

ระบบแจ้งเตือนและควบคุมการเพาะเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

พีระยุท แก้วนวลเข้า¹, รัฐเขต ลาภขุนทด¹, เพชรารภรณ์ ชาวสวน¹, ศศิกันต์ ไพลกลาง^{1*}
และ วิรัตน์ บุตรวาปี¹

Notification and Control System for Cricket Culture with the Internet of Things

Peerayut Kaewnuanhao¹, Rattakhet Lapkhuntod¹, Patcharaporn Chaosuan¹, Sasikarn Plaiklang^{1*}
and Wirat Butwaphee¹

¹ Faculty of Business Administration, Rajamangala University of Technology Isan, Nakhon Ratchasima, 30000

* Corresponding author: sasikarn.pl@rmuti.ac.th

Received: 18 December 2024; Revised: 2 September 2025; Accepted: 8 September 2025

บทคัดย่อ

ปัจจุบันเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่ง ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญด้านการเกษตรและการเลี้ยงสัตว์ เพราะสามารถช่วยควบคุมสภาพแวดล้อมได้แบบอัตโนมัติ จิ้งหรีดถือเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่กำลังได้รับความนิยมจากเกษตรกร เนื่องจากเป็นโปรตีนทางเลือก และสร้างรายได้สูง การนำอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่งมาประยุกต์ใช้จึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการเพิ่มประสิทธิภาพและคุณภาพในการเพาะเลี้ยงจิ้งหรีด ในการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ออกแบบและพัฒนาระบบแจ้งเตือนและควบคุมการเพาะเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่ง 2) ประเมินประสิทธิภาพของระบบ และ 3) ประเมินอัตราการรอดของจิ้งหรีด โดยระบบสามารถตรวจวัดค่าอุณหภูมิ ความชื้น และฝุ่นละออง PM2.5 และแจ้งเตือนค่าผิดปกติเพื่อจัดการควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสม กลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยครั้งนี้คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่งและเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงจิ้งหรีดจังหวัดนครราชสีมา จำนวน 5 ท่าน เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยคือแบบประเมินประสิทธิภาพของระบบ และสถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการศึกษาพบว่า ระบบสามารถตรวจวัดและควบคุมสภาพแวดล้อมในตัวเลี้ยงจิ้งหรีดได้อย่างแม่นยำและมีการแจ้งเตือนผ่าน LINE Notify ส่งผลให้การเพาะเลี้ยงมีประสิทธิภาพมากขึ้น ช่วยลดความเสี่ยงและลดต้นทุนในการดูแลฟาร์ม ผลการประเมินประสิทธิภาพพบว่า มีประสิทธิภาพโดยภาพรวมมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.76 ± 0.42 และผลการประเมินอัตราการรอดของจิ้งหรีด พบว่า มีอัตราการรอดในระดับสูงมาก เท่ากับ 94.56%

คำสำคัญ: อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง, ระบบควบคุม, ระบบแจ้งเตือน, จิ้งหรีด

¹ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จังหวัดนครราชสีมา 30000

Abstract

The Internet of Things technology has become essential in agriculture and livestock farming, offering automated environmental control solutions. Crickets, as an emerging economic livestock, have gained popularity among farmers due to their high nutritional value as an alternative protein source and their potential for high income generation. Applying IoT to cricket farming is a promising approach to enhancing efficiency and quality. This study aims to: 1) design and develop an IoT-based monitoring and control system for cricket farming, 2) evaluate the system's performance, and 3) assess the survival rate of crickets. The system monitors temperature, humidity, and PM2.5 dust levels, sending alerts for abnormal values to ensure optimal environmental conditions. The research involved five participants, including IoT experts and cricket farmers from Nakhon Ratchasima Province. Tools used included a system performance evaluation form, with data analyzed using mean and standard deviation. The findings revealed that the system accurately monitored and controlled the cricket farming environment and sent alerts via LINE Notify, resulting in improved farming efficiency, reduced risks, and lower farm maintenance costs. The performance evaluation showed high overall efficiency, with a mean score of 4.76 ± 0.42 , while the cricket survival rate was significantly high at 94.56%.

Keywords: Internet of things, Control system, Notification system, Cricket

Introduction

ในปัจจุบันความต้องการโปรตีนจากสัตว์กำลังเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ จิ้งหรีดเป็นแหล่งโปรตีนทางเลือกที่มีความสามารถในการผลิตอย่างยั่งยืนมากกว่าสัตว์เลี้ยงแบบดั้งเดิม เช่น วัว ไก่ และหมู เนื่องจากจิ้งหรีดใช้ทรัพยากรน้อยกว่าในการเลี้ยงและมีการปล่อยมลพิษที่น้อยกว่า ข้อมูลรายได้จากการเลี้ยงจิ้งหรีดในประเทศไทย พบว่า ต้นทุนรวมในการเลี้ยงจิ้งหรีดอยู่ที่ 85 – 100 บาทต่อกิโลกรัม เมื่อนำไปจำหน่ายราคาขายปลีกอยู่ที่ 100 – 120 บาทต่อกิโลกรัม และราคาขายส่ง 90 บาทต่อกิโลกรัม กำไรสุทธิประมาณที่ 2,000–7,000 บาท ต่อ 1 รอบการผลิตซึ่งใช้เวลาประมาณ 2 เดือน (Natsat Sroitongdee & Napaporn Nilapomkul, 2019) เมื่อทำการส่งออกไปยังสหภาพยุโรปมีราคาสูงถึง 1,000 บาทขึ้นอยู่กับชนิดของจิ้งหรีด และคุณภาพในการเลี้ยงการเลี้ยงจิ้งหรีด (Natsat Sroitongdee & Napaporn Nilapomkul, 2019; National Bureau of Agricultural and Food Standards, 2016) หากมีการลงทุนในระบบการเลี้ยงที่ทันสมัย เช่น อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things หรือ IoT) มาช่วยควบคุมสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น จะเพิ่มผลผลิตและประสิทธิภาพได้สูงขึ้น ตลาดการค้าจิ้งหรีดมีมูลค่าสูงขึ้น เนื่องจากการส่งออกผลิตภัณฑ์จากจิ้งหรีด เช่น จิ้งหรีดแห้ง ผงจิ้งหรีด ตลาดต่างประเทศที่มีความต้องการสูง ได้แก่ สหรัฐอเมริกา และยุโรป ที่มีความนิยมบริโภคจิ้งหรีดเป็นแหล่งโปรตีนทางเลือก

การเลี้ยงจิ้งหรีดเป็นสัตว์เลี้ยงง่าย สามารถทำได้ในพื้นที่จำกัด เช่น ในบ้าน หรือชุมชนเมือง ที่ไม่สามารถเลี้ยงสัตว์ใหญ่ได้ นอกจากนี้ การเลี้ยงจิ้งหรีดระบบปิด ยังช่วยป้องกันปัญหาจากสภาพแวดล้อมภายนอก เช่น การถูกล่าโดยศัตรูธรรมชาติหรือการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ การใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things หรือ IoT) ในการเกษตรกำลังเป็นที่นิยม เนื่องจากช่วยให้การเกษตรมีประสิทธิภาพมากขึ้น การนำ IoT มาใช้ในการเลี้ยงจิ้งหรีดช่วยให้การตรวจสอบและควบคุมสภาพแวดล้อมในตู้เลี้ยงจิ้งหรีดสามารถทำได้ง่าย แม่นยำ และมีอัตราการเจริญเติบโตและมีจำนวนผลผลิตของ

