การพัฒนาฟาร์มไก่ไข่แบบสมาร์ตบนพื้นฐานตรรกศาสตร์คลุมเครือและราสพ์เบอร์รี่ไพ

พิทักษ์ จิตรสำราญ[1*] สุขสวัสดี ณัฏฐวุฒิสิทธิ์[1] และเทพฤทธิ์ บัณฑิตวัฒนาวงศ์[2]

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
[2]ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10903
[*]E-mail: pitak_ren@hotmail.com

รับบทความ: 17 มกราคม 2560 ยอมรับตีพิมพ์: 18 พฤศจิกายน 2560

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการพัฒนาระบบฟาร์มไก่ไข่แบบสมาร์ตเพื่อช่วยเหลือเกษตรกรโดยเฉพาะผู้เลี้ยงอิสระจากทั้งฟาร์มขนาดกลางและขนาดเล็กที่ประสบปัญหาสภาวะการขาดทุนที่เกิดจากผลิตภาพตกต่ำเพราะไม่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมภายในฟาร์มตามแนวปฏิบัติที่ดีได้อย่างแม่นยำและเป็นอัตโนมัติ ฟาร์มไก่ไข่แบบสมาร์ตทำงานบนฐานตรรกศาสตร์คลุมเครือโดยใช้ราสพ์เบอร์รี่ไพประมวลผลข้อมูลนำเข้าที่เก็บได้จากตัวรับรู้ที่ติดตั้งอยู่ภายในฟาร์ม ได้แก่ อุณหภูมิ และความชื้น เพื่อสร้างสัญญาณควบคุมอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในฟาร์ม ได้แก่ พัดลมดูดอากาศ แผงรังผึ้ง เครื่องทำน้ำอุ่น และปั๊มน้ำ ที่ติดตั้งอยู่บริเวณโรงเรือนเลี้ยงไก่ การทดสอบระบบดำเนินการกับฟาร์มจริงขนาดเล็กในสภาพอากาศจริงที่มีความร้อนและความชื้นจากฝน ผลการทดสอบพบว่า ระบบสามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในฟาร์มให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมได้อย่างอัตโนมัติและถูกต้องสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศภายนอกฟาร์ม

คำสำคัญ: ผลิตภาพไข่ไก่ ฟาร์มอัจฉริยะ ตรรกศาสตร์คลุมเครือ ราสพ์เบอร์รี่ไพ

The Development of a Laying Hen Smart Farm Based on Fuzzy Logic and Raspberry Pi

Pitak Jitsamran[1*], Sooksawaddee Nattawuttisit[1] and Thepparit Banditwattanawong[2]

[1]Information Technology Program, School of Information Technology, Sripatum University, Chatuchak Bangkok 10900, Thailand, Thailand

[2]Department of Computer Science, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok Thailand 10903

[*]E-mail: pitak_ren@hotmail.com

Received: 17 January 2017 Accepted: 18 November 2017

Abstract

This paper presented the development of a smart farm system of laying hens for farmers, especially independent herdsman from small to medium farms, who suffer loss as a result of declined productivity due to inability to control internal farm environment according to good practice in an accurate and automated manner. Our smart farm was operated based on fuzzy logic and Raspberry Pi to process data collected from temperature and humidity sensors installed inside the farm. In order to generate control signals for intra-farm temperature and humidity, controller devices, ventilators, cooling pad, heater, and water pump were installed in the area next to the farm. The experiment results showed that the system could adjust temperature and humidity inside the farm to appropriate levels automatically and accurately according to climate change outside the farm.

Keywords: Egg productivity, Smart farm, Fuzzy logic, Raspberry Pi

บทนำ

ไก่ไข่เป็นสัตว์เศรษฐกิจที่สำคัญและได้รับการสนับสนุนโดยนโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติฉบับที่ 9 (พ.ศ. 2560–2564) ที่มีประเด็นวิจัยมุ่งเน้นตามนโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ กล่าวคือ ประเด็นวิจัยด้านการเกษตรและอุตสาหกรรมฐานชีวภาพ (bio-based): อุตสาหกรรมการเกษตร เช่น การเพิ่มผลผลิตการเกษตรสำหรับพืชเกษตรหลัก ปศุสัตว์ และอาหารสัตว์ ดังนั้นจึงควรส่งเสริมการทำวิจัยและพัฒนาไก่ไข่อย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ในอดีตที่ผ่านเกษตรกรประสบปัญหาการควบคุมสภาพแวดล้อมในฟาร์มให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมเป็นไปด้วยความยากลำบากและไม่ทันต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพ

อากาศ บทความนี้จึงเสนอระบบฟาร์มไก่ไข่แบบสมาร์ตที่สามารถวิเคราะห์อุณหภูมิและความชื้นเพื่อปรับสภาพแวดล้อมภายในฟาร์มอย่างอัตโนมัติให้เหมาะสมกับการออกไข่มากที่สุด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. พัฒนาตัวแบบตรรกศาสตร์คลุมเครือสำหรับควบคุมอุปกรณ์ควบคุมสภาพแวดล้อมภายในฟาร์มไก่ไข่

2. สร้างระบบสมาร์ตฟาร์มโดยใช้ตัวแบบตรรกศาสตร์คลุมเครือและราสพ์เบอร์รี่ไพสำหรับการเพิ่มผลิตภาพไข่ไก่

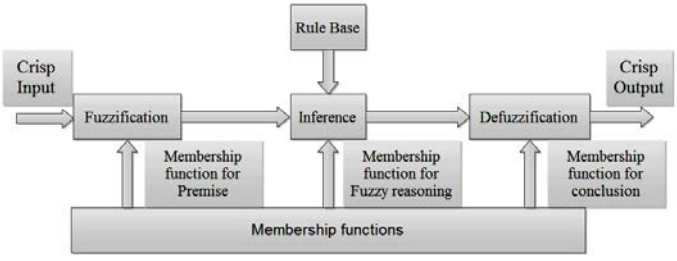
แนวคิดทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ไก่ไข่เป็นสัตว์ปีกเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งในภาคปศุสัตว์ของไทย (Ministry of Agriculture and Cooperatives, 2015) การเลี้ยงไก่ไข่มีองค์ประกอบ คือ การควบคุมชนิดและปริมาณอาหารและสภาพแวดล้อมภายในฟาร์ม ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น และแสงสว่าง สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการออกไข่ (Laudharmon,1997; Devarakpitak, 1993) ที่เป็นแนวปฏิบัติที่ดี (best practice) ของการเลี้ยงไก่ไข่ คือ อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 15–27 องศาเซลเซียส ความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 50–80 ความเข้มของแสงสว่าง 200–500 ลักซ์ โดยมีระยะเวลาให้แสงเป็นระยะเวลา 16 ชั่วโมงต่อวัน (Devarakpitak, 1993)

