



การพัฒนาระบบสมาร์ทฟาร์มสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในบ่อ

DEVELOPMENT OF SMART FARM SYSTEM FOR AQUACULTURE IN THE POND

กำธร สารวรรณ^{1*}, สรายุทธ กรวิรัตน์¹, อุ้มบุญ เชตียงรัชต์ชัย¹, รณชัย สังหมื่นเม้า¹ เกษม เชตะวัน² และสาวิภา รัตนกร²

¹อาจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และระบบอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

²อาจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีการประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

*Corresponding author: kamthorn.sa@ksu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบสมาร์ทฟาร์มสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในพื้นที่จังหวัดกาฬสินธุ์ ระบบประกอบด้วยอุปกรณ์ตรวจวัดคุณภาพน้ำ ด้วยเซ็นเซอร์วัดค่า อุณหภูมิ ความเป็นกรดด่างและการละลายออกซิเจนในน้ำ และสามารถสั่งงานปิดเปิดเครื่องต้นน้ำตามแนวทางเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งที่สามารถเข้าถึงและส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์ได้โดยผ่านระบบอินเทอร์เน็ต และมีเว็บแอปพลิเคชันที่สามารถเรียกดูข้อมูลได้ทุกเวลา ทุกสถานที่บนหน้าจออุปกรณ์เคลื่อนที่หรือเครื่องคอมพิวเตอร์ ทั้งนี้ระบบได้มีการพัฒนาตามแนวทางเทคโนโลยีอัจฉริยะ โดยการนำความรู้จากผู้เชี่ยวชาญมาสร้างเป็นข้อกำหนดแจ้งเตือนเมื่อคุณภาพน้ำอยู่ในสภาวะความเสี่ยง โดยผลที่ได้จากการพัฒนาระบบนี้ได้ทดสอบความถูกต้องของอุปกรณ์เซ็นเซอร์ที่ใช้ตรวจวัดคุณภาพน้ำ และการใช้ระบบที่สามารถแสดงผลและบันทึกข้อมูลช่วยลดเวลาการทำงานลงร้อยละ 31.64 ต่อเดือน

คำสำคัญ: อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งที่, สมาร์ทฟาร์ม, การติดตามคุณภาพน้ำ, ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

ABSTRACT

This research developed a smart farm system for aquatic pond in area of Kalasin province. The system consists of a water quality measuring device with sensors that can detect temperature, pH and dissolved oxygen attributes in the water. One can switch on/off the water machine using the technology of IoT that can be accessed and transmitted to the device via the internet. And also, there is a web application that one can retrieve data anytime from anywhere either on the mobile's screen or computer's screen. The system was developed according to the intelligent technology guidelines by applying knowledge from experts to create a warning when the water quality is at risk. As the result of this development, the accuracy of the sensing equipment used to measure water quality was tested. Moreover, using a system that can display and collect data help to reduce the work time by 31.64 percent per month

KEYWORDS: Internet of Thing , Smart Farm, Water Quality Monitoring, Management Information System for Aquatic Pond

Kamthorn Sarawan^{1*}, Sarayut Kornwirat¹, Umboon Chareatratchai¹, Ronnachai Sangmuenmao¹, Kasame Chetawan² and Sawipa Ruttanakorn²

¹Lecturer, Department of Computer and Automation Engineering, Faculty of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University

²Lecturer, Department of Fisheries Technology, Faculty of Agricultural Technology, Kalasin University

1. บทนำ

สมาร์ทฟาร์มหรือเกษตรอัจฉริยะ เป็นรูปแบบการบริหารจัดการฟาร์มโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาช่วยตามขั้นตอนกระบวนการต่าง ๆ เช่น การเก็บข้อมูลจากระบบเซ็นเซอร์ การส่งข้อมูลไร้สาย การวิเคราะห์และสนับสนุนการตัดสินใจ การสั่งงานแบบอัตโนมัติ เพื่อใช้แก้ไขปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพด้วยการทำงานแบบอัจฉริยะ เป็นต้น การพัฒนาสมาร์ทฟาร์มอยู่บนพื้นฐานของเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) ที่สามารถประมวลผล เชื่อมต่อ และส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต สำหรับกระบวนการของสมาร์ทฟาร์ม [1] มีขั้นตอนประกอบด้วย 1) การเก็บข้อมูล (Data Collection) 2) การวิเคราะห์ข้อมูล (Analysis) 3) การปฏิบัติการอย่างแม่นยำ (Precision Operation) และ 4) การประเมินประสิทธิภาพ (Evaluation) ซึ่งกระบวนการและเทคโนโลยีที่กล่าวมาข้างต้นจะต้องรวมเข้าด้วยกันเพื่อใช้ในการตัดสินใจ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถตัดสินใจได้ดียิ่งขึ้น นอกจากระบบที่ทำหน้าที่จัดเตรียมข้อมูลแก่ผู้ใช้งาน ปัจจุบันมีงานวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับการเทคโนโลยีสมาร์ทฟาร์มมากขึ้น เช่น [2] ได้พัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System) ที่สามารถให้คำแนะนำและวินิจฉัยได้แบบอัตโนมัติเกี่ยวกับการกำจัดศัตรูพืช ทั้งนี้ นอกจากการเพาะปลูกพืช ยังมีการประยุกต์ใช้ระบบสมาร์ทฟาร์มสำหรับการจัดการการเพาะเลี้ยงสัตว์ ได้แก่ การเพาะเลี้ยงไก่ไข่ [3] และการเพาะเลี้ยงกุ้งขาว [4] เป็นต้น ในการพัฒนาระบบเพื่าระวังจำเป็นจะต้องมีระบบการส่งข้อมูลและเก็บข้อมูลแบบอัตโนมัติ ระบบการส่งข้อมูลมีข้อจำกัดเรื่องระยะทางที่ห่างไกล เนื่องจากฟาร์มทั่วไปตั้งอยู่ห่างจากชุมชน ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาระบบตรวจวัดในรูปแบบเครือข่ายตรวจวัดไร้สายระยะไกล [5,6] การออกแบบโครงข่ายรูปแบบโหนด โดยใช้วิธีการส่งข้อมูลไปยังโหนดกลางก่อนส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์กลาง และการเก็บข้อมูลแบบอัตโนมัตินิยมใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อกับเซ็นเซอร์วัดค่าโดยตรง [3-4, 6] นอกจากการเก็บคุณภาพน้ำในบ่อน้ำซึ่งมีพื้นที่จำกัดระยะทางไม่เกิน 100 เมตร ยังมีงานวิจัยบางเรื่องได้พัฒนาการใช้ระบบเซ็นเซอร์ไร้สายระยะไกลสำหรับการตรวจวัดคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำหนองหาน จังหวัดสกลนคร ซึ่งเป็นแหล่งน้ำขนาดใหญ่ [7]

