

เรือบำบัดน้ำเสียอัตโนมัติควบคุมทางไกลไร้สาย

Wireless Remote-Controlled Automatic

Wastewater Treatment Boat

ชิตชนก ประยูรชาญ สาธิต กระเวนกิจ และ จักรชัย โสอินทร์*

Chidchanok Prayoonchan, Satit Kravenkit and Chakchai So-In*

สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ วิทยาลัยการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Department of Computer Science, College of Computing, Khon Kaen University

*Corresponding author. e-mail: chakso@kku.ac.th

(Received: 16 November 2024; Reviewed: 24 December 2024; Revised: 30 December 2024;

Accepted: 30 December 2024)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเรือบำบัดน้ำเสียอัตโนมัติแบบควบคุมทางไกลไร้สาย โดยมีกลุ่มตัวอย่างคือ นักศึกษาประจำหลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศ วิทยาลัยการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นจำนวน 10 คน ซึ่งถูกคัดเลือกแบบเจาะจงและเป็นผู้ที่สมัครใจใช้เรือบำบัดน้ำเสีย โดยมีเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยได้แก่ เรือบำบัดน้ำเสียและการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานในแต่ละฟังก์ชัน รวมถึงแบบสอบถามความพึงพอใจ ซึ่งมีสถิติที่ใช้ในการวิจัยคือ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากผลการวิจัยพบว่า 1) เรือบำบัดน้ำเสียประกอบไปด้วย 3 องค์ประกอบหลักสำคัญคือ (1) กล้องควบคุมระบบเรือบำบัดน้ำเสีย ทำหน้าที่ควบคุมและสั่งการอุปกรณ์ภายในเรือ (2) แอปพลิเคชันที่ใช้ในการควบคุมทิศทางและการเคลื่อนที่ของเรือผ่านสมาร์ตโฟนไร้สาย (3) การทำงานของเรือมีการประยุกต์ใช้ร่วมกับอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง 2) ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเรือบำบัดน้ำเสียพบว่ามีความถูกต้อง 100% ในส่วนของการประเมินฟังก์ชันการควบคุมการทำงาน ซึ่งทดสอบโดยการควบคุมการทำงานของเรือ การปิดกั้นการเดินเรือ รวมถึงการปล่อยจุลินทรีย์ และ 3) ผลการสอบถามความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่ทดลองใช้เรือบำบัดน้ำเสียที่อยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ: เรือบำบัดน้ำเสียอัตโนมัติ; ควบคุมทางไกลไร้สาย; กล้องควบคุม; แอปพลิเคชัน

Abstract

This research aims to develop a wireless remote-controlled automatic wastewater treatment boat. The sample group consisted of 10 students from the Information Technology program at the College of Computing, Khon Kaen University, who were purposively selected and who voluntarily used the wastewater treatment boat. The research tools included the wastewater treatment boat itself, performance testing in each function, and satisfaction questionnaire. The statistics used in the study were mean and standard deviation. The research findings revealed that 1) The wastewater treatment boat consists of three main components: (1) the control box for managing the boat's system, which operates and commands the equipment within the boat, (2) an application used for controlling the boat's direction and movement via a wireless smartphone connection, and (3) the integration of the boat's functionality with the Internet of Things (IoT); 2) the performance testing results showed 100% accuracy in evaluating the boat's operational control functions, including navigation control, route pinning, and the release of microorganisms; and 3) the satisfaction survey results from the sample group indicated a high level of satisfaction with the wastewater treatment boat.

Keywords: Automatic Wastewater Treatment boat; Wireless Remote-Controller; Control Box; Application

บทนำ

ปัจจุบันแหล่งน้ำหลายแห่งกำลังเผชิญกับปัญหาน้ำเสีย ซึ่งเป็นภาวะที่น้ำมีการปนเปื้อนของสารหรือสิ่งปฏิภูลที่ไม่พึงประสงค์ (กรมควบคุมมลพิษ, 2565) การปนเปื้อนดังกล่าวทำให้คุณสมบัติของน้ำเปลี่ยนแปลงจนไม่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ อีกทั้งยังก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพและโรคร้ายไข้เจ็บแก่ผู้ใช้น้ำเสีย สาเหตุของน้ำเสียสามารถเกิดได้จากทั้งภายในและภายนอกชุมชน (ฮาเกมี สะแปอิง และคณะ, 2564) โดยสาเหตุภายในชุมชนมักมาจากพฤติกรรมของประชาชนที่ปล่อยน้ำเสียและทิ้งขยะลงสู่แม่น้ำโดยตรง ส่วนสาเหตุภายนอกเกิดจากการระบายน้ำเสียของชุมชนเมืองที่ขาดระบบบำบัดที่เหมาะสมก่อนปล่อยลงแหล่งน้ำ ปัญหาน้ำเสียก่อให้เกิดผลกระทบในหลายด้าน ทั้งด้านการดำรงชีวิต เช่น การต้องเผชิญกับกลิ่นเหม็นและขยะสะสม ด้านสุขอนามัย เช่น ความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายโรคจากพาหะอย่างยุง รวมถึงผลกระทบต่ออาชีพ เช่น การทำประมงที่ได้รับความเสียหายจากมลพิษทางน้ำ นอกจากนี้ สภาพแวดล้อมยังได้รับผลกระทบอย่างชัดเจน เช่น การเกิดน้ำดำและโคลนในพื้นที่แหล่งน้ำเสีย ทั้งนี้ ปัญหาดังกล่าวชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นเร่งด่วนในการพัฒนาและปรับปรุงระบบจัดการน้ำเสียอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อแก้ไขและลดผลกระทบที่เกิดขึ้น

งานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการนำเสนอแนวทางต่าง ๆ ดังเช่น เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียในฟิลิปินส์ ได้ถูกนำเสนอขึ้นที่เรียกว่า Vigormin (Adamson University, 2019) เทคโนโลยีนี้ใช้ผสมผสานจากแร่ธาตุและสารอินทรีย์ที่สามารถช่วยกำจัดกลิ่นและบำบัดน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยไม่ใช้สารเคมีที่เป็นอันตราย นวัตกรรมนี้ถูกออกแบบเพื่อให้กระบวนการบำบัดน้ำเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม Vigormin ถูกนำไปใช้ในการทำความสะอาดน้ำเสียในสถานที่ท่องเที่ยวและชุมชนต่าง ๆ ซึ่งช่วยลดกลิ่นไม่พึงประสงค์และป้องกันการปนเปื้อนของน้ำทะเล นอกจากนี้ ยังมีการติดตั้งระบบ Eco-Sep ซึ่งสามารถทำให้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดมีคุณภาพพอสำหรับการนำกลับมาใช้ใหม่ในการเกษตรได้ นอกจากนี้ (รัตนกมลณ, 2564) ยังศึกษาถึงแนวทางการบำบัดน้ำเสียในประเทศสิงคโปร์ ซึ่งเป็นประเทศที่มีพื้นที่ขนาดเล็กมีทรัพยากรน้ำจำกัด และต้องพึ่งพาการนำน้ำจากประเทศมาเลเซีย ส่งผลให้เกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำ งานวิจัยดังกล่าวได้ใช้วิธี (NEWater) ซึ่งจะนำน้ำที่ผ่านการใช้งานแล้วมาบำบัดด้วย 2 กระบวนการคือ 1) การกรองด้วยเมมเบรน ซึ่งเป็นขั้นตอนที่จะแยกเอาอนุภาคที่แขวนลอยรวมถึงแบคทีเรียและสิ่งปนเปื้อนต่าง ๆ ออกจากน้ำเสีย เพื่อทำให้น้ำสะอาดขึ้น และ 2) การใช้แสงอัลตราไวโอเลตหลังจากกรองน้ำแล้ว เพื่อฆ่าเชื้อโรคที่อาจยังคงเหลืออยู่ เพื่อให้มั่นใจว่าน้ำมีความสะอาดและปลอดภัย

