

การพัฒนาต้นแบบระบบอ่านข้อมูลระยะใกล้ เพื่อติดตามคุณภาพน้ำในมหาวิทยาลัยบูรพา

Development of a Proximal Sensing Prototype for Water Quality Monitoring of Burapha University

กฤษณะ อิมสวาสดี*

คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ถนนลงหาดบางแสน ตำบลแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี 20131

Krissana Imsawas*

Faculty of Geoinformatics, Burapha University,

Longhaad Bangsaen Road, Saensook, Mueang, Chon Buri 20131

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพัฒนาต้นแบบระบบอ่านข้อมูลระยะใกล้และจัดทำเซนเซอร์เว็บสำหรับการตรวจวัดคุณภาพน้ำบริเวณสวนนันทนาการในมหาวิทยาลัยบูรพา โดยใช้บอร์ดอา두โนควบคุมการทำงานของระบบการตรวจวัดน้ำและการส่งข้อมูลสัญญาณไร้สาย 3G แพร่กระจายสัญญาณจากตัวรับรู้ระดับอุณหภูมิและค่าความเป็นกรดต่างจากแหล่งน้ำสวนนันทนาการ มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี เพื่อจัดเก็บข้อมูลแบบ real-time ในระบบ Thingspeak และแสดงผลบนเว็บไซต์ จากการทดสอบค่าความถูกต้องเซนเซอร์วัดระดับอุณหภูมิตัวที่ 1 มีค่า 37.54 องศาเซลเซียส เมื่อเทียบกับเครื่องมือวัดอุณหภูมิมีค่า 37.55 องศาเซลเซียส ส่วนเซนเซอร์วัดความเป็นกรดต่างมีค่าใกล้เคียงกับเครื่องมือวัดความเป็นกรดต่างอยู่ในระดับประมาณ 7.15 เซนเซอร์วัดระดับอุณหภูมิตัวที่ 2 มีค่า 37.78 องศาเซลเซียส ซึ่งเท่ากับเครื่องมือวัดอุณหภูมิ ส่วนเซนเซอร์วัดความเป็นกรดต่างมีค่าใกล้เคียงกับเครื่องมือวัดความเป็นกรดต่างอยู่ในระดับประมาณ 7.51-7.52 และเซนเซอร์วัดระดับอุณหภูมิตัวที่ 3 มีค่า 38.68 องศาเซลเซียส เมื่อเทียบกับเครื่องมือวัดอุณหภูมิมีค่า 38.69 องศาเซลเซียส ส่วนเซนเซอร์วัดความเป็นกรดต่างมีค่าใกล้เคียงกับเครื่องมือวัดความเป็นกรดต่างอยู่ในระดับประมาณ 7.39-7.40 ซึ่งค่าตรวจสอบความถูกต้องของเซนเซอร์อยู่ในระดับดี และส่งข้อมูลจัดเก็บใน Thingspeak โดยสร้างช่องรับค่าเซนเซอร์จาก API keys ของเซนเซอร์ตรวจวัดคุณภาพน้ำทั้ง 3 เซนเซอร์ การเชื่อมต่อเซนเซอร์และระบบ Thingspeak เชื่อมต่อแบบ HTTP การส่งข้อมูลทุก 1 นาที และแสดงผลในรูปแบบกราฟเส้น การวิเคราะห์การประมาณค่าช่วงด้วยวิธีการ IDW ทางภูมิสารสนเทศ โดยส่งออกค่าตรวจวัดจากระบบ Thingspeak ให้อยู่ในรูปแบบ .CSV เพื่อนำเข้าข้อมูลในการประมาณค่าช่วงของอุณหภูมิและความเป็นกรดต่าง สำหรับจัดทำแผนที่การประมาณค่าช่วงและนำเสนอเผยแพร่ขึ้นเว็บไซต์

คำสำคัญ : เทคโนโลยีรับรู้อะยะใกล้; อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง; การประมาณค่าช่วง; คุณภาพน้ำ

Abstract

The objectives of this research were to study the development of a prototype the proximal sensing system and to develop a sensor web system of water quality data for water body of the Natanakarn garden, Burapha university. The Arduino board using control of the water measurement system and 3G wireless signal a transmission spread from the temperature and pH sensor of the Natanakarn garden, Burapha university Chon Buri province. For real-time storage in Thingspeak system and display on the website. Result of validation temperature sensor measured of first sensor values is 37.54 degree Celsius and compared to the Thermometer is 37.55 degree Celsius and the pH sensor is approximate to the pH meter at about 7.15. The temperature sensor measured of second sensor values is 37.78 degree Celsius values is equal to the Thermometer. The pH sensor is approximate to the pH meter at about 7.151 -7.52 and the temperature sensor measured of third sensor values is 37.78 degree Celsius compared to the Thermometer is 38.69 degree Celsius. The pH sensor is approximate to the pH meter at about 7.39-7.40, which determine the accuracy of the sensor criteria for good and data stored in ThingSpeak by create channel API for received values from water quality measure sensor of 3 sensors. Sensor and ThingSpeak system connected HTTP type. Transmission data values every 1 minute and Display graph in the format. The Interpolation analysis using IDW method of Geoinformatics with water quality measurement values exported Comma-separated values (.CSV) format from ThingSpeak system for put into interpolation of temperature and pH values for interpolation mapping and publish on website.

Keywords: proximal sensing; internet of things; interpolate analysis; water quality; ThingSpeak

1. บทนำ

ปัจจุบันเครื่องตรวจวัด (sensor) มีระบบการทำงานหลากหลายรูปแบบ เพื่อใช้ในการสังเกตการณ์และตรวจวัดปรากฏการณ์ต่าง ๆ บนโลก ส่วนใหญ่เป็นข้อมูลสารสนเทศเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในหลาย ๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็นการสนับสนุนการตัดสินใจ การประเมินสถานการณ์ต่าง ๆ การสร้างแบบจำลองเพื่อคาดการณ์ต่าง ๆ และยังนำไปประยุกต์ในด้านอื่น ๆ อีกมากมาย เครื่องตรวจวัดสามารถแบ่งได้เป็น 2