จากการสำรวจสภาพเศรษฐกิจของจังหวัดกาฬสินธุ์พบว่า [8] ประชากรของจังหวัดมีรายได้เฉลี่ยต่อคน 42,775 บาทต่อปี รายได้ส่วนใหญ่มาจากภาคเกษตร การล่าสัตว์และป่าไม้ รองมาเป็นภาคอุตสาหกรรม ภาคการศึกษา และสาขาค้าปลีกค้าส่ง ตามลำดับ ทั้งนี้การประมงถือเป็นอาชีพทางด้านเกษตรอันดับที่ 3 ของจังหวัดกาฬสินธุ์รองจากการเพาะปลูกและปศุสัตว์ จากข้อมูลการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในจังหวัดกาฬสินธุ์ [9] พบว่าการเพาะเลี้ยงในบ่อมีปริมาณการผลิตผลร้อยละ 86.67 ซึ่งถือว่าเป็นจำนวนมากที่สุด รองลงมาคือการเลี้ยงในกระชังร้อยละ 10.46 และในนาร้อยละ 2.66 ปริมาณและคุณภาพของผลผลิตที่ได้จากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำประกอบด้วยหลากหลายปัจจัย ได้แก่ การเตรียมบ่อ การควบคุมคุณภาพน้ำ คุณภาพของอาหารและการให้อาหาร โรคและการป้องกัน เป็นต้น หนึ่งในปัจจัยที่สำคัญคือการควบคุมคุณภาพน้ำให้เหมาะสมกับการเพาะเลี้ยง ซึ่งน้ำมีคุณสมบัติทางเคมีที่สามารถวัดปัจจัยต่าง ๆ เช่น ความเค็มของน้ำ (Salinity) ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ความเป็นกรด (Acidity) ความกระด้าง (Hardness) ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์อิสระ (Free Carbon dioxide) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen, DO) สารประกอบไนโตรเจน ฟอสฟอรัส (Phosphorus) ปริมาณบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand, BOD) และไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Hydrogen sulfide, H₂S) เป็นต้น ซึ่งต้องใช้ความรู้ วิธีการและเครื่องมือที่วัดแต่ละรูปแบบที่แตกต่าง [10] กระบวนการควบคุมคุณภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีขั้นตอนดังนี้ เริ่มที่การตรวจวัดคุณภาพน้ำ การเก็บน้ำตัวอย่างเพื่อนำไปตรวจในห้องทดลอง หรือการวัดค่าในบ่อเพาะเลี้ยงโดยตรง เก็บและวิเคราะห์ข้อมูล ป้องกันและแก้ไขคุณภาพน้ำ ซึ่งงานในทางปฏิบัติจริงจะต้องใช้

ความรู้ เครื่องมือ และ แรงงานที่ใช้ในการปฏิบัติการเก็บข้อมูล การบันทึกข้อมูลสถิติเป็นฐานข้อมูลในไฟล์คอมพิวเตอร์หรือเอกสารรายงาน การใช้แรงงานปฏิบัติการแก้ไขปัญหา หากการจัดการบริหารงานไม่มีประสิทธิภาพจะเกิดปัญหาเช่น ข้อมูลคลาดเคลื่อน ข้อมูลสถิติสูญหาย และการบริหารงานที่ไม่มีประสิทธิภาพ เป็นต้น ทั้งนี้คุณภาพน้ำมีผลกระทบต่อภาวะแล้งสัตว์น้ำ จากปัญหาปี พ.ศ. 2560 เกี่ยวกับปลาในกระชังในพื้นที่เขื่อนลำปาว จังหวัดกาฬสินธุ์ ช่วงสภาพอากาศเปลี่ยนแปลงในฤดูร้อน พบปลาตายเฉลี่ยวันละ 5-10 ตัน

จากประเด็นปัญหาดังกล่าวเกี่ยวกับการบริหารจัดการคุณภาพน้ำให้มีประสิทธิภาพ มีข้อมูลที่แม่นยำและรวดเร็ว และสามารถปรับคุณภาพน้ำได้แบบทันทีของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจึงมีความสำคัญ งานวิจัยนี้ได้ศึกษาและพัฒนาระบบสมาร์ตฟาร์มสำหรับบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งเป็นการนำเอาระบบเทคโนโลยีสารสนเทศควบคู่กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และเซ็นเซอร์ตรวจวัดคุณภาพน้ำ โดยระบบนี้จะช่วยอำนวยความสะดวกแก่เกษตรกรและทดแทนการใช้แรงงานผู้ดูแลบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ รวมทั้งเป็นการบริหารจัดการบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยข้อมูลที่ถูกต้อง รวดเร็ว และแม่นยำ บนพื้นฐานของเทคโนโลยี

