

การพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพแอปพลิเคชันบริหารจัดการฟาร์มไก่สวยงาม อัจฉริยะเพื่อสนับสนุนเกษตรดิจิทัล *

DEVELOPMENT AND EVALUATION OF A SMART ORNAMENTAL CHICKEN FARM MANAGEMENT APPLICATION FOR DIGITAL AGRICULTURE

จรูญ ถิ่นพระบาท, เตชิตา สุทธิรักษ์*, วิสูตร เพชรรัตน์

Jaru Thinprabaht, Taechita Sutthirak*, Wisut Petcharat

คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช นครศรีธรรมราช ประเทศไทย

Faculty of Management Science, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University, Nakhon Si Thammarat, Thailand

*Corresponding author E-mail: taechita_sut@nstru.ac.th

*Tel: 086-948-8176

บทคัดย่อ

การเลี้ยงไก่พื้นเมืองและไก่สวยงามมีบทบาทสำคัญต่อเศรษฐกิจท้องถิ่นในหลายภูมิภาคของประเทศไทย โดยเฉพาะภาคใต้ การประยุกต์ใช้แนวคิดเกษตรดิจิทัลจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการฟาร์มได้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันบริหารจัดการฟาร์มไก่สวยงามอัจฉริยะตามแนวคิดเกษตรดิจิทัล 2) ประเมินคุณภาพแอปพลิเคชันตามมาตรฐานคุณภาพซอฟต์แวร์ ISO/IEC 25010 3) วิเคราะห์การยอมรับเทคโนโลยีตามแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี TAM และ 4) เปรียบเทียบประสิทธิผลการปฏิบัติงานก่อนและหลังการใช้แอปพลิเคชันด้วยสถิติ Paired-samples t-test การวิจัยใช้ระเบียบวิธีวิจัยและพัฒนาโดยพัฒนาแอปพลิเคชันตามแนวคิด Waterfall Model กลุ่มตัวอย่าง คือ เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่สวยงามในอำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราช จำนวน 32 ราย วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน และ paired-samples t-test ผลการวิจัยพบว่า แอปพลิเคชันสามารถสนับสนุนการบริหารจัดการฟาร์มได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยบูรณาการข้อมูลไถ่รายตัว ข้อมูลสุขภาพและวัคซีน การตรวจสอบย้อนกลับด้วย QR Code ข้อมูลต้นทุนและรายได้ และการติดตามสภาพแวดล้อมด้วย IoT ไว้ในแพลตฟอร์มเดียว ผลการประเมินคุณภาพซอฟต์แวร์ตามมาตรฐาน ISO/IEC 25010 อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.77$) และการยอมรับเทคโนโลยีตามแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี TAM อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.78$) ผลการทดสอบ paired-samples t-test พบว่าเวลาเฉลี่ยในการปฏิบัติงานหลังใช้แอปพลิเคชันลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$) และมีขนาดอิทธิพลสูง (Cohen's $d_z = 1.45 - 2.56$) ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าแอปพลิเคชันสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการข้อมูล ลดเวลาในการปฏิบัติงาน และสนับสนุนการตัดสินใจบนฐานข้อมูลในการบริหารจัดการฟาร์มไก่สวยงามได้อย่างเหมาะสม

คำสำคัญ: แอปพลิเคชันบริหารจัดการฟาร์มไก่สวยงาม, การเกษตรดิจิทัล, มาตรฐานคุณภาพซอฟต์แวร์, การยอมรับเทคโนโลยี, ฟาร์มไก่สวยงามอัจฉริยะ

Abstract

Native and ornamental chicken farming plays an important role in local economies across several regions of Thailand, particularly in the southern region. The application of digital agriculture concepts is therefore considered a promising approach to enhancing farm management efficiency. This study aimed to: 1) Design and develop a smart ornamental chicken farm management application based on the concept of digital agriculture; 2) Evaluate the quality of the application according to the ISO/IEC 25010 software quality standard; 3) Analyze users' technology acceptance based on the Technology Acceptance Model (TAM); and 4) Compare operational effectiveness before and after using the application through a paired-samples t-test. This study employed a research and development methodology. The application was developed based on the Waterfall Model. The sample consisted of 32 ornamental chicken farmers in Nopphitam District, Nakhon Si Thammarat Province, Thailand. Data were analyzed using mean, standard deviation, Pearson's correlation coefficient, and a paired-samples t-test. The findings revealed that the application effectively supported farm management by integrating individual chicken records, health and vaccination data, QR Code-based traceability, cost and revenue data, and IoT-based environmental monitoring into a single platform. The software quality assessment, based on ISO/IEC 25010, was at the highest level ($\bar{x} = 4.77$), and technology acceptance, based on TAM, was also at the highest level ($\bar{x} = 4.78$). The paired-samples t-test results indicated that the average task completion time after using the application decreased significantly ($p < .001$), with large effect sizes (Cohen's $d_z = 1.45 - 2.56$). These findings demonstrate that the application can improve data management efficiency, reduce operational time, and support data-driven decision-making in ornamental chicken farm management.

Keywords: Smart Ornamental Chicken Farm Management Application, Digital Agriculture, ISO/IEC 25010, Technology Acceptance Model, Smart Farming

บทนำ

ภาคการเกษตรของประเทศไทยมีบทบาทสำคัญต่อโครงสร้างเศรษฐกิจฐานรากและความมั่นคงทางอาหารของประเทศ โดยเฉพาะการเลี้ยงสัตว์พื้นเมืองและสัตว์เศรษฐกิจที่มีความเชื่อมโยงกับวิถีชีวิต วัฒนธรรม และเศรษฐกิจชุมชนอย่างแน่นแฟ้น (สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2566) การเลี้ยงไก่พื้นเมืองและไก่สวยงามถือเป็นกิจกรรมทางเศรษฐกิจที่แพร่หลายในหลายภูมิภาค โดยเฉพาะภาคใต้ซึ่งมีจำนวนเกษตรกรรายย่อยกระจายตัวอยู่ในระดับตำบลและหมู่บ้านจำนวนมาก ข้อมูลเชิงสถิติระบุว่าประเทศไทยมีจำนวนไก่พื้นเมือง

มากกว่า 116.32 ล้านตัว กระจายอยู่ในทุกภูมิภาค และในภาคใต้มี จำนวน 13.94 ล้านตัว (กรมปศุสัตว์, 2568) ขณะที่ จังหวัดนครศรีธรรมราชมีเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมืองถึง 67,514 ราย รวมจำนวนไก่ 5.96 ล้านตัว (กรมปศุสัตว์, 2566) สะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพของภาคการเกษตรระดับชุมชนอย่างชัดเจน นอกจากบทบาทด้านความมั่นคงทางอาหารแล้ว ไก่พื้นเมืองยังสามารถต่อยอดสู่กิจกรรมทางเศรษฐกิจเชิงมูลค่าเพิ่ม โดยเฉพาะการเลี้ยงไก่สวยงาม ซึ่งเป็นรูปแบบ การใช้ประโยชน์จากสัตว์พื้นเมืองผ่านการคัดเลือก และพัฒนาลักษณะทางกายภาพให้มีคุณค่าด้านสุนทรียภาพ และการประกวด (เตชิตา สุทธิรักษ์ และคณะ, 2567) การกระจายตัวของเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมืองในระดับตำบล และหมู่บ้าน โดยเฉพาะในภาคใต้ จึงเอื้อต่อการพัฒนาการเลี้ยงไก่สวยงามให้เป็นสัตว์เศรษฐกิจเชิงวัฒนธรรม และ สินค้าชุมชนที่สร้างมูลค่าเพิ่ม สร้างรายได้เสริมแก่เกษตรกรรายย่อย

ในบริบทของเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่สวยงามในอำเภออบพิดำ จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยเฉพาะพื้นที่ชุมชน บ้านวังนาค มีการพัฒนาและเพาะพันธุ์ไก่แจ้สวยงามอย่างต่อเนื่องยาวนานสามารถพัฒนาสายพันธุ์ไทยได้ถึง 12 สี จนได้รับการยอมรับในระดับประเทศ ในการเลี้ยงไก่สวยงามมีลักษณะเฉพาะที่ซับซ้อนกว่าการเลี้ยงไก่เชิงพาณิชย์ทั่วไป เนื่องจากต้องบริหารจัดการข้อมูลหลายมิติ ได้แก่ ประวัติพันธุ์กรรม การผสมพันธุ์ การฟักไข่ การจัดการสุขภาพ และวัคซีน ต้นทุนการผลิต ตลอดจนข้อมูลด้านการประกวดและการตลาด (เตชิตา สุทธิรักษ์ และคณะ, 2567) ในปัจจุบัน เกษตรกรยังคงจัดเก็บข้อมูลฟาร์มในรูปแบบเอกสารหรือไฟล์ที่กระจัดกระจายและไม่เป็นระบบ ส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนและการสูญหายของข้อมูล ซึ่งอาจกระทบต่อความถูกต้องในการประเมินต้นทุน - รายได้ การกำหนดราคาจำหน่าย การตรวจสอบย้อนกลับรายตัว และการตัดสินใจเชิงบริหารจัดการฟาร์ม โดยในภาพรวม คราวเรือนเกษตรกรไทยยังมีข้อจำกัดด้านรายได้และความเปราะบางทางเศรษฐกิจ จึงทำให้ความผิดพลาดของข้อมูลฟาร์ม อาจส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการดำเนินงาน ความสามารถในการสร้างรายได้ และความมั่นคงทางเศรษฐกิจของ เกษตรกรในระยะยาว ปัญหาดังกล่าวสะท้อนช่องว่างสำคัญระหว่างศักยภาพของเทคโนโลยีในการบริหารจัดการ การเลี้ยงไก่สวยงามกับการใช้งานจริงในระดับพื้นที่ ภายใต้กระแสการเปลี่ยนผ่านสู่ยุคดิจิทัล (Digital Transformation) ในภาคการเกษตร (Sargani, G. R. et al., 2025)