จังหวัด สูงกว่าการเลี้ยงแบบปกติทั่วไป (Wannathida Ratcharaksa, Panida Boonchawna, & Uakam Awat, 2023) นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มอัตราการรอด มีน้ำหนักและมีคุณภาพของจังหวัดเพิ่มมากขึ้น สามารถช่วยลดต้นทุน เวลาในการดูแล และการใช้แรงงานคนในการเลี้ยงจังหวัด (Siriprapa Prapagomkiat, 2021) ปัจจัยแวดล้อมที่สำคัญต่อการเลี้ยงจังหวัด ได้แก่ ภูมิอากาศพื้นที่ คุณภาพของอาหารและน้ำ ปริมาณฝุ่นละอองที่อาจเกิดจากมูลจังหวัด ซากตัวจังหวัดที่ตาย เศษอาหาร หรือการระบายอากาศไม่ดี ซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของจังหวัด (Chatree Homkhiew et al., 2023)

ดังนั้น คณะผู้วิจัยได้เล็งเห็นความสำคัญในการออกแบบและพัฒนาระบบแจ้งเตือนและควบคุมการเพาะเลี้ยงจังหวัดด้วยอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่งด้วยสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม โดยการวิจัยในครั้งนี้จะทำการควบคุมปัจจัยแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณฝุ่นละออง PM2.5 ที่เหมาะสม จะช่วยให้จังหวัดเจริญเติบโตได้ดีขึ้น ทำให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพสูงและปริมาณมากขึ้น ลดความเสี่ยงจากความผิดพลาดของมนุษย์ เนื่องจากสามารถตรวจสอบสภาพแวดล้อมได้จากระยะไกลผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนหรือคอมพิวเตอร์ได้อย่างแม่นยำและอัตโนมัติ นอกจากนี้ ข้อมูลที่ได้จากระบบสามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงการเลี้ยงในอนาคต ทำให้การเลี้ยงจังหวัดมีประสิทธิภาพมากขึ้น ลดต้นทุนการผลิตในระยะยาว ลดการสูญเสียทรัพยากร และค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็น

Objectives

1. เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบแจ้งเตือนและควบคุมการเพาะเลี้ยงจังหวัดด้วยอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่ง
2. เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบแจ้งเตือนและควบคุมการเพาะเลี้ยงจังหวัดด้วยอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่ง

Conceptual and Theoretical Background and Related Studies

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องสำหรับการวิจัยเพื่อพัฒนาระบบแจ้งเตือนและควบคุมการเพาะเลี้ยงจังหวัดด้วยอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่งในครั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้ศึกษานิยาม และความหมายที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ วงจรการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่ง และฟาร์มอัจฉริยะ โดยมีรายละเอียดดังนี้

วงจรพัฒนาระบบงาน ยังเป็นกระบวนการพัฒนาระบบสารสนเทศให้ตรงตามความต้องการผู้ใช้งาน แบ่งออกเป็น 7 ขั้นตอน คือ การกำหนดความต้องการของระบบ การวิเคราะห์ระบบงาน การออกแบบระบบ การพัฒนาระบบ การทดสอบระบบ การติดตั้งใช้จริง และการบำรุงรักษาระบบ (Kiattipong Udomtanathira, 2019)

Thanai Likhitpoonsap & Mawin Yuenyongwatthanakul (2011) ระบุว่า เว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) คือ การพัฒนาระบบงานบนเว็บ ข้อมูลที่อยู่ในระบบมีการไหลเวียนในแบบออนไลน์ เหมาะสำหรับงานที่ต้องการข้อมูลแบบเวลาจริง (Real-Time) และมีประสิทธิภาพ

อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things หรือ IoT) คือ การเชื่อมโยงอุปกรณ์ต่าง ๆ เข้าสู่โลกอินเทอร์เน็ต เพื่อให้สามารถควบคุมและสั่งการระยะไกลได้ โดยใช้อุปกรณ์ที่มีระบบสมองกลฝังตัวขนาดเล็ก (Embedded System) เช่น เซอร์ และวงจรสื่อสารเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตทำให้สามารถบันทึกและแลกเปลี่ยนข้อมูลแบบเรียลไทม์ (Kantima Jueachantuk et al., 2025)

ฟาร์มอัจฉริยะ (Smart Farm) หรือ ฟาร์มที่มีความแม่นยำ คือฟาร์มที่นำวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสารสนเทศและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้เป็นเครื่องมือ เพื่อให้เกิดความสะดวกและง่ายต่อการจัดการ โดยสามารถประมวลผลได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ มีการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างคุ้มค่า เพิ่มปริมาณและคุณภาพของผลผลิต ช่วยลดต้นทุนการผลิต มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม (Chakrit Manwicha, 2016) สำหรับประเทศไทยซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับการเกษตรมาตั้งแต่สมัยโบราณ ประชากรในประเทศประกอบอาชีพเกษตรกรเป็นส่วนใหญ่ การที่ภาครัฐให้ความสำคัญกับการทำเกษตรแบบอัจฉริยะและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศกับภาคเกษตร นับเป็นแนวทางที่มีศักยภาพในการขับเคลื่อนการเกษตรให้ยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมในอนาคต

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Surathep Paengkoet & Supasee Duangsai (2023) ได้พัฒนาเครื่องควบคุมตู้ปลาอัตโนมัติด้วย IoT เพื่อเพิ่มความสะดวกในการควบคุมปริมาณการให้อาหาร และลดเวลาการเฝ้าสังเกตปลา ผลทดลองพบว่า ประสิทธิภาพในการให้อาหารปลาใน 3 เวลาไม่มีความผิดพลาด และอาหารที่ปล่อยในแต่ละครั้งมีปริมาณ 1 กรัม คิดเป็น 81 เปอร์เซ็นต์ซึ่งเป็นปริมาณที่พอเหมาะสำหรับการกินอาหารของปลา ดังนั้น เครื่องควบคุมตู้ให้อาหารปลาอัตโนมัติด้วย IoT สามารถใช้เป็นต้นแบบเครื่องให้อาหารปลา และประยุกต์ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์การผลิตเชิงพาณิชย์ได้

Chinwat Ngamwannakorn & Suthat Runraviwan (2018) ได้ศึกษาระบบควบคุมอุปกรณ์ภายในโรงงานขนาดย่อมด้วยเทคโนโลยีไร้สายผ่านแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ ภายใต้แนวคิดการนำ IoT มาประยุกต์ โดยใช้อุปกรณ์ Arduino และเขียน โปรแกรมควบคุมโดยใช้ภาษา C++ และพัฒนา App บนอุปกรณ์เคลื่อนที่ด้วย App Inventor ผลจากการทดลองระบบพบว่า ผู้ประกอบการสามารถควบคุมการเปิดปิดไฟส่องสว่างในโรงงานและระบบความปลอดภัยจากกล้องวงจรปิดได้ ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยภาพรวมพบว่า มีประสิทธิภาพมาก มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับ 4.19

Taksin Wangsinh, Jinnawat Semkan, & Nipitpon Racha (2021) การพัฒนาตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์อัจฉริยะด้วยระบบเทคโนโลยีการเชื่อมต่อของสรรพสิ่งสำหรับอบแห้งพริก กุ้ง และมะม่วง โดยควบคุมและดูแลการเปิดและปิดพัดลมแบบอัตโนมัติ เพื่อเป็นต้นแบบให้กับเกษตรกร ผลจากการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 42 คน พบว่ามีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก โดยค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 3.81

Kiatsin Kanjanawanikul, Chumpol Kaewsihawong, Wuttiya Uttaracha, & Suphan Yangyuen (2020) ได้ประยุกต์ใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อช่วยในการเลี้ยงจิ้งหรีด โดยมีส่วนประกอบ 3 ส่วนหลัก คือ ระบบการให้อาหาร น้ำ และความชื้นสัมพัทธ์ ควบคุมผ่านอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ระบบการให้อาหารถูกออกแบบมาเพื่อการให้อาหารที่กระจายอย่างเหมาะสม ระบบการให้น้ำถูกออกแบบมาให้เติมน้ำอัตโนมัติเมื่อระดับน้ำต่ำกว่าที่กำหนดไว้ ระบบควบคุมผ่านแอปพลิเคชัน ประกอบด้วยคำสั่งการให้อาหารและแสดงค่าอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ นอกจากนี้ ยังสามารถสั่งให้ถ่ายภาพเพื่อแสดงผลผ่านแอปพลิเคชันไลน์