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิชชัย ทองเหลี่ยม และคณะ [11] ได้นำเทคโนโลยีระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำและประมวลผลแบบอัตโนมัติสำหรับกระชังปลาทับทิม โดยการตรวจวัดปริมาณออกซิเจนในน้ำ วัดความเป็นกรดด่าง และวัดอุณหภูมิ ค่าที่ได้จะถูกส่งไปขยาย และปรับแต่งระดับแรงดันที่เหมาะสม จากนั้นส่งค่าต่าง ๆ ไปประมวลผลด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ X86 รุ่น VSX6117 แล้วส่งค่าไปแสดงผลที่ LCD และสั่งให้ไอซี GAL22V10 ควบคุม LED แสดงสถานะของคุณภาพน้ำ งานวิจัยนี้ได้ใช้ทำการเก็บผลการทดลองเป็นระยะเวลา 2 เดือน ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำสามารถตรวจวัดคุณภาพน้ำได้ 3 สถานะคือ สถานะคุณภาพน้ำปกติ สถานะคุณภาพน้ำเฝ้าระวัง และสถานะคุณภาพผิดปกติ แสดงระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำในกระชังปลาทับทิม แบบอัตโนมัติได้ถูกออกแบบไว้ 3 ส่วน คือ เซ็นเซอร์ออกซิเจนในน้ำ เซ็นเซอร์ pH และเซ็นเซอร์อุณหภูมิ ส่งค่าไปประมวลผลด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ แล้วแสดงค่าด้วย LCD และแจ้งเตือนเกษตรกรที่เลี้ยงปลากระชังด้วย LED

เจษฎา อรุณฤกษ์ และคณะ [4] ได้พัฒนาระบบสำหรับการเลี้ยงกุ้งขาวเป็นอุตสาหกรรมเกษตรที่มีความสำคัญประเภทหนึ่ง โดยได้ทำการพัฒนาวิธีการตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาว โดยประยุกต์ใช้อุปกรณ์เซ็นเซอร์วัดค่าคุณภาพน้ำที่จำเป็นร่วมกับการสื่อสารข้อมูลแบบไร้สาย เพื่อบันทึกข้อมูลค่าคุณภาพน้ำ ที่ต้องการควบคุมและมีการแจ้งเตือนไปยังเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งขาว หากค่าควบคุมเกินกว่าค่าที่ตั้งไว้ ผลการทำงานของระบบการตรวจวัดค่าคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องสามารถแจ้งเตือนเป็นสัญญาณไฟและเสียงให้ผู้ดูแลบ่อเลี้ยงกุ้งทราบได้ หน่วยเซ็นเซอร์วัดค่าคุณภาพน้ำแบบเคลื่อนที่ ทำหน้าที่วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง

ศราวดี บุญเกิดรัมย์ [7] ได้นำเทคโนโลยีสื่อสารแบบไร้สายโดยใช้ซิกบี เพื่อพัฒนาระบบการตรวจสอบคุณภาพน้ำ โดยการรับ-ส่งข้อมูลด้วยคลื่นความถี่วิทยุตามมาตรฐานโปรโตคอล IEEE 802.15.4 ย่านความถี่ 2.4GHz โดยใช้บอร์ด อาดูโนควบคุมการทำงานของระบบและโมดูลรับสัญญาณไร้สายแพร่กระจายสัญญาณจากตัวรับรู้อุณหภูมิ อุณหภูมิ และค่าความเป็นกรดด่างของน้ำจากแหล่งน้ำหนองหาน อำเภอเมืองจังหวัดสกลนคร การทดลองวัดระดับน้ำมีค่าความสูง เฉลี่ย 2.89 เมตร ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

0.12 อุณหภูมิของน้ำเฉลี่ย 29.99 °C ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.53 และค่า ความเป็นกรดค่าของน้ำเฉลี่ย 7.01 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.14 ผลการทดลองแสดงให้เห็นระบบการตรวจสอบคุณภาพน้ำโดยใช้ชิปสามารถตรวจวัดค่าต่าง ๆ ได้ และระบบมีการทำงานไม่ซับซ้อนราคาไม่แพง สะดวกและสามารถใช้งาน ได้จริง สอดคล้องกับค่าที่ต้องการตรวจวัด

จากงานวิจัยที่กล่าวถึงได้มีการพัฒนาระบบเพื่อตรวจวัดคุณภาพน้ำสำหรับการเพาะเลี้ยงกุ้งขาวและปลาทับทิม [4, 11] แต่การรายงานข้อมูลของระบบทั้งสองยังไม่สามารถดูข้อมูลออนไลน์ได้ หรืองานวิจัย [7] เป็นการพัฒนาระบบสำหรับการวัดคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติยังไม่ได้มีการประยุกต์ใช้งานจริงกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งงานวิจัยข้างต้นต่างมีจุดเด่นที่ต่างกัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้นำฟังก์ชันการทำงานมาพัฒนา เพื่อได้ให้ระบบที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยประยุกต์ใช้กับบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำสามารถเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำ ส่งข้อมูล ไปจัดเก็บในระบบฐานข้อมูลกลางทำให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูลได้สะดวก มีระบบแสดงผลบนอินเทอร์เน็ตแบบทันที (Real-Time) และสามารถสั่งการเปิดอุปกรณ์เพื่อแก้ปัญหา เช่น เครื่องตีน้ำ เป็นต้น และยังลดการใช้แรงงานของผู้ดูแลฟาร์มได้อีกด้วย