สำหรับงานวิจัยที่ผ่านมาที่เกี่ยวกับระบบบำบัดน้ำเสียในประเทศไทยพบว่ามีการศึกษาในหลากหลายแนวทาง เช่น ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลชุมชนจังหวัดสกลนคร (ทัศนีย์ สดใส และคณะ, 2566) ได้มีการออกแบบระบบบำบัดแบบ Sequencing Batch Reactor (SBR) ในโรงพยาบาลจำนวน 10 แห่ง ระบบนี้สามารถบำบัดน้ำเสียในหลายขั้นตอนในถังเดียว ซึ่งช่วยให้เกิดความยืดหยุ่นในการควบคุมกระบวนการบำบัด ซึ่งมีระบบการทำงานหลัก ได้แก่ ระบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้จุลินทรีย์เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ระบบแบบถังกรองอากาศร่วมกับสระเติมอากาศ (Septic Anaerobic filter and Aerated pond) ซึ่งรวมการกรองไร้อากาศและการเติมอากาศเพื่อช่วยในการบำบัด ผลลัพธ์พบว่ามีประสิทธิภาพดีและสามารถรองรับน้ำเสียได้ในระดับที่กำหนดไว้

นอกจากนี้ (ณัฏกิจ ชาริรัตน์ และคณะ, 2561) ศึกษาเทคนิควิธีการประยุกต์ใช้คอนกรีตพูนในถังกรองไร้อากาศเพื่อบำบัดน้ำเสียชุมชน โดยใช้กระบวนการคอนกรีตพูนเป็นตัวกลาง เพื่อให้จุลินทรีย์ยึดเกาะและช่วยย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย โดยการใช้จุลินทรีย์ที่ไม่ต้องใช้ออกซิเจน (Anaerobic) เพื่อบำบัดน้ำเสีย ผลลัพธ์พบว่าสามารถลดค่า COD (Chemical Oxygen Demand) ได้ถึง 51.92% และ TSS (Total Suspended Solids) ได้ถึง 39.29% อีกทั้งในประเทศไทยยังมีการศึกษาถึง เครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยโอโซนในสภาพความดันสูงสำหรับบ่อเลี้ยงปลา (มงคล จงสุพรรณพงศ์ และ สันตติ ศิริอนันต์ไพบูลย์, 2552) โดยระบบนี้ใช้การผสมโอโซนกับน้ำเสียภายใต้สภาวะความดันสูง ซึ่งทำให้น้ำเสียได้รับการบำบัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถกำจัดเชื้อโรค สารอินทรีย์ และสารพิษต่าง ๆ ภายใน 1.6 ชั่วโมง ผลลัพธ์ที่ได้พบว่าน้ำเสียจากชุมชนนั้น ค่า BOD ลดลง 39.09% และ ค่า COD ลดลง 21.19% สำหรับน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงกุ้งนั้น ค่า BOD ลดลง 41.18% และ ค่า COD ลดลง 52.17% เป็นต้น

จากการวิเคราะห์งานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า การบำบัดน้ำเสียมีความหลากหลายมีจุดเด่นที่แตกต่างกัน แต่ก็ยังมีข้อจำกัดในบางประเด็น เช่น วิธีการบางประเภทไม่เหมาะกับการบำบัดในแหล่งน้ำเปิดโดยเฉพาะในชุมชน บางวิธียังไม่สามารถใช้งานในพื้นที่ ๆ มีข้อจำกัดด้านพื้นที่รวมถึงอุปกรณ์ที่มีต้นทุนสูง ซึ่งไม่เหมาะกับพื้นที่ขนาดเล็กหรือชุมชนที่มีทรัพยากรจำกัด บางวิธีอาจบำบัดได้ไม่ทั่วถึง บางวิธีการมีความต้องการของระบบการติดตั้งขนาดใหญ่ ไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก อีกทั้งยังต้องการบำรุงรักษาที่ซับซ้อนและความเชี่ยวชาญในการควบคุมระบบ ซึ่งในการเลือกวิธีการบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมจึงจำเป็นต้องพิจารณาข้อจำกัดต่าง ๆ เหล่านี้ควบคู่กันไปด้วย ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวทางในการพัฒนาเรือบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมกับชุมชนที่มีทรัพยากรจำกัด ราคาต้นทุนการผลิตไม่สูง เคลื่อนย้ายสะดวก บำบัดได้ทั่วถึงทั้งพื้นที่ผ่านการขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ และควบคุมง่ายผ่านเครือข่ายไร้สายและแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง โดยสรุปมีวัตถุประสงค์หลัก 2 ข้อดังนี้คือ 1) เพื่อออกแบบและพัฒนาเรือบำบัดน้ำเสียอัตโนมัติพร้อมกล่องควบคุม ที่สามารถรับคำสั่ง ควบคุม และตรวจสอบสถานะการทำงานของระบบต่าง ๆ ภายในเรือไร้สายแบบระยะไกล ซึ่งประกอบด้วย ระบบการเดินเรือ ระบบเซ็นเซอร์ตรวจวัดคุณภาพน้ำ และระบบบำบัดน้ำเสีย และ 2) เพื่อออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับควบคุมการเคลื่อนที่ของเรือไร้สายด้วยโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยทำงานได้ทั้งในโหมดควบคุมด้วยมือ (Manual) และโหมดอัตโนมัติ (Automatic) พร้อมแสดงผลข้อมูลจากเซ็นเซอร์การวัดคุณภาพน้ำ และสถานะการทำงานของระบบตามเวลาจริง

