การเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการฟาร์มกุ้งด้วยการลดการใช้ไฟฟ้าที่ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์และควบคุมการเลี้ยงด้วยเทคโนโลยีการเลี้ยงสัตว์น้ำแม่นยำ

นิฏฐิตา เชิดชู[1*] และวีระศักดิ์ ชื่นตา[2]
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม[1*,2]
อีเมล : nitthita@webmail.npru.ac.th[1*]

*** วันที่รับบทความ** 20 ธันวาคม 2561 **วันที่แก้ไขบทความ** 29 มกราคม 2562 **วันที่ตอบรับบทความ** 26 กุมภาพันธ์ 2562

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการเพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงกุ้งด้วยการใช้เทคโนโลยีการเลี้ยงสัตว์น้ำแม่นยำ โดยระบบที่นำเสนอสามารถทำการตรวจวัดค่าคุณภาพน้ำ 3 ตัวแปร ได้แก่ ค่าออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen: DO) pH และอุณหภูมิของน้ำในบ่อเลี้ยงได้แบบเวลาจริง ค่าคุณภาพน้ำที่วัดได้จะถูกส่งไปประมวลผลเพื่อทำการตัดสินใจในการควบคุมการทำงานของเครื่องให้อาหารและเครื่องตีน้ำได้แบบอัตโนมัติ ระบบสามารถเก็บข้อมูลค่าคุณภาพน้ำบนลงฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการรายงานผลสถานะของบ่อเลี้ยงและการทำงานของเครื่องให้อาหาร และเครื่องตีน้ำ ระบบสามารถแจ้งเตือนเหตุการณ์วิกฤติให้กับผู้ดูแลฟาร์มผ่านทางไลน์แอพพลิเคชั่น ระบบที่นำเสนอยังถูกออกแบบให้มีโมดูลควบคุมความเร็วของเครื่องตีน้ำแบบประหยัดพลังงาน ที่สามารถปรับความเร็วของเครื่องตีน้ำได้ถึง 5 ระดับ จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการและการทดสอบระบบในฟาร์มเลี้ยงกุ้งที่มีการเลี้ยงกุ้งขาวและกุ้งก้ามกรามผสมกัน จำนวน 1 รอบการเลี้ยง พบว่า ระบบที่นำเสนอสามารถลดการใช้ไฟฟ้าในการตีน้ำที่ไม่มีความจำเป็น ลดความเสี่ยงของการสูญเสีย อันเนื่องมาจากการไม่สามารถรักษาคุณภาพน้ำให้เหมาะสมได้ตลอดเวลาและสามารถช่วยประหยัดค่าไฟฟ้าของการตีน้ำลงได้อย่างน้อย 38%

คำสำคัญ : ฟาร์มอัจฉริยะ เซนเซอร์โนด เกษตรแม่นยำ ระบบตรวจวัดและควบคุมคุณภาพน้ำ

Improving Efficiency in Shrimp Farm Management by Minimizing Unproductive Electrical Use and Utilizing Precision Aquaculture Technology

Nitthita Chirdchoo[1*] and Weerasak Cheunta[2]
Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University[1*,2]
E-mail: nitthita@webmail.npru.ac.th[1*]

*** Received:** December 20, 2018 **Revised:** January 29, 2019 **Accepted:** February 26, 2019

Abstract

The objective of this work is to improve the efficiency in shrimp farm management by utilizing precision aquaculture technology. The proposed system can perform real-time water quality monitoring on 3 key water quality indicators: Dissolved Oxygen (DO), pH and temperature. These data are then used to control the operation of auto feeders and aerators automatically. The data are also logged into the database which can later be used to provide a real-time report on the current condition of ponds, feeders, and aerators. A notification via LINE application can be triggered promptly with any predefined critical events. In order to improve the efficiency of electricity use, the proposed system is integrated with a low power consumption aerator's speed controlling module. This module makes it possible to control the speed of an aerator for up to five levels. The system has been tested both in laboratory and in a giant freshwater prawn and Pacific white shrimp farm. Experimental results show that the system can effectively reduce the risk of shrimp loss, caused by unawareness of unsuitable water quality for shrimp culture. In terms of energy efficiency, both minimizing unnecessary operation of aerators and utilizing a low power aerator's speed controlling module result in at least 38% of electricity use can be saved.

Keywords: Smart farm, Sensor node, Precision agriculture, Water quality monitoring and controlling