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 ข้อมูลคุณภาพน้ำทางเคมี

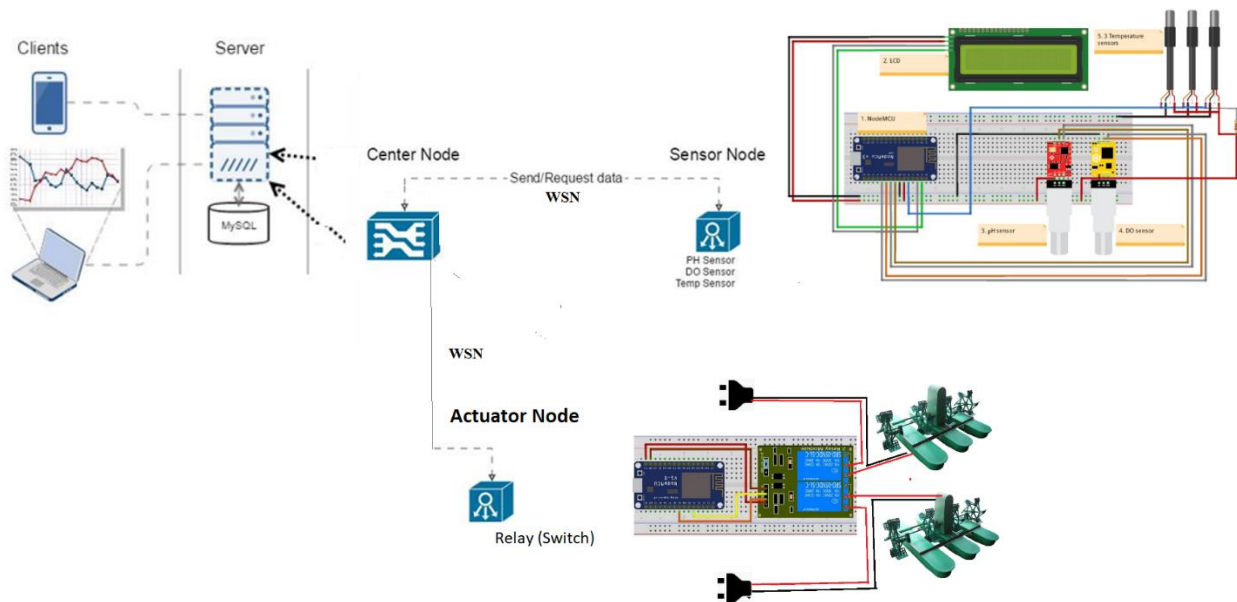
พื้นที่จังหวัดกาฬสินธุ์มีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในบ่อ ได้แก่ กุ้งก้ามกราม ปลานิล ปลาดุกและปลาหมอ เป็นต้น ผลกระทบคุณภาพน้ำต่อปัจจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในบ่อ เนื่องจากกุ้งก้ามกรามเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจของจังหวัดและมีความอ่อนไหวต่อสภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงมากที่สุด ดังนั้น คณะวิจัยจึงได้รวบรวมข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญ สรุปได้ดังตารางที่ 1 แสดงคุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของกุ้งก้ามกราม

ตารางที่ 1 แสดงคุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของกุ้งก้ามกราม

ข้อกำหนดความเหมาะสม	ค่าที่เหมาะสม
1. ค่าอุณหภูมิได้น้ำมีการเปลี่ยนแปลงระหว่างช่วงเวลา 5 นาที	ไม่เกิน 0.5 องศาเซลเซียส
2. ช่วงค่าความเป็นกรดค่าที่เหมาะสม	6.5-9
3. ค่าการละลายออกซิเจนในน้ำ	ไม่น้อยกว่า 5 mg/L

3.2 องค์ประกอบของระบบ

ภาพรวมของระบบดังรูปที่ 1 ประกอบด้วยโหนดศูนย์กลาง (Center Node) ที่มีหน้าที่รับส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเชื่อมต่อโหนดเซ็นเซอร์ (Sensor Node) และโหนดกระทำ (Actuator Node) ผ่านเครือข่ายไร้สาย (Wireless) ข้อมูลที่อ่านจากเซ็นเซอร์และข้อมูลสั่งงานจากผู้ใช้จะถูกเก็บไว้บนเซิร์ฟเวอร์ที่มีระบบฐานข้อมูล MySQL ทั้งนี้ผู้ใช้สามารถเรียกดูข้อมูลจากฐานข้อมูลได้บนอุปกรณ์มือถือ เครื่องคอมพิวเตอร์และแล็ปท็อป อธิบายรายละเอียดเพิ่มเติม ดังนี้



รูปที่ 1 โครงสร้างรวมระบบ

3.2.1 โหนดเซ็นเซอร์ ประกอบด้วยอุปกรณ์ ได้แก่ 1) ตัวประมวลผลกลาง NodeMCU มีหน้าที่อ่านค่าจากเซ็นเซอร์ต่าง ๆ และแสดงผลบนหน้าจอ LCD หน้าจอ LCD ขนาด 16x2 ตัวอักษร เชื่อมต่อกับ ขา D1 และ D2 ของ NodeMCU 2) เซ็นเซอร์ความเป็นกรดด่าง (Atlas pH Sensor) เชื่อมต่อกับ NodeMCU แบบ Serial 3) เซ็นเซอร์การละลายออกซิเจนในน้ำ (Atlas DO Sensor) เชื่อมต่อกับ NodeMCU แบบ Serial และ 4) เซ็นเซอร์อุณหภูมิมีจำนวน 3 ตัว สำหรับการอ่านค่าอุณหภูมิ 3 ระดับน้ำ (DS18B20)

3.2.2 โหนดกระทำ เช่นเดียวกับโหนดเซ็นเซอร์ที่ประกอบด้วย NodeMCU ที่มีหน้าที่ประมวลผลกลาง อ่านสถานะจากรานข้อมูลเพื่อสั่งรีเลย์ 2 ตัว ซึ่งเชื่อมต่อกับเครื่องตีน้ำที่ต้องการสั่งเปิด-ปิด

