

Development of High-Performance Supervising Smart Silk Farm System Application Technology

การพัฒนาเทคโนโลยีแอปพลิเคชันสำหรับอารักขารังไหมเลี้ยงอัจฉริยะประสิทธิภาพสูง

Suphattra Wayalun^{1,*}, Suphachai Kaoechan², Songsak Meesit³, Weeranun Viboonaut⁴, Patiwat Arsasern⁵,
and Rattiya Thanee⁶

สุพัตรา วยะลุน^{1,*}, ศุภชัย แก้วจันทร์², ทรงศักดิ์ มีสิทธิ์³, วีระนันต์ วิบูลย์อรรถ⁴, ปวิวัติ อาสาเสน⁵, และ รัตติยา ธาณี⁶

Received: 2 August 2025;

Revised: 12 September 2025;

Accepted: 17 September 2025;

Published: 1 October 2025;

Abstract

This study aimed to develop and evaluate a smart silkworm farm application specifically designed for elderly farmers and to transfer the technology to the silkworm farming community in Ta Bao Sub-district, Prasat District, Surin Province. The research employed Mixed Methods Research combined with the Agile-Scrum development framework. The sample consisted of 30 female farmers, aged 65-70 years, with 5-15 years of experience in silkworm rearing. Results showed that the developed application significantly increased silkworm survival rates from 72% to 96% and improved average yield from 10.2 kg to 18.5 kg (+44.5%). The average rearing period decreased from 26 days to 19.1 days, while the average income per generation increased by 105.6% from 15,300 to 31,450 baht. The most popular features were feeding alerts and cleaning notifications. Initial challenges with small fonts and dialect recognition were successfully addressed in version 2. Technology transfer created a sustainable “learning community” where farmers supported each other through peer-to-peer learning.

Keywords: Smart Farming, Silkworm Farming, Technology Acceptance, Silkworm Protection, Agile-Scrum

^{1,*} Assistant Professor, Dr., Program in Computer Technology, Faculty of Industrial Technology, Surindra Rajabhat University, Surin 32000, Thailand; ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์ 32000 ประเทศไทย; Email: suphatra@srur.ac.th

² Assistant Professor, Dr., Program in Mechanical Engineering and Electric Vehicles Technology, Faculty of Industrial Technology, Surindra Rajabhat University, Surin 32000, Thailand; ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกลและยานยนต์ไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์ 32000 ประเทศไทย; Email: suphachat_2518@hotmail.co.th

³ Assistant Professor, Program in Computer Technology, Faculty of Industrial Technology, Surindra Rajabhat University, Surin 32000, Thailand; ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์ 32000 ประเทศไทย; Email: 252hot@srur.ac.th

⁴ Instructor, Program in Computer Technology, Faculty of Industrial Technology, Surindra Rajabhat University, Surin 32000, Thailand; อาจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์ 32000 ประเทศไทย; Email: weeranunviboonaut@srur.ac.th

⁵ Instructor, Program in Computer Technology, Faculty of Industrial Technology, Surindra Rajabhat University, Surin 32000, Thailand; อาจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์ 32000 ประเทศไทย; Email: patiwat.arsasen@gmail.com

⁶ Instructor, Program in Computer Technology, Faculty of Industrial Technology, Surindra Rajabhat University, Surin 32000, Thailand; อาจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์ 32000 ประเทศไทย; Email: daraya9009@srur.ac.th

*Corresponding authors: Suphattra Wayalun (suphatra@srur.ac.th)



บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและประเมินแอปพลิเคชันระบบโรงเรือนเลี้ยงไหมอัจฉริยะที่ออกแบบเฉพาะสำหรับเกษตรกรสูงวัย และถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนเกษตรกรผู้เลี้ยงไหมในตำบลตาเบา อำเภอบราสาท จังหวัดสุรินทร์ โดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบผสมผสาน ร่วมกับการอบรมการพัฒนาแอปพลิเคชัน-สกรีม กลุ่มตัวอย่างเป็นเกษตรกรหญิง จำนวน 30 คน อายุ 65-70 ปี มีประสบการณ์เลี้ยงไหม 5-15 ปี ผลการวิจัยพบว่าแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นสามารถเพิ่มอัตราการรอดชีวิตของหนอนไหมจากร้อยละ 72 เป็นร้อยละ 96 และเพิ่มผลผลิตเฉลี่ยจาก 10.2 กก. เป็น 18.5 กก. (ร้อยละ 44.5) ลดระยะเวลาเลี้ยงจาก 26 วัน เหลือ 19.1 วัน และเพิ่มรายได้เฉลี่ยต่อรุ่น ร้อยละ 105.6 จาก 15,300 บาท เป็น 31,450 บาท ผู้ใช้ที่ได้รับความนิยมมากที่สุดคือการแจ้งเตือนให้อาหารและทำความสะอาด ปัญหาเริ่มต้นเรื่องตัวอักษรเล็กและการรู้จำเสียงท้องถิ่นได้รับการแก้ไขในเวอร์ชัน 2 การถ่ายทอดเทคโนโลยีสร้าง “ชุมชนแห่งการเรียนรู้” ที่ยั่งยืน ซึ่งเกษตรกรช่วยเหลือกันผ่านการเรียนรู้แบบเพื่อนช่วยเพื่อน การวิจัยนี้ช่วยเพิ่มรายได้เกษตรกร ลดแรงงาน และยืนยันว่าผู้สูงวัยสามารถใช้เทคโนโลยีได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การเกษตรอัจฉริยะ, การเลี้ยงไหม, การยอมรับเทคโนโลยี, การป้องกันหนอนไหม, อีเมล-สกรีม

1. บทนำ (Introduction)

ประเทศไทยถือเป็นหนึ่งในประเทศผู้นำด้านการปลูกหม่อนเลี้ยงไหมของโลก โดยมีการผลิตไหมเพื่อการทอผ้าและอุตสาหกรรมสิ่งทอที่สืบทอดมานานจากภูมิปัญญาท้องถิ่น การปลูกหม่อนเลี้ยงไหมเป็นอาชีพเสริมที่สร้างรายได้ดีและทำให้เกษตรกรมีงานทำตลอดทั้งปี อย่างไรก็ตาม อุตสาหกรรมไหมไทยกำลังเผชิญกับความท้าทายที่สำคัญ โดยจำนวนเกษตรกรผู้เลี้ยงไหมลดลงอย่างต่อเนื่องจาก 89,432 ราย ในปี 2563 เหลือ 76,128 ราย ในปี 2566 (Queen Sirikit Department of Sericulture, 2024) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรสูงวัย (50 ปีขึ้นไป) และขาดแคลนคนรุ่นใหม่สืบทอดอาชีพ มูลค่าตลาดหม่อนไหมไทยในปี 2566 มีมูลค่าประมาณ 2.8 พันล้านบาท แต่มีแนวโน้มลดลงเนื่องจากปัญหาดังกล่าว

แม้จะมีการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อเกษตรกรรม (Smart Farming) เช่น Internet of Things (IoT) และ Mobile Application แต่ยังคงขาดการออกแบบที่เหมาะสมกับเกษตรกรสูงวัยในบริบทไทย โดยเฉพาะงานที่เน้น User Experience (UX) และ Accessibility ทฤษฎีการยอมรับเทคโนโลยี (Technology Acceptance Model - TAM) และทฤษฎีการแพร่กระจายนวัตกรรม (Diffusion of Innovation) ชี้ให้เห็นว่าความสำเร็จของการนำเทคโนโลยีมาใช้ขึ้นอยู่กับความรู้ประโยชน์และความง่ายในการใช้งาน (Davis, 1989; Rogers, 2003) ช่องว่างงานวิจัยที่สำคัญ คือ ยังไม่มีแอปพลิเคชันที่เจาะจงรองรับกลุ่มผู้สูงอายุในการเลี้ยงไหม และขาดการศึกษาที่ผสมผสานระหว่าง Technology Acceptance Theory, UX Design สำหรับผู้สูงวัย, และ Agile Development ในบริบทการเกษตรไทย (Khaspuria et al., 2024; Lindberg & De Troyer, 2021)

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการพัฒนาแอปพลิเคชันอัจฉริยะที่ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลสมัยใหม่ เช่น การรู้จำเสียง (Voice Recognition) การแจ้งเตือนอัตโนมัติ และระบบบันทึกข้อมูลภาคสนาม เพื่อช่วยสนับสนุนการตัดสินใจในการเลี้ยงไหม พร้อมทั้งออกแบบให้ใช้งานง่ายสำหรับผู้สูงอายุ เพื่อสร้างต้นแบบเกษตรอัจฉริยะ (Smart Farming) ที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรมสำหรับกลุ่มเปราะบาง และสนับสนุนยุทธศาสตร์ Thailand 4.0 ในการยกระดับภาคเกษตรด้วยเทคโนโลยีดิจิทัล การวิจัยนี้คาดว่าจะเป็แนวทางสำหรับการพัฒนาเทคโนโลยีเกษตรสำหรับกลุ่มผู้สูงอายุในประเทศไทย

2. วัตถุประสงค์งานวิจัย (Research Objectives)

1. เพื่อออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันระบบโรงเรือนเลี้ยงไหมอัจฉริยะที่มีอินเทอร์เฟซเหมาะสมสำหรับเกษตรกรสูงวัย
2. เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีแอปพลิเคชันระบบโรงเรือนเลี้ยงไหมอัจฉริยะประสิทธิภาพสูงสู่ชุมชนเกษตรกร

3. เพื่อประเมินประสิทธิภาพการยอมรับเทคโนโลยีของเกษตรกรสูงวัยโดยใช้โมเดล Technology Acceptance Model (TAM) และ Diffusion of Innovation (DOI)

3. การทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง (Literature Review)

3.1 การเลี้ยงไหมในประเทศไทย สถานการณ์และปัญหา

การเลี้ยงไหมในประเทศไทยมีประวัติศสาตร์ยาวนานและเป็นส่วนสำคัญของเศรษฐกิจฐานราก โดยเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันอุตสาหกรรมนี้กำลังเผชิญกับความท้าทายหลายประการ ได้แก่ การลดลงของจำนวนเกษตรกร การขาดแคลนแรงงานรุ่นใหม่ และปัญหาด้านเทคโนโลยีที่ล้าสมัย (Queen Sirikit Department of Sericulture, 2024) สถานการณ์นี้สร้างความจำเป็นเร่งด่วนในการพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับบริบทของเกษตรกรไทย

