดภัยของข้อมูล และการถูกตรวจสอบเพิ่มเติมจากหน่วยงานกำกับดูแล ความไม่เต็มใจในการแบ่งปันข้อมูลเกษตรกับธุรกิจเกษตรเป็นปัญหาความไว้วางใจที่สำคัญอีกประการหนึ่ง (Poorna et al., 2025)

งานวิจัยเสนอแนะแนวทางในการลดความเสี่ยงและความกังวลด้านความเป็นส่วนตัวสำหรับเกษตรกรและทบทวนแนวปฏิบัติที่ดีในการกำกับดูแลข้อมูล (Rahaman et al., 2024) นอกจากนี้ยังมีการ

เสนอกรอบการทำงานที่ปกป้องความเป็นส่วนตัวซึ่งช่วยให้สามารถแบ่งปันข้อมูลอย่างปลอดภัยและร่วมมือกันในการวิจัยและพัฒนา ในขณะที่ลดความเสี่ยงด้านความเป็นส่วนตัว

การผสานปัญญาประดิษฐ์ (AI) และอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ในเกษตรกรรมได้เปลี่ยนแปลงการเกษตรในชนบทอย่างมีนัยสำคัญ แต่จำเป็นต้องมีการแก้ไขปัญหาความเป็นส่วนตัวเพื่อเพิ่มการยอมรับ

ความกังวลเรื่องความเป็นส่วนตัวของข้อมูลมีผลกระทบเชิงลบต่อการยอมรับแพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม โดยเกษตรกรมีความกังวลเกี่ยวกับความปลอดภัยของข้อมูล การสูญเสียความได้เปรียบในการแข่งขัน และการควบคุมข้อมูลของตนเอง การแก้ไขปัญหานี้ต้องอาศัยการสร้างความไว้วางใจ การพัฒนากรอบการปกป้องความเป็นส่วนตัว และการให้ความรู้แก่เกษตรกรเกี่ยวกับการจัดการข้อมูลอย่างปลอดภัย ซึ่งสนับสนุนสมมติฐานที่ 11 ดังนี้

Hypothesis 11 (H11): ความกังวลเรื่องความเป็นส่วนตัวของข้อมูลมีผลเชิงลบต่อการยอมรับแพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม (Data Privacy Concern ⟶ Smart Farm Adoption)

3.3.12 ความสัมพันธ์ระหว่างการสนับสนุนจากรัฐบาลกับการยอมรับแพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม

การสนับสนุนจากรัฐบาล (Government Support) ถือเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับและการนำเทคโนโลยีเกษตรอัจฉริยะมาใช้ในภาคเกษตรกรรม การศึกษาต่างๆ ได้แสดงให้เห็นว่านโยบายและมาตรการสนับสนุนจากภาครัฐมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมการยอมรับเทคโนโลยีใหม่ในภาคเกษตร

การศึกษาเกี่ยวกับการอุดหนุนของรัฐบาลสำหรับการประยุกต์ใช้ IoT ในเกษตรกรรมพบว่าหากเป้าหมายคือการส่งเสริมความนิยมของ IoT และช่วยเหลือเกษตรกรที่ยากจน รัฐบาลควรใช้นโยบายอุดหนุนต้นทุน (Roy & Medhekar, 2025)ในปีที่ผ่านมา รัฐบาลได้ส่งเสริมโปรแกรมอุดหนุนสิ่งจูงใจ และการสนับสนุนการถ่ายทอดเทคโนโลยีในภาคเกษตร (Dixit et al., 2023b)

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่าการสนับสนุนจากรัฐบาลมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อการยอมรับแพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม การสนับสนุนที่มีประสิทธิภาพต้องประกอบด้วยการอุดหนุนทางการเงิน นโยบายที่สอดคล้องกัน การฝึกอบรม และการสร้างสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการนำ

เทคโนโลยีมาใช้ ในทางตรงกันข้าม การขาดการสนับสนุนจากรัฐบาลกลับเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการยอมรับเทคโนโลยีใหม่ในภาคเกษตร ซึ่งสนับสนุนสมมติฐานที่ 11 ดังนี้

Hypothesis 12 (H12): การสนับสนุนจากรัฐบาลมีผลบวกต่อการยอมรับแพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม (Government Support ⟶ Smart Farm Adoption)

3.3.13 ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ด้านดิจิทัลกับการยอมรับแพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม

ความรู้ด้านดิจิทัล (Digital Literacy) ถือเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับและการนำเทคโนโลยีเกษตรอัจฉริยะมาใช้ การศึกษาต่างๆ ได้แสดงให้เห็นว่าระดับความรู้ด้านดิจิทัลของเกษตรกรมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการตัดสินใจนำเทคโนโลยีใหม่มาประยุกต์ใช้ในการเกษตร

การศึกษาเชิงประจักษ์พบว่าความรู้ด้านดิจิทัลมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อการยอมรับบริการสนับสนุนทางการเกษตร (Agricultural Support Services - ASS) ของเกษตรกร โดยใช้แบบจำลอง Probit และ Propensity Score Matching (PSM) ในการวิเคราะห์ (Y. Wang et al., 2025) การศึกษาระบบการทบทวนวรรณกรรมที่วิเคราะห์บทความทางวิชาการจำนวน 109 บทความพบว่า Digital Literacy เป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีในภาคเกษตรกรรม (Aranguri et al., 2025)

การศึกษาเกี่ยวกับการดิจิทัลไลเซชันในอุตสาหกรรมเกษตรพบว่า การขาดทักษะและความรู้ด้านเทคโนโลยีดิจิทัลเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการนำ Agriculture 4.0 มาใช้ โดยเฉพาะในกลุ่มเกษตรกรรุ่นเก่าที่มีความคุ้นเคยกับเทคโนโลยีน้อยกว่า (Abbasi et al., 2022) ความท้าทายนี้รวมถึงความซับซ้อนของเทคโนโลยีใหม่ที่ต้องการทักษะด้านดิจิทัลในระดับสูงกว่าเดิม (Raj & Prahadeeswaran, 2025)

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่าความรู้ด้านดิจิทัลมีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญต่อการยอมรับแพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม เกษตรกรที่มีความรู้ด้านดิจิทัลสูงมีแนวโน้มที่จะยอมรับและนำเทคโนโลยีใหม่มาใช้มากกว่า ในทางตรงกันข้าม การขาดความรู้ด้านดิจิทัลเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการยอมรับเทคโนโลยี ดังนั้นการพัฒนาโปรแกรมการศึกษาและการฝึกอบรมด้านดิจิทัลจึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการส่งเสริมการยอมรับแพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม ซึ่งสนับสนุนสมมติฐานที่ 13 ดังนี้

Hypothesis 13 (H13): ความรู้ด้านดิจิทัลมีผลบวกต่อการยอมรับแพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม (Digital Literacy ⟶ Smart Farm Adoption)

3.3.14 ความสัมพันธ์ระหว่างความพึงพอใจของผู้ใช้กับการยอมรับแพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม

ความพึงพอใจของผู้ใช้ (User Satisfaction) เป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับและการนำเทคโนโลยีเกษตรอัจฉริยะมาใช้ การศึกษาต่างๆ ได้แสดงให้เห็นว่าระดับความพึงพอใจของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีที่ใช้งานมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการตัดสินใจในการยอมรับและการใช้งานต่อเนื่อง

การศึกษาระบบเกี่ยวกับการยอมรับเทคโนโลยีในเกษตรอัจฉริยะพบว่าความพึงพอใจของผู้ใช้เป็นตัวแปรสำคัญที่ส่งผลต่อการยอมรับระบบการทำนายและการสนับสนุนการตัดสินใจในการผลิตพืช โดยเฉพาะในด้านความง่ายในการใช้งานและประโยชน์ที่ได้รับ (Thomas et al., 2023)

การศึกษาเกี่ยวกับการรับรู้ของสาธารณชนต่อเกษตรอัจฉริยะพบว่าโดยทั่วไปแล้วประชาชนมีการรับรู้เชิงบวกต่อเกษตรอัจฉริยะ โดยเฉพาะเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับพืชจะได้รับการรับรู้เชิงบวกมากกว่าเล็กน้อย ความพึงพอใจนี้มาจากการเห็นประโยชน์ที่ชัดเจนในด้านการเพิ่มผลผลิตและการลดต้นทุน (Ammann et al., 2025) นอกจากนี้ในการศึกษาแนะนำว่าการพัฒนาเทคโนโลยีเกษตรอัจฉริยะในอนาคตควรให้ความสำคัญกับการสร้างความพึงพอใจของผู้ใช้ผ่านการออกแบบที่เน้นผู้ใช้เป็นศูนย์กลาง (User-Centered Design) และการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องตามข้อเสนอแนะของผู้ใช้ (Thomas et al., 2023)

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่าความพึงพอใจของผู้ใช้มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญต่อการยอมรับแพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม เกษตรกรที่มีความพึงพอใจสูงจากการใช้งานเทคโนโลยีมีแนวโน้มที่จะยอมรับเทคโนโลยีใหม่และใช้งานต่อเนื่องมากกว่า ความพึงพอใจที่เกิดจากประสบการณ์การใช้งานจริงมีผลกระทบสำคัญต่อการตัดสินใจในการยอมรับเทคโนโลยี ดังนั้นการพัฒนาเทคโนโลยีเกษตรอัจฉริยะจึงควรให้ความสำคัญกับการสร้างประสบการณ์ที่ดีและความพึงพอใจสูงสุดให้กับผู้ใช้ซึ่งสนับสนุนสมมติฐานที่ 14 ดังนี้

Hypothesis 14 (H14): ความพึงพอใจของผู้ใช้มีผลบวกต่อการยอมรับแพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม (User Satisfaction ⟶ Smart Farm Adoption)

ตารางที่ 3-1 สรุปสมมุติฐานในการวิจัย

สมมติฐาน	เชื่อมต่อ	รายละเอียด
H1	ATB ⟶ US	ทัศนคติต่อพฤติกรรมมีผลบวกต่อความพึงพอใจของผู้ใช้
H2	PBC ⟶ US	การรับรู้การควบคุมพฤติกรรมของเกษตรกรผลบวกต่อความพึงพอใจของผู้ใช้
H3	PE ⟶ US	ความคาดหวังในประสิทธิภาพมีผลบวกต่อความพึงพอใจของผู้ใช้
H4	EE ⟶ US	ความคาดหวังในความพยายามมีผลบวกต่อความพึงพอใจของผู้ใช้
H5	SI ⟶ US	ความคาดหวังในความพยายามมีผลบวกต่อความพึงพอใจของผู้ใช้
H6	FC ⟶ US	สภาพสิ่งอำนวยความสะดวกในการใช้งานมีผลบวกต่อความพึงพอใจของผู้ใช้
H7	SQ ⟶ US	คุณภาพของระบบมีผลบวกต่อความพึงพอใจของผู้ใช้
H8	IQ ⟶ US	คุณภาพของข้อมูลมีผลบวกต่อความพึงพอใจของผู้ใช้
H9	PAIB ⟶ US	การรับรู้ประโยชน์ของ AI มีผลบวกต่อความพึงพอใจของผู้ใช้
H10	TRUST⟶ U	ความไว้วางใจในเทคโนโลยีมีผลบวกต่อความพึงพอใจของผู้ใช้
H11	DPC ⟶ SFA	ความกังวลเรื่องความเป็นส่วนตัวของข้อมูลมีผลเชิงลบต่อการยอมรับแพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม
H12	GOV ⟶ SFA	การสนับสนุนจากรัฐบาลมีผลบวกต่อการยอมรับแพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม
H13	DL ⟶ SFA	ความรู้ด้านดิจิทัลมีผลบวกต่อการยอมรับแพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม
H14	US ⟶ SFA	ความพึงพอใจของผู้ใช้มีผลบวกต่อการยอมรับแพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม

3.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยมุ่งศึกษาผลกระทบของอิทธิพลต่อการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อการพัฒนาแพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม : การศึกษาความพร้อมใช้งานในอุตสาหกรรมเกษตร โดยใช้กรอบแนวคิดจากการผสมผสานระหว่าง UTAUT TPB และ IS Success Model นอกจากนี้ยังมีปัจจัยเสริมด้าน AI เพื่อส่งเสริมโมเดล AI-SFAM ดังนั้นประชากรที่ใช้ในการศึกษาจะประกอบไปด้วย

1.) เกษตรกรและผู้ประกอบการฟาร์มซึ่งกลุ่มนี้เป็นกลุ่มเป้าหมายหลักของการวิจัย เนื่องจากเป็นผู้ที่ใช้แพลตฟอร์มสมาร์ทฟาร์มโดยตรง การสัมภาษณ์หรือสอบถามความคิดเห็นจากเกษตรกรจะช่วยให้เข้าใจถึงประสบการณ์การใช้งาน ปัญหา และความต้องการที่แท้จริงของผู้ใช้ (Rahi & Abd. Ghani, 2018)

2.) ผู้เชี่ยวชาญด้านการเกษตร เช่น นักวิจัย นักวิชาการ และที่ปรึกษาด้านการเกษตร สามารถให้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับเทคโนโลยีและนวัตกรรมในการเกษตร รวมถึงการประเมินประสิทธิภาพของแพลตฟอร์มสมาร์ทฟาร์ม (Ammann et al., 2025; Thomas et al., 2023)

3.) ผู้ใช้งานทั่วไปและผู้สนใจด้านเทคโนโลยีการเกษตร กลุ่มนี้สามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นและความคาดหวังต่อแพลตฟอร์มสมาร์ทฟาร์ม รวมถึงการประเมินความน่าสนใจและความต้องการของตลาด (Greer, 2021)

เนื่องจากประชากรมีขอบเขตค่อนข้างกว้างและกระจายอยู่ทั่วประเทศ จึงจำเป็นต้องใช้วิธีการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi-stage Sampling) ในการกำหนดกลุ่มตัวอย่าง (Kuno, 1976) โดยในขั้นแรกจะทำการแบ่งประชากรออกเป็นกลุ่มย่อยตามภูมิภาคต่างๆ ของประเทศไทย ได้แก่ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก และภาคใต้ จากนั้นสุ่มเลือกจังหวัดตัวแทนจากแต่ละภูมิภาค แล้วจึงสุ่มเลือกอำเภอ ตำบล และสถานศึกษาหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาและการใช้แพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม เพื่อให้ได้ตัวแทนที่ดีของประชากรและมีความหลากหลายครอบคลุมทุกพื้นที่

สำหรับการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง เนื่องจากงานวิจัยนี้มีตัวแปรจำนวนมาก ทั้งตัวแปรอิสระ ตัวแปรตาม และ ตัวแปรกลาง ผู้วิจัยจึงกำหนดขนาดตัวอย่างขั้นต่ำ โดยคำนวณจากจำนวนตัวแปร สังเกตได้ทั้งหมด 14 ตัวแปร จำนวนข้อคำถามทั้งหมด 75 ข้อคำถาม คูณด้วย 10-20 เท่า (J. Hair et al., 2017) ซึ่งจะได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 700-1400 ตัวอย่าง

อย่างไรก็ตาม เพื่อเพิ่มความแม่นยำและน่าเชื่อถือของผลการวิจัย ผู้วิจัยกำหนดให้ใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่างมากกว่า 600 ตัวอย่าง ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่มากกว่า 600 ตัวอย่างจะทำให้ได้ผล การวิเคราะห์ที่มีความน่าเชื่อถือสูง (Erreygers et al., 2018) ซึ่งเหมาะสมกับงานวิจัยนี้ที่มีความซับซ้อนและต้องอาศัยการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติขั้นสูง

นอกจากนี้ เพื่อควบคุมให้กลุ่มตัวอย่างมีความหลากหลายและครอบคลุมทุกกลุ่มประชากรเป้าหมาย ผู้วิจัยจะกำหนดคุณสมบัติเพิ่มเติม เช่น อายุ ประสบการณ์ ขนาดของฟาร์มและระดับการศึกษา (Schoonenboom, 2014) แล้วนำมากำหนดสัดส่วนจำนวนตัวแทนในแต่ละกลุ่มย่อย เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความหลากหลาย ครอบคลุม และสามารถสะท้อนความคิดเห็นจากทุกกลุ่มประชากรได้อย่างเหมาะสม ดังภาพที่

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) ด้วยเทคนิคการสำรวจ (Survey Research) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสอบถาม (Questionnaire) ซึ่งได้รับการออกแบบและพัฒนาขึ้นโดยอ้างอิงจากกรอบแนวคิดทฤษฎี รวมถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วยคำถามแบบปลายปิดที่ครอบคลุมตัวแปรทั้งหมดในการศึกษา (Techakittheerapong, 2015)

การสร้างแบบสอบถามที่ประกอบไปด้วยชุดข้อคำถาม เพื่อให้แน่ใจว่าแบบสอบถามมีความเหมาะสมกับการใช้กับการผสมผสานระหว่างทฤษฎีรวมของการยอมรับและการใช้เทคโนโลยี (The unified theory on acceptance and use of technology : UTAUT) บูรณาการเข้ากับทฤษฎีพฤติกรรมตามแผน (Theory of Planned Behavior: TPB) และ ทฤษฎีแบบจำลองความสำเร็จของระบบสารสนเทศ (Information System Success Model: IS Success) รวมทั้งการวิเคราะห์ทางสถิติต่างๆ ข้อคำถามส่วนใหญ่เป็นคำถามโดยใช้มาตรวัดของลิเคิร์ท (Likert Rating Scales) คือการให้ผู้ตอบแบบสอบถามเลือกแสดงความคิดเห็น จากระดับความถึงพอใจหรือระดับความเห็นด้วย 5 ระดับ ต่อแบบสอบถามในแต่ละข้อ (J. W. Lee et al., 2002) ซึ่งมั่นใจว่ามีความเข้ากันได้กับแบบจำลองการยอมรับและการใช้เทคโนโลยีร่วมกับทฤษฎีการแพร่กระจายนวัตกรรม และการวิเคราะห์ทางสถิติที่ในแต่ละโครงสร้างทีได้มาจากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และต้นฉบับของ

Venkatesh ซึ่งเป็นผู้เริ่มต้นการใช้แบบจำลองการยอมรับและการใช้เทคโนโลยี (Davis, 1989; Venkatesh et al., 2003a)

โดยการรวบรวมข้อมูลจะใช้แหล่งข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) ข้อมูลที่ได้รับจากข้อมูลตัวอย่างเป็นกลุ่มเกษตรกรที่กระจายตัวอยู่ทั่วทั้งประเทศในช่วงเมษายน - ตุลาคม 2568 ผ่านการทำแบบสอบถามออนไลน์จำนวน 945 คน และ แหล่งข้อมูลทติยภูมิ (Secondary Data) (Bishop, 2007) ข้อมูลที่ได้จากการเกบรวบรวมจากช่องทางอื่นๆ เช่น หนังสือ เอกสารงานวิจัยและวารสารทางวิชาการที่เกี่ยวข้อง รวมไปถึงการสืบค้นข้อมูลทางอินเตอร์เน็ต เป็นต้น

3.4.1 ลักษณะของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยนำแบบสอบถามไปใช้ในการเก็บรวมรวมข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด หลังจากนั้นนำไปวิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย โดยแบบสอบถามประกอบด้วยชุดคำถาม 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 เป็นข้อคำถาม เพื่อใช้ในการคัดกรองประชากรและกลุ่มตัวอย่าง คือ คุณเคยใช้แพลตฟอร์มระบบฟาร์มอัจฉริยะซึ่งมีเลือกตอบว่า “เคย” หรือ “ไม่เคย”

ส่วนที่ 2 เป็นชุดคำถามเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม เช่น อายุ เพศ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ ภูมิภาค เป็นต้น ชนิดของมาตรวัดที่ใช้เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนนี้ คือ นามบัญญัติ (Nominal Scale) และอัตราส่วน (Ratio Scale) โดยลักษณะคำถามเป็นแบบเลือกตอบ (Checklist) และเติมคำตอบ เพื่อรวบรวมข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา

ส่วนที่ 3 ชุดข้อคำถามเกี่ยวกับปัจจัยการยอมรับและนำระบบฟาร์มอัจฉริยไปใช้ โดยมีปัจจัยการยอมรับการใช้งานเป็นตัวแปรตาม แบบสอบถามในส่วนนี้แบ่งออกเป็น 14 ส่วน ตามกลุ่มตัวแปรตามสมมติฐานการวิจัยโดยมาตรวัดที่ใช้เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลใน ส่วนนี้ คือ มาตรวัด 5 ระดับ (Interval Scale) โดยแต่ละระดับมีความหมายดังนี้

1 หมายถึง ไม่เห็นด้วย
2 หมายถึง ค่อนข้างไม่เห็นด้วย
3 หมายถึง ไม่มีความเห็น
4 หมายถึง เห็นด้วย
5 หมายถึง เห็นด้วยเป็นอย่างยิ่ง

การแบ่งเกณฑ์เช่นนี้ช่วยให้การแปลผลข้อมูลจากมาตรวัดลิเคิร์ทมีความชัดเจนและตรงประเด็นมากขึ้น ซึ่งจะนำไปสู่การวิเคราะห์ผลการวิจัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนี้

คะแนนนเฉลี่ย 1.00 - 1.49 แปลว่า มีความสำคัญน้อยที่สุด

คะแนนนเฉลี่ย 1.50 - 2.49 แปลว่า มีความสำคัญน้อย

คะแนนนเฉลี่ย 2.50 - 3.49 แปลว่า มีความสำคัญปานกลาง

คะแนนนเฉลี่ย 3.50 - 4.49 แปลว่า มีความสำคัญมาก

คะแนนนเฉลี่ย 4.50 - 5.00 แปลว่า มีความสำคัญมากที่สุด

การใช้มาตรวัดลิเคิร์ท 5 ระดับมีข้อดีคือ ง่ายต่อการตอบ เข้าใจได้ไม่ยาก สามารถแปลงข้อมูลเป็นมาตรานามบัญญัติได้ และสามารถนำไปวิเคราะห์ด้วยสถิติขั้นสูงต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม (G. M. Sullivan & Artino, 2017) อีกทั้งยังช่วยทำให้ผู้ตอบแบบสอบถามไม่ต้องตัดสินใจเพียงแค่ 2 ทางเลือก เห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วย แต่มีระดับความคิดเห็นให้เลือกมากขึ้น

นอกจากนี้ยังพบว่าแบบสอบถามที่ใช้มาตรวัดลิเคิร์ท 5 ระดับ จะให้ค่าความเชื่อมั่นสูงกว่า 4 ระดับหรือมากกว่า (Awang et al., 2015) จึงเป็นอีกเหตุผลหนึ่งที่ทำให้ผู้วิจัยเลือกใช้ 5 ระดับในการออกแบบแบบสอบถาม ซึ่งเป็นไปตามแนวปฏิบัติที่ (Bertram et al., 2017) ได้เสนอแนะไว้นอกจากนี้ จำนวนข้อคำถามในแบบสอบถามทั้งหมดประมาณ 60-70 ข้อ โดยในแต่ละตัวแปรจะมีข้อคำถามจำนวน 3-5 ข้อ เพื่อให้สามารถวัดและประเมินตัวแปรนั้นๆ ได้อย่างครอบคลุมและมีความน่าเชื่อถือ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (J. Hair et al., 2017)

3.4.2 แนวทางการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การพัฒนาและสร้างแบบสอบถามสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามหลักเกณฑ์และขั้นตอนอย่างเป็นระบบ (Radhakrishna, 2007) ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญดังต่อไปนี้

3.4.2.1 ทบทวนวรรณกรรม แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ต้องการศึกษาอย่างละเอียดถี่ถ้วน เพื่อให้มีความเข้าใจที่ชัดเจนและครอบคลุมตัวแปรเหล่านั้น จากนั้นกำหนดนิยามปฏิบัติการของตัวแปรให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถวัดผลและประเมินผลได้ จึงสร้างข้อคำถามที่สอดคล้องกับแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยในแต่ละตัวแปรจะมีข้อคำถามจำนวน 3-5 ข้อ เพื่อให้ครอบคลุมและสามารถวัดตัวแปรได้อย่างถูกต้อง ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางงานวิจัยของ (Ruel et al., 2016)

3.4.2.2 หลังจากได้ร่างแบบสอบถามแล้ว ผู้วิจัยจะเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้อง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเชิงเนื้อหา (Content Validity) และความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ในการตั้งคำถาม การตรวจสอบเพื่อการประเมินหาค่าความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม (IOC) หลังจากนั้นผู้วิจัยจะปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์และผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งเป็นไปตามขั้นตอนการตรวจสอบเนื้อหาของ) จะ(Hardesty & Bearden, 2004) ทำให้แบบสอบถามมีความสมบูรณ์และเหมาะสมมากขึ้น

3.4.2.3 การนำแบบสอบถามที่รวบรวมได้มาทำการทดสอบความเชื่อมั่น (Reliability) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จภาพหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha Coefficient) (Goforth et al., 2015) ใช้วิธีการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) ต้องมากกว่า 0.7 จึงจะถือว่ามีความเชื่อมั่นเพียงพอ นอกจากนี้ ยังได้ตรวจสอบค่าอำนาจจำแนกรายข้อของแต่ละข้อคำถาม (Item-Total Correlation) โดยต้องมีค่าตั้งแต่ 0.3 ขึ้นไป (Awang et al., 2015) ข้อคำถามใดที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานจะถูกตัดออกจากแบบสอบถาม ในการตรวจสอบความเชื่อมั่นครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการทั้งกับข้อมูลที่ได้จากการทดสอบก่อนใช้ (Try out) และข้อมูลที่เก็บจากการวิจัยจริง เพื่อให้ได้แบบสอบถามที่มีความน่าเชื่อถือสูงสุด

หลังจากนั้น ผู้วิจัยจึงนำแบบสอบถามที่ผ่านการทดสอบและปรับแก้จนมีความสมบูรณ์แล้ว ไปเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาอีกครั้ง เพื่อขอคำแนะนำเพิ่มเติม ก่อนที่จะนำไปใช้จริงในการเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ การดำเนินการตามขั้นตอนดังกล่าว จะช่วยให้ได้แบบสอบถามที่มีคุณภาพสูง มีความเชื่อมั่น ความตรงเชิงเนื้อหา และความน่าเชื่อถือเพียงพอสำหรับการนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลในงานวิจัย จึงจะถือว่ายอมรับได้

3.4.2.4 หลังจากนั้นจึงนำแบบสอบถามมาปรับปรุงแก้ไขอีกครั้งตามผลการทดลองใช้และข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิ เพื่อให้ได้เครื่องมือที่มีคุณภาพสูงสุดก่อนนำไปใช้จริงในการเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่

การพัฒนาแบบสอบถามโดยผ่านกระบวนการอย่างเป็นระบบและรอบคอบดังกล่าว จะช่วยให้ได้เครื่องมือที่มีความเที่ยงตรง ความน่าเชื่อถือ มีความสมบูรณ์ในการวัดตัวแปรต่างๆ ซึ่งจะส่งผลให้การเก็บรวบรวมข้อมูลมีประสิทธิภาพสูง และได้ข้อมูลที่ถูกต้อง เพียงพอต่อการนำไปวิเคราะห์และสรุปผลการวิจัยต่อไปดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 ตารางแสดงคำถามที่ใช้ในแบบสอบถาม

รหัส	ข้อคำถามที่ใช้วัดค่าตัวแปร	ที่มา
ATB	ATB1: คุณคิดว่าการใช้เซ็นเซอร์ในระบบฟาร์มอัจฉริยะสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพทางการเกษตรของคุณได้มากเพียงใด	(Aliar et al., 2022; Duang-Ek-Anong et al., 2019; Tsourela & Nerantzaki, 2020)
	ATB2: คุณเชื่อว่าการใช้ AI วิเคราะห์ข้อมูลจากระบบฟาร์มอัจฉริยะจะช่วยในการตัดสินใจทางการเกษตรมากน้อยเพียงใด	
	ATB3: คุณคิดว่าการใช้ระบบฟาร์มอัจฉริยะจะช่วยลดต้นทุนทางการเกษตรของคุณได้มากน้อยเพียงใด	
	ATB4: คุณเห็นด้วยมากน้อยเพียงใดว่าการใช้ระบบฟาร์มอัจฉริยะจะช่วยเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรของคุณ	
	ATB5: คุณคิดว่าการใช้ระบบฟาร์มอัจฉริยะจะช่วยให้คุณจัดการฟาร์มได้มีประสิทธิภาพมากขึ้นเพียงใด	
PBC	PBC1: คุณมั่นใจหรือไม่ว่าคุณสามารถใช้ระบบแพลตฟอร์มฟาร์มอัจฉริยะได้ด้วยตัวเอง	(Ajzen, 2002; Barnes et al., 2019; Giua et al., 2022; Prayoga & Abraham, 2016)
	PBC2: คุณคิดว่าคุณสามารถใช้แอปพลิเคชันที่เกี่ยวข้องกับระบบฟาร์มอัจฉริยะได้ดีแค่ไหน	
	PBC3: คุณมั่นใจในความสามารถของคุณที่จะแก้ไขปัญหาพื้นฐานของระบบฟาร์มอัจฉริยะด้วยตัวเองมากแค่ไหน	
	PBC4: คุณคิดว่าคุณสามารถใช้ข้อมูล AI ในระบบฟาร์มอัจฉริยะเพื่อการตัดสินใจในฟาร์มของคุณได้ดีเพียงใด	
	PBC5: คุณมั่นใจในความสามารถของคุณที่จะดูแลรักษาอุปกรณ์ระบบฟาร์มอัจฉริยะได้อย่างเหมาะสมเพียงใด	
PE	PE1: คุณคาดหวังว่าการใช้เซ็นเซอร์ในระบบฟาร์มอัจฉริยะจะช่วยเพิ่มผลผลิตได้มากเพียงใด	(Ronaghi & Forouharfar, 2020; Rosario et al., 2022; Tsourela & Nerantzaki, 2020)

ตารางที่ 3-2 ตารางแสดงคำถามที่ใช้ในแบบสอบถาม (ต่อ)

รหัส	ข้อคำถามที่ใช้วัดค่าตัวแปร	ที่มา
	PE2: คุณคิดว่า AI สามารถรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลจากเซ็นเซอร์ต่างๆ เช่น สภาพอากาศ ความชื้นในดิน และสุขภาพพืช เพื่อให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจได้มากน้อยเพียงใด	
	PE3: คุณคาดหวังว่าระบบฟาร์มอัจฉริยะจะช่วยจัดการทรัพยากร (น้ำ ปุ๋ย ยาฆ่าแมลง) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ	
	PE4: คุณคาดหวังว่าการใช้ระบบฟาร์มอัจฉริยะจะช่วยปรับปรุงคุณภาพผลผลิตได้มากเพียงใด	
	PE5: คุณคาดหวังว่าระบบฟาร์มอัจฉริยะจะช่วยลดเวลาการทำงานในฟาร์มของคุณได้มากเพียงใด	
EE	EE1: คุณคิดอย่างไรกับการเรียนรู้การใช้งานระบบฟาร์มอัจฉริยะสามารถทำได้ง่าย	(Rosario et al., 2022; Tsourela & Nerantzaki, 2020)
	EE2: คุณคิดว่าระบบฟาร์มอัจฉริยะสามารถปรับแต่งให้เหมาะกับความต้องการของคุณ	
	EE3: คุณคิดอย่างไรกับการแสดงข้อมูล AI ในระบบฟาร์มอัจฉริยะจะง่ายสำหรับคุณมากน้อยเพียงใด	
	EE4: คุณคาดหวังว่าการบำรุงรักษาอุปกรณ์ในระบบฟาร์มอัจฉริยะจะไม่ยุ่งยากสำหรับคุณมากน้อยเพียงใด	
	EE5: คุณคิดอย่างไรกับการเปลี่ยนวิธีการทำฟาร์มแบบดั้งเดิมเป็นระบบฟาร์มอัจฉริยะ จะง่ายแค่ไหนสำหรับคุณ	
SI	SI1: คุณคิดว่าเกษตรกรคนอื่นๆในชุมชนของคุณจะสนับสนุนการใช้ระบบการเกษตรอัจฉริยะมากน้อยเพียงใด?	(Eckhardt et al., 2010; Faridi et al., 2020; Jeong et al., 2020; Schukat & Heise, 2021b; Venkatesh et al., 2012)
	SI2: คุณคิดว่าผู้นำชุมชนหรือเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรจะแนะนำให้คุณใช้ระบบการเกษตรอัจฉริยะมากน้อยเพียงใด?	
	SI3: คุณคิดว่าการใช้ระบบฟาร์มอัจฉริยะจะเพิ่มการยอมรับจากเกษตรกรรายอื่นมากน้อยเพียงใด?	

ตารางที่ 3-2 ตารางแสดงคำถามที่ใช้ในแบบสอบถาม (ต่อ)

รหัส	ข้อคำถามที่ใช้วัดค่าตัวแปร	ที่มา
	SI4: คุณคิดว่าสื่อสังคมออนไลน์มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้ระบบการเกษตรอัจฉริยะของคุณมากน้อยเพียงใด?	
	SI5: คุณคิดว่าครอบครัวของคุณจะสนับสนุนการใช้ระบบฟาร์มอัจฉริยะมากน้อยเพียงใด?	
FC	FC1: คุณคิดว่าอินเทอร์เน็ตความเร็วสูงในพื้นที่ของคุณเพียงพอต่อการใช้งานระบบฟาร์มอัจฉริยะมากน้อยเพียงใด?	(Anubhav et al., 2023; Kang, Chung, et al., 2020; Palau-Saumell et al., 2019; Schukat & Heise, 2021b)
	FC2: คุณคิดว่าการสนับสนุนด้านเทคนิคจากผู้ให้บริการระบบฟาร์มอัจฉริยะในพื้นที่ของคุณเพียงพอเพียงใด?	
	FC3: คุณพึงพอใจกับระดับการสนับสนุนด้านเทคนิคจากผู้ให้บริการระบบฟาร์มอัจฉริยะในพื้นที่ของคุณมากน้อยเพียงใด?	
	FC4: คุณคิดว่าการฝึกอบรมเกี่ยวกับระบบสมาร์ทฟาร์มในชุมชนของคุณเพียงพอมากน้อยเพียงใด?	
	FC5: คุณคิดว่ามีการสนับสนุนด้านนโยบายจากภาครัฐในการใช้ระบบสมาร์ทฟาร์มมากน้อยเพียงใด?	
SQ	SQ1: คุณคิดว่าระบบแพลตฟอร์มฟาร์มอัจฉริยะมีความเสถียรในการใช้งานหรือไม่	(Chiu et al., 2022; Devare & Hajare, 2019; Otter & Deutsch, 2023)
	SQ2: คุณคิดว่าระบบฟาร์มอัจฉริยะประมวลผลและแสดงข้อมูลได้รวดเร็วเพียงใด	
	SQ3: คุณคิดว่าระบบฟาร์มอัจฉริยะมีความยืดหยุ่นในการปรับตัวกับพืชหลากหลายชนิดมากน้อยเพียงใด	
	SQ4: คุณคิดว่าระบบฟาร์มอัจฉริยะมีความปลอดภัยในด้านการจัดเก็บข้อมูลมากน้อยเพียงใด	
	SQ5: คุณคิดว่าระบบปัญญาประดิษฐ์ในแพลตฟอร์มมีความแม่นยำในการวิเคราะห์และให้คำแนะนำมากน้อยเพียงใด	
IQ	IQ1: คุณคิดว่าข้อมูลที่ได้รับจากเซ็นเซอร์ในระบบฟาร์มอัจฉริยะมีความแม่นยำมากน้อยเพียงใด	(Chiu et al., 2022; Ghasemaghaei &

ตารางที่ 3-2 ตารางแสดงคำถามที่ใช้ในแบบสอบถาม (ต่อ)

รหัส	ข้อคำถามที่ใช้วัดค่าตัวแปร	ที่มา
	IQ2: คุณคิดว่าข้อมูลการพยากรณ์ด้วย AI ในระบบฟาร์มอัจฉริยะมีความแม่นยำและความเที่ยงตรงมากน้อยเพียงใด	Hassanein, 2015; Kahn et al., 2002; Rosario et al., 2022)
	IQ3: คุณคิดว่าข้อมูลที่ได้รับจากระบบฟาร์มอัจฉริยะมีความครบถ้วนสมบูรณ์มากน้อยเพียงใด	
	IQ4: คุณคิดว่าข้อมูลที่ได้รับจากระบบฟาร์มอัจฉริยะมีความทันสมัยและเป็นปัจจุบันมากน้อยเพียงใด	
	IQ5: คุณคิดว่าข้อมูลที่ได้รับจากระบบฟาร์มอัจฉริยะสามารถนำไปใช้ในการตัดสินใจได้ง่ายมากน้อยเพียงใด	
PAIB	PAIB1: ระบบปัญญาประดิษฐ์สามารถช่วยวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนมากเพื่อตรวจจับปัญหาในฟาร์มได้เร็วกว่าวิธีการแบบดั้งเดิม	พัฒนาขึ้นใหม่
	PAIB2: เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์สามารถช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากร (น้ำ ปุ๋ย ยาฆ่าแมลง) ในฟาร์มของฉัน	
	PAIB3: ระบบปัญญาประดิษฐ์ช่วยให้ฉันคาดการณ์ผลผลิตและวางแผนการตลาดได้แม่นยำมากขึ้น	
	PAIB4: เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ช่วยลดความเสี่ยงการเกิดโรคระบาดและศัตรูพืชในฟาร์มของฉัน	
	PAIB5: ระบบปัญญาประดิษฐ์ในการทำฟาร์มช่วยให้ฉันตัดสินใจโดยอิงข้อมูลได้ดีขึ้น	
TRUST	TRUST1: ฉันมั่นใจว่าระบบ AI จะให้คำแนะนำที่แม่นยำในการจัดการฟาร์มของฉัน	พัฒนาขึ้นใหม่
	TRUST2: ฉันเชื่อมั่นในความสามารถของระบบ AI ในการวินิจฉัยปัญหาของฟาร์มได้อย่างแม่นยำ	
	TRUST3: ฉันเชื่อว่าการตัดสินใจของระบบ AI มีความน่าเชื่อถือเพียงพอที่จะปฏิบัติตามได้	
	TRUST4: ฉันมั่นใจว่าระบบ AI จะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพแม้ในสถานการณ์ที่ซับซ้อนหรือไม่คาดคิด	

ตารางที่ 3-2 ตารางแสดงคำถามที่ใช้ในแบบสอบถาม (ต่อ)

รหัส	ข้อคำถามที่ใช้วัดค่าตัวแปร	ที่มา
	TRUST5: ฉันเข้าใจหลักการพื้นฐานที่ระบบ AI ใช้ในการวิเคราะห์และให้คำแนะนำ	
DPC	DPC1: ฉันกังวลว่าข้อมูลฟาร์มของฉันอาจถูกบุคคลที่สามนำไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต	พัฒนาขึ้นใหม่
	DPC2: ฉันกังวลเกี่ยวกับความปลอดภัยของข้อมูลที่ถูกเก็บรวบรวมโดยระบบ AI ในฟาร์มของฉัน	
	DPC3: ฉันต้องการมีอำนาจควบคุมว่าข้อมูลใดจากฟาร์มของฉันจะถูกเก็บรวบรวมและใช้งานโดยระบบ AI	
	DPC4: ฉันกังวลว่าข้อมูลจากฟาร์มของฉันอาจถูกบริษัทเทคโนโลยีนำไปใช้เพื่อวัตถุประสงค์ทางการค้า	
	DPC5: ฉันกังวลว่าการรั่วไหลของข้อมูลฟาร์มอาจส่งผลกระทบในแง่ลบต่อความสามารถในการแข่งขันของฉัน	
GOV	GOV1: รัฐบาลมีนโยบายที่ชัดเจนในการสนับสนุนการใช้เทคโนโลยี AI ในภาคการเกษตร	พัฒนาขึ้นใหม่
	GOV2: รัฐบาลให้เงินอุดหนุนหรือแรงจูงใจทางการเงินสำหรับการนำเทคโนโลยี AI มาใช้ในการทำฟาร์ม	
	GOV3: รัฐบาลจัดให้มีการฝึกอบรมและการศึกษาเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยี AI ในการทำฟาร์ม	
	GOV4: รัฐบาลสนับสนุนการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยี AI ที่จำเป็น (เช่น อินเทอร์เน็ต เครือข่าย 5G)	
	GOV5: รัฐบาลมีกฎระเบียบที่เหมาะสมในการปกป้องข้อมูลและความเป็นส่วนตัวของเกษตรกรเมื่อใช้เทคโนโลยี AI	
DL	DL1: ฉันสามารถใช้อุปกรณ์ดิจิทัล (สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต คอมพิวเตอร์) ได้อย่างชำนาญ	พัฒนาขึ้นใหม่
	DL2: ฉันสามารถค้นหาและเข้าถึงข้อมูลที่ต้องการบนอินเทอร์เน็ตได้อย่างมีประสิทธิภาพ	
	DL3: ฉันสามารถเรียนรู้วิธีการใช้แอปพลิเคชันหรือซอฟต์แวร์ใหม่ๆ ได้ด้วยตัวเอง	

ตารางที่ 3-2 ตารางแสดงคำถามที่ใช้ในแบบสอบถาม (ต่อ)

รหัส	ข้อคำถามที่ใช้วัดค่าตัวแปร	ที่มา
	DL4: ฉันสามารถแก้ไขปัญหาทางเทคนิคพื้นฐานที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์ดิจิทัลได้	
	DL5: ฉันเข้าใจคำศัพท์และแนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับเทคโนโลยีดิจิทัลและปัญญาประดิษฐ์	
US	US1: คุณพึงพอใจกับประสิทธิภาพโดยรวมของระบบฟาร์มอัจฉริยะมากน้อยเพียงใด	(Gemoets & Mahmood, 1990; Ghasemaghaei & Hassanein, 2015; Münster & Grabkowsky, 2024)
	US2: คุณพึงพอใจกับความแม่นยำของข้อมูลที่ได้รับจากเซ็นเซอร์และ AI ในระบบฟาร์มอัจฉริยะมากน้อยเพียงใด	
	US3: คุณพึงพอใจกับความง่ายในการใช้งานแอปพลิเคชันระบบฟาร์มอัจฉริยะมากน้อยเพียงใด	
	US4: คุณพึงพอใจกับการสนับสนุนทางเทคนิคที่ได้รับจากผู้ให้บริการระบบฟาร์มอัจฉริยะมากน้อยเพียงใด	
	US5: คุณพึงพอใจกับผลลัพธ์โดยรวมที่ได้จากการใช้ระบบฟาร์มอัจฉริยะมากน้อยเพียงใด	
SFA	SFA1: ท่านได้นำเทคโนโลยีสมาร์ทฟาร์มมาใช้ในการจัดการฟาร์มของท่านอย่างเต็มรูปแบบแล้วหรือไม่?	(Gina et al., 2022; Khanna & Kaur, 2019)
	SFA2: ท่านใช้ระบบเซ็นเซอร์และการเก็บข้อมูลอัตโนมัติในการติดตามสภาพแวดล้อมของฟาร์มหรือไม่?	
	SFA3: ท่านใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติ (เช่น ระบบให้น้ำ ระบบควบคุมอุณหภูมิ) ในการจัดการฟาร์มของท่านหรือไม่?	
	SFA4: ท่านใช้แอปพลิเคชันหรือซอฟต์แวร์วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อช่วยในการตัดสินใจทางการเกษตรหรือไม่?	
	SFA5: ท่านได้ปรับเปลี่ยนกระบวนการทำงานในฟาร์มของท่านให้สอดคล้องกับเทคโนโลยีสมาร์ทฟาร์มหรือไม่?	

3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

หลังจากที่แบบสอบถามผ่านการตรวจสอบคุณภาพและปรับแก้จนมีคมีวามสมบูรณ์แล้ว ขั้นตอนสำคัญต่อไปคือการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างเป้าหมาย โดยผู้วิจัยได้กำหนดแนวทางและวิธีการเก็บข้อมูลอย่างละเอียด ดังนี้

3.5.1 ประสานงานกับฝ่ายที่เกี่ยวข้องในสถานศึกษา หน่วยงาน หรือองค์กรที่มีบุคลากรตรงกับกลุ่มประชากรเป้าหมายของงานวิจัย เพื่อขออนุญาตและประสานงานในการเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งเป็นไปตามขั้นตอนและจรรยาบรรณของนักวิจัยที่ดี (Levitt et al., 2018)

3.5.2 สร้างแบบสอบถามในรูปแบบออนไลน์ โดยนำแบบสอบถามฉบับสมบูรณ์มาพัฒนาเป็นแบบสำรวจผ่านทาง ระบบออนไลน์ เช่น Google Forms หรือแพลตฟอร์มออนไลน์สำเร็จภาพอื่นๆ เพื่อสะดวกต่อการเผยแพร่และเข้าถึงกลุ่ม ตัวอย่างได้อย่างกว้างขวาง (Chaiyo & Nokham, 2017)

3.5.3 จัดส่งลิงก์แบบสอบถามออนไลน์ไปยังกลุ่มตัวอย่างเป้าหมายผ่านทางอีเมล โซเชียลมีเดีย หรือช่องทางออนไลน์ต่างๆ โดยระบุรายละเอียดวัตถุประสงค์ของการวิจัย ระยะเวลาในการตอบแบบสอบถาม และคำชี้แจงอื่นๆ ที่สำคัญ

3.5.4 สำหรับกลุ่มตัวอย่างบางส่วนที่อาจไม่สะดวกในการตอบแบบสอบถามออนไลน์ ผู้วิจัยจะจัดเตรียมแบบสอบถามในรูปแบบกระดาษ และนัดหมายวันเวลา เพื่อดำเนินการเก็บข้อมูลด้วยตนเองกับผู้ตอบแบบสอบถามกลุ่มนี้โดยตรง

3.5.5 ติดตามและเร่งรัดให้กลุ่มตัวอย่างทั้งที่ตอบแบบสอบถามออนไลน์และตอบแบบสอบถามกระดาษ ตอบแบบสอบถามให้ครบถ้วนและมีความต่อเนื่อง จนกระทั่งได้จำนวนตัวอย่างครบตามที่กำหนดไว้ในการวางแผนวิจัย

3.5.6 เมื่อได้รับแบบสอบถามครบถ้วนตามกำหนดแล้ว ผู้วิจัยจะดำเนินการตรวจสอบความสมบูรณ์ครบถ้วนของ แบบสอบถาม แล้วจึงนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติตามขั้นตอนต่อไป

3.5.7 เกณฑ์การคัดเข้า (Inclusion Criteria), เกณฑ์การคัดออก (Exclusion Criteria) และเกณฑ์การถอดถอน (Withdrawal Criteria)

3.5.7.1 เกณฑ์การคัดเข้า (Inclusion Criteria) ประกอบด้วย

1.) ไม่จำกัดเพศของอาสาสมัคร

2.) อาสาสมัครที่มีอายุระหว่าง 20-60 ปี

3.) อาสาสมัครที่อ่านภาษาไทยและสามารถทาแบบสอบถามได้ด้วยตนเอง

3.5.7.2 เกณฑ์การคัดออก (Exclusion Criteria) ประกอบด้วย

1.) อาสาสมัครที่อายุน้อยกว่า 20 ปี หรือมากกว่า 60 ปี

2.) อาสาสมัครที่เป็นผู้พิการทางสายตา

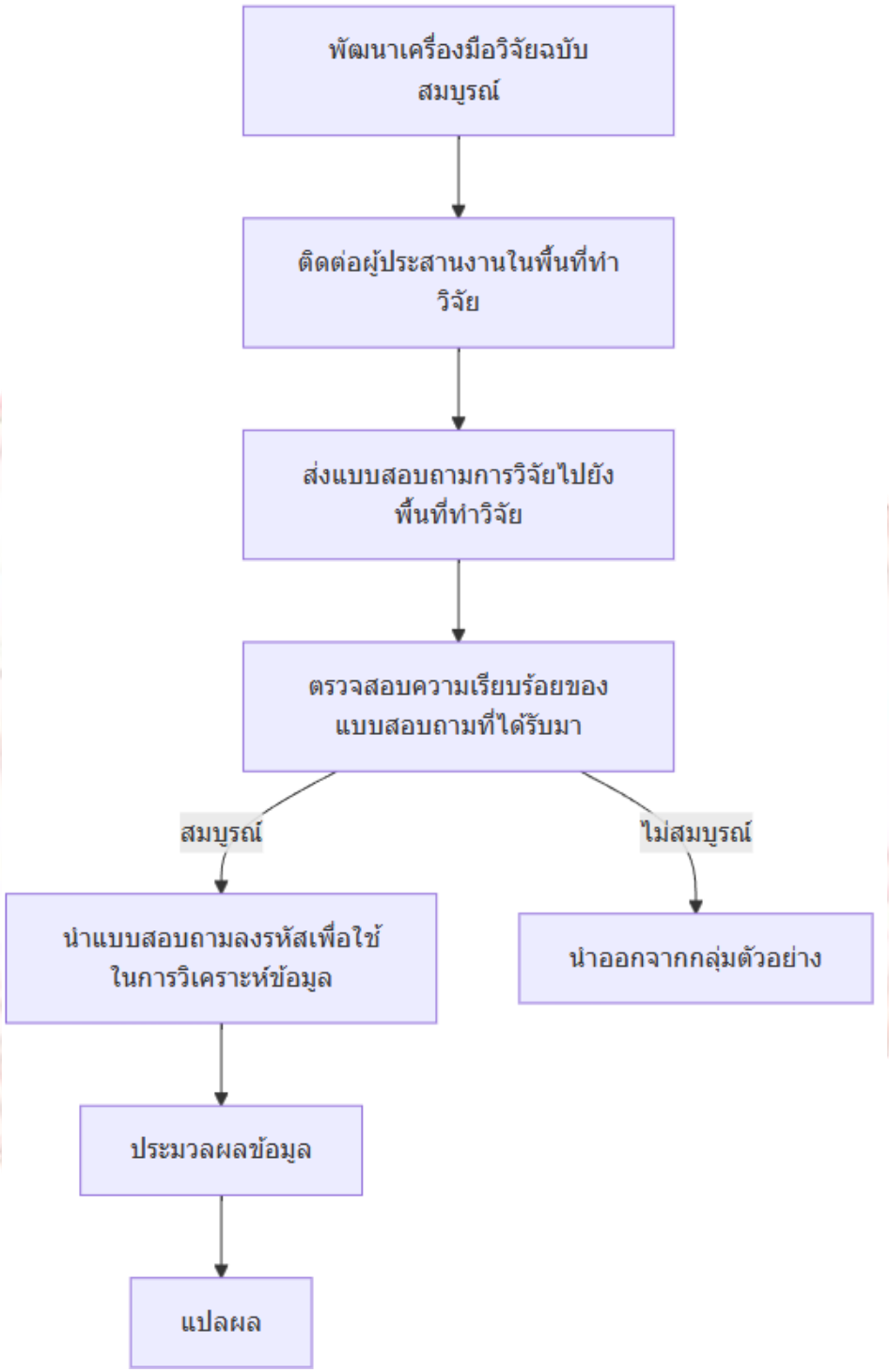
3.5.7.3 เกณฑ์การถอดถอน (Withdrawal Criteria) ประกอบด้วย

1.) อาสาสมัครยุติการตอบแบบสอบถามได้ตามความสมัครใจ

2.) อาสาสมัครที่ตอบคาถามไม่ครบ

3.) อาสาสมัครที่ถอนตัวจากโครงการวิจัย

การดำเนินการเก็บข้อมูลแบบผสมผสานทั้งในรูปแบบออนไลน์และรูปแบบกระดาษ จะช่วยเพิ่มโอกาสในการเข้าถึงและครอบคลุมกลุ่มประชากรเป้าหมายมากยิ่งขึ้น รวมถึงช่วยลดข้อจำกัดและอุปสรรคต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นจากการเก็บข้อมูลด้วยวิธีการใดวิธีการหนึ่งเพียงอย่างเดียว (Lewis, 2015) อันจะส่งผลให้ได้ข้อมูลมีคุณภาพและปริมาณที่เพียงพอต่อการนำไปวิเคราะห์และสรุปผลการวิจัยต่อไป ดังภาพที่ 3-4



ภาพที่ 3-4 ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย

3.6 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากแบบสอบถามมาทำการวิเคราะห์ตามวัตถุประสงค์และสมมติฐานการวิจัย โดยการใช้วิธีการทางสถิติ ดังนี้

3.6.1 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนากับแบบสอบถามที่มีลักษณะเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Check - List) การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนานั้น ใช้สซ้ำหรับการอธิบายลักษณะข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างและตัวแปร ต่างๆ ในการศึกษา โดยสถิติที่นำมาใช้ ได้แก่

1.) ค่าร้อยละ (Percentage) และค่าความถี่ (Frequency) ใช้สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามส่วนที่เป็นแบบ ตรวจสอบรายการ เช่น ข้อมูลเพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ เป็นต้น

2.) ค่าเฉลี่ย (Mean) ใช้ในการหาค่ากลางของข้อมูลสำหรับตัวแปรต่างๆ

3.) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ใช้ใช้นการวัดการกระจายของข้อมูลจากค่าเฉลี่ย เพื่อดูระดับการแตกต่างของข้อมูล

การวิเคราะห์ด้วยสถิติพรรณนาเหล่านี้จะช่วยให้เข้าใจลักษณะของข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่างและตัวแปรต่างๆ ก่อนที่จะนำไปวิเคราะห์ต่อด้วยสถิติขั้นขั้นสูงอื่นๆ เช่น สถิติเชิงอนุมาน เพื่อทดสอบสมมติฐาน สถิติพรรณนาเหล่านี้จะใช้วิเคราะห์ ข้อมูลจากแบบสอบถามส่วนที่มีลักษณะเป็นแบบตรวจสอบรายการ ซึ่งเป็นคำถามปลายปิด เช่น เพศ อายุ เป็นต้น เพื่อสรุปข้อมูลเบื้องต้นของกลุ่มตัวอย่าง

3.6.2 การวิเคราะห์หาค่าความเที่ยง (Reliability Analysis) เป็นขั้นตอนสำคัญในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบบสอบถามหรือแบบวัดต่างๆ ซึ่งการหาค่าความเชื่อมั่นจะบ่งบอกถึงความคงที่และความสม่ำเสมอของเครื่องมือในการวัดสิ่งที่ต้องการวัด ซึ่งวิธีหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) เป็นวิธีการหาความเชื่อมั่นที่ได้รับความนิยมมากที่สุด โดยพิจารณาจากความสอดคล้องภายในของข้อคำถามหรือรายการต่างๆ ในแบบสอบถาม ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาจะมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ข้อมูลด้วยสถิติอนุมาน (Inferential Statistics) เป็นการนำข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างมาอนุมานหรืออ้างอิงไปยังประชากร เพื่อทดสอบสมมติฐานทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ด้วยสถิติอนุมานที่นิยมใช้ในงานวิจัย ได้แก่

1.) การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation Analysis) การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ ในงานวิจัย โดยสถิติที่นิยมนำมาใช้ ได้แก่สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson Product Moment Correlation Coefficient) ซึ่งเหมาะสำหรับตัวแปรที่มีที่มีระดับการวัดเป็นช่วง หรือสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมน (Spearman's Rank Correlation Coefficient) ที่ใช้กับตัวแปรระดับการวัดเป็นอันดับ "การวิเคราะห์สหสัมพันธ์เป็นเครื่องมือสำคัญในการประเมินความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆเพื่อนำไปสู่การทดสอบสมมติฐาน" (Wiliam et al., 2022)

2.) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) เป็นสถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรตามระหว่างกลุ่มตัวอย่างมากกว่า 2 กลุ่มขึ้นไป ซึ่งจะทดสอบว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มต่างๆ นั้นมีความแตกต่างกันหรือไม่ โดยสถิติที่ติที่นิยมใช้คือ ANOVA (One-Way Analysis of Variance) "การวิเคราะห์ความแปรปรวนเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรตามระหว่างกลุ่มต่างๆ ซึ่งสามารถตรวจจับความแตกต่างระหว่างกลุ่มได้อย่างละเอียด" (Rahi et al., 2019)

3.) การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis) เป็นวิธีการทางสถิติในการตรวจสอบความตรงของแบบจำลองการวัดและตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแปรสังเกตได้ที่ใช้ในการวัดตัวแปรแฝง โดยจะประมาณค่าพารามิเตอร์และตรวจสอบค่าสถิติความกลมกลืนของแบบจำลอง "การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการประเมินโครงสร้างและความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ภายใต้แบบจำลองทฤษฎีที่กำหนดไว้" (Robles-Gómez et al., 2021)

3.6.4 การวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้าง (Structural Equation Modeling: SEM) เป็นเทคนิคทางสถิติที่ใช้ในการทดสอบความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรต่างๆ ทั้งที่สังเกตได้และไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง โดยอาศัยการพัฒนาแบบจำลองเชิงทฤษฎีและข้อมูลเชิงประจักษ์ที่รวบรวมได้ SEM ถือเป็นเทคนิคการวิเคราะห์เชิงสถิติระดับสูงที่มีคมีวามซับซ้อนสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยทางด้านพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์ได้เป็นอย่างดี เนื่องจากมีคมีวามสามารถในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์พหุระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามได้หลายตัวพร้อมกัน (Robles-Gómez et al., 2021; Shi et al., 2022)

1.) ค่าระดับความน่าจะเป็นของไคสแควร์ (Chi-square Probability: CMIN) เป็นค่าสถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐานว่าแบบจำลองมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์หรือไม่ โดยจะพิจารณาจากค่า p-value ซึ่งต้องมีค่ามากกว่า .05 จึงจะแสดงว่าแบบจำลองมีความกลมกลืนกับข้อมูล

2.) ค่าไคสแควร์สัมพัทธ์ (Relative Chi-square: CMIN/DF) ค่าระดับความน่าจะเป็นของไคสแควร์ (CMIN) เป็นค่าสถิติหติลักที่ใช้ในการประเมินความกลมกลืนหรือความสอดคล้องของแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยการทดสอบสมมติฐานหลักว่า แบบจำลองของผู้วิจัยสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ หากค่า CMIN มีค่าไม่แตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จะแสดงว่าแบบจำลองมีความสอดคล้องหรือกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยทั่วไปค่า p-value ที่ใช้ในการยอมรับสมมติฐานหลักต้องมีค่ามากกว่า .05 (Yaşlıoğlu & Yaşlıoğlu, 2020) ในงานวิจัยทางด้านสังคมศาสตร์นั้นค่าสัดส่วนของ CMIN/DF ที่น่าพอใจควรมีมีค่าน้อยกว่า 3 ถึง 5 ซึ่งค่าที่ได้ขึ้นอยู่กับจำนวนตัวแปรและความซับซ้อนของแบบจำลอง โดยทั่วไปแล้ว ถ้าค่า CMIN/DF มีค่าน้อยกว่า 2 ถือว่าเป็นระดับที่น่าพอใจมาก

3.) ค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้อง (Goodness of Fit Index: GFI) เป็นค่าสถิติที่ติที่ใช้ในการประเมินความกลมกลืนของแบบจำลองกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยวัดจากสัดส่วนของค่าความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมของข้อมูลเชิงประจักษ์ที่สามารถอธิบายได้ด้วยแบบจำลอง ค่า GFI จะอยู่ในช่วงระหว่าง 0 ถึง 1 โดยค่าที่ใกล้เคียง 1 มากเท่าใด แสดงว่าแบบจำลองมีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากขึ้นเท่านั้น โดยทั่วไป ค่า GFI ที่ที่ยอมรับได้คือมีค่ามากกว่า 0.90 แต่อาจใช้เกณฑ์ที่คลายตัวลงเหลือ 0.80 ขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อมูลและความซับซ้อนของแบบจำลอง (Cheung & Rensvold, 2002)

4.) ค่าดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของการประมาณความคลาดเคลื่อน (RMSEA) เป็นค่าดัชนีสถิติอีกหนึ่งค่าที่ใช้ประเมินความกลมกลืนของแบบจำลองกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดย RMSEA แสดงถึงค่าความคลาดเคลื่อนโดยประมาณของแบบจำลองเมื่อเทียบกับข้อมูลประชากรที่ถือเป็นแบบจำลองที่สมบูรณ์แบบ ยิ่งค่า RMSEA มีค่าต่ำ จะยิ่งแสดงถึงความคลาดเคลื่อนน้อย และบ่งชี้ว่าแบบจำลองมีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากขึ้น โดยทั่วไป ค่า RMSEA ที่น่าพอใจควรมีค่าต่ำกว่า 0.08 ถือว่าแบบจำลองมีความกลมกลืนในระดับที่ยอมรับได้ และหากค่า RMSEA ต่ำกว่า 0.05

แสดงว่าแบบจำลองมีความกลมกลืนดีมาก (Rigdon, 1996) นอกจากนี้ใน SEM ยังมีกมีรายงานช่วงความเชื่อมั่น (Confidence Interval) ของค่า RMSEA ด้วย เพื่อใช้ในการตีความได้อย่างถูกต้องยิ่งขึ้น

ตารางที่ 3-3 สถิติที่และเกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

การประเมินความสอดคล้องของแบบจำลอง Evaluating the Data–Model Fit	**เกณฑ์ที่ใช้พิจารณา Criteria**	**แหล่งอ้างอิง Reference**
ค่านัยสำคัญทางสถิติ (P-value)	มีค่ามากกว่า 0.05	(Kline, 2023)
ค่าไคสแควร์สัมพัทธ์ (CMIN/DF) หรือ (χ^2 / df)	มีค่าน้อยกว่า 2.0	(Byrne, 2016)
ค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้องเปรียบเทียบ(CFI)	มีค่ามากกว่า 0.90	(Hu & Bentler, 1999)
ค่าดัชนีวัดความสอดคล้องเชิงสัมพัทธ์ (NFI)	มีค่ามากกว่า 0.90	(Ding et al., 1995)
ค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้อง (GFI)	มีค่ามากกว่า 0.90	(MacCallum & Hong, 1997)
ค่าดัชนีความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (AGFI)	มีค่ามากกว่า 0.90	(MacCallum & Hong, 1997)
ดัชนีรากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนที่ (RMR)	มีค่าน้อยกว่า 0.05	(Tanaka & Huba, 1985)
ค่าดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของการประมาณความคลาดเคลื่อน (RMSEA)	มีค่าน้อยกว่า 0.05	(Meldrum, 2010)

3.7 สถาปัตยกรรมระบบสมาร์ทฟาร์มและข้อกำหนด

3.7.1 ข้อกำหนดเชิงหน้าที่ (Functional Requirements) ของแอปพลิคชันและระบบ

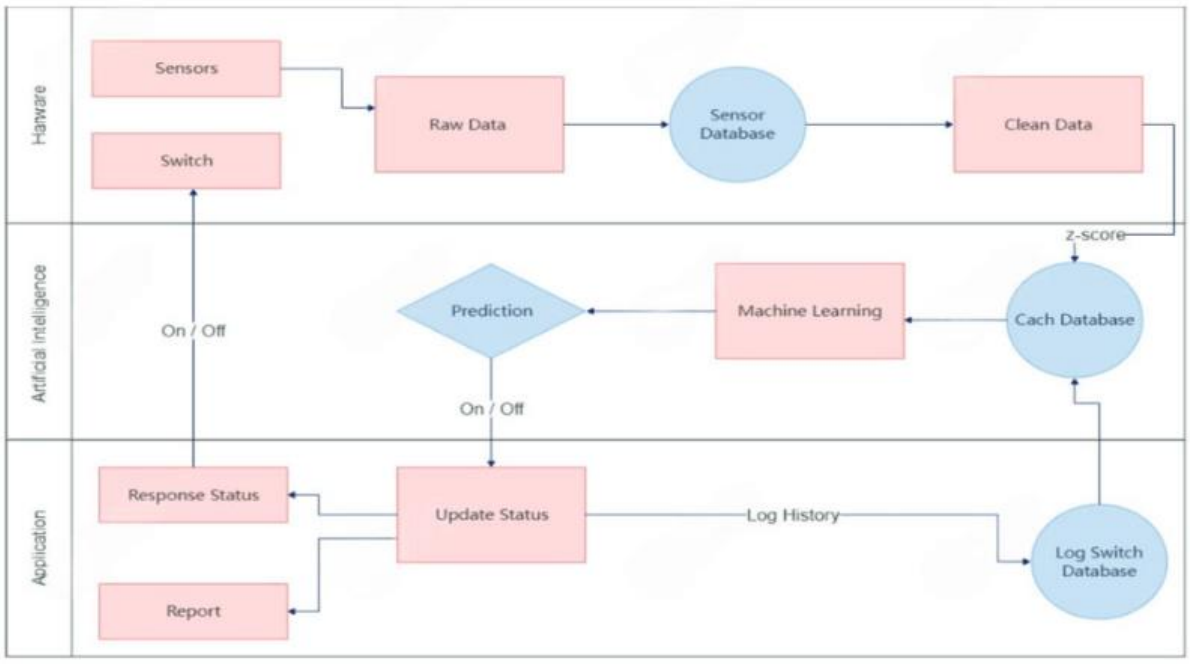
ระบบถูกกำหนดให้รองรับการได้มาซึ่งข้อมูลเซ็นเซอร์ด้านสิ่งแวดล้อมการเกษตรแบบเกือบเรียลไทม์ผ่านโปรโตคอลที่เหมาะสม (เช่น MQTT/HTTP) พร้อมทั้งแสดงผลในรูปแบบแดชบอร์ด สถิติ และกราฟประวัติย้อนหลัง ตลอดจนการกำหนดค่าขีดจำกัดการแจ้งเตือนและการส่งข้อความเตือนผ่านหลายช่องทาง การควบคุมอุปกรณ์ปฏิบัติการทั้งในโหมดอัตโนมัติและแมนนวล รวมถึงการตั้งตารางเวลา นอกจากนี้ ระบบสนับสนุนการจัดการผู้ใช้และบทบาทสิทธิ์ การบันทึกเหตุการณ์และ

ร่องรอยการสั่งงาน (audit log) การส่งออกข้อมูลและการบูรณาการผ่าน API ภายนอก ตลอดจนส่วนติดต่อผู้ใช้สำหรับตั้งค่าอุปกรณ์และบริบทฟาร์มอย่างเป็นขั้นตอน

3.7.2 ข้อกำหนดเชิงไม่ใช่หน้าที่ (Non-functional Requirements)

ในด้านประสิทธิภาพ ระบบควรมีค่าหน่วงเวลาเฉลี่ยอยู่ในระดับต่ำสำหรับการแสดงสถานะและการสั่งงาน พร้อมรองรับอัตราการรับ–ส่งข้อความที่เพิ่มขึ้นตามจำนวนอุปกรณ์ ส่วนความเสถียรคาดหมายความต่อเนื่องในการให้บริการระดับสูง มีความสามารถฟื้นตัวอัตโนมัติและกระบวนการสำรอง–กู้คืนข้อมูลตามรอบที่กำหนด ด้านความปลอดภัย ระบบใช้การเข้ารหัสระหว่างทาง (TLS) การยืนยันตัวตนและกำหนดสิทธิ์ตามบทบาท (เช่น JWT/OAuth2, RBAC) การเข้ารหัสข้อมูลสำคัญเมื่อจัดเก็บ การบริหารจัดการกุญแจ และการตรวจสอบได้ตามข้อกำหนดคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล ส่วนความสามารถในการขยายรองรับสถาปัตยกรรมแบบไมโครเซอร์วิสและคอนเทนเนอร์ การขยายตัวในแนวนอนขององค์ประกอบสำคัญ (broker/API/ฐานข้อมูล) การใช้คิวและแคชเพื่อเพิ่มสมรรถนะ และรองรับรูปแบบผู้เช่าหลายราย (multi-tenant) สำหรับการให้บริการหลายฟาร์มพร้อมกัน

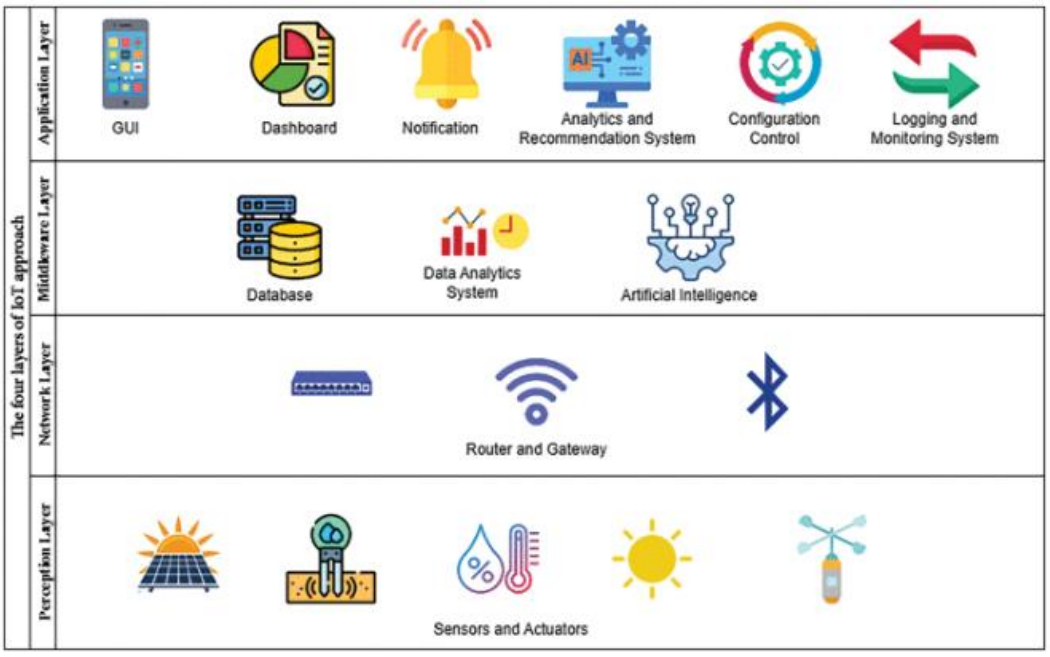
3.7.3 สถาปัตยกรรมระบบอัตโนมัติโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์



ภาพที่ 3-5 ระบบอัตโนมัติควบคุมด้วยปัญญาประดิษฐ์

จากภาพที่ 3-5 แสดงถึงสถาปัตยกรรมระบบ IoT สำหรับการจัดการอุปกรณ์อัจฉริยะที่แบ่งออกเป็น 3 ชั้นหลัก ได้แก่ ชั้น Hardware ที่ประกอบด้วย Sensors และ Switch ที่ทำหงานเก็บข้อมูลดิบ (Raw Data) และส่งเข้า Sensor Database เพื่อทำความสะอาดข้อมูล (Clean Data) โดยใช้วิธี z-score ในการกรองข้อมูล จากนั้นข้อมูลจะถูกส่งไปยังชั้น Artificial Intelligence ซึ่งมี Machine Learning ทำงานร่วมกับ Cache Database เพื่อสร้างแบบจำลองและทำนายผล (Prediction) ว่าควรเปิดหรือปิดอุปกรณ์ (On/Off) และสุดท้ายคือชั้น Application ที่ระบบจะอัพเดทสถานะ (Update Status) แสดงผลการตอบสนอง (Response Status) และสร้างรายงาน (Report) พร้อมทั้งบันทึกประวัติการทำงาน (Log History) ลงใน Log Switch Database ทำให้ระบบสามารถติดตามและควบคุมอุปกรณ์ได้อย่างอัตโนมัติและมีประสิทธิภาพ

3.7.4 สถาปัตยกรรมภาพรวม



ภาพที่ 3-6 The four layers of IoT approach

จากภาพที่ 3.6 สามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

Perception Layer: ชั้นนี้คือด่านหน้าที่ทำหน้าที่รับรู้สภาพแวดล้อมและควบคุมการให้น้ำ โดยใช้ชุดเซ็นเซอร์หลายชนิดทำงานพร้อมกันเพื่อเก็บข้อมูลแบบเรียลไทม์ ได้แก่ เซ็นเซอร์ความชื้นดินฝังลึกประมาณ 5–15 ซม. เพื่อวัดปริมาณน้ำที่พืชใช้ได้ (อาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงความต้านทานหรือคา