3.2.3 โหนดศูนย์กลางทำหน้าที่รับส่งข้อมูลระหว่างโหนดเซ็นเซอร์หรือโหนดกระทำ เชื่อมเซิร์ฟเวอร์ผ่านระบบอินเทอร์เน็ต ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ ตัวกระจายสัญญาณไวไฟที่มีขนาดเล็ก สามารถต่อกับอินเทอร์เน็ตโดยใช้ซิมการ์ด

3.2.4 ระบบฐานข้อมูล ระบบฐานข้อมูลมีหน้าที่จัดเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำแต่ละช่วงเวลา รวมถึงข้อมูลสถานะการสั่งเปิด-ปิด สวิตซ์รีเลย์ สถานะคุณภาพน้ำ วันและเวลาที่เก็บ และสถานะของการสั่งการของรีเลย์ 2 ตัว

3.3 การพัฒนาระบบ

จากโครงสร้างระบบรูปที่ 1 คณะผู้วิจัยได้สร้างอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์เป็นเครื่องวัดคุณภาพน้ำ โดยรวมโหนดเซ็นเซอร์ต่าง ๆ เชื่อมต่อระบบเครือข่ายส่งข้อมูล การส่งข้อมูลแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ และพัฒนาระบบเว็บแอปพลิเคชันเพื่อแสดงผลข้อมูลด้วยภาษา HTML JavaScript PHP และ MySQL

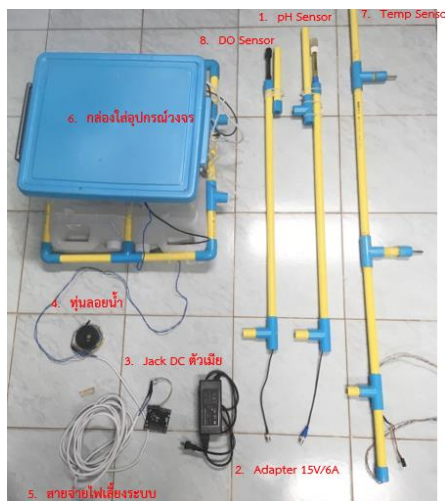
4. ผลการทดลองและอภิปรายผลการวิจัย

การทดลองในงานวิจัยนี้ ประกอบด้วย รายละเอียดผลการพัฒนาระบบ และประสิทธิภาพการใช้งานของระบบโดยวัดจากระยะเวลาในการทำงาน แสดงรายละเอียดตามหัวข้อ ดังนี้

4.1 ผลการพัฒนาระบบ

ระบบนี้ได้ถูกพัฒนาสามารถใช้งาน โดยมีรายละเอียดต่าง ๆ ประกอบด้วย เครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ระบบแสดงผล การจัดเก็บข้อมูล และการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ รายละเอียดของระบบมีดังนี้

4.1.1 เครื่องวัดคุณภาพน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 2 อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบเครื่องคุณภาพน้ำในรูปที่ 2 (ก) ที่ด้านในกล่องบรรจุกล่อง อุปกรณ์โหนด เช่น เซอร์และตัวส่งสัญญาณไวไฟ เพื่อเชื่อมต่อระบบอินเทอร์เน็ตในรูปที่ 2 (ข) สามารถลอยในน้ำด้วยทุ่นลอยและหย่อนเซ็นเซอร์เพื่อวัดคุณภาพน้ำ และลากสายไฟแรงดัน 12 V เป็นอินพุต การติดตั้งระบบลงบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในรูปที่ 2 (ง)



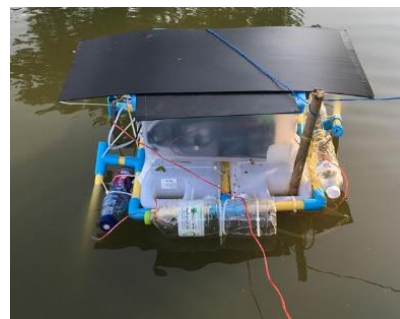
(ก)



(ข)



(ค)

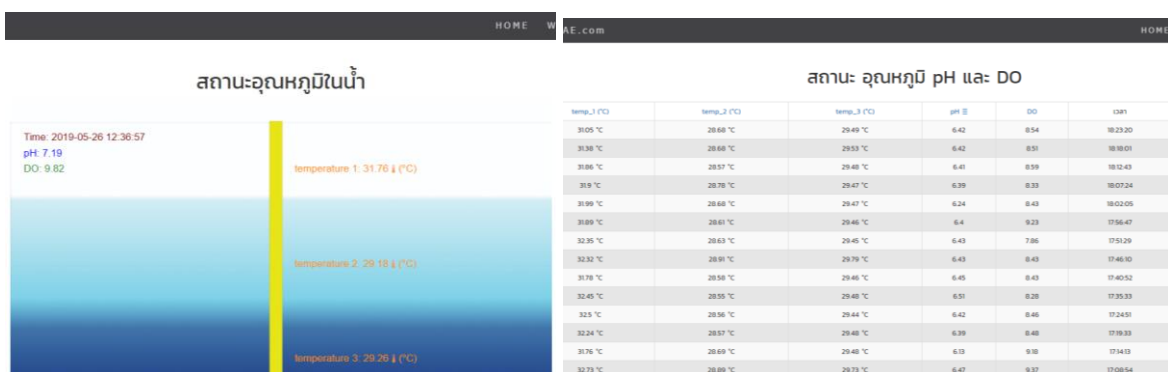


(ง)

รูปที่ 2 (ก) ส่วนประกอบอุปกรณ์ (ข) การประกอบอุปกรณ์ในกล่องทุ่นลอย (ค) แสดงผลบนหน้าจอ LCD ในแผงอุปกรณ์ และ (ง) ทุ่นลอยในบ่อเพาะเลี้ยง