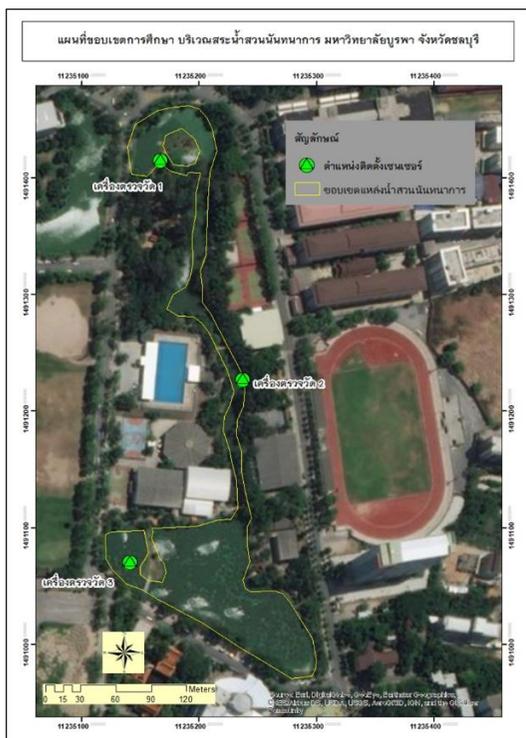
ประเภท คือ (1) จำแนกตามการเคลื่อนที่ได้แก่ เครื่องตรวจวัดแบบเคลื่อนที่ (2) จำแนกตามสถานที่ตั้ง ได้แก่ เครื่องตรวจวัดที่ติดตั้งในพื้นที่ใช้สังเกตการณ์ (in-situ sensor) เช่น เครื่องตรวจวัดปริมาณน้ำฝน เครื่องวัดปริมาณเพื่อการจัดการอุทกภัย วาตภัย หรือเครื่องตรวจวัดจากระยะไกล (remote sensing) และปัจจุบันยังมีเครื่องตรวจวัดรูปแบบอื่นอีกจำนวนมากที่สามารถเก็บข้อมูลอัตโนมัติและข้อมูลเป็นปัจจุบันมากที่สุด (real time) [1]

การพัฒนาประเทศไทย 4.0 ได้ให้ความสำคัญเกี่ยวกับการเพิ่มประสิทธิภาพในด้านต่าง ๆ โดยการนำเซนเซอร์และอุปกรณ์เทคโนโลยีสื่อสารโทรคมนาคมเพื่อใช้เชื่อมต่อการสื่อสารที่เรียกว่า internet of things (IoT) ซึ่งสามารถควบคุมอุปกรณ์สิ่งของต่าง ๆ เช่น เซนเซอร์ เพื่อความสะดวกรวดเร็วและง่ายต่อการเข้าถึงข้อมูล [2] ได้แก่ การตรวจวัดคุณภาพอากาศ การรั่วไหลของสารพิษ มลพิษทางน้ำ เป็นต้น

การติดตามตรวจสอบมลพิษทางน้ำเป็นภารกิจที่ต้องดำเนินการอย่างเร่งด่วน เพื่อให้สภาพของแหล่งน้ำมีความสมดุลทางชีวภาพ ไม่ให้แหล่งน้ำเสียไปโดยเปล่าประโยชน์ หรือก่อเกิดเป็นมลพิษทางน้ำ จึงต้องมีการตรวจสอบคุณภาพน้ำอยู่ตลอดเวลา เพื่อที่จะติดตามและรักษาระดับมาตรฐานของแหล่งน้ำไว้ ซึ่งในการดำเนินการดังกล่าว ต้องใช้บุคลากรในการออกสำรวจข้อมูลเป็นจำนวนมาก รวมถึงต้องใช้ระยะเวลาในการดำเนินการที่ยาวนาน จึงส่งผลให้ต้องสิ้นเปลือง

งบประมาณค่อนข้างสูง ประกอบกับข้อมูลที่ได้รับมีความล้าสมัยและไม่มีความต่อเนื่อง ดังนั้นเพื่อให้การบริหารจัดการแหล่งน้ำเกิดประสิทธิภาพสูงสุด จำเป็นต้องมีระบบเซนเซอร์เข้ามาจัดเก็บข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมของแหล่งน้ำ ซึ่งปัจจุบันพบว่าเริ่มเป็นที่นิยมและแพร่หลายในหลาย ๆ หน่วยงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเป็นเครื่องมือช่วยในการจัดระเบียบของข้อมูลให้เป็นหมวดหมู่ เพื่อง่ายต่อการนำข้อมูลไปใช้และทำให้สืบค้นข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น [3]

ดังนั้นการพัฒนาต้นแบบระบบอ่านข้อมูลระยะใกล้จึงเป็นแนวทางเลือกใหม่ที่มีประสิทธิภาพในการตรวจวัด จัดเก็บ และแสดงผลได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ จากเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้พัฒนาต้นแบบการอ่านข้อมูลระยะใกล้สำหรับการตรวจวัดคุณภาพแหล่งน้ำในมหาวิทยาลัยบูรพาเป็นระยะที่ 1 เพื่อใช้สำหรับวัดข้อมูลคุณภาพน้ำบริเวณสวนนันทนาการในมหาวิทยาลัยบูรพา



รูปที่ 1 ตำแหน่งตรวจวัดของเซนเซอร์ตรวจวัดคุณภาพน้ำบริเวณสวนนันทนาการ มหาวิทยาลัยบูรพา

2. อุปกรณ์และขั้นตอนการศึกษา

2.1 อุปกรณ์ในการพัฒนาต้นแบบระบบอ่านข้อมูลระยะใกล้

ได้แก่ (1) ไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ด Arduino Mega 2560 (2) เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิและค่าความเป็นกรด-ด่าง (3) อุปกรณ์ระบุตำแหน่งบนโลก (GPS shield) (4) อุปกรณ์ส่งสัญญาณ 3G แบบซิมการ์ด (5) เครื่องสำรองไฟพกพาแบบพลังงานแสงอาทิตย์ (power bank solar charger) (6) ถังกักน้ำ สายไฟ ตะกั่ว และหัวแร้ง (7) โปรแกรม Arduino IDE และ (8) คอมพิวเตอร์

2.2 ขั้นตอนการศึกษา

วิธีการดำเนินการพัฒนาระบบต้นแบบการอ่านข้อมูลจากระยะใกล้สามารถแบ่งส่วนของการออกเป็น 4 ส่วนดังนี้

2.2.1 ส่วนที่ 1 การออกแบบ

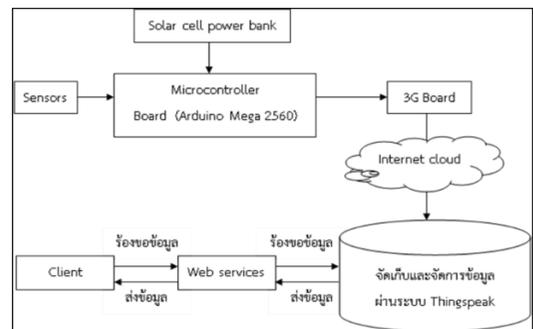
การออกแบบพัฒนาระบบการอ่านข้อมูลจากระยะใกล้ผู้วิจัยศึกษาสภาพพื้นที่ที่ประกอบกับการออกแบบระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำเพื่อนำมาออกแบบให้สมดุลและไม่ให้เกิดปัญหาในการรับส่งข้อมูลจากสถานีต่าง ๆ ที่ลอยอยู่บนแหล่งน้ำในสวนนันทนาการ ผู้วิจัยจึงเลือกการส่งข้อมูลสัญญาณแบบ 3G แทนสัญญาณ WIFI เนื่องจากสัญญาณของ WIFI มีระยะในการให้กำลังส่งสัญญาณไม่เพียงพอที่จะนำส่งข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดมายังระบบ ThingSpeak โดยผู้วิจัยได้เลือกใช้การส่งแบบ 3G ในสัญญาณของระบบเครือข่ายสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยติดตั้ง Net sim ให้กับอุปกรณ์ในการส่งข้อมูลมายังระบบ (รูปที่ 2)