ปาซิแตนซ์ตามความชื้น), เซ็นเซอร์อุณหภูมิและความชื้นอากาศอย่าง DHT22 สำหรับประเมินการคายน้ำของพืช, เซ็นเซอร์วัดความเข้มแสงเพื่อเชื่อมโยงกับอัตราสังเคราะห์แสงและความต้องการน้ำ, และเซ็นเซอร์ระดับน้ำเพื่อตรวจสอบปริมาณน้ำสำรอง ขณะเดียวกันมีอุปกรณ์ควบคุมอย่างโซลินอยด์วาล์วและปั๊มน้ำที่ถูกสั่งงานเพื่อกระจายน้ำตามต้องการ สมองหลักคือบอร์ด ESP32 ซึ่งรับสัญญาณจาก GPIO/ADC, ประมวลผลเบื้องต้น, รองรับ Wi-Fi/Bluetooth, มีซีพียูดูอัลคอร์สูงสุด 240 MHz และโหมดประหยัดพลังงานหลายแบบ เหมาะกับงาน IoT ภาคสนามที่ต้องการทั้งประสิทธิภาพและความประหยัดพลังงาน นอกจากนี้ ข้อมูลความชื้นดินถูกเก็บต่อเนื่องเพื่อนำไปใช้กับแบบจำลองพยากรณ์อย่าง ARIMA เพื่อกำหนดตารางให้น้ำเชิงคาดการณ์ ลดการใช้น้ำและพลังงานโดยรวม

Network Layer: ชั้นเครือข่ายมีหน้าที่ลำเลียงข้อมูลจากอุปกรณ์ภาคสนามไปยังระบบประมวลผลและแอปพลิเคชัน รวมถึงรับคำสั่งควบคุมกลับลงสู่ภาคสนาม โดยใช้โปรโตคอล MQTT ซึ่งมีน้ำหนักเบา ประหยัดแบนด์วิดท์และพลังงาน เหมาะกับพื้นที่เกษตรห่างไกลที่สัญญาณไม่สม่ำเสมอ ESP32 จะเชื่อมต่อกับ MQTT broker ทำหน้าที่เป็นตัวกลางรับ-ส่งข้อความแบบ publish/subscribe ระหว่างโหนดเซ็นเซอร์/อุปกรณ์กับแดชบอร์ดหรือแอปบนมือถือ ทำให้สามารถสเกลเพิ่มอุปกรณ์ได้ง่าย จัดการคุณภาพการส่ง (QoS) และรองรับสภาวะเครือข่ายที่ไม่เสถียรโดยยังคงความต่อเนื่องของข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการตัดสินใจให้น้ำอย่างทันท่วงที

Middleware Layer: ชั้นมิดเดิลแวร์คือแพลตฟอร์มคลาวด์ที่ทำหน้าที่แปลและจัดการข้อมูลระหว่างเครือข่ายกับแอปพลิเคชัน โดยรวบรวมข้อมูลจากเซ็นเซอร์จำนวนมาก ทำการประมวลผลแบบเรียลไทม์ วิเคราะห์ จัดเก็บในฐานข้อมูล (มักเป็น time-series) แปลโปรโตคอล และบริหารอุปกรณ์ (เช่น การลงทะเบียนโหนด การอัปเดต OTA) ระบบนี้ยังใช้ MQTT ในการเผยแพร่คำสั่งควบคุมกลับไปยังอุปกรณ์ภาคสนาม พร้อมทั้งใช้กลไกแคชเพื่อลดเวลาแฝงและเพิ่มการตอบสนองสำหรับการตัดสินใจให้น้ำที่ไวต่อเวลาสภาพแวดล้อม แนวทางดังกล่าวช่วยให้บูรณาการอุปกรณ์ต่างแพลตฟอร์มได้ราบรื่น มีความสามารถในการสเกลและความเชื่อถือได้สูง และเป็นฐานสำหรับการวิเคราะห์เชิงลึก เช่น การพยากรณ์ความต้องการน้ำหรือการเพิ่มประสิทธิภาพตารางให้น้ำ

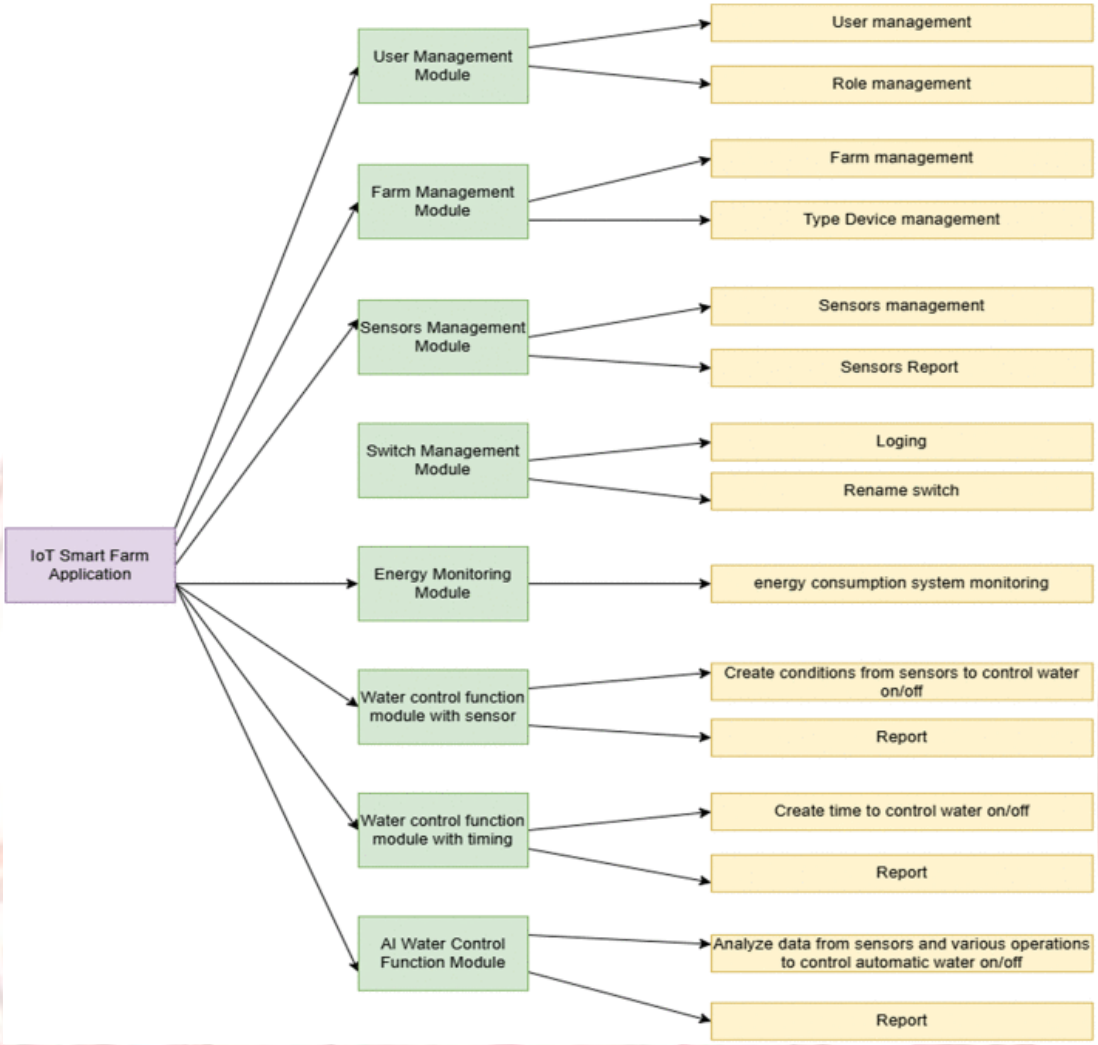
Application Layer: ชั้นแอปพลิเคชันเป็นหน้าตาของระบบสำหรับผู้ใช้ มีหน้าที่นำเสนอข้อมูลและเปิดโอกาสให้ควบคุมระบบผ่านแดชบอร์ดหรือแอปบนอุปกรณ์พกพา ผู้ใช้สามารถดูค่าความชื้นดิน อุณหภูมิ ความชื้นอากาศ ความเข้มแสง ระดับน้ำ และสถานะอุปกรณ์แบบเรียลไทม์ รับการแจ้งเตือนกรณีวิกฤต (เช่น ดินแห้งเกิน อุณหภูมิสูง อุปกรณ์หลุดการเชื่อมต่อ) ปรับค่าพารามิเตอร์สำคัญ (เกณฑ์

ชื้นดิน ระยะเวลาและรอบให้น้ำ) และตรวจสอบสถิติย้อนหลังของการใช้น้ำ/พลังงานเพื่อรับข้อเสนอแนะในการเพิ่มประสิทธิภาพ งานวิจัยจำนวนมากชี้ว่าการใช้ ESP8266/ESP32 ร่วมกับ MQTT/CoAP และแดชบอร์ดแบบโอเพ่นซอร์ส ช่วยให้ได้อินเทอร์เฟซที่เป็นมิตร ใช้งานง่ายโดยเกษตรกร ไม่ต้องมีความเชี่ยวชาญเชิงเทคนิคสูง แต่ยังคงควบคุมอุปกรณ์ภาคสนามได้อย่างเต็มประสิทธิภาพจากระยะไกล

3.7.5 โมเดลข้อมูลและการออกแบบฐานข้อมูล

โมเดลใช้สคีมาเชิงสัมพันธ์ผสานข้อมูลเชิงเวลา โดยตารางเซ็นเซอร์เก็บคุณลักษณะอุปกรณ์ (รหัสเซ็นเซอร์ ประเภท หน่วยวัด สถานะ ตำแหน่งเชิงพื้นที่/โซน) และเชื่อมโยงกับตารางบันทึกค่าตามเวลาเพื่อรองรับการวิเคราะห์อนุกรมเวลา; ตารางโซนเพาะปลูกบรรจุข้อมูลระบุตัวตนโซน (รหัสโซน พิกัด/ขอบเขต ชนิดพืช รอบการเพาะปลูก และนโยบายควบคุม) พร้อมความสัมพันธ์แบบหนึ่ง-ต่อ-หลายกับเซ็นเซอร์และอุปกรณ์ควบคุม; ตารางเหตุการณ์แจ้งเตือนจัดเก็บเหตุการณ์ที่เกิดจากกฎ/เกณฑ์ (ชนิดเหตุการณ์ ระดับความรุนแรง ค่าที่ตรวจพบ สถานะการจัดการ ตราประทับเวลา ความเชื่อมโยงไปยังเซ็นเซอร์/โซน/ผู้ใช้) เพื่อรองรับเวิร์กโฟลว์การตอบสนอง; และตารางผู้ใช้จัดเก็บข้อมูลระบุตัวตน บทบาท/สิทธิ์ และการผูกกับโซนหรือโปรเจกต์เพื่อการกำกับดูแลแบบ RBAC โดยทุกตารางกำหนดคีย์หลัก–คีย์ต่างประเทศอย่างชัดเจน พร้อมดัชนีบนฟิลด์เวลาและรหัสอ้างอิงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการสืบค้น และรองรับการเก็บเมทาดาทาแบบ JSON สำหรับการขยายตัว ทั้งนี้ รายละเอียดชื่อฟิลด์ ชนิดข้อมูล ข้อจำกัด และความสัมพันธ์

3.7.6 ยูสเคสหลักและโฟลว์การทำงาน (Use Cases/Sequence)



ภาพที่ 3-7 Functional Module Design

จากภาพที่ 3-7 สามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

User Management Module: จัดการข้อมูลผู้ใช้และสิทธิ์การเข้าถึงระบบ รวมถึงการสร้าง/แก้ไข/ลบผู้ใช้ การกำหนดบทบาท (Role management) เพื่อแยกหน้าที่และระดับการอนุญาตให้เหมาะกับผู้ดูแลฟาร์มและผู้ใช้งานทั่วไป

Farm Management Module: ดูแลข้อมูลฟาร์มทั้งหมดในระบบ เช่น รายการแปลงปลูก พื้นที่เพาะปลูก และอุปกรณ์ที่ใช้งาน พร้อมการจัดการชนิดอุปกรณ์ (Type Device management) เพื่อให้เชื่อมต่อและดูแลฮาร์ดแวร์แต่ละประเภทได้เป็นระเบียบ

Sensors Management Module: บริหารจัดการเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งในฟาร์ม ทั้งการลงทะเบียน ตั้งค่า ตรวจสอบสถานะ และดูรายงานค่าที่วัดได้ (Sensors Report) เพื่อให้เห็นภาพข้อมูลสิ่งแวดล้อมแบบเรียลไทม์และย้อนหลัง

Switch Management Module: จัดการสวิตช์ควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ เช่น ปั๊มน้ำหรือวาล์ว รองรับการบันทึกเหตุการณ์ (Logging) และเปลี่ยนชื่อสวิตช์ (Rename switch) เพื่อให้ระบุตำแหน่งหรือหน้าที่ได้ง่ายในการใช้งานจริง

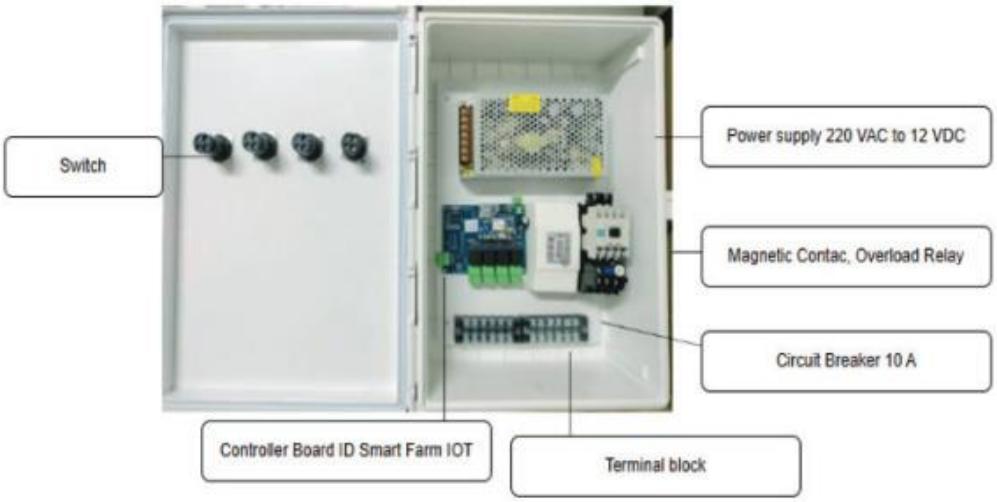
Energy Monitoring Module: เฝ้าติดตามการใช้พลังงานของระบบและอุปกรณ์ในฟาร์ม แสดงผลการใช้ไฟฟ้าเพื่อช่วยวิเคราะห์ต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพ รวมถึงแจ้งเตือนเมื่อพบการใช้พลังงานผิดปกติ

Water control function module with sensor: สร้างเงื่อนไขจากข้อมูลเซ็นเซอร์เพื่อสั่งเปิด/ปิดน้ำอัตโนมัติ เช่น ให้รดน้ำเมื่อความชื้นดินต่ำกว่าค่าที่กำหนด พร้อมรายงานการทำงาน (Report) เพื่อทบทวนผลและปรับปรุงกฎ

Water control function module with timing: กำหนดเวลารดน้ำตามตาราง เช่น เปิดน้ำทุกเช้า/เย็นหรือกำหนดระยะเวลาการเปิด-ปิดอย่างแน่นอน มีรายงาน (Report) เพื่อดูประสิทธิภาพและปรับตั้งค่าเวลาให้เหมาะสม

AI Water Control Function Module: ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลจากเซ็นเซอร์และปัจจัยต่างๆ ด้วยโมเดล AI เพื่อควบคุมน้ำอัตโนมัติให้พอดีและตรงเวลา ลดการใช้น้ำเกินจำเป็น พร้อมรายงาน (Report) เพื่อประเมินผลและปรับปรุงโมเดลอย่างต่อเนื่อง

3.7.7 Microcontroller circuit board



ภาพที่ 3-8 Microcontroller circuit board

ตารางที่ 3-4 เซนเซอร์ที่ใช้ในการทดลองจากภาพที่ 3-8

Sensors	Feature
Ultrasonic Sensor	ใช้สำหรับวัดระยะทางหรือระดับของวัตถุ เช่น ระดับน้ำ มีระยะการตรวจจับได้ถึง 5 เมตร ใช้การสื่อสารแบบ UART กันน้ำได้ (Waterproof) แรงดันไฟฟ้าที่ใช้งาน: 3.3-5V
Soil Moisture & Temperature & EC Sensor	วัดความชื้น อุณหภูมิ และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ในดิน ใช้การสื่อสารแบบ RS-485 ด้วยโปรโตคอล MODBUS-RTU แรงดันไฟฟ้าที่ใช้งาน: 3.6-30V DC ช่วงการวัดอุณหภูมิ: -40°C ถึง +80°C ช่วงการวัดความชื้น: 0-100% ของความอิ่มตัว ช่วงการวัด EC: 0-10000 μS/cm ระดับการป้องกัน: IP68 (กันน้ำและฝุ่น)

ตารางที่ 3-4 เซนเซอร์ที่ใช้ในการทดลอง (ต่อ)

Sensors	Feature
Fertility Sensor / NPK Sensor	วัดปริมาณไนโตรเจน (N), ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) ในดิน ใช้การสื่อสารแบบ RS-485 ด้วยโปรโตคอล MODBUS RTU แรงดันไฟฟ้าที่ใช้งาน: 5-30V DC ช่วงการวัด: 1-1999 mg/kg (mg/L) ระดับการป้องกัน: IP68
Temperature & Humidity Sensor	รุ่น ET-SHT21 หรือใช้ IC SHT21 วัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ ใช้การสื่อสารแบบ I2C แรงดันไฟฟ้าที่ใช้งาน: 2.1-3.6V ความแม่นยำในการวัดความชื้น: ±2% RH (0-100% RH) ความแม่นยำในการวัดอุณหภูมิ: ±0.3°C (-40°C ถึง +125°C) กันน้ำได้

3.8 การออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชัน

3.8.1 เทคโนโลยีที่ใช้ในการพัฒนา

Python (FastAPI) สำหรับ Machine Learning: ใช้ FastAPI เป็นเฟรมเวิร์กสร้าง RESTful API ที่มีประสิทธิภาพสูงและรองรับ async เพื่อให้บริการโมเดล Machine Learning สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลการเกษตรแบบเรียลไทม์/ใกล้เรียลไทม์ โดยจัดทำเอ็นด์พอยต์สำหรับรับข้อมูลจากอุปกรณ์/ระบบ ตรวจสอบความถูกต้องของสคีมาด้วย Pydantic เรียกใช้โมเดลเพื่อคาดการณ์/จัดจำแนก/ให้คำแนะนำเชิงปฏิบัติการ และส่งคืนผลในรูปแบบ JSON พร้อมรองรับการขยายสเกลองค์ประกอบ เช่น การทำงานแบบงานคิว (Celery/Redis) และการทำเวอร์ชันโมเดลเพื่อการควบคุมคุณภาพ

OpenAI เป็นผู้ช่วยอัจฉริยะด้านการเกษตร: ผนวกโมเดลภาษาขั้นสูงของ OpenAI เป็นชั้นผู้ช่วยอัจฉริยะ เพื่อให้คำแนะนำเชิงบริบทเกี่ยวกับการเพาะปลูก การให้น้ำ การจัดการศัตรูพืช และการตีความผลวิเคราะห์จาก ML โดยออกแบบพรอมป์ตและโครงสร้างระบบให้สอดคล้องกับโดเมนเกษตร

สนับสนุนการสรุปข้อมูลเซ็นเซอร์ การตอบคำถามเชิงความรู้ และการสร้างแผนปฏิบัติ พร้อมควบคุมนโยบายความปลอดภัยข้อมูลและการบันทึกคำถาม-คำตอบเพื่อการตรวจสอบย้อนหลัง

PHP สำหรับ API จัดเก็บข้อมูล: ใช้ PHP สร้าง API ชั้นข้อมูลเพื่อรับคำร้องจากเว็บ/โมบายและบันทึกลงฐานข้อมูลอย่างมีโครงสร้าง ครอบคลุมการจัดการทรานแซกชัน การตรวจสอบสิทธิ์/กำหนดบทบาท (เช่น JWT/RBAC) การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล และการเพิ่มดัชนีเพื่อประสิทธิภาพการสืบค้น รองรับสคีมาหลัก เช่น เซ็นเซอร์ โซนเพาะปลูก เหตุการณ์แจ้งเตือน ผู้ใช้ และบูรณาการกับบริการอื่นผ่านเว็บฮุกหรือคิวข้อความเพื่อความทนทานและการแยกส่วน

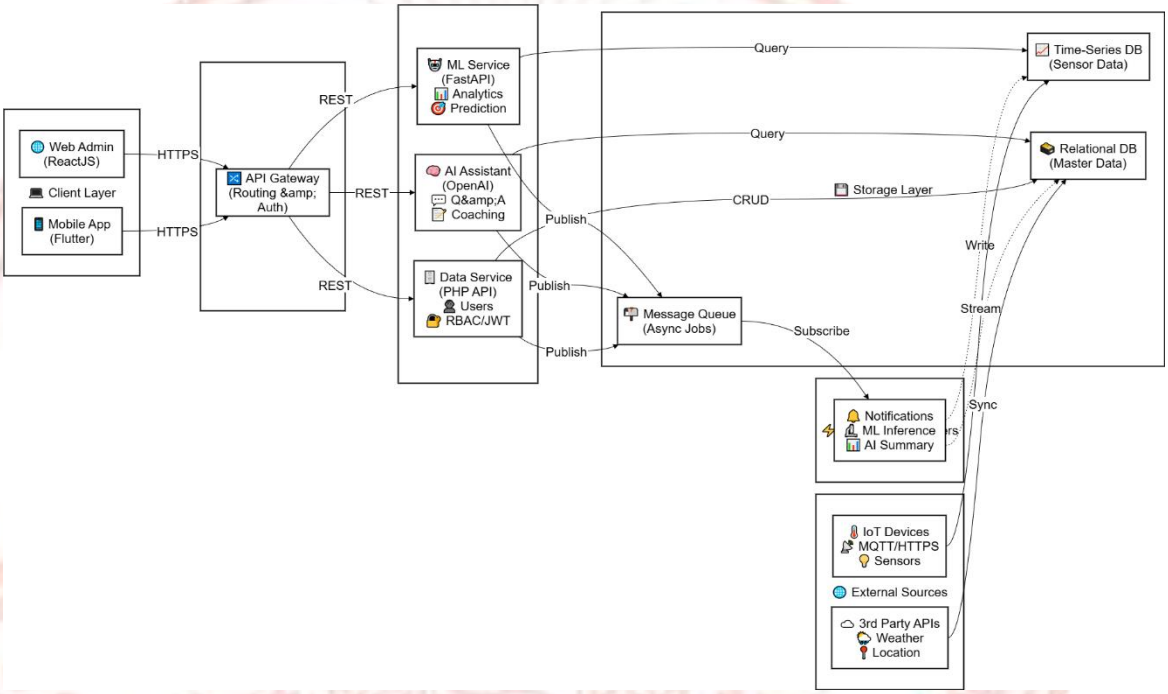
ReactJS สำหรับเว็บแอดมิน: ใช้ ReactJS พัฒนาแดชบอร์ดสำหรับผู้ดูแลระบบและผู้ใช้งานขั้นสูงเพื่อมอนิเตอร์สถานะฟาร์ม ดูกราฟข้อมูลเวลา จัดการอุปกรณ์/โซน ตั้งค่าเกณฑ์แจ้งเตือน และเรียกใช้งาน ML/AI ผ่าน API โดยเน้นสถาปัตยกรรมคอมโพเนนต์ที่นำกลับใช้ใหม่ได้ การจัดการสถานะด้วยเครื่องมือที่เหมาะสม (เช่น React Query/Redux) และการออกแบบ UX ที่รองรับการใช้งานบนหลายหน้าจอ รวมถึงการป้องกันด้วยการพิสูจน์ตัวตนและการกำหนดสิทธิ์ตามบทบาท

Flutter สำหรับโมบายแอปพลิเคชัน: ใช้ Flutter พัฒนาแอปข้ามแพลตฟอร์ม (iOS/Android) เพื่อให้ลูกค้าควบคุมและติดตามระบบ เช่น สั่งเปิด-ปิดน้ำ ดูสถานะเซ็นเซอร์แบบเรียลไทม์ รับการแจ้งเตือน และโต้ตอบกับผู้ช่วย AI โดยสื่อสารกับ API กลางอย่างปลอดภัย (HTTPS/JWT) รองรับการทำงานออฟไลน์บางส่วนด้วยการแคชข้อมูล และออกแบบ UI ที่ตอบสนองรวดเร็วเพื่อประสบการณ์ผู้ใช้ที่ราบรื่นในภาคสนาม

3.8.2 สถาปัตยกรรมซอฟต์แวร์

ระบบออกแบบแบบแยกส่วนตามแนวคิดไมโครเซอร์วิส โดยมีชั้นนำเสนอที่ประกอบด้วยเว็บแอดมิน (ReactJS) และโมบายแอป (Flutter) สื่อสารผ่าน API เกตเวย์ไปยังชั้นบริการแอปพลิเคชัน ซึ่งแยกเป็นบริการวิเคราะห์และคาดการณ์ด้วย FastAPI/ML (ให้บริการโมเดล วิเคราะห์ข้อมูลเชิงเวลา และให้คำแนะนำเชิงปฏิบัติ), บริการผู้ช่วยอัจฉริยะที่บูรณาการ OpenAI (สรุปข้อมูล ตอบคำถาม โค้ชการเพาะปลูก), และบริการจัดการข้อมูล/ทรานแซกชันด้วย PHP API (บันทึก-สืบค้นข้อมูลผู้ใช้ เซ็นเซอร์ โซน เหตุการณ์ พร้อม RBAC/JWT); ข้อมูลไหลจากอุปกรณ์และระบบภายนอกเข้าสู่ชั้นรับข้อมูลผ่านโปรโตคอลมาตรฐาน (เช่น HTTPS/MQTT ผ่านเกตเวย์) แล้วถูกบันทึกในฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ที่รองรับข้อมูลเวลา พร้อมคิวข้อความ/งานเบื้องหลังสำหรับงานประมวลผลที่ไม่ต้องการการ

ตอบกลับทันที (เช่นแจ้งเตือน การอนุมานโมเดล การสรุปด้วย AI); ทุกบริการห่อหุ้มด้วยเลเยอร์ความปลอดภัยปลายทางถึงปลายทาง (TLS, OAuth2/JWT, นโยบายสิทธิ์), มีการทำ Observability (Log, Metrics, Tracing) และสามารถปรับสเกลอิสระด้วยคอนเทนเนอร์/ออร์เคสตราเตอร์เพื่อรองรับภาระงานแบบเรียลไทม์และความพร้อมใช้งานสูง ดังภาพที่ 3-9



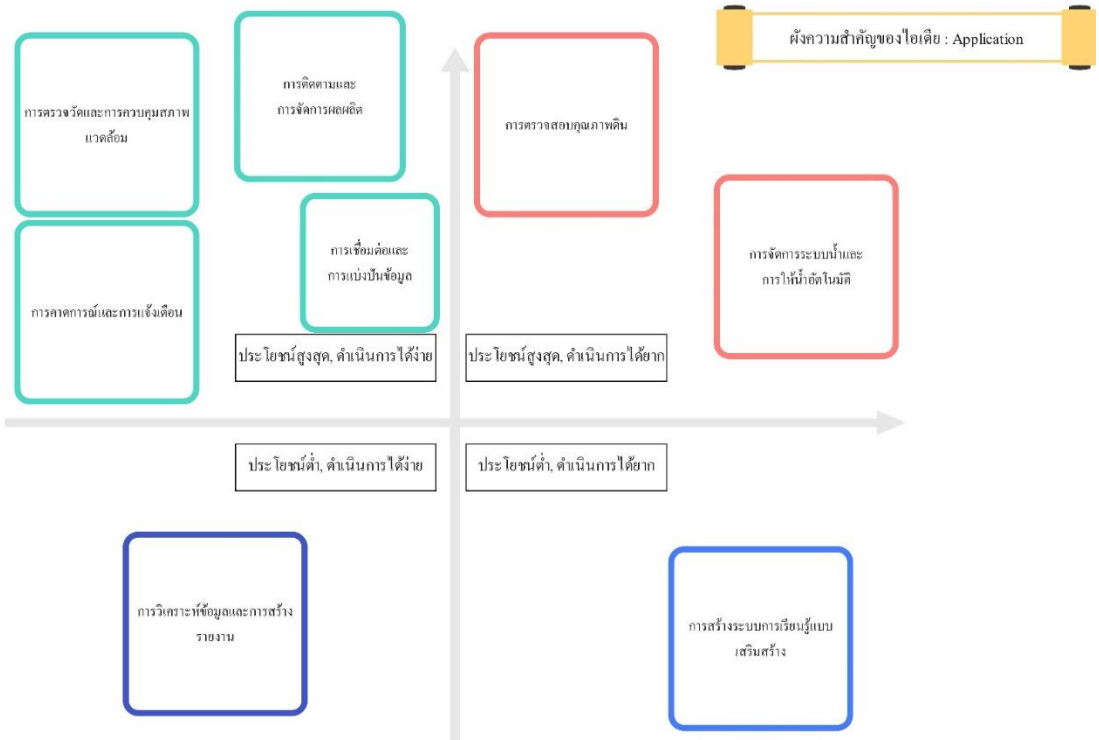
ภาพที่ 3-9 Software Architecture Flow Diagram

3.8.3 การออกแบบ UI/UX และต้นแบบ

การออกแบบยึดหลักการเน้นงานผู้ใช้เป็นศูนย์กลาง (User-Centered Design) และการรับรู้ข้อมูลเชิงภาพ เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจในบริบทเกษตรอัจฉริยะ โดยกำหนด Persona หลักเป็นผู้จัดการฟาร์มและช่างภาคสนาม ออกแบบ Information Architecture ให้ไหลจากภาพรวมสู่รายละเอียด (overview⟶drill-down) พร้อมระบบนำทางที่สอดคล้องและจดจำได้ง่าย ใช้รูปแบบการสื่อสารสถานะเรียลไทม์ผ่านกราฟอนุกรมเวลา การ์ดสรุป KPI และสีเชิงความหมายสำหรับแจ้งเตือน เพื่อเพิ่มความฉับไวต่อเหตุการณ์สำคัญ ต้นแบบถูกพัฒนาแบบ Low⟶High Fidelity ด้วยไลบรารีดีไซน์คงรูป (Design System) เพื่อคงความสม่ำเสมอขององค์ประกอบเชิงปฏิสัมพันธ์ (เช่น ตาราง, ฟอร์ม,

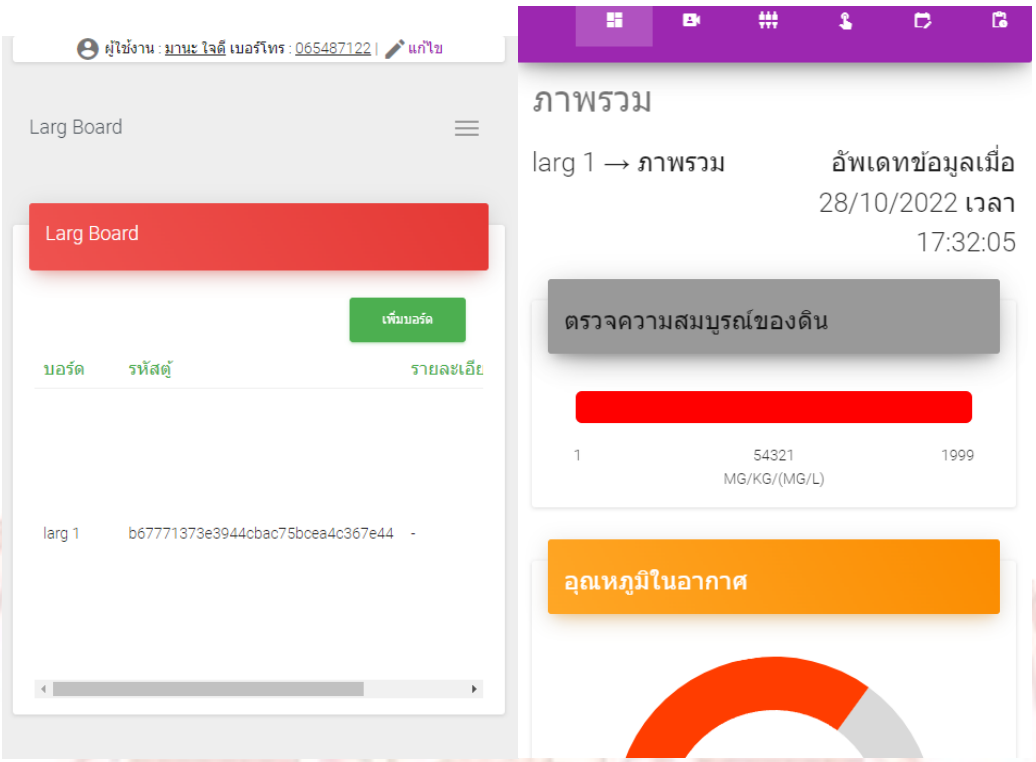
โมดอล) ทดสอบด้วยวิธี Usability Testing และ Heuristic Evaluation รอบสั้นเชิงวัฏจักร (iterative) เพื่อปรับปรุงความชัดเจนของงาน กระบวนการกรอกข้อมูลที่ปลอดข้อผิดพลาด (validation เชิงรุก), การเข้าถึงได้ (WCAG) และประสิทธิภาพบนอุปกรณ์พกพา ทั้งนี้ อินเทอร์เฟซเว็บ (ReactJS) มุ่งเน้นแดชบอร์ดบริหาร ส่วนโมบาย (Flutter) เน้นงานภาคสนามที่ทำซ้ำได้รวดเร็ว เช่น สั่งเปิด–ปิดน้ำและยืนยันคำสั่งด้วยป้องกันการกดซ้ำโดยมีการระดมไอเดียดังภาพที่ 3-10 ถึง 3-12 และมีหน้าจอ Wireframe ดังภาพที่ 3-13 ถึง 3-15

ภาพที่ 3-10 ระดมความคิดการนำ Sensors ไปใช้กับฟาร์ม

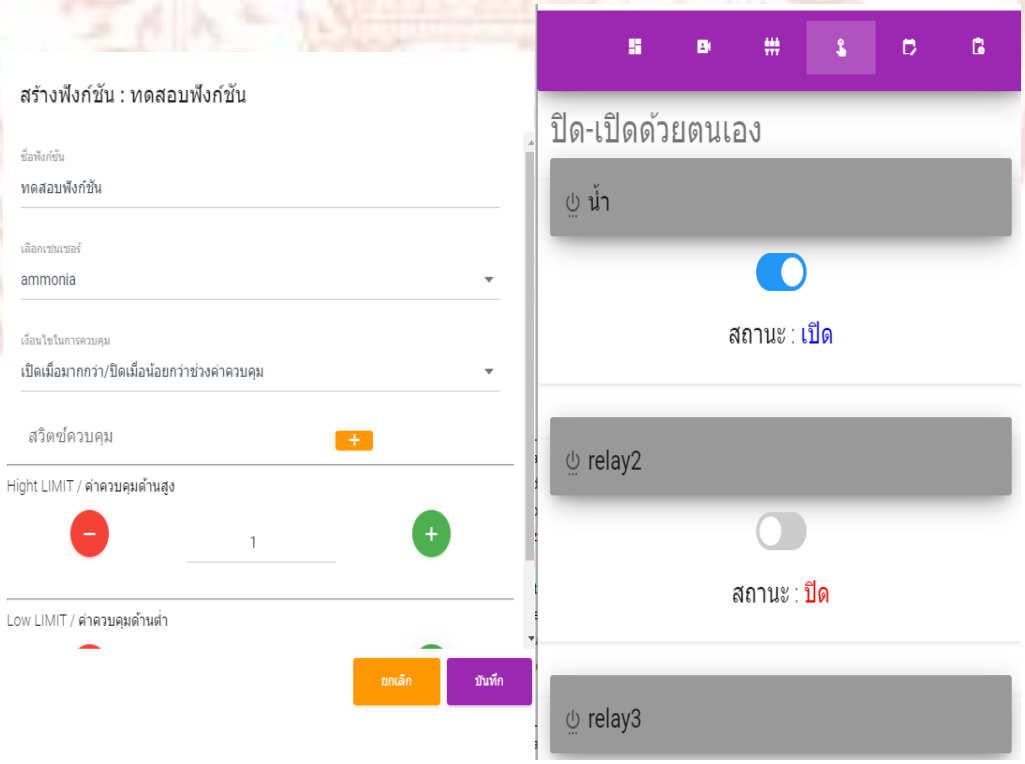


ภาพที่ 3-11 ผังความสำคัญระดมความคิดการทำ Application Smart Farm

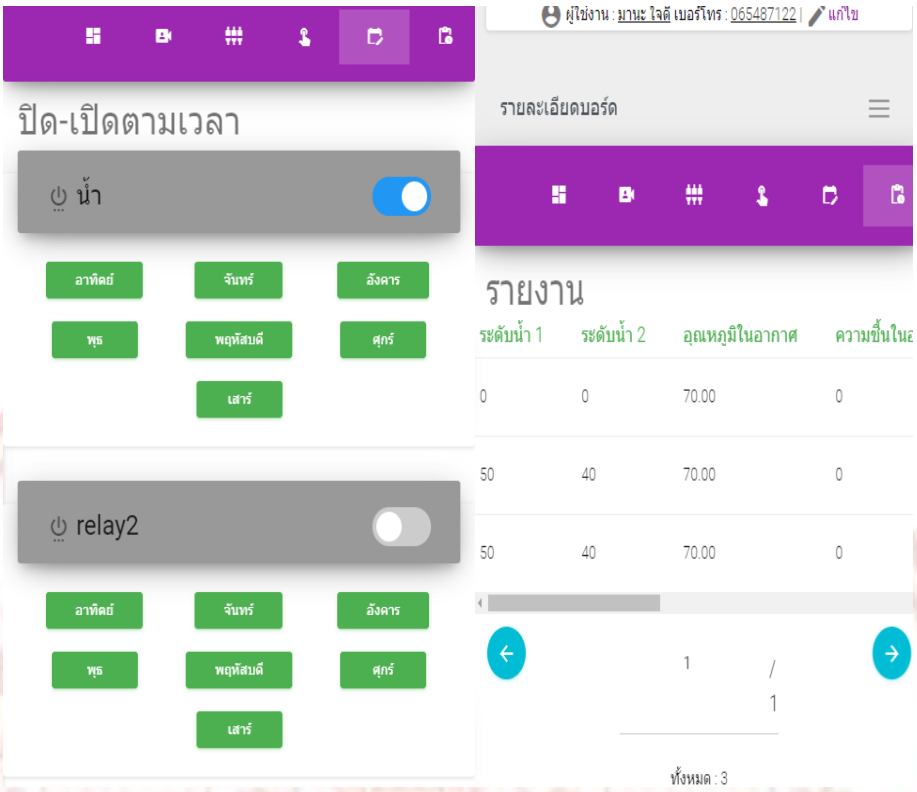
ภาพที่ 3-12 การระดมความคิด (Ideate) : Sensor ที่ใช้



ภาพที่ 3-13 Wireframe หน้าจอเพิ่มบอร์ดและแดชบอร์ด



ภาพที่ 3-14 Wireframe ฟังก์ชันอัตโนมัติในการควบคุมและการปิด-เปิดด้วยตัวเอง



ภาพที่ 3-15 Wireframe การตั้งปิด-เปิดอัตโนมัติด้วยเวลาและรายงานการส่งข้อมูลจากเซ็นเซอร์

3.8.4 โมดูลหลักของระบบ

- โมดูลจัดการข้อมูลและผู้ใช้
    - หน้าที่: บันทึก/สืบค้นข้อมูลผู้ใช้ สิทธิ์การเข้าถึง อุปกรณ์ โซนเพาะปลูก และข้อมูลเซ็นเซอร์ พร้อมบันทึกเหตุการณ์และตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล
    - ต้นแบบ: หน้าเว็บจัดการตารางข้อมูล ฟอร์มสร้าง/แก้ไข พร้อม RBAC และประวัติกิจกรรม
- โมดูลวิเคราะห์และคาดการณ์ (ML/AI)
    - หน้าที่: อนุมานแบบเรียลไทม์/แบตช์สำหรับตัวชี้วัดด้านสิ่งแวดล้อมและความเสี่ยง จัดการเวอร์ชันโมเดล และบันทึกประสิทธิภาพ
    - ต้นแบบ: การ์ดสรุป KPI กราฟอนุกรมเวลา ปุ่ม “วิเคราะห์/คาดการณ์” และสถานะงานประมวลผล

- โมดูลผู้ช่วยอัจฉริยะ (Contextual Assistant)
    - หน้าที่: สรุปข้อมูล ตอบคำถามบริบทฟาร์ม และเสนอแผนปฏิบัติแบบปรับตามสถานการณ์
    - ต้นแบบ: ช่องถาม-ตอบบริบท, แผงสรุปข้อเสนอแนะพร้อมระดับความเชื่อมั่น และปุ่มดำเนินการต่อเนื่อง
- โมดูลควบคุมอุปกรณ์ภาคสนาม
    - หน้าที่: สั่งงานอุปกรณ์ (เช่น เปิด–ปิดน้ำ, ตั้งตารางรดน้ำ), รับยืนยันสถานะย้อนกลับ และจัดการข้อผิดพลาด/รีทราย
    - ต้นแบบ: ปุ่มควบคุมแบบสวิตช์, ตัวตั้งเวลา, แผงสถานะอุปกรณ์แบบเรียลไทม์
- โมดูลการแจ้งเตือนและอีเวนต์
    - หน้าที่: นิยามทริกเกอร์ เกณฑ์เตือน การกำหนดช่องทาง (แอป, อีเมล, ไลน์) และการจัดลำดับความสำคัญ
    - ต้นแบบ: คิวแจ้งเตือนเรียลไทม์ ฟิลเตอร์ตามความรุนแรง และหน้าตั้งค่าเกณฑ์/ช่องทาง
- โมดูลรายงานและแดชบอร์ด
    - หน้าที่: สรุปข้อมูลเวลาเป็นรายงาน KPI แนวโน้ม และการเปรียบเทียบข้ามโซน/ช่วงเวลา พร้อมส่งออกไฟล์
    - ต้นแบบ: แดชบอร์ดรวม กราฟเปรียบเทียบ ตารางสรุป และปุ่ม Export (CSV/PDF)
- หลักการต้นแบบและแพลตฟอร์ม
    - แนวทาง: พัฒนาแบบ Low->High Fidelity เชิงวัฏจักรด้วย Design System เดียวกัน เพื่อความสม่ำเสมอและลดภาระการเรียนรู้
    - แพลตฟอร์ม: เว็บแอดมิน (ReactJS) เน้นบริหาร/รายงานแบบ drill-down; โมบาย (Flutter) เน้นงานภาคสนามที่ต้องการความรวดเร็วและอินพุตต่ำ

3.8.5 การบูรณาการ AI/Analytics

ระบบผสานปัญญาประดิษฐ์และวิเคราะห์ข้อมูลแบบครบวงจรครอบคลุมกระบวนการตั้งแต่การเก็บข้อมูลหลายแหล่ง (เซ็นเซอร์ภาคสนาม สภาพอากาศ ภาพถ่าย) การทำความสะอาด/มาตรฐานข้อมูลแบบสตรีมและแบตช์ การสร้างคุณลักษณะตามบริบทพื้นที่-เวลา ไปจนถึงการอนุมานแบบเรียลไทม์เพื่อคาดการณ์ภาวะเสี่ยง (เช่น ความชื้น ดิน น้ำ ศัตรูพืช) และการเพิ่มประสิทธิภาพการตัดสินใจเชิงปฏิบัติการด้วยโมเดลเชิงคาดการณ์และกฎเชิงเหตุผลร่วมกัน โดยมีโครงสร้างบริการไมโครเซอร์วิส (FastAPI) รองรับการสเกลอัตโนมัติ การจัดการเวอร์ชันโมเดล การติดตามเมตริกประสิทธิภาพ (เช่น ROC-AUC, F1, MAPE) และการรีเทรนแบบวนรอบตามดริฟต์ของข้อมูล ทั้งนี้ผลลัพธ์ถูกเผยผ่านแดชบอร์ด KPI การแจ้งเตือนเชิงรุก และคำแนะนำที่สามารถนำไปปฏิบัติได้ พร้อมกลไกอธิบายผลลัพธ์ของโมเดล (XAI เช่น SHAP) เพื่อความโปร่งใสและความน่าเชื่อถือในการใช้งานภาคสนาม

3.9 ความปลอดภัยและความเป็นส่วนตัวของข้อมูล

3.9.1 การยืนยันตัวตนและกำหนดสิทธิ์

ระบบบังคับใช้การยืนยันตัวตนหลายปัจจัย (MFA) ร่วมกับการจัดการเซสชันที่ปลอดภัยและการบังคับใช้รหัสผ่านตามมาตรฐาน เพื่อป้องกันการสวมรอยและลดความเสี่ยงจากการโจมตีเชิงอรรถาระบุบุคคล ภายหลังการยืนยัน ควรใช้การกำหนดสิทธิ์แบบ RBAC/ABAC เพื่อควบคุมการเข้าถึงตามบทบาท หน้าที่ และบริบท (เช่น เวลา สถานที่ อุปกรณ์) พร้อมบันทึกการใช้งานและการตรวจจับพฤติกรรมผิดปกติ เพื่อสนับสนุนการตรวจสอบย้อนกลับและการตอบสนองต่อเหตุการณ์อย่างเป็นระบบ

3.9.2 ความปลอดภัยการสื่อสารและการจัดเก็บ

การสื่อสารข้อมูลต้องเข้ารหัสด้วยมาตรฐาน TLS 1.2 ขึ้นไป พร้อมการตรวจสอบความถูกต้องของข้อความ/แพ็กเก็ต (เช่น HMAC, ลงนามดิจิทัล) โดยเฉพาะช่องทาง IoT เพื่อป้องกันการดัดแปลงและการโจมตีแบบคนกลาง ส่วนการจัดเก็บควรเข้ารหัสข้อมูลขณะพักด้วย AES-256 หรือเทียบเท่า ใช้หลักการ Least Privilege และการแยกสภาพแวดล้อม (network segmentation) ควบคู่ระบบ

สำรองข้อมูลสม่ำเสมอและการทดสอบกู้คืน เพื่อคงความพร้อมใช้งานและความสมบูรณ์ของข้อมูลภายใต้สถานการณ์ผิดปกติ

3.9.3 มาตรการด้าน PDPA/GDPR และการจัดการข้อมูลผู้ใช้/ข้อมูลฟาร์ม

การประมวลผลต้องยึดหลักความจำเป็นและสัดส่วน โดยเก็บข้อมูลเท่าที่จำเป็น พร้อมกลไกขอความยินยอมที่ชัดเจน โปร่งใส และเพิกถอนได้ง่าย ดำเนินการลดข้อมูล (data minimization) การกำหนดอายุการเก็บและการลบ/ทำให้นิรนามตามกำหนด จัดทำบันทึกกิจกรรมการประมวลผล (RoPA) และประเมินผลกระทบด้านข้อมูล (DPIA) เมื่อมีความเสี่ยงสูง ตลอดจนรองรับสิทธิ์เจ้าของข้อมูล (เข้าถึง แก้ไข โอนย้าย ลบ) แต่งตั้งผู้ควบคุม/ผู้ประมวลผลที่ชัดเจน และจัดทำกระบวนการตอบสนองเหตุการณ์ละเมิดข้อมูลภายในกรอบเวลาและข้อกำหนดของกฎหมายที่เกี่ยวข้อง

3.10 โครงสร้างพื้นฐานและกระบวนการ Deployment/DevOps

3.10.1 สภาพแวดล้อมการติดตั้ง

กำหนดสภาพแวดล้อมเป็นหลายสเตจ ได้แก่ Development, Staging/UAT, และ Production โดยให้แต่ละสเตจมีการกำหนดค่าที่แยกจากกันด้วยไฟล์คอนฟิกหรือ Environment Variables และรักษาความสอดคล้องด้วย Infrastructure as Code (เช่น Terraform/Ansible) เพื่อทำให้การตั้งค่าซ้ำได้และตรวจสอบได้ ใช้ฐานข้อมูลแบบแยกอินสแตนซ์หรือสคีมาพร้อมชุดข้อมูลทดสอบที่ปลอดภัย จัดเตรียม Storage/Backup และนโยบายการกู้คืน รวมถึงกำหนดมาตรฐานภาพระบบปฏิบัติการ/Runtime เดียวกัน (เช่น Base Docker Image) เพื่อลด “config drift” และปัญหาที่เกิดจากความแตกต่างของเครื่อง

3.10.2 กระบวนการ CI/CD และการจัดการเวอร์ชัน

ใช้ Git เป็นศูนย์กลางการจัดการเวอร์ชัน ร่วมกับแนวทาง Git Flow หรือ Trunk-Based Development เพื่อควบคุมการพัฒนา ฟีเจอร์ และการออกรีลีสอย่างเป็นระบบ ตั้งค่า CI ให้รันการทดสอบอัตโนมัติ (unit/integration/lint/security scan) ทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงโค้ด และตั้งค่า CD เพื่อทำการ Deploy แบบอัตโนมัติไปยัง Staging และ Production ด้วยกลยุทธ์ที่ลด downtime

เช่น Blue-Green หรือ Canary Deployment ติดแท็กเวอร์ชันด้วย SemVer สร้างและเผยแพร่อาร์ติแฟกต์/อิมเมจไปยัง Registry ใช้การอนุมัติแบบ manual gate สำหรับขั้นตอนสำคัญ และรักษาเสถียรภาพด้วยการ Rollback ที่รวดเร็วเมื่อพบปัญหา

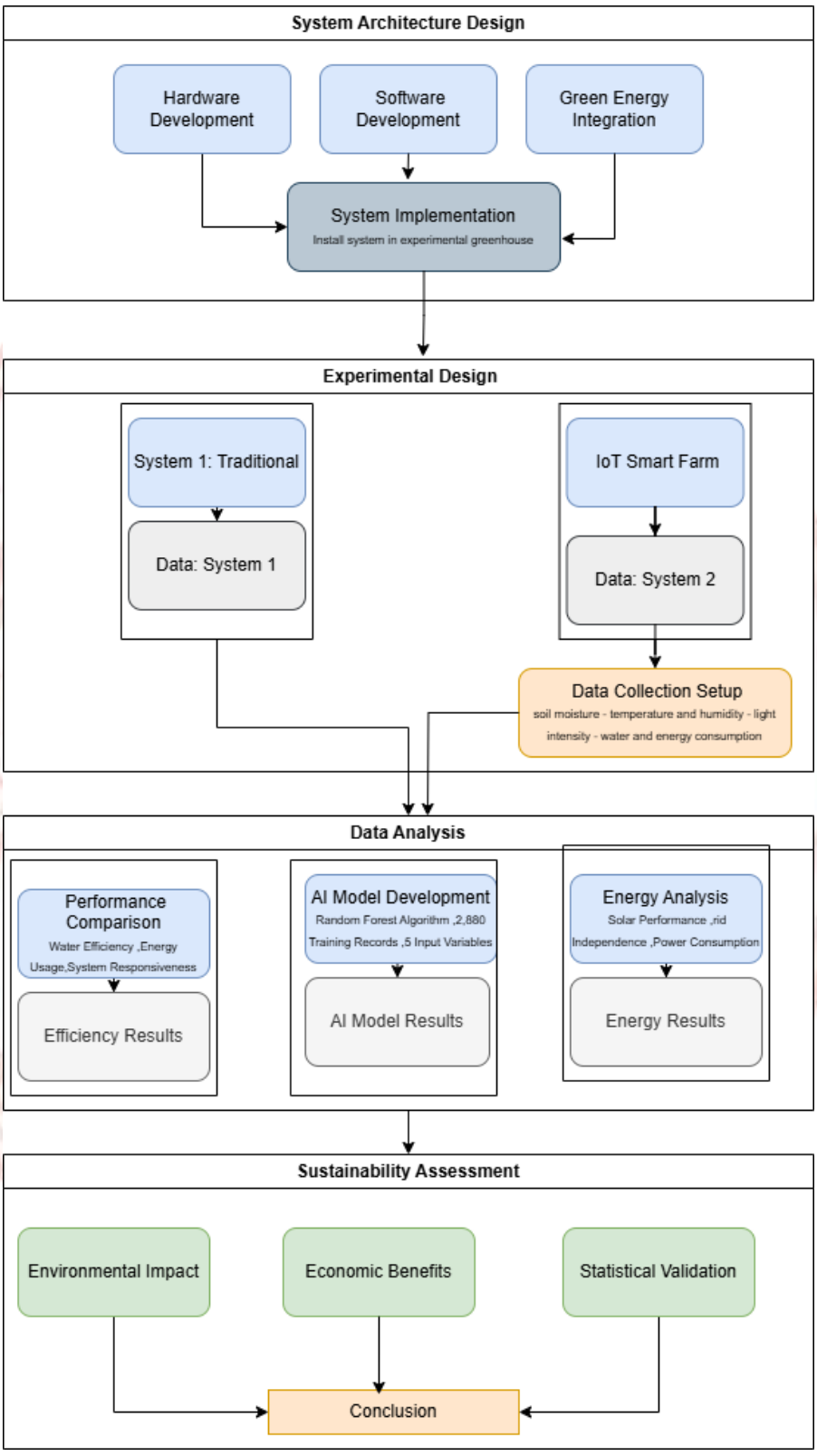
3.10.3 การทดสอบโหลดและการปรับปรุงประสิทธิภาพ (Caching, Scaling)

ดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพทั้ง Load/Stress/Soak เพื่อวัดค่าเกณฑ์สำคัญ เช่น latency, throughput, error rate และทรัพยากรที่ใช้ โดยจำลองพฤติกรรมผู้ใช้จริงและกรณีขยายตัวอย่างคาดการณ์ ใช้ Caching หลายระดับ (เช่น CDN, Reverse Proxy cache, แอปพลิเคชัน cache ด้วย Redis/Memcached, และ Database query cache) เพื่อลดภาระและเวลาตอบสนอง พร้อมออกแบบให้รองรับ Scaling แนวนอนด้วยการกระจายภาระผ่าน Load Balancer และปรับอัตโนมัติด้วย Autoscaling ตามเมตริกที่กำหนด ปรับจูนฐานข้อมูล (ดัชนี การทำงานแบบ read/write split connection pooling) และใช้การทำโปรไฟล์โค้ดเพื่อค้นคอขวด แล้ววนปรับปรุงเป็นรอบๆ จนได้ระดับประสิทธิภาพตามเป้าหมาย SLA/SLO

3.11 แผนการทดสอบระบบและการใช้งานภาคสนาม

3.11.1 แผนการทดสอบ

การทดลองเริ่มต้นจากการออกแบบสถาปัตยกรรมระบบที่ประกอบด้วยการพัฒนาฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ และการรวมระบบพลังงานสะอาด ก่อนนำไปสู่การติดตั้งระบบในเรือนกระจกทดลอง จากนั้นจึงดำเนินการออกแบบการทดลองเพื่อเปรียบเทียบระหว่างระบบการเกษตรแบบดั้งเดิมกับระบบฟาร์มอัจฉริยะ IoT โดยมีการเก็บข้อมูลที่หลากหลายครอบคลุมความชื้นในดิน อุณหภูมิและความชื้น ความเข้มแสง รวมถึงการใช้น้ำและพลังงาน ข้อมูลที่ได้จะถูกนำมาวิเคราะห์ในด้านการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้น้ำ พลังงาน และการตอบสนองของระบบ พร้อมทั้งพัฒนาโมเดล AI โดยใช้ Random Forest Algorithm กับข้อมูลฝึก 2,880 รายการและตัวแปรอินพุต 5 ตัว นอกจากนี้ การใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์และระบบวิเคราะห์ข้อมูลช่วยให้เกษตรกรสามารถวางแผนการเพาะปลูกที่สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมได้อย่างยั่งยืน ดังภาพที่ 3-15



ภาพที่ 3-16 แผนการทดสอบ

3.11.2 เกณฑ์การทดสอบภาคสนาม (Field Test) ในฟาร์มเป้าหมาย

กำหนดเงื่อนไขและสถานการณ์ทดสอบในสิ่งแวดล้อมจริงของฟาร์ม เช่น ความครอบคลุมสัญญาณเครือข่าย การทนสภาพอากาศ/ฝุ่น/ความชื้นของอุปกรณ์ การตอบสนองของระบบภายใต้กิจกรรมการเกษตรประจำวัน และการทำงานร่วมกับผู้ใช้ปลายทาง; ระบุเกณฑ์ผ่าน เช่น ความแม่นยำข้อมูลเซนเซอร์ภายในช่วงค่าคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้, อัตราความพร้อมใช้งานระบบ, เวลาแจ้งเตือน-ตอบสนอง, และความสะดวกในการใช้งาน โดยฟาร์มที่ใช้ในการทดลองจะอยู่ที่ขนาดกลาง 1-5 ไร่ เพื่อยืนยันความเหมาะสมของระบบต่อสภาพจริงก่อนขยายการติดตั้งดังภาพที่ 3-17

ภาพที่ 3-17 ฟาร์มที่ใช้ในการทดลอง

จากการวิเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าการกำหนดค่าความชื้นในดินที่ 65% เป็นจุดเริ่มต้นในการเปิดระบบน้ำอัตโนมัติมีความเหมาะสมสำหรับพืชทั่วไปและในสภาพดินร่วน Singh และคณะ (2024) พบว่าค่าความชื้นที่ 65% ของความจุสนามเป็นจุดสมดุลที่ดีระหว่างการรักษาคุณภาพของพืชและการ

ประหยัดน้ำ [49] ขณะที่ Cardenas-Lailhacar และ Dukes (2010) ระบุว่าสำหรับพืชทั่วไป ค่าความชื้น 60-70% เป็นช่วงที่เหมาะสมที่สุด [50] นอกจากนี้ Adesipo และคณะ (2020) ยืนยันว่าค่า 65% เป็นระดับที่รากพืชสามารถดูดซึมน้ำและธาตุอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามควรพิจารณาปรับค่าตามประเภทของพืช (พืชชอบน้ำ >70%, พืชทั่วไป 60-70%, พืชทนแล้ง <60%) ลักษณะของดิน (ดินทราย >65%, ดินร่วน ~65%, ดินเหนียว <65%) และสภาพภูมิอากาศในพื้นที่เพาะปลูก [51] ดังที่ Vinod Kumar และคณะ (2024) แสดงให้เห็นว่าระบบที่ใช้ค่าความชื้น 65% สามารถช่วยประหยัดน้ำได้ถึง 30% เมื่อเทียบกับวิธีการให้น้ำแบบดั้งเดิม [52] การนำระบบสมาร์ทฟาร์มที่ใช้เซนเซอร์วัดความชื้นในดินมาใช้จึงไม่เพียงช่วยประหยัดทรัพยากรน้ำ แต่ยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและลดต้นทุนในระยะยาว

3.11.3 ตัวชี้วัดประสิทธิภาพระบบ (KPI)

กำหนด KPI เชิงเทคนิคและเชิงธุรกิจเพื่อประเมินผล เช่น latency เฉลี่ย/เปอร์เซ็นไทล์สูง ,throughput ของการประมวลผล/ข้อความ IoT ต่อวินาที uptime/MTBF/MTTR อัตราความผิดพลาดของข้อมูล ความแม่นยำการคาดการณ์/การแจ้งเตือน อัตราการใช้ทรัพยากร (CPU/RAM/แบตอุปกรณ์) รวมถึงความพึงพอใจผู้ใช้และเวลาที่ประหยัดจากการอัตโนมัติ กำหนดเป้าหมายและเกณฑ์การยอมรับ พร้อมวิธีการเก็บ-คำนวณและรายงานผลอย่างสม่ำเสมอ เพื่อใช้ตัดสินใจปรับปรุงและวางแผนการขยายระบบ

3.11.4 แผนจัดเก็บและวิเคราะห์ข้อผิดพลาด/บั๊ก และการจัดการย้อนกลับ (Rollback) ระหว่างทดสอบ

แผนจัดเก็บและวิเคราะห์ข้อผิดพลาด/บั๊ก และการจัดการย้อนกลับ (Rollback) ระหว่างทดสอบ: วางระบบบันทึกเหตุการณ์และติดตามบั๊กแบบรวมศูนย์ (เช่น ELK/Cloud Logging + Issue Tracker) กำหนดรูปแบบการเก็บ log/trace/metrics และขั้นตอน triage เพื่อจัดลำดับความสำคัญและระบุสาเหตุราก (root cause) อย่างรวดเร็ว; เตรียมกลยุทธ์ Rollback/Hotfix ด้วยการใช้เวอร์ชันที่ปลอดภัยและขั้นตอนกู้คืนข้อมูล โดยกำหนดจุดตัดสินใจที่ชัดเจนและผู้รับผิดชอบ พร้อมแผนสื่อสารกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย เพื่อให้การทดสอบดำเนินต่อได้อย่างปลอดภัยและลดผลกระทบเมื่อเกิดเหตุผิดปกติ

3.12 แผนการเชื่อมโยงผลการทดสอบกับสมมติฐานการยอมรับ

3.12.1 การแมปตัวชี้วัดระบบกับตัวแปรเชิงทฤษฎี

สร้างเมทริกซ์แมปปิงระหว่าง KPI สำคัญของระบบ (เช่น latency uptime accuracy ของข้อมูล และอัตราแจ้งเตือนถูกต้อง MTTR) กับตัวแปรเชิงทฤษฎีด้านการยอมรับ (เช่น Perceived Usefulness Perceived Ease of Use, Trust/Security Effort Expectancy Facilitating Conditions) โดยกำหนดนิยามการเชื่อมโยงที่ชัดเจนและวิธีวัดเชิงปฏิบัติ เช่น latency ต่ำและ uptime สูงสนับสนุน “การรับรู้ประโยชน์” และ “ความไว้วางใจ” ส่วนอัตราข้อผิดพลาดต่ำและ UI ที่สม่ำเสมอสนับสนุน “การใช้งานง่าย” ระบุวิธีรวมข้อมูลเชิงปริมาณจากระบบกับข้อมูลเชิงคุณภาพจากแบบสอบถาม/สัมภาษณ์ เพื่อทดสอบความสัมพันธ์และยืนยันหรือปรับสมมติฐาน

3.12.2 เกณฑ์การยอมรับ/ความพร้อมใช้งานของแพลตฟอร์ม

กำหนดเกณฑ์เชิงปฏิบัติในการยอมรับแพลตฟอร์ม โดยระบุ threshold ของ KPI ที่ต้องผ่าน (เช่น uptime ≥ 99.5% latency p95 ≤ 500 ms accuracy ข้อมูลเซนเซอร์ ≥ 95% อัตราแจ้งเตือนเท็จ ≤ 5%, MTTR ≤ 4 ชม.) ควบคู่กับเกณฑ์เชิงผู้ใช้ (เช่น คะแนนความพึงพอใจ ≥ 4/5 ความตั้งใจใช้งานต่อเนื่อง ≥ 80%) และข้อกำหนดด้านความปลอดภัย/การปฏิบัติตามมาตรฐาน นิยามระดับความพร้อมใช้งานเป็นขั้น เช่น Ready for Pilot Ready for Production Rollout และ Full-Scale Adoption พร้อมเงื่อนไขการผ่าน-ไม่ผ่านและแผนปรับปรุงเมื่อไม่ถึงเกณฑ์ เพื่อให้การตัดสินใจนำระบบไปใช้จริงมีหลักฐานรองรับและลดความเสี่ยงในการขยายผล

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในบทนี้ได้นำเสนอผลการวิจัยซึ่งเป็นผลจากการดำเนินตามบทที่ 3 โดยผู้วิจัยได้ทำการจัดเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 945 ชุด โดยประกอบด้วยเกษตรกร ผู้ใช้งานแอปพลิเคชันฟาร์มอัจฉริยะ นักศึกษา และบุคคลทั่วไป หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติเพื่อวิเคราะห์ข้อมูล และนำเสนอผลจากการวิเคราะห์โมเดลสมการเชิงโครงสร้าง โดยมีรายละเอียด ดังนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง

4.2 ผลการตรวจสอบความตรงของโมเดลการวัด

4.3 ผลการวิเคราะห์ความตรงของโมเดลเชิงโครงสร้าง

4.4 ผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการใช้งานแอปพลิเคชันฟาร์มอัจฉริยะ

4.5 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะของแอปพลิเคชันฟาร์มอัจฉริยะ

4.6 ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบและโครงสร้างพื้นฐาน

4.7 ผลการวิเคราะห์การแจ้งเตือนและการควบคุมอุปกรณ์

4.8 การเชื่อมโยงผลระบบกับตัวแปรการยอมรับเทคโนโลยี

4.9 การเปรียบเทียบก่อน–หลังการใช้งาน และกรณีศึกษา

4.10 ผลการทดสอบความปลอดภัยและความเป็นส่วนตัวของข้อมูล

ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล งานวิจัยได้กำหนดตัวอักษรที่ใช้แทนตัวแปรต่าง ๆ ดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ตารางแสดงคำถามที่ใช้ในแบบสอบถาม

รหัสตัแปร	ชื่อตัวแปร (Variable)	รายละเอียด/หัวข้อที่วัด
ATB	Attitude Toward Behavior (ทัศนคติต่อการใช้ระบบฟาร์มอัจฉริยะ)	ความเชื่อและทัศนคติเกี่ยวกับประโยชน์ของ ฟาร์มอัจฉริยะ
PBC	Perceived Behavioral Control (การรับรู้ความสามารถในการใช้งาน)	ความมั่นใจในการใช้และจัดการระบบ ฟาร์มอัจฉริยะ
PE	Performance Expectancy (ความคาดหวังด้านประสิทธิภาพ)	ความคาดหวังต่อประสิทธิภาพและผลลัพธ์จาก ฟาร์มอัจฉริยะ

ตารางที่ 4-1 ตารางแสดงคำถามที่ใช้ในแบบสอบถาม (ต่อ)

รหัสตัแปร	ชื่อตัวแปร (Variable)	รายละเอียด/หัวข้อที่วัด
EE	Effort Expectancy (ความคาดหวังด้านความง่ายในการใช้งาน)	ความง่ายในการเรียนรู้และใช้งานระบบ ฟาร์มอัจฉริยะ
SI	Social Influence (อิทธิพลทางสังคม)	การสนับสนุนและอิทธิพลจากบุคคลรอบข้าง
FC	Facilitating Condition (เงื่อนไขสนับสนุน)	สภาพแวดล้อมและการสนับสนุนทางเทคนิค
SQ	System Quality (คุณภาพของระบบ)	ความเสถียร ความเร็ว ความปลอดภัยของระบบ
IQ	Information Quality (คุณภาพของข้อมูล)	ความแม่นยำ ครบถ้วน ทันสมัยของข้อมูลจากระบบ
PAIB	Perceived AI Benefits (การรับรู้ประโยชน์ของ AI)	ประโยชน์ที่ได้รับจาก AI ในการทำฟาร์ม
TRUST	Trust in Technology (ความเชื่อมั่นในเทคโนโลยี)	ความเชื่อมั่นในความแม่นยำและประสิทธิภาพของ AI
DPC	Data Privacy Concern (ความกังวลด้านข้อมูลส่วนบุคคล)	ความกังวลเกี่ยวกับการใช้และการรักษาข้อมูลฟาร์ม
GOV	Government Support (การสนับสนุนจากภาครัฐ)	นโยบายและการสนับสนุนจากรัฐบาล
DL	Digital Literacy (ความรู้ด้านดิจิทัล)	ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีดิจิทัล
US	User Satisfaction (ความพึงพอใจในการใช้งาน)	ความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบฟาร์มอัจฉริยะ
SFA	Smart Farm Adoption (การยอมรับระบบสมาร์ทฟาร์ม)	ความตั้งใจและพฤติกรรมการใช้งานระบบสมาร์ทฟาร์มในการเกษตร

4.1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง

4.1.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามจากการสำรวจข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง ประกอบด้วย เกษตรกร ผู้ใช้งานแอปพลิเคชันฟาร์มอัจฉริยะ นักศึกษา และบุคคลทั่วไป จำนวน 945 ชุด ผลการวิเคราะห์ค่าความถี่และค่าร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง โดยจำแนกตามเพศ อายุ ระดับการศึกษา และอาชีพ โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.2-4.5

ตารางที่ 4-2 จำนวน ร้อยละ ของผู้ตอบแบบสอบถาม โดยจำแนกตามช่วงอายุ

ช่วงอายุ	จำนวน	ร้อยละ
กลุ่มที่ 1: 20-27 ปี (วัยรุ่นตอนปลาย/วัยทำงานใหม่)	95	3.45%
กลุ่มที่ 2: 28-35 ปี (วัยทำงานช่วงต้น)	229	16.65%
กลุ่มที่ 3: 36-43 ปี (วัยทำงานช่วงกลาง)	334	36.44%
กลุ่มที่ 4: 44-51 ปี (วัยทำงานช่วงปลาย)	240	34.91%
กลุ่มที่ 5: 52-60 ปี (วัยใกล้เกษียณ)	47	8.55%
รวม	945	100.00%

จากตารางที่ 4-2 แสดงการกระจายของกลุ่มตัวอย่าง 945 คน จำแนกตามช่วงอายุ พบว่า กลุ่มที่มีสัดส่วนมากที่สุดคือ กลุ่มวัยทำงานช่วงกลาง (36-43 ปี) จำนวน 334 คน คิดเป็น 36.44% รองลงมาคือ กลุ่มวัยทำงานช่วงปลาย (44-51 ปี) จำนวน 240 คน คิดเป็น 34.91% ส่วน กลุ่มวัยทำงานช่วงต้น (28-35 ปี) มี 229 คน คิดเป็น 16.65% ในขณะที่กลุ่มที่มีสัดส่วนน้อยที่สุดคือ กลุ่มวัยใกล้เกษียณ (52-60 ปี) จำนวน 47 คน คิดเป็น 8.55% และ กลุ่มวัยรุ่นตอนปลาย/วัยทำงานใหม่ (20-27 ปี) จำนวน 95 คน คิดเป็น 3.45% ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นคนวัยทำงานที่มีประสบการณ์ในช่วงกลางถึงปลายของอาชีพการงาน

ตารางที่ 4-3 จำนวน ร้อยละ ของผู้ตอบแบบสอบถาม โดยจำแนกตามระดับการศึกษา

ระดับการศึกษา	จำนวน	ร้อยละ
กลุ่มที่ 1: ประถมศึกษาหรือต่ำกว่า	157	6.37%
กลุ่มที่ 2: มัธยมศึกษาตอนต้น (ม.1-ม.3)	284	23.04%

ตารางที่ 4-3 จำนวน ร้อยละ ของผู้ตอบแบบสอบถาม โดยจำแนกตามระดับการศึกษา (ต่อ)

ระดับการศึกษา	จำนวน	ร้อยละ
กลุ่มที่ 3: มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช. (ม.4-ม.6/ปวช.)	315	38.34%
กลุ่มที่ 4: อนุปริญญา/ปวส./ปริญญาตรี	150	24.34%
กลุ่มที่ 5: ปริญญาโทขึ้นไป	39	7.91%
รวม	945	100.00%

จากตารางที่ 4-3 แสดงการกระจายของกลุ่มตัวอย่าง 945 คน จำแนกตามระดับการศึกษา พบว่า กลุ่มที่มีสัดส่วนมากที่สุดคือ กลุ่มมัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช. (ม.4-ม.6/ปวช.) จำนวน 315 คน คิดเป็น 38.34% รองลงมาคือ กลุ่มอนุปริญญา/ปวส./ปริญญาตรี จำนวน 150 คน คิดเป็น 24.34% และ กลุ่มมัธยมศึกษาตอนต้น (ม.1-ม.3) จำนวน 284 คน คิดเป็น 23.04% ส่วนกลุ่มที่มีสัดส่วนน้อยที่สุดคือ กลุ่มปริญญาโทขึ้นไป จำนวน 39 คน คิดเป็น 7.91% และ กลุ่มประถมศึกษาหรือต่ำกว่า จำนวน 157 คน คิดเป็น 6.37% ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีระดับการศึกษาในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายและระดับอุดมศึกษา โดยมีการกระจายที่ค่อนข้างสมดุลในแต่ละระดับการศึกษา

ตารางที่ 4-4 จำนวน ร้อยละ ของผู้ตอบแบบสอบถาม โดยจำแนกตามขนาดฟาร์ม

ขนาดฟาร์ม	จำนวน	ร้อยละ
กลุ่มที่ 1: น้อยกว่า 1 ไร่ (ฟาร์มขนาดเล็กมาก)	275	12.76%
กลุ่มที่ 2: 1-5 ไร่ (ฟาร์มขนาดเล็ก)	313	29.04%
กลุ่มที่ 3: 6-15 ไร่ (ฟาร์มขนาดกลาง)	216	30.06%
กลุ่มที่ 4: 16-30 ไร่ (ฟาร์มขนาดใหญ่)	98	18.18%
กลุ่มที่ 5: มากกว่า 30 ไร่ (ฟาร์มขนาดใหญ่มาก)	43	9.97%
รวม	945	100.00%

