

การพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำผ่านระบบ IoT บริเวณบ่อน้ำพุ
ศูนย์ประชุมและแสดงศิลปวัฒนธรรมล้านนาตะวันออกและกลุ่มประเทศ GMS
Developing an application to monitor water quality through an IoT system
in the fountain area of the East Lanna and GMS countries
Convention, Arts and Cultural Exhibition Center

ประจักษ์ วันดี*¹, กุลวลัญช์ วรณสิน², นันทวรรณ อ่ำเอี่ยม¹

Prachak Wandee¹, Kulwarun Warunsin², Nanthawan Am-Eam¹

¹สาขาการจัดการวิศวกรรมและเทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

²สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

*Corresponding Author E-mail: prachak.w@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาแอปพลิเคชันบนระบบ Internet of Things (IoT) เพื่อตรวจสอบและแจ้งเตือนคุณภาพน้ำ ในบ่อน้ำพุ ณ ศูนย์ประชุมและแสดงศิลปวัฒนธรรมล้านนาตะวันออกและกลุ่มประเทศ GMS โดยบ่อน้ำพุดังกล่าวถูกสร้างขึ้นเพื่อการกักเก็บและใช้งานด้านการเกษตรและการอุปโภคบริโภคอย่างยั่งยืน แต่บ่อน้ำพุกลับประสบปัญหาคุณภาพน้ำเสื่อมโทรมส่งผลให้น้ำเน่าเสีย ไม่สามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ และส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ ปัญหาดังกล่าวเกิดจากการขาดระบบบริหารจัดการน้ำที่มีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการตรวจสอบคุณภาพน้ำทำได้เพียงตามตารางเวลาที่กำหนด ทำให้ไม่สามารถรับมือกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพน้ำที่เกิดขึ้นอย่างฉับพลันได้ ด้วยเหตุนี้งานวิจัยนี้จึงมุ่งพัฒนาระบบ IoT เพื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำในบ่อน้ำพุอย่างต่อเนื่องและแม่นยำ โดยระบบประกอบด้วยเซนเซอร์วัดค่าพารามิเตอร์สำคัญ ได้แก่ ค่า pH, อุณหภูมิ, ความขุ่น และระดับน้ำ ที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายไร้สายไปประมวลผลและแสดงผลบนแอปพลิเคชันแบบเรียลไทม์ พร้อมพีเจอาร์การแจ้งเตือนทันทีเมื่อค่าพารามิเตอร์ใด ๆ เกินค่ามาตรฐานที่กำหนด ซึ่งจะช่วยให้ผู้ดูแลระบบสามารถตอบสนองต่อปัญหาได้อย่างทันท่วงที ผลการวิจัยพบว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถตรวจสอบคุณภาพน้ำได้อย่างแม่นยำและต่อเนื่อง โดยแสดงผลแบบเรียลไทม์ผ่านแอปพลิเคชัน และมีฟังก์ชันแจ้งเตือนเมื่อค่าคุณภาพน้ำเกินเกณฑ์มาตรฐาน ที่กรมประมงกำหนด (กมลพร ทองอุไทย และสุปราณี ชินบุตร, 2564) ช่วยให้ผู้ดูแลระบบสามารถตอบสนองและแก้ไขปัญหาได้อย่างทันท่วงทีจริง นอกจากนี้ระบบยังสามารถเก็บข้อมูลย้อนหลังและวิเคราะห์แนวโน้มคุณภาพน้ำ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนบำรุงรักษาในระยะยาว การใช้ระบบ IoT ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการทรัพยากรน้ำลดภาระงานของเจ้าหน้าที่ และเพิ่มความแม่นยำในการตรวจวัด ผลจากการประเมินประสิทธิภาพของระบบจากผู้ใช้งานภายในกองช่าง องค์การบริหารส่วนจังหวัดแพร่ จำนวน 35 คน โดยมีเกณฑ์การประเมิน 5 ระดับ พบว่าค่าเฉลี่ยผลสำรวจการใช้งานแอปพลิเคชันและผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานแอปพลิเคชัน มีค่าเฉลี่ยที่ 4.46 ส่วนการใช้งานระบบแสดงผลบน Dashboard มีค่าเฉลี่ยที่ 4.52 ซึ่งค่าเฉลี่ยที่ได้ทั้งสองค่านี้ แสดงให้เห็นถึงความพึงพอใจในระดับมากที่สุด และการวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนมากช่วยเพิ่มประสิทธิภาพระบบ โดยเฉพาะด้านความเร็ว ความแม่นยำ และความสามารถในการทำนายคุณภาพน้ำในอนาคต ซึ่งสามารถนำผลลัพธ์ไปเปรียบเทียบกับก่อนและหลังการปรับปรุงระบบได้ สามารถสรุปได้ว่าการพัฒนาระบบนี้ประสบผลสำเร็จในการแสดงผลค่าคุณภาพของน้ำและแสดงผลการ ให้ข้อมูลแก่ผู้ใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ : IoT; การแจ้งเตือน; คุณภาพน้ำ; การจัดการทรัพยากรน้ำ; GMS

Abstract

This research focuses on the developing an application to notify water quality through an IoT system in the fountain area of the East Lanna and GMS countries Convention, Arts and Cultural Exhibition Center. The fountain was built and served as an essential water source for sustainable agricultural and domestic use. However, the ponds have been facing water quality degradation, causing the water to deteriorate, rendering it unusable for its intended purposes, and adversely affecting aquatic life. This issue caused by a lack of an effective management system, especially in terms of water quality monitoring, which is only conducted periodically. This approach fails to promptly address sudden changes in water quality. To address this issue, this research aims to develop an IoT system that continuously and accurately monitors the water quality in the fountain ponds. The system includes sensors to measure key parameters, including pH, temperature, turbidity, and water level. These sensors are controlled by an ESP32 microcontroller, which transmits data over a wireless network for real-time processing and display on an application. Additionally, the system provides immediate alerts when any parameters exceed the standard threshold, enabling administrators to respond to issues promptly. The research results indicated that the developed system could accurately and continuously monitor water quality, display real-time data through the application, and provide alert notifications when water quality parameters have exceeded the standard levels. This enabled administrators to respond and address issues promptly. Moreover, the system could store historical data and analyze water quality trends, supporting long-term maintenance planning. The use of the IoT system enhances water resource management efficiency, reduces personnel workload, and improves measurement accuracy. An evaluation of the system's performance was conducted with 35 users from the Engineering Department of Phrae Provincial Administrative Organization using a five-point evaluation scale. The average satisfaction score for using the application was 4.46, while the dashboard display received an average score of 4.52. Moreover, analyzing large amounts of data can significantly enhance system performance, particularly in terms of speed, accuracy, and the ability to predict future water quality. The results can be compared before and after system improvements. These averages indicated the highest level of satisfaction, demonstrating that the system successfully provides efficient water quality monitoring and information display for users.

