

การพัฒนาระบบอุปกรณ์ไอโอทีสำหรับการตรวจวัดและการพยากรณ์ความ
เค็มของน้ำโดยใช้แมชชีนเลิร์นนิง

DEVELOPMENT OF IOT DEVICE FOR MONITORING AND
PREDICTION OF SALINE WATER USING MACHINE LEARNING



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2566
KMITL-2023-EN-M-027-095

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEVELOPMENT OF IOT DEVICE FOR MONITORING AND
PREDICTION OF SALINE WATER USING MACHINE LEARNING

SAKDITAT SUTTHINOON



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN ELECTRICAL ENGINEERING
SCHOOL OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2023

KMITL-2023-EN-M-027-095

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2023

SCHOOL OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Development of IoT device for monitoring and prediction of saline water using machine learning
Student	Mr. SAKDITAT SUTTHINOON
Student ID.	62601067
Degree	Master of Engineering
Program	Electrical Engineering
Year	2023
Thesis Advisor	Dr. Thanavit Anuwongpinit

ABSTRACT

This research presents analysis, design and development of portable systems using Internet of Things (IoT) to replace the problems of devices, such as using expensive control board and high power, device cannot display the value through the network. This is because water quality is a very important problem, especially for farmers in Bang Kachao area, who are experiencing salinity invasion in the area, causing crop yields to decline and land use changes in the past. The proposed system has been developed with a microcontroller connected to the aqueous solution concentration sensor to measure the salinity of water via an analog-to-digital conversion module and the device can connect to a Wi-Fi network to connect to the Internet and transmit the water salinity and location of the measured point via the GPS device, and send the data to the cloud and dashboard via MQTT protocol and continue from the operation of the water quality measurement station system of previous research to be able to collect data for 8 station to create a water salinity prediction model. The algorithm used is XGBOOST (EXTREME GRADIENT BOOST) and to find the most accurate model. Optuna, an automatic software frame designed to adjust the hyperparameter tuning of the model, then test the model performance with the RMSE MAE and MAPE. The OP1 station is the lowest with MAE is 1.188 RMSE is 1.46 ppt and MAPE is 10.43 %.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยความเมตตาและความอนุเคราะห์ของ ดร.ธนวิชญ์ อนุวงศ์พินิจ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาที่คอยให้คำแนะนำ ความรู้ และให้คำปรึกษา คำแนะนำ และชี้แนะแนวทางแก้ไขปัญหาต่าง ๆ รวมถึงให้กำลังใจที่ดีต่อข้าพเจ้า นอกจากนี้ งานวิจัยในวิทยานิพนธ์นี้ยังได้รับทุนอุดหนุนจากกองทุนวิจัยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ขอขอบพระคุณครอบครัวของข้าพเจ้าทุกคนที่คอยให้กำลังใจ คำแนะนำ สนับสนุน ทำให้ข้าพเจ้าสามารถจัดทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วง สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดาและครอบครัว ที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า และผู้มีพระคุณต่อข้าพเจ้าทุกท่าน

ศกดิษฐ์ สุทธิบุญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ III อังอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย.....	2
1.3 พื้นที่ศึกษา.....	2
1.4 ขอบเขตการวิจัย.....	4
1.3.1 ขอบเขตของงานวิจัยด้านพื้นที่ศึกษา	4
1.3.2 ขอบเขตของงานวิจัยด้านข้อมูล	4
1.3.3 ขอบเขตของงานวิจัยด้านระเบียบวิธีวิจัย	4
1.4 ขั้นตอนการวิจัย.....	4
1.5 ประโยชน์ที่ได้จากการวิจัย	5
บทที่ 2 ทฤษฎี งานวิจัยและหลักการที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 Internet of Things	6
2.2 Node-Red.....	7
2.3 MQTT Protocol.....	7
2.4 การเรียนรู้ของเครื่อง(Machine Learning)	9
2.4.1 การทำงานของระบบ Machine Learning 3 รูปแบบ	9
2.5 การวิเคราะห์การถดถอย(Regression Analysis)	11
2.6 Ensemble Learning.....	13
2.6.1 Bagging.....	13
2.6.2 Boosting	14
2.7 XGBoost	14
2.8 Optuna Tuning	16
2.8.1การดำเนินการช่วง Coding.....	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ IV อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.9 ค่าวัดประสิทธิภาพของการทำนาย.....	20
บทที่ 3 การวิเคราะห์และการออกแบบ.....	21
3.1 ภาพรวมในการวิเคราะห์และการออกแบบ	21
3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบระบบ	22
3.3 การออกแบบระบบอุปกรณ์ตรวจวัดแบบพกพา	24
3.3.1 การออกแบบฮาร์ดแวร์	24
3.3.2 การออกแบบซอฟต์แวร์การทำงานของอุปกรณ์ตรวจวัดแบบพกพา.....	25
3.4 การออกแบบระบบการทำนายค่าความเค็มของน้ำ	28
3.4.1 การสร้างแบบจำลอง	29
บทที่ 4 การดำเนินงานและผลการวิจัย	32
4.1 การติดตั้งและการทำงานของอุปกรณ์ตรวจวัดแบบสถานี	32
4.2 การติดตั้งและการทำงานของอุปกรณ์ตรวจวัดแบบพกพา.....	33
4.3 การพัฒนาระบบการทำนายข้อมูล	36
4.3.1 ชุดข้อมูล	36
4.3.2 กระบวนการเรียนรู้และทดสอบ	42
4.3.3 ผลการวัดประสิทธิภาพแบบจำลอง	43
4.3.4 สรุปผลการทดลอง	52
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย.....	54
5.1 สรุปผล.....	54
5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางวิจัยเพิ่มเติม.....	54
เอกสารอ้างอิง	55
ภาคผนวก.....	58
ภาคผนวก ก. ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์	59
ประวัติผู้วิจัย.....	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.2 รายละเอียดจุดตำแหน่งที่ทำการติดตั้ง.....	22
3.3 ข้อมูลจากสถานีวัด	23
4.3 พารามิเตอร์ที่จำเป็นสำหรับแบบจำลอง.....	42
4.4 ผลการวัดประสิทธิภาพแบบจำลอง	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และเผยแพร่ไปยังผู้อื่นโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1-1 พื้นที่บางกะเจ้า	3
2-1 หน้าตาสัญลักษณ์ของ Node-Red.....	7
2-2 หน้าตาไฟล์ของ Node-Red.....	7
2-3 ภาพรวมการทำงานของ MQTT	8
2-4 HiveMQ Public Broker.....	9
2-5 ภาพรวมของ Machine Learning.....	11
2-6 ลักษณะการทำงานแบบ Bagging	13
2-7 ลักษณะการทำงานแบบ Boosting.....	14
2.8 ลักษณะการทำงานของ XGBoost.....	16
2-9 รูปวิธีการดำเนินการหาค่าไฮเปอร์พารามิเตอร์ของ Optuna.....	17
2-10 ตัวอย่างการใช้งานฟังก์ชันวัตถุประสงคร่วมกับ trial.....	18
2-11 ตัวอย่าง Study object.....	19
3-1 ภาพรวมของระบบที่ทำการออกแบบ.....	21
3-2 รูปแสดงตำแหน่งของแต่ละสถานี.....	22
3-3 ตัวอย่างชุดข้อมูลจากสถานี.....	23
3-4 ภาพรวมของระบบฮาร์ดแวร์.....	24
3-5 ตัวอย่างเคสอุปกรณ์พกพาที่ทำการออกแบบ.....	25
3-6 โฟลว์ชาร์ตการทำงานของระบบ.....	26
3-7 ภาพรวมไฟล์การทำงานของระบบและการจัดการด้วย Node-RED.....	27
3-8 ภาพรวมไฟล์การทำงานของระบบแผนที่และการแสดงผลบนแผนที่ด้วย Node-RED.....	27
3-9 หน้าต่างแดชบอร์ดแสดงผลการทำงานและส่งข้อมูลของอุปกรณ์.....	28
3-10 ตัวอย่าง API ในแต่ละสถานี.....	28
3-11 ภาพรวมการรวบรวมข้อมูลเก็บไว้ในฐานข้อมูล.....	29
3-12 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง.....	30
4-1 ภาพการติดตั้งตู้อุปกรณ์และอุปกรณ์ภายในตู้.....	32
4-2 การติดตั้งเซ็นเซอร์วัดความเค็มและระดับความสูงของน้ำ.....	33
4-3 การส่งค่ามายังระบบคลาวด์เพื่อเก็บข้อมูลและแสดงผลบนแดชบอร์ด.....	33
4-4 วงจรภายในโมดูลและอุปกรณ์ที่ประกอบสมบูรณ์ของอุปกรณ์แบบพกพา.....	34
4-5 การทดสอบการทำงานของอุปกรณ์.....	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ VII อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4-6 การแสดงผลหน้าตาต่างชุดอุปกรณ์.....	35
4-7 ทดลองแจกอุปกรณ์ให้กับชาวบ้านบางกะเจ้า.....	35
4-8 หน้าต่างแดชบอร์ดแสดงผลการทำงานและส่งข้อมูลของอุปกรณ์.....	36
4-9 ชุดข้อมูลทั้งหมด.....	36
4-10 ชุดข้อมูลฝึกสอน.....	37
4-11 ชุดข้อมูลทดสอบ.....	37
4-12 ชุดข้อมูลฝึกสอน/ชุดข้อมูลทดสอบ สถานี OP1.....	38
4-13 ชุดข้อมูลฝึกสอน/ชุดข้อมูลทดสอบ สถานี OP2.....	38
4-14 ชุดข้อมูลฝึกสอน/ชุดข้อมูลทดสอบ สถานี OP3.....	39
4-15 ชุดข้อมูลฝึกสอน/ชุดข้อมูลทดสอบ สถานี OP4.....	39
4-16 ชุดข้อมูลฝึกสอน/ชุดข้อมูลทดสอบ สถานี OP5.....	40
4-17 ชุดข้อมูลฝึกสอน/ชุดข้อมูลทดสอบ สถานี IN1.....	40
4-18 ชุดข้อมูลฝึกสอน/ชุดข้อมูลทดสอบ สถานี IN2.....	41
4-19 ชุดข้อมูลฝึกสอน/ชุดข้อมูลทดสอบ สถานี IN4.....	41
4-20 วิธีการหาค่าพารามิเตอร์โดยใช้ Optuna.....	42
4-21 รูปก่อนการปรับพารามิเตอร์สถานี OP1.....	44
4-22 รูปหลังการปรับพารามิเตอร์สถานี OP1.....	44
4-23 รูปก่อนการปรับพารามิเตอร์สถานี OP2.....	45
4-24 รูปหลังการปรับพารามิเตอร์สถานี OP2.....	45
4-25 รูปก่อนการปรับพารามิเตอร์สถานี OP3.....	46
4-26 รูปหลังการปรับพารามิเตอร์สถานี OP3.....	46
4-27 รูปก่อนการปรับพารามิเตอร์สถานี OP4.....	47
4-28 รูปหลังการปรับพารามิเตอร์สถานี OP4.....	47
4-29 รูปก่อนการปรับพารามิเตอร์สถานี OP5.....	48
4-30 รูปหลังการปรับพารามิเตอร์สถานี OP5.....	48
4-31 รูปก่อนการปรับพารามิเตอร์สถานี IN1.....	49
4-32 รูปหลังการปรับพารามิเตอร์สถานี IN1.....	49
4-33 รูปก่อนการปรับพารามิเตอร์สถานี IN2.....	50
4-34 รูปหลังการปรับพารามิเตอร์สถานี IN2.....	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ VIII อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4-35 รูปก่อนการปรับพารามิเตอร์สถานี IN4.....	51
4-36 รูปหลังการปรับพารามิเตอร์สถานี IN4.....	51



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ IX อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันระดับน้ำทะเลที่สูงขึ้นและการรुक้าของน้ำทะเลทำให้เกิดปัญหาความเค็มสูงในพื้นที่บางกะเจ้าเป็นครั้งคราว [1] ซึ่งตั้งอยู่ในจังหวัดสมุทรปราการ ประเทศไทย ภายในส่วนโค้งของแม่น้ำเจ้าพระยา บางกะเจ้าถูกกำหนดให้เป็นพื้นที่อนุรักษ์สีเขียวในปี พ.ศ. 2520 โดยมติของคณะรัฐมนตรี ซึ่งเรียกกันทั่วไปว่าเป็นปอดสีเขียวของกรุงเทพมหานคร การรुक้าของน้ำทะเลมีความไม่ชัดเจน เนื่องจากการผลิตน้ำประปาและการชลประทานต้องอาศัยน้ำจากแม่น้ำเจ้าพระยาโดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง ปัญหาความเค็มของน้ำส่งผลกระทบต่อน้ำอุปโภคบริโภคและการเกษตรของชาวบางกะเจ้าอย่างมาก ดังนั้นการนำเทคโนโลยีดิจิทัลมาใช้ในการตรวจสอบและแจ้งค่าความเค็มของน้ำจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง โดยเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) เป็นหนึ่งในเทคโนโลยีที่ได้รับความนิยมสูงสุดซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานกับระบบหรือแอปพลิเคชันต่าง ๆ เช่น การทำฟาร์มอัจฉริยะ [2] เมืองอัจฉริยะ [3] สุขภาพอัจฉริยะ [4] หรือการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอัจฉริยะ เป็นต้น เทคโนโลยีนี้ช่วยให้เราสามารถใช้เซ็นเซอร์ซึ่งสามารถใช้เพื่อรับค่าทางกายภาพ เช่น ค่าคุณภาพน้ำ และสื่อสารกับเซิร์ฟเวอร์คลาวด์และแสดงผลบนแดชบอร์ดแบบเรียลไทม์ มีเครื่องมือและงานวิจัยเกี่ยวกับการตรวจสอบคุณภาพน้ำมากมาย วิธีหนึ่งที่พบมากที่สุดคือการใช้อุปกรณ์ลักษณะคล้ายปากกาวัดความเค็ม [5] นอกจากนี้ จากงานวิจัยที่ผ่านมา [6] ได้นำเสนอการพัฒนาระบบเตือนภัยอัตโนมัติโดยตั้งสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำที่บางกะเจ้าเพื่อติดตามแบบเรียลไทม์ อย่างไรก็ตามพื้นที่สถานีวัดมีเนื้อที่จำกัดทำให้ในบางพื้นที่ชาวบ้านไม่ทราบค่าความเค็มของน้ำในบางพื้นที่ หรือในบริเวณที่เฉพาะเจาะจงบางส่วนที่สถานีวัดไม่สามารถทราบค่าได้ และยังไม่มียระบบคาดการณ์ความเค็มในอนาคต และงานวิจัยที่ผ่านมา [7-8] ได้นำเสนอระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำโดยใช้บอร์ด Raspberry Pi เป็นตัวควบคุม อย่างไรก็ตาม การใช้บอร์ดคอนโทรลเลอร์ที่เป็นบอร์ดคอมพิวเตอร์นี้ มีราคาแพงและกินไฟสูง งานวิจัยที่ผ่านมา [9-11] นำเสนอระบบเซ็นเซอร์โดยใช้บอร์ด Arduino เป็นตัวควบคุมหลักในการตรวจวัดคุณภาพน้ำโดยไม่มีการใช้งานในรูปแบบของ IoT หรือไม่ได้ใช้โมดูลสื่อสารทางอินเทอร์เน็ต งานวิจัยใน [12] นำเสนอการพัฒนาเซ็นเซอร์สำหรับตรวจวัดคุณภาพน้ำ แต่ไม่มีการเชื่อมต่อระบบ IoT เพื่อใช้ในการส่งค่าคุณภาพน้ำ

งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยมีจุดประสงค์เพื่อนำเสนอการวิเคราะห์ออกแบบและพัฒนาระบบชุดอุปกรณ์พกพาที่สามารถทำงานด้วยระบบ Internet of Things (IoT) สำหรับตรวจสอบค่าความเค็ม

ของน้ำ และใช้อุปกรณ์นี้เพื่อส่งค่าความเค็มของน้ำ ตำแหน่ง การแจ้งเตือนค่าความเค็ม และการแสดงผลเป็นภาพกราฟิกในเว็บแอปพลิเคชันหรือบนแดชบอร์ดเพื่อให้ข้อมูลค่าความเค็มของน้ำสำหรับเกษตรกรในพื้นที่บางกะเจ้าของประเทศไทย เพื่อติดตามและตัดสินใจเรื่องน้ำอุปโภคบริโภค นอกจากนี้ ยังต่อยอดการทำงานของระบบสถานีวัดคุณภาพน้ำจากงานวิจัยที่ดำเนินการผ่านมา ให้สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อนำข้อมูลที่ได้นี้มาทำนายค่าคุณภาพน้ำล่วงหน้าโดยใช้เทคนิคทางการถดถอยแบบเชิงเส้นหลายระดับด้วยแบบจำลอง XGBoost และการปรับจูนพารามิเตอร์เพื่อให้ค่าการพยากรณ์ของน้ำมีความแม่นยำมากที่สุดด้วย Optuna โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้ใช้ น้ำสามารถพยากรณ์และวางแผนการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคล่วงหน้าได้

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เสนอระบบ Internet of Things (IoT) ที่สามารถประยุกต์ใช้กับการตรวจสอบความเค็มทั้งแบบพกพาและแบบสถานีวัด

1.2.2 มุ่งเน้นไปที่การพัฒนาอุปกรณ์วัดความเค็มแบบพกพาแบบไอโอทีที่มีต้นทุนต่ำโดยเป็นหัววัดแบบมีสายที่สามารถใช้วัดได้สะดวกทดแทนการใช้อุปกรณ์แบบปากกาวัด

1.2.3. สามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตและระบุตำแหน่งผ่าน GPS พร้อมทั้งส่งข้อมูลไปยังเว็บไซต์และสามารถเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำเพื่อใช้ในการทำนายคุณภาพน้ำในอนาคต

1.2.4. สามารถนำข้อมูลคุณภาพน้ำมาทำนายล่วงหน้าเพื่อเป็นแนวทางให้ผู้ใช้ น้ำสามารถวางแผนการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคล่วงหน้าได้

1.3. พื้นที่ศึกษา

พื้นที่บางกระเจ้า ตั้งอยู่ในอำเภอพระประแดง จ. สมุทรปราการ พื้นที่บางกระเจ้าเกิดจากการไหลและกักเซาะของแม่น้ำเจ้าพระยา ทำให้เกิดลักษณะบึงโค้ง มีระยะทางจากด้านเหนือสุด-ด้านใต้สุด ประมาณ 6 กิโลเมตร และมีระยะทางจากด้านตะวันตกสุด-ด้านตะวันออกสุด ประมาณ 6 กิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 18.9 ตารางกิโลเมตร สภาพทางภูมิศาสตร์โดยทั่วไปของพื้นที่บางกระเจ้า ส่วนใหญ่เป็นที่ราบ โดยมีรูปร่างลักษณะ คล้ายกระเพาะหมู สภาพพื้นที่มีแม่น้ำเจ้าพระยาไหลล้อมรอบ เกิดเป็นลักษณะของเกาะขนาดเล็ก บริเวณพื้นที่ตอนกลาง เป็นพื้นที่ราบ ซึ่งไม่สูงจากระดับน้ำทะเล บริเวณทิศใต้อยู่ใกล้กับอ่าวไทย ประมาณ 20 กิโลเมตรส่งผลให้ได้รับอิทธิพลจากการหนุนของน้ำเค็ม พื้นที่บางกระเจ้าจึงมีรูปแบบ ของน้ำแบ่งตามความเค็มได้ 3 รูปแบบ คือ น้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม พื้นที่บางกระเจ้าเป็นพื้นที่ที่ เป็นแหล่งการเกษตรกรรมและดินมีความอุดมสมบูรณ์เหมาะสมสำหรับการเพาะปลูก ผลไม้ที่ขึ้นชื่อ ได้แก่ มะม่วงน้ำดอกไม้ แต่เป็นผลไม้ที่ไม่สามารถทน

ความเค็มได้ทำให้เมื่อพื้นที่บางกระเจ้าพระได้รับ อิทธิพลของน้ำเค็ม พืชสวนจึงเกิดโรคพืช และไม่สามารถเจริญงอกงามได้อย่างเต็มที่

การศึกษาในครั้งนี้ได้เลือกพื้นที่บางกระเจ้ามาเป็นพื้นที่ศึกษา เนื่องจาก ปัจจัย 3 ข้อด้วยกัน คือ 1) พื้นที่บางกระเจ้าเป็นพื้นที่สีเขียวขนาดใหญ่ที่สุดของกรุงเทพฯ เนื่องจากกรุงเทพฯ มีภาวะมลพิษเกิดขึ้นอย่างมากตลอดเวลา พื้นที่สีเขียวที่บางกระเจ้านี้ช่วยฟอกอากาศให้กับกรุงเทพฯ 2) พื้นที่บางกระเจ้าเป็นพื้นที่ปลายน้ำของแม่น้ำเจ้าพระยามีเขตที่เชื่อมต่อกับอ่าวไทย ทำให้เกิดปัญหาการรุกน้ำของน้ำเค็มอยู่บ่อยครั้ง 3) พื้นที่บางกระเจ้าเป็นพื้นที่ที่มีความหลากหลายทางระบบนิเวศ และ มีความอุดมสมบูรณ์ เนื่องจากเป็นพื้นที่เชื่อมต่อระหว่าง น้ำจืด น้ำกร่อย และ น้ำเค็ม การศึกษาการ พยากรณ์ความเค็มในพื้นที่บางกระเจ้าจึงเป็นสถานที่ที่เหมาะสม ทั้งทางด้านระบบนิเวศ วิศวกรรม และเศรษฐกิจของประเทศไทย



รูปที่ 1-1 พื้นที่บางกระเจ้า

(ที่มา: วันชัย ตันติวิทยาพิทักษ์ (2557) <http://www.sarakadee.com/blog/oneton/?p=1531>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขอบเขตการวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้มีขอบเขตของการศึกษาวิจัยแบ่งออกเป็น 3 หมวดหมู่ดังนี้

1.4.1 ขอบเขตของงานวิจัยด้านพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษานี้คือ คุ้มบางกระเจ้า จังหวัดสมุทรปราการ ประเทศไทย ตั้งอยู่ระหว่าง พิกัด 1,508,000 – 1,516,000 เหนือ และ 665,000 – 673,000 ตะวันออก ในระบบ WGS 1984 UTM โซน 47N ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 20.7 ตารางกิโลเมตร

1.4.2 ขอบเขตของงานวิจัยด้านข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองมาจากการติดตั้งสถานีวัดความเค็มของน้ำจำนวนทั้งสิ้น 8 สถานี ตั้งแต่ปี 2023 ถึงปัจจุบัน

1.4.3 ขอบเขตของงานวิจัยด้านระเบียบวิธีวิจัย

ระบบที่นำเสนอนี้ประกอบด้วยระบบชุดอุปกรณ์ที่สามารถประยุกต์ใช้ในการติดตามระดับความเค็มทั้งแบบอุปกรณ์พกพาและแบบสถานีวัด โดยอุปกรณ์พกพาได้พัฒนาด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์วัดความเข้มข้นของสารละลายในน้ำเพื่อใช้วัดความเค็มของน้ำเกรตห้องปฏิบัติการผ่านโมดูลการแปลงแอนะล็อกเป็นดิจิทัล และอุปกรณ์สามารถเชื่อมต่อเครือข่ายไวไฟเพื่อเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตและส่งข้อมูลความเค็มของน้ำและตำแหน่งของจุดที่วัดผ่านอุปกรณ์ GPS และส่งข้อมูลไปยังระบบคลาวด์และแดชบอร์ดผ่านโปรโตคอล MQTT ได้ และระบบสถานีได้ใช้อุปกรณ์เซ็นเซอร์วัดความเค็มของน้ำในเกรตอุตสาหกรรมเพื่อวัดความเค็มของน้ำได้แบบเรียลไทม์ และส่งข้อมูลเพื่อมาแสดงผลบนแดชบอร์ดได้เช่นเดียวกับแบบพกพา โดยระบบแบบสถานีสามารถเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองการทำนายค่าความเค็มของน้ำโดยเลือกใช้แบบจำลอง XGBoost เนื่องจากเป็นแบบจำลองที่ใช้งานง่าย ใช้ระยะเวลาการวิเคราะห์น้อย ให้ผลการวิจัยที่น่าพอใจ

1.5 ขั้นตอนการวิจัย

1.5.1 สังเกตหาพื้นที่บริเวณที่มีความเข้มข้นของความเค็มของน้ำในระดับสูงหรือเป็นบริเวณที่เป็นทางที่น้ำผ่านที่ส่งผลต่อการอุปโภคบริโภคของประชาชนเพื่อติดตั้งระบบวัดความเค็มของน้ำและระดับความสูงของน้ำแบบสถานี (Fix Station)

1.5.2 ออกแบบฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์เบื้องหลังของอุปกรณ์ทั้งระบบแบบพกพาและแบบสถานี

1.5.3 ทำการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ทั้งแบบพกพาและแบบสถานี

1.5.4 รวบรวมข้อมูลคุณภาพน้ำจากฐานข้อมูลของระบบสถานี จำนวนทั้งสิ้น 8 สถานีตั้งแต่ปี 2023 ถึงปัจจุบันเพื่อนำไปสร้างแบบจำลอง XGBoost

1.5.5 ทำการปรับจูนพารามิเตอร์ที่เหมาะสมเพื่อให้ได้แบบจำลองที่มีประสิทธิภาพด้วย Optuna

1.5.6 ประเมินค่าความถูกต้องของแบบจำลองการทำนายค่าความเค็มของน้ำด้วย MAE RMSE และ MAPE

1.6 ประโยชน์ที่ได้จากการวิจัย

1.6.1 ชาวบ้านในพื้นที่บางกะเจ้าสามารถที่จะตรวจสอบค่าความเค็มของน้ำได้ด้วยตัวเองด้วยอุปกรณ์แบบพกพาที่เป็นหัววัดแบบมีสายที่สามารถใช้วัดได้สะดวก

1.6.2 อุปกรณ์สามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตและระบุตำแหน่งผ่าน GPS พร้อมทั้งส่งข้อมูลไปยังเว็บไซต์เพื่อสามารถดูแบบเรียลไทม์ได้

1.6.3 ชาวบ้านในพื้นที่บางกะเจ้าสามารถคาดการณ์ค่าความเค็มของน้ำล่วงหน้าและสามารถวางแผนการใช้น้ำทั้งอุปโภคและบริโภคได้