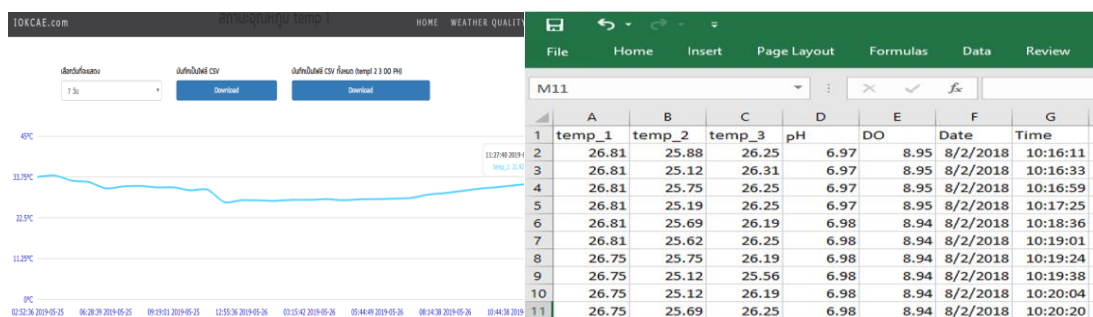
4.1.2 ระบบแสดงผลบนเว็บแอปพลิเคชันแสดงผลข้อมูลระบบคุณภาพน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 3 (ก) แสดงผลสถานะคุณภาพน้ำ ณ เวลาปัจจุบัน แสดงสถานะ อุณหภูมิน้ำสามระดับความลึก ได้แก่ อุณหภูมิผิวน้ำ อุณหภูมิที่ระดับความลึก 50 เซนติเมตรและ อุณหภูมิที่ 1 เมตร พร้อมทั้งค่าความเป็นกรดเป็นด่างและค่าการละลายออกซิเจนในน้ำ แสดงตัวอย่างอุณหภูมิ น้ำ วันที่ 26 พฤษภาคม 2562 เวลา 12.36 นาฬิกา ค่าอุณหภูมิสามระดับ ได้แก่ 31.76 29.18 และ 29.26 องศาเซลเซียส pH และ DO มีค่าเท่ากับ 7.19 และ 9.82 mg/L ตามลำดับ รูปที่ 3 (ข) แสดงผลสถานะคุณภาพน้ำเป็นตาราง แต่ละข้อมูลจะอัปเดตทุกครั้งโดยเฉลี่ยประมาณ 5 นาที ด้านบนคือสถานะคุณภาพน้ำล่าสุดและเวลาก่อนหน้าจากบนลงด้านล่างของตาราง รูปที่ 3 (ค) แสดงผลสถานะเป็นกราฟ คุณภาพน้ำ โดยสามารถเลือกดูกราฟของแต่ละเซ็นเซอร์ และสามารถเลือกดูช่วงเวลาย้อนหลังได้หลายรูปแบบ ได้แก่ 1 วัน 7 วัน 15 วัน 30 วัน และทั้งหมด และระบบการบันทึกคุณภาพน้ำด้วยการดาวน์โหลด สามารถโหลดข้อมูลไฟล์ CSV ดังแสดงในรูปที่ 3 (ง) ของข้อมูลที่แสดงผลปัจจุบัน

4.1.3 การแจ้งเตือนคุณภาพน้ำผ่านแอปพลิเคชันไลน์ เมื่อคุณภาพน้ำในสภาพที่มีความเสี่ยง ซึ่งไม่เป็นตามข้อกำหนดใน ตารางที่ 1 ระบบจะส่งข้อความเข้ามายังกลุ่มในแอปพลิเคชันไลน์ ดังแสดงในรูปที่ 4 (ก) การตั้งอุปกรณ์รีเลย์เพื่อควบคุมการเปิดเครื่องตีน้ำ ผ่านหน้าเว็บแอปพลิเคชันที่ประกอบด้วยสองสวิตช์ดังรูปที่ 4 (ข)



(ก)

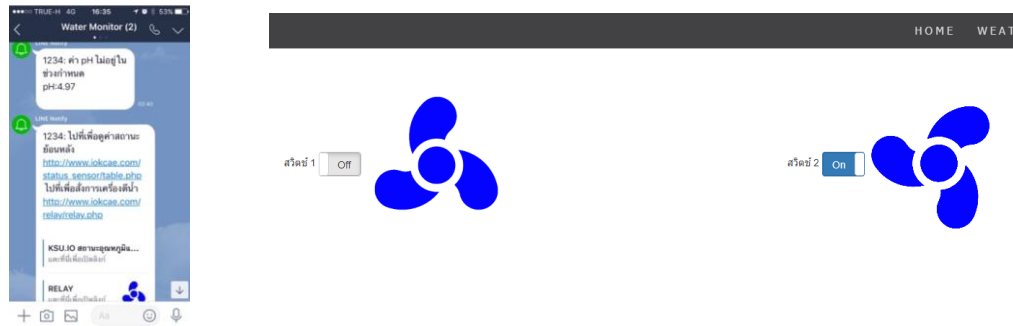
(ข)



(ค)

(ง)

รูปที่ 3 (ก) หน้าจอแสดงกราฟฟิกรูปภาพสถานะ (ข) ตารางแสดงสถานะ (ค) กราฟแสดงสถานะ (ง) ตัวอย่างไฟล์ข้อมูล CSV ที่ดาวน์โหลดจากระบบ



รูปที่ 4 การแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ และหน้าจอสั่งงานเปิด-ปิดสวิตซ์เครื่องตีน้ำ

4.2 ผลการเปรียบเทียบเวลาการปฏิบัติงานการตรวจวัดคุณภาพน้ำ

ผลการทดลองนี้เพื่อหาระยะเวลาการปฏิบัติงานการตรวจวัดคุณภาพน้ำ จากข้อมูลการสำรวจบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ในจังหวัดกาฬสินธุ์ จำนวน 5 บ่อ โดยแบ่งขั้นตอนการตรวจคุณภาพออกเป็น 9 ขั้นตอน แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบเวลาปฏิบัติงานแต่ละขั้นตอนการตรวจวัดคุณภาพน้ำ

