

ระบบติดตามคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาในกระชังด้วยเทคโนโลยี NB-IoT

โดยใช้ดัชนีวัดทางกายภาพ

พิมรินทร์ คีรินทร์^{1*} เสกสรรค์ ศิวาลัย² อรอุมา พรีมาต³

Received : March 4, 2023

Revised : October 19, 2023

Accepted : November 14, 2023

บทคัดย่อ

ระบบติดตามคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาในกระชังด้วยเทคโนโลยี NB-IoT โดยใช้ดัชนีวัดทางกายภาพการทำงานของระบบใช้แหล่งพลังงานจากแผงโซลาร์เซลล์ขนาดเล็กจ่ายไฟฟ้าไปยังบอร์ด NB-IoT เพื่ออ่านค่าจากเซนเซอร์ตรวจวัดคุณภาพน้ำ จำนวน 6 ค่า ได้แก่ ค่าอุณหภูมิ น้ำ ค่าความเป็นกรดด่าง ค่าออกซิเจนละลายน้ำ ค่าความนำไฟฟ้า ค่าความขุ่นใส และระดับน้ำ การจัดเก็บข้อมูลส่งค่าผ่านระบบ AIS Magellan แสดงผลคุณภาพน้ำผ่านทางเว็บแอปพลิเคชันและสามารถเรียกดูผลย้อนหลัง อีกทั้งยังแจ้งผลการตรวจวัดค่าคุณภาพน้ำประจำวันผ่านทาง LINE Notify ในการประเมินประสิทธิภาพของระบบใช้วิธีการเปรียบเทียบความแตกต่างการตรวจวัดค่าระหว่างระบบที่พัฒนากับผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้ค่าทดสอบความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA) และศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ

ผลจากการวิจัยพบว่า ระบบติดตามคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาในกระชังด้วยเทคโนโลยี NB-IoT โดยใช้ดัชนีวัดทางกายภาพสามารถตรวจวัดและแสดงผลได้ ประเมินประสิทธิภาพของระบบเมื่อเปรียบเทียบค่าความแตกต่าง พบว่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และจากการทดสอบใช้งานจริงพบว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้เป็นแนวทางการประเมินเบื้องต้นได้ ซึ่งมีความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบมีค่าเท่ากับ 4.46 ซึ่งอยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ: คุณภาพน้ำ เลี้ยงปลาในกระชัง อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

¹ อาจารย์ประจำหลักสูตร สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
อีเมล: k.song@psru.ac.th

² อาจารย์ประจำหลักสูตร สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
อีเมล: sakesan@psru.ac.th

³ อาจารย์ประจำหลักสูตร สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
อีเมล: onbee@psru.ac.th

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: k.song@psru.ac.th

SYSTEM FOR MONITORING QUALITY OF FISH FARMING IN CAGES USING PHYSICAL INDICATORS WITH NB-IOT TECHNOLOGY

Phimmarin Keerin^{1*} Sakesan Sivilai² On-Uma Pramote³

Abstract

The purpose of this research was to develop a water quality monitoring system for fish cage farming using NB-IoT technology using physical indicators. This system uses power from a small solar panel to supply electricity to the NB-IoT board to measure values from 6 water quality sensors: Temperature, pH, Conductivity (EC), Dissolved Oxygen (DO), Turbidity and Water Level. This data collection results on the AIS Magellan system to display water quality results in a web application and can view past water quality results. It also notifies the results of daily water quality notifications to Line Notify. Evaluation of the system performance is done by comparing the measurement differences between the developed system and the expert using the one-way ANOVA test and studying the user satisfaction of the system.

The result of the research shows that the developed system can measure and report results. The performance evaluation result showed that the comparison between this system and the expert was not statistically significant at the .05 level and the practical test showed that the developed system could be used as a preliminary evaluation guideline. The satisfaction of the users of the system was equal to 4.46, which was at a high level.

Keywords: Water quality, Fish cage farming, IoT

¹ Department of Computer Science, Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, e-mail: k.song@psru.ac.th

² Department of Computer Science, Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, e-mail: sakesan@psru.ac.th

³ Department of Computer Science, Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, e-mail: onbee@psru.ac.th

* Corresponding author, e-mail: k.song@psru.ac.th

บทนำ

การตรวจวัดคุณภาพน้ำเป็นการติดตามและตรวจสอบคุณภาพน้ำที่มีความสำคัญต่อการเฝ้าระวังสำหรับเกษตรกรเลี้ยงปลาในกระชัง การเลี้ยงปลาในลักษณะพื้นที่ปิดหรือเลี้ยงในกระชัง เป็นอาชีพที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำสำคัญ ๆ ทั่วประเทศ เพราะมีความสำคัญต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตของคนในชุมชนริมน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับวิถีชีวิตในพื้นที่ลุ่มน้ำและสภาพเศรษฐกิจแบบเกษตรกรรมในครัวเรือน ในปี พ.ศ. 2563 ประมงจังหวัดพิษณุโลกให้ข้อมูลว่าเกษตรกรที่ประกอบอาชีพทางด้านการประมงภายในจังหวัดพิษณุโลก มีการเลี้ยงปลาอยู่ในบ่อดินและกระชังในแม่น้ำ ซึ่งการเลี้ยงเชิงพาณิชย์จะเน้นเลี้ยงภายในกระชังเป็นหลัก โดยเกษตรกรผู้เลี้ยงที่ขึ้นทะเบียนทั้งจังหวัด มีอยู่ประมาณ 8,000 กว่าราย (สำนักงานประมงจังหวัดพิษณุโลก, 2564) โดยการเลี้ยงปลาในกระชังส่วนใหญ่ของเกษตรกรได้รับการส่งเสริมให้มีการเลี้ยงแบบพัฒนา คือการเลี้ยงในกระชังแบบหนาแน่นด้วยอาหารสำเร็จรูป เพื่อความสะดวกทางด้านอาหารที่ใช้เลี้ยงได้รับผลตอบแทนที่ดี ใช้ระยะเวลาการเลี้ยงสั้น