ปัจจุบันภาคการเกษตรได้ก้าวไปสู่การเกษตรดิจิทัล (Digital Agriculture) ซึ่งเป็นแนวคิดที่มุ่งเน้นการนำ เทคโนโลยีดิจิทัล ระบบติดตามข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูลมาใช้นับสนับสนุนการบริหารจัดการฟาร์มอย่างเป็นระบบ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ลดการสูญเสียทรัพยากร และช่วยให้เกษตรกรสามารถตัดสินใจเชิงการจัดการได้อย่าง แม่นยำมากยิ่งขึ้น (Abiri, R. et al., 2023) รวมถึงการนำเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาประยุกต์ใช้ในรูปแบบของ เกษตรอัจฉริยะ (Smart Farming) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการ การผลิต ลดต้นทุน และยกระดับ ความสามารถในการแข่งขัน โดยนำเทคโนโลยีอย่าง Internet of Things (IoT), Big Data, AI และแอปพลิเคชันมาใช้ เพื่อเพิ่มผลผลิตและประสิทธิภาพการจัดการฟาร์ม (รัตนกร แสนทำพล และคณะ, 2567); (Srivetbodee, S. & Igel, B., 2021) อย่างไรก็ตาม เมื่อทบทวนวรรณกรรม พบว่า งานวิจัยที่ผ่านมาได้พัฒนาระบบ Smart Farming โดยใช้เทคโนโลยี IoT เพื่อควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือน เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และแสงสว่าง สำหรับฟาร์ม ไก่เนื้อและไก่ไข่ขนาดใหญ่ (ธัญนทกร สุภาจันทร์ และคณะ, 2567); (ปฐมพงษ์ หอมศรี และสุริยันต์ ศรีมาตย์, 2566); (รวีศ คำหาญพล และคณะ, 2568) ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวมีจุดมุ่งหมายหลักในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเชิงปริมาณ

ในระดับอุตสาหกรรม เช่น การเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต การลดอัตราการตาย การควบคุมสภาพแวดล้อม และการเพิ่มผลผลิตโดยรวมของฟาร์ม แต่ยังไม่ครอบคลุมลักษณะเฉพาะของการบริหารจัดการฟาร์มไก่สวยงามระดับชุมชน ซึ่งให้ความสำคัญกับคุณภาพรายตัว ประวัติสายพันธุ์ ประวัติสุขภาพ การผสมพันธุ์ การประกวด มูลค่าทางเศรษฐกิจ เฉพาะตัว และการตรวจสอบย้อนกลับของไก่แต่ละตัว มากกว่าการเพิ่มผลผลิตเชิงปริมาณเพียงอย่างเดียว อีกทั้งยังไม่พบงานวิจัยที่บูรณาการระบบบริหารจัดการข้อมูลรายตัวร่วมกับ QR Code และ IoT เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจของเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่สวยงาม ตลอดจนยังไม่พบการประเมินคุณภาพระบบตามมิติของมาตรฐานสากล เช่น ISO/IEC 25010 อย่างเป็นระบบ ตลอดจนการวิเคราะห์ปัจจัยด้านพฤติกรรมผู้ใช้ที่ส่งผลต่อการยอมรับและการใช้งานจริงในบริบทชุมชน ส่งผลให้การนำเทคโนโลยีไปใช้ในระดับพื้นที่ยังไม่ก่อให้เกิดผลลัพธ์เชิงประสิทธิภาพ ดังนั้นการพัฒนา Smart Farming ให้มีประสิทธิภาพในมิติด้านคุณภาพซอฟต์แวร์การใช้อย่างมาตรฐาน ISO/IEC 25010 ได้กำหนดกรอบการประเมินคุณภาพระบบซอฟต์แวร์อย่างครอบคลุม โดยประกอบด้วย องค์ประกอบคุณภาพหลัก 8 ด้าน ได้แก่ 1) ความเหมาะสมเชิงหน้าที่ (Functional Suitability) 2) ประสิทธิภาพเชิงประสิทธิผลของระบบ (Performance Efficiency) 3) ความสามารถในการใช้งาน (Usability) 4) ความเชื่อถือได้ของระบบ (Reliability) 5) ความมั่นคงปลอดภัยของข้อมูล (Security) 6) ความสามารถในการทำงานร่วมกันของระบบ (Compatibility) 7) ความสามารถในการบำรุงรักษาระบบ (Maintainability) และ 8) ความสามารถในการย้ายหรือปรับใช้ระบบ ในสภาพแวดล้อมอื่น (Portability) (Canlas, R. B. et al., 2021) ซึ่งช่วยให้การประเมินมีความเป็นระบบ และสามารถอ้างอิงได้ในระดับสากล อย่างไรก็ตามการประเมินคุณภาพระบบเพียงอย่างเดียวไม่สามารถอธิบายได้ว่า ผู้ใช้จะยอมรับ และใช้งานต่อเนื่องหรือไม่ เนื่องจากการนำเทคโนโลยีเข้าสู่ชุมชนจำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยเชิงพฤติกรรมและทัศนคติของผู้ใช้ควบคู่กันไป แบบจำลอง Technology Acceptance Model (TAM) เป็นกรอบแนวคิดที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในการอธิบายพฤติกรรมกรยอมรับเทคโนโลยี โดยเสนอว่าการรับรู้ถึงประโยชน์ (Perceived Usefulness) และการรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งาน (Perceived Ease of Use) เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อเจตนาเชิงพฤติกรรมในการใช้งาน (Behavioral Intention) และการใช้งานจริงในที่สุด (Davis, F. D., 1989) การบูรณาการกรอบมาตรฐานคุณภาพซอฟต์แวร์กับแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยีจึงเป็นแนวทางที่สามารถอธิบายทั้งคุณภาพของระบบ และการตอบสนองของผู้ใช้ได้อย่างครอบคลุม

จากประเด็นดังกล่าว งานวิจัยนี้มุ่งพัฒนาแอปพลิเคชันบริหารจัดการฟาร์มไก่สวยงามอัจฉริยะที่สามารถบันทึกข้อมูลรายตัว ติดตามสุขภาพ บริหารจัดการต้นทุนและรายได้ และแสดงผลข้อมูลในรูปแบบ Dashboard เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจเชิงบริหาร โดยพัฒนารอบแนวคิดวิจัยผ่านการบูรณาการมาตรฐานคุณภาพซอฟต์แวร์ ISO/IEC 25010 ร่วมกับแบบจำลอง TAM เพื่อประเมินคุณภาพแอปพลิเคชันในมิติต่าง ๆ ควบคู่กับการวิเคราะห์การยอมรับเทคโนโลยีของผู้ใช้ในบริบทชุมชน อีกทั้งยังใช้การทดสอบทางสถิติแบบเปรียบเทียบก่อนและหลังการใช้งาน paired-samples t-test เพื่อประเมินประสิทธิผลเชิงปฏิบัติของแอปพลิเคชันอย่างเป็นรูปธรรม ทั้งนี้ งานวิจัยกำหนดขอบเขตการศึกษาในพื้นที่อำเภอหนองปีทา จังหวัดนครราชสีมา โดยดำเนินการวิจัยเป็นระยะเวลา 1 ปี เพื่อพัฒนา ทดลองใช้ และประเมินผลแอปพลิเคชันในบริบทการใช้งานจริงของเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่สวยงามระดับชุมชน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันบริหารจัดการฟาร์มไก่สวยงามอัจฉริยะ
2. เพื่อประเมินคุณภาพแอปพลิเคชันตามมาตรฐาน ISO/IEC 25010
3. เพื่อวิเคราะห์การยอมรับเทคโนโลยีของผู้ใช้ตามกรอบ TAM
4. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิผลก่อนและหลังการใช้งานแอปพลิเคชัน

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) มุ่งเน้นการพัฒนาแอปพลิเคชัน และประเมินผลการใช้งานในบริบทจริง มีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่สวยงามในอำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งเป็นผู้ประกอบการกิจการการเลี้ยงไก่สวยงามในพื้นที่จริง ผู้วิจัยกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยการวิเคราะห์อำนาจการทดสอบด้วยโปรแกรม G*Power สำหรับสถิติ paired-samples t-test โดยกำหนดการทดสอบแบบสองทาง ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 อำนาจการทดสอบ .80 และขนาดอิทธิพลที่คาดการณ์ไว้ล่วงหน้า $d_z = 0.60$ ผลการคำนวณได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างขั้นต่ำ 24 ราย (Cohen, J., 1988); (Faul, F. et al., 2007) ผู้วิจัยจึงคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 32 ราย ซึ่งมากกว่าขนาดขั้นต่ำที่คำนวณได้ ด้วยวิธีการคัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) โดยมีเกณฑ์การคัดเลือก ได้แก่ 1) เป็นผู้เลี้ยงไก่สวยงามจริงในพื้นที่อำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราช 2) มีสมาร์ทโฟนและสามารถใช้งานแอปพลิเคชันพื้นฐานได้ และ 3) ยินดีเข้าร่วมทดลองใช้ และประเมินผลระบบ