2.2.2 ส่วนที่ 2 ติดตั้งอุปกรณ์และการทดสอบ

ส่วนติดตั้งอุปกรณ์นี้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนแรกการประกอบอุปกรณ์เซ็นเซอร์ตรวจวัดค่า pH และอุณหภูมิ ส่วนที่สองการประกอบ

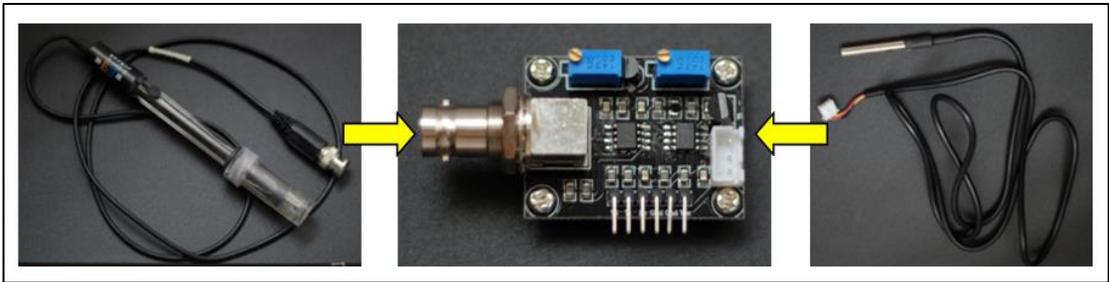
อุปกรณ์กำหนดตำแหน่งบนโลก และสุดท้ายเป็นส่วนของระบบติดต่อสื่อสาร โดยผู้วิจัยเขียนโปรแกรมควบคุมให้กับเซ็นเซอร์โดยใช้ภาษา C# ในโปรแกรม Arduino IDE ดังนี้

ส่วนของเซนเซอร์ตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิเพื่อให้สามารถทำงานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในงานวิจัยโครงการนี้ คือ Arduino Mega 2560 ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีหน่วยความจำมากมีการประมวลผลที่รวดเร็วกว่ารุ่นก่อนและสามารถจ่ายพลังงานได้ 2 แบบ คือ 3.3 V. และ 5.0 V. ซึ่งสามารถทำงานและสามารถรองรับการจ่ายพลังงานให้กับเซนเซอร์ได้ (รูปที่ 3)

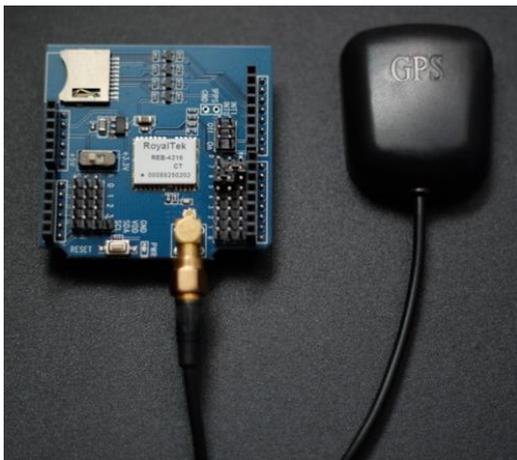


รูปที่ 2 การออกแบบระบบการอ่านข้อมูลจากระยะใกล้

ส่วนของระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (GPS) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่สามารถบอกตำแหน่งของตัวอุปกรณ์ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ทางระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) ในการวิเคราะห์ข้อมูลค่าความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิของแหล่งน้ำ โดยระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (GPS) ที่ใช้ติดตั้งบนไมโครคอนโทรลเลอร์เรียกว่า GPS shield สามารถประกอบเข้ากับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ และติดตั้งเสาสัญญาณ Antenna เพื่อให้สามารถรับสัญญาณได้ดีขึ้น



รูปที่ 3 อุปกรณ์วัดคุณภาพน้ำ (ซ้าย) บอร์ดรับและส่งค่า (กลาง) อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ (ขวา)



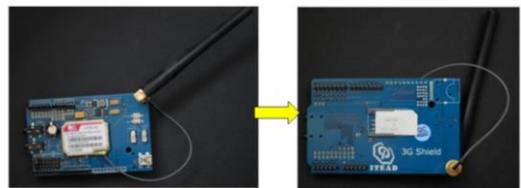
รูปที่ 4 การประกอบเสาสัญญาณรับกับเซ็นเซอร์ GPS

ส่วนของระบบติดต่อสื่อสารเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญในการส่งข้อมูล ซึ่งในการวิจัยนี้ใช้ระบบการส่งข้อมูลผ่านเทคโนโลยี 3G จากเครือข่ายสัญญาณโทรศัพท์ ซึ่งข้อมูลที่ได้จากเซ็นเซอร์จะส่งผ่านไปยัง Cloud Service ของระบบ Thingspeak เพื่อจัดเก็บข้อมูล โดยกำหนดระยะเวลาในการส่งข้อมูลจากเซ็นเซอร์ทุก ๆ 1 นาที (รูปที่ 5)

2.2.3 ส่วนที่ 3 การจัดการผ่านอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง Internet of Things (IoT)

การจัดการและเข้าถึงข้อมูลจากตัวเซ็นเซอร์ โดยใช้ระบบ Thingspeak ซึ่งเป็น Web services ในการจัดเก็บ จัดการ และแสดงผลค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าอุณหภูมิ ค่าพิกัดตำแหน่งของ

สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำจากเซ็นเซอร์ เพื่อใช้เป็นการอ่านข้อมูลจากระยะไกลได้อย่างง่ายและสะดวก สามารถที่จะนำส่งข้อมูลได้หลายรูปแบบ ได้แก่ CSV, XML, JSON เป็นต้น การเข้าใช้ระบบ Thingspeak ต้องสมัครสมาชิกก่อน และสร้าง Channel ทั้งหมด 3 channel เพื่อให้เพียงพอต่อจำนวนของเซ็นเซอร์ที่ใช้ 3 สถานี จากนั้นนำ API Code ที่ได้จากระบบมาดำเนินการเขียนโปรแกรมควบคุมเซ็นเซอร์เพื่อเป็นการระบุตัวตนและควบคุมเซ็นเซอร์ให้มีความถูกต้องอีกทั้งยังสามารถแสดงผลในรูปแบบของกราฟได้ดังรูปที่ 6