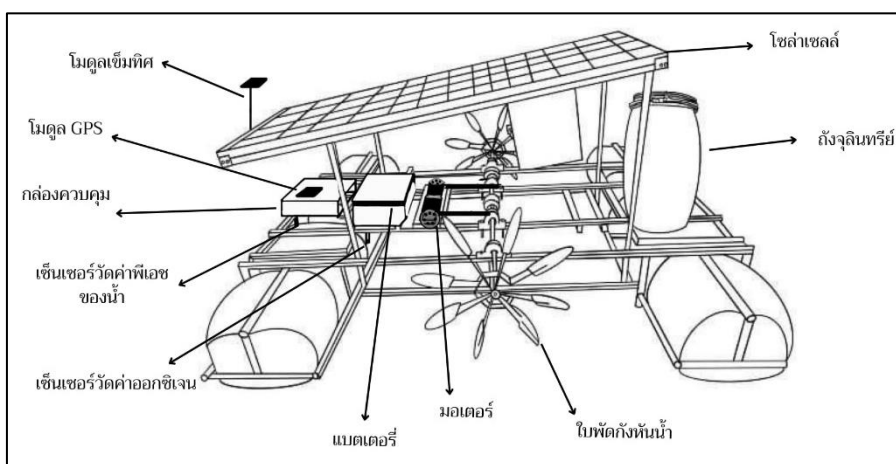
วิธีดำเนินการวิจัย

1. การออกแบบเรือบำบัดน้ำเสีย

1.1 การออกแบบ Hardware เรือบำบัดน้ำเสีย

เรือบำบัดน้ำเสียถูกออกแบบด้วยเหล็กหนา 10 มิลลิเมตร มีขนาดกว้าง 70 เซนติเมตร ยาว 78 เซนติเมตร และสูง 39 เซนติเมตร ตัวเรือสามารถลอยน้ำได้ด้วยถังพลาสติกจำนวน 8 ถังบนโครงเหล็กจะติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 300 วัตต์ เพื่อใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการชาร์จแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ ซึ่งแบตเตอรี่เหล่านี้จะเป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับกล่องควบคุมและมอเตอร์โดยทำงานที่

แรงดัน 12 โวลต์ สำหรับการควบคุมใบพัดในการขับเคลื่อนเรือ กล้องควบคุมที่อยู่ภายในเรือจะทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ ซึ่งเชื่อมต่อกับใบพัดผ่านสายพาน ทั้งนี้ในการควบคุมเรือ ผู้ใช้งานสามารถใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ควบคุมทิศทางเรือในโหมด Manual ผ่านเครือข่ายไร้สายด้วยเทคโนโลยี วิทยุพา (Wi-Fi) โดยใช้บอร์ด ESP32 เพื่อรับคำสั่งจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ เพื่อควบคุมมอเตอร์และบังคับทิศทางของเรือได้ตามต้องการ และในโหมด Automatic เรือจะใช้ GPS module เพื่อตรวจจับตำแหน่งที่ได้รับจากดาวเทียม พร้อมทั้งประมวลข้อมูลเกี่ยวกับพิกัด ความเร็ว และการเคลื่อนที่ ร่วมกับการทำงานของเซ็นเซอร์ GY-282 HMC5983 ซึ่งทำหน้าที่เป็นเข็มทิศเพื่อระบุตำแหน่งและทิศทาง เพื่อทำให้เรือเดินไปตามทิศทางที่ระบุไว้อัตโนมัติ อีกทั้งเรือยังมีการติดตั้งเซ็นเซอร์วัดค่าพีเอชของน้ำและเซ็นเซอร์วัดค่าออกซิเจน และในส่วนท้ายของเรือถูกออกแบบให้สามารถวางถังจุลินทรีย์ซึ่งสูง 80 เซนติเมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร เพื่อเติมจุลินทรีย์ตามที่กำหนดไว้ในส่วนควบคุมแบบอัตโนมัติ (แสดงดังภาพที่ 1)

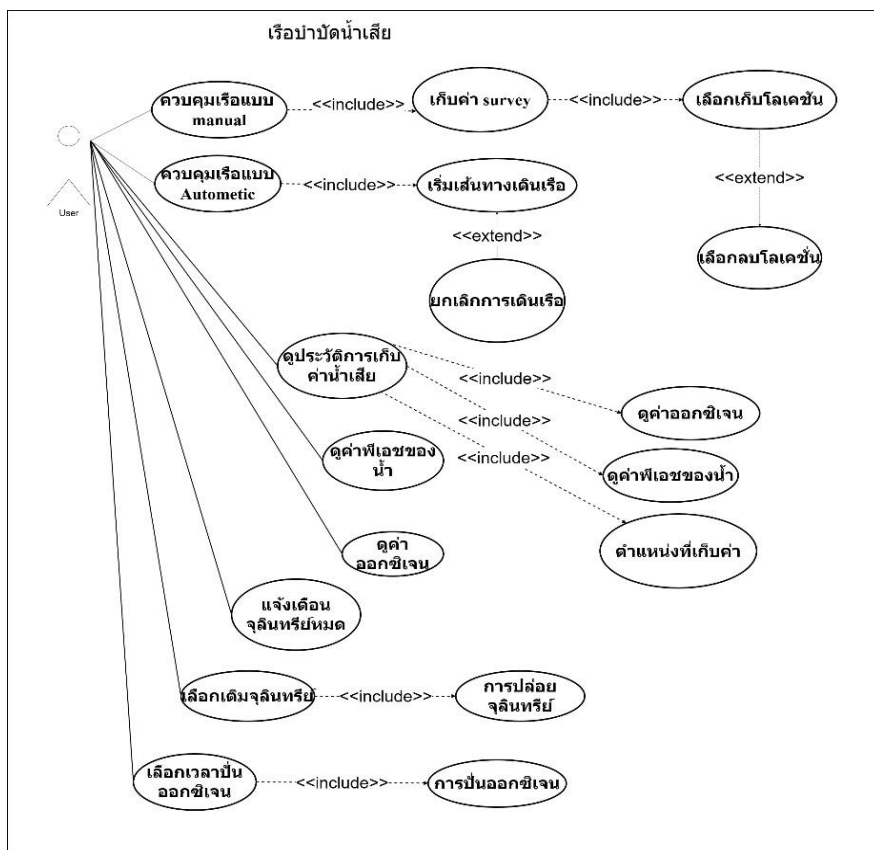


ภาพที่ 1 การจำลองโครงสร้างเรือบำบัดน้ำเสีย

1.2 การออกแบบ Software เรือบำบัดน้ำเสีย

การกำหนดฟังก์ชันการทำงานต่าง ๆ คือ ส่วนสำคัญในการตรวจสอบ ควบคุม Hardware ในส่วนของแอปพลิเคชัน Application (หรือ Software) โดยผู้วิจัยได้กำหนดฟังก์ชันต่าง ๆ แสดงเป็นแผนภาพกรณี (Use Case) ซึ่งแสดงดังภาพที่ 2 โดยประกอบไปด้วยการควบคุมเรือในโหมด Manual ผู้ใช้งานสามารถเก็บค่าการสำรวจต่าง ๆ (Survey) เพื่อบันทึกค่าออกซิเจนและค่าพีเอช ได้ด้วยตัวเองซึ่งเลือกเก็บตำแหน่งของเรือเพื่อใช้ในการปักหมุด โดยแอปพลิเคชันจะแสดงค่าละติจูดลองจิจูด ค่าออกซิเจน และค่าพีเอช ซึ่งในขณะเดียวกันผู้ใช้สามารถลบข้อมูลตำแหน่งได้หากต้องการที่จะเปลี่ยนการปักหมุด ถัดไปคือการควบคุมเรือแบบ Automatic โดยผู้ใช้งานสามารถเริ่มต้นเส้นทางเดินเรือเพื่อให้เรือเดินตามหมุดที่ปักไว้ (จากในส่วนของ Manual) อย่างไรก็ตามผู้ใช้งานสามารถยกเลิกเส้นทางเดินเรือได้ทุกเมื่อ ในขณะที่เรือกำลังเคลื่อนที่ไปยังเป้าหมาย นอกจากนี้ผู้ใช้งานสามารถเลือกดูประวัติการเก็บค่าเซ็นเซอร์ ซึ่งจะแสดงเป็นค่า ต่าง ๆ เช่น วัน เดือน ปี เวลา ละติจูด ลองจิจูด ออกซิเจนและ