3.2 ทฤษฎีการยอมรับเทคโนโลยี (Technology Acceptance Theory)

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องบ่งชี้ตรงกันว่า “เทคโนโลยีดิจิทัล” จะสร้างคุณค่าได้ต่อเมื่อผู้ใช้งานเห็นประโยชน์และใช้งานได้โดยไม่รู้สึกลำบาก ประเด็นนี้อธิบายได้ด้วย Technology Acceptance Model (TAM) ของเดวิส (Davis, 1989) ที่ย้าสองตัวแปรสำคัญ คือ การรับรู้ประโยชน์ และการรับรู้ความง่ายในการใช้งานของ Khaspuria et al. (2024) กับเกษตรกรไทยพบว่า PU มีอิทธิพลสูงสุด ($\beta = 0.34, p < 0.001$) ต่อการตัดสินใจใช้ระบบเกษตรอัจฉริยะ

3.3 ทฤษฎีการแพร่กระจายนวัตกรรม (Diffusion of Innovation)

ความสำเร็จของเทคโนโลยีขึ้นกับ “การเข้าถึงและใช้งานได้จริง” ของเกษตรกรสูงวัย จึงต้องคำนึงถึงแนวทางการเข้าถึงได้ (Accessibility) และประสบการณ์ผู้ใช้ (User Experience UX) เป็นพิเศษ งานของ Gomez-Hernandez et al. (2023) และของ Lindberg & De Troyer (2021) แนะนำให้ใช้ฟอนต์ไม่น้อยกว่า 16 pt สีคอนทราสต์สูง ปุ่มขนาดใหญ่ และเมนูไม่ซับซ้อน พร้อมสนับสนุนคำสั่งเสียง เพื่อลดภาระด้านการมองเห็นและการเรียนรู้

3.4 การเกษตรอัจฉริยะและเทคโนโลยีเกษตรอัจฉริยะ

นอกจากกรอบพฤติกรรมผู้ใช้แล้ว งานวิจัยด้านเกษตรอัจฉริยะชี้ว่าการผสานอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) Big Data และปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) ช่วยเพิ่มความแม่นยำ ลดต้นทุน และตัดสินใจได้รวดเร็ว ในฟาร์มไหมนาร่อง Queen Sirikit Department of Sericulture (2021) รายงานว่า ระบบเซ็นเซอร์และแอปแจ้งเตือนลดอัตราตายของหนอนไหมลงอย่างมีนัยสำคัญ และคาดว่าตลาดเกษตรอัจฉริยะของไทยจะขยายสู่ 4.5 พันล้านบาทภายในปี พ.ศ. 2571

3.5 การออกแบบ UX สำหรับผู้สูงวัย

ความสำเร็จของเทคโนโลยีขึ้นกับ “การเข้าถึงและใช้งานได้จริง” ของเกษตรกรสูงวัย จึงต้องคำนึงถึงแนวทาง Accessibility และ User Experience (UX) เป็นพิเศษ โดยที่ Gomez-Hernandez et al. (2023) และของ Lindberg & De Troyer (2021) แนะนำให้ใช้ฟอนต์ไม่น้อยกว่า 16 pt สีคอนทราสต์สูง ปุ่มขนาดใหญ่ และเมนูไม่ซับซ้อน พร้อมสนับสนุนคำสั่งเสียง เพื่อลดภาระด้านการมองเห็นและการเรียนรู้

3.6 กรอบการพัฒนาซอฟต์แวร์แบบ Agile-Scrum

โครงการพัฒนาซอฟต์แวร์ในภาคเกษตรที่ต้องรับข้อมูลย้อนกลับจากภาคสนามอย่างต่อเนื่องมักใช้กรอบอโลจิส-สกรัม วิธีนี้แบ่งงานเป็นรอบสั้น (Sprints) พร้อมกิจกรรมวางแผน ตรวจสอบ และทบทวนทุกสองสัปดาห์ ช่วยให้ทีมปรับปรุงฟีเจอร์ตามข้อเสนอแนะของเกษตรกรได้ทันที ลดความเสี่ยงทำงานไม่ตรงจุด (Sutherland & Schwaber, 2020)

3.7 สรุปการทบทวนวรรณกรรม

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่างานวิจัยส่วนใหญ่มุ่งเน้นไปที่การปรับปรุงสายพันธุ์ หรือระบบฟาร์มขนาดใหญ่ แต่ยังมีข้อจำกัดในการพัฒนาเทคโนโลยีที่เจาะจงสำหรับเกษตรกรสูงวัยในการเลี้ยงไหม โดยเฉพาะการผสมผสานระหว่างทฤษฎีการยอมรับเทคโนโลยี การออกแบบ UX สำหรับผู้สูงวัย และกระบวนการพัฒนาแบบ Agile ซึ่งเป็นช่องว่างงานวิจัยที่งานนี้ต้องการเติมเต็ม

Table 1. Summary of the Literature Matrix.

Researcher	Theory/Framework	Target Group	Technology	Key Findings	Limitations
Davis (1989)	TAM	General users	Computer systems	PU and PEOU are key factors	Not specific to elderly groups
Khaspuria et al., (2024)	TAM, UTAUT	Thai farmers	Smart agriculture	PU has the highest influence	Not specific to silkworm farming
Lindberg & De Troyer (2021)	UX Design	Elderly users	Mobile applications	Customization is significant	Not in the agricultural context

4. กรอบแนวคิดงานวิจัย (Conceptual Framework)

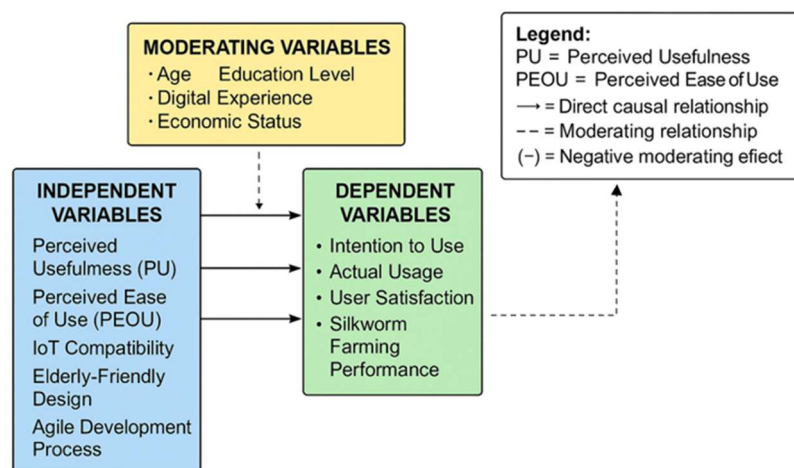


Figure 1. Conceptual Framework for Smart Silkworm Farm Application Adoption by Elderly Farmers (Based on TAM and DOI Theories).

กรอบแนวคิดงานวิจัยนี้ (Figure 1.) แสดงความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ในการศึกษาการยอมรับเทคโนโลยีแอปพลิเคชันเลี้ยงไหมอัจฉริยะของเกษตรกรสูงอายุ โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มหลัก ได้แก่

1. ตัวแปรอิสระ (Independent variables) ประกอบด้วย 5 ตัวแปร ได้แก่ 1) การรับรู้ประโยชน์ (Perceived Usefulness - PU) คือ การที่เกษตรกรมองเห็นว่าแอปพลิเคชันจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน 2) การรับรู้ความง่ายในการใช้ (Perceived Ease of Use - PEOU) คือ การรับรู้ว่าแอปพลิเคชันใช้งานง่ายไม่ซับซ้อน 3) ความเข้ากันได้กับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง คือ ความสามารถในการเชื่อมต่อและทำงานร่วมกับอุปกรณ์ อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง 4) การออกแบบที่เป็นมิตรต่อผู้สูงอายุ (Elderly-Friendly Design) คือ การออกแบบ UI/UX ที่เหมาะสมกับผู้สูงอายุ 5) กระบวนการพัฒนาแบบอไจล์ (Agile Development Process) คือ การใช้ Agile-Scrum ในการพัฒนาแอปพลิเคชัน

2. ตัวแปรตาม (Dependent Variables) ประกอบด้วย 4 ตัวแปร ได้แก่ 1) ความตั้งใจใช้ (Intention to Use) คือ ความตั้งใจในการนำแอปพลิเคชันมาใช้งาน 2) การใช้งานจริง (Actual Usage) คือ พฤติกรรมการใช้งานแอปพลิเคชันจริง 3) ความพึงพอใจ (User Satisfaction) คือ ระดับความพึงพอใจต่อการใช้งานแอปพลิเคชัน และ 4) ประสิทธิภาพการเลี้ยงไหม (Silkworm Farming Performance) คือ ผลลัพธ์ด้านประสิทธิภาพการเลี้ยงไหม

3. ตัวแปรกำกับ (Moderating Variables) ประกอบด้วย 4 ตัวแปร ได้แก่ อายุ (Age) ระดับการศึกษา (Education Level) ประสบการณ์ดิจิทัล (Digital Experience) และสถานะทางเศรษฐกิจ (Economic Status) ซึ่งจะส่งผล

ต่อความแรงของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม โดยอาจเสริมหรือลดทอนอิทธิพลของตัวแปรอิสระ เช่น เกษตรกรที่มีประสบการณ์ดิจิทัลสูงจะมีความสัมพันธ์เชิงกระแสร่วมกันระหว่างการรับรู้ความง่ายในการใช้และความตั้งใจใช้งาน

ทิศทางของลูกศรและความสัมพันธ์ ความสัมพันธ์เชิงเหตุผลอิงตามทฤษฎี TAM และ DOI โดยลูกศรในแผนภาพ แสดงทิศทางความสัมพันธ์ดังนี้ ลูกศรเส้นทึบ ($\rightarrow$) = ความสัมพันธ์เชิงเหตุผลโดยตรง เส้นประ ($- -$) = ความสัมพันธ์เชิงกำกับที่ปรับเปลี่ยนความแรงของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม ตัวแปรอิสระทั้ง 5 ตัวส่งผลโดยตรงต่อตัวแปรตามทั้ง 4 ตัว และตัวแปรกำกับจะส่งผลต่อความแรงของความสัมพันธ์ดังกล่าว

