

ระบบจัดเก็บและทำนายคุณภาพของสัญญาณสำหรับโครงข่าย

โทรศัพท์มือถือ

DATA COLLECTION AND SIGNAL QUALITY PREDICTION
SYSTEM FOR MOBILE NETWORK



โดย

นายวรพล

นายวศิน

นายสมบูรณ์

ชวลิตแจ่มเลิศ

วุฒิธรรมธร

สุนามถาวร

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบจัดเก็บและทำนายคุณภาพของสัญญาณสำหรับโครงข่าย

โทรศัพท์มือถือ

DATA COLLECTION AND SIGNAL QUALITY PREDICTION

SYSTEM FOR MOBILE NETWORK

โดย

นายวรพล	ชวลิตแจ่มเลิศ	62010796
นายวศิน	วุฒิธรรมธร	62010810
นายสมบูรณ์	สุนามถาวร	62010909

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.เวธิต ภาคย์พิสุทธิ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2565

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบจัดเก็บและทำนายคุณภาพของสัญญาณสำหรับโครงข่ายโทรศัพท์มือถือ

DATA COLLECTION AND SIGNAL QUALITY PREDICTION

SYSTEM FOR MOBILE NETWORK

ผู้จัดทำ

- | | | |
|-------------|---------------|----------|
| 1. นายวรพล | ชวลิตแจ่มเลิศ | 62010796 |
| 2. นายวศิน | วุฒิธรรมธร | 62010810 |
| 3. นายสมบุญ | สุนามถาวร | 62010909 |

เวธิต ภาคย์พิสุทธิ์

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร.เวธิต ภาคย์พิสุทธิ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบจัดเก็บและทำนายคุณภาพของสัญญาณสำหรับ
โครงข่ายโทรศัพท์มือถือ
DATA COLLECTION AND SIGNAL QUALITY
PREDICTION SYSTEM
FOR MOBILE NETWORK

โดย	นายวรพล	ชวลิตแจ่มเลิศ	62010796
	นายวศิน	วุฒิธรรมธร	62010810
	นายสมบุรณ์	สุนามถาวร	62010909

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.เวธิต ภาคย์พิสุทธิ์

บทคัดย่อ

ปฏิญานิพนธ์นี้มีเป้าหมายในการทำนายคุณภาพของสัญญาณของโครงข่ายโทรศัพท์มือถือในระบบแอลทีอี (Long Term Evolution, LTE) โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence, AI) โดยผลของการทำนายคุณภาพของสัญญาณจะแสดงผลบนหน้าเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) ซึ่งในระบบจะมีการจัดเตรียมข้อมูล (Data Preparation) ก่อนการสร้างโมเดลสำหรับทำนายค่า Path Loss เพื่อนำไปคำนวณหาค่าเฉลี่ยของกำลังรับสัญญาณอ้างอิง (Reference Signal Receive Power, RSRP) และนำไปหาคุณภาพของสัญญาณ โดยผลการทำนายคุณภาพของสัญญาณจะนำมาแสดงเทียบกับผลการวัดค่าคุณภาพของสัญญาณที่ได้รับ (Reference Signal Received Quality, RSRQ) บนเว็บแอปพลิเคชัน โดยระบบสามารถตรวจสอบบริเวณที่มีค่า RSRQ ต่ำจากข้อมูลในอดีตแล้วนำมาแสดงผลบนเว็บแอปพลิเคชันได้ นอกจากนี้ได้ทำการออกแบบอุปกรณ์สำหรับเก็บค่า RSRQ เพื่อนำมาเทียบกับผลการวัด RSRQ ในอดีตที่แสดงผลบนแผนที่ของเว็บแอปพลิเคชัน โดยระบบสามารถใช้การประกอบการตัดสินใจในการวางแผนที่ตั้งเซลล์ (Cell Site) เพื่อการพัฒนาการให้บริการสัญญาณในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSTRACT

This thesis aims to predict the signal quality of the Long-Term Evolution (LTE) mobile phone network using Artificial Intelligence (AI). The result of predicted signal quality will be displayed on the Web Application. In the system, the data will be prepared before creating the neural network. Our neural network is designed for predicting path loss values in order to calculate the Reference Signal Receive Power (RSRP) and used to find the signal quality. After that signal quality from the prediction will be compared with the collected Reference Signal Received Quality (RSRQ) values which are displayed on a Web Application. A system can detect the areas with low RSRQ based on historical data and can display the results on the Web Application. In addition, a device for collecting RSRQ values is designed to compare with the historical RSRQ measurement results which are displayed on a web application. Our system can be used for decision-making ,such as the cell site location planning of the development of signal services in the future.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	I
บทคัดย่อ	II
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	IX
สารบัญตาราง	XV
บทที่ 1	
บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
บทที่ 2	
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	
2.1 Machine Learning	3
2.2 โครงข่ายประสาทเทียม	3
2.2.1 ฟังก์ชันกระตุ้นของโครงข่ายประสาทเทียม (Activation Function)	5
2.2.2 Optimization Algorithm	9
2.2.3 Batch Normalization	10
2.3 การสูญเสียเชิงวิถึ (Path Loss)	10
2.3.1 ERICSSON MODEL	10
2.4 Reference Signal Receive Power (RSRP)	11
2.5 Reference Signal Receive Quality (RSRQ)	11
2.6 Received Signal Strength Indicator (RSSI)	12
2.7 Signal To Interference Plus Noise Ratio (SINR)	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.8 อัตราขยายของสายอากาศเชิง 3 มิติ	12
2.8.1 การคำนวณหาพารามิเตอร์ “Distance_g”	14
2.8.2 การคำนวณพารามิเตอร์ “relative_azimuth”	15
2.8.3 การคำนวณพารามิเตอร์ “Horizontal_angle”และ “Vertical_angle”	17
2.9 การจัดเตรียมข้อมูล	18
2.9.1 การรวมไฟล์ข้อมูล	19
2.10 นิยามพารามิเตอร์	20
2.10.1 ข้อมูลที่ตั้งของเซลล์	20
2.10.2 ข้อมูลรายงานของผู้ใช้	21
2.11 โปรแกรมและโปรโตคอลที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ ไมโครคอนโทรลเลอร์	21
2.11.1 MQTT Protocol	21
2.11.2 การใช้งาน Multitasking บนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์	22
2.11.3 PlatformIO IDE	23
2.11.4 AT Command	23
2.12 ภาษาซี++	25
2.13 ภาษาไพธอน	26
2.14 สายอากาศ	26
2.14.1 สายอากาศชนิดเส้น (Wire Antenna)	26
2.14.2 สายอากาศแบบช่องเปิด (Aperture Antenna)	27
2.14.3 สายอากาศไมโครสตริป (Microstrip Antenna)	27
2.14.4 สายอากาศแถวลำดับ (Array Antenna)	27
2.14.5 สายอากาศแบบสะท้อน (Reflector Antenna)	27
2.14.6 สายอากาศแบบเลนส์	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.15 เว็บแอปพลิเคชัน (Web Application)	28
2.15.1 Application Program Interface (API)	28
2.15.2 NEXT.JS	28
2.15.3 Leaflet	29
2.15.4 MUI	29
2.15.5 ภาษาคอมพิวเตอร์	29
2.15.6 Cross-Origin Resource Sharing (CORS)	31
2.16 ฐานข้อมูล	31
2.16.1 Structured Query Language (SQL)	32
2.16.2 POSTGRESQL	32
บทที่ 3 การออกแบบและการจัดทำปฏิญญาพันธ	
3.1 การออกแบบ	34
3.1.1 อุปกรณ์บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับเก็บค่าคุณภาพของ สัญญาณที่ได้รับ	34
3.1.2 ระบบทำนายคุณภาพของสัญญาณในโครงข่ายโทรศัพท์มือถือ เทียบกับสัญญาณรบกวนและสัญญาณรบกวนที่ไม่ต้องการ โดยใช้ ปัญญาประดิษฐ์	46
3.1.3 เว็บแอปพลิเคชัน	57
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	88
3.2.1 LILYGO® TTGO T-SIM7600E-H	88
3.2.2 สายอากาศ	89
3.2.3 Laptop	91
3.2.4 Cloud Server	93
3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง	94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ไมโครคอนโทรลเลอร์	
3.3.2 โมเดลแบบจำลองการทำงาน RSRQ	97
3.3.3 ฐานข้อมูล	97
3.3.4 เว็บแอปพลิเคชัน	97
บทที่ 4	
ผลการทดลอง	
4.1 การทดสอบการทำงานของอุปกรณ์และโปรแกรมสำหรับเก็บค่าคุณภาพของสัญญาณที่ได้รับ	98
4.1.1 การทดสอบการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ในการรับค่าสัญญาณที่ได้รับแล้วส่งข้อมูลที่วัดไปยัง Public Mqtt Cloud และการทำงานของโปรแกรมในการรับข้อมูลจาก Public Mqtt Cloud แล้วนำข้อมูลไปเก็บไว้ในไฟล์ .CSV บนอุปกรณ์ Laptop	98
4.1.2 ผลการเก็บข้อมูลจากอุปกรณ์และโปรแกรมสำหรับเก็บค่าคุณภาพของสัญญาณที่ได้รับ	99
4.2 ผลการทดสอบการจัดเตรียมข้อมูล	101
4.2.1 ผลการทดสอบการรวมไฟล์ข้อมูลครั้งที่ 1	103
4.2.2 ผลการทดสอบการรวมไฟล์ข้อมูลครั้งที่ 2	103
4.2.3 ผลการทดสอบการรวมไฟล์ข้อมูลครั้งที่ 3	104
4.2.4 ผลการทดสอบการรวมไฟล์ข้อมูลครั้งที่ 4	104
4.2.5 ผลการทดสอบการรวมไฟล์ข้อมูลครั้งที่ 5	105
4.2.6 ผลการทดสอบการรวมไฟล์ข้อมูลครั้งที่ 6	105
4.2.7 ผลทดสอบการคำนวณระยะทาง	105
4.2.8 ผลการทดสอบการคำนวณอัตราขยายของสายอากาศเชิงสามมิติ	106
4.2.9 ผลทดสอบการคำนวณ PATH LOSS	109

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2.10 ผลทดสอบการคัดเลือกข้อมูล	110
4.3 ผลการทดสอบส่วนฝึกฝน AI และทำนายค่า Path Loss Error	110
4.4 ผลการทดสอบการคำนวณ SINR จากค่า RSRP	113
4.5 การจัดเก็บข้อมูลในฐานข้อมูล	113
4.5.1 ฐานข้อมูลชื่อ Data_ais	114
4.5.2 ฐานข้อมูลชื่อ Project1	116
4.6 เว็บแอปพลิเคชัน	116
4.6.1 Front End	116
4.6.2 Back End	127
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผล	134
5.2 ข้อเสนอแนะ	134
บรรณานุกรม	136

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า	
2.1	ส่วนประกอบของโครงข่ายประสาทเทียม	4
2.2	โครงสร้างการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียม	5
2.3	ลักษณะของฟังก์ชันกระตุ้นค่าแบ่ง	6
2.4	ลักษณะของฟังก์ชันกระตุ้นซิกมอยด์	7
2.5	ลักษณะของฟังก์ชันไฮเพอร์โบลิกแทนเจนท์	7
2.6	ลักษณะของฟังก์ชันเรคตีไฟด์ลินเนี่ยยูนิต	8
2.7	ลักษณะของฟังก์ชันซอฟต์แวร์	9
2.8	การคำนวณอัตราขยายเชิง 3 มิติ	13
2.9	การหาค่าพารามิเตอร์ “Horizontal_angle”	17
2.10	การหาค่าพารามิเตอร์ “Vertical_angle”	18
2.11	การรวมไฟล์รูปแบบต่าง ๆ	19
2.12	การ Tick Interrupt ของ เคอร์เนล	23
2.13	การสื่อสารระหว่างไมโครโทรลเลอร์ ESP 32 กับโมดูล T-SIM7600	24
3.1	บล็อกไดอะแกรม ระบบจัดเก็บและทำนายคุณภาพของสัญญาณ สำหรับโครงข่ายโทรศัพท์มือถือ	33
3.2	บล็อกไดอะแกรมการพัฒนารูปแบบบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับเก็บค่าคุณภาพของสัญญาณที่ได้รับ	34
3.3	การทำงานของโปรแกรมในส่วนการอ่านค่าสัญญาณ GPS ใน GPSTask	36
3.4	การทำงานของโปรแกรมในส่วนการอ่านค่าคุณภาพของสัญญาณที่ได้รับ (RSRQ) จากสัญญาณ 4G ใน RSRQTask	39
3.5	ตัวอย่างข้อมูลในรูปแบบ JSON ที่ทำการ Public ไปยัง Topic measure/RSRQ	41
3.6	การทำงานของโปรแกรมในส่วนการเปลี่ยนรูปแบบข้อมูล ให้อยู่ในรูปแบบ JSON แล้วส่งไปยัง PUBLIC MQTT BROKER	42
3.7	เวลาในการทำงานและหยุดพักการทำงานชั่วคราวของแต่ละฟังก์ชัน	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.8 โปรแกรมสำหรับเก็บค่าคุณภาพของสัญญาณที่ได้รับลงในไฟล์ CSV	45
3.9 ขั้นตอนการทำนาย SINR	46
3.10 เงื่อนไขการรวมไฟล์	47
3.11 ข้อมูลของไฟล์หลังจากการรวมเสร็จสิ้น	49
3.12 การทำงานการคำนวณระยะทาง มุมในแนวตั้งและแนวนอน สำหรับอัตราขยายของสายอากาศเชิงสามมิติ	53
3.13 การทำงานของการหาค่า Signal Quality For Mobile Network	56
3.14 กระบวนการทำงานของเว็บแอปพลิเคชันหน้า Data Visualization ส่วนข้อมูล AIS	58
3.15 กระบวนการทำงานของเว็บแอปพลิเคชันหน้า Data Visualization ส่วนข้อมูล KMITL	59
3.16 อัลกอริทึมการครอบพื้นที่ที่มีปัญหา	61
3.17 ตัวอย่างการทำงานของอัลกอริทึม (1)	62
3.18 ตัวอย่างการทำงานของอัลกอริทึม (2)	63
3.19 ตัวอย่างการทำงานของอัลกอริทึม (3)	64
3.20 ตัวอย่างการทำงานของอัลกอริทึม (4)	64
3.21 ตัวอย่างการทำงานของอัลกอริทึม (5)	65
3.22 ตัวอย่างการทำงานของอัลกอริทึม (6)	66
3.23 ตัวอย่างการทำงานของอัลกอริทึม (7)	66
3.24 ตัวอย่างการทำงานของอัลกอริทึม (8)	67
3.25 ตัวอย่างการทำงานของอัลกอริทึม (9)	68
3.26 ตัวอย่างการทำงานของอัลกอริทึม (10)	68
3.27 ตัวอย่างการทำงานของอัลกอริทึม (11)	69
3.28 ตัวอย่างการทำงานของอัลกอริทึม (12)	70
3.29 ตัวอย่างการทำงานของอัลกอริทึม (13)	70

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.30 ตัวอย่างการทำงานของอัลกอริทึม (14)	71
3.31 ตัวอย่างการทำงานของอัลกอริทึม (15)	72
3.32 ตัวอย่างการทำงานของอัลกอริทึม (16)	73
3.33 ตัวอย่างการทำงานของอัลกอริทึม (17)	73
3.34 ตัวอย่างการทำงานของอัลกอริทึม (18)	74
3.35 ตัวอย่างการทำงานของอัลกอริทึม (19)	75
3.36 ตัวอย่างการทำงานของอัลกอริทึม (20)	76
3.37 ตัวอย่างการทำงานของอัลกอริทึม (21)	76
3.38 กระบวนการทำงานของเว็บแอปพลิเคชันหน้า Scan Problem Area	77
3.39 การทำงานหน้า Signal Quality For Mobile Network Prediction	79
3.40 กระบวนการทำงานของการบันทึกพื้นที่ในฐานข้อมูล	80
3.41 กระบวนการแสดงพื้นที่ตามที่ใช้งานต้องการ	81
3.42 กระบวนการลบพื้นที่ตามที่ใช้งานต้องการ	82
3.43 LILYGO® TTGO T-SIM7600E-H	88
3.44 ESP32-WROVER-E	89
3.45 โมดูล SIM7600E-H	89
3.46 สายอากาศ GPS	90
3.47 สายอากาศ LTE	91
3.48 Laptop Acer Predator Helios 300-77ZX	92
3.49 Laptop Asus A570Z	92
3.50 Laptop Hp OMEN 15-ek0030tx	93
3.51 หน้าต่างของ Server	94
3.52 บริเวณที่เก็บข้อมูลบนแผนที่ ที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	94
3.53 การกำหนด Grid ที่ 1 ถึง 30 ในบริเวณที่เก็บข้อมูลบนแผนที่ ที่คณะ	95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
	วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
4.1	98
	หน้าโปรแกรม MQTTBOX ของข้อมูลที่ได้จากทดสอบการทำงานของ ไมโครคอนโทรลเลอร์
4.2	101
	ตัวอย่างข้อมูลไฟล์ที่ 1
4.3	101
	ตัวอย่างข้อมูลไฟล์ที่ 2
4.4	102
	ตัวอย่างข้อมูลไฟล์ที่ 3
4.5	102
	ตัวอย่างข้อมูลไฟล์ที่ 4
4.6	102
	ตัวอย่างข้อมูลไฟล์ที่ 5
4.7	103
	ตัวอย่างข้อมูลไฟล์ที่ 6
4.8	103
	ตัวอย่างข้อมูลไฟล์ที่ 7
4.9	103
	ตัวอย่างผลการรวมข้อมูลไฟล์ครั้งที่ 1
4.10	104
	ตัวอย่างผลการรวมข้อมูลไฟล์ครั้งที่ 2
4.11	104
	ตัวอย่างข้อมูลบางส่วนของผลการรวมข้อมูลไฟล์ครั้งที่ 3
4.12	104
	ตัวอย่างข้อมูลบางส่วนของผลการรวมข้อมูลไฟล์ครั้งที่ 4
4.13	105
	ตัวอย่างข้อมูลบางส่วนของผลการรวมข้อมูลไฟล์ครั้งที่ 5
4.14	105
	ตัวอย่างข้อมูลบางส่วนของผลการรวมข้อมูลไฟล์ครั้งที่ 6
4.15	106
	ตัวอย่างข้อมูลการคำนวณระยะทาง
4.16	106
	ตัวอย่างผลการทดสอบการแปลงค่าพิกัดละติจูดและลองจิจูดเป็นพิกัด ECEF
4.17	107
	ตัวอย่างผลการทดสอบการคำนวณระยะทาง
4.18	108
	ตัวอย่างผลการทดสอบการแปลงค่าพิกัด ECEF ของพื้นที่ GRID เป็นพิกัด NORTH EAST UP
4.19	108
	ตัวอย่างผลการทดสอบการคำนวณมุมแนวตั้งและมุมแนวนอน
4.20	109
	ตัวอย่างผลการคำนวณอัตราขยายของสายอากาศเชิงสามมิติ
4.21	109
	ตัวอย่างข้อมูลการคำนวณ Path Loss

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.22 ตัวอย่างข้อมูลของไฟล์ข้อมูลที่ผ่านการคัดเลือก	110
4.23 ตัวอย่างผลลัพธ์การคำนวณค่า SIGNAL QUALITY	113
4.24 ฐานข้อมูลทั้ง 2 ฐานข้อมูล	114
4.25 ข้อมูลบางส่วนจากฐานข้อมูล Data_Ais ตารางชื่อ Data	115
4.26 ข้อมูลบางส่วนจากฐานข้อมูล Data_Ais ตารางชื่อ Scan	115
4.27 ข้อมูลบางส่วนจากฐานข้อมูล Project1 ตารางชื่อ myapi_rsrqkmitl13_10_65_all	116
4.28 แลบทึ่กบนหน้าเว็บแอปพลิเคชัน	117
4.29 เว็บแอปพลิเคชันหน้า Data Visualization	117
4.30 เว็บแอปพลิเคชันหน้า DATA VISUALIZATION กรอกข้อมูลจังหวัด ฉะเชิงเทรา อำเภอเมืองฉะเชิงเทรา และ ENODEB ชื่อ WKSAM	118
4.31 เว็บแอปพลิเคชันหน้า DATA VISUALIZATION กรอกข้อมูลจังหวัด ฉะเชิงเทรา อำเภอเมืองฉะเชิงเทรา ENODEB ชื่อ WKSAM และ CELL ชื่อ WKSAML1818	118
4.32 เว็บแอปพลิเคชันหน้า DATA VISUALIZATION กรอกข้อมูลจังหวัด ฉะเชิงเทรา อำเภอเมืองฉะเชิงเทรา ENODEB ชื่อ WKSAM และ CELL ชื่อ WKSAML1811	119
4.33 เว็บแอปพลิเคชันหน้า Data Collection	119
4.34 เว็บแอปพลิเคชันหน้า DATA COLLECTION กรอกข้อมูลเป็นวันที่ 19 พฤศจิกายน พ.ศ. 2565	120
4.35 เว็บแอปพลิเคชันหน้า DATA COLLECTION กรอกข้อมูลเป็นวันที่ 6	120

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ตุลาคม พ.ศ. 2565	
4.36 เว็บแอปพลิเคชันหน้า Selection Area	121
4.37 เว็บแอปพลิเคชันหน้า Selection Area สร้างพื้นที่ชื่อ AREA21	121
4.38 เว็บแอปพลิเคชันหน้า Selection Area สร้างพื้นที่ชื่อ สนามบินสุวรรณภูมิ	122
4.39 เว็บแอปพลิเคชันหน้า Selection Area เลือกพื้นที่ชื่อ PRARAM9 แล้วกดปุ่ม SHOW	122
4.40 เว็บแอปพลิเคชันหน้า Selection Area เลือกพื้นที่ชื่อ TEST12 แล้วกดปุ่ม SHOW	123
4.41 เว็บแอปพลิเคชันหน้า Selection Area หลังจากเลือกพื้นที่ชื่อ TEST12 แล้วกดปุ่ม DELETE	123
4.42 เว็บแอปพลิเคชันหน้า Signal Quality Prediction	124
4.43 เว็บแอปพลิเคชันหน้า Signal Quality Prediction โดยเลือกพื้นที่ชื่อ PRARAM9	124
4.44 เว็บแอปพลิเคชันหน้า Signal Quality Prediction โดยเลือกพื้นที่ชื่อ LADKRABANG	125
4.45 เว็บแอปพลิเคชันหน้า Scan Problem Area	125
4.46 เว็บแอปพลิเคชันหน้า SCAN PROBLEM AREA กรอกข้อมูลจังหวัดสมุทรสาคร และข้อมูลของจำนวนที่น้อยที่สุดของ GRID ที่มีกำลังของสัญญาณต่ำติดกันเป็น 40 GRID	126
4.47 เว็บแอปพลิเคชันหน้า SCAN PROBLEM AREA กรอกข้อมูลจังหวัดนครปฐม และข้อมูลของจำนวนที่น้อยที่สุดของ GRID ที่มีกำลังของสัญญาณต่ำติดกันเป็น 30 GRID	126
4.48 เว็บแอปพลิเคชันหน้า SCAN PROBLEM AREA กรอกข้อมูลจังหวัดฉะเชิงเทรา และข้อมูลของจำนวนที่น้อยที่สุดของ GRID ที่มีกำลังของสัญญาณต่ำติดกันเป็น 20 GRID	127

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.49	API ลิงก์ http://x.x.x.x/data20210902	127
4.50	API ลิงก์ http://x.x.x.x/rsrqkmitl13_10_65_all	128
4.51	API ลิงก์ http://x.x.x.x/province	129
4.52	API ลิงก์ http://x.x.x.x/amphur	130
4.53	API ลิงก์ http://x.x.x.x/enodeb	131
4.54	API ลิงก์ http://x.x.x.x/cell	132
4.55	API ลิงก์ http://x.x.x.x/scan	133

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า	
2.1	ค่าเริ่มต้นของพารามิเตอร์ใน Ericsson Model	11
2.2	ข้อมูลไฟล์ที่ตั้งของเซลล์	20
2.3	ข้อมูลไฟล์รายงานของผู้ใช้งานรายวัน	21
3.1	พารามิเตอร์ที่ได้จากการอ่านค่า GPS จากโมดูล SIM7600E-H	35
3.2	พารามิเตอร์ที่ได้จากการอ่านค่าสัญญาณ 4G จากโมดูล SIM7600E-H	37
3.3	ความหมายของ KEY ในข้อมูล JSON	40
3.4	เวลาในการทำงานของแต่ละฟังก์ชัน ที่ได้จากการทดสอบ	43
3.5	การกำหนดเวลาในการทำงานของแต่ละฟังก์ชันสำหรับการเขียนโปรแกรม	43
3.6	รายละเอียดของข้อมูลอินพุตที่ใช้ฝึกฝนปัญญาประดิษฐ์	50
3.7	ความหมายของสัญลักษณ์ที่ใช้ในตัวอย่างการทำงานของอัลกอริทึม	62
3.8	ความสัมพันธ์ระหว่าง Serializer Model และ Field ภายใน Django Rest Framework	83
3.9	การทำงานของ Class ใน Views ภายใน Django Rest Framework	85
3.10	ความสัมพันธ์ระหว่าง View และ Urls ภายใน Django Rest Framework	86
3.11	ความสัมพันธ์ระหว่าง URLs Views HTTP Method Models และ Serializer ภายใน Django Rest Framework	87
3.12	ค่าละติจูดและลองจิจูดที่ตำแหน่งกลางของ GRID	96
3.13	แผนการเก็บข้อมูลคุณภาพของสัญญาณที่ได้รับด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์	96
4.1	ผลการเก็บข้อมูลค่าเฉลี่ย RSRQ และค่าเฉลี่ย RSRP ของแต่ละ GRID ในวันที่ 5 ตุลาคม พ.ศ. 2565	99
4.2	ผลการเก็บข้อมูลค่าเฉลี่ย RSRQ และค่าเฉลี่ย RSRP ของแต่ละ GRID ในวันที่ 6 ตุลาคม พ.ศ. 2565	99
4.3	ผลการเก็บข้อมูลค่าเฉลี่ย RSRQ และค่าเฉลี่ย RSRP ของแต่ละ GRID	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
	100
4.4 ผลการเก็บข้อมูลค่าเฉลี่ย RSRO และค่าเฉลี่ย RSRP ของแต่ละ GRID	100
	100
4.5 ผลการเก็บข้อมูลค่าเฉลี่ย RSRO และค่าเฉลี่ย RSRP ของแต่ละ GRID ใน	100
	110
4.6 ผลการทดสอบปัญหาประติษฐ์โดยการเปลี่ยนจำนวนของโหนดในแต่ละ	110
	111
4.7 ผลการทดสอบปัญหาประติษฐ์โดยการเปลี่ยนจำนวนของโหนดในแต่ละ	111
	111
4.8 ผลการทดสอบปัญหาประติษฐ์โดยการเปลี่ยนอัตราการเรียนรู้ของ	111
	112
4.9 ผลการทดสอบปัญหาประติษฐ์โดยการเปลี่ยนอัตราการเรียนรู้ของ	112
	112
4.10 ผลการทดสอบปัญหาประติษฐ์โดยการเปลี่ยนตำแหน่งของ	112
	113
4.11 ผลการทดสอบปัญหาประติษฐ์โดยการเปลี่ยนฟังก์ชันกระตุ้นของ	113
	113
4.12 ผลการทดสอบปัญหาประติษฐ์โดยการเปลี่ยน Optimization Algorithm	113
	113

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันระบบการสื่อสารไร้สาย ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนมาถึงยุคที่ 4 ผู้ให้บริการด้านเครือข่ายโทรศัพท์มือถือจึงพัฒนาโครงข่ายในการติดต่อสื่อสารอย่างต่อเนื่องเพื่อให้โครงข่ายสามารถรองรับปริมาณข้อมูลและผู้ใช้งานในการติดต่อสื่อสารที่เพิ่มขึ้น

ระบบสื่อสารไร้สายถูกพัฒนาสามารถครอบคลุมการใช้งานในชีวิตประจำวัน จึงส่งผลให้มีการใช้งานที่เพิ่มจนกระทบต่อคุณภาพสัญญาณมีการนำข้อมูลการใช้งานบางส่วน และประสบการณ์การใช้งานของผู้ใช้มาปรับปรุงคุณภาพของสัญญาณในบางพื้นที่ เช่น การติดตั้ง Cell Site ใหม่และการปรับพารามิเตอร์ของเสาสัญญาณ ซึ่งการพารามิเตอร์ของเสาสัญญาณนั้นมีความเสี่ยงที่อาจทำให้สัญญาณบริเวณนั้นแยลงได้ด้วย จึงจำเป็นต้องการมีจำลองผลก่อนการปรับใช้งานจริง

ในปฏิญานินพจน์นี้จึงพัฒนาปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence, AI) สำหรับทำนายคุณภาพของสัญญาณในโครงข่ายโทรศัพท์มือถือ (Signal Quality for Mobile Network) และจัดทำเว็บแอปพลิเคชันแสดงพื้นที่ที่มีสัญญาณแย เพื่อจำลองผลการติดตั้ง Cell Site ก่อนปรับใช้งานจริงและปรับปรุงประสิทธิภาพของพื้นที่ที่เกิดปัญหา นอกจากนี้ผู้จัดทำได้จัดทำอุปกรณ์สำหรับวัดข้อมูลค่าคุณภาพของสัญญาณอ้างอิงที่ได้รับ (Reference Signal Received Quality, RSRQ) เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูล RSRQ ที่บริษัท Advanced Info Service Public Company Limited (AIS) โดยนำมาแสดงผลบนแผนที่ของเว็บแอปพลิเคชัน