การเลี้ยงปลาในกระชังเป็นรูปแบบการเลี้ยงปลาที่ให้ผลผลิตสูงและลงทุนต่ำกว่าการเลี้ยงรูปแบบอื่น ซึ่งทำเลในการเลี้ยงมีหลายประเภท เช่น หนอง บึง ลำคลอง และแม่น้ำ การเลือกทำเลที่เหมาะสมมีส่วนช่วยให้เกิดผลสำเร็จในการเลี้ยงสูง สิ่งสำคัญที่ใช้ในการเลือกทำเล ได้แก่ การถ่ายเทของกระแส น้ำ ลักษณะของพื้น ท้องน้ำและความลึก คุณภาพของน้ำ และความห่างไกลจากสิ่งรบกวน ด้วยเหตุนี้ทำให้ตามลุ่มแม่น้ำสำคัญของประเทศไทย กลายเป็นทำเลที่ได้รับความนิยมต่อการเลี้ยงปลาในกระชังสูงขึ้น การเลี้ยงปลาในแม่น้ำทำให้ทรัพยากรน้ำเป็นสิ่งสำคัญและอาจเกิดปัญหาจากน้ำในแม่น้ำได้ดังนี้ แม่น้ำที่ไหลผ่านชุมชนอาจมีน้ำเสียถูกระบายลงมา หากแม่น้ำไหลผ่านพื้นที่เกษตรกรรม น้ำอาจได้รับการปนเปื้อนจากสารเคมีที่มาจากการฉีดพ่น ยาฆ่าแมลง ซึ่งทั้งสองอย่างส่งผลให้คุณภาพของน้ำอยู่ในระดับเสื่อมโทรม ระดับความลึกของแม่น้ำส่งผลกับการเลี้ยงในแง่การถ่ายเทน้ำเหมือนเป็นการเปลี่ยนถ่ายน้ำ ระดับน้ำในแม่น้ำแบ่งได้ 2 แบบ คือ กรณีน้ำขึ้นสูงหรือช่วงฤดูฝนปริมาณน้ำมาก ปลาอาจหลุดออกจากกระชัง หรือมีปลาในแม่น้ำเข้าไปในกระชังแล้วสร้างความเสียหายต่อปลาที่เลี้ยงอยู่ กรณีน้ำลดในช่วงฤดูร้อน อาจทำให้ปลาตายเพราะขาดน้ำ (นฤมล นาคมี และคณะ, 2560) ซึ่งปัจจุบันผู้เลี้ยงปลาต้องอาศัยข้อมูลระดับน้ำจากหน่วยงานภาครัฐ ที่วัดระดับน้ำจากจุดที่กำหนดไม่ใช่บริเวณเลี้ยงปลาโดยตรง การเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลส่งผลต่อการตายของปลา ได้แก่ ฤดูร้อนเป็นฤดูฝน ปลาตายจากการขาดออกซิเจน (ปลาน็อกน้ำ) ซึ่งเกิดจากอุณหภูมิที่เย็นลง ดังนั้นปัจจัยของน้ำที่ส่งผลต่อปลา คือ อุณหภูมิ น้ำ ความเป็นกรดต่าง ออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ ความขุ่นใส และระดับน้ำ โดยในปัจจุบันผู้เลี้ยงปลาใช้วิธีการสังเกตอาศัยประสบการณ์ของตนเองและข้อมูลจากกลุ่มผู้เลี้ยงด้วยกัน ทั้งนี้การจะทราบคุณภาพน้ำต้องเก็บตัวอย่างและส่งตรวจที่ห้องแล็บซึ่งใช้เวลาพอสมควรกว่าจะทราบผล ทำให้ไม่ทันต่อเหตุการณ์จริงเป็นผลทำให้เกิดความเสียหายแก้ไขไม่ทัน เพื่อการคงผลผลิตในการเลี้ยงปลา จำเป็นต้องตรวจสอบคุณภาพน้ำ

(Mamun et al., 2019) โดยการเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำใช้วิธีการส่งคนออกไปเก็บตัวอย่างน้ำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการซึ่งต้องใช้เวลาและกำลังคน จึงทำให้การเก็บข้อมูลทั้งระยะเวลานานในการกลับไปเก็บตัวอย่างน้ำยังจุดเดิม ซึ่งคุณภาพน้ำอาจเปลี่ยนแปลงไปแล้ว ทำให้การปรับปรุงคุณภาพน้ำต้องเสียเวลา และค่าใช้จ่ายสูง

ในปัจจุบันอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) (Thongleam et al., 2014) ได้นำมาใช้ในสภาพแวดล้อมอันประกอบด้วยสรรพสิ่งที่สามารถสื่อสารและเชื่อมต่อกันได้ผ่านช่องทางการสื่อสารทั้งแบบใช้สายและไร้สาย โดยใช้หลักการเซนเซอร์ขนาดเล็ก ในการรับรู้บริบทของสิ่งแวดล้อมได้ และมีปฏิสัมพันธ์โต้ตอบและทำงานร่วมกันได้ เทคโนโลยีเซนเซอร์มีความก้าวหน้ามากขึ้น มีงานวิจัยเกี่ยวกับการนำเซนเซอร์มาตรวจวัดคุณภาพน้ำและสามารถตรวจวัดคุณสมบัติต่าง ๆ ของสิ่งแวดล้อม เช่น การพัฒนาระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำโดยใช้ IoT เพื่อติดตามคุณภาพน้ำผ่านแอปพลิเคชัน (พรwana รัตนชูโชค, 2562) และระบบติดตามและประเมินคุณภาพน้ำบนพื้นฐาน IoT (จันทนา ปัญญาวราภรณ์ และคณะ, 2564) โดยมีความสามารถในการเก็บข้อมูลร่วมเซนเซอร์แต่ละตัวทำหน้าที่เป็นส่วนหนึ่งของเครือข่ายและสร้างเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายเพื่อสื่อสารและส่งข้อมูลหน่วยร่วมเซนเซอร์และเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายทำงานได้ด้วยตัวเอง