ความสัมพันธ์เชิงเหตุผลในกรอบแนวคิดนี้อิงตามทฤษฎี Technology Acceptance Model (TAM) ของ Davis (1989) และทฤษฎี Diffusion of Innovation (DOI) ของ Rogers (2003) โดยสมมติฐานหลักคือ การรับรู้ประโยชน์และความง่ายในการใช้ส่งผลต่อความตั้งใจใช้งาน ซึ่งนำไปสู่การใช้งานจริง และส่งผลต่อความพึงพอใจและประสิทธิภาพการเลี้ยงไหมในท้ายที่สุด

5. วิธีดำเนินงานวิจัย (Research Methodology)

งานวิจัยนี้ใช้การออกแบบวิจัยแบบผสมผสานเชิงบรรจบ (Convergent Mixed Methods) ผสมผสานการทดลองเชิงภาคสนามกับการสัมภาษณ์เชิงลึก กระบวนการครอบคลุม 4 ระยะหลัก ดำเนินการใน 8 สัปดาห์ (พฤษภาคม-สิงหาคม 2567)

5.1 เหตุผลในการเลือกใช้ Mixed Methods Research

การวิจัยนี้เลือกใช้ระเบียบวิธีแบบผสมผสาน เนื่องจากต้องการศึกษาทั้งประสิทธิภาพเชิงปริมาณของแอปพลิเคชัน และพฤติกรรมกรยอมรับเทคโนโลยีเชิงคุณภาพของเกษตรกรผู้เลี้ยงไหม โดยมีความจำเป็นในการศึกษาบริบทผ่านการลงพื้นที่ภาคสนามเพื่อทำความเข้าใจสภาพการเลี้ยงไหม ปัญหาที่เกิดขึ้นจริง และความต้องการของเกษตรกร ข้อมูลเชิงคุณภาพจะใช้ในการออกแบบแอปพลิเคชันให้เหมาะสมกับบริบท และติดตามว่าผู้สูงอายุสามารถใช้งานได้จริงหรือไม่ รวมถึงการรับข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) เพื่อปรับปรุงให้เหมาะสมกับการใช้งาน ส่วนข้อมูลเชิงปริมาณจะใช้วัดประสิทธิภาพการเลี้ยงไหมก่อนและหลังการใช้แอปพลิเคชันการผสมผสานข้อมูลทั้งสองประเภทจะให้ภาพรวมที่สมบูรณ์กว่าการใช้วิธีการใดวิธีการหนึ่งเพียงอย่างเดียว (Creswell & Plano Clark, 2018)

5.2 เหตุผลในการเลือกใช้ Agile-Scrum Framework

การเลือกใช้กรอบการพัฒนาแบบ Agile-Scrum เนื่องจากเหมาะสมกับการพัฒนาแอปพลิเคชันที่ต้องการการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องตามความต้องการของผู้ใช้จริง โดยเฉพาะกลุ่มผู้สูงอายุที่อาจมีความต้องการพิเศษที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้ล่วงหน้า การแบ่งการพัฒนาเป็นสปรินต์สั้น ๆ (2 สัปดาห์) ช่วยให้สามารถรับฟีดแบ็กจากเกษตรกรและปรับปรุงฟีเจอร์ได้ทันที ลดความเสี่ยงในการพัฒนาเทคโนโลยีที่ไม่ตรงความต้องการ นอกจากนี้ Agile ยังมีความยืดหยุ่นในการทำงาน เหมาะสมกับทีมงานขนาดเล็ก (2-3 คน) สามารถติดตามงานได้ง่าย และแชร์การทำงานแก้ไขไปพร้อม ๆ กันได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Beck et al., 2001)

5.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรเป้าหมาย คือ เกษตรกรเลี้ยงไหม ในตำบลตาเบา อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ รวม 8,961 คน จาก รายงาน ประจำเดือน มกราคม 2568 โดยเลือกจากเมนู จำนวนประชากร > ตรวจสอบข้อมูลแยกรายพื้นที่ > ขอบเขตข้อมูลเดือน มกราคม ปี 2568 > การแสดงผล ตำบล/แขวง > จังหวัด 32: สุรินทร์ > สำนักทะเบียน 3205: อำเภอปราสาท > ตำบล/แขวง 320506: ตำบลตาเบา (Department of Provincial Administration, 2025) จากนั้นเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง 30 คน เป็นกลุ่มสตรีผู้เลี้ยงไหมมืออาชีพ มีอายุ 65-70 ปี มีประสบการณ์เลี้ยงไหมสูง (ระหว่าง 5-15 ปี) เลี้ยงไหมเป็นอาชีพรอง มีการใช้สมาร์ทโฟนสื่อสารผ่าน LINE เป็นประจำ รายงานผลการผลิตเส้นไหมตามมาตรฐานต่อกรมหม่อนไหมสม่ำเสมอ และหลายรายได้รับรางวัลพระราชทาน “นกยูงทอง” รวมถึงรางวัลประกวดด้านไหม คุณสมบัติดังกล่าวแสดงถึงความชำนาญและความพร้อมด้านดิจิทัลของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นปัจจัยเอื้อต่อการยอมรับและการใช้แอปพลิเคชันอย่างมีประสิทธิภาพและสมัครใจเข้าร่วมการวิจัย จำนวน 30 คนคิดเป็น 0.33% ของประชากรทั้งหมด ซึ่งเป็นขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมสำหรับการวิจัยเชิงทดลองในชุมชนขนาดเล็ก นอกจากนี้ยังมีผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านเพื่อร่วมประเมินเครื่องมือและแอปพลิเคชันเพื่อหาดัชนีความตรง (IOC = 0.90–1.00) พื้นที่ขยายผลทดลองถ่ายทอดเทคโนโลยีอยู่ที่บ้านโพธิ์ทอง ตำบลเชื้อเพลิง อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์

5.4 เครื่องมือวิจัยและการหาคุณภาพเครื่องมือวิจัย

1. การสร้างแอปพลิเคชัน React + TypeScript, SQLite, API ที่จำเป็น

การสร้างแอปพลิเคชันรวมทั้งอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ NodeMCU ESP8266 WiFi เชื่อมต่อกับเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (DHT11) ซึ่งส่งข้อมูลแบบเรียลไทม์ไปยัง Google Sheet เพื่อการติดตามและวิเคราะห์สภาพแวดล้อมในโรงเรือนเลี้ยงไหม ระบบสามารถทำงานผ่าน WiFi และแจ้งเตือนเมื่อค่าอุณหภูมิ (28-30°C) และความชื้น (80-85%) เกินเกณฑ์ที่กำหนด นอกจากนี้ ระบบยังใช้เทคโนโลยี AI/Machine Learning หลายอัลกอริทึม ประกอบด้วย (1) Voice Recognition ใช้ Web Speech API ของ Google Chrome ที่รองรับภาษาไทยมาตรฐาน และใช้อัลกอริทึม Deep Neural Networks (DNN) สำหรับการแปลงเสียงเป็นข้อความรองรับภาษาไทย โดยกำหนด confidence threshold ที่ 0.7 เพื่อลดความผิดพลาดในการรู้จำเสียง (2) การพยากรณ์และแจ้งเตือนใช้อัลกอริทึม Time Series Analysis และ Pattern Recognition เพื่อวิเคราะห์รูปแบบการเลี้ยงไหม และ (3) การจัดกลุ่มผู้ใช้ที่ใช้ K-means Clustering Algorithm เพื่อปรับแต่งการแจ้งเตือนให้เหมาะสมกับแต่ละเกษตรกร” แอปพลิเคชันออกแบบตามแนว Universal Design มีฟอนต์ใหญ่ ปุ่มเด่น คำสั่งเสียง และ 8 ฟังก์ชันหลัก โครงสร้างข้อมูลแสดงในแผนภาพ Class Diagram (Figure 2.) ที่ปรับปรุงให้มีความชัดเจนและอ่านได้ง่ายขึ้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างฐานข้อมูลผู้ใช้ ฟาร์ม การเลี้ยงไหม การบันทึกข้อมูล การจัดการโรคและศัตรู และระบบแจ้งเตือนและศัตรู และระบบแจ้งเตือน

แอปพลิเคชันที่สร้างขึ้นแบ่งออกเป็น 5 กลุ่มหลัก ได้แก่ 1) การจัดการผู้ใช้ (User) ได้แก่ คลาส User จัดเก็บข้อมูลเกษตรกรและเชื่อมโยงกับ Farm 2) วงจรชีวิตหนอนไหม (Silkworm Lifecycle) ได้แก่ คลาส SilkwormBatch, SilkwormStage, และ ProductionPlan ใช้แทนรอบการเลี้ยงไหม วัฏจักรเจริญเติบโต และเป้าหมายการผลิต 3) บันทึกกิจกรรม (Activity Records) ได้แก่ คลาส FeedingRecord, CleaningRecord, EnvironmentRecord, และ HealthRecord จัดเก็บบันทึกการให้อาหาร การทำความสะอาด สภาพแวดล้อม และสุขภาพไหม 4) ฐานความรู้ ได้แก่ คลาส DiseaseType และ PestType ใช้เก็บข้อมูลอ้างอิงโรคและศัตรูไหม และ 5) การแจ้งเตือน (Notifications) ได้แก่ คลาส NotificationType และ Notification รองรับการแจ้งเตือนแบบเรียลไทม์ เช่น การให้อาหารและการทำความสะอาด ซึ่งสามารถนำมาสร้างเป็น Class Diagram ได้ใน Figure 2. ซึ่งโครงสร้างนี้ช่วยเน้นความเป็นโมดูล (Modularity) ความสามารถในการขยาย (Scalability) และการออกแบบตามหลักการ OOP ทำให้ระบบสามารถพัฒนาและบำรุงรักษาต่อไปได้

Class Diagram แสดงสถาปัตยกรรมเชิงวัตถุของแอปพลิเคชัน โดยแบ่งออกเป็น 5 กลุ่มหลัก ได้แก่