จากตารางที่ 4-4 แสดงการกระจายของกลุ่มตัวอย่าง 945 คน จำแนกตามขนาดฟาร์ม พบว่า กลุ่มที่มีสัดส่วนมากที่สุดคือ กลุ่มฟาร์มขนาดกลาง (6-15 ไร่) จำนวน 216 คน คิดเป็น 30.06% รองลงมาคือ กลุ่มฟาร์มขนาดเล็ก (1-5 ไร่) จำนวน 313 คน คิดเป็น 29.04% และ กลุ่มฟาร์มขนาด

ใหญ่ (16-30 ไร่) จำนวน 98 คน คิดเป็น 18.18% ส่วน กลุ่มฟาร์มขนาดเล็กมาก (น้อยกว่า 1 ไร่) มี 275 คน คิดเป็น 12.76% และกลุ่มที่มีสัดส่วนน้อยที่สุดคือ กลุ่มฟาร์มขนาดใหญ่มาก (มากกว่า 30 ไร่) จำนวน 43 คน คิดเป็น 9.97% ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรที่มีฟาร์มขนาดเล็กถึงกลาง (1-15 ไร่) รวมกันประมาณ 59% ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

ตารางที่ 4-5 จำนวน ร้อยละ ของผู้ตอบแบบสอบถาม โดยจำแนกตามประสบการณ์

ประสบการณ์	จำนวน	ร้อยละ
กลุ่มที่ 1: น้อยกว่า 2 ปี (มือใหม่)	96	3.46%
กลุ่มที่ 2: 2-5 ปี (ประสบการณ์เริ่มต้น)	192	13.83%
กลุ่มที่ 3: 6-10 ปี (ประสบการณ์ปานกลาง)	377	40.74%
กลุ่มที่ 4: 11-20 ปี (ประสบการณ์สูง)	235	33.86%
กลุ่มที่ 5: มากกว่า 20 ปี (ผู้เชี่ยวชาญ)	45	8.11%
รวม	945	100.00%

จากตารางที่ 4-5 แสดงการกระจายของกลุ่มตัวอย่าง 945 คน จำแนกตามประสบการณ์ในการทำการเกษตร พบว่า กลุ่มที่มีสัดส่วนมากที่สุดคือ กลุ่มที่มีประสบการณ์ปานกลาง (6-10 ปี) จำนวน 377 คน คิดเป็น 40.74% รองลงมาคือ กลุ่มที่มีประสบการณ์สูง (11-20 ปี) จำนวน 235 คน คิดเป็น 33.86% ส่วน กลุ่มที่มีประสบการณ์เริ่มต้น (2-5 ปี) มี 192 คน คิดเป็น 13.83% และ กลุ่มผู้เชี่ยวชาญ (มากกว่า 20 ปี) มี 45 คน คิดเป็น 8.11% ส่วนกลุ่มที่มีสัดส่วนน้อยที่สุดคือ กลุ่มมือใหม่ (น้อยกว่า 2 ปี) จำนวน 96 คน คิดเป็น 3.46% ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรที่มีประสบการณ์ในระดับปานกลางถึงสูง (6-20 ปี) รวมกันประมาณ 74.6% ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

4.1.2 ผลการวิเคราะห์ระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อการพัฒนาแพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์: การศึกษาความพร้อมใช้งานในอุตสาหกรรมเกษตร

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ระดับความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อผลกระทบของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อการพัฒนาแพลตฟอร์มระบบสมาร์ท

ฟาร์ม : การศึกษาความพร้อมใช้งานในอุตสาหกรรมเกษตร โดยใช้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ซึ่งประกอบด้วย ปัจจัยด้านเทคโนโลยี ปัจจัยด้านการออกแบบการเรียนรู้ ปัจจัยด้านความเหมาะสมระหว่างและเทคโนโลยี ปัจจัยด้านการรู้ดิจิทัล และปัจจัยด้านห้องเรียนเสมือนจริง โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 4-6 - 4-21

ตารางที่ 4-6 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยการยอมรับระบบสมาร์ทฟาร์ม

ปัจจัยการยอมรับระบบสมาร์ทฟาร์ม	Mean	S.D.	แปลผล
ด้านทัศนคติต่อการใช้ระบบฟาร์มอัจฉริยะ	3.78	0.756	สูง
ด้านการรับรู้ความสามารถในการใช้งาน	3.05	0.912	ปานกลาง
ด้านความคาดหวังด้านประสิทธิภาพ	3.99	0.681	สูง
ด้านความคาดหวังด้านความง่ายในการใช้งาน	2.91	0.895	ปานกลาง
ด้านอิทธิพลทางสังคม	3.30	0.812	ปานกลาง
ด้านเงื่อนไขสนับสนุน	2.64	0.654	ปานกลาง
ด้านคุณภาพของระบบ	3.85	0.817	สูง
ด้านคุณภาพของข้อมูล	3.78	0.686	สูง
ด้านการรับรู้ประโยชน์ของ AI	3.78	0.756	สูง
ด้านความเชื่อมั่นในระบบ AI	3.34	0.869	ปานกลาง
ด้านความกังวลด้านข้อมูลส่วนบุคคล	3.80	0.775	สูง
ด้านการสนับสนุนจากภาครัฐ	3.10	0.987	ปานกลาง
ด้านความรู้ด้านดิจิทัล	2.88	0.942	ปานกลาง
ด้านความพึงพอใจในการใช้งาน	3.69	0.459	สูง
ด้านการยอมรับระบบสมาร์ทฟาร์ม	4.59	0.450	สูงสุด

จากตารางที่ 4-6 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยการยอมรับระบบสมาร์ทฟาร์ม พบว่า ปัจจัยที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ ด้านความคาดหวังด้านประสิทธิภาพ (Mean = 3.99) รองลงมาคือ ด้านความเชื่อมั่นในระบบ AI (Mean = 3.89) และ ด้านคุณภาพของระบบ (Mean = 3.85) ซึ่งล้วนอยู่ในระดับสูง ส่วนปัจจัยที่มีระดับปานกลาง ได้แก่ ด้านอิทธิพลทางสังคม (Mean = 3.30), ด้านการสนับสนุนจากภาครัฐ (Mean = 3.10), ด้านการรับรู้ความสามารถในการใช้งาน (Mean = 3.05), ด้านความคาดหวังด้านความง่ายในการใช้งาน (Mean = 2.91) และด้านความรู้ด้านดิจิทัล (Mean = 2.88) ขณะที่ปัจจัยที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือ ด้านเงื่อนไขสนับสนุน (Mean = 2.64) อยู่

ในระดับต่ำ ส่วนด้านทัศนคติต่อการใช้ระบบฟาร์มอัจฉริยะโดยรวมมีค่าเฉลี่ย 3.78 อยู่ในระดับสูง แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรมีทัศนคติเชิงบวกต่อการยอมรับเทคโนโลยีระบบสมาร์ทฟาร์ม

ตารางที่ 4-7 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยด้านทัศนคติต่อการใช้ระบบฟาร์มอัจฉริยะ

ปัจจัยด้านทัศนคติต่อการใช้ระบบฟาร์มอัจฉริยะ	Mean	S.D.	แปลผล
ท่านคิดว่าการใช้เซ็นเซอร์ในระบบสมาร์ทฟาร์มจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำเกษตรกรรมของท่านได้มากน้อยเพียงใด	3.8	0.811	สูง
ท่านเชื่อว่าการใช้ AI ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากระบบสมาร์ทฟาร์มจะช่วยในการตัดสินใจทางการเกษตรได้ดีเพียงใด	3.79	0.809	สูง
ท่านคิดว่าการใช้ระบบสมาร์ทฟาร์มจะช่วยลดต้นทุนในการทำเกษตรกรรมของท่านได้มากน้อยเพียงใด	3.61	0.873	สูง
ท่านเห็นด้วยมากน้อยเพียงใดว่าการใช้ระบบสมาร์ทฟาร์มจะช่วยเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรของท่าน	3.88	0.832	สูง
ท่านคิดว่าการใช้ระบบสมาร์ทฟาร์มจะช่วยให้ท่านสามารถจัดการฟาร์มได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นเพียงใด	3.79	0.85	สูง

จากตารางที่ 4-7 แสดงรายละเอียดของปัจจัยด้านทัศนคติต่อการใช้ระบบฟาร์มอัจฉริยะ พบว่าเกษตรกรมีทัศนคติเชิงบวกในระดับสูงต่อทุกด้านของเทคโนโลยีสมาร์ทฟาร์ม โดยด้านที่ได้คะแนนสูงสุดคือ การเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร (Mean = 3.88) รองลงมาคือ การใช้เซ็นเซอร์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ (Mean = 3.80) และ การใช้ AI ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการตัดสินใจ และ การจัดการฟาร์มอย่างมีประสิทธิภาพ (Mean = 3.79 เท่ากัน) ส่วนด้านที่ได้คะแนนต่ำสุดแต่ยังคงอยู่ในระดับสูงคือ การลดต้นทุนในการทำเกษตรกรรม (Mean = 3.61) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเกษตรกรเชื่อมั่นในศักยภาพของเทคโนโลยีสมาร์ทฟาร์มในการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ลดต้นทุน และปรับปรุงการจัดการฟาร์มโดยรวม โดยเฉพาะในด้านการเพิ่มผลผลิตซึ่งเป็นเป้าหมายหลักของเกษตรกร

ตารางที่ 4-8 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยด้านการรับรู้ความสามารถในการใช้งาน

ปัจจัยด้านการรับรู้ความสามารถในการใช้งาน	Mean	S.D.	แปลผล
ท่านมั่นใจว่าสามารถใช้งานแพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์มได้ด้วยตนเองหรือไม่?	3.14	1.037	ปานกลาง
ท่านคิดว่าท่านมีความสามารถในการใช้งานแอปพลิเคชันที่เกี่ยวข้องกับระบบสมาร์ทฟาร์มได้ดีเพียงใด	3.25	1.025	ปานกลาง
ท่านมั่นใจมากน้อยเพียงใดว่าสามารถแก้ไขปัญหาเบื้องต้นของระบบสมาร์ทฟาร์มได้ด้วยตนเอง	2.88	0.997	ปานกลาง
ท่านคิดว่าท่านสามารถปรับใช้ข้อมูลจาก AI ในระบบสมาร์ทฟาร์มเพื่อการตัดสินใจในฟาร์มของท่านได้ดีเพียงใด	3.07	0.999	ปานกลาง
ท่านมั่นใจมากน้อยเพียงใดว่าสามารถบำรุงรักษาอุปกรณ์ในระบบสมาร์ทฟาร์มได้อย่างถูกต้อง	2.94	0.985	ปานกลาง

จากตารางที่ 4-8 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยด้านการรับรู้ความสามารถในการใช้งานระบบสมาร์ทฟาร์ม พบว่า เกษตรกรมีการรับรู้ความสามารถในการใช้งานอยู่ในระดับปานกลางทุกด้าน โดยด้านที่ได้คะแนนสูงสุดคือ ความสามารถในการใช้งานแอปพลิเคชันที่เกี่ยวข้องกับระบบสมาร์ทฟาร์ม (Mean = 3.25) รองลงมาคือ ความมั่นใจในการใช้งานแพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์มด้วยตนเอง (Mean = 3.14) และ ความสามารถในการปรับใช้ข้อมูลจาก AI เพื่อการตัดสินใจ (Mean = 3.07) ส่วนด้านที่ได้คะแนนต่ำสุดคือ ความสามารถในการบำรุงรักษาอุปกรณ์ (Mean = 2.94) และ ความมั่นใจในการแก้ไขปัญหาเบื้องต้น (Mean = 2.88) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเกษตรกรมีความมั่นใจในการใช้งานเทคโนโลยีในระดับพอประมาณ แต่ยังขาดความเชื่อมั่นในด้านการแก้ไขปัญหาและการบำรุงรักษาระบบด้วยตนเอง

ตารางที่ 4-9 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยด้านความคาดหวังด้านประสิทธิภาพ

ปัจจัยด้านความคาดหวังด้านประสิทธิภาพ	Mean	S.D.	แปลผล
ท่านคาดหวังว่าการใช้เซ็นเซอร์ในระบบสมาร์ทฟาร์มจะช่วยเพิ่มผลผลิตได้มากน้อยเพียงใด	3.99	0.781	สูง

ตารางที่ 4-9 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยด้านความคาดหวังด้านประสิทธิภาพ

ปัจจัยด้านความคาดหวังด้านประสิทธิภาพ	Mean	S.D.	แปลผล
ท่านคิดว่า AI สามารถรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลจากเซนเซอร์ เช่น สภาพอากาศ, ความชื้นในดิน, และสุขภาพของพืช เพื่อให้ข้อมูลที่มีประโยชน์ในการตัดสินใจได้มากน้อยเพียงใด	4.07	0.769	สูง
ท่านคาดหวังว่าระบบสมาร์ทฟาร์มจะช่วยบริหารการใช้ทรัพยากร (น้ำ, ปุ๋ย, ยาฆ่าแมลง) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ	3.98	0.764	สูง
ท่านคาดหวังว่าการใช้ระบบสมาร์ทฟาร์มจะช่วยเพิ่มคุณภาพของผลผลิตได้มากน้อยเพียงใด	3.99	0.768	สูง
ท่านคาดหวังว่าระบบสมาร์ทฟาร์มจะช่วยลดเวลาในการทำงานในฟาร์มของท่านได้มากน้อยเพียงใด	3.9	0.766	สูง

จากตารางที่ 4-9 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยด้านความคาดหวังด้านประสิทธิภาพของระบบสมาร์ทฟาร์ม พบว่า เกษตรกรมีความคาดหวังในระดับสูงต่อประสิทธิภาพของเทคโนโลยีสมาร์ทฟาร์มในทุกด้าน โดยด้านที่ได้คะแนนสูงสุดคือ ความคาดหวังต่อความสามารถของ AI ในการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลจากเซ็นเซอร์ (Mean = 4.07) รองลงมาคือ ความคาดหวังต่อการเพิ่มผลผลิต และ การเพิ่มคุณภาพของผลผลิต (Mean = 3.99 เท่ากัน) ตามด้วย ความคาดหวังต่อการบริหารทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ (Mean = 3.98) และ การลดเวลาในการทำงาน (Mean = 3.9) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเกษตรกรให้ความสำคัญกับการใช้ AI ในการวิเคราะห์ข้อมูลมากที่สุด และมีความคาดหวังที่สมเหตุสมผลต่อการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตและการจัดการฟาร์มโดยรวม

ตารางที่ 4-10 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยด้านความคาดหวังด้านความง่ายในการใช้งาน

ปัจจัยด้านความคาดหวังด้านความง่ายในการใช้งาน	Mean	S.D.	แปลผล
ท่านคิดว่าการเรียนรู้การใช้งานในระบบสมาร์ทฟาร์มสามารถทำได้ง่าย	3.21	1.008	ปานกลาง

ตารางที่ 4-10 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยด้านความคาดหวังด้านความง่ายในการใช้งาน (ต่อ)

ปัจจัยด้านความคาดหวังด้านความง่ายในการใช้งาน	Mean	S.D.	แปลผล
ท่านคิดว่าระบบสมาร์ทฟาร์มสามารถปรับแต่งให้เหมาะสมกับความต้องการของท่านได้	3.04	0.989	ปานกลาง
ท่านคิดว่าการแสดงผลข้อมูลจาก AI ในระบบสมาร์ทฟาร์มจะง่ายสำหรับท่านเพียงใด	2.91	1.004	ปานกลาง
ท่านคาดว่าการบำรุงรักษาอุปกรณ์ในระบบสมาร์ทฟาร์มจะไม่ยุ่งยากสำหรับท่านเพียงใด	2.77	0.997	ปานกลาง
ท่านคิดว่าการปรับเปลี่ยนวิธีการทำเกษตรแบบดั้งเดิมมาเป็นการใช้ระบบสมาร์ทฟาร์มจะง่ายสำหรับท่านเพียงใด	2.63	0.979	ปานกลาง

จากตารางที่ 4-10 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยด้านความคาดหวังด้านความง่ายในการใช้งานระบบสมาร์ทฟาร์ม พบว่า เกษตรกรมีความคาดหวังในระดับปานกลางต่อความง่ายในการใช้งานเทคโนโลยีสมาร์ทฟาร์มทุกด้าน โดยด้านที่ได้คะแนนสูงสุดคือ ความง่ายในการเรียนรู้การใช้งานระบบ (Mean = 3.21) รองลงมาคือ ความสามารถในการปรับแต่งระบบให้เหมาะสมกับความต้องการ (Mean = 3.04) ส่วนด้านที่ได้คะแนนต่ำกว่าคือ ความง่ายในการแสดงผลข้อมูลจาก AI (Mean = 2.91) การบำรุงรักษาอุปกรณ์ (Mean = 2.77) และต่ำสุดคือ การปรับเปลี่ยนจากวิธีการทำเกษตรแบบดั้งเดิมมาเป็นระบบสมาร์ทฟาร์ม (Mean = 2.63) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเกษตรกรมีความกังวลเกี่ยวกับความซับซ้อนในการเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงานและการบำรุงรักษาเทคโนโลยี แต่ยังคงมีความมั่นใจในการเรียนรู้และปรับใช้ระบบได้

ตารางที่ 4-11 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยด้านอิทธิพลทางสังคม

ปัจจัยด้านอิทธิพลทางสังคม	Mean	S.D.	แปลผล
ท่านคิดว่าเกษตรกรรายอื่นในชุมชนของท่านจะสนับสนุนการใช้ระบบสมาร์ทฟาร์มมากน้อยเพียงใด	3.3	0.904	ปานกลาง

ตารางที่ 4-11 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยด้านอิทธิพลทางสังคม (ต่อ)

ปัจจัยด้านอิทธิพลทางสังคม	Mean	S.D.	แปลผล
ท่านคิดว่าผู้นำชุมชนหรือเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรจะแนะนำให้ท่านใช้ระบบสมาร์ทฟาร์มมากน้อยเพียงใด	3.48	0.904	ปานกลาง
ท่านคิดว่าการใช้ระบบสมาร์ทฟาร์มจะทำให้ท่านได้รับการยอมรับจากเพื่อนเกษตรกรมากขึ้นเพียงใด	3.14	0.911	ปานกลาง
ท่านคิดว่าสื่อสังคมออนไลน์มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้ระบบสมาร์ทฟาร์มของท่านมากน้อยเพียงใด	3.2	0.954	ปานกลาง
ท่านคิดว่าครอบครัวของท่านจะสนับสนุนการใช้ระบบสมาร์ทฟาร์มมากน้อยเพียงใด	3.41	0.914	ปานกลาง

จากตารางที่ 4-11 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยด้านอิทธิพลทางสังคมต่อการยอมรับระบบสมาร์ทฟาร์ม พบว่า เกษตรกรมีการรับรู้อิทธิพลทางสังคมในระดับปานกลาง โดยปัจจัยที่มีอิทธิพลมากที่สุดคือ การแนะนำจากผู้นำชุมชนหรือเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร (Mean = 3.48) รองลงมาคือ การสนับสนุนจากครอบครัว (Mean = 3.41) ตามด้วย การสนับสนุนจากเกษตรกรรายอื่นในชุมชน (Mean = 3.30) อิทธิพลจากสื่อสังคมออนไลน์ (Mean = 3.20) และต่ำสุดคือ การได้รับการยอมรับจากเพื่อนเกษตรกร (Mean = 3.14) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเกษตรกรให้ความสำคัญกับคำแนะนำจากผู้มีความรู้และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง รวมถึงการสนับสนุนจากครอบครัวมากกว่าการยอมรับจากเพื่อนร่วมอาชีพ ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความต้องการคำปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญและการมีส่วนร่วมของครอบครัวในการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีใหม่

ตารางที่ 4-12 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยด้านเงื่อนไขสนับสนุน

ปัจจัยด้านเงื่อนไขสนับสนุน	Mean	S.D.	แปลผล
ท่านคิดว่าอินเทอร์เน็ตความเร็วสูงในพื้นที่ของท่านเพียงพอต่อการใช้งานระบบสมาร์ทฟาร์มเพียงใด	2.57	1.058	ต่ำ

ตารางที่ 4-12 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยด้านเงื่อนไขสนับสนุน (ต่อ)

ปัจจัยด้านเงื่อนไขสนับสนุน	Mean	S.D.	แปลผล
ท่านคิดว่ามีทรัพยากรทางการเงินเพียงพอในการลงทุนติดตั้งระบบสมาร์ทฟาร์มเพียงใด	2.42	1.056	ต่ำ
ท่านคิดว่ามีการสนับสนุนด้านเทคนิคจากผู้ให้บริการระบบสมาร์ทฟาร์มในพื้นที่ของท่านเพียงพอเพียงใด	2.63	1.079	ปานกลาง
ท่านคิดว่ามีการฝึกอบรมการใช้งานระบบสมาร์ทฟาร์มที่เพียงพอในชุมชนของท่านมากน้อยเพียงใด	2.74	1.107	ปานกลาง
ท่านคิดว่ามีนโยบายสนับสนุนจากภาครัฐในการใช้ระบบสมาร์ทฟาร์มมากน้อยเพียงใด	2.86	1.1	ปานกลาง

จากตารางที่ 4-12 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยด้านเงื่อนไขสนับสนุนต่อการยอมรับระบบสมาร์ทฟาร์ม พบว่า เกษตรกรมีการรับรู้เงื่อนไขสนับสนุนในระดับต่ำถึงปานกลาง โดยปัจจัยที่ได้รับการสนับสนุนมากที่สุดคือ นโยบายสนับสนุนจากภาครัฐ (Mean = 2.86, ปานกลาง) รองลงมาคือ การฝึกอบรมการใช้งานระบบสมาร์ทฟาร์ม (Mean = 2.74, ปานกลาง) และ การสนับสนุนด้านเทคนิคจากผู้ให้บริการ (Mean = 2.63, ปานกลาง) ในขณะที่ปัจจัยที่มีการสนับสนุนน้อยที่สุดคือ ทรัพยากรทางการเงินในการลงทุน (Mean = 2.42, ต่ำ) และ ความเพียงพอของอินเทอร์เน็ตความเร็วสูง (Mean = 2.57, ต่ำ) ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าเกษตรกรยังประสบปัญหาในเรื่องโครงสร้างพื้นฐานและแหล่งเงินทุน แต่มีการรับรู้การสนับสนุนจากภาครัฐและการฝึกอบรมในระดับที่ดีขึ้น

ตารางที่ 4-13 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยด้านคุณภาพของระบบ

ปัจจัยด้านคุณภาพของระบบ	Mean	S.D.	แปลผล
ท่านคิดว่าแพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์มมีความเสถียรในการใช้งานหรือไม่?	3.53	0.907	สูง

ตารางที่ 4-13 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยด้านคุณภาพของระบบ (ต่อ)

ปัจจัยด้านคุณภาพของระบบ	Mean	S.D.	แปลผล
ท่านคิดว่าระบบสมาร์ทฟาร์มมีความรวดเร็วในการประมวลผลและแสดงข้อมูลมากน้อยเพียงใด	3.46	0.908	สูง
ท่านคิดว่าระบบสมาร์ทฟาร์มมีความยืดหยุ่นในการปรับใช้กับพืชหลากหลายชนิดมากน้อยเพียงใด	3.62	0.893	สูง
ท่านคิดว่าระบบสมาร์ทฟาร์มมีความปลอดภัยในการเก็บรักษาข้อมูลมากน้อยเพียงใด	3.55	0.89	สูง
ท่านคิดว่าระบบ AI ในแพลตฟอร์มมีความแม่นยำในการวิเคราะห์และให้คำแนะนำมากน้อยเพียงใด	3.74	0.86	สูง

จากตารางที่ 4-13 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยด้านคุณภาพของระบบ พบว่า เกษตรกรมีการรับรู้คุณภาพของระบบสมาร์ทฟาร์มในระดับปานกลางถึงสูงทุกด้าน โดยปัจจัยที่ได้รับการประเมินสูงสุดคือ ความแม่นยำของระบบ AI ในการวิเคราะห์และให้คำแนะนำ (Mean = 3.74, สูง) รองลงมาคือ ความยืดหยุ่นในการปรับใช้กับพืชหลากหลายชนิด (Mean = 3.62, สูง) และความปลอดภัยในการเก็บรักษาข้อมูล (Mean = 3.55, สูง) ในขณะที่ปัจจัยที่ได้รับการประเมินต่ำสุดคือ ความรวดเร็วในการประมวลผลและแสดงข้อมูล (Mean = 3.46, ปานกลาง) และ ความเสถียรของแพลตฟอร์ม (Mean = 3.53, สูง) ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าเกษตรกรมีความเชื่อมั่นในความแม่นยำและความยืดหยุ่นของระบบ แต่ยังมีข้อกังวลเล็กน้อยเกี่ยวกับประสิทธิภาพด้านความเร็วในการประมวลผล

ตารางที่ 4-14 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยด้านคุณภาพของข้อมูล

ปัจจัยด้านคุณภาพของข้อมูล	Mean	S.D.	แปลผล
ท่านคิดว่าข้อมูลที่ได้รับจากเซ็นเซอร์ในระบบสมาร์ทฟาร์มมีความแม่นยำมากน้อยเพียงใด	3.73	0.8	สูง

ตารางที่ 4-14 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยด้านคุณภาพของข้อมูล (ต่อ)

ปัจจัยด้านคุณภาพของข้อมูล	Mean	S.D.	แปลผล
ท่านคิดว่าข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์จาก AI ในระบบสมาร์ทฟาร์มมีความถูกต้องและแม่นยำมากน้อยเพียงใด	3.85	0.767	สูง
ท่านคิดว่าข้อมูลที่ได้รับจากระบบสมาร์ทฟาร์มมีความครบถ้วนสมบูรณ์มากน้อยเพียงใด	3.75	0.769	สูง
ท่านคิดว่าข้อมูลที่ได้รับจากระบบสมาร์ทฟาร์มมีความทันสมัยและเป็นปัจจุบันมากน้อยเพียงใด	3.85	0.754	สูง
ท่านคิดว่าข้อมูลที่ได้รับจากระบบสมาร์ทฟาร์มสามารถนำไปใช้ในการตัดสินใจได้ง่ายมากน้อยเพียงใด	3.74	0.79	สูง

จากตารางที่ 4-14 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยด้านคุณภาพของข้อมูล พบว่า เกษตรกรมีการรับรู้คุณภาพของข้อมูลจากระบบสมาร์ทฟาร์มในระดับสูงทุกด้าน โดยปัจจัยที่ได้รับการประเมินสูงสุดเท่ากันคือ ความถูกต้องและแม่นยำของข้อมูลจากการพยากรณ์ AI และ ความทันสมัยและเป็นปัจจุบันของข้อมูล (Mean = 3.85 เท่ากัน) รองลงมาคือ ความครบถ้วนสมบูรณ์ของข้อมูล (Mean = 3.75) และ ความสามารถในการนำข้อมูลไปใช้ตัดสินใจ (Mean = 3.74) ในขณะที่ปัจจัยที่ได้รับการประเมินต่ำสุดคือ ความแม่นยำของข้อมูลจากเซ็นเซอร์ (Mean = 3.73) แต่ยังคงอยู่ในระดับสูง ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าเกษตรกรมีความเชื่อมั่นในคุณภาพข้อมูลที่ได้รับจากระบบสมาร์ทฟาร์ม โดยเฉพาะในด้านความถูกต้องของการพยากรณ์และความทันสมัยของข้อมูล

ตารางที่ 4-15 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยด้านการรับรู้ประโยชน์ของ AI

ปัจจัยด้านการรับรู้ประโยชน์ของ AI	Mean	S.D.	แปลผล
ระบบ AI สามารถช่วยวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนมากเพื่อตรวจจับปัญหาในฟาร์มได้เร็วกว่าวิธีการดั้งเดิม	3.84	0.842	สูง
เทคโนโลยี AI สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากร (น้ำ, ปุ๋ย, ยาฆ่าแมลง) ในฟาร์มของฉัน	3.96	0.842	สูง

ตารางที่ 4-15 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยด้านการรับรู้ประโยชน์ของ AI (ต่อ)

ปัจจัยด้านการรับรู้ประโยชน์ของ AI	Mean	S.D.	แปลผล
ระบบ AI ช่วยให้ฉันสามารถคาดการณ์ผลผลิตและวางแผนการตลาดได้แม่นยำมากขึ้น	3.78	0.864	สูง
เทคโนโลยี AI ช่วยลดความเสี่ยงจากโรคระบาดและศัตรูพืชในฟาร์มของฉัน	4.03	0.806	สูง
การใช้ระบบ AI ในฟาร์มช่วยให้ฉันสามารถตัดสินใจบนพื้นฐานของข้อมูลได้ดีขึ้น	3.86	0.831	สูง

จากตารางที่ 4-15 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยด้านการรับรู้ประโยชน์ของ AI พบว่า เกษตรกรมีการรับรู้ประโยชน์ของเทคโนโลยี AI ในระบบสมาร์ทฟาร์มในระดับสูงทุกด้าน โดยปัจจัยที่ได้รับการประเมินสูงสุดคือ การช่วยลดความเสี่ยงจากโรคระบาดและศัตรูพืช (Mean = 4.03, สูง) รองลงมาคือ การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากร เช่น น้ำ ปุ๋ย และยาฆ่าแมลง (Mean = 3.96, สูง) และ การช่วยในการตัดสินใจบนพื้นฐานข้อมูล (Mean = 3.86, สูง) ในขณะที่ปัจจัยที่ได้รับการประเมินต่ำสุดคือ การคาดการณ์ผลผลิตและวางแผนการตลาด (Mean = 3.78, สูง) แต่ยังคงอยู่ในระดับสูง ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าเกษตรกรเห็นคุณค่าของ AI มากที่สุดในด้านการป้องกันความเสียหายและการจัดการทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 4-16 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยด้านความเชื่อมั่นในระบบ AI

ด้านความเชื่อมั่นในระบบ AI	Mean	S.D.	แปลผล
ฉันเชื่อมั่นว่าระบบ AI จะให้คำแนะนำที่ถูกต้องสำหรับการจัดการฟาร์มของฉัน	3.38	0.979	ปานกลาง
ฉันไว้วางใจในความสามารถของระบบ AI ในการวินิจฉัยปัญหาในฟาร์มได้อย่างแม่นยำ	3.48	0.976	ปานกลาง
ฉันเชื่อว่าการตัดสินใจของระบบ AI มีความน่าเชื่อถือเพียงพอที่จะนำไปปฏิบัติตาม	3.21	0.982	ปานกลาง

ตารางที่ 4-16 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยด้านความเชื่อมั่นในระบบ AI (ต่อ)

ด้านความเชื่อมั่นในระบบ AI	Mean	S.D.	แปลผล
ฉันมั่นใจว่าระบบ AI จะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพแม้ในสถานการณ์ที่ซับซ้อนหรือไม่คาดคิด	3.26	0.963	ปานกลาง
ฉันเข้าใจหลักการพื้นฐานที่ระบบ AI ใช้ในการวิเคราะห์และให้คำแนะนำ	3.36	0.965	ปานกลาง

จากตารางที่ 4-16 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยด้านความเชื่อมั่นในระบบ AI พบว่า เกษตรกรมีความเชื่อมั่นในระบบ AI อยู่ในระดับปานกลางทุกด้าน โดยปัจจัยที่ได้รับการประเมินสูงสุดคือ การไว้วางใจในความสามารถของระบบ AI ในการวินิจฉัยปัญหาในฟาร์ม (Mean = 3.48, ปานกลาง) รองลงมาคือ ความเชื่อมั่นในคำแนะนำที่ถูกต้องสำหรับการจัดการฟาร์ม (Mean = 3.38, ปานกลาง) และ ความเข้าใจหลักการพื้นฐานที่ระบบ AI ใช้ในการวิเคราะห์ (Mean = 3.36, ปานกลาง) ในขณะที่ปัจจัยที่ได้รับการประเมินต่ำสุดคือ ความเชื่อถือในการตัดสินใจของระบบ AI (Mean = 3.21, ปานกลาง) ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าแม้เกษตรกรจะเห็นประโยชน์ของ AI แต่ยังมีความลังเลในการเชื่อมั่นและพึ่งพาระบบ AI อย่างเต็มที่ โดยเฉพาะในด้านการตัดสินใจที่สำคัญ

ตารางที่ 4-17 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยด้านความกังวลด้านข้อมูลส่วนบุคคล

ด้านความกังวลด้านข้อมูลส่วนบุคคล	Mean	S.D.	แปลผล
ฉันกังวลว่าข้อมูลจากฟาร์มของฉันอาจถูกนำไปใช้โดยบุคคลที่สามโดยไม่ได้รับอนุญาต	3.76	0.85	สูง
ฉันกังวลเกี่ยวกับความปลอดภัยของข้อมูลที่เก็บรวบรวมโดยระบบ AI ในฟาร์มของฉัน	3.94	0.851	สูง
ฉันต้องการมีอำนาจควบคุมว่าข้อมูลใดจากฟาร์มของฉันจะถูกเก็บรวบรวมและใช้โดยระบบ AI	3.68	0.874	สูง
ฉันกังวลว่าข้อมูลจากฟาร์มของฉันอาจถูกใช้เพื่อวัตถุประสงค์ทางการค้าโดยบริษัทเทคโนโลยี	3.85	0.85	สูง
ฉันกังวลว่าการรั่วไหลของข้อมูลฟาร์มอาจส่งผลเสียต่อความสามารถในการแข่งขันของฉัน	3.76	0.849	สูง

จากตารางที่ 4-17 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยด้านความกังวลด้านข้อมูลส่วนบุคคล พบว่า เกษตรกรมีความกังวลเกี่ยวกับความปลอดภัยข้อมูลอยู่ในระดับสูงทุกด้าน โดยประเด็นที่เกษตรกรกังวลมากที่สุดคือ ความปลอดภัยของข้อมูลที่เก็บรวบรวมโดยระบบ AI ในฟาร์ม (Mean = 3.94) รองลงมาคือ การใช้ข้อมูลเพื่อวัตถุประสงค์ทางการค้าโดยบริษัทเทคโนโลยี (Mean = 3.85) และ การนำข้อมูลไปใช้โดยบุคคลที่สามโดยไม่ได้รับอนุญาต รวมถึง การรั่วไหลของข้อมูลที่อาจส่งผลต่อความสามารถในการแข่งขัน (Mean = 3.76) ในขณะที่ ความต้องการควบคุมข้อมูลที่ถูกเก็บรวบรวม มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (Mean = 3.68) ผลการศึกษานี้สะท้อนให้เห็นว่าเกษตรกรมีความตระหนักสูงเกี่ยวกับความเป็นส่วนตัวและความปลอดภัยของข้อมูล ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องพิจารณาในการพัฒนาและนำระบบสมาร์ทฟาร์มมาใช้งาน

ตารางที่ 4-18 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยด้านการสนับสนุนจากภาครัฐ

ด้านการสนับสนุนจากภาครัฐ	**Mean**	**S.D.**	**แปลผล**
รัฐบาลมีนโยบายที่ชัดเจนในการสนับสนุนการใช้เทคโนโลยี AI ในภาคเกษตรกรรม	3.1	1.131	ปานกลาง
รัฐบาลให้เงินอุดหนุนหรือสิ่งจูงใจทางการเงินสำหรับการนำเทคโนโลยี AI มาใช้ในฟาร์ม	2.93	1.095	ปานกลาง
รัฐบาลจัดหาการฝึกอบรมและการให้ความรู้เกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยี AI ในฟาร์ม	3.19	1.088	ปานกลาง
รัฐบาลสนับสนุนการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน (เช่น อินเทอร์เน็ต, เครือข่าย 5G) ที่จำเป็นสำหรับเทคโนโลยี AI	3.02	1.091	ปานกลาง
รัฐบาลมีกฎระเบียบที่เหมาะสมเพื่อปกป้องข้อมูลและความเป็นส่วนตัวของเกษตรกรที่ใช้เทคโนโลยี AI	3.28	1.105	ปานกลาง

จากตารางที่ 4-18 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยด้านการสนับสนุนจากภาครัฐ พบว่า เกษตรกรมีการประเมินการสนับสนุนจากภาครัฐอยู่ในระดับปานกลางทุกด้าน โดยประเด็นที่ได้รับการประเมินสูงสุดคือ การมีกฎระเบียบที่เหมาะสมเพื่อปกป้องข้อมูลและความเป็นส่วนตัวของเกษตรกร (Mean = 3.28) รองลงมาคือ การจัดหาการฝึกอบรมและการให้ความรู้เกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยี AI (Mean = 3.19) และ การมีนโยบายที่ชัดเจนในการสนับสนุนการใช้เทคโนโลยี AI

ในภาคเกษตร (Mean = 3.1) ในขณะที่ การสนับสนุนโครงสร้างพื้นฐาน เช่น อินเทอร์เน็ตและเครือข่าย 5G มีค่าเฉลี่ย 3.02 และประเด็นที่ได้รับการประเมินต่ำสุดคือ การให้เงินอุดหนุนหรือสิ่งจูงใจทางการเงิน (Mean = 2.93) ผลการศึกษานี้สะท้อนให้เห็นว่าเกษตรกรมองว่าภาครัฐยังมีการสนับสนุนไม่เพียงพอ โดยเฉพาะด้านการสนับสนุนทางการเงิน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการส่งเสริมการนำเทคโนโลยี AI มาใช้ในภาคเกษตรกรรม

ตารางที่ 4-19 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยด้านความรู้ด้านดิจิทัล

ด้านความรู้ด้านดิจิทัล	Mean	S.D.	แปลผล
ฉันสามารถใช้อุปกรณ์ดิจิทัล (สมาร์ทโฟน, แท็บเล็ต, คอมพิวเตอร์) ได้อย่างคล่องแคล่ว	2.89	1.075	ปานกลาง
ฉันสามารถค้นหาและเข้าถึงข้อมูลที่ต้องการบนอินเทอร์เน็ตได้อย่างมีประสิทธิภาพ	2.61	1.051	ปานกลาง
ฉันสามารถเรียนรู้วิธีใช้แอปพลิเคชันหรือซอฟต์แวร์ใหม่ๆ ได้ด้วยตนเอง	3	1.05	ปานกลาง
ฉันสามารถแก้ไขปัญหาทางเทคนิคพื้นฐานที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์ดิจิทัลได้	2.73	1.08	ปานกลาง
ฉันเข้าใจคำศัพท์และแนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับเทคโนโลยีดิจิทัลและ AI	3.15	1.075	ปานกลาง

จากตารางที่ 4-19 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยด้านความรู้ด้านดิจิทัล พบว่า เกษตรกรมีความรู้ด้านดิจิทัลอยู่ในระดับปานกลางทุกด้าน โดยประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ ความเข้าใจคำศัพท์และแนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับเทคโนโลยีดิจิทัลและ AI (Mean = 3.15) รองลงมาคือ ความสามารถในการเรียนรู้วิธีใช้แอปพลิเคชันหรือซอฟต์แวร์ใหม่ๆ ด้วยตนเอง (Mean = 3.0) และความสามารถในการใช้อุปกรณ์ดิจิทัล เช่น สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต และคอมพิวเตอร์ได้อย่างคล่องแคล่ว (Mean = 2.89) ในขณะที่ ความสามารถในการแก้ไขปัญหาทางเทคนิคพื้นฐาน มีค่าเฉลี่ย 2.73 และประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือ ความสามารถในการค้นหาและเข้าถึงข้อมูลบนอินเทอร์เน็ตอย่างมีประสิทธิภาพ (Mean = 2.61) ผลการศึกษานี้สะท้อนให้เห็นว่าเกษตรกรมีพื้นฐานความรู้ด้านดิจิทัล

ในระดับปานกลาง แต่ยังต้องการการพัฒนาทักษะเพิ่มเติม โดยเฉพาะด้านการค้นคว้าข้อมูลและการแก้ไขปัญหาเทคนิค

ตารางที่ 4-20 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยด้านความพึงพอใจในการใช้งาน

ด้านความพึงพอใจในการใช้งาน	**Mean**	**S.D.**	**แปลผล**
ท่านมีความพึงพอใจต่อประสิทธิภาพโดยรวมของระบบสมาร์ทฟาร์มมากน้อยเพียงใด	3.68	0.537	สูง
ท่านมีความพึงพอใจต่อความแม่นยำของข้อมูลที่ได้รับจากเซ็นเซอร์และ AI ในระบบสมาร์ทฟาร์มมากน้อยเพียงใด	3.8	0.55	สูง
ท่านมีความพึงพอใจต่อความสะดวกในการใช้งานแอปพลิเคชันของระบบสมาร์ทฟาร์มมากน้อยเพียงใด	3.58	0.579	สูง
ท่านมีความพึงพอใจต่อการสนับสนุนทางเทคนิคที่ได้รับจากผู้ให้บริการระบบสมาร์ทฟาร์มมากน้อยเพียงใด	3.69	0.561	สูง
ท่านมีความพึงพอใจต่อผลลัพธ์ที่ได้รับจากการใช้ระบบสมาร์ทฟาร์มในภาพรวมมากน้อยเพียงใด	3.7	0.537	สูง

จากตารางที่ 4-20 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยด้านความพึงพอใจในการใช้งาน พบว่า เกษตรกรมีความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบสมาร์ทฟาร์มอยู่ในระดับสูงทุกด้าน โดยประเด็นที่ได้รับการประเมินสูงสุดคือ ความแม่นยำของข้อมูลที่ได้รับจากเซ็นเซอร์และ AI (Mean = 3.8) รองลงมาคือ ผลลัพธ์ที่ได้รับจากการใช้ระบบสมาร์ทฟาร์มในภาพรวม (Mean = 3.7) และ การสนับสนุนทางเทคนิคที่ได้รับจากผู้ให้บริการ (Mean = 3.69) ตามด้วย ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ (Mean = 3.68) และ ความสะดวกในการใช้งานแอปพลิเคชัน (Mean = 3.58) ผลการศึกษานี้สะท้อนให้เห็นว่าเกษตรกรมีความพึงพอใจต่อระบบสมาร์ทฟาร์มในระดับที่ดี โดยเฉพาะด้านความแม่นยำของข้อมูลและผลลัพธ์ที่ได้รับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเทคโนโลยีสมาร์ทฟาร์มสามารถตอบสนองความต้องการของเกษตรกรได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 4-21 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยด้านการยอมรับระบบสมาร์ทฟาร์ม

ด้านการยอมรับระบบสมาร์ทฟาร์ม	Mean	S.D.	แปลผล
ท่านได้นำเทคโนโลยีสมาร์ทฟาร์มมาใช้ในการจัดการฟาร์มของท่านอย่างเต็มรูปแบบแล้วหรือไม่?	4.62	0.547	สูงสุด
ท่านใช้ระบบเซ็นเซอร์และการเก็บข้อมูลอัตโนมัติในการติดตามสภาพแวดล้อมของฟาร์มหรือไม่?	4.7	0.498	สูงสุด
ท่านใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติ (เช่น ระบบให้น้ำ ระบบควบคุมอุณหภูมิ) ในการจัดการฟาร์มของท่านหรือไม่?	4.54	0.583	สูงสุด
ท่านใช้แอปพลิเคชันหรือซอฟต์แวร์วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อช่วยในการตัดสินใจทางการเกษตรหรือไม่?	4.63	0.535	สูงสุด
ท่านได้ปรับเปลี่ยนกระบวนการทำงานในฟาร์มของท่านให้สอดคล้องกับเทคโนโลยีสมาร์ทฟาร์มหรือไม่?	4.45	0.621	สูงสุด

จากตารางที่ 4-21 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยด้านการยอมรับระบบสมาร์ทฟาร์ม พบว่า เกษตรกรมีการยอมรับและนำเทคโนโลยีสมาร์ทฟาร์มมาใช้งานจริงอยู่ในระดับสูงมากทุกด้าน โดยประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ การใช้ระบบเซ็นเซอร์และการเก็บข้อมูลอัตโนมัติในการติดตามสภาพแวดล้อมของฟาร์ม (Mean = 4.7) รองลงมาคือ การใช้แอปพลิเคชันหรือซอฟต์แวร์วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อช่วยในการตัดสินใจทางการเกษตร (Mean = 4.63) และ การนำเทคโนโลยีสมาร์ทฟาร์มมาใช้ในการจัดการฟาร์มอย่างเต็มรูปแบบ (Mean = 4.62) ตามด้วย การใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติ เช่น ระบบให้น้ำ ระบบควบคุมอุณหภูมิ (Mean = 4.54) และ การปรับเปลี่ยนกระบวนการทำงานในฟาร์มให้สอดคล้องกับเทคโนโลยีสมาร์ทฟาร์ม (Mean = 4.45) ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรไม่เพียงแต่ยอมรับเทคโนโลยีสมาร์ทฟาร์มเท่านั้น แต่ยังได้นำไปประยุกต์ใช้ในการดำเนินงานจริงอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะระบบเซ็นเซอร์และการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้รับการยอมรับสูงสุด

4.1.3 การทดสอบลักษณะการแจกแจงข้อมูลแบบปกติ

ข้อมูลที่ได้จากการตอบแบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่างจะต้องนำมาทดสอบเพื่อวัดการแจกแจงข้อมูล (Normal Distribution) เพื่อตรวจสอบว่าข้อมูลมีการแจกแจงแตกต่างจากโค้งปกติหรือไม่ ประกอบด้วยการวัดความเบ้ และการวัดความโด่ง ซึ่งค่าที่เหมาะสมที่จะนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน สามารถยอมรับได้คือค่าความเบ้และค่าความโด่ง อยู่ระหว่าง -3 ถึง 3 ดังตารางที่ 4-22

ตารางที่ 4-22 การทดสอบลักษณะการแจกแจงข้อมูลแบบปกติ

ตัวแปร	ค่าความเบ้ (Skewness)	ค่าความโด่ง (Kurtosis)	ผล
ATB1	-0.21046	-0.3898	ใช้ได้
ATB2	-0.1745	-0.4825	ใช้ได้
ATB3	-0.22446	-0.3492	ใช้ได้
ATB4	-0.26083	-0.5608	ใช้ได้
ATB5	-0.28655	-0.4381	ใช้ได้
PBC1	-0.03802	-0.5841	ใช้ได้
PBC2	-0.10512	-0.5079	ใช้ได้
PBC3	0.04834	-0.4026	ใช้ได้
PBC4	0.03024	-0.4893	ใช้ได้
PBC5	0.03415	-0.4635	ใช้ได้
PE1	-0.35218	-0.3526	ใช้ได้
PE2	-0.43356	-0.3751	ใช้ได้
PE3	-0.33056	-0.3745	ใช้ได้
PE4	-0.3176	-0.4416	ใช้ได้
PE5	-0.26752	-0.2807	ใช้ได้
EE1	-0.15773	-0.4145	ใช้ได้
EE2	0.05791	-0.4221	ใช้ได้
EE3	0.01301	-0.4847	ใช้ได้
EE4	0.08449	-0.4525	ใช้ได้
EE5	0.10574	-0.3639	ใช้ได้
SI1	-0.04882	-0.2852	ใช้ได้
SI2	-0.0903	-0.4842	ใช้ได้
SI3	0.00272	-0.2599	ใช้ได้
SI4	-0.04235	-0.429	ใช้ได้
SI5	-0.08463	-0.4691	ใช้ได้
FC1	0.23624	-0.5861	ใช้ได้
FC2	0.43044	-0.4166	ใช้ได้

ตารางที่ 4-22 การทดสอบลักษณะการแจกแจงข้อมูลแบบปกติ (ต่อ)

ตัวแปร	ค่าความเบ้ (Skewness)	ค่าความโด่ง (Kurtosis)	ผล
FC3	0.27181	-0.5851	ใช้ได้
FC4	0.19896	-0.6642	ใช้ได้
FC5	0.09094	-0.691	ใช้ได้
SQ1	-0.20271	-0.274	ใช้ได้
SQ2	-0.17172	-0.2618	ใช้ได้
SQ3	-0.27057	-0.2491	ใช้ได้
SQ4	-0.154	-0.3835	ใช้ได้
SQ5	-0.25355	-0.3389	ใช้ได้
IQ1	-0.2508	-0.2273	ใช้ได้
IQ2	-0.23253	-0.2827	ใช้ได้
IQ3	-0.23144	-0.2	ใช้ได้
IQ4	-0.27953	-0.2091	ใช้ได้
IQ5	-0.19326	-0.3233	ใช้ได้
PAIB1	-0.32456	-0.3446	ใช้ได้
PAIB2	-0.42705	-0.3835	ใช้ได้
PAIB3	-0.29813	-0.3747	ใช้ได้
PAIB4	-0.52505	-0.1688	ใช้ได้
PAIB5	-0.31304	-0.4316	ใช้ได้
TRUST1	-0.1179	-0.4164	ใช้ได้
TRUST2	-0.22354	-0.3969	ใช้ได้
TRUST3	-0.09718	-0.3887	ใช้ได้
TRUST4	-0.02647	-0.4418	ใช้ได้
TRUST5	-0.03821	-0.4298	ใช้ได้
DPC1	-0.23209	-0.4739	ใช้ได้
DPC2	-0.42226	-0.3971	ใช้ได้
DPC3	-0.23768	-0.4323	ใช้ได้
DPC4	-0.33682	-0.2696	ใช้ได้
DPC5	-0.36784	-0.1072	ใช้ได้

ตารางที่ 4-22 การทดสอบลักษณะการแจกแจงข้อมูลแบบปกติ (ต่อ)

ตัวแปร	ค่าความเบ้ (Skewness)	ค่าความโด่ง (Kurtosis)	ผล
GOV1	-0.01329	-0.7426	ใช้ได้
GOV2	0.05898	-0.7009	ใช้ได้
GOV3	-0.11735	-0.6422	ใช้ได้
GOV4	0.03089	-0.6148	ใช้ได้
GOV5	-0.13923	-0.7165	ใช้ได้
DL1	0.03211	-0.6357	ใช้ได้
DL2	0.19191	-0.6041	ใช้ได้
DL3	0.00339	-0.6137	ใช้ได้
DL4	0.13533	-0.6456	ใช้ได้
DL5	-0.04619	-0.6323	ใช้ได้
US1	-0.15414	-0.5842	ใช้ได้
US2	-0.10396	-0.0535	ใช้ได้
US3	-0.03504	-0.5017	ใช้ได้
US4	-0.32824	-0.0667	ใช้ได้
US5	-0.25318	-0.3901	ใช้ได้
SFA1	-1.06989	0.1272	ใช้ได้
SFA2	-1.3392	0.7412	ใช้ได้
SFA3	-0.86506	-0.0674	ใช้ได้
SFA4	-1.08592	0.3852	ใช้ได้
SFA5	-0.73439	-0.1777	ใช้ได้

จากตารางที่ 4-22 ที่ได้ทำการทดสอบลักษณะการแจกแจงข้อมูลแบบปกติสามารถอธิบายในแต่ละปัจจัยได้ดังนี้

4.1.3.1 ด้านทัศนคติต่อการใช้ระบบฟาร์มอัจฉริยะ

จากการทดสอบลักษณะการแจกแจงข้อมูลแบบปกติของตัวแปร ATB1-ATB5 พบว่า ทุกตัวแปรมีการแจกแจงแบบปกติ โดยค่าความเบ้อยู่ในช่วง -0.17 ถึง -0.29 และค่าความโด่งอยู่ในช่วง -

0.35 ถึง -0.56 ซึ่งทั้งสองค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้สำหรับการแจกแจงปกติ (ค่าความเบ้และความโด่งควรอยู่ระหว่าง -2 ถึง +2) ค่าความเบ้เป็นลบทุกตัวแปรแสดงว่าข้อมูลเอียงไปทางซ้ายเล็กน้อย หมายความว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ให้คะแนนในระดับสูง ส่วนค่าความโด่งเป็นลบแสดงว่าการกระจายของข้อมูลค่อนข้างแบนกว่าการแจกแจงปกติมาตรฐาน (platykurtic) ซึ่งหมายถึงข้อมูลกระจายตัวไม่รวมกลุ่มมากเกินไป ผลการทดสอบนี้ยืนยันว่าข้อมูลทั้ง 5 ตัวแปรเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติที่ต้องการสมมติฐานการแจกแจงปกติ

4.1.3.2 ด้านการรับรู้ความสามารถในการใช้งาน

จากการทดสอบลักษณะการแจกแจงข้อมูลแบบปกติของตัวแปร PBC1-PBC5 พบว่า ทุกตัวแปรมีการแจกแจงแบบปกติ โดยค่าความเบ้อยู่ในช่วง -0.11 ถึง +0.05 ซึ่งใกล้เคียงกับศูนย์มาก และค่าความโด่ง อยู่ในช่วง -0.40 ถึง -0.58 ซึ่งทั้งสองค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้สำหรับการแจกแจงปกติ ค่าความเบ้ที่ใกล้ศูนย์แสดงว่าข้อมูลมีการกระจายที่สมมาตรมาก โดย PBC1 และ PBC2 เอียงไปทางซ้ายเล็กน้อย (ผู้ตอบส่วนใหญ่ให้คะแนนสูง) ขณะที่ PBC3, PBC4, และ PBC5 เอียงไปทางขวาเล็กน้อย (มีการกระจายของคะแนนที่หลากหลายมากขึ้น) ค่าความโด่งเป็นลบทุกตัวแปรแสดงว่าการกระจายของข้อมูลค่อนข้างแบน (platykurtic) หมายถึงข้อมูลไม่รวมกลุ่มที่ค่าเฉลี่ยมากเกินไป แต่กระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ ผลการทดสอบนี้ยืนยันว่าข้อมูล PBC ทั้ง 5 ตัวแปรเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติและสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ขั้นสูงต่อไปได้อย่างมั่นใจ

4.1.3.3 ด้านความคาดหวังด้านประสิทธิภาพ

จากการทดสอบลักษณะการแจกแจงข้อมูลแบบปกติของตัวแปร PE1-PE5 พบว่า ทุกตัวแปรมีการแจกแจงแบบปกติ โดยค่าความเบ้ อยู่ในช่วง -0.27 ถึง -0.43 ซึ่งเป็นค่าลบทุกตัวแปร และค่าความโด่งอยู่ในช่วง -0.28 ถึง -0.44 ซึ่งทั้งสองค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้สำหรับการแจกแจงปกติ ค่าความเบ้เป็นลบทุกตัวแปรแสดงว่าข้อมูลเอียงไปทางซ้าย (left-skewed) หมายความว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ให้คะแนนในระดับสูงกับตัวแปร PE ทั้ง 5 ตัว โดย PE2 มีค่าความเบ้สูงสุด (-0.43) แสดงว่ามีการเอียงไปทางซ้ายมากที่สุด ค่าความโด่งเป็นลบทุกตัวแปรแสดงว่าการกระจายของข้อมูลค่อนข้างแบนหมายถึงข้อมูลกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอและไม่รวมกลุ่มที่ค่าเฉลี่ยมากเกินไป ผลการทดสอบนี้ยืนยันว่าข้อมูล PE ทั้ง 5 ตัวแปรมีคุณภาพดีและเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติและสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์และการทำนายได้อย่างเชื่อถือได้

4.1.3.4 ด้านความคาดหวังด้านความง่ายในการใช้งาน

จากการทดสอบลักษณะการแจกแจงข้อมูลแบบปกติของตัวแปร EE1-EE5 พบว่า ทุกตัวแปรมีการแจกแจงแบบปกติ โดยค่าความเบ้ (Skewness) อยู่ในช่วง -0.16 ถึง +0.11 ซึ่งใกล้เคียงกับศูนย์มาก และค่าความโด่ง (Kurtosis) อยู่ในช่วง -0.36 ถึง -0.48 ซึ่งทั้งสองค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้สำหรับการแจกแจงปกติ ค่าความเบ้ที่ใกล้ศูนย์แสดงว่าข้อมูลมีการกระจายที่สมมาตรดีมาก โดย EE1 เอียงไปทางซ้ายเล็กน้อย (-0.16) แสดงว่าผู้ตอบส่วนใหญ่ให้คะแนนสูง ขณะที่ EE2-EE5 เอียงไปทางขวาเล็กน้อย (0.01-0.11) แสดงว่ามีการกระจายของคะแนนที่หลากหลายมากขึ้น ค่าความโด่งเป็นลบทุกตัวแปรแสดงว่าการกระจายของข้อมูลค่อนข้างแบน (platykurtic) หมายถึงข้อมูลไม่รวมกลุ่มที่ค่าเฉลี่ยมากเกินไป แต่กระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ โดย EE3 มีค่าความโด่งต่ำสุด (-0.48) แสดงว่ามีการกระจายที่แบนที่สุด ผลการทดสอบนี้ยืนยันว่าข้อมูล EE ทั้ง 5 ตัวแปรมีคุณภาพดีและเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติ

4.1.3.5 ด้านอิทธิพลทางสังคม

จากการทดสอบลักษณะการแจกแจงข้อมูลแบบปกติของตัวแปร SI1-SI5 พบว่า ทุกตัวแปรมีการแจกแจงแบบปกติ โดยค่าความเบ้ อยู่ในช่วง -0.09 ถึง +0.003 ซึ่งใกล้เคียงกับศูนย์มาก และค่าความโด่งอยู่ในช่วง -0.26 ถึง -0.48 ซึ่งทั้งสองค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้สำหรับการแจกแจงปกติ ค่าความเบ้ที่ใกล้ศูนย์แสดงว่าข้อมูลมีการกระจายที่สมมาตรดีเยี่ยม โดย SI3 มีค่าความเบ้ใกล้ศูนย์มากที่สุด (0.003) แสดงว่ามีการกระจายที่สมมาตรเกือบสมบูรณ์ ขณะที่ SI1, SI2, SI4, และ SI5 เอียงไปทางซ้ายเล็กน้อย (-0.05 ถึง -0.09) แสดงว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ให้คะแนนในระดับสูงกับตัวแปรเหล่านี้ ค่าความโด่งเป็นลบทุกตัวแปรแสดงว่าการกระจายของข้อมูลค่อนข้างแบน (platykurtic) หมายถึงข้อมูลไม่รวมกลุ่มที่ค่าเฉลี่ยมากเกินไป แต่กระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ โดย SI2 มีค่าความโด่งต่ำสุด (-0.48) แสดงว่ามีการกระจายที่แบนที่สุด ผลการทดสอบนี้ยืนยันว่าข้อมูล SI ทั้ง 5 ตัวแปรมีคุณภาพดีเยี่ยม

4.1.3.6 ด้านเงื่อนไขสนับสนุน

จากการทดสอบลักษณะการแจกแจงข้อมูลแบบปกติของตัวแปร FC1-FC5 พบว่า ทุกตัวแปรมีการแจกแจงแบบปกติ โดยค่าความเบ้อยู่ในช่วง 0.09 ถึง 0.43 ซึ่งเป็นค่าบวกทั้งหมดแต่ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และค่าความโด่งอยู่ในช่วง -0.42 ถึง -0.69 ซึ่งเป็นค่าลบทั้งหมดและอยู่ในเกณฑ์ปกติ ค่าความเบ้เป็นบวกทุกตัวแปรแสดงว่าข้อมูลเอียงไปทางขวาเล็กน้อย หมายถึงผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ให้คะแนนในระดับต่ำถึงปานกลาง โดย FC2 มีค่าความเบ้สูงสุด (0.43) แสดง

ว่ามีการเอียงไปทางขวามากที่สุด ขณะที่ FC5 มีค่าความเบ้ต่ำสุด (0.09) แสดงว่าการกระจายใกล้เคียงกับการแจกแจงปกติมากที่สุด ค่าความโด่งเป็นลบทุกตัวแปรแสดงว่าการกระจายของข้อมูลค่อนข้างแบน (platykurtic) โดย FC5 มีค่าความโด่งต่ำสุด (-0.69) แสดงว่ามีการกระจายที่แบนที่สุด ขณะที่ FC2 มีค่าความโด่งสูงสุด (-0.42) แสดงว่าการกระจายใกล้เคียงกับการแจกแจงปกติมากกว่า ผลการทดสอบนี้ยืนยันว่าข้อมูล FC ทั้ง 5 ตัวแปรมีคุณภาพดีและเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติ

4.1.3.7 ด้านคุณภาพของระบบ

จากการทดสอบลักษณะการแจกแจงข้อมูลแบบปกติของตัวแปร EE1-EE5 พบว่า ทุกตัวแปรมีการแจกแจงแบบปกติ โดยค่าความเบ้อยู่ในช่วง -0.16 ถึง 0.11 ซึ่งใกล้เคียงกับศูนย์มาก และค่าความโด่งอยู่ในช่วง -0.36 ถึง -0.48 ซึ่งทั้งสองค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้สำหรับการแจกแจงปกติ ค่าความเบ้มีทั้งค่าบวกและลบแสดงว่าข้อมูลมีรูปแบบการกระจายที่หลากหลาย โดย EE1 เป็นตัวแปรเดียวที่มีค่าความเบ้เป็นลบ (-0.16) แสดงว่าเอียงไปทางซ้ายเล็กน้อย หมายถึงผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ให้คะแนนในระดับสูง ขณะที่ EE2-EE5 มีค่าความเบ้เป็นบวก (0.01-0.11) แสดงว่าเอียงไปทางขวาเล็กน้อย โดย EE3 มีค่าความเบ้ใกล้ศูนย์มากที่สุด (0.01) แสดงว่ามีการกระจายที่สมมาตรเกือบสมบูรณ์ ค่าความโด่งเป็นลบทุกตัวแปรแสดงว่าการกระจายของข้อมูลค่อนข้างแบน (platykurtic) โดย EE3 มีค่าความโด่งต่ำสุด (-0.48) แสดงว่ามีการกระจายที่แบนที่สุด ขณะที่ EE5 มีค่าความโด่งสูงสุด (-0.36) แสดงว่าการกระจายใกล้เคียงกับการแจกแจงปกติมากกว่า ผลการทดสอบนี้ยืนยันว่าข้อมูล EE ทั้ง 5 ตัวแปรมีคุณภาพดีเยี่ยมและสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์และการสร้างแบบจำลองได้อย่างเชื่อถือได้สูง

4.1.3.8 ด้านคุณภาพของข้อมูล

จากการทดสอบลักษณะการแจกแจงข้อมูลแบบปกติของตัวแปร IQ1-IQ5 พบว่า ทุกตัวแปรมีการแจกแจงแบบปกติ โดยค่าความเบ้ค่าลบทั้งหมดอยู่ในช่วง -0.19 ถึง -0.28 และค่าความโด่งเป็นค่าลบทั้งหมดอยู่ในช่วง -0.20 ถึง -0.32 ซึ่งทั้งสองค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้สำหรับการแจกแจงปกติ ค่าความเบ้เป็นลบทุกตัวแปรแสดงว่าข้อมูลเอียงไปทางซ้าย หมายถึงผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ให้คะแนนในระดับสูง โดย IQ4 มีค่าความเบ้ต่ำสุด (-0.28) แสดงว่ามีการเอียงไปทางซ้ายมากที่สุด ขณะที่ IQ5 มีค่าความเบ้สูงสุด (-0.19) แสดงว่าการกระจายใกล้เคียงกับการแจกแจงปกติมากที่สุด ค่าความโด่งเป็นลบทุกตัวแปรแสดงว่าการกระจายของข้อมูลค่อนข้างแบน (platykurtic) โดย IQ5 มีค่า

ความโด่งต่ำสุด (-0.32) แสดงว่ามีการกระจายที่แบนที่สุด ขณะที่ IQ3 มีค่าความโด่งสูงสุด (-0.20) แสดงว่าการกระจายใกล้เคียงกับการแจกแจงปกติมากกว่า ผลการทดสอบนี้ยืนยันว่าข้อมูล IQ ทั้ง 5 ตัวแปรมีคุณภาพดีและเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติแบบพาราเมตริก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการที่ข้อมูลเอียงไปทางซ้ายแสดงว่าผู้ตอบแบบสอบถามมีความตั้งใจในการใช้งาน (Intention to Use) ในระดับสูง ซึ่งเป็นสัญญาณบวกสำหรับการยอมรับเทคโนโลยี

4.1.3.9 ด้านการรับรู้ประโยชน์ของ AI

จากการทดสอบลักษณะการแจกแจงข้อมูลแบบปกติของตัวแปร PAIB1-PAIB5 พบว่า ทุกตัวแปรมีการแจกแจงแบบปกติ โดยค่าความเบ้ (Skewness) เป็นค่าลบทั้งหมดอยู่ในช่วง -0.29 ถึง -0.53 และค่าความโด่ง (Kurtosis) เป็นค่าลบทั้งหมดอยู่ในช่วง -0.17 ถึง -0.43 ซึ่งทั้งสองค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้สำหรับการแจกแจงปกติ ค่าความเบ้เป็นลบทุกตัวแปรแสดงว่าข้อมูลเอียงไปทางซ้าย หมายถึงผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ให้คะแนนในระดับสูง โดย PAIB4 มีค่าความเบ้ต่ำสุด (-0.53) แสดงว่ามีการเอียงไปทางซ้ายมากที่สุด ขณะที่ PAIB3 มีค่าความเบ้สูงสุด (-0.30) แสดงว่าการกระจายใกล้เคียงกับการแจกแจงปกติมากที่สุด ค่าความโด่งเป็นลบทุกตัวแปรแสดงว่าการกระจายของข้อมูลค่อนข้างแบนโดย PAIB5 มีค่าความโด่งต่ำสุด (-0.43) แสดงว่ามีการกระจายที่แบนที่สุด ขณะที่ PAIB4 มีค่าความโด่งสูงสุด (-0.17) แสดงว่าการกระจายใกล้เคียงกับการแจกแจงปกติมากกว่า ผลการทดสอบนี้ยืนยันว่าข้อมูล PAIB ทั้ง 5 ตัวแปรมีคุณภาพดีและเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติแบบพาราเมตริก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการที่ข้อมูลเอียงไปทางซ้ายแสดงว่าผู้ตอบแบบสอบถามมีความรู้สึกเชิงบวกต่อผลกระทบที่รับรู้ในระดับสูง ซึ่งสะท้อนถึงการยอมรับเทคโนโลยีในด้านอารมณ์และความรู้สึกที่ดี

4.1.3.10 ด้านความเชื่อมั่นในระบบ AI

จากการทดสอบลักษณะการแจกแจงข้อมูลแบบปกติของตัวแปร TRUST1-TRUST5 พบว่าทุกตัวแปรมีการแจกแจงแบบปกติ โดยค่าความเบ้เป็นค่าลบทั้งหมดอยู่ในช่วง -0.03 ถึง -0.22 และค่าความโด่งเป็นค่าลบทั้งหมดอยู่ในช่วง -0.39 ถึง -0.44 ซึ่งทั้งสองค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้สำหรับการแจกแจงปกติ ค่าความเบ้เป็นลบทุกตัวแปรแสดงว่าข้อมูลเอียงไปทางซ้าย หมายถึงผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ให้คะแนนในระดับสูง โดย TRUST2 มีค่าความเบ้ต่ำสุด (-0.22) แสดงว่ามีการเอียงไปทางซ้ายมากที่สุด ขณะที่ TRUST4 และ TRUST5 มีค่าความเบ้ใกล้เคียงศูนย์มากที่สุด (-0.03 และ -0.04 ตามลำดับ) แสดงว่าการกระจายใกล้เคียงกับการแจกแจงปกติมากที่สุด ค่าความโด่งเป็น

ลบทุกตัวแปรแสดงว่าการกระจายของข้อมูลค่อนข้างแบน โดยมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง -0.39 ถึง -0.44 ผลการทดสอบนี้ยืนยันว่าข้อมูล TRUST ทั้ง 5 ตัวแปรมีคุณภาพดีและเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติแบบพาราเมตริก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการที่ข้อมูลเอียงไปทางซ้ายแสดงว่าผู้ตอบแบบสอบถามมีระดับความไว้วางใจต่อเทคโนโลยี AI ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการยอมรับและการใช้งานเทคโนโลยีในอนาคต

4.1.3.11 ด้านความกังวลด้านข้อมูลส่วนบุคคล

จากการทดสอบลักษณะการแจกแจงข้อมูลแบบปกติของตัวแปร DPC1-DPC5 พบว่า ทุกตัวแปรมีการแจกแจงแบบปกติ โดยค่าความเบ้อยู่ในช่วง -0.42 ถึง 0.37 และค่าความโด่งอยู่ในช่วง -0.11 ถึง -0.47 ซึ่งทั้งสองค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้สำหรับการแจกแจงปกติ ข้อมูลส่วนใหญ่เอียงไปทางซ้าย (DPC1-DPC4) หมายถึงผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ให้คะแนนในระดับสูง โดย DPC2 มีการเอียงไปทางซ้ายมากที่สุด (-0.42) ขณะที่ DPC5 เป็นตัวแปรเดียวที่เอียงไปทางขวา (0.37) แสดงว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ให้คะแนนในระดับต่ำกว่าค่าเฉลี่ย การกระจายของข้อมูลทุกตัวแปรค่อนข้างแบน โดย DPC1 มีการกระจายที่แบนที่สุด (-0.47) ขณะที่ DPC5 มีการกระจายใกล้เคียงกับการแจกแจงปกติมากที่สุด (-0.11) ผลการทดสอบนี้ยืนยันว่าข้อมูล DPC ทั้ง 5 ตัวแปรมีคุณภาพดีและเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติแบบพาราเมตริก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการที่ DPC1-DPC4 เอียงไปทางซ้ายแสดงว่าผู้ตอบแบบสอบถามมีการรับรู้ถึงความสามารถในการควบคุมข้อมูลส่วนบุคคล (Data Privacy Control) ในระดับสูง ขณะที่ DPC5 ที่เอียงไปทางขวาอาจสะท้อนถึงความกังวลด้านข้อมูลส่วนบุคคล

4.1.3.12 ด้านการสนับสนุนจากภาครัฐ

จากการทดสอบลักษณะการแจกแจงข้อมูลแบบปกติของตัวแปร GOV1-GOV5 พบว่า ทุกตัวแปรมีการแจกแจงแบบปกติ โดยค่าความเบ้อยู่ในช่วง -0.14 ถึง 0.06 และค่าความโด่งเป็นค่าลบทั้งหมดอยู่ในช่วง -0.61 ถึง -0.74 ซึ่งทั้งสองค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้สำหรับการแจกแจงปกติ ข้อมูลส่วนใหญ่มีการกระจายที่ใกล้เคียงกับการแจกแจงปกติ โดย GOV1 และ GOV4 มีค่าความเบ้ใกล้เคียงศูนย์มากที่สุด (-0.01 และ 0.03 ตามลำดับ) แสดงว่าการกระจายสมมาตรมากที่สุด ขณะที่ GOV2 และ GOV4 เอียงไปทางขวาเล็กน้อย (0.06 และ 0.03) และ GOV3, GOV5 เอียงไปทางซ้ายเล็กน้อย (-0.12 และ -0.14) การกระจายของข้อมูลทุกตัวแปรค่อนข้างแบน โดย GOV1 มีการกระจายที่แบนที่สุด (-0.74) ขณะที่ GOV4 มีการกระจายใกล้เคียงกับการแจกแจงปกติมากที่สุด (-0.61) ผลการ

ทดสอบนี้ยืนยันว่าข้อมูล GOV ทั้ง 5 ตัวแปรมีคุณภาพดีและเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติแบบพาราเมตริก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการที่ข้อมูลมีการกระจายที่ใกล้เคียงกับการแจกแจงปกติแสดงว่าผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นที่หลากหลายและกระจายอย่างสมดุลเกี่ยวกับการสนับสนุนจากรัฐบาล (Government Support) ซึ่งสะท้อนถึงมุมมองที่แตกต่างกันของผู้ใช้งานต่อบทบาทและการช่วยเหลือของภาครัฐในการส่งเสริมเทคโนโลยี

