

การพัฒนาระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำโดยใช้ IoT เพื่อติดตามคุณภาพน้ำผ่านแอปพลิเคชัน

พรwana รัตนชูโชค^{1,*}

¹คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

Received: 1 March 2019

Revised: 11 October 2019

Accepted: 11 October 2019

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องมือสำหรับตรวจวัดคุณภาพน้ำ และพัฒนาระบบสารสนเทศแสดงผลการวัดคุณภาพน้ำ กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วย กลุ่มตัวอย่างประเมินประสิทธิภาพของเครื่องมือวัดคุณภาพน้ำ และระบบสารสนเทศแสดงผลการวัดคุณภาพน้ำ ได้แก่ ตัวแทนจากชุมชนและนักวิชาการจากสถาบันอุดมศึกษา จำนวน 6 ท่าน ซึ่งได้มาจากวิธีการแบบเจาะจง กลุ่มตัวอย่างในการประเมินความพึงพอใจของการใช้งานเครื่องมือวัดคุณภาพน้ำ และระบบสารสนเทศแสดงผลการวัดคุณภาพน้ำ จำนวน 30 ท่าน ได้มาจากวิธีการสุ่มอย่างง่าย เก็บรวบรวมข้อมูลด้วย การสัมภาษณ์ การใช้แบบสอบถาม การประเมินการใช้ระบบด้วยแบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ ความถี่ ร้อยละ และวิเคราะห์เปรียบเทียบกับสถิติ t-test ผลการวิจัยครั้งนี้ เครื่องมือวัดคุณภาพน้ำสามารถตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าอุณหภูมิ และค่าความขุ่นได้ ผลการวัดประสิทธิภาพของเครื่องมือวัดคุณภาพน้ำเมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างเครื่องมือทั่วไปและเครื่องมือวัดคุณภาพน้ำ พบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และระบบสารสนเทศแสดงผลการวัดคุณภาพน้ำสามารถแสดงผลข้อมูลออกมาในรูปแบบของตาราง กราฟได้ และนำไปทดลองใช้งานกับกลุ่มตัวอย่าง มีความพึงพอใจในภาพรวมเท่ากับ 4.32 อยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ : อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง คุณภาพน้ำ ระบบสารสนเทศ

* ผู้ประสานงานหลัก; อีเมล: ponwana.r@gmail.com

Development of Water Quality Measurement Systems Using IoT to Monitor Water Quality through an Application

Ponwana Rattanachuchok^{1,*}

¹Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University

ABSTRACT

The objective of this research is to develop water quality measuring tool and information system showing water quality measurement results. The research sample comprised two sample groups. The first group was the group for evaluation of the efficiency of water quality measuring tools and information systems showing water quality measurements, consisting of 6 representatives from communities and academics from higher education institutions, obtained by purposive selection. The second group was the group for evaluating the satisfaction with the use of water quality measuring tools and information system showing water quality measurement results, consisting of 30 representatives obtained by simple random sampling. Data were collected by interviewing and the use of questionnaires on satisfaction with the tools and the system. The data were statistically analysed with the use of frequency, percentage, and t-test. The results of this research show that the water quality measuring tool can measure the pH value, temperature and turbidity. The results of the performance measurement of water quality measuring tool by comparing the differences between general tools and water quality measuring tool show that there is no statistically significant difference at the .01 level. Also, the information system showing the water quality measurement results can present the data in the forms of tables and graphs and can be used for trial with the samples with the overall satisfaction rating mean of 4.32, which is at the high level.

Keywords: Internet of things, water quality, information system

* Corresponding Author; Email: ponwana.r@gmail.com

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ทรัพยากรน้ำ มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ ทั้งยังเป็นสิ่งสำคัญในการหล่อเลี้ยงระบบเศรษฐกิจของชุมชนและของประเทศ เทศบาลเมืองเมืองแกนพัฒนามีสภาพภูมิประเทศ โดยทั่วไปเป็นพื้นที่ราบระหว่างเทือกเขา และที่ราบลุ่มแม่น้ำปิง มีลำน้ำธรรมชาติ 2 สาย คือ ลำน้ำแม่ปิง และน้ำแม่จืด มีลำเหมืองสาธารณะที่รับน้ำมาจากฝายลูกกลางของชลประทานราษฎร์ และคลองชลประทานที่รับน้ำมาจากโครงการเขื่อนแม่จืดสมบูรณ์ชล ซึ่งประชาชนได้นำมาใช้ประโยชน์ในการทำการเกษตรด้วยการปลูกพืชหมุนเวียน อาทิ ข้าวโพด กระเทียม ยาสูบ พริก มันฝรั่ง เป็นต้น เกษตรกรต้องใช้น้ำในการทำการเกษตร และเลี้ยงสัตว์ หากคุณภาพน้ำดีย่อมส่งผลต่อการเพาะปลูกให้ผลผลิตดีและมีคุณภาพ ภายในชุมชนมีแหล่งน้ำบางจุดที่ต้องการตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้น การตรวจวัดคุณภาพน้ำเบื้องต้น สามารถวัดคุณภาพทางกายภาพ เช่น สี กลิ่น อุณหภูมิ คุณภาพทางเคมี เช่น ค่าความเป็นกรด-ด่าง และคุณภาพทางชีวภาพ เช่น ปริมาณเชื้อแบคทีเรีย ในการวัดคุณภาพน้ำเบื้องต้น หากอุณหภูมิน้ำเย็นมากเกินไปมีผลกับการกินอาหารของปลา หากค่าความเป็นกรด-ด่างมีการเปลี่ยนแปลงทำให้คุณสมบัติของน้ำเปลี่ยนไป และมีผลต่อความเป็นพิษของสารบางชนิดได้ ส่วนด้านความชุ่มหากมีปริมาณมากเกินไปส่งผลให้พืชและสัตว์ไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้ ส่งผลให้ปริมาณอาหารธรรมชาติลดลง

อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things) หรือ IoT คือ สภาพแวดล้อมอันประกอบด้วยสรรพสิ่งที่สามารถสื่อสารและเชื่อมต่อกันได้ผ่านโพรโทคอลการสื่อสารทั้งแบบใช้สายและไร้สาย โดยสรรพสิ่งต่างๆ มีวิธีการระบุตัวตนได้ รับรู้บริบทของสภาพแวดล้อมได้ และมีปฏิสัมพันธ์โต้ตอบและทำงานร่วมกันได้ ความสามารถในการสื่อสารของสรรพสิ่งนี้จะนำไปสู่นวัตกรรมและบริการใหม่อีกมากมาย (National Electronics and Computer Technology Center, 2016)