1. บทนำ

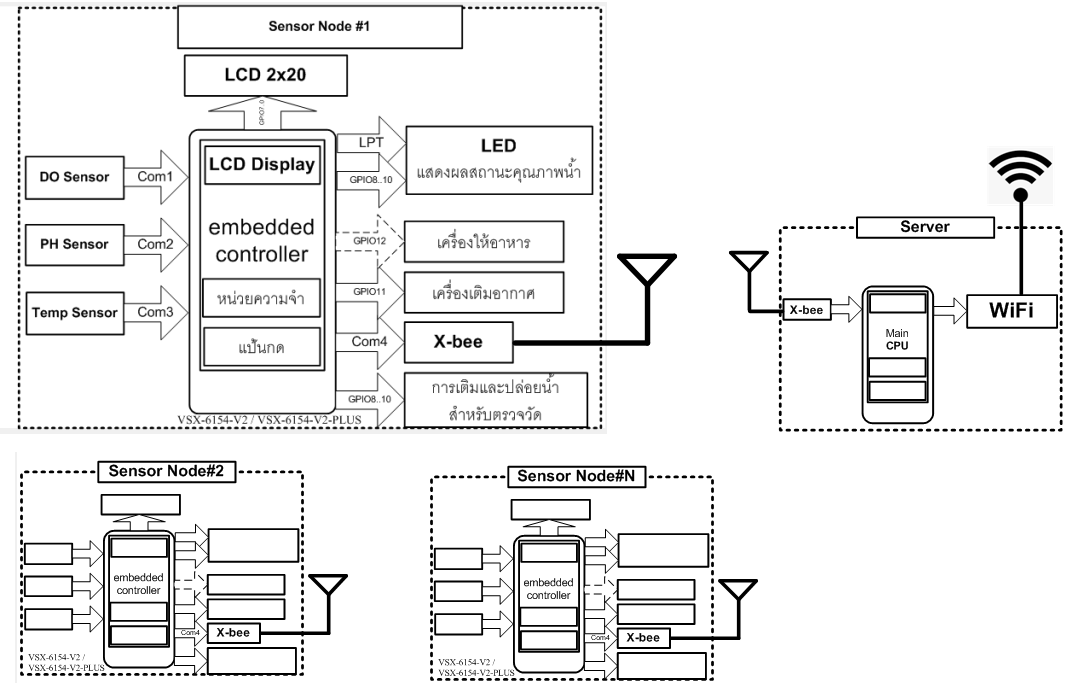
ปัจจุบันเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งของไทยประสบปัญหาในการบริหารจัดการฟาร์มที่มีประสิทธิภาพ ไม่สามารถคงสภาพของคุณภาพน้ำให้เหมาะสมกับการเลี้ยงกุ้งตลอดช่วงการเลี้ยง ทำให้การเลี้ยงกุ้งยังคงมีความเสี่ยงสูงต่อการสูญเสียหากเกิดปัญหาคุณภาพน้ำตกต่ำเกินกว่าที่กุ้งจะรับได้ ในการจัดการคุณภาพน้ำสำหรับการเลี้ยงกุ้งนั้นมีความจำเป็นที่จะต้องตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ของน้ำอยู่หลายตัวแปร เช่น ค่าออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen: DO) pH, อุณหภูมิ, อัลคาไลน์, แอมโมเนีย เป็นต้น แต่ค่า DO, pH และอุณหภูมิเป็นค่าที่ต้องให้ความสำคัญเป็นอันดับต้น เนื่องจาก กุ้งจะได้รับผลกระทบอย่างรวดเร็วหากพารามิเตอร์ทั้งสามของน้ำในบ่อเลี้ยงมีความไม่เหมาะสม น้ำที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้งควรมีค่า DO ไม่ต่ำกว่า 3 mg/L ค่า pH ควรอยู่ระหว่าง 7.5 - 8.5 โดยที่ตอนเช้าไม่ควรต่ำกว่า 7.5 และตอนบ่ายไม่ควรเกิน 8.5 อุณหภูมิควรอยู่ระหว่าง 25 – 30 $^{\circ}$ C [1] อย่างไรก็ตามการจะรับรู้ได้ว่าคุณภาพน้ำอยู่ในระดับที่วิกฤตสำหรับกุ้งแล้วหรือไม่นั้นต้องอาศัยการตรวจวัดและเฝ้าระวังแบบเวลาจริงตลอดเวลา เพื่อที่เกษตรกรจะสามารถตอบสนองและบริหารจัดฟาร์มได้อย่างเหมาะสมและทันท่วงที

งานวิจัย [2] นำเสนอระบบควบคุมคุณภาพน้ำอัจฉริยะต้นแบบที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการบริหารจัดการฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเลเพื่อลดการใช้พลังงานส่วนเกินได้ประมาณ 30% สามารถติดตามปริมาณ DO ได้ตลอดเวลา อย่างไรก็ตามระบบดังกล่าวมีการตรวจวัดเพียงค่าของ DO เท่านั้นและยังไม่ได้มีการเชื่อมต่อกับระบบอื่น ๆ เช่น ระบบให้อาหาร และแอพพลิเคชั่นสำหรับเกษตรกร [3] พัฒนาระบบตรวจสอบ DO โดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายโดยอัตโนมัติสำหรับฟาร์มกุ้งที่สามารถบันทึกข้อมูลและแสดงผลผ่านเว็บเพจ อย่างไรก็ตามระบบดังกล่าวยังไม่มีการแจ้งเตือนเมื่อมีความผิดปกติเกิดขึ้นกับค่า DO และไม่มีการเชื่อมต่อกับระบบให้อาหารอัตโนมัติ ที่จำเป็นต้องใช้ผลของคุณภาพน้ำมาช่วยในการตัดสินใจในการให้อาหาร [4] นำเสนอระบบเฝ้าระวังคุณภาพน้ำในการเลี้ยงสัตว์น้ำที่มีการตรวจวัดค่าอุณหภูมิ pH DO ความนำไฟฟ้า และความขุ่นของน้ำด้วยบอร์ด Raspberry Pi และแพลตฟอร์มไอโอทีของ AWS อย่างไรก็ตามงานวิจัยดังกล่าวมิได้มีการนำเอาผลของคุณภาพน้ำไปใช้เพื่อตัดสินใจในการบริหารจัดการฟาร์มแบบอัตโนมัติเช่นเดียวกับ [5] ที่ได้พัฒนาระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวโดยที่ระบบสามารถวัดค่า DO, pH และอุณหภูมิพร้อมทั้งทำการบันทึกผลของระดับคุณภาพน้ำที่วัดได้ลงสื่อบันทึก เพื่อให้เกษตรกรสามารถนำไปวิเคราะห์ต่อไปได้ อย่างไรก็ตามในงานวิจัยดังกล่าว ยังไม่ได้มีการนำเอาผลคุณภาพน้ำไปใช้ควบคุมและบริหารจัดการฟาร์ม [6] นำเสนอระบบบริหารจัดการฟาร์มกุ้งอัจฉริยะที่สามารถตรวจวัดค่า DO, pH และอุณหภูมิแบบเวลาจริง ระบบสามารถเก็บผลการวัดและแสดงผลให้กับเกษตรกรในรูปแบบกราฟและตาราง รวมถึงสามารถแจ้งเตือนเกษตรกรผ่านแอพพลิเคชั่น LINE ในกรณีที่เกิดเหตุการณ์วิกฤต นอกจากนั้น งานวิจัยดังกล่าวยังนำผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำไปเชื่อมต่อเพื่อควบคุมการทำงานของเครื่องตีน้ำและระบบให้อาหาร แต่ระบบที่นำเสนอนั้นยังไม่ได้มีการกล่าวถึงแง่มุมในด้านของการประหยัดพลังงาน และการตีน้ำก็ยังเป็นการตีน้ำที่ความเร็วระดับเดียวซึ่งยังไม่สอดคล้องกับการเลี้ยงกุ้งอย่างสูงสุด

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบบริหารจัดการฟาร์มกุ้งด้วยเทคโนโลยีการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบแม่นยำที่สามารถตรวจวัดและเฝ้าระวังระดับคุณภาพน้ำ (ค่า pH, DO และอุณหภูมิ) ได้แบบเวลาจริงและสามารถทำการ