พีเอช ของน้ำที่เรือเดินผ่านและเก็บข้อมูล ซึ่งจะเก็บค่าทุก 5 วินาที (ปรับเปลี่ยนได้) นอกจากนี้ผู้ใช้งานยังสามารถเพิ่มการปักหมุดตำแหน่งที่ต้องการบำบัดน้ำเสีย (เติมจุลินทรีย์ หรือปั่นเพิ่มออกซิเจน) และสามารถตรวจสอบค่าของเซ็นเซอร์ต่าง ๆ ที่บำบัดได้ว่าดีขึ้นหรือไม่ รวมถึงแอปพลิเคชันยังสามารถแสดงถึงสถานะของปริมาณจุลินทรีย์และแรงดันในกรณีที่มีปริมาณจุลินทรีย์หมดให้แก่ผู้ใช้งาน



ภาพที่ 2 แผนภาพกรณีการใช้งานผ่านแอปพลิเคชัน

2. ภาพรวมของระบบ

ผู้ใช้งานสามารถควบคุมเรือบำบัดน้ำเสียผ่านแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ผ่านเครือข่ายไร้สาย ไปยังอินเทอร์เน็ต โดยภายในแอปพลิเคชันการควบคุมเรือมีให้เลือก 2 โหมด ได้แก่ Manual และ Automatic ในขั้นตอนแรกผู้ใช้เลือกโหมด Manual เพื่อควบคุมทิศทางของเรือผ่านปุ่มลูกศรที่แสดงในแอปพลิเคชัน โดยหน้าจอจะแสดงข้อมูลต่าง ๆ เช่น ค่าเฉลี่ยจุดและค่าลองติจูดของตำแหน่งปัจจุบันของเรือ ค่าออกซิเจนและค่าพีเอชของน้ำ เมื่อผู้ใช้งานตรวจสอบค่าน้ำเสียที่ต้องการบำบัด สามารถทำการบันทึกตำแหน่ง (ADD location) เพื่อทำการปักหมุด จากนั้นผู้ใช้งานกำหนดระยะเวลาการปั่นกังหันเพื่อเพิ่มค่าออกซิเจนในน้ำ อีกทั้งยังสามารถกำหนดปริมาณจุลินทรีย์ที่จะเติมว่ามีจำนวนเท่าใด (ในหน่วยลิตร) ในแต่ละจุด นอกจากนี้เมื่อผู้ใช้งานบันทึกจุดปักหมุด

เสร็จสิ้นแล้วยังสามารถเลือกโหมด Automatic เพื่อให้เรือทำงานโดยอัตโนมัติ โดยเรือจะเคลื่อนที่ตามจุดที่ผู้ใช้งานได้ปักหมุดไว้ และทำการปล่อยจุลินทรีย์ตามตำแหน่งที่กำหนดหน้าจอก็จะแสดงข้อมูลต่าง ๆ เช่น ค่าละติจูดและลองจิจูดของตำแหน่งเรือ ณ ปัจจุบัน ค่าละติจูดและลองจิจูดที่ปักหมุดไว้ ตำแหน่งของจุดปักหมุดถัดไป ทิศทางที่เรือกำลังเคลื่อนที่ รวมถึงสถานะของมอเตอร์และสถานะของวาล์วว่าเปิดหรือปิดอยู่ ซึ่งเมื่อเรือบำบัดครบทุกจุดตามที่ได้ปักหมุดไว้แล้ว เรือจะทำการปั่นออกซิเจนต่อจนครบระยะเวลาที่กำหนด โดยผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบประวัติการเก็บข้อมูลน้ำเสียย้อนหลังได้เพื่อประเมินว่าสภาพน้ำมีการปรับปรุงดีขึ้นหรือไม่ โดยหน้าจอก็จะแสดง วันที่ เวลา ละติจูด ลองจิจูด ค่าออกซิเจน และค่าพีเอชของน้ำ เพื่อให้สามารถวิเคราะห์และประเมินคุณภาพน้ำในแต่ละจุดได้อย่างละเอียด ซึ่งแสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ภาพรวมระบบเรือบำบัดน้ำเสีย

3. การพัฒนาเรือบำบัดน้ำเสีย

3.1 การพัฒนาเรือและกล่องควบคุม

ผู้วิจัยได้พัฒนาเรือบำบัดน้ำเสียโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนภายนอกเรือและส่วนภายในของเรือ ซึ่งในส่วนภายนอกเรือจะประกอบไปด้วย แผงโซลาร์เซลล์ทำงานโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ชาร์จไฟให้กับแบตเตอรี่ โดยมีกล่องควบคุมที่อยู่ด้านหน้า และมีเซ็นเซอร์วัดออกซิเจนและพีเอชของน้ำ ซึ่งแสดงดังภาพที่ 4 (ก) ใบพัดกังหันน้ำใช้เพื่อเคลื่อนที่ไปตามจุดต่าง ๆ และเป็นตัวปั่นเพื่อเพิ่มออกซิเจนด้านซ้าย ดังภาพที่ 4 (ข) ใบพัดกังหันน้ำใช้เพื่อเคลื่อนที่ไปตามจุดต่าง ๆ และเป็นตัวปั่นเพื่อเพิ่มออกซิเจนด้านขวา ดังภาพที่ 4 (ค) ถึงใส่จุลินทรีย์สูง 80 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร ลูกลอยที่อยู่ในถังจุลินทรีย์ และท่อโซลินอยด์เพื่อปล่อยจุลินทรีย์ด้านหลัง ดังภาพที่ 4 (ง) ภายในเรือจะมี

มอเตอร์ สวิตช์ที่ใช้เปิด-ปิดมอเตอร์ และมีอินเวอร์เตอร์สำหรับชาร์จแบตเตอรี่ที่เชื่อมต่อมาจากรโซลาร์เซลล์ ดังภาพที่ 4 (จ)



(ก) เรือบำบัดน้ำเสียด้านหน้า



(ข) เรือบำบัดน้ำเสียด้านขวา



(ค) เรือบำบัดน้ำเสียด้านหลัง



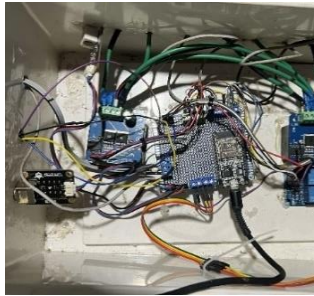
(ง) เรือบำบัดน้ำเสียด้านหลัง



(จ) อุปกรณ์ภายในเรือ

ภาพที่ 4 การออกแบบอุปกรณ์ภายนอกของเรือบำบัดน้ำเสีย

ภาพที่ 5 แสดงถึงกล่องควบคุมเรือบำบัดน้ำเสียประกอบไปด้วยวงจรควบคุม (Microcontroller) ซึ่งทำหน้าที่ในการรับข้อมูลจากเซ็นเซอร์ที่อยู่ในกล่องควบคุม โดยส่งสัญญาณการบังคับการทำงานไปที่ไดร์ฟมอเตอร์ (Drive motor) เพื่อสั่งให้มอเตอร์ทำงาน แล้วจากนั้นจึงส่งข้อมูลผ่านคลื่นสัญญาณไร้สายไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ ทั้งนี้เซ็นเซอร์ทั้งหมดประกอบไปด้วยเซ็นเซอร์วัดค่าพีเอชของน้ำ เซ็นเซอร์วัดค่าออกซิเจน เซ็นเซอร์รับข้อมูลตำแหน่ง (GPS module) และเซ็นเซอร์เข็มทิศ (Compass) โดยการควบคุมจะใช้บอร์ดขับเคลื่อนมอเตอร์แรงดันสูงเข้ามาเพื่อใช้ในการบังคับทิศทางของมอเตอร์และรีเลย์ (Relay) ในการควบคุมโซลินอยวาล์วที่จะปล่อยจุลินทรีย์บำบัดน้ำเสีย