เครื่องมือในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย 3 ส่วน ดังนี้

1. แบบประเมินคุณภาพแอปพลิเคชันอ้างอิงมาตรฐาน ISO/IEC 25010 ครอบคลุม 8 มิติ ได้แก่ ความเหมาะสมเชิงหน้าที่ ประสิทธิภาพของระบบ ความสามารถในการใช้งาน ความเชื่อถือได้ ความมั่นคงปลอดภัยของข้อมูล ความสามารถในการทำงานร่วมกันของระบบ ความสามารถในการบำรุงรักษา และความสามารถในการย้ายหรือปรับใช้ระบบ ใช้มาตรประมาณค่า 5 ระดับ (Likert Scale) เครื่องมือผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน (IOC = 0.89) และมีค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือ (Cronbach's alpha = 0.84)

2. แบบสอบถามการยอมรับเทคโนโลยีของผู้ใช้พัฒนาตามกรอบแนวคิด TAM ครอบคลุมตัวแปรสำคัญ ได้แก่ การรับรู้ประโยชน์ การรับรู้ความง่ายในการใช้งาน และเจตนาเชิงพฤติกรรมในการใช้งาน ใช้มาตรประมาณค่า 5 ระดับ (Likert Scale) โดยผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ได้ค่า IOC เท่ากับ 0.89 และมีค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือ (Cronbach's alpha = 0.83)

3. แบบวัดประสิทธิผลเชิงปฏิบัติของระบบใช้ประเมินประสิทธิผลของแอปพลิเคชัน โดยวัดระยะเวลาในการปฏิบัติงานของผู้ใช้ในการกิจมาตรฐาน 4 การกิจ ทั้งก่อน (Pretest) และหลัง (Posttest) การใช้งานแอปพลิเคชัน



วัดเป็นหน่วยวินาที และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยสถิติ paired-samples t-test กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 พร้อมรายงานค่าขนาดอิทธิพล Cohen's dz สำหรับข้อมูลแบบจับคู่

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ใช้รูปแบบการทดลองแบบกลุ่มเดียววัดผลก่อนและหลังการใช้ระบบ โดยเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 32 ราย ผ่านการปฏิบัติงานตามภารกิจมาตรฐาน 4 ภารกิจ ได้แก่ 1) การบันทึกข้อมูลไถ่รายตัว 2) การบันทึกสุขภาพและวัคซีน 3) การค้นหาและเปิดรายละเอียดข้อมูลไถ่รายตัวด้วย QR Code และ 4) การบันทึกต้นทุนและรายได้ โดยดำเนินการเก็บข้อมูลระยะก่อนใช้แอปพลิเคชัน (Pretest) เพื่อวัดระยะเวลาในการปฏิบัติงานตามกระบวนการเดิม จากนั้นผู้วิจัยอบรมการใช้งานแอปพลิเคชันและให้กลุ่มตัวอย่างทดลองใช้งานระบบบริหารจัดการฟาร์มไก่สวยงามแบบอัจฉริยะในสถานการณ์จริงเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ เพื่อให้ผู้ใช้เกิดความคุ้นเคยและสามารถใช้งานฟังก์ชันหลักได้อย่างต่อเนื่อง หลังครบระยะเวลาดทดลองใช้จึงเก็บข้อมูลระยะหลังใช้แอปพลิเคชัน (Posttest) โดยให้ปฏิบัติงานชุดเดียวกันภายใต้เงื่อนไขและสภาพแวดล้อมเดียวกัน กำหนดจุดเริ่มต้นและสิ้นสุดการจับเวลาอย่างชัดเจน และวัดระยะเวลาเป็นวินาที ข้อมูลที่ได้ถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยสถิติ paired-samples t-test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระยะเวลาในการปฏิบัติงานก่อนและหลังการใช้แอปพลิเคชัน

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D.) เพื่ออธิบายระดับความคิดเห็นของผู้ใช้ต่อคุณภาพแอปพลิเคชันและการยอมรับเทคโนโลยี โดยใช้มาตรประมาณค่า 5 ระดับ (Likert Scale) และแปลผลตามเกณฑ์ ดังนี้ คะแนนตั้งแต่ 4.51 - 5.00 = มากที่สุด, 3.51 - 4.50 = มาก, 2.51 - 3.50 = ปานกลาง, 1.51 - 2.50 = น้อย และ 1.00 - 1.50 = น้อยที่สุด ตามลำดับ

สถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistics) ใช้สถิติ paired-samples t-test เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระยะเวลาในการปฏิบัติงานก่อน (Pretest) และหลัง (Posttest) การใช้แอปพลิเคชัน กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 พร้อมรายงานค่า t, ค่า df และค่าขนาดอิทธิพล (Effect Size) ตามสูตร Cohen's dz เพื่อประเมินขนาดของความแตกต่างเชิงปฏิบัติ

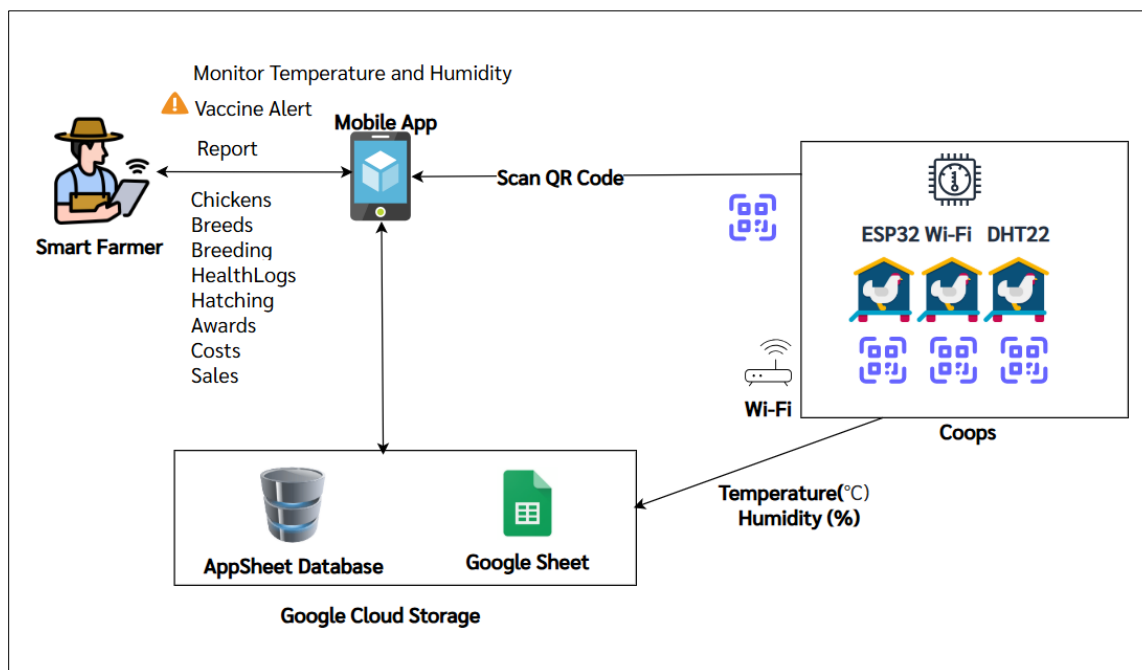
นอกจากนี้ ผู้วิจัยใช้สถิติสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's correlation coefficient) เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างมิติคุณภาพแอปพลิเคชันตามมาตรฐาน ISO/IEC 25010 กับองค์ประกอบการยอมรับเทคโนโลยีตามกรอบ TAM โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และรายงานค่านัยสำคัญตามผลการวิเคราะห์

การดำเนินการวิจัยและการพัฒนาระบบ

การดำเนินการวิจัยและการพัฒนาระบบครั้งนี้ใช้แนวคิด Waterfall Model (Kendall, K. E. & Kendall, J. E., 2011) เป็นกรอบในการพัฒนาแอปพลิเคชันบริหารจัดการฟาร์มไก่สวยงามอัจฉริยะ โดยดำเนินการตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analysis) ศึกษาปัญหาและความต้องการของผู้ใช้ในฟาร์มไก่สวยงาม ผ่านการสัมภาษณ์เกษตรกร ผู้เพาะเลี้ยง และผู้เชี่ยวชาญ กำหนดขอบเขตของระบบ เช่น การลงทะเบียนไก่ การติดตามสุขภาพ การผสมพันธุ์ การจัดการต้นทุน การขาย และการบันทึกผลการประกวด

2. ขั้นตอนการออกแบบ (Design) ออกแบบระบบตามความต้องการของผู้ใช้และข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนการวิเคราะห์ระบบ เช่น การออกแบบสถาปัตยกรรม การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ การออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูล ดังแสดงภาพที่ 1