รูปที่ 5 อุปกรณ์ส่งข้อมูลโดยใช้เทคโนโลยี 3G แบบ Net sim

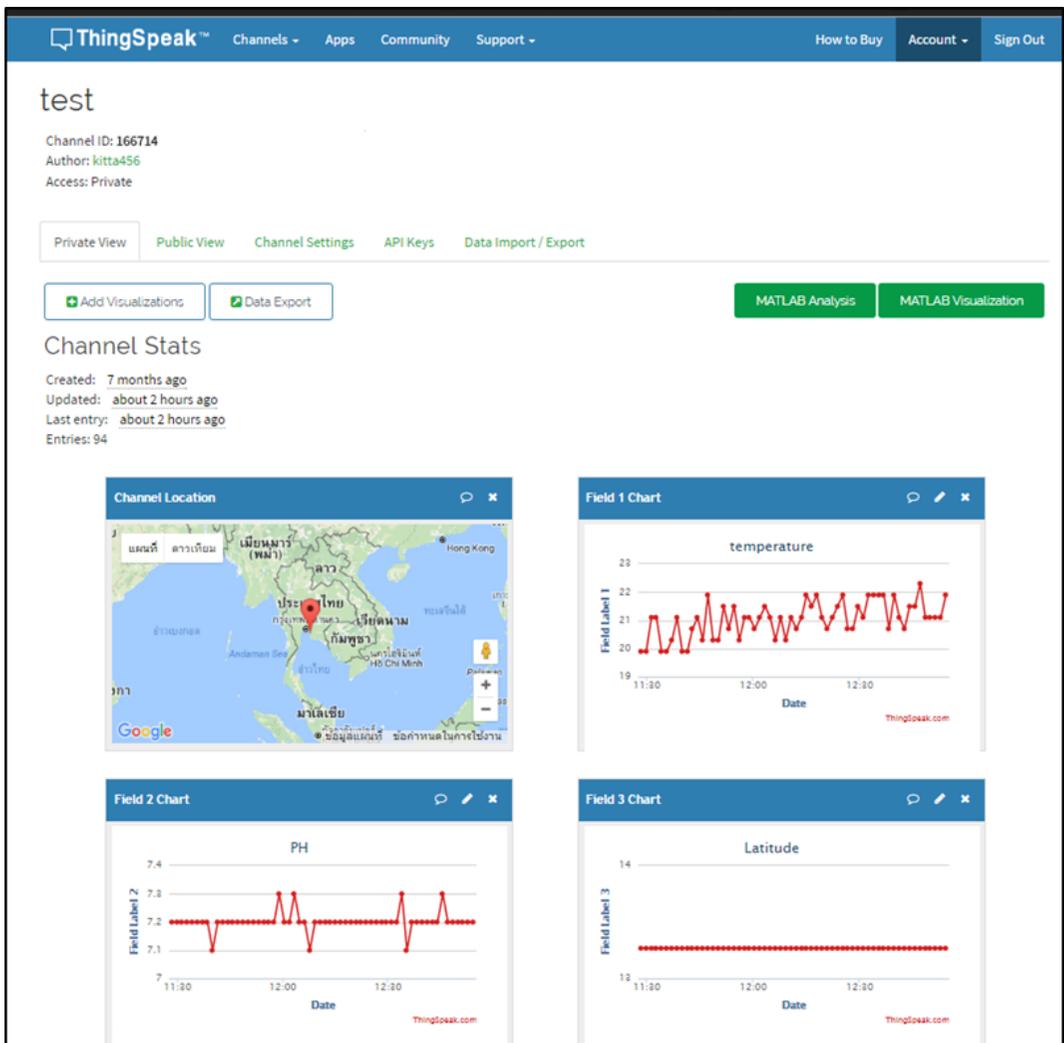
2.2.4 ส่วนที่ 4 การประยุกต์ข้อมูลจากการอ่านระยะไกลกับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS)

ขั้นตอนนี้ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เข้ามามีส่วนร่วมกับอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง Internet of Things โดยนำค่าพิกัดที่ประจำแต่ละสถานี ค่าความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิจาก

สถานีตรวจวัดจำนวนทั้งหมด 3 สถานี ในรูปแบบไฟล์ Comma Separated Value (.CSV) นำเข้าในโปรแกรม ArcMap 10 และทำการประมาณค่าในช่วง (Interpolation) โดยใช้วิธีการแบบ Inverse Distance Weighted (IDW) [4] คือ การแสดงความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ โดยใช้ตำแหน่งใกล้เคียงกันหาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ สามารถคำนวณค่า ณ ตำแหน่งสถานีที่อยู่ใกล้ที่สุดมีน้ำหนักความสำคัญมากกว่าตำแหน่งที่อยู่ห่างไกลออกไป จึงเป็นการประมาณค่าให้กับจุดที่ไม่ทราบค่าจากผลรวมเชิงเส้นของค่าที่ทราบ โดยใช้ค่าถ่วงน้ำหนักของจุดที่

ถูกจำกัดด้วยระยะทาง ซึ่งค่าถ่วงน้ำหนักนี้จะผกผันหรือเปลี่ยนแปลงตามระยะทางจากจุดที่ไม่ทราบค่า พิกัดไปยังจุดที่ทราบค่าจุดต่อไป ซึ่งจุดที่ทราบค่าที่อยู่ใกล้ที่สุดจะมีความสำคัญหรือมีค่าน้ำหนักมากที่สุดในการประมาณค่าจุดที่ไม่ทราบค่านั่นเอง วิธีการแบบ IDW สามารถคำนวณได้จากสมการ

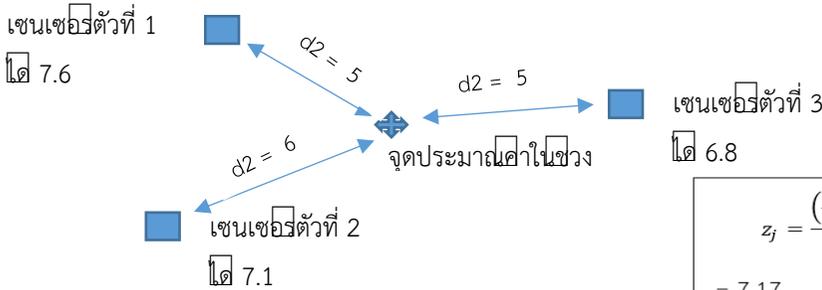
$$Z_j = \frac{\sum_i^n \left(\frac{z_i}{d_{ij}^n} \right)}{\sum_i^n \left(\frac{1}{d_{ij}^n} \right)} \quad (1)$$