การทำฟาร์มแบบสมาร์ตเป็นการนำเอาข้อมูลของภูมิอากาศมาใช้ในการบริหารจัดการ ดูแลพื้นที่เพาะปลูก เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพอากาศที่เกิดขึ้น รวมถึงการเตรียมพร้อมรับมือกับสภาพอากาศที่จะเปลี่ยนแปลงไปในอนาคต (Ministry of Agriculture and Cooperatives, 2015)

ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (fuzzy logic) เป็นศาสตร์ที่นำมาใช้ในการอธิบายข้อมูลที่มีความคลุมเครือไม่ชัดเจน เป็นการใช้เหตุผลแบบประมาณซึ่งแตกต่างจากการใช้เหตุผลแบบเด็ดขาดในลักษณะ ถูก/ผิด ใช่/ไม่ใช่ เพื่อจำลองการตัดสินใจของผู้เชี่ยวชาญ ต่อปัญหาที่ซับซ้อน ค่าระดับความจริงคลุมเครือนั้นใช้ในการระบุ ค่าความเป็นสมาชิกของเซตซึ่งอยู่ระหว่าง 0 และ 1 ทำให้เกิดระดับกึ่งในลักษณะของสีเทา นอกจาก ขาว และ ดำ ซึ่งมีประโยชน์ในการจำลองระดับซึ่งสามารถระบุด้วยคำพูด เช่น "เล็กน้อย" "ค่อนข้าง" "มาก" โดยใช้ค่าความเป็นสมาชิกของเซตบางส่วนเป็นตัวแทนคำพูดเหล่านี้ (Zadeh,1965)

ระบบคลุมเครือ (fuzzy system) ในภาพที่ 1 มีขั้นตอนการทำงานคือ การรับค่าจากตัวรับรู้อุณหภูมิ ความชื้น ป้อนเข้าระบบคลุมเครือในรูปแบบค่านำเข้าที่ชัดเจน (crisp input) ค่านำเข้า



ภาพที่ 1 ส่วนประกอบของระบบคลุมเครือ (Zadeh,1965)

ในส่วนได้นี้ถูกแปลงให้เป็นความคลุมเครือ (fuzzification) โดยอาศัยเป็นฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (membership function) ผลลัพธ์ที่ได้จะนำมาเข้าสู่การอนุมาน (inference) ที่อาศัยกฎคลุมเครือ (fuzzy rules) ค่าเป็นฐานกฎ (rule base) กฎคลุมเครือจะนำเข้าค่าความเป็นสมาชิก ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกไปประเมินในรูปของ IF เพื่อประเมินค่าเงื่อนไขค่านำเข้านั้นว่าสอดคล้องกับกฎข้อใดบ้าง จากนั้นจะกระทำในส่วน THEN ของกฎข้อนั้น ๆ ต่อไปผลลัพธ์ที่ได้จากส่วน THEN เป็นค่าคลุมเครือซึ่งจะต้องถูกแปลงเป็นค่าชัดเจน (crisp output) ด้วยซึ่งอาจมีมากกว่าหนึ่งกฎทำงานพร้อม ๆ กันการดีฟัซซี (defuzzification) ซึ่งเป็นการแปลงผลการทำตามกฎให้อยู่ในรูปที่ใช้งานได้จริง เช่น ค่าสัญญาณควบคุม (duty) วิธีการทำดีฟัซซีนั้นมีหลายแบบ วิธีหนึ่งที่เป็นที่นิยมใช้งานกันอย่างแพร่หลายคือวิธีหาจุดศูนย์ถ่วง (centroid หรือ center of gravity, COG) ตรรกศาสตร์คลุมเครือมีความเหมาะสมต่อการวิจัยครั้งนี้ 2 ประการคือ (1) ในสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับระบบที่มีพฤติกรรมซับซ้อน ซึ่งมนุษย์ยังไม่เข้าใจอย่างถ่องแท้ และ (2) ในสถานการณ์ที่เพียงแค่การประมาณความไม่แน่นอน (uncertainty) แบบคลุมเครือ (fuzzy) แทนการประมาณที่แม่นยำ (exact) ก็ให้ผลลัพธ์ในระดับที่ใช้งานได้และประมวลผลได้รวดเร็ว