ภาพที่ 1 สถาปัตยกรรมของระบบ

จากภาพที่ 1 สถาปัตยกรรมของระบบ โดยผู้ใช้งาน (Smart Farmer) ใช้งานแอปพลิเคชันเป็นศูนย์กลางในการบันทึกและเรียกดูข้อมูลสำคัญของฟาร์ม เช่น ข้อมูลไก่ สายพันธุ์ การผสมพันธุ์ บันทึกสุขภาพ การฟักไข่ รางวัด ต้นทุน และการขาย พร้อมทั้งรับรายงานและการแจ้งเตือนวัคซีน เพื่อติดตามสุขภาพของไก่ ในด้านการระบุตัวตน แอปพลิเคชันอ่าน QR Code เพื่อเชื่อมโยงข้อมูลรายตัวของไก่กับกรงไก่ เพื่อให้เรียกดูได้อย่างรวดเร็วภายในโรงเรือน (Coops) มีอุปกรณ์ IoT ประกอบด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 เชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์ DHT22 ทำหน้าที่ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้น แล้วส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย Wi-Fi โดยข้อมูลถูกบันทึกลง Google AppSheets Database และ Google Sheet จัดเก็บข้อมูลบน Google Cloud Storage เพื่อให้แอปพลิเคชันสามารถดึงข้อมูลมาแสดงผลเพื่อติดตามสภาพแวดล้อม และใช้ประกอบการตัดสินใจในการจัดการการฟักไข่ และสุขภาพไก่ได้อย่างเป็นระบบ รวมถึงความสามารถในการตรวจสอบย้อนกลับ และการสร้างรายงานเชิงวิเคราะห์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานของฟาร์มไก่สวยงาม

3. ขั้นตอนการพัฒนาาระบบ (Development) ผู้วิจัยพัฒนาแอปพลิเคชันตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ โดยใช้ Google AppSheet เป็นเครื่องมือหลักในการพัฒนาแอปพลิเคชัน ใช้ AppSheet Database และ Google Sheets สำหรับจัดเก็บข้อมูล และใช้ Google Apps Script สำหรับเชื่อมต่อข้อมูลระหว่างแอปพลิเคชันกับอุปกรณ์ IoT

แอปพลิเคชันที่พัฒนา ประกอบด้วย ฟังก์ชันหลัก ได้แก่ การบันทึกข้อมูลไถ่รายตัว การจัดการข้อมูลสุขภาพและวัคซีน การค้นหาข้อมูลด้วย QR Code การบันทึกต้นทุนและรายได้ และการแสดงผลข้อมูลเพื่อสนับสนุนการจัดการฟาร์ม

4. ขั้นตอนการทดสอบระบบ (Testing) หลังจากพัฒนาแอปพลิเคชันแล้ว ผู้วิจัยทดสอบการทำงานของระบบก่อนนำไปใช้งานจริง โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ 1) การทดสอบการทำงานของฟังก์ชันระบบ (Functional Testing) เพื่อตรวจสอบว่าฟังก์ชันต่าง ๆ สามารถทำงานได้ถูกต้องตามที่ออกแบบไว้ 2) การทดสอบระบบโดยรวม (System Testing) เพื่อตรวจสอบความเชื่อมโยงของข้อมูล การบันทึก การค้นหา และการแสดงผลข้อมูล เพื่อพิจารณาความเหมาะสมของระบบก่อนนำไปทดลองใช้จริง จากนั้นประเมินคุณภาพระบบตามกรอบมาตรฐาน ISO/IEC 25010 และประเมินการยอมรับเทคโนโลยีของผู้ใช้ตามแบบจำลอง TAM

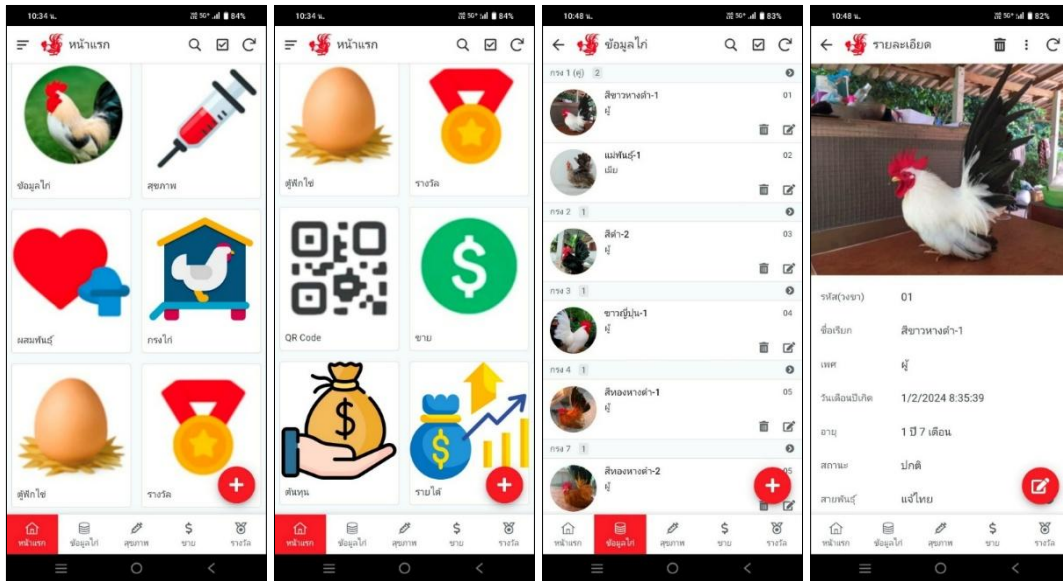
5. ขั้นตอนการนำไปใช้และประเมินผล (Implementation and Evaluation) ผู้วิจัยนำแอปพลิเคชันไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่สวยงามในอำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราช จำนวน 32 ราย โดยให้กลุ่มตัวอย่างปฏิบัติงานตามภารกิจที่กำหนด ได้แก่ การบันทึกข้อมูลไถ่รายตัว การบันทึกข้อมูลสุขภาพและวัคซีน การค้นหาข้อมูลไถ่ด้วย QR Code และการบันทึกข้อมูลต้นทุนและรายได้ จากนั้นบันทึกเวลาในการปฏิบัติงานก่อนและหลังการใช้แอปพลิเคชัน แล้วเปรียบเทียบความแตกต่างของเวลาในการปฏิบัติงานด้วยสถิติ paired-samples t-test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 เพื่อประเมินประสิทธิผลของแอปพลิเคชันในการลดเวลาและเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการฟาร์ม

ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพแอปพลิเคชันบริหารจัดการฟาร์มไก่สวยงามอัจฉริยะ เพื่อสนับสนุนการจัดการเกษตรดิจิทัล สามารถนำเสนอผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

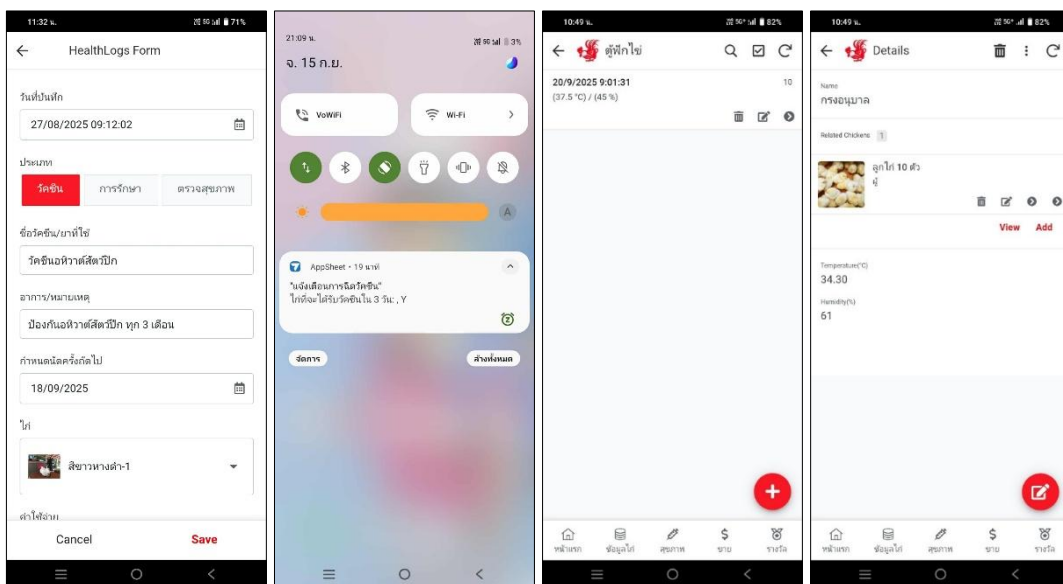
1. ผลการออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันบริหารจัดการฟาร์มไก่สวยงามอัจฉริยะ พบว่า แอปพลิเคชันได้รับการออกแบบโดยใช้สถาปัตยกรรมแบบแอปพลิเคชันเชื่อมต่อฐานข้อมูล AppSheet Database และ Google Sheets และรองรับการทำงานผ่านอุปกรณ์สมาร์ทโฟน ประกอบด้วย 5 โมดูลหลัก ดังนี้