Methodology

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

สำหรับประชากรคือ เกษตรกรเพาะเลี้ยงจิ้งหรีดในจังหวัดนครราชสีมา จำนวน 127 คน (Information and Statistical Data Group, Center for Information Technology and Communication, Department of Livestock Development, 2022) และกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยครั้งนี้คือ คัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling) พิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญด้านอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่ง จำนวน 3 ท่าน และเกษตรกรผู้เลี้ยงจิ้งหรีดในจังหวัดนครราชสีมา จำนวน 2 ท่าน สำหรับประเมินประสิทธิภาพของระบบแจ้งเตือนและควบคุมการเพาะเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการออกแบบและพัฒนาระบบเลี้ยงจิ้งหรีด ระบบสามารถตรวจวัดและแจ้งรายละเอียดของอุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณฝุ่นละออง PM2.5 และปริมาณแสงที่เหมาะสม

ขอบเขตของระบบ

1. เจ้าของฟาร์ม (Administrator)

- 1) สามารถเรียกดูค่าอุณหภูมิผ่านเว็บไซต์ได้
- 2) สามารถตรวจสอบค่าฝุ่นละออง PM2.5 ได้

2. ระบบ (System)

- 1) สามารถตรวจวัดค่าอุณหภูมิหรือความชื้นได้
- 2) สามารถแจ้งเตือนเมื่ออุณหภูมิหรือความชื้นที่สูงกว่าปกติ
- 3) สามารถตรวจวัดค่าฝุ่นละออง PM2.5 ได้

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

Table 1 Instruments used in the study

Type of instrument	Instruments/technologies used in the study
Hardware	1) Personal Computer (PC)
	– CPU: Ryzen 5 2600 3.4 GHz
	– RAM: 16 GB DDR4
	– SSD: 512 GB, Read 3500 MB/s
	– Graphics Card: RTX 4060 DDR6 8 GB
	– Peripherals: Mouse, Keyboard
	2) NodeMCU Board with Wi-Fi connectivity
	3) 4-Channel Relay Module (for controlling DC and AC loads)
	4) AM2302 Temperature and Humidity Sensor
	5) Soil Moisture Sensor
	6) Ventilation Fan

Type of instrument	Instruments/technologies used in the study
	7) PM2.5 Air Quality Sensor
	8) Heating Lamp for incubation/cultivation cabinet
Software	1) Visual Studio Code
	2) Arduino IDE
	3) Line Notify
	4) Figma
	5) Google Sheets
Programming Languages	1) C/C++
	2) HTML
	3) JavaScript

ขั้นตอนการดำเนินงาน

การพัฒนาาระบบแจ้งเตือนและควบคุมการเพาะเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่ง คณะผู้วิจัยได้แบ่งวิธีการดำเนินงาน (Figure 1)

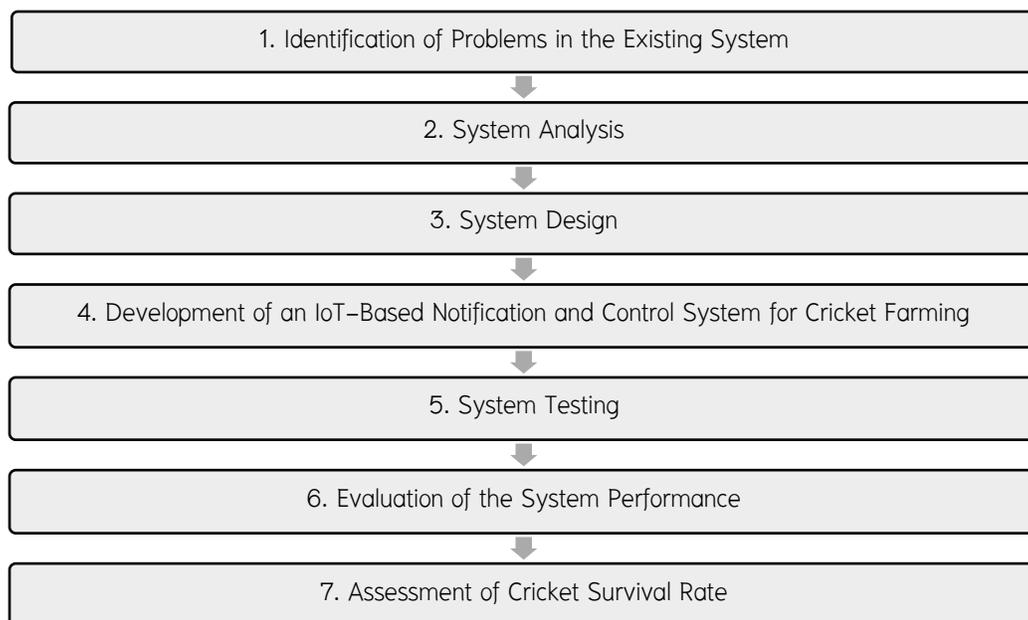


Figure 1 Research Methodology

จากรูป (Figure 1) เป็นขั้นตอนการดำเนินงานงานวิจัย โดยแบ่งออกเป็น 7 ขั้นตอน ได้แก่ ศึกษาปัญหาาระบบงานเดิม วิเคราะห์ระบบ ออกแบบกระบวนการทำงาน พัฒนาระบบแจ้งเตือนและควบคุมการเพาะเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ทดสอบระบบงาน ประเมินประสิทธิภาพของระบบ และประเมินอัตราการอยู่รอดของจิ้งหรีด สามารถอธิบายได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาปัญหาระบบงานเดิม

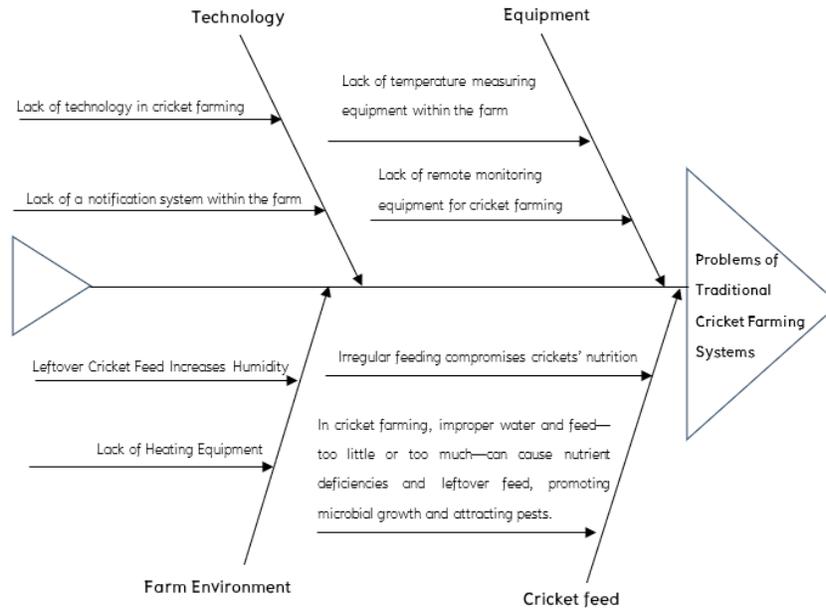


Figure 2 Research Methodology

จากรูป (Figure 2) แสดงแผนผังก้างปลาปัญหาในระบบฟาร์มจิ้งหรีดแบบดั้งเดิม พบว่าปัญหาที่เกิดขึ้นแบ่งออกเป็น 4 ส่วนดังนี้