4.1.3.13 ด้านความรู้ด้านดิจิทัล

จากการทดสอบลักษณะการแจกแจงข้อมูลแบบปกติของตัวแปร DL1-DL5 พบว่า ทุกตัวแปรมีการแจกแจงแบบปกติ โดยค่าความเบ้อยู่ในช่วง -0.05 ถึง 0.19 และค่าความโด่งเป็นค่าลบทั้งหมดอยู่ในช่วง -0.60 ถึง -0.65 ซึ่งทั้งสองค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้สำหรับการแจกแจงปกติ ข้อมูลส่วนใหญ่เอียงไปทางขวาเล็กน้อย โดย DL2 มีการเอียงไปทางขวามากที่สุด (0.19) รองลงมาคือ DL4 (0.14) แสดงว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ให้คะแนนในระดับต่ำกว่าค่าเฉลี่ย ขณะที่ DL1 และ DL3 มีการกระจายที่ใกล้เคียงกับการแจกแจงปกติมากที่สุด (0.03 และ 0.003 ตามลำดับ) และ DL5 เป็นตัวแปรเดียวที่เอียงไปทางซ้ายเล็กน้อย (-0.05) การกระจายของข้อมูลทุกตัวแปรค่อนข้างแบน โดย DL4 มีการกระจายที่แบนที่สุด (-0.65) ขณะที่ DL2 มีการกระจายใกล้เคียงกับการแจกแจงปกติมากที่สุด (-0.60) ผลการทดสอบนี้ยืนยันว่าข้อมูล DL ทั้ง 5 ตัวแปรมีคุณภาพดีและเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติแบบพาราเมตริก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการที่ DL2 และ DL4 เอียงไปทางขวาอาจสะท้อนถึงความท้าทายหรือข้อจำกัดในการเรียนรู้ดิจิทัล (Digital Learning) ที่ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ยังประสบอยู่ ขณะที่ DL1 และ DL3 ที่มีการกระจายสมมาตรแสดงถึงความสมดุลของความคิดเห็นเกี่ยวกับแง่มุมเหล่านั้นของการเรียนรู้ดิจิทัล

4.1.3.14 ด้านความพึงพอใจในการใช้งาน

จากการทดสอบลักษณะการแจกแจงข้อมูลแบบปกติของตัวแปร US1-US5 พบว่า ทุกตัวแปรมีการแจกแจงแบบปกติ โดยค่าความเบ้เป็นค่าลบทั้งหมดอยู่ในช่วง -0.04 ถึง -0.33 และค่าความโด่งเป็นค่าลบทั้งหมดอยู่ในช่วง -0.05 ถึง -0.58 ซึ่งทั้งสองค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้สำหรับการแจกแจงปกติ ข้อมูลทุกตัวแปรเอียงไปทางซ้าย โดย US4 มีการเอียงไปทางซ้ายมากที่สุด (-0.33) รองลงมาคือ US5 (-0.25) และ US1 (-0.15) แสดงว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ให้คะแนนในระดับสูงกว่าค่าเฉลี่ย ขณะที่ US3 มีการกระจายที่ใกล้เคียงกับการแจกแจงปกติมากที่สุด (-0.04) ลักษณะการกระจายของข้อมูลแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดย US1 และ US3 มีการกระจายที่ค่อนข้างแบน (-0.58

และ -0.50 ตามลำดับ) ขณะที่ US2 และ US4 มีการกระจายใกล้เคียงกับการแจกแจงปกติมาก (-0.05 และ -0.07 ตามลำดับ) และ US5 อยู่ระหว่างกลาง (-0.39) ผลการทดสอบนี้ยืนยันว่าข้อมูล US ทั้ง 5 ตัวแปรมีคุณภาพดีและเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติแบบพาราเมตริก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการที่ข้อมูลทุกตัวแปรเอียงไปทางซ้ายสะท้อนถึงทัศนคติเชิงบวกของผู้ตอบแบบสอบถามต่อการใช้งานระบบ (User Satisfaction) ซึ่งแสดงว่าผู้ใช้งานส่วนใหญ่มีความพึงพอใจในระดับสูงต่อระบบหรือเทคโนโลยีที่ประเมิน

4.1.3.15 ด้านการยอมรับระบบสมาร์ทฟาร์ม

จากการทดสอบลักษณะการแจกแจงข้อมูลแบบปกติของตัวแปร SFA1-SFA5 พบว่า ทุกตัวแปรมีการแจกแจงแบบปกติ โดยค่าความเบ้เป็นค่าลบทั้งหมดอยู่ในช่วง -0.73 ถึง -1.34 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้สำหรับการแจกแจงปกติ และค่าความโด่งมีทั้งค่าบวกและลบอยู่ในช่วง -0.18 ถึง 0.74 ข้อมูลทุกตัวแปรเอียงไปทางซ้ายอย่างชัดเจน โดย SFA2 มีการเอียงไปทางซ้ายมากที่สุด (-1.34) รองลงมาคือ SFA4 (-1.09) และ SFA1 (-1.07) แสดงว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ให้คะแนนในระดับสูงมาก ขณะที่ SFA5 มีการเอียงไปทางซ้ายน้อยที่สุด (-0.73) ลักษณะการกระจายของข้อมูลแตกต่างกันอย่างน่าสนใจ โดย SFA2 มีการกระจายที่แหลมกว่าการแจกแจงปกติ (0.74) แสดงว่าข้อมูลมีการกระจุกตัวรอบค่าเฉลี่ยมาก ขณะที่ SFA4 มีการกระจายที่แหลมปานกลาง (0.39) และ SFA1 ใกล้เคียงกับการแจกแจงปกติ (0.13) ส่วน SFA3 และ SFA5 มีการกระจายที่ค่อนข้างแบน (-0.07 และ -0.18 ตามลำดับ) ผลการทดสอบนี้ยืนยันว่าข้อมูล SFA ทั้ง 5 ตัวแปรมีคุณภาพดีและเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติแบบพาราเมตริก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการที่ข้อมูลทุกตัวแปรเอียงไปทางซ้ายอย่างชัดเจนสะท้อนถึงระดับความพึงพอใจที่สูงมากของผู้ใช้งานต่อการพัฒนาอย่างยั่งยืนของระบบเกษตรอัจฉริยะ (Sustainable Farm Development) ซึ่งแสดงว่าเกษตรกรส่วนใหญ่เห็นคุณค่าและประโยชน์ของเทคโนโลยีในการพัฒนาการเกษตรอย่างยั่งยืนในระดับสูง

4.2 ผลการตรวจสอบความตรงของโมเดลการวัด

4.2.1 การตรวจสอบความเชื่อมั่น (Reliability Assessment)

ตารางที่ 4-23 ผลการวิเคราะห์ความเชื่อมั่นของโมเดล

Construct	Cronbach's alpha	Composite reliability (rho_a)	Composite reliability (rho_c)	Average variance extracted (AVE)	การแปลผล
ATB	0.945	0.948	0.958	0.820	ความเชื่อมั่นสูงมาก ความตรงเชิงบรรจบดีเยี่ยม
DL	0.929	0.942	0.946	0.779	ความเชื่อมั่นสูงมาก ความตรงเชิงบรรจบดีเยี่ยม
DPC	0.946	0.969	0.958	0.822	ความเชื่อมั่นสูงมาก ความตรงเชิงบรรจบดีเยี่ยม
EE	0.941	0.944	0.955	0.808	ความเชื่อมั่นสูงมาก ความตรงเชิงบรรจบดีเยี่ยม
FC	0.930	1.053	0.943	0.768	ความเชื่อมั่นสูงมาก ความตรงเชิงบรรจบดีเยี่ยม

ตารางที่ 4-23 ผลการวิเคราะห์ความเชื่อมั่นของโมเดล (ต่อ)

Construct	Cronbach's alpha	Composite reliability (rho_a)	Composite reliability (rho_c)	Average variance extracted (AVE)	การแปลผล
GOV	0.938	0.942	0.953	0.802	ความเชื่อมั่นสูงมาก ความตรงเชิงบรรจบดีเยี่ยม
IQ	0.930	0.931	0.947	0.781	ความเชื่อมั่นสูงมาก ความตรงเชิงบรรจบดีเยี่ยม
PAIB	0.943	0.954	0.956	0.814	ความเชื่อมั่นสูงมาก ความตรงเชิงบรรจบดีเยี่ยม
PBC	0.931	0.983	0.950	0.826	ความเชื่อมั่นสูงมาก ความตรงเชิงบรรจบดีเยี่ยม
PE	0.931	0.940	0.947	0.783	ความเชื่อมั่นสูงมาก ความตรงเชิงบรรจบดีเยี่ยม
SFA	0.866	0.870	0.903	0.651	ความเชื่อมั่นดี ความตรงเชิงบรรจบยอมรับได้

ตารางที่ 4-23 ผลการวิเคราะห์ความเชื่อมั่นของโมเดล (ต่อ)

Construct	Cronbach's alpha	Composite reliability (rho_a)	Composite reliability (rho_c)	Average variance extracted (AVE)	การแปลผล
SI	0.931	0.935	0.947	0.783	ความเชื่อมั่นสูงมาก ความตรงเชิงบรรจบดีเยี่ยม
SQ	0.952	0.953	0.963	0.840	ความเชื่อมั่นสูงมาก ความตรงเชิงบรรจบดีเยี่ยม
TRUST	0.937	0.943	0.952	0.798	ความเชื่อมั่นสูงมาก ความตรงเชิงบรรจบดีเยี่ยม
US	0.887	0.887	0.917	0.689	ความเชื่อมั่นสูงมาก ความตรงเชิงบรรจบดีเยี่ยม

จากตารางที่ 4-23 ผลการวิเคราะห์ความเชื่อมั่นของโมเดลการวัดพบว่า ตัวแปรทุกตัวมีค่า Cronbach's Alpha อยู่ในช่วง 0.866-0.952 และค่า Composite Reliability อยู่ในช่วง 0.903-0.963 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (≥ 0.70) แสดงให้เห็นถึงความสอดคล้องภายในที่ดีของแต่ละตัวแปร สำหรับความตรงเชิงบรรจบ ตัวแปรทุกตัวมีค่า Average Variance Extracted (AVE) อยู่ในช่วง 0.651-0.840 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (≥ 0.50) โดยตัวแปร SQ มีประสิทธิภาพสูงสุด (α = 0.952, CR = 0.963, AVE = 0.840) ขณะที่ตัวแปร SFA และ US แม้จะมีค่าต่ำกว่าตัวแปรอื่นแต่ยังคงอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตามมาตรฐาน (J. Hair et al., 2017) ดังนั้น โมเดลการวัดทั้งหมดมีความเชื่อมั่นและความตรงเชิงบรรจบที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์โมเดลโครงสร้างต่อไป

4.2.2 การตรวจสอบความตรง (Validity Assessment)

4.2.2.1 ความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity)

ความตรงเชิงเนื้อหาเป็นการประเมินว่าข้อคำถามในแบบสอบถามสามารถครอบคลุมและสะท้อนเนื้อหาของตัวแปรที่ต้องการวัดได้อย่างครบถ้วนและเหมาะสม การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาในงานวิจัยนี้ดำเนินการผ่านการทบทวนวรรณกรรมอย่างละเอียดเพื่อสร้างกรอบแนวคิดและพัฒนาข้อคำถามที่สอดคล้องกับทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จากนั้นนำแบบสอบถามเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญในสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ เกษตรสมัยใหม่ และการวิจัยเชิงปริมาณ เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของข้อคำถาม ความชัดเจนของภาษา และความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงข้อคำถามบางข้อให้มีความชัดเจนมากขึ้น และยืนยันว่าข้อคำถามทั้งหมดสามารถวัดตัวแปรแต่ละตัวได้อย่างเหมาะสมและครอบคลุม ทำให้แบบสอบถามมีความตรงเชิงเนื้อหาที่ยอมรับได้ โดยรายละเอียดจะอยู่ในภาคผนวก ข

4.2.2.2 ความตรงเชิงบรรจบ (Convergent Validity)

ความตรงเชิงบรรจบ (Convergent Validity) คือ การตรวจสอบว่าข้อคำถามหรือตัวชี้วัดที่อยู่ในตัวแปรเดียวกันนั้น มีความสัมพันธ์กันอย่างแน่นแฟ้น และ วัดสิ่งเดียวกันจริง หรือไม่ โดยในการวิเคราะห์ PLS-SEM จะประเมินผ่าน 3 เกณฑ์หลัก คือ (1) Factor Loadings ≥ 0.70 แสดงว่าแต่ละข้อคำถามสามารถอธิบายตัวแปรได้ดี (2) Average Variance Extracted (AVE) ≥ 0.50 แสดงว่าตัวแปรสามารถอธิบายความแปรปรวนของข้อคำถามได้มากกว่าครึ่งหนึ่ง และ (3) Composite Reliability ≥ 0.70 แสดงว่าข้อคำถามในตัวแปรมีความสอดคล้องกันภายใน หากผ่านเกณฑ์ทั้ง 3 ข้อ แสดงว่าตัวแปรมี ความตรงเชิงบรรจบที่ดี (Keerativutisest et al., 2024; Y. Li et al., 2020) และสามารถใช้ในการวิเคราะห์ต่อไปได้อย่างมั่นใจ รายละเอียดดังตารางที่ 4-24

ตารางที่ 4-24 ผลวิเคราะห์ค่า Factor Loadings ของแต่ละตัวแปร

ตัวแปร	จำนวนข้อ	ช่วงค่า Loading	ค่าเฉลี่ย	สถานะ
SQ	5 ข้อ	0.912 - 0.922	0.917	ดีเยี่ยม
PBC	5 ข้อ	0.873 - 0.933	0.901	ดีเยี่ยม

ตารางที่ 4-24 ผลวิเคราะห์ค่า Factor Loadings ของแต่ละตัวแปร (ต่อ)

ตัวแปร	จำนวนข้อ	ช่วงค่า Loading	ค่าเฉลี่ย	สถานะ
PAIB	5 ข้อ	0.892 - 0.916	0.902	ดีเยี่ยม
ATB	5 ข้อ	0.893 - 0.915	0.905	ดีเยี่ยม
DPC	5 ข้อ	0.893 - 0.923	0.907	ดีเยี่ยม
TRUST	5 ข้อ	0.884 - 0.903	0.893	ดีมาก
EE	5 ข้อ	0.886 - 0.904	0.899	ดีมาก
GOV	5 ข้อ	0.874 - 0.903	0.896	ดีมาก
IQ	5 ข้อ	0.873 - 0.891	0.884	ดีมาก
SI	5 ข้อ	0.881 - 0.889	0.885	ดีมาก
DL	5 ข้อ	0.869 - 0.896	0.883	ดีมาก
PE	5 ข้อ	0.876 - 0.901	0.885	ดีมาก
FC	5 ข้อ	0.833 - 0.927	0.875	ดี
SFA	5 ข้อ	0.782 - 0.837	0.807	ปานกลาง
US	5 ข้อ	0.812 - 0.841	0.830	ปานกลาง

จากตารางที่ 4-24 ผลการวิเคราะห์ Factor Loadings ของโมเดลแสดงให้เห็นว่าข้อคำถามทั้งหมด 75 ข้อใน 15 ตัวแปรมีความตรงเชิงบรรจบที่ยอมรับได้ โดยมีค่า Factor Loadings อยู่ในช่วง 0.782-0.933 ซึ่งผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ ≥ 0.70 ทั้งหมด ตัวแปรที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ได้แก่ SQ ด้วยค่าเฉลี่ย 0.917, DPC ด้วยค่าเฉลี่ย 0.907, และ ATB ด้วยค่าเฉลี่ย 0.905 ซึ่งอยู่ในระดับ "ดีเยี่ยม" ในขณะที่ตัวแปรส่วนใหญ่อยู่ในระดับ "ดีมาก" (0.883-0.899) และมีเพียง FC ที่อยู่ในระดับ "ดี" (0.875) และ SFA (Smart Farm Adoption) กับ US ที่อยู่ในระดับ "ปานกลาง" (0.807 และ 0.830 ตามลำดับ) ผลลัพธ์นี้ยืนยันว่าเครื่องมือวัดมีความน่าเชื่อถือและความตรงเชิงบรรจบที่เพียงพอสำหรับการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างในขั้นตอนต่อไป

4.2.2.3 ความตรงเชิงจำแนก (Discriminant Validity)

1. Fornell-Larcker Criterion เป็นเกณฑ์มาตรฐานสำหรับการประเมินความตรงเชิงจำแนก (Discriminant Validity) ในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง โดยหลักการของเกณฑ์นี้คือการเปรียบเทียบค่ารากที่สองของ Average Variance Extracted (√AVE) ของแต่ละตัวแปรแฝงกับค่า

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงนั้นกับตัวแปรแฝงอื่นๆ หากค่า √AVE ของตัวแปรใดตัวหนึ่งมีค่ามากกว่าค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรนั้นกับตัวแปรอื่นๆ ทั้งหมด แสดงว่าตัวแปรดังกล่าวมีความตรงเชิงจำแนกที่ดี กล่าวคือ ตัวแปรนั้นสามารถอธิบายความแปรปรวนในตัวบ่งชี้ของตัวเองได้มากกว่าที่มันแบ่งปันความแปรปรวนกับตัวแปรอื่น ซึ่งเป็นหลักฐานว่าตัวแปรแต่ละตัวมีความแตกต่างและเป็นอิสระจากกันอย่างเพียงพอ เกณฑ์นี้จึงเป็นเครื่องมือสำคัญในการยืนยันว่าโมเดลการวัดมีคุณภาพและตัวแปรแต่ละตัววัดสิ่งที่แตกต่างกันจริงดังตารางที่ 4-25

ตารางที่ 4-25 ผลการวิเคราะห์ Fornell-Larcker Criterion

Construct	ATB	DL	DPC	EE	FC	GOV	IQ	PAIB	PBC	PE	SFA	SI	SQ	US	
ATB	0.905														
DL	-0.026	0.882													
DPC	-0.021	-0.05	0.907												
EE	0.039	0.033	0.026	0.899											
FC	-0.007	0.03	-0.001	0.018	0.876										
GOV	-0.011	-0.047	0	-0.023	0.023	0.895									
IQ	0.061	0.067	0.022	0.008	0.04	-0.006	0.884								
PAIB	-0.036	-0.015	0.035	0.019	-0.001	-0.006	-0.031	0.902							

ตารางที่ 4-25 ผลการวิเคราะห์ Fornell-Larcker Criterion (ต่อ)

Construct	ATB	DL	DPC	EE	FC	GOV	IQ	PAIB	PBC	PE	SFA	SI	SQ	US	
PBC	0.061	0.027	-0.012	0.055	-0.005	-0.037	-0.006	-0.048	0.901						
PE	0.029	-0.013	-0.037	0.031	0.052	-0.013	0.018	-0.011	0.019	0.885					
SFA	0.261	0.102	-0.104	0.168	0.141	0.119	0.109	0.227	0.19	0.284	0.807				
SI	0.02	0	-0.019	0.007	0.003	0.025	0.055	-0.002	0.04	0.016	0.144	0.885			
SQ	-0.012	-0.074	0.005	0.001	-0.026	-0.034	-0.025	0.015	0.001	0	0.065	0.058	0.917		
TRUST	0.002	-0.035	0.078	0.04	-0.006	-0.013	-0.006	-0.029	-0.021	-0.039	0.172	0.017	-0.025	0.893	
US	0.225	-0.01	-0.005	0.132	0.02	-0.036	0.361	0.117	0.049	0.214	0.405	0.133	0.352	0.192	0.83

จากตารางที่ 4-25 ผลการวิเคราะห์ Fornell-Larcker Criterion พบว่าโมเดลมีความตรงเชิงจำแนก (Discriminant Validity) ที่ดีเยี่ยม โดยค่า √AVE ของทุกตัวแปรแฝง (ค่าบนเส้นทแยงมุมที่แสดงเป็นตัวหนา) มีค่าสูงกว่าค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรนั้นกับตัวแปรอื่นๆ ทั้งหมด เช่น ATB (0.905), DL (0.882), DPC (0.907), EE (0.899), FC (0.876), GOV (0.895), IQ (0.884), PAIB (0.902), PBC (0.901), PE (0.885), SFA (0.807), SI (0.885), SQ (0.917), TRUST (0.893), และ US (0.830) ซึ่งค่าเหล่านี้ล้วนสูงกว่าค่าสหสัมพันธ์ในแถวและคอลัมน์เดียวกัน แสดงให้เห็นว่าแต่ละตัวแปรสามารถอธิบายความแปรปรวนในตัวบ่งชี้ของตัวเองได้ดีกว่าการแบ่งปันความแปรปรวนกับตัวแปรอื่น ผลลัพธ์นี้ยืนยันว่าตัวแปรทั้ง 15 ตัวในโมเดลมีความแตกต่างและเป็นอิสระจากกันอย่างเพียงพอ ทำให้โมเดลการวัดมีคุณภาพและเชื่อถือได้ในการวิเคราะห์ต่อไป

2. Cross Loadings Matrix

Cross Loadings Matrix เป็นเครื่องมือสำคัญในการประเมินความตรงเชิงจำแนก (Discriminant Validity) ของโมเดลการวัด โดยแสดงค่าน้ำหนักการโหลด (Factor Loading) ของแต่ละตัวบ่งชี้ (Indicator) กับทุกตัวแปรแฝง (Latent Variable) ในโมเดล หลักการของ Cross Loadings คือ ตัวบ่งชี้แต่ละตัวควรมีค่าน้ำหนักการโหลดกับตัวแปรแฝงที่ตัวเองสังกัดสูงกว่าค่าน้ำหนักการโหลดกับตัวแปรแฝงอื่นๆ ซึ่งเป็นหลักฐานว่าตัวบ่งชี้นั้นสามารถวัดตัวแปรแฝงที่กำหนดไว้ได้อย่างแม่นยำและไม่ปนเปื้อนกับตัวแปรอื่น เกณฑ์การตัดสินคือ ค่าน้ำหนักการโหลดของตัวบ่งชี้กับตัวแปรแฝงที่สังกัดควรมีค่ามากกว่า 0.7 และสูงกว่าค่าน้ำหนักการโหลดกับตัวแปรแฝงอื่นๆ อย่างน้อย 0.1 หากเงื่อนไขนี้เป็นไปตามเกณฑ์ แสดงว่าโมเดลมีความตรงเชิงจำแนกที่ดี และตัวแปรแต่ละตัวสามารถแยกแยะความแตกต่างจากตัวแปรอื่นได้อย่างชัดเจน โดยผลการวิเคราะห์จะแสดงดังตารางที่ 4-26

ตารางที่ 4-26 ผลการวิเคราะห์ Cross Loadings Matrix

Construct	ATB	DL	DPC	EE	FC	GOV	IQ	PAIB	PBC	PE	SFA	SI	SQ	TRUST	US
SFA1	0.194	0.082	-0.092	0.175	0.088	0.114	0.125	0.191	0.158	0.237	0.837	0.134	0.055	0.115	0.352
SFA2	0.226	0.067	-0.085	0.151	0.098	0.094	0.073	0.158	0.168	0.234	0.788	0.091	0.038	0.135	0.304
SFA3	0.212	0.078	-0.058	0.107	0.147	0.1	0.074	0.179	0.177	0.211	0.793	0.139	0.057	0.13	0.326
SFA4	0.209	0.09	-0.088	0.11	0.098	0.06	0.069	0.222	0.133	0.244	0.782	0.116	0.062	0.134	0.301
SFA5	0.214	0.096	-0.094	0.131	0.138	0.106	0.094	0.168	0.131	0.224	0.833	0.101	0.051	0.179	0.347
ATB1	0.893	-0.013	-0.04	0.048	-0.025	-0.012	0.045	-0.038	0.057	0.031	0.215	-0.007	-0.005	-0.013	0.18
ATB2	0.908	-0.023	-0.022	0.039	-0.009	-0.004	0.047	-0.034	0.052	0.019	0.237	0.014	-0.033	-0.011	0.204
ATB3	0.901	-0.013	-0.038	0.017	0.011	-0.003	0.054	0	0.067	0.022	0.249	0.018	-0.005	0.018	0.199

ตารางที่ 4-26 ผลการวิเคราะห์ Cross Loadings Matrix (ต่อ)

Construct	ATB	DL	DPC	EE	FC	GOV	IQ	PAIB	PBC	PE	SFA	SI	SQ	TRUST	US
ATB4	0.909	-0.034	-0.017	0.022	-0.01	-0.042	0.055	-0.047	0.05	0.04	0.23	0.026	-0.002	-0.008	0.213
ATB5	0.915	-0.034	0.019	0.05	0	0.012	0.074	-0.041	0.051	0.021	0.246	0.032	-0.008	0.02	0.22
DL1	-0.008	0.882	-0.042	0.045	0.018	-0.042	0.056	-0.003	0.041	-0.017	0.084	-0.015	-0.026	-0.018	0.001
DL2	-0.021	0.888	-0.05	0.03	0.034	-0.046	0.059	-0.019	0.042	-0.001	0.096	0.004	-0.062	-0.034	-0.004
DL3	-0.019	0.878	-0.046	0.023	0.021	-0.038	0.054	-0.023	0.007	0.008	0.094	0.009	-0.067	-0.032	-0.018
DL4	-0.01	0.896	-0.031	0.029	0.03	-0.041	0.077	-0.01	0.027	-0.023	0.104	0.012	-0.074	-0.024	0.003
DL5	-0.075	0.869	-0.056	0.018	0.028	-0.044	0.041	-0.009	-0.007	-0.027	0.063	-0.019	-0.108	-0.051	-0.036
DPC1	-0.003	-0.065	0.906	0.047	-0.001	-0.015	0.011	0.041	0.017	-0.05	-0.086	0.013	0.001	0.07	-0.01

ตารางที่ 4-26 ผลการวิเคราะห์ Cross Loadings Matrix (ต่อ)

Construct	ATB	DL	DPC	EE	FC	GOV	IQ	PAIB	PBC	PE	SFA	SI	SQ	TRUST	US
DPC2	-0.005	-0.049	0.913	0.007	-0.006	0.002	0.005	0.015	-0.019	-0.038	-0.104	-0.024	0.003	0.075	-0.014
DPC3	-0.042	-0.027	0.923	0.022	-0.016	-0.003	0.015	0.012	-0.023	-0.037	-0.115	-0.029	-0.011	0.089	-0.013
DPC4	-0.022	-0.057	0.893	0.028	0.03	0	0.042	0.063	0.004	-0.035	-0.067	-0.015	0.047	0.038	0.003
DPC5	-0.017	-0.034	0.898	0.018	0.002	0.016	0.04	0.046	-0.024	-0.005	-0.082	-0.026	-0.003	0.067	0.017
EE1	0.012	0.032	0.023	0.903	0.021	-0.014	0.029	0.017	0.033	0.019	0.149	0.019	-0.009	0.048	0.125
EE2	0.034	0.041	0.025	0.886	0.018	-0.019	-0.025	0.023	0.071	0.032	0.145	0.018	-0.001	0.02	0.106
EE3	0.046	0.029	0.015	0.898	0.016	-0.029	-0.003	0.011	0.041	0.066	0.156	-0.012	-0.007	0.053	0.127
EE4	0.049	0.024	0.036	0.904	0	0.003	0.008	-0.006	0.078	0.003	0.157	0.006	0	0.023	0.111

ตารางที่ 4-26 ผลการวิเคราะห์ Cross Loadings Matrix (ต่อ)

Construct	ATB	DL	DPC	EE	FC	GOV	IQ	PAIB	PBC	PE	SFA	SI	SQ	TRUST	US
EE5	0.034	0.024	0.02	0.903	0.023	-0.042	0.025	0.04	0.03	0.02	0.146	0.004	0.023	0.033	0.123
FC1	-0.045	0.043	0.01	0.006	0.893	0.004	0.042	-0.011	-0.029	0.046	0.098	0.023	-0.041	0.009	0.017
FC2	0.004	0.028	0.007	0.043	0.88	0.024	0.029	0.004	0.038	0.057	0.13	-0.011	-0.025	-0.016	0.015
FC3	0.007	0.024	-0.019	0.021	0.927	0.035	0.038	0.002	-0.02	0.037	0.144	-0.003	-0.022	-0.007	0.025
FC4	0.01	0.013	0.02	-0.004	0.844	0.007	0.026	0.007	0.005	0.056	0.123	0.013	-0.008	-0.014	0.007
FC5	0.009	0.002	-0.004	-0.028	0.833	0.018	0.032	-0.012	0.018	0.049	0.126	-0.008	0.014	0	0.005
GOV1	-0.012	-0.052	-0.006	0.006	0.04	0.9	-0.019	-0.006	-0.048	0.011	0.114	0.028	-0.053	-0.013	-0.029
GOV2	0.003	-0.048	-0.021	-0.041	0.007	0.903	0.004	0.028	-0.057	0.007	0.11	0.038	-0.022	-0.027	-0.027

ตารางที่ 4-26 ผลการวิเคราะห์ Cross Loadings Matrix (ต่อ)

Construct	ATB	DL	DPC	EE	FC	GOV	IQ	PAIB	PBC	PE	SFA	SI	SQ	TRUST	US
GOV3	-0.036	-0.034	0.009	-0.029	0.011	0.874	-0.019	-0.012	-0.028	-0.026	0.092	0.015	-0.026	-0.032	-0.062
GOV4	0.001	-0.047	0.01	-0.025	0.006	0.898	0.009	-0.026	-0.021	-0.02	0.104	0.027	-0.011	0.006	-0.04
GOV5	-0.007	-0.03	0.008	-0.016	0.038	0.903	-0.004	-0.013	-0.009	-0.036	0.109	0	-0.038	0.007	-0.009
IQ1	0.052	0.048	0.027	-0.016	0.011	-0.04	0.881	-0.02	0.005	0	0.076	0.037	0.002	-0.028	0.313
IQ2	0.072	0.05	0.028	0.013	0.046	0.014	0.886	-0.036	-0.028	0.015	0.1	0.041	-0.051	-0.01	0.335
IQ3	0.039	0.062	0.002	0	0.032	0.004	0.887	-0.024	-0.014	0.038	0.083	0.064	-0.029	-0.013	0.312
IQ4	0.058	0.085	0.017	0.018	0.05	0.006	0.873	-0.022	0.015	0.019	0.117	0.036	-0.032	0.03	0.306
IQ5	0.049	0.051	0.025	0.021	0.037	-0.012	0.891	-0.033	-0.001	0.008	0.107	0.066	0.004	-0.006	0.329

ตารางที่ 4-26 ผลการวิเคราะห์ Cross Loadings Matrix (ต่อ)

Construct	ATB	DL	DPC	EE	FC	GOV	IQ	PAIB	PBC	PE	SFA	SI	SQ	TRUST	US
PAIB1	-0.025	-0.042	0.002	0.041	-0.018	-0.011	-0.03	0.896	-0.062	0	0.22	-0.013	0.016	-0.049	0.099
PAIB2	-0.021	0.002	0.046	0.005	0.002	-0.024	-0.001	0.908	-0.037	0	0.188	-0.035	0.009	-0.029	0.115
PAIB3	-0.037	0.001	0.016	0.037	0.032	0.021	-0.051	0.892	-0.031	-0.022	0.209	-0.005	-0.006	-0.018	0.089
PAIB4	-0.031	-0.01	0.057	0.014	-0.008	0.001	-0.048	0.9	-0.051	-0.014	0.2	0.007	-0.005	-0.019	0.094
PAIB5	-0.046	-0.018	0.035	-0.002	-0.009	-0.007	-0.018	0.916	-0.038	-0.016	0.21	0.033	0.045	-0.018	0.124
PBC1	0.068	0.032	-0.026	0.05	-0.011	-0.023	0.007	-0.028	0.895	0.013	0.179	0.014	-0.009	-0.018	0.033
PBC2	0.056	0.002	-0.004	0.019	0.014	-0.034	0.011	-0.049	0.897	-0.004	0.182	0.036	-0.006	-0.048	0.04
PBC3	0.041	0.001	-0.024	0.033	-0.008	-0.018	-0.031	-0.048	0.873	0.014	0.173	0.055	-0.003	-0.038	0.014

ตารางที่ 4-26 ผลการวิเคราะห์ Cross Loadings Matrix (ต่อ)

Construct	ATB	DL	DPC	EE	FC	GOV	IQ	PAIB	PBC	PE	SFA	SI	SQ	TRUST	US
PBC4	0.047	0.045	-0.007	0.066	-0.003	-0.049	-0.01	-0.035	0.933	0.037	0.162	0.043	0.012	-0.005	0.06
PBC5	0.061	0.019	-0.007	0.061	-0.016	-0.023	-0.015	-0.062	0.907	0.014	0.171	0.038	-0.001	-0.006	0.043
PE1	0.043	0.007	-0.045	-0.014	0.053	-0.017	0.029	-0.009	0.016	0.884	0.255	0.028	-0.019	-0.033	0.175
PE2	0.023	-0.009	-0.012	0.06	0.045	-0.013	0.03	-0.007	-0.011	0.876	0.265	0.012	0.002	-0.013	0.195
PE3	0.024	-0.032	-0.032	0.04	0.041	-0.028	0.031	0.017	0.059	0.901	0.251	0.027	0	-0.053	0.225
PE4	0.027	-0.008	-0.047	0.007	0.029	0.02	-0.002	-0.018	0.019	0.882	0.238	0.007	0.033	-0.046	0.175
PE5	0.013	-0.007	-0.03	0.04	0.065	-0.017	-0.017	-0.041	-0.008	0.88	0.249	-0.005	-0.018	-0.022	0.166
SI1	0.006	-0.003	-0.018	-0.006	0.041	0.031	0.047	-0.015	0.022	0.025	0.143	0.888	0.073	-0.01	0.12

ตารางที่ 4-26 ผลการวิเคราะห์ Cross Loadings Matrix (ต่อ)

Construct	ATB	DL	DPC	EE	FC	GOV	IQ	PAIB	PBC	PE	SFA	SI	SQ	TRUST	US
SI2	0.005	0.002	0.01	0.028	0.021	-0.003	0.046	-0.003	0.06	0.008	0.122	0.889	0.032	0.016	0.124
SI3	0.003	0.014	-0.031	-0.003	-0.021	0.031	0.064	0.024	0.022	0.016	0.129	0.882	0.057	0.028	0.125
SI4	0.035	-0.006	-0.022	-0.012	-0.032	0.042	0.025	0.01	0.03	0.008	0.119	0.881	0.038	0.028	0.094
SI5	0.041	-0.007	-0.025	0.02	-0.003	0.012	0.058	-0.025	0.041	0.014	0.123	0.885	0.055	0.014	0.121
SQ1	-0.023	-0.055	0.032	-0.001	-0.008	-0.034	-0.019	0.023	-0.005	-0.002	0.061	0.062	0.912	-0.01	0.328
SQ2	-0.022	-0.06	0.001	0.011	-0.051	-0.034	-0.006	0.004	-0.013	0.009	0.051	0.037	0.914	-0.019	0.317
SQ3	0.001	-0.079	-0.009	-0.014	-0.008	-0.029	-0.031	0.023	-0.002	-0.012	0.058	0.051	0.92	-0.028	0.301
SQ4	-0.018	-0.06	0.005	0.005	-0.041	-0.017	-0.031	0.018	0.009	-0.006	0.06	0.053	0.922	-0.028	0.338

ตารางที่ 4-26 ผลการวิเคราะห์ Cross Loadings Matrix (ต่อ)

Construct	ATB	DL	DPC	EE	FC	GOV	IQ	PAIB	PBC	PE	SFA	SI	SQ	TRUST	US
SQ5	0.009	-0.088	-0.008	0.004	-0.009	-0.041	-0.025	0.002	0.012	0.008	0.067	0.062	0.915	-0.028	0.329
TRUST1	0.019	-0.012	0.053	0.073	0.001	-0.008	-0.009	-0.024	-0.006	0.004	0.175	0.028	-0.017	0.895	0.18
TRUST2	-0.007	-0.033	0.065	0.031	0.011	0.007	-0.004	-0.023	-0.027	-0.063	0.141	-0.002	-0.032	0.89	0.164
TRUST3	-0.009	-0.055	0.082	0.031	-0.005	-0.012	-0.007	-0.039	-0.041	-0.043	0.112	-0.006	-0.04	0.884	0.139
TRUST4	0.004	-0.027	0.052	0.033	-0.003	0.003	0.004	-0.02	-0.016	-0.02	0.189	0.021	-0.022	0.903	0.177
TRUST5	-0.002	-0.033	0.095	0.011	-0.027	-0.043	-0.012	-0.027	-0.01	-0.053	0.142	0.027	-0.006	0.895	0.189
US1	0.165	-0.028	0.01	0.114	-0.003	-0.029	0.287	0.069	0.046	0.17	0.31	0.105	0.322	0.182	0.822
US2	0.183	0.006	-0.011	0.099	0.047	-0.019	0.308	0.108	0.011	0.205	0.339	0.12	0.279	0.137	0.812

ตารางที่ 4-26 ผลการวิเคราะห์ Cross Loadings Matrix (ต่อ)

Construct	ATB	DL	DPC	EE	FC	GOV	IQ	PAIB	PBC	PE	SFA	SI	SQ	TRUST	US
US3	0.186	-0.002	-0.015	0.115	0.002	-0.035	0.313	0.1	0.074	0.189	0.344	0.075	0.294	0.183	0.841
US4	0.202	-0.034	-0.009	0.074	0.025	-0.065	0.278	0.105	0.046	0.191	0.34	0.116	0.311	0.142	0.84
US5	0.199	0.015	0.004	0.147	0.011	-0.001	0.313	0.104	0.023	0.131	0.348	0.136	0.256	0.153	0.835

จากผลการวิเคราะห์ Cross Loadings Matrix ในตาราง ผลการวิเคราะห์ Cross Loadings Matrix พบว่าโมเดลการวัดมีความตรงเชิงจำแนก (Discriminant Validity) ที่ดี โดยตัวบ่งชี้ทุกตัวมีค่าน้ำหนักการโหลดกับตัวแปรแฝงที่ตัวเองสังกัดสูงกว่าค่าน้ำหนักการโหลดกับตัวแปรแฝงอื่นๆ อย่างชัดเจน ตัวอย่างเช่น ตัวบ่งชี้ ATB1-ATB5 มีค่าน้ำหนักการโหลดกับตัวแปร ATB อยู่ระหว่าง 0.893-0.915 ซึ่งสูงกว่าค่าน้ำหนักการโหลดกับตัวแปรอื่นๆ ที่มีค่าต่ำกว่า 0.249 เช่นเดียวกับตัวแปรอื่นๆ เช่น DL (0.869-0.896), DPC (0.893-0.923), EE (0.886-0.904), FC (0.833-0.927), GOV (0.874-0.903), IQ (0.873-0.891), PAIB (0.892-0.916), PBC (0.873-0.933), PE (0.876-0.901), SFA (0.782-0.837), SI (0.881-0.889), SQ (0.912-0.922), TRUST (0.884-0.903), และ US (0.812-0.841) ผลการวิเคราะห์นี้ยืนยันว่าแต่ละตัวแปรแฝงสามารถแยกแยะความแตกต่างจากตัวแปรอื่นได้อย่างมีนัยสำคัญ และตัวบ่งชี้แต่ละตัวสามารถวัดตัวแปรที่กำหนดไว้ได้อย่างแม่นยำโดยไม่ปนเปื้อนกับตัวแปรอื่น ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานของ Fornell (Fornell & Larcker, 1981) ที่กำหนดไว้

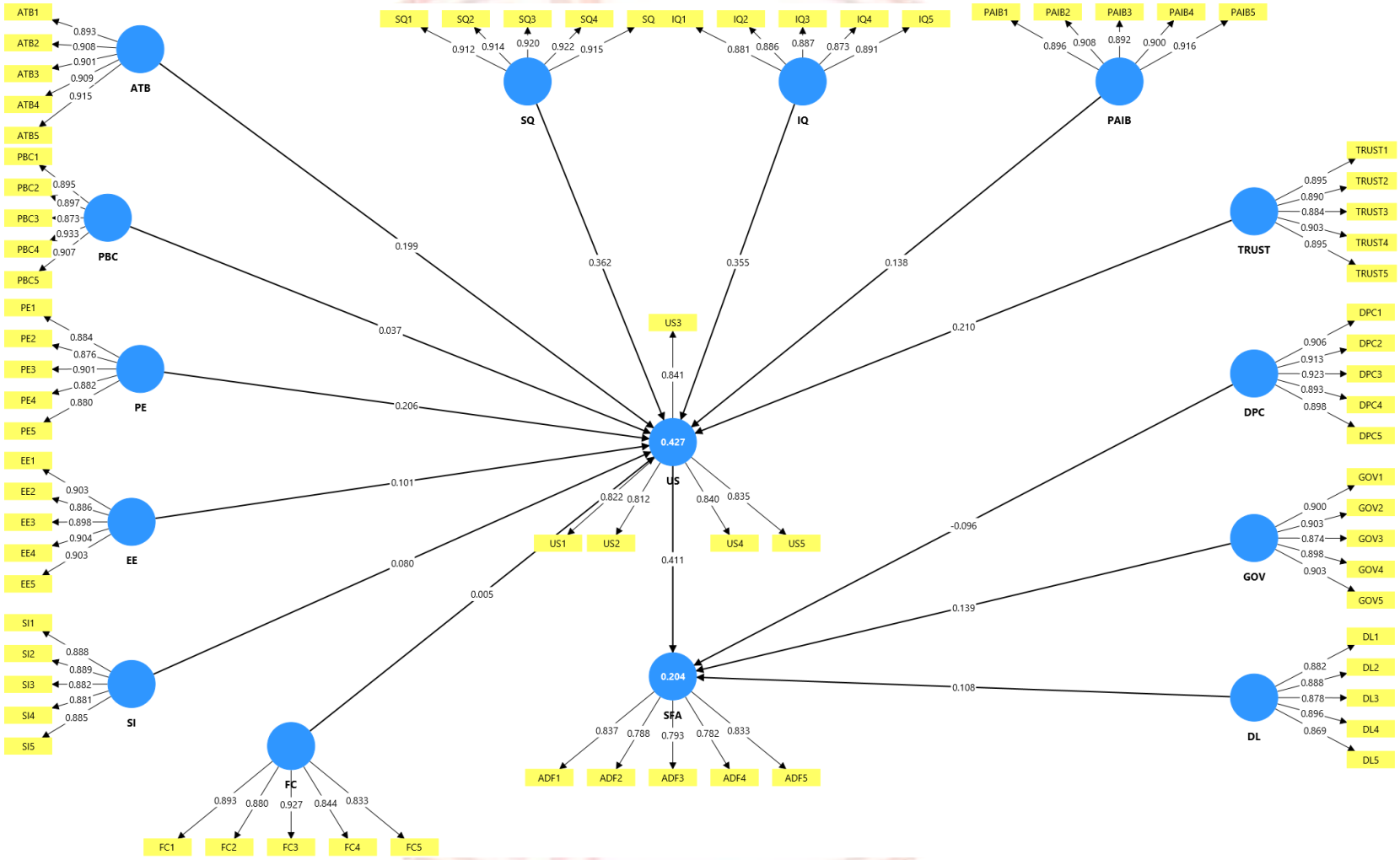
3. HTMT (Heterotrait - Monotrait Ratio)

HTMT เป็นเกณฑ์การประเมินความตรงเชิงจำแนก (Discriminant Validity) ที่ได้รับการพัฒนาโดย Henseler เพื่อแก้ไขข้อจำกัดของเกณฑ์ Fornell-Larcker ที่มีประสิทธิภาพต่ำในการตรวจจับปัญหา Discriminant Validity (Henseler et al., 2015) โดย HTMT คำนวณจากอัตราส่วนระหว่างค่าเฉลี่ยของความสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้ของตัวแปรที่แตกต่างกัน (Heterotrait-Heteromethod correlations) ต่อค่าเฉลี่ยของความสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้ภายในตัวแปรเดียวกัน (Monotrait-Heteromethod correlations) เกณฑ์การตัดสินคือ ค่า HTMT ต้องน้อยกว่า 0.85 สำหรับตัวแปรที่มีลักษณะแตกต่างกัน หรือน้อยกว่า 0.90 สำหรับตัวแปรที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน หากค่า HTMT เกินเกณฑ์ที่กำหนด แสดงว่าตัวแปรทั้งสองขาดความตรงเชิงจำแนก และอาจวัดสิ่งเดียวกัน HTMT จึงถือเป็นเครื่องมือที่มีความไวและแม่นยำสูงกว่าเกณฑ์แบบดั้งเดิมในการประเมิน Discriminant Validity ในการวิเคราะห์ PLS-SEM โดยผลการวิเคราะห์จะแสดงดังตารางที่ 4-27

ตารางที่ 4-27 ผลการวิเคราะห์ HTMT

Construct	ATB	DL	DPC	EE	FC	GOV	IQ	PAIB	PBC	PE	SFA	SI	SQ	TRUST	US
ATB															
DL	0.034														
DPC	0.033	0.056													
EE	0.043	0.035	0.03												
FC	0.023	0.028	0.022	0.026											
GOV	0.022	0.051	0.018	0.03	0.027										
IQ	0.065	0.07	0.029	0.026	0.041	0.022									
PAIB	0.04	0.021	0.046	0.028	0.02	0.024	0.036								
PBC	0.064	0.032	0.023	0.055	0.03	0.035	0.023	0.052							
PE	0.031	0.024	0.041	0.043	0.06	0.029	0.031	0.024	0.027						
SFA	0.289	0.111	0.111	0.185	0.157	0.13	0.12	0.253	0.213	0.317					
SI	0.028	0.019	0.028	0.022	0.031	0.031	0.058	0.029	0.044	0.02	0.16				
SQ	0.021	0.081	0.024	0.015	0.03	0.036	0.032	0.022	0.011	0.021	0.071	0.061			
TRUST	0.02	0.041	0.079	0.043	0.014	0.027	0.022	0.032	0.033	0.047	0.189	0.025	0.029		
US	0.245	0.031	0.018	0.144	0.024	0.045	0.397	0.126	0.049	0.232	0.461	0.146	0.383	0.208	

จากผลการวิเคราะห์ HTMT Matrix ในตารางที่ 4-27 พบว่าโมเดลการวัดมีความตรงเชิงจำแนก (Discriminant Validity) ที่ดีเยี่ยม โดยค่า HTMT ระหว่างตัวแปรแฝงทั้งหมดมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 0.85 อย่างชัดเจน ค่า HTMT ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 0.014-0.461 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดมาก ยกเว้นค่าที่สูงที่สุดคือความสัมพันธ์ระหว่าง SI กับ US (0.461), US กับ IQ (0.397), และ US กับ TRUST (0.383) แต่ยังคงอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ผลการวิเคราะห์นี้ยืนยันว่าตัวแปรแฝงแต่ละตัวสามารถแยกแยะความแตกต่างจากตัวแปรอื่นๆ ได้อย่างมีนัยสำคัญ และไม่มีปัญหาการวัดสิ่งเดียวกัน (Multicollinearity) ระหว่างตัวแปร ซึ่งสนับสนุนความเชื่อถือได้ของโมเดลการวัดและความเหมาะสมในการนำไปใช้วิเคราะห์โมเดลโครงสร้าง (Structural Model) ในขั้นตอนต่อไป



ภาพที่ 4-1 Partial Least Squares Structural Equation Modeling: PLS-SEM

4.3 ผลการทดสอบโมเดลเชิงโครงสร้างและสมมติฐานการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ความตรงของโมเดลเชิงโครงสร้าง (Structural Model Assessment) จากภาพที่ 4-1 เป็นขั้นตอนสำคัญในการประเมินคุณภาพและความเหมาะสมของโมเดลใน PLS-SEM ที่มุ่งเน้นการตรวจสอบความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรแฝง (Latent Variables) โดยการวิเคราะห์นี้ครอบคลุมการประเมินหลายด้าน ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) ที่แสดงอำนาจการอธิบายของตัวแปรต้นต่อตัวแปรตาม ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (Path Coefficients) และนิยามสำคัญทางสถิติ (Statistical Significance) ผ่านการทดสอบ Bootstrapping รวมถึงการประเมินขนาดผลกระทบ (Effect Size: f^2) และความสามารถในการทำนาย (Predictive Relevance: Q^2) ซึ่งผลการวิเคราะห์เหล่านี้จะช่วยยืนยันว่าโมเดลที่พัฒนาขึ้นมีความตรงเชิงโครงสร้าง สามารถอธิบายความสัมพันธ์เชิงสาเหตุได้อย่างเหมาะสม และมีประสิทธิภาพในการทำนายตัวแปรตามตามกรอบทฤษฎีที่กำหนดไว้ ทำให้สามารถสรุปและตีความผลการวิจัยได้อย่างมีความน่าเชื่อถือ

4.3.1 การประเมินความเหมาะสมของโมเดลเชิงโครงสร้าง (Structural Model Fit)

การประเมินความเหมาะสมของโมเดลเชิงโครงสร้างเป็นขั้นตอนสำคัญในการวิเคราะห์ PLS-SEM เพื่อตรวจสอบว่าโมเดลที่สร้างขึ้นสามารถอธิบายข้อมูลเชิงประจักษ์ได้อย่างเหมาะสม โดยใช้ตัวชี้วัดหลักคือ SRMR (Standardized Root Mean Square Residual) ซึ่งวัดความแตกต่างระหว่างเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมที่สังเกตได้กับที่ทำนายโดยโมเดล โดยค่า SRMR ที่ต่ำกว่า 0.08 ถือว่าโมเดลมีความเหมาะสมดี และ NFI (Normed Fit Index) ที่วัดสัดส่วนการปรับปรุงของโมเดลเมื่อเปรียบเทียบกับโมเดลพื้นฐาน โดยค่า NFI ที่สูงกว่า 0.90 แสดงถึงความเหมาะสมที่ยอมรับได้ อย่างไรก็ตาม ใน PLS-SEM การประเมินความเหมาะสมของโมเดลมีความสำคัญน้อยกว่า CB-SEM เนื่องจาก PLS-SEM เน้นการทำนายและการอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรตามมากกว่าการทดสอบทฤษฎี ดังนั้นนักวิจัยจึงควรให้ความสำคัญกับค่า R^2, Q^2, และ Effect Size ควบคู่ไปกับตัวชี้วัดความเหมาะสมของโมเดลเพื่อการประเมินที่ครอบคลุม (J. Hair et al., 2017; Thong et al., 2006) โดยผลการวิเคราะห์จะแสดงดังตารางที่ 4-28

ตารางที่ 4-28 ผลการวิเคราะห์ Structural Model Fit

Fit Measure	Saturated model	Estimated model
SRMR	0.023	0.037

ตารางที่ 4-28 ผลการวิเคราะห์ Structural Model Fit (ต่อ)

Fit Measure	Saturated model	Estimated model
d_ULS	1.534	3.972
d_G	0.762	0.827
Chi-square	4301.176	4555.63
NFI	0.928	0.924

จากตารางที่ 4-28 ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของโมเดลเชิงโครงสร้าง พบว่าโมเดลมีความเหมาะสมในระดับที่ยอมรับได้ โดยค่า SRMR ของ Estimated Model เท่ากับ 0.037 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด (< 0.08) แสดงให้เห็นว่าโมเดลสามารถอธิบายข้อมูลเชิงประจักษ์ได้ดี และค่า NFI เท่ากับ 0.924 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (> 0.90) บ่งชี้ว่าโมเดลมีประสิทธิภาพในการอธิบายความแปรปรวนเมื่อเปรียบเทียบกับโมเดลพื้นฐาน แม้ว่าค่า Chi-square จะมีขนาดใหญ่ (4555.630) ซึ่งเป็นเรื่องปกติในกรณีที่มีขนาดตัวอย่างมาก แต่เนื่องจาก PLS-SEM เน้นการทำนายมากกว่าการทดสอบทฤษฎี ดังนั้นค่า SRMR และ NFI ที่อยู่ในเกณฑ์ที่ดีจึงสนับสนุนให้สรุปได้ว่าโมเดลเชิงโครงสร้างที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมและสามารถใช้ในการวิเคราะห์และตีความผลต่อไปได้

4.3.2 การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (Coefficient of Determination)

การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด หรือ R^2 เป็นตัวชี้วัดสำคัญใน PLS-SEM ที่แสดงถึงสัดส่วนความแปรปรวนของตัวแปรตาม (Endogenous Variables) ที่สามารถอธิบายได้โดยตัวแปรต้น (Exogenous Variables) ในโมเดล โดยค่า R^2 มีช่วงตั้งแต่ 0 ถึง 1 ซึ่งค่าที่สูงกว่าแสดงถึงอำนาจการอธิบายที่ดีกว่า โดยทั่วไปแล้วเสนอเกณฑ์การประเมินว่าค่า R^2 ที่ 0.75, 0.50, และ 0.25 ถือว่ามีอำนาจการอธิบายในระดับสูง ปานกลาง และอ่อน ตามลำดับ (J. F. Hair et al., 2019) อย่างไรก็ตาม การตีความค่า R^2 ควรพิจารณาร่วมกับบริบทของการวิจัย ความซับซ้อนของปรากฏการณ์ที่ศึกษา และการเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในสาขาเดียวกัน เนื่องจากในบางสาขาวิชา เช่น พฤติกรรมศาสตร์ ค่า R^2 ที่ 0.20 อาจถือว่าเป็นผลลัพธ์ที่มีความหมายทางสถิติและปฏิบัติได้ ดังนั้นการวิเคราะห์ค่า R^2 จึงเป็นเครื่องมือสำคัญในการประเมินประสิทธิภาพของโมเดลและความสามารถในการทำนายของตัวแปรต้นต่อตัวแปรตามในโมเดลเชิงโครงสร้าง โดยผลการวิเคราะห์จะแสดงดังตารางที่ 4-29

ตารางที่ 4-29 ผลการวิเคราะห์ Coefficient of Determination

ตัวแปร	R-square	R-square adjusted	การตีความ
SFA	0.204	0.2	อำนาจการอธิบาย 20.4%
US	0.427	0.421	อำนาจการอธิบาย 42.7%

จากตารางที่ 4-29 ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) พบว่าตัวแปรแฝง SFA มีค่า R^2 เท่ากับ 0.204 และค่า R^2 adjusted เท่ากับ 0.200 แสดงให้เห็นว่าตัวแปรต้นในโมเดลสามารถอธิบายความแปรปรวนของ SFA ได้ร้อยละ 20.4 ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับอ่อน (Weak) ตามเกณฑ์การประเมินใน PLS-SEM ส่วนตัวแปรแฝง US มีค่า R^2 เท่ากับ 0.427 และค่า R^2 adjusted เท่ากับ 0.421 หมายความว่าตัวแปรต้นสามารถอธิบายความแปรปรวนของ US ได้ร้อยละ 42.7 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง (Moderate) ค่า R^2 adjusted ที่ใกล้เคียงกับค่า R^2 ในทั้งสองตัวแปรแสดงให้เห็นถึงความเสถียรของโมเดลและไม่มีปัญหา Overfitting ทำให้สามารถสรุปได้ว่าโมเดลมีอำนาจการอธิบายที่ยอมรับได้ โดยเฉพาะตัวแปร US ที่แสดงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุที่ชัดเจนกว่า

4.3.3 การประเมินขนาดผลกระทบ (Effect Size Assessment)

การประเมินขนาดผลกระทบ (Effect Size Assessment) เป็นขั้นตอนสำคัญในการวิเคราะห์ PLS-SEM ที่ใช้วัดความแรงของอิทธิพลที่ตัวแปรต้นแต่ละตัวมีต่อตัวแปรตาม โดยใช้ค่า f^2 (Cohen's f-squared) ในการประเมิน ซึ่งคำนวณจากการเปรียบเทียบค่า R^2 ของโมเดลที่มีตัวแปรต้นครบถ้วนกับโมเดลที่ตัดตัวแปรต้นตัวหนึ่งออกไป เกณฑ์การตีความค่า f^2 ตาม Cohen (1988) กำหนดไว้ว่า ค่า 0.02 ถือว่าเป็นขนาดผลกระทบเล็ก (Small), ค่า 0.15 เป็นขนาดผลกระทบปานกลาง (Medium), และค่า 0.35 ขึ้นไปเป็นขนาดผลกระทบใหญ่ (Large) (Cohen et al., 1988) การวิเคราะห์นี้ช่วยให้นักวิจัยเข้าใจได้ว่าตัวแปรต้นแต่ละตัวมีความสำคัญเชิงปฏิบัติ (Practical Significance) มากน้อยเพียงใด ไม่เพียงแค่ความสำคัญทางสstatistical เท่านั้น ทำให้สามารถระบุได้ว่าตัวแปรใดมีอิทธิพลที่แท้จริงต่อตัวแปรตามและควรได้รับการให้ความสำคัญในการนำไปประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติ โดยผลการวิเคราะห์จะแสดงดังตารางที่ 4-30

ตารางที่ 4-30 การแปลผลค่า f^2 ตามเกณฑ์ Cohen (1988)

เส้นทาง	f^2	ขนาดผลกระทบ	การตีความ
SQ ⟶ US	0.227	Large	มีอิทธิพลสูงมาก
IQ ⟶ US	0.217	Large	มีอิทธิพลสูงมาก
US ⟶ SFA	0.212	Large	มีอิทธิพลสูงมาก
TRUST ⟶ US	0.077	Small	มีอิทธิพลเล็กน้อย
PE ⟶ US	0.074	Small	มีอิทธิพลเล็กน้อย
ATB ⟶ US	0.068	Small	มีอิทธิพลเล็กน้อย
PAIB ⟶ US	0.033	Small	มีอิทธิพลเล็กน้อย
GOV ⟶ SFA	0.024	Small	มีอิทธิพลเล็กน้อย

การประเมินขนาดผลกระทบ (Effect Size: f^2) จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 4-30 แสดงให้เห็นว่า SQ ⟶ US: f^2 = 0.227, IQ ⟶ US: f^2 = 0.217 และ US ⟶ SFA: f^2 = 0.212 มีขนาดผลกระทบขนาดใหญ่ (Large Effect) ตามเกณฑ์ Cohen (1988) ซึ่งบ่งชี้ว่าตัวแปรเหล่านี้มีความสำคัญเชิงปฏิบัติสูงในโมเดล ขณะที่ตัวแปรอื่นๆ เช่น Trust (0.077), PE (0.074), ATB (0.068), PAIB (0.033) และ GOV (0.024) มีขนาดผลกระทบเล็ก (Small Effect) แต่ยังคงมีส่วนสนับสนุนโมเดลในระดับหนึ่ง

4.3.4 การประเมินความสามารถในการทำนาย (Predictive Relevance)

การประเมินความสามารถในการทำนาย (Predictive Relevance) เป็นการวัดคุณภาพของโมเดล Structural Equation Modeling ที่ประเมินว่าโมเดลสามารถทำนายค่าของตัวแปรตามได้ดีเพียงใด โดยใช้เทคนิค Blindfolding Procedure ในการคำนวณค่า Q^2 (Stone-Geisser's Q^2) ซึ่งเป็นตัวชี้วัดที่บ่งบอกถึงความแม่นยำในการทำนายของโมเดล หากค่า Q^2 มีค่ามากกว่า 0 แสดงว่าโมเดลมีความสามารถในการทำนายที่ดี โดยค่า Q^2 ที่มากกว่า 0.02, 0.15 และ 0.35 จะถือว่ามี

ความสามารถในการทำนายในระดับเล็ก ปานกลาง และใหญ่ตามลำดับ การประเมินนี้ช่วยยืนยันว่าโมเดลไม่เพียงแต่มีความสอดคล้องกับข้อมูล (Model Fit) เท่านั้นแต่ยังสามารถนำไปใช้ทำนายผลลัพธ์ในสถานการณ์จริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยผลการวิเคราะห์จะแสดงดังตารางที่ 4-31

ตารางที่ 4-31 ค่า Q^2predict ของแต่ละตัวแปร

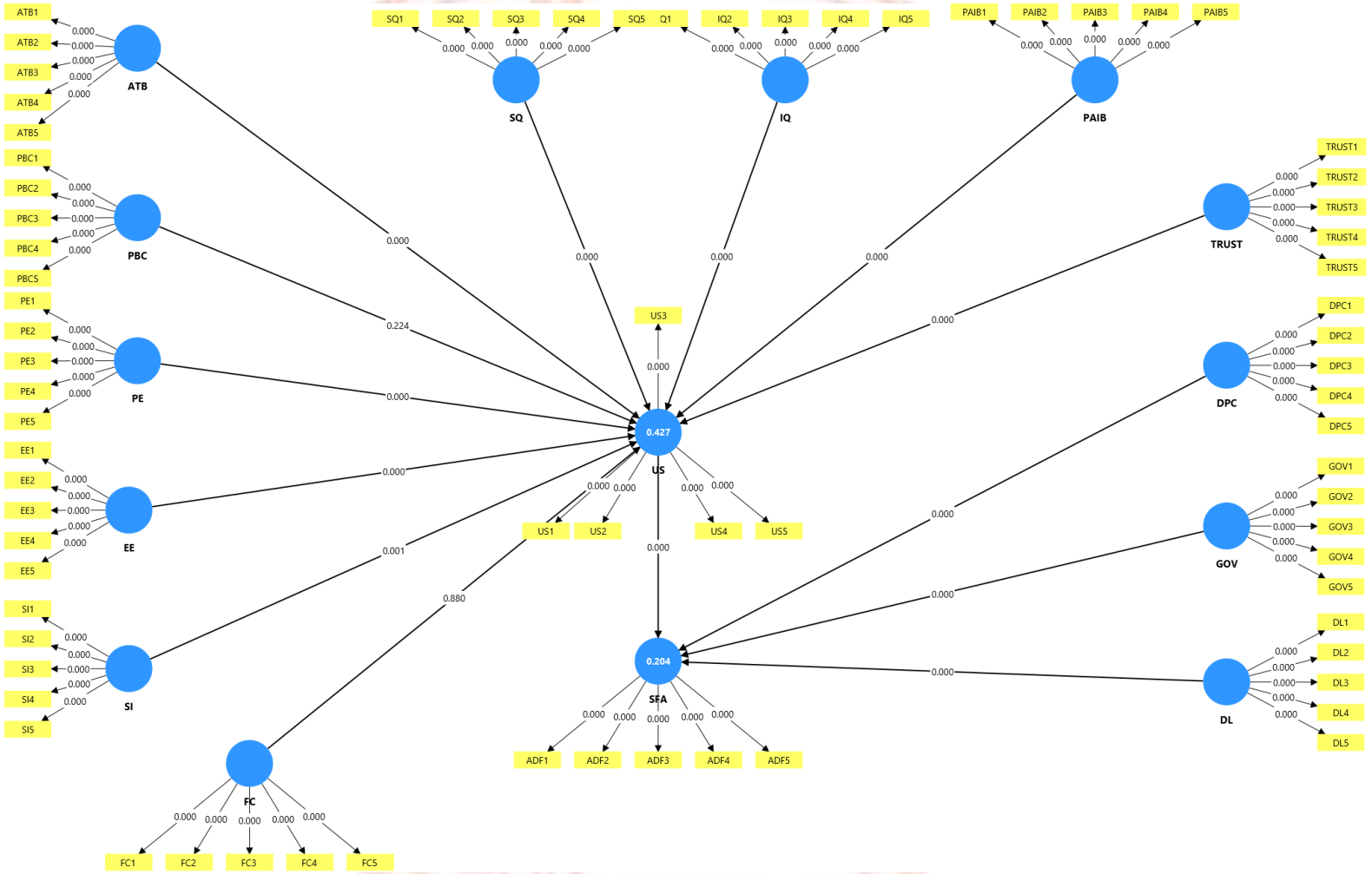
ตัวแปร	**Q^2predict**	**ระดับความสามารถในการทำนาย**
SFA1	0.138	ระดับต่ำ - ทำนายได้ 13.8%
SFA2	0.110	ระดับต่ำ - ทำนายได้ 11.0%
SFA3	0.111	ระดับต่ำ - ทำนายได้ 11.1%
SFA4	0.115	ระดับต่ำ - ทำนายได้ 11.5%
SFA5	0.133	ระดับต่ำ - ทำนายได้ 13.3%
US1	0.285	ระดับปานกลาง - ทำนายได้ 28.5%
US2	0.281	ระดับปานกลาง - ทำนายได้ 28.1%
US3	0.302	ระดับปานกลาง - ทำนายได้ 30.2%
US4	0.281	ระดับปานกลาง - ทำนายได้ 28.1%
US5	0.265	ระดับปานกลาง - ทำนายได้ 26.5%

จากตารางที่ 4-31 ผลการวิเคราะห์ PLSpredict แสดงให้เห็นว่าโมเดลมีความสามารถในการทำนายที่ดี โดยทุกตัวแปรมีค่า Q^2predict มากกว่า 0 ซึ่งหมายความว่าโมเดลสามารถทำนายได้ดีกว่าการเดาแบบสุ่ม ตัวแปรความพึงพอใจของผู้ใช้ (US1-US5) มีความสามารถในการทำนายในระดับปานกลาง (Q^2 = 0.265-0.302) ขณะที่ตัวแปร SFA1-SFA5 มีความสามารถในการทำนายในระดับต่ำ (Q^2 = 0.110-0.138) แต่ยังคงมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลลัพธ์นี้ยืนยันว่าโมเดลมี predictive relevance และเหมาะสมสำหรับการใช้งานในการทำนายพฤติกรรมหรือทัศนคติของผู้ใช้ในบริบทที่ศึกษา

4.3.5 การทดสอบสมมติฐานการวิจัย (Hypothesis Testing)

การทดสอบสมมติฐานการวิจัยเป็นขั้นตอนสำคัญในการวิเคราะห์ PLS-SEM ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรต่างๆ ตามที่กำหนดไว้ในโมเดลทฤษฎี โดยการทดสอบจะใช้ค่าสถิติ t-value, p-value และ confidence interval ในการพิจารณาว่าเส้นทางความสัมพันธ์แต่ละเส้นทางมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้เกณฑ์ t-value ≥ 1.96 และ p-value ≤ 0.05 สำหรับระดับนัยสำคัญ 95% การทดสอบนี้จะช่วยยืนยันหรือปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้ในการวิจัย โดยหากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าสมมติฐานนั้นได้รับการสนับสนุน (Dash & Paul, 2021; J. F. Hair et al., 2019)

ในการวิเคราะห์ผลลัพธ์ นักวิจัยจะต้องตีความผลการทดสอบแต่ละสมมติฐานอย่างระมัดระวัง โดยพิจารณาทั้งขนาดของผลกระทบ (effect size) ทิศทางของความสัมพันธ์ (บวกหรือลบ) และความแข็งแกร่งของหลักฐานทางสถิติ นอกจากนี้ยังต้องนำผลการทดสอบไปเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานของการวิจัย เพื่อให้การอภิปรายผลมีความสมบูรณ์และน่าเชื่อถือ การทดสอบสมมติฐานที่ได้ผลลัพธ์ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติก็มีคุณค่าทางวิชาการเช่นกัน เนื่องจากช่วยให้เข้าใจข้อจำกัดของโมเดลและเปิดโอกาสสำหรับการปรับปรุงโมเดลหรือการวิจัยในอนาคต โดยผลการทดลองจะทำผ่านกระบวนการ Bootstrapping ซึ่งเป็นเทคนิคทางสถิติที่สำคัญใน PLS-SEM ที่ใช้ในการประมาณค่าความแปรปรวนและสร้างค่าสถิติทดสอบสำหรับการทดสอบสมมติฐาน โดยหลักการทำงานคือการสุ่มตัวอย่างข้อมูลจากชุดข้อมูลต้นฉบับแบบ "การสุ่มแทนที่" (sampling with replacement) หลายๆ ครั้ง (โดยทั่วไปจะทำ 5,000 ครั้ง) เพื่อสร้างชุดข้อมูลใหม่ที่มีขนาดเท่ากับข้อมูลต้นฉบับ จากนั้นจะคำนวณค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (path coefficients) สำหรับแต่ละชุดข้อมูลที่สุ่มได้ ผลลัพธ์ที่ได้จากการทำ Bootstrapping หลายๆ ครั้งจะถูกนำมาคำนวณหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard error) ค่า t-statistics และ p-values ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญในการทดสอบสมมติฐานการวิจัยและการสร้างช่วงความเชื่อมั่น (confidence intervals) ทำให้นักวิจัยสามารถตัดสินใจได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ ในโมเดลมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ (Awang et al., 2015) ดังภาพที่ 4-2 และตารางที่ 4-32



ภาพที่ 4-2 Bootstrapping

ตารางที่ 4-32 ผลการทดสอบสมมติฐาน

สมมติฐาน	เส้นทาง	β	t-value	p-value	ผลการทดสอบ
H1	ATB ⟶ US	0.199	7.914	<0.001	ยอมรับ
H2	PBC ⟶ US	0.037	1.217	0.224	ปฏิเสธ
H3	PE ⟶ US	0.206	8.818	<0.001	ยอมรับ
H4	EE ⟶ US	0.101	3.792	<0.001	ยอมรับ
H5	SI ⟶ US	0.080	3.247	0.001	ยอมรับ
H6	FC ⟶ US	0.005	0.151	0.880	ปฏิเสธ
H7	SQ ⟶ US	0.362	14.888	<0.001	ยอมรับ
H8	IQ ⟶ US	0.355	14.691	<0.001	ยอมรับ
H9	PAIB ⟶ US	0.138	5.354	<0.001	ยอมรับ
H10	TRUST ⟶ US	0.210	8.621	<0.001	ยอมรับ
H11	DPC ⟶ SFA	-0.096	3.598	<0.001	ยอมรับ
H12	GOV ⟶ SFA	0.139	5.052	<0.001	ยอมรับ
H13	DL ⟶ SFA	0.108	3.691	<0.001	ยอมรับ
H14	US ⟶ SFA	0.411	14.931	<0.001	ยอมรับ

จากตารางที่ 4-32 ผลการทดสอบสมมติฐานทั้งหมด 14 ข้อ พบว่า 12 สมมติฐานได้รับการสนับสนุน (อัตราความสำเร็จ 85.7%) โดยสมมติฐานที่มีอิทธิพลแรงที่สุดคือ ความพึงพอใจของผู้ใช้ต่อการยอมรับระบบสมาร์ทฟาร์ม (US ⟶ SFA: $\beta = 0.411$, $p < 0.001$) รองลงมาคือ คุณภาพของระบบ (SQ ⟶ US: $\beta = 0.362$) และคุณภาพของข้อมูล (IQ ⟶ US: $\beta = 0.355$) ในขณะที่ปัจจัย

อื่นๆ ที่มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่ ความไว้วางใจในเทคโนโลยี (TRUST ⟶ US: β = 0.210), ความคาดหวังในประสิทธิภาพ (PE ⟶ US: β = 0.206), ทัศนคติต่อพฤติกรรม (ATB ⟶ US: β = 0.199), การสนับสนุนจากรัฐบาล (GOV ⟶ SFA: β = 0.139), การรับรู้ประโยชน์ของ AI (PAIB ⟶ US: β = 0.138), ความรู้ด้านดิจิทัล (DL ⟶ SFA: β = 0.108), ความคาดหวังในความพยายาม (EE ⟶ US: β = 0.101), อิทธิพลทางสังคม (SI ⟶ US: β = 0.080) และความกังวลเรื่องความเป็นส่วนตัวของข้อมูลที่มีผลเชิงลบตามทฤษฎี (DPC ⟶ SFA: β = -0.096) อย่างไรก็ตาม มี 2 สมมติฐานที่ไม่ได้รับการสนับสนุน คือ การรับรู้การควบคุมพฤติกรรม (PBC ⟶ US: p = 0.224) และสภาพสิ่งอำนวยความสะดวก (FC ⟶ US: p = 0.880) ซึ่งไม่มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อความพึงพอใจของผู้ใช้

4.3.6 การวิเคราะห์ผลกระทบทางตรงและทางอ้อม

การวิเคราะห์ผลกระทบทางตรงและทางอ้อมในแบบจำลองสมการโครงสร้าง (SEM) เป็นการศึกษาเส้นทางการส่งผ่านอิทธิพลระหว่างตัวแปรต่างๆ ที่ซับซ้อนกว่าการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบตรงเพียงอย่างเดียว โดย ผลกระทบทางตรง (Direct Effect) หมายถึงอิทธิพลที่ตัวแปรอิสระส่งผลโดยตรงต่อตัวแปรตาม เช่น คุณภาพของระบบ (SQ) ที่ส่งผลโดยตรงต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ (US) ขณะที่ ผลกระทบทางอ้อม (Indirect Effect) เป็นอิทธิพลที่ส่งผ่านตัวแปรคั่นกลาง (Mediator) เช่น คุณภาพของระบบ (SQ) ส่งผลต่อการยอมรับระบบสมาร์ทฟาร์ม (SFA) ผ่านความพึงพอใจของผู้ใช้ (US) และ ผลกระทบรวม (Total Effect) คือผลรวมของผลกระทบทางตรงและทางอ้อม การวิเคราะห์นี้ช่วยให้เข้าใจกลไกการทำงานของแบบจำลองได้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น (J. F. Hair et al., 2019; Permatasari et al., 2025) โดยเฉพาะการระบุตัวแปรคั่นกลางที่สำคัญ เช่น ความพึงพอใจของผู้ใช้ (US) ที่ทำหน้าที่เป็นสะพานเชื่อมระหว่างปัจจัยด้านเทคโนโลยี (SQ, IQ, TRUST, PAIB) กับการยอมรับระบบในท้ายที่สุด ซึ่งผลการวิเคราะห์นี้จะเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับการพัฒนากลยุทธ์ในการส่งเสริมการยอมรับเทคโนโลยีสมาร์ทฟาร์มอย่างมีประสิทธิภาพ ดังตารางที่ 4-33 ถึง 4-37