1.1 โมดูลข้อมูลไถ่รายตัว หน้าแรกของแอปพลิเคชันถูกออกแบบในรูปแบบไอคอนขนาดใหญ่ และเมนูแบ่งการทำงานออกเป็นหมวดหมู่ชัดเจน ได้แก่ ด้านการผลิต (ข้อมูลไก่ ผสมพันธุ์ กรงไก่ ตู้ฟักไข่) ด้านสุขภาพ และการติดตาม (สุขภาพและ QR Code) และด้านการเงิน (ขาย ต้นทุน รายได้) ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถบันทึกติดตาม และวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างเป็นระบบ โครงสร้างหน้าจอแบบไอคอนและตารางช่วยเพิ่มความสะดวกในการใช้งานบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ ลดภาระการรับรู้ และสนับสนุนการบริหารจัดการฟาร์ม



ภาพที่ 2 หน้าแรกแอปพลิเคชัน และหน้าจอข้อมูลและรายละเอียดไก่

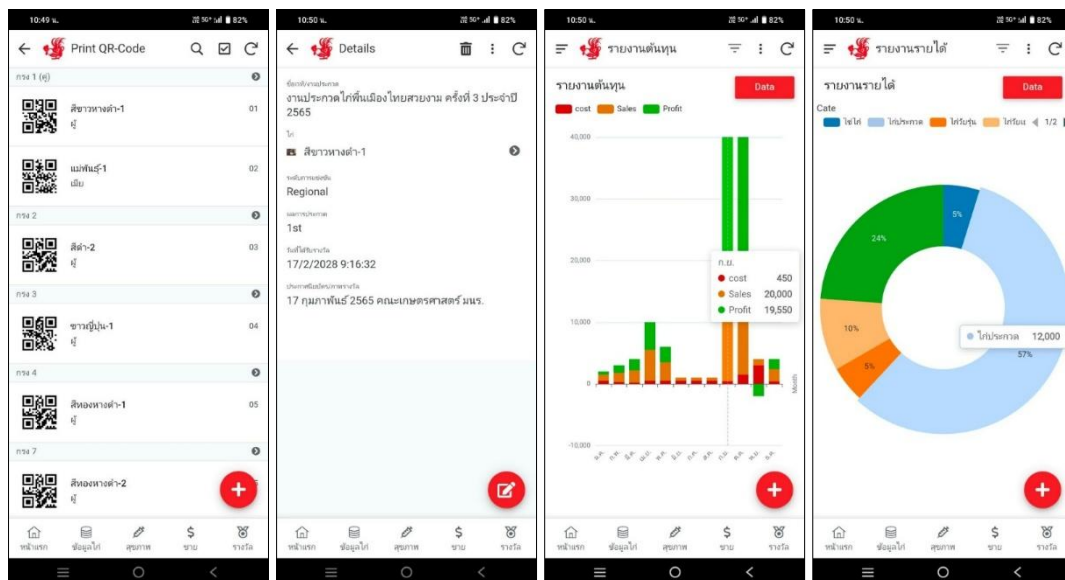
1.2 โมดูลบันทึกสุขภาพและวัคซีน ในส่วนของการจัดการข้อมูลสุขภาพและระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติ โดยหน้าจอแรกเป็นแบบฟอร์ม HealthLogs Form สำหรับบันทึกข้อมูลสุขภาพของไก่รายตัว ซึ่งผู้ใช้งานสามารถระบุวันที่บันทึก ประเภทการรักษาหรือการฉีดวัคซีน รายละเอียดอาการหรือโรคที่พบ รวมถึงกำหนดวันนัดหมายครั้งถัดไป เพื่อให้สามารถติดตามข้อมูลสุขภาพของไก่ได้อย่างเป็นระบบ และมีการแจ้งเตือนอัตโนมัติเมื่อถึงกำหนดการฉีดวัคซีนครั้งต่อไป ดังแสดงภาพที่ 3



ภาพที่ 3 หน้าจอบันทึกสุขภาพวัคซีนและการแจ้งเตือน และหน้าจอกรงอนุบาลและกรงฟักไข่ (IoT)

1.3 โมดูลติดตามการฟักไข่ผ่าน IoT หน้าจอกรงอนุบาลและกรงฟักไข่ แสดงข้อมูลสภาพแวดล้อมแบบเรียลไทม์จากอุปกรณ์ IoT ค่าอุณหภูมิและความชื้นจากเซนเซอร์ DHT22 ที่เชื่อมต่ออยู่กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ในหน้าจอรายละเอียด (Details) แสดงข้อมูลตู้ฟัก จำนวนลูกไก่ อุณหภูมิและความชื้นปัจจุบันเพื่อตรวจสอบและควบคุมสภาพแวดล้อมอย่างแม่นยำ ดังแสดงภาพที่ 3

1.4 โมดูล QR Code Tracking หน้าจอ QR Code แสดง QR Code ของไก่สวยงามรายตัวเพื่อการระบุตัวตนโดยสามารถใช้แอปพลิเคชันอ่าน QR Code เพื่อเชื่อมโยงกับข้อมูลประวัติ เช่น ชื่อ รหัส เพศ และกรงเลี้ยง สามารถติดตาม ตรวจสอบ และเรียกดูข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว ลดความผิดพลาดจากการบันทึกข้อมูลด้วยมือ และสามารถแสดงรายละเอียดรางวัลจากการประกวด โดยเชื่อมโยงกับข้อมูลไก่สวยงามรายตัวอย่างเป็นระบบ ดังแสดงภาพที่ 3



ภาพที่ 4 หน้าจอ QR Code ตรวจสอบข้อมูลไก่สวยงาม และหน้าจอรายงานต้นทุนและรายได้

1.5 โมดูลบันทึกต้นทุน - รายได้ และรายงานผลทางการเงิน หน้าจอรายงานต้นทุนและรายได้ แสดงข้อมูลต้นทุนและรายได้ในรูปแบบกราฟแท่งเชิงเปรียบเทียบรายเดือน โดยจำแนกข้อมูลออกเป็น 3 ตัวแปรหลัก ได้แก่ ต้นทุน (Cost) ยอดขาย (Sales) และกำไร (Profit) ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างรายรับ - รายจ่าย และประเมินผลกำไรสุทธิในแต่ละช่วงเวลาได้ ดังแสดงภาพที่ 4

2. ผลการประเมินคุณภาพแอปพลิเคชันตามมาตรฐาน ISO/IEC 25010

ตารางที่ 1 ผลการประเมินคุณภาพแอปพลิเคชันตามมาตรฐาน ISO/IEC 25010

ข้อ	รายการประเมิน	ISO/IEC 25010	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
1	แอปพลิเคชันสามารถทำงานได้ครบถ้วนตามวัตถุประสงค์	Functional	4.79	0.42	มากที่สุด
2	แอปพลิเคชันให้ผลลัพธ์ถูกต้องตรงตามความต้องการ	Functional	4.79	0.45	มากที่สุด
3	แอปพลิเคชันมีความรวดเร็วในการประมวลผล	Performance	4.55	0.47	มากที่สุด

ตารางที่ 1 ผลการประเมินคุณภาพแอปพลิเคชันตามมาตรฐาน ISO/IEC 25010 (ต่อ)

ข้อ	รายการประเมิน	ISO/IEC 25010	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
4	แอปพลิเคชันใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อน	Usability	4.80	0.49	มากที่สุด
5	แอปพลิเคชันมีเมนูและหน้าจอที่ชัดเจน เข้าใจง่าย	Usability	4.88	0.57	มากที่สุด
6	แอปพลิเคชันมีความเสถียร ไม่เกิดข้อผิดพลาดบ่อย	Reliability	4.79	0.53	มากที่สุด
7	แอปพลิเคชันมีมาตรการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล	Security	4.70	0.50	มากที่สุด
8	แอปพลิเคชันสามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์หรือระบบอื่นได้	Compatibility	4.85	0.51	มากที่สุด
9	แอปพลิเคชันสามารถปรับปรุงหรือพัฒนาเพิ่มเติมได้ง่าย	Maintainability	4.70	0.56	มากที่สุด
10	แอปพลิเคชันรองรับการใช้งานหลายอุปกรณ์	Portability	4.85	0.48	มากที่สุด
รวมเฉลี่ย			4.77	0.50	มากที่สุด

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันเมื่อเรียงลำดับค่าเฉลี่ยจากมากไปน้อย พบว่าข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ แอปพลิเคชันมีเมนูและหน้าจอที่ชัดเจน เข้าใจง่าย (Usability) ($\bar{x} = 4.88$, S.D. = 0.57) รองลงมา คือ แอปพลิเคชันสามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์หรือระบบอื่นได้ (Compatibility) และแอปพลิเคชันรองรับการใช้งานหลายอุปกรณ์หรือแพลตฟอร์ม (Portability) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากัน ($\bar{x} = 4.85$, S.D. = 0.51 และ 0.48 ตามลำดับ) ถัดมา คือ แอปพลิเคชันใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อน (Usability) ($\bar{x} = 4.80$, S.D. = 0.49) และด้านการทำงานครบถ้วน ถูกต้อง และมีความเสถียร ได้แก่ Functional และ Reliability ($\bar{x} = 4.79$) ส่วนด้านความปลอดภัยของข้อมูลและความสามารถในการปรับปรุงพัฒนา (Security และ Maintainability) มีค่าเฉลี่ยเท่ากันที่ 4.70 ขณะที่ข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ ความรวดเร็วในการประมวลผล (Performance) ($\bar{x} = 4.55$, S.D. = 0.47) ทั้งนี้ทุกด้านมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด สะท้อนว่าระบบมีคุณภาพโดยรวมอยู่ในระดับสูงมากตามกรอบมาตรฐาน ISO/IEC 25010