1.2 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อออกแบบอุปกรณ์สำหรับเก็บข้อมูลค่าคุณภาพของสัญญาณอ้างอิงที่ได้รับ
- 2) เพื่อจัดทำระบบทำนายค่าคุณภาพของสัญญาณในโครงข่ายโทรศัพท์มือถือโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์
- 3) เพื่อจัดทำเว็บแอปพลิเคชันสำหรับแสดงผลค่าคุณภาพของสัญญาณอ้างอิงที่ได้รับและค่าคุณภาพของสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของปริญญาานิพนธ์

- 1) จัดการข้อมูลด้วยฐานข้อมูล PostgreSQL โดยใช้ภาษาไพธอน
- 2) โมเดลปัญญาประดิษฐ์สำหรับทำนายค่าคุณภาพของสัญญาณในโครงข่ายโทรศัพท์มือถือภายในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล
- 3) แสดงส่วนต่อผู้ใช้ (User Interface, UI) สำหรับจัดเตรียมข้อมูลและแสดงผลโดยใช้ไลบรารีของ TypeScript



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 Machine Learning

Machine Learning คือ การทำให้ระบบคอมพิวเตอร์เรียนรู้ได้ด้วยตนเอง โดยใช้ข้อมูล โดยการเรียนรู้สามารถแบ่งได้เป็น 3 รูปแบบ

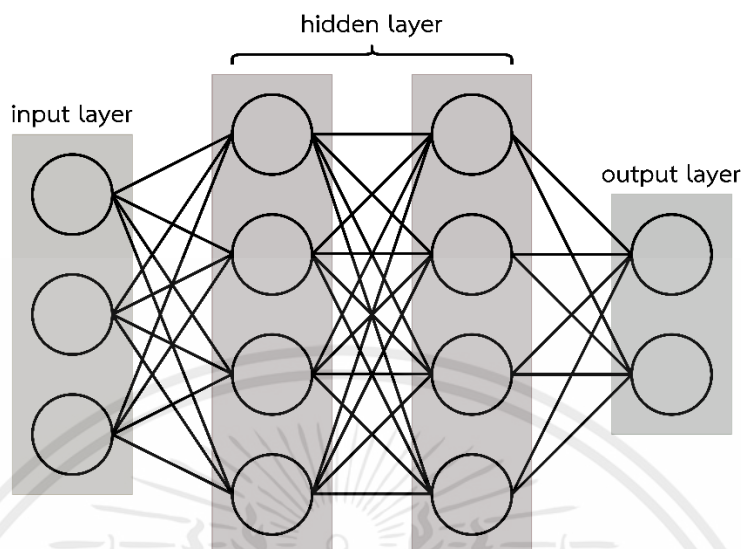
1) การเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised Learning) ข้อมูลตัวอย่างและผลลัพธ์จะถูกนำเข้าสู่ระบบ เพื่อสร้างกฎที่สามารถเชื่อมโยงข้อมูลตัวอย่างและผลลัพธ์

2) การเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised Learning) ข้อมูลตัวอย่างจะถูกนำเข้าสู่ระบบแต่จะไม่มีผลลัพธ์ของข้อมูลตัวอย่างในระหว่างการเรียนรู้โดยระบบจะทำการจัดกลุ่มรูปแบบเอง

3) การเรียนรู้แบบเสริมกำลัง (Reinforcement Learning) ระบบจะเรียนรู้ด้วยตัวเองภายใต้การลองผิดลองถูกภายใต้สภาวะแวดล้อมต่าง ๆ และจะมีการให้รางวัลจากการลองผิดลองถูก

2.2 โครงข่ายประสาทเทียม

วิธีการสร้างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม เป็นวิธีที่มีพื้นฐานมาจากการเลียนแบบการทำงานของสมองมนุษย์ซึ่งประกอบด้วยนิวรอน (Neuron) ที่ใช้ในการเชื่อมโยงเพื่อแก้ไขปัญหาต่างๆโดยมีโครงสร้างการทำงานตามรูปที่ 2.1 ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลอินพุต 1 ชั้น และข้อมูลเอาต์พุต 1 ค่าเรียกว่าเพอร์เซปตรอน (Perceptron)



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของโครงข่ายประสาทเทียม [1]

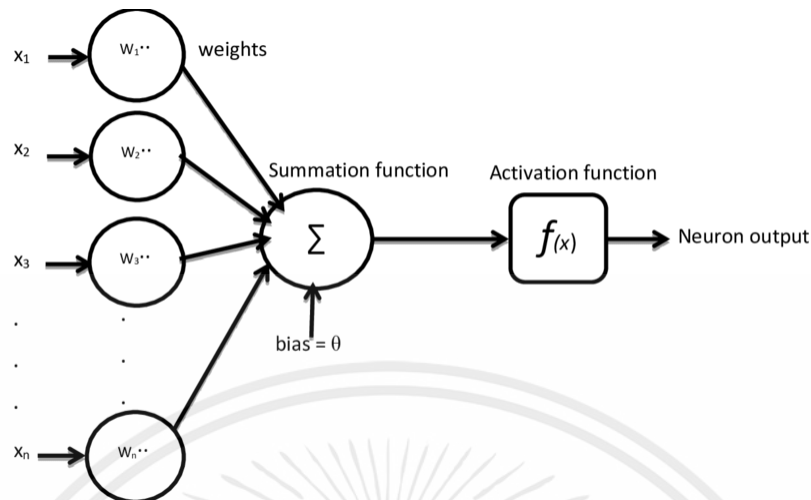
ส่วนประกอบของโครงข่ายประสาทเทียมประกอบด้วย 3 ส่วน

1) ชั้นข้อมูลอินพุต (Input Layer) เป็นชั้นสำหรับนำเข้าข้อมูล จำนวนของโหนดในชั้นนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนของข้อมูลเข้าว่ามีข้อมูลอะไรบ้างที่นำเข้ามาคิดในแบบจำลอง

2) ชั้นซ่อน (Hidden Layer) เป็นชั้นที่อยู่ระหว่างกลางมีผลอย่างมากต่อประสิทธิภาพในการเรียนรู้ของแบบจำลอง โดยในชั้นซ่อนนั้นสามารถมีได้หลายชั้น และในแต่ละชั้นมีจำนวนของโหนดก็สามารถมีได้หลายจำนวน ซึ่งการเพิ่มจำนวนของชั้นและจำนวนของโหนดจะส่งผลต่อการทำงานของโมเดล และในส่วนของชั้นซ่อนมีการทำงานเปรียบเสมือนส่วนที่เรียนรู้ข้อมูลเชิงลึก (Deep Learning)

3) ชั้นข้อมูลออก (Output Layer) เป็นชั้นที่นำข้อมูลจากการคำนวณออกไปใช้ และจำนวนของโหนดในชั้นนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนรูปแบบของผลลัพธ์ที่จะนำไปใช้

ลักษณะโครงสร้างการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียม แสดงในรูปที่ 2.2 ประกอบด้วยข้อมูลอินพุต (x) ซึ่งมีค่าน้ำหนัก (w) ที่แตกต่างกันแสดงถึงความแข็งแรงของแต่ละโหนด และมีค่า Bias เพื่อทำให้ฟังก์ชันกระตุ้น (Activation Function) ทำงานได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น



รูปที่ 2.2 โครงสร้างการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียม [2]

โครงข่ายประสาทเทียมจะนำข้อมูลเข้าและค่าน้ำหนักมาคูณกันแล้วนำค่าทั้งหมดมารวมกัน หากค่ามากกว่าค่าที่กำหนดไว้จะส่งต่อไปยังฟังก์ชันกระตุ้น ดังสมการที่ (2.1)

$$y = f \left[\left(b + \sum_{i=1}^n x_i w_i \right) - T \right] \quad (2.1)$$

โดย

y คือค่าก่อนผ่านฟังก์ชันกระตุ้น

x คือค่าอินพุต

w คือค่าน้ำหนัก

b คือค่า bias

T คือค่าที่กำหนดไว้

2.2.1 ฟังก์ชันกระตุ้นของโครงข่ายประสาทเทียม

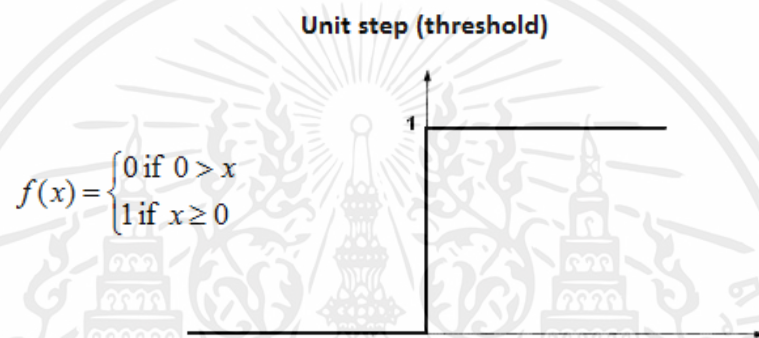
ฟังก์ชันกระตุ้น (Activation Function) เป็นฟังก์ชันในการคำนวณเพื่อทำนายค่าของข้อมูลออก รูปแบบที่นิยมมากที่สุดและมีประโยชน์คือแบบที่ไม่เป็นฟังก์ชันสมการเส้นตรง ฟังก์ชันกระตุ้นทำหน้าที่ในการตัดสินใจว่าโหนดควรถูกกระตุ้นหรือไม่ โดยดูค่าผลรวมของข้อมูลเข้าและค่าน้ำหนัก ฟังก์ชันกระตุ้นมีรูปแบบที่นิยมนำมาใช้งานดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ฟังก์ชันกระตุ้นค่าแบ่ง (Threshold Activation Function) พิจารณาค่าข้อมูลเข้าว่ามากกว่าหรือน้อยกว่าค่าที่กำหนดไว้หรือไม่ ลักษณะดังสมการที่ (2.2) และรูปที่ 2.3

$$f(x) = \begin{cases} 0 & \text{if } x < 0 \\ 1 & \text{if } x \geq 0 \end{cases} \quad (2.2)$$

โดย $f(x)$ คือค่าเอาต์พุตของฟังก์ชัน
 x คือค่าอินพุตของฟังก์ชัน

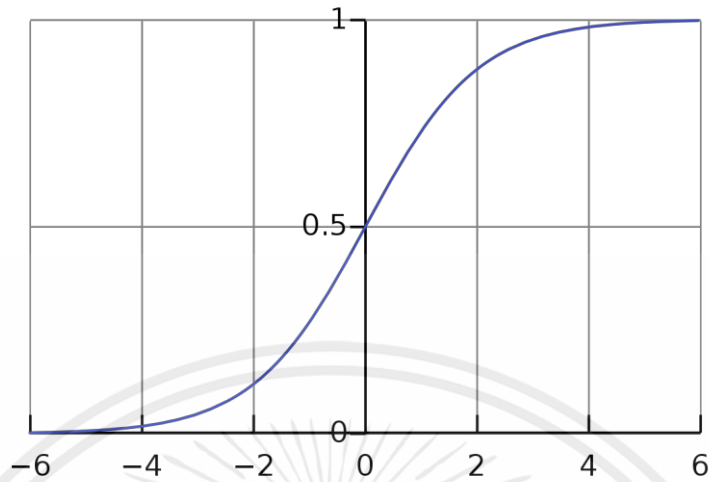


รูปที่ 2.3 ลักษณะของฟังก์ชันกระตุ้นค่าแบ่ง [3]

2) ฟังก์ชันกระตุ้นซิกมอยด์ (Sigmoid Activation Function) มีค่าของข้อมูลออกระหว่าง 0 ถึง 1 มีลักษณะดังสมการที่ (2.3) และรูปที่ 2.4

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} = \frac{e^x}{e^x+1} \quad (2.3)$$

โดย $f(x)$ คือเอาต์พุตของฟังก์ชัน
 x คือค่าอินพุตของฟังก์ชัน



รูปที่ 2.4 ลักษณะของฟังก์ชันกระตุ้นซิกมอยด์ [4]

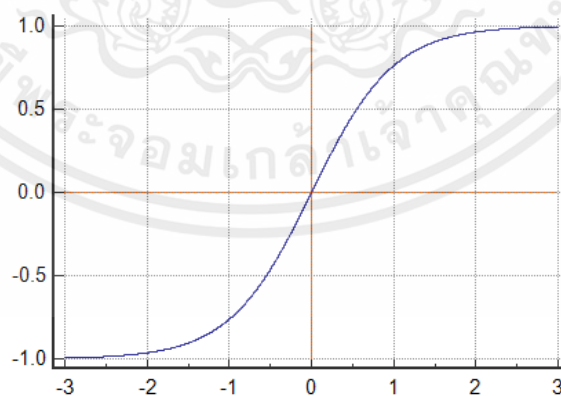
3) ฟังก์ชันไฮเพอร์โบลิกแทนเจนท์ (Hyperbolic Tangent Function, \tanh) มีค่าของข้อมูลออกระหว่าง -1 ถึง 1 มีลักษณะดังสมการที่ (2.4) และรูปที่ 2.5

$$f(x) = \tanh(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} \quad (2.4)$$

โดย

$f(x)$ คือเอาต์พุตของฟังก์ชัน

x คือค่าอินพุตของฟังก์ชัน



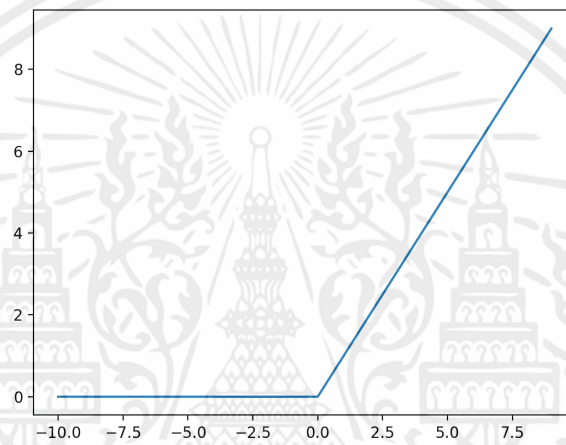
รูปที่ 2.5 ลักษณะของฟังก์ชันไฮเพอร์โบลิกแทนเจนท์ [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ฟังก์ชัน Rectified Linear Units (ReLU) มีค่าของข้อมูลออกระหว่าง 0 ถึง ∞ มีลักษณะดังสมการที่ (2.5) และรูปที่ 2.6

$$f(x) = \max(0, x) \quad (2.5)$$

โดย $f(x)$ คือเอาต์พุตของฟังก์ชัน
 x คือค่าอินพุตของฟังก์ชัน

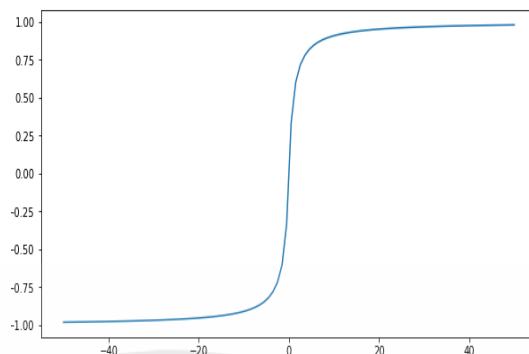


รูปที่ 2.6 ลักษณะของฟังก์ชันเรคตีไฟด์ไลน์เนี่ยยูนิต [6]

5) ฟังก์ชัน Softsign มีค่าของเอาต์พุตระหว่าง -1 ถึง 1 มีลักษณะดังสมการที่ (3) และรูปที่ 2.7

$$f(x) = \frac{x}{(1+|x|)} \quad (3)$$

โดย $f(x)$ คือเอาต์พุตของฟังก์ชัน
 x คือค่าอินพุตของฟังก์ชัน



รูปที่ 2.7 ลักษณะของฟังก์ชันซอฟต์ไซน์ [7]

2.2.2 Optimization Algorithm

อัลกอริทึมของการ Optimize [8] เป็นกระบวนการสำหรับเปลี่ยนแปลงค่า น้ำหนัก และค่าไบอัสที่เชื่อมกับนิวรอนของโครงข่ายประสาทเทียมซึ่งตัวอย่างอัลกอริทึมของการ Optimize ใช้งานกันอย่างแพร่หลาย มีดังนี้

2.2.2.1 Stochastic Gradient Descent (SGD)

SGD เป็นอัลกอริทึมของการ Optimize เป็นการปรับน้ำหนักของชุดข้อมูลฝึกฝน โดยมีอัตราการการปรับน้ำหนัก 1 ครั้งต่อการฝึกฝน 1 รอบซึ่งมีข้อดีคือเป็นอัลกอริทึมที่ค่อนข้างรวดเร็ว และมีข้อเสียคือเมื่อค่า Loss มีค่าต่ำค่าที่ได้ก็จะมี ความแปรปรวนและซับซ้อนมากยิ่งขึ้น

2.2.2.2 Adaptive Gradient (Adagrad)

Adagrad เป็นอัลกอริทึมของการ Optimize ที่สามารถปรับค่าอัตราการเรียนรู้ โดยจะมีพารามิเตอร์ที่เป็นตัวกำหนดการเปลี่ยนแปลงค่า Gradient โดยพารามิเตอร์จะทำการเก็บสะสมค่า Gradient ที่คำนวณแต่ละครั้ง ซึ่งถ้าพารามิเตอร์ที่มีค่าน้อยการเปลี่ยนแปลงค่าคำนวณของ Gradient จะเปลี่ยนทีละน้อย และในขณะที่พารามิเตอร์มีค่ามากจะมีการเปลี่ยนแปลงค่าคำนวณของ Gradient ครั้งละเป็นจำนวนน้อย ส่งผลให้การฝึกฝนในช่วงแรกการเปลี่ยนแปลงค่าคำนวณของ Gradient จะเปลี่ยนทีละน้อย และเมื่อทำการฝึกฝนไปเรื่อย ๆ การเปลี่ยนแปลงค่าคำนวณของ Gradient ครั้งละเป็นจำนวนน้อย และด้วยเหตุนี้อัลกอริทึมของการ Optimize ชนิดนี้ จึงเป็นที่นิยมสำหรับข้อมูลที่กระจัดกระจาย (Sparse data)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.3 Adaptive Delta (AdaDelta)

AdaDelta พัฒนามาจาก AdaGrad โดยสามารถแก้ไขปัญหา Decaying อัตราการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นใน Adagrad ได้ โดยเปลี่ยนวิธีการคำนวณพารามิเตอร์จาก Adagrad ที่ใช้การเก็บสะสมค่า Gradient ทั้งหมดเปลี่ยนไปใช้วิธีการจำกัดค่า Gradient ที่ใช้ในการสะสมค่าพารามิเตอร์

2.2.2.4 Adaptive Momentum (ADAM)

เป็นอัลกอริทึมของการ Optimize ที่มีความนิยมมากที่สุด โดยสามารถปรับอัตราการเรียนรู้สำหรับการเรียนรู้ของโมเดลในแต่ละครั้งได้และยังสามารถแก้ไข ปัญหา Decaying ของ Gradient ได้เหมือนกับ AdaDelta

2.2.3 Batch Normalization

Batch Normalization คือเทคนิคที่ใช้ระหว่างการฝึกฝนปัญญาประดิษฐ์ เพื่อเลื่อนหรือปรับขนาดให้ Activation Function ที่อยู่ใน Hidden Layer ของปัญญาประดิษฐ์ให้มีขนาดเหมาะสมโดยเทียบจากค่าเฉลี่ย และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของทุก Activation Function ใน Layer ของทั้ง Batch นั้นคล้ายกับ Feature Scaling ของอินพุต และมีการเสริมด้วย Learning Parameter เพื่อให้โมเดลเรียนรู้ที่จะปรับ Activation Function ให้เป็นที่ต้องการได้ Batch Normalization ทำให้แต่ละ Layer ในปัญญาประดิษฐ์สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตัวเอง อย่างเป็นอิสระจากกันมากขึ้น ลดการผูกติดกับ Layer อื่นๆ

2.3 การสูญเสียเชิงวิถี (Path Loss)

การสูญเสียเชิงวิถีเป็นการลดทอนของสัญญาณที่แปรตามระยะทางระหว่างภาคส่ง และภาครับสัญญาณของแต่ละพื้นที่

2.3.1 Ericsson Model

Ericsson Model เป็นแบบจำลองสำหรับการคำนวณค่า Path Loss ที่ถูกพัฒนาจากแบบจำลอง Okumura-Hata สำหรับปรับปรุงค่าพารามิเตอร์ในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ คำนวณได้จากสมการที่ (2.6)

$$PL = a_0 + a_1 \log(d) + a_2 \log(h_b) + a_3 \log(d) \log(h_b) - 3.2(\log(11.75h_r))^2 + g(f) \quad (2.6)$$

โดย $g(f)$ คำนวณได้จากสมการที่ (2.7)

$$g(f) = 44.49 \log(f) - 4.78(\log(f))^2 \quad (2.7)$$

โดยที่	d	คือระยะระหว่างตัวส่งและตัวรับในหน่วยกิโลเมตร
	f	คือความถี่ในหน่วย MHz
	h_b	คือความสูงของเสาอากาศส่งในหน่วยเมตร
	h_r	คือความสูงของเสาอากาศรับในหน่วยเมตร

ตารางที่ 2.1 ค่าเริ่มต้นของพารามิเตอร์ใน Ericsson Model

สภาพแวดล้อม	a_0	a_1	a_2	a_3
เมือง	36.20	30.2	12	0.1
ชานเมือง	43.20	68.93	12	0.1
ชนบท	45.95	100.6	12	0.1

2.4 Reference Signal Receive Power (RSRP)

Reference Signal Receive Power คือค่าเฉลี่ยเชิงเส้นของสัญญาณอ้างอิง downlink ผ่านช่องแบนด์วิดท์สามารถบอกความแรงของสัญญาณและบ่งชี้คุณภาพของสัญญาณ มีหน่วยเป็น dB เป็นการลดทอนของสัญญาณยิ่งมีการลดทอนน้อยสัญญาณยิ่งมีคุณภาพดี

2.5 Reference signal receive quality (RSRQ)

Reference Signal Receive Quality (RSRQ) คือค่าคุณภาพของสัญญาณที่ได้รับมีหน่วยเป็น dB มีสมการดังสมการที่ (2.8)

$$RSRQ = \frac{N \times RSRP}{RSSI} \quad (2.8)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย $RSRP$ คือค่าเฉลี่ยของระดับพลังงานที่ได้รับ
 N คือจำนวนของ Physical Resource Blocks (PRB) ที่มีการวัด RSSI ซึ่งโดยทั่วไปจะเท่ากับแบนด์วิธของระบบ
 $RSSI$ คือการวัดกำลังไฟฟ้าย่านความถี่กว้างบริสุทธิ์ ซึ่งรวมถึงกำลังภายในเซลล์ การรบกวน และสัญญาณรบกวน

2.6 Received Signal Strength Indicator (RSSI)

Received Signal Strength Indicator (RSSI) เป็นการวัดความแรงหรือความเข้มของสัญญาณตัวรับ มีหน่วยเป็น dBm โดยค่ายิ่งมากสัญญาณยิ่งมีคุณภาพที่ดี

2.7 Signal Quality for Mobile Network

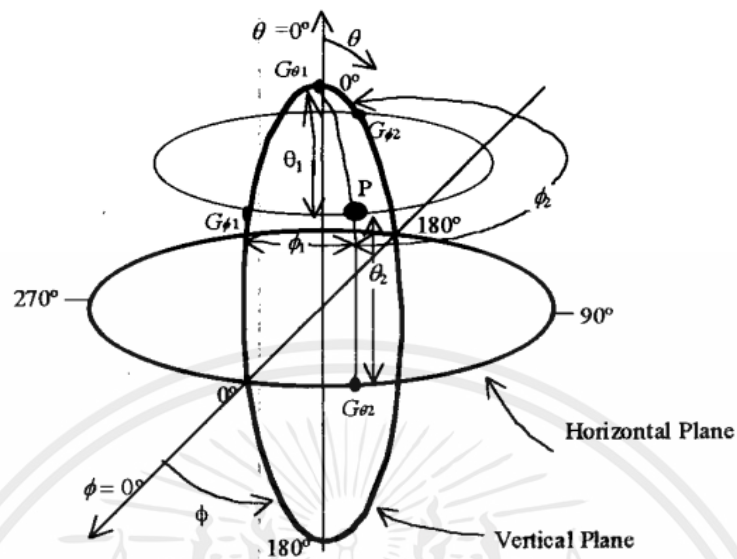
Signal Quality for Mobile Network คือคุณภาพของสัญญาณในโครงข่ายโทรศัพท์มือถือเทียบกับสัญญาณรบกวนและสัญญาณรบกวนที่ไม่ต้องการ มีสมการดังสมการที่ (2.9)

$$SQ = \log_{10} \left[\frac{P_{\max}}{\left(\sum_{i=1}^N P - P_{\max} \right)} \right] \quad (2.9)$$

โดย SQ คือคุณภาพของสัญญาณในโครงข่ายโทรศัพท์มือถือ
 P คือค่า RSRP (Reference Signal Received Power)
 P_{\max} คือค่า RSRP สูงสุดภายในพื้นที่สนใจ
 N คือจำนวนเสาสัญญาณที่สามารถรับสัญญาณได้ภายในพื้นที่สนใจ

2.8 อัตราขยายของสายอากาศเชิง 3 มิติ

อัตราขยายของสายอากาศเชิง 3 มิติ สามารถคำนวณได้โดยการใช้วิธีการ Three-Dimensional Directive Antenna Pattern Interpolation [9] ซึ่งมีการพัฒนามาจากวิธีการ Weight Summing [4] ให้สามารถใช้งานกับสายอากาศแบบทิศทาง (Directional Antenna) ซึ่งในการคำนวณจะใช้ข้อมูลอัตราขยายของสายอากาศตามแนวตั้งและอัตราขยายของสายอากาศตามแนวนอน แสดงในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 การคำนวณอัตราขยายเชิง 3 มิติ [9]

ในรูปที่ 2.8 ทำการคำนวณหาอัตราขยายเชิง 3 มิติ ได้ดังสมการที่ (2.10)

$$\hat{G}(\theta, \phi) = G_{Hm}(\theta, \phi)W_3(\theta, \phi) + G_{Vm}(\theta, \phi)[1 - W_3(\theta, \phi)] \quad (2.10)$$

จากสมการที่ (2.10) การคำนวณค่าพารามิเตอร์ G_{Hm} , G_{Vm} และ W_3 สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (2.11) (2.12) และ (2.13) ตามลำดับ

$$G_{Hm}(\theta, \phi) = G_{\theta_1}(\phi)W_1(\theta) + G_{\theta_2}(\phi)[1 - W_1(\theta)] \quad (2.11)$$

$$G_{Vm}(\theta, \phi) = G_{\phi_1}(\theta)W_2(\phi) + G_{\phi_2}(\theta)[1 - W_2(\phi)] \quad (2.12)$$

$$W_3(\theta, \phi) = \frac{2}{\pi} \left| \left[\frac{\pi}{4} - |\theta| + \frac{\pi}{2} - \left| \frac{\pi}{2} - |\phi| \right| \right] \right| \quad (2.13)$$

โดย	$G_{\theta_1}(\theta)$	คืออัตราขยายตามแนวแกนตั้งที่ตำแหน่ง $(0, \phi = 0)$
	$G_{\theta_2}(\theta)$	คืออัตราขยายตามแนวแกนตั้งที่ตำแหน่ง $(0, \phi = \pi)$
	$G_{\phi_1}(\phi)$	คืออัตราขยายตามแนวแกนตั้งที่ตำแหน่ง $(\theta = 0)$
	$G_{\phi_2}(\phi)$	คืออัตราขยายตามแนวแกนนอนที่ตำแหน่ง (ϕ)
	ϕ	คือมุมตามแนวแกนนอน
	θ	คือมุมตามแนวแกนตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการที่ (2.11) และ (2.12) คำนวณค่าพารามิเตอร์ W_1 และ W_2 ได้ตั้งสมการที่ (2.14) และ (2.15) ตามลำดับ

$$W_1(\theta) = 1 - \frac{2|\theta|}{\pi} \quad (2.14)$$

$$W_2(\phi) = 1 - \frac{|\phi|}{\pi} \quad (2.15)$$

จากสมการที่ (4) (5) และ (6) กำหนดขอบเขตของ $\theta = [-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}]$ และ $\phi = [-\pi, \pi]$ โดยที่ตำแหน่ง (0,0) เป็นตำแหน่งที่มีค่า Gain สูงสุด

2.8.1 การคำนวณหาพารามิเตอร์ “distance_g”

สำหรับการคำนวณเพื่อค่าพารามิเตอร์ “distance_g” เริ่มจากการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ “Latitude” และ “Longitude” ในหน่วย Degree Decimal Decimal ให้อยู่ในรูปแบบของ Earth-centered, Earth-fixed Coordinate System (ECEF) ซึ่งสามารถแปลงค่าพารามิเตอร์เป็นตำแหน่ง XYZ เป็นตัวแปร X_{user} Y_{user} และ Z_{user} ได้ตั้งสมการที่ (2.16) (2.17) และ (2.18) ตามลำดับ

$$\hat{X} = \{N(\phi) + h\} \cos(\phi) \cos(\lambda) \quad (2.16)$$

$$\hat{Y} = \{N(\phi) + h\} \cos(\phi) \sin(\lambda) \quad (2.17)$$

$$\hat{Z} = \{N(\phi)[1 - e^2] + h\} \sin(\phi) \quad (2.18)$$

โดย ϕ คือตำแหน่ง Latitude ในหน่วยเรเดียน
 λ คือตำแหน่ง Longitude ในหน่วยเรเดียน
 h คือความสูงของตำแหน่ง กำหนดให้มีค่าประมาณรัศมีของโลกเท่ากับ 6,371 กิโลเมตร