เซนเซอร์เป็นอุปกรณ์ขนาดเล็ก เพื่อตรวจวัดคุณสมบัติต่างๆ ของสิ่งแวดล้อมที่เราสนใจ ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีเซนเซอร์ หน่วยประมวลผล การติดต่อสื่อสารไร้สาย เป็นเทคโนโลยีที่มีคุณภาพสูง ประหยัดพลังงานจึงทำให้เกิดวิธีการวัดและเก็บข้อมูลแบบใหม่โดยใช้หน่วยเซนเซอร์ขนาดเล็ก จำนวนมาก กระจายและฝังตัวในสิ่งแวดล้อมเพื่อเก็บข้อมูล หน่วยรวมเซนเซอร์แต่ละตัวทำหน้าที่เป็นส่วนหนึ่งของเครือข่ายและสร้างเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายเพื่อสื่อสารและส่งข้อมูลหน่วยรวมเซนเซอร์และเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายทำงานได้ด้วยตัวเอง (Supittayapornphong, 2018) ปัจจุบันเทคโนโลยีเซนเซอร์ถูกนำมาใช้ในงานด้านต่างๆ มากมาย เช่น งานวิจัยเรื่อง ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำและประมวลผลแบบอัตโนมัติสำหรับกระชังปลาทัพบิม ทำหน้าที่วัดค่าต่างๆ ประมวลผลด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ X86 รุ่น VSX6117 ส่งค่าแสดงผลที่ LCD ควบคุม LED แสดงสถานะคุณภาพน้ำ (Thongleam et al, 2014) และงานวิจัยเรื่อง การติดตามและแจ้งเตือนข้อมูลทางเกษตรกรรมผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ NodeMCU ในการรับข้อมูลจากเซนเซอร์ DTH11 ส่งข้อมูลผ่าน WIFI ไปยังระบบ Thing Speak แสดงข้อมูลได้ผ่านทางคอมพิวเตอร์ (Rattananimit, 2017)

ดังนั้น คณะวิจัยจึงมีแนวคิดในการนำเทคโนโลยีเซนเซอร์มาใช้ในการตรวจวัดคุณภาพน้ำ และนำเครื่องมือตรวจวัดคุณภาพน้ำไปติดตั้งไว้ในชุมชนต้นแบบ โดยเครื่องมือตรวจวัดคุณภาพน้ำเบื้องต้น มีการวัดค่าอุณหภูมิ ความชุ่ม และค่าความเป็นกรด-ด่าง หากค่าเบื้องต้นเหล่านี้มีการเปลี่ยนแปลงสามารถแสดงถึงคุณภาพน้ำเบื้องต้นได้ และข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดส่งเข้าระบบคลาวด์ และบันทึกลงในฐานข้อมูล นำมาสร้างระบบสารสนเทศแสดงผลการวัดคุณภาพน้ำในชุมชนให้กับเกษตรกรและประชาชนในพื้นที่ได้ทราบถึงคุณภาพน้ำในชุมชน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาเครื่องมือสำหรับตรวจวัดคุณภาพน้ำ
2. เพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศแสดงผลการวัดคุณภาพน้ำ

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Radhakrishnan & Wu (2018) กล่าวว่า คุณภาพน้ำมีผลต่อสุขภาพของประชาชน วิธีการทั่วไปสำหรับการวิเคราะห์คุณภาพน้ำต้องใช้เวลาและแรงงาน จึงมีความจำเป็นต้องตรวจสอบและป้องกันน้ำด้วยระบบตรวจสอบคุณภาพน้ำแบบเรียลไทม์เพื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำ และ Internet of Things (IoT) ได้รับความสนใจอย่างมากช่วยในการประมวลผล เพิ่มความรวดเร็ว เพิ่มประสิทธิภาพ ในการจัดการคุณภาพน้ำ

Boonkitdram (2017) ได้จัดทำงานวิจัยเรื่องการพัฒนากระบวนการตรวจสอบคุณภาพน้ำแบบไร้สายโดยใช้ชิปบี ได้พัฒนาระบบตรวจสอบคุณภาพน้ำด้วยคลื่นความถี่วิทยุตามมาตรฐานโปรโตคอล IEEE 802.15.4 ย่านความถี่ 2.4 GHz วัดค่าอุณหภูมิและค่าความเป็นกรดต่างของน้ำ ผลการทดลองแสดงให้เห็นระบบการตรวจสอบคุณภาพน้ำโดยชิปบีสามารถตรวจวัดค่าต่าง ๆ ได้ และระบบมีการทำงานไม่ซับซ้อน ราคาไม่แพง สะดวกและสามารถใช้งานได้จริงสอดคล้องกับค่าที่ต้องการตรวจวัด

ความเป็นกรด-ด่าง หรือค่าพีเอช (pH) เป็นค่าที่บอกปริมาณของกรดที่ปนอยู่ในน้ำ ค่าความเป็นกรด-ด่างมีอิทธิพลต่อปฏิกิริยาเคมีส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นในน้ำ น้ำบริสุทธิ์ที่ปราศจากสิ่งปนเปื้อน จะมีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7 น้ำซึ่งมีสิ่งเจือปนอยู่ด้วยอาจจะมีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7 แสดงว่าน้ำนั้นมีปริมาณกรดอยู่มากเกินจุดที่สมดุล แต่ถ้ามีค่าความเป็นกรด-ด่าง มากกว่า 7 แสดงว่าในน้ำนั้นมีด่างมากเกินจุดที่สมดุล การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำด้วยสภาพกรด-ด่าง หากค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 5.0 – 9.0 คุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำผิวดิน (Training manual for youth to conserve natural resources and the environment, 2014)

อุณหภูมิเป็นคุณลักษณะทางกายภาพของน้ำอย่างหนึ่งที่มีความสำคัญ เนื่องจากอุณหภูมิของน้ำจะมีผลกระทบต่อระบบนิเวศน์วิทยาของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำโดยจะมีผลกระทบโดยตรงต่ออัตราการเติบโตของพืชน้ำและจุลินทรีย์รวมทั้งสัตว์น้ำชนิดต่าง ๆ นอกจากนี้อุณหภูมียังมีผลในเชิงลบต่อปริมาณการละลายของก๊าซออกซิเจนในบรรยากาศลงไปในน้ำ กล่าวคือถ้าอุณหภูมิของน้ำสูงขึ้นปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen: DO) จะลดน้อยลงและในทางกลับกันถ้าอุณหภูมิของน้ำต่ำก๊าซออกซิเจนในบรรยากาศจะสามารถละลายลงไปในน้ำได้มากขึ้น ทำให้มีปริมาณออกซิเจนละลายเพิ่มสูงขึ้นซึ่งมีผลให้พืชน้ำและจุลินทรีย์รวมทั้งสัตว์น้ำชนิดต่าง ๆ ดำรงชีวิตอยู่ได้อย่างดี นอกจากนี้อุณหภูมียังมีผลต่ออัตราการเร่งปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นในน้ำและมีผลต่อกลิ่นรวมทั้งรสของน้ำ ด้วยการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำ อุณหภูมิของน้ำอยู่ในช่วง 21 – 32 เป็นช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการดำรงชีวิตของพืชน้ำและสัตว์น้ำ คุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำผิวดิน (Training manual for youth to conserve natural resources and the environment, 2014)

