



FEAT JOURNAL

FARM ENGINEERING AND AUTOMATION TECHNOLOGY JOURNAL

วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ

การทำฟาร์มอัจฉริยะโดยใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

Smart Cricket Farming Based on Internet of Things

เกียรติสิน กาญจนวนิชกุล^{1*}, จุมพล แก้วสีหาวงค์¹, วุฒิยา อุตราช¹ และ สุพรรณ ยั่งยืน²Kiattisin Kanjanawanishkul^{1*}, Jumphon Kaewsihawong¹, Wuttiya Uttaracha¹ and Suphan Yangyuen²¹ หน่วยวิจัยการออกแบบกระบวนการและควบคุมอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม² หน่วยวิจัยหลังการเก็บเกี่ยวและเครื่องจักรการเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม¹ Research Unit of Process Design and Automation, Faculty of Engineering, Mahasarakham University² Post-Harvest and Agricultural Machinery Engineering Research Unit, Faculty of Engineering,

Mahasarakham University

Received: 9 December 2019

Revised: 2 June 2020

Accepted: 16 July 2020

Available online: 7 December 2020

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันถึงแม้ว่าการเลี้ยงจิ้งหรีดได้รับความนิยมที่เพิ่มขึ้น แต่ปัญหาหลักในการเลี้ยงจิ้งหรีด คือเกษตรกรต้องดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการให้น้ำและให้อาหาร ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์คือ การประยุกต์ใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อช่วยในการเลี้ยงจิ้งหรีด โดยมีส่วนประกอบ 3 ส่วนหลัก คือ ระบบการให้อาหาร ระบบการให้น้ำ และ ระบบควบคุมผ่านอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ระบบการให้อาหารถูกออกแบบมาเพื่อการให้อาหารที่กระจายอย่างเหมาะสมโดยจะใส่อาหารในท่อพีวีซีและเจาะรูเป็นแนวยาว เมื่อท่อพีวีซีถูกเหยียงหมุน อาหารจะตกลงในรางรองอาหารที่อยู่ด้านล่าง ระบบการให้น้ำถูกออกแบบมาให้เติมน้ำอัตโนมัติเมื่อระดับน้ำต่ำกว่าที่กำหนดไว้ ระบบควบคุมผ่านแอปพลิเคชันประกอบด้วยคำสั่งการให้อาหาร และแสดงค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ นอกจากนี้ยังสามารถสั่งให้ถ่ายภาพ เพื่อแสดงผลผ่านแอปพลิเคชัน Line ได้อีกด้วย ในการทดลอง ได้ทำการเลี้ยงจิ้งหรีดจำนวน 600 ตัว ด้วยวิธีเดิมและ 600 ตัว ด้วยวิธีที่นำเสนอ ผลการทดลอง พบว่าความเร็วที่เหมาะสมสำหรับการหมุนท่อพีวีซี คือ 71.5 รอบต่อนาที และเมื่อนำจิ้งหรีดมาเลี้ยงครบ

30 วัน พบว่าจำนวนจิ้งหรีดที่รอดชีวิตด้วยวิธีเดิมและด้วยวิธีที่นำเสนอ คือ 450 ตัว และ 530 ตัว ตามลำดับ น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวที่ได้จากการเลี้ยงด้วยวิธีเดิมและด้วยวิธีที่นำเสนอ คือ 0.65 ± 0.18 กรัม และ 0.71 ± 0.15 กรัม ตามลำดับ ดังนั้น วิธีที่นำเสนอจะ ช่วยเพิ่มจำนวนจิ้งหรีดที่รอดชีวิตและเพิ่มน้ำหนัก อีกทั้งยังช่วยลดความต้องการการใช้แรงงานในการเลี้ยงจิ้งหรีดได้

คำสำคัญ: การทำฟาร์มจิ้งหรีด จิ้งหรีด การให้อาหาร อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

Abstract

At present, although cricket farming becomes increasingly popular, the main problem of cricket farming is that the farmer has to take great care of, especially, giving water and feeding. Therefore, this research work aims to apply the Internet of things to cricket farming. There are three main parts, i.e., a feeding system, a water supply system and a control system via Internet of Things. The feeding system was designed for proper feed dispersion by filling cricket feed into a PVC pipe and drilling holes along the pipe. When the PVC pipe is rotated, the feed falls into the feed rack below. The water supply system was designed to automatically fill the water when the water level was lower than the pre-set level. The control system via the mobile application consisted of a feeding command, temperature and relative humidity. Besides, the picture was taken as demand to be shown through Line application. In the experiment, 600 crickets were raised with the traditional method and 600 crickets were raised with the proposed method. The experimental results showed that the proper speed for rotating a PVC pipe is 71.5 rpm. Then, after 30 days of cricket raising, the number of crickets survived by raising with the traditional method and the proposed method was 450 and 530, respectively. The average weight of one cricket obtained from the traditional and proposed methods are 0.65 ± 0.18 g and 0.71 ± 0.15 g, respectively. Therefore, the proposed method can increase the number of survival crickets and the weight. Likewise, it can reduce labor demand in cricket farming.

Keywords: Smart farming: Cricket: Feeding: Internet of things

1. บทนำ

แมลงได้กลายเป็นแหล่งสารอาหารที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งสำหรับมนุษย์เนื่องจากมีปริมาณโปรตีนที่สูง [1] โดยปกติแล้วแมลงจะหาจับได้ทั่วไป แต่เนื่องจากความต้องการของตลาดที่สูงขึ้น จึงได้มีการเริ่มทำฟาร์มแมลงขึ้นมาทดแทนกันอย่างแพร่หลาย และจิ้งหรีดเป็นแมลงชนิดหนึ่งที่นิยมนำมาเลี้ยงมากที่สุด [2] ในปัจจุบัน การเลี้ยงจิ้งหรีดเป็นที่แพร่หลายมากยิ่งขึ้น เนื่องจากความต้องการของตลาดที่มากขึ้น การเลี้ยงจิ้งหรีดเพื่อให้ได้ผลผลิตหรือน้ำหนักที่ดีจำเป็นต้องมีสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตทั้งการให้อาหารที่ตรงต่อเวลาและให้ในปริมาณที่เหมาะสมสำหรับแต่ละวัย มีอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมและอากาศสามารถถ่ายเทสะดวก

ในปัจจุบัน เทคโนโลยีทางด้านอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things) ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง เนื่องจากอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเป็นการเชื่อมโยงวัตถุหรืออุปกรณ์ที่มีวงจรอิเล็กทรอนิกส์และซอฟต์แวร์ฝังตัวอยู่เข้าด้วยกันผ่านเครือข่าย ซึ่งทำให้อุปกรณ์เหล่านั้นสามารถเก็บบันทึกและแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกันได้ ตัวอย่างที่เห็นได้อย่างชัดเจนในการประยุกต์ใช้งานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ความแม่นยำและประโยชน์ทางเศรษฐกิจ คือ ทางด้านการเกษตร หรือ ที่เรียกว่า ฟาร์มอัจฉริยะ (Smart Farm)