จากสมการที่ (2.16) (2.17) และ (2.18) สามารถคำนวณค่าพารามิเตอร์ e และ $N(\phi)$ ตั้งสมการที่ (2.19) และ (2.20) ตามลำดับ

$$e = \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{a^2}} \quad (2.19)$$

$$N(\phi) = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2(\phi)}} \quad (2.20)$$

โดย a มีค่าเท่ากับ 6378.136 กิโลเมตร

b มีค่าเท่ากับ 6356.751 กิโลเมตร

จากสมการที่ (2.16) (2.17) และ (2.18) จะได้พารามิเตอร์ตำแหน่ง “X_user” “Y_user” “Z_user” จากนั้นทำการแปลงค่าพารามิเตอร์ “latitude” หรือ Latitude ของเสาส่งสัญญาณ และพารามิเตอร์ “longitude” หรือ Longitude ของเสาส่งสัญญาณ ให้เป็นพารามิเตอร์ “X_ant” “Y_ant” และ “Z_ant” หลังจากนั้นทำการคำนวณ ระยะทางระหว่างเสาส่งสัญญาณ และเครื่องรับสัญญาณได้ดังสมการที่ (2.21)

$$d = \sqrt{(X_{User} - X_{Ant})^2 + (Y_{User} - Y_{Ant})^2 + (Z_{User} - Z_{Ant})^2} \quad (2.21)$$

โดย d คือระยะทางระหว่างเสาส่งสัญญาณและเครื่องรับสัญญาณ

X_{User} คือตำแหน่ง X ของผู้ใช้งาน (X_user)

X_{Ant} คือตำแหน่ง X ของเสาส่งสัญญาณ (X_ant)

Y_{User} คือตำแหน่ง Y ของผู้ใช้งาน (Y_user)

Y_{Ant} คือตำแหน่ง Y ของเสาส่งสัญญาณ (Y_ant)

Z_{User} คือตำแหน่ง Z ของผู้ใช้งาน (Z_user)

Z_{Ant} คือตำแหน่ง Z ของเสาส่งสัญญาณ (Z_ant)

2.8.2 การคำนวณพารามิเตอร์ “relative_azimuth”

“relative_azimuth” เป็นพารามิเตอร์ที่แสดงถึงมุมจากตำแหน่งของผู้ใช้งานเทียบกับทิศเหนือ โดยการคำนวณพารามิเตอร์ “relative_azimuth” สามารถคำนวณได้โดยวิธี Topocentric Coordinate System [10] ซึ่งเป็นการแปลงตำแหน่งของเสาสัญญาณและตำแหน่งผู้ใช้งานในหน่วย Earth-centered, Earth-fixed Coordinate System (ECEF) และตำแหน่งของผู้ใช้งานในหน่วย Degree Decimal Decimal ให้เป็นตำแหน่ง North East Up ของตำแหน่งผู้ใช้งานเมื่อตำแหน่งอ้างอิงเป็นตำแหน่งของเสาส่งสัญญาณ โดยการแปลงตำแหน่งที่กล่าวมานั้นสามารถแปลงได้ดังสมการที่ (2.22)

$$\begin{bmatrix} E \\ N \\ U \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin(\lambda) & \cos(\lambda) & 0 \\ -\sin(\phi)\cos(\lambda) & -\sin(\phi)\sin(\lambda) & \cos(\phi) \\ \cos(\phi)\cos(\lambda) & \cos(\phi)\sin(\lambda) & \sin(\lambda) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X - X_0 \\ Y - Y_0 \\ Z - Z_0 \end{bmatrix} \quad (2.22)$$

โดย	E	คือระยะทางของตำแหน่งผู้ใช้งานเทียบกับตำแหน่งเสาส่งสัญญาณเทียบกับทิศตะวันออก
	N	คือระยะทางของตำแหน่งผู้ใช้งานเทียบกับตำแหน่งเสาส่งสัญญาณเทียบกับทิศเหนือ
	U	คือความสูงของตำแหน่งผู้ใช้งานเทียบกับความสูงของตำแหน่งเสาส่งสัญญาณ
	X_0	คือตำแหน่ง X ของผู้ใช้งาน (X_{user})
	X	คือตำแหน่ง X ของเสาส่งสัญญาณ (X_{ant})
	Y_0	คือตำแหน่ง Y ของผู้ใช้งาน (Y_{user})
	Y	คือตำแหน่ง Y ของเสาส่งสัญญาณ (Y_{ant})
	Z_0	คือตำแหน่ง Z ของผู้ใช้งาน (Z_{user})
	Z	คือตำแหน่ง Z ของเสาส่งสัญญาณ (Z_{ant})
	ϕ	คือตำแหน่ง Latitude ในหน่วยเรเดียน
	λ	คือตำแหน่ง Longitude ในหน่วยเรเดียน

หลังจากทำการหาตำแหน่ง North East Up ของตำแหน่งผู้ใช้งานดังสมการที่ (2.22) จะทำการหาพารามิเตอร์ “relative_azimuth” เป็นมุมระหว่างตำแหน่งผู้ใช้งานเทียบกับทิศเหนือเมื่อตำแหน่งของเสาส่งสัญญาณเป็นตำแหน่งอ้างอิง โดยสามารถคำนวณค่าพารามิเตอร์ “relative_azimuth” ได้จากสมการที่ (2.23)

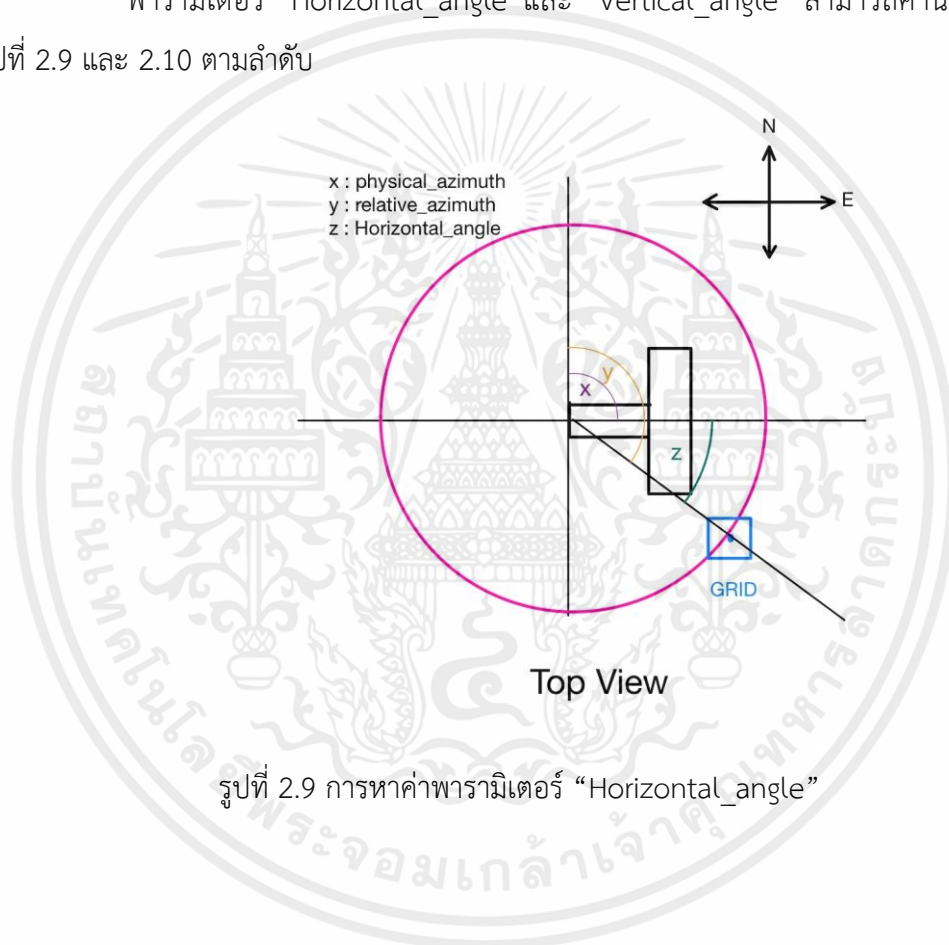
$$\text{relative_azimuth} = \begin{cases} \arctan\left(\frac{N}{E}\right) & ; (N \geq 0) \cap (E \geq 0) \\ 180 + \arctan\left(\frac{N}{E}\right) & ; (N \leq 0) \cap (E \geq 0) \\ 180 + \arctan\left(\frac{N}{E}\right) & ; (N \leq 0) \cap (E \leq 0) \\ 360 + \arctan\left(\frac{N}{E}\right) & ; (N \geq 0) \cap (E \leq 0) \end{cases} \quad (2.23)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย	E	คือระยะทางของตำแหน่งผู้ใช้งานเทียบกับตำแหน่งเสาส่งสัญญาณเทียบกับทิศตะวันออก
	N	คือระยะทางของตำแหน่งผู้ใช้งานเทียบกับตำแหน่งเสาส่งสัญญาณเทียบกับทิศเหนือ

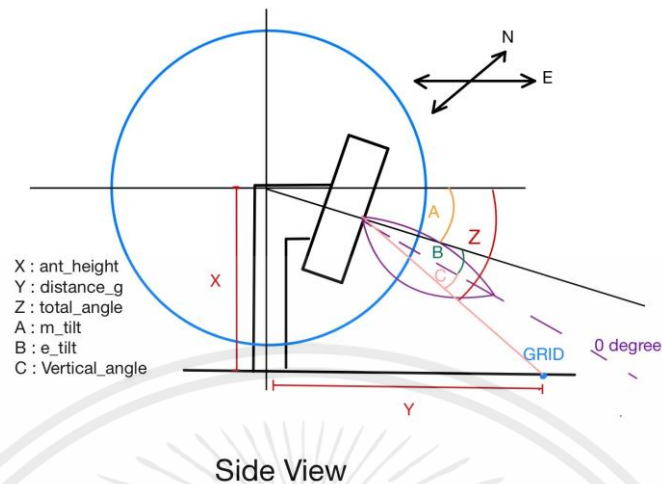
2.8.3 การคำนวณพารามิเตอร์ “Horizontal_angle” และ “Vertical_angle”

พารามิเตอร์ “Horizontal_angle” และ “Vertical_angle” สามารถคำนวณได้จาก รูปที่ 2.9 และ 2.10 ตามลำดับ



รูปที่ 2.9 การหาค่าพารามิเตอร์ “Horizontal_angle”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 การหาค่าพารามิเตอร์ “Vertical_angle”

จากรูปที่ 2.9 และ 2.10 สามารถหาค่าพารามิเตอร์ “Horizontal_angle” และ “Vertical_angle” ได้ดังสมการที่ (2.24) และ (2.25) ตามลำดับ

$$\phi = |RA - PA| \quad (2.24)$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{H_A}{D_g}\right) - (M_t + E_t) \quad (2.25)$$

โดย	ϕ	คือมุมแนวนอน
	θ	คือมุมแนวตั้ง
	RA	คือมุมระหว่างตำแหน่งของผู้ใช้งานเทียบกับทิศเหนือ
	PA	คือมุมในแนวราบนับจากทิศเหนือในทิศทางตามเข็มนาฬิกา
	H_A	คือความสูงของสายอากาศ
	D_g	คือระยะห่างระหว่างสายอากาศกับผู้ใช้งาน
	M_t	คือมุมเชิงกายภาพของสายอากาศ
	E_t	คือมุมเชิงอิเล็กทรอนิกส์ของสายอากาศ

2.9 การจัดเตรียมข้อมูล

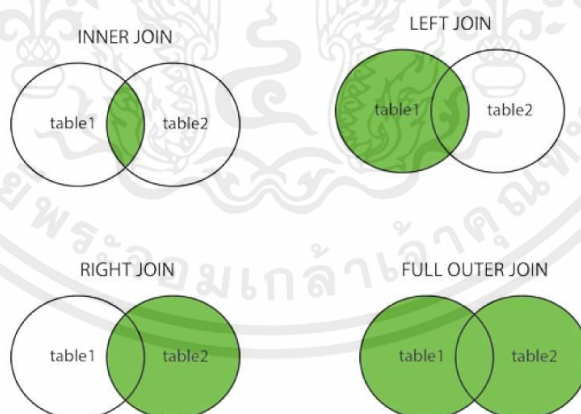
การจัดเตรียมข้อมูลเป็นกระบวนการที่ช่วยให้ข้อมูลมีคุณภาพมากขึ้นและพร้อมเข้าสู่กระบวนการประมวลผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.1 การรวมไฟล์ข้อมูล

การรวมไฟล์ข้อมูล [12] เป็นการรวมข้อมูลในแต่ละไฟล์ที่มีความเกี่ยวข้องกันเอาไว้ด้วยกันโดยใช้ลักษณะของข้อมูลที่เหมือนกันเป็นหลักในการรวมข้อมูลแสดงในรูปแบบที่ 2.11 โดยรูปแบบการรวมข้อมูลมีดังนี้

- 1) Inner Join คือการรวมข้อมูลตั้งแต่ 2 ไฟล์ขึ้นไป โดยให้ความสำคัญกับเงื่อนไขภายใน โดยข้อมูลจะต้องตรงตามเงื่อนไขเท่านั้นถึงจะสามารถนำมารวมได้
- 2) Left Join คือการรวมข้อมูลตั้งแต่ 2 ไฟล์ขึ้นไป โดยให้ความสำคัญกับข้อมูลฝั่งซ้าย โดยข้อมูลฝั่งซ้ายจะถูกนำมาทั้งหมดและนำข้อมูลฝั่งขวามารวมโดยใช้ฝั่งซ้ายเป็นเงื่อนไขหากข้อมูลฝั่งขวาไม่ตรงเงื่อนไขข้อมูลจะแสดงเป็น NULL
- 3) Right Join คือการรวมข้อมูลตั้งแต่ 2 ไฟล์ขึ้นไป โดยให้ความสำคัญกับข้อมูลฝั่งขวา โดยข้อมูลฝั่งขวาจะถูกนำมาทั้งหมดและนำข้อมูลฝั่งซ้ายมารวมโดยใช้ฝั่งขวาเป็นเงื่อนไขหากข้อมูลฝั่งซ้ายไม่ตรงเงื่อนไขข้อมูลจะแสดงเป็น NULL
- 4) Outer Join คือการรวมข้อมูลตั้งแต่ 2 ไฟล์ขึ้นไป โดยไม่ให้ความสำคัญกับข้อมูลฝั่งใดฝั่งหนึ่ง หากข้อมูลตรงเงื่อนไขกันก็จะรวมกันได้ แต่หากข้อมูลฝั่งใดฝั่งหนึ่งไม่ตรงเงื่อนไขข้อมูลจะแสดงเป็น NULL



รูปที่ 2.11 การรวมไฟล์รูปแบบต่าง ๆ [8]

2.10 นิยามพารามิเตอร์

พารามิเตอร์ที่ใช้จำแนกประเภทของข้อมูลได้เป็น 3 ประเภทได้แก่ ข้อมูลที่ตั้งของเซลล์ ข้อมูลรายงานของผู้ใช้งาน และข้อมูลแบบจำลองสายอากาศ

2.10.1 ข้อมูลที่ตั้งของเซลล์

ข้อมูลคุณลักษณะของพื้นที่เซลล์ที่ตั้งอยู่ภายในกรุงเทพฯ และเขตปริมณฑลโดยไฟล์ข้อมูลรายงานของผู้ใช้งานเป็นไฟล์สกุล Comma Separated Values (CSV) มีรายละเอียดดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ข้อมูลไฟล์ที่ตั้งของเซลล์

ชื่อของข้อมูล	ความหมายของข้อมูล
latitude	ละติจูดของที่ตั้งเซลล์
longitude	ลองจิจูดของที่ตั้งเซลล์
Cell_Name	ชื่อของเซลล์
Frequency	ความถี่ของคลื่นที่ใช้ในหน่วย MHz
Ant_model	แบบจำลองสายอากาศ
Ant_logical	ค่าคงที่สำหรับกำหนดทิศทาง Main Lobe
m_tilt	มุมเชิงกายภาพของสายอากาศ
e_tilt	มุมเชิงอิเล็กทรอนิกส์ของสายอากาศ
Physical azimuth	มุมในแนวราบนับจากทิศเหนือในทิศทางตามเข็มนาฬิกา
Ant_height	ความสูงของสายอากาศ
Ant gain	อัตราขยายสูงสุดของสายอากาศ
gainant3d	อัตราขยายของสายอากาศเชิงสามมิติ
Diff azimuth	มุมของ Main Lobe เทียบกับ Physical azimuth
Horizontal beam width	ลักษณะการแพร่กระจายคลื่นขนานกับพื้นโลก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.2 ข้อมูลรายงานของผู้ใช้

ข้อมูลรายงานของผู้ใช้งานบริการภายในพื้นที่ Grid นั้น ๆ โดยไฟล์ข้อมูลรายงานของผู้ใช้งานเป็นไฟล์นามสกุล CSV มีรายละเอียดดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ข้อมูลไฟล์รายงานของผู้ใช้งานรายวัน

ชื่อของข้อมูล	ความหมายของข้อมูล
Time	วันที่
Latitude	ละติจูดของพื้นที่
Longitude	ลองจิจูดของพื้นที่
eNodeB_Name	ชื่อของ eNodeB
Cell_Name	ชื่อของ Cell
TAC	รหัสระบุตัวตน
Dominant_RSRP	กำลังเฉลี่ยของสัญญาณภายในพื้นที่
Dominant_RSRQ	คุณภาพของสัญญาณภายในพื้นที่

2.11 โปรแกรมและโปรโตคอลที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์

2.11.1 MQTT protocol

Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) [13] เป็นโปรโตคอลสำหรับใช้ในการสื่อสารข้อมูลระหว่าง Machine to Machine (M2M) โดยนิยมใช้ในสื่อสารในระบบเครือข่ายที่มีทรัพยากรค่อนข้างจำกัด และใช้งานแบนด์วิดท์ต่ำ โดย MQTT สามารถนำไปประยุกต์ใช้สำหรับการสื่อสารให้อุปกรณ์ขนาดเล็กโดยเชื่อมต่อกันผ่านเครือข่ายของอินเทอร์เน็ต เช่น การควบคุมอุปกรณ์ผ่านระบบอินเทอร์เน็ต

ในการทำงานของ MQTT จะแบ่งอุปกรณ์ในการทำงานเป็น 2 ส่วนได้แก่

1) MQTT Client เป็นอุปกรณ์ที่มีหน้าที่สำหรับรับหรือส่งข้อมูล โดย MQTT Client ที่ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ในการส่งข้อมูลจะทำการส่งข้อมูลต่างไปยัง MQTT Broker เรียกกระบวนการนี้ว่า การเผยแพร่ข้อมูล (Publish) ในส่วนของ MQTT Client ที่ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ในการรับข้อมูลจะทำการรับข้อมูล จาก MQTT Broker เรียกกระบวนการนี้ว่าการสมัครรับข้อมูล (Subscribe) โดย MQTT ใช้โปรโตคอลในการสื่อสารผ่านทาง TCP/IP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) MQTT Broker หรือ MQTT Server เป็นซอฟต์แวร์สำหรับรับข้อมูลจาก MQTT Client ที่ได้เผยแพร่ข้อมูลเข้ามาและสามารถเผยแพร่ข้อมูลจาก MQTT Broker ไปยัง MQTT Client ที่ได้สมัครรับข้อมูลไว้ได้ โดย MQTT Broker ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปแบบ Cloud Server ของ เช่น CloudMQTT NETPIE Azure AWS เป็นต้น

2.11.2 การใช้งาน Multitasking บนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

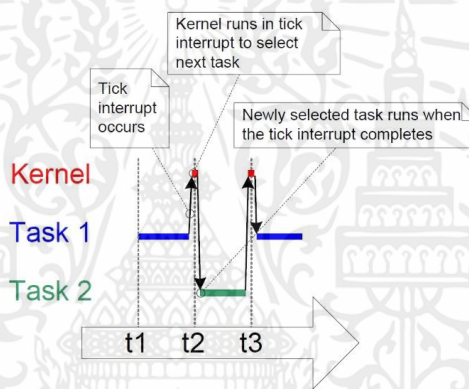
Multitasking เป็นการทำงานของโปรแกรม 2 โปรแกรมพร้อมกัน โดยผลที่สามารถเห็นได้คือกระบวนการทำงานที่วางไว้มากกว่า 1 การทำงาน สามารถทำไปพร้อม ๆ ซึ่งการทำงานแต่ละส่วนเรียกว่า Task

ระบบปฏิบัติการทันเวลา (Realtime Operation System, Realtime OS) เป็นระบบปฏิบัติการที่ต้องมีการตอบสนองต่ออินพุตไม่เกินค่าเวลาที่กำหนด ซึ่งระบบปฏิบัติการทั่วไปไม่สามารถทำได้ โดยที่ Realtime OS สามารถทำงานบนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP 32 ได้เรียกว่า ESP32 RTOS [14] บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ซึ่งมี CPU ในการประมวลผลจำนวน 2 Cores สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อแบ่งเวลาและแบ่งทรัพยากรในการประมวลผลงานต่าง ๆ ในแต่ละ CPU ได้

FreeRTOS เป็นระบบปฏิบัติการโอเพนซอร์ส (Open source) ที่ออกแบบมาสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อการใช้งานแบบ Multitasking ในรูปแบบที่เป็น Realtime OS

ในระบบระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์มีส่วนประกอบเป็น เคอร์เนล (Kernel) ที่ทำหน้าที่จัดการหน่วยประมวลผลกลางของคอมพิวเตอร์ (Central Processing Unit, CPU) และหน่วยความจำในคอมพิวเตอร์ โดยเมื่อทำการเปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ขึ้นมาและเมื่อผู้ใช้เปิดโปรแกรมขึ้นมาทำงานเคอร์เนลก็จะกำหนด CPU ไปให้โปรแกรมนั้นใช้ประมวลผล โปรแกรมนั้นจึงสามารถใช้ CPU ประมวลผลได้ แต่ว่าเคอร์เนลก็จะไม่ได้อนุญาตโปรแกรมใด ๆ ทำการใช้ CPU ตลอดเวลา ซึ่งจะมีเวลาที่กำหนดไว้อยู่หากครบกำหนดเวลาแล้วจะยึดคืน CPU กลับมาโดยในการยึด CPU คืนมาจากโปรแกรมใช้การอินเทอร์รัปต์ (Interrupt) โดยอินเทอร์รัปต์ เป็นกลไกการทำงานหนึ่งของคอมพิวเตอร์ โดยในขณะที่คอมพิวเตอร์กำลังรันโปรแกรมอยู่ โดยเมื่อเกิดอินเทอร์รัปต์ขึ้น คอมพิวเตอร์จะสั่งให้โปรแกรมต้องหยุดงานไปก่อน แล้วมาดูอินเทอร์รัปต์ก่อน โดยคอมพิวเตอร์จะมีการจับเวลา ซึ่งเมื่อครบกำหนดเวลาก็จะส่งสัญญาณอินเทอร์รัปต์ตามทุกๆ ช่วงเวลาที่กำหนด เรียกว่า Tick Interrupt ดังนั้นเมื่อครบเวลาที่กำหนดคอมพิวเตอร์ก็จะอินเทอร์รัปต์ CPU ทำให้สามารถกลับมาที่เคอร์เนลได้ จากนั้นเคอร์เนลจะทำการพิจารณาว่าจะให้งานไหนทำต่อไป

ในการใช้งาน Multitasking บนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์จะเขียนฟังก์ชันการทำงานแต่ละส่วนในรูปแบบ Task Function คือฟังก์ชันที่เมื่อมีการถูกเรียกใช้งานแล้วจะทำงานอยู่ในฟังก์ชันนั้นไปตลอด โดยไม่มีการ return ออกจากฟังก์ชัน จากรูปที่ 2.10 จะประกอบด้วยฟังก์ชันการทำงาน 2 ฟังก์ชันได้แก่ฟังก์ชัน Task1 และ Task2 โดยในตอนเริ่มต้น Task1 กำลังทำงานอยู่ จากนั้น เมื่อถึงเวลา t2 จึงเกิด Tick Interrupt ทำให้การทำงานกลับไปทีเคอร์เนล จากนั้นเคอร์เนลตัดสินใจย้ายการทำงานไปที่ Task2 และเมื่อถึงเวลา t3 ได้เกิด Tick Interrupt อีกครั้ง การทำงานกลับไปทีเคอร์เนล ครั้งนี้เคอร์เนลตัดสินใจย้ายการทำงานกลับมาที่ t2 ทำให้ Task1 และ Task2 ได้เวลาในการทำงานสลับกันไปเรื่อย ๆ และเสมือนว่าทั้งสองฟังก์ชันนี้เป็นการทำงานแบบ Multitasking ซึ่งเป็นการทำงานรูปแบบเดียวกันกับการทำงานแบบ Multitasking บนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 2.12 การ Tick Interrupt ของ เคอร์เนล [15]

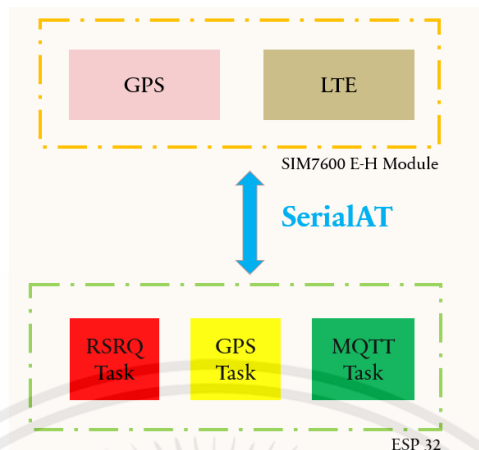
2.11.3 PlatformIO IDE

PlatformIO IDE [16] เป็นซอฟต์แวร์ (Software) ที่พัฒนาด้วย ภาษา C และ C++ สำหรับพัฒนา Embedded หรือพัฒนา IoT (Internet Of Thing) โดยสามารถเขียนโปรแกรมสำหรับ Embedded ชนิดต่าง ๆ ได้ เช่น Arduino, ESP8266, EMBED เป็นต้น ซึ่งสามารถนำมาใช้เขียนโปรแกรมสำหรับควบคุมบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Esp 32

2.11.4 AT Command

ในการสื่อสารระหว่างไมโครโทรลเลอร์ ESP 32 กับโมดูล T-SIM7600 ผ่านทาง UART โดยใช้ช่องทาง Hardware SerialAT (GPIO26 Rx, GPIO27 Tx) ที่ Baud Rate 115200 แสดงในรูปที่ 2.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 การสื่อสารระหว่างไมโครโทรลเลอร์ ESP 32 กับโมดูล T-SIM7600

โดยการสื่อสารและควบคุมโมดูล T-SIM7600 จะใช้ AT Commands [17] ซึ่งมีตัวอย่างคำสั่งที่ใช้ในการออกแบบโปรแกรมสำหรับการทำโครงการดังนี้

1) AT+CGPSINFO ตอบกลับด้วย ข้อมูลตำแหน่ง ณ ตอนนั้น (Current Position Information) จากสัญญาณ GPS โดยมีรูปแบบการตอบกลับดังนี้
 +CGPSINFO:[<lat>],[<N/S>],[<log>],[<E/W>],[<date>],[<UTctime>],[<alt>],[<speed>]
 โดยที่ <lat> คือค่าละติจูดที่อ่านได้จาก GPS โดยบอกพิกัดมาเป็นหน่วย Degree minute Second (DMS)

<N/S> คือส่วนที่ระบุว่าเป็นเหนือ (N) หรือใต้ (S)

<log> คือค่าลองจิจูดที่อ่านได้จาก GPS โดยบอกพิกัดมาเป็นหน่วย DMS

<E/W> คือส่วนที่ระบุว่าเป็นตะวันออก (E) หรือ ตะวันตก (W)

<date> คือวันที่อ่านค่า

<UTctime> คือเวลามาตรฐานโลก Universal Time Co-ordinated (UTC)

<alt> คือความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง MSL (Mean Sea Level)

<speed> คืออัตราเร็วเมื่อวิ่งบนพื้นดิน

2) AT+CPSI? ตอบกลับด้วยข้อมูลระบบของ User Equipment (UE) นำไปใช้หาค่า RSRQ, RSRP และ RSSI โดยมีรูปแบบการตอบกลับดังนี้

+CPSI:LTE,<OperationMode>[,<MCC><MNC>,<TAC>,<ScellID>,<PcellID>,<Frequency Band>,<earfcn>,<dlbw>,<ulbw>,<RSRQ>,<RSRP>,<RSSI>,<RSSNR>]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่

- <OperationMode> คือ โหมดการทำงานของ UE เช่น “Online” หรือ “Offline” เป็นต้น
- <MCC> คือ Mobile Country Code
- <MNC> คือ Mobile Network Code
- <TAC> คือ Tracing Area Code
- <ScellID> คือ Service Cell Identify
- <PcellID> คือ Physical Cell ID
- <FrequencyBand> คือ ย่านความถี่ของโทรศัพท์มือถือ
- <earfcn> คือ E-UTRA Absolute Radio Frequency Channel Number สำหรับใช้ค้นหา LTE Cell
- <dlbw> คือ Transmission Bandwidth ของ Downlink ในหน่วย Mbps
- <ulbw> คือ Transmission Bandwidth ของ Uplink ในหน่วย Mbps
- <RSRQ> คือค่าคุณภาพของสัญญาณที่ได้รับ (Reference Signal Received Quality) ในหน่วย 0.1 dB
- <RSRP> คือค่าเฉลี่ยของระดับพลังงานที่ได้รับจากสัญญาณลักษณะสัญญาณอ้างอิง (Reference Signal Received Power) ในหน่วย 0.1 dBm
- <RSSI> คือค่าความเข้มของสัญญาณตัวรับ (Received Signal Strength Indicator) ในหน่วย 0.1 dBm
- <RSSNR> คือ ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนของสัญญาณอ้างอิงภายใน Cell ในหน่วย 0.1 dB