(ก) ภายในกล่องควบคุม

(ข) GPS module ที่อยู่ด้านบน
กล่องควบคุม

(ค) เช็มทิศ

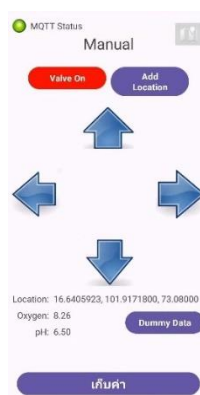
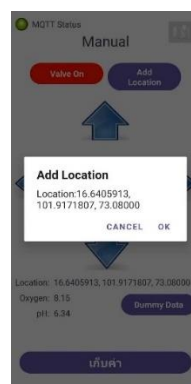
ภาพที่ 5 กล่องควบคุมเรือบำบัด

3.2 การพัฒนาแอปพลิเคชัน

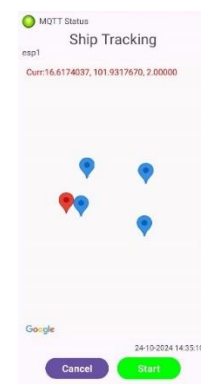
เมื่อผู้ใช้งานเข้าสู่แอปพลิเคชัน จะปรากฏหน้าแรกแสดงดังภาพที่ 6 (ก) ซึ่งแสดงเมนูหลักของระบบ เมื่อผู้ใช้งานคลิกเข้าไปดังภาพที่ 6 (ข) จะแสดงค่าตำแหน่ง ค่าออกซิเจน และค่าพีเอชของน้ำ เมื่อผู้คลิก ADD location ดังแสดงในภาพที่ 6 (ค) โดยจะเก็บค่าตำแหน่งปัจจุบันที่เรืออยู่และให้ผู้ใช้งานปิกหมุด และเมื่อปิกหมุดเสร็จสิ้นแล้ว ผู้ใช้งานเลือกเมนู Automatic ดังภาพที่ 6 (ง) แอปพลิเคชันจะแสดงหมุดและคลิกเริ่มและหยุดการทำงานของเรือ ซึ่งแสดง ดังภาพที่ 6 (จ) เมื่อเริ่มการทำงาน แอปพลิเคชันจะแสดงหมุดและค่าละเอียดจุด ค่าลองจิจูด และทิศทางที่เรือกำลังเดินทางไป สถานะมอเตอร์ทำงานหรือหยุดทำงาน สถานะวาล์วเปิดหรือปิดอยู่ เมนูที่ 3 ดังภาพที่ 6 (ค) จะแสดงค่าพีเอชของน้ำ ค่าออกซิเจน และสถานะจุลินทรีย์คังเหลื่อ เมนูที่ 5 ภาพที่ 6 (ข) จะแสดงการเก็บประวัติจากเซ็นเซอร์ต่าง ๆ จากเมนูแรก ซึ่งจะเก็บค่าต่าง ๆ เช่น วัน เวลา ตำแหน่ง ละติจูด ลองจิจูด พีเอชของน้ำ และออกซิเจน เมนูสุดท้ายดังภาพที่ 6 (ฉ) สามารถเลือกได้ว่าหลังจากเดินเรือเสร็จสิ้นตามหมุดแล้ว จะให้เรือปั่นออกซิเจนต่ออีกกี่ชั่วโมง และจะเลือกเติมจุลินทรีย์เป็นจำนวนเท่าใด



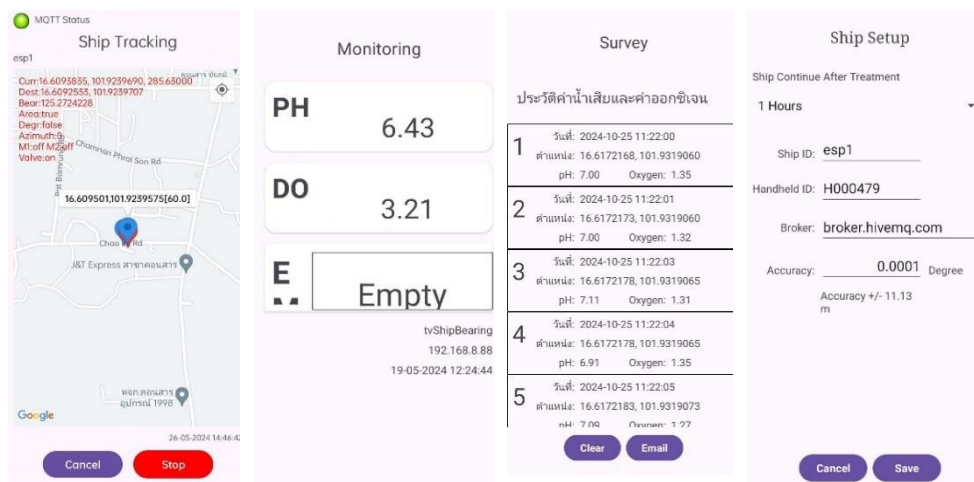
(ก) หน้าเลือกเมนู

(ข) หน้าบังคับ
Manual

(ค) ADD location



(ง) หน้า Automatic

(จ) หน้าจอแสดงเมื่อ
เริ่มการเดินเรือ(ค) หน้าจอแสดงค่า
ออกซิเจนฟิเอชของน้ำ
สถานะจุลินทรีย์(ข) หน้าประวัติค่าน้ำ
เสีย(ง) หน้าเลือกบันทึก
ออกซิเจนเลือกเติม
จุลินทรีย์

ภาพที่ 6 หน้าจอของแอปพลิเคชัน

เทคนิคที่ใช้พัฒนาแอปพลิเคชัน Android Studio โดยในการพัฒนาโปรแกรมนั้นจะใช้ภาษา Java ซึ่งพัฒนาโดย (Sun Microsystems) ในการเขียนแอปพลิเคชันเพื่อส่งพบลิกคคอมเมนต์ไปที่ เอ็มคิวทีที (MQTT - MQ Telemetry Transport) และในส่วนของ ESP32 จะพัฒนาโปรแกรมโดยใช้ภาษา C ในการเขียนและรับซิปสไครบคอมมานด์ เพื่อส่งคำสั่งไปยังกล่องควบคุมภายในเรือ ทั้งนี้ Arduino IDE (ณัฐพล เจริญศิริ และคณะ, 2563) ถูกนำมาใช้เพื่อพัฒนาโปรแกรมให้ ESP32 ทำงานร่วมกับแอปพลิเคชันและ MQTT อย่างมีประสิทธิภาพ