ราสพ์เบอร์รี่ไพ คือ คอมพิวเตอร์ขนาดเท่ากับบัตรเครดิต ราคาถูก ใช้ระบบปฏิบัติการลินุกซ์ (Linux) หรือวินโดวส์ 10 (Windows 10) มีฮาร์ดแวร์ส่วนต่อประสานกับขาจีพีไอโอ (GPIO) กับอุปกรณ์ภายนอกและมีโมดูลวายฟาย (Wifi) บลูทูช (Bluetooth) สำหรับการเชื่อมต่อเครือข่ายสื่อสาร (Sandeep and Opal, 2015) Jampour et al. (2011) นำเสนอการใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ สำหรับวินิจฉัยโรคในสัตว์โดยนำเอาข้อมูลจากตัวรับรู้คือข้อมูลตาบอดสี และอุณหภูมิในร่างกายสัตว์มาใช้ Berckmans (2004) นำเสนอการเฝ้าระวังและการวินิจฉัยโรคหมูและไก่ โดยใช้ตัวรับรู้ในการวัดค่าอุณหภูมิและตัวรับรู้น้ำหนักเพื่อหาความเครียดในสัตว์ Venkateswaran et al. (2014) นำเสนอรูปแบบการใช้สมาร์ตโฟน ในการเฝ้าระวังการปลูกพืชในฟาร์มของเกษตรกรชนบท โดยใช้ราสพ์เบอร์รี่ไพเพื่อประมวลผลและควบคุมมอเตอร์ สำหรับส่งน้ำไปยังหัวสปริงเกอร์ Vassiljeva (2015) นำเสนอการหลักการควบคุมระดับของเหลวในถัง (tank) โดยใช้ตัวรับรู้ระดับและราสพ์เบอร์รี่ไพเพื่อส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายไร้สายไปยังแผงวงจรควบคุมวาล์วเปิดปิดของเหลวอัตโนมัติ ส่วน Agawal and Singhal (2015) นำเสนอการออกแบบระบบบ้านอัตโนมัติโดยใช้ราสพ์เบอร์รี่ไพและไมโครคอนโทรลเลอร์อาดุยโน (arduino) รับค่าสัญญาณตัวรับรู้ระดับน้ำที่ติดตั้งอยู่กับถังบรรจุน้ำ เพื่อทำการควบคุมโซลินอยส์วาว์ล (solenoid valve) สำหรับควบคุมการไหลของน้ำ นอกจากนั้น Amer and Mudassir (2015) นำเสนอแนวคิดใหม่เกี่ยวหุ่นยนต์อัตโนมัติที่ใช้ในงานเกษตร ซึ่งหุ่นยนต์อัตโนมัตินี้สามารถฉีดพ่นยาฆ่าแมลง กำจัดวัชพืช หว่านปุ๋ย หุ่นยนต์ ซึ่งควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์อาดุยโนและราสพ์เบอร์รี่ไพ โดยลักษณะของหุ่นยนต์มี 6 ขาสามารถเดินหลบหลีกสิ่งกีดขวางโดยติดตั้งตัวรับรู้อัลทราโซนิก (ultrasonic) ไว้ และ Mirzaei et al. (2015) ได้เสนอตัวรับรู้ตรวจสอบความเป็นอยู่ของนกเพื่อตรวจสอบพฤติกรรมการโยกย้ายถิ่นฐาน กล้องอินฟราเรดจะตรวจวัดความร้อนที่ออกมาจากนกเพื่อป้องกันนกหรือสัตว์ปีกบินไปชนกังหันลมทำให้นกเสียชีวิตและประเมินความหนาแน่นของนก

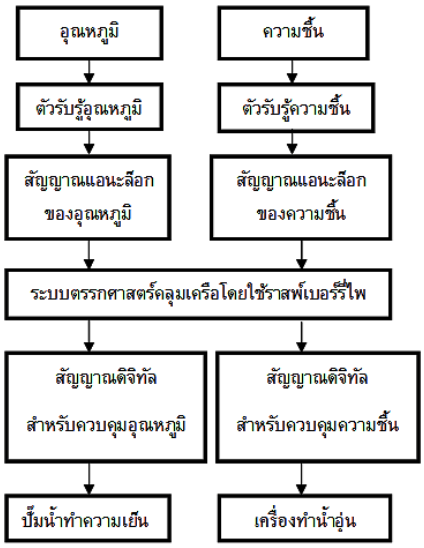
อย่างไรก็ตาม งานวิจัยเหล่านี้มิได้แก้ปัญหาการปรับสภาพในฟาร์มไก่ไข่อยู่ในระดับที่เหมาะสมตลอดเวลาอย่างอัตโนมัติ

วิธีดำเนินการวิจัย

กรอบแนวคิดการวิจัย

ระบบที่ผู้วิจัยเสนอขึ้นใหม่นี้นำเข้าข้อมูลจากตัวรับรู้ (sensor) ได้แก่ ตัวรับรู้อุณหภูมิ และตัวรับรู้ความชื้น เพื่อให้ตัวแบบตรรกศาสตร์คลุมเครือสร้างสัญญาณดิจิทัลส่งออกไปควบคุมอุปกรณ์ควบคุมสภาพแวดล้อมภายในฟาร์มไก่ไข่ ได้แก่ พัดลมดูดอากาศเครื่องทำน้ำอุ่นและปั๊มน้ำสำหรับปรับอุณหภูมิและความชื้นภายในฟาร์ม ยกตัวอย่างสถานการณ์ เช่น หากความชื้นในฟาร์มสูงเกินค่าที่เหมาะสม พัดลมจะไล่ความชื้น หากความชื้นต่ำ ปั๊มน้ำจะทำงานเพื่อทำให้น้ำไหลผ่านรังผึ้งและพัดลมจะดูดอากาศนำความชื้นเข้าสู่ฟาร์มหรือหากอุณหภูมิในฟาร์มมีค่าสูงเกินระดับที่เหมาะสมจะส่งผลให้พัดลมและปั๊มน้ำทำงานร่วมกันเพื่อปรับอุณหภูมิในฟาร์มให้เหมาะสม ทั้งนี้สถานการณ์อาจซับซ้อนกว่านี้ เช่น สภาพภายในฟาร์มอาจร้อนและชื้นในเวลาเดียวกัน ซึ่งระบบจะอาศัยตรรกศาสตร์คลุมเครือช่วยการตัดสินใจเพื่อปรับสภาพความชื้นและอุณหภูมิภายในฟาร์มพร้อมกันได้อย่างเหมาะสม

กรอบแนวคิดการวิจัย (ภาพที่ 2) มีตัวแปรต้น ได้แก่ อุณหภูมิในฟาร์มที่วัดได้และความชื้นที่วัดได้ในฟาร์มไก่ไข่ ตัวแปรตาม ได้แก่ สัญญาณดิจิทัลสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมโดยอาศัยอุปกรณ์ไล่ความชื้น เครื่องทำความร้อน และพัดลมดูดอากาศ



ภาพที่ 2 กรอบแนวคิดการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ระบบที่วิจัยพัฒนาขึ้นจะถูกนำไปติดตั้งภายในฟาร์มไก่ไข่จริงเพื่อควบคุมอุปกรณ์ควบคุมสภาพแวดล้อมภายในฟาร์ม สถานที่เก็บข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยและทดสอบระบบ คือ ฟาร์มไก่ไข่ที่มีลักษณะเป็นโรงเรือนแบบปิด ตั้งอยู่หมู่ที่ 1 ตำบลดงมูลเหล็ก อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ เป็นฟาร์มไก่ไข่ขนาดเล็ก (มีจำนวนไก่ไข่ < 50,000 ตัว (Devarakpitak, 1993) มีไก่ไข่ที่เลี้ยงในฟาร์มไก่ไข่ทั้งหมดจำนวน 120 ตัว