ฟาร์มอัจฉริยะ [3] เป็นการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและระบบอัตโนมัติมาช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพทางการผลิตในภาคการเกษตรเพื่อต้องการรักษาความมั่นคงทางอาหารทั้งเรื่องคุณภาพและปริมาณ ผลจากการทำฟาร์มอัจฉริยะ ได้รับการพิสูจน์แล้วว่า

สามารถลดต้นทุนในการผลิต และเพิ่มประสิทธิภาพได้อย่างชัดเจน [4] ตัวอย่างเช่น Kim และคณะ [5] ได้พัฒนาระบบเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมสำหรับการเพาะปลูกสตรอว์เบอร์รีโดยอาศัยเทคโนโลยีทางด้านอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปวิเคราะห์และคาดการณ์การเกิดโรคในสตรอว์เบอร์รีได้ ซึ่งจะช่วยให้เกษตรกรสามารถแก้ไขปัญหาได้ทันเวลาที่ Jaiganesh และคณะ [6] ได้นำเสนอการประยุกต์ใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาวางแผนในการเพาะปลูก ซึ่งพบว่าได้ช่วยลดต้นทุนในการผลิต เพิ่มคุณภาพและปริมาณของผลผลิต ชาญวิษและวีรธรรม [7] ได้ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายเพื่อติดตามและระบุตำแหน่งโคเนื้อ ซึ่งสามารถช่วยในการเก็บข้อมูลประวัติและสุขภาพได้ วิษณุและวรวิศา [8] ได้พัฒนาแอปพลิเคชันที่ทำหน้าที่บริหารจัดการฟาร์มไข่ไก่และได้พัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนไข่ โดยใช้ระบบพีซีลอจิกในการวิเคราะห์ข้อมูลค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และแสงสว่างทั้งภายนอกและภายในโรงเรือน Kontogiannis [9] ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางด้านอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับพัฒนาระบบติดตามสภาพแวดล้อมของรังผึ้งและสุขภาพของผึ้ง เพื่อให้ได้ผลผลิตที่สูงที่สุด

ฟาร์มอัจฉริยะ สำหรับการเลี้ยงจิ้งหรีดในปัจจุบัน ยังไม่เป็นระบบอัตโนมัติที่สมบูรณ์ ผู้ดูแลยังคงต้องเข้ามาตรวจสอบปริมาณอาหารและน้ำ อีกทั้งยังไม่มีการติดตามการเจริญเติบโตของจิ้งหรีดแบบเรียลไทม์ (Real time) ดังนั้น บทความวิจัยนี้ จึงนำเสนอการพัฒนาระบบการเลี้ยงจิ้งหรีดผ่านทางแอปพลิเคชันมือถือ โดยที่ระบบการให้อาหารจะสามารถกระจาย

อาหารได้สม่ำเสมอและทั่วถึง ส่วนระบบการให้น้ำ จะเป็นแบบอัตโนมัติ นอกจากนี้ ผู้เลี้ยงยังสามารถติดตามสภาพแวดล้อมในระหว่างการเลี้ยงจิ้งหรีดแบบไม่จำเป็นต้องรบกวนจิ้งหรีด ซึ่งได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และภาพถ่ายแสดงความเป็นอยู่ของจิ้งหรีด ด้วยระบบที่พัฒนาขึ้นนี้ จะช่วยลดค่าใช้จ่ายและลดการใช้แรงงานมนุษย์ รวมทั้งยังทำให้ประสิทธิภาพในการเลี้ยง คือ จำนวนจิ้งหรีดที่รอดชีวิต และน้ำหนักของจิ้งหรีดที่สูงขึ้น

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 จิ้งหรีด

จิ้งหรีดเป็นแมลงที่มีขนาดลำตัวปานกลางเมื่อเทียบกับแมลงโดยทั่วไป [10] จิ้งหรีดมีขาคู่หลังใหญ่และแข็งแรงใช้สำหรับกระโดด ดังรูปที่ 1 ตัวผู้มีอวัยวะพิเศษสำหรับทำเสียงเป็นฟันเล็กๆ อยู่ตามเส้นปีกบริเวณกลางปีก ใช้กรีดกับแผ่นทำเสียงที่อยู่บริเวณท้องปีกของปีกอีกข้างหนึ่ง ขณะที่ตัวเมียจะไม่สามารถทำเสียงดังกล่าวได้ แต่มีอวัยวะสำหรับไขวางไข่เป็นท่อยาวบริเวณก้นคล้ายเข็ม โดยปกติแล้วจิ้งหรีดกินพืชเป็นอาหารและสามารถกินพืชได้หลายชนิด มักออกหากินในเวลากลางคืน สำหรับในประเทศไทย พบจิ้งหรีดได้ทั่วทุกภูมิภาค ชนิดของจิ้งหรีดที่พบได้แก่ จิ้งหรีดทองดำ, จิ้งหรีดทองแดงและจิ้งโกร่งหรือจิ้งกู่ เป็นต้น



(ก)



(ข)

รูปที่ 1 ลักษณะของจิ้งหรีด (ก) ตัวผู้ (ข) ตัวเมีย [2]

จิ้งหรีดเป็นแมลงที่มีวงจรชีวิตแบบไม่ต้องผ่านการเป็นหนอนหรือดักแด้ [10] ตัวอ่อนที่เกิดมาจะเหมือนตัวเต็มวัย เพียงแต่ยังไม่มีปีก และมีสีที่อ่อนกว่า ต้องผ่านการลอกคราบเสียก่อนจึงจะมีปีกและทำเสียงได้ จิ้งหรีดจะผสมพันธุ์เมื่อเป็นตัวเต็มวัย ตลอดอายุจิ้งหรีดตัวเมียสามารถวางไข่ได้ตั้งแต่ 600-1,000 ฟอง ซึ่งจะวางไข่เป็นรุ่น ๆ ได้ประมาณ 4 รุ่น เมื่อหมดการวางไข่รุ่นสุดท้ายแล้วตัวเมื่อก็จะตาย

ถึงแม้ว่าจิ้งหรีดจะเป็นสัตว์กินพืช แต่การหาอาหารจำพวกพืชนั้นค่อนข้างยุ่งยากและไม่สะดวก จึงได้นำอาหารไก่มาทดแทน ซึ่งเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย อีกทั้งยังมีปริมาณโปรตีนที่สูง ในระยะตัวอ่อนถึงอายุ 2 สัปดาห์ จิ้งหรีดมีขนาดเล็ก ปริมาณอาหารที่ให้จะน้อยและให้เพียงวันละ 1 ครั้ง แต่ต้องคอยสังเกตปริมาณอาหารที่ให้เป็นระยะ ๆ หลังจากจิ้งหรีดอายุ 2 สัปดาห์ขึ้นไปกระทั่งตัวโตเต็มวัยรอจับขาย จิ้งหรีดมีการเจริญเติบโตและมีขนาดตัวที่ใหญ่ขึ้นความสามารถในการกินอาหารเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ในช่วงนี้ เกษตรกรต้องเพิ่มปริมาณอาหารและปกติจะให้อาหารวันละ 2 ครั้ง เช้า-เย็น ในขณะที่เดียวกันเกษตรกรยังต้องคอยสังเกตปริมาณอาหารอยู่เสมอ ถ้าอาหารเหลือ จะเกิดการหมักหมมและเกิดเชื้อราได้ [11] ส่วนการให้น้ำนั้นสามารถให้ได้ตลอดเวลาและต้องเป็นน้ำสะอาดไม่มี