บทที่ 2

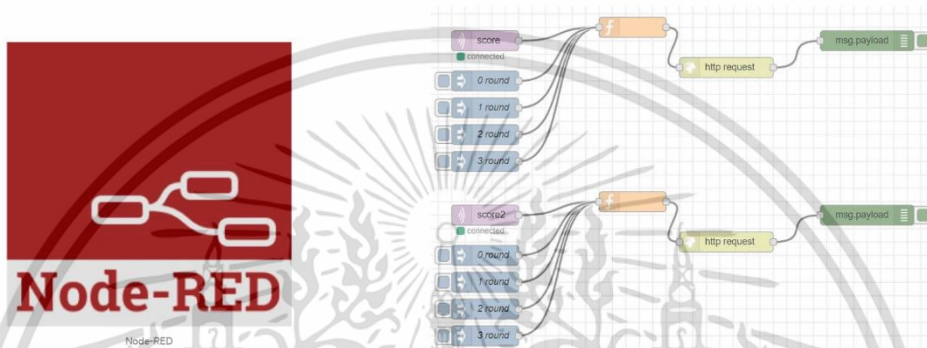
ทฤษฎี งานวิจัยและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1. Internet of Things (IoT)

การที่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ สามารถเชื่อมโยงหรือส่งข้อมูลถึงกันได้ด้วยอินเทอร์เน็ต โดยไม่ต้องป้อนข้อมูล การเชื่อมโยงนี้ช่วยจนทำให้เราสามารถสั่งการควบคุมการใช้งานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ ไปจนถึงการเชื่อมโยงการใช้งานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเข้ากับการใช้งานอื่นๆ จนเกิดเป็นบรรดา Smart ต่างๆ ได้แก่ Smart Device, Smart Grid, Smart Home, Smart Network, Smart Intelligent Transportation ทั้งหลายที่เราเคยได้ยินนั่นเอง ซึ่งแตกต่างจากในอดีตที่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เป็นเพียงสื่อกลางในการส่งและแสดงข้อมูลเท่านั้น กล่าวได้ว่า Internet of Things นี้ได้แก่การเชื่อมโยงของอุปกรณ์อัจฉริยะทั้งหลายผ่านอินเทอร์เน็ตที่เรานึกออก เช่น แอปพลิเคชัน แวนตาไกลกลาส รองเท้าวิ่งที่สามารถเชื่อมต่อข้อมูลการวิ่ง ทั้งความเร็ว ระยะทาง สถานที่ และสถิติได้ นอกจากนี้ Cloud Storage หรือ บริการรับฝากไฟล์และประมวลผลข้อมูลของคุณผ่านทางออนไลน์ หรือเราเรียกอีกอย่างว่า แคลงเก็บข้อมูลบนคลาวด์ เป็นอีกสิ่งหนึ่งที่เราใช้งานบ่อยๆแต่ไม่รู้ว่าเป็นหนึ่งในรูปแบบของ Internet of Things สมัยนี้ผู้ใช้นิยมเก็บข้อมูลไว้ในก้อนเมฆมากขึ้น เนื่องจากมีข้อดีหลายประการ คือ ไม่ต้องกลัวข้อมูลสูญหายหรือถูกโจรกรรม ทั้งยังสามารถกำหนดให้เป็นแบบส่วนตัวหรือสาธารณะก็ได้ เข้าถึงข้อมูลได้ทุกที่ทุกเวลาด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ใดๆผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต แถมยังมีพื้นที่ใช้สอยมาก มีให้เลือกหลากหลาย ช่วยเราประหยัดค่าใช้จ่ายได้อีกด้วย เนื่องจากเราไม่ต้องเสียเงินซื้ออุปกรณ์จัดเก็บข้อมูล เช่น ฮาร์ดไดรฟ์ หรือ Flash drive ต่าง ๆ โดยระบบ IoT มีข้อดีมากมาย เช่น เพิ่มความสะดวกสบายในการทำงานและดำเนินชีวิต เพิ่มความรวดเร็วและประสิทธิภาพในการใช้งานต่าง ลดต้นทุนในการทำงาน เพิ่มมูลค่าของระบบข้อเสียของ เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ระบบ IoT ต้องอาศัยระบบเครือข่ายหรืออินเทอร์เน็ตในการทำงาน และอาจมีปัญหาด้านของระบบการรักษาความปลอดภัยและข้อมูล อาจเกิดความผิดพลาดในการประมวลผลหรือการทำงานต่าง ๆ ได้ และมีความยุ่งยากความซับซ้อนของระบบ

2.2. Node - Red

Node-RED [13] เป็น เครื่องมือที่ช่วยให้พัฒนา API เกี่ยวกับ Internet of Thing ได้โดยง่าย ใน รูปแบบกราฟิก Node-Reds จะออกแบบ API ต่างๆ เช่น รับค่ามาอย่างไร คำนวณหรือแปลง ข้อมูล และ เชื่อมต่อ กับ Service ต่างๆได้อย่างไร ผ่านเว็บเบราว์เซอร์โดยการลาก Node ต่างๆ นำมาเชื่อมต่อด้วยกันและทำการตั้งค่า โดย Node-Red จะมี Build in node ที่เกี่ยวกับ Service ต่างๆ อย่างเช่น MQTT,TCP/UDP Twitter, Email เป็นต้น



รูปที่ 2-1 หน้าตาสัญลักษณ์ของ Node-Red

รูปที่ 2-2 หน้าตาไฟล์ของ Node-Red

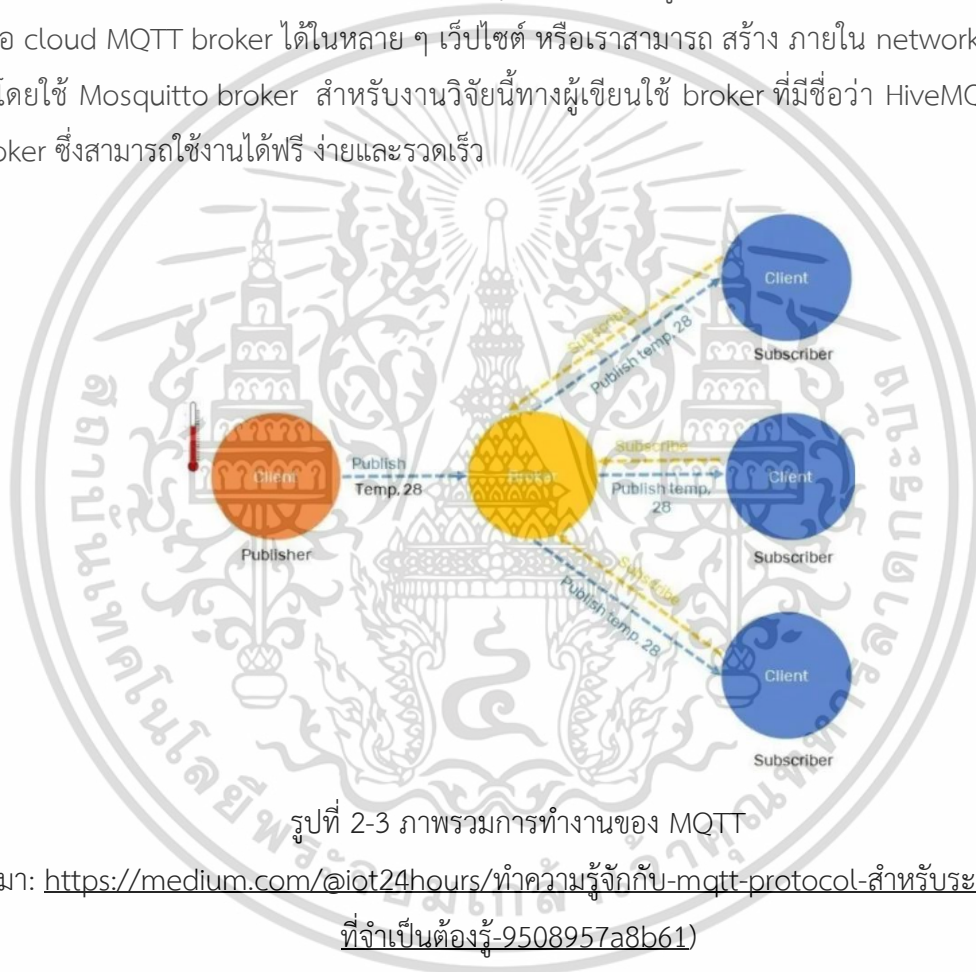
(ที่มา: <https://medium.com/mmp-li/เริ่มต้นใช้งาน-node-red-ฉบับปี-2018-3fca5ed140f9>)

2.3. MQTT Protocol [14]

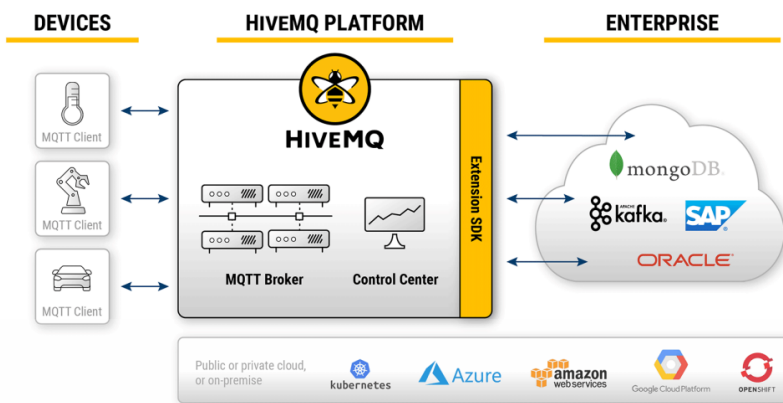
สำหรับระบบ IoT นั้น การติดต่อสู่ Internet นั้นเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งเพราะอินเทอร์เน็ตทำให้อุปกรณ์ IoT ต่าง ๆ สามารถติดต่อสื่อสารและแลกเปลี่ยนข้อมูลกันได้ MQTT (Message Queue Telemetry Transport) ซึ่งพัฒนาต่อมาจาก TCP/IP อีกทีนั้นได้กลายเป็น protocol มาตรฐานสำหรับระบบ IoT และเนื่องจากมันสร้างมาจาก TCP/IP นั้นทำให้ MQTT ประกันว่าข้อมูลที่ส่งกันระหว่างอุปกรณ์ IoT นั้นไม่มีการหล่นหายระหว่างทาง MQTT ใช้โมเดล publish/subscribe และออกแบบมาเพื่ออุปกรณ์ที่มีความเร็วในการรับและส่งข้อมูลต่ำ (low bandwidth) ซึ่งส่วนมากแล้วอุปกรณ์ของระบบ IoT จะเป็นแบบนั้น จุดประสงค์ของ MQTT คือเพื่อที่จะให้ระบบมีการส่งหรือรับข้อมูลที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นรวมทั้งทำให้อุปกรณ์ของเรานั้นใช้พลังงานน้อยลง ในระบบ IoT นั้นเราต้องการส่งข้อมูลแบบ real-time และเราไม่ต้องการให้อุปกรณ์ของเราใช้พลังงานเยอะเกินไปโดยไม่จำเป็น ดังนั้น MQTT จึงเหมาะสมกับระบบเหล่านี้ MQTT นั้นจะมี Broker (Server) และ Clients (Publisher/Subscriber) เป็นหลัก เราจะเรียกการส่งข้อมูลใน MQTT ว่า publish และรับข้อมูลว่า subscribe

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Publish ก็คือการส่งข้อมูลต้องบอกด้วยว่าข้อมูลที่เราส่งไปนั้น เราจะส่งไปใน Topic ไหน ส่วน Subscribe ก็คือการรับข้อมูลแต่จะรับข้อมูลเฉพาะที่มาจาก Topic ที่เรา Subscribe เท่านั้น Topic คือหัวข้อที่เราสนใจ ซึ่งเอาไว้บ่งบอกว่า เราสนใจที่จะส่งข้อมูลไปยัง topic นี้ หรือรอรับข้อมูล สำหรับ topics นี้ อยู่ ตลอด ตัวอย่าง เช่น home/office/temperature หรือ home/thermostat/temperature เป็นต้น Broker คือตัวกลางที่จะรับข้อมูลมาทั้งหมดมาจาก clients(publisher)ไม่ว่าจะเป็น topics อะไรก็ตามแล้วทำการจัดการส่งข้อมูลไปยัง clients (subscriber) ที่ได้ทำการ subscribe สำหรับ topic ที่ได้รับข้อมูลมา เรามารถหา global broker หรือ cloud MQTT broker ได้ในหลาย ๆ เว็บไซต์ หรือเราสามารถ สร้าง ภายใน network ของเรา ได้โดยใช้ Mosquitto broker สำหรับงานวิจัยนี้ทางผู้เขียนใช้ broker ที่มีชื่อว่า HiveMQ Public Broker ซึ่งสามารถใช้งานได้ฟรี ง่ายและรวดเร็ว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-4 HiveMQ Public Broker
(ที่มา: <https://tatsoft.com/hivemq/>)

2.4. การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) [15]

Machine Learning คือ การทำให้คอมพิวเตอร์ สามารถเรียนรู้สิ่งต่างๆ และพัฒนาการทำงานให้ดีขึ้นได้ด้วยตัวเองจากข้อมูลและสภาพแวดล้อมที่ได้รับจากการเรียนรู้ของระบบ โดยไม่ต้องมีมนุษย์คอยกำกับหรือเขียนโปรแกรมเพิ่มเติม และไม่ว่าในอนาคตมันจะมีข้อมูลรูปแบบใหม่ๆ ที่เกิดขึ้นมา มนุษย์ก็ไม่จำเป็นที่จะต้องไปนั่งเขียนโปรแกรมใหม่ เพราะคอมพิวเตอร์สามารถตีความและตอบสนองได้ด้วยตัวเอง แน่แน่นอนว่าธุรกิจหรืออุตสาหกรรมไหนนำเทคโนโลยีนี้ไปปรับใช้ได้อย่างถูกวิธี จะทำให้ได้เปรียบในเชิงการแข่งขันของธุรกิจอย่างมาก เพราะสามารถลดเวลาการทำงานในการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ และลดต้นทุนแรงงานที่เกิดขึ้นได้มากเลยทีเดียว

การเรียนรู้ของ Machine Learning นั้นจะมีหลักการคล้ายๆ กับของมนุษย์ที่จำเป็นต้องเรียนรู้จากประสบการณ์ โดยให้เราลองนึกภาพถึงการสอนเด็กคนหนึ่งให้แยกความแตกต่างระหว่างดินสอและปากกา เราจำเป็นต้องสอนเด็กคนนั้นก่อน ว่าดินสอเป็นอย่างไร และปากกาเป็นอย่างไร เพื่อให้เด็กเรียนรู้และแยกแยะความแตกต่างระหว่างของสองสิ่งได้ Machine Learning เองก็ทำงานในลักษณะเดียวกัน ด้วยการป้อนชุดข้อมูลพื้นฐานและชุดคำสั่งต่างๆ เพื่อให้คอมพิวเตอร์ “เรียนรู้” และจำแนกแยกแยะวัตถุต่างๆ รวมถึงบุคคล สิ่งของ เป็นต้น และเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่แม่นยำมากขึ้น โปรแกรมเมอร์จึงมีการป้อนชุดข้อมูลใหม่ๆ และต้องฝึกฝนระบบอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้เกิดวิวัฒนาการของระบบ ทำให้ระบบคิดได้ด้วยตัวเองในเวลาต่อมา

2.4.1. การทำงานของระบบ Machine Learning 3 รูปแบบ

โดยหลักการของ Machine Learning จะแบ่งออกเป็น 3 ประเภทตามรูปแบบการเรียนรู้ด้วยกัน นั่นก็คือ supervised learning, unsupervised learning และ Reinforcement Learning

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Supervised Learning หรือการเรียนรู้แบบมีผู้สอน

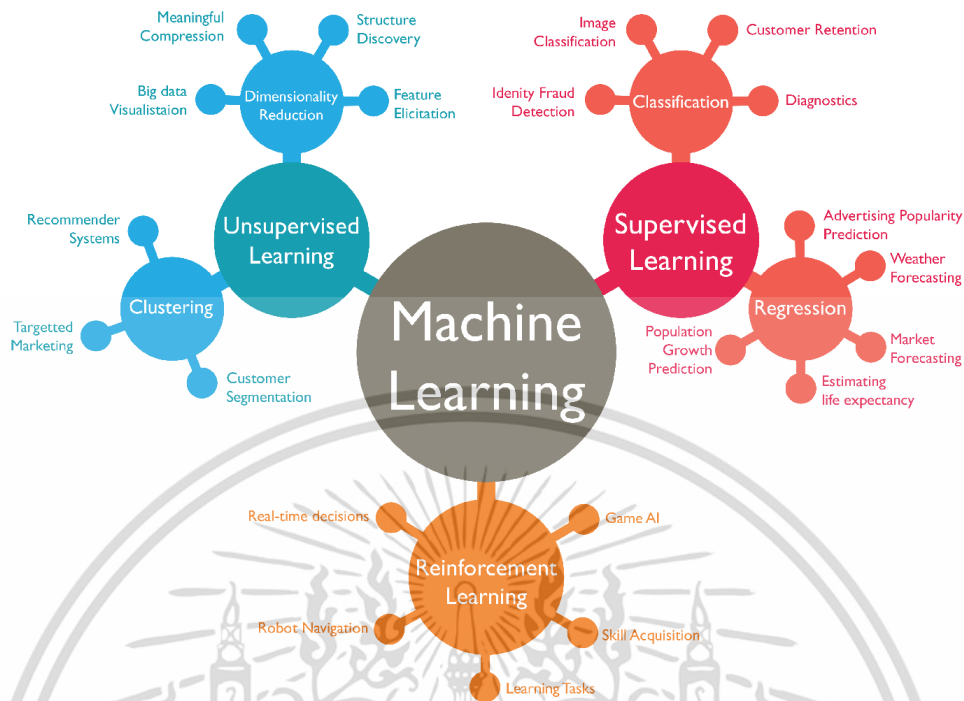
เป็นการทำให้คอมพิวเตอร์สามารถหาคำตอบของปัญหาได้ด้วยตัวเอง หลังจากเรียนรู้จากชุดข้อมูลตัวอย่างไปแล้วระยะหนึ่ง ยกตัวอย่างเวลาเราป้อนข้อมูลให้กับคอมพิวเตอร์ (Input) เช่น รูปปากกา เบื้องต้นคอมพิวเตอร์จะยังไม่รู้ว่ารูปที่เราป้อนเข้าไป คือรูปปากกา เราจึงต้องสอนให้คอมพิวเตอร์รู้จักเพื่อนำไปวิเคราะห์ (Feature Extraction) ว่า ปากกาจะมีปลายด้ามเป็นปุ่ม และใช้หมึกในการเขียน เป็นต้น จากนั้นคอมพิวเตอร์ก็นำข้อมูลดังกล่าวไปประมวล/จัดหมวดหมู่ (Classification) เพื่อให้หลังจากนี้มันสามารถแยกออกได้ว่าอะไรคือปากกา อะไรไม่ใช่ปากกา เป็นต้น

2. Unsupervised Learning หรือ การเรียนรู้โดยไม่มีผู้สอน

เป็นการเรียนรู้ที่ให้เครื่องจักรนั้นสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง โดยไม่ต้องมีค่าเป้าหมายของแต่ละข้อมูล ซึ่งวิธีการคือมนุษย์จะเป็นผู้ใส่ข้อมูลต่าง ๆ และกำหนดสิ่งที่ต้องการจากข้อมูลเหล่านั้น ทำให้เครื่องจักรวิเคราะห์จากการจำแนกและสร้างแบบแผนจากข้อมูลที่ได้รับมา เรียกได้ว่าตรงกันข้ามกับรูปแบบแรกเลย ตัวอย่างเช่น การที่เราป้อนข้อมูล (Input) รูปปากกาเข้าไป แต่ไม่ได้บอกว่ารูปที่ป้อนเข้าไปเป็นรูปปากกา เมื่อคอมพิวเตอร์นำไปวิเคราะห์ (Feature Extraction) ก็ยังสามารถวิเคราะห์ได้ว่ารูปที่ใส่เข้าไปมีลักษณะยังไง แต่คราวนี้มันไม่สามารถเอาไปประมวล/จัดหมวดหมู่ (Classification) ได้แล้ว มันจะใช้วิธีการแบ่งกลุ่มแทน (Clustering) ซึ่งคอมพิวเตอร์ก็อาจเอารูปปากกาไปจัดกลุ่มกับปากกาไฮไลท์ หรือเครื่องเขียนอื่นๆ ที่มี ปลายด้ามเป็นปุ่ม และใช้หมึกในการเขียน เหมือนกัน เป็นต้น

3. Reinforcement Learning หรือ การเรียนรู้แบบเสริมกำลัง

เป็นวิธีการเรียนรู้แบบหนึ่งที่ใช้การเรียนรู้เกิดมาจากการปฏิสัมพันธ์ (interaction) ระหว่างผู้เรียนรู้ (agent) กับสิ่งแวดล้อม (environment) ที่มีการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ จาก Agent ภายใต้การเลือกกระทำสิ่งต่าง ๆ ให้ได้ผลลัพธ์ที่มากที่สุด ผ่านการลองผิดลองถูกภายใต้สถานการณ์หรือระบบจำลองที่พัฒนาระบบการตัดสินใจให้ดีขึ้นเรื่อย ๆ หรือพูดให้ง่ายขึ้น มันคือการทำเงื่อนไขบางอย่างให้กับคอมพิวเตอร์ แล้วทำให้คอมพิวเตอร์บรรลุหรือทำตามเงื่อนไขนั้นให้ได้ ผ่านการลองผิดลองถูก โดยผู้พัฒนาอาจตั้งเป้าหมาย Feedback Loop และเงื่อนไขในการได้รับรางวัล ยกตัวอย่างเช่น Alpha Go เงื่อนไขของการเล่นเกมหมากล้อมให้ชนะคือ ใช้หมากของตนล้อมพื้นที่บนกระดาน ให้ครอบครองดินแดนมากกว่าคู่ต่อสู้ ทีนี้ Alpha Go ก็จะมาเรียนรู้ว่าหากคู่ต่อสู้เดินหมากนี้ ตัวมันเองจะเดินหมากไหนเพื่อให้บรรลุเงื่อนไขที่กำหนดไว้ให้ นั่นคือการยึดพื้นที่บนกระดานให้ได้มากที่สุด



รูปที่ 2-5 ภาพรวมของ Machine Learning

(ที่มา: <https://towardsdatascience.com/machine-learning-types-2-c1291d4f04b1>)

สำหรับการเรียนรู้ของเครื่องในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะใช้ในกลุ่การเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised Learning) โดยมีจุดประสงค์ใช้กับงานประเภท regression เพื่อทำนายค่าความเค็มของน้ำ

2.5. การวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis)

การวิเคราะห์การถดถอยเป็นสถิติวิเคราะห์ชนิดหนึ่งที่ใช้ในการศึกษา และตรวจสอบความสัมพันธ์ ระหว่างตัวแปร ตั้งแต่ 2 ตัวแปรขึ้นไป โดยแบ่งเป็นตัวแปรอิสระ (Independent Variable) และตัวแปร ตาม (Dependent Variable) ตัวแปร อิสระ มักเรียกว่า “ตัวแปรพยากรณ์ (Predicted Variable)” ส่วนตัวแปรตามมักเรียกว่า “ตัวแปรตอบสนอง (Response Variable)” โดยสามารถนำมาสร้างเป็น แบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regression Model) ได้โดย สมมติว่า Y และ X มีความสัมพันธ์กันดังสมการ [16] (1)

$$Y = \alpha + \beta X + \varepsilon \quad (1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ α และ β เป็นสัมประสิทธิ์การถดถอยของประชากร (Population Regression Coefficient) จะถือว่าเป็นค่าคงที่และไม่ทราบค่า เรียกว่า ตัวแบบการถดถอยเชิงเส้น ในเบื้องต้นจะสามารถตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่าง Y กับ X ว่ามีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงหรือไม่โดยการนำค่าของ Y กับ X พล็อตเป็นจุดแผนภาพที่ได้เรียกว่า แผนภาพการกระจาย (Scatter Diagram) เมื่อทราบว่า Y กับ X ว่ามีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง จากนั้นประมาณตัวแบบด้วยสมการการถดถอย (Regression Equation) ดังสมการที่ (2)

$$\hat{Y} = a + bX \quad (2)$$

โดยที่ a และ b เป็นตัวประมาณแบบกำลังสองต่ำสุด (Least Square Methods) ของ α และ β ตามลำดับ กล่าวคือ เราจะหา a และ b ที่ทำให้ SSE (error) หรือ residual SS มีค่าน้อยที่สุด

$$SSE = \sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2 = \sum e_i^2 \text{ มีค่าน้อยที่สุด}$$

ซึ่งค่าของ a และ b จะเป็นค่าประมาณของ α และ β ตามลำดับ เราเรียก a และ b ว่า สัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวอย่าง (Sample Regression Coefficient) โดยที่

$$a = \bar{Y} - b\bar{X} \quad (3)$$

และ

$$b = \frac{\sum XY - (\sum X)(\sum Y) / n}{\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n}} \quad (4)$$

เมื่อกำหนดสัญลักษณ์

$$S_{XX} = \sum (X - \bar{X})^2 = \sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n} \quad (5)$$

$$S_{XY} = \sum (X - \bar{X})(Y - \bar{Y}) = \sum XY - \frac{(\sum X)(\sum Y)}{n} \quad (6)$$

$$S_{YY} = \sum (Y - \bar{Y})^2 = \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n} \quad (7)$$

$$b = \frac{S_{XY}}{S_{XX}} \quad (8)$$

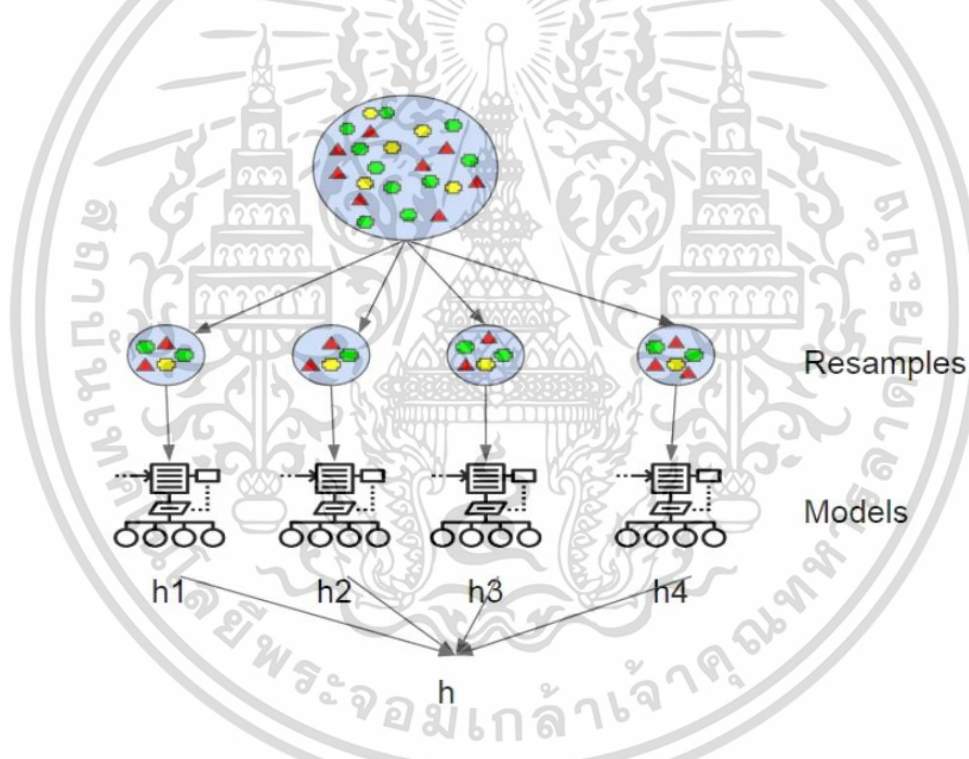
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6. Ensemble Learning