2.12 ภาษาซี++

ภาษาซี++ (C++) [18] ถูกพัฒนาโดย เบียเนอ สเตราสตร็อบ (Bjane Stroustrup) ที่สถาบันวิจัย เบลล์แล็บส์ (Bell Labs) ในปีค.ศ. 1983 ในตอนแรกใช้ชื่อว่า "C with classes" ต่อมาเปลี่ยนชื่อเป็น “C++” โดยภาษา C++ ถูกพัฒนาภาษานี้ขึ้นเพื่อเขียนซอฟต์แวร์จำลองเหตุการณ์ (Event-Driven Simulation) ที่มีความซับซ้อน

ภาษา C++ มีพื้นฐานมาจากภาษา C โดยที่ภาษา C++ มีความสามารถ และความยืดหยุ่นเหมือนกับในภาษา C ซึ่งเหมาะสมในการเขียนโปรแกรมระบบต่ำรวมทั้งโปรแกรมควบคุมฮาร์ดแวร์ แต่ว่าภาษา C++ รองรับการเขียนโปรแกรมแบบ Object-Oriented ภาษา C++ จัดเป็น

ภาษาที่มีความสามารถมากกว่าภาษาเอดา (Ada) และภาษามอดูลา-ทู (Modula-2) โดยที่ยังคงความมีประสิทธิภาพและความกะทัดรัดของภาษา C ไว้ได้ ดังนั้นภาษา C++ จึงเป็นภาษาโปรแกรมภาษาหนึ่งที่น่าเขียนโปรแกรมสามารถเขียนโปรแกรมแบบมีโครงสร้าง และเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.13 ภาษาไพธอน

ภาษาไพธอน (Python) [19] ถูกสร้างโดย กีโด ฟาน รอสซัม (Guido van Rossum) ในปีพ.ศ. 2533 (ค.ศ.1990) ปัจจุบันภาษาไพธอนถูกดูแลโดย มูลนิธิซอฟต์แวร์ไพธอน โดยลักษณะสำคัญของภาษาไพธอน คือภาษาไพธอนเป็นภาษาสคริปต์ ทำให้การเขียนและคอมไพล์โปรแกรมใช้เวลาไม่มาก ทำให้เหมาะกับงานด้านการดูแลระบบ (System administration) นอกจากนี้มีการนำภาษาไพธอนเป็นส่วนหนึ่งของระบบปฏิบัติการยูนิกซ์ (Unix) ลินุกซ์ (Linux) และวินโดวส์ ที่ติดตั้งในรูปแบบภาษาสคริปต์ผ่านระบบ Windows Script Host รวมไปถึงทั้งผู้คนส่วนใหญ่มีการนำภาษาไพธอนมาพัฒนา Web application โดยมี Framework สำหรับทำเว็บของ ภาษาไพธอน ที่ได้รับความนิยมเรียกว่า Django

นอกจากนี้ไวยากรณ์ของไพธอนได้ มีการใช้ย่อหน้าแทนการใช้สัญลักษณ์ที่ใช้ในการแบ่งแต่ละส่วนของโปรแกรม ทำให้สามารถอ่านได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้ในการอธิบายการทำงานของฟังก์ชัน, คลาส, และโมดูล สามารถทำการเขียน docstring โดยมีลักษณะเป็นข้อความสั้นๆ ได้

ภาษาไพธอนสามารถเรียกใช้โปรแกรมที่ถูกเขียนโดยภาษาอื่นได้ ทำให้เหมาะที่จะใช้เขียนเพื่อประสานงานโปรแกรมที่เขียนในภาษาต่างกันได้ โดยเรียกลักษณะดังกล่าวว่าเป็นภาษาที่มีลักษณะเป็นภาษากาว (Glue Language)

2.14 สายอากาศ

สายอากาศ [20] อุปกรณ์สำหรับรับและส่งคลื่น ความถี่วิทยุ (radio frequency) ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในฝั่งส่งของระบบสื่อสารและเปลี่ยนพลังงานแม่เหล็กเป็นพลังงานไฟฟ้าในฝั่งรับของระบบสื่อสาร

2.14.1 สายอากาศชนิดเส้น (Wire Antenna)

เป็นสายอากาศที่ใช้อย่างแพร่หลาย ซึ่งมีหลายรูปแบบเช่น ไดโพล บ่วง และ เกลียว โดยนิยมใช้ในรถยนต์ อาคาร เรือ อากาศยาน และอื่นๆ ส่วนสายอากาศแบบบ่วงไม่ได้มีลักษณะแค่บ่วงวงกลมเท่านั้น แต่ยังมีบ่วงรูปแบบอื่นๆเช่น สี่เหลี่ยม วงรี และโครงสร้างอื่นอีกมากมาย

2.14.2 สายอากาศแบบช่องเปิด (Aperture Antenna)

เป็นสายอากาศชนิดนี้เริ่มพบเห็นได้บ่อยขึ้นในปัจจุบัน เนื่องมาจากมีความต้องการการประยุกต์ใช้งาน และความซับซ้อนของสายอากาศที่ใช้งานในย่านความถี่สูงขึ้นไปสายอากาศประเภทนี้นิยมใช้ในงานอากาศยานและยานอวกาศ เนื่องจากสายอากาศประเภทนี้มักจะใช้วัสดุจำพวกฉนวนปกคลุมไว้เพื่อป้องกันอันตรายต่างๆ จากสภาวะแวดล้อม

2.14.3 สายอากาศไมโครสตริป (Microstrip Antenna)

สายอากาศชนิดนี้เริ่มเป็นที่นิยมตั้งแต่ปี ค.ศ. 1970 ในปัจจุบันได้มีการใช้งานอย่างแพร่หลายสายอากาศแบบไมโครสตริปมีโครงสร้างแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

- 1) แพตช์โลหะอยู่บนสุด
- 2) วัสดุฐานรองอยู่ตรงกลาง
- 3) ระบายกราวนด์

โครงสร้างของแพตช์ที่นิยมใช้กันในสายอากาศไมโครสตริปได้แก่รูปทรง สี่เหลี่ยม และวงกลม

2.14.4 สายอากาศแถวลำดับ (Array Antenna)

เป็นสายอากาศที่ทำการเพิ่มจำนวนขององค์ประกอบสายอากาศ เพื่อให้การแพร่กระจายคลื่นที่ดีขึ้นตามต้องการ โดยในการจัดเรียงขององค์ประกอบสายอากาศแถวลำดับ มีหลากหลายรูปแบบตามความต้องการในการใช้งาน เช่น เพื่อให้มีการแพร่กระจายคลื่นไปในทิศทางที่เฉพาะที่ต้องการ หรือจะมีการแพร่กระจายคลื่นที่น้อยลงในทิศทางที่ไม่ต้องการ

2.14.5 สายอากาศแบบสะท้อน (Reflector Antenna)

เป็นสายอากาศที่มีอัตราขยายที่สูงมักใช้ในการส่งข้อมูลระยะไกล เช่น ส่งข้อมูลระหว่างดาวเทียมกับสถานีภาคพื้นดิน ตัวอย่างสายอากาศแบบสะท้อน เช่น สายอากาศพาราโบลา (Parabolid Antenna)

2.14.6 สายอากาศแบบเลนส์

เป็นสายอากาศที่มีป้องกันการแพร่กระจายในทิศทางที่ไม่ต้องการ ใช้หลักการของเลนส์เข้ามาช่วย ซึ่งมีหลักการออกแบบในเชิงเรขาคณิตโครงสร้างทั้งขนาด และน้ำหนักมากกว่าสายอากาศรูปแบบอื่น ๆ เมื่อนำไปประยุกต์ใช้งานที่ย่านความถี่ต่ำ

2.15 เว็บแอปพลิเคชัน (Web Application)

เว็บแอปพลิเคชัน [21] คือแอปที่จัดทำมาให้สามารถเปิดใช้งานใน Browser ได้โดยตรงโดยไม่ต้องโหลดแอปพลิเคชันลงเครื่อง ทำให้ใช้ทรัพยากรต่ำผู้ใช้งานสามารถเปิดได้รวดเร็ว เว็บแอปพลิเคชันมีส่วนประกอบในการทำงานดังนี้

1) เว็บแอปพลิเคชัน ทำหน้าที่ในการรับข้อมูลจากฝั่งผู้ใช้งาน ซึ่งสามารถดัดแปลงได้หลากหลายตามการใช้งาน ตัวอย่างเช่น เครื่องคิดเลข การคำนวณค่าต่างๆ ระบบ Membership ระบบซื้อขายแบบ eCommerce ระบบ Payment Gateway ระบบแผนที่ ระบบจัดบันทึกข้อมูล ซึ่งสามารถสร้างโปรแกรมและระบบได้ทุกระบบตามความต้องการของผู้พัฒนา

2) เว็บเบราว์เซอร์ ทำหน้าที่เป็นเครื่องมือในการเปิดเว็บแอปพลิเคชัน ตัวอย่างเช่น Google Chrome Firefox Microsoft Edge หรือ Opera เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบันเบราว์เซอร์เหล่านี้สามารถทำงานได้ทั้งบนคอมพิวเตอร์และสมาร์ตโฟน

3) เว็บเซิร์ฟเวอร์ เป็นผู้ให้บริการเว็บไซต์และเว็บแอปพลิเคชันต่างๆ โดยทำหน้าที่รับส่งข้อมูลจากฝั่งผู้ใช้งานและฝั่งเว็บแอปพลิเคชัน ตัวอย่างเช่น Apache Web Server และ IIS Web Server

4) ฐานข้อมูล ทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่จำเป็น โดยมีการทำ Database Server แยกออกมาเพื่อความสะดวกในการควบคุมดูแลและความปลอดภัยของเว็บแอปพลิเคชัน

2.15.1 Application Program Interface (API)

Application Program Interface (API) คือ ช่องทางในการเชื่อมต่อเว็บไซต์หนึ่งไปยังอีกเว็บไซต์หนึ่ง การเชื่อมต่อระหว่าง Server กับ Server หรือ Server กับ Client โดยข้อมูลอยู่ในรูปแบบต่าง ๆ อาทิเช่น XML JSON เป็นต้น โดยโครงงานนี้เลือกใช้ Django Rest Framework ในการสร้าง API โดย Django Rest Framework คือไลบรารีของไพธอนที่ใช้ในการสร้าง RESTful APIs สาเหตุที่เลือกใช้ Django Rest Framework เนื่องจากภาษาไพธอนสามารถเรียนรู้ได้ง่าย มีฟังก์ชันสำเร็จรูปให้พร้อมใช้งานและเป็นที่ยอมรับทำให้มีชุมชนขนาดใหญ่ มีแหล่งเรียนรู้และแหล่งอ้างอิงเยอะ

2.15.2 Next.js

Next.js [22] เป็น Open Source React Framework ซึ่งต่างจาก React ตรงที่ Next.js เป็นการใช้ Server Side Rendering (SSR) และยังสามารถทำเว็บไซต์ได้ทั้งแบบ Static

และ Dynamic โดยที่ข้อดีของ SSR คือช่วยในเรื่อง Search Engine Optimization (SEO) เพราะโครงสร้างของเว็บไซต์ที่สร้างโดย Next.js จะเห็นว่า Source จะเป็น Hypertext Markup Language (HTML) ซึ่งทำให้ SEO ค้นผ่าน Source เพื่อให้ได้ข้อมูลและจัดหมวดหมู่ได้ง่ายกว่า React ที่เป็น JavaScript มากกว่า ทำให้ Next.js เป็นที่นิยม นอกจากนี้ ข้อดีก็คือ Render ได้เร็วกว่า React เพราะ Next.js มีสิ่งที่เรียกว่า Get Static Path ซึ่งการสร้าง Path แบบ Static แบบเว็บไซต์ HTML โดยไม่ต้องทำการเชื่อมต่อกับ Back-End เพื่อให้ได้ข้อมูล และ Next.js สามารถใช้งานกับ Back-end ได้ง่ายเพราะ Next.js มี API routes ในการรับส่ง Request ใน Folder ของ Page มี Folder ของ API ที่เป็น Endpoint แทนที่จะเป็น Page ซึ่ง Folder ของ API นี้เป็นส่วนหนึ่งของ Server-Side เท่านั้น ทำให้ไม่ไปเพิ่มขนาดของ Client-Side

2.15.3 Leaflet

Leaflet เป็น library JavaScript open source [13] ขึ้นมาสำหรับแผนที่ที่มีการโต้ตอบ มีขนาดเพียง 39 KB และมีเครื่องมือสำหรับการทำแผนที่ครบถ้วนเท่าที่ผู้พัฒนาต้องการ Leaflet ได้รับออกแบบโดยคำนึงถึงความเรียบง่าย ประสิทธิภาพและการใช้งานเป็นหลักโดยจะทำงานอย่างมีประสิทธิภาพบนแพลตฟอร์มเดสก์ท็อปและมือถือ

2.15.4 MUI

MUI [24] เป็น Open Source React Component Library โดยมี Component ที่หลากหลายและสามารถกำหนดรูปแบบได้มาก เพื่อใช้ตกแต่งหน้าเว็บแอปพลิเคชัน

2.15.5 ภาษาคอมไพเตอร์

ภาษาคอมไพเตอร์ [25] หมายถึง ภาษาที่ผู้ใช้งานใช้สื่อสารกับคอมไพเตอร์ หรือคอมไพเตอร์สื่อสารกัน แล้วคอมไพเตอร์สามารถทำงานตามคำสั่งนั้น ๆ ได้ คำนี้มักใช้เรียกแทนภาษาโปรแกรม แต่ความเป็นจริงภาษาโปรแกรมคือส่วนหนึ่งของภาษาคอมไพเตอร์เท่านั้น

ภาษาคอมไพเตอร์สามารถแบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ ภาษาระดับต่ำ (Low Level Language) ภาษาระดับกลาง (Medium Level Language) และภาษาระดับสูง (High Level Language) ภาษาระดับต่ำเป็นภาษาที่ทำความเข้าใจได้ยากต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับสถาปัตยกรรมคอมไพเตอร์ และฮาร์ดแวร์เป็นอย่างดีจึงจะสามารถเขียนโปรแกรมสั่งงานได้ ฮาร์ดแวร์ส่วนต่างๆได้โดยตรงจึงทำงานได้เร็ว ตัวอย่างของภาษาระดับต่ำเช่น ภาษาเครื่อง (Machine Language) และภาษาแอสเซมบลี (Assembly Language) เป็นต้น ภาษาระดับกลาง

เป็นภาษาที่ทำความเข้าใจได้ไม่ยากเหมือนภาษาระดับต่ำ เพราะมีลักษณะเป็นภาษาแบบโครงสร้าง ทำความเข้าใจได้เหมือนภาษาระดับสูงแต่ทำงานได้รวดเร็วเหมือนกับภาษาระดับต่ำ สามารถใช้บนเครื่องที่มีความเร็วต่างกันโดยไม่ต้องดัดแปลง ตัวอย่างของภาษาระดับกลางเช่น ภาษาซี เป็นต้น ภาษาระดับสูง (High Level Language) เป็นภาษาที่ทำความเข้าใจได้ง่าย มีลักษณะของการใช้คำสั่งเป็นภาษาอังกฤษซึ่งใกล้เคียงกับภาษามนุษย์มาก การสั่งให้ให้คอมพิวเตอร์ทำงานต้องมีการแปลความหมายของคำสั่งโดยใช้ตัวแปลภาษาที่ละชุดคำสั่งที่เรียกว่า Interpreter หรือแปลครั้งเดียวทั้งโปรแกรมที่เรียกว่า Compiler

2.15.5.1 ภาษา Hyper Text Markup Language (HTML)

ภาษา HTML [26] เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ใช้ในการแสดงผลของเอกสารบนเว็บไซต์หรือเว็บแอปพลิเคชัน ถูกพัฒนาและกำหนดมาตรฐานโดยองค์กร World Wide Web Consortium (W3C) HTML เป็นภาษาสำหรับสร้างเว็บเพจสามารถทำโดยใช้โปรแกรม Text Editor ต่างๆ เช่น Notepad Editplus เป็นต้น หรือจะอาศัยโปรแกรมที่เป็นเครื่องมือช่วยสร้างเว็บเพจ เช่น Microsoft FrontPage, Dream Weaver ซึ่งอำนวยความสะดวกในการสร้างหน้า HTML ส่วนการเรียกใช้งานหรือทดสอบการทำงานของเอกสาร HTML จะใช้โปรแกรม web browser เช่น IE Microsoft Internet Explorer Mozilla Firefox Safari Opera และ Netscape Navigator เป็นต้น

2.15.5.2 ภาษา TypeScript

TypeScript [27] เป็นภาษาเขียนโปรแกรมที่ถูกพัฒนาโดย Microsoft โดยเป็นภาษาที่มีไวยากรณ์การเขียนที่เข้มงวดในเรื่องของประเภทข้อมูลซึ่งช่วยควบคุมการใช้งานประเภทข้อมูลในโปรแกรม ภาษา TypeScript ถูกออกแบบมาเพื่อทำให้การเขียนโปรแกรมในภาษา JavaScript ให้มีรูปแบบประเภทของข้อมูล

ภาษา TypeScript สามารถใช้สำหรับพัฒนาแอปพลิเคชันของภาษา JavaScript ได้ ซึ่งสามารถทำงานทั้งที่ฝั่ง Client และ Server โดยสามารถพัฒนาโปรแกรมบน Node.js Deno เว็บเบราว์เซอร์ได้ ซึ่งในท้ายที่สุดแล้วโปรแกรมที่ถูกเขียนในภาษา TypeScript จะถูกแปลงเป็นภาษา JavaScript ก่อนนำไปใช้งาน และสามารถใช้เครื่องมืออย่าง Babel ในการแปลงโค้ดของภาษา TypeScript ให้เป็นภาษา เพื่อใช้กำหนดวิธีการคอมไพล์ของโปรแกรมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.15.5.3 ภาษา Cascading Style Sheet (CSS)

ภาษา CSS [28] ภาษาที่ใช้เป็นส่วนของการจัดรูปแบบการแสดงผลเอกสาร HTML โดยที่ CSS กำหนดกฎเกณฑ์ในการระบุแบบของเนื้อหาในเอกสาร อันได้แก่ สีของข้อความ สีพื้นหลัง ประเภทตัวอักษร และการจัดวางข้อความ ซึ่งการกำหนดรูปแบบนี้ใช้หลักการของการแยกเนื้อหาเอกสาร HTML ออกจากคำสั่งที่ใช้ในการจัดรูปแบบการแสดงผล กำหนดให้รูปแบบของการแสดงผลเอกสารไม่ขึ้นอยู่กับเนื้อหาของเอกสาร เพื่อให้ง่ายต่อการจัดรูปแบบการแสดงผลลิ้งค์ของเอกสาร HTML โดยเฉพาะในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื้อหาเอกสารบ่อยครั้งหรือต้องการควบคุมให้รูปแบบการแสดงผลเอกสาร HTML มีลักษณะของความสม่ำเสมอทั่วกันทุกหน้าเอกสารภายในเว็บไซต์เดียวกัน โดยกฎเกณฑ์ในการกำหนดรูปแบบเอกสาร HTML ถูกเพิ่มเข้ามาครั้งแรกใน HTML 4.0 เมื่อปีพ.ศ. 2539 ในรูปแบบของ CSS level 1 Recommendations ที่กำหนดโดยองค์กร World Wide Web Consortium หรือ W3C

2.15.6 Cross-Origin Resource Sharing (CORS)

CORS [29] เป็นกลไกที่ใช้ HTTP headers เพิ่มเติมเพื่อให้เบราว์เซอร์ได้รับสิทธิ์ในการเข้าถึงทรัพยากรที่เลือกจากเซิร์ฟเวอร์บนโดเมนอื่นมาแสดงบนหน้าเว็บเบราว์เซอร์ได้ อินเทอร์เน็ตเป็นการสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์ ดังนั้นคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องต้องมี Protocol ที่เหมือนกันถึงจะสื่อสารกันรู้เรื่อง เว็บเบราว์เซอร์จะส่ง HTTP request เมื่อต้องการขอข้อมูลข้ามโดเมนหรือ port ที่ต่างกัน และต้องทำตามข้อตกลงการสื่อสาร (Protocol)

2.16 ฐานข้อมูล

ฐานข้อมูล [30] กลุ่มของข้อมูลที่ถูกเก็บรวบรวมไว้ โดยมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน โดยไม่ได้บังคับว่าข้อมูลทั้งหมดนี้จะต้องเก็บไว้ในแฟ้มข้อมูลเดียวกันหรือแยกเก็บหลายๆ แฟ้มข้อมูล ซึ่งถูกจัดเก็บอย่างเป็นระบบ โดยมีซอฟต์แวร์เข้ามาควบคุมกระบวนการใช้งาน การทำงาน หรือการประมวลผล ทำให้ผู้ใช้สามารถใช้ข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ระบบฐานข้อมูล (Database System) คือ ระบบที่รวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกันเข้าไว้ด้วยกันอย่างมีระบบมีความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลต่าง ๆ ที่ชัดเจน ในระบบฐานข้อมูลจะประกอบด้วยแฟ้มข้อมูลหลายแฟ้มที่มีข้อมูล เกี่ยวข้องสัมพันธ์กันเข้าไว้ด้วยกันอย่างเป็นระบบและเปิดโอกาสให้ผู้ใช้สามารถใช้งานและดูแลรักษาป้องกันข้อมูลเหล่านี้ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีซอฟต์แวร์ที่เปรียบเสมือนสื่อกลางระหว่างผู้ใช้และโปรแกรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้ฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรียกว่า ระบบจัดการฐานข้อมูล หรือ DBMS (Data Base Management System) มีหน้าที่ช่วยให้ผู้ใช้เข้าถึงข้อมูลได้ง่ายสะดวกและมีประสิทธิภาพ การเข้าถึงข้อมูลของผู้ใช้อาจเป็นการสร้างฐานข้อมูล การแก้ไขฐานข้อมูล หรือการตั้งคำถามเพื่อให้ได้ข้อมูลมา โดยผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องรับรู้เกี่ยวกับรายละเอียดภายในโครงสร้างของฐานข้อมูล

2.16.1 Structured Query Language (SQL)

SQL [31] เป็นภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม เพื่อจัดการกับฐานข้อมูลโดยเฉพาะ เป็นภาษามาตรฐานบนระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์และเป็นระบบเปิด หมายถึงเราสามารถใช้อคำสั่ง SQL กับฐานข้อมูลชนิดใดก็ได้ และ คำสั่งงานเดียวกันเมื่อส่งงานผ่าน ระบบฐานข้อมูลที่แตกต่างกันจะได้ ผลลัพธ์เหมือนกัน ทำให้เราสามารถเลือกใช้ฐานข้อมูล ชนิดใดก็ได้โดยไม่ติดขัดกับฐานข้อมูลใดฐานข้อมูลหนึ่ง นอกจากนี้แล้ว SQL ยังเป็นชื่อโปรแกรมฐานข้อมูล โดยโปรแกรม SQL เป็นโปรแกรมฐานข้อมูลที่มีโครงสร้างของภาษาที่เข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน มีประสิทธิภาพการทำงานสูง ซึ่งแบ่งการทำงานได้เป็น 4 ประเภทคือ Select Query ใช้สำหรับดึงข้อมูลที่ต้องการ Update Query ใช้สำหรับแก้ไขข้อมูล Insert Query ใช้สำหรับเพิ่มข้อมูล และ Delete Query ใช้สำหรับลบข้อมูล

2.16.2 PostgreSQL

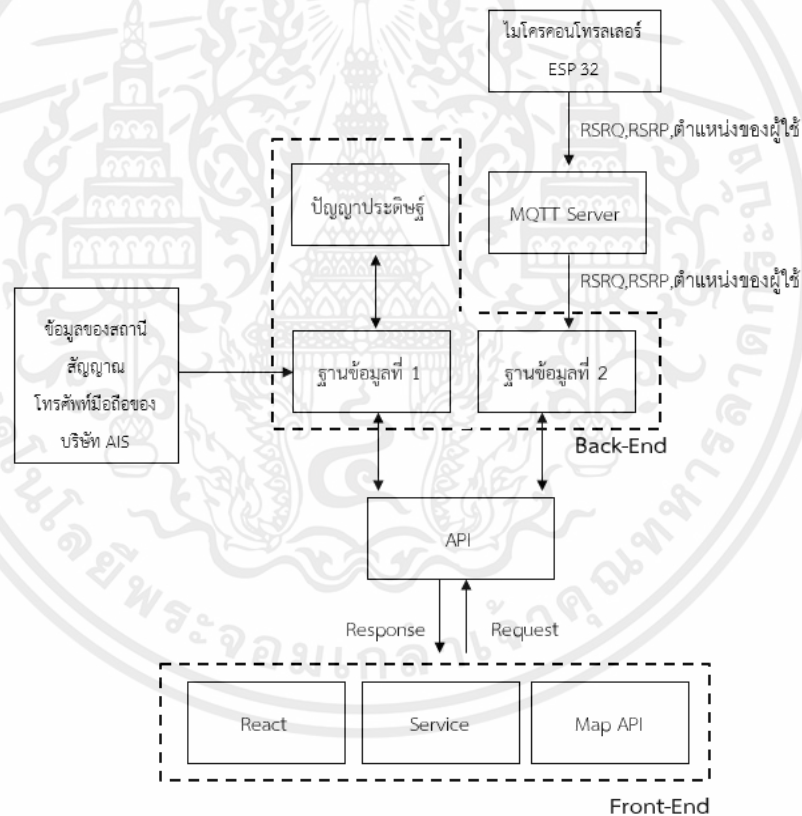
PostgreSQL [32] เป็นระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงวัตถุ-สัมพันธ์ (Object-relational) แบบ ORDBMS โดยสามารถใช้อรูปแบบคำสั่งของภาษา SQL ได้เกือบทั้งหมด นอกจากนี้ยังเป็นระบบฐานข้อมูลที่ทันสมัยที่สุดของ OpenSource ที่สามารถนำไปใช้งานได้โดยไม่มีค่าใช้จ่ายใด ได้มีการพัฒนามาจาก Posgres 4.2 โดยมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย (Berkeley Computer Science department, University of California.)