ขั้นตอนการทำงาน	เวลาปฏิบัติงาน (นาที)		
	บุคคลากรปฏิบัติงาน (1 ครั้งต่อวัน)	ระบบที่นำเสนอ (1 ครั้งต่อวัน)	ระบบที่นำเสนอ (2 ครั้งต่อวัน)
1. การเดินทางไปกลับแหล่งน้ำ	7.18	7.18	7.18
2. การตักน้ำในบ่อ	0.80	-	-
3. การวัดค่าอุณหภูมิ	1.00	0.01	0.01
4. การวัดค่าความเป็นกรดด่าง	1.00		
5. การวัดค่าการละลายออกซิเจนในน้ำ	1.00		
6. การจดบันทึกลงสมุด	0.50	-	-
7. การจดบันทึกลงเครื่องคอมพิวเตอร์	0.50	0.01	0.01
8. การปรับเซ็นเซอร์วัดค่าความเป็นกรดด่าง	-	1.00	1.00
เวลาปฏิบัติงาน 1 วัน	11.98	8.19	9.19
เวลาปฏิบัติงาน 1 เดือน (30 วัน)	359.4	245.7	335.7
9. การจัดทำรายงานแสดงข้อมูลรายเดือน	10	0.10	0.10
รวมเวลาปฏิบัติงาน 1 เดือน (30 วัน)	369.4	245.80	335.80

จากตารางที่ 2 กรณีที่มีการเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำ 1 ครั้งต่อวัน ระบบที่นำเสนอสามารถลดเวลาการทำงานได้ 113.7 นาทีต่อเดือน คิดเป็นประสิทธิภาพของเวลาปฏิบัติงานลดลงร้อยละ 31.64 แต่กรณีที่เก็บข้อมูลมากกว่าหนึ่งครั้งต่อวัน ระบบสามารถลดเวลาการทำงานได้มากกว่า 473.1 นาที หรือประมาณ 7 ชั่วโมง 53 นาที ต่อเดือน คิดเป็นร้อยละที่มากกว่า 53.1 ขึ้นไป ทั้งนี้เนื่องจากการเก็บคุณภาพน้ำจำนวนหลายครั้งต่อวัน โดยใช้บุคลากรปฏิบัติงาน จะทำให้เสียเวลาการเดินทางไปกลับระหว่างบ่อ ขณะที่ระบบที่นำเสนอจำเป็นต้องเดินทางหนึ่งครั้งต่อวัน เพื่อปรับค่าการอ่านของเซ็นเซอร์ความเป็นกรดค่า

จากผลการพัฒนาระบบหัวข้อที่ 4.1 ระบบแสดงผลในงานวิจัยนี้มีสองรูปแบบ ได้แก่ รูปแบบที่แสดงผลบนหน้าจอ LCD บนชุดควบคุม เช่นเดียวกับที่พบในงานวิจัยของ ธวัชชัย ทองเหลี่ยม และคณะ [11] และพบในงานวิจัยของ เกษฎา อรุณฤกษ์และคณะ [4] ทั้งนี้งานวิจัยนี้ได้เพิ่มรูปแบบการแสดงผลบนเว็บแอปพลิเคชันที่ทำให้สามารถดูข้อมูลผ่านบนทุกอุปกรณ์ที่เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตได้ทุกสถานที่และทุกเวลา ส่วนระบบการบันทึกข้อมูล งานวิจัยทั้งสองก่อนหน้านี้นี้ มีการบันทึกบนหน่วยความจำที่เชื่อมต่อกับชุดควบคุม ซึ่งแตกต่างจากระบบที่ถูกพัฒนาในงานวิจัยนี้ ที่เก็บข้อมูลบนระบบเซิร์ฟเวอร์ เมื่อต้องการวิเคราะห์ข้อมูลสามารถโหลดข้อมูลจากฐานข้อมูลจนถึงปัจจุบันได้ทันที ทำให้ลดเดินทางไปโหลดข้อมูลจากชุดควบคุมโดยตรง และสุดท้ายในส่วนระบบแจ้งเตือนเมื่อสภาพคุณภาพน้ำมีความเสี่ยง งานวิจัยของ ธวัชชัย ทองเหลี่ยม ได้ติดตั้งสถานะไฟ LED ที่ชุดควบคุมเพื่อแสดงสถานะปกติหรือมีความเสี่ยง ขณะที่งานวิจัยของ เกษฎา อรุณฤกษ์และคณะ ได้ติดตั้งสัญญาณเสียงไซเรน เพื่อให้เกษตรกรรับรู้ในระยะไกล ซึ่งงานวิจัยนี้มีความแตกต่างเนื่องจากส่งข้อมูลแจ้งเตือนผ่าน โปรแกรมไลน์ที่สามารถรับรู้ได้เมื่ออยู่ไกลบ่อเพาะเลี้ยง และสามารถสั่งงานเปิดเครื่องสวิตซ์เครื่องดีน้ำผ่านมือถือได้ทันที จากกล่าวมาว่าระบบที่ถูกพัฒนาขึ้นช่วยลดเวลาการปฏิบัติงานจากผลการทดลองที่ 4.2 ลดลงร้อยละ 31.64 จากกระบวนการลดเวลาที่สำคัญได้แก่การบันทึกข้อมูลแต่ละวันและการทำรายงานต่อเดือนคิดร้อยละ 99 ซึ่งเป็นการลดเวลาการปฏิบัติงานและลดแรงงานพร้อมกันด้วย