ตัดสินใจในการเปิด/ปิด และควบคุมความเร็วของเครื่องตีน้ำ (สามารถควบคุมความเร็วของการตีน้ำได้ 5 ระดับ) และระบบให้อาหารได้อย่างอัตโนมัติเท่าที่จำเป็นตามระดับคุณภาพน้ำในขณะนั้น ๆ ระบบถูกออกแบบให้สามารถลดค่าไฟฟ้าของเกษตรกร สามารถแจ้งเตือนเกษตรกรผ่านทางอุปกรณ์พกพาได้ทันทีที่มีเหตุการณ์ที่ต้องเฝ้าระวังเกิดขึ้น มีการสร้างรายงานสรุปผลการเลี้ยงให้กับเกษตรกรหลังจบรอบการเลี้ยง เพื่อช่วยให้เกษตรกรสามารถวิเคราะห์ปัญหาและปรับปรุงการเลี้ยงในรอบถัดไปได้ ในหัวข้อถัดไปจะกล่าวถึงการออกแบบและพัฒนาระบบบริหารจัดการฟาร์มกุ้งที่ได้พัฒนาขึ้น ซึ่งประกอบไปด้วย (1) ชุดเซนเซอร์โนดที่ใช้ติดตั้งบริเวณบ่อเลี้ยงเพื่อเก็บค่าอุณหภูมิ pH และ DO (2) เครื่องแม่ข่ายที่ใช้เก็บข้อมูลจากเซนเซอร์ วิเคราะห์คุณภาพน้ำรวมถึงการสื่อสารกับอุปกรณ์พกพาของเกษตรกร และ (3) ชุดควบคุมเครื่องตีน้ำแบบประหยัดพลังงาน หัวข้อที่ 3 อธิบายวิธีการทดสอบประสิทธิภาพของระบบ ทั้งในห้องปฏิบัติการและในการทดสอบในบ่อเลี้ยงจริงของเกษตรกรรวมถึงอภิปรายผลการทดลอง และในหัวข้อที่ 4 เป็นการสรุปผลการดำเนินงานวิจัย

2. การออกแบบระบบบริหารจัดการฟาร์มกุ้ง



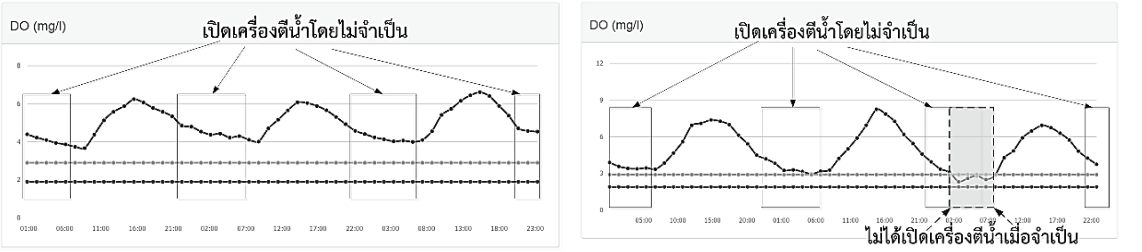
รูปที่ 1 การเชื่อมต่อของเครื่องและเซนเซอร์โนดในระบบบริหารจัดการฟาร์มกุ้งที่นำเสนอ

เพื่อให้เกษตรกรสามารถบริหารจัดการบ่อเลี้ยงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดการใช้แรงงานและสามารถควบคุมคุณภาพของบ่อเลี้ยงได้ตลอดเวลา ระบบบริหารจัดการฟาร์มกุ้งประกอบไปด้วย ชุดเซนเซอร์โนด เครื่องแม่ข่าย และชุดควบคุมเครื่องตีน้ำแบบประหยัดพลังงาน จากรูปที่ 1 ชุดเซนเซอร์โนดทำหน้าที่ตรวจวัดค่าพารามิเตอร์หลักที่ใช้ในการบ่งบอกคุณภาพน้ำสำหรับการเลี้ยงกุ้ง นั่นคือ ค่า DO, pH และอุณหภูมิได้แบบเวลาจริง สามารถเชื่อมต่อและตัดสินใจการทำงานของเครื่องให้อาหาร เครื่องตีน้ำและการเติมน้ำหรือปล่อยน้ำออกจากบ่อได้แบบอัตโนมัติ ชุดเซนเซอร์โนดจะถูกติดตั้งไว้ที่บ่อเลี้ยงเพื่อเก็บค่าคุณภาพน้ำของบ่อเลี้ยงแบบเวลาจริง และทำการตัดสินใจในการเปิด - ปิดและความเร็วของเครื่องตีน้ำและเครื่องให้อาหารตามค่าคุณภาพน้ำที่วัดได้ นอกจากนั้น ข้อมูลที่ตรวจวัดได้จะถูกส่งต่อให้กับเครื่องแม่ข่ายที่ติดตั้งอยู่ที่สถานีฟาร์มเลี้ยงแบบไร้สายเพื่อให้สามารถเก็บข้อมูล วิเคราะห์และทำรายงานสรุปผลการเลี้ยงเมื่อจบรอบการเลี้ยง รวมถึงการแจ้งเตือนเหตุการณ์เฝ้าระวังให้กับผู้ดูแลฟาร์มผ่านอุปกรณ์พกพา การออกแบบชุดเซนเซอร์โนดและเครื่องแม่ข่าย แสดงดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1 ชุดเซนเซอร์โนด ใช้ในการตรวจวัดประเมินคุณภาพน้ำภายในบ่อเลี้ยงกุ้ง ซึ่งประกอบด้วย เซนเซอร์ตรวจวัด DO, pH และอุณหภูมิ วงจรแปลงสัญญาณที่ได้รับจากเซนเซอร์ให้เป็นสัญญาณ RS232 หน่วยประมวลผลและควบคุมแผงวงจรสื่อสารแบบไร้สายชนิด X-bee และส่วนแสดงผลสถานการณ์ทำงานของชุดเซนเซอร์โนด (ชุดหลอด LED แสดงคุณภาพน้ำ) ดังแสดงในรูปที่ 1 ผู้วิจัยเลือกใช้เซนเซอร์อุณหภูมิเบอร์ DS18b20 ที่สามารถอุณหภูมิได้แบบดิจิทัล มีย่านวัดในช่วง -55 – 125° C ค่าความถูกต้อง 0.5° C นอกจากนั้น ไอซี DS18b20 ที่เลือกใช้ยังมีการห่อหุ้มด้วยพลาสติกทำให้สะดวกในการนำไปวัดอุณหภูมิของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง การวัดค่า pH และ DO เลือกใช้เซนเซอร์ของบริษัท atlas scientific biology technology ซึ่งสามารถวัดค่า pH ได้ในช่วง 0 - 14 และค่า DO ได้ในช่วง 0 - 20 mg/L แบบต่อเนื่อง หน่วยประมวลผลบนเซนเซอร์โนดทำหน้าที่รับข้อมูลจากเซนเซอร์วัดคุณภาพน้ำแล้วทำการวิเคราะห์ แสดงผล บันทึกข้อมูล ควบคุมการทำงานของเครื่องเติมอากาศและเครื่องให้อาหาร อีกทั้งยังทำการสื่อสารกับเครื่องแม่ข่ายผ่านทางระบบสื่อสารแบบไร้สาย ผู้วิจัยเลือกใช้หน่วยประมวลผลตระกูล X86 รุ่น VSX-6154-V2 /VSX-6154-V2-PLUS ซึ่งการทำงานโดยรวมของระบบเป็นดังนี้ เมื่อระบบเริ่มทำงานระบบจะอ่านไฟล์คอนฟิกของระบบ จากนั้นจึงทำการอ่านค่าคุณภาพน้ำจากเซนเซอร์ทั้ง 3 ชนิดที่เลือกใช้ เมื่อได้ข้อมูลคุณภาพน้ำครบถ้วนระบบจะทำการตัดสินใจว่าคุณภาพน้ำอยู่ในระดับใดตั้งแต่ปกติ เฝ้าระวัง หรือแจ้งเตือน และผลจากการตัดสินใจดังกล่าวจะถูกนำไปแสดงผลบันทึกลงหน่วยความจำของเครื่อง และสั่งการไปยังเครื่องตีน้ำและเครื่องให้อาหาร จากนั้น ระบบจะทำการส่งข้อมูลไปยังเครื่องแม่ข่ายผ่านอุปกรณ์ไร้สายผ่านโมดูลสื่อสารโพรโทคอล Xbee-pro 802.15.4 ต่อไป