Keywords : IoT; application; monitoring; water quality; water resource management; GMS

บทนำ

แหล่งน้ำเป็นทรัพยากรที่สำคัญยิ่งต่อชีวิต ทั้งในด้านการอุปโภคบริโภค การเกษตร อุตสาหกรรม และระบบนิเวศ ดังนั้นการรักษาคุณภาพน้ำให้สะอาดและเหมาะสมต่อการใช้งานจึงเป็นสิ่งจำเป็น อย่างไรก็ตามปัญหาคุณภาพน้ำเสื่อมโทรมเป็นปัญหาสำคัญทั่วโลก โดยปัจจุบันพบว่าประชากรกว่า 2 พันล้านคนทั่วโลกกำลังขาดแคลนน้ำสะอาด และ 80% ของน้ำเสียถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติโดยไม่ผ่านการบำบัด (WHO/UNICEF, 2021) ในประเทศไทยเองก็พบว่าแหล่งน้ำผิวดินทั่วประเทศมีคุณภาพเสื่อมโทรมถึง 34% (กรมควบคุมมลพิษ, 2563) รวมถึงบ่อน้ำพุ ณ ศูนย์ประชุมและแสดงศิลปวัฒนธรรมล้านนาตะวันออกและกลุ่มประเทศ GMS จังหวัดแพร่ ก็ประสบปัญหาคุณภาพน้ำเช่นกัน โดยบ่อน้ำพุ ณ ศูนย์ประชุมและแสดงศิลปวัฒนธรรมล้านนาตะวันออกและกลุ่มประเทศ GMS ซึ่งตั้งอยู่ในบริเวณกองช่างองค์การบริหารส่วนจังหวัดแพร่ บ้านกอเปา ตำบลทุ่งไธ้ง อำเภอเมืองแพร่ จังหวัดแพร่ ถูกสร้างขึ้นในปี 2555-2556 มีขนาดกว้าง 30.48 เมตร ลึก 2 เมตร เพื่อการเกษตรและอุปโภค โดยเปิดใช้งานในปี 2558 สำหรับรองรับประชาคมอาเซียน (องค์การบริหารส่วนจังหวัดแพร่, 2567) ภายในบ่อน้ำพุ ฯ มีสัตว์น้ำหลากหลายชนิด เช่น ปลาตุ๋น ปลาช่อน ปลาน้ำ ปลาไน ปลาตะเพียน และเต่า มีเจ้าหน้าที่ดูแล 35 คน แบ่งเป็นผู้ตรวจสอบคุณภาพน้ำ 18 คน ด้านการบำรุงรักษา

บ่อน้ำพุ ๆ ด้วยการล้างบ่อใช้เวลาทั้งสิ้น 12 วัน แบ่งเป็นการสูบน้ำ การตากบ่อ การโรยปูนขาว และเติมน้ำอย่างละ 3 วัน โดยใช้เครื่องสูบน้ำ 3 เครื่อง เติมน้ำมันเชื้อเพลิงเครื่องละ 10 ลิตร ที่ผ่านมามีการจัดกิจกรรมหลากหลายรอบบริเวณบ่อน้ำพุ ๆ เช่น งานแสดงศิลปวัฒนธรรม งานประชุมสัมมนา งานเทศกาลอาหาร งานกาชาด งานส่งเสริมการท่องเที่ยว มหกรรมจัดหางาน งานบริจาคโลหิต และงานรัฐพิธีต่าง ๆ จากการจดบันทึกข้อมูลการตรวจวัดคุณภาพน้ำของบ่อน้ำพุ ๆ รายวันด้วยลายมือ เป็นระยะเวลา 6 เดือนที่ผ่านมา (1 มกราคม 2567 – 30 มิถุนายน 2567) ประกอบด้วย ค่าอุณหภูมิ ความขุ่น ระดับความสูงของน้ำ และกลิ่น ทำให้สามารถสรุปปัญหาที่ต้องทำให้ปรับปรุงคุณภาพน้ำของบ่อน้ำพุ ๆ ในช่วง 6 เดือน พบว่ามีจำนวนทั้งหมด 8 ครั้ง โดยแบ่งปัญหาเป็น 3 สาเหตุด้วยกันคือ 1) ปัญหาที่เกิดจากการจัดกิจกรรมรอบน้ำพุ 2 ครั้ง (25.0%) มีการจัดงานวันเด็กในเดือนมกราคม และการใช้พื้นที่บริเวณรอบน้ำพุ ๆ เป็นที่พักอาศัยชั่วคราวของแรงงานประมาณ 200 คน ทำให้เกิดผลกระทบกับบ่อน้ำพุ เช่น การทิ้งขยะ น้ำทิ้งจากการทำความสะอาด เช่น น้ำล้างจาน เป็นต้น 2) ปัญหาจากความผิดพลาดของเจ้าหน้าที่ 2 ครั้ง (25.0%) ผู้ดูแลเติมน้ำเข้าบ่อน้ำพุที่วางแผนไว้ทุกวันจันทร์ ปัญหาจากการปรับปรุงสภาพแวดล้อมบ่อน้ำพุและเกิดจากการเติมสารเคมีที่ไม่เหมาะสม เนื่องจากเจ้าหน้าที่ขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับชนิดและปริมาณสารเคมี 3) ปัญหาจากความบกพร่องของระบบ 4 ครั้ง (50.0%) คือ เครื่องสูบน้ำเสีย 2 ครั้ง ท่อน้ำตัน 1 ครั้ง และปัญหาเกิดจากกระบวนการบำรุงรักษา 1 ครั้ง ปัญหาคุณภาพน้ำในบ่อน้ำพุ ณ ศูนย์ประชุมฯ จำเป็นต้องได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน เนื่องจากเป็นแหล่งน้ำสำคัญในพื้นที่ หากปล่อยไว้จะส่งผลกระทบ 3 ด้าน คือ ด้านสิ่งแวดล้อมที่จะทำลายระบบนิเวศและสิ่งมีชีวิตในน้ำ ด้านสุขภาพที่อาจเป็นแหล่งแพร่เชื้อโรค และด้านเศรษฐกิจที่จะกระทบต่อการเกษตรและการท่องเที่ยว จากความก้าวหน้าในปัจจุบันเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) เป็นเทคโนโลยีที่กำลังได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย (Kevin Ashton, 1999) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการนำมาประยุกต์ใช้เพื่อการตรวจสอบและจัดการคุณภาพน้ำ ระบบ IoT ประกอบด้วยเซนเซอร์ เครื่องข่าย และซอฟต์แวร์ ซึ่งทำงานร่วมกันเพื่อรวบรวม ประมวลผล และแสดงผลข้อมูลแบบเรียลไทม์ ดังนั้นการนำ IoT มาใช้ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำ สามารถช่วยแก้ไขปัญหที่เกิดขึ้นได้หลายประการ เช่น การตรวจสอบแบบเรียลไทม์ เซนเซอร์ IoT สามารถตรวจสอบคุณภาพน้ำได้อย่างต่อเนื่อง ทำให้สามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำได้ตลอดเวลา ระบบ IoT สามารถตั้งค่าให้แจ้งเตือนผู้ดูแลระบบทันที เมื่อค่าคุณภาพน้ำเกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ทำให้สามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างรวดเร็ว ระบบ IoT สามารถบันทึกข้อมูลคุณภาพน้ำในอดีต และแสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้สามารถนำไปใช้ในการวางแผนการบำรุงรักษาและการจัดการแหล่งน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ด้านงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยี IoT ที่ผ่านมามีมากมาย เช่น มีงานวิจัยที่ใช้เทคโนโลยี IoT ในหลายด้าน เช่น การแจ้งเตือนคลอรีนหมดในกระบวนการผลิตน้ำประปา (ปิยวดี ปลื้มฤดี และผกาภาศ ผจญแก้ว, 2564) การพัฒนาระบบเตือนภัยน้ำท่วมในพื้นที่เสี่ยงภัย (ยงยุทธ ชนบดีเฉลิมรุ่ง และสมบัติ ชื่นชุกกลิ่น, 2553) การพัฒนาตู้อบปลาแดดเดียวโดยประยุกต์ใช้ระบบ IoT (สิทธิพร สุขสีภาค, กุลวลัญช์ วรณสิน และนันทวรรณ อ่ำเอี่ยม, 2567) การพัฒนาระบบเพื่อติดตามคุณภาพน้ำโดยใช้ IoT ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี (จักรกฤษ มีเพ็ชร, กุลวลัญช์ วรณสิน และนันทวรรณ อ่ำเอี่ยม, 2567) และการพัฒนาระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำโดยใช้ IoT เพื่อติดตามคุณภาพน้ำผ่านแอปพลิเคชัน (พรวนา รัตนชูโชค, 2562) นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาต้นแบบระบบแจ้งเตือนระดับน้ำในแหล่งน้ำบนแผนที่ภูมิศาสตร์ร่วมกับอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (สาธิต บ้านใหม่, อุบลรัตน์ ศิริสุขโกศา และไพศาล สิมาลาเต่า, 2565) งานวิจัยเหล่านี้แสดงถึงการประยุกต์ใช้ IoT ในการปรับปรุงการจัดการทรัพยากรและความปลอดภัยที่เพิ่มขึ้น การพัฒนาแอปพลิเคชันตรวจสอบคุณภาพน้ำแบบเรียลไทม์จะดำเนินการที่บ่อน้ำพุ ศูนย์ประชุมและแสดงศิลปวัฒนธรรมล้านนาตะวันออกและกลุ่มประเทศ GMS องค์การบริหารส่วนจังหวัดแพร่ โดยใช้ระบบ IoT ที่ประกอบด้วยเซนเซอร์วัดค่า pH อุณหภูมิ ความขุ่น และระดับน้ำ ส่งข้อมูลผ่าน ESP32 ไปแสดงผลบน LINE แอปพลิเคชัน เพื่อให้ผู้ดูแลระบบสามารถตรวจสอบและแก้ไขปัญหาได้ทันที อีกทั้งข้อมูลที่ได้ยังสามารถนำไปใช้วางแผนการบำรุงรักษาและการจัดการน้ำอย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