ตารางที่ 4-33 สรุปผลกระทบทางอ้อม (Indirect Effects) ตามสมมติฐาน

สมมติฐาน	เส้นทาง	รายละเอียดสมมติฐาน	Indirect Effect	P-value	ผลการทดสอบ
H1 + H14	ATB ⟶ US ⟶ SFA	ทัศนคติต่อพฤติกรรม ⟶ ความพึงพอใจ ⟶ การยอมรับสมาร์ทฟาร์ม	0.082	<0.001	ยอมรับ
H2 + H14	PBC ⟶ US ⟶ SFA	การรับรู้การควบคุมพฤติกรรม ⟶ ความพึงพอใจ ⟶ การยอมรับสมาร์ทฟาร์ม	0.015	0.228	ปฏิเสธ
H3 + H14	PE ⟶ US ⟶ SFA	ความคาดหวังในประสิทธิภาพ ⟶ ความพึงพอใจ ⟶ การยอมรับสมาร์ทฟาร์ม	0.085	<0.001	ยอมรับ
H4 + H14	EE ⟶ US ⟶ SFA	ความคาดหวังในความพยายาม ⟶ ความพึงพอใจ ⟶ การยอมรับสมาร์ทฟาร์ม	0.041	<0.001	ยอมรับ
H5 + H14	SI ⟶ US ⟶ SFA	อิทธิพลสังคม ⟶ ความพึงพอใจ ⟶ การยอมรับสมาร์ทฟาร์ม	0.033	0.002	ยอมรับ

ตารางที่ 4-33 สรุปผลกระทบทางอ้อม (Indirect Effects) ตามสมมติฐาน (ต่อ)

สมมติฐาน	เส้นทาง	รายละเอียดสมมติฐาน	Indirect Effect	P-value	ผลการทดสอบ
H6 + H14	FC ⟶ US ⟶ SFA	สภาพสิ่งอำนวยความสะดวก ⟶ ความพึงพอใจ ⟶ การยอมรับสมาร์ทฟาร์ม	0.002	0.880	ปฏิเสธ
H7 + H14	SQ ⟶ US ⟶ SFA	คุณภาพของระบบ ⟶ ความพึงพอใจ ⟶ การยอมรับสมาร์ทฟาร์ม	0.149	<0.001	ยอมรับ
H8 + H14	IQ ⟶ US ⟶ SFA	คุณภาพของข้อมูล ⟶ ความพึงพอใจ ⟶ การยอมรับสมาร์ทฟาร์ม	0.146	<0.001	ยอมรับ
H9 + H14	PAIB ⟶ US ⟶ SFA	การรับรู้ประโยชน์ของ AI ⟶ ความพึงพอใจ ⟶ การยอมรับสมาร์ทฟาร์ม	0.057	<0.001	ยอมรับ
H10 + H14	TRUST ⟶ US ⟶ SFA	ความไว้วางใจในเทคโนโลยี ⟶ ความพึงพอใจ ⟶ การยอมรับสมาร์ทฟาร์ม	0.086	<0.001	ยอมรับ

จากการวิเคราะห์ผลกระทบทางอ้อมของตัวแปรต่างๆ ในตารางที่ 4-33 ที่ส่งผลต่อการยอมรับสมาร์ทฟาร์ม (SFA) ผ่านความพึงพอใจของผู้ใช้ (US) พบว่า 8 สมมติฐาน ได้รับการสนับสนุนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ H1+H14 (ATB⟶US⟶SFA: 0.082), H3+H14 (PE⟶US⟶SFA:

0.085***), H4+H14 (EE⟶US⟶SFA: 0.041***), H5+H14 (SI⟶US⟶SFA: 0.033), H7+H14 (SQ⟶US⟶SFA: 0.149), H8+H14 (IQ⟶US⟶SFA: 0.146), H9+H14 (PAIB⟶US⟶SFA: 0.057), และ H10+H14 (TRUST⟶US⟶SFA: 0.086) ขณะที่ 2 สมมติฐาน ไม่ได้รับการสนับสนุน คือ H2+H14 (PBC⟶US⟶SFA: 0.015, p=0.228) และ H6+H14 (FC⟶US⟶SFA: 0.002, p=0.880) โดยคุณภาพของระบบ (SQ) และคุณภาพของข้อมูล (IQ) มีผลกระทบทางอ้อมสูงสุดต่อการยอมรับสมาร์ทฟาร์มผ่านความพึงพอใจของผู้ใช้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความพึงพอใจของผู้ใช้ทำหน้าที่เป็นตัวแปรกึ่งกลาง (Mediator) ที่สำคัญในการเชื่อมโยงปัจจัยต่างๆ ไปสู่การยอมรับแพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม

ตารางที่ 4-34 Total Effects ต่อ Smart Farm Acceptance (SFA)

เส้นทาง	Total Effect	T-statistic	P-value	สถานะ
US ⟶ SFA	0.411	14.931	<0.001	ยอมรับ
SQ ⟶ SFA	0.149	10.675	<0.001	ยอมรับ
IQ ⟶ SFA	0.146	11.205	<0.001	ยอมรับ
GOV ⟶ SFA	0.139	5.052	<0.001	ยอมรับ
DL ⟶ SFA	0.108	3.691	<0.001	ยอมรับ
ATB ⟶ SFA	0.082	6.654	<0.001	ยอมรับ
TRUST ⟶ SFA	0.086	7.109	<0.001	ยอมรับ
PE ⟶ SFA	0.085	6.998	<0.001	ยอมรับ
PAIB ⟶ SFA	0.057	4.796	<0.001	ยอมรับ
EE ⟶ SFA	0.041	3.574	<0.001	ยอมรับ

ตารางที่ 4-34 Total Effects ต่อ Smart Farm Acceptance (SFA) (ต่อ)

เส้นทาง	Total Effect	T-statistic	P-value	สถานะ
SI ⟶ SFA	0.033	3.176	0.002	ยอมรับ
PBC ⟶ SFA	0.015	1.205	0.228	ปฏิเสธ
FC ⟶ SFA	0.002	0.150	0.880	ปฏิเสธ
DPC ⟶ SFA	-0.096	3.598	<0.001	ยอมรับ

จากตารางที่ 4-34 ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าตัวแปร User Satisfaction (US) มีผลกระทบรวมสูงสุดต่อการยอมรับสมาร์ทฟาร์ม โดยมีค่า Total Effect เท่ากับ 0.411 ($t = 14.931$, $p < 0.001$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความพึงพอใจของผู้ใช้เป็นปัจจัยสำคัญที่สุดในการตัดสินใจยอมรับแพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์มรองลงมาคือ System Quality (SQ) และ Information Quality (IQ) ที่มีผลกระทบใกล้เคียงกันที่ 0.149 และ 0.146 ตามลำดับ ($p < 0.001$) แสดงให้เห็นว่าคุณภาพของระบบและข้อมูลมีความสำคัญต่อการยอมรับแพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม

นอกจากนี้ Government Support (GOV) มีผลกระทบที่ 0.139 ($t = 5.052$, $p < 0.001$) และ Digital Literacy (DL) มีผลกระทบที่ 0.108 ($t = 3.691$, $p < 0.001$) แสดงให้เห็นว่าการสนับสนุนจากรัฐบาลและความรู้ด้านดิจิทัลของเกษตรกรมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมการยอมรับสมาร์ทฟาร์ม ตัวแปรอื่นๆ เช่น Trust (0.086), Performance Expectancy (0.085), และ Attitude Toward Behavior (0.082) ก็มีผลกระทบในระดับปานกลาง

อย่างไรก็ตาม Facilitating Conditions (FC) และ Perceived Behavioral Control (PBC) ไม่มีผลกระทบที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปัจจัยสนับสนุนและการรับรู้ความสามารถในการควบคุมพฤติกรรมไม่ได้เป็นตัวกำหนดสำคัญในการยอมรับสมาร์ทฟาร์มในบริบทนี้ ในขณะที่ Data Privacy Concern (DPC) มีผลกระทบเชิงลบที่ -0.096 ($p < 0.001$) แสดงให้เห็นว่าความกังวลเรื่องความเป็นส่วนตัวของข้อมูลเป็นอุปสรรคต่อการยอมรับแพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม

ตารางที่ 4-35 Total Effects ต่อ User Satisfaction (US)

ตัวแปร	Total Effect	T-statistic	P-value	สถานะ
SQ ⟶ US	0.362	14.888	<0.001	ยอมรับมาก
IQ ⟶ US	0.355	14.691	<0.001	ยอมรับมาก
TRUST ⟶ US	0.210	8.621	<0.001	ยอมรับมาก
PE ⟶ US	0.206	8.818	<0.001	ยอมรับมาก
ATB ⟶ US	0.199	7.914	<0.001	ยอมรับมาก
PAIB ⟶ US	0.138	5.354	<0.001	ยอมรับ
EE ⟶ US	0.101	3.792	<0.001	ยอมรับ
SI ⟶ US	0.080	3.247	0.001	ยอมรับ
PBC ⟶ US	0.037	1.217	0.224	ปฏิเสธ
FC ⟶ US	0.005	0.151	0.880	ปฏิเสธ

จากตารางที่ 4-35 ผลการวิเคราะห์ Total Effects ต่อความพึงพอใจของผู้ใช้แสดงให้เห็นว่า System Quality (SQ) และ Information Quality (IQ) เป็นปัจจัยสำคัญที่สุด โดยมีผลกระทบรวมที่ 0.362 ($t = 14.888$, $p < 0.001$) และ 0.355 ($t = 14.691$, $p < 0.001$) ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคุณภาพของระบบและข้อมูลเป็นปัจจัยหลักที่กำหนดความพึงพอใจของผู้ใช้งานสมาร์ทฟาร์ม ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับทฤษฎี Information Systems Success Model ที่เน้นความสำคัญของคุณภาพระบบและข้อมูล

ตัวแปรที่มีผลกระทบรองลงมาคือ Trust (0.210), Performance Expectancy (0.206), และ Attitude Toward Behavior (0.199) ซึ่งทั้งหมดมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) แสดงให้เห็นว่าความไว้วางใจ ความคาดหวังด้านประสิทธิภาพ และทัศนคติต่อพฤติกรรมล้วนมีบทบาทสำคัญในการ

สร้างความพึงพอใจของผู้ใช้ นอกจากนี้ Personal Innovativeness (0.138), Effort Expectancy (0.101), และ Social Influence (0.080) ก็มีผลกระทบในระดับปานกลางต่อความพึงพอใจของผู้ใช้

เช่นเดียวกับผลต่อ SFA ตัวแปร Perceived Behavioral Control (PBC) และ Facilitating Conditions (FC) ไม่มีผลกระทบที่มีนัยสำคัญทางสถิติต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ ($p > 0.05$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปัจจัยเหล่านี้ไม่ได้เป็นตัวกำหนดสำคัญของความพึงพอใจในบริบทของการใช้งานสมาร์ทฟาร์มในการศึกษานี้

ตารางที่ 4-36 การวิเคราะห์เปรียบเทียบ Direct, Indirect และ Total Effects : SFA

เส้นทาง	Direct Effect	Indirect Effect	Total Effect	ประเภทผลกระทบ
US ⟶ SFA	0.411	0.000	0.411	Direct Only
SQ ⟶ SFA	0.000	0.149	0.149	Indirect Only
IQ ⟶ SFA	0.000	0.146	0.146	Indirect Only
GOV ⟶ SFA	0.139	0.000	0.139	Direct Only
DL ⟶ SFA	0.108	0.000	0.108	Direct Only
TRUST ⟶ SFA	0.000	0.086	0.086	Indirect Only
PE ⟶ SFA	0.000	0.085	0.085	Indirect Only
ATB ⟶ SFA	0.000	0.082	0.082	Indirect Only
PAIB ⟶ SFA	0.000	0.057	0.057	Indirect Only
EE ⟶ SFA	0.000	0.041	0.041	Indirect Only
SI ⟶ SFA	0.000	0.033	0.033	Indirect Only
DPC ⟶ SFA	-0.096	0.000	-0.096	Direct Only

จากการวิเคราะห์ผลกระทบต่อการยอมรับแพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม (SFA) ในตารางที่ 4-36 พบว่าตัวแปรแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มหลัก คือ กลุ่มที่มีผลกระทบโดยตรง (Direct Only) ได้แก่ User Satisfaction (US = 0.411) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่สุด รองลงมาคือ Government Support (GOV = 0.139), Digital Literacy (DL = 0.108) และ Data Privacy Concern (DPC = -0.096) ที่มีผลกระทบเชิงลบ และ กลุ่มที่มีผลกระทบทางอ้อมเท่านั้น (Indirect Only) ซึ่งส่งผลผ่าน US เป็นตัวกลาง ได้แก่ System Quality (SQ = 0.149), Information Quality (IQ = 0.146), Trust (0.086), Performance Expectancy (PE = 0.085), Attitude Toward Behavior (ATB = 0.082), Personal Innovativeness (PAIB = 0.057), Effort Expectancy (EE = 0.041) และ Social Influence (SI = 0.033) ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า User Satisfaction เป็น Key Mediator ที่สำคัญในการเชื่อมโยงปัจจัยคุณภาพระบบและเทคโนโลยีต่างๆ เข้ากับการยอมรับสมาร์ทฟาร์ม ในขณะที่ปัจจัยด้านนโยบายรัฐและความรู้ดิจิทัลส่งผลโดยตรงต่อการยอมรับ ซึ่งชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นในการพัฒนากลยุทธ์แบบบูรณาการที่เน้นทั้งการเสริมสร้างความพึงพอใจของผู้ใช้และการสนับสนุนโดยตรงจากภาครัฐ

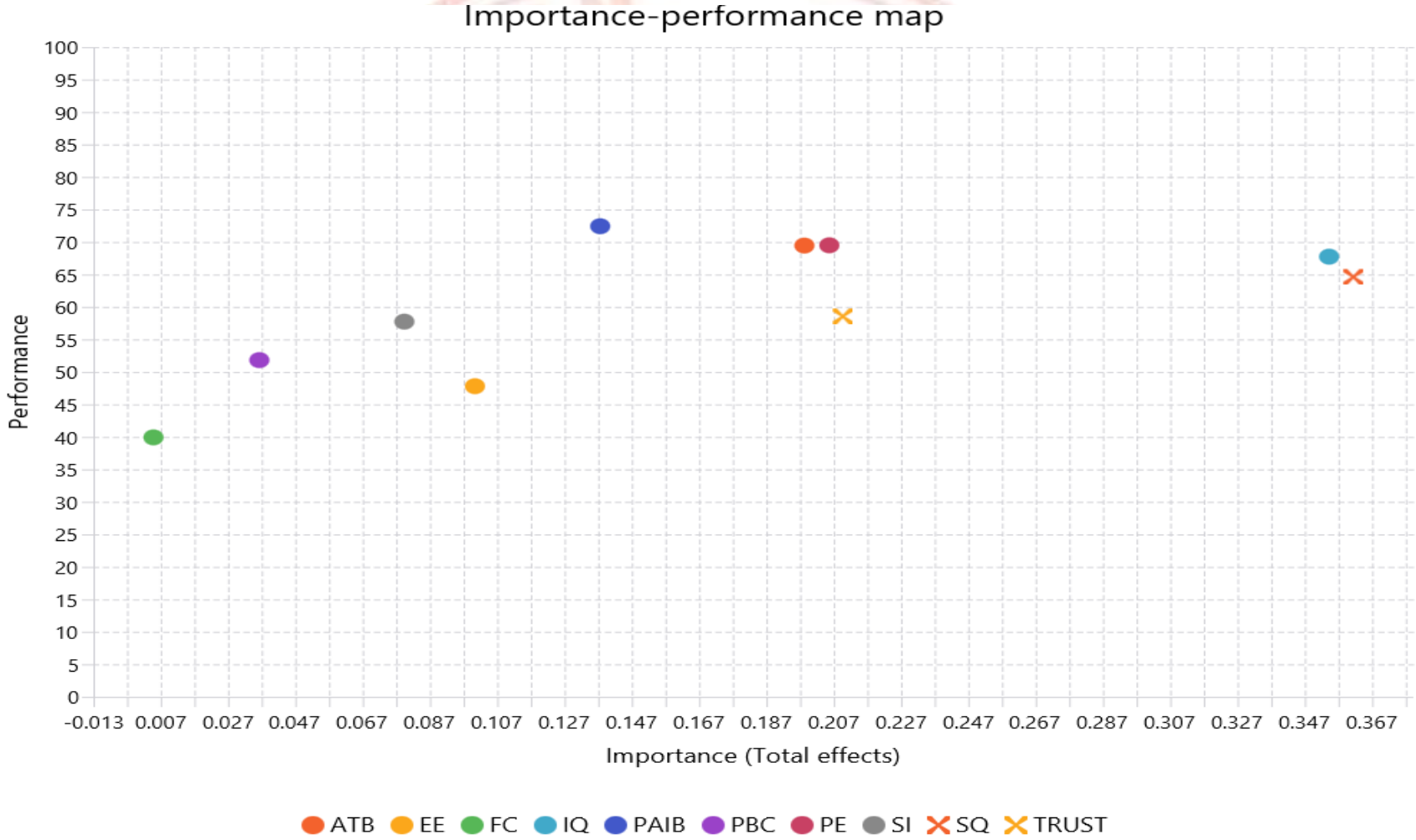
ตารางที่ 4-37 การวิเคราะห์เปรียบเทียบ Direct, Indirect และ Total Effects : US

ตัวแปร	Direct Effect	Indirect Effect	Total Effect	ประเภทผลกระทบ
SQ ⟶ US	0.362	0.000	0.362	Direct Only
IQ ⟶ US	0.355	0.000	0.355	Direct Only
TRUST ⟶ US	0.210	0.000	0.210	Direct Only
PE ⟶ US	0.206	0.000	0.206	Direct Only
ATB ⟶ US	0.199	0.000	0.199	Direct Only
PAIB ⟶ US	0.138	0.000	0.138	Direct Only
EE ⟶ US	0.101	0.000	0.101	Direct Only
SI ⟶ US	0.080	0.000	0.080	Direct Only

จากการวิเคราะห์ผลกระทบต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ (US) ในตารางที่ 4-37 พบว่าตัวแปรทั้งหมดมีผลกระทบโดยตรงเท่านั้น (Direct Only) โดยไม่มีผลกระทบทางอ้อม ซึ่งแสดงให้เห็นว่า User Satisfaction เป็นตัวแปรปลายทาง (Outcome Variable) ที่ได้รับอิทธิพลโดยตรงจากปัจจัยต่างๆ โดยปัจจัยที่มีผลกระทบสูงสุดคือ System Quality (SQ = 0.362) และ Information Quality (IQ = 0.355) ซึ่งเป็นปัจจัยด้านคุณภาพของระบบและข้อมูลที่มีความสำคัญเกือบเท่ากัน รองลงมาคือ Trust (0.210), Performance Expectancy (PE = 0.206), Attitude Toward Behavior (ATB = 0.199), Personal Innovativeness (PAIB = 0.138), Effort Expectancy (EE = 0.101) และ Social Influence (SI = 0.080) ตามลำดับ ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าการสร้างความพึงพอใจของผู้ใช้ต้องเน้นการพัฒนาคุณภาพระบบและข้อมูลเป็นหลัก พร้อมทั้งเสริมสร้างความไว้วางใจและความคาดหวังด้านประสิทธิภาพ เนื่องจาก US ทำหน้าที่เป็นตัวกลางสำคัญในการส่งผลต่อการยอมรับสมาร์ทฟาร์ม (SFA) ในขั้นตอนถัดไป

4.3.7 การวิเคราะห์ความสำคัญ-ประสิทธิภาพ (IPMA)

การวิเคราะห์ความสำคัญ-ประสิทธิภาพ (Importance-Performance Matrix Analysis: IPMA) เป็นเทคนิคการวิเคราะห์เสริมใน PLS-SEM ที่ช่วยให้ผู้วิจัยสามารถระบุลำดับความสำคัญของตัวแปรต้นในการปรับปรุงตัวแปรตาม โดยการวิเคราะห์นี้จะพิจารณาทั้ง ความสำคัญ (Importance) ซึ่งวัดจากค่า Total Effect ที่แสดงถึงผลกระทบรวมของตัวแปรต้นต่อตัวแปรตาม และ ประสิทธิภาพ (Performance) ซึ่งวัดจากค่าเฉลี่ยของคะแนนตัวแปรแฝง (Latent Variable Scores) ที่แสดงถึงระดับการปฏิบัติหรือสถานะปัจจุบันของตัวแปรนั้นๆ ผลการวิเคราะห์จะแสดงในรูปแบบ Matrix 2x2 ที่แบ่งตัวแปรออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่มีความสำคัญสูงแต่ประสิทธิภาพต่ำ (ควรปรับปรุงเร่งด่วน), กลุ่มที่มีความสำคัญสูงและประสิทธิภาพสูง (รักษาระดับ), กลุ่มที่มีความสำคัญต่ำแต่ประสิทธิภาพสูง (อาจลดความเข้มข้น), และกลุ่มที่มีความสำคัญต่ำและประสิทธิภาพต่ำ (ไม่ต้องให้ความสำคัญมาก) ซึ่งการวิเคราะห์นี้จะช่วยให้ผู้วิจัยสามารถจัดลำดับความสำคัญในการปรับปรุงและพัฒนาปัจจัยต่างๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการยอมรับสมาร์ทฟาร์มได้อย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพสูงสุด (Streukens et al., 2017) ดังภาพที่ 4-3 ถึง 4-4

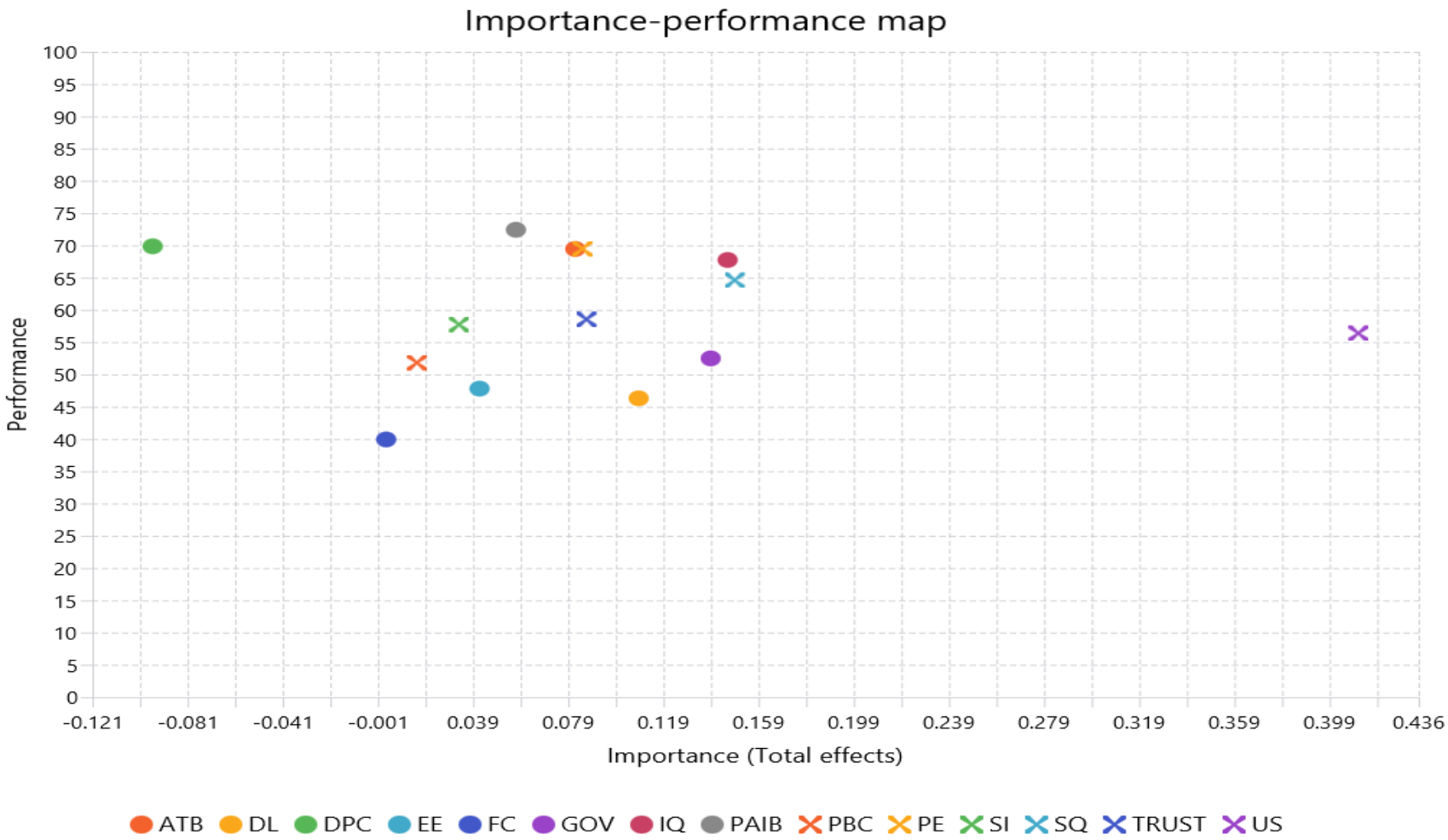


ภาพที่ 4-3 Importance-performance map [US] (constructs)

ตารางที่ 4-38 Importance-performance map [US] (constructs)

Constructs	US	Performance
ATB	0.199	69.451
EE	0.101	47.805
FC	0.005	39.929
IQ	0.355	67.74
PAIB	0.138	72.424
PBC	0.037	51.819
PE	0.206	69.489
SI	0.08	57.74
SQ	0.362	64.607
TRUST	0.21	58.54

จากการวิเคราะห์ IPMA ในตารางที่ 4-38 พบว่า SQ (Service Quality) มีความสำคัญสูงสุดต่อ User Satisfaction (US) ด้วยค่า Importance 0.362 และมี Performance อยู่ในระดับดี (64.607) รองลงมาคือ IQ (Information Quality) ที่มี Importance 0.355 และ Performance สูง (67.74) ส่วน TRUST มี Importance 0.21 แต่ Performance ต่ำ (58.54) PE (Performance Expectancy) และ ATB (Attitude toward Behavior) มี Importance ใกล้เคียงกัน (0.206 และ 0.199) แต่ Performance ของ PE สูงกว่า (69.489 vs 69.451) ในขณะที่ PAIB (Personal Attitude toward IoT in Business) แม้จะมี Importance ต่ำ (0.138) แต่มี Performance สูงสุด (72.424) ตัวแปรที่มีความสำคัญต่ำสุดคือ FC (Facilitating Conditions) ด้วยค่า Importance เพียง 0.005 และ Performance ต่ำสุด (39.929) ผลการวิเคราะห์นี้ชี้ให้เห็นว่าองค์กรควรให้ความสำคัญกับการพัฒนา Service Quality และ Information Quality เป็นหลัก เนื่องจากมีอิทธิพลสูงต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งาน



ภาพที่ 4-4 Importance-performance map [SFA] (constructs)

ตารางที่ 4-39 Importance-performance map [SFA] (constructs)

Constructs	SFA	Performance
ATB	0.082	69.451
DL	0.108	46.306
DPC	-0.096	69.854
EE	0.041	47.805
FC	0.002	39.929
GOV	0.139	52.493
IQ	0.146	67.74
PAIB	0.057	72.424
PBC	0.015	51.819
PE	0.085	69.489
SI	0.033	57.74
SQ	0.149	64.607
TRUST	0.086	58.54
US	0.411	56.382

จากการวิเคราะห์ IPMA ในตารางที่ 4-39 สำหรับ Smart Farming Adoption (SFA) พบว่า US (User Satisfaction) มีความสำคัญสูงสุดต่อการยอมรับเทคโนโลยี Smart Farming ด้วยค่า Importance 0.411 แต่มี Performance ค่อนข้างต่ำ (56.382) ซึ่งเป็นจุดที่ต้องปรับปรุง รองลงมา คือ SQ (Service Quality) ที่มี Importance 0.149 และ Performance ดี (64.607) ตามด้วย IQ (Information Quality) ที่มี Importance 0.146 และ Performance สูง (67.74) ส่วน GOV (Government Support) มี Importance 0.139 แต่ Performance ปานกลาง (52.493) น่าสังเกตว่า DPC (Data Privacy Concerns) มีค่า Importance เป็นลบ (-0.096) แต่มี Performance สูง (69.854) แสดงว่าความกังวลเรื่องความเป็นส่วนตัวของข้อมูลไม่ส่งผลเชิงลบต่อการยอมรับเทคโนโลยี ในขณะที่ PAIB มี Performance สูงสุด (72.424) แต่ Importance ต่ำ (0.057) ผลการวิเคราะห์นี้ชี้ให้เห็นว่าการเพิ่มความพึงพอใจของผู้ใช้งานเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดในการส่งเสริมการยอมรับเทคโนโลยี Smart Farming

4.4 ผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการใช้งานแอปพลิเคชันฟาร์มอัจฉริยะ

4.4.1 ภาพรวมผลการยอมรับเทคโนโลยี

ตารางที่ 4-40 สถิติพรรณนาของตัวแปรหลักในการยอมรับเทคโนโลยี

ตัวแปร	รายการ	Mean	SD	ระดับ	การแปลผล
Performance Expectancy (PE)	PE1-PE5	3.99	0.77	สูง	เห็นประโยชน์ชัดเจน
Effort Expectancy (EE)	EE1-EE5	2.91	1.00	ปานกลาง	ใช้งานค่อนข้างยาก
Social Influence (SI)	SI1-SI5	3.31	0.92	ปานกลาง	อิทธิพลสังคมปานกลาง
Facilitating Conditions (FC)	FC1-FC5	2.64	1.08	ต่ำ	ขาดการสนับสนุน
Attitude Toward Behavior (ATB)	ATB1-ATB5	3.77	0.83	สูง	ทัศนคติดี
Perceived AI Benefit (PAIB)	PAIB1-PAIB5	3.89	0.83	สูง	ตั้งใจใช้งาน

จากตารางที่ 4-40 แสดงผลการวิเคราะห์สถิติพรรณนาของตัวแปรหลักในการยอมรับเทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะ พบว่า เกษตรกรมีความคาดหวังด้านประสิทธิภาพ (Performance Expectancy) สูงที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ย 3.99 คะแนน (SD = 0.77) อยู่ในระดับสูง แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรเห็นประโยชน์ของเทคโนโลยีอย่างชัดเจน ตามด้วยการรับรู้ประโยชน์ของ AI (Perceived AI Benefit) ที่มีค่าเฉลี่ย 3.89 คะแนน (SD = 0.83) และทัศนคติต่อพฤติกรรม (Attitude Toward Behavior) ที่มีค่าเฉลี่ย 3.77 คะแนน (SD = 0.83) ซึ่งทั้งสองตัวแปรอยู่ในระดับสูง อย่างไรก็ตาม พบปัญหาสำคัญในด้านความคาดหวังด้านความพยายาม (Effort Expectancy) ที่มีค่าเฉลี่ยเพียง 2.91 คะแนน (SD = 1.00) อยู่ในระดับปานกลาง แสดงว่าเกษตรกรยังรู้สึกว่าการใช้งานค่อนข้างยาก และที่

น่าเป็นห่วงคือสภาพแวดล้อมสนับสนุน (Facilitating Conditions) ที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเพียง 2.64 คะแนน (SD = 1.08) อยู่ในระดับต่ำ สะท้อนให้เห็นถึงการขาดการสนับสนุนจากภายนอก ในขณะที่อิทธิพลทางสังคม (Social Influence) อยู่ในระดับปานกลางที่ 3.31 คะแนน (SD = 0.92) ผลการวิเคราะห์นี้ชี้ให้เห็นว่า แม้เกษตรกรจะเห็นคุณค่าและมีทัศนคติที่ดีต่อเทคโนโลยี แต่ยังต้องการการปรับปรุงด้านความง่ายในการใช้งานและการสร้างสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการนำเทคโนโลยีมาใช้งานจริง

4.4.2 คุณภาพระบบและความพึงพอใจ

ตารางที่ 4-41 สถิติพรรณนาของคุณภาพระบบและผลลัพธ์

ตัวแปร	รายการ	Mean	SD	ระดับ	การแปลผล
System Quality (SQ)	SQ1-SQ5	3.58	0.89	สูง	คุณภาพระบบดี
Information Quality (IQ)	IQ1-IQ5	3.78	0.77	สูง	ข้อมูลมีคุณภาพ
User Satisfaction (US)	US1-US5	3.69	0.55	สูง	ผู้ใช้พึงพอใจ
Smart Farm Adoption (SFA)	SFA1 – SFA5	4.59	0.56	สูงมาก	ใช้งานจริงสูงมาก

จากตารางที่ 4-41 แสดงผลการวิเคราะห์สถิติพรรณนาของคุณภาพระบบและผลลัพธ์การใช้งานฟาร์มอัจฉริยะ พบว่า การยอมรับและนำเทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะไปใช้งานจริง (Smart Farm Adoption) มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดอยู่ที่ 4.59 คะแนน (SD = 0.56) ซึ่งอยู่ในระดับสูงมาก แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรมีความพร้อมและตั้งใจที่จะนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้งานจริงอย่างแพร่หลาย ในขณะที่ปัจจัยสนับสนุนอื่นๆ อยู่ในระดับสูงทั้งหมด ได้แก่ คุณภาพข้อมูล (Information Quality) ที่มีค่าเฉลี่ย 3.78 คะแนน (SD = 0.77) แสดงว่าข้อมูลที่ระบบให้มีคุณภาพและน่าเชื่อถือ ความพึงพอใจของผู้ใช้ (User Satisfaction) ที่มีค่าเฉลี่ย 3.69 คะแนน (SD = 0.55) สะท้อนให้เห็นว่าเกษตรกรมีความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบ และคุณภาพระบบ (System Quality) ที่มีค่าเฉลี่ย 3.58 คะแนน (SD = 0.89) แสดงว่าระบบมีคุณภาพในการทำงานที่ดี ผลการวิเคราะห์นี้ชี้ให้เห็นว่า ระบบฟาร์มอัจฉริยะที่พัฒนาขึ้นมีความสมบูรณ์และตอบสนองความต้องการของเกษตรกรได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะอย่างยิ่ง

ในด้านการยอมรับและความพร้อมในการนำไปใช้งานจริง ซึ่งเป็นตัวชี้วัดที่สำคัญที่สุดในการประเมินความสำเร็จของโครงการ

4.4.3 ปัจจัยสนับสนุนและอุปสรรค

ตารางที่ 4-42 สถิติพรรณนาของปัจจัยสนับสนุนและอุปสรรค

ตัวแปร	รายการ	Mean	SD	ระดับ	การแปลผล
Trust (TRUST)	TRUST1-TRUST5	3.34	0.97	ปานกลาง	ความเชื่อมั่นปานกลาง
Data Privacy Concern (DPC)	DPC1-DPC5	3.80	0.85	สูง	กังวลความเป็นส่วนตัว
Government Support (GOV)	GOV1-GOV5	3.10	1.10	ปานกลาง	การสนับสนุนจำกัด
Digital Literacy (DL)	DL1-DL5	2.88	1.07	ต่ำ	ความรู้ดิจิทัลต่ำ

จากตารางที่ 4-42 แสดงผลการวิเคราะห์สถิติพรรณนาของปัจจัยสนับสนุนและอุปสรรคในการยอมรับเทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะ พบว่า ความกังวลเรื่องความเป็นส่วนตัวของข้อมูล (Data Privacy Concern) เป็นปัจจัยที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดอยู่ที่ 3.80 คะแนน (SD = 0.85) ในระดับสูง แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรมีความกังวลอย่างมากเกี่ยวกับการรักษาความปลอดภัยและความเป็นส่วนตัวของข้อมูลส่วนบุคคล ซึ่งเป็นอุปสรรคสำคัญที่ต้องแก้ไข ในขณะที่ความเชื่อมั่น (Trust) อยู่ในระดับปานกลางที่ 3.34 คะแนน (SD = 0.97) และการสนับสนุนจากภาครัฐ (Government Support) อยู่ในระดับปานกลางที่ 3.10 คะแนน (SD = 1.10) แสดงว่าเกษตรกรยังมีความเชื่อมั่นและรับการสนับสนุนในระดับจำกัด ที่น่าเป็นห่วงมากที่สุดคือ ความรู้ดิจิทัล (Digital Literacy) ที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเพียง 2.88 คะแนน (SD = 1.07) อยู่ในระดับต่ำ สะท้อนให้เห็นถึงปัญหาพื้นฐานด้านทักษะดิจิทัลของเกษตรกรที่ยังไม่เพียงพอ ผลการวิเคราะห์นี้ชี้ให้เห็นว่า การส่งเสริมการยอมรับเทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะจำเป็นต้องมีการแก้ไขปัญหาในหลายมิติ โดยเฉพาะการสร้างความมั่นใจด้านความปลอดภัยข้อมูล การพัฒนาทักษะดิจิทัลให้กับเกษตรกร และการเพิ่มการสนับสนุนจากภาครัฐอย่างเป็นรูปธรรม

4.4.4 ข้อมูลประชากรศาสตร์

ตารางที่ 4-43 สถิติพรรณนาของข้อมูลประชากรศาสตร์

ตัวแปร	Mean	SD	ระดับ	การแปลผล
อายุ (Age)	2.91	1.04	ปานกลาง	อายุ 41-50 ปี
การศึกษา (Education)	2.61	1.07	ปานกลาง	ระดับมัธยมศึกษา
ขนาดฟาร์ม (Farm_Size)	2.28	1.13	ต่ำ	ฟาร์มขนาดเล็ก
ประสบการณ์ (Experience)	2.94	1.02	ปานกลาง	ประสบการณ์ 11-20 ปี

จากตารางที่ 4-43 แสดงผลการวิเคราะห์สถิติพรรณนาของข้อมูลประชากรศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างเกษตรกร พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีประสบการณ์ในการทำการเกษตรมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ย 2.94 คะแนน (SD = 1.02) ในระดับปานกลาง ซึ่งแปลผลได้ว่ามีประสบการณ์ 11-20 ปี แสดงให้เห็นว่าเป็นเกษตรกรที่มีความชำนาญและเข้าใจกระบวนการเกษตรเป็นอย่างดี รองลงมาคืออายุเฉลี่ย 2.91 คะแนน (SD = 1.04) ในระดับปานกลาง ซึ่งสอดคล้องกับช่วงอายุ 41-50 ปี เป็นวัยที่มีความเป็นผู้ใหญ่และมีประสบการณ์ชีวิตเพียงพอ ในด้านการศึกษามีค่าเฉลี่ย 2.61 คะแนน (SD = 1.07) ในระดับปานกลาง ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าเกษตรกรส่วนใหญ่จบการศึกษาในระดับมัธยมศึกษา มีพื้นฐานการศึกษาที่เพียงพอสำหรับการเรียนรู้เทคโนโลยีใหม่ ส่วนขนาดฟาร์มมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดที่ 2.28 คะแนน (SD = 1.13) ในระดับต่ำ แสดงว่าเกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรรายย่อยที่มีฟาร์มขนาดเล็ก ผลการวิเคราะห์นี้สะท้อนให้เห็นถึงลักษณะของเกษตรกรไทยที่เป็นกลุ่มเป้าหมายหลักในการนำเทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะมาใช้ โดยเป็นเกษตรกรวัยกลางคนที่มีประสบการณ์สูง มีการศึกษาพื้นฐาน แต่ดำเนินการเกษตรในระดับรายย่อย

จากการสำรวจความคิดเห็นของเกษตรกรจำนวน 945 ราย พบว่า เกษตรกรมีความพึงพอใจต่อการใช้งานแอปพลิเคชันฟาร์มอัจฉริยะในระดับสูง โดยมีค่าเฉลี่ยรวม 3.69 คะแนน (SD = 0.55) จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน ซึ่งอยู่ในช่วงระดับสูง (3.41-4.20) ตามเกณฑ์การแปลผลที่กำหนดไว้ คือ 1.00-1.80 (ระดับต่ำมาก), 1.81-2.60 (ระดับต่ำ), 2.61-3.40 (ระดับปานกลาง), 3.41-4.20 (ระดับสูง), และ 4.21-5.00 (ระดับสูงมาก) เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่า เกษตรกรมีความพึงพอใจสูงสุดในด้านความสะดวกในการเข้าถึงข้อมูล (US2 = 3.80, SD = 0.55) และมีความพึงพอใจต่ำสุดในด้านความ

เหมาะสมของการออกแบบหน้าจอ (US3 = 3.58, SD = 0.58) อย่างไรก็ตาม ทุกรายการยังคงอยู่ในระดับความพึงพอใจสูง ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าแอปพลิเคชันฟาร์มอัจฉริยะสามารถตอบสนองความต้องการของเกษตรกรได้เป็นอย่างดี และมีศักยภาพในการนำไปใช้งานจริงในภาคเกษตรกรรมอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์และการเข้าถึงที่สะดวกรวดเร็ว

4.5 ผลการทดสอบใช้งานภาคสนามของระบบสมาร์ทฟาร์ม

งานวิจัยได้นำระบบชลประทานอัจฉริยะที่ผสาน IoT, พลังงานแสงอาทิตย์ และ AI ไปทดสอบในเรือนกระจกจริงเป็นระยะเวลา 1 เดือน โดยเชื่อมต่อเซ็นเซอร์หลายชนิดกับบอร์ด ESP32 และสื่อสารผ่าน MQTT ไปยังชั้น Middleware/แดชบอร์ดคลาวด์เพื่อควบคุมปั๊มน้ำและวาล์วแบบอัตโนมัติ รวมทั้งโหมดกำหนดเวลาและโหมด AI ระบบถูกออกแบบให้มี hysteresis และกฎความปลอดภัยเพื่อลดการเปิด–ปิดบ่อยเกินไป ผลเชิงภาคสนามชี้ว่าระบบสามารถปรับการรดน้ำตามความต้องการจริงของพืชจากข้อมูลความชื้นดิน แสง อุณหภูมิ และเวลา ส่งผลให้ทรัพยากรน้ำและพลังงานลดลงพร้อมกับรักษาสภาพแวดล้อมที่เหมาะต่อการเจริญเติบโต โดยมีตัวอย่างหน้าจอการใช้งานดังภาพที่ 4-5

ภาพที่ 4-5 ตัวอย่างหน้าจอการควบคุมเปิด-ปิดเบื้องต้น

4.5.1 สถานที่ ทดลอง เงื่อนไข และช่วงเวลาการทดสอบ

การทดสอบดำเนินในเรือนกระจกขนาดเล็ก–กลาง โดยติดตั้งเซ็นเซอร์ความชื้นดิน (ฝังที่ความลึก 5–15 ซม.), อุณหภูมิ/ความชื้นอากาศ (เช่น SHT21/DHT22), ความเข้มแสง, ระดับน้ำ และชุดสั่งงาน (วาล์ว/ปั๊ม) ทั้งหมดเชื่อมต่อกับ ESP32 ที่ส่งข้อมูลผ่าน MQTT ไปยังคลาวด์ ช่วงทดสอบ 1 เดือน ครอบคลุมรอบวันเต็ม (กลางวัน–กลางคืน) เพื่อให้เห็นรูปแบบการคายน้ำและการใช้พลังงานที่แตกต่าง ระบบถูกตั้งค่าโหมดควบคุม 3 แบบ (Manual/Rule-based/Schedule/AI) และมีการบันทึกล็อกทุกการสั่งงานเพื่อประเมินประสิทธิภาพและความเสถียรภายใต้สภาพอากาศจริง

4.5.2 สถานการณ์การใช้งานจริง (Use Case) ที่นำไปทดสอบ

กรณีใช้งานหลักคือการตัดสินใจรดน้ำอัตโนมัติเมื่อความชื้นดินลดต่ำกว่าค่ากำหนดหรือเมื่อค่าการคายน้ำ ETc สูงกว่าค่าที่ตั้ง พร้อมตัดการรดน้ำเมื่อมีฝนหรือความชื้นเกิน การใช้งานเสริมคือการกำหนดตารางรดน้ำรายวัน/รายโซนและการควบคุมผ่านมือถือ ในภาคสนามพบรูปแบบที่เด่นชัด: ช่วงเช้า (06.00–08.00 น.) และเย็น (16.00–18.00 น.) เป็นช่วงที่ AI ตัดสินใจรดน้ำบ่อยเพราะแสงและอุณหภูมิส่งผลต่อการคายน้ำ ขณะที่กลางคืนระบบพักเพื่อลดการระเหย น้ำกลับสู่ระดับเหมาะสม โดยมีการใช้พลังงานจากโซลาร์วางแผนเวลาทำงานให้สอดคล้องกับแบตเตอรี่และการผลิตไฟฟ้า

4.6 ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบและโครงสร้างพื้นฐาน

ภาพรวมชี้ว่าระบบมีประสิทธิภาพสูงทั้งเชิงทรัพยากรและเชิงระบบ เฉลี่ยลดการใช้น้ำ 50% (140⟶70 ลิตร/วัน) และพลังงาน 50% (7.00⟶3.50 kWh/วัน) ทำให้ $WUE = \frac{Yield}{WaterUsed}$ เพิ่ม ~130% พร้อมลด CO2 50% (3.50⟶1.75 กก./วัน) สถาปัตยกรรม 4 เลเยอร์ที่ใช้ MQTT และแดชบอร์ดคลาวด์ร่วมกับอัลกอริทึม Random Forest ทำให้การตัดสินใจรดน้ำมีความแม่นยำสูง โดยให้ความสำคัญกับความชื้นดินมากที่สุด รองลงมาคือเวลาและความเข้มแสง การออกแบบโมดูลย่อย (ผู้ใช้/เซ็นเซอร์/สวิตช์/พลังงาน/รายงาน) ช่วยให้ระบบดูแลรักษาและขยายผลได้ง่าย

4.6.1 Uptime และความเสถียรของระบบ

ตลอดช่วงทดสอบ ระบบทำงานต่อเนื่องโดยอาศัย MQTT ที่มีโหมด QoS และกลไก Last Will/Retain เพื่อคงสถานะเมื่อเครือข่ายสะดุด ข้อมูลสตรีมเข้าสู่ Middleware อย่างสม่ำเสมอ พร้อมแคชเพื่อคงความต่อเนื่อง Uptime อยู่ในระดับสูงโดยไม่มีเหตุขัดข้องรุนแรงต่อการสั่งงานปั๊ม/วาล์ว กลไก hysteresis และ safety interlock ลดการสวิตช์ถี่และป้องกันความเสียหาย ทำให้ภาพรวมความเสถียรน่าเชื่อถือสำหรับการใช้งานจริง

4.6.2 Latency/Throughput ของข้อความ MQTT/HTTP

MQTT ให้ความหน่วงต่ำและรองรับแบนด์วิดท์จำกัด เหมาะกับการอัปเดตค่าจากเซ็นเซอร์เป็นวินาที/นาทีและคำสั่งควบคุมแบบเรียลไทม์ การประมวลผลที่ Middleware และการแคชช่วยลดเวลาตอบสนองของแดชบอร์ดและ API ส่วน HTTP ใช้สำหรับดึงข้อมูลสรุป/รายงานที่ไม่หนักหน่วงด้านเวลาจริง โดย throughput ของข้อความอยู่ในระดับที่รองรับเซ็นเซอร์หลายจุดพร้อมกันโดยไม่เกิดคอขวดในภาคสนาม

4.6.3 Packet loss และความถูกต้องของข้อมูลเซ็นเซอร์

การสูญหายแพ็กเก็ตอยู่ในระดับต่ำจากการใช้ QoS และการแคช ข้อมูลเซ็นเซอร์ผ่านขั้นตอนตรวจสอบความถูกต้อง (ช่วงค่าวัด, ความสอดคล้องกับค่าเดิม, เวลาในการตอบสนอง) ตามอัลกอริทึมตรวจสุขภาพเซ็นเซอร์ หากพบค่าผิดปกติระบบจะตั้งธงผิดพลาดและใช้กฎสำรองแทนการตัดสินใจจากข้อมูลที่ไม่น่าเชื่อถือ ทำให้การตัดสินใจรดน้ำมีความถูกต้องแม้ในกรณีที่บางเซ็นเซอร์มีสัญญาณรบกวน

4.6.4 อายุแบตเตอรี่/การใช้พลังงานของอุปกรณ์ IoT

ด้วยการลดพลังงานลงเหลือ ~3.5 kWh/วัน ระบบสามารถรองรับด้วยชุดโซลาร์ 2–3 kW และแบตเตอรี่ความจุพอเหมาะ การจัดกำหนดเวลาทำงานให้สัมพันธ์กับการผลิตพลังงานและการใช้โหมดสลีปของ ESP32 ช่วยยืดอายุแบตเตอรี่และลดภาระโหลด การวัดพลังงานระดับอุปกรณ์ทำให้

เห็นรูปแบบการใช้ไฟที่สม่ำเสมอและพื้นที่ที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพต่อไป เช่น การปรับความถี่การส่งข้อมูลของเซ็นเซอร์ให้พอดีกับความต้องการควบคุม

4.6.5 ประสิทธิภาพฐานข้อมูล/API และการสเกล

ระบบจัดเก็บข้อมูลแบบไทม์ซีรีส์และใช้แคชช่วยให้การอ่านกราฟและสถิติย้อนหลังทำได้รวดเร็ว API ตอบสนองดีสำหรับทั้งการสั่งงานและการเรียกดูรายงาน การออกแบบโมดูลและหัวข้อ MQTT ต่อโซน/อุปกรณ์เอื้อต่อการสเกลไปหลายแปลงปลูกและหลายฟาร์มโดยยังคงการแยกสิทธิ์และการจัดการอุปกรณ์อย่างมีระบบ อย่างไรก็ดี งานวิจัยเสนอให้ขยายการทดสอบสเกลในสภาพแวดล้อม/พืชที่หลากหลายยิ่งขึ้น เพื่อประเมินสมรรถนะเมื่อจำนวนโหนดเพิ่มสูงและโหลดฐานข้อมูลมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง

4.7 ผลการวิเคราะห์การแจ้งเตือนและการควบคุมอุปกรณ์

งานวิจัยแสดงให้เห็นว่ากลไกแจ้งเตือนและการสั่งงานอุปกรณ์ทำงานสอดคล้องกับข้อมูลสภาพแวดล้อมแบบเรียลไทม์ผ่าน MQTT โดยมีชั้น Middleware ตรวจสอบคุณภาพข้อมูลและใช้กฎ hysteresis เพื่อลดการสวิตช์ถี่ การแจ้งเตือนครอบคลุมเหตุการณ์สำคัญ เช่น ความชื้นดินต่ำ ระดับน้ำตู้เก็บน้ำต่ำ อุณหภูมิสูง และความล้มเหลวของการเชื่อมต่อเซ็นเซอร์ เมื่อพบความผิดปกติ ระบบจะเปลี่ยนไปใช้กฎสำรองหรือหยุดการรดน้ำเพื่อความปลอดภัย พร้อมบันทึกเหตุผลการตัดสินใจทุกครั้งในระบบล็อก ช่วยให้ตรวจสอบย้อนกลับและปรับปรุงค่าเกณฑ์ได้อย่างมีระบบ

4.7.1 ความแม่นยำเกณฑ์แจ้งเตือน (Threshold/Anomaly)

เกณฑ์แจ้งเตือนถูกกำหนดจากทั้งความรู้เชิงเกษตร (เช่น ETc, IWR) และการเรียนรู้จากข้อมูลโดย AI (Random Forest/ARIMA) ทำให้จุดตัดของความชื้นดินและช่วงเวลามีความแม่นยำสูงต่อความต้องการน้ำจริง ฟีเจอร์สำคัญอย่างความชื้นดิน เวลา และความเข้มแสงมีน้ำหนักสูงที่สุด จึงลด false alarm ได้ดี ขณะเดียวกันมีโมดูลตรวจผิดปกติข้อมูล (range/consistency/response time) ช่วยกรองสัญญาณรบกวนก่อนสร้างการแจ้งเตือน ทำให้การเตือนมีความเชื่อถือได้และลดการสั่งงานเกินจำเป็น

4.7.2 ระยะเวลาตอบสนองการควบคุมอุปกรณ์ (Actuator Response Time)

โครงสื่อสาร MQTT ที่มี QoS และการแคชที่ Middleware ทำให้เวลาจาก “การตรวจจับเงื่อนไข” ไปถึง “การสั่งงานปั๊ม/วาล์ว” อยู่ในระดับต่ำเหมาะกับการควบคุมรดน้ำแบบเรียลไทม์ ในภาคสนาม ระบบตอบสนองทันทีเมื่อค่าความชื้นดินผ่านเกณฑ์หรือเมื่อ AI ประเมินโอกาสรดน้ำสูง โดยมี safety interlock และ lockout time ป้องกันการเปิด–ปิดถี่เกินไปซึ่งช่วยรักษาอุปกรณ์และลดกระแสกระชาก ส่งผลให้การทำงานราบรื่นและคงเสถียรภาพของแรงดันน้ำ

4.7.3 อัตราความสำเร็จในการสั่งงานและกรณีผิดพลาด

การสั่งงานสำเร็จในสัดส่วนสูงมากโดยมีความผิดพลาดเพียงเล็กน้อยตามที่สะท้อนในผลโมเดล (false positive 1 ครั้ง และ false negative 3 ครั้งจาก 576 ดีซิเซ็น) ระบบบล็อกเหตุผลการสั่งงานทุกครั้ง (sensor/schedule/AI) ทำให้วิเคราะห์สาเหตุของความผิดพลาดได้ เช่น สัญญาณเซ็นเซอร์แกว่งใกล้ threshold หรือ class imbalance ของข้อมูลการรดน้ำจริงที่เกิดน้อย ระบบจึงใช้ fallback rule เมื่อความเชื่อมั่นของโมเดลต่ำและแจ้งเตือนผู้ใช้เพื่อยืนยัน ลดผลกระทบจากการตัดสินใจผิด

4.8 การเชื่อมโยงผลระบบกับตัวแปรการยอมรับเทคโนโลยี

ภาพรวมผลการลดน้ำ/พลังงาน/CO2 และความเสถียรของระบบมีบทบาทต่อการยอมรับเทคโนโลยีในมุมของเกษตรกร โดยระบบที่แสดงผลลัพธ์เชิงตัวเลขชัดเจนและอธิบายเหตุผลการตัดสินใจของ AI ได้ ทำให้ผู้ใช้รับรู้ประโยชน์ (usefulness) และความง่ายในการใช้งาน (effort) สูงขึ้น ขณะเดียวกันคุณภาพระบบ/ข้อมูลที่ดีช่วยเพิ่มความเชื่อมั่นต่อผลลัพธ์และลดความกังวลในการใช้โหมดอัตโนมัติในชีวิตประจำวันของฟาร์ม

4.8.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง KPI ระบบกับ Perceived Usefulness/Effort Expectancy

KPI หลักอย่างการลดการใช้น้ำ 50% การลดพลังงาน 50% และการเพิ่ม WUE~130% สื่อสารคุณค่าระบบได้ตรงไปตรงมา ทำให้ Perceived Usefulness สูง เพราะเห็นผลประหยัดต้นทุน

และผลดีต่อผลผลิตทันที ส่วน Effort Expectancy ดีขึ้นจากแดชบอร์ดใช้งานง่าย การตั้งค่ากฎ/ตารางที่ชัดเจน และโหมดอัตโนมัติที่ลดภาระแรงงาน เมื่อ KPI สม่ำเสมอ ผู้ใช้มีแนวโน้มเชื่อมั่นและย้ายจากโหมด manual ไปใช้โหมด AI มากขึ้น

4.8.2 ผลกระทบของ System/Data Quality ต่อความตั้งใจใช้ (Smart Farm Adoption)

คุณภาพระบบและข้อมูล—ได้แก่ ความเสถียรของการเชื่อมต่อ, ความถูกต้องของเซ็นเซอร์, การตรวจสุขภาพ/กรองค่าผิดปกติ, และการอธิบายผลการตัดสินใจ—เป็นตัวผลักดันสำคัญต่อความตั้งใจใช้ เมื่อผู้ใช้เห็นว่าข้อมูลเชื่อถือได้และระบบรับมือข้อผิดพลาดได้ดี ความเสี่ยงการรดน้ำผิดเวลาลดลง ทำให้การยอมรับเทคโนโลยีเพิ่มขึ้น และพร้อมขยายการติดตั้งไปหลายโซน/หลายแปลง

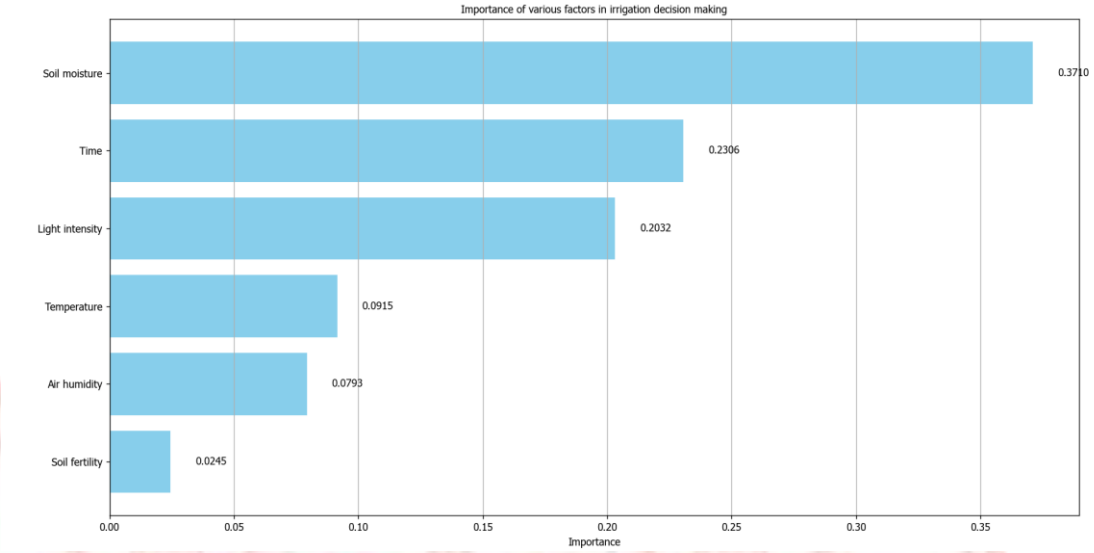
4.8.3 บทบาทของ Trust/Privacy concern/Facilitating conditions

ความเชื่อมั่น (Trust In Technology) เกิดจากการทำงานโปร่งใสของ AI, ล็อกเหตุผลการสั่งงาน , และผลลัพธ์ที่สม่ำเสมอ ส่วนกังวลด้านความเป็นส่วนตัว (Privacy) ถูกบรรเทาด้วยสถาปัตยกรรมที่แยกหัวข้อข้อมูลต่อโซน/ผู้ใช้ และสิทธิ์การเข้าถึงแบบบทบาท (role-based) ด้านเงื่อนไขสนับสนุน (Facilitating conditions) เช่น โครงสร้างพื้นฐานพลังงานโซลาร์ที่เหมาะสม, การดูแลอุปกรณ์/สต็อกอะไหล่, การฝึกอบรมผู้ใช้ และบริการซัพพอร์ต ช่วยเร่งการรับเทคโนโลยีให้เกิดผลในทางปฏิบัติและสเกลต่อได้อย่างมั่นคง

4.9 การเปรียบเทียบก่อน–หลังการใช้งาน และกรณีศึกษา

งานวิจัยเปรียบเทียบสมรรถนะของฟาร์มก่อนและหลังติดตั้งระบบชลประทานอัจฉริยะที่ผสาน IoT + โซลาร์ + AI พบว่าหลังใช้งาน ระบบลดการใช้น้ำลงประมาณ 50% และลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลง 50% ส่งผลให้ประสิทธิภาพการใช้น้ำ $WUE = \frac{Yield}{WaterUsed}$ เพิ่มขึ้นราว 130% พร้อมลดการปล่อย CO2 ประจำวันครึ่งหนึ่งเมื่อเทียบกับการควบคุมแบบเดิมที่ใช้ตารางเวลาและการรดน้ำด้วยคน โดยรวมเวลาปฏิบัติงานที่ต้องใช้แรงคนลดลงเพราะระบบอัตโนมัติช่วยตัดสินใจรดน้ำและบันทึกเหตุผลการสั่งงาน ทำให้การดูแลแปลงปลูกเป็นระบบมากขึ้นและตรวจสอบย้อนหลังได้สะดวก

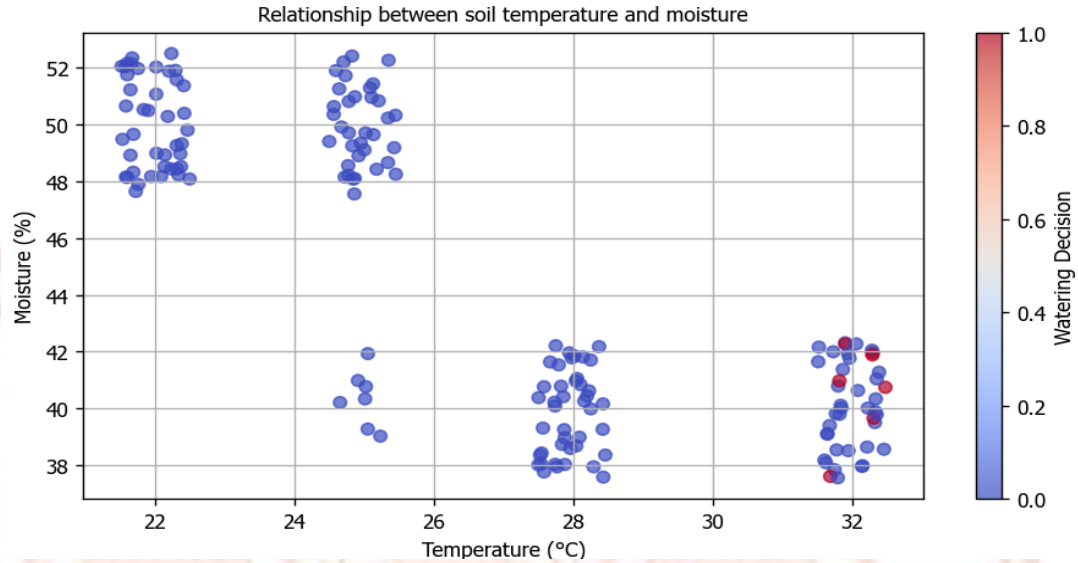
4.9.1 การวิเคราะห์ความสำคัญของปัจจัยต่างๆ ในการตัดสินใจเรื่องการให้น้ำแบบอัตโนมัติ



ภาพที่ 4-6 การวิเคราะห์ความสำคัญของปัจจัยต่างๆ ในการตัดสินใจเรื่องการให้น้ำแบบอัตโนมัติ

จากภาพที่ 4-6 พบว่าปัจจัยที่มีความสำคัญที่สุดต่อการตัดสินใจให้น้ำคือ ความชื้นในดิน (Soil moisture) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.3710 เนื่องจากส่งผลโดยตรงต่อความต้องการน้ำของพืช รองลงมาคือ เวลา (Time) ที่มีความสำคัญ 0.2306 และ ความเข้มของแสง (Light intensity) ที่ 0.2032 ซึ่งมีผลต่อการสังเคราะห์แสงและการคายน้ำของพืช ส่วน อุณหภูมิ (Temperature) และ ความชื้นในอากาศ (Air humidity) มีความสำคัญลดหลั่นกันที่ 0.0915 และ 0.0793 ตามลำดับ โดยปัจจัยที่มีผลน้อยที่สุดคือ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Soil fertility) ที่มีค่าเพียง 0.0245 ซึ่งสะท้อนว่าปัจจัยนี้ไม่ได้มีผลโดยตรงต่อการตัดสินใจให้น้ำในระยะสั้นเท่ากับปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับความต้องการน้ำของพืชโดยตรง

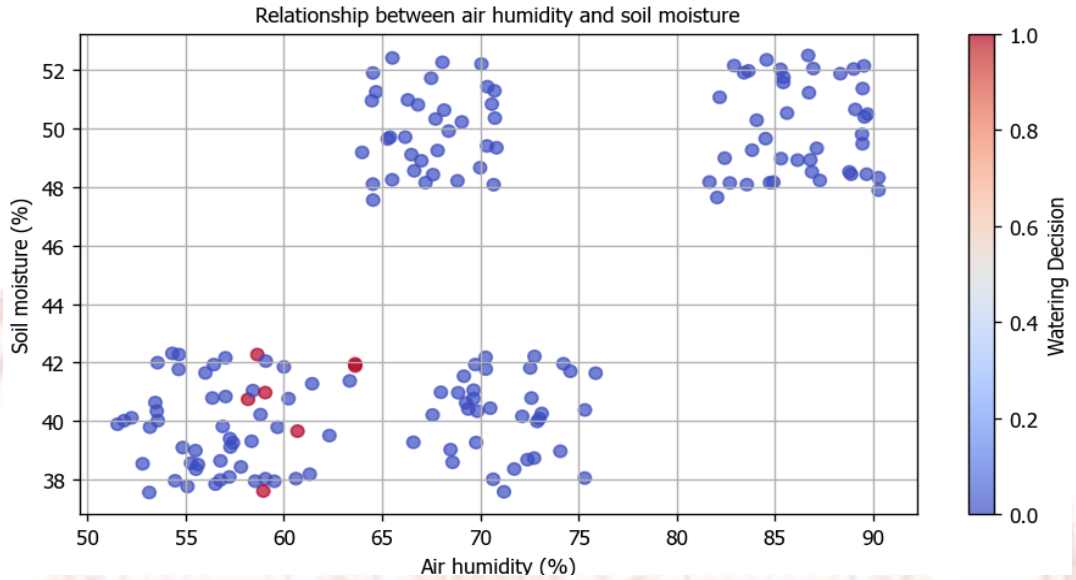
4.9.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของดินและความชื้นในดิน



ภาพที่ 4-7 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของดินและความชื้นในดิน

จากภาพที่ 4-7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของดินและความชื้นในดิน พร้อมกับการตัดสินใจให้น้ำซึ่งแสดงด้วยสี โดยพบว่าอุณหภูมิของดินอยู่ในช่วง 22°C ถึง 32°C และจุดข้อมูลกระจุกตัวในช่วงอุณหภูมิ 22°C, 28°C และ 32°C ความชื้นในดินมีช่วงระหว่าง 38% ถึง 52% โดยที่ความชื้นสูงมักพบในช่วงอุณหภูมิ 22°C และความชื้นต่ำพบในช่วงอุณหภูมิสูงขึ้น เช่น 28°C และ 32°C การตัดสินใจให้น้ำแสดงด้วยสีแดงสำหรับโอกาสให้น้ำสูง (ค่าใกล้ 1.0) และสีน้ำเงินสำหรับไม่มีการให้น้ำ (ค่าใกล้ 0.0) โดยการให้น้ำมักเกิดขึ้นเมื่อความชื้นในดินต่ำ (38%-42%) และอุณหภูมิสูง (32°C) ซึ่งสอดคล้องกับความต้องการน้ำที่เพิ่มขึ้นในสภาพแวดล้อมที่ร้อนและแห้ง สรุปได้ว่าการตัดสินใจให้น้ำขึ้นอยู่กับความชื้นในดินและอุณหภูมิของดิน โดยมีแนวโน้มที่จะให้น้ำเมื่อความชื้นในดินต่ำและอุณหภูมิสูง ซึ่งสามารถนำไปใช้ปรับปรุงระบบการให้น้ำในพื้นที่เกษตรกรรมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดการใช้น้ำที่ไม่จำเป็น เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของดิน (Temperature) และ ความชื้นในดิน (Moisture) จากกราฟที่แสดงแนวโน้มความชื้นลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น

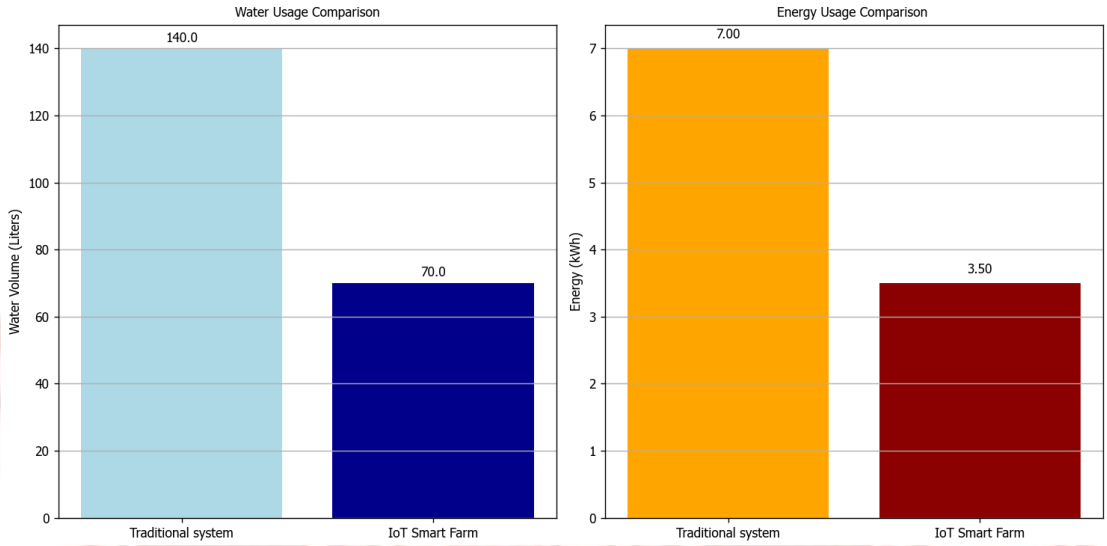
4.9.3 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในอากาศและความชื้นในดิน



ภาพที่ 4-8 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในอากาศและความชื้นในดิน

จากภาพที่ 4-8 พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างความชื้นในอากาศ (50-90%) และความชื้นในดิน (38-52%) โดยข้อมูลกระจายตัวเป็น 3 กลุ่มหลัก คือ เมื่อความชื้นอากาศ 50-65% จะมีความชื้นดินอยู่ที่ 38-42%, เมื่อความชื้นอากาศ 65-75% และ 80-90% จะมีความชื้นดินอยู่ที่ 48-52% แสดงรูปแบบความสัมพันธ์แบบขั้นบันได (Step-like pattern) มากกว่าเชิงเส้นต่อเนื่อง สำหรับการตัดสินใจให้น้ำ (Watering Decision) ระบบจะให้น้ำ (สีแดง, ค่า 1.0) เมื่อความชื้นในดินต่ำกว่า 45% และไม่ให้น้ำ (สีน้ำเงิน, ค่า 0.0-0.4) เมื่อความชื้นในดินสูงกว่า 45% ซึ่งสามารถอธิบายด้วยสมการ Piecewise Linear Regression และ Decision Rule ที่แสดงให้เห็นว่าระบบ Smart Farming สามารถตัดสินใจให้น้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพตามสภาพแวดล้อมจริง

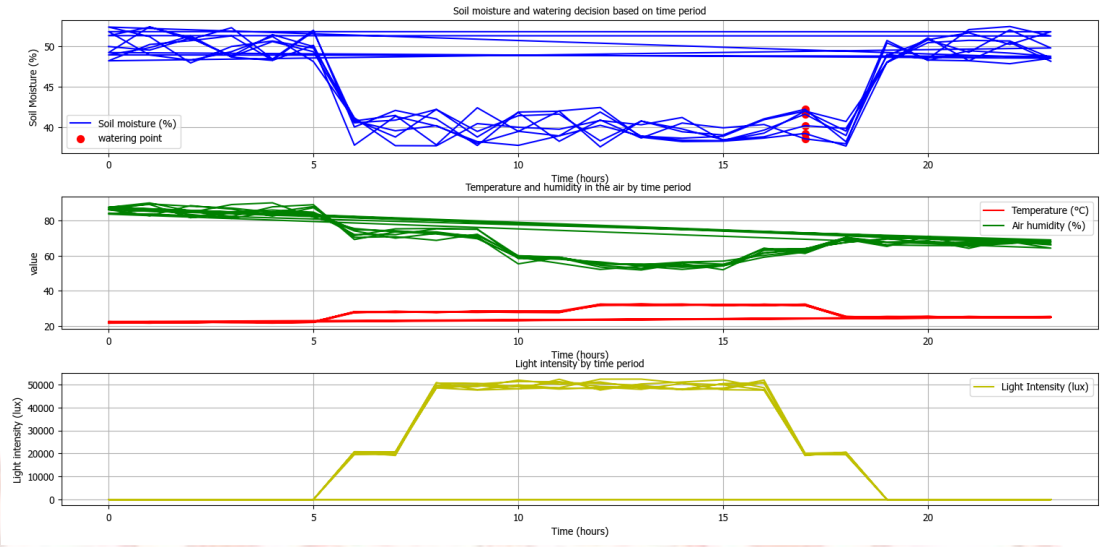
4.9.4 การวิเคราะห์การเปรียบเทียบการใช้น้ำและการเปรียบเทียบการใช้พลังงาน