ดังนั้น คณะวิจัยมีแนวคิดประยุกต์เทคโนโลยี NB-IoT มาใช้เพื่อตรวจวัดคุณภาพน้ำสำหรับการเลี้ยงปลาในกระชัง โดยเครื่องมือตรวจวัดคุณภาพน้ำเบื้องต้นตามดัชนีวัดทางกายภาพ หากค่าเบื้องต้นเหล่านี้มีการเปลี่ยนแปลงสามารถแสดงถึงคุณภาพน้ำเบื้องต้นได้ ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดจะส่งเข้าไปในระบบคลาวด์เพื่อบันทึกลงในฐานข้อมูล เพื่อนำมาสร้างระบบสารสนเทศแสดงผลการวัดคุณภาพน้ำในชุมชนให้กับเกษตรกรและประชาชนในพื้นที่ได้ทราบถึงคุณภาพน้ำในชุมชน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบและสร้างอุปกรณ์ต้นแบบสำหรับติดตามและตรวจสอบค่าคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลา
2. เพื่อประเมินประสิทธิภาพของอุปกรณ์และระบบติดตามคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาในกระชัง
3. เพื่อประเมินประสิทธิภาพเปรียบเทียบผลการวัดคุณภาพน้ำที่ได้จากระบบกับผลการวัดคุณภาพน้ำที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ขอบเขตของการวิจัย

1.1 พัฒนาระบบติดตามคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาในกระชังที่มีสภาพแวดล้อมทางกายภาพเขตจังหวัดพิษณุโลก (พันธ์ทิพย์ กล่อมเจ็ก และเดชา นาวานุเคราะห์, 2556) ซึ่งกระชังเลี้ยงที่มีอยู่ในพื้นที่

ประเภทของสัตว์น้ำ ได้แก่ ปลานิล ปลาตะบิม โดยกระชังที่ทดลองอยู่ลำน้ำน่าน บริเวณในการติดตั้งอุปกรณ์อยู่ในกระชังส่วนหน้า

1.2 ตรวจสอบคุณภาพน้ำตามดัชนีทางกายภาพ ได้แก่ ค่าอุณหภูมิ ค่าความเป็นกรดต่าง ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ค่าความขุ่นใส ค่าการนำไฟฟ้า และระดับน้ำ

1.3 ระบบติดตามคุณภาพน้ำและรายละเอียดทั้งปัจจุบันและย้อนหลังเป็นกราฟผ่านทางเว็บไซต์ รวมทั้งแจ้งเตือนผ่านระบบ LINE notify

1.4 ประเมินประสิทธิภาพเปรียบเทียบผลการวัดคุณภาพระบบติดตามคุณภาพน้ำกับผู้เชี่ยวชาญ

2. วิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการสร้างต้นแบบอุปกรณ์ติดตามและตรวจสอบคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาในกระชัง จังหวัดพิษณุโลก โดยสำรวจพื้นที่เลี้ยงปลาในกระชังในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำน่าน โดยเก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้เลี้ยงปลาในประเด็นคุณภาพน้ำ รูปแบบการเลี้ยง และปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้น เพื่อประยุกต์ใช้ระบบติดตามคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาโดยใช้ดัชนีวัดทางกายภาพด้วยเทคโนโลยี IoT ในพื้นที่จังหวัดพิษณุโลก ซึ่งมีขั้นตอน 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) ศึกษาข้อมูลและสำรวจพื้นที่

- ศึกษามาตรฐานคุณภาพน้ำตามประกาศของกรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติและข้อมูลการเลี้ยงปลาในกระชังจากสำนักงานประมงจังหวัดพิษณุโลก

- ศึกษาคุณลักษณะของเครื่องมือที่ใช้ในการวัดคุณภาพน้ำโดยประยุกต์ใช้เซนเซอร์วัดค่าดัชนีทางกายภาพ ได้แก่ ค่าอุณหภูมิ (Temperature) ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ค่าความนำไฟฟ้า (EC) ออกซิเจนละลายในน้ำ (DO) ค่าความขุ่นใส (Turbidity) และ ระดับน้ำ (Water level)

- สำรวจพื้นที่การเลี้ยงปลาในกระชังและรวบรวมข้อมูลจากเกษตรกรผู้เลี้ยงปลาในกระชังในแม่น้ำน่าน อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลกเป็นพื้นที่ทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบในการศึกษาวิจัย โดยเกษตรกรผู้เลี้ยงปลา มีลักษณะพื้นที่เลี้ยงมากกว่า 1,000 ตร.ม. กระชังปลาขนาด 3 x 3 ม.วางเรียงสองแถวต่อเนื่องเป็นแนวยาวตามแนวชายฝั่ง ชนิดปลาที่เลี้ยงมากกว่าร้อยละ 90 เป็นสายพันธุ์ปลาตะบิม โดยให้อาหารชนิดเม็ด วันละ 3-4 ครั้ง