วัตถุประสงค์การพัฒนาแอปพลิเคชันบนระบบ IoT เพื่อตรวจสอบและแจ้งเตือนคุณภาพน้ำ บ่อน้ำพุ ณ ศูนย์ประชุมและแสดงศิลปวัฒนธรรมล้านนาตะวันออกและกลุ่มประเทศ GMS มีดังนี้:

1. เพื่อพัฒนาระบบตรวจวัดและแสดงผลคุณภาพน้ำผ่าน IoT
2. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการตรวจสอบและจัดการคุณภาพน้ำ

วิธีดำเนินการวิจัย

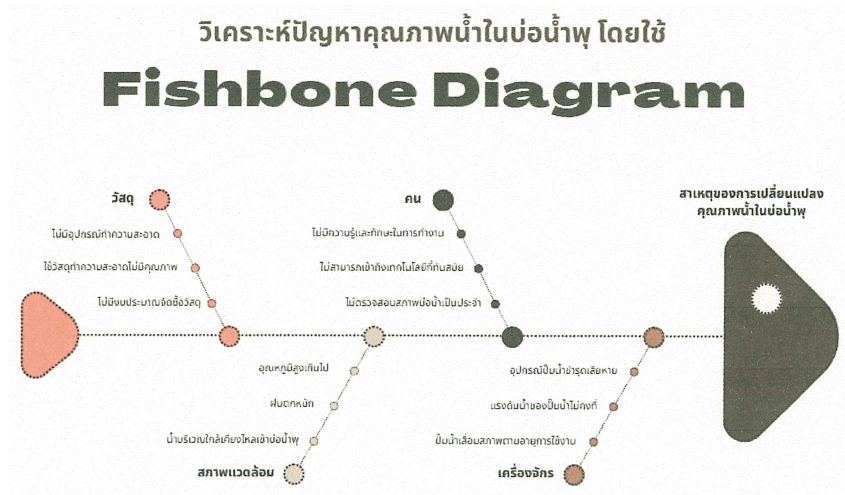
การวิจัยนี้เน้นการสร้างและพัฒนาระบบที่มีประสิทธิภาพสูงสุดและเป็นประโยชน์ต่อคุณภาพน้ำในบ่อน้ำพุ โดยใช้เทคโนโลยี IoT เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดความเสี่ยงต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของมนุษย์ การรวบรวมข้อมูลและการทดลองในสถานที่จริงจะเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาและปรับปรุงระบบให้มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้นในอนาคต แนวทางในศึกษาเพื่อการพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อแจ้งเตือนคุณภาพน้ำผ่านระบบ Internet of Things (IoT) ในบริเวณบ่อน้ำพุ จะดำเนินการดังนี้

1. การรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ความต้องการ โดยการศึกษาข้อมูลและความต้องการของผู้ใช้งาน และผู้ดูแลระบบ เพื่อทราบถึงความต้องการและปัญหาที่มี



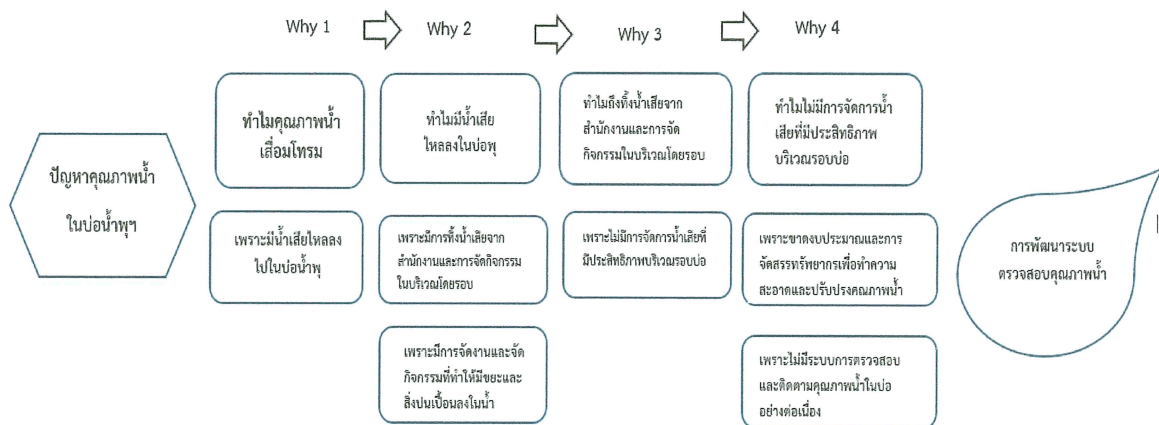
ภาพที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

การวิเคราะห์ปัญหาคุณภาพน้ำในบ่อน้ำพุ โดยใช้ Fishbone Diagram เพื่อหาสาเหตุหลัก ๆ ที่อาจทำให้คุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลงและทำให้สัตว์น้ำในบ่อน้ำพุตาย พบสาเหตุที่เป็นไปได้ของปัญหา ดังนี้ 1. สภาพแวดล้อม (Environment) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำสูงหรือต่ำเกินไปอาจทำให้สัตว์น้ำตาย การเปลี่ยนแปลงสภาพน้ำที่มีค่า pH ไม่เหมาะสม หรือขาดการบริหารจัดการน้ำที่ดี 2. อุปกรณ์ (Equipment) ไม่มีอุปกรณ์ตรวจวัดคุณภาพน้ำที่มีคุณภาพ หรือระบบบริหารจัดการน้ำไม่มีคุณภาพ 3. วิธีการดำเนินงาน (Process) ไม่มีการดูแลรักษาบ่อน้ำพุที่เหมาะสม หรือไม่มีระบบแจ้งเตือนปัญหาคุณภาพน้ำ 4. ผู้คน (People) ขาดความรู้ในการดูแลบ่อน้ำพุ ขาดการติดตามตรวจสอบสถานะของบ่อน้ำพุอย่างสม่ำเสมอ 5. วัสดุที่ใช้ (Material) สารเคมีตกค้างเพราะสารเคมีบางชนิด เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ และ 6. เทคโนโลยี (Technology) ไม่มีระบบที่ทันสมัย มีคุณภาพและทำงานมีประสิทธิภาพ จึงนำมาสู่แนวทางการพัฒนาแอปพลิเคชัน โดยใช้เซนเซอร์ตรวจจับค่าคุณภาพน้ำ และแอปพลิเคชันจะแจ้งเตือนอัตโนมัติเมื่อคุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลงถึงระดับที่อาจเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ ผู้ดูแลกระบวนการบริหารจัดการน้ำเบื้องต้นจะดำเนินการขั้นตอนอื่น ๆ ต่อ เมื่อมีคุณภาพน้ำมีค่าที่ผิดปกติ เช่น การเติมน้ำเข้าไปในบ่อเพื่อปรับสภาพน้ำ รวมถึงการเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์แนวโน้มและปรับปรุงคุณภาพน้ำในอนาคตต่อไป ดังนั้นการใช้ Fishbone Diagram ช่วยให้เราสามารถระบุสาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมด และนำไปสู่การวางแผนพัฒนาแอปพลิเคชันที่ครอบคลุมปัญหาที่อาจเกิดขึ้น