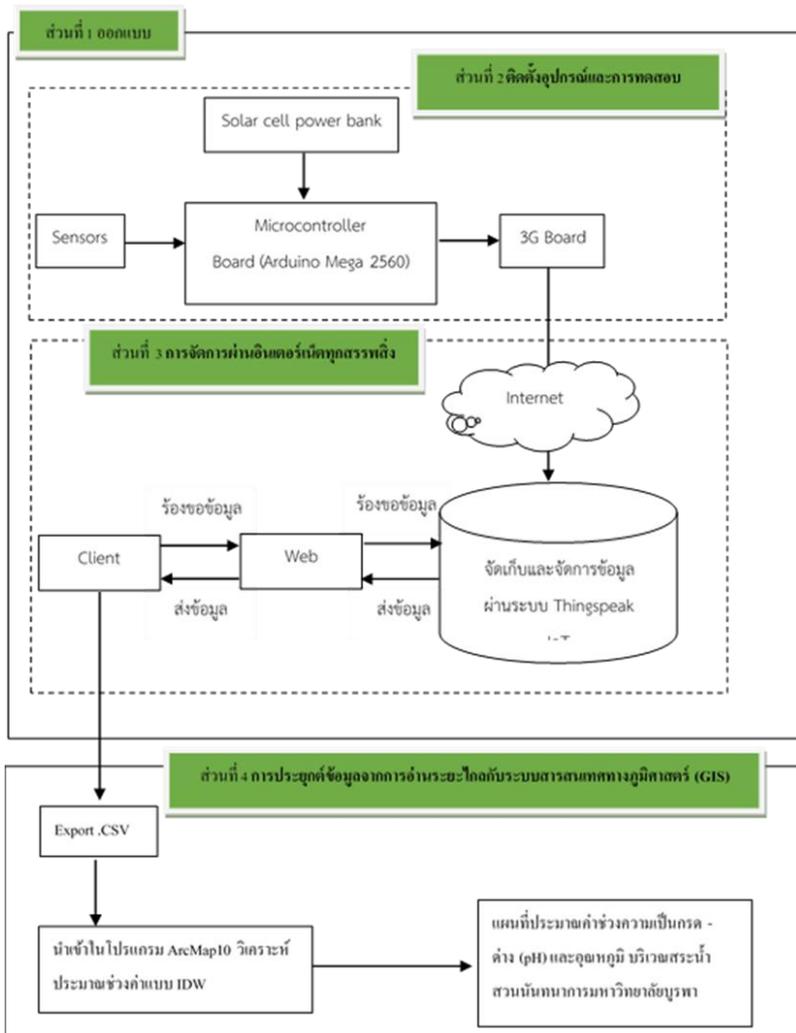
รูปที่ 6 ข้อมูลตรวจวัดค่าจากเซนเซอร์ในรูปแบบกราฟเส้นใน ThingSpeak

เมื่อให้ z_i คือ ค่าของจุดที่ทราบค่าของเซนเซอร์ตรวจวัด; d_{ij} คือ ระยะทางจากจุดของเซนเซอร์ตรวจวัดที่ทราบค่า; z_j คือ จุดที่ไม่ทราบค่า; n คือ จำนวนของ

เซนเซอร์ตรวจวัดคุณภาพน้ำ ซึ่งสามารถแสดงตัวอย่างการคำนวณด้วยวิธีการแบบ Inverse Distance Weighted ได้ดังนี้



$$z_j = \frac{\left(\frac{7.6}{5} + \frac{6.8}{5} + \frac{7.1}{6}\right)}{\left(\frac{1}{5} + \frac{1}{5} + \frac{1}{6}\right)} = 7.17$$



รูปที่ 7 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3. ผลการศึกษาและวิจารณ์

การพัฒนาต้นการอ่านข้อมูลจากระยะใกล้จะแบ่งผลการศึกษาออกเป็น 4 ส่วน คือ

3.1 ส่วนของการติดตั้งระบบฮาร์ดแวร์

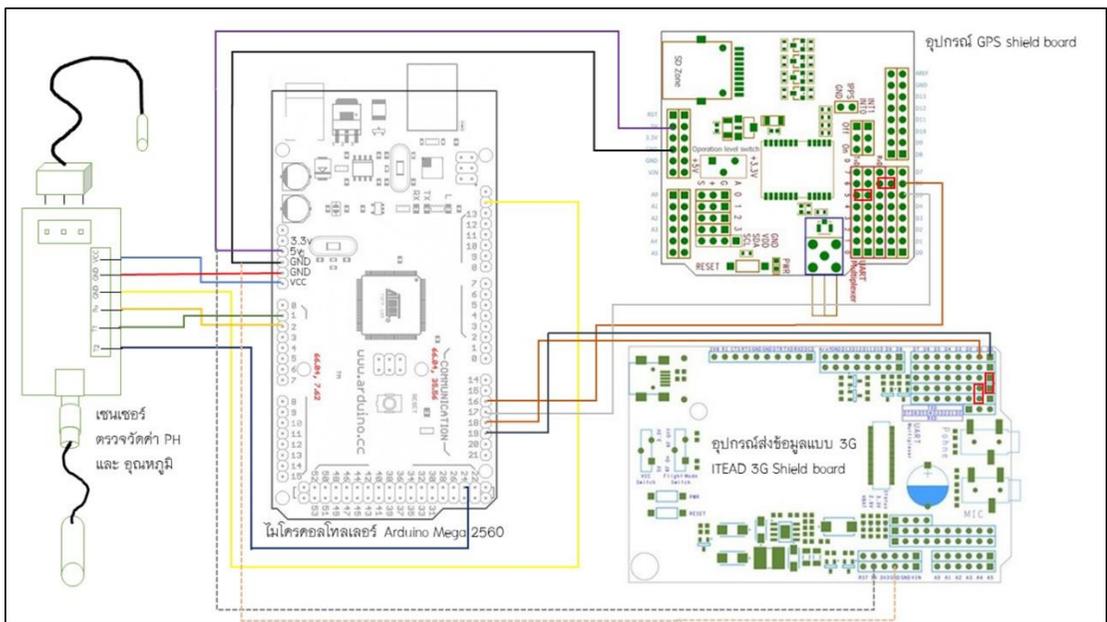
ในส่วนนี้จะรวมถึงการเขียนโปรแกรมควบคุมการสั่งงานให้เซนเซอร์ทำงาน ซึ่งผลการศึกษาในส่วนนี้สามารถกำหนดการส่งข้อมูลไปยังระบบ ThingSpeak โดยเขียนคำสั่งการหน่วงเวลาจากเซนเซอร์ในการส่งข้อมูลไปยังระบบ ThingSpeak ทุก 1 นาที ดังรูปที่ 8

3.2 การตรวจสอบความถูกต้องการทำงานของเซนเซอร์

การทดสอบความถูกต้องของอุปกรณ์เซนเซอร์ตรวจวัดคุณภาพน้ำทั้ง 3 อุปกรณ์ ได้ดำเนิน

การด้วยการนำเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) และตรวจวัดอุณหภูมิที่มีมาตรฐานและความถูกต้องมาใช้อ้างอิงโดยการเปรียบเทียบ

ค่าความถูกต้องของการวัดความเป็นกรด-ด่างด้วย Sensor 1 กับเครื่องมือวัดความเป็นกรด-ด่างโดยการทดสอบจำนวน 10 ครั้ง ในบริเวณตำแหน่งเดียวกัน พบว่าค่าความถูกต้องของ Sensor 1 ไม่มีค่าความแตกต่างกับเครื่องมือวัดความเป็นกรด-ด่าง โดยค่าเฉลี่ย 10 ครั้ง มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากันอยู่ที่ 7.13 ส่วนอุณหภูมิที่ตรวจวัดได้จากเซนเซอร์โดยเฉลี่ยเท่ากับ 37.54 องศาเซลเซียสซึ่งใกล้เคียงกันกับเครื่องมือตรวจวัดอุณหภูมิซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 37.55 มีความแตกต่างกัน -0.01 จึงถือว่าเป็นค่าเปรียบเทียบที่ยอมรับได้ ดังตารางที่ 1