เป็นการนำแบบจำลองมาเรียนรู้หลาย ๆ ครั้ง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของแบบจำลอง ซึ่งเทคนิคที่ใช้ กันบ่อยได้แก่ Bagging และ Boosting มีรายละเอียดดังนี้ [17]

2.6.1. Bagging

Bagging หรือ Bootstrap Aggregation เป็นการสร้างแบบจำลองออกมาหลาย ๆ แบบจำลอง โดยใช้การสุ่มข้อมูลตัวอย่างจากข้อมูลฝึกสอนออกมาเป็นหลาย ๆ ชุด สำหรับวิธีการสุ่มข้อมูลออกมาเป็นวิธีสุ่ม แบบแทนที่ (Random with Replacement) หมายความว่าข้อมูลที่เราได้ ยังคงเดิมไม่ได้ลดลงหลังจากการ สุ่ม ซึ่งสามารถสุ่มข้อมูลหลาย ๆ รอบเพื่อให้ได้แบบจำลอง หลาย ๆ ตัว เวลาทำนายจะใช้แบบจำลองทุกตัว ที่สร้างขึ้นมาเพื่อทำนายชุดข้อมูลใหม่ที่พบและเลือกคำตอบ จากค่าที่ทำนายที่ได้รับการโหวตมากที่สุด ลักษณะการทำงานของ Bagging แสดงดังรูปที่ 2-6

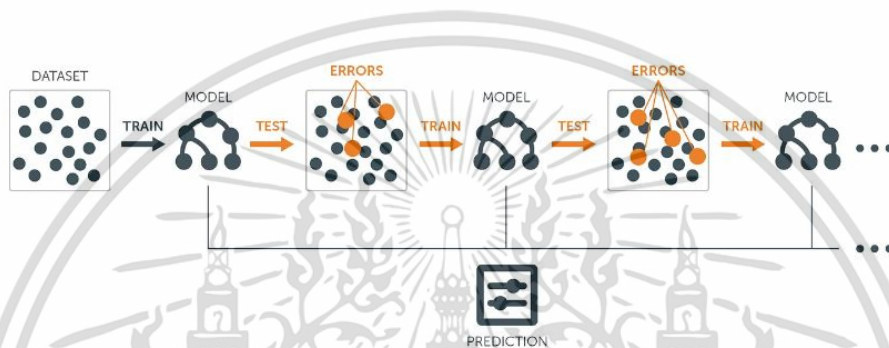


รูปที่ 2-6 ลักษณะการทำงานแบบ Bagging

(ที่มา: <https://hackernoon.com/how-to-develop-a-robust-algorithm-c38e08f32201>)

2.6.2. Boosting

เป็นการนำแบบจำลองที่มีความแม่นยำต่ำมาทำนายข้อมูล จากนั้นจะให้แบบจำลองที่มีความแม่นยำต่ำตัวใหม่มาแก้ไข error โดยผลรวมของแบบจำลอง จะเกิดเป็นแบบจำลอง ใหม่ ขึ้น และจะทำแบบนี้ไปจนแบบจำลองที่ได้ไม่มีค่าคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น ซึ่งจะเป็นแบบจำลองที่ดีที่สุด ลักษณะการทำงานของ Boosting แสดงดังรูปที่ 2-7



รูปที่ 2-7 ลักษณะการทำงานของแบบ Boosting

(ที่มา: <https://blog.bigml.com/2017/03/14/introduction-to-boosted-trees/>)

2.7. XGBOOST

XGBOOST(eXtreme Gradient Boost) มีพื้นฐานมาจากแบบจำลอง GBDT (Gradient Boosted Decision Trees) ที่ได้ปรับปรุงความเร็วในการคำนวณของอัลกอริทึมและเพิ่มประสิทธิภาพของมันเพื่อให้ได้สมดุลสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับ GBDT XGBOOST จะเพิ่มความซับซ้อนของโครงสร้างต้นไม้อย่างชัดเจนและใช้ข้อมูลอนุพันธ์ที่สองในการหาสมการการเพิ่มประสิทธิภาพในขณะที่ GBDT ใช้ค่าอันดับแรกเท่านั้น XGBOOST ใช้อัลกอริทึมโดยประมาณสำหรับการค้นหาแบบแยกโหนดซึ่งใช้เพื่อเร่งและลดการใช้หน่วยความจำ อัลกอริทึมการแยกโหนดใช้คุณลักษณะของการกระจายตัว โดยอัตโนมัติและข้อมูลจะถูกจัดเรียงและเก็บไว้ในรูปแบบของบล็อกซึ่งเอื้อต่อการคำนวณแบบขนาน[18]

แนวคิดหลักของ XGBOOST [19] คือการเพิ่มต้นไม้ใหม่อย่างต่อเนื่องและดำเนินการแยกคุณลักษณะเพื่อให้ต้นไม้แยกย่อยในระหว่างการดำเนินการ ทุกครั้งที่มีการเพิ่มต้นไม้จะเรียนรู้ฟังก์ชันใหม่เพื่อให้พอดีกับค่าความถูกต้องของการทำนายล่าสุด เมื่อเราได้ต้นไม้หลัง training เราต้องทำนายค่าความถูกต้องของตัวอย่าง ในความเป็นจริงตามลักษณะของตัวอย่างนี้ต้นไม้แต่ละต้นจะมีโหนด

ใบไม้ที่สอดคล้องกัน ดังนั้นค่าความถูกต้องจะต้องถูกรวมเข้ากับต้นไม้แต่ละต้นซึ่งจะเป็นค่าการพยากรณ์ของตัวอย่าง โดยสมการที่ใช้ในการประมาณค่าเอาต์พุตของ XGBoost มาจากสมการพื้นฐานของ Gradient Boosting ใช้ K Additive Trees เพื่อประมาณเอาต์พุต y_i ในสมการต่อไปนี้ [20]

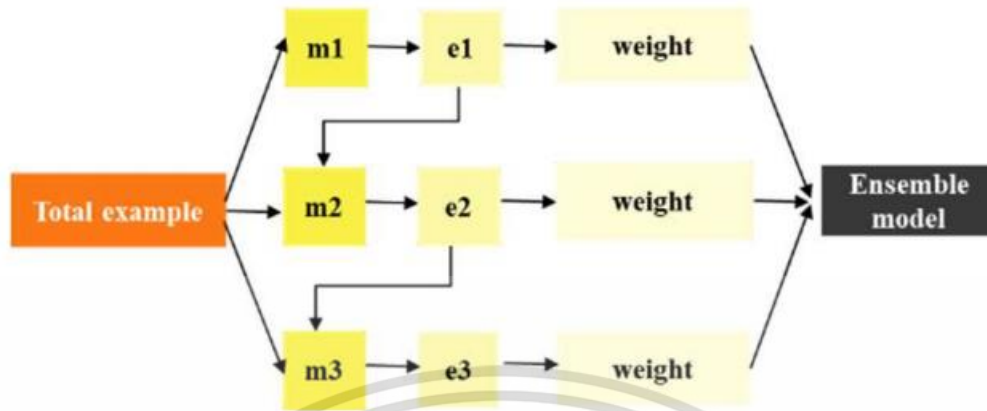
$$\hat{y}_i = \sum_{k=1}^K f_k(X_i), f_k \in F \quad (9)$$

โดยค่า K แสดงจำนวนของต้นไม้, f_k คือแบบจำลองของต้นไม้, X_i คือ อินพุตและ F คือพื้นที่ทั้งหมดของฟังก์ชันแบบจำลองต้นไม้ ซึ่งความแตกต่างระหว่าง XGBoost กับ Gradient Boosting คือ XGBoost มีจุดมุ่งหมายที่จะลดขนาด regularized object function ตามสมการต่อไปนี้

$$Obj = \sum_{i=1}^n \iota(y_i, \hat{y}_i) + \sum_{k=1}^K \Omega(f_k), f_k \in F \quad (10)$$

โดย $\Omega(f_k) = \gamma T + \frac{1}{2} \lambda \sum_{j=1}^T w_j^2$

The regularized objective function ประกอบด้วยสองส่วน : the training loss function ι และ the regularization term of Ω ส่วนแรกคำนวณความแตกต่างระหว่างค่าที่ทำนายกับค่าจริงของข้อมูล ส่วนที่สอง คำนวณความซับซ้อนของแบบจำลองซึ่งช่วยให้การเรียนรู้ในขั้นตอนสุดท้ายราบรื่นและหลีกเลี่ยงการ overfitting โดยสามารถอธิบายเพื่อความเข้าใจมากยิ่งขึ้นจากรูปที่ 2-8 [21]



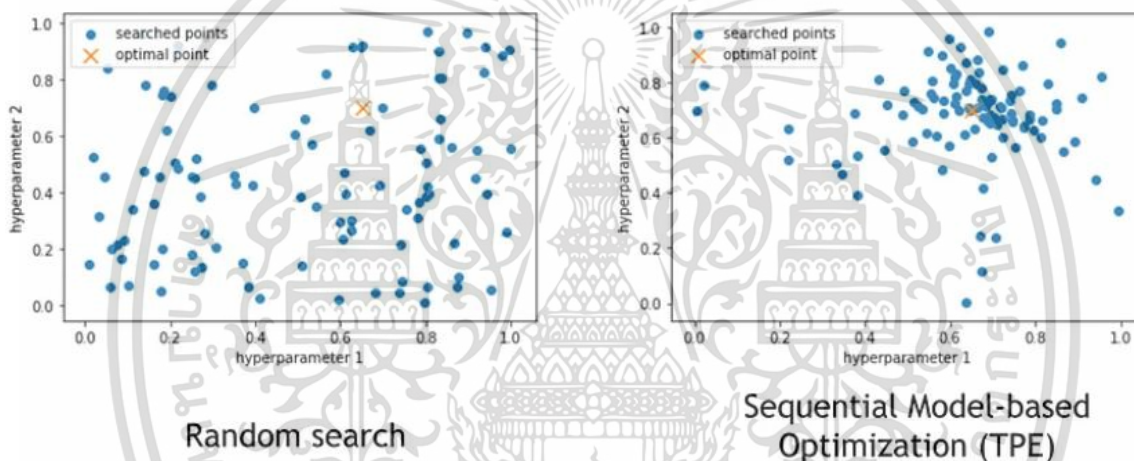
รูปที่ 2-8 ลักษณะการทำงานของ XGBoost

อัลกอริทึม XGBoost ที่แสดงในภาพที่ 2-8 เป็นระบบการเรียนรู้ของเครื่องที่สามารถขยายขีดจำกัดได้ (extensible machine learning system) โดยใช้กระบวนการ tree boosting ซึ่งในที่สุดจะทำให้เกิดอัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่องภายใต้กรอบของ gradient boosting ความคิดหลักของ XGBoost คือการเพิ่มต้นไม้ใหม่และแยกคุณสมบัติ (features) อย่างต่อเนื่องขณะที่ดำเนินการ XGBoost นำการเรียนรู้รวม (ensemble learning) และใช้ต้นไม้หลายต้นในการทำนาย ในแต่ละรอบการทำซ้ำจะสร้างแบบจำลองที่แม่นยำต่ำ (weak classifier) โดยแต่ละแบบจำลองนั้นประกอบด้วย การสะสมต่อเนื่องของค่า error จากต้นไม้ที่หลากหลาย และในท้ายที่สุดจะทำการฝึกอบรวมขึ้นพื้นฐานของ gradient ในแต่ละตัวแบบจำลอง โดยวิธีนี้สามารถลด loss ที่เกิดขึ้นได้ และแบบจำลองสามารถปรับให้ดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง และในที่สุด ตัวแบบจำลองทั้งหมดสามารถสรุปด้วยการรวมน้ำหนัก (weighted summation)

2.8. Optuna Tuning

Optuna เป็นเฟรมเวิร์กซอฟต์แวร์อัตโนมัติที่ออกแบบมาเพื่อปรับจูนไฮเปอร์พารามิเตอร์ของโมเดล Optuna ค้นหาไฮเปอร์พารามิเตอร์ในอุดมคติสำหรับแบบจำลองที่ถูกเลือกมาใช้งาน Optuna นำเสนอการโต้ตอบแต่ละครั้งเป็นการศึกษาที่ได้จากการปรับปรุงขึ้นอยู่กับ object trial และ function บริบทของ Optuna อาศัยการที่ให้ผู้ใช้งานสร้างพื้นที่การค้นหาแบบไดนามิก การใช้ประโยชน์จากวิธีการและ trial object ระหว่างการดำเนินการของ object function จะส่งผลให้เกิดการสร้างพื้นที่ค้นหาแบบไดนามิก [22] ค่าไฮเปอร์พารามิเตอร์ที่ได้รับการปรับให้เหมาะสมของ optuna จะส่งคืนค่าประสิทธิภาพจากกระบวนการ minimizing เพื่อให้ได้ค่าที่น้อยที่สุดหรือ

maximizing เพื่อให้ได้ค่าที่มากที่สุดจาก object function ที่ป้อนไฮเปอร์พารามิเตอร์เข้าไป ประสิทธิภาพของกลยุทธ์การค้นหาแบบไดนามิกมีฟังก์ชันที่สำคัญในการกำหนดชุดของพารามิเตอร์ ไฮเปอร์พารามิเตอร์และการประมาณประสิทธิภาพที่ประมาณค่าของชุดไฮเปอร์พารามิเตอร์ที่ส่งคืน จาก discard learning curves และ ไฮเปอร์พารามิเตอร์ ประสิทธิภาพแบบไดนามิกของกลยุทธ์การค้นหาและกลยุทธ์การประมาณประสิทธิภาพเป็นสิ่งจำเป็นในการสร้างโซลูชันที่คุ้มค่าที่สุดในการเพิ่ม ประสิทธิภาพของโมเดล [23] Optuna จะใช้ Tree-structured Parzen Estimator (TPE) ซึ่งเป็น รูปแบบหนึ่งของ Bayesian Optimization เพื่อค้นหาอย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าการค้นหาแบบสุ่ม โดยเลือกจุดที่ใกล้เคียงกับผลลัพธ์ที่ดีก่อนหน้านี้ [24] โดยแสดงดังรูป



รูปที่ 2-9 รูปวิธีการดำเนินการหาค่าไฮเปอร์พารามิเตอร์ของ Optuna

(ที่มา: Crissman Loomis (2563) <https://medium.com/optuna/using-optuna-to-optimize-xgboost-hyperparameters-63bfcdfd3407>)

TPE Sampler (Tree-Structured Parzen Estimator): เป็นอัลกอริทึมการปรับแบบ Bayesian โดยมีลำดับการทำงานดังนี้ [25]

1. เริ่มต้นจากการสุ่มเลือกพารามิเตอร์จากพารามิเตอร์ทั้งหมดมาและเรียงลำดับตามค่าประสิทธิภาพ
2. พารามิเตอร์จะถูกแบ่งเป็น 2 กลุ่มตามควอไทล์ที่กำหนดไว้ล่วงหน้า
3. ทั้งสองกลุ่มจะถูกแบ่งและคาดการณ์ตามความหนาแน่น $l(x_1)$ และ $g(x_2)$ โดยใช้เทคนิค Parzen Estimators (kernel density estimators).
4. ค้นหาค่าพารามิเตอร์ที่ให้ผลคาดการณ์สูงที่สุด [lowest $l(x_1)/g(x_2)$].

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. พารามิเตอร์ที่ได้จากข้อที่ 4 จะถูกคำนวณ เรียงลำดับและทำการแบ่งอีกรอบ กระบวนการนี้จะทำซ้ำอีกรอบจนกว่าจะได้ค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุด

2.8.1 การดำเนินการช่วง Coding

1. ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective function)

ก่อนที่จะเริ่มต้นการปรับแต่งด้วย Optuna จำเป็นต้องกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์ก่อน ฟังก์ชันวัตถุประสงค์จะประกอบด้วยตัวตนของการกำหนดโมเดลเช่นเดียวกับกระบวนการฝึกอบรมและทดสอบที่เป็นเหมือนกับโมเดลปกติ หลังจากการประเมินโมเดลแล้ว ฟังก์ชันนี้จะส่งคืนเมตริกการประเมินซึ่งผู้ใช้เลือกไว้เช่นกัน

2. The Trial

Trial จะถูกใช้เพื่อเก็บข้อมูลของการเลือกพารามิเตอร์โดยเฉพาะในภายหลังในการออกแบบแมชชีนเลิร์นนิง

```
import optuna
import sklearn
from sklearn.ensemble import RandomForestClassifier
from sklearn.model_selection import cross_val_score

def objective(trial):
    digits = sklearn.datasets.load_digits()
    x, y = digits.data, digits.target

    max_depth = trial.suggest_int("rf_max_depth", 2, 64, log=True)
    max_samples = trial.suggest_float("rf_max_samples", 0.2, 1)

    rf_model = RandomForestClassifier(
        max_depth = max_depth,
        max_samples = max_samples,
        n_estimators = 50,
        random_state = 42)

    score = cross_val_score(rf_model, x, y, cv=3).mean()
    return score
```

รูปที่ 2-10 ตัวอย่างการใช้งานฟังก์ชันวัตถุประสงค์ร่วมกับ trial

(ที่มา: Yenwee Lim (2565) <https://towardsdatascience.com/state-of-the-art-machine-learning-hyperparameter-optimization-with-optuna-a315d8564de1>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. The Study

Study object สามารถเรียกใช้งานเพื่อปรับแต่งฟังก์ชันวัตถุประสงค์เพื่อค้นหาการค่าที่ดีที่สุดของพารามิเตอร์ โดยจะทำการทดลองตามลำดับจนกระทั่งถึงจำนวนทดลองสูงสุดหรือเวลาที่ผู้ใช้กำหนดไว้ การทดลองที่มีพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดจะถูกเก็บไว้ใน `study.best_trial`.

```
study = optuna.create_study(direction = "maximize")
study.optimize(objective, n_trials = 100)

trial = study.best_trial
print("Best Score: ", trial.value)
print("Best Params: ")
for key, value in trial.params.items():
    print("  {}: {}".format(key, value))
```

```
Best Score: 0.9443516972732331
Best Params:
  rf_max_depth: 21
  rf_max_samples: 0.9290418770993774
```

รูปที่ 2-11 ตัวอย่าง Study object

(ที่มา: Yenwee Lim (2565) <https://towardsdatascience.com/state-of-the-art-machine-learning-hyperparameter-optimization-with-optuna-a315d8564de1>)

2.9. คำวัดประสิทธิภาพของการทำนาย

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยจะให้ความสนใจใน MAE (Mean Absolute Error) เป็นการหาค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดที่เกิดขึ้นดังสมการที่ (11) RMSE (Root Mean Squared Error) ซึ่งสามารถเปรียบเทียบความถูกต้องของการพยากรณ์ได้ใช้หน่วยตามหน่วยของข้อมูลดังสมการที่ (12) และ MAPE (Mean Absolute Percent Error) เป็นการหาเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นดังสมการที่ (13) โดยค่าที่มีเปอร์เซ็นต์ต่ำจะมีความแม่นยำสูง

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i|}{n}$$

(11)

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n}}$$

(12)

$$MAPE = \frac{100\%}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{\hat{y}_i - y_i}{y_i} \right|$$

(13)

เมื่อ \hat{y}_i = ค่าที่ได้จากการทำนาย

y = ค่าจริง

n = จำนวนข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

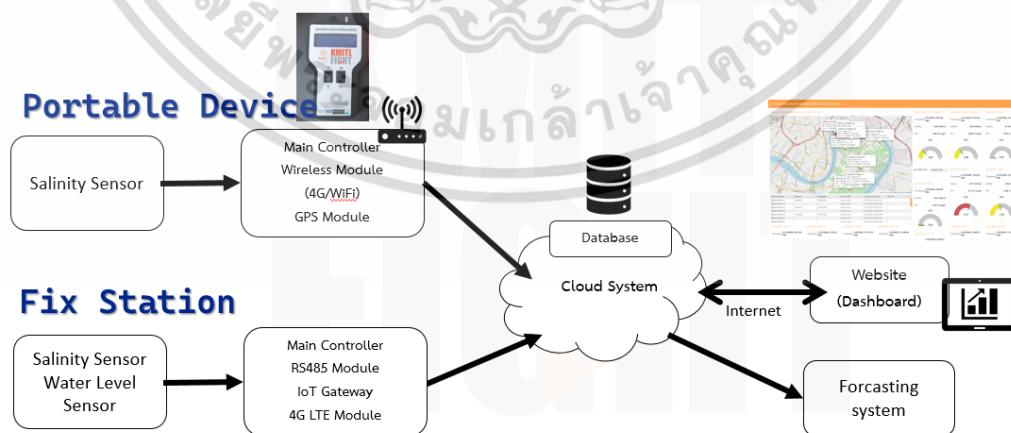
บทที่ 3

การวิเคราะห์และการออกแบบ

ในบทนี้จะกล่าวถึงหัวข้อย่อยๆ ทั้งหมด 5 หัวข้อด้วยกัน คือ หัวข้อแรก เป็นการอธิบายภาพรวมในการวิเคราะห์และการออกแบบระบบ หัวข้อที่สอง เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นในการออกแบบระบบ หัวข้อที่สาม เป็นการออกแบบระบบอุปกรณ์การตรวจวัดแบบพกพา ซึ่งจะพูดถึงด้านฮาร์ดแวร์ หัวข้อที่สี่ เป็นการออกแบบซอฟต์แวร์การทำงานของอุปกรณ์ตรวจวัดแบบพกพา หัวข้อที่ 5 เป็นการออกแบบระบบการทำนายค่าความเค็มของน้ำ

3.1. ภาพรวมในการวิเคราะห์และออกแบบระบบ

งานวิจัยนี้เริ่มต้นจากการเก็บข้อมูลที่ได้จากสถานีวัดคุณภาพน้ำจากงานวิจัยที่ผ่านมา โดยการติดตั้งของสถานีวัดนี้ตำแหน่งการติดตั้งเกิดจากการสังเกตหาพื้นที่บริเวณที่มีความเค็มของน้ำในระดับสูงหรือเป็นบริเวณที่เป็นทางที่น้ำผ่านที่ส่งผลต่อการอุปโภคบริโภคของประชาชนเพื่อติดตั้งระบบวัดความเค็มของน้ำและระดับความสูงของน้ำแบบสถานี (Fix Station) เพื่อใช้สำหรับวัดความเค็มของน้ำและระดับน้ำแบบเรียลไทม์และส่งค่ามายังระบบคลาวด์ด้วยระบบไอโอที และอีกระบบหนึ่งที่ทางผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและพัฒนางานวิจัย คือระบบอุปกรณ์ตรวจวัดแบบพกพา (Portable Device) โดยจะเป็นอุปกรณ์ตรวจวัดแบบพกพาที่สามารถวัดค่าความเค็มของน้ำและกำหนดค่าตำแหน่งพิกัดจากระบบ GPS จากนั้นจะทำการส่งค่าพิกัดตำแหน่งและค่าความเค็มของน้ำไปยังระบบคลาวด์ด้วยระบบไอโอทีได้ และข้อมูลจะถูกบันทึกลงในฐานข้อมูลและมีการแสดงผลผ่านระบบแดชบอร์ดเพื่อให้ทุกคนสามารถเข้าถึงข้อมูลเหล่านี้ได้ผ่านเว็บแอปพลิเคชัน จากนั้นรวบรวมข้อมูลความเค็มของน้ำจากระบบสถานีเพื่อมาออกแบบระบบการทำนายค่าความเค็มต่อไป



รูปที่ 3-1 ภาพรวมของระบบที่ทำการออกแบบ

3.2. การเก็บรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นในการออกแบบระบบ

จากการดำเนินการติดตั้งชุดระบบการวัดความเค็มของน้ำแบบสถานีในพื้นที่บางกะเจ้าจากงานวิจัยที่ผ่านมา[6] โดยผ่านการสำรวจความเหมาะสมจากชาวบ้านและทางด้านโยธา โดยมีทั้งหมด 8 จุด ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 รายละเอียดจุดตำแหน่งที่ทำการติดตั้ง

ตำแหน่งจุดติดตั้งสถานีวัดระดับความเค็ม	พิกัดทางเหนือ	พิกัดทางตะวันออก
IN01 สถานีวัดคลองแก้ว	100.5625	13.6852
IN02 สถานีสวนศรีนครเขื่อนขันธ์	100.5634	13.6965
IN04 สถานีคลองลัดบางยอ	100.5650	13.6649
OP01 สถานีประตูระบายน้ำคลองตาสัก	100.5742	13.6681
OP02 สถานีประตูระบายน้ำคลองยายบาย	100.5549	13.6897
OP03 สถานีประตูระบายน้ำคลองบางน้ำผึ้งนอก	100.5863	13.6819
OP04 สถานีประตูระบายน้ำคลองยายบาย	100.5520	13.6603
OP05 สถานีประตูระบายน้ำคลองแพ	100.5822	13.6950



รูปที่ 3-2 รูปแสดงตำแหน่งของแต่ละสถานี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยข้อมูลที่ได้จากแต่ละสถานีจะถูกส่งผ่านอินเทอร์เน็ตไปยังระบบคลาวด์ทุกๆ 10 นาที ประกอบไปด้วยข้อมูล latitude longitude timestamp และ value ดังตารางที่ 3.3 ข้อมูลที่ส่งไปบนคลาวด์จะเปิด API เอาไว้ผ่าน HTTP ในรูปแบบ format JSON ให้สามารถมาดึงข้อมูลไปใช้งานได้ โดยข้อมูลถูกเก็บไว้ในไฟล์ excel เพื่อง่ายต่อการตรวจสอบและจากการตรวจสอบพบว่าส่วนใหญ่ข้อมูลอยู่ในสภาพสมบูรณ์ แต่อย่างไรก็ตามก็มีข้อมูลบางส่วนที่ผิดปกติไม่สอดคล้องกับความเป็นจริงฯ จึงทำการเอาค่าผิดปกตินั้นออกก่อน