4. การทดสอบประสิทธิภาพเรือบำบัดน้ำเสีย

การประเมินประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียนั้น ได้ทำการวัดคุณภาพในวันที่ 7 มิถุนายน 2567 โดยมีระยะเวลาการทดลองจำนวน 1 เดือน สถานที่ทดลองคือ บ่อน้ำชุมชนป่าช้าหนองหญ้าปล้อง หมู่ 1 บ้านนาเขิน เทศบาลตำบลคอนสาร อำเภอกอนสาร จังหวัดชัยภูมิ ซึ่งการประเมินใช้เกณฑ์ดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป (WQI, Water Quality Index) ตามมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (พิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ, 2564) ซึ่งมีค่าคะแนนตั้งแต่ 0-100 โดยแบ่งคุณภาพน้ำได้ดังนี้คือ สภาพเสื่อมโทรมมาก (0-30) เสื่อมโทรม (31-60) พอใช้ (61-70) ดี (71-90) และ ดีมาก (91-100) โดยใช้เกณฑ์การประเมินคือ ปริมาณค่าออกซิเจนละลายน้ำ นอกจากนี้ยังได้วัดค่าฟิเอชของน้ำเพื่อประเมินความเป็นกรดและด่าง โดยน้ำที่มีความเป็นกรดมากคือ 0-4 น้ำปกติที่สิ่งมีชีวิตสามารถอาศัยอยู่ได้คือ 6.5-9 และความเป็นด่างมากคือ 10-14 ทั้งนี้ในการประเมินประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสีย ใช้เรือบำบัดน้ำเสียที่ปักหมุด 4 จุดที่มีค่าออกซิเจนต่ำและค่าฟิเอชของน้ำที่มีความเป็นกรดหรือด่าง (ผลลัพธ์แสดงได้ดังภาพที่ 7) โดยทำการเดินเรือปล่อยจุลินทรีย์ตามจุดและบันทึกออกซิเจนต่อจนครบเวลาที่ตั้งไว้

5.สถิติที่ใช้ในการวิจัย

ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยนำผลที่ได้เทียบกับเกณฑ์การประเมิน (สมบัติ, 2555) ดังนี้

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 – 5.00 หมายความว่า ระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.51 – 4.50 หมายความว่า ระดับมาก

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.51 – 3.50 หมายความว่า ระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.51 – 2.50 หมายความว่า ระดับน้อย

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.01 – 1.50 หมายความว่า ระดับน้อยที่สุด

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการประเมินแสดงให้เห็นว่าค่าออกซิเจนและค่าพีเอชของน้ำมีแนวโน้มดีขึ้นเรื่อย ๆ ในแต่ละสัปดาห์ การดำเนินการบำบัดน้ำเสียใช้วิธีการปล่อยจุลินทรีย์สัปดาห์ละ 1 ครั้ง และบ้นเติมออกซิเจนสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ผลจากการทดลองพบว่าการใช้เรือบำบัดน้ำเสียโดยวิธีการบ้นเติมอากาศและการปล่อยจุลินทรีย์ช่วยเพิ่มปริมาณออกซิเจนและปรับค่าพีเอชของน้ำให้อยู่ในเกณฑ์ที่ดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง น้ำมีคุณภาพดีขึ้นตามกราฟคะแนนในแต่ละสัปดาห์ซึ่งแสดงถึงประสิทธิภาพที่ดีของการบำบัดน้ำเสียในแหล่งน้ำชุมชนนี้



ภาพที่ 7 กราฟแสดงค่าออกซิเจนและพีเอชของน้ำในแต่ละสัปดาห์

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเรือบำบัดน้ำเสีย โดยประเมินจากความถูกต้องของการใช้งาน โดยพิจารณา 3 ฟังก์ชันหลัก คือ (1) การควบคุมการทำงานของเรือ (2) การป้องกันการเดินเรือ และ (3) การปล่อยจุลินทรีย์ ดังตารางที่ 1 จากการทดสอบฟังก์ชันการควบคุมการทำงานของเรือ จะเป็นการบังคับการควบคุมการทำงานของเรือ โดยหน้าจอจะแสดงปุ่มทิศทาง เดินหน้า ถอยหลัง หมุนซ้าย หมุนขวา ให้ผู้ใช้บังคับการเดินเรือจำนวน 10 ครั้ง จากนั้น ผู้ใช้งานพบว่ามีความถูกต้อง 100% ประเมินฟังก์ชันการป้องกันการเดินเรือ เมื่อผู้ใช้งานทำการปิดกั้นตามที่ต้องการ ซึ่งปิดเป็น 2 หมุด 3 หมุด 4 หมุด แล้วให้เรือเดินตามหมุดว่าถูกต้องตามที่ปิดกั้นหรือไม่ ผลการทดสอบจำนวน 10 ครั้ง พบว่าการเดินเรือมีความถูกต้อง 100% นอกจากนี้ ในการประเมินฟังก์ชันการปล่อยจุลินทรีย์ ผู้ใช้ทำการปิดกั้นตามที่ต้องการแล้วเข้าเมนูหน้า Automatic คลิกสตาร์ท เรือจะเดินไปยังจุดที่ปิดเรือ และจากนั้นทำการปล่อยจุลินทรีย์เป็นเวลา 1 นาที จากผลการทดสอบจำนวน 10 ครั้ง พบว่าการปล่อยจุลินทรีย์มีความถูกต้อง 100%

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพเรือบำบัดน้ำเสีย

ลำดับ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการทดสอบ (ครั้งที่)										สรุป (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	การควบคุมการทำงาน ของเรือ	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
2	การปิดกั้น การเดินเรือ	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
3	การปล่อย จุลินทรีย์	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

ผลการสอบถามความพึงพอใจจากตัวอย่างที่ทดลองใช้เรือบำบัดน้ำเสีย จำนวน 10 คน จากนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศ วิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ทั้งนี้ผลลัพธ์การทดสอบประสิทธิภาพพบว่า ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจมากที่สุดในด้านการบังคับเรือ และยังมีมีความพึงพอใจระดับมากในหลายด้าน ได้แก่ การเคลื่อนที่ของเรือ ระบบการปล่อยจุลินทรีย์ การปิดกั้นพิกัดเรือ อย่างไรก็ตาม พบว่ามีความพึงพอใจในระดับปานกลาง คือ การเดินตามพิกัดหมุดที่ปัก พบว่าเมื่อคลิกสตาร์ทในหน้า Automatic แล้ว เรืออาจจะไม่ตรงจุดที่ปัก เนื่องจากค่าละติจูดและลองจิจูดไม่เสถียร โดยเฉพาะในกรณีที่มีน้ำมีเมฆมากหรือมีสิ่งกีดขวาง และหากเรือเดินถึงจุดที่ปักหมุด อาจจะปรากฏมีแรงลมหรือกระแส น้ำซึ่งอาจจะพัดเรือออกจากจุดที่ปักหมุดไว้ ทั้งนี้จากการวิเคราะห์เบื้องต้น พบว่าควรพัฒนาตัวอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง โดยหากมีงบประมาณควรเลือกใช้ GPS module ที่มีความแม่นยำและเสถียรมากขึ้น และติดตั้ง GPS module ในตำแหน่งที่ไม่มีอุปสรรคหรือสิ่งใด ๆ มาดบังเพื่อเพิ่มความสามารถในการรับสัญญาณได้ดี