รูปที่ 8 ผังติดตั้งระบบเซนเซอร์ตรวจวัดคุณภาพน้ำ

ค่าความถูกต้องของการวัดความเป็นกรด-ด่างด้วย Sensor 2 กับเครื่องมือวัดความเป็นกรด-ด่างโดยการ ทดสอบจำนวน 10 ครั้ง ในบริเวณตำแหน่ง

เดียวกัน พบว่าค่าความถูกต้องของ Sensor 2 มีค่าความแตกต่างกับเครื่องมือวัดความเป็นกรด-ด่าง โดยค่าเฉลี่ย 10 ครั้ง เซนเซอร์มีค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบการทดสอบค่าความถูกต้องของ Sensor 1 กับเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่างและอุณหภูมิ

sensor No.	location x	location y	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) จากเซนเซอร์	ค่าจากเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)	ค่าความแตกต่างค่าความเป็นกรด-ด่าง	ค่าอุณหภูมิจากเซนเซอร์ (องศาเซลเซียส)	ค่าอุณหภูมิจากเครื่องวัด (องศาเซลเซียส)	ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ
Sensor 1	708791.48	1468591.92	7.12	7.13	-0.01	37.54	37.55	-0.01
Sensor 1	708791.48	1468591.92	7.12	7.13	-0.01	37.54	37.55	-0.01
Sensor 1	708791.48	1468591.92	7.13	7.13	0.00	37.54	37.55	-0.01
Sensor 1	708791.48	1468591.92	7.13	7.13	0.00	37.54	37.55	-0.01
Sensor 1	708791.48	1468591.92	7.13	7.13	0.00	37.54	37.55	-0.01
Sensor 1	708791.48	1468591.92	7.13	7.13	0.00	37.54	37.55	-0.01
Sensor 1	708791.48	1468591.92	7.13	7.14	-0.01	37.55	37.56	-0.01
Sensor 1	708791.48	1468591.92	7.13	7.14	-0.01	37.55	37.56	-0.01
Sensor 1	708791.48	1468591.92	7.13	7.14	-0.01	37.55	37.56	-0.01
		ค่าเฉลี่ย	7.13	7.13	0.00	37.54	37.55	-0.01

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบการทดสอบค่าความถูกต้องของ Sensor 2 กับเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่างและอุณหภูมิ

sensor No.	location x	location y	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) จากเซนเซอร์	ค่าจากเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)	ค่าความแตกต่างค่าความเป็นกรด-ด่าง	ค่าอุณหภูมิจากเซนเซอร์ (องศาเซลเซียส)	ค่าอุณหภูมิจากเครื่องวัด (องศาเซลเซียส)	ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ
Sensor 2	708769.12	1468259.24	7.51	7.52	-0.01	37.78	37.78	0.00
Sensor 2	708769.12	1468259.24	7.51	7.52	-0.01	37.78	37.78	0.00
Sensor 2	708769.12	1468259.24	7.51	7.52	-0.01	37.79	37.78	0.01
Sensor 2	708769.12	1468259.24	7.51	7.52	-0.01	37.78	37.78	0.00
Sensor 2	708769.12	1468259.24	7.51	7.52	-0.01	37.78	37.78	0.00
Sensor 2	708769.12	1468259.24	7.51	7.52	-0.01	37.79	37.78	0.01
Sensor 2	708769.12	1468259.24	7.51	7.52	-0.01	37.78	37.78	0.00
Sensor 2	708769.12	1468259.24	7.52	7.52	0.00	37.78	37.78	0.00
Sensor 2	708769.12	1468259.24	7.52	7.52	0.00	37.79	37.78	0.01
Sensor 2	708769.12	1468259.24	7.52	7.53	-0.01	37.79	37.79	0.00
		ค่าเฉลี่ย	7.51	7.52	-0.01	37.78	37.78	0.00

ที่ 7.51 ซึ่งใกล้เคียงกับเครื่องมือวัดความเป็นกรด-ด่าง โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.52 มีค่าความแตกต่างกัน -0.01 ส่วนการเปรียบเทียบผลการวัดอุณหภูมิพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน โดยผลการตรวจวัดอุณหภูมิจากทั้ง เซนเซอร์และเครื่องมือตรวจวัดมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ย เท่ากัน คือ 37.78 จึงถือว่าเป็นค่าเปรียบเทียบที่ยอมรับได้ ดังตารางที่ 2

ค่าความถูกต้องของการวัดความเป็นกรด-ด่างด้วย Sensor 3 กับเครื่องมือวัดความเป็นกรด-ด่าง โดยการทดสอบจำนวน 10 ครั้งในบริเวณตำแหน่ง

เดียวกัน พบว่าค่าความถูกต้องของ Sensor 3 มีความแตกต่างกับเครื่องมือวัดความเป็นกรด-ด่าง โดยค่าเฉลี่ย 10 ครั้ง เซนเซอร์มีค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยที่ 7.39 ซึ่งใกล้เคียงกับเครื่องมือวัดความเป็นกรด-ด่าง โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.40 มีค่าความแตกต่างกัน -0.01 ส่วนอุณหภูมิที่ตรวจวัดได้จากเซนเซอร์มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 38.68 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิที่ได้จากเครื่องมือตรวจวัดมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 38.69 ซึ่งแตกต่างกัน -0.01 จึงถือว่าเป็นค่าเปรียบเทียบรับได้ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบการทดสอบค่าความถูกต้องของ Sensor 3 กับเครื่องมือวัดความเป็นกรด-ด่างและอุณหภูมิ

sensor No.	location x	location y	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) จากเซนเซอร์	ค่าจากเครื่องมือวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)	ค่าความแตกต่างค่าความเป็นกรด-ด่าง	ค่าอุณหภูมิจากเซนเซอร์ (องศาเซลเซียส)	ค่าอุณหภูมิจากเครื่องมือวัด (องศาเซลเซียส)	ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ
Sensor 3	708861.16	1468411.11	7.39	7.40	-0.01	38.68	38.69	0.00
Sensor 3	708861.16	1468411.11	7.39	7.40	-0.01	38.68	38.69	0.00
Sensor 3	708861.16	1468411.11	7.39	7.40	-0.01	38.68	38.69	0.01
Sensor 3	708861.16	1468411.11	7.39	7.40	-0.01	38.68	38.69	0.00
Sensor 3	708861.16	1468411.11	7.39	7.40	-0.01	38.68	38.69	0.01
Sensor 3	708861.16	1468411.11	7.40	7.40	0.00	38.69	38.69	0.00
Sensor 3	708861.16	1468411.11	7.40	7.40	0.00	38.69	38.70	0.00
Sensor 3	708861.16	1468411.11	7.40	7.40	0.00	38.69	38.70	0.01
Sensor 3	708861.16	1468411.11	7.40	7.41	-0.01	38.69	38.70	0.00
		ค่าเฉลี่ย	7.39	7.40	-0.01	38.68	38.69	-0.01