PostgreSQL สามารถทำงานบนระบบปฏิบัติการได้ใน Windows ดังนั้น PostgreSQL นิยมใช้เป็นระบบจัดการฐานข้อมูลเป็นอีกหนึ่งทางเลือกสำหรับหลายๆองค์กร เพื่อช่วยในการจัดการฐานข้อมูลต่างๆให้เป็นไปตามแผนการดำเนินการที่วางไว้ โปรแกรม PostgreSQL เป็นที่นิยมอย่างมากเพราะสามารถใช้ได้โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย และยังมีพัฒนาประสิทธิภาพอย่างต่อเนื่อง

บทที่ 3

การออกแบบและการจัดทำปฏิญยานิพนธ์

ข้อมูลอินพุตที่นำเข้าสู่ Back-End มี 2 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลจากบริษัท Advanced Info Service Public Company Limited (AIS) และข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 โดยจะส่งข้อมูลผ่านโพรโตคอล Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) และจัดเก็บข้อมูลในฐานข้อมูลซึ่งข้อมูลจะถูกนำไปใช้งานในส่วน Front-End ของเว็บแอปพลิเคชันและถูกใช้เป็นข้อมูลสำหรับการประมวลผลของปัญญาประดิษฐ์ในการทำนายค่าสัญญาณที่ได้รับต่อสัญญาณแทรกสอดและรบกวน



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมระบบจัดเก็บและทำนายคุณภาพของสัญญาณสำหรับโครงข่ายโทรศัพท์มือถือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 การออกแบบ

ระบบจัดเก็บและทำนายคุณภาพของสัญญาณสำหรับโครงข่ายโทรศัพท์มือถือถูกพัฒนากระบวนการทำงาน 3 ส่วน ได้แก่ การพัฒนาอุปกรณ์บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับเก็บค่าคุณภาพของสัญญาณที่ได้รับ การพัฒนาระบบทำนายค่าสัญญาณที่รับได้ต่อสัญญาณแทรกสอดและรบกวนด้วยปัญญาประดิษฐ์ และการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับแสดงผลค่าคุณภาพของสัญญาณที่ได้รับและค่าสัญญาณที่รับได้ต่อสัญญาณแทรกสอดและรบกวนบนแผนที่

3.1.1 อุปกรณ์บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับเก็บค่าคุณภาพของสัญญาณที่ได้รับ

อุปกรณ์บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับเก็บค่าคุณภาพของสัญญาณที่ได้รับมีขั้นตอนในการพัฒนาแสดงดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมการพัฒนาอุปกรณ์บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับเก็บค่าคุณภาพของสัญญาณที่ได้รับ

จากรูป 3.2 กระบวนการทำงานมี 3 ขั้นตอน ซึ่งแต่ละขั้นตอนสามารถอธิบายกระบวนการทำงานได้ดังนี้

3.1.1.1 การเก็บและส่งข้อมูลไปยัง Public MQTT Cloud

การออกแบบโปรแกรมควบคุมบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP 32 เพื่อวัดค่าคุณภาพของสัญญาณที่ได้รับถูกออกแบบในรูปแบบของ Multitasking

1) การอ่านค่าสัญญาณระบบระบุตำแหน่งบนโลก

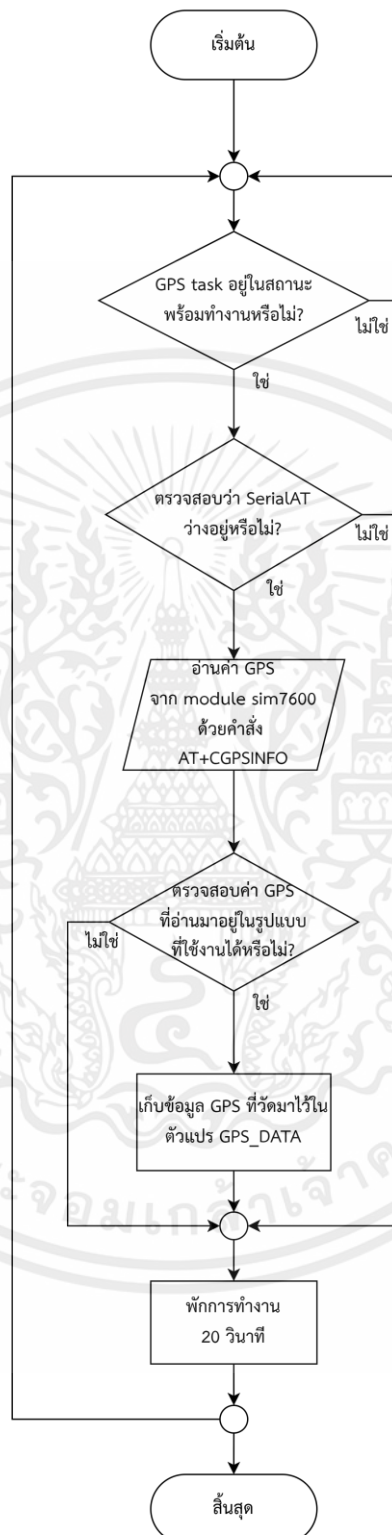
การอ่านค่าสัญญาณระบบระบุตำแหน่งบนโลก (GPS) มีการตั้งชื่อฟังก์ชันการทำงานว่า “GPSTask” โดยใช้มีการอ่านค่าผ่านโมดูล SIM7600E-H ที่เชื่อมอยู่กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP 32 ซึ่งอยู่ภายในอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ LILYGO® TTGO T-SIM7600E-H ที่มีการสื่อสารผ่าน AT Command โดยมีพารามิเตอร์ที่ได้จากการอ่านค่า GPS จาก

โมดูล SIM7600E-H สามารถอธิบายดังตารางที่ 3.1 และแสดงกระบวนการทำงานของโปรแกรมในส่วนฟังก์ชัน GPSTask ดังรูปที่ 3.3

ตารางที่ 3.1 พารามิเตอร์ที่ได้จากการอ่านค่า GPS จากโมดูล SIM7600E-H

พารามิเตอร์	ความหมายของพารามิเตอร์
lat	ค่าละติจูดที่อ่านได้จาก GPS หน่วย Degree minute Second (DMS)
N/S	ส่วนระบุว่าทิศเหนือ (N) หรือใต้ (S)
log	ค่าลองจิจูดที่อ่านได้จาก GPS หน่วย DMS
E/W	ส่วนที่ระบุทิศตะวันออก (E) หรือ ตะวันตก (W)
date	วันที่อ่านค่า
UTCtime	เวลามาตรฐานโลก Universal Time Co-ordinated (UTC)
alt	ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง MSL (Mean Sea Level)
speed	อัตราเร็วบนพื้นดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 กระบวนการทำงานของโปรแกรมในส่วนการอ่านค่าสัญญาณ GPS ใน GPSTask

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การอ่านค่าคุณภาพของสัญญาณที่ได้รับจากสัญญาณ 4G

การอ่านค่าคุณภาพของสัญญาณที่ได้รับ (RSRQ) จากสัญญาณ 4G มีฟังก์ชันการทำงานคือ “RSRQTask” โดยมีการอ่านค่าด้วยโมดูล SIM7600E-H ที่เชื่อมอยู่กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP 32 ซึ่งอยู่ภายในอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ LILYGO® TTGO T-SIM7600E-H ที่มีการสื่อสารผ่าน AT Command สำหรับพารามิเตอร์ที่ได้จากการอ่านค่าสัญญาณ 4G จากโมดูล SIM7600E-H สามารถอธิบายได้ดังตารางที่ 3.2 และแสดงกระบวนการการทำงานของโปรแกรมในส่วนฟังก์ชัน RSRQTask ดังรูปที่ 3.4

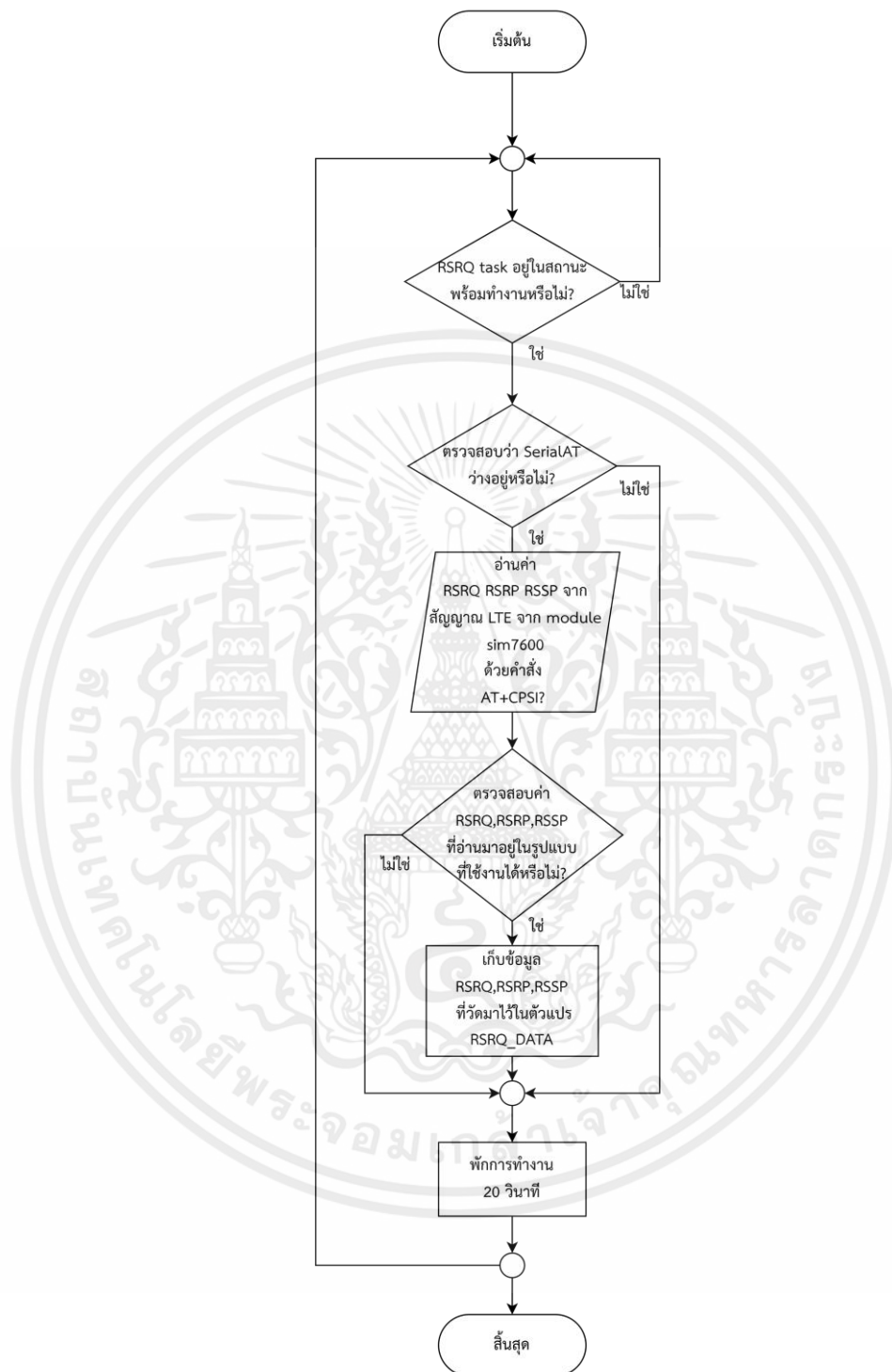
ตารางที่ 3.2 พารามิเตอร์ที่ได้จากการอ่านค่าสัญญาณ 4G จากโมดูล SIM7600E-H

พารามิเตอร์	ความหมายของพารามิเตอร์
OperationMode	โหมดการทำงานของ UE เช่น “Online” หรือ “Offline” เป็นต้น
MCC	Mobile Country Code เป็นตัวเลขที่มีความยาว 3 หลักใช้สำหรับระบุประเทศของ Subscriber Identity Module (SIM)
MNC	Mobile Network Code เป็นตัวเลขที่มีความยาว 2 หลักใช้สำหรับระบุผู้ให้บริการเครือข่ายของ SIM
TAC	Tracing Area Code เป็นค่าที่ใช้ระบุกลุ่มของสถานีฐาน (eNode B)
ScellID	Service Cell Identify หรือ E-UTRAN Cell Identifier:ECI เป็นค่าที่ใช้ระบุ eNodeB id
PcellID	Physical Cell ID ที่ใช้ระบุ cell
FrequencyBand	ย่านความถี่ EUTRAN (Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network) ในระบบ
earfcn	E-UTRA Absolute Radio Frequency Channel Number ใช้สำหรับค้นหา Downlink และ Uplink Frequency ในระบบ LTE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 พารามิเตอร์ที่ได้จากการอ่านค่าสัญญาณ 4G จากโมดูล SIM7600E-H
(ต่อ)

พารามิเตอร์	ความหมายของพารามิเตอร์
dlbw	Transmission Bandwidth ของ Downlink ในหน่วย Mbps
ulbw	Transmission Bandwidth ของ Uplink ในหน่วย Mbps
RSRQ	ค่าคุณภาพของสัญญาณที่ได้รับ (Reference Signal Received Quality) ในหน่วย 0.1 dB
RSRP	คือค่าเฉลี่ยของระดับพลังงานที่ได้รับจากสัญญาณอ้างอิง (Reference Signal Received Power) ในหน่วย 0.1 dBm
RSSI	ค่าความเข้มของสัญญาณตัวรับ (Received Signal Strength Indicator) ในหน่วย 0.1 dBm
RSSNR	คือค่าเฉลี่ยอัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนของสัญญาณอ้างอิงภายใน Cell ในหน่วย 0.1 dB



รูปที่ 3.4 กระบวนการการทำงานของโปรแกรมในส่วนการอ่านค่าคุณภาพของสัญญาณที่ได้รับ (RSRQ) จากสัญญาณ 4G ใน RSRQTask

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การส่งข้อมูลไปยัง Publish MQTT Cloud

เมื่อที่ได้รับค่าสัญญาณ GPS และค่าคุณภาพของสัญญาณอ้างอิงที่ได้รับ(RSRQ) ด้วยฟังก์ชัน GPSTask และ RSRQTask ตามลำดับ แล้วจึงทำการรวบรวมข้อมูลในรูปแบบ JSON โดยมีแสดงรายละเอียดข้อมูลดังตารางที่ 3.3 และแสดงตัวอย่างข้อมูลในรูปแบบ JSON ดังภาพที่ 3.5

ตารางที่ 3.3 ความหมายของ Key ในข้อมูล JSON

Key ของข้อมูล JSON	ความหมายของ Key
id	ชื่อเครื่องไมโครคอนโทรลเลอร์
lat	ละติจูดของไมโครคอนโทรลเลอร์
lng	ลองจิจูดของไมโครคอนโทรลเลอร์
date	วันที่ได้รับข้อมูล
time	เวลาที่ได้รับข้อมูล
MCCMNC	ประกอบไปด้วย MCC และ MNC
TAC	Tracking Area Code เป็นค่าที่ใช้ระบุกลุ่มของสถานีฐาน (eNodeB)
ScellID	Service Cell Identify เรียกอีกอย่างว่า E-UTRAN Cell Identifier (ECI) เป็นค่าที่ใช้ระบุ eNodeB id
PcellID	Physical Cell ID เป็นค่าที่ใช้ระบุ cell
FrequencyBand	ย่านความถี่ EUTRAN ในระบบ LTE
earfcn	ความถี่ในการใช้งานแต่ละ cell ซึ่งในระบบ LTE
dlbw	Transmission Bandwidth ของ Downlink ในหน่วย Mbps
ulbw	Transmission Bandwidth ของ Uplink ในหน่วย Mbps

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 ความหมายของ Key ในข้อมูล JSON (ต่อ)

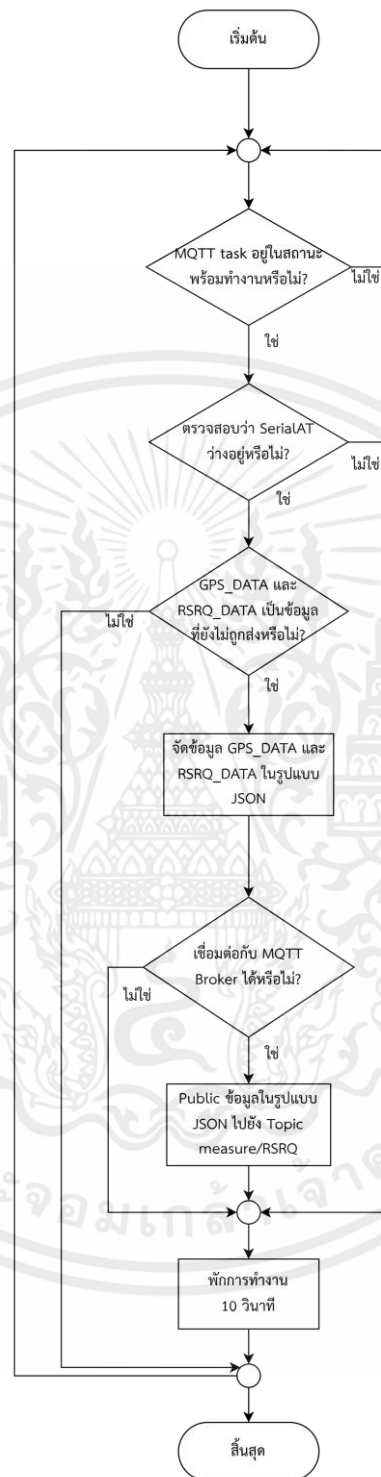
Key ของข้อมูล JSON	ความหมายของ Key
rsrp	ค่าเฉลี่ยของระดับพลังงานที่ได้รับจากสัญญาณ อ้างอิงในหน่วย dBm
rsrq	ค่าคุณภาพของสัญญาณที่ได้รับในหน่วย dB
rssi	ค่าความเข้มของสัญญาณตัวรับในหน่วย dBm

```
{
  "id": "KMITLmeasure",
  "lat": 13.6829197,
  "lng": 100.6194355,
  "date": "011022",
  "time": "134833.0",
  "MCCMNC": "520-03",
  "TAC": "0x0323",
  "ScellID": 1.64889957e8,
  "PcellID": 103,
  "Frcband": "EUTRAN-BAND3",
  "earfcn": 1450,
  "dlbw": 5,
  "ulbw": 5,
  "rsrp": -89.6,
  "rsrq": -10.7,
  "rssi": -58
}
```

รูปที่ 3.5 ตัวอย่างข้อมูลในรูปแบบ JSON ที่ทำการ Public ไปยัง Topic measure/RSRQ

เมื่อได้รับข้อมูลในรูปแบบ JSON แล้วจึงทำการส่งข้อมูลไปยัง Public MQTT Broker ที่มี Topic measure/RSRQ โดยตั้งชื่อฟังก์ชันการทำงานว่า “MQTTTask” สำหรับเขียนโปรแกรมควบคุมบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP 32 ซึ่งอยู่ในอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ LILYGO® TTGO T-SIM7600E-H โดยแสดงกระบวนการทำงานของโปรแกรมในส่วนฟังก์ชัน MQTTTask ดังภาพที่ 3.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 การทำงานของโปรแกรมในส่วนการเปลี่ยนรูปแบบข้อมูล
ให้อยู่ในรูปแบบ JSON แล้วส่งไปยัง Public MQTT Broker

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ช่วงเวลาในการทำงานของแต่ละฟังก์ชัน

เนื่องจากการเขียนโปรแกรมควบคุมบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในโครงการนี้เขียนในรูปแบบ Multitasking ดังนั้นการเขียนฟังก์ชันการทำงานแต่ละส่วนจะถูกเขียนในรูปแบบ Task Function โดย Task Function เป็นฟังก์ชันที่ทำงานอยู่ตลอดเวลาเมื่อถูกเรียกใช้งานฟังก์ชันและจะไม่มีการ return ออกจากฟังก์ชันทำให้ควรมีการกำหนดเวลาในการพักทำงานของแต่ละ Task Function เป็นระยะเวลาชั่วคราวเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาการทำงานทับซ้อนของฟังก์ชัน ดังนั้นจึงได้ทดสอบจับเวลาในการทำงานของแต่ละฟังก์ชันแสดงดังตารางที่ 3.4

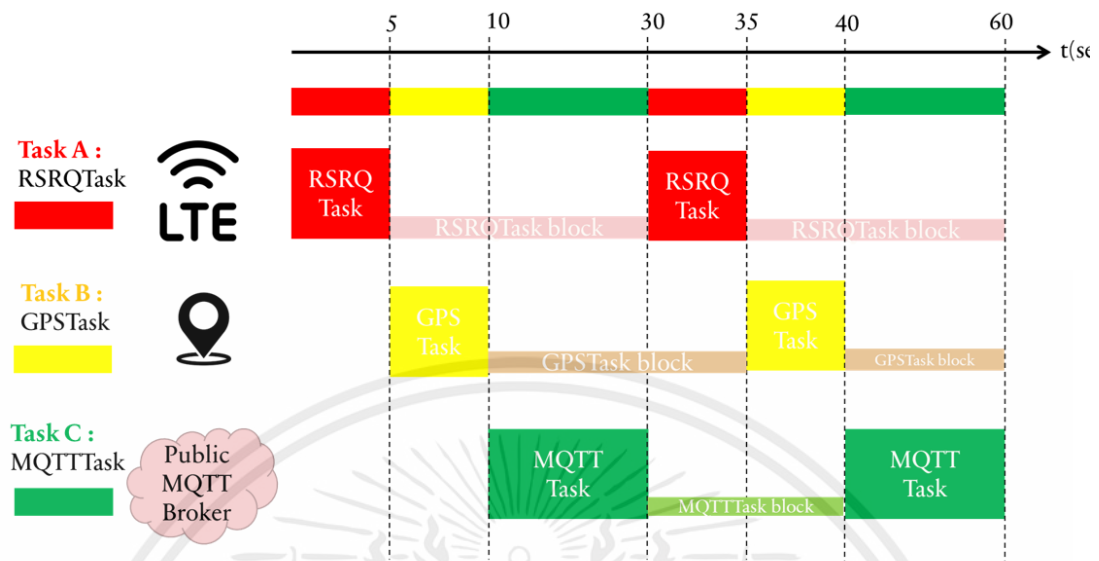
ตารางที่ 3.4 ระยะเวลาในการทำงานของแต่ละฟังก์ชัน ที่ได้จากการทดสอบ

ฟังก์ชันการทำงาน	เวลาในการทำงานของฟังก์ชัน
GPSTask	3 วินาที
RSRQTask	3 วินาที
MQTTTask	13 วินาที

จากตารางที่ 3.4 ฟังก์ชันแต่ละฟังก์ชันจะถูกนำเวลาไปกำหนดเป็นเวลาที่ใช้จริงในการเขียนโปรแกรม โดยระยะเวลาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมจริงมีระยะเวลานานกว่าระยะเวลาจากการทดสอบเนื่องจากการเฝ้าเวลาในการประมวลผลของโปรแกรม กรณีไม่สามารถจับสัญญาณ GPS หรือ 4G ได้ ดังนั้นจึงต้องเพิ่มระยะเวลาการทำงานของแต่ละฟังก์ชันให้นานกว่าที่ได้ทดสอบวัดเวลา มา แสดงเวลาจริงที่ใช้ในการออกแบบดังตารางที่ 3.5 และแสดงกระบวนการจัดการระยะเวลาในการทำงานและหยุดพักการทำงานชั่วคราวของแต่ละฟังก์ชันดังรูปที่ 3.7

ตารางที่ 3.5 การกำหนดเวลาในการทำงานของแต่ละฟังก์ชันสำหรับการเขียนโปรแกรม

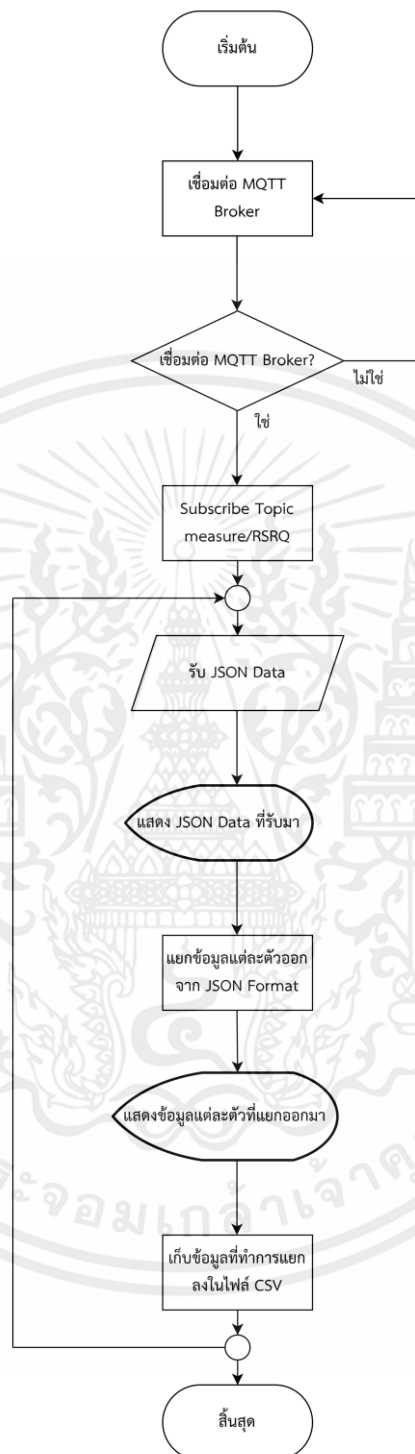
ฟังก์ชันการทำงาน	เวลาในการทำงานของฟังก์ชัน
GPSTask	5 วินาที
RSRQTask	5 วินาที
MQTTTask	15 วินาที



รูปที่ 3.7 ระยะเวลาในการทำงานและหยุดพักการทำงานชั่วคราวของแต่ละฟังก์ชัน

3.1.1.2 การเรียกข้อมูลจาก Public MQTT Cloud

เมื่ออุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการอ่านค่าข้อมูลคุณภาพของสัญญาณที่ได้รับ (RSRQ) และค่าสัญญาณ GPS แล้วจึงทำการส่งข้อมูลไปที่ Public MQTT Cloud ด้วย โพรโทคอล MQTT ในขั้นตอนถัดไปจะใช้อุปกรณ์ Laptop สำหรับการรับข้อมูลจาก Public MQTT Cloud และนำไปเก็บข้อมูลลงในฐานข้อมูล ซึ่งขั้นตอนนี้จะทำการออกแบบโปรแกรมในการ Subscribe topic measure/RSRQ เพื่อทำการรับข้อมูลในรูปแบบ JSON ที่อยู่บน MQTT Broker จากนั้นทำการอ่านข้อมูลตัวแปรต่าง ๆ ใน JSON และนำมาเก็บข้อมูลลงในไฟล์ CSV โดยแสดงกระบวนการทำงานของโปรแกรมสำหรับเก็บค่าคุณภาพของสัญญาณที่ได้รับลงในไฟล์ CSV ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 กระบวนการทำงานของโปรแกรมสำหรับเก็บค่า
คุณภาพของสัญญาณที่ได้รับลงในไฟล์ CSV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1.3 เก็บข้อมูลลงในฐานข้อมูล

เมื่อรวบรวมข้อมูล RSRQ RSRP และ RSSI ของแต่ละพื้นที่มาในรูปแบบไฟล์ CSV แล้วทำการเฉลี่ยค่าข้อมูล RSRQ RSRP และ RSSI ของแต่ละพื้นที่ที่วัดและจัดเก็บลงฐานข้อมูล

3.1.2 ระบบทำนายคุณภาพของสัญญาณในโครงข่ายโทรศัพท์มือถือเทียบกับสัญญาณรบกวนและสัญญาณรบกวนที่ไม่ต้องการโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์

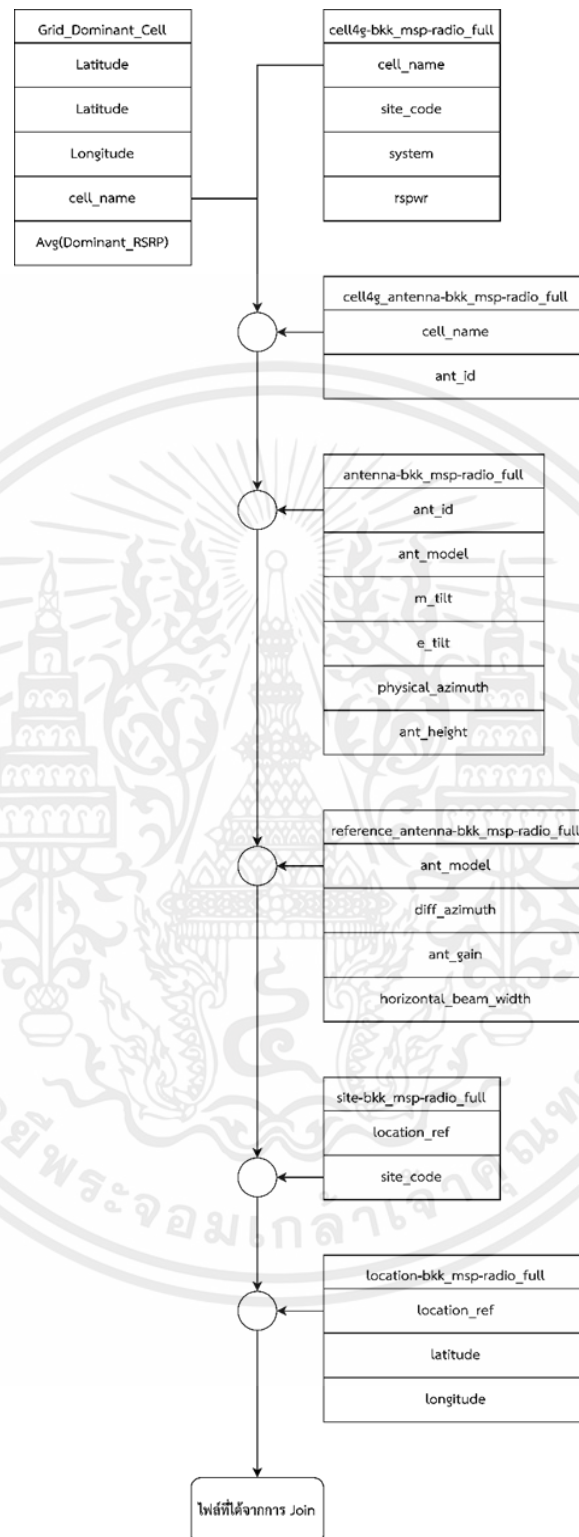
การออกแบบระบบทำนายคุณภาพของสัญญาณในโครงข่ายโทรศัพท์มือถือเทียบกับสัญญาณรบกวนและสัญญาณรบกวนที่ไม่ต้องการโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ ถูกออกแบบฟังก์ชันการทำงานด้วยภาษาไพธอน ซึ่งข้อมูลจะถูกนำมารวบรวมโดยใช้หลักการ Join ของ Pandas Dataframe โดยข้อมูลจะถูกจัดเก็บในรูปแบบของไฟล์ CSV และในส่วนของโมเดล Path Loss เลือกใช้โมเดล Ericsson เนื่องจากมีค่า Path Loss ในหน่วยเดซิเบล (dB) และมีช่วงความถี่ใกล้เคียงกับพื้นที่ในประเทศไทยมากที่สุด และนำค่า Path Loss ที่ได้ไปหาค่าของ RSRP และ SINR ขั้นตอนการทำงานเป็นไปดังรูปที่ 3.9



รูป 3.9 ขั้นตอนการทำนาย SINR

3.1.2.1 การจัดเตรียมข้อมูลเพื่อนำไปฝึกฝนปัญญาประดิษฐ์

เป็นการนำไฟล์จำนวน 2 ไฟล์ทำการ Join ด้วยการเขียนโปรแกรมภาษาไพธอน โดยใช้ไฟล์ข้อมูลรายวันของ Grid เป็นไฟล์หลักที่ใช้ในการรวมไฟล์ ซึ่งมีข้อมูลของตำแหน่งละติจูดและลองจิจูดของ Grid ที่เชื่อมต่อกับ Cell Name ใดๆ และข้อมูลอื่น ๆ เช่น RSRP และ RSRQ เป็นต้น และนำไฟล์ของกลุ่มไฟล์ site table mapping ซึ่งจะมีข้อมูลอื่นๆของ Cell Name นั้นๆอยู่ มาทำการ Join กับไฟล์หลักที่ละไฟล์โดยเป็นการ Join ไฟล์จำนวน 7 ไฟล์ ซึ่งทำการ Join แบบ Left Join ที่ละ 2 ไฟล์ โดยมีคอลัมน์หลักเป็นเงื่อนไขในการ Join แต่ละครั้ง ซึ่งแสดงแผนภาพเงื่อนไขการ Join ไฟล์ดังรูปที่ 3.9 โดยแถวแรกคือชื่อของไฟล์และแถวอื่นๆคือชื่อของคอลัมน์ที่นำมาใช้ และแถวที่ใช้ในการ Join ไฟล์จะมีเส้นเชื่อมระหว่างคอลัมน์ เมื่อทำการ join เสร็จสิ้นจะทำการบันทึกไฟล์ให้อยู่ในรูปแบบของไฟล์นามสกุล CSV โดยข้อมูลที่อยู่ในไฟล์สุดท้ายดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 เส้นไขการรวมไฟล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป 3.10 มีขั้นตอนการทำงานดังนี้