2.2 เครื่องแม่ข่าย ทำหน้าที่สื่อสารกับเซนเซอร์โนดในแต่ละบ่อเลี้ยง โดยเครื่องแม่ข่ายจะถูกติดตั้งไว้ที่สถานีฐานของฟาร์มเลี้ยง ข้อมูลคุณภาพน้ำที่ได้รับจากเซนเซอร์โนดของแต่ละบ่อเลี้ยงจะถูกนำมาแสดงผลเพื่อแจ้งเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งบันทึกลงฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการจัดทำรายงานสรุป และแจ้งเตือนผู้ดูแลฟาร์มเลี้ยงในกรณีที่คุณภาพน้ำมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ โดยหน้าจอถูกออกแบบให้มีลักษณะเป็นแบบ GUI ง่ายต่อการใช้งาน ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงระบบผ่านทางอุปกรณ์พกพาเพื่อตั้งค่าการทำงาน ดูสถานะคุณภาพน้ำและสถานการณ์ทำงานของเครื่องให้อาหาร ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำและเครื่องตีน้ำ

2.3 ชุดควบคุมการทำงานของเครื่องตีน้ำแบบประหยัดพลังงาน ต้นทุนหลักที่สำคัญของการเลี้ยงกุ้ง คือ ค่าไฟฟ้าจากการเปิดเครื่องตีน้ำที่มักตั้งเวลาการเปิด - ปิดของเครื่องตีน้ำตามเวลาที่กำหนดทุกวัน (มักจะเปิดในช่วงกลางคืน เนื่องจากเป็นช่วงที่ค่า DO ลดต่ำลงที่สุดของวัน) เช่น 21.30 - 06.30 น. เป็นต้น (ประมาณ 8 -12 ชั่วโมง/วัน) ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นในบ่อเลี้ยงของเกษตรกรแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งเห็นได้ว่า การเปิดเครื่องตีน้ำแบบดังกล่าวนั้นทำให้เกษตรกรสูญเสียค่าไฟฟ้าโดยไม่ก่อให้เกิดประโยชน์เป็นอย่างมาก รูป 2 ก. แสดงตัวอย่างให้เห็นว่าไม่มีความจำเป็นในการตีน้ำในช่วงเวลาที่สังเกตการณ์เลยเนื่องจากค่า DO ยังมีค่าสูงเพียงพอสำหรับกุ้งในบ่อเลี้ยง (ในกรณีนี้สมมติให้เกษตรกรตัดสินใจให้เปิดเครื่องตีน้ำที่ DO < 3 mg/L จากรูปสังเกตว่าค่า DO ที่วัดได้ไม่มีค่าต่ำกว่า 3 mg/L) การเปิดเครื่องตีน้ำในช่วงเวลาดังกล่าว จึงเป็นการเพิ่มต้นทุนอย่างไม่มีความจำเป็น และเมื่อระยะเวลาการเลี้ยงล่วงเข้าสู่ช่วง 30 วันเมื่อกุ้งในบ่อมีขนาดใหญ่ขึ้น ปริมาณของเสียที่สะสมที่ก้นบ่อก็มีมากขึ้น ทำให้เริ่มสังเกตว่ามีความจำเป็นที่จะต้องเป็นเครื่องตีน้ำในบางช่วง (ดูรูป 2 ข.) อย่างไรก็ตามยังคงพบว่าการเปิดเครื่องตีน้ำตามเวลาของเกษตรกรนั้นยังก่อให้เกิดการสิ้นเปลืองไฟฟ้าโดยไม่จำเป็นอยู่มาก นอกจากนั้น ในบางช่วงเวลาที่มีความจำเป็นต้องเปิดเครื่องตีน้ำอันเนื่องมาจากค่า DO ที่ลดต่ำลงเกินกว่า 3 mg/L นั้น ก็ไม่ได้มีการเปิดเครื่องตีน้ำในช่วงเวลาดังกล่าว ซึ่งกรณีเช่นนี้จะส่งผลให้มีโอกาสสูญเสียกุ้งในบ่ออันเนื่องจากปริมาณ DO ไม่เพียงพอ



(ก) (ข)

รูปที่ 2 การตัดสินใจในการตีน้ำของเกษตรกรที่ไม่สัมพันธ์กับระดับคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยง
(ก) วันที่ 15-17 ของการเลี้ยง (ข) วันที่ 35-37 ของการเลี้ยง