3. ผลการวิเคราะห์การยอมรับเทคโนโลยีของผู้ใช้ตามกรอบ TAM

ตารางที่ 2 ผลการประเมินการยอมรับเทคโนโลยีของผู้ใช้ตามกรอบ TAM

ข้อ	รายการประเมิน	องค์ประกอบ TAM	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
1	แอปพลิเคชันช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการฟาร์ม	PU	4.88	0.48	มากที่สุด
2	แอปพลิเคชันช่วยลดเวลาและต้นทุนในการทำงาน	PU	4.70	0.50	มากที่สุด
3	แอปพลิเคชันช่วยให้ตัดสินใจได้แม่นยำขึ้น	PU	4.65	0.52	มากที่สุด
4	การเรียนรู้การใช้งานแอปพลิเคชันทำได้ง่าย	PEOU	4.80	0.49	มากที่สุด
5	การใช้งานแอปพลิเคชันไม่ต้องใช้ความพยายามมาก	PEOU	4.77	0.55	มากที่สุด
6	ข้าพเจ้าตั้งใจจะใช้แอปพลิเคชันนี้ต่อไปในอนาคต	BI	4.80	0.47	มากที่สุด
7	ข้าพเจ้าจะแนะนำแอปพลิเคชันนี้ให้ผู้อื่น	BI	4.87	0.51	มากที่สุด
รวมเฉลี่ย			4.78	0.50	มากที่สุด

จากตารางที่ 2 ผลการประเมินการยอมรับเทคโนโลยีตามกรอบแนวคิด TAM พบว่า โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.78$, S.D. = 0.50) โดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ แอปพลิเคชันช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการฟาร์ม (PU) ($\bar{X} = 4.88$, S.D. = 0.48) รองลงมา คือ ข้าพเจ้าจะแนะนำแอปพลิเคชันนี้ให้ผู้อื่น (BI) ($\bar{X} = 4.87$, S.D. = 0.51) ขณะที่การเรียนรู้การใช้งานแอปพลิเคชันทำได้ง่าย (PEOU) และความตั้งใจใช้แอปพลิเคชันต่อไปในอนาคต (BI) มีค่าเฉลี่ยเท่ากัน ($\bar{X} = 4.80$) ส่วนการใช้งานแอปพลิเคชันไม่ต้องใช้ความพยายามมาก (PEOU) มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X} = 4.77$) และแอปพลิเคชันช่วยลดเวลาและต้นทุนในการทำงาน (PU) มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X} = 4.70$) โดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ แอปพลิเคชันช่วยให้ตัดสินใจได้แม่นยำขึ้น (PU) ($\bar{X} = 4.65$) ทั้งนี้ ผลการประเมินสะท้อนว่าผู้ใช้งานรับรู้ถึงประโยชน์ ความง่ายในการใช้งาน และมีความตั้งใจใช้ระบบในอนาคตอยู่ในระดับสูงตามกรอบแนวคิด TAM

เพื่อสำรวจความสัมพันธ์เชิงประจักษ์ระหว่างคุณภาพแอปพลิเคชันและการยอมรับเทคโนโลยี ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างมิติคุณภาพระบบตามมาตรฐาน ISO/IEC 25010 กับองค์ประกอบการยอมรับเทคโนโลยีตามกรอบ TAM โดยใช้สถิติสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's Correlation Coefficient) ผลการวิเคราะห์แสดง ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างด้านคุณภาพแอปพลิเคชันตาม ISO/IEC 25010 กับการยอมรับเทคโนโลยีตามกรอบ TAM

ลำดับ	ด้านคุณภาพแอปพลิเคชันตาม ISO/IEC 25010	PU	PEOU	BI
1	Functional Suitability	.68**	.61**	.64**
2	Performance Efficiency	.63**	.59**	.60**
3	Usability	.74**	.78**	.76**
4	Reliability	.66**	.60**	.63**
5	Security	.55**	.51**	.52**
6	Compatibility	.58**	.62**	.57**
7	Maintainability	.57**	.54**	.56**
8	Portability	.60**	.65**	.62**

หมายเหตุ: Pearson's correlation coefficient; ** $p < .01$, $n = 32$, $df = 30$, two-tailed test; PU = Perceived Usefulness, PEOU = Perceived Ease of Use, BI = Behavioral Intention.

จากตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพแอปพลิเคชันตามมาตรฐาน ISO/IEC 25010 กับการยอมรับเทคโนโลยีตามกรอบ TAM พบว่า มิติคุณภาพทุกด้านมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการยอมรับเทคโนโลยีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมิติด้าน Usability มีความสัมพันธ์กับ Behavioral Intention สูงที่สุด ($r = .76$, $p < .01$) รองลงมา คือ Functional Suitability ($r = .64$, $p < .01$) และ Reliability ($r = .63$, $p < .01$) สะท้อนให้เห็นว่า ความง่ายในการใช้งาน ความเหมาะสมของฟังก์ชัน และความน่าเชื่อถือของแอปพลิเคชันเป็นมิติสำคัญที่สัมพันธ์กับความตั้งใจของเกษตรกรในการใช้งานแอปพลิเคชันอย่างต่อเนื่อง

4. ผลการเปรียบเทียบประสิทธิผลก่อนและหลังการใช้งานแอปพลิเคชัน

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบเวลาในการปฏิบัติงานก่อนและหลังใช้แอปพลิเคชันบริหารจัดการฟาร์มไก่สวยงามอัจฉริยะด้วยสถิติ paired-samples t-test (n = 32)

ภารกิจ	(M ± S.D.)		ΔM	ร้อยละเวลาที่ลดลง (%)	t	p	dz
	ก่อนใช้	หลังใช้					
บันทึกข้อมูลไก่อายตัว	442.40 ± 120.50	132.10 ± 65.30	310.30	70.14	14.52	<.001	2.56
บันทึกสุขภาพ/วัคซีน	337.60 ± 95.40	210.70 ± 70.10	126.90	37.59	8.21	<.001	1.45
ค้นหาข้อมูลด้วย QR Code	254.20 ± 80.20	50.50 ± 30.60	203.70	80.13	11.34	<.001	2.00
บันทึกต้นทุน/รายได้	672.90 ± 180.30	325.60 ± 120.40	347.30	51.61	13.12	<.001	2.32

หมายเหตุ: หน่วยเป็นวินาทีต่อภารกิจ, paired-samples t-test (two-tailed), n = 32, df = 31, ΔM = เวลาที่ลดลงเฉลี่ย, dz = Cohen's d for paired samples, ร้อยละเวลาที่ลดลง(%) = ((เวลาก่อนใช้ - เวลาหลังใช้)/เวลาก่อนใช้) × 100

จากตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบเวลาในการปฏิบัติงานก่อนและหลังใช้แอปพลิเคชันบริหารจัดการฟาร์มไก่สวยงามอัจฉริยะด้วยสถิติ paired-samples t-test พบว่า เวลาในการปฏิบัติงานหลังใช้ระบบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกภารกิจ (p < .001) โดยการบันทึกต้นทุนและรายได้มีค่าเฉลี่ยลดลงมากที่สุด (ΔM = 347.30 วินาที, t(31) = 13.12) รองลงมา คือ การบันทึกข้อมูลไก่อายตัว (ΔM = 310.30 วินาที, t(31) = 14.52) การค้นหาข้อมูลด้วย QR Code (ΔM = 203.70 วินาที, t(31) = 11.34) และการบันทึกสุขภาพและวัคซีน (ΔM = 126.90 วินาที, t(31) = 8.21) เมื่อพิจารณาร้อยละของเวลาที่ลดลง พบว่า การค้นหาข้อมูลด้วย QR Code ลดลงมากที่สุด ร้อยละ 80.13 รองลงมา คือ การบันทึกข้อมูลไก่อายตัว ร้อยละ 70.14 การบันทึกต้นทุนและรายได้ ร้อยละ 51.61 และการบันทึกสุขภาพและวัคซีน ร้อยละ 37.59 นอกจากนี้ ขนาดอิทธิพลของการทดลองอยู่ในระดับสูงมาก (Cohen's dz = 1.45 - 2.56) สะท้อนให้เห็นว่าแอปพลิเคชันสามารถช่วยลดระยะเวลาในการจัดการข้อมูลฟาร์ม เพิ่มความสะดวกในการเข้าถึงข้อมูล และสนับสนุนการบริหารจัดการฟาร์มไก่สวยงามได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อภิปรายผล