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การสร้างตัวแบบตัวแบบตรรกศาสตร์คลุมเครือสำหรับการควบคุมผลิตภาพการทำฟาร์มไก่ไข่และการสร้างระบบสมาร์ตฟาร์มโดยใช้ตัวแบบตรรกศาสตร์คลุมเครือและราสพ์เบอร์รี่ไพสำหรับการเพิ่มผลิตภาพไข่ไก่ ประกอบด้วยรายการฮาร์ดแวร์และรายการซอฟต์แวร์มีรายละเอียดดังนี้

1. รายการฮาร์ดแวร์

1.1 คอมพิวเตอร์ ซีพียู Intel Core i5-

2430M CPU@ 2.40 GHz ฮาร์ดดิสก์ความจุ 500 GB หน่วยความจำ 4 GB

1.2 อุปกรณ์สมองกลฝังตัวเพื่อควบคุมสภาพแวดล้อมภายในฟาร์มไก่ไข่ คือ ราสพ์เบอร์รี่ไพ 3 (Raspberry Pi 3)

1.3 อุปกรณ์ควบคุมแสงสว่าง (dimmer) สำหรับควบคุมแสงให้คงที่

1.4 พัดลมมอเตอร์ขนาด 36 นิ้ว จำนวน 2 เครื่องของระบบทำความเย็นแบบใช้การระเหยของน้ำ (evaporative cooling system)

1.5 อุปกรณ์ชุดแมกเนติกคอนแทกเตอร์ (magnetic contactor) สำหรับเปิด-ปิดพัดลมมอเตอร์และเครื่องทำน้ำอุ่น

1.6 ตัวรับรู้ ดีเอชที 11 สำหรับวัดความชื้นและอุณหภูมิ ในช่วงความชื้นสัมพัทธ์ 20 ถึง 90% และช่วงอุณหภูมิ 0 ถึง 50 องศาเซลเซียส

1.7 แผงรังผึ้งขนาดกว้าง 30 เซนติเมตร สูง 180 เซนติเมตร หนา 15 เซนติเมตร

1.8 อุปกรณ์ทำน้ำอุ่น (heater) 4,500 วัตต์

2. รายการซอฟต์แวร์

2.1 ระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 7 Ultimate Service Pack 1

2.2 โปรแกรมจำลองการทำงานตัวแบบตรรกศาสตร์คลุมเครือสำหรับการควบคุมผลิตภาพไข่ไก่ ใช้โปรแกรมแลปวิว (Labview) รุ่น 2014

2.3 อุปกรณ์ราสพ์เบอร์รี่ไพที่ใช้ระบบปฏิบัติการราสเบียนเจสซี่ริส รุ่น 4.4 (Raspbian Jessie Lite version 4.4)

2.4 โปรแกรมไฟล์ซิลล่า (FileZilla) โปรแกรมสมาร์ตทีทีวาย (Smart TTY) สำหรับควบคุมราสพ์เบอร์รี่ไพจากคอมพิวเตอร์ผ่านสายแลน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เป็นค่าของตัวแปรต้น อุณหภูมิและความชื้นใช้ตัวรับรู้ดีเอชที 11 เพื่อแปลงสัญญาณอนาล็อกที่เป็นแรงดันไฟฟ้าไปเป็นสัญญาณดิจิทัล และตัวรับรู้เหล่านี้ถูกติดตั้งอยู่บริเวณกลางพื้นฟาร์มไก่ไข่ การออกแบบฟังก์ชันความเป็นสมาชิกในงานวิจัยนี้แบ่งอุณหภูมิออกเป็น 3 เซต (ตาราง 1) และแบ่งความชื้นสัมพัทธ์ออกเป็น 3 เซต (ตาราง 2)

ตาราง 1 การแบ่งเซตอุณหภูมิ

เซตอุณหภูมิ		
เย็น (cold)	อบอุ่น (warm)	ร้อน (hot)
0 – 22°C	17 – 30°C	27 – 50°C

ตาราง 2 การแบ่งเซตความชื้นสัมพัทธ์

เซตความชื้นสัมพัทธ์		
แห้ง (dry)	ปกติ (normal)	เปียก (wet)
0 – 25%	17.5 – 30%	27 – 50%

ตาราง 1 และตาราง 2 เป็นการแบ่งเซตอุณหภูมิและเซตความชื้นสัมพัทธ์โดยใช้รูปแบบของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบสามเหลี่ยมและสี่เหลี่ยมคางหมู เนื่องจากเป็นรูปแบบที่ง่ายต่อการปรับแต่งรูปทรงและมีขั้นตอนในการคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่ไม่ซับซ้อน อุณหภูมิและความชื้นทั้ง 6 ช่วงนี้อาศัยการประมาณเป็นค่าเริ่มต้น จากนั้นปรับแต่งโดยวิธีจำลองการทำงานในห้องปฏิบัติการและวิธีการติดตั้งใช้งานจริงในภาคสนาม

การออกแบบกฎคลุมเครือแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนเครื่องทำน้ำอุ่นประกอบด้วย 3 เหตุการณ์ และส่วนพัดลมประกอบด้วย 9 เหตุการณ์ รวมเป็น 12 เหตุการณ์ อันเป็นผลจากการ