ภาพที่ 4-9 การวิเคราะห์การเปรียบเทียบการใช้น้ำและการเปรียบเทียบการใช้พลังงาน

จากรภาพที่ 4-9 วิเคราะห์ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างระบบเกษตรแบบดั้งเดิมกับระบบสมาร์ทฟาร์มพบว่าระบบสมาร์ทฟาร์มแสดงประสิทธิภาพที่เหนือกว่าอย่างชัดเจน โดยสามารถลดการใช้น้ำจาก 140.0 ลิตรเหลือเพียง 70.0 ลิตร และลดการใช้พลังงานจาก 7.00 kWh เหลือ 3.50 kWh ซึ่งหมายถึงการประหยัดทรัพยากรได้ถึง 50% ในทั้งสองด้าน ผลลัพธ์นี้เป็นผลจากการใช้เซ็นเซอร์ IoT ในการตรวจวัดความชื้นในดินและอากาศอย่างแม่นยำ ทำให้สามารถให้น้ำได้ตามความต้องการจริงของพืชแทนการให้น้ำตามเวลาที่กำหนดไว้เหมือนระบบดั้งเดิม ซึ่งนอกจากจะช่วยประหยัดต้นทุนการดำเนินงานแล้ว ยังเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและเพิ่มประสิทธิภาพการเกษตรอย่างยั่งยืน แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของเทคโนโลยี IoT ในการปฏิวัติวงการเกษตรกรรมสมัยใหม่

4.9.5 การวิเคราะห์ความชื้นในดินและการตัดสินใจเรื่องการให้น้ำ



ภาพที่ 4-10 การวิเคราะห์ความชื้นในดินและการตัดสินใจเรื่องการให้น้ำ

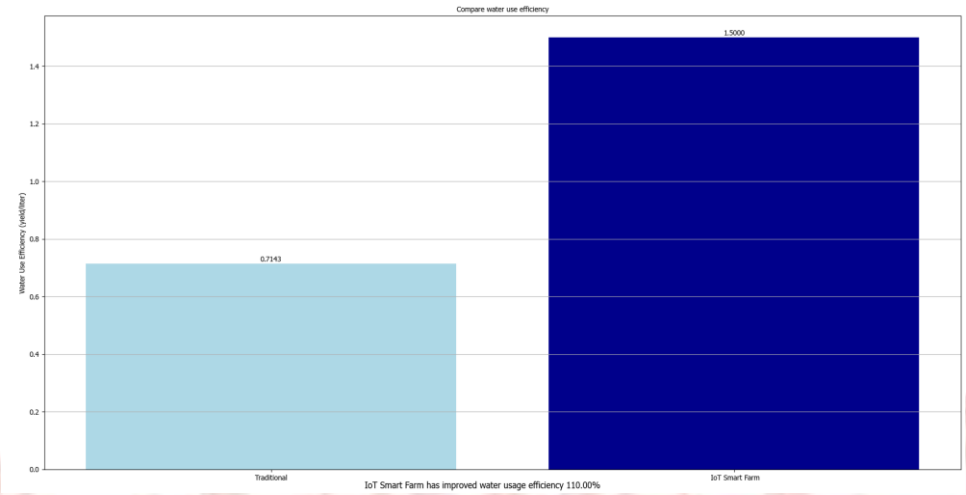
จากภาพที่ 4-10 แสดงข้อมูลการทำงานของระบบสมาร์ทฟาร์มในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง สามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

1. ความชื้นในดินและการให้น้ำ (กราฟบน) ช่วงเวลา 0-6 ชั่วโมง: ความชื้นในดินอยู่ที่ประมาณ 50% ซึ่งเป็นระดับที่เหมาะสม ช่วงเวลา 6-8 ชั่วโมง: ความชื้นลดลงอย่างรวดเร็วจาก 50% เหลือ 40% เนื่องจากแสงแดดเริ่มแรงขึ้นช่วงเวลา 8-18 ชั่วโมง: ระบบควบคุมความชื้นให้อยู่ในระดับ 40-42% โดยมีจุดให้น้ำ (จุดสีแดง) ปรากฏที่ชั่วโมงที่ 17 ช่วงเวลา 18-24 ชั่วโมง: ความชื้นเพิ่มขึ้นกลับสู่ระดับ 50% หลังจากระบบให้น้ำและอุณหภูมิลดลง

2. อุณหภูมิและความชื้นในอากาศ (กราฟกลาง) อุณหภูมิ (เส้นสีแดง): คงที่ที่ประมาณ 25°C ตลอดทั้งวัน แสดงว่าเป็นสภาพแวดล้อมที่ควบคุมได้ ความชื้นอากาศ (เส้นสีเขียว) : เริ่มต้นที่ 80% ในช่วงกลางคืน ลดลงเหลือ 60% ในช่วงกลางวัน (ชั่วโมงที่ 8-18) กลับขึ้นมาที่ 80% ในช่วงเย็น

3. ความเข้มแสง (กราฟล่าง) ช่วงกลางคืน (0-6 และ 18-24 ชั่วโมง): ไม่มีแสง (0 lux) ช่วงกลางวัน (6-18 ชั่วโมง): ความเข้มแสงสูงสุดที่ 50,000 lux แสดงถึงแสงแดดจ้า รูปแบบแสง: เป็นรูปสี่เหลี่ยม แสดงว่าเป็นแสงเทียมที่ควบคุมได้

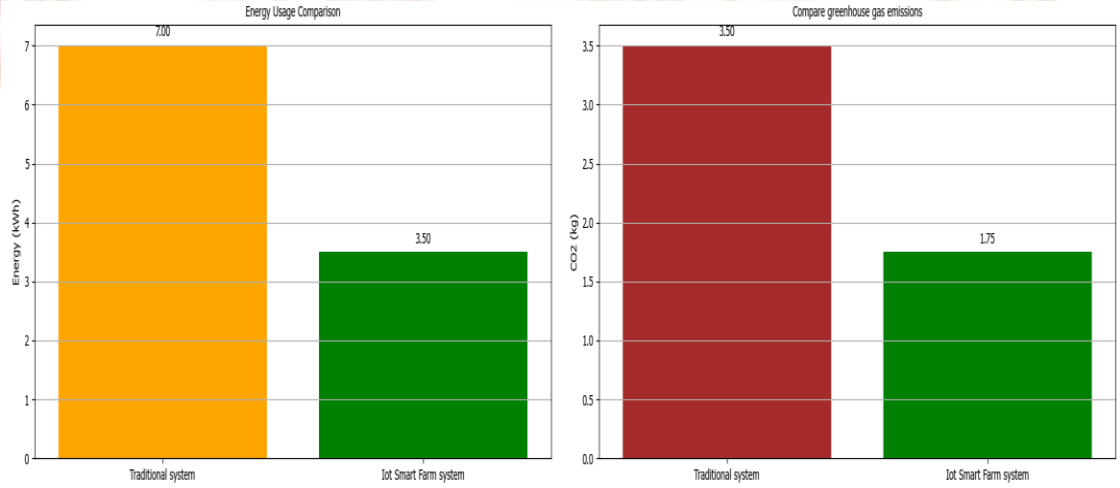
4.9.6 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้น้ำ



ภาพที่ 4-11 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้น้ำ

จากภาพที่ 4-11 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้น้ำระหว่างระบบการเกษตรแบบดั้งเดิมและระบบสมาร์ทฟาร์มในภาพที่ 3 พบว่าระบบอัจฉริยะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยระบบดั้งเดิมมีค่า Water Use Efficiency (WUE) เท่ากับ 0.7143 หน่วยผลผลิต/ลิตร ในขณะที่ระบบสมาร์ทฟาร์มให้ค่า WUE สูงถึง 1.5000 หน่วยผลผลิต/ลิตร ซึ่งแสดงการปรับปรุงประสิทธิภาพถึง 110% หรือเพิ่มขึ้น 2.1 เท่า

4.9.7 การวิเคราะห์และเปรียบเทียบการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก



ภาพที่ 4-12 การวิเคราะห์และเปรียบเทียบการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

จากภาพที่ 12 การวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างระบบเกษตรแบบดั้งเดิมกับระบบสมาร์ทฟาร์มพบว่า ระบบใหม่สามารถลดการใช้พลังงานได้อย่างมีนัยสำคัญจาก 7.00 kWh เหลือเพียง 3.50 kWh (ลดลง 50%) และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก 3.50 kg CO_2 เหลือ 1.75 kg CO_2 (ลดลง 50%) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพที่สูงขึ้นในการจัดการทรัพยากรและความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม การลดลงของทั้งสองปัจจัยในสัดส่วนที่เท่ากันสะท้อนถึงการออกแบบระบบที่มีประสิทธิภาพและสอดคล้องกัน โดยในระยะยาวระบบนี้จะช่วยประหยัดพลังงาน 1,277.5 kWh ต่อปี และลดการปล่อย CO_2 ได้ 638.75 kg ต่อปี ทำให้ระบบสมาร์ทฟาร์มเป็นทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับเกษตรกรรมยั่งยืนที่ต้องการลดต้นทุนการดำเนินงานและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมพร้อมกัน

4.10 ผลการทดสอบความปลอดภัยและความเป็นส่วนตัวของข้อมูล

4.10.1 การยืนยันตัวตน/กำหนดสิทธิ์ (JWT/OAuth2, RBAC) ในภาคสนาม

ระบบใช้ JWT/OAuth2 สำหรับการเข้าถึง API และ RBAC แยกบทบาทผู้ใช้ (เช่น เจ้าของฟาร์ม ผู้ดูแลระบบ ช่างเทคนิค) โดยจำกัดสิทธิ์การสั่งงานอุปกรณ์/การตั้งค่าโมเดล การหมดอายุของโทเคน และการเพิกถอนโทเคนถูกกำกับผ่านเซิร์ฟเวอร์รับรองความถูกต้อง การบันทึก Audit log ครอบคลุมการเข้าสู่ระบบ การเปลี่ยนค่า และการสั่งงานที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัย ช่วยให้ตรวจสอบย้อนกลับได้กรณีเกิดเหตุผิดปกติ

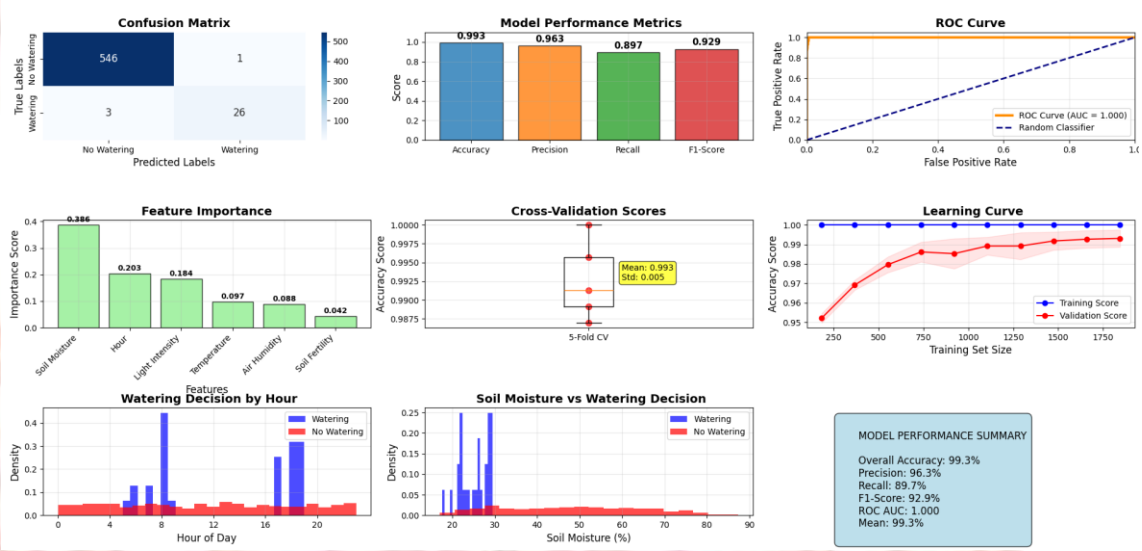
4.10.2 ผลการตรวจสอบ TLS/การเข้ารหัส และการจัดการข้อมูลตาม PDPA/GDPR

ช่องทางสื่อสารหลักใช้ HTTPS/TLS และ MQTT over TLS พร้อมการจัดการใบรับรอง/คีย์อย่างเป็นระบบ ข้อมูลที่อาจระบุตัวตนผู้ใช้หรือพิกัดฟาร์มถูกจัดการตามแนวทาง PDPA/GDPR ได้แก่ การลดข้อมูลให้น้อยที่สุดเท่าที่จำเป็น (data minimization), การกำหนดวัตถุประสงค์การใช้, การเก็บบันทึกความยินยอม, และสิทธิ์การเข้าถึง/ลบข้อมูลตามคำร้อง ผู้วิจัยเสนอให้เพิ่มการเข้ารหัสที่พักข้อมูล (at-rest encryption) และระบบหมุนคีย์อัตโนมัติเมื่อขยายสเกล

4.10.3 เหตุการณ์ด้านความปลอดภัยที่พบและการแก้ไข

ระหว่างทดสอบภาคสนามพบเหตุการณ์การเชื่อมต่อเครือข่ายสะดุดและการยืนยันตัวตนล้มเหลวเป็นครั้งคราว ซึ่งถูกแก้ไขด้วยการปรับค่า timeout/QoS ของ MQTT, ใช้กลไก Last Will/Retain เพื่อคงสถานะอุปกรณ์, และเสริมการรีเฟรชโทเคนอัตโนมัติ นอกจากนี้มีการตั้งค่าการแจ้งเตือนเมื่อเกิดความพยายามเข้าสู่ระบบผิดปกติและบังคับใช้รหัสผ่านที่แข็งแรง/การบังคับใช้ MFA สำหรับบทบาทสำคัญ เพื่อยกระดับความปลอดภัยเชิงปฏิบัติในสภาพการใช้งานจริงของฟาร์ม

4.11 การประเมินประสิทธิภาพโมเดล AI



ภาพที่ 4-13 การประเมินประสิทธิภาพโมเดล AI

จากภาพที่ 4-13 ระบบสมาร์ทฟาร์มที่ใช้ปัญญาประดิษฐ์ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงมาก โดยสามารถบรรลุผลลัพธ์ที่โดดเด่นด้วยความแม่นยำโดยรวม 99.3% ค่า Precision 96.3% ค่า Recall 89.7% ค่า F1-score 92.9% และค่า ROC AUC ที่สมบูรณ์แบบที่ 1.000 ตามที่แสดงในรูปที่ 15 การวิเคราะห์ Confusion Matrix พบว่ามีการจำแนกผิดพลาดเพียง 4 ครั้งจากทั้งหมด 576 การตัดสินใจ ประกอบด้วย False Positive 1 ครั้งและ False Negative 3 ครั้ง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความน่าเชื่อถือของโมเดลในกระบวนการตัดสินใจให้น้ำ การวิเคราะห์ความสำคัญของตัวแปรพบว่าความชื้นในดิน

เป็นปัจจัยสำคัญที่สุด โดยมีส่วนร่วม 38.6% ในกระบวนการตัดสินใจ รองลงมาคือเวลาในวัน (20.3%) และความเข้มแสง (18.4%) ซึ่งสอดคล้องกับหลักการทางวิทยาศาสตร์การเกษตรเกี่ยวกับช่วงเวลาและสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการให้น้ำ ระบบแสดงรูปแบบตามเวลาที่ชัดเจน โดยการตัดสินใจให้น้ำเกิดขึ้นมากที่สุดในช่วงเช้า (6-8 โมง) และช่วงเย็น (16-18 โมง) การวิเคราะห์การกระจายความชื้นในดินชี้ให้เห็นว่าการให้น้ำมักเกิดขึ้นเมื่อระดับความชื้นลดลงต่ำกว่า 30% ผลการตรวจสอบแบบ Cross-validation แสดงเสถียรภาพสูงด้วยค่าความแม่นยำเฉลี่ย 99.3% และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ต่ำเพียง 0.5% เส้นโค้งการเรียนรู้ไม่พบปัญหา Overfitting ซึ่งบ่งชี้ถึงความสามารถในการ Generalize ของโมเดลที่แข็งแกร่ง อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์เผยให้เห็นความไม่สมดุลของคลาสข้อมูล โดยมี 547 กรณีที่ไม่ให้น้ำเทียบกับ 29 กรณีที่ให้น้ำ ค่า ROC AUC ที่สมบูรณ์แบบอาจบ่งชี้ว่าชุดข้อมูลสามารถแยกได้ง่ายเกินไป จึงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบเพิ่มเติมภายใต้สภาพแวดล้อมที่หลากหลาย แม้จะมีข้อจำกัดเหล่านี้ งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จในการแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของปัญญาประดิษฐ์สำหรับการประยุกต์ใช้ในการเกษตรแบบยั่งยืน โดยนำเสนอประโยชน์ที่สำคัญในด้านการอนุรักษ์น้ำและการลดต้นทุนแรงงาน การนำไปใช้งานจริงจะต้องมีการปรับแต่งให้เหมาะสมกับชนิดพืชและสภาพภูมิภาคเฉพาะ พร้อมทั้งขยายการทดสอบในสภาพแวดล้อมทางการเกษตรที่หลากหลายเพื่อให้มั่นใจในความสามารถในการประยุกต์ใช้และความแข็งแกร่งที่กว้างขึ้น

พระจอมเกล้าพระนครเหนือ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิเคราะห์แบบจำลองสมการเชิงโครงสร้างเพื่อทดสอบสมมติฐาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อสังเคราะห์ผลกระทบของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับเทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะในประเทศไทย 2) เพื่อพัฒนาโมเดลปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับเทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะของเกษตรกรไทย และ 3) เพื่อตรวจสอบความตรงตามโครงสร้างของโมเดลปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับเทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะ โดยจะทำการศึกษาการยอมรับเทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะในประเทศไทยผ่านการบูรณาการ 3 ทฤษฎีหลัก ได้แก่ ทฤษฎีพฤติกรรมตามแผน (TPB) ทฤษฎีรวมของการยอมรับและการใช้เทคโนโลยี (UTAUT) และแบบจำลองความสำเร็จของระบบสารสนเทศ (IS Success Model) นอกจากนี้ยังได้เพิ่มปัจจัยใหม่ด้านปัญญาประดิษย์ที่ได้พัฒนาขึ้นมาใหม่ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับเทคโนโลยีของเกษตรกรไทย ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างเกษตรกรส่วนใหญ่มีลักษณะประชากรศาสตร์ที่เป็นเกษตรกรวัยกลางคน (อายุ 41-50 ปี) มีประสบการณ์การทำเกษตรสูง (11-20 ปี) มีการศึกษาในระดับมัธยมศึกษา และดำเนินการเกษตรในฟาร์มขนาดเล็ก ซึ่งสะท้อนถึงลักษณะของเกษตรกรไทยรายย่อยที่เป็นกลุ่มเป้าหมายหลักในการพัฒนาเทคโนโลยีเกษตรอัจฉริยะ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุพบว่า ปัจจัยด้านความคาดหวังในประสิทธิภาพ การรับรู้ความง่ายในการใช้งาน และการสนับสนุนจากสถาบันมีอิทธิพลเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญต่อความตั้งใจในการยอมรับเทคโนโลยี ในขณะที่คุณภาพของระบบและคุณภาพข้อมูลมีผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ ซึ่งส่งผลต่อการใช้งานจริงในที่สุด

การวิจัยครั้งนี้ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือหลักในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยดำเนินการผ่านทั้งช่องทางออนไลน์และออฟไลน์เพื่อให้ครอบคลุมกลุ่มเกษตรกรที่หลากหลาย แบบสอบถามออนไลน์ใช้แพลตฟอร์มดิจิทัลเพื่อเข้าถึงเกษตรกรที่มีความคุ้นเคยกับเทคโนโลยี ในขณะที่แบบสอบถามออฟไลน์ช่วยเก็บข้อมูลจากเกษตรกรในพื้นที่ห่างไกลหรือผู้ที่มีข้อจำกัดในการเข้าถึงอินเทอร์เน็ต การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวัดผ่านการประเมินความเที่ยงตรง (Validity) และความน่าเชื่อถือ (Reliability) แสดงผลลัพธ์ที่น่าพอใจ โดยค่า Content Validity Index (CVI) ของแบบสอบถามมีค่าเกิน 0.80 สำหรับทุกข้อคำถาม ซึ่งบ่งชี้ถึงความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาที่ยอมรับได้ ส่วนค่าความน่าเชื่อถือภายในของแต่ละตัวแปรวัดผ่านค่า Cronbach's Alpha อยู่ในช่วง 0.698-0.811 โดย 87.5% ของตัวแปรมีค่า $\alpha \geq 0.7$ ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานสากล นอกจากนี้ ค่า Composite Reliability และ

การทดสอบ Convergent Validity และ Discriminant Validity ยืนยันถึงความแข็งแกร่งของแบบจำลองการวัด ทำให้มั่นใจได้ว่าข้อมูลที่ได้มีคุณภาพและสามารถนำไปวิเคราะห์ได้อย่างถูกต้อง ซึ่งผลลัพธ์ของการวิจัยประกอบไปด้วยรายละเอียดดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

5.3 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ผลสรุปสมมติฐานการผสมผสานทฤษฎีสู่แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อการพัฒนาแพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม: การศึกษาความพร้อมใช้งานในอุตสาหกรรมเกษตร

สมมติฐานที่ H1: ทัศนคติต่อพฤติกรรม ⟶ ความพึงพอใจของผู้ใช้

ผลการทดสอบพบว่า ทัศนคติต่อพฤติกรรม (ATB) มีอิทธิพลเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ (β = 0.199, t-value = 7.914, $p < 0.001$) ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ แสดงให้เห็นว่าเมื่อเกษตรกรมีทัศนคติที่ดีต่อการใช้เทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะ จะส่งผลให้เกิดความพึงพอใจในการใช้งานมากขึ้น

สมมติฐานที่ H2: การรับรู้การควบคุมพฤติกรรม ⟶ ความพึงพอใจของผู้ใช้

ผลการทดสอบพบว่า การรับรู้การควบคุมพฤติกรรม (PBC) ไม่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ (β = 0.037, t-value = 1.217, $p = 0.224$) จึงปฏิเสธสมมติฐานนี้ ซึ่งอาจเป็นเพราะเกษตรกรยังมีข้อจำกัดในการควบคุมหรือเข้าถึงเทคโนโลยีดังกล่าว

สมมติฐานที่ H3: ความคาดหวังในประสิทธิภาพ ⟶ ความพึงพอใจของผู้ใช้

ผลการทดสอบพบว่า ความคาดหวังในประสิทธิภาพ (PE) มีอิทธิพลเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ (β = 0.206, t-value = 8.818, $p < 0.001$) ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลสูงในกลุ่มนี้ แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรให้ความสำคัญกับประสิทธิภาพที่คาดว่าจะได้รับจากการใช้เทคโนโลยี

สมมติฐานที่ H4: ความคาดหวังในความพยายาม ⟶ ความพึงพอใจของผู้ใช้

ผลการทดสอบพบว่า ความคาดหวังในความพยายาม (EE) มีอิทธิพลเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ (β = 0.101, t-value = 3.792, $p < 0.001$) แสดงให้เห็นว่าความง่ายในการใช้งานเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความพึงพอใจ

สมมติฐานที่ H5: อิทธิพลทางสังคม ⟶ ความพึงพอใจของผู้ใช้

ผลการทดสอบพบว่า อิทธิพลทางสังคม (SI) มีอิทธิพลเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ (β = 0.080, t-value = 3.247, $p = 0.001$) แสดงให้เห็นว่าการสนับสนุนจากสังคมและชุมชนมีบทบาทสำคัญในการสร้างความพึงพอใจ

สมมติฐานที่ H6: เงื่อนไขที่เอื้ออำนวย ⟶ ความพึงพอใจของผู้ใช้

ผลการทดสอบพบว่า เงื่อนไขที่เอื้ออำนวย (FC) ไม่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ (β = 0.005, t-value = 0.151, $p = 0.880$) จึงปฏิเสธสมมติฐานนี้ ซึ่งอาจเป็นเพราะโครงสร้างพื้นฐานที่สนับสนุนยังไม่เพียงพอ

สมมติฐานที่ H7: คุณภาพของระบบ ⟶ ความพึงพอใจของผู้ใช้

ผลการทดสอบพบว่า คุณภาพของระบบ (SQ) มีอิทธิพลเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ (β = 0.362, t-value = 14.888, $p < 0.001$) ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลสูงสุดในการศึกษานี้ แสดงให้เห็นว่าคุณภาพของระบบเป็นปัจจัยหลักในการสร้างความพึงพอใจ

สมมติฐานที่ H8: คุณภาพข้อมูล ⟶ ความพึงพอใจของผู้ใช้

ผลการทดสอบพบว่า คุณภาพข้อมูล (IQ) มีอิทธิพลเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ (β = 0.355, t-value = 14.691, $p < 0.001$) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับคุณภาพของระบบ แสดงให้เห็นว่าข้อมูลที่ถูกต้องและเชื่อถือได้มีความสำคัญอย่างยิ่ง

สมมติฐานที่ H9: การรับรู้ประโยชน์ของ AI ⟶ ความพึงพอใจของผู้ใช้

ผลการทดสอบพบว่า การรับรู้ประโยชน์ของ AI (PAIB) มีอิทธิพลเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ (β = 0.138, t-value = 5.354, $p < 0.001$) แสดงให้เห็นว่าการเข้าใจประโยชน์ของ AI ส่งผลต่อความพึงพอใจ

สมมติฐานที่ H10: ความไว้วางใจ ⟶ ความพึงพอใจของผู้ใช้

ผลการทดสอบพบว่า ความไว้วางใจ (TRUST) มีอิทธิพลเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ (β = 0.210, t-value = 8.621, p < 0.001) แสดงให้เห็นว่าความไว้วางใจในเทคโนโลยีเป็นปัจจัยสำคัญ

สมมติฐานที่ H11: ความกังวลเรื่องความเป็นส่วนตัว ⟶ การยอมรับระบบฟาร์มอัจฉริยะ

ผลการทดสอบพบว่า ความกังวลเรื่องความเป็นส่วนตัวของข้อมูล (DPC) มีอิทธิพลเชิงลบอย่างมีนัยสำคัญต่อการยอมรับระบบฟาร์มอัจฉริยะ (β = -0.096, t-value = 3.598, p < 0.001) ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐาน แสดงให้เห็นว่าความกังวลเรื่องข้อมูลส่วนตัวเป็นอุปสรรคต่อการยอมรับ

สมมติฐานที่ H12: การสนับสนุนจากรัฐบาล ⟶ การยอมรับระบบฟาร์มอัจฉริยะ

ผลการทดสอบพบว่า การสนับสนุนจากรัฐบาล (GOV) มีอิทธิพลเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญต่อการยอมรับระบบฟาร์มอัจฉริยะ (β = 0.139, t-value = 5.052, p < 0.001) แสดงให้เห็นว่านโยบายและการสนับสนุนจากภาครัฐมีบทบาทสำคัญ

สมมติฐานที่ H13: ความรู้ด้านดิจิทัล ⟶ การยอมรับระบบฟาร์มอัจฉริยะ

ผลการทดสอบพบว่า ความรู้ด้านดิจิทัล (DL) มีอิทธิพลเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญต่อการยอมรับระบบฟาร์มอัจฉริยะ (β = 0.108, t-value = 3.691, p < 0.001) แสดงให้เห็นว่าการศึกษาและความรู้ด้านเทคโนโลยีเป็นปัจจัยสำคัญ

สมมติฐานที่ H14: ความพึงพอใจของผู้ใช้ ⟶ การยอมรับระบบฟาร์มอัจฉริยะ

ผลการทดสอบพบว่า ความพึงพอใจของผู้ใช้ (US) มีอิทธิพลเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญต่อการยอมรับระบบฟาร์มอัจฉริยะ (β = 0.411, t-value = 14.931, p < 0.001) ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลสูงสุดในการศึกษานี้

ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของโมเดลโครงสร้างด้วยเทคนิค PLS-SEM แสดงให้เห็นว่าโมเดลที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมกับข้อมูลเชิงประจักษ์ในระดับที่ยอมรับได้ โดยค่า SRMR ของทั้ง Saturated model (0.023) และ Estimated model (0.037) อยู่ในเกณฑ์ที่ดี (< 0.08) ค่า NFI ของทั้งสองโมเดลสูงกว่า 0.92 ซึ่งเกินเกณฑ์มาตรฐาน (> 0.90) แสดงให้เห็นว่าโมเดลสามารถอธิบาย

ความแปรปรวนของข้อมูลได้ดี ขณะที่ค่า d_ULS และ d_G ของโมเดลประมาณการแม้จะสูงกว่าโมเดลอิ่มตัวเล็กน้อย แต่ยังคงอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ผลการประเมินโดยรวมยืนยันว่าการบูรณาการทฤษฎีสามทฤษฎีหลัก (TPB, UTAUT, IS Success Model) ร่วมกับปัจจัยเสริมอื่นๆ สามารถสร้างโมเดลที่มีความเหมาะสมและน่าเชื่อถือสำหรับการศึกษาการยอมรับเทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะในบริบทของเกษตรกรไทย

ผลการวิจัยเผยให้เห็นข้อค้นพบสำคัญหลายประการ โดยปัจจัยที่มีอิทธิพลสูงสุดต่อการยอมรับระบบฟาร์มอัจฉริยะคือ ความพึงพอใจของผู้ใช้ (β = 0.411) รองลงมาคือ คุณภาพของระบบ (β = 0.362) และคุณภาพข้อมูล (β = 0.355) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคุณภาพของระบบและข้อมูลเป็นปัจจัยหลักในการสร้างความพึงพอใจ ในขณะที่ปัจจัยอื่นๆ ที่มีนัยสำคัญได้แก่ ความไว้วางใจ (β = 0.210) ความคาดหวังในประสิทธิภาพ (β = 0.206) และทัศนคติต่อพฤติกรรม (β = 0.199) อย่างไรก็ตาม การรับรู้การควบคุมพฤติกรรม (p = 0.224) และเงื่อนไขที่เอื้ออำนวย (p = 0.880) ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งชี้ให้เห็นถึงข้อจำกัดในการเข้าถึงและโครงสร้างพื้นฐานที่สนับสนุน นอกจากนี้ ความกังวลเรื่องความเป็นส่วนตัวของข้อมูลมีอิทธิพลเชิงลบ (β = -0.096) ต่อการยอมรับ ในขณะที่การสนับสนุนจากรัฐบาล (β = 0.139) และความรู้ด้านดิจิทัล (β = 0.108) มีผลเชิงบวก ข้อค้นพบเหล่านี้สะท้อนให้เห็นว่าการพัฒนาเทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะในประเทศไทยต้องมุ่งเน้นการยกระดับคุณภาพระบบและข้อมูล การสร้างความไว้วางใจ การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน และการเสริมสร้างความรู้ด้านดิจิทัลให้กับเกษตรกร เพื่อให้เกิดการยอมรับและใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.1.2 ผลสรุปการทดสอบแพลตฟอร์มแอปพลิเคชันสมาร์ทฟาร์ม

งานวิจัยทดสอบระบบชลประทานอัจฉริยะที่ผสาน IoT–MQTT, โซลาร์ และ AI ในเรือนกระจก 1 เดือน พบว่าระบบสามารถปรับการรดน้ำตามความชื้นดิน แสง อุณหภูมิ และเวลาได้อย่างแม่นยำ ลดการใช้น้ำและพลังงานลงประมาณ 50% พร้อมเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ WUE ราว 130% และลดการปล่อย CO2 ครึ่งหนึ่ง ระบบมีความเสถียรสูงด้วย QoS/แคช/Last Will, latency ต่ำในการสั่งงานปั๊ม–วาล์ว, packet loss ต่ำ และมีกลไก hysteresis–safety interlock ลดการเปิด–ปิดถี่ ความถูกต้องข้อมูลถูกคัดกรองด้วยโมดูลตรวจสุขภาพเซ็นเซอร์ ทำให้อัตราความสำเร็จในการสั่งงานสูง (ความผิดพลาดน้อยมาก) ขณะที่ด้านความปลอดภัยใช้ JWT/OAuth2, RBAC และ TLS ตามแนว PDPA/GDPR มีบันทึกและจัดการเหตุเครือข่ายสะดุดกับการยืนยันตัวตนล้มเหลวได้ดี โดยรวมระบบ

ยกระดับประสิทธิภาพต้นทุน–เวลาและความน่าเชื่อถือ เหมาะต่อการนำไปใช้และขยายสเกลในสมาร์ทฟาร์มจริง พร้อมข้อเสนอให้ทดสอบกับพืช/สภาพแวดล้อมที่หลากหลายยิ่งขึ้น

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

5.2.1 การบูรณาการทฤษฎีและความเหมาะสมของโมเดล

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการบูรณาการทฤษฎี Theory of Planned Behavior (TPB), Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) และ IS Success Model ร่วมกับปัจจัยด้านปัญญาประดิษฐ์ที่ที่ได้พัฒนาขึ้นมาใหม่จนเกิดเป็น AI-Augmented Smart Farm Technology Acceptance Model (AI-SFAM) สามารถสร้างโมเดลที่มีความเหมาะสมและอำนาจการอธิบายที่ดีสำหรับการศึกษาการยอมรับเทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะในบริบทของเกษตรกรไทย ค่าสถิติความเหมาะสมของโมเดล (SRMR = 0.037, NFI > 0.92) ที่อยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ชี้ให้เห็นว่าการรวมทฤษฎีหลายทฤษฎีเข้าด้วยกันไม่เพียงแต่ช่วยเพิ่มความครอบคลุมของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับเทคโนโลยี แต่ยังสะท้อนความซับซ้อนของกระบวนการตัดสินใจของเกษตรกรในการนำเทคโนโลยีใหม่มาใช้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Venkatesh et al. (2003) ที่เน้นความสำคัญของการบูรณาการทฤษฎีเพื่อให้ได้ภาพรวมที่สมบูรณ์ของพฤติกรรมการยอมรับเทคโนโลยี การที่โมเดลมีความเหมาะสมในระดับดีนี้ยังแสดงให้เห็นว่าปัจจัยเสริมที่เพิ่มเข้ามา เช่น ความไว้วางใจ การสนับสนุนจากรัฐบาล และความรู้ด้านดิจิทัล มีความเกี่ยวข้องและจำเป็นสำหรับการอธิบายพฤติกรรมการยอมรับเทคโนโลยีในบริบทเกษตรกรรม

5.2.2 ความสำคัญของคุณภาพระบบและความพึงพอใจของผู้ใช้

ข้อค้นพบที่สำคัญที่สุดจากการวิจัยนี้คือการยืนยันบทบาทสำคัญของความพึงพอใจของผู้ใช้ (β = 0.411) ในฐานะปัจจัยที่มีอิทธิพลสูงสุดต่อการยอมรับเทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะ ตามด้วยคุณภาพของระบบ (β = 0.362) และคุณภาพข้อมูล (β = 0.355) ผลการวิจัยนี้สะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของ IS Success Model ในบริบทเกษตรกรรม และสอดคล้องกับงานวิจัยของ DeLone & McLean (2003) ที่เน้นว่าคุณภาพของระบบและข้อมูลเป็นปัจจัยพื้นฐานในการสร้างความพึงพอใจของผู้ใช้ การที่เกษตรกรให้ความสำคัญกับคุณภาพของระบบและข้อมูลมากกว่าปัจจัยอื่นๆ แสดงให้เห็นว่าพวกเขา

มีความเป็นผู้ใช้งานที่มีเหตุผลและให้ความสำคัญกับประโยชน์ที่จับต้องได้จากเทคโนโลยี ซึ่งแตกต่างจากการยอมรับเทคโนโลยีในบริบทอื่นๆ ที่อาจเน้นปัจจัยทางสังคมหรือความสะดวกในการใช้งานมากกว่า นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังชี้ให้เห็นว่าการพัฒนาเทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะในประเทศไทยควรมุ่งเน้นการสร้างระบบที่มีความน่าเชื่อถือ ให้ข้อมูลที่ถูกต้องและทันเวลา และสามารถตอบสนองความต้องการของเกษตรกรได้อย่างแท้จริง

5.2.3 ข้อจำกัดและความท้าทายในการนำเทคโนโลยีมาใช้

ผลการวิจัยเผยให้เห็นข้อจำกัดสำคัญในการยอมรับเทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะของเกษตรกรไทย โดยเฉพาะการที่การรับรู้การควบคุมพฤติกรรม ($p = 0.224$) และเงื่อนไขที่เอื้ออำนวย ($p = 0.880$) ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งขัดแย้งกับสมมติฐานเดิมและงานวิจัยในบริบทอื่นๆ เช่น งานของ Ajzen (1991) และ Venkatesh et al. (2003) ข้อค้นพบนี้สะท้อนให้เห็นถึงปัญหาโครงสร้างพื้นฐานและการเข้าถึงเทคโนโลยีที่ยังมีข้อจำกัดในภาคเกษตรกรรมไทย เกษตรกรอาจรู้สึกว่าตนเองไม่มีความสามารถเพียงพอในการควบคุมหรือใช้เทคโนโลยีเหล่านี้ หรือขาดการสนับสนุนจากสภาพแวดล้อมที่เอื้ออำนวย เช่น โครงสร้างพื้นฐานด้านอินเทอร์เน็ต การฝึกอบรม หรือการสนับสนุนทางเทคนิค นอกจากนี้ ความกังวลเรื่องความเป็นส่วนตัวของข้อมูล ($\beta = -0.096$) ที่มีอิทธิพลเชิงลบต่อการยอมรับ แม้จะมีค่าสัมประสิทธิ์ที่ไม่สูงมาก แต่ก็ชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นในการสร้างความมั่นใจให้กับเกษตรกรเกี่ยวกับการปกป้องข้อมูลส่วนบุคคลและข้อมูลการเกษตร ซึ่งเป็นประเด็นที่สำคัญในยุคดิจิทัลและการเกษตรอัจฉริยะ

5.2.4 บทบาทของการสนับสนุนจากรัฐบาลและความรู้ด้านดิจิทัล

การที่การสนับสนุนจากรัฐบาล ($\beta = 0.139$) และความรู้ด้านดิจิทัล ($\beta = 0.108$) มีอิทธิพลเชิงบวกต่อการยอมรับเทคโนโลยี แม้จะมีค่าสัมประสิทธิ์ที่ไม่สูงมาก แต่ก็แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของปัจจัยเหล่านี้ในบริบทของประเทศกำลังพัฒนา การสนับสนุนจากรัฐบาลที่มีผลเชิงบวกสะท้อนให้เห็นว่าเกษตรกรไทยยังคงพึ่งพาและให้ความสำคัญกับนโยบายและการสนับสนุนจากภาครัฐในการนำเทคโนโลยีใหม่มาใช้ ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะของสังคมไทยที่รัฐมีบทบาทสำคัญในการขับเคลื่อนการพัฒนาเกษตรกรรม ในขณะที่ความรู้ด้านดิจิทัลที่มีอิทธิพลเชิงบวกแสดงให้เห็นว่าการเสริมสร้างความรู้และทักษะด้านเทคโนโลยีดิจิทัลให้กับเกษตรกรเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการยอมรับเทคโนโลยีฟาร์ม

อัจฉริยะ อย่างไรก็ตาม ค่าสัมประสิทธิ์ที่ไม่สูงมากของปัจจัยทั้งสองนี้อาจชี้ให้เห็นว่าการสนับสนุนจากรัฐบาลและโปรแกรมการพัฒนาความรู้ด้านดิจิทัลในปัจจุบันอาจยังไม่เพียงพอหรือไม่ตรงกับความต้องการของเกษตรกร จึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

5.2.5 ความไว้วางใจและทัศนคติในบริบทเกษตรกรรม

ความไว้วางใจ (β = 0.210) และทัศนคติต่อพฤติกรรม (β = 0.199) ที่มีอิทธิพลเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญต่อการยอมรับเทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะ สะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของปัจจัยทางจิตวิทยาและสังคมในการตัดสินใจของเกษตรกร ความไว้วางใจที่มีอิทธิพลสูงกว่าทัศนคติชี้ให้เห็นว่าเกษตรกรให้ความสำคัญกับความน่าเชื่อถือของเทคโนโลยีและผู้ให้บริการมากกว่าความรู้สึกหรือทัศนคติส่วนตัวต่อเทคโนโลยี ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะของการทำเกษตรที่ต้องอาศัยความแน่นอนและความเสี่ยงต่ำ เนื่องจากการตัดสินใจผิดพลาดอาจส่งผลกระทบต่อรายได้และความมั่นคงทางอาหารของครัวเรือน การที่ทัศนคติต่อพฤติกรรมยังคงมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญแสดงให้เห็นว่าการสร้างทัศนคติเชิงบวกต่อเทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะผ่านการศึกษา การประชาสัมพันธ์ และการแสดงให้เห็นถึงประโยชน์ที่เป็นรูปธรรม ยังคงเป็นกลยุทธ์ที่สำคัญในการส่งเสริมการยอมรับเทคโนโลยี ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Davis (1989) และ Ajzen (1991) ที่เน้นความสำคัญของความเชื่อและทัศนคติในการกำหนดพฤติกรรมการใช้เทคโนโลยี

5.3 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

5.3.1 การศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับปัจจัยที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

การวิจัยครั้งต่อไปควรมุ่งเน้นการศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับปัจจัยที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติในงานวิจัยนี้ โดยเฉพาะการรับรู้การควบคุมพฤติกรรม (Perceived Behavioral Control) และเงื่อนไขที่เอื้ออำนวย (Facilitating Conditions) ซึ่งขัดแย้งกับทฤษฎีและงานวิจัยในบริบทอื่นๆ การศึกษาเชิงคุณภาพ เช่น การสัมภาษณ์เชิงลึกหรือการสนทนากลุ่ม (Focus Group Discussion) กับเกษตรกรจากพื้นที่และกลุ่มที่หลากหลาย อาจช่วยเปิดเผยปัจจัยพื้นฐานที่ทำให้เกษตรกรรู้สึกว่าตนเองไม่สามารถควบคุมการใช้เทคโนโลยีได้ หรือขาดการสนับสนุนจากสภาพแวดล้อม นอกจากนี้ การศึกษาแบบผสมผสาน (Mixed Methods Research) ที่รวมการวิเคราะห์เชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ อาจให้ภาพรวมที่ครอบคลุมมากขึ้นเกี่ยวกับอุปสรรคและความท้าทายในการยอมรับเทคโนโลยีฟาร์ม

อัจฉริยะ รวมถึงการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างเกษตรกรที่มีประสบการณ์การใช้เทคโนโลยีแล้วกับผู้ที่ยังไม่เคยใช้ เพื่อทำความเข้าใจความแตกต่างในการรับรู้และทัศนคติ

5.3.2 การพัฒนาโมเดลการยอมรับเทคโนโลยีเฉพาะสำหรับบริบทเกษตรกรรม

งานวิจัยในอนาคตควรมุ่งเน้นการพัฒนาโมเดลการยอมรับเทคโนโลยีที่ออกแบบมาเฉพาะสำหรับบริบทเกษตรกรรม โดยการบูรณาการปัจจัยที่เป็นเอกลักษณ์ของภาคเกษตร เช่น ความเสี่ยงทางการเกษตร (Agricultural Risk) ความยั่งยืนด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Sustainability) ความมั่นคงทางอาหาร (Food Security) และผลกระทบต่อรายได้ของครัวเรือน (Household Income Impact) เข้ากับทฤษฎีที่มีอยู่ การศึกษาควรรวมถึงการทดสอบโมเดลในบริบทของเทคโนโลยีเกษตรที่แตกต่างกัน เช่น ระบบชลประทานอัจฉริยะ (Smart Irrigation) เซ็นเซอร์ตรวจสอบดิน (Soil Monitoring Sensors) และระบบการจัดการศัตรูพืชแบบอัจฉริยะ (Smart Pest Management) นอกจากนี้ ควรพิจารณาการรวมปัจจัยทางวัฒนธรรมและสังคม เช่น ค่านิยมดั้งเดิมในการทำเกษตร ความเชื่อทางศาสนา และโครงสร้างทางสังคมของชุมชนเกษตรกร ซึ่งอาจมีอิทธิพลสำคัญต่อการตัดสินใจยอมรับเทคโนโลยีใหม่

5.3.3 การศึกษาระยะยาวเกี่ยวกับพฤติกรรมการใช้งานจริงและความยั่งยืน

การวิจัยครั้งต่อไปควรเป็นการศึกษาระยะยาว (Longitudinal Study) เพื่อติดตามพฤติกรรมการใช้เทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะของเกษตรกรในระยะเวลาหลายปี โดยมุ่งเน้นการศึกษาช่วงว่างระหว่างความตั้งใจและพฤติกรรมจริง (Intention-Behavior Gap) ซึ่งเป็นประเด็นสำคัญที่ยังไม่ได้รับการศึกษาอย่างเพียงพอในบริบทเกษตรกรรม การศึกษาควรรวมถึงการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อความยั่งยืนในการใช้เทคโนโลยี (Technology Sustainability) เช่น ต้นทุนการดำเนินงาน ความซับซ้อนในการบำรุงรักษา และการสนับสนุนทางเทคนิคระยะยาว นอกจากนี้ ควรศึกษาผลกระทบของการใช้เทคโนโลยีต่อผลผลิตทางการเกษตร รายได้ของเกษตรกร และสิ่งแวดล้อม เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมเกี่ยวกับประโยชน์และผลกระทบในระยะยาวของการนำเทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะมาใช้ การศึกษาแบบนี้จะช่วยให้เข้าใจถึงปัจจัยที่ทำให้เกษตรกรคงการใช้เทคโนโลยีต่อไปหรือหยุดใช้

5.3.4 การศึกษาเปรียบเทียบข้ามภูมิภาคและข้ามประเทศ

งานวิจัยในอนาคตควรขยายขอบเขตการศึกษาไปยังภูมิภาคอื่นๆ ของประเทศไทยและประเทศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เพื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบข้ามวัฒนธรรมและข้ามบริบทเศรษฐกิจ-สังคม การศึกษาเปรียบเทียบระหว่างเกษตรกรในพื้นที่ที่มีระดับการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานแตกต่างกัน เช่น เกษตรกรในเขตเมืองและชนบท หรือเกษตรกรที่มีขนาดการถือครองที่ดินต่างกัน อาจเผยให้เห็นถึงปัจจัยเฉพาะที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับเทคโนโลยีในแต่ละบริบท นอกจากนี้ การศึกษาเปรียบเทียบระหว่างประเทศที่มีระดับการพัฒนาเทคโนโลยีเกษตรแตกต่างกัน เช่น ไทย เวียดนาม และสิงคโปร์ จะช่วยให้เข้าใจถึงบทบาทของนโยบายรัฐบาล โครงสร้างพื้นฐาน และระดับการศึกษาของเกษตรกรต่อการยอมรับเทคโนโลยี การศึกษาเปรียบเทียบนี้จะให้ข้อมูลสำคัญสำหรับการกำหนดนโยบายและกลยุทธ์การส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีเกษตรในระดับภูมิภาค

5.3.5 การพัฒนาและทดสอบแนวทางการแทรกแซงเพื่อเพิ่มการยอมรับเทคโนโลยี

การวิจัยครั้งต่อไปควรมุ่งเน้นการพัฒนาและทดสอบประสิทธิภาพของแนวทางการแทรกแซง (Intervention Strategies) ที่อิงจากผลการวิจัยเพื่อเพิ่มการยอมรับเทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะ เช่น การพัฒนาโปรแกรมการฝึกอบรมที่เน้นการสร้างความไว้วางใจและความพึงพอใจในการใช้เทคโนโลยี การออกแบบระบบสนับสนุนทางเทคนิคที่ตอบสนองความต้องการของเกษตรกร และการพัฒนาแพลตฟอร์มการเรียนรู้ดิจิทัลที่เหมาะสมกับบริบทของเกษตรกรไทย การศึกษาควรใช้การทดลองแบบสุ่มที่มีกลุ่มควบคุม (Randomized Controlled Trial) เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของแนวทางการแทรกแซงเหล่านี้ นอกจากนี้ ควรศึกษาการพัฒนาเครือข่ายการสนับสนุนระหว่างเกษตรกร (Peer Support Networks) และบทบาทของผู้นำความคิดเห็น (Opinion Leaders) ในชุมชนเกษตรกรต่อการส่งเสริมการยอมรับเทคโนโลยี การศึกษานี้จะให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์สำหรับการออกแบบนโยบายและโปรแกรมส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีเกษตรที่มีประสิทธิภาพ

5.3.6 การศึกษาผลกระทบของเทคโนโลยีใหม่และแนวโน้มอนาคต

งานวิจัยในอนาคตควรศึกษาการยอมรับเทคโนโลยีเกษตรใหม่ๆ ที่กำลังเกิดขึ้น เช่น ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) ในการวิเคราะห์ข้อมูลการเกษตร เทคโนโลยี Blockchain สำหรับการติดตามและตรวจสอบผลผลิตทางการเกษตร และเทคโนโลยี 5G ที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ IoT ในฟาร์ม การศึกษาควรรวมถึงการวิเคราะห์ผลกระทบของการ

เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการยอมรับเทคโนโลยีเกษตร และบทบาทของเทคโนโลยีในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว นอกจากนี้ ควรศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมผู้บริโภคที่มีผลต่อความต้องการเทคโนโลยีเกษตร เช่น ความต้องการอาหารปลอดภัยและการเกษตรยั่งยืน การศึกษาเหล่านี้จะช่วยให้เข้าใจถึงทิศทางการพัฒนาเทคโนโลยีเกษตรในอนาคตและปัจจัยที่จะมีอิทธิพลต่อการยอมรับเทคโนโลยีเหล่านั้น ซึ่งจะเป็นประโยชน์สำหรับการวางแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาเกษตรกรรมอัจฉริยะในระยะยาว

บรรณานุกรม

Abbasi, R., Martinez, P., & Ahmad, R. (2022). The digitization of agricultural industry – a systematic literature review on agriculture 4.0. *Smart Agricultural Technology*, *2*, 100042. https://doi.org/10.1016/j.atech.2022.100042

Abraham, G., R., R., & Nithya, M. (2021). Smart Agriculture Based on IoT and Machine Learning. *2021 5th International Conference on Computing Methodologies and Communication (ICCMC)*, 414–419. https://doi.org/10.1109/ICCMC51019.2021.9418392

Acharya, B., Garikapati, K., Yarlagadda, A., & Dash, S. (2022). Chapter 1 - Internet of things (IoT) and data analytics in smart agriculture: Benefits and challenges. In A. Abraham, S. Dash, J. J. P. C. Rodrigues, B. Acharya, & S. K. Pani (Eds.), *AI, Edge and IoT-based Smart Agriculture* (pp. 3–16). Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823694-9.00013-X

Achmadi, A., & Siregar, A. O. (2021). The Effect of System Quality, Information Quality and Service Quality on User Satisfaction of E-Learning System. *The International Journal of Business Review (The Jobs Review)*, *4*(2), Article 2. https://doi.org/10.17509/tjr.v4i2.40483

Adam mahmood, M., Burn, J. M., Gemoets, L. A., & Jacquez, C. (2000). Variables affecting information technology end-user satisfaction: A meta-analysis of the empirical literature. *International Journal of Human-Computer Studies*, *52*(4), 751–771. https://doi.org/10.1006/ijhc.1999.0353

Adnan, N., Rehman, H. M., & Alam, M. N. (2025). Exploring agricultural innovation: An empirical investigation of factors influencing the adoption and non-adoption of smart fertilizer technology among farmers in developing countries.

Agriculture & Food Security, *14*(1), 11. https://doi.org/10.1186/s40066-025-00529-0

Affandi, S. (2023). *Analisis Use Behavior Pada Aplikasi Mobile Commerce Eden Farm Menggunakan Unified Theory Of Acceptance And Use Of Technology Model dan Delone & Mclean Is Success Model* [bachelorThesis, Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah Jakarta]. https://repository.uinjkt.ac.id/dspace/handle/123456789/73637

Afroogh, S., Akbari, A., Malone, E., Kargar, M., & Alambeigi, H. (2024). Trust in AI: Progress, challenges, and future directions. *Humanities and Social Sciences Communications*, *11*(1), 1568. https://doi.org/10.1057/s41599-024-04044-8

Agussabti, A., Rahmaddiansyah, R., Hamid, A. H., Zakaria, Z., Munawar, A. A., & Bakar, B. A. (2022). Farmers' perspectives on the adoption of smart farming technology to support food farming in Aceh Province, Indonesia. *Open Agriculture*, *7*(1), 857–870. https://doi.org/10.1515/opag-2022-0145

Ahmetoglu, S., Che Cob, Z., & Ali, N. (2022). A Systematic Review of Internet of Things Adoption in Organizations: Taxonomy, Benefits, Challenges and Critical Factors. *Applied Sciences*, *12*(9), Article 9. https://doi.org/10.3390/app12094117

Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, *50*(2), 179–211. https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T

Ajzen, I. (2002). Perceived Behavioral Control, Self-Efficacy, Locus of Control, and the Theory of Planned Behavior. *Journal of Applied Social Psychology*, *32*(4), 665–683. https://doi.org/10.1111/j.1559-1816.2002.tb00236.x

Ajzen, I. (2012). Martin Fishbein's Legacy: The Reasoned Action Approach. *The ANNALS of the American Academy of Political and Social Science*, *640*(1), 11–27. https://doi.org/10.1177/0002716211423363

Alahi, Md. E. E., Xie, L., Mukhopadhyay, S., & Burkitt, L. (2017). A Temperature Compensated Smart Nitrate-Sensor for Agricultural Industry. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, *64*(9), 7333–7341. IEEE Transactions on Industrial Electronics. https://doi.org/10.1109/TIE.2017.2696508

Al-Ali, A. R., Al Nabulsi, A., Mukhopadhyay, S., Awal, M. S., Fernandes, S., & Ailabouni, K. (2019). IoT-solar energy powered smart farm irrigation system. *Journal of Electronic Science and Technology*, *17*(4), 100017. https://doi.org/10.1016/j.jnlest.2020.100017

Aldhaen, F. S. F. A. (2022). *Study of the Continuous Intention to use Artificial Intelligence Based Internet of Medical Things (IoMT) During Concurrent Diffusion. The Influence Diffusion of Innovation Factors Has as Determinants of Continuous Intention to Use Ai-Based IoMT*. https://bradscholars.brad.ac.uk/handle/10454/19852

Al-Gahtani, S. S., & King, M. (1999). Attitudes, satisfaction and usage: Factors contributing to each in the acceptance of information technology. *Behaviour & Information Technology*, *18*(4), 277–297. https://doi.org/10.1080/014492999119020

Ali, M. A. M., & Aziz, N. Y. M. A. A. (2023). Factors Affecting the Intention to Adopt the Internet of Things (IOT) in the Higher Education Sector: An Exploratory Study of Academic Staff Sample at the University of Mosul. *Muthanna Journal of Administrative and Economic Sciences*, *13*(1). https://doi.org/10.52113/6/2023-13-1/130-155

Aliar, A. A. S., Yesudhasan, J., Alagarsamy, M., Anbalagan, K., Sakkarai, J., & Suriyan, K. (2022). A comprehensive analysis on IoT based smart farming solutions using machine learning algorithms. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, *11*(3), 1550–1557. https://doi.org/10.11591/eei.v11i3.3310

Alismail, H. A. (2023). The Influence of the Information System Success Model and Theory of Planned Behavior on the Zoom Application Used by Elementary Education Teachers. *Sustainability*, *15*(12), Article 12. https://doi.org/10.3390/su15129558

Al-Jabri, I., & Sohail, M. S. (2012). *Mobile Banking Adoption: Application of Diffusion of Innovation Theory* (SSRN Scholarly Paper No. 2523623). https://papers.ssrn.com/abstract=2523623

Alkdour, T., Almaiah, M. A., Shishakly, R., Lutfi, A., & Alrawad, M. (2023). Exploring the Success Factors of Smart City Adoption via Structural Equation Modeling. *Sustainability*, *15*(22), Article 22. https://doi.org/10.3390/su152215915

Altawallbeh, M., Thiam, W., Alshourah, S., & Fong, S. F. (2015). The Role of Age and Gender in the Relationship between (Attitude, Subjective Norm and Perceived Behavioural Control) and Adoption of E-Learning at Jordanian Universities. *Journal of Education and Practice*, *6*(15), 44–54.

Amin, M., Rezaei, S., & Abolghasemi, M. (2014). User satisfaction with mobile websites: The impact of perceived usefulness (PU), perceived ease of use (PEOU) and trust. *Nankai Business Review International*, *5*(3), 258–274. https://doi.org/10.1108/NBRI-01-2014-0005

Amiri-Zarandi, M., Hazrati Fard, M., Yousefinaghani, S., Kaviani, M., & Dara, R. (2022). A Platform Approach to Smart Farm Information Processing. *Agriculture*, *12*(6), Article 6. https://doi.org/10.3390/agriculture12060838

Ammann, J., Mack, G., El Benni, N., & Saleh, R. (2025). Understanding public perceptions of smart farming technologies. *Food Quality and Preference*, *133*, 105618. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2025.105618

Angée, S., Lozano-Argel, S. I., Montoya-Munera, E. N., Ospina-Arango, J.-D., & Tabares-Betancur, M. S. (2018). Towards an Improved ASUM-DM Process Methodology for Cross-Disciplinary Multi-organization Big Data & Analytics Projects. In L. Uden, B. Hadzima, & I.-H. Ting (Eds.), *Knowledge Management in Organizations* (pp. 613–624). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-95204-8_51

Antonopoulou, M., & Kotsilieris, T. (2019). A Literature Review of User Satisfaction Models Towards Information System Success. *International Journal of E-Services and Mobile Applications (IJESMA)*, *11*(2), 71–87. https://doi.org/10.4018/IJESMA.2019040105

Anubhav, K., Agarwal, M., & Aashish, K. (2023). Smart farming for future: A structural relation analysis of attitude, facilitating condition, economic benefit and government support. *Technology Analysis & Strategic Management*, *0*(0), 1–15. https://doi.org/10.1080/09537325.2023.2283550

Arangurí, M., Mera, H., Noblecilla, W., & Lucini, C. (2025). Digital Literacy and Technology Adoption in Agriculture: A Systematic Review of Factors and Strategies. *AgriEngineering*, *7*(9), 296. https://doi.org/10.3390/agriengineering7090296

Awang, Z., Wan Afthanorhan, W. M. A., & Asri, M. A. M. (2015). Parametric and Non Parametric Approach in Structural Equation Modeling (SEM): The Application of Bootstrapping. *Modern Applied Science*, *9*(9), p58. https://doi.org/10.5539/mas.v9n9p58

Ayoub Shaikh, T., Rasool, T., & Rasheed Lone, F. (2022). Towards leveraging the role of machine learning and artificial intelligence in precision agriculture and smart farming. *Computers and Electronics in Agriculture*, *198*, 107119. https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107119

Bag, A., & Lin, Y. C. (2018). Customers' Satisfaction on Technology Adoption: A Study on the Smartphones Usage. *International Journal of Scientific and Engineering Research*, *9*, 31–39.

Bahari, M., Arpaci, I., Der, O., Akkoyun, F., & Ercetin, A. (2024). Driving Agricultural Transformation: Unraveling Key Factors Shaping IoT Adoption in Smart Farming with Empirical Insights. *Sustainability*, *16*(5), 2129. https://doi.org/10.3390/su16052129

Balafoutis, A. T., Evert, F. K. V., & Fountas, S. (2020). Smart Farming Technology Trends: Economic and Environmental Effects, Labor Impact, and Adoption Readiness. *Agronomy*, *10*(5), Article 5. https://doi.org/10.3390/agronomy10050743

Balaji, S., Nathani, K., & Santhakumar, R. (2019). IoT Technology, Applications and Challenges: A Contemporary Survey. *Wireless Personal Communications*, *108*(1), 363–388. https://doi.org/10.1007/s11277-019-06407-w

Balducci, F., Impedovo, D., & Pirlo, G. (2018). Machine Learning Applications on Agricultural Datasets for Smart Farm Enhancement. *Machines*, *6*(3), 38. https://doi.org/10.3390/machines6030038

Bandara, U. C., & Amarasena, T. S. M. (2018). Impact of Relative Advantage, Perceived Behavioural Control and Perceived Ease of Use on Intention to Adopt with Solar Energy Technology in Sri Lanka. *2018 International Conference and Utility Exhibition on Green Energy for Sustainable Development (ICUE)*, 1–9. https://doi.org/10.23919/ICUE-GESD.2018.8635706

Barnes, A. P., Soto, I., Eory, V., Beck, B., Balafoutis, A., Sánchez, B., Vangeyte, J., Fountas, S., van der Wal, T., & Gómez-Barbero, M. (2019). Exploring the adoption of precision agricultural technologies: A cross regional study of EU farmers. *Land Use Policy*, *80*, 163–174. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.10.004

Baum, E., & Wilczek, F. (1987). Supervised Learning of Probability Distributions by Neural Networks. *Neural Information Processing Systems*, *0*. https://proceedings.neurips.cc/paper_files/paper/1987/hash/eccbc87e4b5ce2fe28308fd9f2a7baf3-Abstract.html

Beatrix, G. (2022). LITERATURE REVIEW ENTERPRISE INFORMATION SYSTEM USER SATISFACTION: DATA QUALITY ANALYSIS, INFORMATION QUALITY, AND SERVICE QUALITY. *Dinasti International Journal of Digital Business Management*, *3*(4), 593–600. https://doi.org/10.31933/dijdbm.v3i4.1260

Bekee, B., Segovia, M. S., & Valdivia, C. (2024). Adoption of smart farm networks: A translational process to inform digital agricultural technologies. *Agriculture and Human Values*. https://doi.org/10.1007/s10460-024-10566-3

Bekoe, S., Ayoung, D. A., & Danquah, P. (2023). Assessing the usefulness of the e-Agriculture programme in Ghana using the Technology Acceptance Model. *Ghana Journal of Agricultural Science*, *58*(2), Article 2.

Benham, H. C., & Raymond, B. C. (1996). Information technology adoption: Evidence from a voice mail introduction. *SIGCPR Comput. Pers.*, *17*(1), 3–25. https://doi.org/10.1145/227005.227006

Bertram, K., Agafonov, D. E., Dybkov, O., Haselbach, D., Leelaram, M. N., Will, C. L., Urlaub, H., Kastner, B., Lührmann, R., & Stark, H. (2017). Cryo-EM Structure of a Pre-catalytic Human Spliceosome Primed for Activation. *Cell*, *170*(4), 701-713.e11. https://doi.org/10.1016/j.cell.2017.07.011

Beza, E., Reidsma, P., Poortvliet, P. M., Belay, M. M., Bijen, B. S., & Kooistra, L. (2018). Exploring farmers' intentions to adopt mobile Short Message Service (SMS) for citizen science in agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, *151*, 295–310. https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.06.015

Bhatt. (2023, October 10). *Exploring the importance of MLOps architecture: A detailed guide*. Softwebsolutions. https://www.softwebsolutions.com/resources/mlops-architecture-guide.html

Bi, Q., Goodman, K. E., Kaminsky, J., & Lessler, J. (2019). What is Machine Learning? A Primer for the Epidemiologist. *American Journal of Epidemiology*, *188*(12), 2222–2239. https://doi.org/10.1093/aje/kwz189

Bishop, L. (2007). A Reflexive Account of Reusing Qualitative Data: Beyond Primary/Secondary Dualism. *Sociological Research Online*, *12*(3), 43–56. https://doi.org/10.5153/sro.1553

Biswas, A. R., & Giaffreda, R. (2014). IoT and cloud convergence: Opportunities and challenges. *2014 IEEE World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*, 375–376. https://doi.org/10.1109/WF-IoT.2014.6803194

Bronson, K. (2019). Looking through a responsible innovation lens at uneven engagements with digital farming. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, *90–91*, 100294. https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.03.001

Brown, S. A., & Venkatesh, V. (2005). Model of Adoption of Technology in Households: A Baseline Model Test and Extension Incorporating Household Life Cycle. *MIS Quarterly*, *29*(3), 399–426. https://doi.org/10.2307/25148690

Bryant, M., & Higgins, V. (2021). Securitising uncertainty: Ontological security and cultural scripts in smart farming technology implementation. *Journal of Rural Studies*, *81*, 315–323. https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2020.10.051

Byrne, R. M. J. (2016). Counterfactual Thought. *Annual Review of Psychology*, *67*(Volume 67, 2016), 135–157. https://doi.org/10.1146/annurev-psych-122414-033249

Caffaro, F., & Cavallo, E. (2019). The Effects of Individual Variables, Farming System Characteristics and Perceived Barriers on Actual Use of Smart Farming Technologies: Evidence from the Piedmont Region, Northwestern Italy. *Agriculture*, *9*(5), Article 5. https://doi.org/10.3390/agriculture9050111

Caffaro, F., Micheletti Cremasco, M., Roccato, M., & Cavallo, E. (2020). Drivers of farmers' intention to adopt technological innovations in Italy: The role of information sources, perceived usefulness, and perceived ease of use. *Journal of Rural Studies*, *76*, 264–271. https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2020.04.028

Camilleri, M. A. (2024). Factors affecting performance expectancy and intentions to use ChatGPT: Using SmartPLS to advance an information technology acceptance framework. *Technological Forecasting and Social Change*, *201*, 123247. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2024.123247

Castiblanco Jimenez, I. A., Cepeda García, L. C., Marcolin, F., Violante, M. G., & Vezzetti, E. (2021). Validation of a TAM Extension in Agriculture: Exploring the Determinants of Acceptance of an e-Learning Platform. *Applied Sciences*, *11*(10), Article 10. https://doi.org/10.3390/app11104672

Catherine, N., Geofrey, D. K. M., Moya, M. B., & Aballo, G. (2017). *Effort Expectancy, Performance Expectancy, Social Influence and Facilitating Conditions as Predictors of Behavioural Intentions to use ATMS with Fingerprint Authentication in Ugandan Banks*.

Chaiyo, Y., & Nokham, R. (2017). The effect of Kahoot, Quizizz and Google Forms on the student's perception in the classrooms response system. *2017*

International Conference on Digital Arts, Media and Technology (ICDAMT), 178–182. https://doi.org/10.1109/ICDAMT.2017.7904957

Chan, F. K. Y., Thong, J. Y. L., Venkatesh, V., Brown, S. A., Hu, P. J. H., & Tam, K. Y. (2011). *Modeling Citizen Satisfaction with Mandatory Adoption of an E-Government Technology* (SSRN Scholarly Paper No. 1976951). Social Science Research Network. https://papers.ssrn.com/abstract=1976951

Chang, A. (2012). UTAUT and UTAUT 2: A Review and Agenda for Future Research. *The Winners*, *13*(2), Article 2. https://doi.org/10.21512/tw.v13i2.656

che nawi, N., Mamun, A., Isa@Yusoff, Y., Salameh, A. A., Muhammad, M. Z., & Hayat, N. (2021). Motivation Towards Adoption of Internet of Things (IoT) Services in Retailing Among Malaysian Youth. *Malaysian Journal of Consumer and Family Economics*, *26*, 158–180.

Chen, X., & Li, T. (2022). Diffusion of Agricultural Technology Innovation: Research Progress of Innovation Diffusion in Chinese Agricultural Science and Technology Parks. *Sustainability*, *14*(22), Article 22. https://doi.org/10.3390/su142215008

Chen, X., Zhang, X., & Chen, J. (2024). TAM-Based Study of Farmers' Live Streaming E-Commerce Adoption Intentions. *Agriculture*, *14*(4), Article 4. https://doi.org/10.3390/agriculture14040518

Chepken, C. K. (2022). A Contextualized Farm Management Information System. *East African Journal of Information Technology*, *5*(1), 131–141. https://doi.org/10.37284/eajit.5.1.881

Cheung, G. W., & Rensvold, R. B. (2002). Evaluating Goodness-of-Fit Indexes for Testing Measurement Invariance. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, *9*(2), 233–255. https://doi.org/10.1207/S15328007SEM0902_5

Chieochan, O., Saokaew, A., & Boonchieng, E. (2017). IOT for smart farm: A case study of the Lingzhi mushroom farm at Maejo University. *2017 14th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE)*, 1–6. https://doi.org/10.1109/JCSSE.2017.8025904

Childers, T. L., Carr, C. L., Peck, J., & Carson, S. (2001). Hedonic and utilitarian motivations for online retail shopping behavior. *Journal of Retailing*, *77*(4), 511–535. https://doi.org/10.1016/S0022-4359(01)00056-2

Chin, J., & Lin, S.-C. (2016). A Behavioral Model of Managerial Perspectives Regarding Technology Acceptance in Building Energy Management Systems. *Sustainability*, *8*(7), Article 7. https://doi.org/10.3390/su8070641

Chiu, M.-C., Yan, W.-M., Bhat, S. A., & Huang, N.-F. (2022). Development of smart aquaculture farm management system using IoT and AI-based surrogate models. *Journal of Agriculture and Food Research*, *9*, 100357. https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100357

Choudhury, A., & Shamszare, H. (2024). The Impact of Performance Expectancy, Workload, Risk, and Satisfaction on Trust in ChatGPT: Cross-Sectional Survey Analysis. *JMIR Human Factors*, *11*(1), e55399. https://doi.org/10.2196/55399

Chuang, J.-H., Wang, J.-H., & Liou, Y.-C. (2020). Farmers' Knowledge, Attitude, and Adoption of Smart Agriculture Technology in Taiwan. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(19), 7236. https://doi.org/10.3390/ijerph17197236

Chweya, R. (2021). *INTERNET OF THINGS READINESS MODEL FOR HIGHER LEARNING INSTITUTIONS IN KENYA*.