ความขุ่นเกิดจากการที่ในน้ำมีสารที่ไม่ละลายน้ำขนาดเล็กแขวนลอยซึ่งเป็นไปได้ทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ เช่น ดิน หินทรายละเอียดมาก แพลงค์ตอน สารอินทรีย์ขนาดเล็กหรือจุลินทรีย์ เป็นต้น ถ้าในน้ำมีปริมาณสารแขวนลอยดังกล่าวอยู่ในปริมาณมากเมื่อแสงส่องมากระทบสารแขวนลอยนี้จะทำให้เกิดการหักเหของแสงกระจัดกระจายไปทำให้มองเห็นน้ำมีลักษณะขุ่น การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำจากความขุ่นเกณฑ์การวัดความขุ่น ไม่เกิน 25

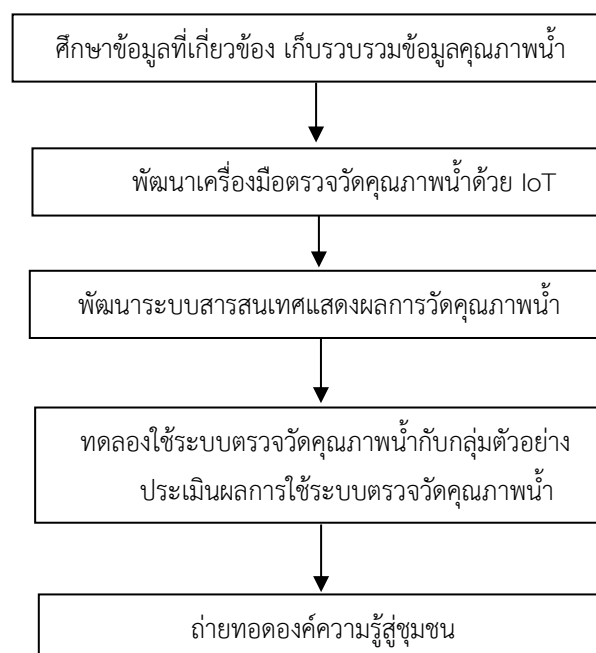
NTU คุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำผิวดิน (Training manual for youth to conserve natural resources and the environment, 2014)

การวิเคราะห์และออกแบบระบบสารสนเทศ เป็นวิธีการในการพัฒนาระบบสารสนเทศขึ้นมาใหม่ หรือแก้ไขระบบสารสนเทศเดิมให้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้ กระบวนการสำคัญในการวิเคราะห์ระบบ คือ การค้นหาและรวบรวมความต้องการของระบบสารสนเทศ นำมาวิเคราะห์ และใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบ วงจรชีวิตของระบบสารสนเทศมีดังนี้ 1) ระยะวางแผน 2) ระยะวิเคราะห์ระบบ 3) ระยะออกแบบระบบ 4) ระยะสร้างหรือพัฒนาระบบ และ 5) ระยะสนับสนุนระบบ ซึ่งนักวิเคราะห์ระบบ (System Analyst) จะต้องทำความเข้าใจและดำเนินการต่างๆ ในแต่ละระยะหรือขั้นตอน เพื่อให้ได้มาซึ่งระบบสารสนเทศที่มีคุณภาพและตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน (Rosenblatt, 2014)

จากเอกสารและผลงานวิจัยข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจนำ Internet of Things ประยุกต์ใช้ในการพัฒนาเครื่องมือในการตรวจวัดคุณภาพน้ำ โดยวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง วัดค่าอุณหภูมิ วัดค่าความขุ่น นำระบบสารสนเทศมาแสดงผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำ เพื่อให้การตรวจวัดคุณภาพน้ำเบื้องต้นมีประสิทธิภาพและมีคุณภาพสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย

กรอบแนวคิดในการวิจัย

กระบวนการวิจัย ศึกษาบริบทของพื้นที่ เก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องในชุมชน ด้านข้อมูลทั่วไป ด้านการสำรวจเกี่ยวกับคุณภาพน้ำ จัดสร้างชุดเครื่องมือตรวจวัดคุณภาพน้ำ และระบบสารสนเทศแสดงผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำ เผยแพร่ความรู้ต่อไปยังชุมชนให้มีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้อง และสามารถเป็นต้นแบบให้กับชุมชนและประชาชนทั่วไปในพื้นที่อื่นๆ ต่อไป



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

แบบแผนของการวิจัย

เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development)

ประชากรและตัวอย่าง

1. ประชากร

1.1 ประชากร ได้แก่ ผู้ที่ประกอบอาชีพเกษตรกร อยู่ในพื้นที่เทศบาลเมืองเมืองแกนพัฒนา อำเภอมะแมร์ จังหวัดเชียงใหม่ หมู่ 1 ซ่อแล

1.2 อาจารย์ นักวิชาการ นักศึกษา ภาควิชาคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

2. ตัวอย่าง ได้มาด้วยวิธีการเลือกจากประชากรที่มีลักษณะตรงตามวัตถุประสงค์ที่จะศึกษา เพื่อให้ได้บุคคลที่สามารถให้ข้อมูลตรงตามที่ต้องการ โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

2.1 ตัวอย่างในการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องมือวัดคุณภาพน้ำ และระบบสารสนเทศแสดงผลการวัดคุณภาพน้ำ คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Selection) เพื่อให้ได้บุคคลที่สามารถให้ข้อมูลตรงตามที่ต้องการและกระจายอยู่ในขอบเขตของการศึกษา ซึ่งการศึกษานี้ได้คัดเลือกตัวแทนดังนี้ ตัวแทนจากชุมชนจำนวน 2 ท่าน ตัวแทนนักวิชาการจากสถาบันอุดมศึกษาจำนวน 4 ท่าน

2.2 ตัวอย่างสำหรับประเมินความพึงพอใจของเครื่องมือวัดคุณภาพน้ำ และระบบสารสนเทศแสดงผลการวัดคุณภาพน้ำ ได้แก่ นักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ และประชากรในชุมชน คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบสุ่มอย่างง่าย จำนวน 30 ท่าน

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

การศึกษานี้ได้ใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการพิจารณาปรากฏการณ์ภายใต้สภาพแวดล้อม และความเป็นจริงที่เกิดขึ้นในชุมชน ประกอบด้วย

1. แบบสัมภาษณ์ ในการวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดวิธีการสัมภาษณ์แบบกึ่งมีโครงสร้างโดยผู้วิจัยกำหนดประเด็นที่รวบรวมข้อมูลในสภาพทั่วไปของหมู่บ้าน อันได้แก่ ประวัติความเป็นมา วิธีการดำรงชีวิตในรอบปี วัฒนธรรม สัมภาษณ์จาก ผู้นำชุมชน ประชาชนทั่วไปในหมู่บ้าน รวมทั้งเจ้าหน้าที่ของรัฐที่ปฏิบัติงานในพื้นที่

2. แบบประเมินคุณภาพของระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำโดยผู้เชี่ยวชาญ เป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ

3. แบบประเมินผลการใช้งานระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำ เป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ

4. แนวคำถามในการสนทนากลุ่มเกี่ยวกับความคิดเห็นต่อการใช้เครื่องมือวัดคุณภาพน้ำ และระบบสารสนเทศแสดงผลการวัดคุณภาพน้ำ

5. ต้นแบบเครื่องมือวัดคุณภาพน้ำ โดยต้นแบบผ่านการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องมือจากผู้เชี่ยวชาญที่เป็นนักวิชาการจากสถาบันอุดมศึกษา