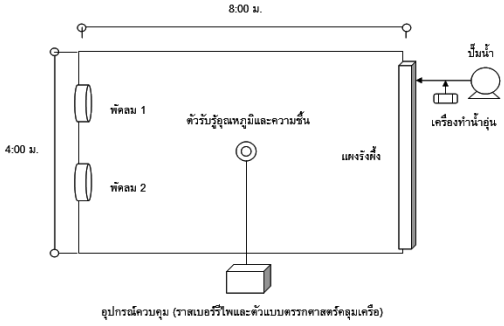
จับคู่ระหว่างสมาชิกของเซตอุณหภูมิ (3 ระดับ) สมาชิกของเซตความชื้น (3 ระดับ) และสถานะการทำงานของเครื่องทำน้ำอุ่น (2 สถานะ) ดังนี้ (1) อากาศเย็นความชื้นน้อย พัดลมจะหมุนเร็ว (2) อากาศเย็นความชื้นปกติ พัดลมจะหมุนปานกลาง (3) อากาศเย็นความชื้นสูง พัดลมจะหมุนช้า (4) อากาศอุ่นความชื้นน้อย พัดลมจะหมุนช้า (5) อากาศอุ่นความชื้นปกติ พัดลมจะหมุนปานกลาง (6) อากาศอุ่นความชื้นสูง พัดลมจะหมุนเร็ว (7) อากาศร้อนความชื้นน้อย พัดลมจะหมุนเร็ว (8) อากาศร้อนความชื้นปกติ พัดลมจะหมุนเร็ว (9) อากาศร้อนความชื้นสูง พัดลมจะหมุนเร็ว (10) อากาศเย็น เครื่องทำน้ำอุ่นจะทำงาน (11) อากาศอุ่น เครื่องทำน้ำอุ่นจะทำงาน และ (12) อากาศร้อนเครื่องทำน้ำอุ่นปิด

การวัดและประเมินผล

ในงานวิจัยครั้งนี้วัดการทำงานของตัว-แบบตรรกศาสตร์คลุมเครือโดยการออกแบบฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของทุกตัวแปรต้นด้วยโปรแกรมแลปวิวและทดสอบการทำงานฟังก์ชันความเป็นสมาชิกในระดับห้องปฏิบัติการด้วยวิธีจำลองการทำงาน จากนั้นนำฟังก์ชันความเป็นสมาชิกที่ผ่านการทดสอบแล้ว ไปทดสอบภาคสนามด้วยการติดตั้งใช้งานจริงในฟาร์ม เพื่อปรับแต่งค่าฟังก์ชันให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

ในส่วนการประเมินผล ผู้วิจัยบันทึกการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้น 2 สภาวะ คือ ก่อนเปิดใช้งานระบบสมาร์ตฟาร์มและหลังเปิดใช้งานระบบสมาร์ตฟาร์มเพื่อทดสอบการทำงานว่าระบบสามารถปรับอุณหภูมิและความชื้นในฟาร์มให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมได้หรือไม่ ถ้ายังไม่เหมาะสม ต้องปรับแต่งฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของตัวแปรต้นใหม่ผ่านโปรแกรมแลปวิว จากนั้นบันทึกลงไปในราสพ์เบอร์รี่ไพ และวัดผลใหม่อีกครั้งในสภาพแวดล้อมจริง

แบบแปลนฟาร์มไก่ไข่แบบสมาร์ตที่สร้างขึ้น (ภาพที่ 3) มีขนาดกว้าง 4 เมตร ยาว 8 เมตร สูง 2.30 เมตร เป็นฟาร์มแบบปิดทั้ง 5 ด้าน อุปกรณ์ภายในฟาร์มประกอบไปด้วยพัดลมทำความเย็นขนาด 36 นิ้วจำนวน 2 ตัว แผงรังผึ้งขนาดกว้าง 300 เซนติเมตรสูง180 เซนติเมตร แท้งค์น้ำใต้ดินขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร ลึก 2 เมตร ชุดควบคุมการปรับสภาพแวดล้อมในฟาร์มไก่ไข่ประกอบด้วยพัดลมดูดอากาศ แผงรังผึ้ง ปั๊มน้ำขนาด 1 แรงม้า (ภาพที่ 4) และเครื่องทำน้ำอุ่นขนาด 4,500 วัตต์

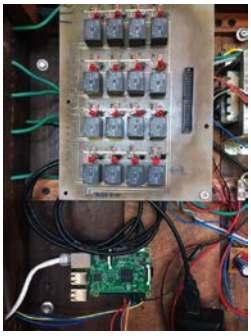


ภาพที่ 3 ผังระบบฟาร์มไก่ไข่แบบสมาร์ต

การติดตั้งชุดควบคุมการปรับสภาพแวดล้อมในฟาร์มไก่ไข่ (ภาพที่ 5) ประกอบด้วยราสพ์เบอร์รี่ไพ ซึ่งมีพอร์ต GPIO นำเข้าที่ขา 7 สำหรับเชื่อมต่อกับตัวรับรู้ ดีเอชที 11 และส่งสัญญาณออกที่ขา GPIO 12 16 13 และ 15 อุณหภูมิความชื้นที่ทำหน้าที่ส่งสัญญาณดิจิทัลไปยังชุดควบคุมอุปกรณ์พัดลมดูดอากาศปั๊มน้ำเข้าเครื่องทำน้ำอุ่น

การออกแบบตัวแบบตรรกศาสตร์คลุม-

ภาพที่ 4 การติดตั้งพัดลมดูดอากาศและแผงรังผึ้งควบคุมอุณหภูมิความชื้นในฟาร์มไก่ไข่



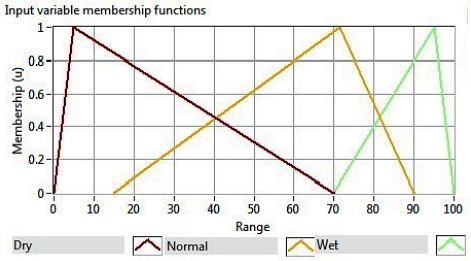
ภาพที่ 5 การติดตั้งชุดควบคุม

เครือสำหรับการควบคุมผลิตภาพการทำฟาร์มไก่ไข่แบบสมาร์ต ผู้วิจัยออกแบบฟังก์ชันความเป็นสมาชิกโปรแกรมแลปวิวและทดสอบฟังก์ชันความเป็นสมาชิกในระดับห้องปฏิบัติการด้วยวิธีจำลองการทำงาน โดยมีผลลัพธ์ของแต่ละขั้นตอนการออกแบบตัวแบบตรรกศาสตร์คลุมเครือ ดังต่อไปนี้

1. ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของตัวแปรแบบตรรกศาสตร์คลุมเครือสำหรับการควบคุมผลิตภาพการทำฟาร์มไก่ไข่แบบสมาร์ต