5. สรุปผล

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบสมาร์ทฟาร์มเพื่อการจัดการบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ศึกษาจังหวัดกาฬสินธุ์ โดยระบบมุ่งเน้นพัฒนาการตรวจวัดคุณภาพน้ำ เนื่องจากคุณภาพน้ำมีความสำคัญเป็นอันดับแรกต่อการดำรงชีวิตและการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ การพัฒนาระบบประกอบด้วย การพัฒนาระบบสารสนเทศที่สามารถทำงานร่วมฮาร์ดแวร์ ที่เป็นอุปกรณ์เซ็นเซอร์ ได้แก่ เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ 3 ระดับความสูงเหนือน้ำและในน้ำ เซ็นเซอร์วัดความเป็นกรดค่า และเซ็นเซอร์วัดการละลายออกซิเจนในน้ำ และมีอุปกรณ์ตัวกระทำสั่งงานรีเลย์เพื่อเปิด-ปิดสวิตซ์ที่เชื่อมต่อกับเครื่องดีน้ำ ทั้งนี้ระบบส่งข้อมูลและสั่งงานผ่านเครือข่ายของระบบอินเทอร์เน็ต ด้วยเทคโนโลยีไอโอที ในส่วนของระบบสารสนเทศพัฒนาเป็นรูปแบบเว็บแอปพลิเคชันที่สามารถแสดงผลและดาวน์โหลดข้อมูลย้อนหลังได้ ทำให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงระบบได้ทุกที่และทุกเวลา ทั้งนี้ระบบได้ประมวลผลเพื่อแจ้งเตือนเกี่ยวกับคุณภาพน้ำผ่านแอปพลิเคชันไลน์ โดยได้นำความรู้จากผู้เชี่ยวชาญแนะนำป้อนลงโปรแกรม ผลที่ได้จากการนำระบบไปใช้แสดงการเปรียบเทียบเวลาการทำงานต่อเดือนที่ลดลงจากเดิมร้อยละ 31.64 กรณีเปรียบเทียบการเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำวันละหนึ่งครั้ง ทั้งนี้ถ้ามีการตรวจวัดจำนวนครั้งต่อวันที่เพิ่มมากขึ้น ประสิทธิภาพจะเพิ่มขึ้นมากกว่าร้อยละ 53.1 นอกจากนี้งานวิจัยนี้ได้ทดลองเพื่อทดสอบคุณภาพของเซ็นเซอร์เพื่อหาประสิทธิภาพความถูกต้อง โดยเฉพาะเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิทั้ง 3 ตัว ได้ใช้วิธีการถดถอยเชิง

เส้นเพื่อลดข้อผิดพลาดให้น้อยลง จากเดิมมีความผิดพลาดอยู่ที่ 2.09 0.53 และ 2.36 ตามลำดับ มีค่าเป็น 0.18 0.06 และ 0.06 ตามลำดับ ขณะที่เซ็นเซอร์ความเป็นกรดต่างและการละลายออกซิเจนได้วัดความคลาดเคลื่อนมีค่าเท่ากับ 0.023 และ 0.012 ตามลำดับ จากการระบบที่พัฒนาขณะวิจัยมีข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการพัฒนาระบบเพิ่มเติมและปัญหาอุปสรรคที่พบ ได้แก่ การเพิ่มรูปแบบเซ็นเซอร์วัดคุณสมบัติทางน้ำอื่น ๆ การวิเคราะห์และศึกษาความคุ้มค่าทางด้านต้นทุนและการเพิ่มประสิทธิภาพ และการออกแบบของระบบให้เป็นอัตโนมัติมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยการสนับสนุนทุนวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติปีงบประมาณ 2561 มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ และความร่วมมือต่าง ๆ ของหลายท่าน ซึ่งให้การสนับสนุนคณะผู้วิจัยตั้งแต่เริ่มต้นงานวิจัยจนเสร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

- [1] J. Manwicha, Smart Farms Technology, *Hatyai Academic Journal*, vol. 14, no. 2, 2016, pp. 201–210.
- [2] B. Mahaman, H. Christopher Passam, A.B. Sideridis, C.P. Yialouris, DIARES-IPM: a diagnostic advisory rule-based expert system for integrated pest management in Solanaceous crop systems, *Agricultural Systems*, 2003, vol. 76, no. 3, pp. 1119–1135.
- [3] N. Jarusombat, *Layer chicken smart farm*, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, 2013.
- [4] J. Arunruerk, S. Jantarat, W. Yaemvachi, Development of a water quality measurement system in whiteleg shrimp pond, *7th National Conference on Information Technology*, 2015.
- [5] S. Plyphan, *Wireless Sensor Network Manager with Real-time and Historical Visualization*, Kasetsart University, 2012.
- [6] Xiuna Zhua, Daoliang Li, Dongxian He, Jianqin Wang, Daokun Ma, Feifei Li. A Remote wireless system for water quality online monitoring in intensive, fish Culture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2010, 71(1), S9-S9.
- [7] S. Boonkirdram, Development of Water Quality Monitoring Wireless Communication System Using Zigbee, *Kasem Bundit Engineering Journal*, Jun. 2017, vol. 7, no. 1, pp. 92–104.
- [8] Kalasin Cooperative Auditing Office, *Annual report*, 2014, Available from: <https://cad.go.th/ewtadmin/ewt/kalasin/download/notice/detail57.pdf> [Access 1 October 2018].
- [9] Kalasin Fisheries, *Aquaculture statistics*, 2017, Available from: <http://www.fisheries.go.th/fpokalasin>. [Access 1 October 2018].
- [10] Boyd, E. Claude, Water quality and pond soil analyses for aquaculture. *Alabama Agricultural Experiment Station*, Auburn University, 1992.
- [11] T. Thawatchai et al, Automatic Water Quality Measurement and Processing for Krachang-Taptim Fish, *6th, ECTI-CARD Proceeding*, 2014.