สิ่งปนเปื้อน ถ้าหากจิ้งหรีดขาดน้ำจะทำให้จิ้งหรีดตาย สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงจิ้งหรีด [12-13] คือ อุณหภูมิ 25 –35 องศาเซลเซียส จิ้งหรีดสามารถออกหากินได้ปกติและสามารถวางไข่ได้อย่างเต็มที่ พื้นที่ที่ใช้เลี้ยงต้องอยู่ในที่ร่มไม่ตากแดดตากฝน ถูที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงจิ้งหรีด คือ ถูคูฝน ถ้าหากเลี้ยงในถูร้อน ต้องมีการระบายอากาศที่ดี อุณหภูมิสูงเกินไป จะทำให้จิ้งหรีดตายและสิ่งที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือ ระหว่างการเลี้ยง ควรจะรบกวนจิ้งหรีดน้อยที่สุด เพราะว่าจิ้งหรีดจะไม่ขึ้นมากินอาหาร

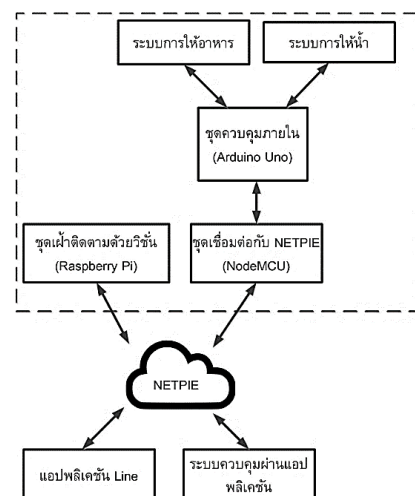
2.1 การควบคุมฟาร์มอัจฉริยะ

การควบคุมฟาร์มอัจฉริยะมุ่งเน้นการควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพและปริมาณของผลผลิต เช่น สภาพแวดล้อมของฟาร์ม ได้แก่ ความชื้นสัมพัทธ์ แสงสว่าง อุณหภูมิ เป็นต้น การให้อาหาร หรือ การเฝ้าระวังโรค เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด ผู้พัฒนาจึงต้องมีการวิเคราะห์และวางแผนที่ดี อีกทั้งยังต้องเข้าใจในกระบวนการควบคุมซึ่งประกอบด้วยตัวควบคุมที่รับค่าต่าง ๆ จากเซนเซอร์ รวมถึงคำสั่งที่ได้รับจากผู้ใช้งาน แล้วนำมาวิเคราะห์เพื่อสั่งงานอุปกรณ์ตัวกระตุ้น เช่น การเปิด-ปิดการให้อาหาร แต่ด้วยเทคโนโลยีทางด้านอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ผู้ใช้งานสามารถติดตามค่าต่าง ๆ ที่ได้จากเซนเซอร์ ผ่านทางอุปกรณ์สื่อสารไร้สาย เช่น โทรศัพท์มือถือจากที่ใดก็ได้ รวมถึงสามารถส่งคำสั่งไปยังตัวควบคุมผ่านทางอุปกรณ์สื่อสารไร้สายนี้เช่นกัน ความเป็นอัจฉริยะของระบบ จึงเกี่ยวเนื่องกับการควบคุมสภาพแวดล้อมให้อยู่ในช่วงที่กำหนดได้ตลอดเวลาและความสามารถในการ

การติดตามการเจริญเติบโตหรือพฤติกรรมที่เปลี่ยนไป อีกทั้งยังสามารถแจ้งเตือนได้ทันที หากมีสิ่งผิดปกติ หรือ เกิดการเปลี่ยนแปลงตามที่ระบุไว้

3. ผลการทดลอง

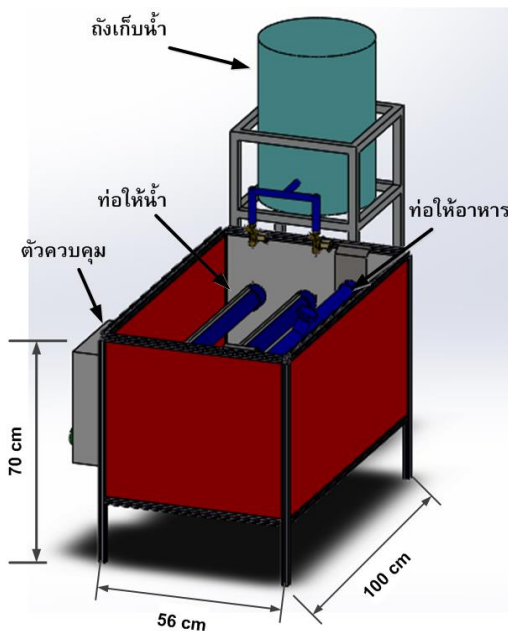
การทำงานของระบบการเลี้ยงจิ้งหรีด ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ระบบการให้อาหาร ระบบการให้น้ำ และระบบควบคุมผ่านอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ดังรูปที่ 2 ระบบการให้อาหาร เป็นแบบกึ่งอัตโนมัติ โดยสั่งงานผ่านแอปพลิเคชันที่ได้พัฒนาขึ้น ไม่จำเป็นต้องใช้คนให้อาหาร ส่วนการให้น้ำจะเป็นแบบอัตโนมัติ นั่นคือ มีการให้น้ำตลอดเวลา เพื่อไม่ให้จิ้งหรีดขาดน้ำ การทำงานของทั้งระบบจะถูกควบคุมผ่านแอปพลิเคชัน โดยใช้ NETPIE Cloud Platform เป็นตัวกลางในการสื่อสารที่ทำให้สิ่งต่างๆ (Things) เชื่อมโยงกันผ่านอินเทอร์เน็ต Cloud Platform นี้ ทำหน้าที่ให้บริการการใช้ซอฟต์แวร์ระบบและทรัพยากรของเครื่องคอมพิวเตอร์ของผู้ให้บริการผ่านทางอินเทอร์เน็ต ซึ่งทำให้ผู้ใช้บริการสามารถเข้าถึงข้อมูลบน Cloud ได้ทุกที่ที่มีอินเทอร์เน็ต



รูปที่ 2 แผนภาพของทั้งระบบ

นอกจากนี้ ในการใช้งาน ผู้ดูแลยังสามารถส่งถ่ายภาพจิ้งหรีดเพื่อตรวจสอบการเจริญเติบโตของจิ้งหรีดและปริมาณอาหารที่เหลือ ภาพที่ได้จะถูกส่งมายังแอปพลิเคชัน Line ด้วยระบบที่พัฒนาขึ้นดังกล่าว ช่วยให้เกษตรกรสามารถเพิ่มผลผลิตและผลผลิตที่ได้มีคุณภาพสูงขึ้น