- 1) ด้านเทคโนโลยี ขาดเทคโนโลยีและระบบการแจ้งเตือนปัญหาต่าง ๆ ภายในฟาร์ม
- 2) ด้านอุปกรณ์ ขาดอุปกรณ์วัดอุณหภูมิภายในฟาร์มและขาดอุปกรณ์ติดตามดูแลจิ้งหรีดระยะไกล
- 3) ด้านอาหาร การให้น้ำและอาหารในปริมาณที่ไม่เหมาะสมน้อยหรือมากเกินไปอาจทำให้จิ้งหรีดขาดสารอาหาร หรือมีการทิ้งอาหารที่เหลือเศษซึ่งเป็นเศษอาหารซึ่งเป็นแหล่งสะสมของเชื้อโรคและแมลงพาหะ
- 4) ด้านสิ่งแวดล้อมภายในฟาร์ม อาหารจิ้งหรีดที่เหลือทิ้งทำให้อากาศภายในเกิดความชื้น และขาดอุปกรณ์ช่วยให้ความอบอุ่นภายในฟาร์ม

ขั้นตอนที่ 2 วิเคราะห์ระบบงาน

2.1 System Flowchart ระบบฟาร์มจิ้งหรีดแบบดั้งเดิม

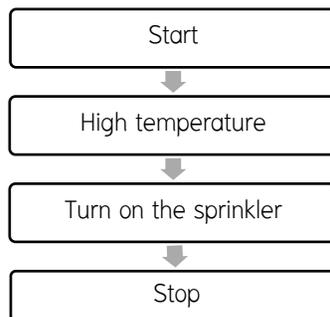


Figure 3 System Flowchart of a Traditional Cricket Farming System

จากรูป (Figure 3) แสดงให้เห็นถึงระบบงานเดิมโดยเริ่มจากผู้ใช้งานใช้อุณหภูมิความร้อนจากความรู้สึก ไม่มีเครื่องมือในการการวัดอุณหภูมิหรือความชื้น

ขั้นตอนที่ 3 ออกแบบกระบวนการทำงาน

3.1 System Flowchart ระบบฟาร์มจิ้งหรีด IoT

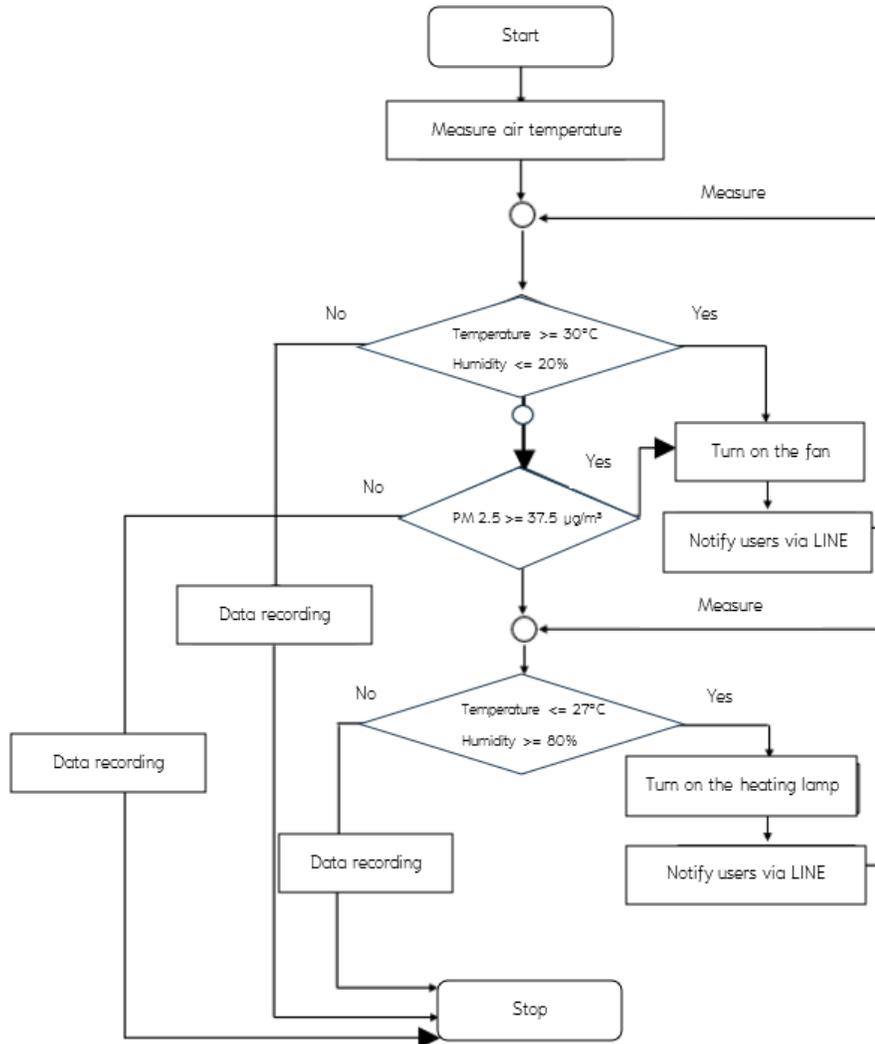


Figure 4 System Flowchart of a Traditional Cricket Farming System

จากกรอบแนวคิด (Figure 4) อธิบายการทำงานได้ดังนี้แสดงให้เห็นการทำงานเมื่อนำเทคโนโลยี IoT มาจัดการระบบการทำงานซึ่งเริ่มอ่านค่าข้อมูลจากเซนเซอร์เพื่อตรวจสอบอุณหภูมิในอากาศจากนั้นเซนเซอร์จะแจ้งเตือนผ่าน Line Notify ให้ผู้ใช้ทราบค่าสถานะอุณหภูมิและทำการบันทึกข้อมูลและรายงานออกมาให้ผู้ใช้ และจบการทำงาน