ขั้นตอนการวิจัย

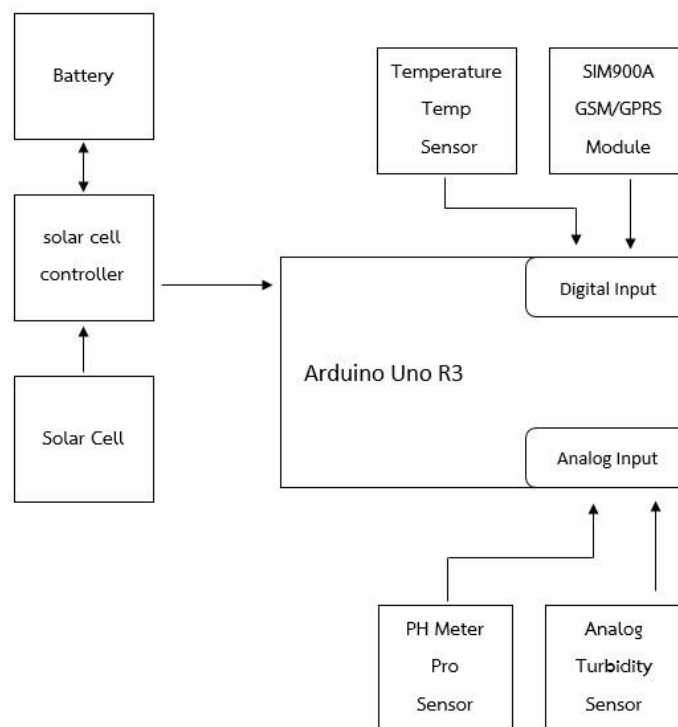
ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย การออกแบบเครื่องมือตรวจวัดคุณภาพน้ำ การพัฒนาต้นแบบเครื่องมือวัดคุณภาพน้ำ และการติดตั้งทดลองใช้งาน โดยรายละเอียดการดำเนินการวิจัยมีทั้งหมด ดังนี้

1. การออกแบบเครื่องมือตรวจวัดคุณภาพน้ำ

การประยุกต์ใช้เครื่องมือวัดคุณภาพน้ำ ในพื้นที่เทศบาลเมืองเมืองแกนพัฒนา อำเภอมะแม่ง จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อให้ระบบงานมีความถูกต้องครอบคลุม โดยมีรายละเอียดของการออกแบบส่วนของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ ตรวจวัดคุณภาพน้ำ และการวิเคราะห์และออกแบบระบบส่วนของระบบสารสนเทศแสดงผลคุณภาพน้ำผ่านทางเว็บไซต์ โดยมีรายละเอียดของระบบงานดังนี้

1.1 การออกแบบส่วนของอุปกรณ์ตรวจวัดคุณภาพน้ำ

การออกแบบส่วนของเครื่องมือสำหรับการวัดคุณภาพน้ำ เพื่อแจ้งข้อมูลเกี่ยวกับคุณภาพน้ำ โดยมีการติดตั้งเซนเซอร์สำหรับตรวจวัดคุณภาพน้ำ การวัดคุณภาพน้ำในงานวิจัยนี้ วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง วัดระดับความขุ่น และอุณหภูมิ จากนั้นส่งข้อมูลกลับมายังฐานข้อมูล ทำการบันทึกข้อมูล เครื่องมือสำหรับตรวจวัดคุณภาพน้ำ มีองค์ประกอบของอุปกรณ์ดังนี้

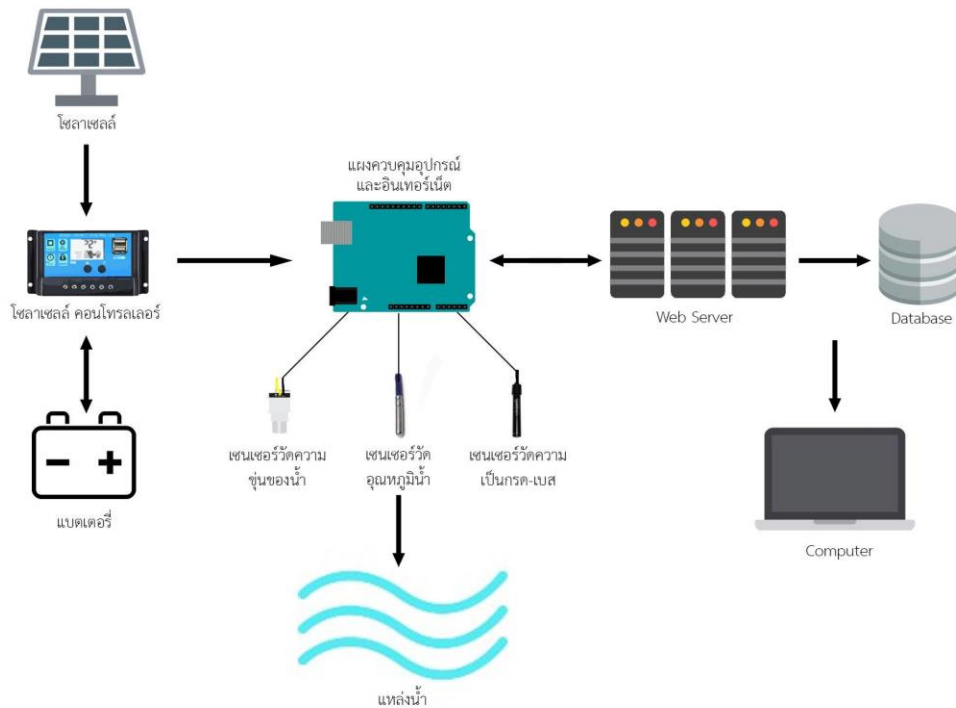


ภาพที่ 2 แบบจำลองแสดงอุปกรณ์การตรวจวัดคุณภาพน้ำ

จากภาพที่ 2 อุปกรณ์การตรวจวัดคุณภาพน้ำประกอบด้วย

- 1) แผงโซลาร์เซลล์ ขนาด 20W เป็นตัวผลิตพลังงานไฟฟ้าแล้วส่งผ่าน Solar Charge Controller สำหรับจัดเก็บพลังงานของแบตเตอรี่
- 2) Solar Charge Controller ทำหน้าที่รับพลังงานจากแผงโซลาร์เซลล์ แปลงให้เป็นกระแสไฟฟ้า 12V แล้วทำการต่อเข้ากับแบตเตอรี่เพื่อทำการเก็บไฟฟ้า และนำไฟฟ้ามาใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ
- 3) บอร์ดอาดูยโน (Arduino Uno r3) ใช้เป็นตัวควบคุมการประมวลผล
- 4) เซนเซอร์ตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (Analog pH Meter Pro)