ภาพที่ 2 การวิเคราะห์ปัญหาด้วยแผนภูมิก้างปลา (Fishbone Diagram)

และเมื่อนำหลักการ Why-Why Analysis มาใช้ในการวิเคราะห์หาสาเหตุเพื่อพัฒนาระบบให้ตอบโจทย์ และครอบคลุมปัญหาที่เกิดขึ้น จะสามารถอธิบายถึงที่มาของกระบวนการพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อแจ้งเตือนคุณภาพน้ำผ่านระบบ IoT ได้ และสาเหตุหลักของปัญหา จะพบว่าเป็นจากกระบวนการในการทำงาน กล่าวคือ ไม่มีระบบแจ้งเตือนในกรณีที่ค่า pH ในน้ำเพิ่มขึ้นหรือลดลงเกินปกติ หรืออาจจะสาเหตุอื่น เช่น อุณหภูมิในน้ำสูงขึ้น หรืออาจจะมีการปนเปื้อนในน้ำ ซึ่งส่งผลกระทบต่อสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่ในบ่อน้ำพุ นำมาสู่การพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อแจ้งเตือนคุณภาพน้ำผ่านระบบ Internet of Things (IoT) ในบริเวณบ่อน้ำพุ ฯ



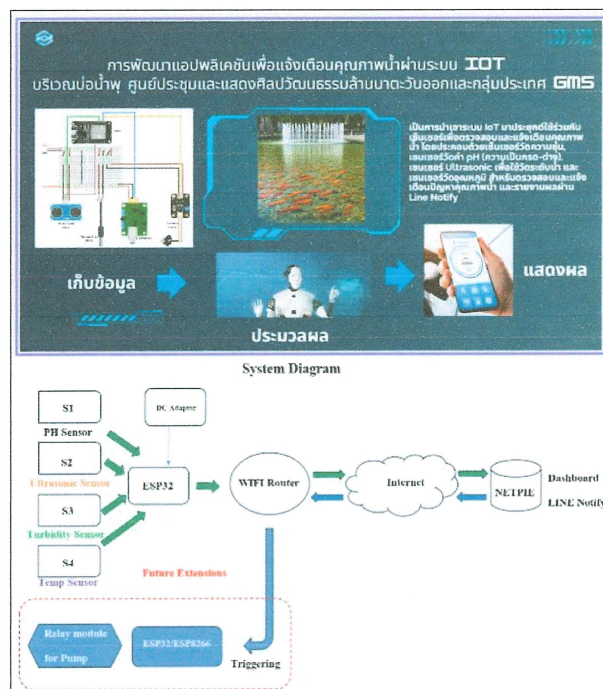
ภาพที่ 3 การวิเคราะห์หาสาเหตุด้วย Why-Why Analysis

ผลลัพธ์จากการใช้ Why-Why Analysis ทำให้เราได้สาเหตุหลักของปัญหาคุณภาพน้ำเสื่อมโทรมในบ่อน้ำพุ ได้แก่ 1. การจัดการน้ำเสียที่ไม่มีประสิทธิภาพจากสำนักงานและกิจกรรมรอบบ่อน้ำพุ 2. ขาดมาตรการและความเข้มงวดในการจัดการขยะและสิ่งปนเปื้อนจากการจัดกิจกรรมต่าง ๆ 3. ขาดการบำรุงรักษาความสะอาดและระบบติดตามคุณภาพน้ำ

จากผังก้างปลาและการวิเคราะห์ Why-Why Analysis สามารถสรุปปัญหาคุณภาพน้ำเสื่อมโทรมในบ่อน้ำพุได้ดังนี้

- การจัดการน้ำเสียที่ไม่เหมาะสมจากสำนักงานและการจัดกิจกรรมรอบบ่อน้ำพุ การทิ้งน้ำเสียจากการจัดงานในบริเวณโดยรอบน้ำพุ เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้มีสิ่งปนเปื้อนและสารเคมี ซึ่งไม่มีการควบคุมและบำบัดอย่างเพียงพอส่งผลให้คุณภาพน้ำเสื่อม
- ขาดมาตรการและความเข้มงวดในการจัดการขยะและสิ่งปนเปื้อนจากการจัดกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การจัดงานเทศกาล งานแสดงศิลปวัฒนธรรม และงานสัมมนาต่าง ๆ ทำให้มีการปล่อยขยะและสิ่งปนเปื้อนลงในบ่อน้ำพุ การขาดมาตรการบังคับใช้ในการจัดเก็บและกำจัดขยะอย่างมีระบบ จึงทำให้สิ่งปนเปื้อนสะสมในน้ำและลดคุณภาพน้ำในบ่อน้ำพุลง
- การบำรุงรักษาความสะอาดและระบบติดตามคุณภาพน้ำไม่มีระบบตรวจสอบและบำรุงรักษาคุณภาพน้ำในบ่อน้ำพุสม่ำเสมอ นอกจากนั้นการขาดทรัพยากรหรือการจัดสรรงบประมาณเพื่อติดตามคุณภาพน้ำ ยังทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์และแก้ปัญหาได้ทันทั่วทั้งที่
- การขาดความรู้และการจะสร้างจิตสำนึกต่อการรักษาคุณภาพน้ำอยู่อาศัยและผู้จัดงานอาจขาดความรู้และจิตสำนึกในการดูแลและปกป้องแหล่งน้ำซึ่งส่งผลให้การทิ้งขยะและปล่อยน้ำเสียโดยไม่คำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

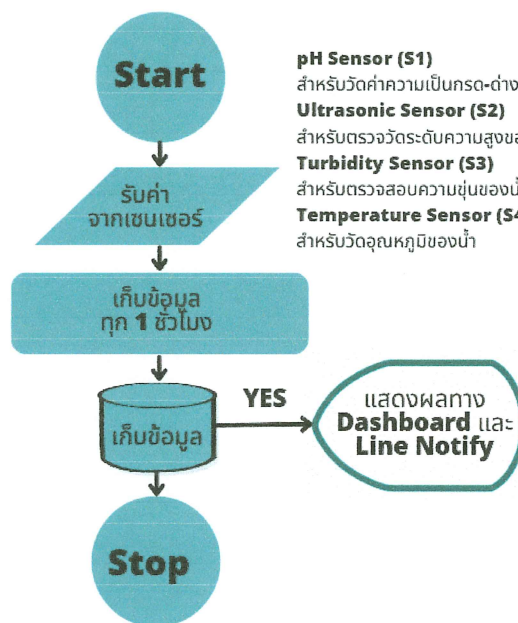
2. การออกแบบและการพัฒนาแอปพลิเคชันระบบ IoT ใช้วิธีการพัฒนา IoT บนแพลตฟอร์ม Arduino (กอบเกียรติ สระอุบล, 2561) ที่สามารถรับข้อมูลจากเซนเซอร์และอุปกรณ์ต่าง ๆ และส่งข้อมูลและคำสั่งกลับไปยังอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อควบคุมการทำงานของระบบ



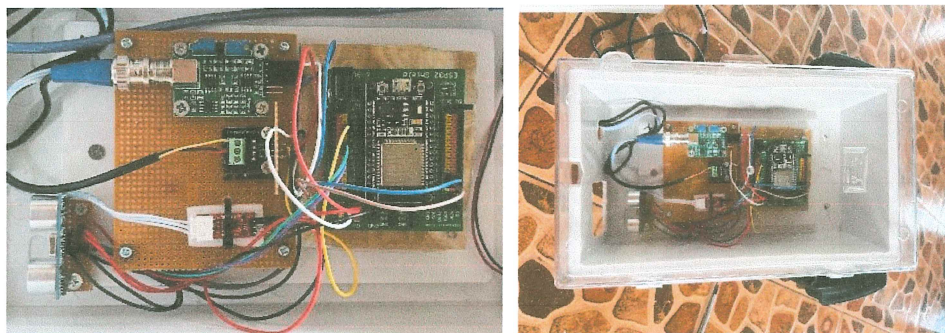
ภาพที่ 4 ไดอะแกรมและการเชื่อมต่ออุปกรณ์เซนเซอร์เพื่อให้ทำงานร่วมกันกับ ESP32
ของระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำและแสดงผลผ่านระบบ IoT