3.2 Use-Case Diagram ระบบงานใหม่

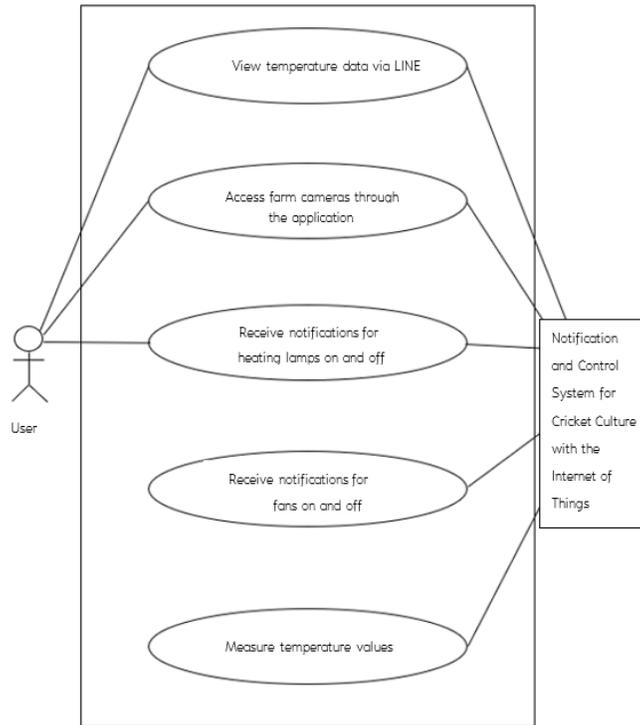


Figure 5 Use-Case Diagram of the New System

3.3 Data Flow Diagram

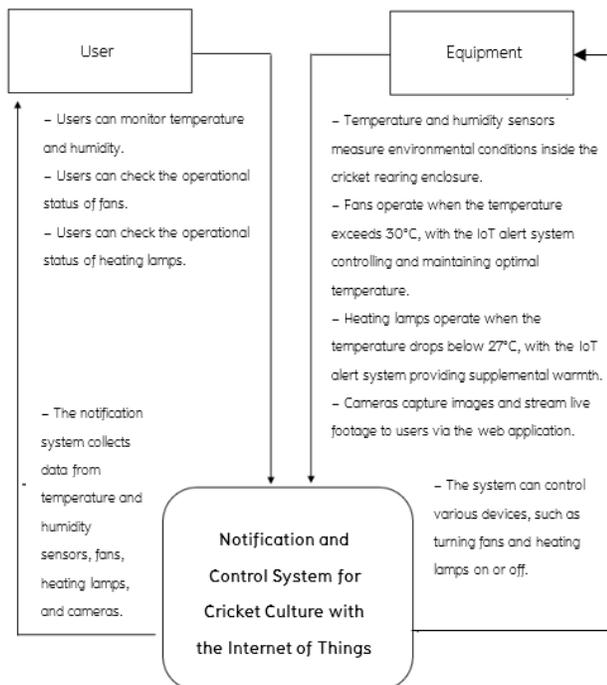


Figure 6 Context Diagram

3.4 สถาปัตยกรรมระบบ

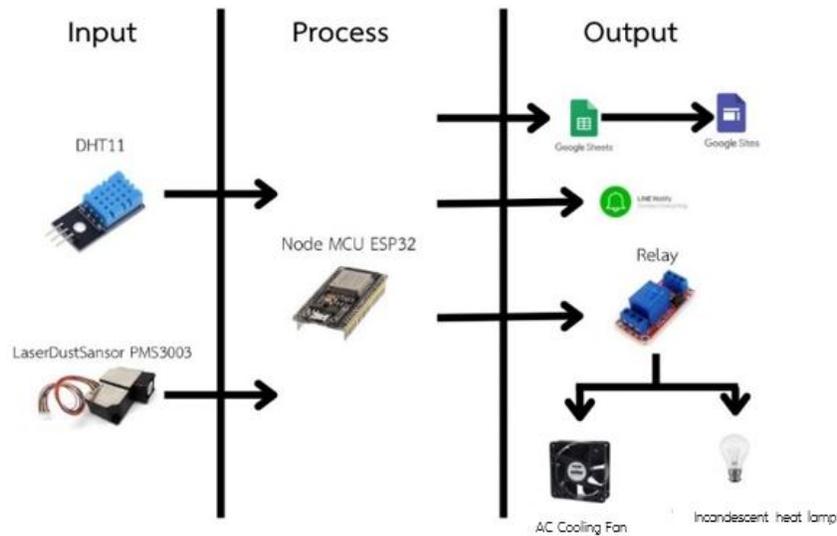


Figure 7 System Architecture

จากรูปที่ 7 แสดงให้เห็นถึงภาพสถาปัตยกรรมระบบ โดยเริ่มจากผู้ใช้งานสั่งการผ่านทางไลน์ บอร์ด ESP32 ส่งคำสั่งไปยัง DHT11 เพื่อตรวจสอบอุณหภูมิ DHT11 ส่งค่าอุณหภูมิความร้อนและความชื้นไปยัง Line ของผู้ใช้งาน, บอร์ด ESP32 ส่งคำสั่งไปยัง Relay เพื่อควบคุมการเปิด-ปิด พัดลมและหลอดไฟ, บอร์ด ESP32 ส่งคำสั่งไปยัง Laser Dust Sensor PMS3003 เพื่อตรวจสอบค่าฝุ่นภายในตู้

จากการทดสอบนี้ ได้เห็นว่า ระบบแจ้งเตือนและควบคุมการเพาะเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่ง (IoT) ทำงานได้มีประสิทธิภาพดีขึ้นทั้งในด้านการควบคุมสภาพแวดล้อมและการแจ้งเตือนที่แม่นยำ

ขั้นตอนที่ 4 การพัฒนาระบบ

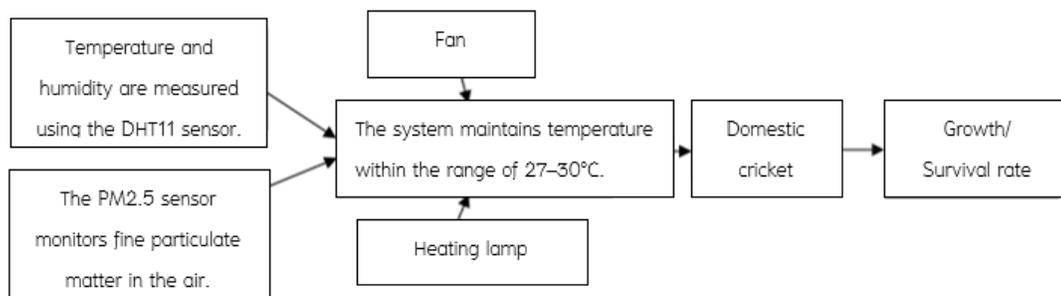


Figure 8 Conceptual Framework

จากรูป (Figure 8) อธิบายได้ว่ากรอบแนวคิดการวิจัยมีการใช้เซ็นเซอร์ dht11 ในการวัดค่าอุณหภูมิและความชื้น และใช้เซ็นเซอร์ PM2.5 วัดค่าฝุ่นละอองในอากาศ เพื่อนำค่าที่ได้ไปควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในระยาะ 27–30 องศาเซลเซียส โดยใช้พัดลมในการช่วยลดอุณหภูมิ และใช้หลอดไฟให้ความอบอุ่นในการเพิ่มอุณหภูมิเพื่อบคงสภาพแวดล้อมให้อยู่ในระยาะที่เหมาะสมที่สุดเพื่อการเจริญเติบโตและการอยู่รอดของจิ้งหรีด

ขั้นตอนที่ 5 การทดสอบระบบ

เมื่อพัฒนาระบบเสร็จเรียบร้อยแล้ว คณะผู้วิจัยทำการทดสอบการใช้งานแบบจำลองระบบแจ้งเตือนและควบคุมการเพาะเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยอินเทอร์เน็ตรสรพสิง ณ ห้องคั่นคว่ำบัณฑิต สาขาวิชาระบบสารสนเทศ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน โดยจะทำการทดสอบระบบการวัดอุณหภูมิและความชื้น และการแจ้งเตือนไม่อยู่ในระดับที่เหมาะสม ระบบสามารถส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์ควบคุมเพื่อปรับสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับการเลี้ยงได้ นอกจากนี้ จะทำการทดสอบการวัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ หากระดับฝุ่น PM2.5 สูงเกิน 37.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ เซ็นเซอร์จะสามารถตรวจจับและส่งสัญญาณไปยังระบบควบคุม เพื่อทำการเปิดพัดลมเพื่อระบายอากาศ หรือสามารถทำการแจ้งเตือนผู้ใช้งานผ่าน Line Notify ได้หรือไม่ เป็นต้น โดยเซ็นเซอร์จะตรวจวัดค่าในทุก ๆ 5 นาที โดยใช้ระยะเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูลการเจริญเติบโต และอัตราการอยู่รอดทุก ๆ วัน จนครบ 45 วัน แล้วบันทึกผล

ขั้นตอนที่ 6 การประเมินประสิทธิภาพของระบบแจ้งเตือนและควบคุมการเพาะเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยอินเทอร์เน็ตรสรพสิง

ขั้นตอนที่ 7 การประเมินอัตราการอยู่รอดของจิ้งหรีด

ในการประเมินอัตราการอยู่รอดของจิ้งหรีด มีรูปแบบการวิเคราะห์ดังนี้

$$\text{อัตราการอยู่รอด (ร้อยละ)} = \frac{\text{จำนวนจิ้งหรีดที่อยู่รอด}}{\text{จำนวนจิ้งหรีดทั้งหมด}} \times 100 \quad (\text{สมการที่ 1})$$