- 5) เซนเซอร์วัดระดับความขุ่น (Analog Turbidity Sensor)
 - 6) เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ (Temperature Temp Sensor)
 - 7) โมดูล SIM900A GSM เป็นตัวเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตในการรับส่งข้อมูลจากจุดติดตั้ง โดยส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย ไปยังฐานข้อมูลเพื่อบันทึกค่าจากที่ได้จากเซนเซอร์
 - 8) แบตเตอรี่แห่ง JT9L-BS 12V 9Ah จะเก็บไฟที่ใช้หล่อเลี้ยงอุปกรณ์ทั้งหมด
- การพัฒนาต้นแบบวัดคุณภาพน้ำสามารถออกแบบบล็อกไดอะแกรมเพื่อแสดงภาพโดยรวมของการเชื่อมต่อโมดูล และเซนเซอร์ในบอร์ดอาδυโนแสดงได้ดังภาพด้านล่าง

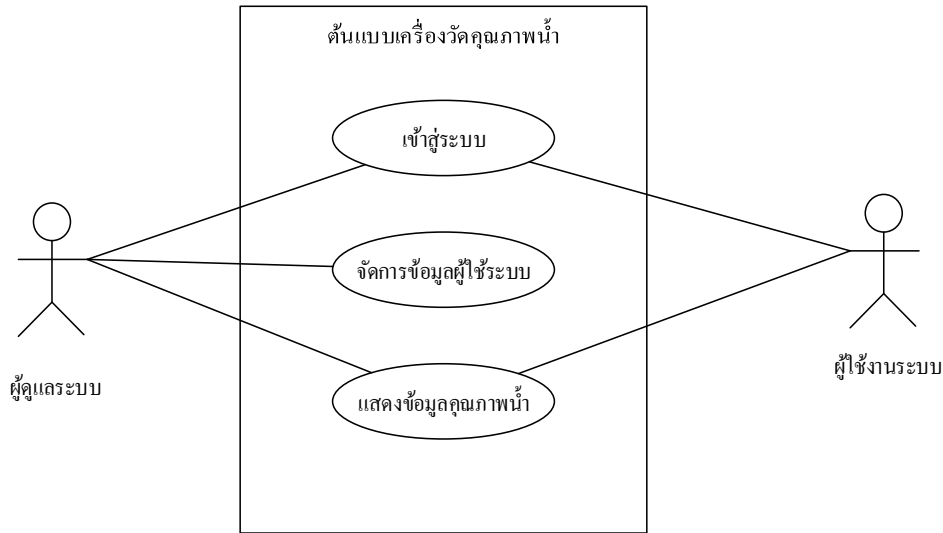


ภาพที่ 3 การทำงานโดยรวมของระบบ

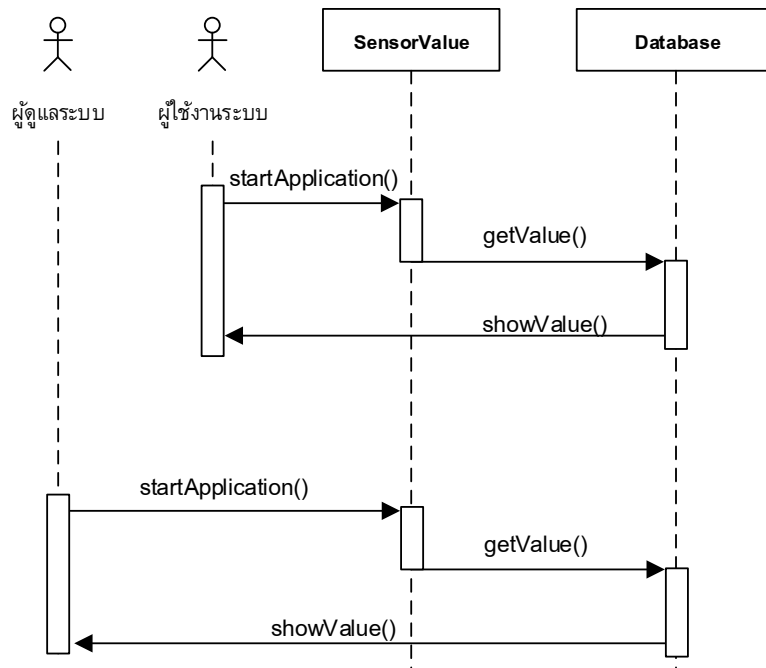
1.2 วิเคราะห์ออกแบบระบบสารสนเทศแสดงผลการวัดคุณภาพน้ำ

การพัฒนาระบบสารสนเทศแสดงผลการวัดคุณภาพน้ำ โดยมีรายละเอียดของระบบงานดังนี้

- 1) แผนภาพยูสเคส ไดอะแกรม (Use Case Diagram)



ภาพที่ 4 Use Case Diagram ต้นแบบเครื่องวัดคุณภาพน้ำ



ภาพที่ 5 Sequence Diagram แสดงรายละเอียดของข้อมูล

2. พัฒนาด้านแบบเครื่องวัดคุณภาพน้ำ และระบบสารสนเทศแสดงผลการวัดคุณภาพน้ำ

พัฒนาด้านแบบเครื่องวัดคุณภาพน้ำ โดยการเชื่อมต่ออุปกรณ์เซนเซอร์ต่าง ๆ กับบอร์ดตามที่ได้ออกแบบไว้ จากนั้นเขียนโปรแกรมเพื่อให้อุปกรณ์ทำงานตามคำสั่งด้วยภาษาซี ให้เซนเซอร์เริ่มทำการตรวจวัดค่า จากนั้นส่งค่าที่ได้เก็บไว้ในฐานข้อมูล MySQL และในขั้นตอนการพัฒนาได้มีการตรวจสอบประสิทธิภาพของเซนเซอร์ที่ใช้งาน เพื่อหาความถูกต้องของเซนเซอร์ โดยนำค่าที่ได้จากเซนเซอร์มาเปรียบเทียบกับเครื่องมือสำเร็จรูปที่ใช้ในการตรวจวัดคุณภาพที่มีมาตรฐาน

ด้านของระบบสารสนเทศ พัฒนาระบบสารสนเทศแสดงผลการวัดคุณภาพน้ำ โดยใช้ภาษา PHP ในการพัฒนา โดยเรียกข้อมูลจากฐานข้อมูลที่เก็บไว้มาแสดงผ่านทางเว็บไซต์ จากนั้นนำต้นแบบเครื่องวัดคุณภาพน้ำ และระบบสารสนเทศแสดงผลการวัดคุณภาพน้ำที่พัฒนาให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 6 ท่าน ทดลองใช้งานและประเมินประสิทธิภาพของเครื่องมือวัดคุณภาพน้ำ และระบบสารสนเทศแสดงผลการวัดคุณภาพน้ำ

3. ติดตั้งและทดลองใช้งานต้นแบบวัดคุณภาพน้ำ และประเมินการทำงานของระบบ

การวิจัยครั้งนี้ได้ติดตั้งและทดลองใช้งานระบบในพื้นที่เทศบาลเมืองเมืองแกนพัฒนา ตำแหน่งพิกัดติดตั้งต้นแบบตรวจวัดคุณภาพน้ำ จำนวน 1 จุด พิกัด 19.141545, 99.012039 และทดลองใช้งานกับกลุ่มตัวอย่างสำหรับการทดสอบการทำงานของระบบจำนวน 30 ท่าน สอบถามรับฟังปัญหาการใช้งานระบบ และทำการประเมินการทำงานของระบบ