ตารางที่ 3.3 ข้อมูลจากสถานีวัด

ข้อมูล	คำอธิบาย	ชนิด
latitude	ข้อมูลตำแหน่งละติจูด(latitude) ของสถานีนั้นๆ	float
longitude	ข้อมูลลองจิจูด(longitude)ของสถานีนั้นๆ	float
timestamp	ข้อมูลระบุ timestamp (ปี/เดือน/วันที่) ณ ขณะนั้น	datetime
value	ค่าความเค็มของน้ำในหน่วย ppt	float

	A	B	C	D
1	latitude	longitude	timestamp	value
2	13.66755	100.5745	1/2/2023 0:00	8.65
3	13.66755	100.5745	1/2/2023 0:10	8.65
4	13.66755	100.5745	1/2/2023 0:20	8.67
5	13.66755	100.5745	1/2/2023 0:30	8.89
6	13.66755	100.5745	1/2/2023 0:40	9.08
7	13.66755	100.5745	1/2/2023 0:50	9.05
8	13.66755	100.5745	1/2/2023 1:00	9.01
9	13.66755	100.5745	1/2/2023 1:10	8.97
10	13.66755	100.5745	1/2/2023 1:20	8.92
11	13.66755	100.5745	1/2/2023 1:30	9.07
12	13.66755	100.5745	1/2/2023 1:40	8.98
13	13.66755	100.5745	1/2/2023 1:50	8.87
14	13.66755	100.5745	1/2/2023 2:00	8.77
15	13.66755	100.5745	1/2/2023 2:10	8.69
16	13.66755	100.5745	1/2/2023 2:20	8.64
17	13.66755	100.5745	1/2/2023 2:30	8.61
18	13.66755	100.5745	1/2/2023 2:40	8.6
19	13.66755	100.5745	1/2/2023 2:50	8.61
20	13.66755	100.5745	1/2/2023 3:00	8.64
21	13.66755	100.5745	1/2/2023 3:10	9
22	13.66755	100.5745	1/2/2023 3:20	9
23	13.66755	100.5745	1/2/2023 3:30	8.96
24	13.66755	100.5745	1/2/2023 3:40	9
25	13.66755	100.5745	1/2/2023 3:50	9.08
26	13.66755	100.5745	1/2/2023 4:00	9.19
27	13.66755	100.5745	1/2/2023 4:10	9.33
28	13.66755	100.5745	1/2/2023 4:20	9.5
29	13.66755	100.5745	1/2/2023 4:30	9.68
30	13.66755	100.5745	1/2/2023 4:40	9.84

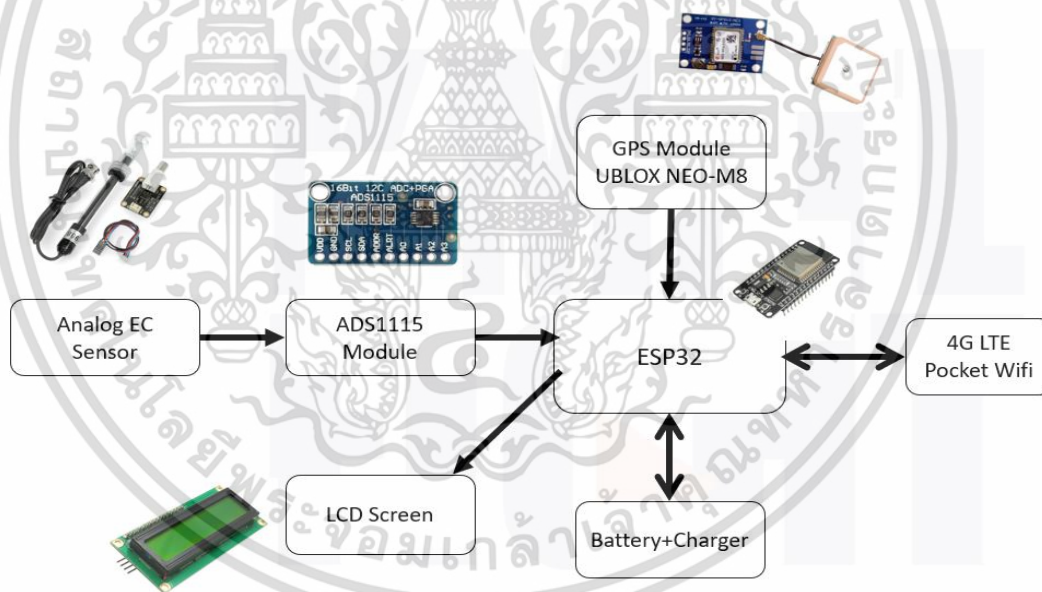
รูปที่ 3-3 ตัวอย่างชุดข้อมูลจากสถานี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

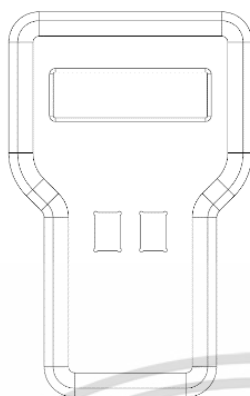
3.3. การออกแบบระบบอุปกรณ์ตรวจวัดแบบพกพา

3.3.1. การออกแบบฮาร์ดแวร์

ระบบฮาร์ดแวร์ของระบบอุปกรณ์พกพาจะได้รับการพัฒนาโดยใช้เซ็นเซอร์วัดค่าการนำไฟฟ้าในระดับห้องปฏิบัติการที่สามารถทำงานด้วยแหล่งจ่ายไฟ 5V และเชื่อมต่อกับโมดูลแปลงอนาล็อกเป็นดิจิทัล (ADC Module: ADS1115) เพื่อขยายสัญญาณและส่งค่าไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ ค่าจากเซ็นเซอร์จะแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลแล้วเชื่อมต่อส่งไปยังบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ด้วยโปรโตคอล I2C นอกจากนี้ยังมีโมดูล GPS (UBLOX NEO-M8) ที่อ่านตำแหน่งหรือ GPS เพื่อส่งตำแหน่งการวัดและมีโมดูลแบตเตอรี่ในตัวไปยังเครื่องชาร์จเพื่อให้สามารถชาร์จแบตเตอรี่ผ่านสาย MicroUSB และส่งข้อมูลไปยัง 4G โมดูล LTE เพื่อให้สามารถส่งข้อมูลผ่านโปรโตคอล TCP/IP หรือส่งผ่านอินเทอร์เน็ตไปยังระบบคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ ภาพรวมของระบบอุปกรณ์พกพาแสดงในรูปที่ 3-4 และรูปที่ 3-5



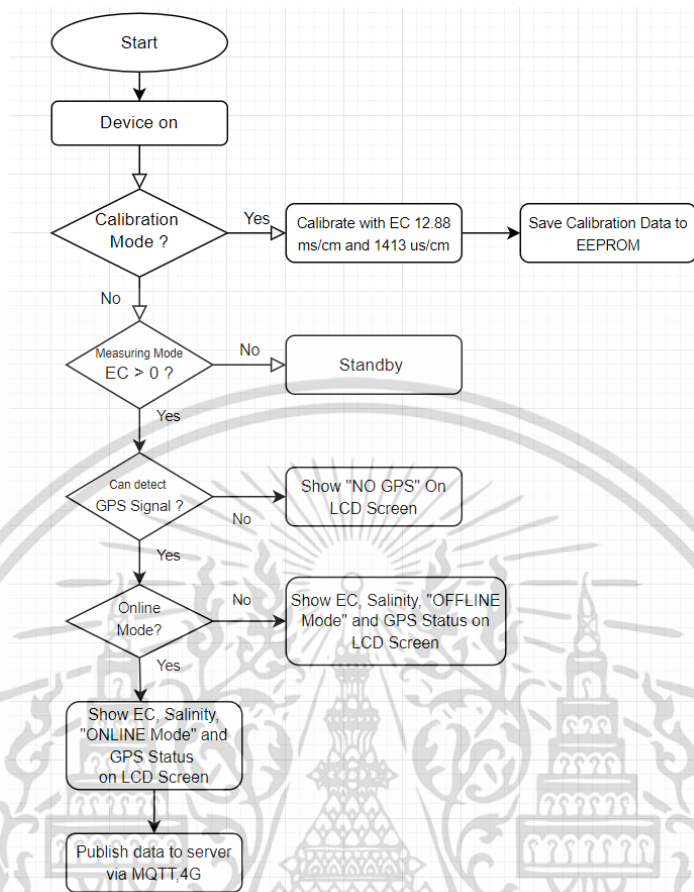
รูปที่ 3-4 ภาพรวมของระบบฮาร์ดแวร์



รูปที่ 3-5 ตัวอย่างเคสอุปกรณ์พกพาที่ทำการออกแบบ

3.3.2 การออกแบบซอฟต์แวร์การทำงานของอุปกรณ์ตรวจวัดแบบพกพา

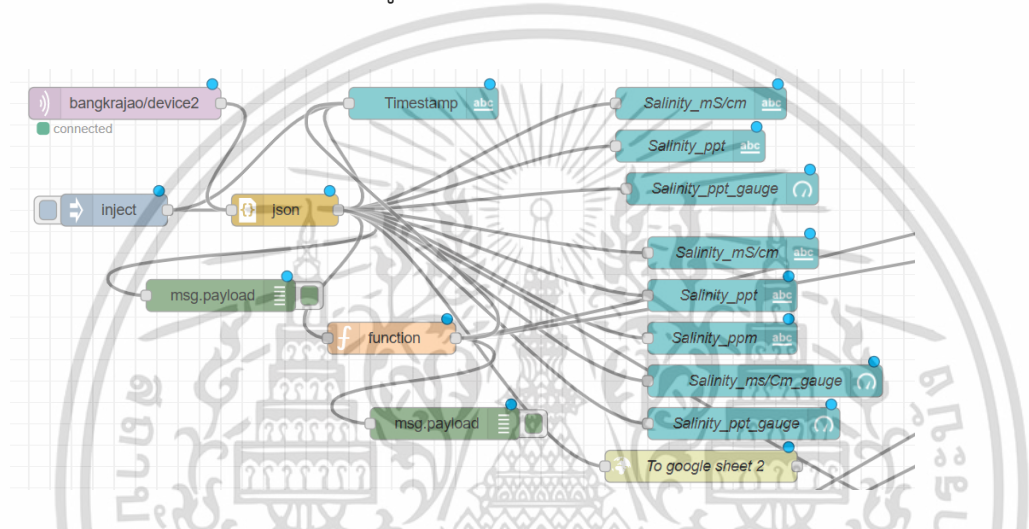
สำหรับระบบ IoT การเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตมีความสำคัญมาก เนื่องจากอินเทอร์เน็ตช่วยให้อุปกรณ์ IoT สามารถสื่อสารและแลกเปลี่ยนข้อมูลได้ MQTT กลายเป็นโปรโตคอลมาตรฐานสำหรับระบบ IoT และเนื่องจากใช้ TCP/IP MQTT จึงมั่นใจได้ว่าข้อมูลที่ส่งระหว่างอุปกรณ์ IoT จะไม่สูญหาย MQTT ขึ้นอยู่กับโพรโทคอล (เซิร์ฟเวอร์) และไคลเอนซ์ (ผู้เผยแพร่/สมาชิก) เป็นหลัก Node-Red เป็นเครื่องมือซอฟต์แวร์ที่ช่วยให้การพัฒนา API เกี่ยวกับอินเทอร์เน็ตของสิ่งต่างๆ ในการเขียนโปรแกรมตามแบบจำลองเป็นเรื่องง่าย Node-red จะออกแบบ API เช่น วิธีรับ วิธีคำนวณหรือแปลงข้อมูล และเชื่อมต่อกับบริการต่างๆ ผ่านเว็บเบราว์เซอร์ โดยลากโหนดมารวมกันแล้วตั้งค่าเข้าด้วยกัน Node-Red จะสร้างโหนดที่เกี่ยวข้องกับบริการต่างๆ เช่น MQTT, HTTP, TCP/UDP, JSON เป็นต้น การออกแบบฟังก์ชันแสดงโดยผังงานในรูปที่ 3-6



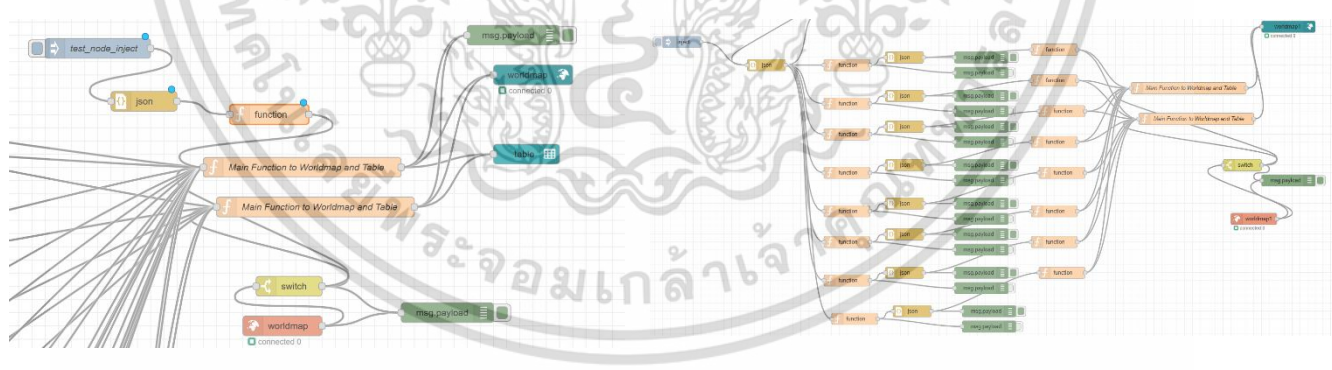
รูปที่ 3-6 โฟลว์ชาร์ตการทำงานของระบบ

รูปที่ 3-4 แสดงการทำงานของซอฟต์แวร์สำหรับควบคุมการทำงานของอุปกรณ์พกพา จะเริ่มทำงานเมื่อเปิดเครื่อง และระบบจะถามว่าจำเป็นต้องปรับเทียบมาตรฐานหรือไม่ หากจำเป็นต้องมีการสอบเทียบ จะต้องสอบเทียบเป็นสารละลายที่มีความเข้มข้น 12.88 ms/cm หรือ 1413 us/cm ระบบจะถูกบันทึกไว้ใน ESP32 EEPROM ถ้า EC = 0 ระบบจะถือว่าไม่ได้วัดความเค็ม แต่ถ้ามีค่ามากกว่าศูนย์ แสดงว่าค่าที่วัดหรืออยู่ในน้ำ และสัญญาณ GPS จะถูกตรวจจับว่าตำแหน่งนั้นถูกตรวจพบหรือไม่ หากตรวจพบอุปกรณ์จะแสดง “GPS ON” หากไม่มีจะแสดง “NO GPS” และตรวจสอบว่าสวิทช์อยู่ในโหมดออนไลน์หรือไม่ หากสวิทช์อยู่ในโหมดออนไลน์และตรวจพบสัญญาณ Wi-Fi ที่มีชื่อ SSID และ Password เดียวกันกับในระบบ ก็จะทำให้สามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตได้ จากนั้นระบบจะแสดงค่าความเค็มของน้ำ สถานะ GPS และสถานะออนไลน์ของระบบบนหน้าจอ LCD ของอุปกรณ์ จากนั้นอุปกรณ์จะส่งค่าไปยังระบบคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ด้วยโปรโตคอล MQTT ผ่านการเชื่อมต่อเซลลูลาร์หรือ Wi-Fi หลังจากนั้น เราก้ออกแบบซอฟต์แวร์สำหรับทำงานเบื้องหลังบน Google Cloud

โดยตั้งค่าเครื่องเสมือนบน Google Cloud ติดตั้งซอฟต์แวร์ Mosquitto MQTT สำหรับ MQTT Broker และติดตั้งซอฟต์แวร์ Node-RED สำหรับการจัดการ API ระบบข้อมูลและแดชบอร์ด ภาพรวมของโพล์ในซอฟต์แวร์ Node-RED แสดงในรูปที่ 3-7 โพล์นี้ใช้ค่า MQTT จากอุปกรณ์และแยกออกจากกัน มีการใช้ข้อมูลกับโหนด JSON เพื่อแยกความเค็มของน้ำและข้อมูลตำแหน่ง ข้อมูลความเค็มถูกส่งไปแสดงข้อมูลบนแดชบอร์ด Node-Red ข้อมูลตำแหน่งรวมถึงข้อมูลความเค็มของน้ำ จะถูกส่งไปในโพล์แผนที่โลกและส่วนตารางเพื่อแสดงหมุดตำแหน่งและค่าความเค็มบนระบบแผนที่บนแดชบอร์ดโดยแสดงการไหลดังรูปที่ 3-8

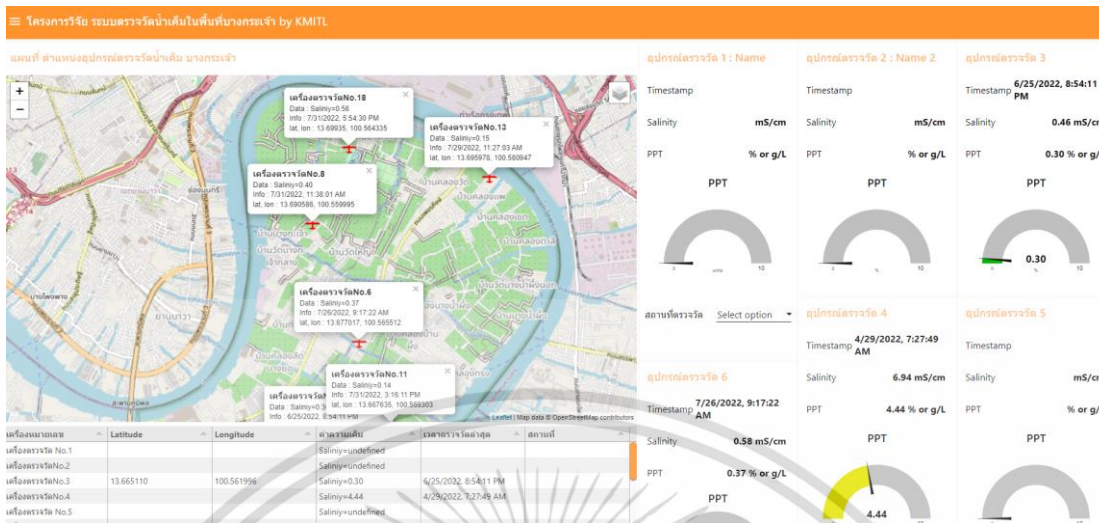


รูปที่ 3-7 ภาพรวมโพล์การทำงานของระบบและการจัดการด้วย Node-RED



รูปที่ 3-8 ภาพรวมโพล์การทำงานของระบบแผนที่และการแสดงผลบนแผนที่ด้วย Node-RED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-9 หน้าต่างแดชบอร์ดแสดงผลการทำงานและส่งข้อมูลของอุปกรณ์

3.4. การออกแบบระบบการทำนายค่าความเค็มของน้ำ

โดยเริ่มต้นจากการรวบรวมข้อมูลผ่านระบบ API ของแต่ละสถานีจำนวน 8 สถานีจากงานวิจัยที่ผ่านมา[6] มาเก็บไว้ในฐานข้อมูลผ่าน HTTP REQUEST ซึ่งเป็น Build in node ที่มีอยู่ใน Node-Red โดยในฐานข้อมูลจะประกอบไปด้วยค่า พิกัดทางเหนือ พิกัดทางตะวันออก และค่าความเค็มซึ่งเก็บเป็นรายสิบนาทีกี่ในแต่ละสถานีตั้งแต่เดือน ม.ค - พ.ค ปี 2023 ข้อมูลทั้งหมดได้ถูกเก็บไว้ในรูปแบบของไฟล์ Excel ทั้งหมด 8 ไฟล์เพื่อง่ายต่อการนำมาวิเคราะห์

```

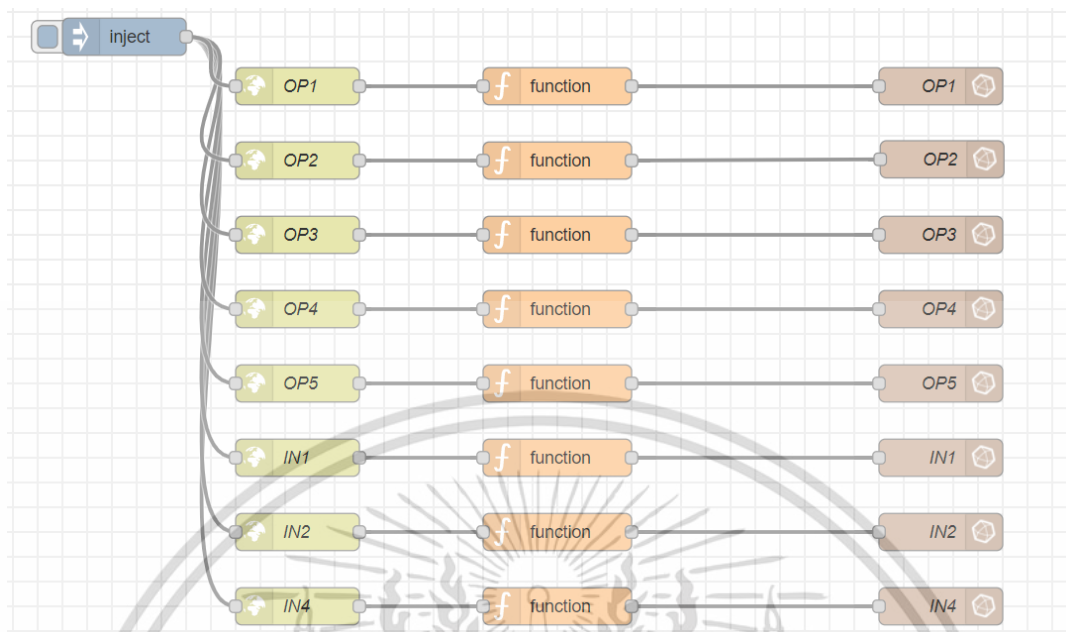
← → ↻ chaophayrasr.nectec.or.th/v1/forecasting?latitude=13.66511&longitude=100.5742&data_type_id=1&file_type=json
Google Addtoons Store AllExpress Facebook YouTube

{"latitude":13.6675641041,"longitude":100.574455074,"data_type_id":1,"data":[{"timestamp":"2023-06-15 00:00:00","value":null},{"timestamp":"2023-06-15 00:10:00","value":7.59},{"timestamp":"2023-06-15 00:20:00","value":8.18},{"timestamp":"2023-06-15 00:30:00","value":8.03},{"timestamp":"2023-06-15 00:40:00","value":8.07},{"timestamp":"2023-06-15 00:50:00","value":8.16},{"timestamp":"2023-06-15 01:00:00","value":8.27},{"timestamp":"2023-06-15 01:10:00","value":8.41},{"timestamp":"2023-06-15 01:20:00","value":8.57},{"timestamp":"2023-06-15 01:30:00","value":8.77},{"timestamp":"2023-06-15 01:40:00","value":8.97},{"timestamp":"2023-06-15 01:50:00","value":9.14},{"timestamp":"2023-06-15 02:00:00","value":9.32},{"timestamp":"2023-06-15 02:10:00","value":9.51},{"timestamp":"2023-06-15 02:20:00","value":9.73},{"timestamp":"2023-06-15 02:30:00","value":9.95},{"timestamp":"2023-06-15 02:40:00","value":10.14},{"timestamp":"2023-06-15 02:50:00","value":10.27},{"timestamp":"2023-06-15 03:00:00","value":10.35},{"timestamp":"2023-06-15 03:10:00","value":10.43},{"timestamp":"2023-06-15 03:20:00","value":10.52},{"timestamp":"2023-06-15 03:30:00","value":10.62},{"timestamp":"2023-06-15 03:40:00","value":10.71},{"timestamp":"2023-06-15 03:50:00","value":10.75},{"timestamp":"2023-06-15 04:00:00","value":10.77},{"timestamp":"2023-06-15 04:10:00","value":10.78},{"timestamp":"2023-06-15 04:20:00","value":10.76},{"timestamp":"2023-06-15 04:30:00","value":10.75},{"timestamp":"2023-06-15 04:40:00","value":10.72},{"timestamp":"2023-06-15 04:50:00","value":10.67},{"timestamp":"2023-06-15 05:00:00","value":10.59},{"timestamp":"2023-06-15 05:10:00","value":10.47},{"timestamp":"2023-06-15 05:20:00","value":10.32},{"timestamp":"2023-06-15 05:30:00","value":10.13},{"timestamp":"2023-06-15 05:40:00","value":9.91},{"timestamp":"2023-06-15 05:50:00","value":9.67},{"timestamp":"2023-06-15 06:00:00","value":9.44},{"timestamp":"2023-06-15 06:10:00","value":9.18},{"timestamp":"2023-06-15 06:20:00","value":8.88},{"timestamp":"2023-06-15 06:30:00","value":8.66},{"timestamp":"2023-06-15 06:40:00","value":8.33},{"timestamp":"2023-06-15 06:50:00","value":8.11},{"timestamp":"2023-06-15 07:00:00","value":7.91},{"timestamp":"2023-06-15 07:10:00","value":7.73},{"timestamp":"2023-06-15 07:20:00","value":7.57},{"timestamp":"2023-06-15 07:30:00","value":7.43},{"timestamp":"2023-06-15 07:40:00","value":7.31},{"timestamp":"2023-06-15 07:50:00","value":7.23},{"timestamp":"2023-06-15 08:00:00","value":7.05},{"timestamp":"2023-06-15 08:10:00","value":6.88},{"timestamp":"2023-06-15 08:20:00","value":6.76},{"timestamp":"2023-06-15 08:30:00","value":6.66},{"timestamp":"2023-06-15 08:40:00","value":6.57},{"timestamp":"2023-06-15 08:50:00","value":6.47},{"timestamp":"2023-06-15 09:00:00","value":6.38},{"timestamp":"2023-06-15 09:10:00","value":6.28},{"timestamp":"2023-06-15 09:20:00","value":6.19},{"timestamp":"2023-06-15 09:30:00","value":6.11},{"timestamp":"2023-06-15 09:40:00","value":6.03},{"timestamp":"2023-06-15 09:50:00","value":5.96},{"timestamp":"2023-06-15 10:00:00","value":5.9},{"timestamp":"2023-06-15 10:10:00","value":5.84},{"timestamp":"2023-06-15 10:20:00","value":5.76},{"timestamp":"2023-06-15 10:30:00","value":5.66},{"timestamp":"2023-06-15 10:40:00","value":5.52},{"timestamp":"2023-06-15 10:50:00","value":5.36},{"timestamp":"2023-06-15 11:00:00","value":5.2},{"timestamp":"2023-06-15 11:10:00","value":5.06},{"timestamp":"2023-06-15 11:20:00","value":4.99},{"timestamp":"2023-06-15 11:30:00","value":4.83},{"timestamp":"2023-06-15 11:40:00","value":4.72},{"timestamp":"2023-06-15 11:50:00","value":4.62},{"timestamp":"2023-06-15 12:00:00","value":4.51},{"timestamp":"2023-06-15 12:10:00","value":4.42},{"timestamp":"2023-06-15 12:20:00","value":4.33},{"timestamp":"2023-06-15 12:30:00","value":4.25},{"timestamp":"2023-06-15 12:40:00","value":4.19},{"timestamp":"2023-06-15 12:50:00","value":4.15},{"timestamp":"2023-06-15 13:00:00","value":4.15},{"timestamp":"2023-06-15 13:10:00","value":4.18},{"timestamp":"2023-06-15 13:20:00","value":4.25},{"timestamp":"2023-06-15 13:30:00","value":4.32},{"timestamp":"2023-06-15 13:40:00","value":4.36},{"timestamp":"2023-06-15 13:50:00","value":4.46},{"timestamp":"2023-06-15 14:00:00","value":4.48},{"timestamp":"2023-06-15 14:10:00","value":4.59},{"timestamp":"2023-06-15 14:20:00","value":4.74},{"timestamp":"2023-06-15 14:30:00","value":4.91},{"timestamp":"2023-06-15 14:40:00","value":5.08},{"timestamp":"2023-06-15 14:50:00","value":5.26},{"timestamp":"2023-06-15 15:00:00","value":5.45},{"timestamp":"2023-06-15 15:10:00","value":5.69},{"timestamp":"2023-06-15 15:20:00","value":5.94},{"timestamp":"2023-06-15 15:30:00","value":6.21},{"timestamp":"2023-06-15 15:40:00","value":6.5}, {"timestamp":"2023-06-15 15:50:00","value":6.81}, {"timestamp":"2023-06-15 16:00:00","value":7.05}, {"timestamp":"2023-06-15 16:10:00","value":7.31}, {"timestamp":"2023-06-15 16:20:00","value":7.59}, {"timestamp":"2023-06-15 16:30:00","value":7.84}, {"timestamp":"2023-06-15 16:40:00","value":8.05}, {"timestamp":"2023-06-15 16:50:00","value":8.27}, {"timestamp":"2023-06-15 17:00:00","value":8.41}, {"timestamp":"2023-06-15 17:10:00","value":8.54}, {"timestamp":"2023-06-15 17:20:00","value":8.67}, {"timestamp":"2023-06-15 17:30:00","value":8.76}, {"timestamp":"2023-06-15 17:40:00","value":8.84}, {"timestamp":"2023-06-15 17:50:00","value":8.91}, {"timestamp":"2023-06-15 18:00:00","value":8.94}, {"timestamp":"2023-06-15 18:10:00","value":8.93}, {"timestamp":"2023-06-15 18:20:00","value":8.93}, {"timestamp":"2023-06-15 18:30:00","value":8.93}, {"timestamp":"2023-06-15 18:40:00","value":8.93}, {"timestamp":"2023-06-15 18:50:00","value":8.93}, {"timestamp":"2023-06-15 19:00:00","value":8.93}, {"timestamp":"2023-06-15 19:10:00","value":8.93}, {"timestamp":"2023-06-15 19:20:00","value":8.93}, {"timestamp":"2023-06-15 19:30:00","value":8.93}, {"timestamp":"2023-06-15 19:40:00","value":8.93}, {"timestamp":"2023-06-15 19:50:00","value":8.93}, {"timestamp":"2023-06-15 20:00:00","value":8.93}, {"timestamp":"2023-06-15 20:10:00","value":8.93}, {"timestamp":"2023-06-15 20:20:00","value":8.93}, {"timestamp":"2023-06-15 20:30:00","value":8.93}, {"timestamp":"2023-06-15 20:40:00","value":8.93}, {"timestamp":"2023-06-15 20:50:00","value":8.93}, {"timestamp":"2023-06-15 21:00:00","value":8.93}]}]}