Results

จากวัตถุประสงค์ออกแบบและพัฒนาระบบ สามารถอธิบายผลการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

1. วิเคราะห์และออกแบบระบบ

1.1 ส่วนของตู้เลี้ยงจิ้งหรีด

จากการวิเคราะห์และออกแบบต้นแบบตู้เลี้ยงจิ้งหรีดอัจฉริยะ คณะผู้วิจัยได้พัฒนาแบบจำลองระบบแจ้งเตือนและควบคุมการเพาะเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยอินเทอร์เน็ตรสรพสิง แสดงดังรูปต่อไปนี้

1. แบบจำลองตู้เลี้ยงจิ้งหรีด

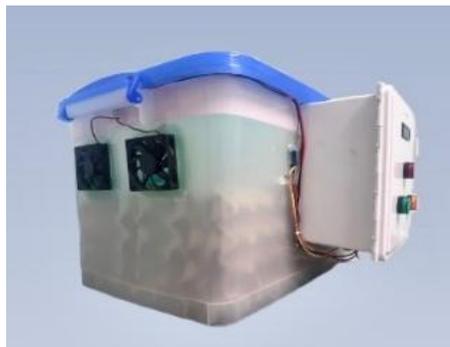


Figure 9 Cricket Rearing Enclosure Model

จากรูป (Figure 9) แสดงแบบจำลองระบบแจ้งเตือนและควบคุมการเพาะเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

2. กล่องอุปกรณ์เซนเซอร์

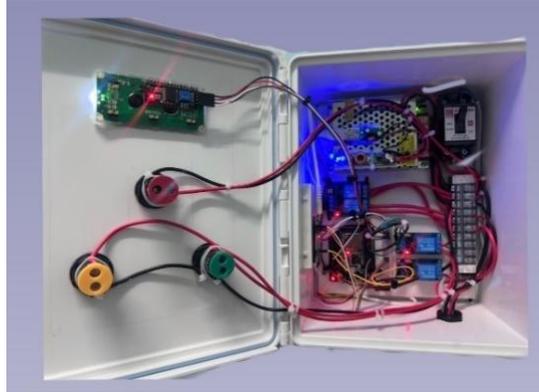


Figure 10 Sensor Equipment Box

จากรูป (Figure 10) แสดงการนำอุปกรณ์เซนเซอร์ ESP8266 (โมดูล Wi-Fi),จอ LCD สำหรับแสดงอุณหภูมิและความชื้น,รีเลย์ (Relay)ทั้งหมดใส่ลงไปในกล่องอุปกรณ์

3. การใช้งานของแบบจำลองตู้เลี้ยงจิ้งหรีด



Figure 11 Cricket Rearing Enclosure Model

จากรูป (Figure 11) แสดงการทดลองการใช้เซนเซอร์ DHT11 (วัดอุณหภูมิและความชื้น)



Figure 12 DHT11 Sensor (Temperature and Humidity Sensor)

จากรูป (Figure 12) แสดงเซ็นเซอร์ DHT11 ถูกใช้ในการวัดอุณหภูมิและความชื้นในบรรยากาศ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเติบโตของพืช หากอุณหภูมิหรือตัวชี้วัดความชื้นไม่อยู่ในระดับที่เหมาะสม ระบบจะส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์ควบคุม เช่น พัดลมหรือหลอดไฟ เพื่อปรับสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับการเลี้ยง

4. เซ็นเซอร์วัดฝุ่นละออง PM2.5

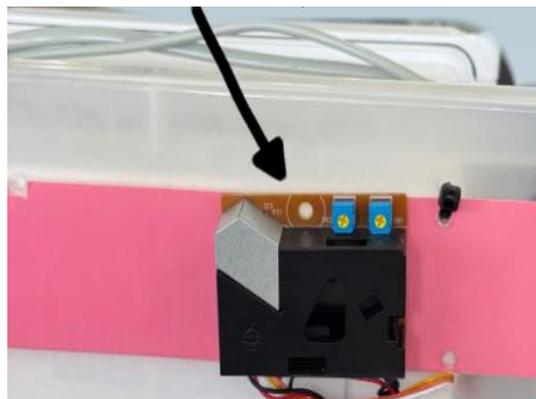


Figure 13 Laser Dust Sensor PMS3003

จากรูป (Figure 13) แสดง Laser Dust Sensor PMS3003 เป็นเซ็นเซอร์นี้ใช้ในการวัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ หากระดับฝุ่น PM2.5 สูงเกิน $37.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ เซ็นเซอร์จะตรวจจับและแจ้งเตือนส่งสัญญาณไปยังระบบควบคุม ซึ่งอาจส่งผลให้มีการเปิดพัดลมเพื่อระบายอากาศ หรือแจ้งเตือนผู้ใช้งานผ่าน Line Notify

5. หลอดไฟให้ความอบอุ่น 40W



Figure 14 Heating lamp

จากรูป (Figure 14) แสดงหลอดไฟใช้เพื่อให้ความอบอุ่นแก่จิ้งหรีดเมื่ออุณหภูมิต่ำเกินไป การทำงานของระบบจะใช้รีเลย์ในการเปิดหรือปิดหลอดไฟเพื่อรักษาอุณหภูมิในช่วงที่เหมาะสม เช่น เมื่ออุณหภูมิลดต่ำกว่า 25°C หลอดไฟจะเปิดเพื่อเพิ่มอุณหภูมิ

6. ไฟระบุสถานะ



Figure 15 Status Indicator Light

จากรูป (Figure 15) แสดงสถานะไฟในระบบ ได้แก่ 1) ไฟสีแดง: สถานะของเบรกเกอร์ เปิด/ปิดระบบไฟฟ้าหลัก 2) ไฟสีเขียว: การทำงานของพัดลม เพื่อระบายอากาศหรือควบคุมอุณหภูมิ 3) ไฟสีเหลือง: การทำงานของไฟให้ความอบอุ่น ควบคุมการเพิ่มอุณหภูมิในระบบ

7. แผงไข่ใช้ในการเลี้ยงจิ้งหรีด



Figure 16 Egg Tray Used for Cricket Rearing

จากรูป (Figure 16) แสดงลักษณะของแผงไข่ที่ใช้ในการเลี้ยงจิ้งหรีด พื้นผิวที่หยาบ ด้งไข่ทำจากกระดาษรีไซเคิล หรือวัสดุหยาบ ซึ่งเป็นพื้นผิวที่จิ้งหรีดสามารถปีนป่ายได้ง่าย ทำให้จิ้งหรีดรู้สึกปลอดภัย และสามารถเคลื่อนไหวได้อย่างอิสระ

1.2 ส่วนของเว็บผู้เลี้ยง

1. หน้าแรกของเว็บไซต์



Figure 17 Homepage of the Website

จากรูป (Figure 17) แสดงภาพหน้าแรกของเว็บ สามารถตรวจสอบกราฟการทำงานของเซนเซอร์ต่าง ๆ ได้