การออกแบบโครงสร้างของระบบการเลี้ยงจิ้งหรีดเป็นดังรูปที่ 3 มีความกว้าง 56 เซนติเมตร ความยาว 100 เซนติเมตร และ ความสูง 70 เซนติเมตร

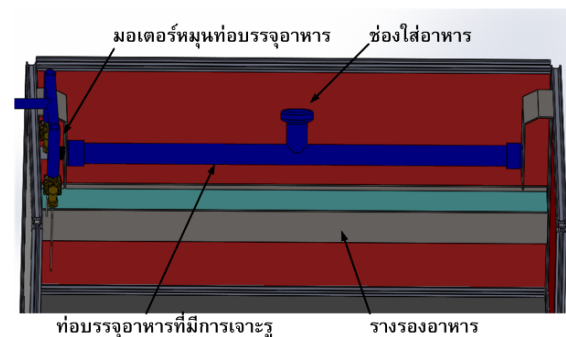


รูปที่ 3 โครงสร้างของระบบการเลี้ยงจิ้งหรีด

3.1 ระบบการให้อาหาร

ระบบการให้อาหารจิ้งหรีดถูกออกแบบมาเพื่อแก้ปัญหาการให้อาหารแบบเดิม คือ ต้องมีผู้ดูแลเข้ามาในบริเวณที่เลี้ยง เพื่อเทอาหาร ซึ่งปัญหาที่พบ คือ การให้อาหารจะกระจายไม่เพียงพอ ต้องเสียค่าใช้จ่ายสำหรับแรงงานและเป็นการเข้าไปรบกวนจิ้งหรีด

ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงได้ออกแบบระบบที่สามารถให้อาหารที่กระจายอย่างเหมาะสม โดยใช้ท่อพีวีซีขนาด 2 นิ้ว เพื่อบรรจุอาหาร แล้วเจาะรูขนาด 5.6 มิลลิเมตร จำนวน 28 รู แต่ละรูห่างกัน 2 เซนติเมตรตามแนวยาวของท่อ ซึ่งอาหารจะไหลออกมาได้ ขนาดของรูนี้พิจารณาจากขนาดของอาหารไก่ที่ใช้เลี้ยงจิ้งหรีดโดยวัดจากขนาดเม็ดอาหารที่ใหญ่ที่สุด และเพื่อให้อาหารมีการกระจายทั่วถึง ได้นำท่อพีวีซีนี้ ต่อกับมอเตอร์เพื่อหมุนเหวี่ยงให้อาหารไหลออกจากรูแล้วตกลงในรางอาหารที่อยู่ด้านล่าง ดังรูปที่ 4

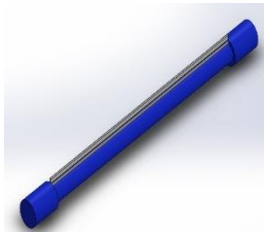


รูปที่ 4 โครงสร้างระบบการให้อาหารจิ้งหรีด

3.2 ระบบการให้น้ำ

ระบบการให้น้ำ จะมี 2 ท่อ วางขนานกันตามแนวยาว เพื่อให้สามารถไหลได้ทั่วถึง ภายในท่อจะมีเซนเซอร์วัดระดับน้ำ เมื่อน้ำเต็มท่อ (พิกัดค่าสูง) และเมื่อน้ำใกล้จะหมด (พิกัดค่าต่ำ) เอาต์พุตของเซนเซอร์นี้จะใช้ควบคุมการทำงานของโซลินอยด์วาล์วเพื่อเปิด-ปิดน้ำที่จะไหลเข้าไปภายในท่อให้น้ำ นอกจากนี้ในถังเก็บน้ำขนาด 20 ลิตร จะมีเซนเซอร์ตรวจวัดกรณีน้ำใกล้หมดถึง โดยจะแจ้งไปยังแอปพลิเคชัน Line เพื่อให้ผู้ดูแลเติมน้ำเพิ่ม ท่อให้น้ำนี้ ส่วนบนจะเจาะเป็นร่องตามแนวยาวของท่อเพื่อสอดผ้าเข้าไป

ปลายด้านหนึ่งโผล่เหนือท่อเล็กน้อย เมื่อให้จิ้งหรีดเข้ามาดูต่อน้ำจากฝ้านี้ได้ ดังรูปที่ 5 ส่วนปลายอีกด้าน จะจุ่มอยู่ในน้ำภายในท่อ ฝ้านี้จะดูดซึมน้ำขึ้นมาเพื่อนำมาเลี้ยงจิ้งหรีด ระบบการให้น้ำแบบอัตโนมัตินี้จะช่วยลดปัญหาจิ้งหรีดขาดน้ำ ลดการใช้แรงงานและลดการเข้าไปรบกวนจิ้งหรีดอีกด้วย



รูปที่ 5 โครงสร้างระบบการให้น้ำสำหรับจิ้งหรีด

3.3 ระบบควบคุมผ่านอินเทอร์เน็ทของสรรพสิ่ง

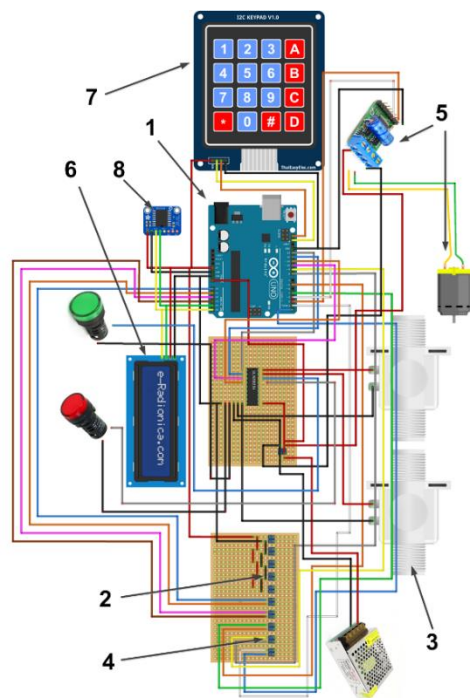
การทำงานของระบบควบคุม ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ชุดควบคุมภายใน ชุดเฝ้าติดตามด้วยวีชั่น และ ชุดเชื่อมต่อกับ NETPIE ระบบควบคุมนี้ถูกออกแบบให้ ผู้ดูแลใช้งานง่ายและสามารถเลี้ยงจิ้งหรีดโดยใช้ โทรศัพท์มือถือแบบสมาร์ทโฟนได้ด้วยตนเอง ส่วนที่ผู้ดูแลต้องทำ คือ การเติมอาหารเมื่อหมด การเติมน้ำเมื่อน้ำใกล้หมดจากถัง การเตรียมไข่จิ้งหรีดและเมื่อเข้าสู่ช่วงการเก็บจิ้งหรีด หรือ เมื่อเกิดความผิดปกติ เช่น อุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไป เป็นต้น โดยแต่ละส่วนของระบบควบคุมมีรายละเอียดดังนี้