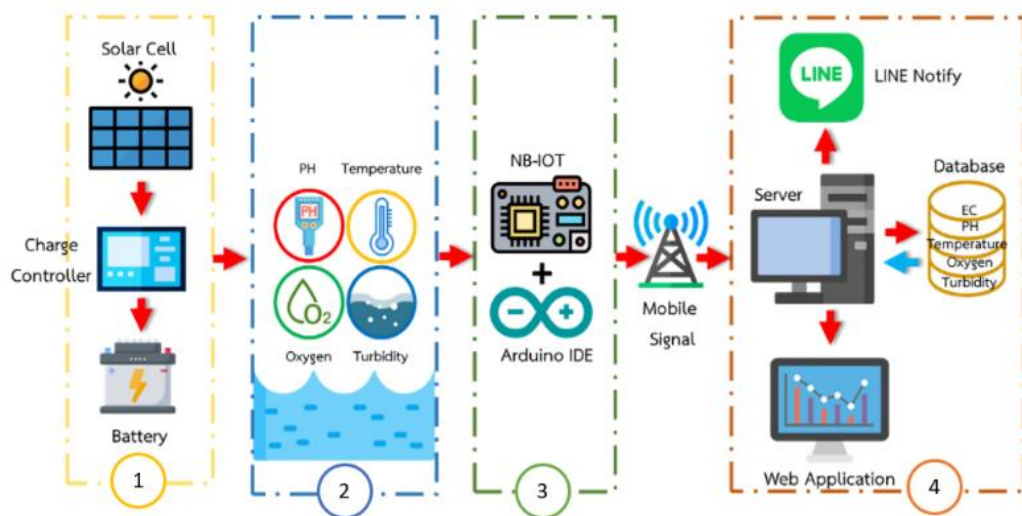
ภาพที่ 1 สำรวจพื้นที่กระชังปลาในลุ่มแม่น้ำ

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของน้ำที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงปลาในกระชัง (กรมควบคุมมลพิษ, 2553)

คุณสมบัติของน้ำที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงปลาในกระชัง	
ค่าอุณหภูมิน้ำ (Temperature)	23 - 32 °C
ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)	6.5 - 8.5
ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO)	ไม่ต่ำกว่า 5.0 mg/L
ค่าความนำไฟฟ้า (EC)	132.6 – 170.1 ms/cm
ค่าความขุ่นใส (Turbidity)	40 - 80 cm
ค่าความสูงของน้ำ (Water Level)	-

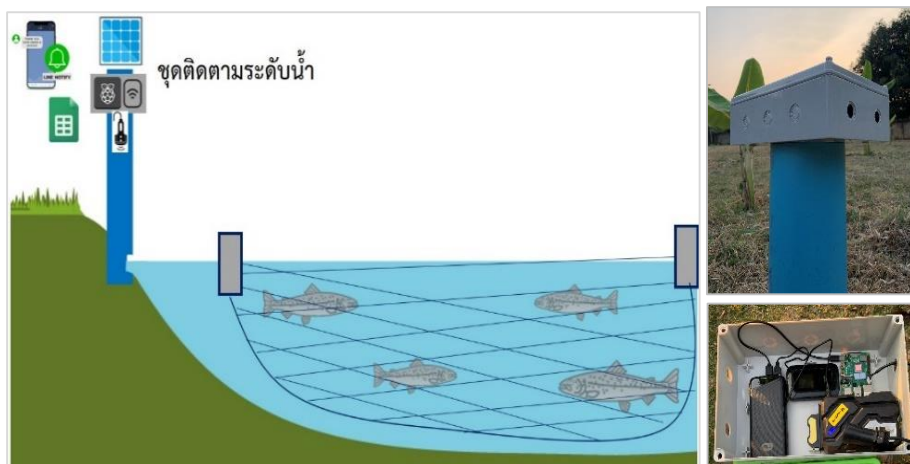
2) ออกแบบและพัฒนาต้นแบบอุปกรณ์

- ออกแบบระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาในกระชังด้วยเทคโนโลยี NB-IoT โดยใช้ดัชนีวัดทางกายภาพ



ภาพที่ 2 ออกแบบระบบติดตามคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาในกระชังโดยดัชนีชี้วัดทางกายภาพ