2. หน้าตรวจสอบสถานะ

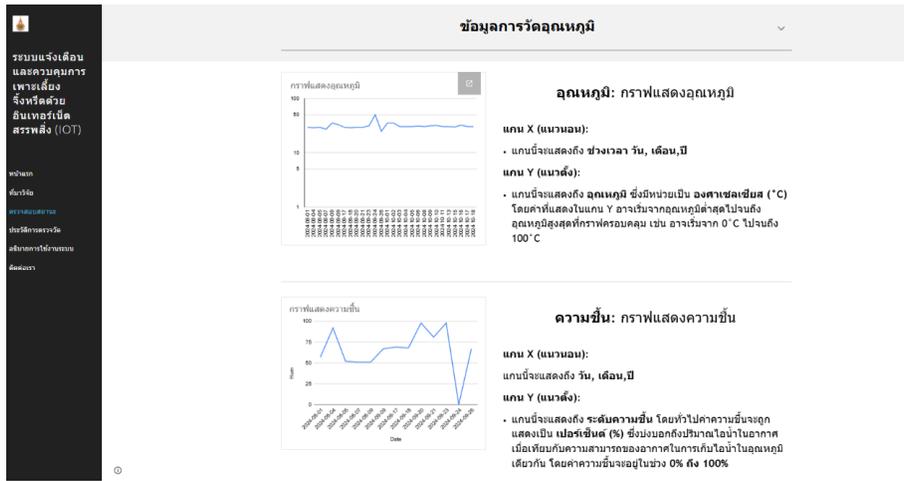


Figure 18 System Status Overview Page

จากรูป (Figure 18) แสดงภาพหน้าตรวจสอบสถานะ สามารถตรวจสอบสถานะของอุณหภูมิ ความชื้น และค่าฝุ่น PM2.5 ได้

3. หน้าประวัติการวัดอุณหภูมิและความชื้น

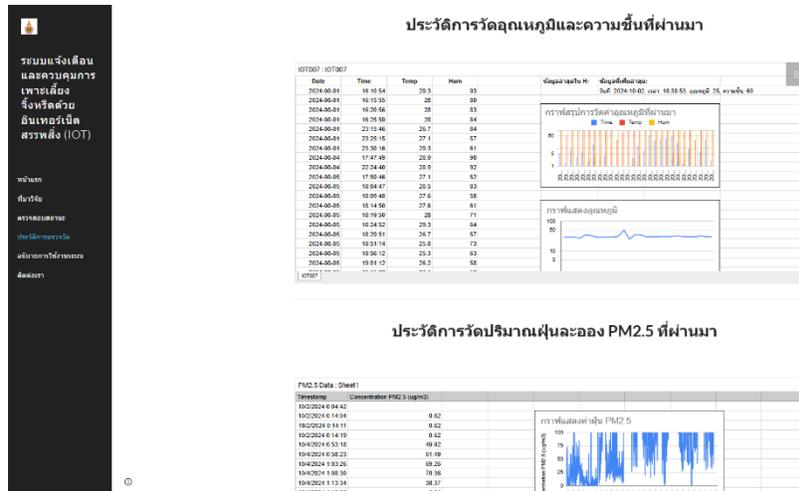


Figure 19 Temperature and Humidity Measurement History Page

จากรูป (Figure 19) แสดงภาพหน้าประวัติการวัดอุณหภูมิและความชื้น

จากวัตถุประสงค์การประเมินประสิทธิภาพของระบบแจ้งเตือนและควบคุมการเพาะเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่ง

ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบผู้เชี่ยวชาญที่มีระบบแจ้งเตือนและควบคุมการเพาะเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่งจากผู้เชี่ยวชาญด้านอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่ง จำนวน 3 ท่าน พิจารณาในประเด็น 1) ด้านการใช้งานระบบ 2) ด้านการนำเสนอข้อมูลของระบบ 3) ด้านวัสดุอุปกรณ์ในการติดตั้ง และ 4) ด้านการรักษาความปลอดภัยและการเข้าถึงข้อมูลของระบบ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ได้มีการกำหนดสิทธิ์ผู้ใช้งานเพื่อป้องกันการเข้าถึงข้อมูล และเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงจิ้งหรีด จำนวน 2 ท่าน โดยแบ่งออกเป็น 2 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านการใช้งานระบบ และ 2) ด้านการใช้ประโยชน์ต่อเกษตรกร ตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert Scale) แบ่งออกเป็น 5 ระดับ โดยที่ค่าเฉลี่ยระหว่าง 4.21 – 5.00 หมายถึง ระดับประสิทธิภาพมากที่สุด ค่าเฉลี่ยระหว่าง 3.41 – 4.20 หมายถึง ระดับประสิทธิภาพมาก ค่าเฉลี่ยระหว่าง 2.61 – 3.40 หมายถึง ระดับประสิทธิภาพปานกลาง ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.81 – 2.60 หมายถึง ระดับประสิทธิภาพน้อย ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.00 – 1.80 หมายถึง ระดับประสิทธิภาพน้อยที่สุด (ลวน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538) แสดงผลการประเมินประสิทธิภาพ Table 2 และ Table 3

Table 2 Overall Performance Evaluation of the Notification and Control System for Cricket Culture with the Internet of Things by Internet of Things Experts

Topic	\bar{X}	S.D.	Performance Level
1. System Usability	4.67	0.58	Highest
2. System Data Presentation	4.67	0.58	Highest
3. Materials and Installation Equipment	4.00	0.00	High
4. System Security and Data Access	4.67	0.58	Highest
Overall Average	4.50	0.25	Highest

จากตาราง (Table 2) แสดงผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบจากผู้เชี่ยวชาญด้านอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่ง โดยภาพรวม พบว่า มีประสิทธิภาพของระบบอยู่ในระดับมากที่สุด ด้วยค่าเฉลี่ย 4.50 ± 0.25 โดยประเด็นที่ผู้เชี่ยวชาญให้คะแนนมากที่สุดได้แก่ ด้านการใช้งานระบบ ด้านการนำเสนอข้อมูลของระบบ ด้านวัสดุอุปกรณ์ในการติดตั้ง และด้านการรักษาความปลอดภัยและการเข้าถึงข้อมูลของระบบด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากัน คือ 4.67 ± 0.58 รองลงมาคือ ด้านวัสดุอุปกรณ์ในการติดตั้ง ด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 ± 0.00 ตามลำดับ

Table 3 Overall Performance Evaluation of the Notification and Control System for Cricket Culture with the Internet of Things by Cricket Farmers

Topic	\bar{X}	S.D.	Performance Level
1. System Usability	4.50	0.71	Highest
2. Benefit for Farmers	5.00	0.00	Highest
Overall Average	4.75	0.35	Highest

จากตาราง (Table 3) แสดงผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบจากเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงจิ้งหรีดโดยภาพรวมพบว่า มีประสิทธิภาพของระบบอยู่ในระดับมากที่สุด ด้วยค่าเฉลี่ย 4.75 ± 0.35 โดยประเด็นที่ผู้เชี่ยวชาญให้คะแนนมากที่สุด ได้แก่ ด้านการใช้ประโยชน์ต่อเกษตรกร ด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากัน คือ 5.00 ± 0.35 รองลงมาคือ ด้านการใช้งานระบบ ด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 ± 0.71 ตามลำดับ

จากวัตถุประสงค์การประเมินอัตราการรอดของจิ้งหรีด

ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลการเจริญเติบโต และอัตราการรอดอยู่รอดของจิ้งหรีดทุก ๆ วัน จนครบ 45 วัน แล้วบันทึกผล จากผลการทดลองพบว่า จิ้งหรีดสายพันธุ์จิ้งหรีดบ้านที่นำมาใช้ในการทดลองมีจำนวนทั้งหมด 1,012 ตัว ซึ่งหลังจากสิ้นสุดระยะเวลาทดลอง 45 วัน พบว่ามีจิ้งหรีดรอดชีวิตจำนวน 957 ตัว คิดเป็นอัตราการรอดเฉลี่ยเท่ากับ 94.56% ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับสูง แสดงให้เห็นว่าระบบควบคุมและแจ้งเตือนสภาพแวดล้อมที่พัฒนาขึ้นสามารถสนับสนุนการเจริญเติบโตของจิ้งหรีดได้