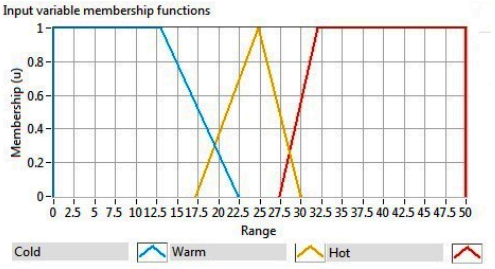
1.1 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของตัวแปร

นำเข้าความชื้น ดังในภาพที่ 6 จะเห็นว่าฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ แห้ง (dry) ปกติ (normal) และเปียก (wet) โดยแกน Y แสดงถึงค่าฟังก์ชันความเป็นสมาชิก และแกน X แสดงถึงช่วงเวลาของความชื้น



ภาพที่ 6 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของตัวแปรนำเข้าความชื้น

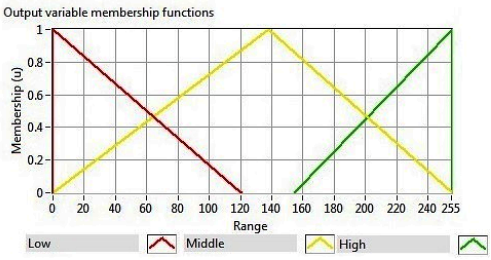
1.2 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของตัวแปรนำเข้าอุณหภูมิ (ภาพที่ 7) แบ่งเป็น 3 ช่วง คือ เย็น (cold) อบอุ่น (warm) และร้อน (hot) ค่าของแต่ละช่วง โดยแกน Y แสดงถึงค่าฟังก์ชันความเป็นสมาชิก และแกน X แสดงถึงช่วงของอุณหภูมิ



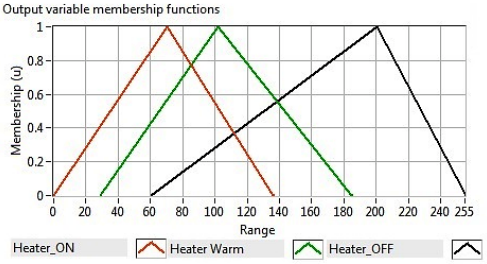
ภาพที่ 7 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของตัวแปรนำเข้าอุณหภูมิ

1.3 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของตัวแปรตามค่าดิวตี้ (duty) ที่เป็นสัญญาณดิจิทัลสำหรับควบคุมพัดลมของระบบทำความเย็น (ภาพที่ 8) แบ่งเป็น 3 ช่วงโดยมีค่าระหว่าง 0 ถึง 255

1.4 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของตัวแปรตามค่าดิวตี้ที่เป็นสัญญาณดิจิทัลสำหรับเครื่องทำน้ำอุ่น (ภาพที่ 9) แบ่งเป็น 3 ช่วงโดยมีค่าระหว่าง 0 ถึง 255



ภาพที่ 8 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของตัวแปรตามค่าดิวตี้สำหรับควบคุมระบบทำความเย็น



ภาพที่ 9 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของตัวแปรตามค่าดิวตี้สำหรับควบคุมฮีทเตอร์

2. กฎคลุมเครือ

กฎคลุมเครือที่ใช้ในกระบวนการทำให้คลุมเครือและกระบวนการทำให้ไม่คลุมเครืออยู่ในรูปแบบของ IF –THEN (Zadeh, 1965) ดังในภาพที่ 10

1. IF 'Temperature' IS 'Cold' AND 'Humidity' IS 'Dry' THEN 'Duty' IS 'High'
2. IF 'Temperature' IS 'Cold' AND 'Humidity' IS 'Normal' THEN 'Duty' IS 'Middle'
3. IF 'Temperature' IS 'Cold' AND 'Humidity' IS 'Wet' THEN 'Duty' IS 'Low'
4. IF 'Temperature' IS 'Warm' AND 'Humidity' IS 'Dry' THEN 'Duty' IS 'Low'
5. IF 'Temperature' IS 'Warm' AND 'Humidity' IS 'Normal' THEN 'Duty' IS 'Middle'
6. IF 'Temperature' IS 'Warm' AND 'Humidity' IS 'Wet' THEN 'Duty' IS 'Middle'
7. IF 'Temperature' IS 'Hot' AND 'Humidity' IS 'Dry' THEN 'Duty' IS 'High'
8. IF 'Temperature' IS 'Hot' AND 'Humidity' IS 'Normal' THEN 'Duty' IS 'High'
9. IF 'Temperature' IS 'Hot' AND 'Humidity' IS 'Wet' THEN 'Duty' IS 'High'
10. IF 'Temperature' IS 'Cold' THEN 'Heater' IS 'Heater_ON'
11. IF 'Temperature' IS 'Warm' THEN 'Heater' IS 'Heater Warm'
12. IF 'Temperature' IS 'Hot' THEN 'Heater' IS 'Heater_OFF'

ภาพที่ 10 กฎคลุมเครือ

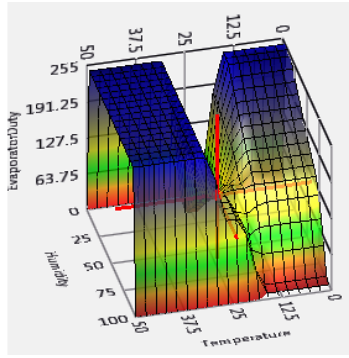
ผลการวิจัย

การประเมินผลตัวแบบตรรกศาสตร์คลุมเครือสำหรับการควบคุมผลิตภาพการทำฟาร์มไก่ไข่แบบสมาร์ต แบ่งการประเมินออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 การประเมินผลด้วยวิธีการจำลองการทำงาน (simulation) ด้วยโปรแกรมแลปวิว