- 1) รวมไฟล์ 2 ไฟล์ ได้แก่ ไฟล์ Grid_Dominant_Cell กับไฟล์ cell4g-bkk_msp-radio_full
- 2) นำผลลัพธ์ที่ได้จากการรวมไฟล์ครั้งที่ 1 รวมกับไฟล์ cell4g_antenna-bkk_msp-radio_full
- 3) นำผลลัพธ์ที่ได้จากการรวมไฟล์ครั้งที่ 2 รวมกับไฟล์ antenna-bkk_msp-radio_full
- 4) นำผลลัพธ์ที่ได้จากการรวมไฟล์ครั้งที่ 3 รวมกับไฟล์ reference_antenna-bkk_msp-radio_full
- 5) นำผลลัพธ์ที่ได้จากการรวมไฟล์ครั้งที่ 4 รวมกับไฟล์ site-bkk_msp-radio_full
- 6) นำผลลัพธ์ที่ได้จากการรวมไฟล์ครั้งที่ 5 รวมกับไฟล์ location-bkk_msp-radio_full
- 7) นำผลลัพธ์ที่ได้จากการรวมไฟล์ครั้งที่ 6 มาทำการกรองข้อมูลโดยคัดข้อมูลซ้ำและข้อมูลว่างเปล่าออกจากไฟล์ และไฟล์ข้อมูลมีพารามิเตอร์ดังรูปที่ 3.11

ไฟล์ข้อมูลหลังจากการ Join
Latitude
Longitude
cell_name
Avg(Dominant_RSRP)
site_code
system
rspwr
ant_id
ant_model
m_tilt
e_tilt
physical_azimuth
ant_height
diff_azimuth
ant_gain
horizontal_beam_width
location_ref
latitude
longitude

รูปที่ 3.11 ข้อมูลของไฟล์หลังจากการรวมเสร็จสิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดของข้อมูลที่ใช้ป้อนเพื่อฝึกฝนปัญญาประดิษฐ์ แสดงในตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 รายละเอียดของข้อมูลอินพุตและเอาต์พุตที่ใช้ฝึกฝนปัญญาประดิษฐ์

อินพุตของปัญญาประดิษฐ์	ความหมายของข้อมูล
Latitude	ละติจูดของที่ตั้งเซลล์เสาอากาศ
Longitude	ลองจิจูดของที่ตั้งเซลล์เสาอากาศ
Frequency	ความถี่ของคลื่นที่ใช้ในหน่วย MHz
Transmitter Power	กำลังส่งของเสาอากาศ
Physical azimuth	มุมในแนวราบที่วัดจากทิศเหนือในทิศทางตามเข็มนาฬิกา
Diff azimuth	มุมของ Main Lobe เทียบกับสายอากาศ
Ant gain	อัตราขยายของสายอากาศในหน่วย dBi
Horizontal beam width	ลักษณะการแพร่กระจายคลื่นในแนวนอน
Distance	ระยะห่างระหว่างสถานีฐาน และ Grid คำนวณโดยใช้สมการ Haversine เป็นไปตามสมการที่ (3.1) ถึง (3.3)
Total tilt	ผลรวมของมุมเชิงกายภาพกับมุมเชิงอิเล็กทรอนิกส์ของสายอากาศ คำนวณโดยใช้สมการที่ (3.4)
Path loss Model	การสูญเสียเชิงวิถีที่คำนวณโดยใช้สมการของ Ericsson ดังสมการที่ (3.5)
Path loss error	ผลต่างระหว่าง Path Loss Ericsson และ Path Loss Measure คำนวณโดยใช้สมการที่ (3.7) ใช้เป็นเอาต์พุตให้กับปัญญาประดิษฐ์

เนื่องจากมีพารามิเตอร์ที่ต้องทำการคำนวณก่อนนำไปใช้ดังนี้

- 1) Distance ได้จากการคำนวณโดยใช้สมการ Haversine [1] คำนวณโดยใช้สมการ (3.1) ถึงสมการ (3.3)

$$a = \sin^2\left(\frac{\Delta lat}{2}\right) + \cos(lat_1) \times \cos(lat_2) \times \sin^2\left(\frac{\Delta long}{2}\right) \quad (3.1)$$

$$c = 2 \times a \tan 2(\sqrt{a}) \quad (3.2)$$

$$d = R \times c \quad (3.3)$$

โดยที่ R เป็นรัศมีของโลก (6371 กิโลเมตร)

2) Total_tilt ได้จากการคำนวณโดยใช้สมการ (3.4)

$$\text{total_tilt} = \text{m_tilt} + \text{e_tilt} \quad (3.4)$$

3) Pathloss Model เลือกใช้เป็นโมเดล Ericsson เนื่องจากมีช่วงความถี่การใช้งาน คลอบคลุมช่วงความถี่ที่ใช้ภายในพื้นที่ประเทศไทย จากนั้นจะทำการพิจารณาลักษณะของพื้นที่ต่างๆ ได้แก่ เขตเมือง เขตชานเมือง และเขตชนบทคำนวณโดยใช้สมการ (3.5) โดยเป็นการคิดในกรณีที่อยู่ในเขตเมือง

$$L = 36.2 + 30.2 \log(d) + 12 \log(h_b) + 0.1 \log(d) \log(h_b) - 3.2(\log(11.75 h_r))^2 + g(f) \quad (3.5)$$

โดย $g(f)$ คำนวณได้จากสมการที่ (6)

$$g(f) = 44.49 \log(f) - 4.78(\log(f))^2 \quad (3.6)$$

โดยที่ d คือ ระยะทางในหน่วยกิโลเมตร

f คือ ความถี่ในหน่วย MHz

h_b คือ ความสูงของเสาอากาศส่งในหน่วยเมตร

h_r คือ ความสูงของเสาอากาศรับในหน่วยเมตร

4) Path Loss Error ได้จากการคำนวณโดยใช้สมการ (3.7)

$$PL_{Er} = PL_{Ericsson} - PL_{mr} \quad (3.7)$$

โดย PL_{mr} คำนวณได้จากสมการที่ (3.8)

$$PL_{mr} = (Tx + \text{Ant gain}) - \text{RSRP} \quad (3.8)$$

โดยที่ PL_{Er} คือ ผลต่างระหว่างค่า Path Loss ที่วัดได้ และค่า Path Loss จากการคำนวณ

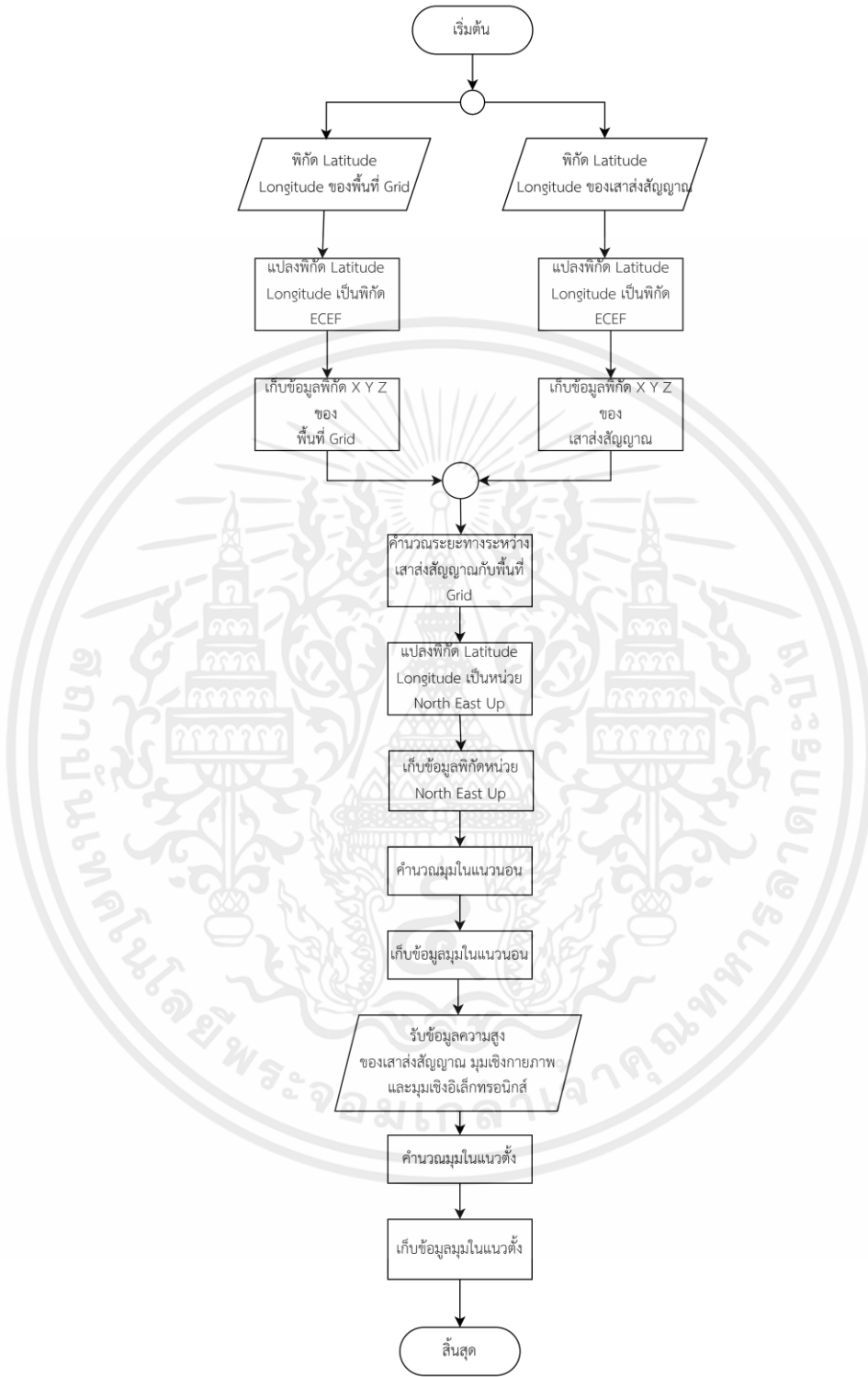
$PL_{Ericsson}$ คือ Path Loss Ericsson

PL_{mr} คือ ค่า Path Loss ที่วัดได้

3.1.2.2 การคำนวณอัตราขยายของสายอากาศเชิงสามมิติ

การคำนวณอัตราขยายของสายอากาศเชิงสามมิติ แสดงการทำงานในรูปที่ 3.12 โดยมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

- 1) แปลงพิกัดละติจูดและลองจิจูดของพื้นที่ Grid และเสาส่งสัญญาณในหน่วยพิกัด ECEF ได้เป็นพิกัด XYZ
- 2) คำนวณระยะทางระหว่างพื้นที่ Grid และเสาส่งสัญญาณตั้งสมการที่ (2.21)
- 3) แปลงพิกัดละติจูด ลองจิจูดและพิกัด XYZ เป็นพิกัด North East Up ตั้งสมการที่ (2.22) โดยกำหนดให้เสาส่งสัญญาณเป็นตำแหน่งอ้างอิง
- 4) คำนวณมุมในแนวนอนจากพิกัด North East Up ตั้งสมการที่ (2.24)
- 5) คำนวณมุมในแนวตั้งจากข้อมูลความสูงของสายอากาศ มุมเชิงกายภาพ และมุมเชิงอิเล็กทรอนิกส์ ตั้งสมการที่ (2.25)



รูปที่ 3.12 การทำงานการคำนวณระยะทาง มุมในแนวตั้งและแนวนอน
สำหรับอัตราขยายของสายอากาศเชิงสามมิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2.3 โมเดลทำนายค่า Path Loss Error

โมเดลทำนายค่า Path Loss Error โดยแบ่งคอลัมน์ที่ต้องการใช้เป็นอินพุตและกำหนดค่าเอาต์พุตเป็นค่า Path Loss Error จากนั้นนำข้อมูลไปแบ่งเป็น 2 ส่วนโดยแบ่งเป็นข้อมูลที่ใช้ในการฝึกฝนและข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบโมเดลโดยแบ่งด้วยอัตราส่วน 80:20 เมื่อแบ่งข้อมูลเสร็จสิ้นจึงนำไปฝึกฝนโครงข่ายประสาทเทียม โดยมีการกำหนดจำนวน Hidden Layer จำนวน Node จำนวน Epochs จำนวน Validation Split และจำนวน Batch Size โครงสร้างภายในโครงข่ายประสาทเทียมมีการกำหนดฟังก์ชัน Activation เป็นฟังก์ชัน sigmoid และฟังก์ชัน Tanh ซึ่งมีความเหมาะสมในการทำโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Regression และ Optimizer กำหนดเป็น Adam และกำหนดฟังก์ชัน Loss เป็น MSE

3.1.2.3 การคำนวณหาค่า Signal Quality

เมื่อฝึกฝนเสร็จโมเดลปัญญาประดิษฐ์เพื่อทำนายค่า Path Loss Error เสร็จสิ้นแล้วจึงใช้โมเดลทำนายค่า Path Loss Error จากนั้นนำค่า Path Loss Error ที่ได้จากการทำนายด้วยโมเดลปัญญาประดิษฐ์มาคำนวณหาค่า Path Loss Measure โดยใช้สมการ (3.9) ทำการคำนวณกับสถานีฐานทั้งหมดที่มีระยะห่างไม่เกิน 15 กิโลเมตรสำหรับลำดับการหาค่า Signal Quality แสดงเป็นแผนภาพการทำงานในรูปที่ 3.13

$$PL_{mr} = PL_{Es} - PL_{Er} \quad (3.9)$$

โดยที่ PL_{Er} คือ ผลต่างระหว่างค่า Path Loss ที่วัดได้ และค่า Path Loss จากการคำนวณ

PL_{Es} คือ Path Loss Ericsson

PL_{mr} คือ ค่า Path Loss ที่วัดได้

จากนั้นนำค่า Path Loss Measure ไปคำนวณหาค่า RSRP โดยใช้สมการ (3.10)

$$RSRP = (Tx + Ant Gain) - PL_{mr} \quad (3.10)$$

เมื่อได้ค่า RSRP แล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาค่า Signal Quality โดยใช้สมการ (3.11)

$$SQ \triangleq \log_{10} \left[\frac{RSRP_{\max}}{(\sum RSRP - RSRP_{\max})} \right] \quad (3.11)$$

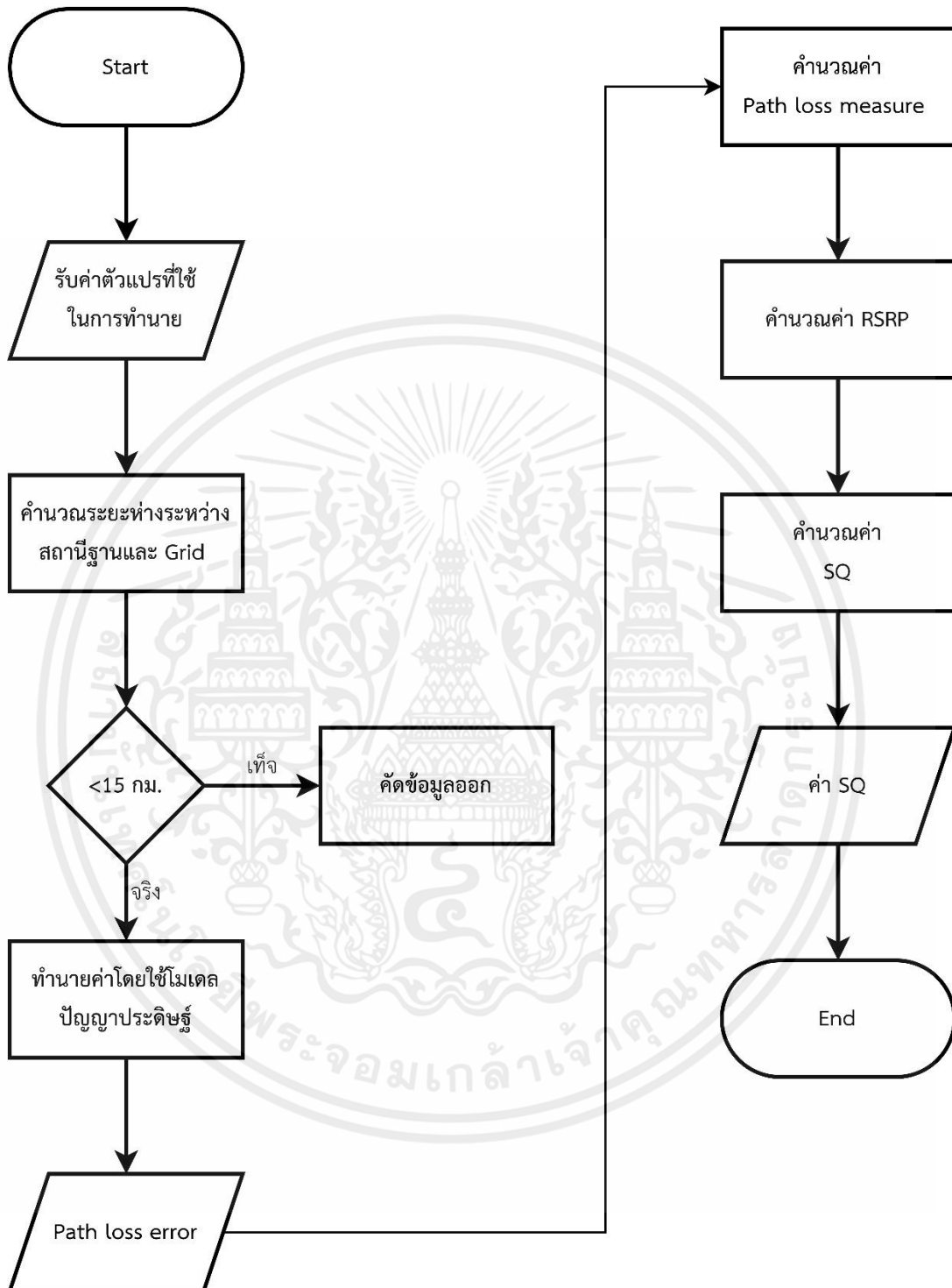
โดยที่ SQ คือ Signal Quality

$RSRP_{\max} (dBm)$ คือค่า RSRP ที่มากที่สุดภายในพื้นที่เทียบกับทุกสถานีฐาน

N คือจำนวนของสถานีฐาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 การทำงานของการหาค่า Signal Quality for Mobile Network

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2.4 ทดสอบประสิทธิภาพโมเดล

ทำการทำนายค่า Path Loss Error แล้วนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลจริง โดยคำนวณค่า MAE และ RMSE เพื่อดูความแม่นยำของโมเดล

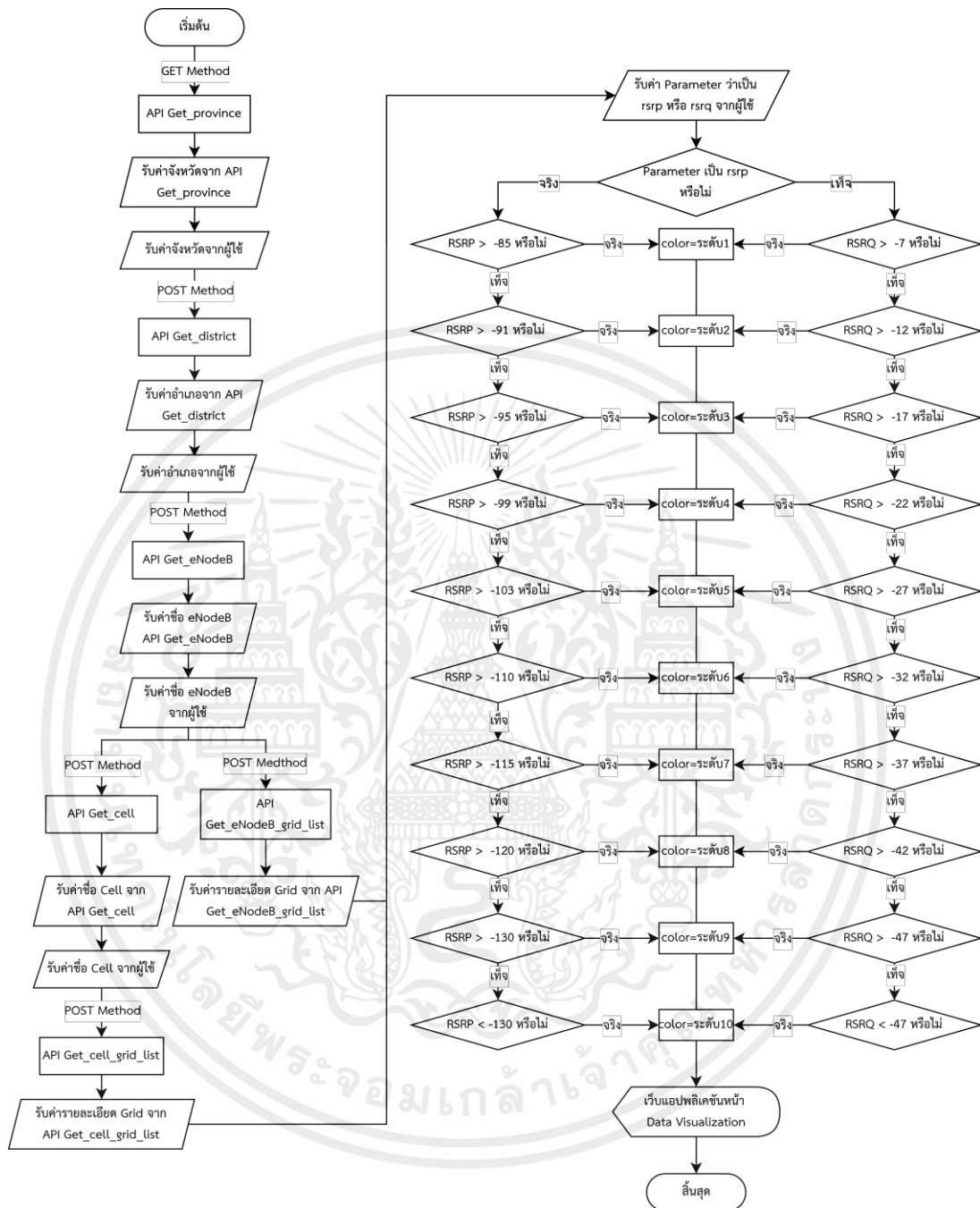
3.1.3 เว็บแอปพลิเคชัน

การออกแบบโครงสร้างเว็บแอปพลิเคชันแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ Front-End และ Back-End ดังนี้

3.1.3.1 Front-End

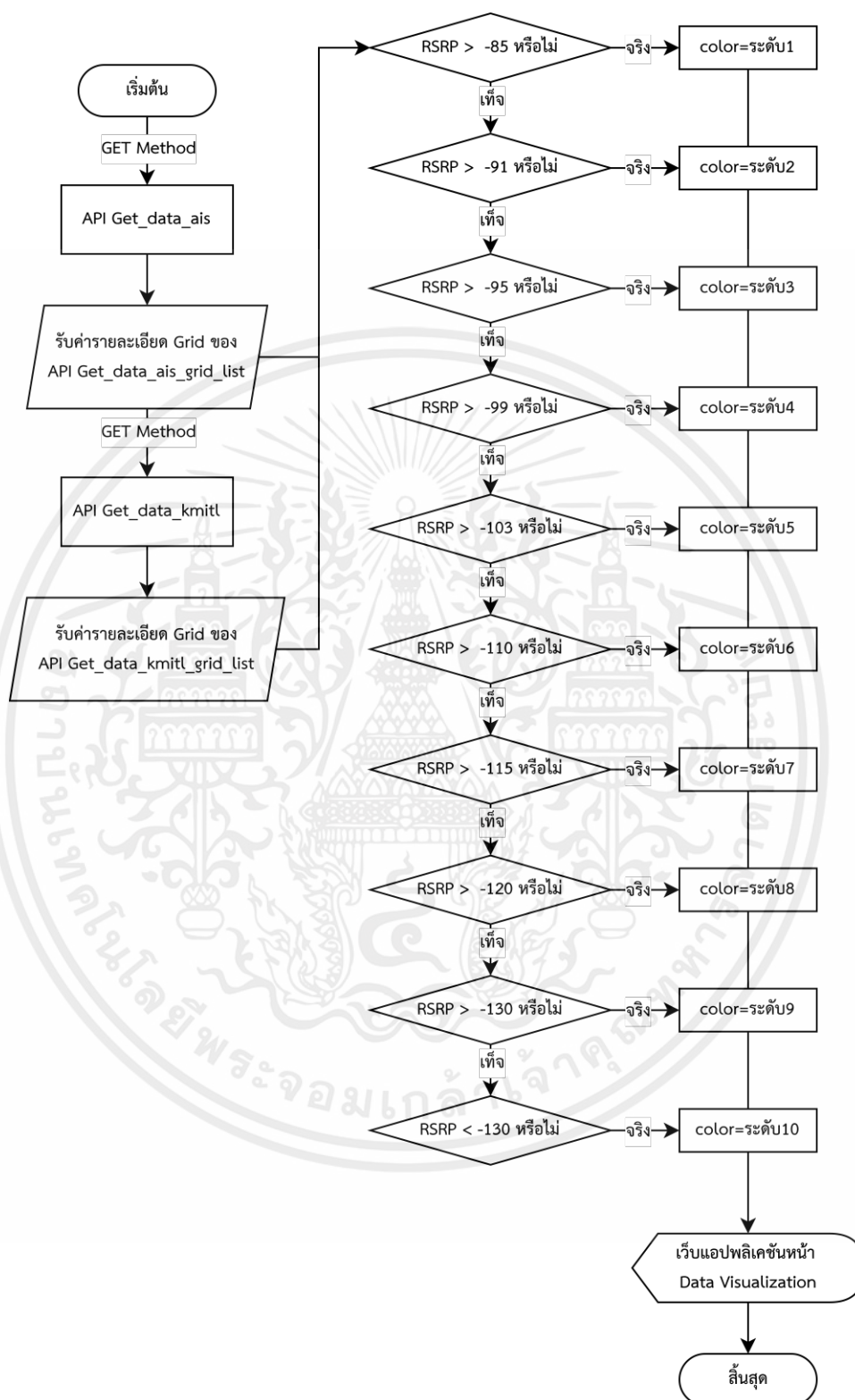
1) หน้า Data Visualization

หน้า Data Visualization ใช้สำหรับแสดงผลข้อมูลบนแผนที่เช่น ค่า RSRP และค่า RSRQ เป็นต้น โดยข้อมูลแบ่งออกตาม Grid พื้นที่ย่อยขนาด 50 x 50 เมตร ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลจากแหล่งข้อมูล 2 ส่วน คือ ส่วนข้อมูลที่ได้จาก AIS และส่วนข้อมูลที่ทำกรวัดค่าจากไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยมีกระบวนการทำงานดังรูปที่ 3.14 และ 3.15 ตามลำดับ



รูปที่ 3.14 กระบวนการทำงานของเว็บแอปพลิเคชันหน้า Data Visualization ส่วนข้อมูล AIS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 กระบวนการทำงานของเว็บแอปพลิเคชันหน้า Data Visualization ส่วนข้อมูล KMITL