ข้อมูลดังกล่าวทำให้สามารถสรุปได้ว่า การบริหารจัดการฟาร์มเลี้ยงกุ้งโดยขาดข้อมูลคุณภาพน้ำแบบเวลาจริงนั้นทำให้เกษตรกรใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างไม่มีประสิทธิภาพ (เปิดเครื่องตีน้ำเมื่อไม่จำเป็นต้องเปิดและไม่เปิดเครื่องตีน้ำเมื่อจำเป็นต้องเปิด) ซึ่งนอกจากจะส่งผลให้ต้นทุนสูงขึ้นโดยไม่จำเป็นแล้วยังไม่สามารถลดความเสี่ยงของการขาดออกซิเจนของกุ้งได้อย่างได้ผลนัก นอกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างไม่มีประสิทธิภาพแล้วผู้วิจัยยังพบว่า การตีน้ำของเกษตรกรนั้นใช้ความเร็วระดับเดียวตลอดเวลา ซึ่งในบางกรณีควรมีการปรับระดับความเร็วของการตีน้ำให้เหมาะสมกับสถานการณ์ เช่น ในกรณีระดับคุณภาพน้ำยังไม่ตกลงไปในขั้นวิกฤต อาจเริ่มเปิดเครื่องตีน้ำ

ที่ความเร็วต่ำเพื่อประหยัดพลังงาน หรือในกรณีที่กำลังให้อาหารแล้วจำเป็นต้องเปิดเครื่องตีน้ำควรเปิดเครื่องตีน้ำที่ความเร็วต่ำ เพื่อไม่ให้อาหารถูกกวนไปรวมกันที่กลางบ่อร่วมกับของเสียซึ่งกุ้งจะไม่เข้าไปกินอาหารบริเวณดังกล่าว รวมถึงในกรณีที่ต้องการกวนน้ำเพื่อปรับค่าอุณหภูมิและ pH เป็นต้น

จากปัญหาข้างต้นผู้วิจัยจึงออกแบบให้ระบบนำค่า DO และอุณหภูมิเข้าหน่วยประมาณผล แล้วทำการตัดสินใจ ควบคุมการเปิดปิดเครื่องตีน้ำ ซึ่งจะสามารถทำให้เกษตรกรประหยัดค่าไฟฟ้าในบางช่วงเวลาที่ค่า DO มีค่าสูงเพียงพอ ลดความเสี่ยงในการช่วงเวลาที่ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำต่ำแต่ไม่ได้มีการเปิดเครื่องตีน้ำ เป็นต้น ระบบยังถูกออกแบบให้สามารถควบคุมความถี่ของกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์ส่งผลให้สามารถปรับความเร็วของการตีน้ำได้ถึง 5 ระดับ และมีการออกแบบติดตั้งระบบประหยัดพลังงานของการตีน้ำเสริมเพิ่มเข้าไปอีกด้วย ส่วนควบคุมเครื่องเติมอากาศประกอบด้วย หน่วยประมวลผลขนาดเล็ก รุ่น VSX6117 ของบริษัท ICOP ที่ทำการร้องขอข้อมูลระดับคุณภาพน้ำจากเครื่องแม่ข่าย ข้อมูลคุณภาพน้ำที่ได้จะถูกนำมาตัดสินใจการทำงานของ motor driver ซึ่งจะปรับแรงดันและความถี่เพื่อส่งต่อไปยังมอเตอร์เพื่อหมุนแขนเหวี่ยงเติมอากาศ นอกเหนือจากนี้ที่ก้านแขนเหวี่ยงของเครื่องเติมอากาศผู้วิจัยได้ติดตั้งเซนเซอร์วัดรอบการหมุนเพื่อส่งกับมายังหน่วยประมวลผลเพื่อตรวจสอบให้แน่ใจว่าระบบมีการตีน้ำจริง

3. การทดสอบระบบ

3.1 การทดสอบความถูกต้องของการตรวจวัดคุณภาพน้ำ

เพื่อตรวจสอบความแม่นยำของอุปกรณ์ที่ได้พัฒนาขึ้น ผู้วิจัยทำการทดสอบค่าความถูกต้องของระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำเทียบกับค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัดมาตรฐานในห้องปฏิบัติการ (เนื่องจากข้อจำกัดของพื้นที่ ทำให้ไม่สามารถนำเสนอข้อมูลผลการทดสอบโดยละเอียดได้) พบว่า ค่าอุณหภูมิและค่า pH ที่วัดได้จากระบบที่นำเสนอมีค่าความผิดพลาดน้อยกว่า 3% และ 2.5% ตามลำดับ ส่วนค่า DO พบว่า มีค่าความผิดพลาดอยู่ไม่เกิน 6% นอกจากนั้น ยังสังเกตเห็นได้ว่าค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นนั้นมักจะเกิดจากการอ่านค่า DO สูง เกิดค่ามาตรฐาน ดังนั้น ในกระบวนการตัดสินใจผู้วิจัยจะได้นำเอาค่าความผิดพลาดนี้ไปวิเคราะห์ในขั้นตอนการควบคุมการตัดสินใจในเรื่องของคุณภาพน้ำด้วย

3.2 การตรวจสอบการทำงานใช้พลังงานของเครื่องตีน้ำ

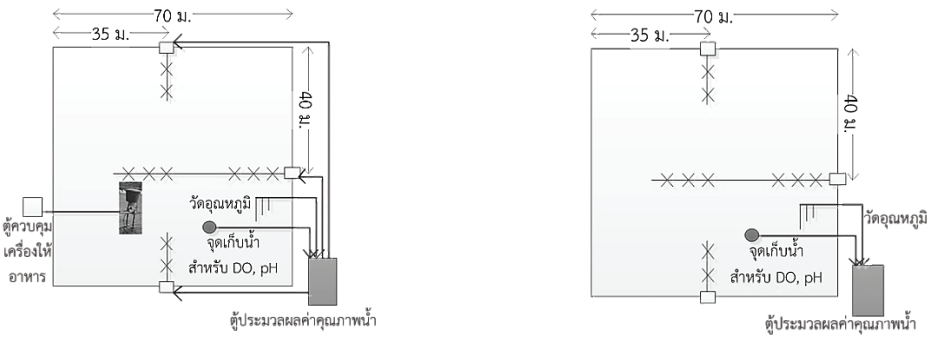
เพื่อทดสอบการทำงานของเครื่องตีน้ำที่ความเร็วทั้ง 5 ระดับ รวมถึงประสิทธิภาพของการประหยัดพลังงาน ผู้วิจัยได้ทำการติดตั้งชุดควบคุมการทำงานของเครื่องตีน้ำเข้ากับชุดเครื่องตีน้ำแบบแขนเดี่ยว 12 ใบพัด ใช้มอเตอร์ 3 แรงม้า กระแสไฟฟ้า 3 เฟส การทดสอบแบ่งเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงที่ 1 ทดสอบการทำงานของเครื่องตีน้ำก่อนทำการติดตั้งชุดควบคุมการทำงานของเครื่องตีน้ำ และช่วงที่ 2 ทดสอบการทำงานของเครื่องตีน้ำหลังทำการติดตั้งชุดควบคุมการทำงานของเครื่องตีน้ำ ซึ่งจะได้ทำการทดสอบที่ความเร็วทั้ง 5 ระดับ (โดยที่ความเร็วระดับ 1 และ 5 เป็นความเร็วต่ำสุดและสูงสุดของการตีน้ำตามลำดับ) ตารางที่ 1 แสดงค่าความเร็วรอบใบพัด (ติดตั้งตัววัดรอบการหมุนของใบพัดที่แขนตีน้ำ) กระแสไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าของเครื่องตีน้ำก่อนและหลังทำการติดตั้งชุดควบคุมการทำงาน