1. การจัดการผู้ใช้ ได้แก่ คลาส User จัดเก็บข้อมูลเกษตรกรและเชื่อมโยงกับ Farm
2. วงจรชีวิตหนอนไหม ได้แก่ คลาส SilkwormBatch, SilkwormStage, และ ProductionPlan ใช้แทนรอบการเลี้ยงไหม วัฏจักรเจริญเติบโต และเป้าหมายการผลิต
3. บันทึกกิจกรรม ได้แก่ คลาส FeedingRecord, CleaningRecord, EnvironmentRecord, และ HealthRecord จัดเก็บบันทึกการให้อาหาร การทำความสะอาด สภาพแวดล้อม และสุขภาพไหม
4. ฐานความรู้ (Knowledge Base) ได้แก่ คลาส DiseaseType และ PestType ใช้เก็บข้อมูลอ้างอิงโรคและศัตรูไหม
5. การแจ้งเตือน ได้แก่ คลาส NotificationType และ Notification รองรับการแจ้งเตือนแบบเรียลไทม์ เช่นการให้อาหารและการทำความสะอาด โครงสร้างนี้ช่วยเน้นความเป็นโมดูล (Modularity) ความสามารถในการขยาย และการออกแบบตามหลักการ OOP

2. เครื่องมือในการเก็บข้อมูล

เครื่องมือในการเก็บข้อมูล ประกอบด้วย (1) แบบสังเกต (R = 0.92) (2) แบบสัมภาษณ์เชิงลึก (3) แบบสำรวจข้อมูลพื้นฐาน (R = 0.92) (4) บันทึกทดสอบแอป (R = 0.96) (5) แบบประเมิน PU/PEU (R = 0.92) (6) แบบสอบถามความพึงพอใจ (R = 0.91) (7) แบบประเมินกิจกรรมอบรม (R = 0.92)

3. การหาคุณภาพเครื่องมือวิจัย

ดำเนินการตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 คน และหาค่าความเชื่อมั่น Cronbach's $\alpha > 0.9$

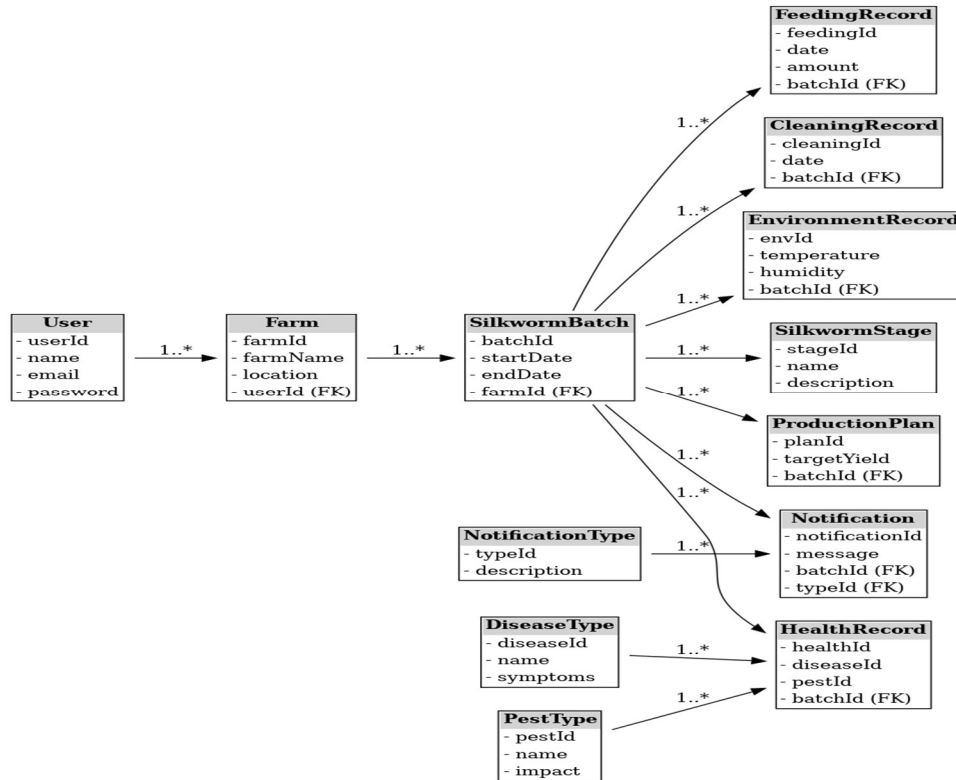


Figure 2. Class Diagram of Smart Silkworm Farm Application Architecture.

5.5 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ดำเนินการวิจัย 4 ระยะหลัก ดังนี้

1. เตรียมการ (วิเคราะห์ความต้องการและทบทวนวรรณกรรม)
2. การพัฒนาแอปพลิเคชัน (Agile-Scrum, 8 Sprint) ใช้ระยะเวลา 4 เดือนแบ่งเป็น 8 สปรินต์ แต่ละสปรินต์มีเป้าหมายชัดเจน ตั้งแต่ MVP จนถึงเวอร์ชันถ่ายทอดจริง มีกิจกรรม Sprint Planning, Daily Scrum, Backlog Refinement, Review และ Retrospective เพื่อรับ Feedback จากผู้ใช้และปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง ใน Figure 3.

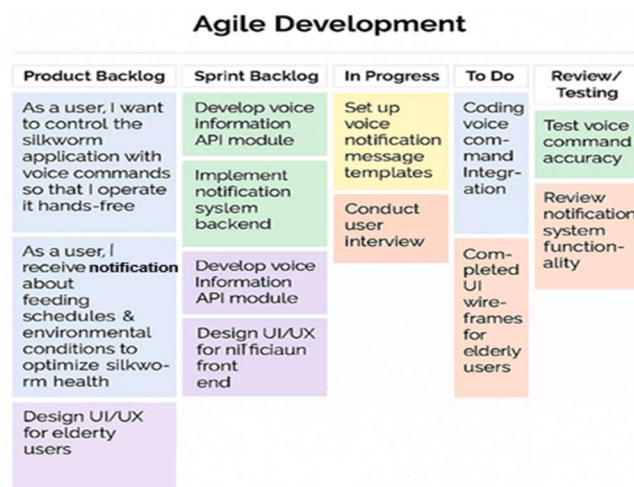


Figure 3. Agile-Scrum Development Process Framework.

จาก Figure 3. กระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์แบบ Agile Scrum โดยมีคอลัมน์ต่าง ๆ เช่น Product Backlog, Sprint Backlog, To Do, In Progress, Done, และ Review/Testing พร้อมตัวอย่างงานที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแอปพลิเคชันเลี้ยงไหม โดยมีการวางแผนการพัฒนาซอฟต์แวร์ใน Table 2.

Table 2. Agile–Scrum Software Development Plan

Timeline	Sprint	Main Goal	Key Epic / User Story	Output (Definition of Done)
May 1–5	Sprint 0 – Kick-off (5 days)	Team Setup – Tool Preparation – Product Vision	- Appoint Product Owner / Scrum Master / Dev Team (≤ 7) - Setup Git, CI/CD, Jira, React.js, TypeScript - Install PWS, create Database (SQLite + Supabase)	✓ Epic-level Backlog ✓ Definition of Ready/Done ✓ 4-month Roadmap
May 6–19	Sprint 1 – Inception & UX	Inception & UX	- US-1: Gather Pain Points from survey/interviews - US-2: Wireframe (main screen + navigation)	✓ Low-Fidelity Wireframe ✓ Persona set for elderly farmers
May 1–5	Sprint 0 Kick-off (5 days)	Team Setup – Tool Preparation – Product Vision	- Assign Product Owner / Scrum Master / Dev Team (≤ 7) - Setup Git, CI/CD, Jira, React.js, TypeScript - Install PWS, create Database (SQLite + Supabase)	✓ Epic-level Backlog ✓ Definition of Ready / Done ✓ 4-month Roadmap
May 6–19	Sprint 1 Inception & UX	Inception & UX	- US-1: Gather Pain Points (survey/interview) - US-2: Wireframe (main screen + navigation)	✓ Low-Fidelity Wireframe ✓ Persona set (elderly farmers)
May 20–Jun 2	Sprint 2 Data & Database	Data & Database	- US-3: ER Diagram / Data Dictionary - US-4: Setup Google Sheet → Looker Studio Dashboard	✓ Main schema & key relationship ✓ Prototype with online mock-up
Jun 3–16	Sprint 3 Core Module v0.1	Core Module v0.1	- US-5: Feeding Schedule Module - US-6: Feeding Notification Table	✓ Silkworm batch creation form ✓ Job Scheduler (unit test $\geq 70\%$)
Jun 17–30	Sprint 4 Alerts & Line Bot	Alerts & Line Bot	- US-7: Push Notification / Line Bot API - US-8: UI toggle for elderly users	✓ Real-device notification test ✓ Elderly UI toggle completed
Jul 1–14	Sprint 5 Recording & Image Upload	Recording & Image Upload	- US-9: Camera / Gallery Upload - US-10: Data entry form (URL link)	✓ Image upload (<200 KB/pic) ✓ Silkworm record display
Jul 15–28	Sprint 6 Reporting & Analytics	Reporting & Analytics	- US-11: Survival Rate Report - US-12: Export CSV/PDF	✓ Looker Studio Dashboard (beta) ✓ Export to PDF working
Jul 29–Aug 11	Sprint 7 Field Pilot – Batch 1	Field Pilot – Batch 1	- US-13: Deploy to 30 elderly farmers (Batch 1)	✓ Pilot Logbook (30 participants) ✓ Critical Bug Report <5 items
Aug 12–25	Sprint 8 Refine & Hardening	Refine & Hardening	- US-14: UI/UX refinement from feedback - US-15: Test Coverage $\geq 85\%$ - US-16: Manual update - US-17: Infographic guide	✓ Release Candidate 1.0 ✓ Voice/manual guide (TH) ready

Table 2. Agile–Scrum Software Development Plan (Cont.)