ระบบตรวจสอบคุณภาพน้ำประกอบด้วยโครงสร้างการทำงาน ดังนี้

1. ระบบใช้เซนเซอร์ 4 ชนิดในการเก็บข้อมูลด้านคุณภาพน้ำ ประกอบด้วย:
 - o pH Sensor (S1) สำหรับวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำ
 - o Temperature Sensor (S2) สำหรับวัดอุณหภูมิของน้ำ
 - o Turbidity Sensor (S3) สำหรับตรวจสอบความขุ่นของน้ำ
 - o Ultrasonic Sensor (S4) สำหรับตรวจวัดระดับความสูงของน้ำ
2. เซนเซอร์ทั้งหมดจะเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ซึ่งทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ควบคุมและประมวลผลข้อมูลจากเซนเซอร์
3. ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 จะส่งข้อมูลผ่าน Wi-Fi Router เพื่อเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
4. ข้อมูลคุณภาพน้ำที่เก็บได้จากเซนเซอร์จะถูกส่งไปยัง NETPIE Platform (NETPIE, 2020) ซึ่งเป็นแพลตฟอร์ม Internet of Things (IoT) สำหรับจัดเก็บและประมวลผลข้อมูลแบบออนไลน์
5. ข้อมูลที่ได้รับจาก NETPIE Platform จะถูกนำเสนอในรูปแบบดังต่อไปนี้:
 - o Dashboard สำหรับแสดงข้อมูลแบบกราฟิก เพื่อให้ผู้ใช้สามารถติดตามคุณภาพน้ำในรูปแบบที่เข้าใจง่าย
 - o LINE Notify สำหรับส่งการแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชัน LINE เพื่อแจ้งเตือนผู้ใช้งานในกรณีที่ตรวจพบความผิดปกติของคุณภาพน้ำ

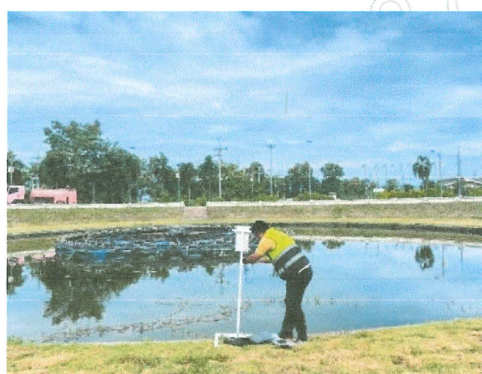


ภาพที่ 5 Basic Flowchart ของระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำและแสดงผลผ่านระบบ IoT



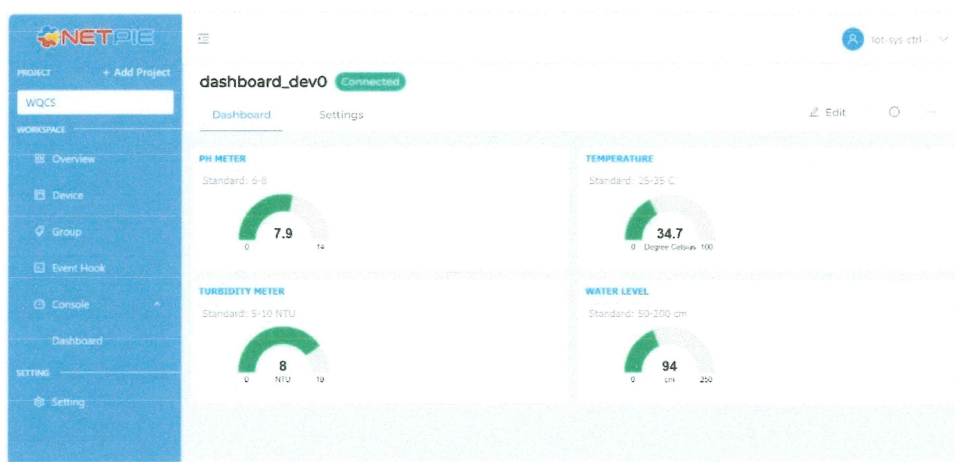
ภาพที่ 6 การสร้างต้นแบบเครื่องมือสำหรับตรวจวัดคุณภาพน้ำและแสดงผลผ่านระบบ IoT

3. การทดสอบและการปรับปรุง โดยการทดสอบและปรับปรุงระบบโดยใช้ข้อมูลจริง จากการทดลองในสภาพการใช้งานจริง เพื่อให้แน่ใจว่าระบบทำงานอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 7 การประยุกต์ใช้ในสถานที่จริง โดยการนำระบบที่พัฒนาขึ้นไปใช้งานจริงในบ่อน้ำพุ และการติดตั้งอุปกรณ์ IoT และโปรแกรมแอปพลิเคชันในสภาพแวดล้อมที่แท้จริง

4. การวิเคราะห์ผลและการประเมินผล โดยการวิเคราะห์ผลการใช้งานของระบบ และการประเมินผลในด้านประสิทธิภาพ ความพึงพอใจของผู้ใช้ และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสังคม



ภาพที่ 8 ข้อมูลคุณภาพน้ำที่ปรากฏโดย Dashboard เมื่อวันที่ 15 ตุลาคม 2567

Dashboard แสดงข้อมูลเกี่ยวกับค่า pH, อุณหภูมิ, ความขุ่น และระดับน้ำ สามารถช่วยให้ผู้ใช้งานเข้าใจสถานะคุณภาพของแหล่งน้ำดีขึ้น โดยสามารถอธิบายถึงเรื่องดังต่อไปนี้

ค่า pH บ่งบอกถึงความเป็นกรดหรือด่างของน้ำ ซึ่งมีความสำคัญต่อการควบคุมคุณภาพน้ำ โดยค่าที่เหมาะสมมักจะอยู่ในช่วง 6.5–8.5 หากค่า pH เบี่ยงเบนจากระดับที่เหมาะสม อาจส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ รวมถึงคุณภาพน้ำในบ่อน้ำพุ ฯ

อุณหภูมิ (Temperature) เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการละลายของออกซิเจน รวมถึงการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ การแสดงข้อมูลนี้ช่วยให้ผู้ใช้งานทราบถึงสภาวะอุณหภูมิที่อาจกระทบต่อการปรับปรุงคุณภาพน้ำ

ความขุ่น (Turbidity) บอกระดับปริมาณสารแขวนลอยในน้ำ เช่น ดิน, ตะกอน, แร่ธาตุ ซึ่งมีผลต่อความใสสะอาดของน้ำ ความขุ่นสูงอาจหมายถึงคุณภาพน้ำที่ลดลงและอาจต้องมีการกรองหรือบำบัดเพิ่มเติมเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน

ระดับน้ำ (Water Level) บ่งบอกถึงปริมาณน้ำที่มีอยู่ในบ่อน้ำพุในปัจจุบัน สำหรับการตรวจสอบปริมาณการใช้น้ำ การเตรียมการบำรุงรักษา การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำอาจสื่อถึงการสูญเสียน้ำในระบบหรือปัญหาที่อาจเกิดขึ้นกับบ่อน้ำพุ ฯ

โดยค่าที่วัดได้นำไปเปรียบเทียบกับตารางแสดงค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญในการวัดคุณภาพน้ำของกรมอนามัย จะสามารถติดตามและปรับปรุงการจัดการน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงสามารถเฝ้าระวังปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้ทันเวลา