ส่วนที่ 2 การประเมินผลด้วยการติดตั้งระบบในการควบคุมสภาพแวดล้อมในฟาร์มไก่ไข่จริง

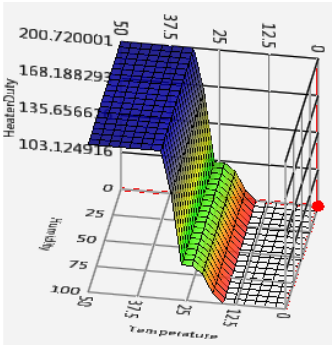
ผลการจำลองการทำงานแสดงอยู่ในรูปแบบของพื้นผิวความสัมพันธ์ของอุณหภูมิความชื้น และค่าดิวตี้สำหรับควบคุมพัดลมมอเตอร์ของระบบทำความเย็นแบบใช้การระเหยของน้ำ (ภาพที่ 11) ซึ่งแปลความหมายได้ว่า เมื่ออากาศเย็นและความชื้นต่ำทำให้ค่าดิวตี้มีค่าสูง แสดงว่า พัดลมมอเตอร์ทั้งสองตัวทำงาน



ภาพที่ 11 การวิเคราะห์พื้นผิวความสัมพันธ์ของอุณหภูมิความชื้นและค่าดิวตี้สำหรับควบคุมพัดลมของระบบทำความเย็น

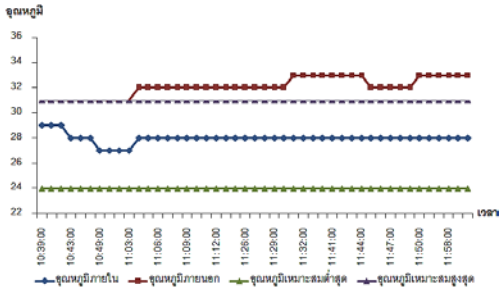
การวิเคราะห์พื้นผิวความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ ความชื้น และค่าดิวตี้สำหรับควบคุมปั๊มน้ำและเครื่องทำน้ำอุ่น (ภาพที่ 12) ได้ผลดังนี้ เมื่ออากาศเย็น ค่าดิวตี้จะมีค่าต่ำ ทำให้ปั๊มน้ำและเครื่องทำน้ำอุ่นเปิดทำงาน แต่เมื่ออากาศร้อน ค่าดิวตี้จะมีค่าสูง ทำให้ปั๊มน้ำและเครื่องทำน้ำอุ่นหยุดทำงาน

ในการปรับแต่งตัวแบบตรรกศาสตร์คลุมเครือระดับภาคสนามดำเนินไปพร้อม ๆ กับการประ-



ภาพที่ 12 การวิเคราะห์พื้นผิวความสัมพันธ์ของอุณหภูมิความชื้นและค่าดิวตี้สำหรับควบคุมปั๊มน้ำเพื่อป้อนเข้าเครื่องทำน้ำอุ่น

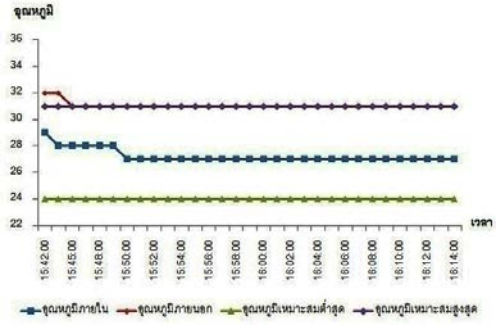
เมินผลระบบสมาร์ตฟาร์มที่ติดตั้งและทดลองใช้งานจริง โดยวัดอุณหภูมิภายในและภายนอกฟาร์มไก่ไข่ในช่วงเช้าระหว่างเวลา 10.39 น. (เป็นเวลาที่เปิดระบบสมาร์ตฟาร์มให้เริ่มทำงาน) จนถึง 12.10 น. เพื่อแสดงการปรับระดับอุณหภูมิภายในฟาร์ม จนอยู่ในระดับที่เหมาะสมและมีความสม่ำเสมอที่สุด



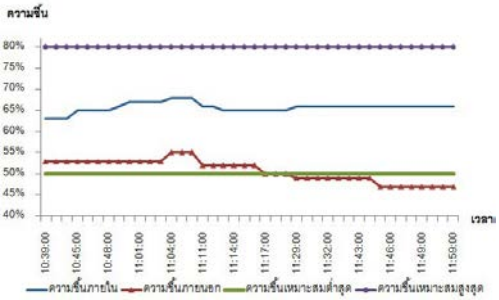
ภาพที่ 13 ค่าการควบคุมอุณหภูมิของสมาร์ตฟาร์มในช่วงเช้า

จากภาพที่ 13 จะเห็นว่า อุณหภูมิภายในฟาร์มช่วงแรกสูงกว่าระดับปานกลางเล็กน้อย (29 องศาเซลเซียส) ระบบจึงปรับอุณหภูมิให้ต่ำลง แต่เมื่อเวลา 10.04 น. อุณหภูมิภายนอกมีการปรับเพิ่มขึ้นแบบแกว่ง 1 ถึง 2 องศาเซลเซียส แต่ระบบสามารถควบคุมอุณหภูมิภายในฟาร์มให้อยู่ที่ระดับเหมาะสม (28 องศาเซลเซียส) ได้อย่างคงที่

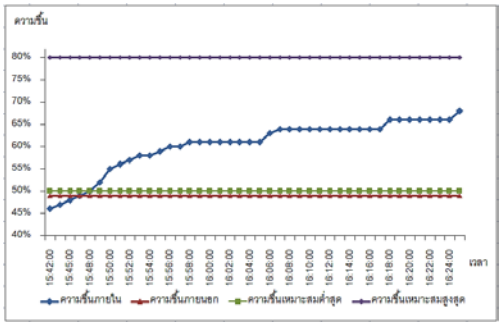
ผู้วิจัยปิดระบบสมาร์ตฟาร์มและเปิดระบบสมาร์ตฟาร์มให้เริ่มทำงานอีกครั้งตั้งแต่เวลา 15:42 น. ถึง 16:14 น. (ภาพที่ 14) จะเห็นได้ว่าระบบสามารถรักษาระดับอุณหภูมิให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมได้อย่างคงที่ ในส่วนของการประเมินผลการควบคุมระดับความชื้นสัมพัทธ์ และทดสอบในวันและช่วงเวลาเดียวกันกับอุณหภูมิ ภาพที่ 15 เป็นการวัดผลตั้งแต่เวลา 10:39 น. ถึง 11:59 น. ความชื้นภายในฟาร์มสูงกว่าความชื้นภายนอกประมาณร้อยละ 10 โดยปรับและรักษาให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมและค่อนข้างคงที่ตลอดการทดสอบในขณะที่ความชื้นภายนอกฟาร์มลดลงในช่วงหลัง (ตั้งแต่เวลา 11.27 น. เป็นต้นไป) ของการทดสอบ