ของเครื่องตีน้ำแบบประหยัดพลังงาน แล้วจึงนำค่ากระแสไฟฟ้าเฉลี่ยมาหาค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าด้วยการคำนวณต่อไป ผลการทดลองที่แสดงในตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าในสถานการณ์ที่ 1 ที่เครื่องตีน้ำใช้ระบบไฟของการไฟฟ้าในการควบคุมมอเตอร์เติมอากาศแบบเดิมที่ยังไม่มีการติดตั้งชุดควบคุมเครื่องตีน้ำ และสถานการณ์ที่ 2 ใช้ระบบไฟฟ้าจากเครื่องเติมอากาศที่มีการติดตั้งชุดควบคุมเครื่องตีน้ำแบบประหยัดไฟ พบว่า แขนใบพัดเติมอากาศทั้งสองระบบทำงานที่ความเร็วรอบเท่ากัน คือ 80 รอบต่อนาที แต่ระบบที่ติดตั้งชุดควบคุมความเร็วของการตีน้ำนั้นใช้กระแสไฟฟ้าน้อยกว่า ซึ่งจะเห็นได้ว่าถึงแม้ว่าเกษตรกรเลือกให้เครื่องตีน้ำทำความเร็วเท่าเดิม คือ ที่ 80 รอบ/นาที ก็ยังสามารถประหยัดไฟฟ้าลงได้ถึง 38% ของค่าไฟฟ้าที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน (จากข้อมูลในตารางที่ 1 กระแสไฟฟ้าเฉลี่ยที่ใช้ลดลงจาก 4.2 เป็น 2.6 แอมป์ตามลำดับ) อนึ่ง ความสามารถในการประหยัดไฟที่เกิดขึ้นนั้น เป็นผลมาจากการออกแบบให้โมดูลประหยัดไฟฟ้าทำการแปลงกระแสไฟฟ้าสลับจากการไฟฟ้าให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงก่อนแปลงกลับมาเป็นไฟฟ้ากระแสสลับอีกครั้งที่ความถี่ที่ต้องการแล้วจึงป้อนให้กับมอเตอร์ ผลจากการทดสอบพบว่า การดำเนินการดังกล่าวสามารถเพิ่มค่า power factor ของมอเตอร์ได้มากกว่าการปล่อยไฟฟ้ากระแสสลับจากการไฟฟ้าโดยตรงเข้าสู่มอเตอร์ ในกรณีที่เกษตรกรเลือกเปิดเครื่องตีน้ำที่ความเร็วต่ำเท่าที่มีความจำเป็นในแต่ละสถานการณ์ เช่น ต้องการกวนน้ำเพียงเพื่อปรับค่าอุณหภูมิหรือ pH แต่ไม่ได้ต้องการเติมอากาศ เป็นต้น (หมายเหตุ การตีน้ำที่ความเร็วรอบลดลง จะส่งผลให้อัตราการฟุ้งกระจายของน้ำและปริมาณการเพิ่มของค่า DO ในน้ำลดลง) ก็จะยิ่งทำให้สามารถลดต้นทุนในส่วนของค่าไฟฟ้าได้มากกว่า 38%

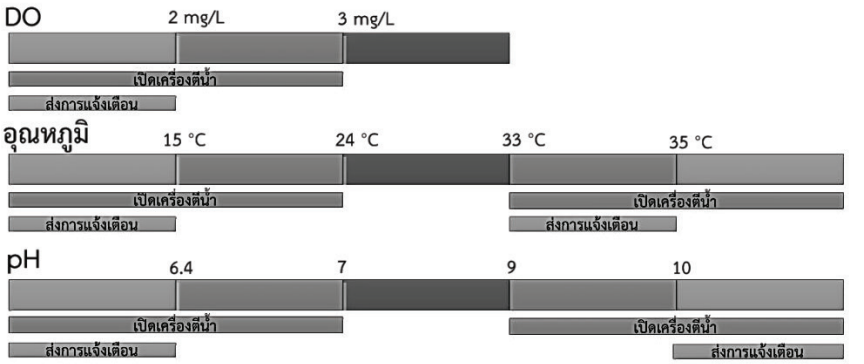
ตารางที่ 1 การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องตีน้ำก่อนและหลังติดตั้งชุดควบคุมการทำงานของเครื่องตีน้ำ

รูปแบบการทดสอบ	ความเร็วการตีน้ำ	ความเร็วรอบใบพัด (รอบ/นาที)	กระแสไฟฟ้าเฉลี่ย (แอมป์)	พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์/ชั่วโมง)
ก่อนติดตั้งชุดควบคุมเครื่องตีน้ำแบบประหยัดไฟฟ้า	1. เครื่องตีน้ำแบบเดิม	80	4.2	1,036.60
หลังติดตั้งชุดควบคุมเรื่องประหยัดไฟฟ้า	2. ความเร็วระดับ 5	80	2.6	641.71
	3. ความเร็วระดับ 4	72	2.3	567.66
	4. ความเร็วระดับ 3	64	1.9	468.93
	5. ความเร็วระดับ 2	56	1.43	353.76
	6. ความเร็วระดับ 1	48	1.13	279.72

3.3 การทดสอบเลี้ยงกุ้งในบ่อเลี้ยง



(ก) (ข)



(ค)

รูปที่ 3 การติดตั้งระบบเพื่อทดสอบการทำงาน
(ก) บ่อทดลอง (ข) บ่อควบคุม (ค) การตั้งค่าการทำงานของเครื่องตีน้ำ และการส่งการแจ้งเตือน