ภาพที่ 6 การทดลองใช้ และการติดตั้งเครื่องมือวัดคุณภาพน้ำ

ผลการวิจัย

การพัฒนาระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำที่พัฒนาขึ้น มีผลการวิจัย ดังนี้

1. ผลการตรวจสอบประสิทธิภาพของเซนเซอร์

ผู้วิจัยได้ตรวจสอบประสิทธิภาพของเซนเซอร์ที่ใช้งานได้แก่ เซนเซอร์วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง เซนเซอร์วัดค่าอุณหภูมิ และเซนเซอร์วัดค่าความขุ่น ผลการตรวจสอบแสดงได้ดังนี้

1.1 เซนเซอร์วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง

เซนเซอร์ตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (Analog pH Meter Pro) ตรวจสอบค่าความเป็นกรด-ด่าง ได้ตั้งแต่ 0-14 เครื่องมือทั่วไปที่ใช้ทดสอบประสิทธิภาพ ได้แก่ Multi-Parameter Pctestr 35 ทำการทดลองการตรวจวัดค่า จำนวน 30 ครั้ง ค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่องมือทั่วไป มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.94 ตรวจวัดด้วยเซนเซอร์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.97 จากการเปรียบเทียบระหว่างการวัดด้วยเครื่องมือทั่วไปและการวัดด้วยเซนเซอร์มีค่าความ

คลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.012 ค่าสถิติทดสอบที่เท่ากับ 2.508 จึงยอมรับได้ว่าการวัดด้วยเครื่องมือทั่วไปและการวัดด้วยเซนเซอร์ค่าที่ได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

1.2 เซนเซอร์วัดค่าอุณหภูมิ

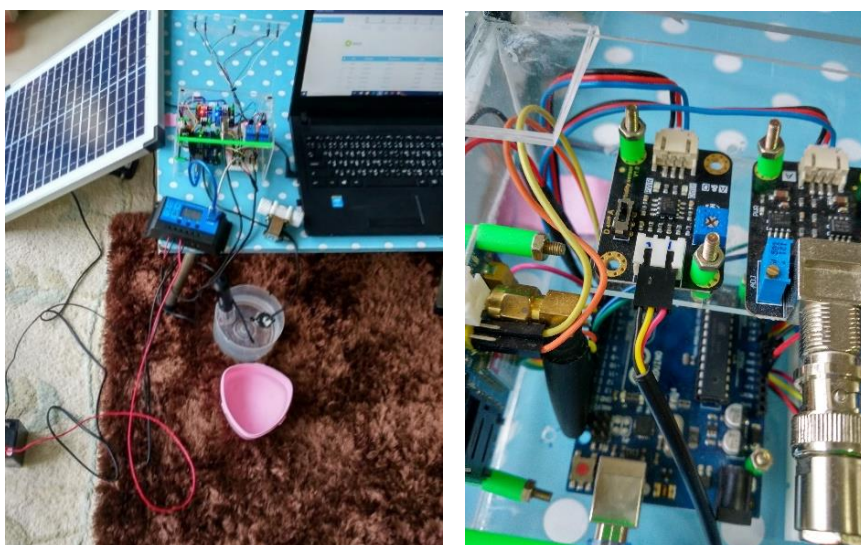
เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ (Temperature Temp Sensor) ตรวจสอบค่าอุณหภูมิ น้ำ ได้ตั้งแต่ -55°C - $+125^{\circ}\text{C}$ เครื่องมือทั่วไปที่ใช้ทดสอบประสิทธิภาพ ได้แก่ Multi-Parameter Pcstestr 35 ทำการทดลองการตรวจวัดค่า จำนวน 30 ครั้ง ผลการวัดค่าอุณหภูมิ น้ำด้วยเครื่องมือทั่วไป มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30.23 ตรวจวัดด้วยเซนเซอร์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30.34 จากการเปรียบเทียบระหว่างการวัดด้วยเครื่องมือทั่วไปและการวัดด้วยเซนเซอร์มีความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.056 ค่าสถิติทดสอบที่เท่ากับ 1.934 จึงยอมรับได้ว่าการวัดด้วยเครื่องมือทั่วไปและการวัดด้วยเซนเซอร์ค่าที่ได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

1.3 เซนเซอร์วัดค่าความขุ่น

เซนเซอร์วัดระดับความขุ่นของน้ำ ตรวจสอบจากการนำและหักเหของแสง ทำงานที่แรงดัน 5 โวลต์ และเอาต์พุตที่แสดงค่าออกมา 2 รูปแบบ คือ อนาล็อก / แรงดันตั้งแต่ 0.4 ถึง 5 โวลต์ และดิจิทัล High/Low ซึ่งค่าที่ได้ต่างจากค่าที่วัดได้จากเครื่องมือมาตรฐานทั่วไปที่หน่วยการวัดเป็น NTU เซนเซอร์วัดค่าความขุ่นจึงต้องมีการเปรียบเทียบค่าจากเซนเซอร์ กับเครื่องมือวัดความขุ่น TN100 Turbidity Meter เพื่อให้ได้ค่าที่ได้จากเซนเซอร์มีหน่วยเป็น NTU จากนั้นทดลองค่าความถูกต้องของเครื่องมือวัดทั่วไป และการวัดด้วยเซนเซอร์ ผลการทดลองการตรวจวัด จำนวน 30 ครั้ง ค่าความขุ่นด้วยเครื่องมือทั่วไปมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.03 NTU ตรวจวัดด้วยเซนเซอร์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.03 NTU มีค่าเท่ากันจึงยอมรับได้ว่าการวัดด้วยเครื่องมือทั่วไปและการวัดด้วยเซนเซอร์ไม่แตกต่างกัน

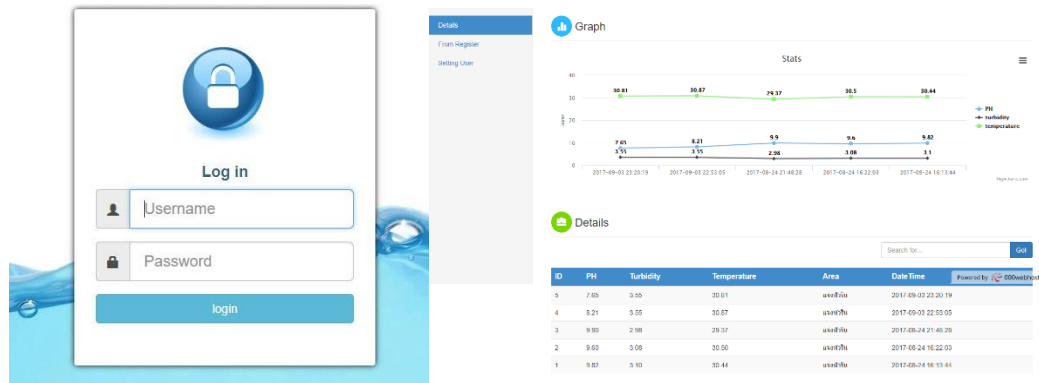
2. ผลการพัฒนาระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำ

การพัฒนาระบบตรวจวัดค่าที่ได้จากเครื่องมือวัดคุณภาพน้ำ เพื่อแจ้งเตือนค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าอุณหภูมิของน้ำ และค่าความขุ่นของน้ำ และแจ้งเตือนค่าที่ได้ผ่านทางเว็บไซต์ โดยสามารถใช้ได้กับอุปกรณ์ทุกประเภททั้งเครื่องคอมพิวเตอร์ สมาร์ทโฟน



ภาพที่ 7 พัฒนาระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำ

ส่วนการแสดงผลค่าที่วัดได้ผ่านทางเว็บไซต์ระบบแสดงผลการวัดค่านี้ เพื่อแจ้งเตือนผ่านทางเว็บไซต์ระบบสามารถแสดง ผลการวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าอุณหภูมิ ค่าความขุ่น โดยแสดงข้อมูลในรูปแบบของกราฟและตาราง



ภาพที่ 8 หน้าเว็บแสดงรายละเอียดข้อมูลคุณภาพน้ำ

3. ผลการประเมินการใช้งานระบบ

ผู้วิจัยได้นำเครื่องมือวัดคุณภาพน้ำ และระบบสารสนเทศแสดงผลการวัดคุณภาพน้ำที่พัฒนาทดลองใช้กับตัวแทนชุมชนจำนวน 2 ท่าน ตัวแทนนักวิชาการจากสถาบันอุดมศึกษาจำนวน 4 ท่าน ผลการทดสอบการใช้งานระบบ ระบบสามารถวัดค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่า และส่งผลการตรวจวัดค่าเก็บไว้ในฐานข้อมูลและแสดงผลการวัดค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่าได้ทุกครั้ง และจากการทดลองเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณนั้นมาทดลองวัดค่าด้วยเครื่อง Multi-Parameter pcstestr 35 และเครื่อง TN100 Turbidity Meter ค่าที่ได้มีความถูกต้องสอดคล้องกับผลการทดสอบประสิทธิภาพของเซนเซอร์ขณะทำการทดลองประสิทธิภาพของเซนเซอร์ ผลการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องมือวัดคุณภาพน้ำ และระบบสารสนเทศแสดงผลการวัดคุณภาพน้ำมีค่าเฉลี่ย 4.11 หมายถึงคุณภาพของเครื่องมือและระบบสารสนเทศที่พัฒนา มีระดับความเหมาะสมมาก ผ่านเกณฑ์การประเมินคุณภาพของระบบ และสามารถนำไปใช้งานกับผู้ใช้งานได้

จากการสอบถามความพึงพอใจการใช้งานระบบของกลุ่มตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์การทดลองใช้ส่วนของเครื่องมือวัดคุณภาพน้ำสามารถใช้งานได้ง่ายเพียงนำไปวางใกล้บริเวณแหล่งน้ำเปิดระบบเครื่องมือสามารถใช้งานได้ ไม่ต้องมีความรู้เรื่องด้านอุปกรณ์ก็สามารถใช้งานได้ ด้านผลการประเมินความพึงพอใจของระบบสารสนเทศแสดงผลการวัดคุณภาพน้ำระบบสามารถใช้งานได้ง่ายระดับความพึงพอใจเท่ากับ 4.64 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.67 ด้านการออกแบบและการจัดรูปแบบระบบ การจัดรูปแบบหน้าจอ มีระดับความพึงพอใจเท่ากับ 4.64 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.61 ด้านความพึงพอใจต่อระบบ การทำงานของระบบสามารถใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อน มีระดับความพึงพอใจเท่ากับ 4.55 และความพึงพอใจในภาพรวมมีระดับความพึงพอใจเท่ากับ 4.32 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.72 อยู่ในระดับมาก

ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำด้วยเทคโนโลยีเซนเซอร์ ในการเก็บข้อมูลค่าดัชนีคุณภาพน้ำจำนวน 3 ค่า ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าอุณหภูมิของน้ำ และค่าความขุ่น ซึ่งตรวจวัดโดยเซนเซอร์และแสดงผลผ่านทางระบบสารสนเทศแสดงผลการวัดค่าคุณภาพน้ำได้ดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงค่าจากเครื่องวัดคุณภาพน้ำ

วันที่	เวลา	ความขุ่น (NTU)	อุณหภูมิ (°C)	กรด-ด่าง
11/6/61	8.00	3.84	23.06	8.46
12/6/61	8.00	3.55	23.94	8.61
13/6/61	8.00	3.22	23.75	8.37
14/6/61	8.00	3.14	24.05	7.25
15/6/61	8.00	3.43	23.50	7.37
16/6/61	8.00	3.22	24.25	8.50
17/6/61	8.00	3.15	23.85	7.34
18/6/61	8.00	3.48	24.74	7.22
ค่าเฉลี่ย		3.38 NTU	23.89 °C	7.89
มาตรฐานแหล่งน้ำ		ไม่เกิน 25	21-32	5.0-9.0

จากตารางที่ 1 พบว่าผลการวัดค่าความขุ่นเฉลี่ยเท่ากับ 3.38 NTU ซึ่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำผิวดิน ผลการวัดค่าอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 23.89 °C เป็นช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการดำรงชีวิตของพืชน้ำและสัตว์ ผลการวัดความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยเท่ากับ 7.89 ซึ่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำผิวดิน และเป็นค่าที่บ่งบอกถึงคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ดี

อภิปรายผล

การนำเครื่องมือวัดคุณภาพน้ำ ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างในชุมชนผู้เป็นเจ้าของพื้นที่ศึกษา พบว่ากลุ่มตัวอย่างให้ความสนใจกระบวนการและวิธีการเป็นอย่างดี ซึ่งสังเกตจากการให้ความสนใจในเครื่องมือ และระบบสารสนเทศอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากมีการวัดคุณภาพของเครื่องมือก่อนนำไปใช้งานจริงกับกลุ่มตัวอย่าง จากการใช้งานเซนเซอร์ตรวจวัดคุณภาพน้ำสามารถตรวจวัดคุณภาพน้ำได้ และจากการทดสอบต้นแบบเครื่องวัดคุณภาพน้ำ เมื่อตรวจวัดคุณภาพน้ำเสร็จสิ้นแล้ว ระบบต้นแบบเครื่องวัดคุณภาพน้ำสามารถบันทึกข้อมูล เก็บผลจากการตรวจวัดคุณภาพน้ำลงฐานข้อมูล และแสดงข้อมูลที่ได้ออกมาเป็นรูปแบบของตารางและ กราฟ โดยมีหลักการทำงานสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Boonkitdram, 2017) ได้จัดทำงานวิจัยเรื่องการพัฒนากระบวนการตรวจสอบคุณภาพน้ำแบบไร้สายโดยใช้ซิกบี ผลการทำงานของระบบต้นแบบเครื่องวัดคุณภาพน้ำทางไกล สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ การตรวจวัดคุณภาพน้ำมีความแม่นยำ และสามารถแสดงผลให้ผู้ใช้งานทราบถึงข้อมูลคุณภาพน้ำ โดยแสดงในรูปแบบของกราฟ และตาราง อีกทั้งการบำรุงรักษาง่ายเนื่องจากมีอุปกรณ์ไม่มากนัก และผลการวัดค่าด้วยเครื่องมือวัดคุณภาพน้ำมีค่าใกล้เคียงกัน เพราะทำการวัดค่าให้เวลาเดียวกัน ส่งผลให้ค่าที่ได้จึงมีความใกล้เคียงกันทุกวัน