Cinner, J. E., & Barnes, M. L. (2019). Social Dimensions of Resilience in Social-Ecological Systems. *One Earth*, *1*(1), 51–56. https://doi.org/10.1016/j.oneear.2019.08.003

Cohen, L. H., Towbes, L. C., & Flocco, R. (1988). Effects of induced mood on self-reported life events and perceived and received social support. *Journal of Personality and Social Psychology*, *55*(4), 669–674. https://doi.org/10.1037/0022-3514.55.4.669

Cunningham, P., Cord, M., & Delany, S. J. (2008). Supervised Learning. In M. Cord & P. Cunningham (Eds.), *Machine Learning Techniques for Multimedia: Case Studies on Organization and Retrieval* (pp. 21–49). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-75171-7_2

Dagar, R., Som, S., & Khatri, S. K. (2018). Smart Farming – IoT in Agriculture. *2018 International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA)*, 1052–1056. https://doi.org/10.1109/ICIRCA.2018.8597264

Dahane, A., Benameur, R., Kechar, B., & Benyamina, A. (2020). An IoT Based Smart Farming System Using Machine Learning. *2020 International Symposium on Networks, Computers and Communications (ISNCC)*, 1–6. https://doi.org/10.1109/ISNCC49221.2020.9297341

Damanpour, F. (1991). Organizational Innovation: A Meta-Analysis of Effects of Determinants and Moderators. *The Academy of Management Journal*, *34*(3), 555–590. https://doi.org/10.2307/256406

Damunupola, A., & Nayanajith, D. A. G. (2021). Impact of Perceived Behavioral Control on E-learning Adoption. *Interdisciplinary Research in Education*, *5*. https://doi.org/10.3126/ire.v5i1-2.34728

Danila, R., & Abdullah, A. (2014). User's Satisfaction on E-government Services: An Integrated Model. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *164*, 575–582. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.11.148

Das V., J., Sharma, S., & Kaushik, A. (2019). Views of Irish Farmers on Smart Farming Technologies: An Observational Study. *AgriEngineering*, *1*(2), Article 2. https://doi.org/10.3390/agriengineering1020013

Dash, G., & Paul, J. (2021). CB-SEM vs PLS-SEM methods for research in social sciences and technology forecasting. *Technological Forecasting and Social Change*, *173*, 121092. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121092

Davis, F. D. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, *13*(3), 319–340. https://doi.org/10.2307/249008

Delone, W. H., & McLean, E. R. (2003). The DeLone and McLean Model of Information Systems Success: A Ten-Year Update. *Journal of Management Information Systems*, *19*(4), 9–30. https://doi.org/10.1080/07421222.2003.11045748

depa Thailand—Article View. (2020). https://www.depa.or.th/th/article-view/article11-2563

Devare, J., & Hajare, N. (2019). A Survey on IoT Based Agricultural Crop Growth Monitoring and Quality Control. *2019 International Conference on Communication and Electronics Systems (ICCES)*, 1624–1630. https://doi.org/10.1109/ICCES45898.2019.9002533

Dhanaraju, M., Chenniappan, P., Ramalingam, K., Pazhanivelan, S., & Kaliaperumal, R. (2022). Smart Farming: Internet of Things (IoT)-Based Sustainable Agriculture. *Agriculture*, *12*(10), Article 10. https://doi.org/10.3390/agriculture12101745

Dickson, M. S., & Amannah, C. I. (2023). Augmented IoT Model for Smart Agriculture and Farm Irrigation Water Conservation. *International Journal of Intelligence Science*, *13*(04), 131–163. https://doi.org/10.4236/ijis.2023.134007

Dilleen, G., Claffey, E., Foley, A., & Doolin, K. (2023). Investigating knowledge dissemination and social media use in the farming network to build trust in

smart farming technology adoption. *Journal of Business & Industrial Marketing*, *38*(8), 1754–1765. https://doi.org/10.1108/JBIM-01-2022-0060

Ding, L., Velicer, W. F., & Harlow, L. L. (1995). Effects of estimation methods, number of indicators per factor, and improper solutions on structural equation modeling fit indices. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*. https://doi.org/10.1080/10705519509540000

Dixit, K., Aashish, K., & Kumar Dwivedi, A. (2023a). Antecedents of smart farming adoption to mitigate the digital divide – extended innovation diffusion model. *Technology in Society*, *75*, 102348. https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2023.102348

Dixit, K., Aashish, K., & Kumar Dwivedi, A. (2023b). Antecedents of smart farming adoption to mitigate the digital divide – extended innovation diffusion model. *Technology in Society*, *75*, 102348. https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2023.102348

Do, T. H. N., & Shih, W. (2016). THE INTEGRATION BETWEEN THE UTAUT WITH IS SUCCESS MODEL IN CASE OF ONLINE HOTEL BOOKING USER ACCEPTANCE. *TIJ's Research Journal of Commerce & Behavioural Science - RJCBS*. https://www.semanticscholar.org/paper/THE-INTEGRATION-BETWEEN-THE-UTAUT-WITH-IS-SUCCESS-Do-Shih/0ac09ae492f988a8cdcef76cb867a8a4279be7cd

Dollar, P., Tu, Z., & Belongie, S. (2006). Supervised Learning of Edges and Object Boundaries. *2006 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'06)*, *2*, 1964–1971. https://doi.org/10.1109/CVPR.2006.298

Donmez-Turan, A., Ozbebek Tunc, A., & Zehir, C. (2014). *A Theoretical Model Proposal: Personal Innovativeness and User Involvement as Antecedents of*

Unified Theory of Acceptance and Use of Technology-review under responsibility of 4 th International Conference on Leadership, Technology and Innovation Management.

Donzia, S. K. Y., & Kim, H. (2020). Architecture Design of a Smart Farm System Based on Big Data Appliance Machine Learning. *2020 20th International Conference on Computational Science and Its Applications (ICCSA)*, 45–52. https://doi.org/10.1109/ICCSA50381.2020.00019

Doshi, J., Patel, T., & Bharti, S. kumar. (2019). Smart Farming using IoT, a solution for optimally monitoring farming conditions. *Procedia Computer Science*, *160*, 746–751. https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.11.016

Duang-Ek-Anong, S., Pibulcharoensit, S., & Phongsatha, T. (2019). Technology Readiness for Internet of Things (IoT) Adoption in Smart Farming in Thailand. *International Journal of Simulation: Systems, Science & Technology*. https://doi.org/10.5013/IJSSST.a.20.05.12

Durai, S. K. S., & Shamili, M. D. (2022). Smart farming using Machine Learning and Deep Learning techniques. *Decision Analytics Journal*, *3*, 100041. https://doi.org/10.1016/j.dajour.2022.100041

Dwivedi, Y. K., Rana, N. P., Jeyaraj, A., Clement, M., & Williams, M. D. (2019). Re-examining the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT): Towards a Revised Theoretical Model. *Information Systems Frontiers*, *21*(3), 719–734. https://doi.org/10.1007/s10796-017-9774-y

Eastwood, C. R., & Renwick, A. (2020). Innovation Uncertainty Impacts the Adoption of Smarter Farming Approaches. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, *4*. https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00024

Eckhardt, A., Laumer, S., & Nguyen, N.-T. (2010). Social Influence in Technology Adoption Research – A Scientometric Study over two Decades Behavior. *DIGIT 2010 Proceedings*. https://aisel.aisnet.org/digit2010/10

El Naqa, I., & Murphy, M. J. (2015). What Is Machine Learning? In I. El Naqa, R. Li, & M. J. Murphy (Eds.), *Machine Learning in Radiation Oncology: Theory and Applications* (pp. 3–11). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-18305-3_1

Elie-Dit-Cosaque, C., Pallud, J., & Kalika, M. (2011). The Influence of Individual, Contextual, and Social Factors on Perceived Behavioral Control of Information Technology: A Field Theory Approach. *Journal of Management Information Systems*, *28*(3), 201–234. https://doi.org/10.2753/MIS0742-1222280306

Erreygers, S., Vandebosch, H., Vranjes, I., Baillien, E., & De Witte, H. (2018). The interplay of negative experiences, emotions and affective styles in adolescents' cybervictimization: A moderated mediation analysis. *Computers in Human Behavior*, *81*, 223–234. https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.12.027

Faridi, A. A., Kavoosi-Kalashami, M., & Bilali, H. E. (2020). Attitude components affecting adoption of soil and water conservation measures by paddy farmers in Rasht County, Northern Iran. *Land Use Policy*, *99*, 104885. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104885

Fornell, C., & Larcker, D. F. (1981). Evaluating Structural Equation Models with Unobservable Variables and Measurement Error. *Journal of Marketing Research*, *18*(1), 39–50. https://doi.org/10.1177/002224378101800104

Forsgren, N., Durcikova, A., Clay, P., & Wang, X. (2016). The Integrated User Satisfaction Model: Assessing Information Quality and System Quality as Second-order

Constructs in System Administration. *Communications of the Association for Information Systems*, *38*(1). https://doi.org/10.17705/1CAIS.03839

Fretzen, T. (2018, July). *External factors affecting the adoption of IoT-Technology: A TAM and UTAUT approach* [Info:eu-repo/semantics/bachelorThesis]. University of Twente. https://essay.utwente.nl/75364/

Gao, L., Zhang, W., Mei, Y., Sam, A. G., Song, Y., & Jin, S. (2018). Do farmers adopt fewer conservation practices on rented land? Evidence from straw retention in China. *Land Use Policy*, *79*, 609–621. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.08.026

Gemoets, L. A., & Mahmood, M. A. (1990). Effect of the quality of user documentation on user satisfaction with information systems. *Information & Management*, *18*(1), 47–54. https://doi.org/10.1016/0378-7206(90)90063-N

Ghasemaghaei, M., & Hassanein, K. (2015). Online Information Quality and Consumer Satisfaction: The Moderating Roles of Contextual Factors - A Meta-Analysis. *Information & Management*, *52*. https://doi.org/10.1016/j.im.2015.07.001

Ghobakhloo, M., Zulkifli, N. B., & Abdul Aziz, F. (2010). The interactive model of user information technology acceptance and satisfaction in small and medium-sized enterprises. *European Journal of Economics, Finance and Administrative Sciences*, 7–27.

Giampietri, E., & Trestini, S. (2020). Analysing farmers' intention to adopt web marketing under a technology-organisation-environment perspective: A case study in Italy. *Agricultural Economics (Zemědělská Ekonomika)*, *66*(5), 226–233. https://doi.org/10.17221/355/2019-AGRICECON

Giua, C., Materia, V. C., & Camanzi, L. (2022). Smart farming technologies adoption: Which factors play a role in the digital transition? *Technology in Society*, *68*, 101869. https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.101869

Goforth, A. N., Pham, A. V., & Oka, E. R. (2015). Parent–Child Conflict, Acculturation Gap, Acculturative Stress, and Behavior Problems in Arab American Adolescents. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, *46*(6), 821–836. https://doi.org/10.1177/0022022115585140

Graf-Vlachy, L., & Buhtz, K. (2017). *Social Influence in Technology Adoption Research: A Literature Review and Research Agenda* (SSRN Scholarly Paper No. 2988497). Social Science Research Network. https://papers.ssrn.com/abstract=2988497

Greer, F. (2021). *Smart Farming: How IoT Is Transforming Agriculture (+ Examples)*. https://www.zipitwireless.com/blog/smart-farming-how-iot-is-transforming-agriculture-examples?locale=th

Gulati, S., McDonagh, J., Sousa, S., & Lamas, D. (2024). Trust models and theories in human–computer interaction: A systematic literature review. *Computers in Human Behavior Reports*, *16*, 100495. https://doi.org/10.1016/j.chbr.2024.100495

Gunday, G., Ulusoy, G., Kilic, K., & Alpkan, L. (2011). Effects of innovation types on firm performance. *International Journal of Production Economics*, *133*(2), 662–676. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2011.05.014

Gupta, A., Yousaf, A., & Mishra, A. (2020). How pre-adoption expectancies shape post-adoption continuance intentions: An extended expectation-confirmation model. *International Journal of Information Management*, *52*, 102094. https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2020.102094

Hair, J. F., Risher, J. J., Sarstedt, M., & Ringle, C. M. (2019). When to use and how to report the results of PLS-SEM. *European Business Review*, *31*(1), 2–24. https://doi.org/10.1108/EBR-11-2018-0203

Hair, J., Hollingsworth, C. L., Randolph, A. B., & Chong, A. Y. L. (2017). An updated and expanded assessment of PLS-SEM in information systems research. *Industrial Management & Data Systems*, *117*(3), 442–458. https://doi.org/10.1108/IMDS-04-2016-0130

Hardesty, D. M., & Bearden, W. O. (2004). The use of expert judges in scale development: Implications for improving face validity of measures of unobservable constructs. *Journal of Business Research*, *57*(2), 98–107. https://doi.org/10.1016/S0148-2963(01)00295-8

Hassan, R., Suhaili, W. S., Nore, B. F., & Basuni, M. A. (2024). Youth Resilience Toward Climate Smart Agriculture Technology Adoption in Brunei Darussalam. *ASEAN Journal on Science and Technology for Development*, *40*(3). https://doi.org/10.61931/2224-9028.1545

Hatch, M. J. (2018). *Organization Theory: Modern, Symbolic, and Postmodern Perspectives*. Oxford University Press.

Hawash, B., Mokhtar, U. A., Yusof, Z. M., Mukred, M., & Gaid, A. S. A. (2021). Factors Affecting Internet of Things (IoT) Adoption in the Yemeni Oil and Gas Sector. *2021 International Conference of Technology, Science and Administration (ICTSA)*, 1–7. https://doi.org/10.1109/ICTSA52017.2021.9406527

Henry, J., & Amabile, T. (2006). *How to Kill Creativity*. 18–24. https://doi.org/10.4135/9781446213704.n2

Henseler, J., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2015). A new criterion for assessing discriminant validity in variance-based structural equation modeling. *Journal of the Academy of Marketing Science*, *43*(1), 115–135. https://doi.org/10.1007/s11747-014-0403-8

Holden, R. J., & Karsh, B.-T. (2010). The technology acceptance model: Its past and its future in health care. *Journal of Biomedical Informatics*, *43*(1), 159–172. https://doi.org/10.1016/j.jbi.2009.07.002

Hsu, T.-C., Yang, H., Chung, Y.-C., & Hsu, C.-H. (2020). A Creative IoT agriculture platform for cloud fog computing. *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, *28*, 100285. https://doi.org/10.1016/j.suscom.2018.10.006

Hu, L., & Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, *6*(1), 1–55. https://doi.org/10.1080/10705519909540118

Idris, N. A. M., Johar, M. G. M., & Khatibi, A. (2023a). ASSESSING READINESS: MODELS FOR THE IMPLEMENTATION OF INTERNET OF THINGS IN LIBYAN HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS. *Journal of Research Administration*, *5*(2), Article 2.

Idris, N. A. M., Johar, M. G. M., & Khatibi, A. (2023b). READINESS ASSESSMENT MODELS FOR INTEGRATING INTERNET OF THINGS IN LIBYAN HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS. *Journal of Research Administration*, *5*(2), Article 2.

Jabbari, A., Humayed, A., Reegu, F. A., Uddin, M., Gulzar, Y., & Majid, M. (2023). Smart Farming Revolution: Farmer's Perception and Adoption of Smart IoT Technologies for Crop Health Monitoring and Yield Prediction in Jizan, Saudi Arabia. *Sustainability*, *15*(19), 14541. https://doi.org/10.3390/su151914541

Jaroenwanit, P., Phuensane, P., Sekhari, A., & Gay, C. (2023). Risk management in the adoption of smart farming technologies by rural farmers. *Uncertain Supply Chain Management*, *11*(2), 533–546. https://doi.org/10.5267/j.uscm.2023.2.011

Jaskyte, K. (2011). Predictors of Administrative and Technological Innovations in Nonprofit Organizations. *Public Administration Review*, *71*(1), 77–86.

Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., Suman, R., & Gonzalez, E. S. (2022). Understanding the adoption of Industry 4.0 technologies in improving environmental sustainability. *Sustainable Operations and Computers*, *3*, 203–217. https://doi.org/10.1016/j.susoc.2022.01.008

Jayashankar, P., Nilakanta, S., Johnston, W. J., Gill, P., & Burres, R. (2018). IoT adoption in agriculture: The role of trust, perceived value and risk. *Journal of Business & Industrial Marketing*, *33*(6), 804–821. https://doi.org/10.1108/JBIM-01-2018-0023

Jeong, K.-S., Eom, S.-J., & Rhee, S.-H. (2020). Analysis of Factors Affecting the Perception of Smart Farm by Employees of Korea Rural Community Corperation. *Journal of Korean Society of Rural Planning*, *26*(3), 115–126. https://doi.org/10.7851/Ksrp.2020.26.3.115

Jepkorir, C., Mose, T., & Tobias, M. (2022). FACTORS AFFECTING ADOPTION OF INTERNET OF THINGS IN SELECTED GREENHOUSE FARMS IN KENYA. *International Journal of Technology and Systems*, *7*(2), 1–28. https://doi.org/10.47604/ijts.1668

Jnr, B. A., & Petersen, S. A. (2023). Using an extended technology acceptance model to predict enterprise architecture adoption in making cities smarter. *Environment Systems and Decisions*, *43*(1), 36–53. https://doi.org/10.1007/s10669-022-09867-x

Johannessen, J.-A., Olsen, B., & Olaisen, J. (1999). Aspects of innovation theory based on knowledge-management. *International Journal of Information Management*, *19*(2), 121–139. https://doi.org/10.1016/S0268-4012(99)00004-3

Johansson-Sköldberg, U., Woodilla, J., & Çetinkaya, M. (2013). Design Thinking: Past, Present and Possible Futures. *Creativity and Innovation Management*, *22*(2), 121–146. https://doi.org/10.1111/caim.12023

Jung, M., Kim, J., Kim, H., Hong, T., & Jang, H. (2023). Market growth strategies for sustainable smart farm: A correlation and causal relationship approach. *Developments in the Built Environment*, *16*, 100260. https://doi.org/10.1016/j.dibe.2023.100260

Junnonyang, E. (2021). *INTEGRATING TAM, PERCEIVED RISK, TRUST, RELATIVE ADVANTAGE, GOVERNMENT SUPPORT, SOCIAL INFLUENCE AND USER SATISFACTION AS PREDICTORS OF MOBILE GOVERNMENT ADOPTION BEHAVIOR IN THAILAND*. *13*(1).

Kahn, B. K., Strong, D. M., & Wang, R. Y. (2002). Information quality benchmarks: Product and service performance. *Commun. ACM*, *45*(4), 184–192. https://doi.org/10.1145/505248.506007

Kamilaris, A., Gao, F., Prenafeta-Boldu, F. X., & Ali, M. I. (2016). Agri-IoT: A semantic framework for Internet of Things-enabled smart farming applications. *2016 IEEE 3rd World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*, 442–447. https://doi.org/10.1109/WF-IoT.2016.7845467

Kang, D.-B., Chang, K.-J., Lee, Y.-K., & Jeong, M.-U. (2020). A Study on the Effects of Changes in Smart Farm Introduction Conditions on Willingness to Accept Agriculture—Application of Extended UTAUT Model. *Korean Journal of Organic Agriculture*, *28*(2), 119–138. https://doi.org/10.11625/KJOA.2020.28.2.119

Kang, D.-B., Chung, B.-G., & Heo, C.-M. (2020). Factors Affecting Acceptance of Smart Farm Technology—Focusing on Mediating Effect of Trust and Moderating

Effect of IT Level -. *Korean Journal of Organic Agriculture*, *28*(3), 315–334. https://doi.org/10.11625/KJOA.2020.28.3.315

Kanita Saengkrajang. (2021). TECHNOLOGY ACCEPTANCE MODEL TO EVALUATE THE ADOPTION OF THE INTERNET OF THINGS FOR PLANTING MAIZE. *Life Sciences and Environment Journal*, *22*, 262273. https://doi.org/10.14456/LSEJ.2021.13

Keerativutisest, V., Chaiyasoonthorn, W., Khalid, B., Ślusarczyk, B., & Chaveesuk, S. (2024). DETERMINANTS OF AI-BASED APPLICATIONS ADOPTION IN THE AGRICULTURAL SECTOR – MULTI-GROUP ANALYSIS. *INMATEH Agricultural Engineering*, 750–764. https://doi.org/10.35633/inmateh-72-67

Kelly, S., Kaye, S.-A., & Oviedo-Trespalacios, O. (2023). What factors contribute to the acceptance of artificial intelligence? A systematic review. *Telematics and Informatics*, *77*, 101925. https://doi.org/10.1016/j.tele.2022.101925

Khanna, A., & Kaur, S. (2019). Evolution of Internet of Things (IoT) and its significant impact in the field of Precision Agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, *157*, 218–231. https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.12.039

Klerkx, L., Jakku ,Emma, & and Labarthe, P. (2019). A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda. *NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences*, *90–91*(1), 1–16. https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.100315

Kline, R. B. (2023). *Principles and Practice of Structural Equation Modeling*. Guilford Publications.

Knierim, A., Borges, F., Kernecker, M. L., Kraus, T., & Wurbs, A. (2018). *What drives adoption of smart farming technologies? Evidence from a cross-country study*.

Knierim, A., Kernecker, M., Erdle, K., Kraus, T., Borges, F., & Wurbs, A. (2019). Smart farming technology innovations – Insights and reflections from the German

Smart-AKIS hub. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, *90–91*, 100314. https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.100314

Kodali, R. K., Yerroju, S., & Sahu, S. (2018). Smart Farm Monitoring Using LoRa Enabled IoT. *2018 Second International Conference on Green Computing and Internet of Things (ICGCIoT)*, 391–394. https://doi.org/10.1109/ICGCIoT.2018.8753086

Koivumäki, T., Ristola, A., & Kesti, M. (2008). The effects of information quality of mobile information services on user satisfaction and service acceptance–empirical evidence from Finland. *Behaviour & Information Technology*, *27*(5), 375–385. https://doi.org/10.1080/01449290601177003

Kommey, B., Isaac, O. J., Tamakloe, E., & Opoku, D. (2024). *A Reinforcement Learning Review: Past Acts, Present Facts and Future Prospects*.

Koohang, A., Sargent, C. S., Nord, J. H., & Paliszkiewicz, J. (2022). Internet of Things (IoT): From awareness to continued use. *International Journal of Information Management*, *62*, 102442. https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2021.102442

Köppen, E., & Meinel, C. (2015). Empathy via Design Thinking: Creation of Sense and Knowledge. In H. Plattner, C. Meinel, & L. Leifer (Eds.), *Design Thinking Research: Building Innovators* (pp. 15–28). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-06823-7_2

Kullimratchai, P. (2018). Entering into the Era of Data Science. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, *12 No. 2*.

Kumar, A., Dhingra, S., & Falwadiya, H. (2023). Adoption of Internet of Things: A systematic literature review and future research agenda. *International Journal of Consumer Studies*, *47*(6), 2553–2582. https://doi.org/10.1111/ijcs.12964

Kumar, R., Sinwar, D., Pandey, A., Tadele, T., Singh, V., & Raghuwanshi, G. (2022). IoT Enabled Technologies in Smart Farming and Challenges for Adoption. In P. K. Pattnaik, R. Kumar, & S. Pal (Eds.), *Internet of Things and Analytics for Agriculture, Volume 3* (pp. 141–164). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-16-6210-2_7

Kumbhare, T. A., & Chobe, S. V. (2014). *An Overview of Association Rule Mining Algorithms*. *5*.

Kuno, E. (1976). Multi-stage sampling for population estimation. *Population Ecology*, *18*(1), 39–56. https://doi.org/10.1007/BF02754081

Kurniawan, I., Ardianto, Y. T., & Hidayatullah, S. (2021). The Effect Of The Information System Quality, Service Quality, And User Satisfaction On Academic Information System User Loyalty. *International Journal of Scientific and Technology Research*, *10*(5), Article 5.

Kusuma, D. C. C., Fauzi, M. I., Rifdi, M., & Sundjaja, A. M. (2021). The Determinant Factors of User Satisfaction on Ferry E-Ticket Purchase (Ferizy): Integration Of The UTAUT and IS Success Model. *2021 3rd International Conference on Cybernetics and Intelligent System (ICORIS)*, 1–7. https://doi.org/10.1109/ICORIS52787.2021.9649590

Langer, G., Schulze, H., & Kühl, S. (2024). From intentions to adoption: Investigating the attitudinal and emotional factors that drive IoT sensor use among dairy farmers. *Smart Agricultural Technology*, *7*, 100404. https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100404

Lanzini, F., Ubacht, J., & Greeff, J. D. (2021). Blockchain adoption factors for SMEs in supply chain management. *Journal of Supply Chain Management Science*, *2*(1–2), Article 1–2. https://doi.org/10.18757/jscms.2021.5624

Leary, M., Cacchione, P. Z., Demiris, G., Carthon, J. M. B., & Bauermeister, J. A. (2022). An integrative review of human-centered design and design thinking for the creation of health interventions. *Nursing Forum*, *57*(6), 1137–1152. https://doi.org/10.1111/nuf.12805

Lee, C.-Y., Tsao, C.-H., & Chang, W.-C. (2015). The relationship between attitude toward using and customer satisfaction with mobile application services. *Journal of Enterprise Information Management*, *28*(5), 680–697. https://doi.org/10.1108/JEIM-07-2014-0077

Lee, J. W., Jones, P. S., Mineyama, Y., & Zhang, X. E. (2002). Cultural differences in responses to a likert scale. *Research in Nursing & Health*, *25*(4), 295–306. https://doi.org/10.1002/nur.10041

Lee, S., Bae, M., & Kim, H. (2017). Future of IoT Networks: A Survey. *Applied Sciences*, *7*(10), 1072. https://doi.org/10.3390/app7101072

Lee, S., & Yoon, C. (2022). Factors of the Adoption of O2O Service Platforms: Evidence from Small Businesses in Korea. *Sustainability*, *14*(23), Article 23. https://doi.org/10.3390/su142315813

Levitt, H. M., Bamberg, M., Creswell, J. W., Frost, D. M., Josselson, R., & Suárez-Orozco, C. (2018). Journal article reporting standards for qualitative primary, qualitative meta-analytic, and mixed methods research in psychology: The APA Publications and Communications Board task force report. *American Psychologist*, *73*(1), 26–46. https://doi.org/10.1037/amp0000151

Lewis, S. (2015). Qualitative Inquiry and Research Design: Choosing Among Five Approaches. *Health Promotion Practice*, *16*(4), 473–475. https://doi.org/10.1177/1524839915580941

Li, L., Min, X., Guo, J., & Wu, F. (2024). The influence mechanism analysis on the farmers' intention to adopt Internet of Things based on UTAUT-TOE model. *Scientific Reports*, *14*. https://doi.org/10.1038/s41598-024-65415-4

Li, S., Xu, L. D., & Zhao, S. (2015). The internet of things: A survey. *Information Systems Frontiers*, *17*(2), 243–259. https://doi.org/10.1007/s10796-014-9492-7

Li, Y., Wen ,Zhonglin, Hau ,Kit-Tai, Yuan ,Ke-Hai, & and Peng, Y. (2020). Effects of Cross-loadings on Determining the Number of Factors to Retain. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, *27*(6), 841–863. https://doi.org/10.1080/10705511.2020.1745075

Liu, Y., Park, Y., & Wang, H. (2025). The mediating effect of user satisfaction and the moderated mediating effect of AI anxiety on the relationship between perceived usefulness and subscription payment intention. *Journal of Retailing and Consumer Services*, *84*, 104176. https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2024.104176

Liu, Z. (2024). The Study of Users' Satisfaction and Acceptance on Artificial Intelligence (AI). *Journal of Education, Humanities and Social Sciences*, *27*, 117–122. https://doi.org/10.54097/f4hgqw30

MacCallum, R. C., & Hong, S. (1997). Power Analysis in Covariance Structure Modeling Using GFI and AGFI. *Multivariate Behavioral Research*, *32*(2), 193–210. https://doi.org/10.1207/s15327906mbr3202_5

Maddux, J. E., Norton, L. W., & Stoltenberg, C. D. (1986). Self-efficacy expectancy, outcome expectancy, and outcome value: Relative effects on behavioral intentions. *Journal of Personality and Social Psychology*, *51*(4), 783–789. https://doi.org/10.1037/0022-3514.51.4.783

Maduranga, M. W. P., & Abeysekera, R. (2020). MACHINE LEARNING APPLICATIONS IN IOT BASED AGRICULTURE AND SMART FARMING: A REVIEW. *International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology*, *04*(12), 24–27. https://doi.org/10.33564/IJEAST.2020.v04i12.004

Makkawal, T., Duangsupa, S., & Panthong, R. (2020). Development of Web Application for Classification of Variegated Banana with Machine Learning. *วารสารวิชาการ "การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ," 8*(2), Article 2.

Malhotra, Y., & Galletta, D. F. (1999). Extending the technology acceptance model to account for social influence: Theoretical bases and empirical validation. *Proceedings of the 32nd Annual Hawaii International Conference on Systems Sciences. 1999. HICSS-32. Abstracts and CD-ROM of Full Papers*, *Track1*, 14 pp.-. https://doi.org/10.1109/HICSS.1999.772658

Malik, A., Suresh, S., & Sharma, S. (2017). Factors influencing consumers' attitude towards adoption and continuous use of mobile applications: A conceptual model. *Procedia Computer Science*, *122*, 106–113. https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.11.348

Man, S. S., Guo, Y., Chan, A. H. S., & Zhuang, H. (2022). Acceptance of Online Mapping Technology among Older Adults: Technology Acceptance Model with Facilitating Condition, Compatibility, and Self-Satisfaction. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, *11*(11), Article 11. https://doi.org/10.3390/ijgi11110558

Manches, A., Duncan, P., Plowman, L., & Sabeti, S. (2015). Three questions about the Internet of things and children. *TechTrends*, *59*(1), 76–83. https://doi.org/10.1007/s11528-014-0824-8

Marion, D. (2006). The Antecedent and Consequences of a Strategic Orientation that Leads to Organizational Structure, Performance, and Competitive

advantage in Manufacturing. *Management and Engineering of the University of Toledo*.

Marković, D., Koprivica, R., Pešović, U., & Randić, S. (2015). Application of IoT in monitoring and controlling agricultural production. *Acta Agriculturae Serbica*, *20*(40), 145–153. https://doi.org/10.5937/AASer1540145M

Mathebula, M. (2022). *Urban Agriculture, Sustainability, and Internet-of-Things: Applying UTAUT to Determine the Behavioural Intention to Use IoT* [Thesis, University of Pretoria]. https://doi.org/10.25403/UPresearchdata.22064477

Mekala, M. S., & Viswanathan, P. (2019). CLAY-MIST: IoT-cloud enabled CMM index for smart agriculture monitoring system. *Measurement*, *134*, 236–244. https://doi.org/10.1016/j.measurement.2018.10.072

Meldrum, K. (2010). *Structural equation modelling: Tips for getting started with your research*. 1–6. http://www.deakin.edu.au/arts-ed/efi/conferences/car-2010/papers.php

Michels, M., Bonke, V., & Muβhoff, O. (2019). *Understanding the adoption of crop protection smartphone apps: An application of the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology* (Working Paper No. 1905). Diskussionsbeitrag. https://www.econstor.eu/handle/10419/201548

Michels, M., Bonke, V., & Musshoff, O. (2020). Understanding the adoption of smartphone apps in crop protection. *Precision Agriculture*, *21*(6), 1209–1226. https://doi.org/10.1007/s11119-020-09715-5

Minh, Q. T., Phan, T. N., Takahashi, A., Thanh, T. T., Duy, S. N., Thanh, M. N., & Hong, C. N. (2017). A Cost-effective Smart Farming System with Knowledge Base. *Proceedings of the Eighth International Symposium on Information and Communication Technology*, 309–316. https://doi.org/10.1145/3155133.3155151

Mir, S. A., & Padma, T. (2020). Integrated Technology Acceptance Model for the Evaluation of Agricultural Decision Support Systems. *Journal of Global Information Technology Management*, *23*(2), 138–164. https://doi.org/10.1080/1097198X.2020.1752083

Mohamed Salleh, S. (2021). A New Model of the Framework for the Influence of the Internet of Things (IoT) Usage on the Grassroots Innovators' Sustainability. *ASM Science Journal*, *14*, 1–15. https://doi.org/10.32802/asmscj.2020.763

Mohd Nor, Z., Noorakbar, M., Jumali, M., Bujang, A., Firdaus, M., Mohd, I., Afifa, A., Rahim, A., Amin, M., & Noor, M. (2024). *Exploring the influencing factors of Smart Farming IoT Fertigation adoption among agropreneurs of PPK Kuala Langat*.

Molina-Maturano, J., Verhulst, N., Tur-Cardona, J., Güereña, D. T., Gardeazábal-Monsalve, A., Govaerts, B., & Speelman, S. (2021). Understanding Smallholder Farmers' Intention to Adopt Agricultural Apps: The Role of Mastery Approach and Innovation Hubs in Mexico. *Agronomy*, *11*(2), 194. https://doi.org/10.3390/agronomy11020194

Montesclaros, J. M. L., & Teng, P. S. (Eds.). (2023). Digital Technology Adoption and Potential in Southeast Asian Agriculture. *Asian Journal of Agriculture and Development*. https://doi.org/10.22004/ag.econ.339167

Morawiec, P., & Sołtysik-Piorunkiewicz, A. (2023). ERP System Development for Business Agility in Industry 4.0—A Literature Review Based on the TOE Framework. *Sustainability*, *15*(5), Article 5. https://doi.org/10.3390/su15054646

Moysiadis, V., Sarigiannidis, P., Vitsas, V., & Khelifi, A. (2021). Smart Farming in Europe. *Computer Science Review*, *39*, 100345. https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2020.100345

Mphale, O., Gorejena, K. N., & Nojila, O. (2024). A Multi-Theory Framework for Assessing IoT Adoption in Botswana SMEs. *Journal of Information Systems and Informatics*, *6*(2), Article 2. https://doi.org/10.51519/journalisi.v6i2.737

Muangprathub, J., Boonnam, N., Kajornkasirat, S., Lekbangpong, N., Wanichsombat, A., & Nillaor, P. (2019). IoT and agriculture data analysis for smart farm. *Computers and Electronics in Agriculture*, *156*, 467–474. https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.12.011

Munir, M. S., Bajwa, I. S., Naeem, M. A., & Ramzan, B. (2018). Design and Implementation of an IoT System for Smart Energy Consumption and Smart Irrigation in Tunnel Farming. *Energies*, *11*(12), Article 12. https://doi.org/10.3390/en11123427

Münster, P., & Grabkowsky, B. (2024). *Analyzing attitudes and satisfaction level of digital on-farm technologies for climate change adaptation and mitigation in poultry farming*.

Namburi, S. (2019). Innovation and Administration. *The Journal of Research and Academics Vol 2 No 2 (May-August2019)*, *2*(2), Article 2.

Narwane, V. S., Gunasekaran, A., & Gardas, B. B. (2022). Unlocking adoption challenges of IoT in Indian Agricultural and Food Supply Chain. *Smart Agricultural Technology*, *2*, 100035. https://doi.org/10.1016/j.atech.2022.100035

Nasteski, V. (2017). An overview of the supervised machine learning methods. *HORIZONS.B*, *4*, 51–62. https://doi.org/10.20544/HORIZONS.B.04.1.17.P05

Nguyen, L. L. H., Khuu, D. T., Halibas, A., & Nguyen, T. Q. (2024). Factors That Influence the Intention of Smallholder Rice Farmers to Adopt Cleaner Production Practices: An Empirical Study of Precision Agriculture Adoption. *Evaluation Review*, *48*(4), 692–735. https://doi.org/10.1177/0193841X231200775

Novo, O. (2018). Blockchain Meets IoT: An Architecture for Scalable Access Management in IoT. *IEEE Internet of Things Journal*, *5*(2), 1184–1195. https://doi.org/10.1109/JIOT.2018.2812239

Octav-Ionut, M. (2015). Applying the Theory of Planned Behavior in Predicting Pro-environmental Behaviour: The Case of Energy Conservation. *Acta Universitatis Danubius. Œconomica*, *11*, 15–32.

Ogara, S. O., Koh, C. E., & Prybutok, V. R. (2014). Investigating factors affecting social presence and user satisfaction with Mobile Instant Messaging. *Computers in Human Behavior*, *36*, 453–459. https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.03.064

Ojo, A. I. (2017). Validation of the DeLone and McLean Information Systems Success Model. *Healthcare Informatics Research*, *23*(1), 60–66. https://doi.org/10.4258/hir.2017.23.1.60

Omoyiola, B. O. (2019). *Factors affecting IoT adoption*. *21*, 19–24. https://doi.org/10.9790/0661-2106011924

Onsomkrit, J. (2022, December 27). Design Thinking-A non-linear process. *Medium*. https://medium.com/@jayr.jakkrit/design-thinking-ea06848de07

Opasvitayarux, P., Setamanit, S., Assarut, N., & Visamitanan, K. (2022). Antecedents of IoT adoption in food supply chain quality management: An integrative model. *Journal of International Logistics and Trade*, *20*(3), 135–170. https://doi.org/10.1108/JILT-05-2022-0002

Osrof, H. Y., Tan, C. L., Angappa, G., Yeo, S. F., & Tan, K. H. (2023). Adoption of smart farming technologies in field operations: A systematic review and future research agenda. *Technology in Society*, *75*, 102400. https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2023.102400

Othman, W. R. W., Fahmy, S., & Haslinda, N. (2022). Evaluating the Success of Information Systems based on System Quality, Information Quality and User Satisfaction. *International Journal of Integrated Engineering*, *14*(3), Article 3.

Otter, V., & Deutsch, M. (2023). Did policy lose sight of the wood for the trees? An UTAUT-based partial least squares estimation of farmers acceptance of innovative sustainable land use systems. *Land Use Policy*, *126*, 106467. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106467

Pacharawongsakda, E. (2014). *การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิค ดาต้า ไมน์นิง เบื้องต้น (An Introduction to Data Mining Techniques)*. https://www.ookbee.com/shop/book/1c6130d4-0f58-4be9-948b-c8c819a9a677/การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิค-ดาต้า-ไมน์นิง-เบื้องต้น-an-introduction-to-data-mining-techniques

Padmore, T., Schuetze, H., & Gibson, H. (1998). Modeling systems of innovation: An enterprise-centered view. *Research Policy*, *26*(6), 605–624. https://doi.org/10.1016/S0048-7333(97)00039-5

Page, K., Dang, Y., & Dalal, R. (2013). Impacts of conservation tillage on soil quality, including soil-borne crop diseases, with a focus on semi-arid grain cropping systems. *Australasian Plant Pathology*, *42*(3), 363–377. https://doi.org/10.1007/s13313-013-0198-y

Pagliacci, F., Defrancesco, E., Mozzato, D., Bortolini, L., Pezzuolo, A., Pirotti, F., Pisani, E., & Gatto, P. (2020). Drivers of farmers' adoption and continuation of climate-smart agricultural practices. A study from northeastern Italy. *Science of The Total Environment*, *710*, 136345. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136345

Palau-Saumell, R., Forgas-Coll, S., Sánchez-García, J., & Robres, E. (2019). User Acceptance of Mobile Apps for Restaurants: An Expanded and Extended UTAUT-2. *Sustainability*, *11*(4), Article 4. https://doi.org/10.3390/su11041210

Permatasari, I. A., Madiawati, P. N., & Pradana, M. (2025). The Influence of Performance Expectations, Effort Expectations, Supportive Conditions, Social Influence, Risk, and Trust on Usage Behavior with Behavioral Intent as a Mediator (Case Study of MYBCA Adoption Among Generation Z). *East Asian Journal of Multidisciplinary Research*, *4*(8), 3997–4016. https://doi.org/10.55927/eajmr.v4i8.334

Petter, S., DeLone, W., & McLean, E. (2008). Measuring information systems success: Models, dimensions, measures, and interrelationships. *European Journal of Information Systems*, *17*(3), 236–263. https://doi.org/10.1057/ejis.2008.15

Phillips, P. W. B., Relf-Eckstein, J.-A., Jobe, G., & Wixted, B. (2019). Configuring the new digital landscape in western Canadian agriculture. *NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences*, *90–91*(1), 1–11. https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.04.001

Piancharoenwong, A., & Badir, Y. F. (2024). IoT smart farming adoption intention under climate change: The gain and loss perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, *200*, 123192. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.123192

Pillai, R., & Sivathanu, B. (2020). Adoption of internet of things (IoT) in the agriculture industry deploying the BRT framework. *Benchmarking: An International Journal*, *27*(4), 1341–1368. https://doi.org/10.1108/BIJ-08-2019-0361

Poorna, T. K., Senthilkumar, M., Manimekalai, R., Saravanan, P. A., & Vanitha, G. (2025). Exploring the factors influencing the adoption of smart farming technologies in agriculture—A bibliometric analysis literature review. *Plant Science Today*. https://doi.org/10.14719/pst.8325

Popescu, D., Popescu, S., & Bodi, S. (2017). A conceptual framework concerning education as factor of elders' acceptance for smart assistive technologies. *Balkan Region Conference on Engineering and Business Education*, *3*. https://doi.org/10.1515/cplbu-2017-0036

Prayoga, T., & Abraham, J. (2016). *Behavioral Intention to Use IoT Health Device: The Role of Perceived Usefulness, Facilitated Appropriation, Big Five Personality Traits, and Cultural Value Orientations* (SSRN Scholarly Paper No. 2835914). https://papers.ssrn.com/abstract=2835914

Puitrakul, A. (2016, January 7). *What is machine learning*. Arnondora. https://arnondora.in.th/what-is-machine-learning/

Putra, Y. H., Warlina, L., Fatimah, D., Wantoro, & Aulia, S. S. (2023). Adoption of the Agriculture Application by Farmers Using the UTAUT2 Method Focused on Community Behavior and User Experience. *International Journal Of Computer Sciences and Mathematics Engineering*, *2*(2), Article 2. https://doi.org/10.61306/ijecom.v2i2.22

Quintero, J. M. M., Pedroche, E. G., & Ramos, M. I. de la G. (2009). Influence of the implementation factors in the information systems quality for the user satisfaction. *Journal of Information Systems and Technology Management*, *6*(1), Article 1. https://doi.org/10.4301/S1807-17752009000100003

Radhakrishna, R. (2007). Tips for Developing and Testing Questionnaires/Instruments. *The Journal of Extension*, *45*(1). https://open.clemson.edu/joe/vol45/iss1/25

Raghuvanshi, A., Singh, U. K., Sajja, G. S., Pallathadka, H., Asenso, E., Kamal, M., Singh, A., & Phasinam, K. (2022). Intrusion Detection Using Machine Learning for Risk Mitigation in IoT-Enabled Smart Irrigation in Smart Farming. *Journal of Food Quality*, *2022*, 1–8. https://doi.org/10.1155/2022/3955514

Rahaman, M., Lin, C.-Y., Pappachan, P., Gupta, B. B., & Hsu, C.-H. (2024). Privacy-Centric AI and IoT Solutions for Smart Rural Farm Monitoring and Control. *Sensors (Basel, Switzerland)*, *24*(13), 4157. https://doi.org/10.3390/s24134157

Rahi, S., & Abd. Ghani, M. (2018). The role of UTAUT, DOI, perceived technology security and game elements in internet banking adoption. *World Journal of Science, Technology and Sustainable Development*, *15*(4), 338–356. https://doi.org/10.1108/WJSTSD-05-2018-0040

Rahi, S., Othman Mansour, M. M., Alghizzawi, M., & Alnaser, F. M. (2019). Integration of UTAUT model in internet banking adoption context: The mediating role of performance expectancy and effort expectancy. *Journal of Research in Interactive Marketing*, *13*(3), 411–435. https://doi.org/10.1108/JRIM-02-2018-0032

Raj, M., & Prahadeeswaran, M. (2025). Revolutionizing agriculture: A review of smart farming technologies for a sustainable future. *Discover Applied Sciences*, *7*(9), 937. https://doi.org/10.1007/s42452-025-07561-6

Ramli, M. R., Daely, P. T., Kim, D.-S., & Lee, J. M. (2020). IoT-based adaptive network mechanism for reliable smart farm system. *Computers and Electronics in Agriculture*, *170*, 105287. https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105287

RAVANELLO, G. (2023). *Small italian farms' willingness to adopt a food traceability system: A case study based on the UTAUT model*. https://www.politesi.polimi.it/handle/10589/210828

Razzouk, R., & Shute, V. (2012). What Is Design Thinking and Why Is It Important? *Review of Educational Research*, *82*(3), 330–348. https://doi.org/10.3102/0034654312457429

Rehman, A., Liu, J., Li, K., Mateen Buttar, A., & Yasin, Q. (2020). Machine Learning Prediction Analysis using IoT for Smart Farming. *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, *8*. https://doi.org/10.30534/ijeter/2020/250892020

Reichelt, N., & Nettle, R. (2023). Practice insights for the responsible adoption of smart farming technologies using a participatory technology assessment approach: The case of virtual herding technology in Australia. *Agricultural Systems*, *206*, 103592. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2022.103592

Relf-Eckstein, J. E., Ballantyne, A. T., & Phillips, P. W. B. (2019). Farming Reimagined: A case study of autonomous farm equipment and creating an innovation opportunity space for broadacre smart farming. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, *90–91*, 100307. https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.100307

Rezk, N. G., Hemdan, E. E.-D., Attia, A.-F., El-Sayed, A., & El-Rashidy, M. A. (2021). An efficient IoT based smart farming system using machine learning algorithms. *Multimedia Tools and Applications*, *80*(1), 773–797. https://doi.org/10.1007/s11042-020-09740-6

Riepl, W. (2019, October 21). *ASUM-DM: Ein Standard-Prozessmodell für Data Mining und Predictive Analytics | Statistik Dresden*. https://statistik-dresden.de/asum-dm-ein-standard-prozessmodell-fuer-data-mining-und-predictive-analytics/

Rigdon, E. E. (1996). CFI versus RMSEA: A comparison of two fit indexes for structural equation modeling. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, *3*(4), 369–379. https://doi.org/10.1080/10705519609540052

Robles-Gómez, A., Tobarra, L., Pastor-Vargas, R., Hernández, R., & Haut, J. M. (2021). Analyzing the Users' Acceptance of an IoT Cloud Platform Using the

UTAUT/TAM Model. *IEEE Access*, *9*, 150004–150020. IEEE Access. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3125497

Ronaghi, M. H., & Forouharfar, A. (2020). A contextualized study of the usage of the Internet of things (IoTs) in smart farming in a typical Middle Eastern country within the context of Unified Theory of Acceptance and Use of Technology model (UTAUT). *Technology in Society*, *63*, 101415. https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101415

Rosario, J. V., Madureira, L., Marques, C., & Silva, R. (2022). Understanding Farmers' Adoption of Sustainable Agriculture Innovations: A Systematic Literature Review. *Agronomy*, *12*, 2879. https://doi.org/10.3390/agronomy12112879

Roy, M., & Medhekar, A. (2025). Transforming smart farming for sustainability through agri-tech Innovations: Insights from the Australian agricultural landscape. *Farming System*, *3*(4), 100165. https://doi.org/10.1016/j.farsys.2025.100165

Ruel, A., Ortiz, P., & Westrich, G. (2016). Five year survivorship of primary non-modular stemless constrained knee arthroplasty. *The Knee*, *23*(4), 716–718. https://doi.org/10.1016/j.knee.2015.10.010

Ryu, M., Yun, J., Miao, T., Ahn, I.-Y., Choi, S.-C., & Kim, J. (2015). Design and implementation of a connected farm for smart farming system. *2015 IEEE SENSORS*, 1–4. https://doi.org/10.1109/ICSENS.2015.7370624

Sa'don, N. S., & Salim, S. A. (2021). *The Adoption of Internet of Things in Urban Farming*. *2*(2).

Sahin, I. (2006). Detailed Review of Rogers' Diffusion of Innovations Theory and Educational Technology-Related Studies Based on Rogers' Theory. *Turkish Online Journal of Educational Technology - TOJET*, *5*(2), 14–23.

Sari, N. P. W. P., Duong, M.-P. T., Li, D., Nguyen, M.-H., & Vuong, Q.-H. (2024). Rethinking the effects of performance expectancy and effort expectancy on

new technology adoption: Evidence from Moroccan nursing students. *Teaching and Learning in Nursing*, *19*(3), e557–e565. https://doi.org/10.1016/j.teln.2024.04.002

Sarri, D., Lombardo, S., Pagliai, A., Perna, C., Lisci, R., De Pascale, V., Rimediotti, M., Cencini, G., & Vieri, M. (2020). Smart Farming Introduction in Wine Farms: A Systematic Review and a New Proposal. *Sustainability*, *12*(17), Article 17. https://doi.org/10.3390/su12177191

Schoonenboom, J. (2014). Using an adapted, task-level technology acceptance model to explain why instructors in higher education intend to use some learning management system tools more than others. *Computers & Education*, *71*, 247–256. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.09.016

Schuetz, S., Kuai, L., Lacity, M. C., & Steelman, Z. (2025). A qualitative systematic review of trust in technology. *Journal of Information Technology*, *40*(1), 55–76. https://doi.org/10.1177/02683962241254392

Schukat, S., & Heise, H. (2021a). Smart Products in Livestock Farming—An Empirical Study on the Attitudes of German Farmers. *Animals*, *11*(4), Article 4. https://doi.org/10.3390/ani11041055

Schukat, S., & Heise, H. (2021b). Towards an Understanding of the Behavioral Intentions and Actual Use of Smart Products among German Farmers. *Sustainability*, *13*(12), Article 12. https://doi.org/10.3390/su13126666

Schunk, D. H., & DiBenedetto, M. K. (2020). Motivation and social cognitive theory. *Contemporary Educational Psychology*, *60*, 101832. https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2019.101832

Selçuk, S. (2021). *TECHNOLOGY ACCEPTANCE MODEL TO EVALUATE FACTORS AFFECTING ADOPTION OF THE INDUSTRIAL INTERNET OF THINGS (IIOT) BY*

THE INDUSTRIAL PROFESSIONALS [Master Thesis, Middle East Technical University]. https://open.metu.edu.tr/handle/11511/94952

Serikul, P., Nakpong, N., & Nakjuatong, N. (2018). Smart Farm Monitoring via the Blynk IoT Platform: Case Study: Humidity Monitoring and Data Recording. *2018 16th International Conference on ICT and Knowledge Engineering (ICT&KE)*, 1–6. https://doi.org/10.1109/ICTKE.2018.8612441

Shang, L., Heckelei, T., Gerullis, M. K., Börner, J., & Rasch, S. (2021). Adoption and diffusion of digital farming technologies—Integrating farm-level evidence and system interaction. *Agricultural Systems*, *190*, 103074. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103074

Sharef, B. T. (2022). The Usage of Internet of Things in Agriculture: The Role of Size and Perceived Value. *Informatica*, *46*(7). https://doi.org/10.31449/inf.v46i7.4275

Sharma, G. (2023, January 28). A Gentle Introduction to Semi Supervised Learning. *Medium*. https://medium.com/@gayatri_sharma/a-gentle-introduction-to-semi-supervised-learning-7afa5539beea

Shi, Y., Siddik, A. B., Masukujjaman, M., Zheng, G., Hamayun, M., & Ibrahim, A. M. (2022). The Antecedents of Willingness to Adopt and Pay for the IoT in the Agricultural Industry: An Application of the UTAUT 2 Theory. *Sustainability*, *14*(11), Article 11. https://doi.org/10.3390/su14116640

Shih, E., Venkatesh, A., Chen, S., & Kruse, E. (2013). Dynamic Use Diffusion Model in a Cross-National Context: A Comparative Study of the United States, Sweden, and India. *Journal of Product Innovation Management*, *30*. https://doi.org/10.1111/j.1540-5885.2012.00982.x

Singh, N., Sinha, N., & Liébana-Cabanillas, F. J. (2020). Determining factors in the adoption and recommendation of mobile wallet services in India: Analysis

of the effect of innovativeness, stress to use and social influence. *International Journal of Information Management*, *50*, 191–205. https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.05.022

Sirimorok, N., Paweroi, R. M., Arsyad, A. A., & Köppen, M. (2023). Smart Farm Security by Combining IoT Sensor Network and Virtualized Mycelium Network. *Sensors*, *23*(21), Article 21. https://doi.org/10.3390/s23218689

Sitorus, H., Govindaraju, R., Wiratmadja, D., & Sudirman, I. (2019). Examining the Role of Usability, Compatibility and Social Influence in Mobile Banking Adoption in Indonesia. *International Journal of Technology*, *10*, 351. https://doi.org/10.14716/ijtech.v10i2.886

Sivapitak, S. (2020). Innovation Theory. *Saint John's Journal*. https://sju.ac.th/pap_file/a96c0e1e91fc860c1ee2e155f088ab71.pdf

Smith, M. S. (2015). Protecting privacy in an IoT-connected world. *Information Management Journal*, *49*(6), 36–40.

Sobti, N. (2019). Impact of demonetization on diffusion of mobile payment service in India: Antecedents of behavioral intention and adoption using extended UTAUT model. *Journal of Advances in Management Research*, *16*(4), 472–497. https://doi.org/10.1108/JAMR-09-2018-0086

Song, J., Migliaccio, G. C., Wang, G., & Lu, H. (2017). Exploring the Influence of System Quality, Information Quality, and External Service on BIM User Satisfaction. *Journal of Management in Engineering*, *33*(6), 04017036. https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000549

Song, Y., Qiu, X., & Liu, J. (2025). The Impact of Artificial Intelligence Adoption on Organizational Decision-Making: An Empirical Study Based on the Technology Acceptance Model in Business Management. *Systems*, *13*(8), 683. https://doi.org/10.3390/systems13080683

Spraggon, M., & Bodolica, V. (2008). Understanding Successful Innovation through Different Theoretical Lenses: The Case of Institutional, Resource—Based andSocial Capital / Network Perspectives. *Sasin Journal of Management*, *14(1), 117–133*.

Streukens, S., Leroi-Werelds, S., & Willems, K. (2017). Dealing with Nonlinearity in Importance-Performance Map Analysis (IPMA): An Integrative Framework in a PLS-SEM Context. In H. Latan & R. Noonan (Eds.), *Partial Least Squares Path Modeling: Basic Concepts, Methodological Issues and Applications* (pp. 367–403). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-64069-3_17

Strong, R., Wynn, J. T., Lindner, J. R., & Palmer, K. (2022). Evaluating Brazilian Agriculturalists' IoT Smart Agriculture Adoption Barriers: Understanding Stakeholder Salience Prior to Launching an Innovation. *Sensors*, *22*(18), 6833. https://doi.org/10.3390/s22186833

Studer, S., Bui, T. B., Drescher, C., Hanuschkin, A., Winkler, L., Peters, S., & Müller, K.-R. (2021). Towards CRISP-ML(Q): A Machine Learning Process Model with Quality Assurance Methodology. *Machine Learning and Knowledge Extraction*, *3*(2), Article 2. https://doi.org/10.3390/make3020020

Suanpang, P., & Jamjuntr, P. (2019). A Smart Farm Prototype with an Internet of Things (IoT) Case Study: Thailand. *Journal of Advanced Agricultural Technologies*, *6*(4), 241–245. https://doi.org/10.18178/joaat.6.4.241-245

Subiyakto, A. S., Rahman Ahlan, Abd. R. A., Kartiwi, M., Jaya Putra, S., & Durachman, Y. (2016). The User Satisfaction Perspectives of the Information System Projects. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, *4*(1), 215. https://doi.org/10.11591/ijeecs.v4.i1.pp215-223

Sukprasert, A., Tosasukul, J., & Sangutai, T. (2023). Exploring the Association Rules ofRoad Traffic Accidents. *Journal of Science Ladkrabang*, *32*(2), Article 2.

Sullivan, C. S., Gemtou, M., Anastasiou, E., & Fountas, S. (2024). Building trust: A systematic review of the drivers and barriers of agricultural data sharing. *Smart Agricultural Technology*, *8*, 100477. https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100477

Sullivan, G. M., & Artino, A. R., Jr. (2017). How to Create a Bad Survey Instrument. *Journal of Graduate Medical Education*, *9*(4), 411–415. https://doi.org/10.4300/JGME-D-17-00375.1

Sun, R., Zhang, S., Wang, T., Hu, J., Ruan, J., & Ruan, J. (2021). Willingness and Influencing Factors of Pig Farmers to Adopt Internet of Things Technology in Food Traceability. *Sustainability*, *13*(16), Article 16. https://doi.org/10.3390/su13168861

Sun, S., Law, R., & Schuckert, M. (2020). Mediating effects of attitude, subjective norms and perceived behavioural control for mobile payment-based hotel reservations. *International Journal of Hospitality Management*, *84*, 102331. https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2019.102331

Symeonidis, G., Nerantzis, E., Kazakis, A., & Papakostas, G. A. (2022). MLOps—Definitions, Tools and Challenges. *2022 IEEE 12th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC)*, 0453–0460. https://doi.org/10.1109/CCWC54503.2022.9720902

Taherdoost, H. (2018a). A review of technology acceptance and adoption models and theories. *Procedia Manufacturing*, *22*, 960–967. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.03.137

Taherdoost, H. (2018b). Development of an adoption model to assess user acceptance of e-service technology: E-Service Technology Acceptance

Model. *Behaviour & Information Technology*, *37*(2), 173–197. https://doi.org/10.1080/0144929X.2018.1427793

Talero-Sarmiento, L. H., Parra-Sanchez, D. T., & Lamos Diaz, H. (2023). Opportunities and Barriers of Smart Farming Adoption by Farmers Based on a Systematic Literature Review. *Proceedings INNODOCT/22. International Conference on Innovation, Documentation and Education*, 53–64. https://doi.org/10.4995/INN2022.2022.15746

Tam, C., & Oliveira, T. (2016). Understanding the impact of m-banking on individual performance: DeLone & McLean and TTF perspective. *Computers in Human Behavior*, *61*, 233–244. https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.03.016

Tanaka, J. S., & Huba, G. J. (1985). A fit index for covariance structure models under arbitrary GLS estimation. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, *38*(2), 197–201. https://doi.org/10.1111/j.2044-8317.1985.tb00834.x

Tang, H. K. (1998). An integrative model of innovation in organizations. *Technovation*, *18*(5), 297–309. https://doi.org/10.1016/S0166-4972(98)00009-1

Tannady, H., Dewi, C. S., & Gilbert. (2024). Exploring Role of Technology Performance Expectancy, Application Effort Expectancy, Perceived Risk and Perceived Cost On Digital Behavioral Intention of GoFood Users. *Jurnal Informasi Dan Teknologi*, 80–85. https://doi.org/10.60083/jidt.v6i1.477

Taratukhin, V., Yadgarova, Y., & Becker, J. (2018, June 23). *The Internet of Things Prototyping Platform Under the Design Thinking Methodology*. 2018 ASEE Annual Conference & Exposition. https://peer.asee.org/the-internet-of-things-prototyping-platform-under-the-design-thinking-methodology

Techakittheerapong, W. (2015). *Factors Affecting Employee Adoption Of Collaboration Technology In Thai Organizations*. Thammasat University.

Thomas, R. J., O'Hare, G., & Coyle, D. (2023). Understanding technology acceptance in smart agriculture: A systematic review of empirical research in crop production. *Technological Forecasting and Social Change*, *189*, 122374. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122374

Thong, J. Y. L., Hong, S.-J., & Tam, K. Y. (2006). The effects of post-adoption beliefs on the expectation-confirmation model for information technology continuance. *International Journal of Human-Computer Studies*, *64*(9), 799–810. https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2006.05.001

Tidd, J., & Bessant, J. (2021). *Managing Innovation Integrating Technological, Market and Organizational Change*.

Triantafyllou, A., Tsouros, D. C., Sarigiannidis, P., & Bibi, S. (2019). An Architecture model for Smart Farming. *2019 15th International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems (DCOSS)*, 385–392. https://doi.org/10.1109/DCOSS.2019.00081

Tsourela, M., & Nerantzaki, D.-M. (2020). An Internet of Things (IoT) Acceptance Model. Assessing Consumer's Behavior toward IoT Products and Applications. *Future Internet*, *12*(11), 191. https://doi.org/10.3390/fi12110191

Tubtiang, A., & Pipatpanuvittaya, S. (2015). A study of factors that affect attitude toward deploying smart-farm technologies in Tanud subdistrict, Damnoen Saduak district in Ratchaburi province. *Journal of Food Science and Agricultural Technology (JFAT)*, *1*(0), Article 0.

University Duisburg-Essen, Research Group for Business Informatics and Software Engineering, Essen, Germany, & Strobel, G. (2020). Farming in the Era of Internet of Things: An Information System Architecture for Smart Farming. In M. Heine, K. Poustcchi, & H. Krasnova, *WI2020 Community Tracks* (pp. 208–223). GITO Verlag. https://doi.org/10.30844/wi_2020_x1-strobel

Usman, O., Monoarfa, T., & Marsofiyati, M. (2020). E-Banking and mobile banking effects on customer satisfaction. *Accounting*, *6*(6), 1117–1128.

Utomo, P., Kurniasari, F., & Purnamaningsih, P. (2021). The Effects of Performance Expectancy, Effort Expectancy, Facilitating Condition, and Habit on Behavior Intention in Using Mobile Healthcare Application. *International Journal of Community Service & Engagement*, *2*(4), Article 4. https://doi.org/10.47747/ijcse.v2i4.529

Vagal, A., Wahab, S. A., Butcher, B., Zettel, N., Kemper, E., Vogel, C., & Mahoney, M. (2020). Human-Centered Design Thinking in Radiology. *Journal of the American College of Radiology*, *17*(5), 662–667. https://doi.org/10.1016/j.jacr.2019.11.019

van der Heijden, H. (2004). User Acceptance of Hedonic Information Systems. *MIS Quarterly*, *28*(4), 695–704. https://doi.org/10.2307/25148660

Vance, A., Elie-Dit-Cosaque, C., & Straub, D. W. (2008). Examining Trust in Information Technology Artifacts: The Effects of System Quality and Culture. *Journal of Management Information Systems*, *24*(4), 73–100. https://doi.org/10.2753/MIS0742-1222240403

Vanga, S. (2024, January 16). CRISP-ML(Q): A Methodical Approach to Quality Assurance and Machine Learning Development. *Medium*. https://medium.com/@sathishv700/crisp-ml-q-a-methodical-approach-to-quality-assurance-and-machine-learning-development-a8026222ba14

Varghese, R., & Sharma, S. (2018). Affordable Smart Farming Using IoT and Machine Learning. *2018 Second International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS)*, 645–650. https://doi.org/10.1109/ICCONS.2018.8663044

Vasan, M., & Yoganandan, G. (2023). Does the belief of farmers on land as God influence the adoption of smart farming technologies? *Benchmarking: An International Journal*, *ahead-of-print*(ahead-of-print). https://doi.org/10.1108/BIJ-10-2022-0645

Vecchio, Y., Agnusdei, G. P., Miglietta, P. P., & Capitanio, F. (2020). Adoption of Precision Farming Tools: The Case of Italian Farmers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(3), Article 3. https://doi.org/10.3390/ijerph17030869

Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003a). User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. *MIS Quarterly*, *27*(3), 425–478. https://doi.org/10.2307/30036540

Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003b). User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. *MIS Quarterly*, *27*(3), 425–478. https://doi.org/10.2307/30036540

Venkatesh, V., Thong, J. Y. L., & Xu, X. (2012). Consumer Acceptance and Use of Information Technology: Extending the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology. *MIS Quarterly*, *36*(1), 157–178. https://doi.org/10.2307/41410412

Verdouw, C., Sundmaeker, H., Tekinerdogan, B., Conzon, D., & Montanaro, T. (2019). Architecture framework of IoT-based food and farm systems: A multiple case study. *Computers and Electronics in Agriculture*, *165*, 104939. https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.104939

Wahyudi, F., Respati, H., & Ardianto, Y. T. (2017). Study on Dapodik information system: User satisfaction as mediation of system quality and information quality on net benefit. *Information and Knowledge Management*, *7*(7), Article 7.

Wang, H., Tao, D., Yu, N., & Qu, X. (2020). Understanding consumer acceptance of healthcare wearable devices: An integrated model of UTAUT and TTF. *International Journal of Medical Informatics*, *139*, 104156. https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2020.104156

Wang, Y., Xu, G., Cao, J., Chen, Y., & Wu, J. (2025). Does digital literacy affect farmers' adoption of agricultural social services? An empirical study based on China Land Economic Survey data. *PLOS One*, *20*(4), e0320318. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0320318

Wee, G., & Lim, A. (2022). Factors Influencing the Behavioral Intention for Smart Farming in Sarawak, Malaysia. *Journal of Agribusiness Marketing*, *9*, 37–56. https://doi.org/10.56527/jabm.9.1.4

Weerawardena, J., & Coote, L. (2001). An Empirical Investigation into Entrepreneurship and Organizational Innovation‐based Competitive Strategy. *Journal of Research in Marketing and Entrepreneurship*, *3*(1), 51–70. https://doi.org/10.1108/14715200180001477

Weiner, B. J. (2009). A theory of organizational readiness for change. *Implementation Science*, *4*(1), 67. https://doi.org/10.1186/1748-5908-4-67

Wetchasit, P., & Lilavanichakul, A. (2023). *Durian Farmer Adoption of Smart Farming Technology: A Case Study of Chumphon Province*.

Wilhelm, R. A., Miller, M. W., & Gable, P. A. (2019). Neural and Attentional Correlates of Intrinsic Motivation Resulting from Social Performance Expectancy. *Neuroscience*, *416*, 137–146. https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2019.07.039

Wiliam, A., Bandur, & Tjhin, V. U. (2022). Farmers' Intention as Mediator: Does Government Social Power Predict Real Use Behavior of Smart-Farming

Technology? *Journal of Logistics, Informatics and Service Science*. https://doi.org/10.33168/LISS.2022.0322

Wixom, B. H., & Todd, P. A. (2005). A Theoretical Integration of User Satisfaction and Technology Acceptance. *Information Systems Research*, *16*(1), 85–102. https://doi.org/10.1287/isre.1050.0042

Wolfe, R. A. (1994). Organizational Innovation: Review, Critique and Suggested Research Directions. *Journal of Management Studies*, *31*(3), 405–431. https://doi.org/10.1111/j.1467-6486.1994.tb00624.x

Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M.-J. (2017). Big Data in Smart Farming – A review. *Agricultural Systems*, *153*, 69–80. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023

Wright, B. S. (2017). *The Use and Acceptance of the Internet of Things (IoT) by American Consumers—ProQuest* [Graduate Faculty of the School of Business in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of, Northcentral University]. https://www.proquest.com/openview/b76066c10354fa8e78edaa6561cce98e/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750

Wright, B. S. (2021). *Strategies for Integrating the Internet of Things in Educational Institutions—ProQuest* [Walden University]. https://www.proquest.com/openview/c03242fc7db3cd0125f77ca090877928/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y

Xie, K., Zhu, Y., Ma, Y., Chen, Y., Chen, S., & Chen, Z. (2022). Willingness of Tea Farmers to Adopt Ecological Agriculture Techniques Based on the UTAUT Extended Model. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(22), Article 22. https://doi.org/10.3390/ijerph192215351

Xu, R., & Wunsch, D. (2005). Survey of clustering algorithms. *IEEE Transactions on Neural Networks*, *16*(3), 645–678. IEEE Transactions on Neural Networks. https://doi.org/10.1109/TNN.2005.845141

Yadav, V. K., & Srinivasan, K. (2023). An empirical investigation of barriers to the adoption of smart technologies integrated urban agriculture systems. *Journal of Decision Systems*. https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/12460125.2023.2189652

Yang, K., & Forney, J. (2013). The moderating role of consumer technology anxiety in mobile shopping adoption: Differential effects of facilitating conditions and social influences. *Journal of Electronic Commerce Research*, *14*, 334–347.