ตารางที่ 2 คะแนนความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

หัวข้อประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น
1. ความสะดวกและง่ายในการใช้งานของระบบ	4.45	0.76	มาก
2. การเดินตามพิกัดหมุดที่ปัก	3.48	0.95	ปานกลาง
3. การบังคับเรือ	4.65	0.49	มากที่สุด
4. การปิดกั้น พิกัด เรือ	4.45	0.76	มาก
5. ระบบการปล่อยจุลินทรีย์	4.00	0.85	มาก
6. การเคลื่อนที่ของเรือ	4.45	0.69	มาก
คะแนนเฉลี่ยโดยรวม	4.25	0.75	มาก

การอภิปรายผล

ในหัวข้อนี้ ผู้วิจัยได้เลือกองค์ประกอบหลักที่สำคัญในการพัฒนางานวิจัยเรือบำบัดน้ำเสียอัตโนมัติควบคุมทางไกลไร้สาย มาอภิปรายผล เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมา โดยพิจารณา

ถึง ข้อดี ข้อเสีย และข้อแตกต่าง ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 องค์ประกอบดังนี้ (1) การทำงานของกังหัน (2) การทำงานของ GPS และ (3) การทำงานของแอปพลิเคชันเรือบำบัดน้ำเสีย

ในการทำงานของกังหัน ผู้วิจัยได้ศึกษาและนำ กังหันชัยพัฒนา ซึ่งพัฒนาโดย สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2553) และกรมพัฒนาที่ดิน มาวิเคราะห์และเปรียบเทียบ พบว่า กังหันชัยพัฒนาเหมาะสำหรับการเติมออกซิเจนในน้ำขนาดใหญ่ที่มีปัญหาการขาดออกซิเจน เช่น ในแม่น้ำหรือพื้นที่เกษตรกรรม ไม่มีการควบคุมจากระยะไกล และสามารถทำงานได้โดยอัตโนมัติ ซึ่งเหมาะกับพื้นที่ ๆ ต้องการเพิ่มการไหลเวียนของน้ำและการเติมออกซิเจน ในขณะที่เรือบำบัดน้ำเสียอัตโนมัติ สามารถเคลื่อนที่ได้ทั่วทั้งบริเวณ และสามารถบำบัดน้ำในพื้นที่ต่าง ๆ ที่มีปัญหาน้ำเสียได้ครอบคลุม โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ในการควบคุมการทำงานผ่านแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ เช่น การปล่อยจุลินทรีย์และการวัดค่าออกซิเจนและพีเอช ทำให้เหมาะกับพื้นที่ ๆ ต้องการความยืดหยุ่นในการบำบัดน้ำและการควบคุมการทำงานที่แม่นยำ อย่างไรก็ตามทั้งเรือบำบัดน้ำเสียอัตโนมัติและกังหันชัยพัฒนาต่างมีบทบาทสำคัญในการปรับปรุงคุณภาพน้ำและขึ้นอยู่กับลักษณะของพื้นที่และประเภทของมลพิษที่ต้องการบำบัด

เมื่อพิจารณาถึงเทคโนโลยี GPS ผู้วิจัยได้วิเคราะห์และเปรียบเทียบงานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับเรือบำบัดน้ำเสียอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นพบว่า งานวิจัยเรืออัตโนมัติ: ควบคุมการเคลื่อนที่ด้วย GPS สำหรับงานทางด้านสิ่งแวดล้อม (สถาบันวิทยาการหุ่นยนต์ภาคสนาม, 2553) มีความคล้ายคลึงและใกล้เคียงกันเนื่องจากมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเรืออัตโนมัติที่ใช้ GPS ในการควบคุมการเคลื่อนที่เพื่อปฏิบัติงานด้านสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตามงานวิจัยดังกล่าวไม่สามารถบำบัดน้ำเสียและควบคุมผ่านแอปพลิเคชันทางไกลไร้สายได้ นอกจากนี้ในงานวิจัยเรื่อง การควบคุมการเคลื่อนที่ของเรือคายัคตามจุดพิกัดที่กำหนด (ฤทธิ์อ่อนเจริญ, 2559) ได้นำเสนอการควบคุมการเคลื่อนที่ของเรือไปยังจุดพิกัดที่กำหนด โดยใช้ GPS และสมการเรขาคณิต ซึ่งเป็นวิธีการส่วนหนึ่งของระบบนำทางที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับเรือบำบัดน้ำเสียได้ การศึกษานี้จึงเป็นแนวทางและเทคโนโลยีที่สามารถนำมาปรับใช้และพัฒนาต่อยอดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเรือบำบัดน้ำเสีย โดยเฉพาะด้านการควบคุมการเคลื่อนที่ด้วย GPS และระบบขับเคลื่อนที่มีประสิทธิภาพ

ในส่วนขององค์ประกอบสำคัญของเรือบำบัดน้ำเสียอัตโนมัติคือ แอปพลิเคชัน ซึ่งเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับงานที่ผ่านมาพบว่า งานวิจัยเรือเก็บขยะควบคุมผ่านระบบแอนดรอยด์ (ณัฐสุด จันทร์บุญเรือง และคณะ, 2561) สามารถเก็บขยะในน้ำที่ควบคุมผ่านสมาร์ตโฟนระบบแอนดรอยด์ ซึ่งมีข้อดีสำคัญคือ การใช้เทคโนโลยีไร้สายในการควบคุมเรือ ทำให้การเก็บขยะในแหล่งน้ำมีประสิทธิภาพมากขึ้น อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่การเก็บขยะเท่านั้น ในขณะที่งานวิจัยของที่ได้นำเสนอนี้มุ่งเน้นการบำบัดน้ำเสียโดยเฉพาะ อีกทั้งยังมีฟังก์ชันหลากหลาย เช่น การตรวจวัดคุณภาพน้ำ การปักหมุดตำแหน่งและการปล่อยจุลินทรีย์ผ่านแอปพลิเคชัน หรือแม้แต่การตรวจสอบสถานะของปริมาณจุลินทรีย์ นอกจากนี้งานวิจัยที่นำเสนอยังมีโหมดการทำงานทั้งแบบ Manual และ Automatic ที่สามารถสั่งการและตรวจสอบสถานะของเรือตามเวลาจริงผ่านแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ ซึ่งเป็นข้อแตกต่างที่สำคัญจากงานวิจัยอื่น ๆ

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องคือ การพัฒนาระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำโดยใช้ IoT เพื่อติดตามคุณภาพน้ำผ่านแอปพลิเคชัน (พรวนา รัตนชูโชค, 2562) ซึ่งพัฒนาระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำและแสดงผลผ่านแอปพลิเคชัน โดยมีข้อดีสำคัญคือ การใช้เทคโนโลยี IoT ในการตรวจวัดและติดตามคุณภาพน้ำ อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ไม่ได้รวมฟังก์ชันการควบคุมเรือหรือการบำบัดน้ำเสียใด ๆ ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยที่ได้นำเสนอขึ้นนี้ที่ผนวกรวมทั้งการตรวจวัดคุณภาพน้ำและการบำบัดน้ำเสียผ่านแอปพลิเคชันเดียวกัน รวมถึงการเดินเรืออัตโนมัติผ่านพลังงานจากแสงอาทิตย์ ซึ่งกล่าวโดยสรุปว่า งานวิจัยเรือบำบัดน้ำเสียอัตโนมัติควบคุมทางไกลไร้สาย มีความครอบคลุมและฟังก์ชันการทำงานที่หลากหลายกว่า โดยเฉพาะในด้านการบำบัดน้ำเสียและการควบคุมผ่านแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์เคลื่อนที่