Timeline	Sprint	Main Goal	Key Epic / User Story	Output (Definition of Done)
Aug 26–31	Sprint Retro & Planning	Retrospective & Planning	- Sprint Review with farmers - Roadmap post-launch	✓ “Lessons Learned” Document ✓ Q4 Backlog
May 1–5	Sprint 0 Kick-off (5days)	Team Setup – Tool Preparation – Product Vision	- Assign Product Owner / Scrum Master/Dev Team (≤ 7) - Setup Git, CI/CD, Jira, React.js, TypeScript - Install PWS, create Database (SQLite + Supabase)	✓ Epic-level Backlog ✓ Definition of Ready / Done ✓ 4-month Roadmap
May 6–19	Sprint 1 Inception & UX	Inception & UX	- US-1: Gather Pain Points (survey/interview) - US-2: Wireframe (main screen + navigation)	✓ Low-Fidelity Wireframe ✓ Persona set (elderly farmers)
May 20–Jun 2	Sprint 2 Data & Database	Data & Database	- US-3: ER Diagram / Data Dictionary - US-4: Setup Google Sheet → Looker Studio Dashboard	✓ Entity-Relationship Diagram ✓ Prototype dashboard online
Jun 3–16	Sprint 3 Core Module v0.1	Core Module v0.1	- US-5: “Feeding Schedule” module - US-6: Feeding notification system	✓ Silkworm rearing form ✓ Job Scheduler tested (Unit Test ≥ 70%)
Jun 17–30	Sprint 4 Notification & Line Bot	Notification & Line Bot	- US-7: Push Notification / Line Bot API - US-8: Elderly-friendly font/large button	✓ Notification on real devices ✓ Toggle control in-app
Jul 1–14	Sprint 5 Recording & Image	Recording & Image	- US-9: Camera / Gallery Upload - US-10: Import URL for image data	✓ Upload function (<200 KB/image) ✓ Image storage for silkworm
Jul 15–28	Sprint 6 Report & Analytics	Report & Analytics	- US-11: Report survival rate - US-12: Export CSV/PDF	✓ Looker Studio Dashboard (Beta) ✓ Export PDF
Jul 29–Aug 11	Sprint 7 Field Pilot (Batch 1)	Field Pilot Batch 1	- US-13: Deploy with 30 elderly farmers (Batch 1)	✓ Pilot Logbook completed (30 farmers) ✓ Critical Bug Report <5 items
Aug 12–25	Sprint 8 Refine & Hardening	Refine & Hardening	- US-14: Collect feedback & bug log - US-15: Revise UI/UX - US-16: Test coverage ≥ 85% - US-17: User manual + infographic	✓ Release Candidate 1.0 ✓ User manual (TH) ready
Aug 26–31	Sprint Retro & Plan (Batch 2)	Sprint Review & Planning (Batch 2)	- Sprint Review with farmers - Roadmap post-launch	✓ “Lessons Learned” document ✓ Backlog for Q4 sprint

3. ระยะเวลาทดลองใช้กับกลุ่มเกษตรกรผู้สูงอายุ จำนวน 30 คน ในพื้นที่ตำบลเขา จังหวัดสุรินทร์ โดยเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ ได้แก่ ผลผลิต และอัตราการรอดชีวิต และเชิงคุณภาพ ได้แก่ การสังเกตและการสัมภาษณ์ การทดลองดำเนินการในช่วง

เดือนพฤษภาคม-มิถุนายน 2567 ซึ่งเป็นช่วงที่ฝนไม่ตกชุกในจังหวัดสุรินทร์และเหมาะสมต่อการเลี้ยงไหม ทีมวิจัยลงพื้นที่ติดตามทุกสัปดาห์และมีการติดตามผ่าน LINE Group รายวันเพื่อแก้ไขปัญหาทันที รวมถึงการให้คำปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญเมื่อพบปัญหาเฉพาะหน้า

4. ระยะการประเมินและถ่ายทอดเทคโนโลยี โดยการวิเคราะห์ข้อมูลมีการควบคุมตัวแปรร่วม (Covariates) ได้แก่ อายุ ประสบการณ์เลี้ยงไหม การใช้สมาร์ตโฟน และสายพันธุ์/แหล่งไขไหม รวมทั้งทำการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) โดยจำลองกรณีเกษตรกรผู้เริ่มต้น (ลดประสิทธิภาพ 10–20%) เทียบกับกลุ่มผู้เลี้ยงไหมมืออาชีพ เพื่อประเมินความคงทนของผลลัพธ์ และสรุปผลเพื่อสร้างชุมชนแห่งการเรียนรู้

Table 3. Summarizes the Core Features that Support Hypothesis Testing.

Feature	Objective	Measurement Metric
Smart Planning	Reduce planning time	Time-to-plan metric
Auto Alerts	Increase survival rate	Survival rate tracking
Voice Commands	Enhance adoption among elderly users	Usage frequency
Visual Analytics	Improve comprehension	User comprehension score
Community Share	Promote technology transfer	Social sharing metrics

จาก Table 3. แสดงถึง Core Features ได้แก่ วางแผนการเลี้ยงไหม, ระบบการแจ้งเตือนอัตโนมัติ, สั่งการด้วยเสียง, รายงานสถิติ และการถ่ายทอดเทคโนโลยี

5.6 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยมุ่งเน้น การมีส่วนร่วม การอบรมปฏิบัติจริง และการติดตามแบบผสมผสาน (สังเกตและสัมภาษณ์) ควบคุมการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ (แบบประเมิน Log การใช้งานแอปพลิเคชันและผลผลิตจริง) วิเคราะห์ด้วยสถิติพรรณนาและวิเคราะห์ข้อมูล Log ผ่านการทำเหมืองข้อมูลเพื่อสกัดแนวโน้ม

5.7 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัยนี้ใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.), การทดสอบค่าที (paired t-test) เพื่อเปรียบเทียบก่อน-หลัง

6. ผลการวิจัย (Results)

งานวิจัยนี้รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลอย่างเป็นระบบ ผลลัพธ์สรุปได้ดังนี้

6.1 ผลการพัฒนาเทคโนโลยีแอปพลิเคชันระบบโรงเรือนเลี้ยงไหมอัจฉริยะประสิทธิภาพสูง

1. บริบทการเลี้ยงไหม ปัญหา และความต้องการ

การสังเกตเกษตรกร 30 รายใน ตำบลตาเบา จังหวัดสุรินทร์ (1–7 เม.ย. 2567) พบว่าส่วนใหญ่เป็นสตรีอายุ 65–70 ปี (ประสบการณ์ 5–15 ปี) จบการศึกษาชั้นพื้นฐานร้อยละ 86.6 และมีสมาร์ตโฟนใช้ ร้อยละ 70 แต่ยังคงขาดทักษะดิจิทัล ข้อจำกัด คือ ระยะเวลาการสังเกตเพียง 7 วัน เป็นเพียงการทดสอบนำร่อง (Pilot Test) และควรมีการขยายผลในอนาคตอาจไม่ครอบคลุมรอบการเลี้ยงไหมทั้งหมด จึงต้องมีการติดตามเพิ่มเติมในระยะยาว กลุ่มผู้เข้าร่วมส่วนใหญ่เป็นผู้เลี้ยงไหมที่มีความสามารถสูงและได้รับการยอมรับด้านคุณภาพเส้นไหม (รายงานต่อกรมหม่อนไหมและได้รับรางวัลระดับประเทศ) จึงมีความเป็นไปได้ที่ผลผลิตและอัตราการรอดสูงกว่าค่าเฉลี่ยของเกษตรกรทั่วไป การทดลองในครั้งนี้ดำเนินการเพียงพื้นที่เดียวใช้เวลาเล็กน้อย ซึ่งอาจยังไม่สะท้อนความผันแปรตามฤดูกาลหรือพื้นที่ที่แตกต่างกัน จึงควรมีการศึกษาต่อเนื่องในหลายพื้นที่และหลายฤดูกาล เพื่อยืนยันความคงที่และความน่าเชื่อถือของผลลัพธ์

2. ผลการพัฒนาและทดสอบแอปพลิเคชัน

ผลการพัฒนาแอปพลิเคชัน พบว่า ฟีเจอร์เด่นของแอปพลิเคชัน ได้แก่ 1) Voice Command ด้วย Web Speech API ที่รองรับภาษาไทย 2) ระบบแจ้งเตือนอัจฉริยะที่ปรับตามรูปแบบการเลี้ยงของแต่ละเกษตรกร 3) การทำงานแบบ Offline-first ที่ซิงค์ข้อมูลเมื่อมีอินเทอร์เน็ต 4) การวิเคราะห์แนวโน้มจากข้อมูลประวัติการเลี้ยง และ 5) ระบบแจ้งเตือนเชิงพยากรณ์จากรูปแบบข้อมูลที่เกิดขึ้นงานวิจัย ตัวอย่างแอปพลิเคชัน ดัง Figure 4. และ Figure 5.



Figure 4. Main Interface (a) Functions of Smart Silkworm Farm Application (b) and Warning Button (c).

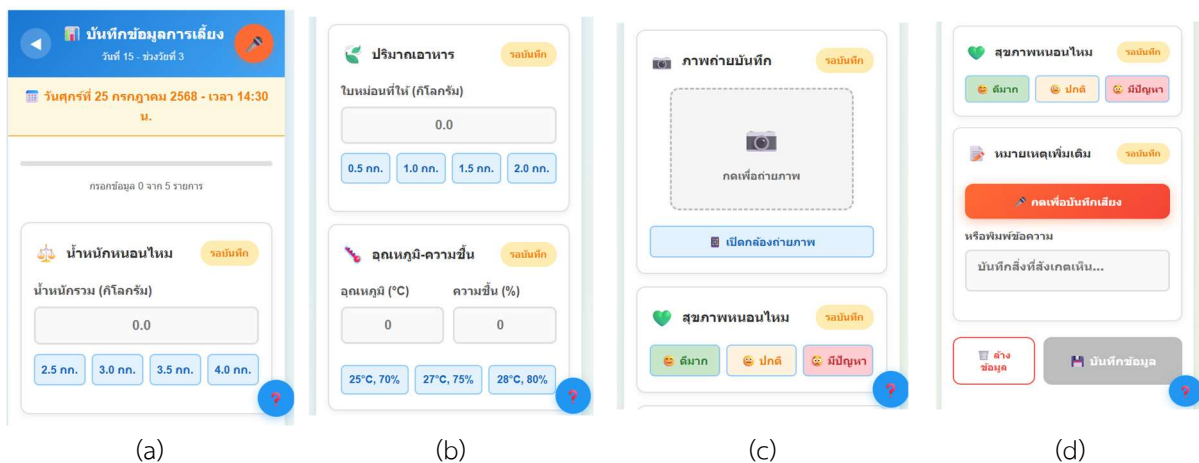


Figure 5. Weight Screen (a), Feeding and Temperature-Humidity Screen (b), Take Picture Screen (c), Clear & Save (d)

Table 4. Comparison of Silkworm Farming Performance Before and After Application.