1) ชุดควบคุมภายใน

ชุดควบคุมภายในทำหน้าที่เปิด-ปิดการให้อาหาร ควบคุมการให้น้ำ การตั้งเวลาการทำงาน วงจรควบคุมเป็นดังรูปที่ 6 ซึ่งจะประกอบไปด้วย

- บอร์ด Arduino Uno (หมายเลข 1) ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานทั้งระบบ

- เซนเซอร์วัดระดับต่ำสุดและสูงสุดของน้ำในท่อให้น้ำ (หมายเลข 2) เพื่อใช้ในการเปิด-ปิดโซลินอยด์วาล์ว (หมายเลข 3) ให้น้ำไหลเข้าไปในท่อให้น้ำ หลักการของเซนเซอร์นี้จะอาศัยการนำไฟฟ้าของน้ำโดยมีแท่งโลหะ 2 แท่งติดตั้ง ณ ตำแหน่งตรวจวัดระดับ เมื่อระดับน้ำถึงตำแหน่งที่ติดตั้งแท่งโลหะนี้ ระดับแรงดันไฟฟ้าก็จะเปลี่ยนไป

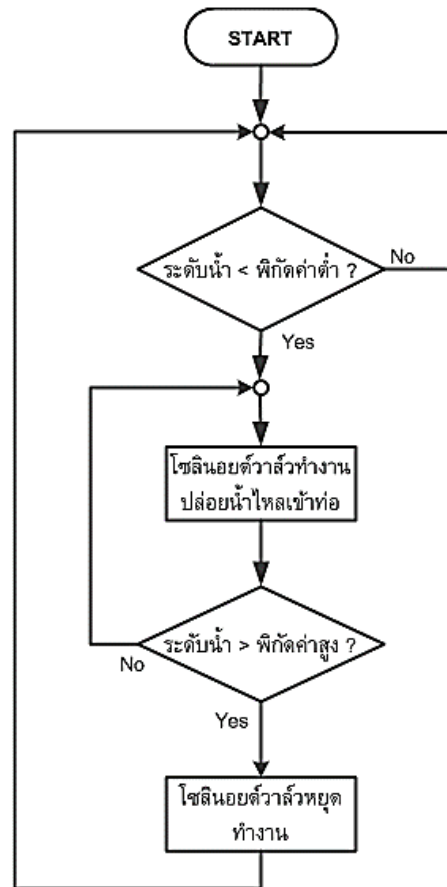


รูปที่ 6 วงจรของชุดควบคุมภายใน

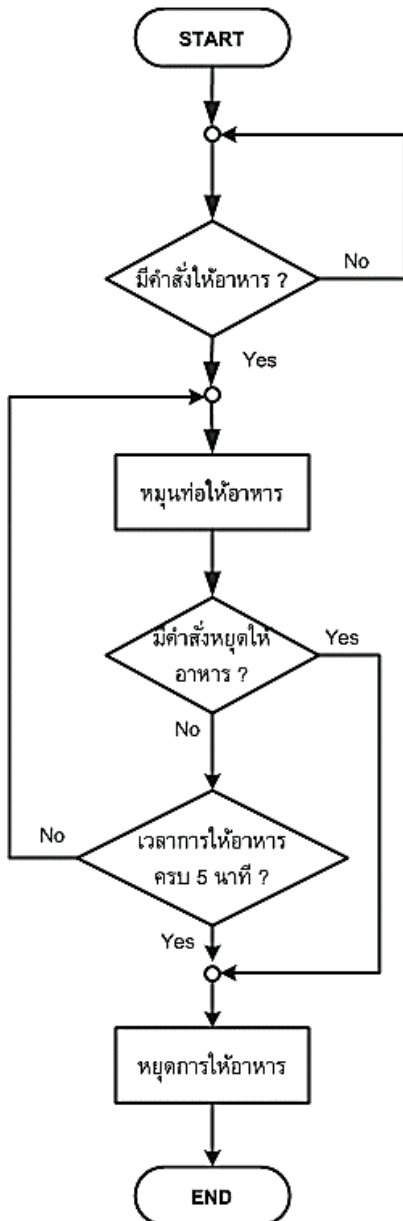
- เซนเซอร์วัดระดับน้ำในถัง (หมายเลข 4) ใช้หลักการเดียวกับเซนเซอร์วัดระดับต่ำสุดและสูงสุดของน้ำในท่อให้น้ำ เมื่อน้ำใกล้หมดก็จะมีกระแสไฟฟ้าผ่านทางแอปพลิเคชัน Line

- ตัวรับมอเตอร์และมอเตอร์ (หมายเลข 5) สำหรับระบบการให้อาหาร
- จอแสดงผลและคีย์แพด (หมายเลข 6 และ หมายเลข 7 ตามลำดับ) สำหรับการแสดงผลและการตั้งค่าต่าง ๆ
- Real Time Clock (DS3231) (หมายเลข 8) สำหรับอ่านค่าเวลาปัจจุบัน

แผนผังแสดงขั้นตอนการให้น้ำและการให้อาหาร อธิบายได้ดังรูปที่ 7 และ รูปที่ 8 ตามลำดับ ซึ่งการให้น้ำจะเป็นแบบอัตโนมัติ นั่นคือ เมื่อระดับน้ำต่ำกว่า พิกัดค่าต่ำ โซลินอยด์วาล์วก็จะทำงานปล่อยน้ำเข้าสู่ท่อให้น้ำ ในขณะที่การให้อาหารจะถูกควบคุมโดยผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชัน จึงยังไม่ได้เป็นระบบอัตโนมัติ คณะผู้วิจัยจึงได้กำหนดระยะเวลาให้อาหารไม่เกิน 5 นาที เพื่อป้องกันกรณีที่ผู้ใช้ลืมกดหยุดหรือมีปัญหาการเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เวลา 5 นาทีที่กำหนดไว้ จะได้ปริมาณอาหารที่ไม่มากเกินไปสำหรับการเลี้ยงจิ้งหรีด



รูปที่ 7 แผนผังแสดงขั้นตอนการให้น้ำ



รูปที่ 8 แผนผังแสดงขั้นตอนการให้อาหาร

2) ชุดเฝ้าติดตามด้วยวีชัน

เพื่อให้ผู้ดูแลสามารถทราบถึงสิ่งที่เกิดขึ้นภายในระบบ คณะผู้วิจัยจึงได้ออกแบบการเฝ้าติดตามด้วยวีชัน โดยได้ติดตั้งกล้อง ผู้ดูแลสามารถตั้งเวลา