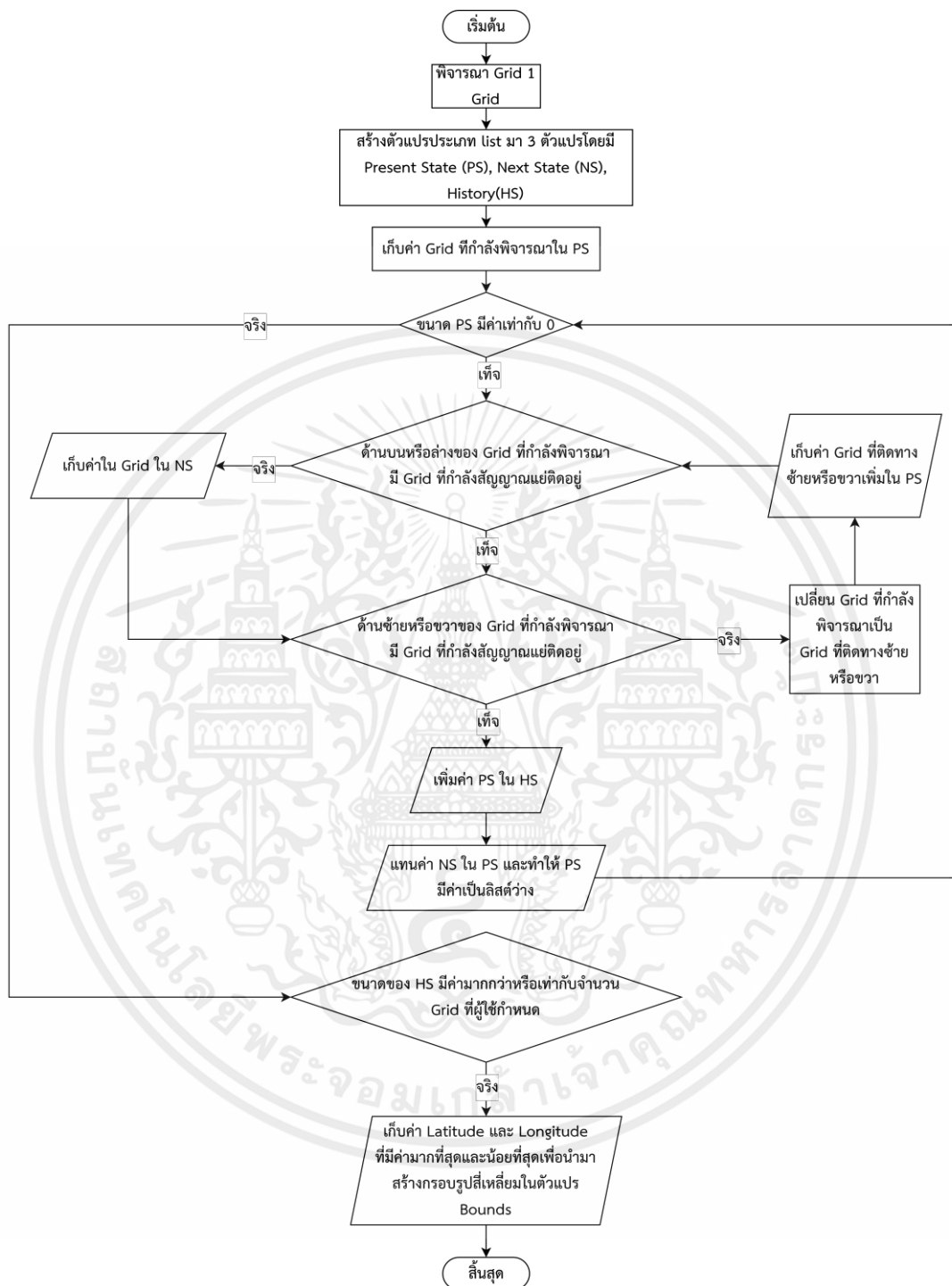
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) หน้า Scan Problem Area

หน้า Scan Problem Area ใช้สำหรับแสดงพื้นที่ที่มีกำลังของสัญญาณอ้างอิงที่แย่มากกว่า -100 dBm โดยมีการครอบพื้นที่ Grid ที่กำลังสัญญาณแย่มากเกินไป เงื่อนไขในการครอบพื้นที่คือต้องมี Grid ที่แย่มากกว่าจำนวนที่ผู้ใช้กำหนด โดยแสดงอัลกอริทึมในการตรวจสอบ Grid ที่อยู่ติดกันดังรูปที่ 3.16



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 อัลกอริทึมการกรอบพื้นที่ที่มีปัญหา

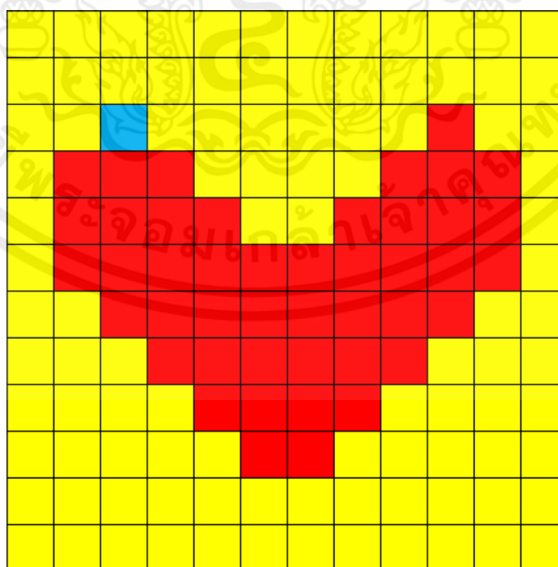
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.15 อัลกอริทึมตรวจสอบ Grid ที่มีคุณภาพของสัญญาณแยกที่อยู่ติดกัน โดยมีตัวอย่างการโดยกำหนดพื้นที่ขนาด 12×12 Grid และมีสัญลักษณ์ต่างๆ แสดงดังตารางที่ 3.7 และมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

ตารางที่ 3.7 ความหมายของสัญลักษณ์ที่ใช้ในตัวอย่างการทำงานของอัลกอริทึม

สัญลักษณ์	ความหมาย
Grid สีเหลือง	Grid ที่มีคุณภาพของสัญญาณปกติ
Grid สีแดง	Grid ที่มีคุณภาพสัญญาณแย่
Grid สีฟ้า	Grid ที่กำลังพิจารณา
Grid สีเทา	Grid ที่เก็บค่าใน HS
กรอบสี่เหลี่ยมสีเขียว	Grid ที่เก็บค่าใน PS
กรอบสี่เหลี่ยมสีม่วง	Grid ที่เก็บค่า NS
กรอบสี่เหลี่ยมสีฟ้า	ผลลัพธ์ที่ได้จากการทำอัลกอริทึม

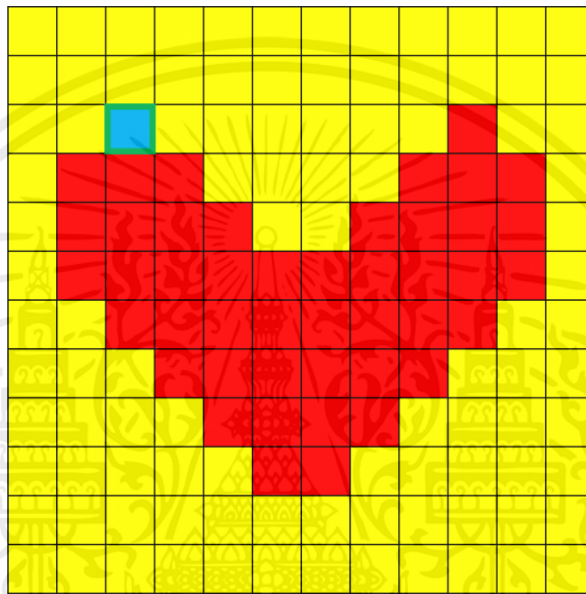
1) พิจารณาค่าละติจูด ลองจิจูด และคุณภาพของสัญญาณ 1 Grid (Grid สีฟ้า) แสดงดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 ตัวอย่างการทำงานของอัลกอริทึม (1)

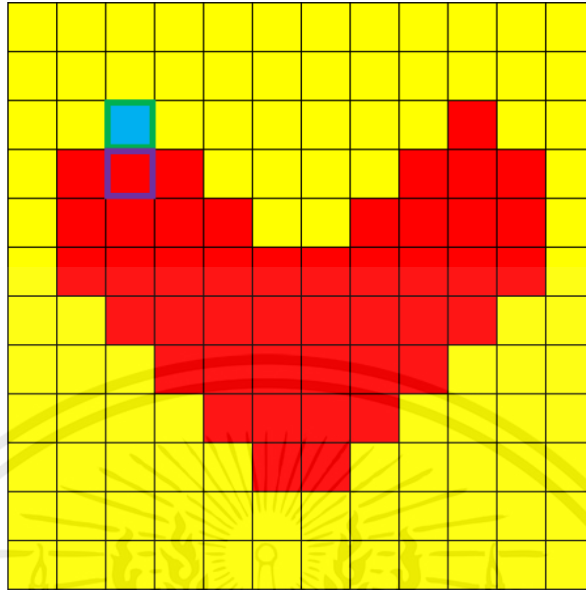
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 2) สร้างตัวแปรประเภทลิสต์ 3 ตัว คือ Present State (PS) Next State (NS) History (HS)
- 3) เก็บค่าละติจูด และลองจิจูดของ Grid ที่กำลังพิจารณาด้วยตัวแปร PS แสดงดังรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 ตัวอย่างการทำงานของอัลกอริทึม (2)

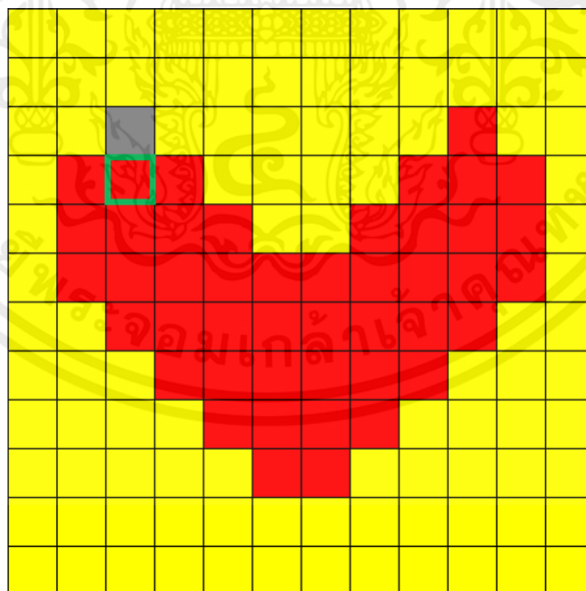
- 4) สร้าง while loop ภายใต้ง่อนไขขนาดของ PS = 0
- 5) ตรวจสอบ Grid ที่อยู่ทางซ้ายและขวาของ Grid ที่กำลังพิจารณาโดยไม่ซ้ำกับ Grid ที่อยู่ใน HS และ PS จากนั้นเก็บค่าเพิ่มใน PS
- 6) เก็บค่า Grid ที่อยู่บนและล่างของ Grid ที่อยู่ PS ไว้ใน NS แสดงดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 ตัวอย่างการทำงานของอัลกอริทึม (3)

7) เก็บค่า PS ใน HS และแทนค่า NS ใน PS จากนั้นจึงทำให้ NS เป็นลิสต์ว่าง แสดง

ดังรูปที่ 3.20



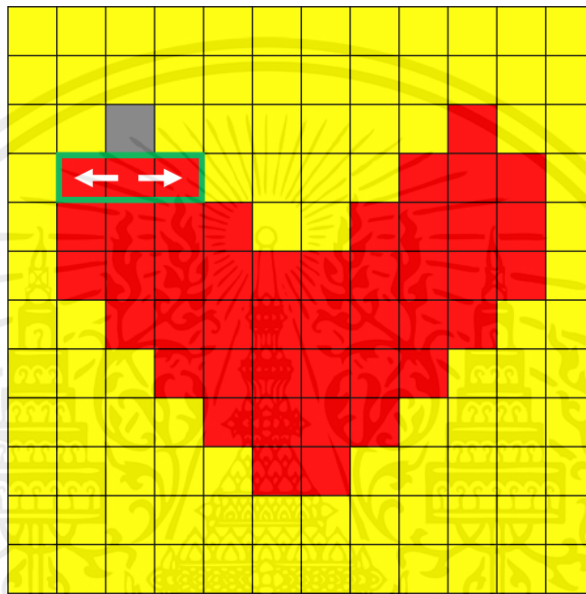
รูปที่ 3.20 ตัวอย่างการทำงานของอัลกอริทึม (4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8) ทำซ้ำข้อ 5-7 จนกว่า PS จะมีขนาดเป็น 0 โดยแสดงการทำซ้ำจนจบกระบวนการ
ดังนี้

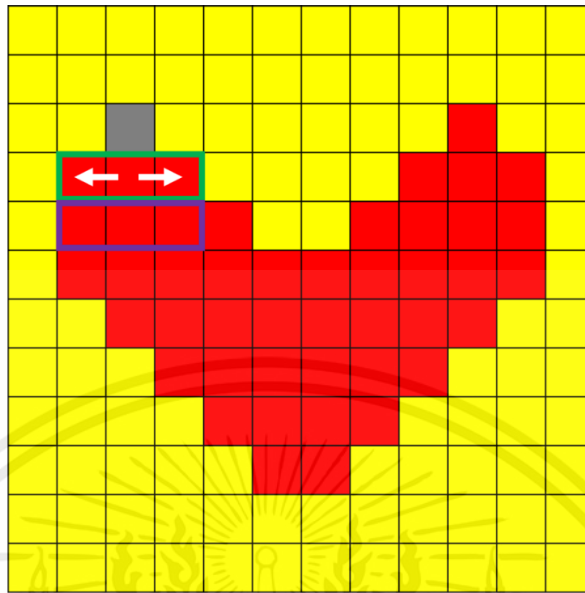
8.1) การทำซ้ำรอบที่ 1

8.1.1) ตรวจสอบ Grid ที่อยู่ทางซ้ายและขวาของ Grid ที่กำลัง
พิจารณาโดยไม่ซ้ำกับ Grid ที่อยู่ HS และ PS จากนั้นเก็บค่าเพิ่มใน PS แสดงดังรูปที่ 3.21



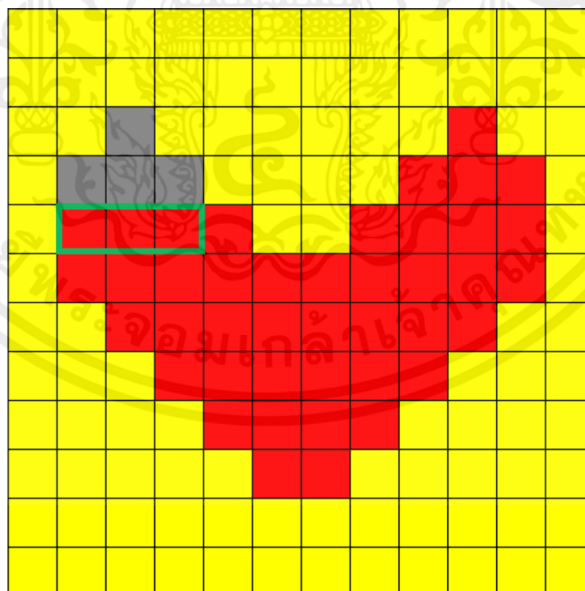
รูปที่ 3.21 ตัวอย่างการทำงานของอัลกอริทึม (5)

8.1.2) เก็บค่า Grid ที่อยู่บนและล่างของ Grid ที่อยู่ PS ไว้ใน NS
แสดงดังรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 ตัวอย่างการทำงานของอัลกอริทึม (6)

8.1.3) เก็บค่า PS ใน HS และแทนค่า NS ใน PS จากนั้นจึงทำให้ NS เป็นลิสต์ว่าง แสดงดังรูปที่ 3.23

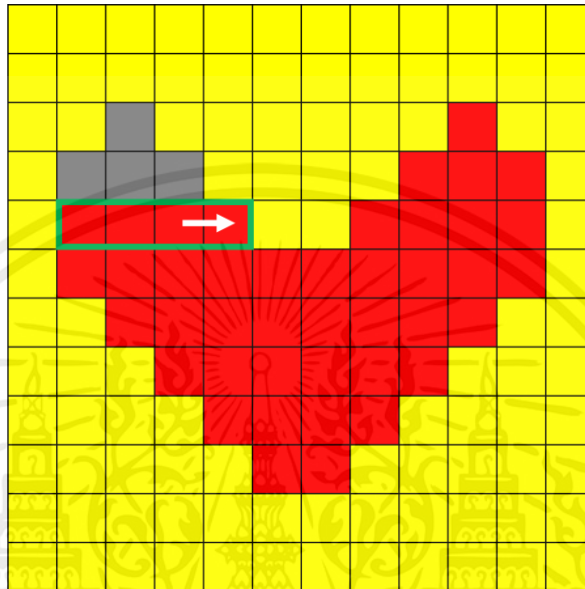


รูปที่ 3.23 ตัวอย่างการทำงานของอัลกอริทึม (7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

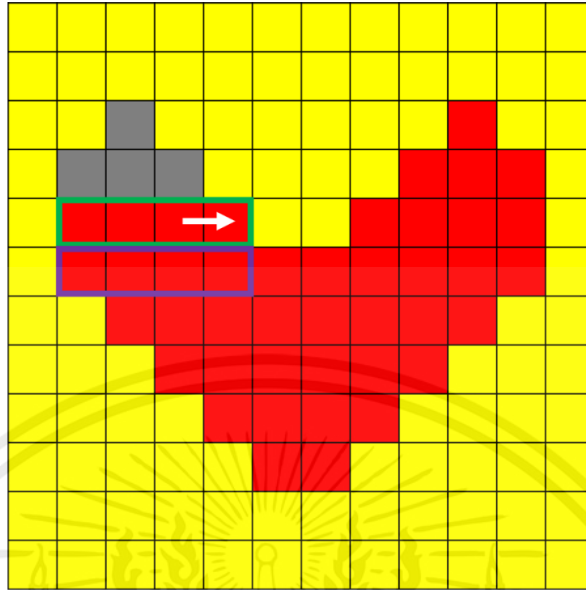
8.2) การทำซ้ำรอบที่ 2

8.2.1) ตรวจสอบ Grid ที่อยู่ทางซ้ายและขวาของ Grid ที่กำลังพิจารณาโดยไม่ซ้ำกับ Grid ที่อยู่ ใน HS และ PS จากนั้นเก็บค่าเพิ่มใน PS แสดงดังรูปที่ 3.24



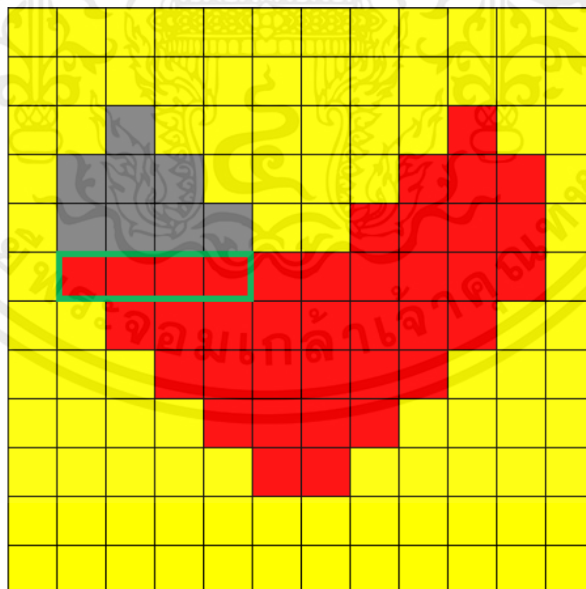
รูปที่ 3.24 ตัวอย่างการทำงานของอัลกอริทึม (8)

8.2.2) เก็บค่า Grid ที่อยู่บนและล่างของ Grid ที่อยู่ PS ไว้ใน NS แสดงดังรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.25 ตัวอย่างการทำงานของอัลกอริทึม (9)

8.2.3) เก็บค่า PS ใน HS และแทนค่า NS ใน PS จากนั้นจึงทำให้ NS เป็นลิสต์ว่าง แสดงดังรูปที่ 3.26

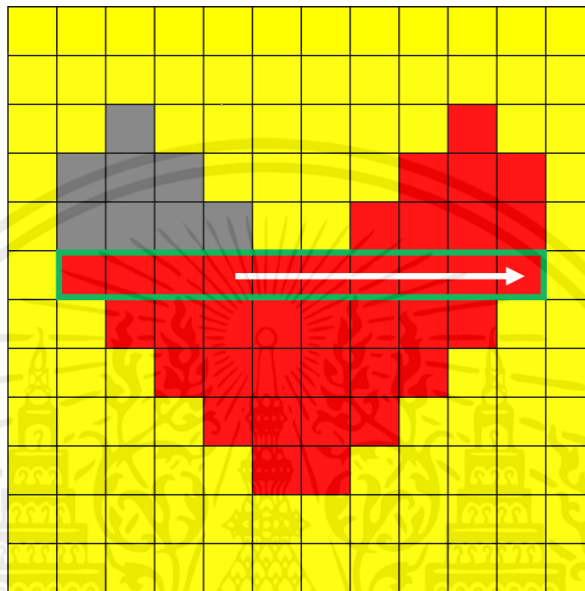


รูปที่ 3.26 ตัวอย่างการทำงานของอัลกอริทึม (10)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

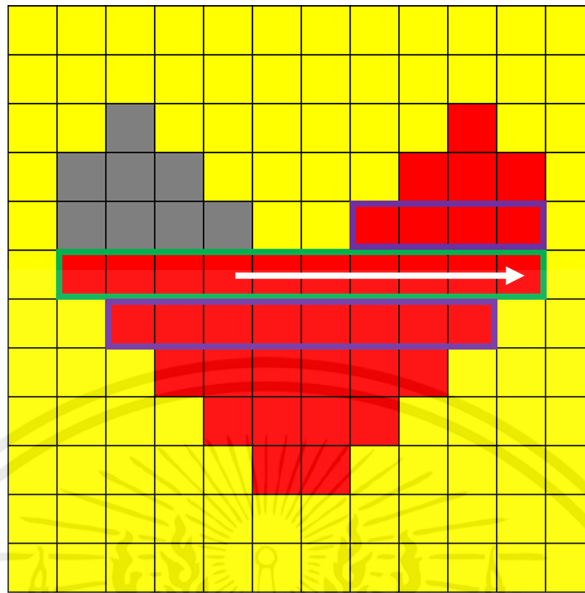
8.3) การทำซ้ำรอบที่ 3

8.3.1) ตรวจสอบ Grid ที่อยู่ทางซ้ายและขวาของ Grid ที่กำลังพิจารณาโดยไม่ซ้ำกับ Grid ที่อยู่ HS และ PS จากนั้นเก็บค่าเพิ่มใน PS แสดงดังรูปที่ 3.27



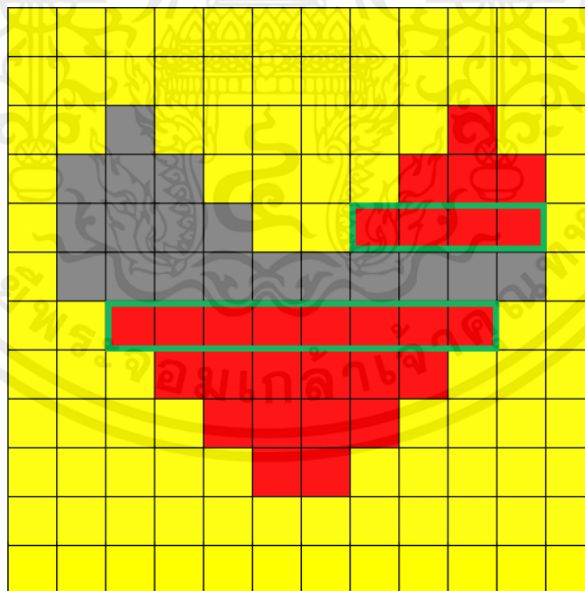
รูปที่ 3.27 ตัวอย่างการทำงานของอัลกอริทึม (11)

8.3.2) เก็บค่า Grid ที่อยู่บนและล่างของ Grid ที่อยู่ PS ไว้ใน NS แสดงดังรูปที่ 3.28



รูปที่ 3.28 ตัวอย่างการทำงานของอัลกอริทึม (12)

8.3.3) เก็บค่า PS ใน HS และแทนค่า NS ใน PS จากนั้นจึงทำให้ NS เป็นลิสต์วาง แสดงดังรูปที่ 3.29



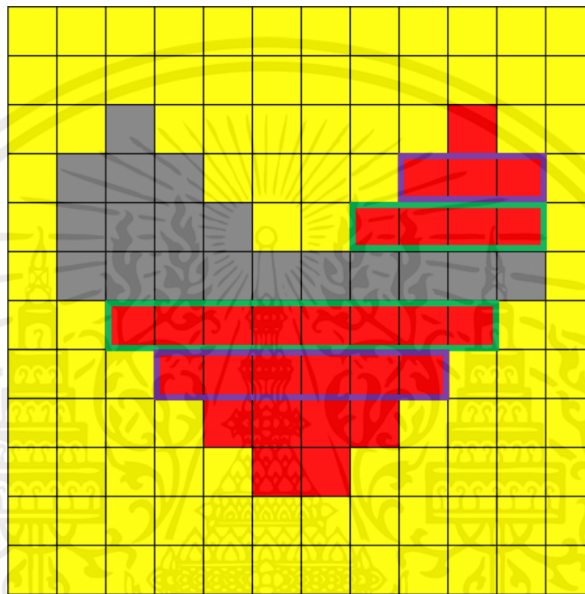
รูปที่ 3.29 ตัวอย่างการทำงานของอัลกอริทึม (13)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.4) การทำซ้ำรอบที่ 4

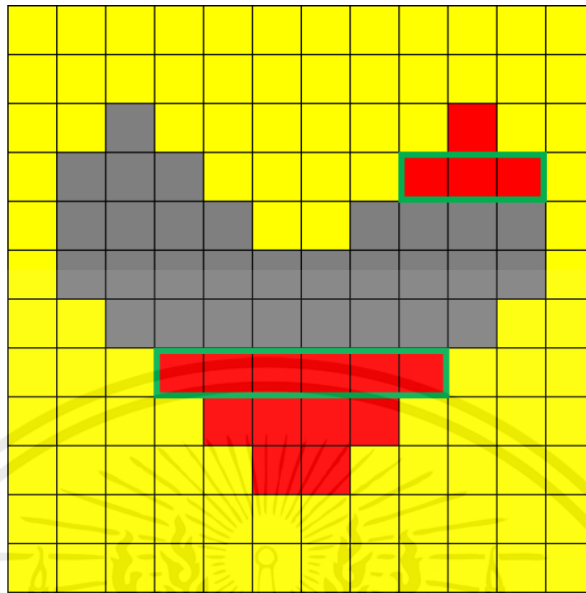
8.4.1) ตรวจสอบ Grid ที่อยู่ทางซ้ายและขวาของ Grid ที่กำลังพิจารณาโดยไม่ซ้ำกับ Grid ที่อยู่ใน HS และ PS จากนั้นเก็บค่าเพิ่มใน PS

8.4.2) เก็บค่า Grid ที่อยู่บนและล่างของ Grid ที่อยู่ PS ไว้ใน NS แสดงดังรูปที่ 3.30



รูปที่ 3.30 ตัวอย่างการทำงานของอัลกอริทึม (14)

8.4.3) เก็บค่า PS ใน HS และแทนค่า NS ใน PS จากนั้นจึงทำให้ NS เป็นลิสต์ว่าง แสดงดังรูปที่ 3.31

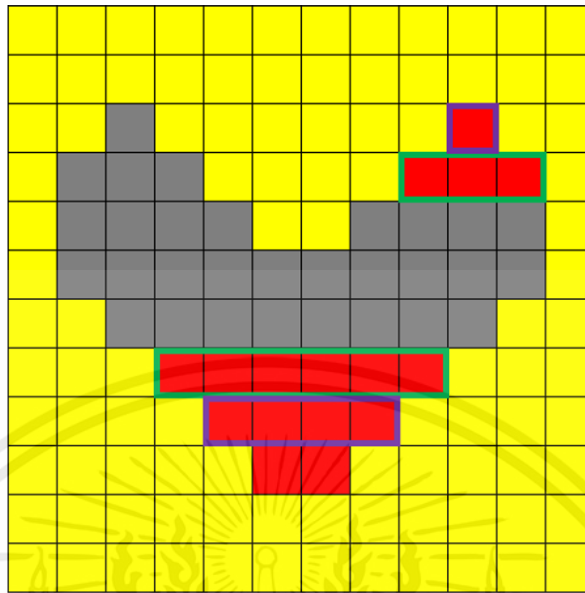


รูปที่ 3.31 ตัวอย่างการทำงานของอัลกอริทึม (15)

8.5) การทำซ้ำรอบที่ 5

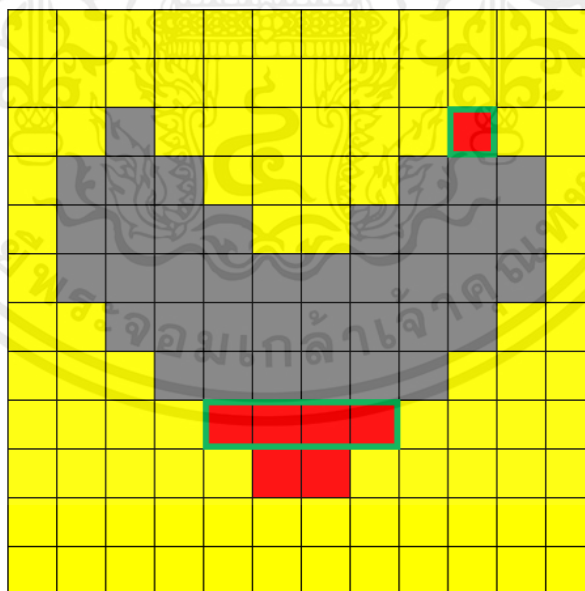
8.5.1) ตรวจสอบ Grid ที่อยู่ทางซ้ายและขวาของ Grid ที่กำลังพิจารณาโดยไม่ซ้ำกับ Grid ที่อยู่ใน HS และ PS จากนั้นเก็บค่าเพิ่มใน PS

8.5.2) เก็บค่า Grid ที่อยู่บนและล่างของ Grid ที่อยู่ PS ไว้ใน NS
แสดงดังรูปที่ 3.32



รูปที่ 3.32 ตัวอย่างการทำงานของอัลกอริทึม (16)

8.5.3) เก็บค่า PS ใน HS และแทนค่า NS ใน PS จากนั้นจึงทำให้ NS เป็นลิสต์ว่าง แสดงดังรูปที่ 3.33