```

รูปที่ 3-10 ตัวอย่าง API ในแต่ละสถานี

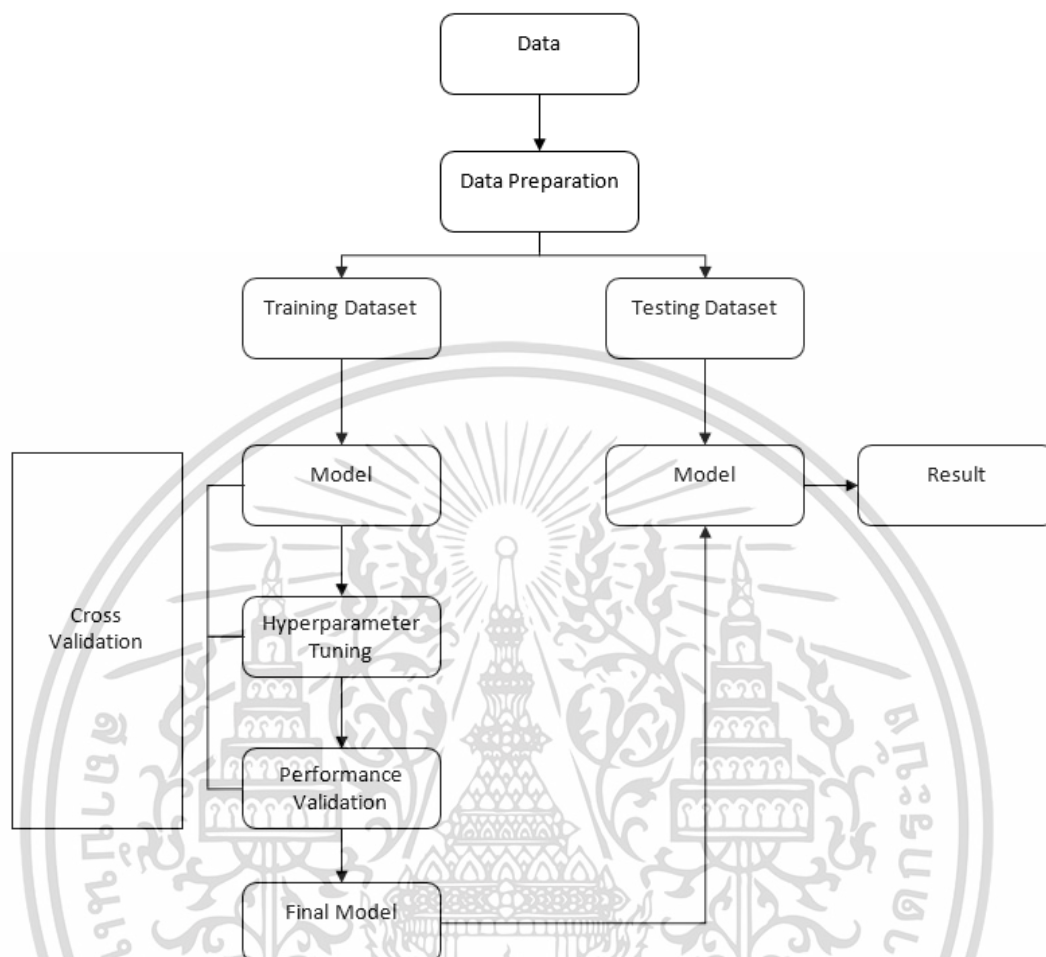
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-11 ภาพรวมการรวบรวมข้อมูลเก็บไว้ในฐานข้อมูล

3.4.1. การสร้างแบบจำลอง

จากการรวบรวมข้อมูลในรูปแบบของไฟล์ Excel ขั้นตอนต่อไปคือการสร้างแบบจำลองเพื่อทำนายค่าความเค็มของน้ำบริเวณคั้งบางกะเจ้าโดยมีขั้นตอนตามลำดับดังรูปที่ 3-12



รูปที่ 3-12 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง

ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองเพื่อทำนายค่าความเค็มของน้ำ โดยเริ่มจากการจัดการข้อมูลที่รวบรวมมาจากทุกสถานีด้วยกระบวนการเตรียมข้อมูล (Data Preparation) หลังจากนั้นทำการแบ่ง ชุดข้อมูลฝึกสอน และ ชุดข้อมูลทดสอบ ในส่วนของ training dataset จะทำการเลือก feature ที่สำคัญสำหรับ train data โดยใช้ข้อมูลช่วงเวลาเดือนมกราคม จนถึงวันที่ 24 เดือนเมษายน ปี 2023 เมื่อได้ feature ที่ต้องการแล้วจากนั้นจึงนำข้อมูลเข้าสู่แบบจำลอง XGBOOST (Extreme Gradient Boosting) เนื่องจากหลายปีที่ผ่านมา XGBoost เป็น Machine Learning Algorithm ที่เป็น open source ที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากด้วยการทำงานที่ง่ายเพียงแค่นำข้อมูลให้แบบจำลองได้เรียนรู้และเลือกพารามิเตอร์ที่เหมาะสมก็จะได้แบบจำลองที่มีความแม่นยำแล้วและมีประสิทธิภาพในด้าน regression และ classification แต่อย่างไรก็ตามการปรับ

ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมเป็นเรื่องที่สำคัญมากและเสียเวลาไปกับขั้นตอนนี้ค่อนข้างมาก วิธีที่รู้จักกันดีในการปรับหาค่าพารามิเตอร์คือ GridSearchCV แต่ใช้เวลานานมากสำหรับชุดข้อมูลที่มีปริมาณมากเนื่องจากเป็นวิธีที่จะนำทุกค่าความเป็นไปได้ในการระบุค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดเพื่อหาค่าที่แม่นยำที่สุดดังนั้นทางผู้วิจัยจึงเลือกใช้ Optuna ซึ่งเป็นกระบวนการค้นหาชุดพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดอัตโนมัติโดยจะเริ่มปรับค่าพารามิเตอร์เองจากประสิทธิภาพในการปรับครั้งก่อนๆเพื่อให้ได้แบบจำลองที่มีความแม่นยำที่ดีที่สุด พร้อมกับการทำ Cross Validation จากนั้นนำแบบจำลองที่ได้ไปใช้ทำนายในขั้นตอนการ testing โดยใช้มูล testing dataset เป็นข้อมูลสัปดาห์สุดท้ายของเดือนเมษายน ปี 2023 เพื่อแสดงผลลัพธ์การทำนาย



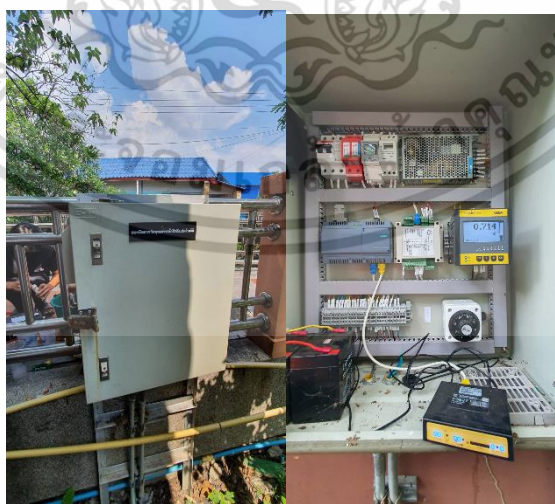
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การดำเนินงานและผลการวิจัย

4.1. การติดตั้งและการทำงานของอุปกรณ์ตรวจวัดแบบสถานี

โดยเริ่มจากการสังเกตหาพื้นที่บริเวณที่มีความเค็มของน้ำในระดับสูงหรือเป็นบริเวณที่เป็นทางที่น้ำผ่านที่ส่งผลกระทบต่อการอุปโภคบริโภคของประชาชนเพื่อติดตั้งระบบวัดความเค็มของน้ำและระดับความสูงของน้ำ เพื่อใช้สำหรับวัดความเค็มของน้ำและระดับน้ำแบบเรียลไทม์และส่งค่ามายังระบบคลาวด์ด้วยระบบไอโอทีโดยเลือกใช้เซ็นเซอร์วัดระดับสารละลายในน้ำ (EC Sensor : Electrical Conductivity Sensor) แบบเกรตอุตสาหกรรม ซึ่งสามารถใช้งานได้ที่แรงดันไฟฟ้า 12-24 โวลต์ และทำงานร่วมกับเซ็นเซอร์วัดระดับความสูงของน้ำ (Water Level Sensor) แบบอัลตราโซนิกเพื่อวัดระดับความสูงของน้ำ เมื่อเทียบกับตลิ่งและทั้งสองจะถูกเชื่อมต่อมายังโมดูล RS485 I/O ซึ่งเป็นโมดูลสำหรับรับค่าสัญญาณจากเซ็นเซอร์ที่ใช้โปรโตคอลแบบ RS485 จากนั้นจะทำการเชื่อมต่อผ่าน RS485 หรือเรียกว่า Modbus RTU ไปยังอุปกรณ์ เกตเวย์ ไอโอทีเกรตอุตสาหกรรม (Siemens IoT 2040) เพื่อใช้ในการประมวลผลในเบื้องต้นและเชื่อมต่อกับโมดูล 4G LTE เพื่อให้สามารถส่งข้อมูลผ่านโปรโตคอล TCP/IP หรือส่งข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ตไปยังระบบคลาวด์ได้ โดยเมื่อทำการต่อระบบไฟฟ้า รันระบบไฟฟ้าและตั้งค่าให้ทำการส่งข้อมูลทุก ๆ 10 นาที โดยให้ส่งค่าผ่านระบบอินเทอร์เน็ตผ่าน 4G LTE โมดูล ผลปรากฏว่าทั้ง 8 สถานีสามารถส่งข้อมูลมาแสดงผลบนแดชบอร์ดได้

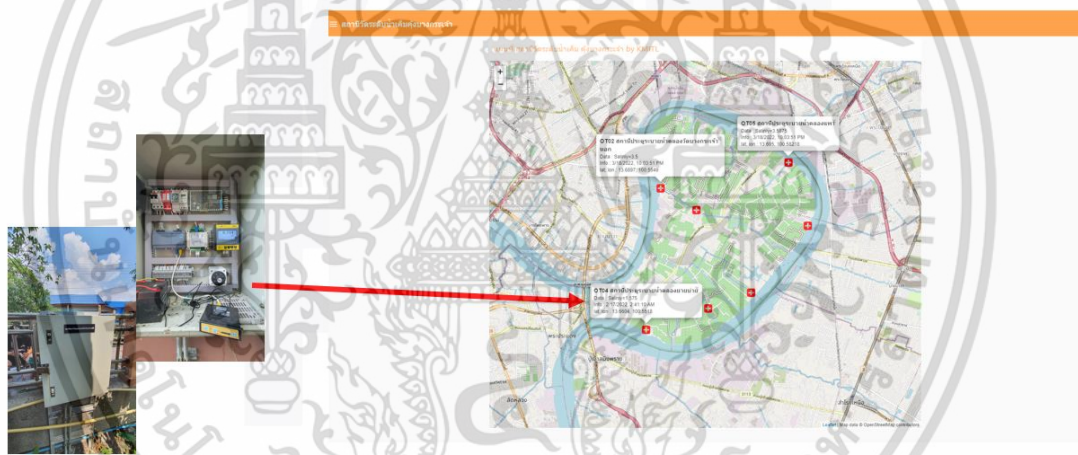


รูปที่ 4-1 ภาพการติดตั้งตู้อุปกรณ์และอุปกรณ์ภายในตู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-2 การติดตั้งเซ็นเซอร์วัดความเค็มและระดับความสูงของน้ำ

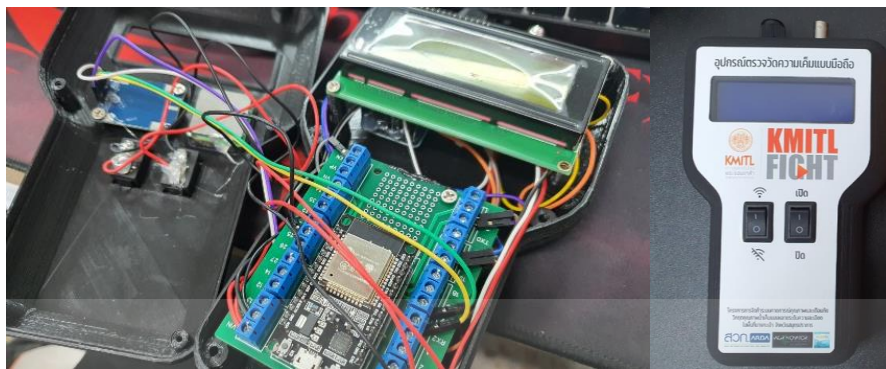


รูปที่ 4-3 การส่งค่ามายังระบบคลาวด์เพื่อเก็บข้อมูลและแสดงผลบนแดชบอร์ด

4.2. การติดตั้งและการทำงานของอุปกรณ์ตรวจวัดแบบพกพา

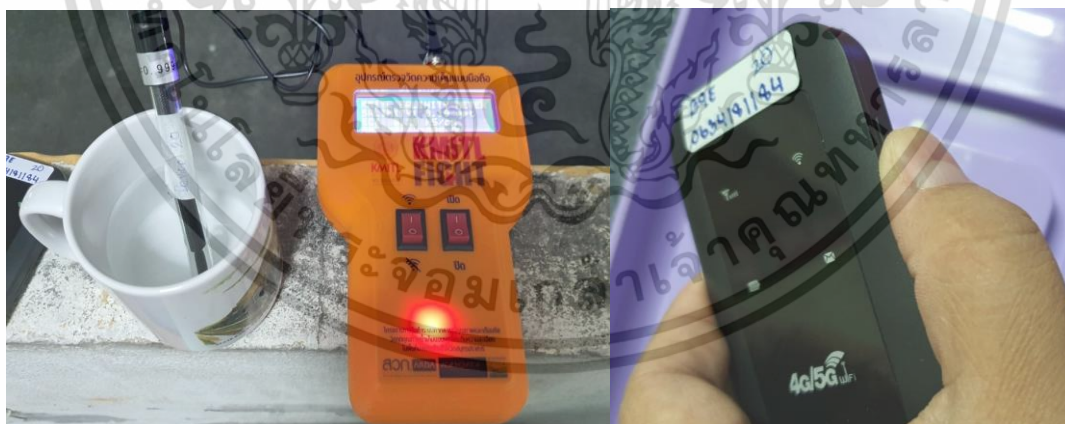
การทำงานของอุปกรณ์พกพาได้รับการพัฒนาทั้งในฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ชิ้นส่วนฮาร์ดแวร์จะเลือกโมดูลและอุปกรณ์เพื่อประกอบเข้ากับแผงวงจรที่ออกแบบมาและเคสอุปกรณ์ได้รับการพัฒนาโดยเครื่องพิมพ์ 3D ติดตั้งระบบแบตเตอรี่และอุปกรณ์จะถูกชาร์จโดยใช้พอร์ต microUSB วงจรและโมดูลในอุปกรณ์พกพาและอุปกรณ์ที่ประกอบอย่างสมบูรณ์จะแสดงในรูปที่ 4-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-4 วงจรภายในโมดูลและอุปกรณ์ที่ประกอบสมบูรณ์ของอุปกรณ์แบบพกพา

หลังจากนั้นให้ทดสอบฟังก์ชันโดยกดปุ่มเปิดปิดเพื่อเปิดใช้งานด้วยการแช่ใน 0.2 PPT Salinity Water และเปิดอุปกรณ์ฮอตสปอต 4G เพื่อให้อุปกรณ์เชื่อมต่อกับ Wi-Fi ข้อมูลต่างๆ ปรากฏบนหน้าจอ การแสดงอุปกรณ์จะแสดงชื่ออุปกรณ์ความเค็มของน้ำใน PPT (ส่วนต่อพัน), EC ของน้ำใน mS/cm และสถานะการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต (ออนไลน์/ออฟไลน์) เท่านั้นโดยกดปุ่มโหมดออนไลน์และมีชื่อของฮอตสปอต อุปกรณ์พกพาที่มีชื่อเดียวกับเฟิร์มแวร์ของสถานะการตรวจจับ หน่วยและ GPS (GPS OK/NO GPS) ซึ่งการตรวจจับสัญญาณ GPS สามารถทำได้ในพื้นที่กลางแจ้ง เท่านั้น



รูปที่ 4-5 การทดสอบการทำงานของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



LINE 1 : Device Name
 LINE 2 : Salinity in PPT (Part Per Thousand)
 LINE 3 : EC in mS/cm
 LINE 4 : INTERNET CONNECTION (ONLINE / OFFLINE)

- GPS Connected : GPS OK
- GPS NOT CONNECT = NO GPS

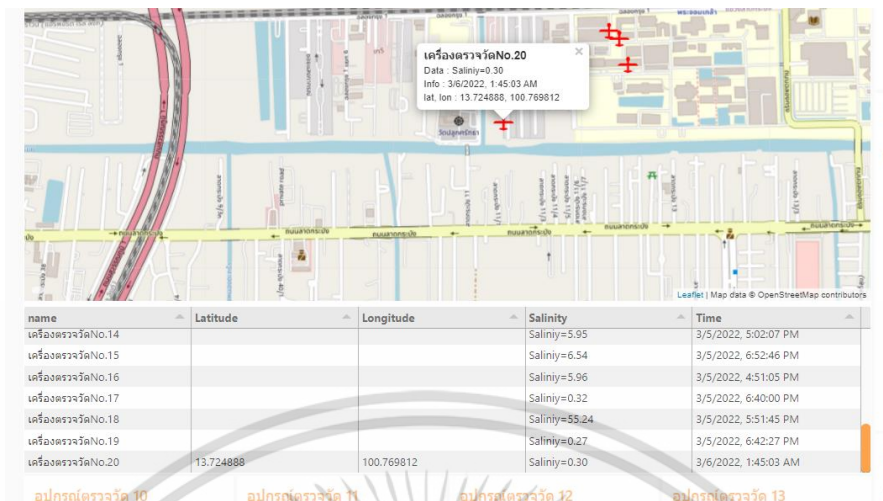
รูปที่ 4-6 การแสดงผลหน้าตาต่างชุดอุปกรณ์

หลังจากนั้นอุปกรณ์ถูกแจกจ่ายให้กับชาวบ้านในพื้นที่บางกะเจ้าดังแสดงในรูปที่ 4-7 เมื่ออุปกรณ์ออนไลน์จะส่งข้อมูลเช่นความเค็มของน้ำและข้อมูลตำแหน่งผ่านโปรโตคอล MQTT และเซลลูลาร์ไปยังอินเทอร์เน็ตไปยังระบบ Google Cloud เครื่องเสมือนที่ติดตั้ง Node-RED เพื่อให้สามารถส่งและรับและแสดงผ่านแดชบอร์ดด้วย Node-Red เป็นผลให้ระบบสามารถส่งข้อมูลไปยังแดชบอร์ดที่เข้าถึงผ่านอินเทอร์เน็ต มันจะแสดงเป็นพินปักหมุดและแสดงชื่ออุปกรณ์ค่าความเค็มและตำแหน่งรวมถึงวันที่และเวลาในการวัด



รูปที่ 4-7 ทดลองแจกอุปกรณ์ให้กับชาวบ้านบางกะเจ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-8 หน้าต่างแดชบอร์ดแสดงผลการทำงานและส่งข้อมูลของอุปกรณ์

4.3. การพัฒนาระบบการทำนายข้อมูล

4.3.1. ชุดข้อมูล

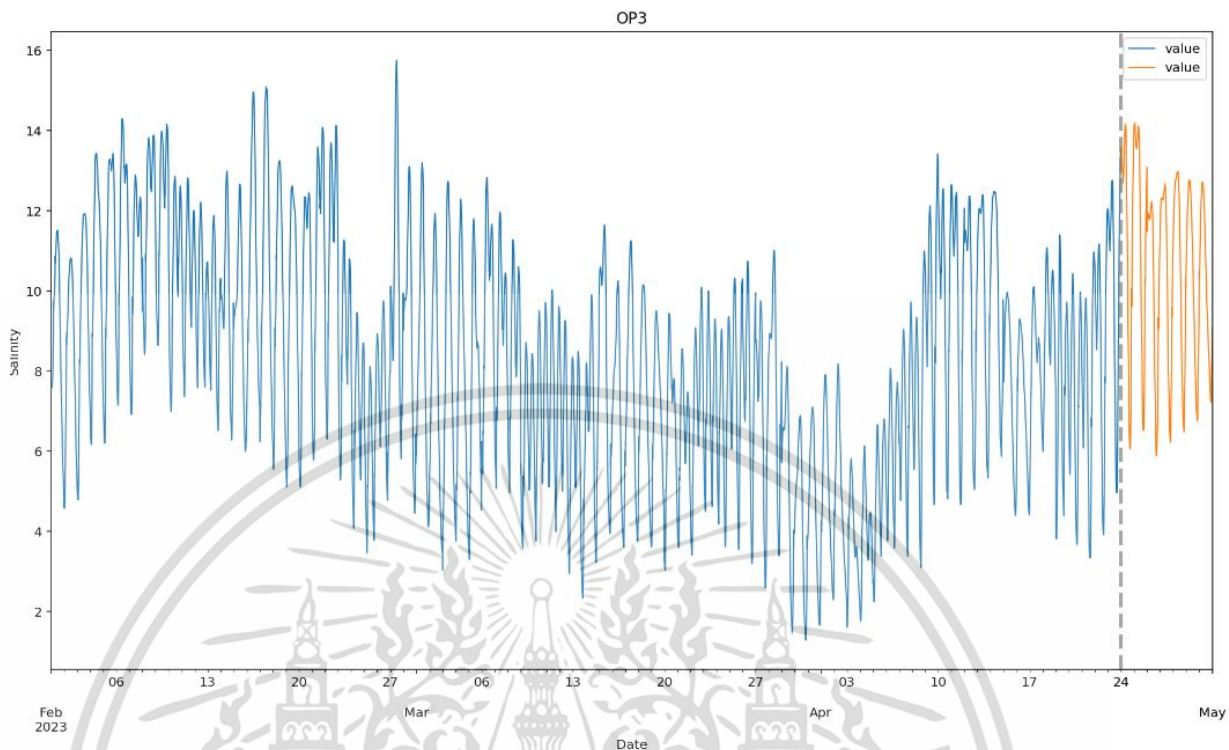
เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการรวบรวมข้อมูล จะได้ชุดข้อมูลที่จะนำไปสร้างเป็นแบบจำลองประกอบไปด้วย ข้อมูลระบุตำแหน่ง เป็นค่าละติจูด และค่าลองจิจูด ของทุกสถานี ข้อมูลเวลาและข้อมูลความเค็มของน้ำในหน่วย ppt โดยมีจำนวนแถวทั้งหมด 102104 แถว การสร้างแบบจำลองจำเป็นต้องทำการนำข้อมูลมาแบ่งตามเวลาเป็น ข้อมูลในการสร้างชุดข้อมูลฝึกสอนโดยมีจำนวนแถว 94032 แถวและชุดข้อมูลทดสอบโดยมีจำนวน 8072 แถว โดยข้อมูลทั้งหมดเริ่มตั้งแต่ 2023 ถึงปัจจุบัน ชุดข้อมูลทดสอบใช้ข้อมูลสัปดาห์สุดท้ายของเดือนเมษายน 2023

timestamp_index	latitude	longitude	timestamp	value	station	hour	dayofweek	quarter	month	year	dayofyear	dayofmonth	weekofyear
2023-02-01 00:00:00	13.667546	100.574455	2023-02-01 00:00:00	8.65	OP1	0	2	1	2	2023	32	1	5
2023-02-01 00:10:00	13.667546	100.574455	2023-02-01 00:10:00	8.65	OP1	0	2	1	2	2023	32	1	5
2023-02-01 00:20:00	13.667546	100.574455	2023-02-01 00:20:00	8.67	OP1	0	2	1	2	2023	32	1	5
2023-02-01 00:30:00	13.667546	100.574455	2023-02-01 00:30:00	8.89	OP1	0	2	1	2	2023	32	1	5
2023-02-01 00:40:00	13.667546	100.574455	2023-02-01 00:40:00	9.08	OP1	0	2	1	2	2023	32	1	5
...
2023-04-30 23:20:00	13.661668	100.567695	2023-04-30 23:20:00	9.89	IN4	23	6	2	4	2023	120	30	17
2023-04-30 23:30:00	13.661668	100.567695	2023-04-30 23:30:00	10.11	IN4	23	6	2	4	2023	120	30	17
2023-04-30 23:40:00	13.661668	100.567695	2023-04-30 23:40:00	10.54	IN4	23	6	2	4	2023	120	30	17
2023-04-30 23:50:00	13.661668	100.567695	2023-04-30 23:50:00	10.85	IN4	23	6	2	4	2023	120	30	17
2023-05-01 00:00:00	13.661668	100.567695	2023-05-01 00:00:00	11.00	IN4	0	0	2	5	2023	121	1	18