Indicator	Before Application (M±SD)	After Application (M±SD)	Batch 1	Batch 2	% Change	p-value
Average yield (kg/batch)	10.2 ± 1.8	18.5 ± 2.3	12.80	18.5	+44.5%***	< 0.001
Survival rate (%)	72.0 ± 8.5	96.0 ± 3.2	89	96	+33.3%***	< 0.001
Rearing period (days)	26.0 ± 2.1	19.1 ± 1.7	21.5	19.1	-26.5%**	< 0.01
Income per batch (Baht)	15,300 ± 2,450	31,450 ± 3,120	19,200	31,450	+105.6%***	< 0.001

Note: N = 30, * p < 0.05, ** p < 0.01, *** p < 0.001, statistical test used: paired t-test

จาก Table 4. แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเลี้ยงไหมก่อนและหลังการใช้แอปพลิเคชัน พบว่าผลผลิตเฉลี่ยและอัตราการรอดชีวิตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p < 0.001) ขณะที่ระยะเวลาเลี้ยงลดลง และรายได้เพิ่มขึ้นกว่าเท่าตัว สะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพของแอปพลิเคชันต่อการยกระดับประสิทธิภาพการเลี้ยงไหม

3. ผลการประเมินการใช้งานฟิเจอร์
ผลงานวิจัย ดัง Table 5.

Table 5. Comparison of Application Features Before and After the Update.

Feature	Before Using App (Baseline)	After Using App (Mean ± SD)	Evaluation/Remarks
Feeding reminder system	Manual notetaking per feeding/month	4.6 ± 0.5	High satisfaction score, effectively solves feeding reminder problems
Temperature & humidity monitoring	Manual observation	4.4 ± 0.6	Used sensors/logs, allowing timely detection
Hygiene reminder	No reminder system	4.0 ± 0.6	Helps prevent disease accumulation (e.g., germs, humidity)
Recording (feeding/logs)	Notebook/paper logs	3.9 ± 0.7	Consolidate data for CBA analysis
Disease/abnormality alert system	Farmer’s experience only	4.3 ± 0.7	Provides early warnings (e.g., Grasserie disease, deformities)
Voice command	Not available	4.7 ± 0.4	Supports elderly use, improves accessibility
User satisfaction	—	4.8 ± 0.5 (baseline 4.2 ± 0.6)	Significant improvement confirmed (paired t-test, p < 0.05)

จาก Table 5. แสดงให้เห็นว่าฟิเจอร์หลักทั้งหมดมีคะแนนความพึงพอใจสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะฟิเจอร์ใหม่ เช่น Voice Command และระบบแจ้งเตือนต่าง ๆ ช่วยให้ผู้สูงวัยใช้งานได้สะดวกและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

6.2 ผลการออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันระบบโรงเรือนเลี้ยงไหมอัจฉริยะที่มีอินเทอร์เฟซเหมาะสมสำหรับเกษตรกรสูงวัย

ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ พบว่า รายได้เฉลี่ยต่อรุ่นเพิ่มจาก 15,300 บาทเป็น 31,450 บาท (+105.6%) โดยมีการลดค่าใช้จ่าย ค่าอาหารไหม 750 บาท/รุ่น (จากการให้อาหารที่เหมาะสมตามคำแนะนำของแอปพลิเคชัน) ค่ายา 580 บาท/รุ่น (จากการป้องกันโรคที่มีประสิทธิภาพ) และลดเวลาทำงาน 25 ชั่วโมง/รุ่น (จากระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติ) การคำนวณนี้อิงจากราคาไหมสด 150 บาท/กก. และต้นทุนการผลิตเฉลี่ย 8,500 บาท/รุ่น

สูตรอ้างอิง กำไรสุทธิ (Net Benefit) = ผลประโยชน์รวม – ต้นทุนรวม

อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อ ต้นทุน (BCR) = ผลประโยชน์รวม ÷ ต้นทุนรวม

Table 6. Cost–Benefit Analysis (One Cycle and 3-Year Projection)

Items	One Cycle	3-Year Projection
Total Cost (Baht)	12,000	36,500
Total Benefit (Baht)	31,450	105,000
Net Benefit (Baht)	19,450	68,500
Benefit–Cost Ratio (BCR)	2.62	2.87

จาก Table 6. แสดงผลการวิเคราะห์ต้นทุน–ผลตอบแทนทั้งต่อรอบการผลิตและการคาดการณ์ 3 ปี พบว่า BCR > 1 ในทุกกรณี แสดงถึงความคุ้มค่าของการใช้แอปพลิเคชันเลี้ยงไหมในระยะสั้นและระยะยาว

6.3 ผลการประเมินประสิทธิภาพการยอมรับเทคโนโลยีของเกษตรกรสูงวัยโดยใช้โมเดล Technology Acceptance Model (TAM) และ Diffusion of Innovation (DOI)

1. การยอมรับและการแพร่กระจายนวัตกรรมของเกษตรกรสูงวัย ผลการถ่ายทอดเทคโนโลยีแอปพลิเคชันแก่กลุ่มเกษตรกรสูงวัย พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่มีการตอบรับเชิงบวก โดยมีการใช้งานจริงอย่างต่อเนื่องและเกิดการแลกเปลี่ยน

เรียนรู้ภายในชุมชนผ่านกลุ่ม LINE “Learning Community” ทำให้การแพร่กระจายความรู้เป็นไปอย่างรวดเร็ว การวิเคราะห์ด้วย ทฤษฎีการแพร่กระจายนวัตกรรม (Diffusion of Innovation Theory) แสดงให้เห็นสัดส่วนการยอมรับของเกษตรกรสูงวัยในแต่ละกลุ่ม ได้แก่ 1) นวัตกรรม (Innovators) 16.7% 2) ผู้ยอมรับก่อน (Early Adopters) 23.3% 3) ส่วนใหญ่ตอนต้น (Early Majority) 37% 4) ส่วนใหญ่ตอนปลาย (Late Majority) 20% 5) ผู้ล่าช้า (Laggards) 3% รูปแบบการยอมรับดังกล่าวสอดคล้องกับ Bell Curve ของ Rogers (2003) และเมื่อสะสมอัตราการยอมรับตลอดการทดลองจะแสดงเป็น S-Curve ที่มีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง แสดงให้เห็นว่าการใช้เทคโนโลยีมีแนวโน้มแพร่กระจายขยายไปในชุมชนมากขึ้น

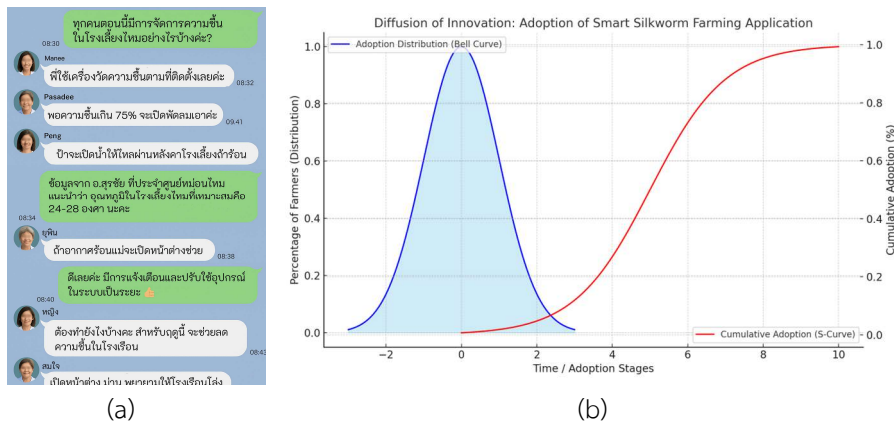


Figure 6. LINE “Learning Community” (a) and Diffusion of Innovation Curve among Elderly Farmers (b).

จาก Figure 6. (a) พบว่า การใช้งานจริงอย่างต่อเนื่องของกลุ่มเกษตรกรสูงวัยและเกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ภายในชุมชนผ่านกลุ่มด้วยแอปพลิเคชัน LINE และ Figure 6. (b) เป็นการแสดงรูปแบบการยอมรับเทคโนโลยีของเกษตรกรสูงวัย 30 คนในการศึกษานี้ พบว่า เส้นโค้งระฆังแสดงกลุ่มผู้ยอมรับนวัตกรรมแต่ละกลุ่ม ขณะที่เส้นโค้งรูปตัว S แสดงการยอมรับสะสมตามช่วงเวลา ซึ่งสอดคล้องอย่างใกล้ชิดกับการกระจายแบบเส้นโค้งระฆัง (Bell Curve) ของ Rogers (2003) แสดงสัดส่วนของกลุ่มผู้ยอมรับนวัตกรรมแต่ละกลุ่ม ขณะที่เส้นโค้งรูปตัว S แสดงการยอมรับสะสมตามช่วงเวลา โดยเกษตรกรส่วนใหญ่ (60%) ยอมรับเทคโนโลยีหลังจากได้เห็นประโยชน์จริงในด้านผลผลิตและอัตราการรอดชีวิตของหนอนไหม และการยอมรับเทคโนโลยียังมีความสัมพันธ์กับปัจจัยทางสังคมและเศรษฐกิจ เช่น ความพร้อมด้านสมาร์ทโฟน ประสบการณ์การใช้งานดิจิทัล และแรงจูงใจทางเศรษฐกิจ ส่งผลต่อการเร่งหรือชะลอการแพร่กระจายนวัตกรรมในชุมชน

2. ประสิทธิภาพของเกษตรกรอัจฉริยะในบริบทไทย ประสิทธิภาพการเลี้ยงไหมสอดคล้องกับแนวคิดเกษตรกรอัจฉริยะและการเกษตรดิจิทัล (Digital Agriculture) ทำให้อัตราโรคลดจาก 28% เหลือ 5% (-57.1%) สาเหตุหลักจากระบบแจ้งเตือนที่ช่วยให้เกษตรกรดูแลหนอนไหมได้ทันทั่วทั้งปี และการใช้ AI ในการวิเคราะห์รูปแบบการเจริญเติบโตที่ผิดปกติ ยืนยันประสิทธิภาพระบบแจ้งเตือนและการจัดการข้อมูลดิจิทัล ทั้งนี้ ผลการลดอัตราโรค ในช่วงการทดลองยังพบการระบาดของโรคแกรสเซอร์ หรือที่เกษตรกรเรียกว่า “โรคเตื่อ” โดยหนอนไหมที่ติดโรคมมีอาการตัวบวมเหลือง อ่อนแอ ไม่กินใบหม่อน ปล้องตามลำตัวบวม ผ่นลำตัวเป็นมันวาว และมักจะตายในที่สุด เกษตรกรใช้ระบบแจ้งเตือนของแอปพลิเคชันในการกำหนดเวลาเพื่อตรวจและคัดแยกหนอนไหมที่มีอาการผิดปกติออกตั้งแต่วัยอ่อน (วัย 1-2) จนถึงวัยแก่ (วัย 4-5) อย่างสม่ำเสมอ วิธีนี้ช่วยป้องกันการแพร่กระจายของโรคและเพิ่มความมั่นใจในการเลี้ยงไหมให้มีความยั่งยืนมากขึ้น (หมายเหตุ: ในช่วงทดลอง ศูนย์หม่อนไหมได้พัฒนาสายพันธุ์ไหมที่ให้ผลผลิตเส้นไหมสูง ซึ่งอาจมีส่วนเสริมประสิทธิภาพโดยรวม ทั้งนี้ผลลัพธ์ขึ้นกับแหล่งที่มาของไขไหม/สายพันธุ์ที่ใช้ในแต่ละรอบด้วย)