Conclusion and Discussion

สรุปผล

ผู้ที่สนใจเลี้ยงจิ้งหรีด มักจะพบปัญหาในด้านสภาพแวดล้อมและอุณหภูมิ จิ้งหรีดเป็นสัตว์ที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ความชื้น และแสงสว่าง หากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม อาจทำให้จิ้งหรีดตาย หรือลดการเจริญเติบโตได้ ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำเทคโนโลยี IoT มาช่วยแก้ปัญหาดังกล่าว โดยการออกแบบและพัฒนาด้านระบบแจ้งเตือนและควบคุมการเพาะเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่งเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและคุณภาพในการเพาะเลี้ยง ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน พบว่าผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยภาพรวม พบว่ามีประสิทธิภาพของระบบอยู่ในระดับมากที่สุด ด้วยค่าเฉลี่ย 4.76 ± 0.42 โดยประเด็นที่ผู้เชี่ยวชาญให้คะแนนมากที่สุด ได้แก่ ด้านการใช้งานระบบ ด้านการนำเสนอข้อมูลของระบบ ด้านวัตถุประสงค์ในการติดตั้ง และด้านการใช้ประโยชน์ต่อเกษตรกร ด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากัน คือ 4.80 ± 0.40 รองลงมาคือ ด้านการรักษาความปลอดภัยและการเข้าถึงข้อมูลของระบบ ด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.60 ± 0.49 ตามลำดับ ท้ายที่สุด ผลการประเมินอัตราการรอดของจิ้งหรีด พบว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า จิ้งหรีดสายพันธุ์จิ้งหรีดบ้าน มีอัตราการรอดที่ 94.56% ซึ่งเป็นอัตราการรอดในระดับสูง

อภิปรายผล

การใช้เทคโนโลยี IoT ในการเลี้ยงจิ้งหรีดแสดงให้เห็นการเพิ่มประสิทธิภาพและความแม่นยำในการจัดการฟาร์มจิ้งหรีด IoT ช่วยให้ผู้เลี้ยงสามารถตรวจสอบและควบคุมสภาวะแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และการระบายอากาศได้อย่างต่อเนื่องและเรียลไทม์ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและสุขภาพของจิ้งหรีด ระบบ IoT ช่วยลดความเสี่ยงต่อการสูญเสียจิ้งหรีดจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมและเพิ่มโอกาสในการผลิตจิ้งหรีดคุณภาพสูง นอกจากนี้ยังลดการใช้พลังงานในการควบคุมอุณหภูมิด้วยการตั้งค่าอัตโนมัติที่ตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมอย่างเหมาะสม นอกจากนี้ยังสามารถในการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลที่เกิดขึ้นในฟาร์มอย่างต่อเนื่อง ข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากเซ็นเซอร์สามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงกระบวนการเลี้ยงจิ้งหรีด เช่น หาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่เหมาะสมในแต่ละช่วงของการเจริญเติบโตของจิ้งหรีด หรือระดับความชื้นที่ส่งผลต่ออัตราการขยายพันธุ์ของจิ้งหรีด ซึ่งช่วยให้ผู้เลี้ยงสามารถปรับแต่งการจัดการฟาร์มให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด เพิ่มผลผลิตและคุณภาพของจิ้งหรีดได้อย่างต่อเนื่อง ผลการทดลองพบว่า การนำ

เทคโนโลยี IoT มาใช้ในฟาร์มจิ้งหรีด ยังเป็นการส่งเสริมการเติบโตของธุรกิจและความยั่งยืน โดยเฉพาะสำหรับฟาร์มขนาดเล็กที่ต้องการขยายการผลิต การใช้ IoT ช่วยให้สามารถจัดการฟาร์มได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยไม่ต้องพึ่งพากำลังคนจำนวนมาก ช่วยลดค่าใช้จ่ายและเพิ่มความสามารถในการแข่งขันในตลาดได้ อย่างไรก็ตาม การนำ IoT มาใช้ยังคงมีความท้าทายที่ต้องเผชิญหนึ่งในนั้นคือ การลงทุนเริ่มต้นในเทคโนโลยี IoT ที่อาจมีค่าใช้จ่ายสูงสำหรับฟาร์มขนาดเล็ก หรือฟาร์มที่ยังไม่มีการวางแผนการใช้เทคโนโลยีอย่างเต็มที่ นอกจากนี้ยังมีข้อจำกัดด้านความรู้และทักษะในการใช้งานเทคโนโลยี IoT และผลจากการวิจัยยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kiatsin Kanjanawanikul, Chumpol Kaewsihawong, Wuttiya Uttaracha, & Suphan Yangyuen (2020) ได้ประยุกต์ใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อช่วยในการเลี้ยงจิ้งหรีดในการควบคุมผ่านอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ซึ่งต่างจากงานวิจัยในครั้งนี้คือ การเพิ่มปัจจัยของการวัดปริมาณฝุ่นละออง PM2.5 และอุณหภูมิซึ่งเป็นปัจจัยแวดล้อมที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของจิ้งหรีด

Suggestion

จากการศึกษาครั้งนี้ ควรเพิ่มการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนในระยะยาว การจัดการฝึกอบรมเพื่อพัฒนาทักษะของผู้เลี้ยงจิ้งหรีด และการสร้างเครือข่ายความร่วมมือเพื่อสนับสนุนการนำ IoT มาใช้ในอนาคต

References

- Homkhiew, C & et al. (2023). *Promoting the Use of Natural Fiber Hiding Materials to Produce High-Quality Crickets in Farms* (Research Report). Rajamangala University of Technology Srivijaya. (In Thai)
- Information and Statistical Data Group, Center for Information Technology and Communication, Department of Livestock Development. (2022). *Livestock Statistics in Thailand 2022* (pp 162). (In Thai)
- Jueachantuk, K & et al. (2025). Automated Rice Field Crab Farming System Using Internet of Things (IoT). *Proceedings of the 2nd National and International Academic Conference*, January 23–25, 2025. (In Thai)
- Kanjanawanikul, K, Kaewsihawong, C, Uttaracha, W, & Yangyuen, S. (2020). Smart Cricket Farming Using Internet of Things. *Journal of Farm Engineering and Automatic Control Technology*, 6(2), 98–112. (In Thai)
- Likhitpoonsap, T & Yuenyongwatthanakul, M. (2011). *Car Comparison Web Application*. (Bachelor of Science Thesis), Bangkok: Siam University. (In Thai)
- Manwicha, C. (2016). Smart Farm Technology. *Hat Yai Academic Journal*, 14(2). (In Thai)
- National Bureau of Agricultural and Food Standards. (2016). *Promotion of Crickets as an Economic Insect*.
- Ngamwannakorn, C & Runraviwan, S. (2018). *Development of Small-Scale Factory Equipment Control System Using Wireless Technology via Mobile Application under the Internet for Everything Concept*. Yala Rajabhat University Research Report, pp 50. (In Thai)
- Paengkoet, S & Duangsai, S. (2023). *Automatic Aquarium Control System Using IoT*. RMUT Bangkok Research Journal, 17(1), January–June 2023. (In Thai)
- Prapagornkiat, S. (2021). *Cricket Farming with Technology: Valuable Protein for the Future*. from <https://www.depa.or.th/th/article-view/cricket-future-technology>. (In Thai)

Ratcharaksa, W, Boonchawna, P, & Awat, U. (2023). *IoT Cricket House*. Rajaprajanugroh 56 School, Nan Province, Office of Special Education Administration, Ministry of Education. (In Thai)

Soithongdee, N. and N. Nilapornkul. (2019). Cost and return of commercial cricket farming. *MBA-KKU Journal*, 12(1), 165–186. (in Thai)

Udomtanathira, K. (2019). *System Development Cycle*. from <https://dol.dip.go.th/th/category/2019-02-08-08-57-30/2019-03-15-11-06-29>. (In Thai)

Wangsinh, T, Semkan, J, & Racha, N. (2021). Smart Solar-Powered Incubator Using IoT Technology. *Proceedings of the 1st National Student Academic Conference*, February 22, 2021. Kamphaeng Phet: Kamphaeng Phet Rajabhat University. (In Thai)