ผลการวิจัยเรื่องการพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพแอปพลิเคชันบริหารจัดการฟาร์มไก่สวยงามอัจฉริยะสามารถอภิปรายผล ได้ดังนี้ 1) การพัฒนาแอปพลิเคชันตามแนวคิด Waterfall Model สามารถตอบสนองวัตถุประสงค์ของการวิจัยได้อย่างชัดเจน ทั้งในด้านการออกแบบ การพัฒนา และการประเมินประสิทธิภาพของแอปพลิเคชัน โดยผลการประเมินคุณภาพตามกรอบมาตรฐาน ISO/IEC 25010 พบว่า ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าแอปพลิเคชันมีความเหมาะสมทั้งด้าน Functional Suitability และ Usability ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของระบบสารสนเทศที่สามารถนำไปใช้จริงในการบริหารจัดการฟาร์มได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดของ Canlas, R. B. et al. ที่อธิบายว่ามาตรฐาน ISO/IEC 25010 เป็นกรอบสำคัญในการประเมินคุณภาพซอฟต์แวร์ เพื่อให้ระบบสารสนเทศมีความเหมาะสมต่อการใช้งานจริง (Canlas, R. B. et al., 2021) นอกจากนี้ การใช้ Waterfall Model ยังมีความเหมาะสมกับลักษณะงานที่มีขอบเขตการทำงานชัดเจน ทำให้กระบวนการพัฒนาแอปพลิเคชันเป็นไปอย่างมีขั้นตอน ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน และช่วยลดความล่าช้าในการพัฒนา อีกทั้ง

การเลือกใช้เครื่องมือ Google Workspace และ AppSheet ในการพัฒนาแอปพลิเคชันยังช่วยให้สามารถพัฒนาได้อย่างรวดเร็ว มีความยืดหยุ่น และสามารถใช้งานผ่านอุปกรณ์เคลื่อนที่ได้สะดวก ซึ่งเหมาะสมกับบริบทของเกษตรกรในพื้นที่อำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราช ที่ใช้สมาร์ทโฟนเป็นอุปกรณ์หลักในการจัดการข้อมูล จึงสะท้อนให้เห็นว่าแอปพลิเคชันมีศักยภาพในการนำไปใช้จริงในพื้นที่ อย่างไรก็ตาม ด้านความรวดเร็วในการประมวลผลของแอปพลิเคชันมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับด้านอื่น ๆ อาจเนื่องมาจากความแตกต่างของสมาร์ทโฟนรุ่นของระบบปฏิบัติการ และความเร็วของสัญญาณอินเทอร์เน็ตในพื้นที่ ซึ่งยังเป็นข้อจำกัดสำคัญต่อการใช้งานแอปพลิเคชันในบริบทฟาร์มชุมชน 2) นอกจากมิติด้านคุณภาพซอฟต์แวร์แล้ว ในแง่ของพฤติกรรมผู้ใช้งานตามกรอบแนวคิด Technology Acceptance Model (TAM) พบว่า ค่าเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยเฉพาะด้าน Perceived Usefulness ซึ่งสะท้อนว่าแอปพลิเคชันช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการฟาร์ม และด้าน Perceived Ease of Use ที่แสดงให้เห็นว่าผู้ใช้งานสามารถเรียนรู้และใช้งานแอปพลิเคชันได้ง่าย ผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดของ Davis, F. D. ที่อธิบายว่าการรับรู้ถึงประโยชน์และความง่ายในการใช้งานเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการยอมรับและการใช้งานเทคโนโลยีของผู้ใช้ในระยะยาว (Davis, F. D., 1989) และ 3) ผลการทดสอบประสิทธิผลของแอปพลิเคชันด้วยสถิติ paired-samples t-test พบว่า ภายหลังจากนำแอปพลิเคชันไปใช้งาน เวลาในการดำเนินงานในกิจกรรมสำคัญ ได้แก่ การบันทึกข้อมูลไถ่รายตัว การบันทึกสุขภาพและวัคซีน การค้นหาข้อมูลด้วย QR Code และการบันทึกต้นทุน - รายได้ ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ($p < .001$) และมี Effect Size (Cohen's d_z) อยู่ในระดับสูงมาก ผลลัพธ์ดังกล่าวเกิดจากการปรับเปลี่ยนกระบวนการจัดการข้อมูลจากรูปแบบการบันทึกแบบดั้งเดิมที่ใช้สมุด ซึ่งต้องใช้เวลาในการค้นหาและบันทึกข้อมูลหลายขั้นตอน ไปสู่การใช้แอปพลิเคชันที่สามารถเลือกข้อมูลไถ่รายตัวหรือสแกน QR Code เพื่อเข้าถึงข้อมูลได้ทันที ส่งผลให้ขั้นตอนการทำงานมีความกระชับ ลดความซ้ำซ้อนของกระบวนการ และช่วยลดระยะเวลาในการดำเนินงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ แอปพลิเคชันบริหารจัดการฟาร์มไถ่สวยงามอัจฉริยะที่พัฒนาขึ้นยังช่วยให้เกษตรกรสามารถบริหารจัดการข้อมูลการผลิต ข้อมูลสุขภาพสัตว์ ตลอดจนต้นทุนและรายได้ของฟาร์มได้อย่างเป็นระบบ ช่วยสนับสนุนข้อมูลและกระบวนการตัดสินใจ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิด Data-driven Management ในธุรกิจเกษตรสมัยใหม่ที่เน้นการใช้ข้อมูลและเทคโนโลยีดิจิทัลเป็นเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจของผู้ประกอบการฟาร์มไถ่สวยงาม ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานของ รัตนกร แสนทำพล และคณะ ที่พบว่า แอปพลิเคชันสามารถช่วยให้เกษตรกรจัดการฟาร์มได้อย่างเป็นระบบและสนับสนุนการพัฒนาเกษตรกรสู่การเป็น Smart Farmer (รัตนกร แสนทำพล และคณะ, 2567) ทั้งนี้ ความสอดคล้องดังกล่าวเกิดจากการที่ทั้งสองงานต่างมุ่งใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อลดข้อจำกัดของการจัดการฟาร์มแบบเดิม และเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานของเกษตรกร อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยเดิมที่มุ่งเน้นระบบเช็กลิสต์ระบบจัดการข้อมูล และระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อมแบบแยกส่วน ในงานวิจัยเรื่องการพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพแอปพลิเคชันบริหารจัดการฟาร์มไถ่สวยงามอัจฉริยะได้ยกระดับสู่ระบบบริหารจัดการฟาร์มเชิงบูรณาการที่เชื่อมโยงข้อมูลรายตัวของไถ่สวยงาม ข้อมูลสุขภาพ ข้อมูลต้นทุน - รายได้ การตรวจสอบย้อนกลับด้วย QR Code และข้อมูลสภาพแวดล้อมจากอุปกรณ์ IoT ไว้ในแอปพลิเคชันเดียว จึงช่วยสนับสนุนการตัดสินใจของเกษตรกรได้อย่างครอบคลุมและสอดคล้องกับบริบทการเลี้ยงไถ่สวยงามระดับชุมชน เป็นเครื่องมือสนับสนุนในการยกระดับการจัดการทรัพยากรท้องถิ่นสู่เศรษฐกิจมูลค่าสูง โดยใช้เทคโนโลยีดิจิทัล ทำให้เกษตรกรสามารถบริหารจัดการฟาร์มบนฐานข้อมูล



ได้อย่างเป็นระบบ สอดคล้องกับทิศทางของแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 ในหมวดหมู่ที่ 1 ที่มุ่งให้ประเทศไทยเป็นประเทศชั้นนำด้านสินค้าเกษตรและเกษตรแปรรูปมูลค่าสูง โดยงานวิจัยนี้ได้นำเทคโนโลยีดิจิทัลมาสนับสนุนการจัดการไก่สวยงาม ซึ่งเป็นทรัพยากรท้องถิ่นที่มีมูลค่าเฉพาะตัว ให้สามารถจัดการข้อมูล ตรวจสอบย้อนกลับ และเพิ่มศักยภาพในการสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจได้อย่างเป็นระบบ

องค์ความรู้ใหม่

งานวิจัยนี้นำเสนอ Smart Ornamental Chicken Farm Digital Management Model (SOF-DM Model) ซึ่งแตกต่างจากโมเดล Smart Farming ทั่วไปที่มักเน้นการตรวจวัดสภาพแวดล้อมหรือเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเชิงปริมาณเป็นหลัก โดยเสนอแนวทางการบูรณาการเทคโนโลยีดิจิทัลกับการจัดการเกษตรระดับชุมชนในลักษณะโครงสร้างเชิงระบบ ประกอบด้วย ฐานเทคโนโลยีดิจิทัล ได้แก่ ฐานข้อมูล ระบบคลาวด์ และการเชื่อมต่อเครือข่าย และอุปกรณ์ IoT ซึ่งทำหน้าที่เป็นโครงสร้างพื้นฐานของระบบ จากนั้นเชื่อมโยงกับกระบวนการจัดการฟาร์มอัจฉริยะ ที่ครอบคลุมการจัดการข้อมูลรายตัว สุขภาพ การผสมพันธุ์ และการวิเคราะห์ต้นทุน - รายได้ พร้อมทั้งมีการประเมินคุณภาพระบบตามมาตรฐาน ISO/IEC 25010 เพื่อยืนยันความเหมาะสมและความน่าเชื่อถือของระบบ กระบวนการดังกล่าวนำไปสู่ผลลัพธ์เชิงคุณค่า ได้แก่ ลดเวลาและขั้นตอนการดำเนินงาน เพิ่มความแม่นยำของข้อมูล และสนับสนุนการตัดสินใจเชิงข้อมูล ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบเกษตรดิจิทัลและยกระดับการบริหารจัดการฟาร์มไก่สวยงามขนาดเล็กถึงขนาดกลางแบบดั้งเดิมสู่รูปแบบเกษตรอัจฉริยะได้อย่างเป็นรูปธรรม ดังแสดงภาพที่ 5