5. การสรุปผลและจัดทำรายงาน สรุปผลการวิจัยและแสดงความสำเร็จของระบบที่พัฒนาได้ จัดทำรายงานที่สรุปทุกขั้นตอนการวิจัยและข้อค้นพบเพื่อเป็นข้อมูลอ้างอิงในการพัฒนาต่อไปสำหรับการพัฒนาแอปพลิเคชันแจ้งเตือนคุณภาพน้ำผ่านระบบ IoT เพื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำแบบเรียลไทม์ ระบบ IoT ช่วยเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำ เช่น ค่า pH, อุณหภูมิ, ความขุ่น และระดับน้ำ อย่างต่อเนื่อง ทำให้สามารถติดตามและรู้ถึงความเปลี่ยนแปลงได้แบบเรียลไทม์ และนำข้อมูลมาประเมินแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำ การวิเคราะห์เชิงสถิติจะช่วยให้สามารถตรวจสอบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในระยะยาว รวมถึงการคาดการณ์คุณภาพน้ำในอนาคตได้จากข้อมูลที่เก็บสะสม ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการจัดการน้ำ และวางแผนการอนุรักษ์แหล่งน้ำ เพิ่มประสิทธิภาพในการแจ้งเตือนและการจัดการ ด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลที่แม่นยำ ระบบสามารถส่งการแจ้งเตือนเมื่อคุณภาพน้ำต่ำกว่าค่ามาตรฐาน ช่วยให้สามารถตอบสนองได้ทันทั่วทั้งที่ และลดความเสี่ยงด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อม ข้อมูลจากการวิเคราะห์จะช่วยให้ผู้บริหารและผู้ดูแลแหล่งน้ำสามารถออกแบบกลยุทธ์เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำ เช่น การลดสารปนเปื้อน การฟื้นฟูแหล่งน้ำให้กลับมามีคุณภาพที่ดี ช่วยเพิ่มคุณค่าให้แก่แอปพลิเคชันโดยทำให้มีความน่าเชื่อถือและตอบโจทย์การใช้งานได้อย่างตรงประเด็น

ผลการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูลการตรวจวัดคุณภาพน้ำผ่านระบบ IoT ของบ่อน้ำพุฯ ระหว่าง วันที่ 1 กรกฎาคม 2567 -15 ตุลาคม 2567 โดยจะแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้ 1. การกำหนดค่าตัวแปรและพารามิเตอร์ 2. การจัดกลุ่มข้อมูล 3. การตีความผลการวิจัย

1. การกำหนดค่าตัวแปรและพารามิเตอร์ เราสามารถกำหนดรหัสให้กับ 4 ตัวแปร ดังนี้

pH: ค่า pH (ph_val), TEMP: อุณหภูมิ (temp_val) และTURB: ความขุ่น (tur_val), LEVEL: ระดับน้ำ (level_val) นอกจากนี้ เราอาจต้องการกำหนดรหัสเพิ่มเติมสำหรับการแบ่งสถานะของค่าต่าง ๆ เช่น 1. pH_STATUS: สถานะของค่า pH (กรด, ปกติ, ด่าง) 2. TEMP_STATUS: สถานะของอุณหภูมิ (เย็น, ปกติ, ร้อน) 3. TURB_STATUS: สถานะของความขุ่น (ใส, ขุ่นปานกลาง, ขุ่นมาก) 4. LEVEL_STATUS: สถานะของระดับน้ำ (ต่ำ, ปานกลาง, สูง)

2. การจัดกลุ่มข้อมูล เมื่อติดตั้งเซนเซอร์วัดค่าพารามิเตอร์สำคัญ ได้แก่ ค่า pH, อุณหภูมิ, ความขุ่น และความสูงของระดับน้ำ ทำให้สามารถตรวจวัดและแจ้งเตือนที่สถานการณ์ต่าง ๆ ได้ดังตารางที่ 1

งานประชุมวิชาการระดับชาติวิจัยร้ำไพรรรณี คร้้งที่ 18
เนื่องในวโรกาสคล้ายวันพระราชสมภพสมเด็จพระนางเจ้าร้ำไพรรรณี ครบ 120 ปี

ตารางที่ 1 แสดงการแจ้งเตือนและเซนเซอร์

เซนเซอร์	การแจ้งเตือนที่เป็นไปได้
pH Sensor	แจ้งเตือนเมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างเกินค่ามาตรฐาน เช่น $\text{pH} < 6$ หรือ $\text{pH} > 8$ (น้ำเป็นกรดหรือด่างเกินไป)
Temperature Sensor	แจ้งเตือนเมื่ออุณหภูมิของน้ำสูงหรือต่ำกว่าค่าที่กำหนด เช่น $> 35^\circ\text{C}$ หรือต่ำกว่า 25°C (บ่งชี้ถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมผิดปกติ)
Turbidity Sensor	แจ้งเตือนเมื่อความขุ่นของน้ำเกินค่ามาตรฐาน เช่น $\text{NTU} > 10$ (บ่งบอกถึงการมีสารแขวนลอยหรือมลพิษในน้ำ)
Water Level Sensor	แจ้งเตือนเมื่อระดับน้ำสูงหรือต่ำเกินไป เช่น ระดับน้ำลดต่ำ < 50 ซม. หรือ สูงเกินระดับที่กำหนด > 200 ซม. (เสี่ยงต่อน้ำล้นบ่อ)

จากตารางที่ 1 งานวิจัยนี้สามารถจัดกลุ่มข้อมูลตามมิติต่าง ๆ 4 รูปแบบเพื่อให้สะดวกต่อการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้ a) ตามค่า pH b) ตามอุณหภูมิ c) ตามความขุ่น และ d) ตามความลึก ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การจัดข้อมูลตามมิติต่าง ๆ

a) ตามค่า pH	b) ตามอุณหภูมิ	c) ตามความขุ่น	d) ตามความลึก
- กรด ($\text{pH} < 6$)	- เย็น ($< 25^\circ\text{C}$)	- ไส ($< 5 \text{ NTU}$)	- ต่ำ (< 50 ซม.)
- ปกติ ($\text{pH} 6 - 8$)	- ปกติ ($26^\circ\text{C} - 34^\circ\text{C}$)	- ขุ่นปานกลาง ($5 - 10 \text{ NTU}$)	- ปานกลาง ($51 - 200$ ซม.)
- ด่าง ($\text{pH} > 8$)	- ร้อน ($> 35^\circ\text{C}$)	- ขุ่นมาก ($> 10 \text{ NTU}$)	- สูง (> 200 ซม.)

3. การตีความผลการวิจัย จากผลการสรุปวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อจะนำไปสู่การประยุกต์ใช้ได้จริง สามารถสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้กับวัตถุประสงค์การวิจัย ดังนี้ เมื่อนำผลการวิเคราะห์ข้อมูลกลับไปเชื่อมโยงกับวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ พบว่างานวิจัยสามารถตอบโจทย์หรือแก้ปัญหาที่ตั้งไว้ได้ ตามหัวข้อ ดังนี้

ด้านความพึงพอใจในการใช้งานระบบ พบว่าระบบสามารถใช้เซนเซอร์ตรวจจับและแจ้งเตือนคุณภาพน้ำในระดับที่น่าพึงพอใจ ระบบแจ้งเตือนคุณภาพน้ำทำงานได้แม่นยำและถูกต้อง โดยมีสัดส่วนอัตราการแจ้งเตือนผิดพลาดน้อย และเมื่อนำเอาข้อมูลจากระบบ IoT ที่ตรวจวัดได้ มาวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำ และตีความสาเหตุที่อาจส่งผลกระทบ เช่น ผลกระทบจากฤดูกาลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิ สาเหตุและปัจจัยที่มีผลต่อการใช้น้ำในพื้นที่ หรือปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ที่อาจมีผลต่อคุณภาพน้ำ ล้วนแต่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าคุณภาพน้ำทั้งสิ้น ส่วนการประเมินความเป็นไปได้ในการนำผลไปใช้จริง จากผลการวิจัยพบว่าสามารถนำไปใช้กับพื้นที่อื่นหรือต่อยอดให้ใช้งานจริงได้ แต่ต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมของเทคโนโลยี IoT ในสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน รวมถึงความสะดวกในการใช้งานแอปพลิเคชันสำหรับผู้ใช้งานทั่วไป สำหรับการวิจัยในอนาคตที่สามารถต่อยอดจากผลการวิจัยครั้งนี้ได้ ควรมีการขยายขอบเขตการวิจัยไปยังพื้นที่อื่น และควรจะมีการพัฒนาโมเดลการทำนายที่มีความซับซ้อนยิ่งขึ้น หรือการศึกษาผลกระทบทางสังคมและสิ่งแวดล้อมจากการใช้งานแอปพลิเคชันแจ้งเตือนคุณภาพน้ำ ซึ่งจะช่วยให้ผู้ใช้งานและผู้พัฒนาระบบเข้าใจถึงประสิทธิภาพและข้อจำกัดของระบบแจ้งเตือน รวมถึงเป็นแนวทางสำคัญในการพัฒนาต่อยอดและนำไปใช้งานจริงอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