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนาเรือบำบัดน้ำเสียอัตโนมัติควบคุมทางไกลไร้สาย โดยมีมุ่งเน้นการพัฒนาเรือบำบัดน้ำเสียที่ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบหลัก คือ (1) กล้องควบคุมระบบเรือบำบัดน้ำเสียที่ทำหน้าที่ควบคุมและสั่งการอุปกรณ์ภายในเรือ (2) แอปพลิเคชันที่ใช้ในการควบคุมทิศทางและการเคลื่อนที่ของเรือผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยแอปพลิเคชันนี้จะแสดงสถานะการทำงานของเรือบำบัดน้ำเสีย เช่น ค่าออกซิเจน ค่าพีเอชของน้ำ ตำแหน่ง ค่าละติจูดและค่าลองจิจูดปัจจุบันของเรือ การควบคุมการเคลื่อนที่ของเรือ การปิดหมุดเส้นทางการเดินเรือ และตรวจสอบค่าออกซิเจนและค่าพีเอช รวมถึงปริมาณคงเหลือจุลินทรีย์ (3) การทำงานของเรือ มีการประยุกต์ใช้ร่วมกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง โดยมีการนำเซ็นเซอร์วัดค่าออกซิเจน ค่าพีเอชของน้ำ และ GPS module มาใช้โดยมี ESP32 เป็นคอนโทรลเลอร์ และใช้ Android Studio ในการพัฒนาแอปพลิเคชัน ซึ่งทำงานร่วมกับ MQTT เพื่อเป็นตัวกลางในการรับ-ส่งข้อมูล ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ประเมินประสิทธิภาพการทำงานของเรือบำบัดน้ำเสียอัตโนมัติ พบว่ามีความถูกต้อง 100% และยังได้ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ซึ่งพบว่าโดยภาพรวมผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับมาก (มีคะแนนเฉลี่ย 4.25) อย่างไรก็ตามเรือบำบัดน้ำเสียยังคงมีข้อจำกัดในด้านความเสถียรของอุปกรณ์ (ด้วยงบประมาณที่จำกัด) ซึ่งสามารถพัฒนาให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งทางผู้วิจัยจะทำการพัฒนาเพิ่มเติมขึ้นเพื่อให้สามารถนำไปใช้ในการดำเนินธุรกิจได้ต่อไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. (2565). *คู่มือการจัดการน้ำเสียชุมชนภาคประชาชน*. <https://www.pcd.go.th/waters/>
- ณัฐสุด จันทรบุญเรือง, รัฐธรรมบุญ รวยกระปือ, และภากร นาคศรี. (2561). เรือเก็บขยะควบคุมผ่านระบบแอนดรอยด์ [โปสเตอร์นำเสนอในที่ประชุม]. การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 5 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน.
- ณัฐพล เจริญศิริ, ประชาสันต์ แว่นไธสง, และกฤษณพล เกิดทองคำ. (2563). ระบบแจ้งเตือนอุณหภูมิและความชื้นสำหรับห้องควบคุมไฟฟ้า สำหรับบริษัทสงวนวงษ์อุตสาหกรรม จำกัด. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งรัตนโกสินทร์*, 2(3), 119-132.
- ณัดกิจ ชาริรัตน์, สมภพ สอนงราชกูร์, ชนาธิป นาโสก, และจารวี ไชยกำบัง. (2561). การเพิ่มประสิทธิภาพของระบบไพรยกรองด้วยคอนกรีตพูนในการบำบัดน้ำเสีย. *วารสารวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมไทย*, 32(2), 33-43.
- ทัศนีย์ สดใส, บุญนาค แพงชาติ, และไกรวิชญ์ เรืองฤทธิ์. (2566). การศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลชุมชนจังหวัดสกลนคร. *วารสารสุขภาพและสิ่งแวดล้อมศึกษา*, 8(3), 322-324.
- พรwana รัตนชูโชค. (2562). การพัฒนาระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำโดยใช้ IoT เพื่อติดตามคุณภาพน้ำผ่านแอปพลิเคชัน. *วารสารการวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยมหิดล*, 17(3), 45-52.
- พิพิธภัณฑวิทยาศาสตร์แห่งชาติ. (2564, 18 ธันวาคม). *ปัญหาน้ำเน่าเสียในประเทศไทย*. พิพิธภัณฑวิทยาศาสตร์แห่งชาติ. <https://www.nsm.or.th/nsm/th/node/6251>
- มงคล จงสุพรรณพงศ์ และสันตติ ศิริอนันต์ไพบูลย์. (2552). เครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยโอโซนในสภาพความดันสูงสำหรับบ่อเลี้ยงกุ้งและชุมชน. *วารสารวิชาการศึกษาศาสตร์*, 10(1), <https://ejournals.swu.ac.th/index.php/jedu/article/view/827>
- รัตนกมล สันต์ฤทัยชยะกู. (2564). แนวทางการพัฒนาการจัดการทรัพยากรน้ำ: กรณีศึกษาประเทศสิงคโปร์. *วารสารเอเชียตะวันออกเฉียงและอาเซียนศึกษา*, 21(2), 162-187.
- ฤทธิ อุณเจริญ. (2559). การควบคุมการเคลื่อนที่ของเรือคายัคตามจุดพิภักที่กำหนด. การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. <https://repository.rmutt.ac.th>
- สถาบันวิทยาการหุ่นยนต์ภาคสนาม (FIBO). (2553). *เรืออัตโนมัติ: ควบคุมการเคลื่อนที่ด้วย GPS สำหรับงานทางด้านสิ่งแวดล้อม*. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. <https://fibo.kmutt.ac.th/gps>
- สมบัติ ท้ายเรือคำ. (2555). *ระเบียบวิธีการวิจัยสำหรับมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 5). มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2553). *กักกันชัยพัฒนา: นวัตกรรมเพื่อการพัฒนาคุณภาพน้ำ*. *วารสารเศรษฐกิจพัฒนา*, 16(2), 45-50.

ฮาเกีมี สะแปอิง, รุสซีลาวัตี บินดอเลาะ, มูฮำมัดซารีฟี ซาฮีอีรี, ฟิรดาว ลูโอะเต็ง, เปาซี วานอง, และ
อิบรอฮีม สารีมาแซ. (2564). แนวทางในการจัดการน้ำเสียในชุมชนเขตเทศบาลเมืองนราธิวาส
จังหวัดนราธิวาส. *วารสารสมาคมรัฐประศาสนศาสตร์แห่งประเทศไทย*, 6(1), 20-36.

Adamson University. (2019). *Palencia wins DOST-NAST G.Y. Zara Award*.

<https://www.adamson.edu.ph/v1/?page=view-news&newsid=1737>