3. การสร้างชุมชนแห่งการเรียนรู้ การเกิดขึ้นของ “ชุมชนแห่งการเรียนรู้” ซึ่งเกษตรกรที่เชี่ยวชาญกลายเป็น “Digital Coach” ให้เพื่อนบ้าน การใช้ LINE แลกเปลี่ยนเคล็ดลับและแก้ปัญหา โดยมีการแลกเปลี่ยนข้อความเฉลี่ย 10-15 ข้อความ/วัน นำโดยโค้ชดิจิทัล (Digital Coach) ก่อให้เกิดเครือข่ายช่วยเหลือที่ยั่งยืน

7. สรุปผลการวิจัย (Conclusion)

ผลลัพธ์หลัก (1) แอปพลิเคชันที่พัฒนาสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงไหมอย่างมีนัยสำคัญ โดยเพิ่มผลผลิต 44.5% และรายได้ 105.6% (2) เกษตรกรสูงวัยสามารถใช้เทคโนโลยีได้อย่างมีประสิทธิภาพหากได้รับการออกแบบที่เหมาะสม (3) การใช้ Agile-Scrum ช่วยให้การพัฒนาตอบสนองความต้องการผู้ใช้ได้ดี ทั้งนี้ ผลลัพธ์ที่ได้อาจได้รับอิทธิพลจากปัจจัยควบคุมหลายประการ ได้แก่ การคัดเลือกเกษตรกรมีอาชีพ ช่วงเวลาทดลองที่เหมาะสม และการติดตามใกล้ชิดจากทีมวิจัย การขยายผลสู่เกษตรกรทั่วไปจึงต้องคำนึงถึงความแตกต่างของบริบทและความพร้อมของผู้ใช้งาน งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการออกแบบ UI/UX ที่เหมาะสมกับผู้สูงวัยมีบทบาทสำคัญไม่แพ้กับฟังก์ชันการทำงานของแอปพลิเคชัน โดยเฉพาะการใช้ฟอนต์ขนาดใหญ่ ระบบ Voice Command ซึ่งเป็นองค์ความรู้เฉพาะที่สำคัญสำหรับการพัฒนาเทคโนโลยีเกษตรในอนาคต

ความหมายเชิงทฤษฎี งานวิจัยนี้ยืนยันทฤษฎี TAM และ DOI ในบริบทเกษตรกรไทยสูงวัย โดยพบว่า “การรับรู้ประโยชน์” เป็นปัจจัยสำคัญที่สุด และการมี “Digital Coach” ในชุมชนช่วยเร่งการแพร่กระจายเทคโนโลยี

ความหมายเชิงปฏิบัติ ผลลัพธ์นี้สามารถต่อยอดสู่เทคโนโลยีเกษตรอื่นและขยายผลสู่พื้นที่ต่าง ๆ ทั่วประเทศ เพื่อสนับสนุนยุทธศาสตร์ Thailand 4.0 และ BCG Economy ในการยกระดับภาคเกษตรด้วยเทคโนโลยีดิจิทัล

ข้อจำกัดของการวิจัย (1) กลุ่มตัวอย่างเป็นเกษตรกรมีอาชีพที่คัดเลือกมาแล้วและมีทักษะดิจิทัลเบื้องต้น จึงอาจไม่สะท้อนภาพรวมของเกษตรกรทั่วไป (2) การทดลองในช่วงฤดูที่เหมาะสมและมีการติดตามใกล้ชิดจากทีมวิจัย อาจส่งผลต่อประสิทธิภาพที่สูงกว่าการใช้งานจริงในสภาวะปกติ (3) ระยะเวลาทดลองเพียง 2 รอบการเลี้ยงในพื้นที่เดียว (4) ความยั่งยืนของการใช้งานและการขยายผลในวงกว้างต้องการการศึกษาติดตามระยะยาว

8. อภิปรายผลการวิจัย (Discussion)

8.1 การเปรียบเทียบกับงานวิจัยก่อนหน้า

ผลการศึกษาสอดคล้องกับงานของ Dhingra & Mudgal (2019) ที่พบว่า Perceived Usefulness มีอิทธิพลสูงสุดต่อการยอมรับเทคโนโลยี แต่งานวิจัยนี้เพิ่มมิติใหม่ในการออกแบบ UX สำหรับผู้สูงวัยและการใช้ Agile-Scrum ในบริบทเกษตรกร ซึ่งต่างจากงานของ Lindberg & De Troyer (2021) ที่ศึกษาในบริบทการใช้งานทั่วไปงานนี้เฉพาะเจาะจงกับการเลี้ยงไหมและแสดงให้เห็นว่าการออกแบบที่คำนึงถึงบริบทวัฒนธรรมและอาชีพมีความสำคัญ

8.2 การยอมรับเทคโนโลยีของเกษตรกรสูงวัย

ผลการศึกษาแสดงว่า เกษตรกรเห็นคุณค่าจากแอปพลิเคชันทันที ทั้งการเพิ่มผลผลิต (เพิ่มขึ้น 44.5% ในรุ่น 2) และการลดต้นทุน จึงตัดสินใจใช้เทคโนโลยีอย่างรวดเร็ว แม้จะเป็น กลุ่มผู้สูงวัยการออกแบบ UI/UX ที่เป็นมิตรกับสายตาและพฤติกรรมผู้สูงอายุ เช่นการขยายฟอนต์ ร้อยละ 20 ลดความซับซ้อนเมนูร้อยละ 30 และปรับ Voice Recognition ให้รู้จำเสียงภาษาไทย ช่วยยกระดับความพึงพอใจอย่างมีนัยสำคัญสอดคล้องหลัก UX ผู้สูงวัยของ Gomez-Hernandez et al. (2023) การเกิดขึ้นของ “ชุมชนแห่งการเรียนรู้” ซึ่งเกษตรกรที่เชี่ยวชาญกลายเป็น “Digital Coach” ให้เพื่อนบ้าน การใช้ LINE แลกเปลี่ยนเคล็ดลับและแก้ปัญหาโดยมีการแลกเปลี่ยนข้อความเฉลี่ย 10-15 ข้อความ/วัน นำโดยโค้ชดิจิทัล (Digital Coach) ก่อให้เกิดเครือข่ายช่วยเหลือที่ยั่งยืนอย่างใดก็ตาม การใช้ LINE อาจจำกัดในกลุ่มที่ขาดสมาร์ตโฟนหรือทักษะดิจิทัล ซึ่งต้องมีการอบรมเพิ่มเติมและการสนับสนุนอย่างต่อเนื่องรูปแบบชุมชนการเรียนรู้แตกต่างจากการใช้ LINE ในงานเกษตรอื่นที่มักเป็นการแชร์ข้อมูลทั่วไป โดยในงานนี้มีการสร้าง Digital Coach ที่เป็นระบบการถ่ายทอดเทคโนโลยีแบบเฉพาะเจาะจงและมีโครงสร้างชัดเจน นอกจากนี้แล้ว เมื่อปรับปัจจัยร่วม เช่น ประสบการณ์และสายพันธุ์ ผลของการใช้แอปยังคงเป็นบวกอย่างมีนัยสำคัญต่อผลผลิตและอัตราการรอดซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์ความไวที่แสดงว่ากรณีผู้เริ่มต้นยังคงได้ประโยชน์ แม้ประสิทธิภาพลดลง 10-20%

8.3 ความน่าเชื่อถือและข้อจำกัดในการตีความผลลัพธ์

ผลการเพิ่มขึ้นของผลผลิตเฉลี่ย +44.5% สะท้อนให้เห็นประสิทธิผลของแอปพลิเคชัน แต่ยังมีข้อจำกัดที่ควรระวัง ได้แก่ การเก็บข้อมูลจากฤดูกาลเดียวและกลุ่มเกษตรกรมีอาชีพที่มีความชำนาญสูง ซึ่งอาจทำให้ค่าที่ได้สูงกว่าความเป็นจริงหากนำไปใช้กับเกษตรกรผู้เริ่มต้น การศึกษาต่อไปควรขยายผลไปยังพื้นที่และฤดูกาลอื่นเพื่อยืนยันความน่าเชื่อถือ (Robustness) และเพิ่มความทั่วไปใช้ได้ นอกจากนี้ยังไม่มีติดตามผลในระยะยาว (Follow-Up) จึงควรมีการเก็บข้อมูลต่อเนื่อง 1-2 ปี เพื่อประเมินความยั่งยืน (Sustainability) ของผลลัพธ์ รวมถึงการเชื่อมโยง AI/ML ที่ช่วยพยากรณ์โรคไหม

พฤติกรรมกรรมการให้อาหาร และสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะพื้นฐานข้อมูลสำคัญในการพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพมากขึ้นในอนาคต