ภาพที่ 5 Smart Ornamental Chicken Farm Digital Management Model (SOF-DM Model)

สรุปและข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่องการพัฒนาแอปพลิเคชันบริหารจัดการฟาร์มไก่สวยงามอัจฉริยะ สามารถบูรณาการข้อมูลสำคัญของฟาร์มไว้ในแพลตฟอร์มเดียว ได้แก่ ข้อมูลไกรายตัว ข้อมูลสุขภาพและวัคซีน การตรวจสอบย้อนกลับด้วย QR Code ข้อมูลต้นทุน - รายได้ และข้อมูลสภาพแวดล้อมจาก IoT ทำให้เกษตรกรสามารถจัดการข้อมูลฟาร์มได้เป็นระบบ เข้าถึงข้อมูลได้สะดวก ลดขั้นตอนการทำงาน และลดข้อจำกัดของการบันทึกข้อมูลแบบเดิมที่กระจัดกระจายหรือสูญหายได้ง่าย การบูรณาการระบบบันทึกข้อมูลฟาร์มเข้ากับ QR Code และ IoT สามารถช่วยแก้ปัญหาของการจัดการฟาร์มไก่สวยงามระดับชุมชนได้อย่างเป็นรูปธรรม โดย QR Code ช่วยให้การค้นหาและตรวจสอบข้อมูลไกรายตัวทำได้รวดเร็ว ขณะที่ IoT ช่วยติดตามข้อมูลสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิและความชื้น ส่งผลให้ข้อมูลรายตัว สุขภาพ ต้นทุน - รายได้ และสภาพแวดล้อมของฟาร์มเชื่อมโยงกันบนฐานข้อมูลเดียว ผลการประเมินคุณภาพแอปพลิเคชันและการยอมรับเทคโนโลยี พบว่า ระบบมีความเหมาะสม ใช้งานง่าย และสอดคล้องกับบริบทของเกษตรกรระดับฟาร์มชุมชน อีกทั้งผลการเปรียบเทียบก่อนและหลังใช้ระบบ พบว่า เวลาในการปฏิบัติงานลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกภารกิจ แสดงให้เห็นว่าแอปพลิเคชันสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการฟาร์ม ลดขั้นตอนการทำงาน และสนับสนุนการตัดสินใจบนฐานข้อมูลได้อย่างเหมาะสม นอกจากนี้ ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพระบบตามมาตรฐาน ISO/IEC 25010 กับการยอมรับเทคโนโลยีตามกรอบ TAM พบว่า มิติคุณภาพระบบมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการยอมรับเทคโนโลยี โดยเฉพาะด้านความง่ายในการใช้งานที่สัมพันธ์กับความตั้งใจใช้งานต่อเนื่อง สะท้อนว่า การออกแบบระบบให้ใช้งานง่ายเป็นปัจจัยสำคัญต่อการยอมรับแอปพลิเคชันของเกษตรกร อย่างไรก็ตาม การวิจัยครั้งนี้มีข้อจำกัดบางประการ กล่าวคือ กลุ่มตัวอย่างมี จำนวน 32 ราย และใช้วิธีการคัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจงจากเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่สวยงามในอำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราช จึงอาจมีข้อจำกัดในการสรุปอ้างอิงผลการวิจัยไปยังเกษตรกรในพื้นที่อื่นหรือฟาร์มที่มีรูปแบบการจัดการแตกต่างกัน นอกจากนี้ ระยะเวลาทดลองใช้ระบบ 4 สัปดาห์อาจสะท้อนผลลัพธ์ของการใช้งานในระยะเริ่มต้นมากกว่าผลลัพธ์ระยะยาว ดังนั้น การวิจัยครั้งต่อไปควรขยายกลุ่มตัวอย่างไปยังพื้นที่หรือภูมิภาคอื่น เพิ่มระยะเวลาการทดลองใช้ระบบ และเปรียบเทียบผลการใช้งานระหว่างฟาร์มที่มีขนาดหรือรูปแบบการจัดการแตกต่างกัน สำหรับการพัฒนาต่อยอดควรกำหนดลำดับความสำคัญของการวิจัยในอนาคตเป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะแรก ควรปรับปรุงประสิทธิภาพการประมวลผลของแอปพลิเคชัน เนื่องจากผลการประเมินคุณภาพระบบ พบว่า ด้านความรวดเร็วในการประมวลผลมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าด้านอื่น ๆ โดยควรลดภาระการโหลดข้อมูล เพิ่มประสิทธิภาพการเชื่อมต่อฐานข้อมูล และออกแบบระบบให้รองรับสมาร์ตโฟน รุ่นของระบบปฏิบัติการ และสภาพแวดล้อมเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่แตกต่างกัน ควบคู่กับการพัฒนาระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติ เช่น การแจ้งเตือนกำหนดวัคซีน การติดตามสุขภาพ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้น และความผิดปกติของต้นทุนหรือรายได้ ระยะที่สอง ควรพัฒนาแดชบอร์ดวิเคราะห์ข้อมูลฟาร์ม เพื่อสรุปต้นทุน รายได้ กำไร จุดคุ้มทุน และแนวโน้มการผลิต และ ระยะที่สาม ควรประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการพยากรณ์ต้นทุน แนวโน้มรายได้ ความเสี่ยงด้านสุขภาพ และการวิเคราะห์ภาพถ่ายไก่สวยงามเบื้องต้น ซึ่งจะช่วยยกระดับระบบจากแอปพลิเคชันบันทึกข้อมูลไปสู่ระบบสนับสนุนการตัดสินใจอัจฉริยะสำหรับฟาร์มไก่สวยงามในอนาคต



เอกสารอ้างอิง

- กรมปศุสัตว์. (2566). แผนปฏิบัติการพัฒนาไก่พื้นเมือง. เรียกใช้เมื่อ 10 มกราคม 2569 จาก <https://planning.dld.go.th/images/File/species-specific-strategic/strategic-02.pdf>
- _____. (2568). ข้อมูลจำนวนปศุสัตว์ในประเทศไทย ปี 2568. เรียกใช้เมื่อ 10 มกราคม 2569 จาก <https://ict.dld.go.th/index.php/th/service/report/book/report-book-2568>
- เดชิตา สุทธิรักษ์ และคณะ. (2567). รูปแบบการบริหารต้นทุนและห่วงโซ่อุปทานธุรกิจไก่แจ้สวยงามบ้านวังนาค. วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 43(2), 288-298.
- ธณินนทกร สุภาจันทร์ และคณะ. (2567). การพัฒนาระบบจัดการฟาร์มเลี้ยงไก่อัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งและ ข้อมูลสารสนเทศ. วารสารเกษตรนเรศวร, 21(1), e0210107-e0210107.
- ปฐมพงษ์ หอมศรี และสุริยันต์ ศรีมาตย์. (2566). เพิ่มผลกำไรบริหารจัดการฟาร์มไก่อัจฉริยะ ด้วยอินเทอร์เน็ตออฟติงส์ผ่านเว็บแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน กรณีศึกษาโรงเรียนไก่แห่งหนึ่งในจังหวัดนครราชสีมา. Wittayasara: Integration Apply Engineering and Industrial Technology, 16(1), 30-41.
- รวีศ คำหาญพล และคณะ. (2568). การออกแบบและพัฒนาเครื่องฟักไข่อัตโนมัติสำหรับสายพันธุ์ไก่แจ้บ้านวังนาคพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช ภาคใต้ของประเทศไทย. Journal of Science and Technology Mahasarakham University, 44(1), 75-82.
- รัตนกร แสนทำพล และคณะ. (2567). การพัฒนาเทคโนโลยีแอปพลิเคชันเช็กलिस्ट สำหรับการจัดการฟาร์มแพะนมของกลุ่มวิสาหกิจผู้เลี้ยงแพะแกะ อำเภอสรีเทพ จังหวัดเพชรบูรณ์. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์, 4(1), 74-85.
- สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2566). แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 139 ตอนพิเศษ 258 ง หน้า 1 (1 พฤศจิกายน 2565).
- Abiri, R. et al. (2023). Application of digital technologies for ensuring agricultural productivity. Heliyon, 9(12), e22601. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22601>.
- Canlas, R. B. et al. (2021). An ISO/IEC 25010 Based Software Quality Assessment of a Faculty Research Productivity Monitoring and Prediction System. In 2021 The 9th International Conference on Information Technology: IoT and. New York: Association for Computing Machinery.
- Cohen, J. (1988). Statistical power analysis for the behavioral sciences. (2nd ed.). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- 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>.
- Faul, F. et al. (2007). G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. Behavior Research Methods, 39(2), 175-191. <https://doi.org/10.3758/BF03193146>.

- Kendall, K. E. & Kendall, J. E. (2011). Systems analysis and design. (8th ed.). Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall.
- Sargani, G. R. et al. (2025). Is digital transformation the key to agricultural strength? A novel approach to productivity and supply chain resilience. *Smart Agricultural Technology*, 10, 100838. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2025.100838>.
- Srivetbodee, S. & Igel, B. (2021). Digital technology adoption in agriculture: Success factors, obstacles and impact on corporate social responsibility performance in Thailand's smart farming projects. *Thammasat Review*, 24(2), 149-170.