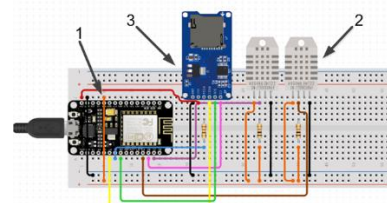
ในการส่งถ่ายภาพหรือส่งงานผ่านทางแอปพลิเคชันโดยตรงเพื่อให้กล้องถ่ายรูปแล้วส่งรูปที่ได้ไปยังแอปพลิเคชัน Line ตัวควบคุมหลัก คือ บอร์ด Raspberry Pi กล้องที่ใช้ คือ กล้อง USB Webcam ภาษาที่ใช้ในการเขียน คือ Python

3) ชุดเชื่อมต่อกับ NETPIE

NETPIE ทำหน้าที่รับค่าจากเซนเซอร์ต่างๆ เพื่อที่จะสามารถนำไปแสดงบนแอปพลิเคชัน รวมทั้งรับคำสั่งจากแอปพลิเคชัน คือ คำสั่งการเปิดปิดการให้อาหาร ซึ่งจะส่งคำสั่งนี้ไปยังชุดควบคุมภายใน ส่วนคำสั่งถ่ายภาพบนแอปพลิเคชัน จะถูกส่งไปยังชุดเฝ้าติดตามด้วยวีชัน

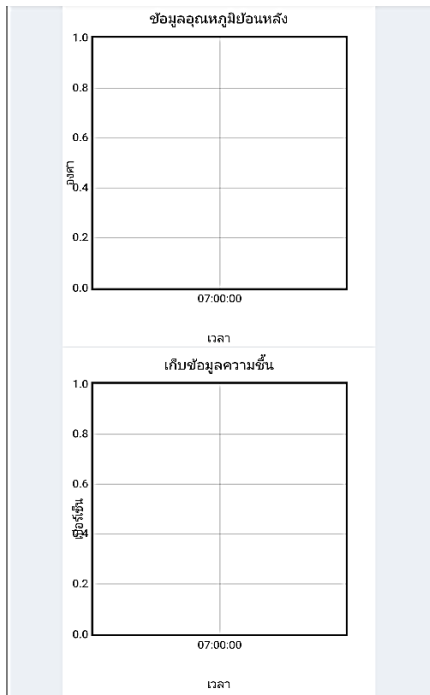
วงจรไฟฟ้าของส่วนนี้ เป็นดังรูปที่ 9 ซึ่งจะประกอบไปด้วย

- บอร์ด NodeMCU (หมายเลข 1) ทำหน้าที่เชื่อมต่อกับ NETPIE Internet Cloud เพื่อส่งและรับค่า
- เซนเซอร์ตรวจวัดความชื้นและอุณหภูมิ (DHT22) (หมายเลข 2)
- SD card Module (หมายเลข 3) สำหรับบันทึกค่าทุก ๆ 10 นาที หรือ ตามที่ผู้ใช้ระบุ



รูปที่ 9 วงจรของชุดเชื่อมต่อกับ NETPIE

ส่วนของแอปพลิเคชัน เป็นลักษณะดังรูปที่ 10 โดยจะมีส่วนที่แสดงค่าที่ได้จากเซนเซอร์และคำสั่งที่จะส่งไปยังระบบการเลี้ยงจิ้งหรีด



(ก)



(ข)

รูปที่ 10 ลักษณะของแอปพลิเคชัน

(ก) การแสดงค่าที่ได้จากเซนเซอร์ (ข) การสั่งงาน

4. ผลการทดลอง

จากการออกแบบ ระบบการเลี้ยงจิ้งหรีดมีลักษณะดังรูปที่ 11 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบที่ได้พัฒนาขึ้น ได้ทำการทดลองทั้งหมด 3 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 ทดสอบหาประสิทธิภาพของอุปกรณ์กระจายอาหาร, การทดลองที่ 2 ทดสอบฟังก์ชันการทำงานของทุกส่วน และการทดลองที่ 3 ทดลองการเลี้ยงจิ้งหรีด โดยเปรียบเทียบกับระบบเดิมที่ต้องใช้คนในการดูแล



รูปที่ 11 ระบบเลี้ยงจิ้งหรีดที่ได้พัฒนาขึ้น

4.1 ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพของอุปกรณ์กระจายอาหาร

เนื่องจากในการให้อาหารจิ้งหรีดนั้น ปัญหาหนึ่ง คือ อาหารควรจะมีการกระจายอย่างทั่วถึงเพื่อให้จิ้งหรีดทุกตัวสามารถกินอาหารได้ ในการออกแบบชุดให้อาหารจะเป็นดังรูปที่ 3 และ รูปที่ 11 ปัจจัยที่มีผลต่อการกระจายของอาหาร คือ ความเร็วในการหมุนท่อพีวีซี คณะผู้วิจัยได้ทดลองปรับค่าความเร็วมอเตอร์เป็น 4 ระดับโดยใช้เครื่องวัดความเร็วรอบ (Tacho Meter) ตรวจวัดค่าความเร็ว และกำหนดเวลาในการหมุน 2 นาที

ในการวัดการกระจาย คณะผู้วิจัยใช้การสังเกตโดยพิจารณา 2 กรณี คือ เมื่อมองจากทางด้านบนอาหารได้ถูกกระจายทั่วพื้นที่ของรางรองอาหารที่อยู่ด้านล่างหรือไม่ และเมื่อสุ่มวัดแต่ละจุด ความหนาของอาหารใกล้เคียงกันหรือไม่ จากการสังเกตนี้ คณะผู้วิจัย จึงแบ่งความสามารถในการกระจายอาหารเป็น 3 ระดับ คือ น้อย ปานกลาง และ ดี การกระจายอาหารระดับน้อย คือ อาหารกระจายไม่ทั่วพื้นที่ของรางรองอาหาร ระดับปานกลาง คือ อาหารกระจายทั่วพื้นที่ของรางรองอาหาร จุดที่สุ่มมีความหนาของอาหารแตกต่างกันมากกว่า 3 มิลลิเมตร จำนวนมาก ส่วนระดับดี คือ อาหารกระจายทั่วพื้นที่ของรางรองอาหารและแต่ละจุดที่สุ่มมีความหนาของอาหารส่วนใหญ่แตกต่างกันน้อยกว่า 3 มิลลิเมตร เมื่อทำการทดลอง ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 1 ซึ่งจะเห็นว่า ที่ความเร็วรอบ 71.5 +/- 0.1 รอบต่อนาที อาหารกระจายได้ดี ดังแสดงในรูปที่ 12



รูปที่ 12 การกระจายของอาหารบนรางรองอาหารเมื่อท่อพีวีซีที่บรรจุอาหารถูกหมุน

ตารางที่ 1 การทดสอบหาความเร็วที่เหมาะสม

ลำดับ	ความเร็วรอบของท่อ สำหรับให้อาหาร (rpm)	การกระจาย ของอาหาร
1	16.8 +/- 0.1	น้อย
2	45.5 +/- 0.1	ปานกลาง
3	71.5 +/- 0.1	ดี
4	98.0 +/- 0.2	ปานกลาง