- ออกแบบระบบติดตามระดับน้ำในการเลี้ยงปลาในกระชัง

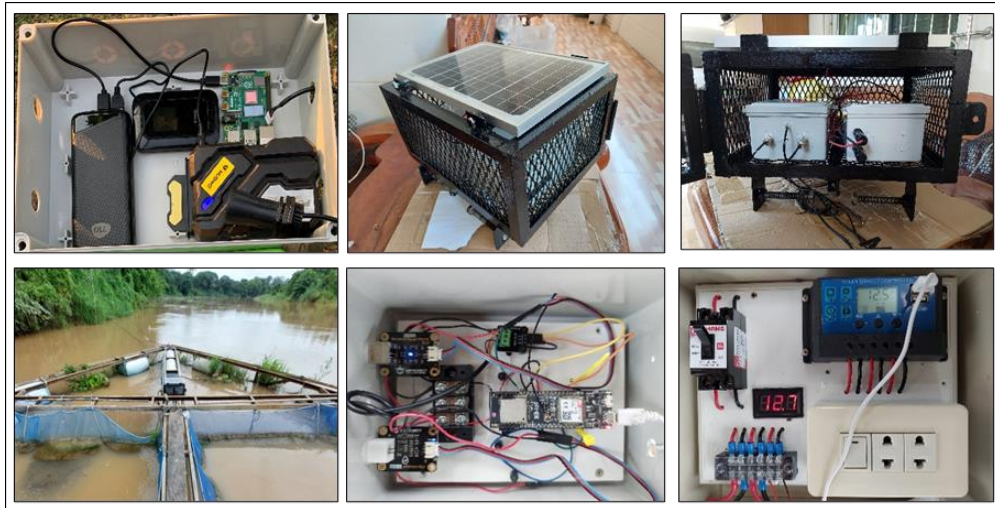


ภาพที่ 3 การออกแบบการพัฒนา ระบบติดตามระดับน้ำ

จากภาพที่ 2-3 งานวิจัยนี้ได้แบ่งอุปกรณ์ต้นแบบ 2 ชิ้น ได้แก่ ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำ และ ระบบติดตามระดับน้ำ โดยรายละเอียดของระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำ มีองค์ประกอบของระบบออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ (1) ส่วนของโซล่าเซลล์สำหรับผลิตพลังงาน ขนาด 20 โวลต์ แล้วส่งผ่าน Charge controller เพื่อจัดเก็บในแบตเตอรี่ (2) ส่วนของเซนเซอร์ตรวจวัดคุณภาพน้ำ (3) บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ DEVIO NB-DECKIT I ในการเชื่อมต่อผ่านระบบเครือข่าย AIS magellan ในการรับส่งข้อมูลจากเซนเซอร์ และ (4) ส่วนระบบแสดงผลคุณภาพน้ำในลักษณะเว็บแอปพลิเคชัน ซึ่งประกอบด้วยฐานข้อมูล Google sheets สำหรับเก็บข้อมูลเขียนโปรแกรมด้วยภาษา PHP และระบบแจ้งเตือนข้อมูลคุณภาพน้ำแบบอัตโนมัติผ่าน LINE notify ในส่วนของระบบติดตามระดับน้ำ มีองค์ประกอบ 2 ส่วน ได้แก่ (1) ส่วนฮาร์ดแวร์ที่มี ท่อ PVC อุปกรณ์จ่ายไฟฟ้าโซล่าเซลล์ พัดลมดูดความร้อน ตัวปล่อยสัญญาณอินเทอร์เน็ทแบบพกพา และบอร์ด Raspberry Pi ร่วมกับเซนเซอร์ Ultrasonic ใช้วัดระดับความสูงของน้ำ (2) ส่วนซอฟต์แวร์ที่ใช้แจ้งรับข้อมูลจากเซนเซอร์และแสดงผลไปยังแอปพลิเคชันที่กำหนด

3) พัฒนาด้านแบบสำหรับระบบติดตามคุณภาพน้ำ

- พัฒนาด้านแบบสำหรับเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาในกระชัง จากภาพที่ 2 คณะผู้วิจัยได้ออกแบบระบบติดตามคุณภาพน้ำ โดยนำเทคโนโลยี Narrow Band Internet of Thing (NB-IoT) ที่รองรับการสื่อสารระยะไกลของอุปกรณ์ IoT มาใช้งานร่วมกับ DEVIO NB-DECKIT I เพื่อเชื่อมต่อกับเซนเซอร์ตรวจวัดค่าคุณภาพน้ำ โดยการวัดเก็บข้อมูลส่งค่าผ่านระบบ AIS magellan และใช้บริการคลาวด์ AIS magellan เพื่อส่งผลไปแสดงที่เว็บได้ โดยใช้แหล่งพลังงานไฟฟ้าจากแผงโซล่าเซลล์ขนาดเล็ก



ภาพที่ 4 ต้นแบบอุปกรณ์สำหรับติดตามคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาในกระชัง

- พัฒนาด้านแบบเครื่องติดตามระดับน้ำ (Water level) โดยใช้บอร์ด Raspberry Pi ร่วมกับเซนเซอร์ Ultrasonic ในการรับข้อมูลระยะทางระหว่างน้ำกับตัวเซนเซอร์ โดยอุปกรณ์การวัดจะถูกตั้งอยู่ด้านบนของท่อ PVC สูง 3 เมตร กว้าง 5 นิ้ว และเจาะรูให้น้ำเข้าตรงด้านล่างของท่อ เซนเซอร์ Ultrasonic จะส่งข้อมูลด้วยระบบเครือข่ายที่ได้จากตัวปล่อยสัญญาณอินเทอร์เน็ตแบบพกพาไปเก็บที่ฐานข้อมูล Google sheets และแจ้งผลผ่านระบบ Line notify เพื่อให้ทำงานได้ต่อเนื่องได้ติดตั้งเครื่องสำรองไฟให้บอร์ดและเซนเซอร์ รวมทั้งใช้พัดลมดูดอากาศเพื่อระบายความร้อนของบอร์ดโดยเชื่อมต่อกับแผงพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ทำงานได้ต่อเนื่อง

4) ประเมินประสิทธิภาพ

ประเมินประสิทธิภาพของเซ็นเซอร์ตรวจวัดคุณภาพน้ำกับผู้เชี่ยวชาญด้วยเครื่องวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ โดยมีการควบคุมปัจจัยต่างๆ ได้แก่ สถานที่ วัน เวลา เดียวกันในระหว่างการตรวจสอบ และได้นำข้อมูลไปทดสอบความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA) เพื่อหานัยสำคัญในการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างผลการวัดคุณภาพน้ำจากเซนเซอร์ในระบบกับผลจากผู้เชี่ยวชาญ

หลังจากการประเมินประสิทธิภาพของระบบ จึงได้นำอุปกรณ์ต้นแบบที่สร้างขึ้นไปทดสอบการใช้งานในสถานที่จริง ใช้ระยะเวลาในการทดสอบประมาณ 3 เดือน ช่วงเดือนพฤษภาคม-กรกฎาคม พ.ศ. 2565 ในพื้นที่ตำบลจอมทอง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก จึงทำการประเมินความพึงพอใจผู้ใช้งานระบบ และคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง จากกลุ่มผู้เลี้ยงปลาในกระชัง จำนวน 30 ท่าน โดยใช้แบบสอบถามเพื่อศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อระบบ 4 ด้าน ได้แก่ ด้านประสิทธิภาพของการทำงานระบบ ด้านประสิทธิภาพการแสดงผลข้อมูล ด้านความง่ายต่อการใช้งาน และด้านการนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ โดยคณะผู้วิจัยได้ใช้แบบสอบถามเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) แบบลิเคิร์ต (Likert scale) ซึ่งใช้เกณฑ์ 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง

น้อย และน้อยที่สุด ในส่วนของการแปลความหมายของคะแนน ใช้สถิติการหาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) เกณฑ์ความหมายค่าคะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การพัฒนาระบบติดตามคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาในกระชังด้วยเทคโนโลยี NB-IoT โดยใช้ดัชนีวัดทางกายภาพ มีผลการวิจัยดังนี้

1) ผลการตรวจสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์เซนเซอร์ในระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำ

ผลการประเมินประสิทธิภาพของเซนเซอร์วัดค่าคุณภาพน้ำและค่าที่ตรวจวัดได้จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 10 ครั้ง ซึ่งมีค่าดัชนีวัดจำนวน 6 ค่า ซึ่งควบคุมปัจจัยด้านวัน เวลาและสถานที่แบบเดียวกัน เมื่อนำค่าคุณภาพน้ำที่ตรวจวัดได้จากทั้ง 2 แหล่งมาวิเคราะห์ โดยใช้ทดสอบความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA) เพื่อหาค่านัยสำคัญในการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างผู้เชี่ยวชาญและเซนเซอร์ตรวจวัดคุณภาพน้ำ

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบเปรียบเทียบผลการวัดคุณภาพน้ำที่ได้จากระบบกับผู้เชี่ยวชาญและความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA) ของเซนเซอร์

Sensor	ผลเปรียบเทียบ	Sig
อุณหภูมิของน้ำ (Temperature)	Lab: 27.35 Sensor: 28.22	.118
ความเป็นกรดต่าง (pH)	Lab: 7.62 Sensor: 7.90	.115
ออกซิเจนละลายน้ำ (DO)	Lab: 6.61 Sensor: 6.17	.891
ความนำไฟฟ้า (EC)	Lab: 168.20 Sensor: 172.90	.542
ความขุ่นใส (Turbidity)	Lab: 53.10 Sensor: 53.71	.099
ระดับน้ำ (Water Level)	Lab: 91.94 Sensor: 91.74	.987

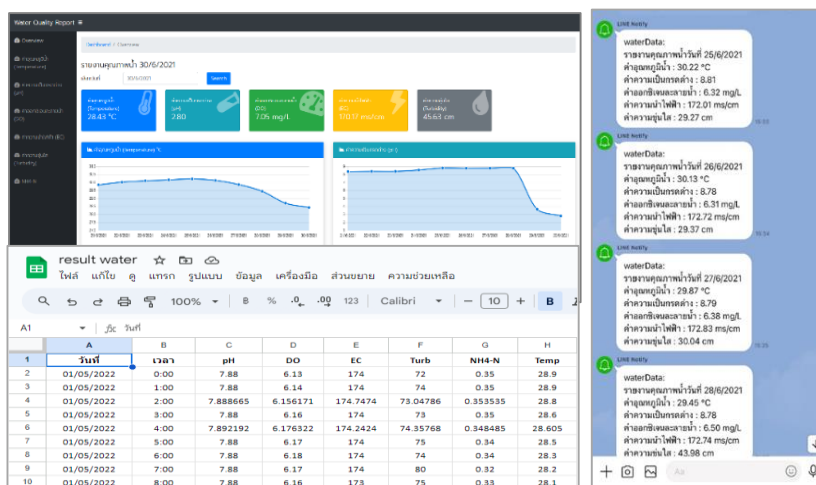
พบว่า การตรวจวัดค่าดัชนีคุณภาพน้ำระหว่างผู้เชี่ยวชาญและเซนเซอร์ในระบบ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่าเซนเซอร์ในระบบการตรวจวัดคุณภาพที่พัฒนาขึ้น สามารถทำงานได้เทียบเท่ากับผู้เชี่ยวชาญ

2) ผลการพัฒนาระบบติดตามคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาในกระชังด้วยเทคโนโลยี NB-IoT

ผลการพัฒนาระบบติดตามคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาในกระชังด้วยเทคโนโลยี NB-IoT สามารถส่งข้อมูลคุณภาพน้ำจากเซนเซอร์ในระบบได้ ในทุก ๆ 1 ชั่วโมง รวมทั้ง วัน เวลา เพื่อจัดเก็บในฐานข้อมูลที่กำหนดไว้ได้ โดยผ่าน AIS magellan แล้วรายงานผลภาพผ่านเว็บแอปพลิเคชันและแจ้งเตือนผ่าน LINE notify ซึ่งในการติดตั้งการใช้งานระบบได้นาระบบโซล่าเซลล์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าให้กับระบบ ในส่วนอุปกรณ์ติดตามระดับน้ำติดตั้งที่ตลิ่งแม่น้ำเพื่อตรวจสอบความสูงจากตลิ่งกับระดับน้ำ เพราะความสูงของตลิ่งกับกระชังปลามีความสูงค่อนข้างมาก ในช่วงน้ำล้น เมื่อได้ค่าวัดระยะระหว่างตลิ่งและระดับน้ำจากเซนเซอร์ ค่าจะถูกจัดเก็บไว้ที่ Google sheets และรายงานผลทาง LINE notify เช่นกัน ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ติดตั้งอุปกรณ์สำหรับตรวจวัดคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาในกระชัง



ภาพที่ 6 รายงานผลผ่านเว็บแอปพลิเคชัน, Google sheets และแจ้งเตือนผ่าน LINE notify

จากภาพที่ 6 เป็นการแสดงผลรายงานหน้าเว็บแอปพลิเคชัน ในส่วนรายงานผลติดตามคุณภาพน้ำรายวันตามเวลาจริงจากฐานข้อมูล Google sheets และสามารถดูผลย้อนหลังได้จากกราฟที่ปรากฏในหน้าจอ หรือสามารถเลือกช่วงเวลาที่ต้องการได้ และเพื่อให้เกิดความสะดวกในการดูข้อมูลคุณภาพน้ำ เกษตรกรผู้เลี้ยงปลาสามารถเข้ากลุ่มเพื่อรับข้อมูลการแจ้งเตือนไปยังโทรศัพท์มือถือได้ทันทีผ่านแอปพลิเคชันไลน์ (LINE) ซึ่งแจ้งเตือนได้ทุก ๆ 1 ชั่วโมง

3) ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ

ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบติดตามคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาในกระชังด้วยเทคโนโลยี NB-IoT โดยใช้ดัชนีวัดทางกายภาพ จำนวน 30 คน ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ด้าน คือ (1) ด้านความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ได้จากระบบ (2) ด้านประสิทธิภาพของระบบ (3) ด้านความง่ายต่อการใช้ระบบ และ (4) ด้านความปลอดภัยของข้อมูลของระบบ ซึ่งผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 3 ดังนี้

ตารางที่ 3 ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ

ลำดับ	ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
1	ด้านความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ได้จากระบบ	4.53	0.62	มากที่สุด
2	ด้านประสิทธิภาพของระบบ	4.46	0.63	มาก
3	ด้านความง่ายต่อการใช้ระบบ	4.56	0.63	มากที่สุด
4	ด้านความปลอดภัยของข้อมูลของระบบ	4.32	0.70	มาก
เฉลี่ยรวม		4.46	0.65	มาก

จากตารางที่ 3 พบว่า ด้านความง่ายต่อการใช้งานระบบมีค่าเท่ากับ 4.56 ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุด ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.63 ความพึงพอใจด้านความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ได้รับจากระบบ เท่ากับ 4.46 อยู่ในระดับมากที่สุด ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.62 ความพึงพอใจด้านประสิทธิภาพของระบบ เท่ากับ 4.46 ซึ่งอยู่ในระดับมาก ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.63 และความพึงพอใจด้านความปลอดภัยของข้อมูลของระบบ เท่ากับ 4.32 ซึ่งอยู่ในระดับมาก ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.70 จึงสรุปได้ว่าผู้ใช้งานระบบติดตามคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาในกระชังด้วยเทคโนโลยี NB-IoT โดยใช้ดัชนีวัดทางกายภาพ มีความพึงพอใจต่อระบบในระดับมาก 4.46 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.65

สรุป

การออกแบบและสร้างอุปกรณ์ต้นแบบสำหรับติดตามและตรวจสอบค่าคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาในกระชังด้วยเทคโนโลยี NB-IoT โดยใช้ดัชนีวัดทางกายภาพ และมีเซนเซอร์สำหรับตรวจวัดคุณภาพน้ำ ทั้งหมด 6 ค่าได้แก่ ค่าอุณหภูมิ (Temperature) ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ค่าความนำไฟฟ้า (EC) ออกซิเจนละลายในน้ำ (DO) และค่าความขุ่นใส (Turbidity) และระดับน้ำ (Water level) โดยก่อนนำไปใช้งานได้มีการทดสอบเปรียบเทียบกับผู้เชี่ยวชาญ จากการทดสอบพบว่า ผลจากเซนเซอร์ในระบบและผู้เชี่ยวชาญ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่าเซนเซอร์ในระบบการตรวจวัดคุณภาพที่พัฒนาขึ้น สามารถทำงานได้เทียบเท่ากับผู้เชี่ยวชาญ เมื่อติดตั้งอุปกรณ์และทดสอบระบบสามารถตรวจวัดค่าคุณภาพน้ำและส่งข้อมูลไปยังฐานข้อมูลแบบอัตโนมัติได้ตามระยะเวลาที่ได้กำหนดไว้และสามารถรายงานข้อมูลตามเวลาจริงหรือย้อนหลังได้ผ่านทางเว็บแอปพลิเคชันได้ พร้อมทั้งแจ้งผลการตรวจวัดผ่านระบบ LINE notify ไปยังกลุ่มผู้ใช้งานได้ ทำให้สามารถหาแนวทางป้องกัน กรณีที่อาจเกิดผลกระทบต่อปลาในกระชัง เช่น อุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงกะทันหัน ระดับน้ำเปลี่ยนแปลงมากจากการเปิด-ปิดน้ำจากเขื่อน ทำให้เกษตรกรสามารถงดให้อาหารปลาเพื่อลดการตายของปลาที่ขึ้นมากินอาหารได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (ชิตชัย แก้วตาและคณะ, 2561), (สาธิต บ้านใหม่ และคณะ, 2565) และงานวิจัยของ (พรวนา รัตนชูโชค, 2562) ที่ได้นำเครื่องมือวัดคุณภาพน้ำโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเซนเซอร์ในการตรวจวัดค่าคุณภาพน้ำและรายงานผลผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต อีกทั้งผลการนำเทคโนโลยี NB-IoT มาใช้ในการส่งสัญญาณข้อมูลสอดคล้องกับงานวิจัยของ (จิรเดช ศรีพรงาม, 2563) ซึ่งได้นำระบบ NB-IoT มาประยุกต์ใช้งานในการส่งสัญญาณผ่านระบบ AIS magellan และสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Mamun et al., 2019; Thongleam, 2014) ในการติดตามคุณภาพน้ำตามตัวชี้วัดทางกายภาพที่ส่งผลกระทบต่อการใช้สิ่งแวดล้อมมาใช้เพื่อเป็นแนวทางในการป้องกันเหตุที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งหลังจากการติดตั้งระบบติดตามคุณภาพน้ำสำหรับการเลี้ยงปลาในกระชัง ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อระบบในระดับมาก