อย่างไรก็ตาม จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่ากลุ่มเป้าหมายในชุมชนให้ความสนใจในระบบสารสนเทศ แสดงผลการวัดค่าคุณภาพน้ำเป็นอย่างดี และจากการวัดประเมินความพึงพอใจในการใช้งานมีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก แสดงให้เห็นว่าระบบเป็นสิ่งที่ต้องการของเกษตรกรในชุมชน ชุมชนเกิดการยอมรับการใช้เทคโนโลยี เซนเซอร์สำหรับการเกษตรและยังมีความสนใจในการนำอุปกรณ์เซนเซอร์ไปใช้ในงานด้านเกษตรอื่นเพิ่มขึ้น

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาเครื่องมือตรวจวัดคุณภาพน้ำ พัฒนาโดยการใช้บอร์ด Arduino Uno R3 เป็นตัวควบคุม ประมวลผล และมีเซนเซอร์สำหรับตรวจวัดคุณภาพน้ำ ทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ใช้เซนเซอร์ Analog pH Meter Pro ค่าความขุ่น ใช้เซนเซอร์ Analog Turbidity Sensor และอุณหภูมิ น้ำ ใช้เซนเซอร์ Temperature Temp Sensor โดยก่อนนำเซนเซอร์ไปใช้งานมีการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเซนเซอร์ที่ใช้กับเครื่องตรวจวัดที่ได้มาตรฐาน ดังนี้ การตรวจสอบค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าอุณหภูมิ น้ำ โดยใช้เครื่อง Multi-Parameter Pcstestr35 โดยค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.012 ค่าสถิติทดสอบที่เท่ากับ 2.508 วัดค่าอุณหภูมิมีค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.056 ค่าสถิติทดสอบที่เท่ากับ 1.934 จึงยอมรับได้ว่าการวัดด้วยเครื่องมือทั่วไปและการวัดด้วยเซนเซอร์ค่าที่ได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 การตรวจสอบค่าความขุ่นของน้ำโดยใช้เครื่อง TN100 Turbidity Meter มีค่าที่วัดได้เท่ากัน และผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ พบว่าเซนเซอร์ตรวจวัดคุณภาพน้ำแบบอัตโนมัติมีความเหมาะสมสามารถใช้งานได้ เครื่องมือวัดคุณภาพน้ำ เมื่อทำการวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าอุณหภูมิ ค่าความขุ่น ข้อมูลจะถูกส่งมาเก็บไว้ในฐานข้อมูล โดยเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตผ่านโมดูล SIM900A GSM/GPRS และแสดงผลข้อมูลออกมาในรูปแบบของตาราง กราฟ ชุดเครื่องมือตรวจวัดคุณภาพน้ำ ก่อนนำไปใช้งานได้ผ่านกระบวนการประเมินประสิทธิภาพจากตัวแทนชุมชน และผู้เชี่ยวชาญมีผลการประเมินอยู่ในระดับความเหมาะสมมาก และผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานของกลุ่มตัวอย่าง มีความพึงพอใจในภาพรวมเท่ากับ 4.32 อยู่ในระดับมาก และจากการติดตั้งเครื่องมือวัดคุณภาพน้ำในชุมชน และแสดงผลการวัดคุณภาพน้ำผ่านทางระบบสารสนเทศค่าจากการเก็บตัวอย่าง พบว่า คุณภาพน้ำผิวดินอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำผิวดิน และเป็นค่าที่บ่งบอกถึงคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ดี

ข้อเสนอแนะ

ทั้งนี้ผลการศึกษจากการวิจัยนี้มีข้อเสนอแนะในการใช้งานระบบดังนี้

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

ระบบที่พัฒนาสามารถนำไปประยุกต์ใช้ด้านการศึกษาของโรงเรียนในพื้นที่ เรื่อง ทรัพยากรน้ำ แสดงวิธีการใช้เทคโนโลยีในการตรวจวัดคุณภาพน้ำ และได้ทราบถึงคุณภาพน้ำภายในชุมชน เป็นการกระตุ้นให้ชุมชนตระหนัก และเห็นความสำคัญของทรัพยากรน้ำ ส่งผลให้ช่วยกันอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำต่อไป

2. ข้อเสนอแนะในการนำการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรพัฒนาต่อในรูปแบบของแอปพลิเคชันที่ติดตั้งบนอุปกรณ์สมาร์ทโฟน เมื่อต้องการใช้งานให้เลือกใช้งานได้ทั้งระบบปฏิบัติการไอโอเอส และแอนดรอยด์ เพื่อการเรียกใช้งานระบบได้สะดวก และรวดเร็วมากยิ่งขึ้นอีก ไม่ต้องใช้งานผ่านทางโปรแกรมเบราว์เซอร์

2.2 สามารถพัฒนาต่อในส่วนของการเพิ่มจำนวนเซนเซอร์ในการตรวจสอบค่าอื่นๆ เช่น ค่าดีโอ

2.3 สามารถพัฒนาต่อโดยการเพิ่มระบบแจ้งเตือนผ่านข้อความเมื่อค่าของน้ำไม่ได้มาตรฐานตามที่กำหนดไว้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

เอกสารอ้างอิง

- Boonkitdram, S. (2017). Development of Water Quality Monitoring Wireless Communication System Using Zigbee. *Kasem Bundit Engineering Journal*, 7(1), 92-104. (in Thai)
- National Electronics and Computer Technology Center. (2016). *NETPIE: Internet of Things* [Online]. Retrieved August 30, 2018, from: <http://www.nectec.or.th/innovation/innovation-software/netpie.html>. (in Thai)
- Radhakrishnan, V. and Wu, W. (2018). IoT technology for Smart water system. *The Proceedings of the 16th IEEE International conference on Smart City(Smart City 2018)*, at Exeter, United Kingdom, 1493-1498.
- Rattananimit, W. (2017). Tracking and Notification Agricultural Data via Internet of Things. *Interdisciplinary Sripatum Chonburi Journal*, 3(2), 17-21. (in Thai)
- Rosenblatt, H. J. (2014). *System analysis and design*. (10th ed.). Boston: Cengage Learning.
- Supittayapornphong, S. (2018). *Wireless Sensor Network* [Online]. Retrieved August 26, 2018, from: http://www.thaitelecomkm.org/TTE/topic/attach/Wireless_Sensor_Network/index.php. (in Thai)
- Training manual for youth to conserve natural resources and the environment*. (2014). Chiang Mai: Natural Resources and Environment Conservation Club Department of Environmental Science Chiang Mai Rajabhat University. (in Thai)
- Thongleam, T., Cheunta, W. ,Dinsakul, H. and Charernpun, B. (2014). Automatic Water Quality Measurement and Processing for Krachang-Taptim Fish. *The Proceedings of ECTI-CARD Processings 2014*, 21-23 May 2014 at Rajamangala University of Technology Lanna Chiang Mai, 1-4. (in Thai)