ภาพที่ 14 ค่าควบคุมอุณหภูมิของสมาร์ตฟาร์มในช่วงบ่าย



ภาพที่ 15 การควบคุมความชื้นของสมาร์ตฟาร์มในช่วงเช้า



ภาพที่ 16 การควบคุมความชื้นของสมาร์ตฟาร์มในช่วงบ่าย

ผลการทดลองในช่วงเวลา 15.42 น. ถึง 16.24 น. (ภาพที่ 16) พบว่า ความชื้นภายในและภายนอกฟาร์ม ณ เวลาเริ่มต้นมีระดับต่ำกว่าระดับที่เหมาะสม แต่ระบบก็สามารถปรับระดับความชื้นภายในฟาร์มให้กลับสูงขึ้นมาอยู่ในระดับที่เหมาะสมได้ในระยะเวลาประมาณ 20 นาที

สรุปผลการวิจัย

บทความวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาฟาร์มไก่ไข่แบบสมาร์ตบนฐานตรรกศาสตร์คลุมเครือและราสพ์เบอร์รี่ไพโดยมีข้อมูลนำเข้า ได้แก่ อุณหภูมิและความชื้น ข้อมูลนำออกได้แก่ ค่าสัญญาณดิจิทัลสำหรับอุปกรณ์ปรับสภาพอุณหภูมิและความชื้นภายในฟาร์มไก่ไข่ การประเมินผลในระดับห้องปฏิบัติการใช้วิธีจำลองการทำงานด้วยโปรแกรมแลปวิว พบว่า ตัวแบบตรรกศาสตร์คลุมเครือให้ผลค่าสัญญาณควบคุมทางไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์พัดลม ปั๊มน้ำ และตัวทำความร้อนอยู่ในช่วงที่เหมาะสมจึงบรรลุวัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 1 ส่วนการประเมินผลในระดับภาคสนามเป็นการติดตั้งระบบและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในฟาร์มจริง พบว่า ระบบสมาร์ตฟาร์มสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมในสภาพแวดล้อมที่ทดสอบจึงบรรลุวัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 2

ข้อเสนอแนะ

ในการทำวิจัยต่อยอดการพัฒนาฟาร์มไก่ไข่แบบสมาร์ตบนฐานตรรกศาสตร์คลุมเครือและราสพ์เบอร์รี่ไพครั้งนี้ควรทดลองให้ครบทุกสภาวะอุณหภูมิและความชื้นในแต่ละฤดูกาลเพื่อปรับแต่งระบบให้ทำงานได้อย่างถูกต้องครบถ้วน นอกจากนี้ยังสามารถพัฒนาเป็นระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง(internet of things) สำหรับการควบคุมผลิตภาพฟาร์มไก่ไข่ได้ด้วยการเชื่อมต่อเข้าสู่ระบบการประมวลผลแบบคลาวด์เพื่อพัฒนาส่วนของบริการซอฟต์แวร์คลาวด์สำหรับให้เกษตรกรตรวจสอบข้อมูลและควบคุมระบบสมาร์ตฟาร์มได้โดยสะดวกจากทุกสถานที่ในการนำระบบสมาร์ตฟาร์มที่เสนอไปประยุกต์ใช้กับฟาร์มขนาดกลางควรเพิ่มจำนวนตัวรับรู้ให้กระจายอยู่ในฟาร์มในระยะห่างที่เท่า ๆ กันและเพิ่มขนาดแผงรังผึ้ง จำนวนและขนาดพัดลมมอเตอร์ ให้เหมาะสม พร้อมทั้งควรปรับแต่งค่าตัวแปรต่าง ๆ ของระบบตรรกศาสตร์คลุมเครือผ่านโปรแกรมแลปวิวเพื่อให้การควบคุมสภาพแวดล้อมภายในฟาร์มมีความแม่นยำยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

Agrawal, N., and Singhal, S. (2015). Smart drip irrigation system using raspberry pi and arduino. **International Conference on Computing, Communication and Automation**. Noida, India.

Amer, G., and Malik, M. A. (2015). Design and operation of Wi-Fi agribot integrated system. **International Conference on Industrial Instrumentation and Control**. Pune, India.

Berckmans, D. (2004). Automatic on-line mo-

nitoring of animals by precision livestock farming. **International Society for Animal Hygiène**, Saint-Malo, Belgium.

Devarakpitak, M. (1993). **Management of Poultry Farms.** 4th ed. Chiang Mai: Department of Animal Technology. Faculty of Agriculture Maejo University. (in Thai)

Jampour, M., Jampour, M., Ashourzadeh, M., and Yaghoobi, M. (2011). A fuzzy expert system to diagnose in domestic animal. **Eighth International Conference on Information Technology**. Las Vegas, NV, USA.

Laudharmon, P. (1997). **Poultry Farming**. Bangkok: Department of Livestock Technology and Agricultural Technology King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. (in Thai)

Ministry of Agriculture and Cooperatives. (2015). **SmartFarmer&SmartOfficer.** Retrieved form http://www.thaismartfarmer.net/index.php/userservice/pservice/ShowASmartKnow, January 3, 2017.

Mirzaei, G. M., Jamali, M., Ross, J. P., Gorsevski, V., and Bingman, V. P. (2015). Data fusion of acoustics, infrared and marine radar for avian study. **IEEE Sensors Journal** 15(11): 6625-6632.

Sandeep, L., and Gopal, S. (2015). Kumar, globally accessible machine automation using raspberry pi based on internet of things. **International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics**. Kochi, India.

Vassiljeva, K., Tepljakov, A., and Petlenkov, E. (2015). NN-ANARX model based control of liquid level using visual feedback. **IEEE International Conference on Industrial Informatics.** Cambrige, UK.

Venkateswaran, D., Alex, C., Jose K., and Sahasranamam, S. (2014). Mobile phone controlled farm management aider. **Humanitarian Technology Conference, IEEE Region 10**. Chennai, India.

Zadeh, A. (1965). Fuzzy sets. **Information and Control** 8(3): 338–353.