ข้อเสนอแนะ

จากการทดสอบการใช้งานระบบติดตามคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาในกระชัง หากอยู่ในช่วงฤดูฝนหรือปริมาณน้ำขึ้นสูงจะส่งต่อการอ่านค่าของเซนเซอร์ไม่ต่อเนื่อง จำเป็นต้องปิด-เปิดเครื่องใหม่และทำความสะอาดเซนเซอร์บ่อยครั้งกว่าช่วงเวลาปกติ และหากสภาพอากาศปิด เช่น ฝนตกติดต่อกันหลายวัน ส่งผลทำให้ระบบโซลาร์เซลล์ไม่สามารถเก็บพลังงานได้เพียงพอต่อการใช้งานของระบบได้ รวมทั้งการเลือกใช้เซนเซอร์ตรวจวัดระยะให้มีช่วงวัดได้มากขึ้น เพราะความสูงของตลิ่งแม่น้ำมีความสูงค่อนข้างมากในช่วงฤดูร้อน หรือเพิ่มเซนเซอร์วัดความเร็วของกระแสน้ำ เพื่อช่วยทำนายความสูงของน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ จังหวัดพิษณุโลกที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้ และผู้วิจัยขอขอบคุณ รศ.ดร. สุขสมาน สังโยคะ ที่สนับสนุนในการทำผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำ จากห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม และ ขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญที่ให้คำปรึกษา เสนอแนวคิด คำแนะนำจนสำเร็จด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. (2553). **คู่มือการเลี้ยงปลาในกระชังที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม**. กรมควบคุมมลพิษ, กรุงเทพฯ.
- ชัดชัย แก้วตา, ชัชวาล ชันติเคนชาติ, และยุทธศักดิ์ ทองแสน. (2561). การพัฒนาระบบสมองกลฝังตัวเพื่อตรวจวัดคุณภาพน้ำผ่าน ระบบเครือข่ายระยะไกลแบบอัตโนมัติ. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี**, 30(3), 73-89.
- จิรเดช ศรีพรงาม, สุธีรา พึ่งสวัสดิ์, ณัฐพร นันทจิระพงศ์, และศิลา เต็มศิริฤกษ์กุล. (2563). แพลตฟอร์มการส่งสัญญาณขอความช่วยเหลือภายในโดยใช้เทคโนโลยี Narrowband-Internet of Thing (NB-IoT). **ว.วิทย์. เทคโนโลยี. หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ**, 6(1), 27-37.
- จันทนา ปัญญารารากรณ์, อีระพัฒน์ หายเคราะห์, ณัฐพล นิจชิน, และสวัญ กิจพาณิชย์เจริญ. (2564). ระบบติดตามและประเมิน คุณภาพน้ำบนพื้นฐาน IoT. **วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม: เทปสตรี I-TECH**, 16(2), 87-96.
- นฤมล นาคมี, อาริระ ภัคมาตร์, พิสิษฐ์ ศรีกัลยานิวัต, เดชา งานนิกุลสิน, อนุภาพ ทิพย์นพคุณ, และสุขสมาน สังโยคะ. (2560). ผลกระทบจากการเลี้ยงปลาในกระชังต่อคุณภาพน้ำในลำน้ำน่าน จังหวัดพิษณุโลก. **Life Sciences and Environment Journal**, 12(2), 18-31.
- พรwana รัตนชูโชค. (2562). การพัฒนาระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำโดยใช้ IoT เพื่อติดตามคุณภาพน้ำผ่านแอปพลิเคชัน. **วารสารศรีประทุมปริทัศน์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, 11, 78-92.
- พันธ์ทิพย์ กล่อมแจ็ก และเดชา นาวานุเคราะห์. (2556). คุณภาพน้ำบริเวณพื้นที่เลี้ยงปลากระชังในแม่น้ำน่าน จังหวัดพิษณุโลก. **แก่นเกษตร**, 41(4), 445-456.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2545). **การวิจัยเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์นพินิตา
- สาธิต บ้านใหม่, อุบลรัตน์ ศิริสุขโกศา, และ ไพศาล สิมาลาเตา. (2565). การพัฒนาต้นแบบระบบแจ้งเตือนระดับน้ำในแหล่งน้ำบน แผนที่ภูมิศาสตร์ร่วมกับอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง. การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 14 มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม, วันที่ 7 – 8 กรกฎาคม 2565 รูปแบบออนไลน์. 841-851.

สำนักงานประมงจังหวัดพิษณุโลก. (2564). การขึ้นทะเบียนผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและผู้ประกอบการด้านการ
ประมง. สืบค้นจาก <https://www4.fisheries.go.th/fpo-phitsanulok>

Thongleam, T., Cheunta, W., Dinsakul, H., & Charernpun, B. (2014). **Automatic Water
Quality Measurement and Processing for Krachang-Taptim Fish**. ECTI-CARD
Processings 2014, 21-23 May 2014 at Rajamangala University of Technology Lanna
Chiang Mai, 1-4.

Mamun, K. A., F. R. Islam, R. Haque, M. G. M. Khan, A. N. Prasad, H. Haqva, R. R. Mudliar., & F.
S. Mani. (2019). Smart Water Quality Monitoring System Design and KPIs Analysis:
Case Sites of Fiji Surface Water. **Sustainability**, 11(24), 7110.