ข้อจำกัดการวิจัย 1) ความน่าเชื่อถือของผลลัพธ์ (Robustness) ข้อจำกัดของงานนี้คือการเก็บข้อมูลในพื้นที่เดียว และฤดูกาลเดียว การทดลองในครั้งนี้นำมาพิจารณาเพียงพื้นที่เดียว (ตาเบา จังหวัดสุรินทร์) และใช้เวลา 7 วัน ซึ่งอาจยังไม่สะท้อนความผันแปรตามฤดูกาลหรือพื้นที่ที่แตกต่างกัน จึงควรมีการศึกษาต่อเนื่องในหลายพื้นที่และหลายฤดูกาล เพื่อยืนยันความคงที่และความน่าเชื่อถือของผลลัพธ์ 2) ความทั่วไป (Generalizability) การเพิ่มขึ้นของผลผลิตถึง 44.5% อาจสะท้อนลักษณะเฉพาะของกลุ่ม ตัวอย่างที่เป็นผู้เลี้ยงไหมมืออาชีพ มีประสบการณ์สูง และได้รับพันธุ์ที่มีคุณภาพสูง จึงควรระมัดระวังในการอธิบายผลลัพธ์ไปยังเกษตรกรทั่วไปหรือผู้เริ่มต้นใหม่ 3) การยอมรับและการแพร่กระจายเทคโนโลยี เพื่อความกระชับ ผลการยอมรับและการแพร่กระจายจึงถูกรวมไว้ในหัวข้อเดียว โดยใช้ Diffusion of Innovation Curve แสดงการแบ่งกลุ่มผู้ยอมรับและอัตราการสะสมการยอมรับ (S-curve) ซึ่งช่วยให้เห็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมกรรมการนำเทคโนโลยีไปใช้ของเกษตรกรสูงวัยได้ชัดเจนขึ้น 4) ความยั่งยืน (Sustainability) งานนี้ยังไม่มีข้อมูลการติดตาม (Follow-Up) หลังการถ่ายทอดเทคโนโลยีในระยะยาว เช่น การคงอยู่ของการใช้แอปพลิเคชันหรือการลดอัตราโรค จึงควรมีการวิจัยติดตามอย่างน้อย 1-2 ปี เพื่อยืนยันความยั่งยืนของผลลัพธ์ที่ได้ 5) บทบาทของ AI/ML ต่อผลลัพธ์ โมเดล AI/ML ของแอปพลิเคชันมีบทบาทสำคัญต่อผลลัพธ์ ได้แก่ การใช้ Time Series ในการทำนายความชื้นและอุณหภูมิ เพื่อช่วยเกษตรกรปรับสภาพแวดล้อมอย่างเหมาะสม ส่งผลต่ออัตราการรอด ขณะที่โมเดล K-means Clustering ใช้จำแนกพฤติกรรมการกินของหนอนไหม และโมเดล DNN สำหรับ Voice Command ช่วยลดอุปสรรคด้านการใช้งานของผู้สูงวัย การบูรณาการ AI/ML ดังกล่าวเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ผลผลิตและอัตราการรอดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

9. องค์ความรู้และการมีส่วนร่วมทางวิชาการ (Research Contributions)

9.1 การมีส่วนร่วมเชิงทฤษฎี (Theoretical Contributions)

งานวิจัยนี้เป็นหนึ่งในงานแรกที่ยืนยันและขยายทฤษฎี TAM, UTAUT และ DOI ในบริบทเกษตรกรสูงวัย พบว่าการรับรู้ประโยชน์ (Perceived Usefulness) เป็นปัจจัยสำคัญที่สุดต่อการยอมรับแอปพลิเคชัน และการออกแบบ UI/UX ที่เหมาะสมกับผู้สูงวัย สามารถลดอุปสรรคด้านการใช้งานได้อย่างชัดเจน

9.2 การมีส่วนร่วมเชิงวิธีการ (Methodological Contributions)

เป็นการศึกษาครั้งแรกที่ผสมผสาน Mixed Methods Research เข้ากับ Agile-Scrum Framework ในการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับกลุ่มเปราะบาง โดยใช้ 8 สปรินต์รับ feedback ต่อเนื่อง ทำให้สามารถปรับปรุงฟีเจอร์ เช่น สีพื้นหลังปุ่มขนาดใหญ่ และขั้นตอนใช้งานสั้นลง ซึ่งหากใช้ Waterfall จะไม่สามารถตอบสนองได้ทันที การใช้ Agile มีส่วนสำคัญในการเพิ่มผลผลิต +44.5% เพราะช่วยให้แอปใช้งานง่ายและตรงความต้องการจริง

9.3 การมีส่วนร่วมเชิงปฏิบัติ (Practical Contributions)

นวัตกรรมที่เกิดขึ้นประกอบด้วย 3 ประการ: (1) แอปพลิเคชันเลี้ยงไหมที่เหมาะสมกับผู้สูงวัย มี Voice Command และการแจ้งเตือนอัจฉริยะ (2) โมเดล Digital Coach ที่ใช้เกษตรกรนำร่องเป็นผู้ถ่ายทอดเทคโนโลยี (3) รูปแบบ Learning Community ผ่าน LINE อย่างไรก็ตาม ความยั่งยืนของผลประโยชน์ขึ้นกับปัจจัยภายนอก เช่น ราคาตลาดไหม ผลิตภัณฑ์ทดแทน และนโยบายการค้า จึงควรมีการติดตามผลทางเศรษฐกิจในระยะยาว (2-3 ปี) เพื่อยืนยันรายได้ที่เพิ่มขึ้น

9.4 การเชื่อมโยงกับนโยบายระดับชาติ (Policy Contributions)

งานวิจัยนี้สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ Thailand 4.0 และนโยบาย BCG Economy ที่เน้นการใช้เทคโนโลยีเพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์เกษตร ผลลัพธ์ที่พิสูจน์ว่าผู้สูงวัยสามารถใช้เทคโนโลยีได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับการกำหนดนโยบายพัฒนาเทคโนโลยีเกษตรในระดับประเทศ

10. ข้อเสนอแนะงานวิจัย (Recommendation)

1. ข้อเสนอแนะเชิงเทคนิค เพิ่มโมดูลวิเคราะห์โรคจากภาพ (Image Recognition) โดยใช้ Machine Learning และเชื่อมต่อระบบให้อาหารอัตโนมัติ (Auto-Feeding System) ร่วมกับการอัปเดตเซนเซอร์เป็น DHT22 สำหรับความชื้นและอุณหภูมิ และเพิ่มเซนเซอร์แสง (LDR) เพื่อควบคุมสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม

2. ข้อเสนอแนะเชิงพาณิชย์ สำหรับการขยายผลสู่ตลาด แนะนำให้พัฒนาแพ็คเกจบริการที่รวม (1) แอปพลิเคชัน (2) ชุดเซนเซอร์พื้นฐาน (3) การอบรมและ (4) การสนับสนุนหลังการขาย โดยมีราคาเริ่มต้นประมาณ 15,000-20,000 บาท/ชุด ซึ่งเกษตรกรสามารถคืนทุนได้ภายใน 2-3 รอบการเลี้ยง

3. ข้อเสนอแนะงานวิจัยอนาคต 1) ศึกษาประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันกับเกษตรกรที่มีระดับทักษะและประสบการณ์ที่หลากหลาย ทดลองในหลายฤดูกาลและสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกัน และติดตามการใช้งานระยะยาว โดยไม่มีการแทรกแซงจากทีมวิจัย 2) ศึกษาติดตามระยะยาวหลายพื้นที่เพื่อเพิ่ม robustness ของผลการวิจัย และพัฒนาระบบตรวจสอบย้อนกลับ (Traceability System) สำหรับเส้นไหม เพื่อเพิ่มมูลค่าและความน่าเชื่อถือของผลิตภัณฑ์ไหมไทยในตลาดสากล โดยเน้นการใช้เทคโนโลยี QR Code และ Database

11. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ตามประกาศมหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ ประจำปีงบประมาณ 2567 และงานวิจัยนี้ใช้ Artificial Intelligence ในการสร้างภาพองค์ความรู้ใหม่ (ChatGPT) และเรียบเรียงบทคัดย่อภาษาอังกฤษ (ChatGPT) แต่การวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลการวิจัยเป็นการดำเนินการโดยนักวิจัยเอง

12. เอกสารอ้างอิง (References)

- Beck, K., Beedle, M., Bennekum, A. V., Cockburn, A., Cunningham, W., Fowler, M., Grenning, J., Highsmith, J., Hunt, A., Jeffries, R., Kern, J., Marick, B., Martin, R. C., Mellor, S., Schwaber, K., Sutherland, J., & Thomas, D. (2001). *Manifesto for Agile Software Development*. <https://agilemanifesto.org>.
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and Conducting Mixed Methods Research* (3rd ed.). SAGE Publications.
- 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>.
- Department of Provincial Administration. (2025). *Population Registration Statistics*. <https://stat.bora.dopa.go.th/stat/statnew/statMONTH/statmonth/#/displayData>. (In Thai)
- Dhingra, M., & Mudgal, R. K. (2019, November 22-23). Applications of Perceived Usefulness and Perceived Ease of Use: A Review. *2019 8th International Conference System Modeling and Advancement in Research Trends (SMART)*, 293-298. IEEE. <https://doi.org/10.1109/SMART46866.2019.9117404>.
- Gomez-Hernandez, M., Ferre, X., Moral, C., & Villalba-Mora, E. (2023). Design Guidelines of Mobile Apps for Older Adults: Systematic Review and Thematic Analysis. *JMIR mHealth and uHealth*, 11, e43186. <https://doi.org/10.2196/43186>.
- Khaspuria, G., Khandelwal, A., Agarwal, M., Bafna, M., Yadav, R., & Yadav, A. (2024). Adoption of Precision Agriculture Technologies among Farmers: A Comprehensive Review. *Journal of Scientific Research and Reports*, 30(7), 671-686. <https://doi.org/10.9734/jsrr/2024/v30i72180>.
- Lindberg, R. S. N., & De Troyer, O. (2021). Towards an Up to Date List of Design Guidelines for Elderly Users. *CHI Greece 2021: 1st International Conference of the ACM Greek SIGCHI Chapter*, 1-7. Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3489410.3489418>.
- Queen Sirikit Department of Sericulture. (2021). *Report on IoT System Trials, Key Outcomes, and Mobile Application in Model Silkworm Farms*. Ministry of Agriculture and Cooperatives. (In Thai)
- Queen Sirikit Department of Sericulture. (2024). *Statistics of Sericulture Production in Thailand*. Ministry of Agriculture and Cooperatives. (In Thai)
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of Innovations* (5th ed.). Free Press.
- Sutherland, J., & Schwaber, K. (2020). *The Scrum Guide: The Definitive Guide to Scrum: The Rules of the Game*. Scrum.org. <https://scrumguides.org/docs/scrumguide/v2020/2020-Scrum-Guide-US.pdf>.