4.2 ผลการทดสอบฟังก์ชันการทำงาน

เพื่อตรวจสอบการทำงานของทุกระบบก่อนนำไปใช้เลี้ยงจิ้งหรีด คณะผู้วิจัยได้ทดสอบแต่ละฟังก์ชัน โดยพิจารณาจากผลการตอบสนองว่าทำงานได้ถูกต้องตามข้อกำหนดที่ได้ออกแบบไว้หรือไม่ คณะผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการทำงานของแต่ละฟังก์ชัน จำนวน 10 ครั้ง ซึ่งพบว่าระบบทำงานได้อย่างถูกต้องทุกฟังก์ชันและทุกครั้ง ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การทดสอบฟังก์ชันการทำงาน

ลำดับ	ฟังก์ชันการทำงาน	ผลการทดสอบ
1	การให้น้ำอย่างอัตโนมัติ	ทำงานได้ ถูกต้อง
2	การสั่งเปิด-ปิดการให้อาหารผ่านแอปพลิเคชัน	ทำงานได้ ถูกต้อง
3	การแสดงผลอุณหภูมิและความชื้นบนแอปพลิเคชัน	ทำงานได้ ถูกต้อง
4	การส่งถ่ายภาพแล้วแสดงผลทางแอปพลิเคชัน Line	ทำงานได้ ถูกต้อง
5	การถ่ายภาพทุก ๆ 1 ชั่วโมงเพื่อเฝ้าติดตามการเจริญเติบโต	ทำงานได้ ถูกต้อง
6	การเก็บข้อมูลลง SD Card ทุก ๆ 10 นาที	ทำงานได้ ถูกต้อง

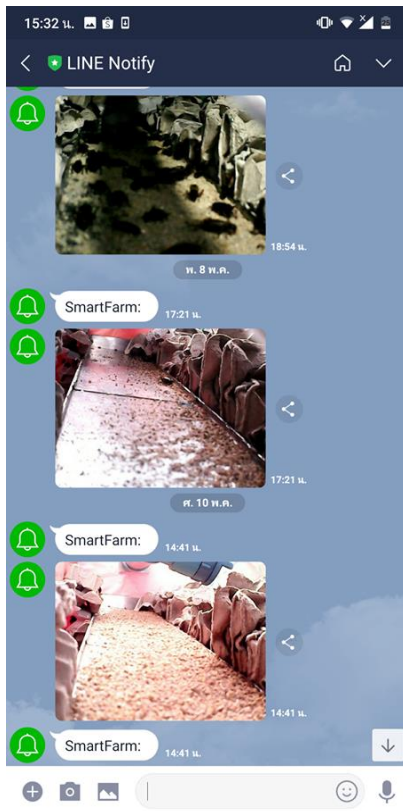
4.3 ผลการทดสอบการเลี้ยงจิ้งหรีด

ในการทดลอง ได้ใช้จิ้งหรีดจำนวน 1200 ตัว โดยจิ้งหรีดที่เริ่มเลี้ยงจะมีอายุ 5 วัน แบ่งจิ้งหรีด 600 ตัว สำหรับการเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยวิธีที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ และอีก 600 ตัวที่เหลือสำหรับการเลี้ยงด้วยวิธีเดิมที่ใช้แรงงานคน นั่นคือ ผู้ดูแลต้องนำอาหารไปเทลงในภาชนะอาหารวันละ 2 ครั้ง เช้า – เย็น ปริมาณที่ให้ จะขึ้นอยู่กับช่วงวัยของจิ้งหรีด การให้อาหารมากเกินไป

จะเป็นการสิ้นเปลืองเนื่องจากอาหารที่เหลือจะเกิดการหมักหมมและมีมูลของจิ้งหรีดปนอยู่ในอาหารซึ่งจิ้งหรีดจะไม่กินอาหารที่เหลือนี้ ในขณะที่ ส่วนของการให้น้ำ ผู้ดูแลต้องคอยสังเกตอยู่เสมอ เพื่อไม่ให้น้ำหมด แต่วิธีการที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ การให้อาหารจะถูกควบคุมผ่านคำสั่งจากแอปพลิเคชัน ปริมาณอาหารที่ให้ถูกกำหนดด้วยระยะเวลาการหมุนของท่อให้อาหาร โดยปกติ ผู้ดูแลให้อาหารวันละ 2 ครั้ง เช้า-เย็น ปริมาณอาหารในช่วงเริ่มต้นของการเลี้ยง จะให้ปริมาณน้อย แต่จะคอยสังเกตจากภาพถ่าย ถ้าหากอาหารไม่เพียงพอ ก็จะมีการเพิ่มปริมาณอาหารได้ ส่วนการให้น้ำนั้น น้ำในถังเก็บน้ำมีประมาณ 15 ลิตร การให้น้ำเป็นแบบอัตโนมัติผู้ดูแลไม่จำเป็นต้องคอยตรวจสอบและตลอดระยะเวลาการเลี้ยง ไม่ได้มีการเติมน้ำลงในถังเก็บน้ำเพิ่มเติม เนื่องจากมีปริมาณที่เพียงพอ

ในการเฝ้าติดตามการเจริญเติบโต ผู้ดูแลสามารถส่งผ่านแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นเพื่อถ่ายรูปดังตัวอย่างในรูปที่ 13 หลังจากเลี้ยงจิ้งหรีดได้ 30 วัน เป็นกระบวนการเก็บจิ้งหรีด โดยแบ่งเป็นขั้นตอนดังนี้ ในขั้นตอนแรกจิ้งหรีดต้องมีการล้างท้องหรือการทำความสะอาดท้อง โดยให้จิ้งหรีดกินผักเพื่อให้จิ้งหรีดขับถ่ายมูลส่วนที่เป็นอาหารที่ออกมาให้มากที่สุด โดยใช้เวลาประมาณ 2 วัน เมื่อจิ้งหรีดกินผักจนหมด ถือว่าเป็นการล้างท้องที่สมบูรณ์ ขั้นตอนต่อไป คือการรวบรวมจิ้งหรีด เพื่อนับจำนวนและชั่งน้ำหนักทั้งแบบที่เลี้ยงด้วยระบบที่พัฒนาขึ้นและแบบที่เลี้ยงด้วยวิธีเดิม ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 3 ซึ่งจะเห็นได้ว่าด้วยระบบที่พัฒนาขึ้น อัตราการรอดชีวิตของจิ้งหรีดเท่ากับ 88.3% และ น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวเท่ากับ 0.71

+/- 0.15 กรัม ในขณะที่การเลี้ยงด้วยวิธีเดิม อัตราการรอดชีวิตของจิ้งหรีดเท่ากับ 75.0% และ น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวเท่ากับ 0.65 +/- 0.18 กรัม



รูปที่ 13 การส่งถ่ายภาพแล้วแสดงผลทางแอปพลิเคชัน Line

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบการเลี้ยงจิ้งหรีด

วิธีการเลี้ยง	การเลี้ยงด้วยระบบที่พัฒนาขึ้น	การเลี้ยงด้วยวิธีเดิม
จำนวนที่เลี้ยง (ตัว)	600	600
จำนวนที่รอด (ตัว)	530	450
จำนวนที่ตาย (ตัว)	70	150
น้ำหนักต่อตัว(กรัม)	0.71+/-	0.65+/-
	0.15	0.18