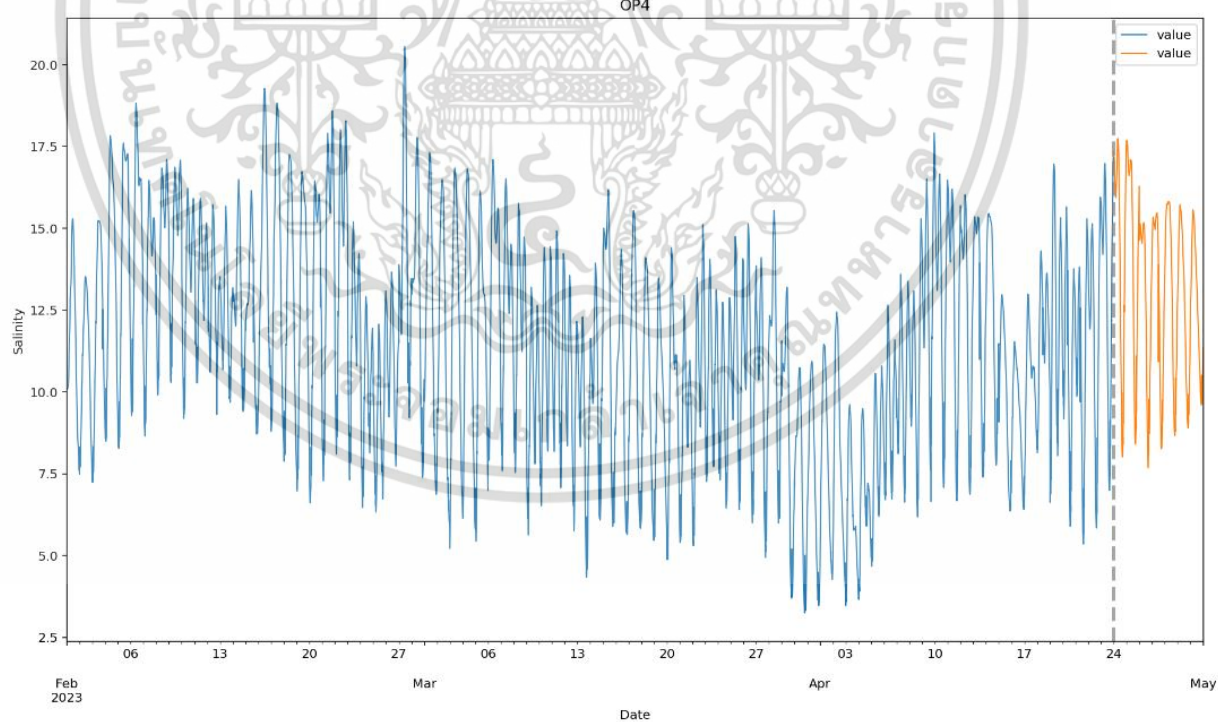
102104 rows x 13 columns

รูปที่ 4-9 ชุดข้อมูลทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-14 ชุดข้อมูลฝึกสอน/ชุดข้อมูลทดสอบ สถานี OP3



รูปที่ 4-15 ชุดข้อมูลฝึกสอน/ชุดข้อมูลทดสอบ สถานี OP4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

train													
	latitude	longitude	timestamp	value	station	hour	dayofweek	quarter	month	year	dayofyear	dayofmonth	weekofyear
timestamp_index													
2023-02-01 00:00:00	13.667546	100.574455	2023-02-01 00:00:00	8.65	OP1	0	2	1	2	2023	32	1	5
2023-02-01 00:10:00	13.667546	100.574455	2023-02-01 00:10:00	8.65	OP1	0	2	1	2	2023	32	1	5
2023-02-01 00:20:00	13.667546	100.574455	2023-02-01 00:20:00	8.67	OP1	0	2	1	2	2023	32	1	5
2023-02-01 00:30:00	13.667546	100.574455	2023-02-01 00:30:00	8.89	OP1	0	2	1	2	2023	32	1	5
2023-02-01 00:40:00	13.667546	100.574455	2023-02-01 00:40:00	9.08	OP1	0	2	1	2	2023	32	1	5
...
2023-04-23 23:10:00	13.661668	100.567695	2023-04-23 23:10:00	15.52	IN4	23	6	2	4	2023	113	23	16
2023-04-23 23:20:00	13.661668	100.567695	2023-04-23 23:20:00	15.66	IN4	23	6	2	4	2023	113	23	16
2023-04-23 23:30:00	13.661668	100.567695	2023-04-23 23:30:00	15.75	IN4	23	6	2	4	2023	113	23	16
2023-04-23 23:40:00	13.661668	100.567695	2023-04-23 23:40:00	15.79	IN4	23	6	2	4	2023	113	23	16
2023-04-23 23:50:00	13.661668	100.567695	2023-04-23 23:50:00	15.77	IN4	23	6	2	4	2023	113	23	16

94032 rows × 13 columns

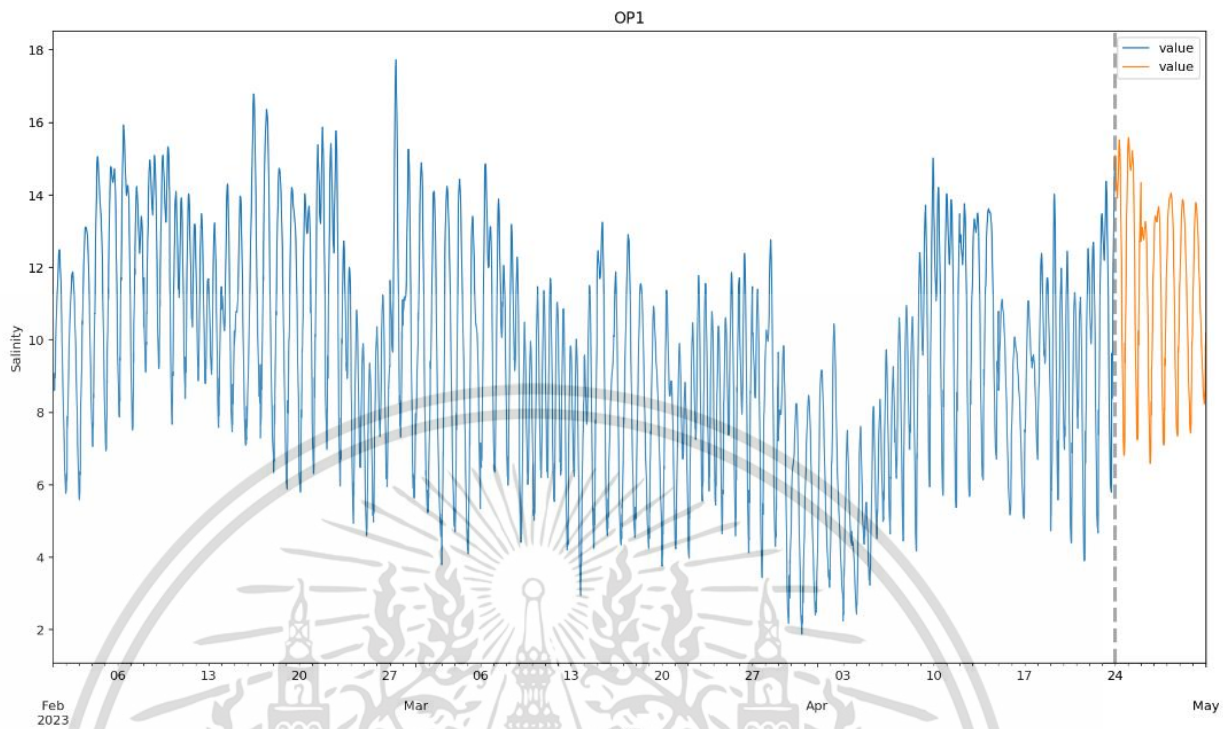
รูปที่ 4-10 ชุดข้อมูลฝึกสอน

test													
	latitude	longitude	timestamp	value	station	hour	dayofweek	quarter	month	year	dayofyear	dayofmonth	weekofyear
timestamp_index													
2023-04-24 00:00:00	13.667546	100.574455	2023-04-24 00:00:00	15.09	OP1	0	0	2	4	2023	114	24	17
2023-04-24 00:10:00	13.667546	100.574455	2023-04-24 00:10:00	15.09	OP1	0	0	2	4	2023	114	24	17
2023-04-24 00:20:00	13.667546	100.574455	2023-04-24 00:20:00	15.07	OP1	0	0	2	4	2023	114	24	17
2023-04-24 00:30:00	13.667546	100.574455	2023-04-24 00:30:00	15.04	OP1	0	0	2	4	2023	114	24	17
2023-04-24 00:40:00	13.667546	100.574455	2023-04-24 00:40:00	15.00	OP1	0	0	2	4	2023	114	24	17
...
2023-04-30 23:20:00	13.661668	100.567695	2023-04-30 23:20:00	9.89	IN4	23	6	2	4	2023	120	30	17
2023-04-30 23:30:00	13.661668	100.567695	2023-04-30 23:30:00	10.11	IN4	23	6	2	4	2023	120	30	17
2023-04-30 23:40:00	13.661668	100.567695	2023-04-30 23:40:00	10.54	IN4	23	6	2	4	2023	120	30	17
2023-04-30 23:50:00	13.661668	100.567695	2023-04-30 23:50:00	10.85	IN4	23	6	2	4	2023	120	30	17
2023-05-01 00:00:00	13.661668	100.567695	2023-05-01 00:00:00	11.00	IN4	0	0	2	5	2023	121	1	18

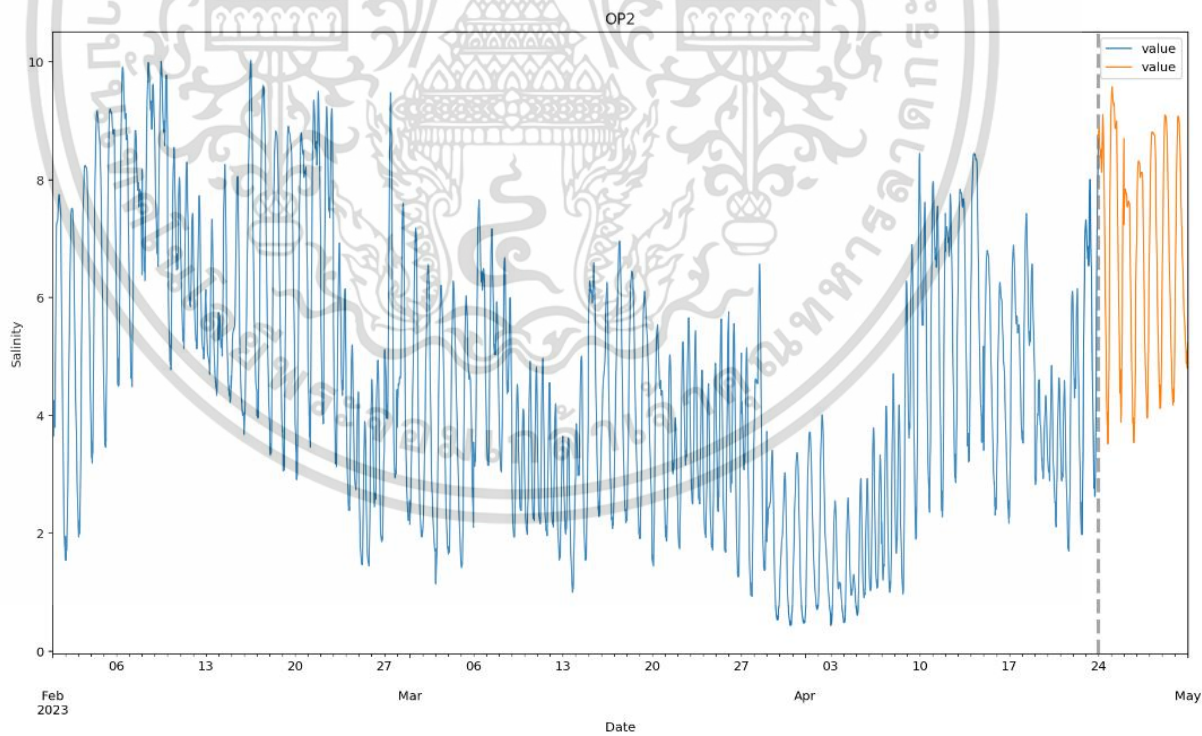
8072 rows × 13 columns

รูปที่ 4-11 ชุดข้อมูลทดสอบ

จากข้อมูลทั้งหมดในรูปที่ ทางผู้วิจัยได้ทำการพล็อตกราฟแบ่งข้อมูลช่วงข้อมูลฝึกสอนและข้อมูลทดสอบของแต่ละสถานีโดยแกนแนวนอนคือ เวลา แกนแนวตั้งคือ ค่าความเค็มในหน่วย ppt เส้นกราฟสีน้ำเงินคือข้อมูลฝึกสอน เส้นกราฟสีส้มคือข้อมูลทดสอบ โดยมีเส้นประสีเทาเป็นตัวแบ่งข้อมูล

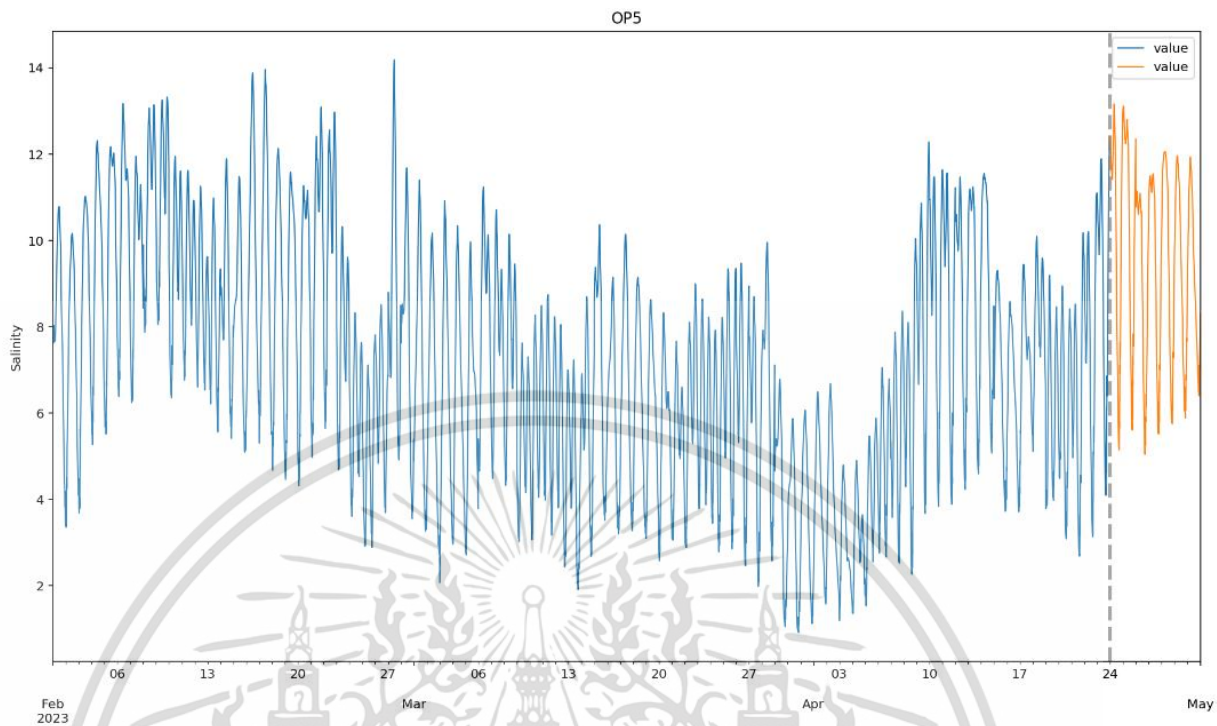


รูปที่ 4-12 ชุดข้อมูลฝึกสอน/ชุดข้อมูลทดสอบ สถานี OP1

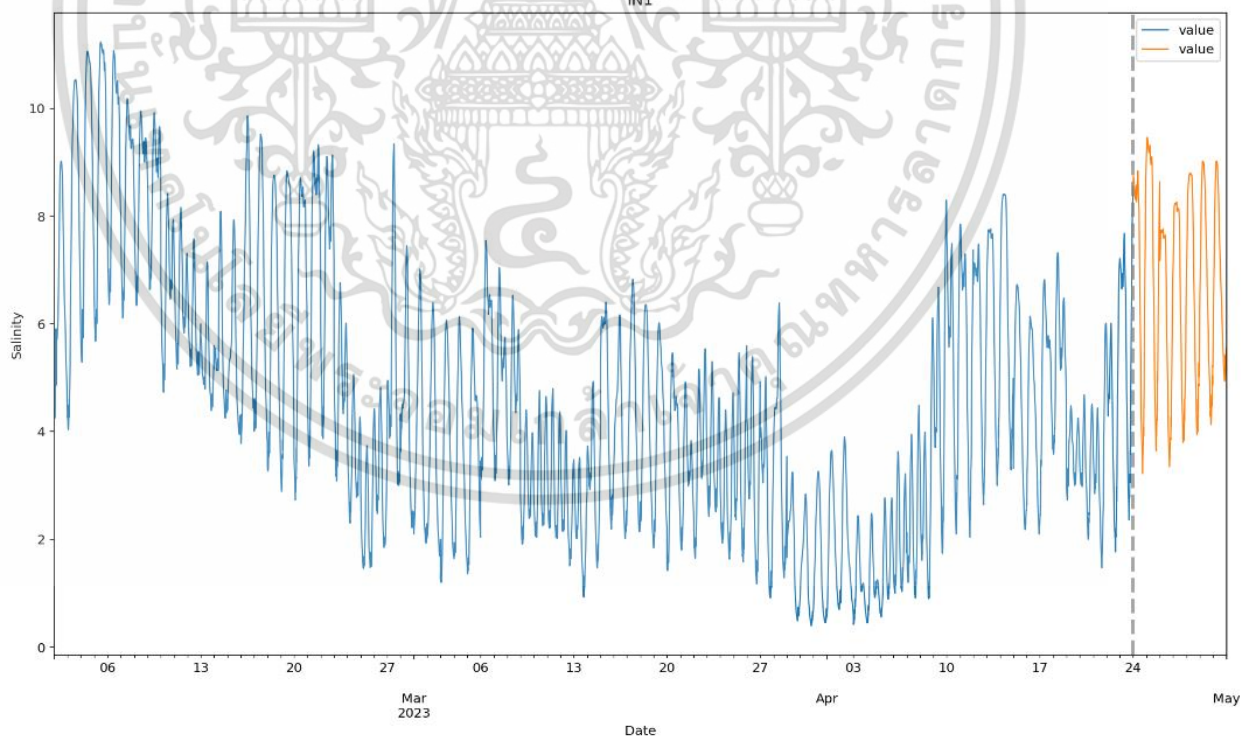


รูปที่ 4-13 ชุดข้อมูลฝึกสอน/ชุดข้อมูลทดสอบ สถานี OP2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

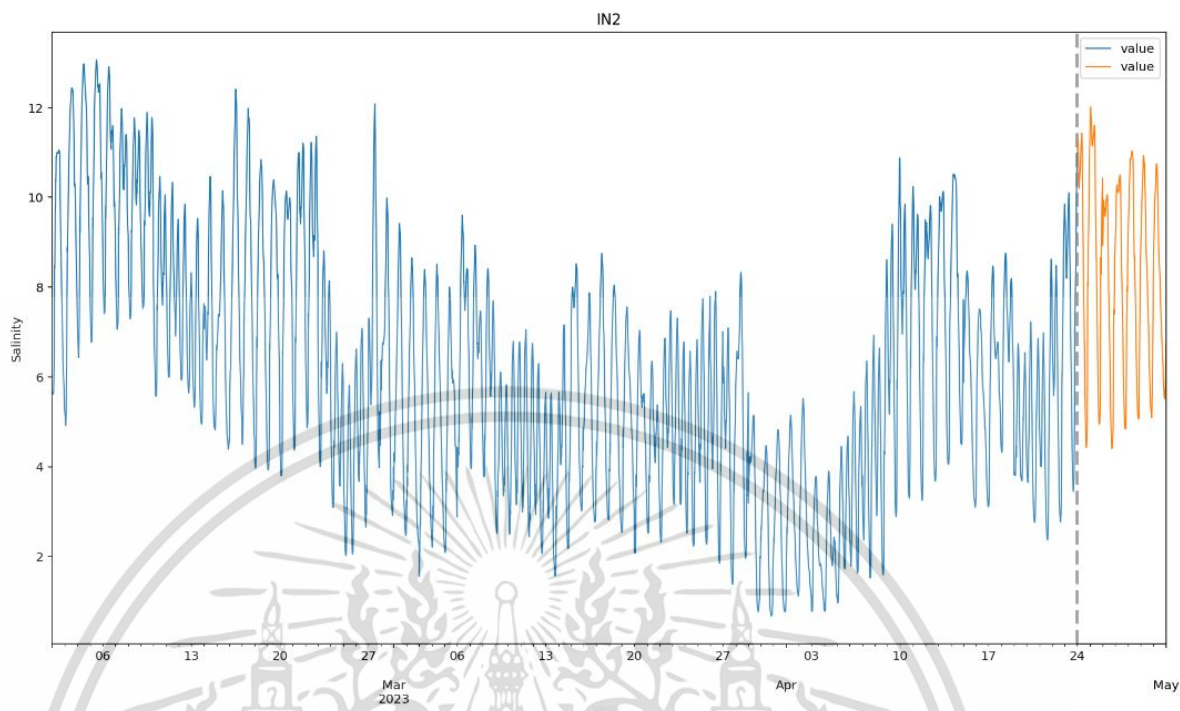


รูปที่ 4-16 ชุดข้อมูลฝึกสอน/ชุดข้อมูลทดสอบ สถานี OP5

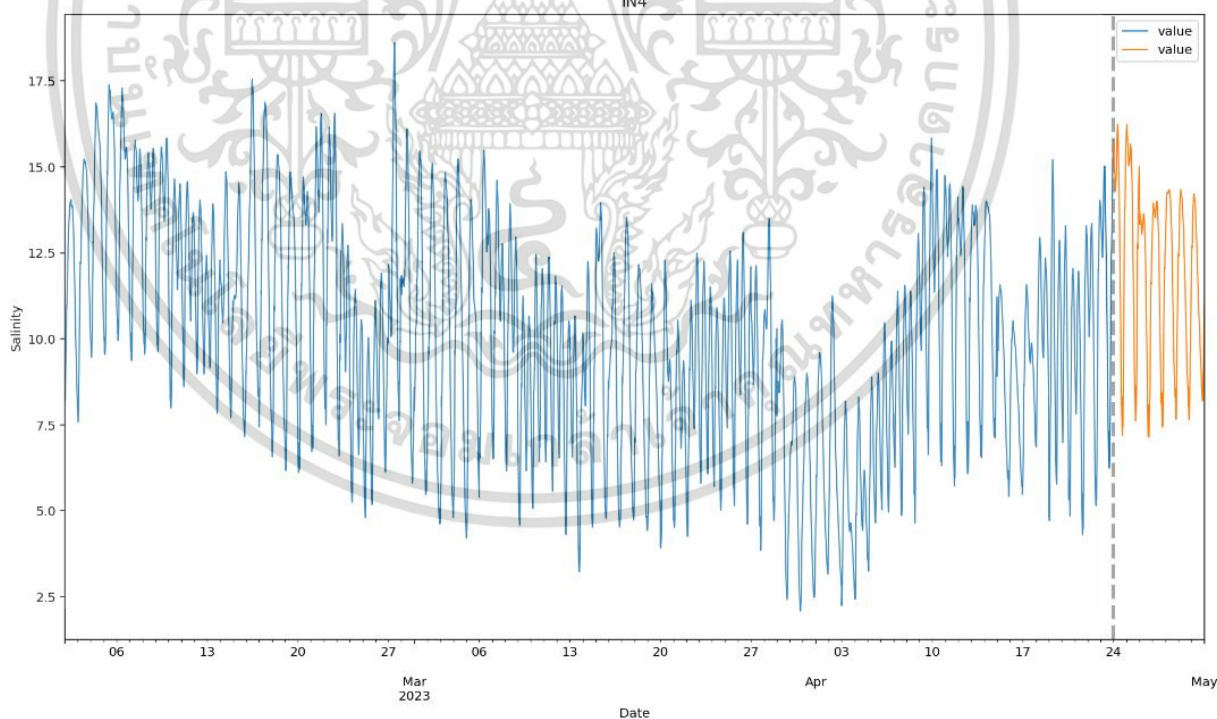


รูปที่ 4-17 ชุดข้อมูลฝึกสอน/ชุดข้อมูลทดสอบ สถานี IN1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-18 ชุดข้อมูลฝึกสอน/ชุดข้อมูลทดสอบ สถานี IN2



รูปที่ 4-19 ชุดข้อมูลฝึกสอน/ชุดข้อมูลทดสอบ สถานี IN4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 กระบวนการเรียนรู้และตรวจสอบ