3.3 ส่วนการแสดงผลบน ThingSpeak

ThingSpeak เป็นเว็บไซต์ที่ให้บริการในการจัดการข้อมูลจากเซนเซอร์ โดยมีการจำกัดช่องสัญญาณและมีค่าบริการในกรณีที่ต้องการช่องสัญญาณเพิ่ม แต่ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ใช้

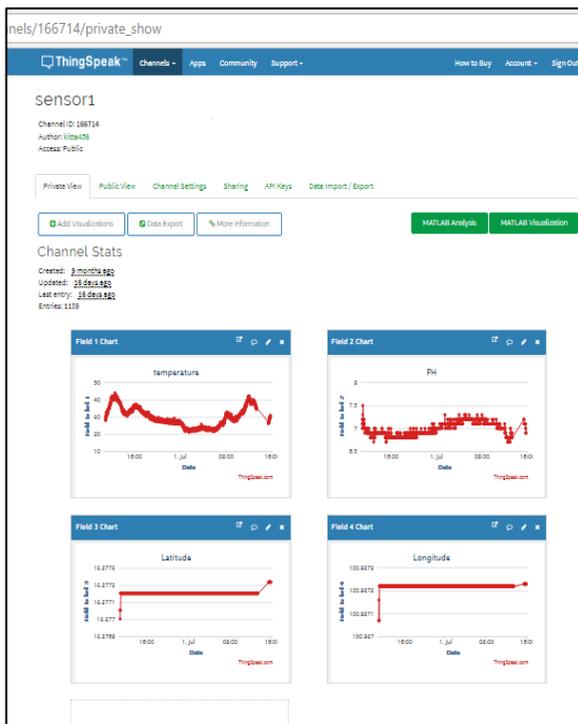
ช่องสัญญาณเพียง 3 ช่อง ซึ่งเพียงพอกับอุปกรณ์เซนเซอร์ โดยต้องมีการสมัครใช้งานและนำค่า API key ไปใช้ในการเขียนโปรแกรมควบคุมการส่งซึ่งค่าที่ได้รับจากเซนเซอร์มีค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าอุณหภูมิ และค่าพิกัดตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ สามารถแสดงผลใน

รูปแบบกราฟเส้นและสามารถส่งข้อมูลออกในรูปแบบไฟล์นามสกุล .CSV เพื่อนำไปใช้ในการสร้างแผนที่การประมาณค่าช่วงต่อไป ดังรูปที่ 9

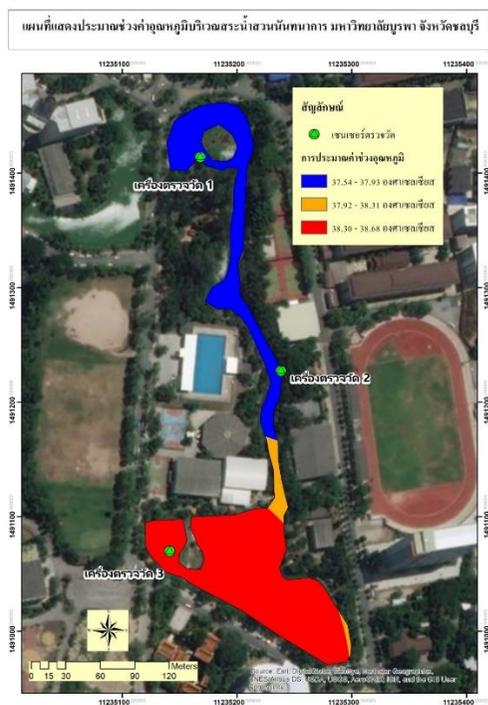
3.4 ส่วนการทำแผนที่ประมาณในค่าช่วงด้วยวิธีการ IDW

ข้อมูลค่าความเป็นกรด-ด่างและอุณหภูมิในแหล่งน้ำส่วนนันทนาการ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้ดำเนินการโดยการนำข้อมูลจากระบบ ThingSpeak มาสร้างแผนที่ประมาณค่าช่วงของอุณหภูมิ ดังรูปที่ 10

และค่าความเป็นกรด-ด่าง ดังรูปที่ 11 ผลการศึกษาในส่วนนี้ทำให้สามารถสร้างแผนที่เพื่อใช้ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำด้านอุณหภูมิและความเป็นกรด-ด่างได้เป็นอย่างดี เนื่องจากสามารถดึงข้อมูลจาก ThingSpeak ที่มีการรับค่าจากเซนเซอร์ทุก 1 นาที ทำให้สามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา นอกจากนี้ยังสามารถแสดงแผนที่ได้โดยการแบ่งเป็นช่วงเวลาตามความต้องการของผู้ใช้งาน



รูปที่ 9 การส่งค่าการตรวจวัดจากเซนเซอร์คุณภาพน้ำไปยังระบบ ThingSpeak



รูปที่ 10 แผนที่การประมาณค่าช่วงข้อมูลอุณหภูมิที่ได้จากการตรวจวัดของเซนเซอร์ทั้ง 3 เครื่อง

การออกแบบพัฒนาระบบสามารถตรวจวัดคุณภาพน้ำได้ 2 พารามิเตอร์ คือ ความเป็นกรด-ด่างและอุณหภูมิ สร้างขึ้นเพื่อเป็นต้นแบบในการตรวจวัดคุณภาพน้ำแบบออนไลน์ โดยอุปกรณ์ควบคุมจะรับส่ง

ค่าข้อมูลจากเซนเซอร์และอ่านข้อมูลจากเซนเซอร์ทุก ๆ 1 นาที และส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายโทรศัพท์มือถือ โดยส่งข้อมูลไปยังระบบ ThingSpeak และแสดงผลบนเว็บไซต์แบบเรียลไทม์ ซึ่งผลการวิจัยของงานนี้คล้าย

กับการศึกษาของ เกริกชัย และคณะ [3] ที่ศึกษาการพัฒนาต้นแบบระบบเซนเซอร์เว็บเชิงความหมายสำหรับข้อมูลบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมในเขตลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ซึ่งสามารถตรวจวัดคุณภาพแหล่งน้ำโดยใช้อุปกรณ์เซนเซอร์ไปติดตั้งในแต่ละสถานีเพื่อทำการตรวจวัดค่า แต่มีความแตกต่างในส่วนของการจัดเก็บโดยในโครงการนี้ใช้ 52 north SOS ซึ่งเป็นโปรแกรมรหัสเปิด (open source) แต่สำหรับงานวิจัยการพัฒนาต้นแบบระบบอ่านข้อมูลระยะไกล และจัดทำเซนเซอร์เว็บสำหรับข้อมูลคุณภาพน้ำบริเวณสวนนันทนาการในมหาวิทยาลัยบูรพา ผู้วิจัยเลือกใช้ ThingSpeak ซึ่งเป็นระบบ Cloud และสามารถดึงข้อมูลหรือเรียกข้อมูลในปริมาณมากได้ แต่จะมีการเสียค่าใช้จ่ายเมื่อมีข้อมูลมากนอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ

งานวิจัย ศิวพร และเที่ยง [5] ที่ได้ใช้ระบบเซนเซอร์ในการตรวจวัดสภาพแวดล้อมในพื้นที่เพาะปลูกมะนาวด้วยเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายระดับหมู่บ้าน เพื่อลดการใช้สารเคมีและสารพิษตกค้างลุ่มแม่น้ำเพชรบุรี เพื่อวัดการปนเปื้อนของสารพิษในลุ่มแม่น้ำเพชรบุรี ซึ่งในการตรวจวัดคุณภาพมีเรื่องของอุณหภูมิและส่งค่าไปจัดเก็บในฐานข้อมูล และยังสอดคล้องกับบทความวิจัย เรื่อง “ThingSpeak based sensing and monitoring system for IoT with MATLAB analysis” ของ Pasha [6] โดยการใช้ ThingSpeak ในการจัดเก็บข้อมูลซึ่งง่ายต่อการเข้าถึงและการประยุกต์การสร้าง Internet of Things (IoT) เพื่อติดตามอุปกรณ์หรือเซนเซอร์ต่าง ๆ โดยใช้โปรแกรม MATLAB ในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย



รูปที่ 11 แผนที่การประมาณค่าช่วงข้อมูลความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่ได้จากการตรวจวัดของเซนเซอร์ทั้ง 3 เครื่อง

4. สรุปผลการศึกษา

โครงการวิจัยการพัฒนาต้นแบบระบบอ่านข้อมูลระยะใกล้ และจัดทำเซนเซอร์เว็บสำหรับข้อมูลคุณภาพน้ำ บริเวณสวนนันทนาการในมหาวิทยาลัยบูรพา สามารถแบ่งการสรุปออกเป็น 4 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 การติดตั้งระบบฮาร์ดแวร์และการเขียนโปรแกรมควบคุมที่สามารถที่จะกำหนดสมบัติและค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ให้กับตัวฮาร์ดแวร์ได้ โดยการเขียนโปรแกรมในการสั่งการและควบคุมการทำงานทั้งหมดของเซนเซอร์ ซึ่งการติดตั้งและเขียนโปรแกรมต้องมีความเข้าใจพื้นฐานของการทำงานเกี่ยวกับระบบไฟที่ส่งให้ฮาร์ดแวร์ รวมถึงต้องมีความสามารถเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงาน การส่งค่าที่ตรวจวัดจากเซนเซอร์ผ่านสัญญาณ 3G ไปยังระบบ ThingSpeak โดยใช้ภาษา C# ส่วนที่ 2 การตรวจสอบค่าความถูกต้องของเซนเซอร์กับเครื่องตรวจวัดมาตรฐานอยู่ในเกณฑ์ดีสามารถนำไปใช้งานได้ โดยค่าอุณหภูมิในสระสวนนันทนาการจะเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลา และพบว่าการตรวจวัดช่วงเวลา 13:00-15:00 น. จะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยสูงสุดเฉลี่ยที่ 38.31 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยที่ 7.12 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดี ส่วนที่ 3 ThingSpeak ระบบการจัดเก็บข้อมูลที่มีประสิทธิภาพและจัดการได้อย่างมีประสิทธิภาพเหมาะสมสำหรับนำค่าข้อมูลไปใช้วิเคราะห์ในส่วนต่อไปได้อย่างสะดวก และส่วนที่ 4 การทำแผนที่ประมาณในค่าช่วงด้วยวิธีการ IDW ของข้อมูลค่าความเป็นกรด-ด่างและอุณหภูมิในแหล่งน้ำ สวนนันทนาการ มหาวิทยาลัยบูรพา โดยเฉพาะค่าอุณหภูมิที่ประมาณค่าช่วงมีค่าความต่างประมาณ 1 องศาเซลเซียส เนื่องจากเซนเซอร์ตรวจวัดคุณภาพน้ำอยู่ในสภาพแวดล้อมภายใต้ร่มเงา ทำให้อุณหภูมิของน้ำบริเวณนั้นมีอุณหภูมิแตกต่างจากบริเวณอื่น

5. ข้อเสนอแนะ

การตรวจวัดคุณภาพน้ำต้องมีการเพิ่มเซนเซอร์ เช่น เซนเซอร์ตรวจค่า DO การปนเปื้อนต่าง ๆ เพิ่มเติม เพื่อให้อุปกรณ์มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่สนับสนุนทุนการวิจัยในครั้งนี้

7. รายการอ้างอิง

- [1] การ์ณย์ อินทะกุล, 2551, การพัฒนาข้อมูลภูมิสารสนเทศของข้อมูลเครื่องตรวจวัดปริมาณน้ำฝนสำหรับการให้บริการผ่านเว็บเซอร์วิส, แหล่งที่มา : <http://cmuir.cmu.ac.th/handle/6653943832/18440>, 9 สิงหาคม 2559.
- [2] ไทยรัฐออนไลน์, 2559, ไชรทัส "ประเทศไทย 4.0" สร้างเศรษฐกิจใหม่ ก้าวข้ามกับดักรายได้ปานกลาง, แหล่งที่มา : <http://www.thairath.co.th/content/613903>, 9 สิงหาคม 2559.
- [3] เกริกชัย ทองหนู, พนาลี ชีวกิตติการ, จิรดา ยงสถิตศักดิ์ และสุพัตรา พุฒินาวรัตน์, 2555, การพัฒนาต้นแบบระบบเซนเซอร์เว็บเชิงความหมายสำหรับข้อมูลบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมในเขตลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา, รายงานการวิจัย, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.
- [4] สุเพชร จิระขจรกุล, 2560, เรียนรู้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้วยโปรแกรม ArcGIS Desktop 10.5, ภาควิชาเทคโนโลยีชนบท คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปทุมธานี, 136 น.
- [5] ศิวาพร เหมียดโรสง และเที่ยง เหมียดโรสง, 2558, การวิจัยและพัฒนาระบบการตรวจวัดสภาพแวดล้อมในพื้นที่เพาะปลูกมะนาวด้วย

เครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายระดับหมู่บ้านเพื่อลดการใช้สารเคมีและสารพิษตกค้างลุ่มแม่น้ำเพชรบุรี, 210-213, การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 7, โรงแรมธรรมรินทร์ ธนา, ตรัง.

[6] Pasha, S., 2016, Thingspeak based Sensing and Monitoring System for IoT with Matlab Analysis, Int. J. New Technol. Res. 2(6): 19-23.