5. สรุปผลการทดลอง

ระบบเลี้ยงจิ้งหรีด ประกอบด้วยระบบการให้อาหาร ระบบการให้น้ำ และ ระบบควบคุมผ่านอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ระบบดังกล่าวอาศัย NETPIE Cloud Platform เป็นตัวกลางในการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างระบบและผู้ดูแล ผลการทดลอง พบว่า อัตราการรอดชีวิตของจิ้งหรีดเท่ากับ 88.3% และ น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวเท่ากับ 0.71 +/- 0.15 กรัม ในขณะที่ การเลี้ยงด้วยวิธีเดิม อัตราการรอดชีวิตของจิ้งหรีดเท่ากับ 75.0% และ น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวเท่ากับ 0.65 +/- 0.18 กรัม นอกจากนี้ ประโยชน์ที่ได้จากระบบที่พัฒนาขึ้น คือ การลดการใช้แรงงานและลดการรบกวนจิ้งหรีด อีกทั้งยังสามารถติดตามการเจริญเติบโตของจิ้งหรีดได้อีกด้วย

แอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นเป็นตัวกลางในการสื่อสารระหว่างผู้ดูแลและระบบการเลี้ยง ทำให้สามารถควบคุมระบบได้อย่างครอบคลุม ในการวิเคราะห์ระยะเวลาดำเนินทุน พบว่าต้นทุนของระบบที่พัฒนาขึ้น ประมาณ 8,000 บาท ถ้าหากเลี้ยงจิ้งหรีด

ด้วยจำนวนสูงสุด ประมาณ 4-5000 ตัว ระยะเวลาคืนทุน อยู่ที่ประมาณ 21 เดือน แต่ถ้าหากขยายโครงสร้างให้ใหญ่ขึ้น จะสามารถเพิ่มจำนวนจิ้งหรีดได้ ซึ่งจะทำให้ระยะเวลาคืนทุนสั้นลง

ในส่วนที่คณะผู้วิจัยต้องพัฒนาเพิ่มเติมในอนาคต ได้แก่ ระบบการให้อาหารควรเป็นระบบอัตโนมัติ แทนที่ผู้ดูแลต้องกดปุ่มส่งคำสั่งปล่อยอาหาร และระบบการเลี้ยงควรมีการควบคุมอุณหภูมิเพราะถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปจะทำให้จิ้งหรีดตายได้

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณ วิชาหกิจกลุ่มเลี้ยงจิ้งหรีดบ้านฮ่องฮี่ อ.ยางตลาด จ.กาฬสินธุ์ และ ฟาร์มจิ้งหรีดมหาสารคาม อ.โกสุมพิสัย จ.มหาสารคาม สำหรับคำแนะนำในการเลี้ยงจิ้งหรีดและตัวอย่างจิ้งหรีดสำหรับการทดลอง

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Williams JP, Williams JR, Chester D, Peterson M. Nutrient content and health benefits of insects. In: Dossey A, Morales-Ramos J, Rojas M, editors. *Insects as Sustainable Food Ingredients: Production, Processing and Food Applications*. Academic Press: London; 2016. p. 61-84.
- [2] การเลี้ยงจิ้งหรีด (สื่อออนไลน์). [เข้าถึงเมื่อวันที่ 4 กันยายน 2562]. เข้าถึงได้จาก <https://esan108.com/การเลี้ยงจิ้งหรีด>.
- [3] ฝ่ายธุรกิจสัมพันธ์ ศูนย์บริหารจัดการเทคโนโลยี สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, การเกษตรอัจฉริยะ (สื่อออนไลน์) [เข้าถึงเมื่อ วันที่ 31 พฤษภาคม 2563]. เข้าถึงได้จาก <https://waa.inter.nstda.or.th/stks/pub/2020/20200313-smart-farming.pdf>.
- [4] Muangprathuba J, Boonnama N, Kajornkasirata S, Lekbangponga N, Wanichsombata A, Nillaor P. IoT and agriculture data analysis for smart farm. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2019; 156: 467–74.
- [5] Kim S, Lee M, Shin C. IoT-based strawberry disease prediction system for smart farming. *Sensors* 2018; 18(11): 1-17.
- [6] Jaiganesh S, Gunaseelan K, Ellappan V. IOT agriculture to improve food and farming technology. *Proceedings of the 2017 Conference on Emerging Devices and Smart Systems (ICEDSS)*. 2017 Mar 3-4; Tiruchengode, India.
- [7] ชาญวิษ สุวรรณพงศ์ และ วีรธรรม ไชยวงศ์. การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อติดตามและระบุตำแหน่งโคเนื้อในภาคปศุสัตว์. *วารสารวิศวกรรมฟาร์มและการควบคุมอัตโนมัติ* 2558; 1(1): 15-21.

- [8] วิษณุ ช้างเนียม และ วริษา สันทวีวรกุล. เพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการฟาร์มไก่ไข่ด้วยการใช้แอปพลิเคชันระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์และควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนด้วยระบบพีซีล่อจิก. วารสารวิศวกรรมฟาร์มและการควบคุมอัตโนมัติ 2562; 5(2): 77-88.
- [9] Kontogiannis S. An Internet of things-based low-power integrated beekeeping safety and conditions monitoring system. Inventions. 2019; 4(3): 52.
- [10] จิ้งหรีด (สื่อบนออนไลน์). [เข้าถึงเมื่อ วันที่ 4 กันยายน 2562]. เข้าถึงได้จาก : <https://th.wikipedia.org/wiki/จิ้งหรีด>.
- [11] ชญานิศ กันจินะ, สุจินต์ สิมารักษ์, สุวิทย์ เลหาศิริวงศ์ และสุกัลยา เชิญขวัญ. ระบบการเลี้ยงจิ้งหรีดเพื่อการค้าของเกษตรกรในหมู่บ้านแห่งหนึ่ง ในจังหวัดขอนแก่น. แก่นเกษตร. 2562; 47(ฉบับพิเศษ 1): 225 – 32.
- [12] กลุ่มส่งเสริมแมลงเศรษฐกิจ กรมส่งเสริมการเกษตร. เทคนิคการเลี้ยงและการจัดการเลี้ยงจิ้งหรีด. (สื่อบนออนไลน์). [เข้าถึงเมื่อ วันที่ 31 พฤษภาคม 2563]. เข้าถึงได้จาก <http://www.agriman.doae.go.th/homebe e0/cricket1.html>.
- [13] ยุพา หาญบุญทรง, ทศนีย์ แจ่มจรรยา, นพชนม์ ทับทิม และ ลำไย อิทธิจันทร์. คู่มือการเพาะเลี้ยงแมลงที่เป็นอาหารของมนุษย์และสัตว์ในฟาร์มที่ได้มาตรฐาน. สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ (องค์การมหาชน) (สพภ.): กรุงเทพฯ; 2561.