ทำการป้อนชุดข้อมูลฝึกสอนเข้าสู่แบบจำลอง XGBOOST และใช้ Optuna เพื่อค้นหาพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดโดยอัตโนมัติโดยวิธีการของ Optuna มีดังรูปที่ 4-20

```
#Create Optuna study and save the best model to "best_model"
model = []
study = optuna.create_study(
    directions=['minimize'], # Set the direction for each objective
    sampler=optuna.samplers.RandomSampler(seed=42) # Use a random sampler
)
study.optimize(objective, n_trials=300)

[ I 2023-05-24 17:15:17,556] A new study created in memory with name: no-name-d3058290-68e4-49f1-bb0b-2c50554f1f70
[ I 2023-05-24 17:15:46,497] Trial 0 finished with value: 1.7873202375174064 and parameters: {'lambda': 0.03148911647956861, 'alpha': 6.3512210106540703, 'gamma': 6.855951534491241, 'colsample_bytree': 0.638792635773329, 'subsample': 0.5780093202212182, 'learning_rate': 0.08643731496473929, 'n_estimators': 675, 'max_depth': 27, 'min_child_weight': 602}. Best is trial 0 with value: 1.7873202375174064.
[ I 2023-05-24 17:16:55,857] Trial 1 finished with value: 1.591184739478164 and parameters: {'lambda': 0.679657809075816, 'alpha': 0.0012087541473056963, 'gamma': 8.759278817295954, 'colsample_bytree': 0.8491983767203796, 'subsample': 0.6061695553391381, 'learning_rate': 0.0990942339314793, 'n_estimators': 1915, 'max_depth': 11, 'min_child_weight': 525}. Best is trial 1 with value: 1.591184739478164.
[ I 2023-05-24 17:19:33,067] Trial 2 finished with value: 2.2539723918022365 and parameters: {'lambda': 0.05342937261279776, 'alpha': 0.014618962793704957, 'gamma': 5.894823157779036, 'colsample_bytree': 0.22554447458683766, 'subsample': 0.6460723242676091, 'learning_rate': 0.18951730321390894, 'n_estimators': 4615, 'max_depth': 24, 'min_child_weight': 200}. Best is trial 1 with value: 1.591184739478164.
[ I 2023-05-24 17:25:22,159] Trial 3 finished with value: 2.1293973987615047 and parameters: {'lambda': 0.11400863701127326, 'alpha': 0.23423849847112907, 'gamma': 1.3716033017599818, 'colsample_bytree': 0.6467903667112945, 'subsample': 0.5852620618436457, 'learning_rate': 0.041875280562786964, 'n_estimators': 9494, 'max_depth': 30, 'min_child_weight': 809}. Best is trial 1 with value: 1.591184739478164.
[ I 2023-05-24 17:25:37,885] Trial 4 finished with value: 1.9346843825345208 and parameters: {'lambda': 0.01653693718282442, 'alpha': 0.002458603276328005, 'gamma': 6.473864212097255, 'colsample_bytree': 0.4961372443656412, 'subsample': 0.5610191174223894, 'learning_rate': 0.2526366859545224, 'n_estimators': 440, 'max_depth': 28, 'min_child_weight': 259}. Best is trial 1 with value: 1.591184739478164.
[ I 2023-05-24 17:30:07,100] Trial 5 finished with value: 2.25316610692105 and parameters: {'lambda': 0.4467752817973907, 'alpha': 0.017654048052495083, 'gamma': 5.1605441694224865, 'colsample_bytree': 0.5920392514089517, 'subsample': 0.592427227627636, 'learning_rate': 0.4850964676046337, 'n_estimators': 7774, 'max_depth': 29, 'min_child_weight': 895}. Best is trial 1 with value: 1.591184739478164.
[ I 2023-05-24 17:32:48,602] Trial 6 finished with value: 2.466960575693375 and parameters: {'lambda': 0.24637685958997463, 'alpha': 4.86964094
```

รูปที่ 4-20 วิธีการหาค่าพารามิเตอร์โดยใช้ Optuna

ตารางที่ 4.3 พารามิเตอร์ที่จำเป็นสำหรับแบบจำลอง

Hyperparameter	definition
Max_depth	ความลึกสูงสุดต่อต้นไม้ ต้นไม้ที่ลึกกว่าอาจเพิ่มประสิทธิภาพ แต่ยังมี ความซับซ้อนและโอกาสที่จะได้รับมากเกินไป
Learning_rate	อัตราการเรียนรู้ของแบบจำลอง
N_estimators	จำนวนต้นไม้ที่ใช้ในการเรียนรู้ของแบบจำลอง
Colsample_bytree	แสดงถึงสัดส่วนการสุ่มตัวอย่างหรือคอลัมน์สำหรับต้นไม้แต่ละต้น ค่าจะต้องอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1
Subsample	กำหนดสัดส่วนของ train data ที่จะใช้สำหรับต้นไม้แต่ละต้น
min_child_weight	ควบคุมความซับซ้อนและความลึกของต้นไม้ ค่าที่สูงขึ้นจะช่วยเรื่อง overfitting ของแบบจำลอง
Alpha	ควบคุม L1 regularization
Lambda	ควบคุม L2 regularization
Gamma	เกมมาที่สูงขึ้นคือการทำให้เป็นมาตรฐานมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

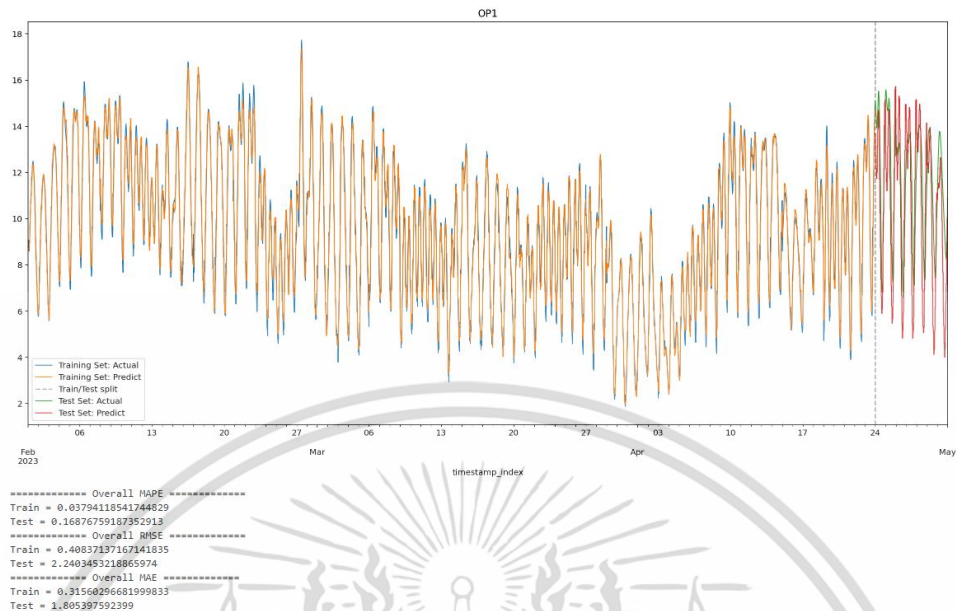
เนื่องจากแบบจำลอง XGBoost เป็นแบบจำลองที่ใช้กันอย่างแพร่หลายกันใน Kaggle community ซึ่งเป็นแพลตฟอร์มสำหรับ Predictive Modelling และการแข่งขันด้าน Analytics เพื่อหา Model ที่ดีที่สุดระดับโลกที่สามารถเข้าไปหาข้อมูลต่างๆเพื่อนำมาใช้งานได้ ทางผู้วิจัยจึงได้กำหนดช่วงของค่าพารามิเตอร์แต่ละพารามิเตอร์ที่ครอบคลุม แล้วใช้ Optuna เป็นตัวค้นหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสม จากนั้นใช้วิธี cross-validation เพื่อให้ได้โมเดลที่มีค่าความผิดพลาดน้อยที่สุดซึ่งพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดที่เลือกในขั้นตอนสุดท้ายมีค่าดังนี้

```
{max_depth: 11, Learning_rate: 0.0990942339314793, N_estimators: 1915,
Colsample_bytree: 0.8491983767203796, Subsample: 0.6061695553391381,
min_child_weight : 525, Alpha: 0.0012087541473056963, Lambda:
0.679657809075816, Gamma: 8.759278817295954 }
```

4.3.3 ผลการวัดประสิทธิภาพแบบจำลอง

(1) ผลการวัดประสิทธิภาพแบบจำลองของสถานี OP1

จากการสร้างแบบจำลองของสถานี OP1 ได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างแบบจำลองก่อนและหลังการค้นหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยใช้ Optuna โดยแสดงดังรูปที่ 4-21 และ 4-22 ซึ่งแกน X คือเวลา ส่วน แกน Y คือค่าความเค็มของน้ำในหน่วย ppt ส่วนข้อมูลทดสอบเส้นกราฟสีส้มแสดงค่าที่ทำนาย ส่วนเส้นกราฟสีเขียวแสดงค่าจริงของข้อมูล และเมตริกซ์ที่ใช้สำหรับวัดประสิทธิภาพมี 3 เมตริกซ์ด้วยกัน คือ MAE, RMSE, MAPE โดยมีค่า MAE, RMSE, MAPE ก่อนที่จะปรับพารามิเตอร์ด้วย Optuna เท่ากับ 1.805, 2.24, 16.88 ตามลำดับและหลังจากปรับพารามิเตอร์ด้วย Optuna มีค่า MAE, RMSE, MAPE ตามลำดับดังนี้ 1.188, 1.46, 10.43



รูปที่ 4-21 รูปก่อนการปรับพารามิเตอร์สถานี OP1



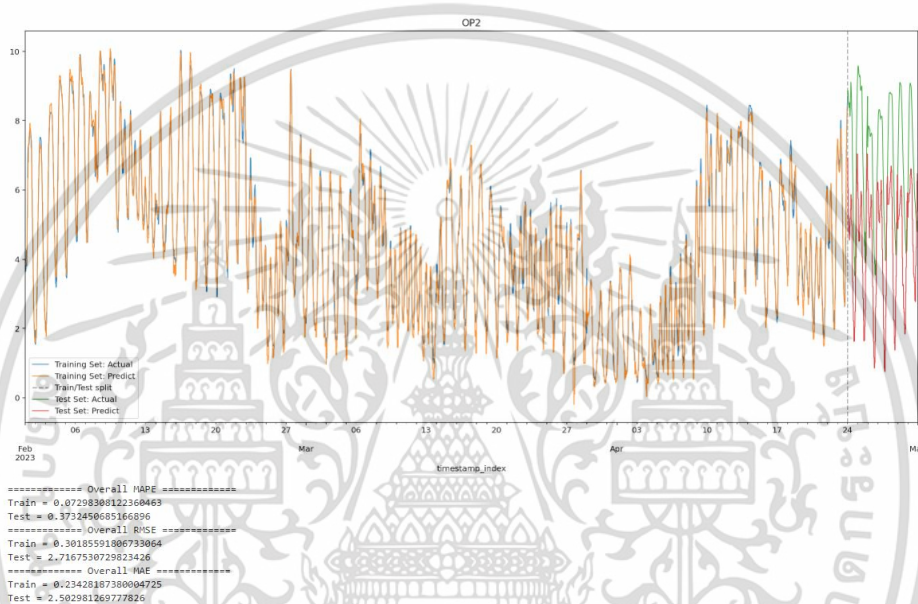
รูปที่ 4-22 รูปหลังการปรับพารามิเตอร์สถานี OP1

(2) ผลการวัดประสิทธิภาพแบบจำลองของสถานี OP2

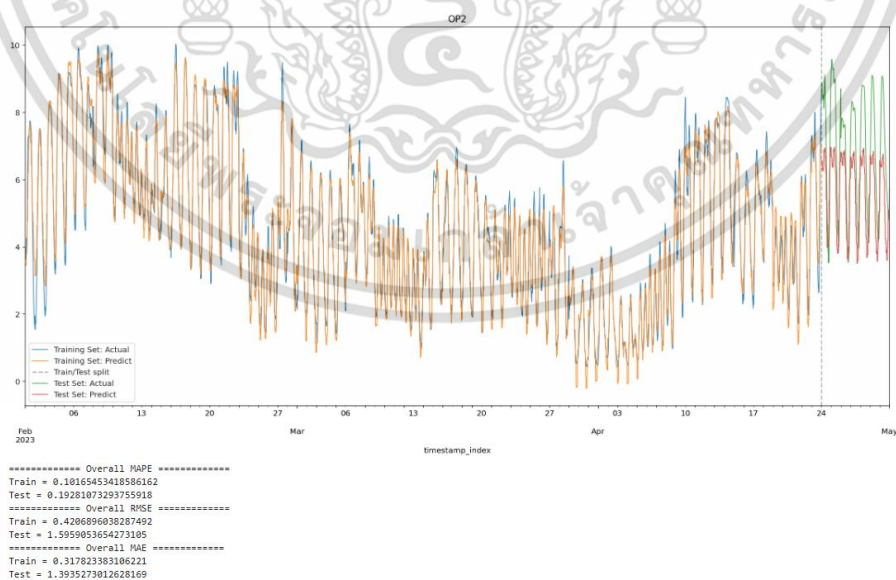
จากการสร้างแบบจำลองของสถานี OP2 ได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างแบบจำลองก่อนและหลังการค้นหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยใช้ Optuna โดยแสดงดังรูปที่ 4-23 และ 4-24 ซึ่งแกน X คือเวลา ส่วน แกน Y คือค่าความเค็มของน้ำในหน่วย ppt ส่วนข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดสอบเส้นกราฟสีส้มแสดงค่าที่ทำนาย ส่วนเส้นกราฟสีเขียวแสดงค่าจริงของข้อมูล และเมทริกซ์ที่ใช้สำหรับวัดประสิทธิภาพมี 3 เมทริกซ์ด้วยกัน คือ MAE, RMSE, MAPE โดยมีค่าก่อนที่จะปรับพารามิเตอร์ด้วย Optuna เท่ากับ 2.503, 2.717, 37.32 ตามลำดับและหลังจากปรับพารามิเตอร์ด้วย Optuna มีค่า MAE, RMSE, MAPE ตามลำดับดังนี้ 1.394, 1.596, 19.28



รูปที่ 4-23 รูปก่อนการปรับพารามิเตอร์สถานี OP2

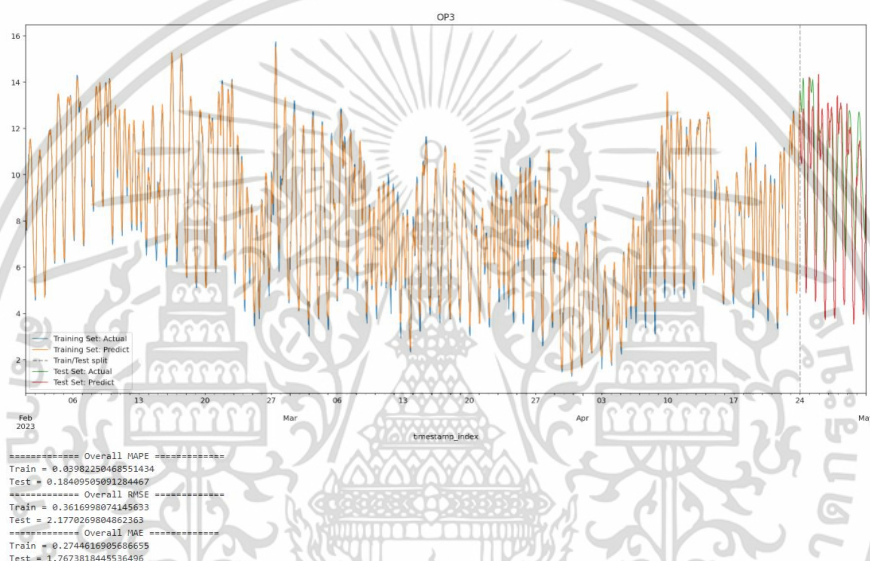


รูปที่ 4-24 รูปหลังการปรับพารามิเตอร์สถานี OP2

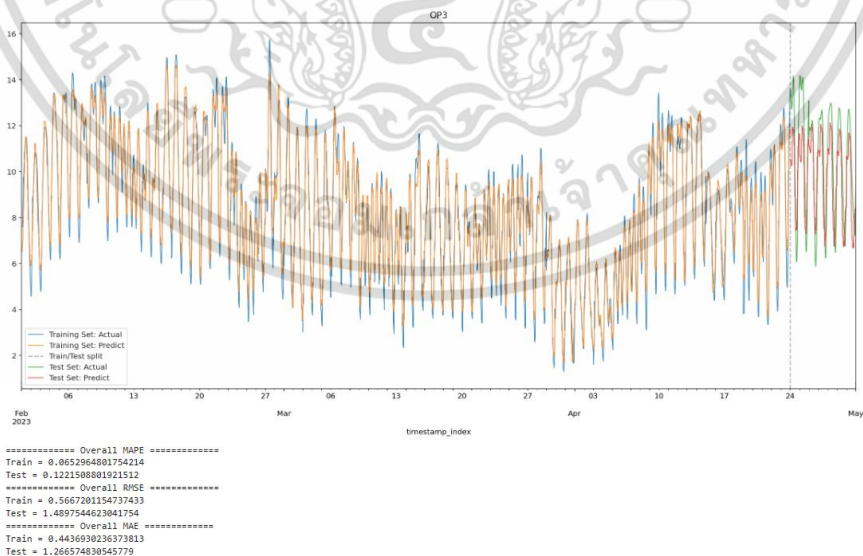
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) ผลการวัดประสิทธิภาพแบบจำลองของสถานี OP3

จากการสร้างแบบจำลองของสถานี OP3 ได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างแบบจำลองก่อนและหลังการค้นหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยใช้ Optuna โดยแสดงดังรูปที่ 4-25 และ 4-26 ซึ่งแกน X คือเวลา ส่วน แกน Y คือค่าความเค็มของน้ำในหน่วย ppt ส่วนข้อมูลทดสอบเส้นกราฟสีส้มแสดงค่าที่ทำนาย ส่วนเส้นกราฟสีเขียวแสดงค่าจริงของข้อมูล และเมทริกซ์ที่ใช้สำหรับวัดประสิทธิภาพมี 3 เมทริกซ์ด้วยกัน คือ MAE, RMSE, MAPE โดยมีค่า MAE, RMSE, MAPE ก่อนที่จะปรับพารามิเตอร์ด้วย Optuna เท่ากับ 1.767, 2.177, 18.41 ตามลำดับและหลังจากปรับพารามิเตอร์ด้วย Optuna มีค่า MAE, RMSE, MAPE ตามลำดับดังนี้ 1.267, 1.490, 12.22



รูปที่ 4-25 รูปก่อนการปรับพารามิเตอร์สถานี OP3

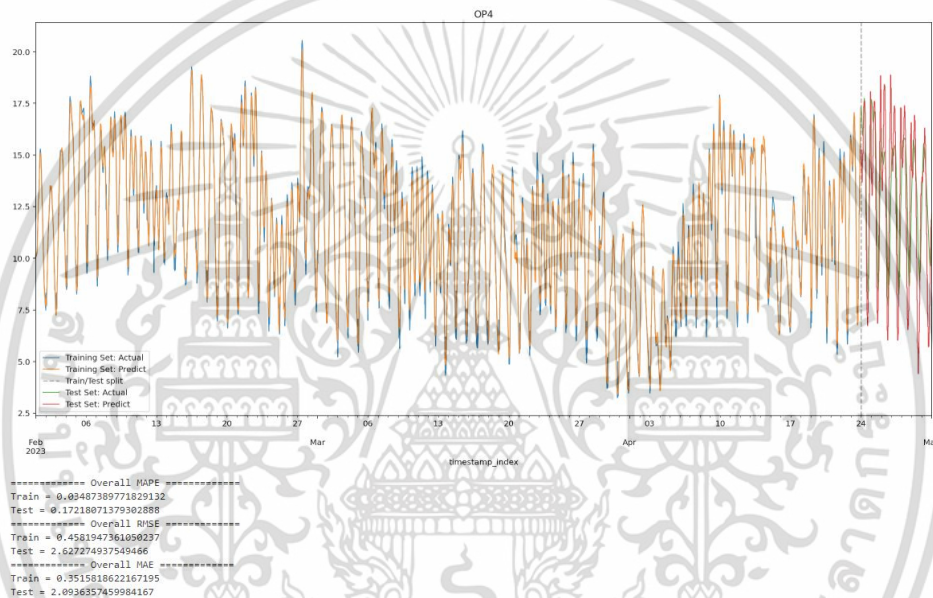


รูปที่ 4-26 รูปหลังการปรับพารามิเตอร์สถานี OP3

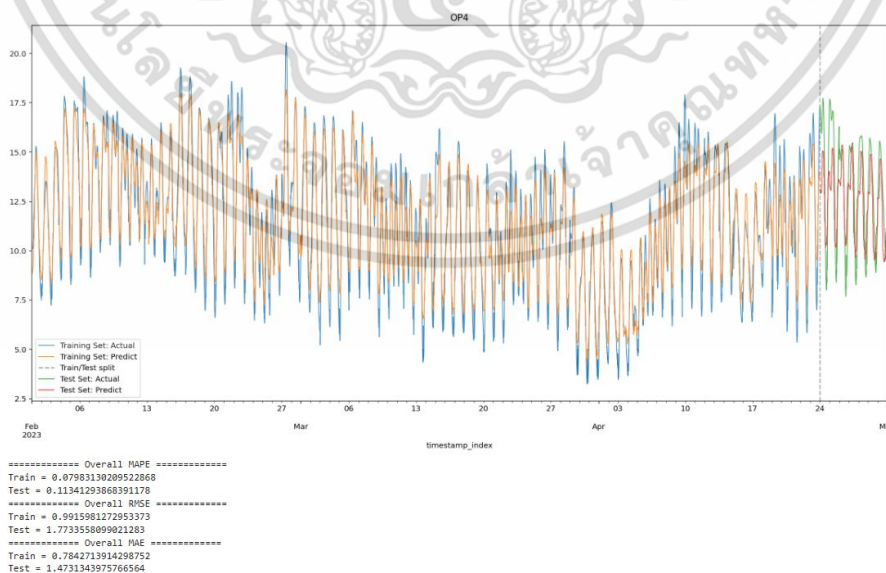
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(4) ผลการวัดประสิทธิภาพแบบจำลองของสถานี OP4

จากการสร้างแบบจำลองของสถานี OP4 ได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างแบบจำลองก่อนและหลังการค้นหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยใช้ Optuna โดยแสดงดังรูปที่ 4-27 และ 4-28 ซึ่งแกน X คือเวลา ส่วน แกน Y คือค่าความเค็มของน้ำในหน่วย ppt ส่วนข้อมูลทดสอบเส้นกราฟสีส้มแสดงค่าที่ทำนาย ส่วนเส้นกราฟสีเขียวแสดงค่าจริงของข้อมูล และเมทริกซ์ที่ใช้สำหรับวัดประสิทธิภาพมี 3 เมทริกซ์ด้วยกัน คือ MAE, RMSE, MAPE โดยมีค่าก่อนที่จะปรับพารามิเตอร์ด้วย Optuna เท่ากับ 2.093, 2.627, 17.22 ตามลำดับและหลังจากปรับพารามิเตอร์ด้วย Optuna มีค่าตามลำดับดังนี้ 1.473, 1.773, 11.34



รูปที่ 4-27 รูปก่อนการปรับพารามิเตอร์สถานี OP4



รูปที่ 4-28 รูปหลังการปรับพารามิเตอร์สถานี OP4

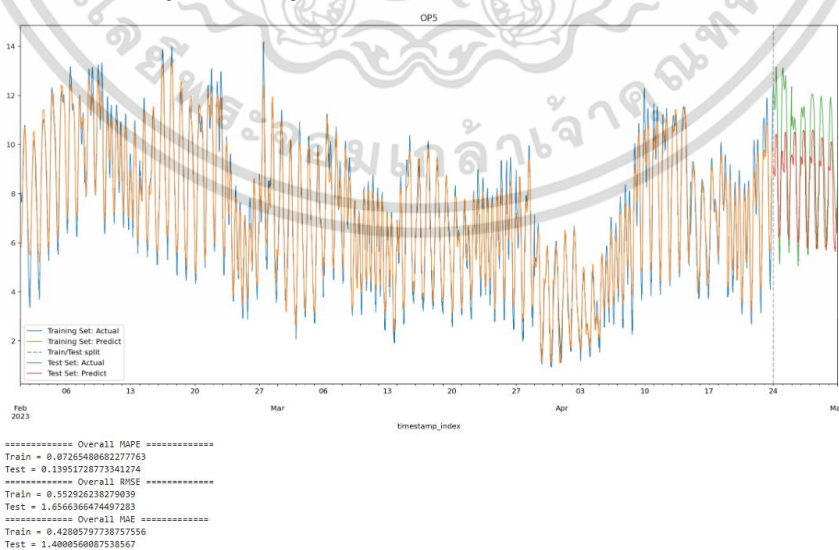
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(5) ผลการวัดประสิทธิภาพแบบจำลองของสถานี OP5

จากการสร้างแบบจำลองของสถานี OP5 ได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างแบบจำลองก่อนและหลังการค้นหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยใช้ Optuna โดยแสดงดังรูปที่ 4-29 และ 4-30 ซึ่งแกน X คือเวลา ส่วน แกน Y คือค่าความเค็มของน้ำในหน่วย ppt ส่วนข้อมูลทดสอบเส้นกราฟสีส้มแสดงค่าที่ทำนาย ส่วนเส้นกราฟสีเขียวแสดงค่าจริงของข้อมูล และเมทริกซ์ที่ใช้สำหรับวัดประสิทธิภาพมี 3 เมทริกซ์ด้วยกัน คือ MAE, RMSE, MAPE โดยมีค่าก่อนที่จะปรับพารามิเตอร์ด้วย Optuna เท่ากับ 1.521, 1.839, 17.14 ตามลำดับและหลังจากปรับพารามิเตอร์ด้วย Optuna มีค่าตามลำดับดังนี้ 1.40, 1.657, 13.95