Yaşlıoğlu, M., & Yaşlıoğlu, D. T. (2020). How and When to Use Which Fit Indices? A Practical and Critical Review of the Methodology. *Istanbul Management Journal*, *88*, Article 88. https://doi.org/10.26650/imj.2020.88.0001

Yılmaz, M. B., & Rızvanoğlu, K. (2022). Understanding users' behavioral intention to use voice assistants on smartphones through the integrated model of user satisfaction and technology acceptance: A survey approach. *Journal of Engineering, Design and Technology*, *20*(6), 1738–1764. https://doi.org/10.1108/JEDT-02-2021-0084

Yoon, C., Huh, M., Kang, S.-G., Park, J., & Lee, C. (2018). Implement smart farm with IoT technology. *2018 20th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT)*, 749–752. https://doi.org/10.23919/ICACT.2018.8323908

Yoon, C., Lim, D., & Park, C. (2020). Factors affecting adoption of smart farms: The case of Korea. *Computers in Human Behavior*, *108*, 106309. https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106309

Yousaf, A., Mishra, A., & Gupta, A. (2021). From technology adoption to consumption': Effect of pre-adoption expectations from fitness applications on usage satisfaction, continual usage, and health satisfaction. *Journal of Retailing and Consumer Services*, *62*, 102655. https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2021.102655

Zaitul, Ramadhani, F., & Ilona, D. (2018). Determinants of web-user satisfaction: Using technology acceptance model. *MATEC Web of Conferences*, *248*, 05009. https://doi.org/10.1051/matecconf/201824805009

Zaman, N. B. K., Raof, W. N. A. A., Saili, A. R., Aziz, N. N., Fatah, F. A., & Vaiappuri, S. K. N. (2023). Adoption of Smart Farming Technology Among Rice Farmers. *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology*, *29*(2), Article 2. https://doi.org/10.37934/araset.29.2.268275

Zamora-Izquierdo, M. A., Santa, J., Martínez, J. A., Martínez, V., & Skarmeta, A. F. (2019). Smart farming IoT platform based on edge and cloud computing. *Biosystems Engineering*, *177*, 4–17. https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2018.10.014

Zhao, Y. (Gary), El-Gayar, O., & Tu, Z. (2023). *Is Artificial Intelligence Attractive? An Empirical Study on User's Intention to Use AI-Enabled Applications*. Hawaii International Conference on System Sciences. https://doi.org/10.24251/HICSS.2023.792

ประตูมณีชัย, ก., ทางทอง, ป., พุกดำ, จ., & คงเจริญ, ส. (2023). การบูรณาการองค์ความรู้ด้านหลักกระบวนการคิดเชิงออกแบบ (DESIGN THINKING) กับผู้ประกอบการ เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์จากภูมิปัญญาท้องถิ่นของชุมชนเกาะลัดอีแท่น อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม. *วารสารชุมชนวิจัยและพัฒนาสังคม*, *17*(4), 137–149. https://doi.org/10.14456/nrru-rdi.2023.56

ภาคผนวก ก แบบสอบถามงานวิจัย

แบบสอบถามปัจจัยเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อการพัฒนาแพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม: การศึกษาความพร้อมใช้งานในอุตสาหกรรมเกษตร

แบบสอบถามปัจจัยเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อการพัฒนาแพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม: การศึกษาความพร้อมใช้งานในอุตสาหกรรมเกษตร

ชื่อหัวข้อดุษฎีนิพนธ์: แพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์มโดยการผสมผสานทฤษฎีแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

ผู้จัดทำวิทยานิพนธ์/ผู้วิจัย: นายศิวกร บรรลือทรัพย์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: รศ.ดร.มหศักดิ์ เกตุฉ่ำ

วัตถุประสงค์ของการทำวิจัย:

1. เพื่อศึกษาผลกระทบของปัจจัยต่างๆ ในการพัฒนาแพลตฟอร์มระบบฟาร์มอัจฉริยะ
2. เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีทางการเกษตรแบบเดิมสู่การใช้เทคโนโลยีอัจฉริยะในการเกษตรในรูปแบบระบบฟาร์มอัจฉริยะ
3. เพื่อพัฒนาแบบจำลองสมการโครงสร้างที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ ในการพัฒนาแพลตฟอร์มระบบฟาร์มอัจฉริยะ
4. เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาและปรับปรุงพัฒนาแพลตฟอร์มระบบฟาร์มอัจฉริยะ

คำชี้แจง:

แบบสอบถามนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อศักยภาพของโมเดลห้องเรียนเสมือนจริง แบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนที่ 2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อการพัฒนาแพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม และส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะ

จึงใคร่ความอนุเคราะห์จากทุกท่านเพื่อตอบแบบสอบถาม ขอให้ตอบแบบสอบถามให้ตรงกับความเป็นจริงมากที่สุด และโปรดตอบแบบสอบถามให้ครบทุกส่วน โดยผู้วิจัยจะสรุปผลจากการสอบถามในภาพรวมเท่านั้น โดยไม่มีการระบุรายละเอียดเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถามแต่อย่างใด การศึกษานี้จะสำเร็จลุล่วงไม่ได้หากไม่ได้รับความอนุเคราะห์จากทุกท่าน จึงหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากทุกท่านและขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

อายุ ☐ 20-27 ปี ☐ 28-35 ปี

☐ 36-43 ปี ☐ 44-51 ปี

☐ 52-60 ปี

ระดับการศึกษา ☐ ประถมศึกษาหรือต่ำกว่า ☐ มัธยมศึกษาตอนต้น (ม.1-ม.3)

☐ มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช. ☐ อนุปริญญา/ปวส./ปริญญาตรี

☐ ปริญญาโทขึ้นไป

ขนาดฟาร์ม ☐ น้อยกว่า 1 ไร่ ☐ 1-5 ไร่

☐ 6-15 ไร่ ☐ 16-30 ไร่

☐ มากกว่า 30 ไร่

ประสบการณ์ ☐ น้อยกว่า 2 ปี ☐ 2-5 ปี

☐ 6-10 ปี ☐ 11-20 ปี

☐ มากกว่า 20 ปี

ส่วนที่ 2 ข้อมูลทั่วไป ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อการพัฒนาแพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม

คำชี้แจง กรุณาตอบคำถามตามความคิดเห็นของท่าน โดยที่

5 เห็นด้วยอย่างยิ่ง 4 เห็นด้วย 3 เห็นด้วยปานกลาง

2 ไม่เห็นด้วย 1 ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

รายการคำถาม		ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
1	ท่านคิดว่าการใช้เซ็นเซอร์ในระบบสมาร์ทฟาร์มจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำเกษตรกรรมของท่านได้มากน้อยเพียงใด					

รายการคำถาม		ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
2	ท่านเชื่อว่าการใช้ AI ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากระบบสมาร์ทฟาร์มจะช่วยในการตัดสินใจทางการเกษตรได้ดีเพียงใด					
3	ท่านคิดว่าการใช้ระบบสมาร์ทฟาร์มจะช่วยลดต้นทุนในการทำเกษตรกรรมของท่านได้มากน้อยเพียงใด					
4	ท่านเห็นด้วยมากน้อยเพียงใดว่าการใช้ระบบสมาร์ทฟาร์มจะช่วยเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรของท่าน					
5	ท่านคิดว่าการใช้ระบบสมาร์ทฟาร์มจะช่วยให้ท่านสามารถจัดการฟาร์มได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นเพียงใด					
6	ท่านมั่นใจว่าสามารถใช้งานแพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์มได้ด้วยตนเองหรือไม่?					
7	ท่านคิดว่าท่านมีความสามารถในการใช้งานแอปพลิเคชันที่เกี่ยวข้องกับระบบสมาร์ทฟาร์มได้ดีเพียงใด					
8	ท่านมั่นใจมากน้อยเพียงใดว่าสามารถแก้ไขปัญหาเบื้องต้นของระบบสมาร์ทฟาร์มได้ด้วยตนเอง					
9	ท่านคิดว่าท่านสามารถปรับใช้ข้อมูลจาก AI ในระบบสมาร์ทฟาร์มเพื่อการตัดสินใจในฟาร์มของท่านได้ดีเพียงใด					
10	ท่านมั่นใจมากน้อยเพียงใดว่าสามารถบำรุงรักษาอุปกรณ์ในระบบสมาร์ทฟาร์มได้อย่างถูกต้อง					
11	ท่านคาดหวังว่าการใช้เซ็นเซอร์ในระบบสมาร์ทฟาร์มจะช่วยเพิ่มผลผลิตได้มากน้อยเพียงใด					
12	ท่านคิดว่า AI สามารถรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลจากเซนเซอร์ เช่น สภาพอากาศ, ความชื้นในดิน, และสุขภาพของพืช เพื่อให้ข้อมูลที่มีประโยชน์ในการตัดสินใจได้มากน้อยเพียงใด					
13	ท่านคาดหวังว่าระบบสมาร์ทฟาร์มจะช่วยบริหารการใช้ทรัพยากร (น้ำ, ปุ๋ย, ยาฆ่าแมลง) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ					
14	ท่านคาดหวังว่าการใช้ระบบสมาร์ทฟาร์มจะช่วยเพิ่มคุณภาพของผลผลิตได้มากน้อยเพียงใด					
15	ท่านคาดหวังว่าระบบสมาร์ทฟาร์มจะช่วยลดเวลาในการทำงานในฟาร์มของท่านได้มากน้อยเพียงใด					
16	ท่านคิดว่าการเรียนรู้การใช้งานในระบบสมาร์ทฟาร์มสามารถทำได้ง่าย					
17	ท่านคิดว่าระบบสมาร์ทฟาร์มสามารถปรับแต่งให้เหมาะสมกับความต้องการของท่านได้					

รายการคำถาม		ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
18	ท่านคิดว่าการแสดงผลข้อมูลจาก AI ในระบบสมาร์ทฟาร์มจะง่ายสำหรับท่านเพียงใด					
19	ท่านคาดว่าการบำรุงรักษาอุปกรณ์ในระบบสมาร์ทฟาร์มจะไม่ยุ่งยากสำหรับท่านเพียงใด					
20	ท่านคิดว่าการปรับเปลี่ยนวิธีการทำเกษตรแบบดั้งเดิมมาเป็นการใช้ระบบสมาร์ทฟาร์มจะง่ายสำหรับท่านเพียงใด					
21	ท่านคิดว่าเกษตรกรรายอื่นในชุมชนของท่านจะสนับสนุนการใช้ระบบสมาร์ทฟาร์มมากน้อยเพียงใด					
22	ท่านคิดว่าผู้นำชุมชนหรือเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรจะแนะนำให้ท่านใช้ระบบสมาร์ทฟาร์มมากน้อยเพียงใด					
23	ท่านคิดว่าการใช้ระบบสมาร์ทฟาร์มจะทำให้ท่านได้รับการยอมรับจากเพื่อนเกษตรกรมากขึ้นเพียงใด					
24	ท่านคิดว่าสื่อสังคมออนไลน์มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้ระบบสมาร์ทฟาร์มของท่านมากน้อยเพียงใด					
25	ท่านคิดว่าครอบครัวของท่านจะสนับสนุนการใช้ระบบสมาร์ทฟาร์มมากน้อยเพียงใด					
26	ท่านคิดว่าอินเทอร์เน็ตความเร็วสูงในพื้นที่ของท่านเพียงพอต่อการใช้งานระบบสมาร์ทฟาร์มเพียงใด					
27	ท่านคิดว่ามีทรัพยากรทางการเงินเพียงพอในการลงทุนติดตั้งระบบสมาร์ทฟาร์มเพียงใด					
28	ท่านคิดว่ามีการสนับสนุนด้านเทคนิคจากผู้ให้บริการระบบสมาร์ทฟาร์มในพื้นที่ของท่านเพียงพอเพียงใด					
29	ท่านคิดว่ามีการฝึกอบรมการใช้งานระบบสมาร์ทฟาร์มที่เพียงพอในชุมชนของท่านมากน้อยเพียงใด					
30	ท่านคิดว่ามีนโยบายสนับสนุนจากภาครัฐในการใช้ระบบสมาร์ทฟาร์มมากน้อยเพียงใด					
31	ท่านคิดว่าแพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์มมีความเสถียรในการใช้งานหรือไม่?					
32	ท่านคิดว่าระบบสมาร์ทฟาร์มมีความรวดเร็วในการประมวลผลและแสดงข้อมูลมากน้อยเพียงใด					
33	ท่านคิดว่าระบบสมาร์ทฟาร์มมีความยืดหยุ่นในการปรับใช้กับพืชหลากหลายชนิดมากน้อยเพียงใด					

รายการคำถาม		ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
34	ท่านคิดว่าระบบสมาร์ทฟาร์มมีความปลอดภัยในการเก็บรักษาข้อมูลมากน้อยเพียงใด					
35	ท่านคิดว่าระบบ AI ในแพลตฟอร์มมีความแม่นยำในการวิเคราะห์และให้คำแนะนำมากน้อยเพียงใด					
36	ท่านคิดว่าข้อมูลที่ได้รับจากเซ็นเซอร์ในระบบสมาร์ทฟาร์มมีความแม่นยำมากน้อยเพียงใด					
37	ท่านคิดว่าข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์จาก AI ในระบบสมาร์ทฟาร์มมีความถูกต้องและแม่นยำมากน้อยเพียงใด					
38	ท่านคิดว่าข้อมูลที่ได้รับจากระบบสมาร์ทฟาร์มมีความครบถ้วนสมบูรณ์มากน้อยเพียงใด					
39	ท่านคิดว่าข้อมูลที่ได้รับจากระบบสมาร์ทฟาร์มมีความทันสมัยและเป็นปัจจุบันมากน้อยเพียงใด					
40	ท่านคิดว่าข้อมูลที่ได้รับจากระบบสมาร์ทฟาร์มสามารถนำไปใช้ในการตัดสินใจได้ง่ายมากน้อยเพียงใด					
41	ระบบ AI สามารถช่วยวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนมากเพื่อตรวจจับปัญหาในฟาร์มได้เร็วกว่าวิธีการดั้งเดิม					
42	เทคโนโลยี AI สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากร (น้ำ, ปุ๋ย, ยาฆ่าแมลง) ในฟาร์มของฉัน					
43	ระบบ AI ช่วยให้ฉันสามารถคาดการณ์ผลผลิตและวางแผนการตลาดได้แม่นยำมากขึ้น					
44	เทคโนโลยี AI ช่วยลดความเสี่ยงจากโรคระบาดและศัตรูพืชในฟาร์มของฉัน					
45	การใช้ระบบ AI ในฟาร์มช่วยให้ฉันสามารถตัดสินใจบนพื้นฐานของข้อมูลได้ดีขึ้น					
46	ฉันเชื่อมั่นว่าระบบ AI จะให้คำแนะนำที่ถูกต้องสำหรับการจัดการฟาร์มของฉัน					
47	ฉันไว้วางใจในความสามารถของระบบ AI ในการวินิจฉัยปัญหาในฟาร์มได้อย่างแม่นยำ					
48	ฉันเชื่อว่าการตัดสินใจของระบบ AI มีความน่าเชื่อถือเพียงพอที่จะนำไปปฏิบัติตาม					
49	ฉันมั่นใจว่าระบบ AI จะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพแม้ในสถานการณ์ที่ซับซ้อนหรือไม่คาดคิด					
50	ฉันเข้าใจหลักการพื้นฐานที่ระบบ AI ใช้ในการวิเคราะห์และให้คำแนะนำ					

รายการคำถาม		ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
51	ฉันกังวลว่าข้อมูลจากฟาร์มของฉันอาจถูกนำไปใช้โดยบุคคลที่สามโดยไม่ได้รับอนุญาต					
52	ฉันกังวลเกี่ยวกับความปลอดภัยของข้อมูลที่เก็บรวบรวมโดยระบบ AI ในฟาร์มของฉัน					
53	ฉันต้องการมีอำนาจควบคุมว่าข้อมูลใดจากฟาร์มของฉันจะถูกเก็บรวบรวมและใช้โดยระบบ AI					
54	ฉันกังวลว่าข้อมูลจากฟาร์มของฉันอาจถูกใช้เพื่อวัตถุประสงค์ทางการค้าโดยบริษัทเทคโนโลยี					
55	ฉันกังวลว่าการรั่วไหลของข้อมูลฟาร์มอาจส่งผลเสียต่อความสามารถในการแข่งขันของฉัน					
56	รัฐบาลมีนโยบายที่ชัดเจนในการสนับสนุนการใช้เทคโนโลยี AI ในภาคเกษตรกรรม					
57	รัฐบาลให้เงินอุดหนุนหรือสิ่งจูงใจทางการเงินสำหรับการนำเทคโนโลยี AI มาใช้ในฟาร์ม					
58	รัฐบาลจัดหาการฝึกอบรมและการให้ความรู้เกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยี AI ในฟาร์ม					
59	รัฐบาลสนับสนุนการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน (เช่น อินเทอร์เน็ต, เครือข่าย 5G) ที่จำเป็นสำหรับเทคโนโลยี AI					
60	รัฐบาลมีกฎระเบียบที่เหมาะสมเพื่อปกป้องข้อมูลและความเป็นส่วนตัวของเกษตรกรที่ใช้เทคโนโลยี AI					
61	ฉันสามารถใช้อุปกรณ์ดิจิทัล (สมาร์ทโฟน, แท็บเล็ต, คอมพิวเตอร์) ได้อย่างคล่องแคล่ว					
62	ฉันสามารถค้นหาและเข้าถึงข้อมูลที่ต้องการบนอินเทอร์เน็ตได้อย่างมีประสิทธิภาพ					
63	ฉันสามารถเรียนรู้วิธีใช้แอปพลิเคชันหรือซอฟต์แวร์ใหม่ๆ ได้ด้วยตนเอง					
64	ฉันสามารถแก้ไขปัญหาทางเทคนิคพื้นฐานที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์ดิจิทัลได้					
65	ฉันเข้าใจคำศัพท์และแนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับเทคโนโลยีดิจิทัลและ AI					
66	ท่านมีความพึงพอใจต่อประสิทธิภาพโดยรวมของระบบสมาร์ทฟาร์มมากน้อยเพียงใด					
67	ท่านมีความพึงพอใจต่อความแม่นยำของข้อมูลที่ได้รับจากเซ็นเซอร์และ AI ในระบบสมาร์ทฟาร์มมากน้อยเพียงใด					
68	ท่านมีความพึงพอใจต่อความสะดวกในการใช้งานแอปพลิเคชันของระบบสมาร์ทฟาร์มมากน้อยเพียงใด					

รายการคำถาม		ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
69	ท่านมีความพึงพอใจต่อการสนับสนุนทางเทคนิคที่ได้รับจากผู้ให้บริการระบบสมาร์ทฟาร์มมากน้อยเพียงใด					
70	ท่านมีความพึงพอใจต่อผลลัพธ์ที่ได้รับจากการใช้ระบบสมาร์ทฟาร์มในภาพรวมมากน้อยเพียงใด					
71	ท่านได้นำเทคโนโลยีสมาร์ทฟาร์มมาใช้ในการจัดการฟาร์มของท่านอย่างเต็มรูปแบบแล้วหรือไม่?					
72	ท่านใช้ระบบเซ็นเซอร์และการเก็บข้อมูลอัตโนมัติในการติดตามสภาพแวดล้อมของฟาร์มหรือไม่?					
73	ท่านใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติ (เช่น ระบบให้น้ำ ระบบควบคุมอุณหภูมิ) ในการจัดการฟาร์มของท่านหรือไม่?					
74	ท่านใช้แอปพลิเคชันหรือซอฟต์แวร์วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อช่วยในการตัดสินใจทางการเกษตรหรือไม่?					
75	ท่านได้ปรับเปลี่ยนกระบวนการทำงานในฟาร์มของท่านให้สอดคล้องกับเทคโนโลยีสมาร์ทฟาร์มหรือไม่?					

ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะ

_____

_____

_____

_____

ภาคผนวก ข สรุปดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

สรุปค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC (Index of item Objective Congruence) ของแบบสอบถาม

สรุปค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC (Index of item Objective Congruence) ของแบบสอบถาม งานวิจัยเรื่อง การผสมผสานทฤษฎีสู่แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อการพัฒนาแพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม : การศึกษาความพร้อมใช้งานในอุตสาหกรรมเกษตร

แบบสอบถามปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อการพัฒนาแพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม

รายการคำถาม		ผู้เชียวชาญคนที่					รวม	ค่า IOC	สรุปผล
		1	2	3	4	5			
1	ท่านคิดว่าการใช้เซ็นเซอร์ในระบบสมาร์ทฟาร์มจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำเกษตรกรรมของท่านได้มากน้อยเพียงใด	1	1	1	1	1	5	1	ผ่าน
2	ท่านเชื่อว่าการใช้ AI ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากระบบสมาร์ทฟาร์มจะช่วยในการตัดสินใจทางการเกษตรได้ดีเพียงใด	0	1	0	1	1	3	0.6	ผ่าน
3	ท่านคิดว่าการใช้ระบบสมาร์ทฟาร์มจะช่วยลดต้นทุนในการทำเกษตรกรรมของท่านได้มากน้อยเพียงใด	1	1	0	1	1	4	0.8	ผ่าน
4	ท่านเห็นด้วยมากน้อยเพียงใดว่าการใช้ระบบสมาร์ทฟาร์มจะช่วยเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรของท่าน	0	1	1	1	1	4	0.8	ผ่าน
5	ท่านคิดว่าการใช้ระบบสมาร์ทฟาร์มจะช่วยให้ท่านสามารถจัดการฟาร์มได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นเพียงใด	1	1	1	1	0	4	0.8	ผ่าน
6	ท่านมั่นใจว่าสามารถใช้งานแพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์มได้ด้วยตนเองหรือไม่?	1	1	0	1	1	4	0.8	ผ่าน
7	ท่านคิดว่าท่านมีความสามารถในการใช้งานแอปพลิเคชันที่เกี่ยวข้องกับระบบสมาร์ทฟาร์มได้ดีเพียงใด	1	1	1	1	0	4	0.8	ผ่าน
8	ท่านมั่นใจมากน้อยเพียงใดว่าสามารถแก้ไขปัญหาเบื้องต้นของระบบสมาร์ทฟาร์มได้ด้วยตนเอง	0	1	1	1	1	4	0.8	ผ่าน
9	ท่านคิดว่าท่านสามารถปรับใช้ข้อมูลจาก AI ในระบบสมาร์ทฟาร์มเพื่อการตัดสินใจในฟาร์มของท่านได้ดีเพียงใด	0	0	1	1	1	3	0.6	ผ่าน
10	ท่านมั่นใจมากน้อยเพียงใดว่าสามารถบำรุงรักษาอุปกรณ์ในระบบสมาร์ทฟาร์มได้อย่างถูกต้อง	1	1	0	0	1	3	0.6	ผ่าน
11	ท่านคาดหวังว่าการใช้เซ็นเซอร์ในระบบสมาร์ทฟาร์มจะช่วยเพิ่มผลผลิตได้มากน้อยเพียงใด	1	1	1	1	1	5	1	ผ่าน

รายการคำถาม		ผู้เชียวชาญคนที่					รวม	ค่า IOC	สรุปผล
		1	2	3	4	5			
12	ท่านคิดว่า AI สามารถรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลจากเซนเซอร์ เช่น สภาพอากาศ, ความชื้นในดิน, และสุขภาพของพืช เพื่อให้ข้อมูลที่มีประโยชน์ในการตัดสินใจได้มากน้อยเพียงใด	1	1	1	1	1	5	1	ผ่าน
13	ท่านคาดหวังว่าระบบสมาร์ทฟาร์มจะช่วยบริหารการใช้ทรัพยากร (น้ำ, ปุ๋ย, ยาฆ่าแมลง) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ	1	1	1	1	1	5	1	ผ่าน
14	ท่านคาดหวังว่าการใช้ระบบสมาร์ทฟาร์มจะช่วยเพิ่มคุณภาพของผลผลิตได้มากน้อยเพียงใด	1	1	1	0	1	4	0.8	ผ่าน
15	ท่านคาดหวังว่าระบบสมาร์ทฟาร์มจะช่วยลดเวลาในการทำงานในฟาร์มของท่านได้มากน้อยเพียงใด	1	1	1	1	1	5	1	ผ่าน
16	ท่านคิดว่าการเรียนรู้การใช้งานในระบบสมาร์ทฟาร์มสามารถทำได้ง่าย	1	1	1	1	0	4	0.8	ผ่าน
17	ท่านคิดว่าระบบสมาร์ทฟาร์มสามารถปรับแต่งให้เหมาะสมกับความต้องการของท่านได้	1	1	1	1	1	5	1	ผ่าน
18	ท่านคิดว่าการแสดงผลข้อมูลจาก AI ในระบบสมาร์ทฟาร์มจะง่ายสำหรับท่านเพียงใด	1	1	0	1	1	4	0.8	ผ่าน
19	ท่านคาดว่าการบำรุงรักษาอุปกรณ์ในระบบสมาร์ทฟาร์มจะไม่ยุ่งยากสำหรับท่านเพียงใด	0	1	1	1	0	3	0.6	ผ่าน
20	ท่านคิดว่าการปรับเปลี่ยนวิธีการทำเกษตรแบบดั้งเดิมมาเป็นการใช้ระบบสมาร์ทฟาร์มจะง่ายสำหรับท่านเพียงใด	1	1	1	1	1	5	1	ผ่าน
21	ท่านคิดว่าเกษตรกรรายอื่นในชุมชนของท่านจะสนับสนุนการใช้ระบบสมาร์ทฟาร์มมากน้อยเพียงใด	1	1	1	0	1	4	0.8	ผ่าน
22	ท่านคิดว่าผู้นำชุมชนหรือเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรจะแนะนำให้ท่านใช้ระบบสมาร์ทฟาร์มมากน้อยเพียงใด	1	1	1	1	1	5	1	ผ่าน
23	ท่านคิดว่าการใช้ระบบสมาร์ทฟาร์มจะทำให้ท่านได้รับการยอมรับจากเพื่อนเกษตรกรมากขึ้นเพียงใด	1	1	0	1	1	4	0.8	ผ่าน
24	ท่านคิดว่าสื่อสังคมออนไลน์มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้ระบบสมาร์ทฟาร์มของท่านมากน้อยเพียงใด	1	1	1	1	0	4	0.8	ผ่าน
25	ท่านคิดว่าครอบครัวของท่านจะสนับสนุนการใช้ระบบสมาร์ทฟาร์มมากน้อยเพียงใด	0	1	1	1	1	4	0.8	ผ่าน
26	ท่านคิดว่าอินเทอร์เน็ตความเร็วสูงในพื้นที่ของท่านเพียงพอต่อการใช้งานระบบสมาร์ทฟาร์มเพียงใด	1	1	1	1	1	5	1	ผ่าน

รายการคำถาม		ผู้เชียวชาญคนที่					รวม	ค่า IOC	สรุปผล
		1	2	3	4	5			
27	ท่านคิดว่ามีทรัพยากรทางการเงินเพียงพอในการลงทุนติดตั้งระบบสมาร์ทฟาร์มเพียงใด	1	0	1	1	1	4	0.8	ผ่าน
28	ท่านคิดว่ามีการสนับสนุนด้านเทคนิคจากผู้ให้บริการระบบสมาร์ทฟาร์มในพื้นที่ของท่านเพียงพอเพียงใด	1	1	1	1	1	5	1	ผ่าน
29	ท่านคิดว่ามีการฝึกอบรมการใช้งานระบบสมาร์ทฟาร์มที่เพียงพอในชุมชนของท่านมากน้อยเพียงใด	1	1	1	1	1	5	1	ผ่าน
30	ท่านคิดว่ามีนโยบายสนับสนุนจากภาครัฐในการใช้ระบบสมาร์ทฟาร์มมากน้อยเพียงใด	1	1	1	1	1	5	1	ผ่าน
31	ท่านคิดว่าแพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์มมีความเสถียรในการใช้งานหรือไม่?	1	1	1	1	1	5	1	ผ่าน
32	ท่านคิดว่าระบบสมาร์ทฟาร์มมีความรวดเร็วในการประมวลผลและแสดงข้อมูลมากน้อยเพียงใด	1	1	1	1	0	4	0.8	ผ่าน
33	ท่านคิดว่าระบบสมาร์ทฟาร์มมีความยืดหยุ่นในการปรับใช้กับพืชหลากหลายชนิดมากน้อยเพียงใด	1	0	1	1	1	4	0.8	ผ่าน
34	ท่านคิดว่าระบบสมาร์ทฟาร์มมีความปลอดภัยในการเก็บรักษาข้อมูลมากน้อยเพียงใด	1	1	1	1	1	5	1	ผ่าน
35	ท่านคิดว่าระบบ AI ในแพลตฟอร์มมีความแม่นยำในการวิเคราะห์และให้คำแนะนำมากน้อยเพียงใด	1	1	1	1	1	5	1	ผ่าน
36	ท่านคิดว่าข้อมูลที่ได้รับจากเซ็นเซอร์ในระบบสมาร์ทฟาร์มมีความแม่นยำมากน้อยเพียงใด	1	1	1	1	1	5	1	ผ่าน
37	ท่านคิดว่าข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์จาก AI ในระบบสมาร์ทฟาร์มมีความถูกต้องและแม่นยำมากน้อยเพียงใด	1	1	1	1	1	5	1	ผ่าน
38	ท่านคิดว่าข้อมูลที่ได้รับจากระบบสมาร์ทฟาร์มมีความครบถ้วนสมบูรณ์มากน้อยเพียงใด	1	1	1	1	1	5	1	ผ่าน
39	ท่านคิดว่าข้อมูลที่ได้รับจากระบบสมาร์ทฟาร์มมีความทันสมัยและเป็นปัจจุบันมากน้อยเพียงใด	1	1	1	1	1	5	1	ผ่าน
40	ท่านคิดว่าข้อมูลที่ได้รับจากระบบสมาร์ทฟาร์มสามารถนำไปใช้ในการตัดสินใจได้ง่ายมากน้อยเพียงใด	1	1	1	0	1	4	0.8	ผ่าน
41	ระบบ AI สามารถช่วยวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนมากเพื่อตรวจจับปัญหาในฟาร์มได้เร็วกว่าวิธีการดั้งเดิม	1	1	1	1	1	5	1	ผ่าน
42	เทคโนโลยี AI สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากร (น้ำ, ปุ๋ย, ยาฆ่าแมลง) ในฟาร์มของฉัน	1	1	1	1	0	4	0.8	ผ่าน

รายการคำถาม		ผู้เชียวชาญคนที่					รวม	ค่า IOC	สรุปผล
		1	2	3	4	5			
43	ระบบ AI ช่วยให้ฉันสามารถคาดการณ์ผลผลิตและวางแผนการตลาดได้แม่นยำมากขึ้น	1	1	1	1	1	5	1	ผ่าน
44	เทคโนโลยี AI ช่วยลดความเสี่ยงจากโรคระบาดและศัตรูพืชในฟาร์มของฉัน	1	0	1	1	1	4	0.8	ผ่าน
45	การใช้ระบบ AI ในฟาร์มช่วยให้ฉันสามารถตัดสินใจบนพื้นฐานของข้อมูลได้ดีขึ้น	1	1	1	1	1	5	1	ผ่าน
46	ฉันเชื่อมั่นว่าระบบ AI จะให้คำแนะนำที่ถูกต้องสำหรับการจัดการฟาร์มของฉัน	1	1	0	1	1	4	0.8	ผ่าน
47	ฉันไว้วางใจในความสามารถของระบบ AI ในการวินิจฉัยปัญหาในฟาร์มได้อย่างแม่นยำ	1	1	1	1	1	5	1	ผ่าน
48	ฉันเชื่อว่าการตัดสินใจของระบบ AI มีความน่าเชื่อถือเพียงพอที่จะนำไปปฏิบัติตาม	1	1	1	1	1	5	1	ผ่าน
49	ฉันมั่นใจว่าระบบ AI จะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพแม้ในสถานการณ์ที่ซับซ้อนหรือไม่คาดคิด	1	1	1	1	1	5	1	ผ่าน
50	ฉันเข้าใจหลักการพื้นฐานที่ระบบ AI ใช้ในการวิเคราะห์และให้คำแนะนำ	1	1	1	0	1	4	0.8	ผ่าน
51	ฉันกังวลว่าข้อมูลจากฟาร์มของฉันอาจถูกนำไปใช้โดยบุคคลที่สามโดยไม่ได้รับอนุญาต	1	1	1	1	1	5	1	ผ่าน
52	ฉันกังวลเกี่ยวกับความปลอดภัยของข้อมูลที่เก็บรวบรวมโดยระบบ AI ในฟาร์มของฉัน	1	1	1	1	1	5	1	ผ่าน
53	ฉันต้องการมีอำนาจควบคุมว่าข้อมูลใดจากฟาร์มของฉันจะถูกเก็บรวบรวมและใช้โดยระบบ AI	0	1	1	1	1	4	0.8	ผ่าน
54	ฉันกังวลว่าข้อมูลจากฟาร์มของฉันอาจถูกใช้เพื่อวัตถุประสงค์ทางการค้าโดยบริษัทเทคโนโลยี	1	1	1	1	1	5	1	ผ่าน
55	ฉันกังวลว่าการรั่วไหลของข้อมูลฟาร์มอาจส่งผลเสียต่อความสามารถในการแข่งขันของฉัน	1	1	1	1	1	5	1	ผ่าน
56	รัฐบาลมีนโยบายที่ชัดเจนในการสนับสนุนการใช้เทคโนโลยี AI ในภาคเกษตรกรรม	0	0	1	1	1	3	0.6	ผ่าน
57	รัฐบาลให้เงินอุดหนุนหรือสิ่งจูงใจทางการเงินสำหรับการนำเทคโนโลยี AI มาใช้ในฟาร์ม	1	1	1	0	0	3	0.6	ผ่าน
58	รัฐบาลจัดหาการฝึกอบรมและการให้ความรู้เกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยี AI ในฟาร์ม	1	1	1	1	1	5	1	ผ่าน

รายการคำถาม		ผู้เชียวชาญคนที่					รวม	ค่า IOC	สรุปผล
		1	2	3	4	5			
59	รัฐบาลสนับสนุนการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน (เช่น อินเทอร์เน็ต, เครือข่าย 5G) ที่จำเป็นสำหรับเทคโนโลยี AI	1	1	1	0	1	4	0.8	ผ่าน
60	รัฐบาลมีกฎระเบียบที่เหมาะสมเพื่อปกป้องข้อมูลและความเป็นส่วนตัวของเกษตรกรที่ใช้เทคโนโลยี AI	1	1	1	1	1	5	1	ผ่าน
61	ฉันสามารถใช้อุปกรณ์ดิจิทัล (สมาร์ทโฟน, แท็บเล็ต, คอมพิวเตอร์) ได้อย่างคล่องแคล่ว	1	1	1	0	1	4	0.8	ผ่าน
62	ฉันสามารถค้นหาและเข้าถึงข้อมูลที่ต้องการบนอินเทอร์เน็ตได้อย่างมีประสิทธิภาพ	1	1	0	1	1	4	0.8	ผ่าน
63	ฉันสามารถเรียนรู้วิธีใช้แอปพลิเคชันหรือซอฟต์แวร์ใหม่ๆ ได้ด้วยตนเอง	1	0	1	1	1	4	0.8	ผ่าน
64	ฉันสามารถแก้ไขปัญหาทางเทคนิคพื้นฐานที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์ดิจิทัลได้	1	1	1	1	1	5	1	ผ่าน
65	ฉันเข้าใจคำศัพท์และแนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับเทคโนโลยีดิจิทัลและ AI	1	1	1	1	1	5	1	ผ่าน
66	ท่านมีความพึงพอใจต่อประสิทธิภาพโดยรวมของระบบสมาร์ทฟาร์มมากน้อยเพียงใด	1	1	1	1	1	5	1	ผ่าน
67	ท่านมีความพึงพอใจต่อความแม่นยำของข้อมูลที่ได้รับจากเซ็นเซอร์และ AI ในระบบสมาร์ทฟาร์มมากน้อยเพียงใด	1	1	1	1	1	5	1	ผ่าน
68	ท่านมีความพึงพอใจต่อความสะดวกในการใช้งานแอปพลิเคชันของระบบสมาร์ทฟาร์มมากน้อยเพียงใด	1	1	1	1	1	5	1	ผ่าน
69	ท่านมีความพึงพอใจต่อการสนับสนุนทางเทคนิคที่ได้รับจากผู้ให้บริการระบบสมาร์ทฟาร์มมากน้อยเพียงใด	1	1	1	1	1	5	1	ผ่าน
70	ท่านมีความพึงพอใจต่อผลลัพธ์ที่ได้รับจากการใช้ระบบสมาร์ทฟาร์มในภาพรวมมากน้อยเพียงใด	1	1	1	1	1	5	1	ผ่าน
71	ท่านได้นำเทคโนโลยีสมาร์ทฟาร์มมาใช้ในการจัดการฟาร์มของท่านอย่างเต็มรูปแบบแล้วหรือไม่?	1	1	1	1	1	5	1	ผ่าน
72	ท่านใช้ระบบเซ็นเซอร์และการเก็บข้อมูลอัตโนมัติในการติดตามสภาพแวดล้อมของฟาร์มหรือไม่?	1	1	1	1	1	5	1	ผ่าน
73	ท่านใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติ (เช่น ระบบให้น้ำ ระบบควบคุมอุณหภูมิ) ในการจัดการฟาร์มของท่านหรือไม่?	1	1	1	1	1	5	1	ผ่าน
74	ท่านใช้แอปพลิเคชันหรือซอฟต์แวร์วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อช่วยในการตัดสินใจทางการเกษตรหรือไม่?	1	1	1	1	1	5	1	ผ่าน

รายการคำถาม		ผู้เชียวชาญคนที่					รวม	ค่า IOC	สรุปผล
		1	2	3	4	5			
75	ท่านได้ปรับเปลี่ยนกระบวนการทำงานในฟาร์มของท่านให้สอดคล้องกับเทคโนโลยีสมาร์ทฟาร์มหรือไม่?	1	1	1	1	1	5	1	ผ่าน

ภาคผนวก ค เอกสารรับรองการประเมินด้านจริยธรรม

เอกสารรับรองการประเมินด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์เครือข่ายมหาวิทยาลัยศรีปทุม

COA. No. SPUIRB-2025-0016

SPU
SRIPATUM UNIVERSITY

หนังสือรับรองจริยธรรมการวิจัยในคน (Certificate of Approval)
โดย คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน มหาวิทยาลัยศรีปทุม

เอกสารรับรองเลขที่	:	COA. No. SPUIRB-2025-0016
ชื่อโครงการวิจัย	:	การผสมผสานทฤษฎีสู่แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อการพัฒนา แพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม : การศึกษาความพร้อมใช้งานในอุตสาหกรรมเกษตร INTEGRATING THEORIES INTO A MODEL FOR THE ACCEPTANCE OF INTERNET OF THINGS TECHNOLOGY FOR DEVELOPING SMART FARM PLATFORMS: A STUDY OF READINESS IN THE AGRICULTURAL INDUSTRY
ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย	:	นายศิวกร บรรลือทรัพย์
หน่วยงานที่สังกัด	:	คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ และนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
วิธีทบทวน	:	Expedited Review
เอกสารที่รับรอง	:	1. แบบเสนอโครงการวิจัย 2. หนังสือแสดงเจตนายินยอมเข้าร่วมการวิจัย 3. แบบสอบถาม
วันที่รับรอง	:	25 เมษายน พ.ศ. 2568
วันที่หมดอายุ	:	26 เมษายน พ.ศ. 2569

คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน มหาวิทยาลัยศรีปทุม กรุงเทพมหานคร ได้พิจารณาและมีมติรับรองโครงการวิจัย และเอกสารต่าง ๆ ดังที่ระบุไว้ข้างต้น

Kalyapom Panmaeng

(รองศาสตราจารย์ กัลยาภรณ์ ปานมะเริง)

ประธานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน มหาวิทยาลัยศรีปทุม

ภาคผนวก ง หนังสือเชิญผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้องของแบบสอบถาม

หนังสือเชิญผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้องของแบบสอบถามกับจุดประสงค์งานวิจัย

ที่ อว 7107/ 450

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กทม. 10800

26 สิงหาคม 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินความเที่ยงตรงแบบสอบถาม

เรียน คุณธีรวุฒิ ตันติอธิมงคล

ด้วย นายศิวกร บรรลือทรัพย์ รหัสประจำตัว 66-070219-1001-4 นักศึกษาหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ ภาควิชาการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้จัดทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การผสมผสานทฤษฎีสู่แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อการพัฒนาแพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม : การศึกษาความพร้อมใช้งานในอุตสาหกรรมเกษตร" โดยมีประธานคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ รองศาสตราจารย์ ดร.มหศักดิ์ เกตุฉ่ำ ในการนี้นักศึกษามีความประสงค์ขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินความเที่ยงตรงแบบสอบถาม เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์ดังกล่าว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ จักขอบพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ชาย ตั้งวรรณวิทย์)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย
ปฏิบัติการแทนคณบดีคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล

หน่วยวิชาการ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล
โทร. 0 2555 2000 ต่อ 2701
www.itd.kmutnb.ac.th

ที่ อว 7107/451

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กทม. 10800

26 สิงหาคม 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินความเที่ยงตรงแบบสอบถาม

เรียน คุณกิตติพงศ์ คงนิธิมุทรเมธา

ด้วย นายศิวกร บรรลือทรัพย์ รหัสประจำตัว 66-070219-1001-4 นักศึกษาหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ ภาควิชาการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้จัดทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การผสมผสานทฤษฎีสู่แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อการพัฒนาแพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม : การศึกษาความพร้อมใช้งานในอุตสาหกรรมเกษตร" โดยมีประธานคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ รองศาสตราจารย์ ดร.มหศักดิ์ เกตุฉ่ำ ในการนี้นักศึกษามีความประสงค์ขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินความเที่ยงตรงแบบสอบถาม เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์ดังกล่าว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ จักขอบพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ชาย ตั้งวรรณวิทย์)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย
ปฏิบัติการแทนคณบดีคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล

หน่วยวิชาการ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล
โทร. 0 2555 2000 ต่อ 2701
www.itd.kmutnb.ac.th

ที่ อว 7107/452

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กทม. 10800

26 สิงหาคม 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินความเที่ยงตรงแบบสอบถาม

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชัชพล ชอบวิทยาคุณ

ด้วย นายศิวกร บรรลือทรัพย์ รหัสประจำตัว 66-070219-1001-4 นักศึกษาหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ ภาควิชาการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้จัดทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การผสมผสานทฤษฎีสู่แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อการพัฒนาแพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม : การศึกษาความพร้อมใช้งานในอุตสาหกรรมเกษตร” โดยมีประธานคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ รองศาสตราจารย์ ดร.มหศักดิ์ เกตุฉ่ำ ในการนี้นักศึกษามีความประสงค์ขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินความเที่ยงตรงแบบสอบถาม เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์ดังกล่าว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ จักขอบพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ชาย ตั้งวรรณวิทย์)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย
ปฏิบัติการแทนคณบดีคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล

หน่วยวิชาการ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล
โทร. 0 2555 2000 ต่อ 2701
www.itd.kmutnb.ac.th

ที่ อว 7107/ 453

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กทม. 10800

26 สิงหาคม 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินความเที่ยงตรงแบบสอบถาม

เรียน ดร.พีระพงษ์ ภัทรพันธุ์ชัย

ด้วย นายศิวกร บรรลือทรัพย์ รหัสประจำตัว 66-070219-1001-4 นักศึกษาหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ ภาควิชาการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้จัดทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การผสมผสานทฤษฎีสู่แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อการพัฒนาแพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม : การศึกษาความพร้อมใช้งานในอุตสาหกรรมเกษตร" โดยมีประธานคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ รองศาสตราจารย์ ดร.มหศักดิ์ เกตุฉ่ำ ในการนี้นักศึกษามีความประสงค์ขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินความเที่ยงตรงแบบสอบถาม เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์ดังกล่าว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ จักขอบพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ชาย ตั้งวรรณวิทย์)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย
ปฏิบัติการแทนคณบดีคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล

หน่วยวิชาการ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล
โทร. 0 2555 2000 ต่อ 2701
www.itd.kmutnb.ac.th

ที่ อว 7107/ 454

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กทม. 10800

26 สิงหาคม 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินความเที่ยงตรงแบบสอบถาม

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร.วราพร จิระพันธุ์ทอง

ด้วย นายศิวกร บรรลือทรัพย์ รหัสประจำตัว 66-070219-1001-4 นักศึกษาหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ ภาควิชาการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้จัดทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การผสมผสานทฤษฎีสู่แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อการพัฒนาแพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์ม : การศึกษาความพร้อมใช้งานในอุตสาหกรรมเกษตร" โดยมีประธานคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ รองศาสตราจารย์ ดร.มหศักดิ์ เกตุฉ่ำ ในการนี้นักศึกษามีความประสงค์ขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินความเที่ยงตรงแบบสอบถาม เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์ดังกล่าว

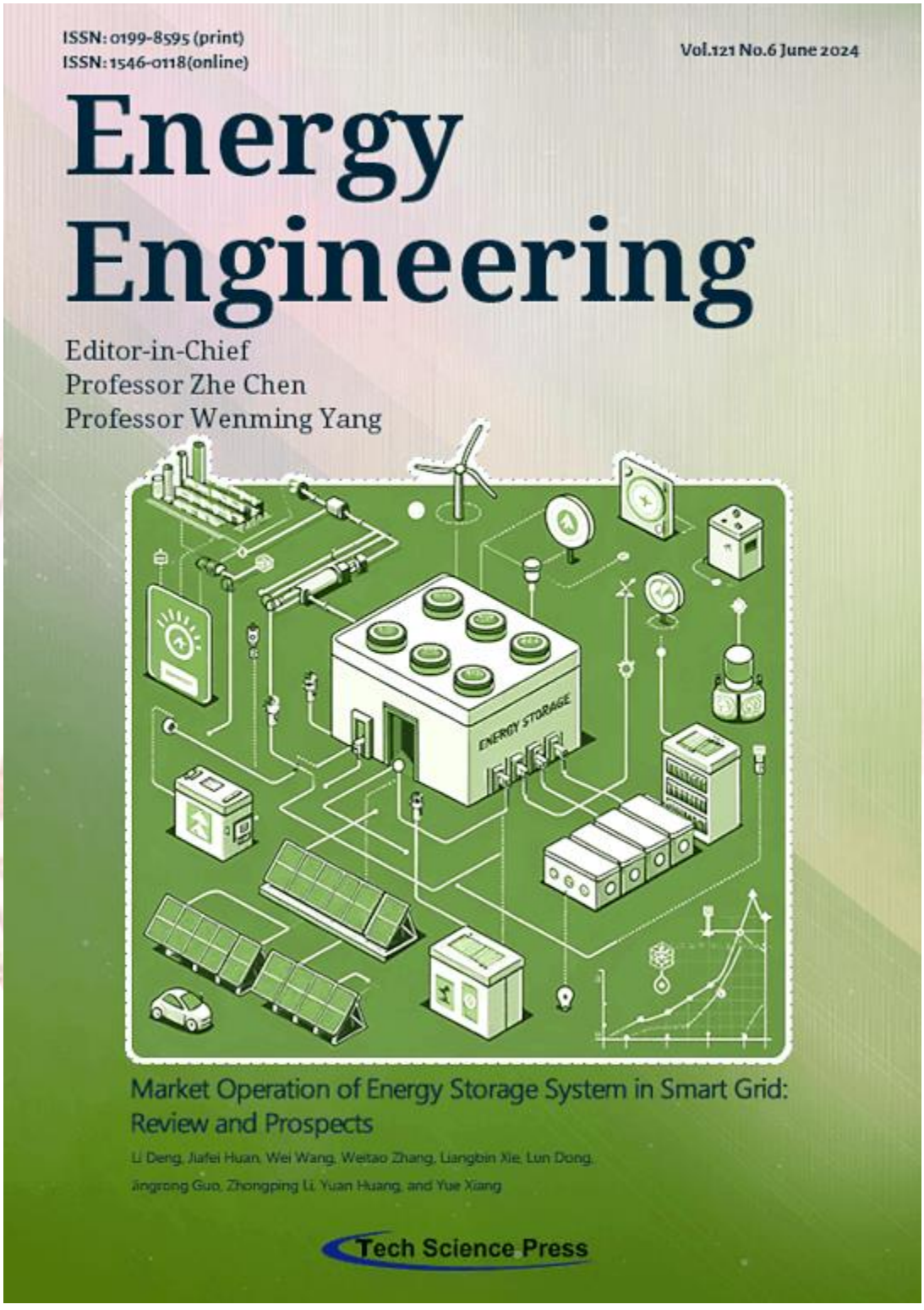
จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ จักขอบพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

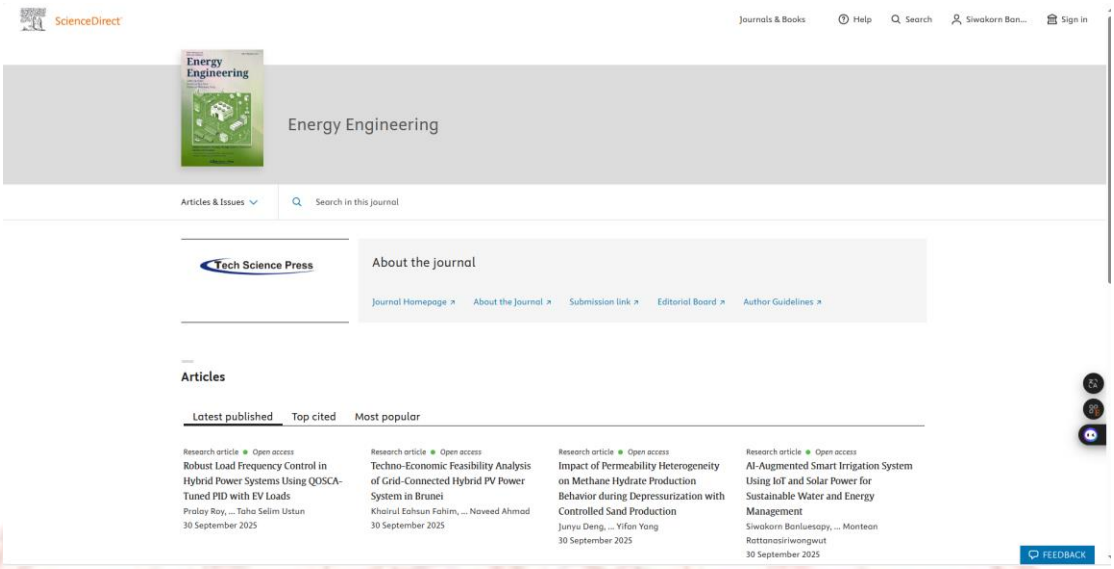
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ชาย ตั้งวรรณวิทย์)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย
ปฏิบัติการแทนคณบดีคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล

หน่วยวิชาการ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล
โทร. 0 2555 2000 ต่อ 2701
www.itd.kmutnb.ac.th

ภาคผนวก จ วารสารที่ได้รับการตีพิมพ์ฉบับที่ 1



ภาพที่ จ-1 ปกวารสาร Energy Engineering

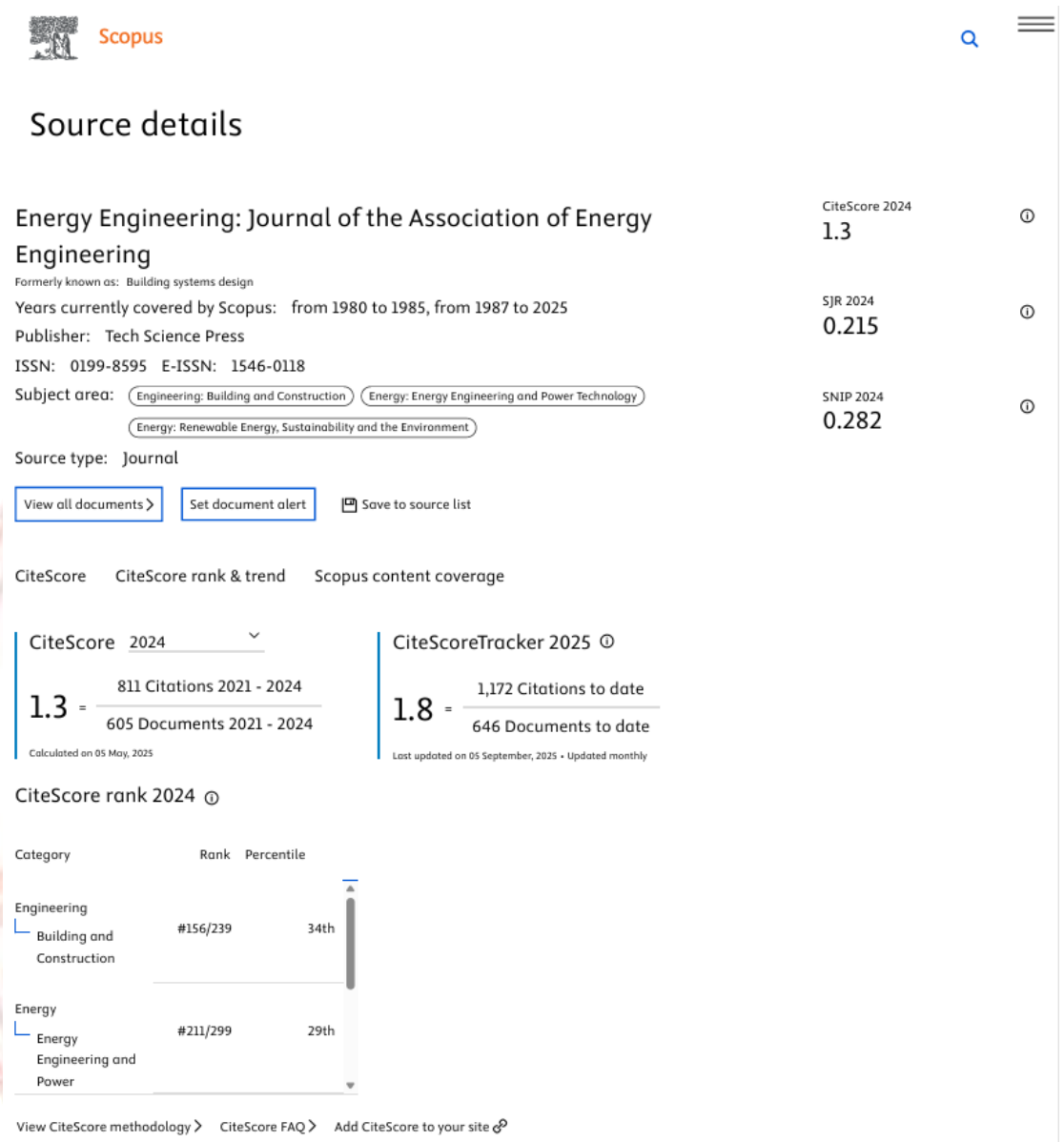


ภาพที่ จ-2 เว็บไซต์แหล่งวารสาร Energy Engineering

https://www.sciencedirect.com/org/journal/energy-engineering

ภาพที่ จ-3 เว็บไซต์บทความวิจัยที่เผยแพร่บนวารสาร Energy Engineering

https://www.sciencedirect.com/org/science/article/pii/S0199859525001757



ภาพที่ จ-4 รายละเอียดวารสารแสดงค่าเฉลี่ย Percentile อยู่ที่ Q3

Energy Engineering

Tech Science Press

Doi:10.32604/ee.2025.068422

ARTICLE

AI-Augmented Smart Irrigation System Using IoT and Solar Power for Sustainable Water and Energy Management

Siwakorn Banluesapy, Mahasak Ketcham* and Montean Rattanasiriwongwut

Department of Information Technology Management, Faculty of Information Technology and Digital Innovation, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok, 10800, Thailand

*Corresponding Author: Mahasak Ketcham. Email: mahasak.k@itd.kmutnb.ac.th

Received: 28 May 2025; Accepted: 15 July 2025; Published: 30 September 2025

ABSTRACT: Traditional agricultural irrigation systems waste significant amounts of water and energy due to inefficient scheduling and the absence of real-time monitoring capabilities. This research developed a comprehensive IoT-based smart irrigation control system to optimize water and energy management in agricultural greenhouses while enhancing crop productivity. The system employs a sophisticated four-layer Internet of Things (IoT) architecture based on an ESP32 microcontroller, integrated with multiple environmental sensors, including soil moisture, temperature, humidity, and light intensity sensors, for comprehensive environmental monitoring. The system utilizes the Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) communication protocol for reliable data transmission and incorporates a Random Forest machine learning algorithm for automated irrigation decision-making processes. The Random Forest model achieved exceptional performance with 99.3% overall accuracy, demonstrating high model reliability. Six operational modules were developed and implemented with three distinct control methods: manual operation, condition-based automatic control, and AI-driven intelligent control systems. A comprehensive one-month comparative analysis demonstrated remarkable improvements across multiple performance metrics: a 50% reduction in both water consumption (from 140 to 70 L/day) and energy usage (from 7.00 to 3.50 kWh/day), a substantial 130% increase in water use efficiency, and a significant 50% decrease in CO_2 emissions. Furthermore, detailed factor importance analysis revealed soil moisture as the primary decision factor (38.6%), followed by temporal factors (20.3%) and light intensity (18.4%). The system demonstrates exceptional potential for annual energy conservation of 1277.5 kWh and CO_2 emission reduction of 638.75 kg, contributing substantially to sustainable development goals and advancing smart agriculture technologies.

KEYWORDS: Smart irrigation; precision agriculture; water conservation; energy efficiency; sustainable farming; agricultural automation; sensor networks

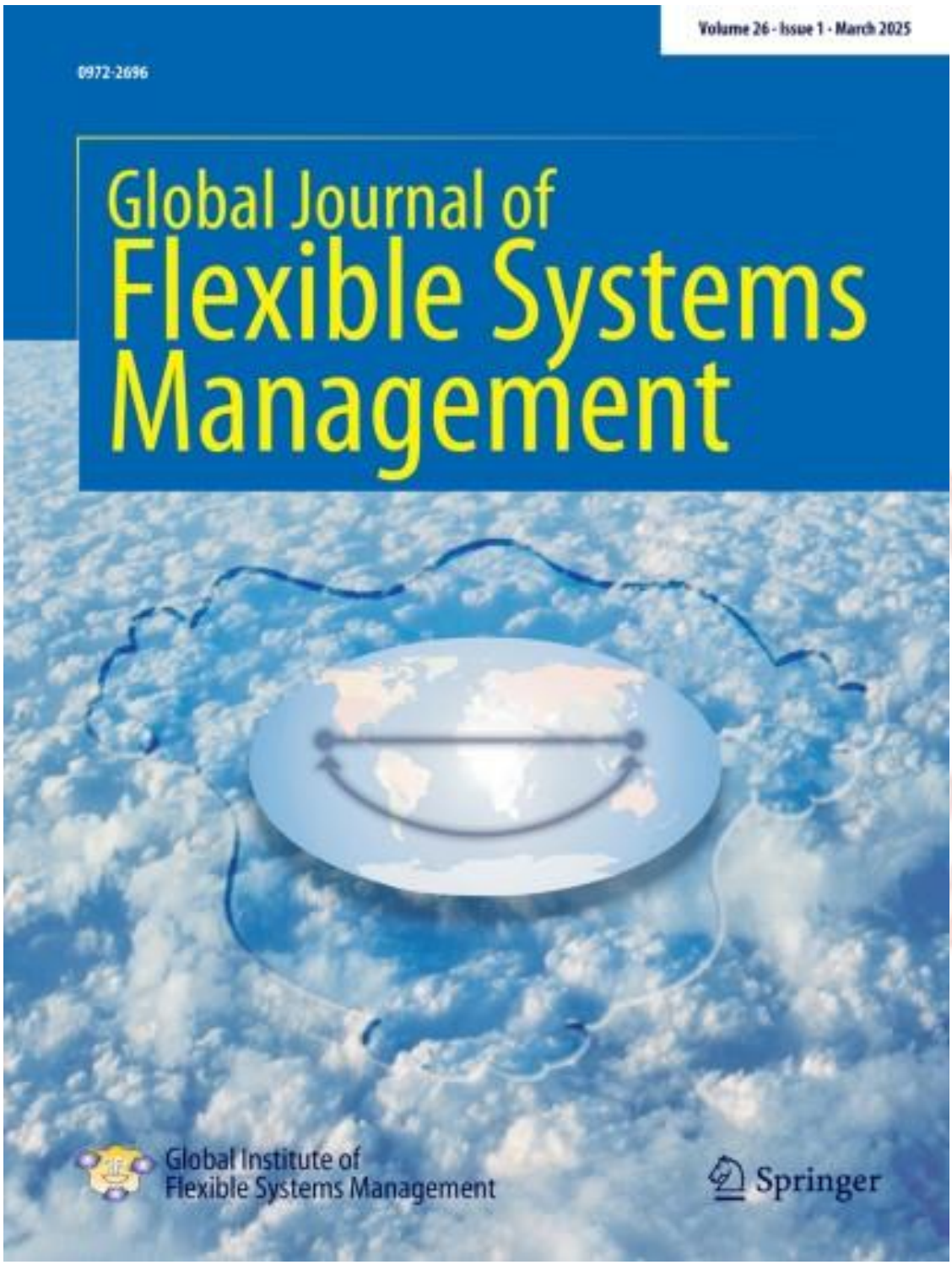
1 Introduction

The world is currently facing multiple challenges in the global agricultural sector, including climate change, water scarcity, and intensifying demand for food due to rapid global population growth [1]. In parallel, agricultural energy use is increasing, particularly in irrigation systems that consume megawatts worth of electricity and fossil fuels. FAO (2021) explains that agricultural consumption accounts for 30% of total food system energy consumption, with irrigation systems using up to 20% of agriculture's total electricity use [2]. Therefore, the introduction of smart agricultural technology is a key direction for solving these problems, especially the use of IoT (Internet of Things) technology with sensor systems and data processing to optimize water and energy resource efficiency.

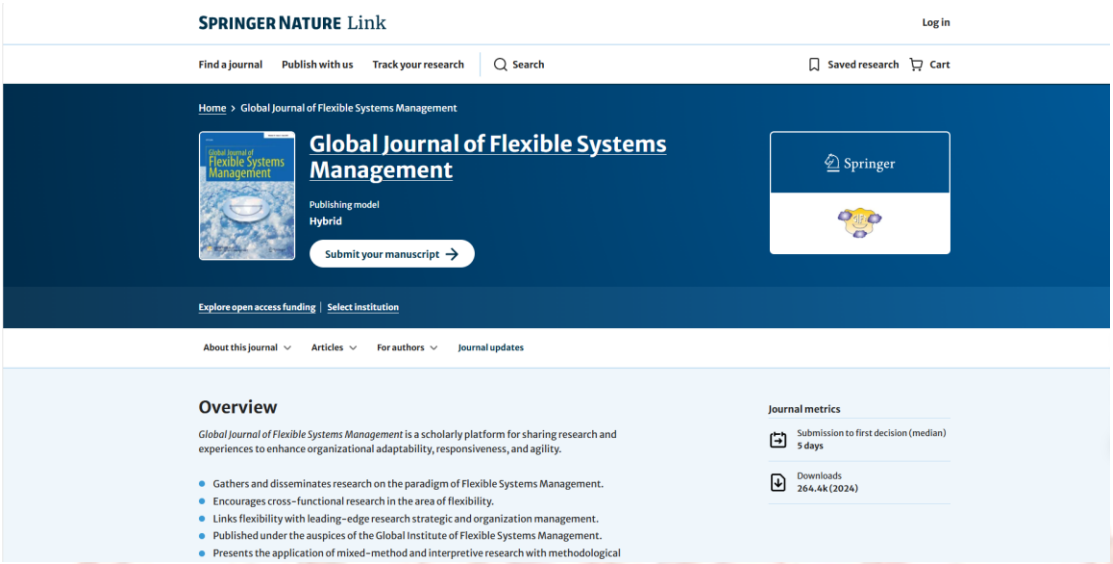
Copyright © 2025 The Authors. Published by Tech Science Press.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ภาพที่ จ-5 หน้าแรกของบทความวิจัย

ภาคผนวก ฉ วารสารที่ได้รับการตีพิมพ์ฉบับที่ 2



ภาพที่ ฉ-1 ปกวารสาร Global Journal of Flexible Systems Management

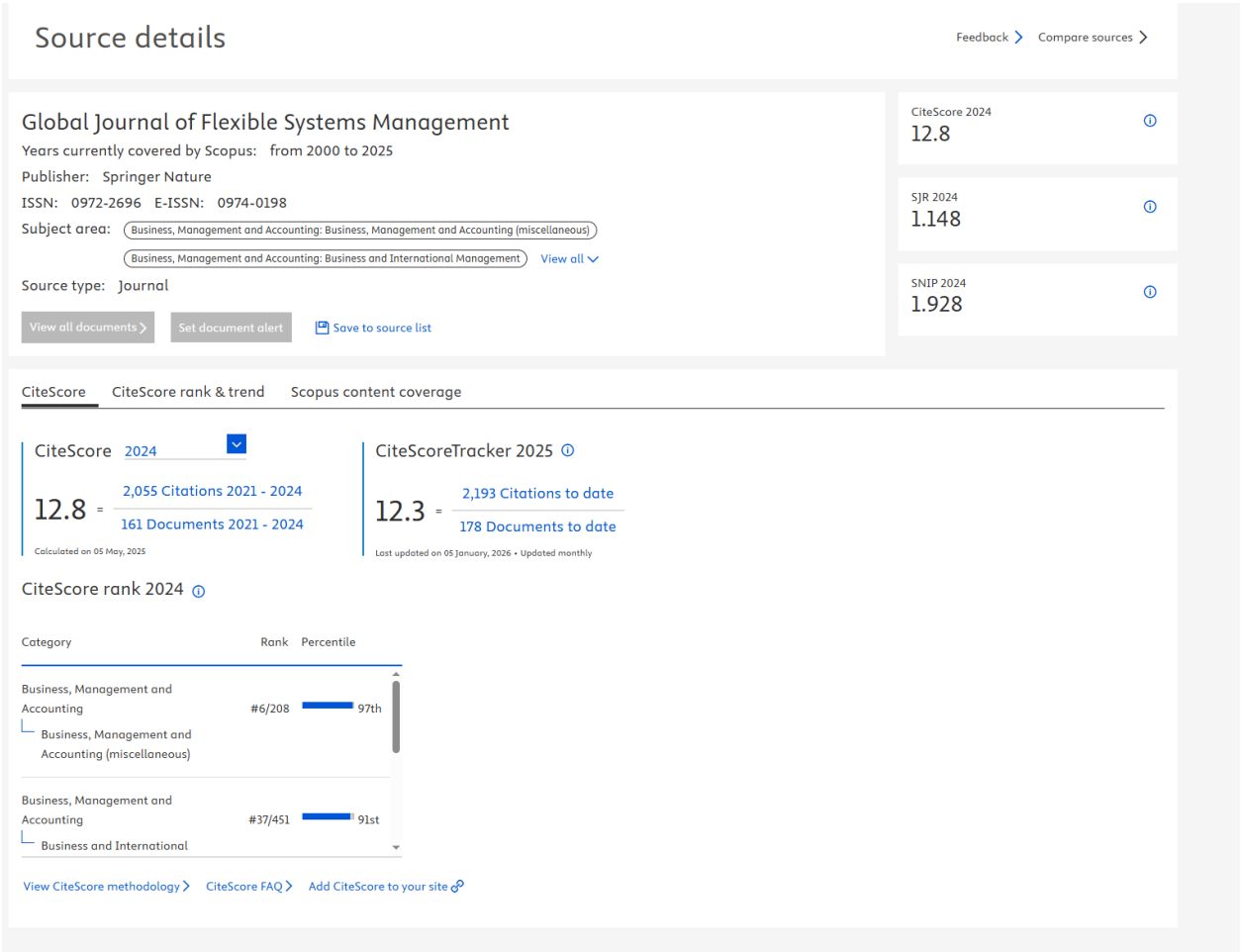


ภาพที่ ฉ-2 เว็บไซต์แหล่งวารสาร Global Journal of Flexible Systems Management

https://link.springer.com/journal/40171

ภาพที่ ฉ-3 เว็บไซต์บทความวิจัยที่เผยแพร่บนวารสาร Global Journal of Flexible Systems Management

https://link.springer.com/article/10.1007/s40171-025-00479-3



ภาพที่ ฉ-4 รายละเอียดวารสารแสดงค่าเฉลี่ย Percentile อยู่ที่ Q1 Tier 1

ภาคผนวก ช บทความนำเสนอวิชาการระดับนานาชาติครั้งที่ 1

International Workshop on Innovation Management

3 เมษายน 2568 เวลา 14.15-14.30

Siam@Siam Design Hotel Pattaya,

Pattaya Chonburi, Thailand

Development of Automated Pest Classification System Using Machine Learning Techniques for Smart Agriculture System

1st Siwakorn Banluesapy
Management Information Systems
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Bangkok, Thailand
s6607021910014@email.kmutnb.ac.th

2nd Mahasak Ketcham
Management Information Systems
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Bangkok, Thailand
mahasak.k@itd.kmutnb.ac.th

3rd Montean Rattanasiriwongwu
Management Information Systems
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Bangkok, Thailand
montean.r@itd.kmutnb.ac.th

2025 IEEE International Conference on Cybernetics and Innovations (ICCI) | 979-8-3315-3326-7/25/$31.00 ©2025 IEEE | DOI: 10.1109/ICCI64209.2025.10987481

***Abstract*— This research aims to develop an automated pest classification system using machine learning techniques. The study utilized a dataset of 6,444 images containing 17 different types of pests. Five machine learning algorithms were compared: Support Vector Machine (SVM), Neural Network, K-Nearest Neighbor, Logistic Regression, and Decision Tree. The results showed that SVM achieved the highest performance with 96.40% accuracy, demonstrating high Precision and Recall values across all classes and the largest area under the ROC curve. The evaluation was conducted using 10-fold Cross Validation. The system was further developed into an API for smart farming applications, enabling farmers to effectively identify and manage crop pests..**

Keywords—component, Automated Pest Classification System. , Machine Learning

I. INTRODUCTION

Currently, Smart Agriculture has garnered significant attention due to its capability to enhance production efficiency and minimize losses in agricultural processes. Particularly, the integration of Machine Learning and Artificial Intelligence technologies for pest detection and management addresses a critical issue that impacts crop quality and yield. Research conducted by Durai and Shamili [1], [2] demonstrates that Deep Learning techniques can improve the accuracy of pest detection and reduce unnecessary chemical usage in smart agricultural systems. [3]

AIoT (Artificial Intelligence of Things) techniques have also been implemented in agricultural systems to enhance real-time pest detection efficiency. Research by Chen et al. (2020) introduced an intelligent system that can connect with IoT and utilize deep learning techniques to accurately detect pests in real environmental conditions [4] Furthermore, research by Hasan et al. (2024) demonstrated the application of IoT and Deep Learning in pest management for vegetables, such as tomatoes, where the system can analyze plant leaf images and accurately identify pest species [5], [6]

Therefore, this research focuses on comparing the effectiveness of Machine Learning techniques, including Logistic Regression, Support Vector Machine (SVM), Neural Network, K-Nearest Neighbor (KNN), and Decision Tree in pest classification, with the aim of developing a practical application for smart agricultural systems.

1.1 Objectives

To study and develop an efficient machine learning model for pest classification by considering the highest accuracy obtained from the model, which will be used to develop an effective decision-making system for pest classification.

1.2 Hypothesis

Machine learning models for technical pest classification yield significantly different accuracy results.

II. RESEARCH METHODOLOGY

This research is an Image Classification study that employs Cross Validation technique instead of conventional Split Dataset method to enhance model performance evaluation accuracy and avoid Overfitting [7] he research utilizes Orange Data Mining 3.38 software [8] for implementation

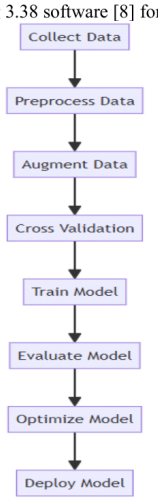


Figure 1: Research Methodology

2.1 Collect Data

Collected 6,444 pest images from open-source data, comprising 17 types of pests [9] , as shown in Table 1. Table 1 Data on the number of each pest type

979-8-3315-3326-7/25/$31.00 ©2025 IEEE

Authorized licensed use limited to: King Mongkut's University of Technology North Bangkok. Downloaded on October 22,2025 at 08:12:35 UTC from IEEE Xplore. Restrictions apply.

ภาพที่ ช-1 หน้าแรกบทความนำเสนอวิชาการครั้งที่ 1

https://ieeexplore.ieee.org/document/10987481

ภาคผนวก ซ บทความนำเสนอวิชาการระดับนานาชาติครั้งที่ 2

Opportunities for Pioneering Practices in AI (OPPA 2)

13 พฤศจิกายน 2568 เวลา 09.00-09.15

Prince of Songkla University, Phuket Campus, Thailand

ภาพที่ ซ-1 รางวัล Best paper award

Technology Acceptance and Usage Model for Sustainable Smart Farm Platform Development

1st Siwakorn Banluesapy
Management Information Systems
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Bangkok, Thailand
s6607021910014@email.kmutnb.ac.th

2nd Mahasak Ketcham
Management Information Systems
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Bangkok, Thailand
mahasak.k@itd.kmutnb.ac.th

3rd Montean Rattanasiriwongwut
Management Information Systems
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Bangkok, Thailand
montean.r@itd.kmutnb.ac.th

2025 20th International Joint Symposium on Artificial Intelligence and Natural Language Processing (iSAI-NLP) | 979-8-3315-0217-1/25/$31.00 ©2025 IEEE | DOI: 10.1109/iSAI-NLP66160.2025.11320752

Abstract*— Agricultural sectors worldwide are experiencing unprecedented pressures from environmental changes and growing food demands, while smart farming technology offers solutions through IoT systems and artificial intelligence. This study develops a technology acceptance model for sustainable smart farm platforms by integrating the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) and Diffusion of Innovation (DOI) theories to understand farmers' adoption behaviors. A quantitative survey was conducted with 300 Thai farmers cultivating areas ranging from 16,000–160,000 m² across three regions, using a 27-item questionnaire measuring seven factors: Performance Expectancy, Effort Expectancy, Facilitating Conditions, Price Value, Trust, Compatibility, and Relative Advantage. Data analysis employed structural equation modeling using Jamovi software. The hybrid model demonstrated excellent fit indices (CFI = 1.000, TLI = 1.012, NFI = 0.907). All seven factors significantly influenced behavioral intention ($p < 0.05$), with Performance Expectancy showing the highest impact ($\beta = 0.346$), followed by Compatibility ($\beta = 0.331$) and Trust ($\beta = 0.281$), while Price Value had the lowest influence ($\beta = 0.122$). Reliability analysis revealed acceptable Cronbach's Alpha values ranging from 0.698 to 0.811. The integrated UTAUT-DOI model successfully explains smart farming technology acceptance among Thai farmers. Performance benefits, compatibility with existing practices, and trust emerge as critical adoption factors. The results provide empirical guidance for developing user-centered smart farming systems and effective technology adoption strategies in agricultural contexts.

***Keywords*— Technology Acceptance Model, Smart Farming Platform, UTAUT, Diffusion of Innovation, Sustainable Agriculture, IoT Technology, Behavioral Intention**

I. Introduction

Traditional agriculture is currently facing escalating challenges from climate change, natural resource scarcity, and increasing food demand driven by global population growth. Smart farming technology, comprising Internet of Things (IoT) systems, artificial intelligence (AI), intelligent sensors, and big data management systems, has emerged as a crucial solution for addressing these challenges. This technology enables enhanced production efficiency, reduced resource consumption, and environmental sustainability. [1], [2]

The design and development of efficient smart farming systems does not solely depend on technological advancement but must consider the needs, constraints, and technology acceptance behaviors of actual users. Understanding the factors that influence technology acceptance and usage constitutes critical information that leads to system design responsive to farmers' requirements, user-friendly interfaces, and practical implementation across diverse agricultural environments [3], [4]. The Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) developed by Venkatesh et al. serves not only as a predictive tool for technology acceptance but also as a fundamental framework for designing and developing user-centered technology systems. The seven core factors—Performance Expectancy, Effort Expectancy, Social Influence, Facilitating Conditions, Hedonic Motivation, Price Value, and Habit—can be utilized as criteria for designing smart farming system features and functions that address user requirements [5], [6]. Rogers' Diffusion of Innovation Theory [7] plays a crucial role in designing and developing new technologies. The five innovation characteristics—Relative Advantage, Compatibility, Complexity, Trialability, and Observability—can be applied as guidelines for designing smart farming systems with high potential for acceptance and widespread adoption [8]

Research on technology acceptance in the agricultural sector has demonstrated the importance of incorporating User Experience (UX) and Human-Computer Interaction (HCI) principles into system design. Previous studies have found that successful smart agricultural systems typically possess characteristics that address technology acceptance factors, such as ease of use, clear benefits, and technical support. This information serves as crucial guidance for designing and developing new systems. [9]

Although studies on agricultural technology acceptance have increased, there remains a lack of models that integrate UTAUT and DOI theories to serve as guidelines for designing and developing smart farming systems specifically. Such a model would enable designers and technology developers to create systems with high potential for acceptance and practical implementation [10], [11] , while also allowing for the prediction and resolution of issues that may arise during deployment.

This study aims primarily to develop a technology acceptance and usage model that will lead to the design and development of efficient and sustainable smart farming systems through the integration of UTAUT and DOI theories to identify critical factors and requirements for system design. The study results will lead to the development of Design Guidelines, Development Framework, and Implementation Strategy that can serve as guidance for creating smart farming systems that respond to user needs and can be practically implemented in Thai agricultural environments. [12], [13]

The outcomes of this study will be an empirical model that can be applied to the design and development of smart farming systems across multiple dimensions, including User Interface Design that emphasizes simplicity and user-friendliness, development of features and functions that respond to actual needs, formulation of marketing and communication

979-8-3315-0217-1/25/$31.00 ©2025 IEEE

Authorized licensed use limited to: King Mongkut's University of Technology North Bangkok. Downloaded on January 17,2026 at 11:53:16 UTC from IEEE Xplore. Restrictions apply.

ภาพที่ ซ-2 หน้าแรกบทความนำเสนอวิชาการครั้งที่ 2

https://ieeexplore.ieee.org/document/11320752

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	ศิวกร บรรลือทรัพย์
ชื่อดุษฎีนิพนธ์	แพลตฟอร์มระบบสมาร์ทฟาร์มโดยการผสมผสานทฤษฎีแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง
สาขาวิชา	สาขาวิชาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ
ประวัติ	ประวัติการศึกษา: พ.ศ. 2559 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ) สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ พ.ศ. 2565 วิทยาศาสตรศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม) สาขาวิศวกรรมเว็บและการพัฒนาแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์พกพา มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ผลงานวิจัย:

Banluesapy, S., Ketcham, M., Rattanasiriwongwut, M. (2025). AI-Augmented Smart Irrigation System Using IoT and Solar Power for Sustainable Water and Energy Management. Energy Engineering, 122(10), 4261–4296. https://doi.org/10.32604/ee.2025.068422

S. Banluesapy, M. Ketcham and M. Rattanasiriwongwu, "Development of Automated Pest Classification System Using Machine Learning Techniques for Smart Agriculture System," 2025 IEEE International Conference on Cybernetics and Innovations (ICCI), Chonburi, Thailand, 2025, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICCI64209.2025.10987481.