งานประชุมวิชาการระดับชาติวิจัยรำไพพรรณี ครั้งที่ 18
เนื่องในโอกาสคล้ายวันพระราชสมภพสมเด็จพระนางเจ้ารำไพพรรณี ครบ 120 ปี

ตารางที่ 3 สถิติการเก็บรวบรวมข้อมูลคุณภาพน้ำ โดยบุคลากรภาคสนาม (แบบเดิม) กับการนำเทคโนโลยี IoT มาใช้เก็บข้อมูล

วัน/เดือน/ปี	การจดบันทึกแบบเดิม	การรายงานผ่านแอปพลิเคชัน
มกราคม	31 วัน (62 ข้อมูล)	31 วัน (744 ข้อมูล)
กุมภาพันธ์	29 วัน (58 ข้อมูล)	29 วัน (696 ข้อมูล)
ส่วนต่างข้อมูล คิดเป็น	682 ข้อมูล/31 วัน 91.67%	

หมายเหตุ : การจดบันทึกแบบเดิมวันละ 2 ครั้ง เข้า-เย็น
การรายงานผ่านแอปพลิเคชัน วันละ 24 ครั้ง (ทุก 1 ชั่วโมง)

จากตารางที่ 3 เมื่อพิจารณาการเก็บข้อมูลในเดือน มกราคม 2567 เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลรายงานผลการตรวจสอบคุณภาพน้ำแบบเดิม ซึ่งจดบันทึกโดยเจ้าหน้าที่จะมีการบันทึกข้อมูลเฉลี่ยอยู่ที่ 62 ครั้ง/31 วัน (บันทึกผลวันละ 2 ครั้ง ช่วงเช้าและช่วงเย็น) และเมื่อเทียบกับการใช้งานแอปพลิเคชันเพื่อแจ้งเตือนและรายงานผลข้อมูลคุณภาพน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ 744 ครั้ง/31 วัน (บันทึกผลวันละ 24 ครั้ง ทุก ๆ 1 ชั่วโมง) ความถี่ในการเก็บข้อมูลจากระบบใหม่จึงเก็บข้อมูลได้มากกว่าระบบเดิม คำนวณได้ ดังนี้

$$\frac{(744-62)*100}{744} = 91.67 \%$$

และจากผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบแสดงคุณภาพน้ำ ณ ศูนย์ประชุมและแสดงศิลปวัฒนธรรมล้านนา ตะวันออกและกลุ่มประเทศ GMS กองช่าง องค์การบริหารส่วนจังหวัดแพร่ โดยมีผู้เข้าร่วมทดสอบทั้งหมด 35 คน พบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับสูงต่อการใช้งานแอปพลิเคชันและระบบ Dashboard ของระบบ IoT ที่พัฒนาขึ้น โดยสรุปได้จากคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจ ดังนี้

1. การใช้งานแอปพลิเคชัน ค่าเฉลี่ยผลสำรวจการใช้งานอยู่ที่ 4.46 แสดงให้เห็นว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจอย่างสูงในการใช้งานแอปพลิเคชัน ซึ่งบ่งชี้ว่าแอปพลิเคชันมีความเป็นมิตรต่อผู้ใช้ มีความสะดวกในการใช้งาน และสามารถแสดงข้อมูลคุณภาพน้ำที่สำคัญ เช่น ค่า pH อุณหภูมิ ความขุ่น และระดับน้ำ ได้อย่างมีประสิทธิภาพและเข้าใจง่าย
2. การใช้งานระบบ Dashboard ซึ่งเป็นแพลตฟอร์มสำหรับแสดงผลข้อมูลแบบเรียลไทม์ ได้รับคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจอยู่ที่ 4.52 คะแนน ซึ่งเป็นคะแนนที่สูงกว่าการใช้งานแอปพลิเคชันเล็กน้อย แสดงให้เห็นถึงความพึงพอใจในการแสดงผลข้อมูลและการเข้าถึงข้อมูลคุณภาพน้ำแบบละเอียด ทำให้ผู้ดูแลสามารถรับรู้สถานการณ์น้ำในบ่อน้ำพุได้ทันทีเมื่อเกิดความผิดปกติ
3. ความสำเร็จในการพัฒนาระบบ จากคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจในระดับสูงทั้งจากการใช้งานแอปพลิเคชันและ Dashboard สามารถสรุปได้ว่าระบบ IoT ที่พัฒนานี้ประสบผลสำเร็จในการตอบโจทย์การแสดงผลค่าคุณภาพน้ำอย่างต่อเนื่อง การบันทึกข้อมูลย้อนหลังยังช่วยให้สามารถวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในระยะยาวได้ ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้งานและผู้ดูแลสามารถวางแผนการบำรุงรักษาและการจัดการทรัพยากรน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ด้านการประเมินประสิทธิภาพของระบบ สามารถทำได้โดยการวิเคราะห์ตัวชี้วัดในหลายมิติ ได้แก่ ความเร็วและความทันสมัยในการตรวจวัด การเข้าถึงข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการตัดสินใจ ตัวชี้วัดเหล่านี้จะช่วยให้เห็นภาพรวมของประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นของระบบ และสามารถนำไปใช้เปรียบเทียบผลลัพธ์ก่อนและหลังการปรับปรุงระบบได้อย่างชัดเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านความเร็วในการตอบสนอง ความแม่นยำของข้อมูล ความหลากหลายของอุปกรณ์ที่เข้าถึงได้ และความสามารถในการทำนายคุณภาพน้ำในอนาคต ซึ่งเป็นผลมาจากการนำข้อมูลจำนวนมากมาวิเคราะห์เชิงลึก

งานประชุมวิชาการระดับชาติวิจัยร้ำไพรพรณั ครั้งที่ 18
เนื่องในวโรกาสคล้ายวันพระราชสมภพสมเด็จพระนางเจ้าร้ำไพรพรณั ครบ 120 ปี

ตัวชี้วัด	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
เวลาตอบสนองในการเข้าแก้ไขปัญหาคุณภาพน้ำ	12 ชั่วโมง	1 ชั่วโมง
ความถี่ในการตรวจวัดคุณภาพน้ำ	2 ครั้ง/วัน	1 ครั้ง/ชั่วโมง
ความแม่นยำของข้อมูล (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	± 0.07 ppm	± 0.02 ppm
จำนวนผู้ใช้งานระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำ	1 คน	35 คน

สรุปผลและอภิปรายผล

การวิจัยนี้เป็นการพัฒนากระบวนตรวจวัดคุณภาพน้ำประกอบด้วยเซนเซอร์วัดค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญ ได้แก่ ค่า pH, อุณหภูมิ, ความขุ่น และระดับน้ำ โดยเซนเซอร์เหล่านี้เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 เพื่อส่งข้อมูลแบบไร้สายไปยังแพลตฟอร์มประมวลผล ผลลัพธ์จะแสดงบนแอปพลิเคชันบนมือถือแบบเรียลไทม์ พร้อมฟังก์ชันการแจ้งเตือนเมื่อค่าพารามิเตอร์ใด ๆ เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ผลการทดสอบระบบในสภาพแวดล้อมจริงพบว่าระบบสามารถตรวจสอบคุณภาพน้ำได้และเก็บข้อมูลได้ต่อเนื่อง ช่วยให้ผู้ใช้ดูแลระบบสามารถตอบสนองและแก้ไข้ปัญหาได้อย่างทันท่วงที นอกจากนี้ แอปพลิเคชันยังบันทึกข้อมูลย้อนหลังและนำมาเป็นข้อมูลพิจารณาถึงแนวโน้มคุณภาพน้ำซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนบำรุงรักษาในระยะยาว

การพัฒนากระบวน IoT ที่มีประสิทธิภาพในการตรวจสอบและแจ้งเตือนคุณภาพน้ำระบบนี้ไม่เพียงช่วยแก้ไข้ปัญหาคุณภาพน้ำในบ่อน้ำพุ แต่ยังเป็นต้นแบบในการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้กับการจัดการทรัพยากรน้ำอย่างยั่งยืนสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาเมืองอัจฉริยะ (Smart City) และเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนขององค์การสหประชาชาติ โดยเฉพาะเป้าหมายที่ 6 ว่าด้วยการจัดการน้ำและสุขาภิบาลอย่างยั่งยืน (United Nations, 2021)

ระบบ IoT ที่พัฒนาขึ้นนี้มีประสิทธิภาพในการตรวจสอบคุณภาพน้ำและลดความเสี่ยงจากปัญหาคุณภาพน้ำเสื่อมโทรม เนื่องจาก ระบบสามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำได้อย่างรวดเร็วและแจ้งเตือนให้ผู้ดูแลระบบสามารถเข้าดำเนินการแก้ไข้ปัญหาได้ทันที และยังพบข้อดีของการใช้ระบบ IoT ในการจัดการคุณภาพน้ำสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ อย่างไรก็ตาม การวิจัยนี้มีข้อจำกัดบางประการ เช่น 1. ระบบ IoT ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำที่พัฒนาขึ้นนี้ ยังสามารถตรวจวัดพารามิเตอร์คุณภาพน้ำได้เพียง 4 ตัวแปร ได้แก่ ค่า pH, อุณหภูมิ, ความขุ่น และระดับน้ำเท่านั้น 2. ระบบยังไม่มีการใช้ปัญญาประดิษฐ์ (AI) ในการวิเคราะห์แนวโน้มและทำนายปัญหาคุณภาพน้ำในอนาคต

ข้อเสนอแนะการวิจัย

1. การปรับปรุงและขยายระบบตรวจวัด ควรมีการเพิ่มเซนเซอร์ เพื่อตรวจวัดค่าพารามิเตอร์อื่น ๆ ที่สำคัญ เช่น การเพิ่มการตรวจวัดปริมาณสารเคมีหรือการตรวจวัดค่ามลพิษในน้ำ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมและแม่นยำมากขึ้นในการบริหารจัดการคุณภาพน้ำ, การตรวจวัดค่าปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (DO), การวัดค่าความเค็ม, การตรวจวัดค่าอื่น ๆ ในสภาพแวดล้อมรอบ ๆ บริเวณ เป็นต้น

2. การวิจัยเพิ่มเติมเพื่อพัฒนาฟังก์ชันใหม่ ควรมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมเพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันให้มีฟังก์ชันใหม่ ๆ เช่น การใช้ปัญญาประดิษฐ์ (AI) ในการวิเคราะห์แนวโน้มและการทำนายปัญหาคุณภาพน้ำ เพื่อให้สามารถบริหารจัดการแหล่งน้ำได้อย่างล้ำหน้าและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

3. การประยุกต์ใช้ในแหล่งน้ำอื่น ๆ ระบบ IoT ควรถูกนำไปประยุกต์ใช้ในแหล่งน้ำอื่น ๆ ที่มีปัญหาคคล้ายคลึงกัน เช่น บ่อน้ำเพื่อการเกษตร หรือแหล่งน้ำสาธารณะ เพื่อช่วยแก้ไข้ปัญหาคุณภาพน้ำและบริหารจัดการน้ำในพื้นที่อื่น ๆ อย่างมีประสิทธิภาพ

4. การบำรุงรักษาและการปรับปรุงระบบอย่างต่อเนื่อง เซนเซอร์และระบบ IoT ควรได้รับการบำรุงรักษาอย่างต่อเนื่องเพื่อให้การทำงานของระบบมีประสิทธิภาพสูงสุด รวมถึงควรมีการอัปเดตซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์อย่างสม่ำเสมอเพื่อตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีและความต้องการในการใช้งาน

5. การฝึกอบรมและเพิ่มความรู้ให้กับผู้ใช้งาน ควรมีการฝึกอบรมให้กับเจ้าหน้าที่หรือผู้ใช้งานเพื่อให้สามารถใช้งานระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเพิ่มความเข้าใจเกี่ยวกับการตรวจสอบคุณภาพน้ำและการใช้ประโยชน์จากข้อมูลที่ได้รับ

งานประชุมวิชาการระดับชาติวิจัยรำไพพรรณี ครั้งที่ 18
เนื่องในวโรกาสคล้ายวันพระราชสมภพสมเด็จพระนางเจ้ารำไพพรรณี ครบ 120 ปี

6. การพัฒนาระบบ IoT เพื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำในบ่อน้ำพุไม่เพียงช่วยแก้ไขปัญหาคอนกรีตแต้ยังเป็นตัวอย่างที่ดีในการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้กับการจัดการทรัพยากรน้ำอย่างยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

- กมลพร ทองอุไทย และสุปราณี ชินบุตร. (2564). เอกสารแนะนำกรมประมง.
กรมควบคุมมลพิษ. (2563). รายงานสถานการณ์มลพิษทางน้ำและการจัดการ.
กอบเกียรติ สระอุบล. (2561). พัฒนา IoT บนแพลตฟอร์ม Arduino และ Raspberry Pi. กรุงเทพมหานคร:
อินเตอร์มีเดีย.
- จักรกฤษ มีเพ็ชร, กุลวลัญช์ วรณสิน และนันทวรรณ อ่ำเอี่ยม. (2567). การพัฒนาระบบเพื่อติดตามคุณภาพน้ำโดยใช้ IoT ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี บทความวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
สิทธิพร สุขสีภาค, กุลวลัญช์ วรณสิน และนันทวรรณ อ่ำเอี่ยม. (2567). การพัฒนาตู้ปลาแคดดเดี่ยวโดยประยุกต์ใช้ระบบ IoT บทความวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
- ปิยวดี ปลื้มฤดี และผกามาศ ผจญแก้ว. (2564). การพัฒนาระบบแจ้งเตือนคลอรีนหมดในกระบวนการผลิตน้ำประปา. บทความวิจัย มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
- พรwana รัตน์ชูโชค. (2562). ระบบติดตามคุณภาพน้ำผ่านแอปพลิเคชัน. บทความวิจัย มหาวิทยาลัยศรีปทุม
- ยงยุทธ ชนบดีเฉลิมรุ่ง และสมบัติ ชื่นชูกลิ่น. (2553). การพัฒนาระบบเตือนภัยน้ำท่วมในพื้นที่เสี่ยงภัย. บทความวิจัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
- สาธิต บ้านใหม่, อุบลรัตน์ ศิริสุขโกคา, และไพศาล สิมะเสถียร. (2565). การพัฒนาต้นแบบระบบแจ้งเตือนระดับน้ำในแหล่งน้ำบนแผนที่ภูมิศาสตร์ร่วมกับอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง. งานวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
- Ashton, K. (1999). That 'Internet of Things' Thing. *RFID Journal*.
- NETPIE. (2020). NETPIE Platform User Manual. Retrieved from <https://docs.netpie.io/en/>
- United Nations. (2021). Sustainable Development Goals Report 2021. United Nations. Retrieved from <https://unstats.un.org/sdgs/report/2021/>
- WHO/UNICEF. (2021). Water, Sanitation and Hygiene (WASH) in the 21st Century.