รูปที่ 4-29 รูปก่อนการปรับพารามิเตอร์สถานี OP5

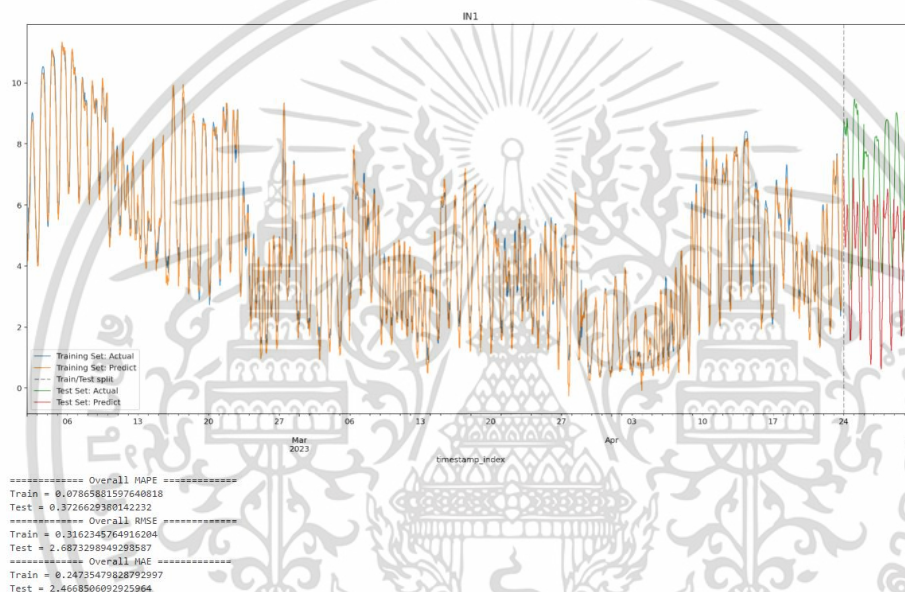


รูปที่ 4-30 รูปหลังการปรับพารามิเตอร์สถานี OP5

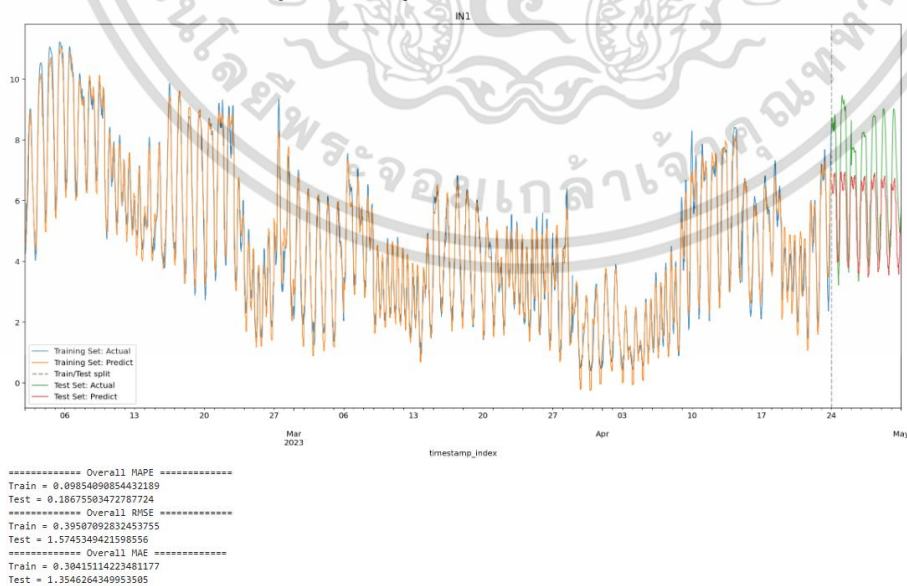
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(6) ผลการวัดประสิทธิภาพแบบจำลองของสถานี IN1

จากการสร้างแบบจำลองของสถานี IN1 ได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างแบบจำลองก่อนและหลังการค้นหามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยใช้ Optuna โดยแสดงดังรูปที่ 4-31 และ 4-32 ซึ่งแกน X คือเวลา ส่วน แกน Y คือค่าความเค็มของน้ำในหน่วย ppt ส่วนข้อมูลทดสอบเส้นกราฟสีส้มแสดงค่าที่ทำนาย ส่วนเส้นกราฟสีเขียวแสดงค่าจริงของข้อมูล และเมทริกซ์ที่ใช้สำหรับวัดประสิทธิภาพมี 3 เมทริกซ์ด้วยกัน คือ MAE, RMSE, MAPE โดยมีค่าก่อนที่จะปรับพารามิเตอร์ด้วย Optuna เท่ากับ 2.467, 2.687, 37.27 ตามลำดับและหลังจากปรับพารามิเตอร์ด้วย Optuna มีค่าตามลำดับดังนี้ 1.355, 1.575, 18.68



รูปที่ 4-31 รูปก่อนการปรับพารามิเตอร์สถานี IN1

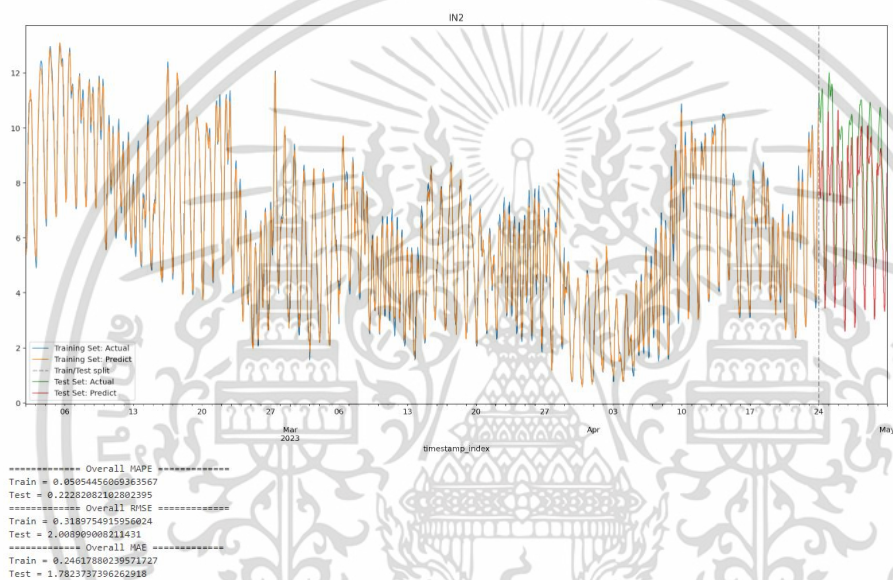


รูปที่ 4-32 รูปหลังการปรับพารามิเตอร์สถานี IN1

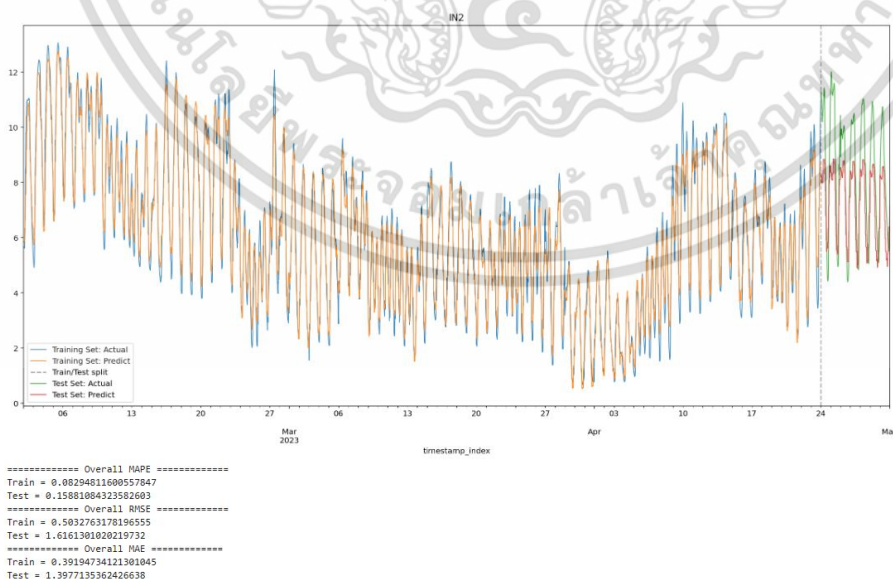
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(7) ผลการวัดประสิทธิภาพแบบจำลองของสถานี IN2

จากการสร้างแบบจำลองของสถานี IN2 ได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างแบบจำลองก่อนและหลังการค้นหามิติที่เหมาะสมโดยใช้ Optuna โดยแสดงดังรูปที่ 4-33 และ 4-34 ซึ่งแกน X คือเวลา ส่วน แกน Y คือค่าความเค็มของน้ำในหน่วย ppt ส่วนข้อมูลทดสอบเส้นกราฟสีส้มแสดงค่าที่ทำนาย ส่วนเส้นกราฟสีเขียวแสดงค่าจริงของข้อมูล และเมทริกซ์ที่ใช้สำหรับวัดประสิทธิภาพมี 3 เมทริกซ์ด้วยกัน คือ MAE, RMSE, MAPE โดยมีค่าก่อนที่จะปรับพารามิเตอร์ด้วย Optuna เท่ากับ 1.782, 2.009, 22.28 ตามลำดับและหลังจากปรับพารามิเตอร์ด้วย Optuna มีค่าตามลำดับดังนี้ 1.398, 1.616, 15.88



รูปที่ 4-33 รูปก่อนการปรับพารามิเตอร์สถานี IN2

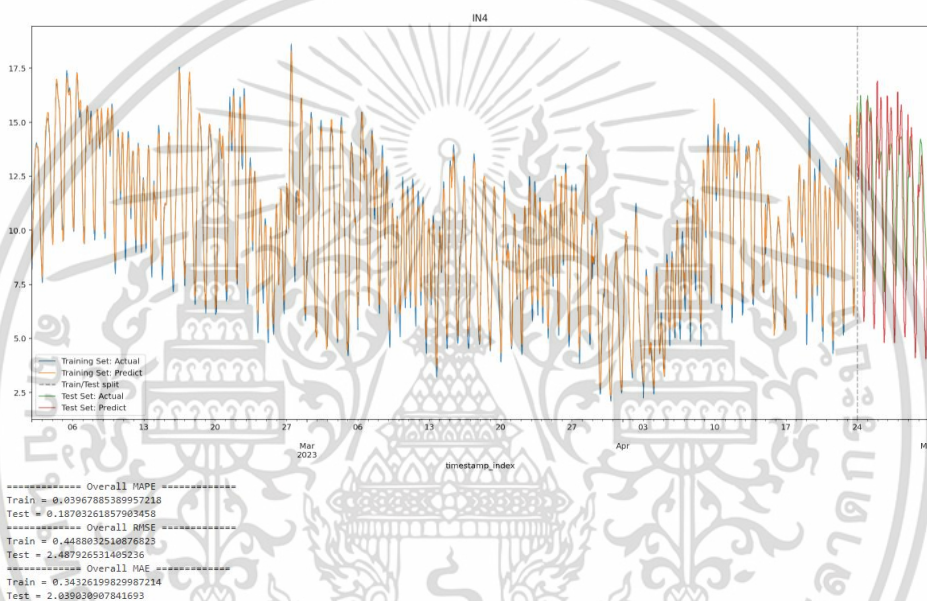


รูปที่ 4-34 รูปหลังการปรับพารามิเตอร์สถานี IN2

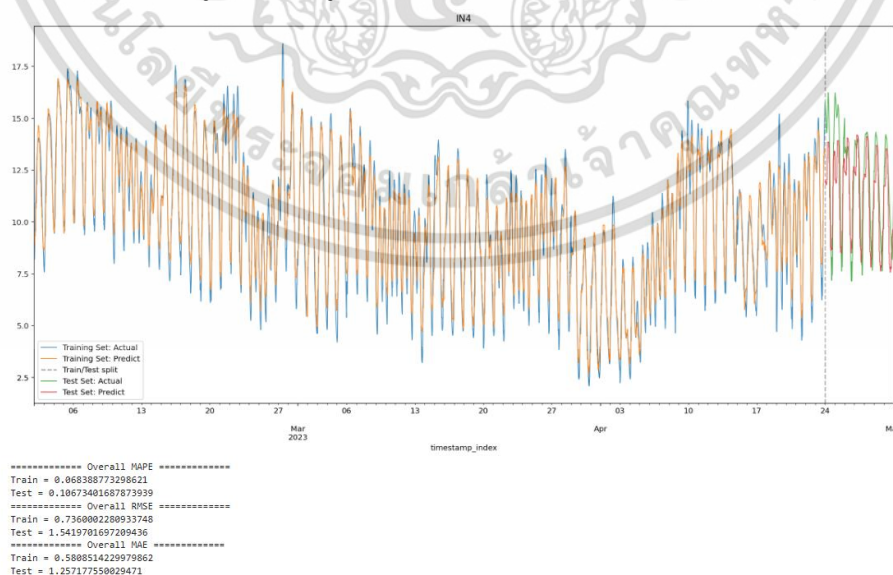
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(8) ผลการวัดประสิทธิภาพแบบจำลองของสถานี IN4

จากการสร้างแบบจำลองของสถานี IN4 ได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างแบบจำลองก่อนและหลังการค้นหามารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยใช้ Optuna โดยแสดงดังรูปที่ 4-35 และ 4-36 ซึ่งแกน X คือเวลา ส่วน แกน Y คือค่าความเค็มของน้ำในหน่วย ppt ส่วนข้อมูลทดสอบเส้นกราฟสีส้มแสดงค่าที่ทำนาย ส่วนเส้นกราฟสีเขียวแสดงค่าจริงของข้อมูล และเมทริกซ์ที่ใช้สำหรับวัดประสิทธิภาพมี 3 เมทริกซ์ด้วยกัน คือ MAE, RMSE, MAPE โดยมีค่าก่อนที่ปรับพารามิเตอร์ด้วย Optuna เท่ากับ 2.039, 2.488, 18.70 ตามลำดับและหลังจากปรับพารามิเตอร์ด้วย Optuna มีค่าตามลำดับดังนี้ 1.257, 1.542, 10.67



รูปที่ 4-35 รูปก่อนการปรับพารามิเตอร์สถานี IN4



รูปที่ 4-36 รูปหลังการปรับพารามิเตอร์สถานี IN4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ผลการวัดประสิทธิภาพแบบจำลอง

สถานี	การปรับพารามิเตอร์	MAE	RMSE	MAPE
OP1	ก่อนใช้ Optuna	1.805	2.24	16.88
	หลังใช้ Optuna	1.188	1.46	10.43
OP2	ก่อนใช้ Optuna	2.503	2.717	37.32
	หลังใช้ Optuna	1.394	1.596	19.28
OP3	ก่อนใช้ Optuna	1.767	2.177	18.41
	หลังใช้ Optuna	1.267	1.49	12.22
OP4	ก่อนใช้ Optuna	2.093	2.627	17.22
	หลังใช้ Optuna	1.473	1.773	11.34
OP5	ก่อนใช้ Optuna	1.521	1.839	17.14
	หลังใช้ Optuna	1.40	1.657	13.95
IN1	ก่อนใช้ Optuna	2.467	2.687	37.27
	หลังใช้ Optuna	1.355	1.575	18.68
IN2	ก่อนใช้ Optuna	1.782	2.009	22.28
	หลังใช้ Optuna	1.398	1.616	15.88
IN4	ก่อนใช้ Optuna	2.039	2.488	18.70
	หลังใช้ Optuna	1.257	1.542	10.67

4.3.4 สรุปผลการทดลอง

จากการนำชุดข้อมูลฝึกสอนจำนวน 102104 แถว เข้าแบบจำลอง XGBoost และใช้ Optuna เป็นตัวหาค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดโดยอัตโนมัติโดยทดสอบกับข้อมูลทดสอบจำนวน 8072 แถวพบว่า พารามิเตอร์ที่ได้มีค่าดังนี้ {Max_depth: 11, Learning_rate: 0.0990942339314793, N_estimators: 1915, Colsample_bytree: 0.8491983767203796, Subsample: 0.6061695553391381, min_child_weight: 525, Alpha: 0.0012087541473056963, Lambda: 0.679657809075816, Gamma: 8.759278817295954 } และทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพก่อนและหลังการใช้ Optuna พบว่าการปรับค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองโดยใช้ Optuna มีผลต่อประสิทธิภาพของ

แบบจำลองเป็นอย่างมาก และ ค่าสถิติ OP1 มีค่าต่ำที่สุด คือ MAE เท่ากับ 1.188 RMSE เท่ากับ 1.46 ppt และ MAPE เท่ากับ 10.43 %



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผล

งานวิจัยนี้ นำเสนอระบบวัดคุณภาพของน้ำโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งที่สามารถประยุกต์ใช้กับการตรวจสอบระดับความเค็มเพื่อช่วยให้เกษตรกรใช้น้ำได้เหมาะสมกับพืชผล และมุ่งเน้นการพัฒนาอุปกรณ์ตรวจวัดความเค็มแบบพกพาราคาประหยัดและแบบสถานีวัด โดยอุปกรณ์พกพาสามารถเชื่อมต่อเครือข่ายไวไฟเพื่อเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตและส่งข้อมูลความเค็มของน้ำและตำแหน่งของจุดที่วัดผ่านอุปกรณ์ GPS และส่งข้อมูลไปยังระบบคลาวด์และแดชบอร์ดผ่านโปรโตคอล MQTT ได้เช่นเดียวกับระบบสถานีที่สามารถวัดค่าความเค็มแบบเรียลไทม์และส่งข้อมูลเพื่อมาแสดงผลบนแดชบอร์ดได้ จากนั้นนำข้อมูลจากระบบสถานีทั้ง 8 สถานีไปสร้างแบบจำลองโดยใช้แบบจำลอง XGBoost (eXtreme Gradient Boost) ร่วมกับ Optuna เพื่อปรับพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด และเมื่อนำแบบจำลองไปทดสอบประสิทธิภาพโดยการหาค่า MAE RMSE และ MAPE พบว่าค่าประสิทธิภาพก่อนและหลังปรับพารามิเตอร์โดย Optuna มีค่าต่างกันมากและพบว่า สถานี OP1 มีค่าต่ำที่สุด คือ MAE เท่ากับ 1.188 RMSE เท่ากับ 1.46 ppt และ MAPE เท่ากับ 10.43 %

5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางวิจัยเพิ่มเติม

แนวทางวิจัยเพิ่มเติมต่อยอดจากในปัจจุบันนั้น จะดำเนินการพัฒนาในสองรูปแบบ คือ การเพิ่มฟังก์ชันการทำงานของระบบ โดยจะเพิ่มอุปกรณ์เซ็นเซอร์สำหรับวัดคุณภาพน้ำอื่น ๆ เพิ่มเติม เช่น เซ็นเซอร์วัดค่าความเป็นกรดด่างของน้ำ (pH Sensor) เซ็นเซอร์วัดค่าความเข้มข้นของออกซิเจนในน้ำ (Dissolved Oxygen Sensor) เพื่อให้แต่ละสถานีสามารถวัดค่าได้หลากหลายมากยิ่งขึ้น ที่อาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำ และเป็นต้นแบบในการใช้งานบริเวณอื่น ๆ ที่ต้องคำนึงถึงพารามิเตอร์เหล่านี้ รวมถึงอุปกรณ์วัดแบบพกพาเช่นเดียวกันที่ต้องการฟังก์ชันในการวัดที่มากขึ้น มีการแสดงผลที่สามารถทำให้ผู้ใช้หรือชาวบ้านเข้าใจมากยิ่งขึ้น เช่น การมีบีซเซอร์ส่งเสียงเตือน การมีไฟแอลอีดีแสดงผลสถานะแบบอย่างง่าย รวมถึง การเพิ่มปุ่มให้สามารถแคลิเบรทได้อัตโนมัติกับสารต่าง ๆ และฟังก์ชันอื่น ๆ ที่มากขึ้น และในส่วนของแบบจำลอง เนื่องจากจำนวนข้อมูลที่ใช้ในการฝึกสอนยังมีจำนวนน้อย ทำให้สามารถพยากรณ์ค่าความเค็มได้ในระยะสั้น ถ้ามีการเก็บรวบรวมข้อมูลได้จำนวนมากขึ้นอัตราความแม่นยำก็จะเพิ่มขึ้นเช่นกัน

เอกสารอ้างอิง

- [1] Economic and social commission for Asia and the Pacific, "A Case Study on Urban Green Growth: Conserving the Bang Kachao Green Area," *Workshop on Water and Green Growth in Asia and the Pacific*, 23 - 25 February 2015, Bangkok, Thailand.
- [2] S. Gao, "The Application of Information Classification in Agricultural Production Based on Internet of Things and Deep Learning," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 22622-22630, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3154607.
- [3] T. Archevapanich, J. Sithiyopasakul, J. Sithiyopasakul, P. Sithiyopasakul, T. Anuwongpinit and B. Purahong, "Athletes Movement Tracking device for Soccer players," *2021 18th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON)*, Chiang Mai, Thailand, 2021, pp. 1150-1153, doi: 10.1109/ECTI-CON51831.2021.9454802.
- [4] F. Montori, L. Bedogni and L. Bononi, "A Collaborative Internet of Things Architecture for Smart Cities and Environmental Monitoring," in *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 5, no. 2, pp. 592-605, April 2018, doi: 10.1109/JIOT.2017.2720855.
- [5] Saline pen portable measuring device, (2020). <https://www.voake.com/c/salinity-refractometer/>
- [6] Uma Seeboonruang and Virun Chulkaivalsucharit, "Development of Automatic Warning System for Water Salinity in Bangkachao, Thailand," *Sensors and Materials.Japan*, Vol.32, No.2 (2020), pp. 587-597
- [7] N. Vijayakumar and R. Ramya, "The real time monitoring of water quality in IoT environment," *2015 International Conference on Innovations in Information, Embedded and Communication Systems (ICIIECS)*, 2015, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICIIECS.2015.7193080.
- [8] Rosli Ismail, Kamarudin Shafinah and Kamil Lati, "A Proposed Model of Fishpond Water Quality Measurement and Monitoring System based on Internet of Things (IoT)," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Volume 494, 14th International UMT Annual Symposium 23-25 July 2019, Terengganu, Malaysia.
- [9] K. Shanmugam, M. E. Rana, D. Tan Zi Xuen and S. Aruljodey, "Water Quality Monitoring System: A Smart City Application with IoT Innovation," *2021 14th*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

International Conference on Developments in eSystems Engineering (DeSE), 2021, pp. 571-576, doi: 10.1109/DeSE54285.2021.9719480.

[10] Nandhini Murugaiyan, Elakkiya Sakthivel, Madhumitha Lavakumar and Audithan Stephen, "Smart Water Quality and Monitoring of Motor in Bore Well by IoT," *First International Conference on Sustainable Infrastructure with Smart Technology for Energy and Environmental Management (FIC-SISTEEM-2020)*, 3-4 September 2020, Tamil Nadu, India.

[11] Indu.K and Jishmi Jos Choondal," Modeling, development & analysis of low-cost device for water quality testing," in *IEEE Annual India Conference (INDICON)*, December 2016, Bangalore, India

[12] C. Zhang, J. Wu and J. Liu, "Water quality monitoring system based on Internet of Things," *2020 3rd International Conference on Electron Device and Mechanical Engineering (ICEDME)*, 2020, pp. 727-730, doi: 10.1109/ICEDME50972.2020.00171.

[13] D. Torres, J. P. Dias, A. Restivo and H. S. Ferreira, "Real-time Feedback in Node-RED for IoT Development: An Empirical Study," *2020 IEEE/ACM 24th International Symposium on Distributed Simulation and Real Time Applications (DS-RT)*, 2020, pp. 1-8, doi: 10.1109/DS-RT50469.2020.9213544.

[14] C. R. M. Silva and F. A. C. M. Silva, "An IoT Gateway for Modbus and MQTT Integration," *2019 SBMO/IEEE MTT-S International Microwave and Optoelectronics Conference (IMOC)*, 2019, pp. 1-3, doi: 10.1109/IMOC43827.2019.9317637.

[15] Cyberelite, Machine Learning เทคโนโลยีประโยชน์ครบจักรวาล, (2022).

<https://www.cyberelite.co.th/blog/machine-learning/>

[16] Gallo, A. 2015. A Refresher on Regression Analysis. Available at:

<https://hbr.org/2015/11/a-refresher-on-regression-analysis>

[17] Singh, A. 2018. A Comprehensive Guide to Ensemble Learning (with Python codes). Available at: <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2018/06/comprehensive-guidefor-ensemble-models/>

[18] Sun B, Sun T, Jiao P. Spatio-Temporal Segmented Traffic Flow Prediction with ANPRS Data Based on Improved XGBoost. *Journal of Advanced Transportation*, 2021, 2021.

[19] T. Chen and C. Guestrin, "XGBoost: a scalable tree boosting system," *Knowledge Discovery and Data Mining*, vol. 10, pp. 785–794, 2016.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [20] Y. Meng, N. Yang, Z. Qian and G. Zhang, "What makes an online review more helpful: An interpretation framework using xgboost and shap values", *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, vol. 16, no. 3, pp. 466-490, Nov 2020, [online] Available: <http://doi.org/10.3390/jtaer16030029>.
- [21] J. R. Ban, Q. Gou and Y. S. Li, "Study on Rainfall Prediction of Yibin City Based on GRU and XGBoost," *2022 4th International Conference on Advances in Computer Technology, Information Science and Communications (CTISC), Suzhou, China, 2022*, pp. 1-5, doi: 10.1109/CTISC54888.2022.9849730.
- [22] S. Garg and P. Pundir, "Mofit: A framework to reduce obesity using machine learning and iot", *2021 44th International Convention on Information Communication and Electronic Technology (MIPRO)*, pp. 1733-1740, 2021, [online] Available: <http://doi.org/10.23919/MIPRO52101.2021.9596673>
- [23] T. Akiba, S. Sano, T. Yanase, T. Ohta and M. Koyama, "Optuna: A next-generation hyperparameter optimization framework", *Proceedings of the 25th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery Data Mining*, pp. 2623-2631, 2019, [online] Available: <http://doi.org/10.1145/3292500.3330701>.
- [24] Crissman Loomis, (2020). Using Optuna to Optimize XGBoost Hyperparameters. <https://medium.com/optuna/using-optuna-to-optimize-xgboost-hyperparameters-63bfcdfd3407>
- [25] Yenwee Lim, (2022). State-of-the-Art Machine Learning Hyperparameter Optimization with Optuna. <https://towardsdatascience.com/state-of-the-art-machine-learning-hyperparameter-optimization-with-optuna-a315d8564de1>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก.
บทความที่ได้รับการตีพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทความที่ได้รับการตีพิมพ์

[1] **Thanavit Anuwongpinit**, Sakditat Sutthinoon, Pinit Tanachaichoksirikun and Boonvhana Purahong, “Development of IoT portable device for saline water monitoring in Bangkachao Area of Thailand”, ICIEE2023.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-นามสกุล นายศักดิ์รัช สุทธิคุ้ม
 วัน เดือน ปีเกิด 17 มกราคม 2540
 ที่อยู่ 35/14 ม.3 ถ.เจ้าฟ้าตะวันตก ต.วิจิต อ.เมือง จ.ภูเก็ต 83000

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2555 – 2557 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนภูเก็ตวิทยาลัย จ.ภูเก็ต
 พ.ศ. 2558 – 2561 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประสบการณ์ทำงานและผลงานวิจัย

พ.ศ. 2566 “Development of IoT portable device for saline water monitoring in Bangkachao Area of Thailand” นำเสนอผลงานในงานประชุมวิชาการ The 12th International Conference on Information and Electronics Engineering (ICIEE 2023) ระหว่างวันที่ 18-20 กุมภาพันธ์ 2566 มหาวิทยาลัยแห่งชาติเซจู เกาหลีใต้ ประเทศเกาหลีใต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้