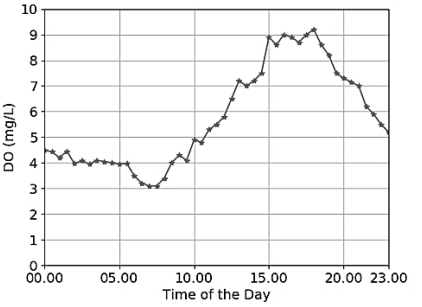
ผู้วิจัยได้ทำการติดตั้งระบบบริหารจัดการฟาร์มกุ้งที่ได้พัฒนาขึ้นในฟาร์มเลี้ยงของเกษตรกรในจังหวัดนครปฐม จำนวน 2 บ่อเลี้ยง โดยแบ่งเป็นบ่อทดลองและบ่อควบคุมทั้ง 2 บ่อเป็นบ่อดินที่มีขนาดบ่อละ 3 ไร่ (กว้าง 70 ม. ยาว 70 ม. และลึก 2 ม.) บ่อทดลองติดตั้งระบบบริหารจัดการฟาร์มกุ้ง (ดังแสดงในรูป 3 (ก)) เพื่อวัดคุณภาพน้ำรวมถึงการควบคุมการเปิด - ปิดเครื่องตีน้ำและให้อาหารตามค่าคุณภาพน้ำ ส่วนบ่อควบคุมทำการติดตั้งระบบเพียงเพื่อทำการเก็บข้อมูลค่าคุณภาพน้ำเท่านั้น (ดังแสดงในรูป 3 (ข)) การให้อาหารของบ่อควบคุมจะเป็นการหว่านด้วยแรงงานคน จำนวน 2 ครั้ง/วัน เช้าประมาณ 07.00 น และเย็นประมาณ 17.00 น ส่วนบ่อทดลองให้อาหารด้วยเครื่องให้อาหาร

อัตโนมัติทุกๆ 5 นาที ปริมาณอาหารที่ให้ในแต่ละวันจะถูกคำนวณโดยเกษตรกรและระบบจะทำการคำนวณปริมาณการให้อาหารในแต่ละรอบ ในกรณีที่ค่าคุณภาพน้ำไม่เหมาะสมระบบจะหยุดการให้อาหารโดยอัตโนมัติเพื่อรอให้ระดับคุณภาพน้ำกลับมาปกติก่อนเริ่มให้อาหารอีกครั้งหนึ่ง การตีน้ำของบ่อควบคุมจะเปิดในช่วงช่วง 20.00 – 06.00 น. ของทุกๆ วัน ส่วนบ่อทดลองให้ระบบตัดสินใจในการตีน้ำตามรูปที่ 3 ค. (หมายเหตุ ค่าที่กำหนดในรูปที่ 3 ค. นั้นถูกกำหนดตามสูตรการเลี้ยงของเกษตรกร) โดยการตีน้ำไปการทดลองนี้กำหนดให้ตีน้ำที่ความเร็ว 80 รอบ/นาที ทั้งบ่อทดลองและควบคุมมีการกำหนดตัวแปรพันธุ์กุ้ง ชนิดและยี่ห้อของอาหาร ความหนาแน่น และการเติมแร่ธาตุให้เหมือนกัน โดยในแต่ละบ่อมีการลงกุ้งขาวและกุ้งก้ามกรามผสมกันบ่อละ 200,000 ตัว และ 10,000 ตัว ตามลำดับ รูปที่ 4 แสดงการติดตั้งเซนเซอร์โนดที่บริเวณบ่อเลี้ยง

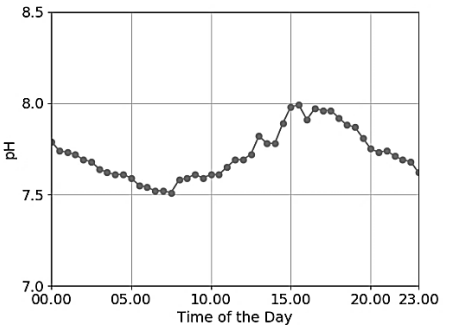
(ก)

(ข)

รูปที่ 4 เซนเซอร์โนดของระบบบริหารจัดการฟาร์มกุ้งที่ติดตั้งที่ฟาร์มเลี้ยง (ก) ตู้ประมวลผลกลางและจุดตรวจวัดค่า pH และ DO และ (ข) จุดตรวจวัดค่าอุณหภูมิของน้ำ



(ก)



(ข)

รูปที่ 5 ตัวอย่างการแสดงผลข้อมูลผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำของบ่อควบคุมในช่วง 24 ชั่วโมง ณ วันที่ 45 ของการเลี้ยง (ก) DO และ (ข) pH

รูปที่ 5 เป็นตัวอย่างของข้อมูลที่เก็บได้ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมงของบ่อควบคุม (เนื่องด้วยข้อจำกัดของพื้นที่ขอแสดงผลเฉพาะ DO และ pH ส่วนค่าอุณหภูมิระหว่างวันอยู่ระหว่าง 26 - 29° C) ที่แสดงให้เห็นว่าในวันดังกล่าวระบบไม่พบว่าต้องมีการเครื่องตีน้ำเลยตลอดทั้ง 24 ชั่วโมง เนื่องจากค่าคุณภาพน้ำอยู่ในระดับปกติตลอดวัน อย่างไรก็ตามพบว่า ในช่วงของการเลี้ยงตั้งแต่วันที่ 70 เป็นต้นไป ค่า DO ของน้ำทั้งบ่อควบคุมและบ่อทดลองเฉลี่ยจะอยู่ที่ 2-3 mg/L ทำให้ระบบในบ่อทดลองต้องทำการตีน้ำเกือบตลอดเวลาแต่ก็ไม่สามารถช่วยเพิ่มค่า DO ได้มากนัก เนื่องจากขณะนั้นปริมาณของเสียสะสมในบ่อมีมากขึ้นส่งผลให้ค่า DO ของน้ำลดต่ำลงทำให้การตีน้ำไม่สามารถช่วยได้มากนัก เนื่องจาก ของเสียสะสมยังไม่ได้ถูกกำจัดไป จากข้อมูลที่ได้รับเกษตรกรสามารถเลือกเติมน้ำเข้าบ่อหรือจับกุ้งขายแทนการเปิดเครื่องตีน้ำเพื่อยกระดับค่า DO ในบ่อเลี้ยง ซึ่งในบ่อควบคุมกุ้งเริ่มลอยตัว (ขาดอากาศ) ตั้งแต่วันที่ 74 ทำให้ต้องยุติการเลี้ยงลง ส่วนในบ่อทดลองเนื่องจากมีการเปิดเครื่องตีน้ำตามระดับคุณภาพน้ำทำให้สามารถยืดอายุการเลี้ยงต่อไปได้เป็น 89 วัน อัตราแลกเนื้อและต้นทุนการผลิต/กิโลกรัมสำหรับบ่อทดลองอยู่ที่ 1.26 และ 107.61 บาท และบ่อควบคุมอยู่ที่ 1.18 และ 114.06 บาท ตามลำดับ ซึ่งส่งผลให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มมากขึ้น

4. สรุปผล

งานวิจัยนี้นำเสนอการเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการฟาร์มกุ้งด้วยการลดการใช้ไฟฟ้าที่ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์เพื่อช่วยให้เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งสามารถลดต้นทุนการผลิตและความเสี่ยงของการสูญเสียกุ้งอันเกิดจากภาวะคุณภาพน้ำไม่เหมาะสมกับกุ้ง ระบบประกอบไปด้วยระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำแบบเวลาจริงที่สามารถวัดค่า DO ในช่วง 0-20 mg/L, pH ระหว่าง 0-14 และสามารถทำงานได้ในช่วงอุณหภูมิของน้ำไม่เกิน 50° C เกษตรกรสามารถตั้งค่าการทำงานของระบบผ่านทางอุปกรณ์พกพา ผลการตรวจวัดจะถูกส่งให้หน่วยประมวลผลกลางเพื่อตัดสินใจในการควบคุมการเปิด - ปิด และความเร็วของเครื่องตีน้ำและระบบให้อาหารได้อย่างอัตโนมัติ ระบบสามารถเก็บข้อมูลดังกล่าวแล้วแสดงผลในรูปแบบกราฟและตาราง ซึ่งจะช่วยให้เกษตรกรสามารถนำข้อมูลการเลี้ยงมาวิเคราะห์และปรับปรุงในการเลี้ยงรอบถัดไปได้อย่างสะดวก กรณีที่เกิดเหตุการณ์วิกฤติระบบสามารถส่งการแจ้งเตือนเข้าอุปกรณ์พกพาของเกษตรกรผ่านแอพพลิเคชั่น Line ได้ เพื่อให้สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ไม่จำเป็นได้มากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยได้พัฒนาชุดควบคุมการทำงานของเครื่องเติมอากาศแบบประหยัดพลังงาน ซึ่งสามารถปรับความเร็วของเครื่องตีน้ำได้ถึง 5 ระดับ และสามารถลดค่าไฟฟ้าของเกษตรกรได้มากกว่า 38% จากการทดสอบพบว่า ค่าคุณภาพน้ำที่วัดได้จากระบบมีความผิดพลาดน้อยกว่า 6% ทำให้การตัดสินใจบริหารจัดการฟาร์มกุ้งสามารถทำได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ การตีน้ำเท่าที่จำเป็นจากข้อมูลแบบเวลาจริงจึงสามารถลดการใช้พลังงานจากการตีน้ำที่ไม่ก่อให้เกิดประสิทธิผลได้อย่างสิ้นเชิง อีกทั้งยังสามารถลดความเสี่ยงของการสูญเสียรายได้อันเนื่องมาจากการไม่ตีน้ำหรือตอบสนองต่อปัญหาคุณภาพน้ำได้อย่างทันท่วงที ซึ่งปัญหาดังกล่าวจะส่งผลให้เกษตรกรไม่สามารถทำการเลี้ยงได้ครบรอบการเลี้ยง ซึ่งการเลี้ยงให้ครบรอบการเลี้ยงนั้นนอกจากจะช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิตแล้ว ยังช่วยเพิ่มคุณภาพของผลผลิตด้วย (ขนาดและราคากุ้ง)

ถึงแม้ว่าระบบที่นำเสนอจะสามารถตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งได้แบบเวลาจริงและสามารถนำไปในการตัดสินใจเพื่อตีน้ำและสามารถประหยัดพลังงานที่ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ได้แล้วนั้น ระบบดังกล่าวสามารถพัฒนาต่อยอดได้ในทิศทางต่อไปนี้ (1) พัฒนาต่อยอดระบบดังกล่าวในเชิงพาณิชย์ เพื่อจูงใจให้เกษตรกรหันมาใช้ระบบที่นำเสนอเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงกุ้งและสามารถคืนทุนได้ในระยะเวลาสั้น ระบบจะต้องเน้นการออกแบบและเลือกวัสดุอุปกรณ์ที่ต้นทุนต่ำแต่ยังคงต้องมีความคงทนและมีเสถียรภาพต่อการติดตั้งเพื่อใช้งานภายนอก เซนเซอร์ที่เลือกใช้ต้องสามารถทำงานต่อเนื่องได้ในระยะยาวเพียงพอกับการคืนทุนของระบบ การบำรุงรักษาต้องง่ายและใช้ต้นทุนต่ำ และ (2) การเพิ่มชนิดของเซนเซอร์ที่สามารถตรวจวัดค่าปริมาณสารพิษหรือปริมาณสารอาหารแร่ธาตุในน้ำ เช่น เซนเซอร์วัดระดับค่าแอมโมเนีย ค่าไนเตรต ค่าความเค็มและค่าอัลคาไลน์ในน้ำ เป็นต้น

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจาก สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ รหัสโครงการ FDA-C0-2558-958-TH และเป็นส่วนหนึ่งในอนุสิทธิบัตรเลขที่ 13984

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Department of Fisheries. Giant fresh water prawn culture [Internet]. [cited 2019 January 20] available from: http://www.eto.ku.ac.th/neweto/e-book/fish/shirmp.pdf

[2] Pisit Boonsrimeung, Chutima Khomvilai. Development of excellent water quality control system for shrimp culture management. Bangkok: National Research Council of Thailand; 2009. (in Thai)

[3] Anusak Prapat. Automatic dissolved oxygen monitoring system using wireless sensor network for shrimp farms [Master thesis in Electrical Engineering]. Bangkok; King Mongkut's University of Technology North Bangkok; 2008. (in Thai)

[4] Kamuju S D, Roja M, Sanju k NT. Smart aqua culture monitoring system using Raspberry Pi AWS IoT. International Journal of Science, Engineering and Technology Research (IJSETR). 2017: 6(8): 1311-1315.

[5] Jedsada Arunruerk, Samatachai Jantarat, Weerachi Yaemvachi. Development of a water quality measurement system for white shrimp farms. The 7th National Conference on Information Technology: NCIT; 2015. (in Thai)

[6] Nitthita Chirdchoo, Weerasak Cheunta. Development of a Shrimp Farm Management System using Precision Aquaculture Technology. The 4th National Conference on Industrial Technology and Engineering (NCITE2018); 2018. (in Thai)