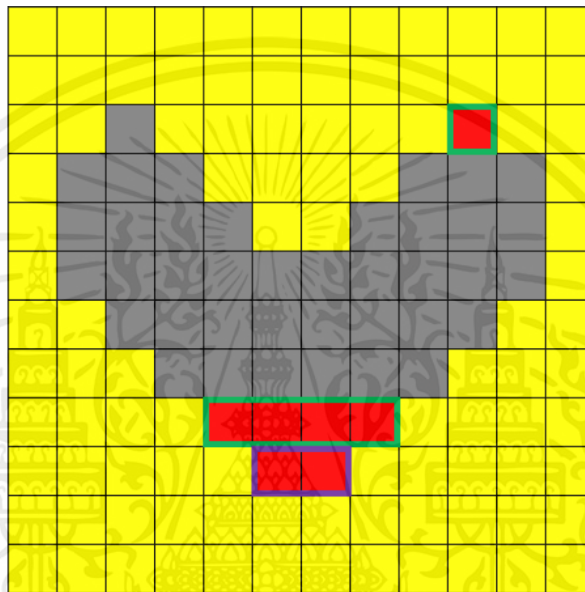
รูปที่ 3.33 ตัวอย่างการทำงานของอัลกอริทึม (17)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.6) การทำซ้ำรอบที่ 6

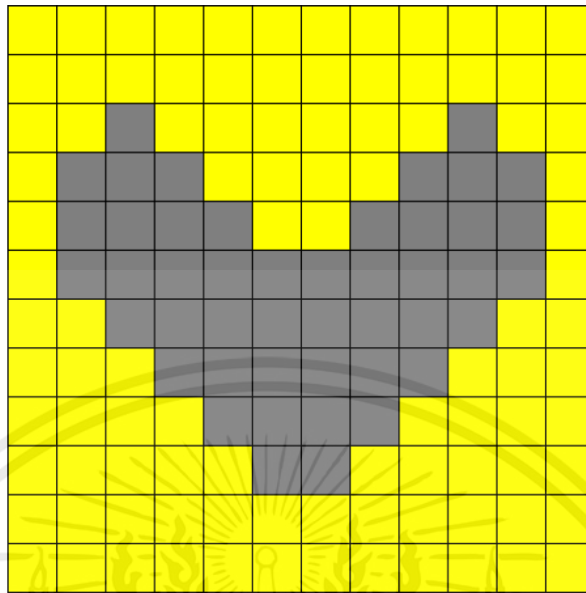
8.6.1) ตรวจสอบ Grid ที่อยู่ทางซ้ายและขวาของ Grid ที่กำลังพิจารณาโดยไม่ซ้ำกับ Grid ที่อยู่ ใน HS และ PS จากนั้นเก็บค่าเพิ่มใน PS

8.6.2) เก็บค่า Grid ที่อยู่บนและล่างของ Grid ที่อยู่ PS ไว้ใน NS แสดงดังรูปที่ 3.34



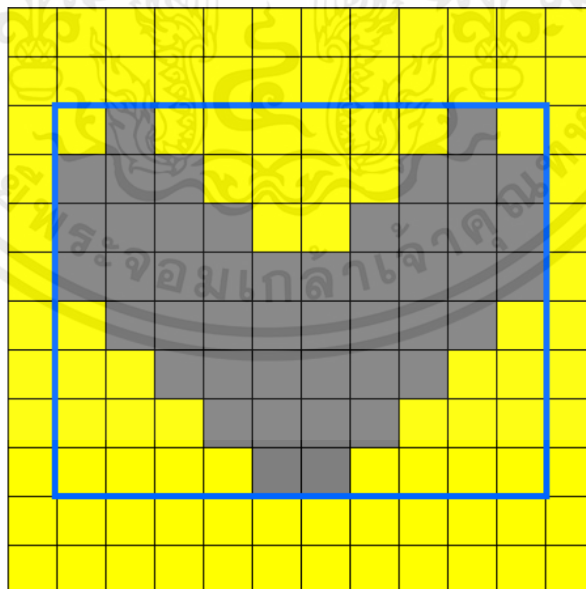
รูปที่ 3.34 ตัวอย่างการทำงานของอัลกอริทึม (18)

8.6.3) เก็บค่า PS ใน HS และแทนค่า NS ใน PS จากนั้นจึงทำให้ NS เป็นลิสต์ว่าง แสดงดังรูปที่ 3.35



รูปที่ 3.36 ตัวอย่างการทำงานของอัลกอริทึม (20)

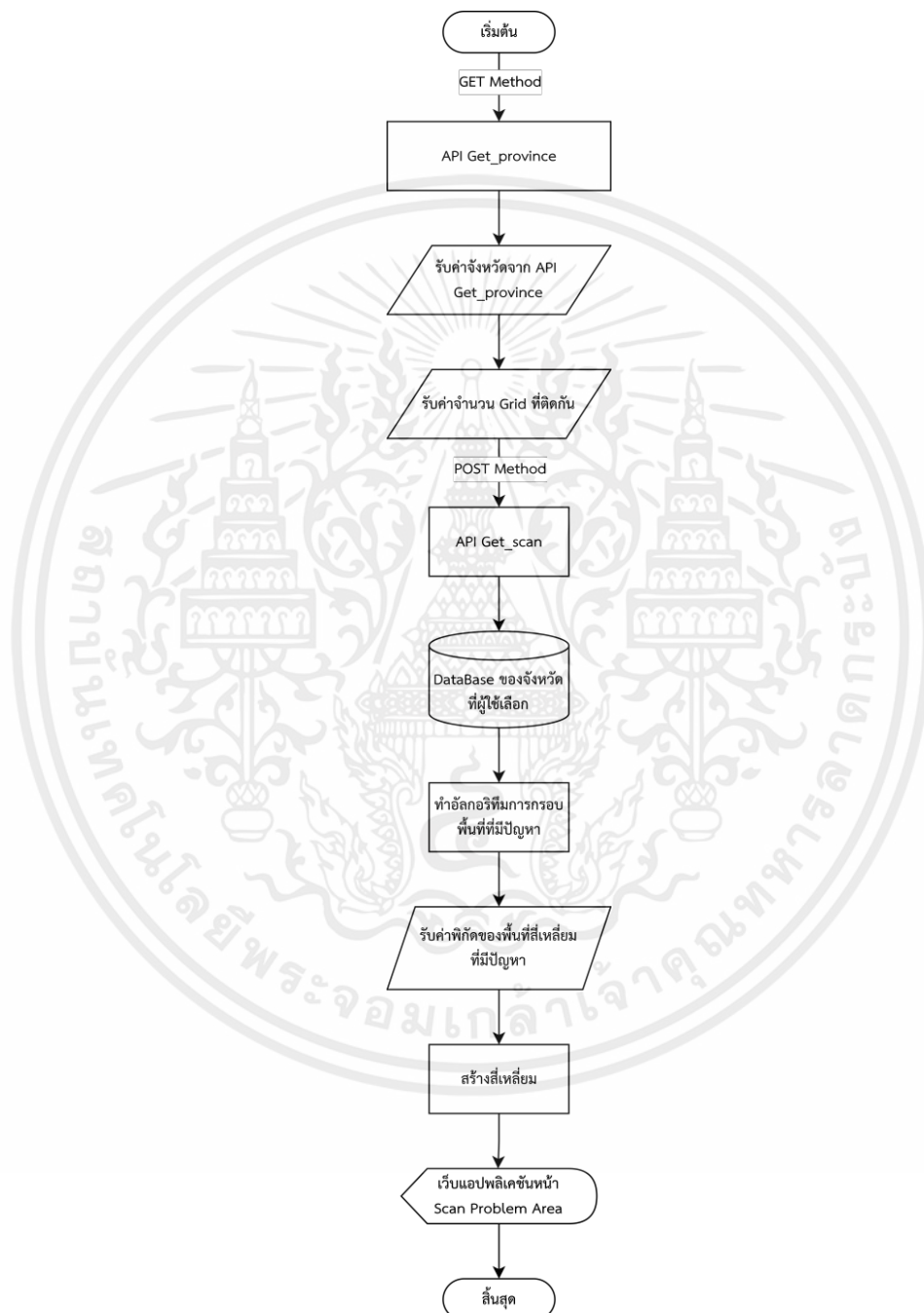
9) จากนั้นพิจารณาขนาดของ HS ถ้ามีขนาดมากกว่าจำนวน Grid ที่ผู้ใช้ต้องการให้อยู่ติดกันแล้วจึง ตรวจสอบ Grid ที่มีค่า ละติจูด และ ลองจิจูด มากที่สุดและน้อยที่สุดเพื่อนำมาสร้างกรอบรูปสี่เหลี่ยม แสดงดังรูปที่ 3.37



รูปที่ 3.37 ตัวอย่างการทำงานของอัลกอริทึม (21)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการทำงานของเว็บแอปพลิเคชันหน้า Scan Problem Area มีการรับข้อมูลจังหวัดและจำนวนของ Grid ที่ผู้ใช้งานต้องการให้ติดกันเพื่อใช้เป็นอินพุตของอัลกอริทึมการกรอพื้นที่ที่มีปัญหา โดยส่วนของการทำงานนั้นแสดงดังรูปที่ 3.38



รูปที่ 3.38 กระบวนการทำงานของเว็บแอปพลิเคชันหน้า Scan Problem Area

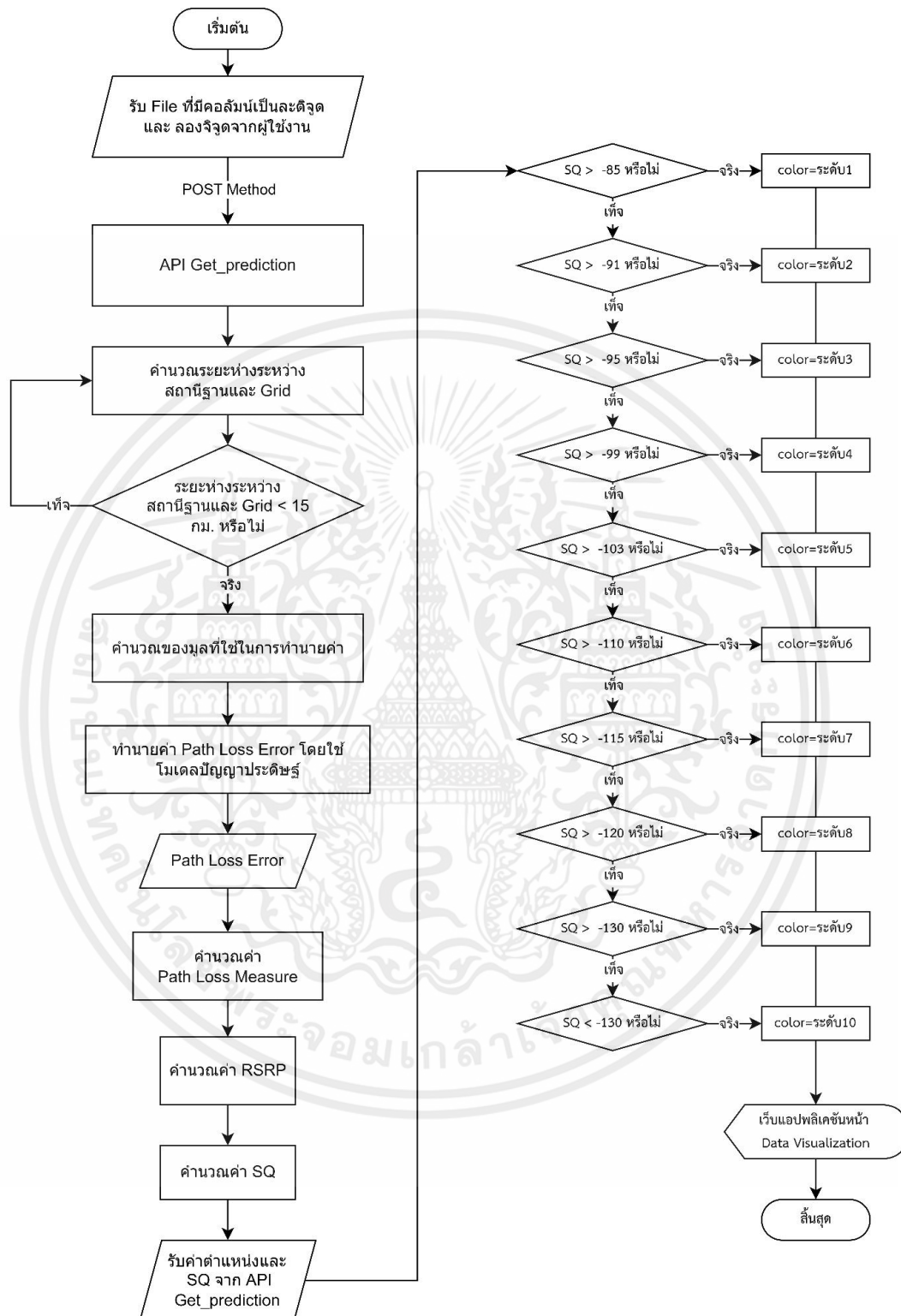
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) หน้า Signal Quality for Mobile Network Prediction

หน้า Signal Quality for Mobile Network Prediction แสดงการทำนายคุณภาพของสัญญาณในโครงข่ายโทรศัพท์มือถือเทียบกับสัญญาณรบกวนและสัญญาณรบกวนที่ไม่ต้องการ โดยผู้ใช้ต้องส่งข้อมูลอินพุตสำหรับทำนายคุณภาพของสัญญาณในโครงข่ายโทรศัพท์มือถือเทียบกับสัญญาณรบกวนและสัญญาณรบกวนที่ไม่ต้องการ ด้วยโมเดลปัญญาประดิษฐ์แล้วจึงแสดงผลค่าคุณภาพของสัญญาณในโครงข่ายโทรศัพท์มือถือเทียบกับสัญญาณรบกวนและสัญญาณรบกวนที่ไม่ต้องการ บนแผนที่ โดยแสดงกระบวนการทำงาน ดังรูปที่ 3.39



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

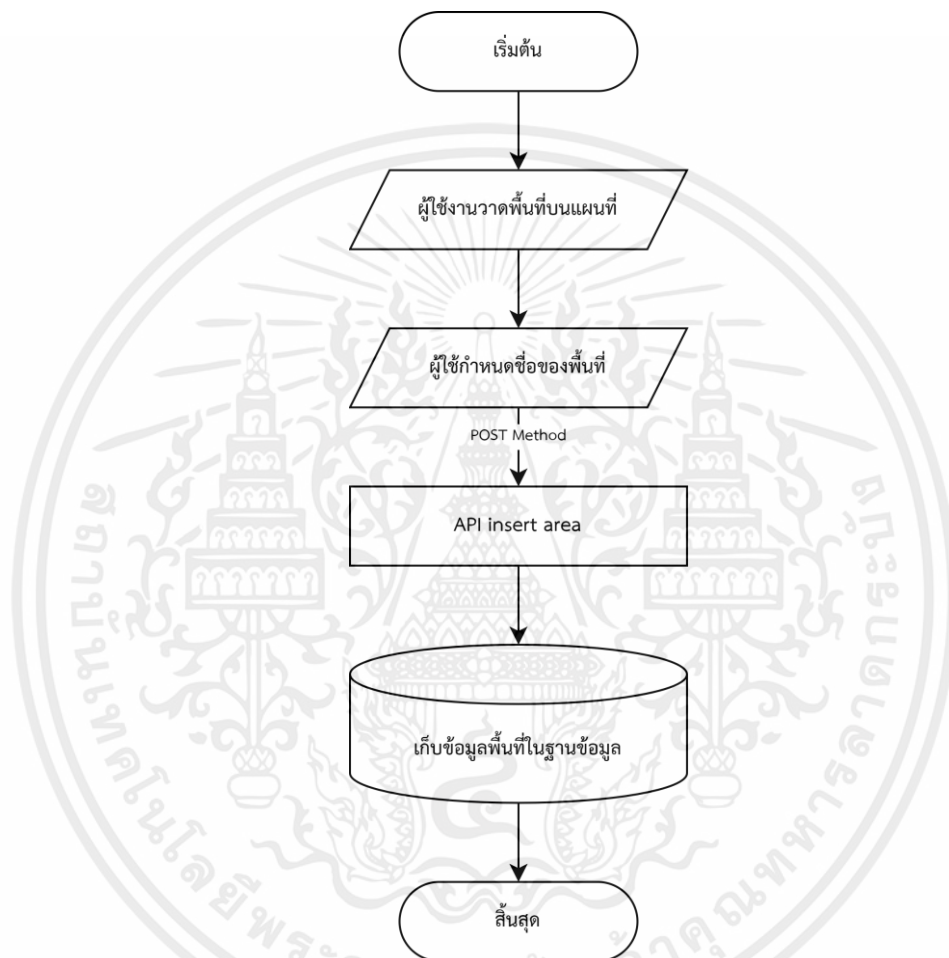


รูปที่ 3.39 การทำงานหน้า Signal Quality for Mobile Network Prediction

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

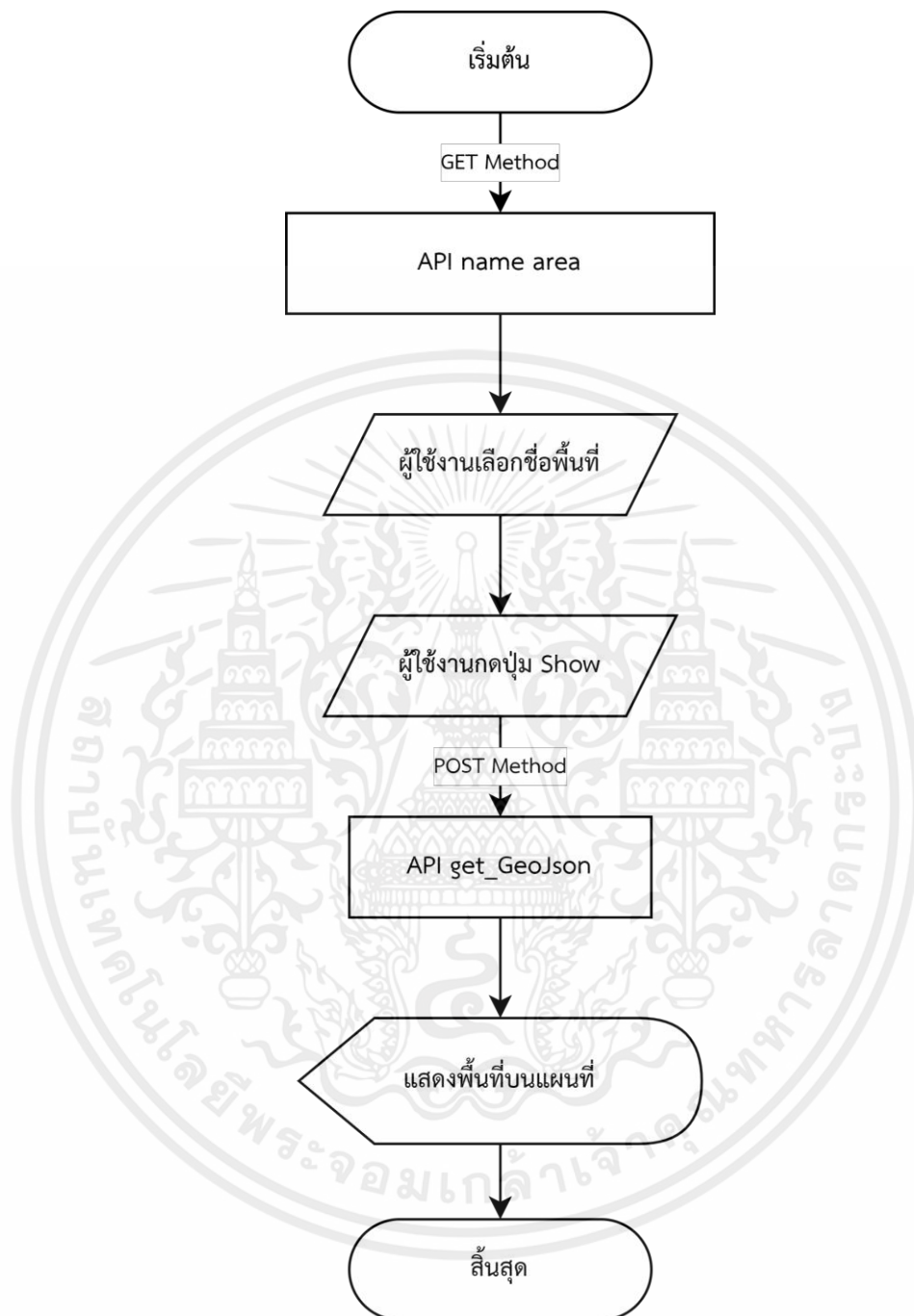
4) หน้า Select Area

หน้า Select Area ใช้สำหรับการสร้างพื้นที่เพื่อกำหนดขอบเขตพื้นที่ในการทำนายค่าคุณภาพของสัญญาณ โดยใช้การวาดรูปทรงเรขาคณิตบนแผนที่แล้วทำการเก็บค่าในฐานข้อมูลแสดงดังรูปที่ 3.40



รูปที่ 3.40 กระบวนการทำงานของการบันทึกพื้นที่ในฐานข้อมูล

และผู้ใช้งานสามารถเรียกดูพื้นที่ ที่บันทึกไว้ในฐานข้อมูลร่วมสามารถลบพื้นที่ที่อยู่ในฐานข้อมูลได้ โดยมีกระบวนการทำงานดังรูปที่ 3.41 และ 3.42



รูปที่ 3.41 กระบวนการแสดงพื้นที่ตามที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.42 กระบวนการลบพื้นที่ตามที่ผู้ใช้งานต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3.2 Back-End

1) การออกแบบ Models

เป็นการออกแบบโครงสร้างเพื่อนำไปใช้ร่วมกับการสร้างตารางในฐานข้อมูลและการทำ Serializers

2) การออกแบบ Serializers

Serialize เป็นไลบรารีสำหรับส่งกลับข้อมูลเป็น JSON ในการจัดการข้อมูล โดยทำการสร้างไฟล์ชื่อ serializers.py จากนั้นนำเข้าโมดูล Serializers จาก rest_framework เพื่อใช้งาน Class ModelSerializer แล้วจึงสร้าง Class Meta และเลือก model จากโมดูล models จากนั้นจึงเพิ่ม Fields ที่ต้องการใช้งานแสดงดังตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 ความสัมพันธ์ระหว่าง Serializer Model และ Field ภายใน Django Rest Framework

Serializer	Model	Field
DataSerializer	Data	id time lat_grid lng_grid enodeb cell rsrp rsrq lat_enodeb lng_enodeb amphur province
Group_province_Serializer	Groupby_province	province count
Group_amphur_Serailizer	Groupby_amphur	amphur count

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.8 ความสัมพันธ์ระหว่าง Serializer Model และ Field ภายใน Django Rest Framework (ต่อ)

Serializer	Model	Field
Group_cell_Serializer	Groupby_cell	cell
		count
Scan_Serializer	Scan	id
		min_lat
		min_lng
		max_lat
		max_lng
Predict_Serializer	Predict	id
		latitude
		longitude
Rsrqkmitl13_10_65_allSerializer	Rsrqkmitl13_10_65_all	device
		lat
		lng
		date
		time
		MCCMNC
		TAC
		PcellID
		Freband
		earfcn
		ulbw
		rsrp
		rsrq
		rssi
		enodeb

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การออกแบบ Views

เป็นส่วนที่กำหนดค่าในการแสดงผล โดยมีการนำเข้าโมดูล model เพื่อเชื่อมต่อกับ ตารางและนำเข้าโมดูล serializers เพื่อให้ข้อมูลอยู่ในรูปแบบ JSON โดยมีการสร้าง Class เพื่อใช้งานที่แตกต่างกันแสดงดังตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3.9 การทำงานของ Class ใน Views ภายใน Django Rest Framework

Class	รับค่า	หน้าที่
dataList	จังหวัด อำเภอ eNodeB Cell วันที่	ทำการกรองข้อมูลตามที่ผู้ใช้งานส่ง มาและข้อมูลที่ผ่านการกรองแล้วให้ ผู้ใช้งาน
provinceList		ทำการกรองข้อมูลรายชื่อจังหวัดที่ไม่ ซ้ำกันในฐานข้อมูลทั้งหมดให้ผู้ใช้งาน
amphurList	จังหวัด	ทำการกรองรายชื่ออำเภอที่อยู่ใน จังหวัดรายชื่ออำเภอที่ไม่ซ้ำกัน ทั้งหมดของจังหวัดนั้นให้ผู้ใช้งาน
enodebList	อำเภอ	ทำการกรองรายชื่อ eNodeB ที่อยู่ ภายในอำเภอที่ผู้ใช้งานส่งมาและส่ง ข้อมูล eNodeB ที่ไม่ซ้ำกันทั้งหมดไป ยังผู้ใช้งาน
cellList	eNodeB	ทำการกรองรายชื่อ Cell ที่เชื่อมต่ กับ enodeB ที่ผู้ใช้งานส่งมาและส่ง ข้อมูลชื่อ cell ที่ไม่ซ้ำกันทั้งหมดไป ยังผู้ใช้งาน
scan	จังหวัด จำนวนของ Grid ที่ต้องการให้ ติดกัน	อัลกอริทึมสำหรับกรอพื้นที่ที่มี ปัญหาโดยใช้จังหวัดและจำนวนของ Grid ที่ต้องการให้ติดกันเป็นอินพุต จากนั้นบันทึกค่าพิกัดของพื้นที่ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.9 การทำงานของ Class ใน Views ภายใน Django Rest Framework
(ต่อ)

Class	รับค่า	หน้าที่
Rsrqkmitl_13_10_65_allViewSet	วันที่	ตารางชื่อ scan สำหรับอ่านพิกัดแล้วจึงส่งให้ผู้ใช้งานผู้ใช้งาน ทำการกรองข้อมูลตามที่ผู้ใช้งานส่งค่าวันที่มาจากนั้นจึงส่งข้อมูลที่ผ่านการกรองแล้วให้ผู้ใช้งาน
Upload_data	ไฟล์พิกัดที่ต้องการ ทำนายค่า	ทำนายค่า Path Loss Error จากปัญหาประดิษฐ์โดยใช้ไฟล์ตำแหน่งละติจูดและ ลองจิจูดเป็นอินพุตจากนั้นคำนวณค่า SINR แล้วจึงบันทึกค่าพิกัดของพื้นที่และ SINR ในตารางชื่อ predict สำหรับอ่านข้อมูลแล้วส่งให้ผู้ใช้งาน

4) การกำหนด URLs

เป็นส่วนที่กำหนด URLs ในกับแอปพลิเคชันด้วยการนำเข้าโมดูล Views เพื่อใช้งาน Class และ Object ต่างๆ ที่อยู่ใน Views โดยมีการกำหนด URLs แสดงดังตารางที่ 3.10

ตารางที่ 3.10 ความสัมพันธ์ระหว่าง View และ URLs ภายใน Django Rest Framework

URLs	View
http://x.x.x.x/data20210902	dataList
http://x.x.x.x/provine	provinceList
http://x.x.x.x/amphur	amphurList
http://x.x.x.x/enodeb	enodebList
http://x.x.x.x/cell	cellList

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.10 ความสัมพันธ์ระหว่าง View และ URLs ภายใน Django Rest Framework (ต่อ)

URLs	View
http://x.x.x.x/scan	scanList
http://x.x.x.x/rsrqkmitl13_10_65_all	Rsrqkmitl13_10_65_allViewSet
http://x.x.x.x/csv/upload_data	Upload_data

จากตารางที่ 3.8 3.9 และ 3.10 ความสัมพันธ์ของ URLs Views Models และ Serializer สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3.11

ตารางที่ 3.11 ความสัมพันธ์ระหว่าง URLs Views HTTP Method Models และ Serializer ภายใน Django Rest Framework

URLs	Views	HTTP Method	Models	Serializer
http://x.x.x.x/ data20210902	dataList	Get	Data	DataSerializer
http://x.x.x.x/ province	provinceList	Post	Groupby_ province	Group_province_Serializer
http://x.x.x.x/ amphur	amphurList	Post	Groupby_ amphur	Group_amphur_Serializer
http://x.x.x.x/ enodeb	enodebList	Post	Groupby_ enodeb	Group_enodeb_Serializer
http://x.x.x.x/ cell	cellList	Post	Groupby_ cell	Group_cell_Serializer
http://x.x.x.x/ scan	scan	Post	Scan	Scan_Serializer
http://x.x.x.x/ rsrqkmitl13_10_65_all	rsrqkmitl13_10_65 _allViewSet	Post	rsrqkmitl13_ 10_65_all	rsrqkmitl13_10_65_ allSerializer
http://x.x.x.x/csv/upload_data	Upload_data	Post	predict	Predict_Serializer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1 LILYGO® TTGO T-SIM7600E-H

เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีโมดูลเพิ่มเติมที่สามารถรับค่าสัญญาณระบบระบุตำแหน่งบนโลก (Global Positioning System: GPS) และค่าสัญญาณ 4G ได้เนื่องจากต้องใช้ในการระบุตำแหน่งที่ทำการวัดค่าและวัดค่าคุณภาพของสัญญาณอ้างอิงที่ได้รับ(Reference Signal Received Quality: RSRQ) ดังที่แสดงในรูปที่ 3.43



รูปที่ 3.43 LILYGO® TTGO T-SIM7600E-H [3.20]

โดยโครงสร้างภายในอุปกรณ์ประกอบไปด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP 32 ต่อเข้ากับโมดูล SIM7600E-H ซึ่งเป็นโมดูลเครือข่ายไร้สาย WIFI/Bluetooth/4G LTE CAT4 GPS

3.2.1.1 ESP32-WROVER-E

ESP32-WROVER-E [3.21] แสดงดังรูปที่ 3.44 ใช้ FLASH 16 MB PSRAM 8 MB เป็นโมดูลสื่อสารคลื่นความถี่ 2.4 GHz จากผู้ผลิต Espressif Systems ใช้ชิพ ESP32-D0WD-V3 [3.22] Dual-Core 32-bit ความเร็วสัญญาณนาฬิกาสูงสุด 240 MHz (600 DMIPS) หน่วยความจำ RAM ขนาด 520 KB กับ PSRAM ขนาด 8 MB และหน่วยความจำ Flash ขนาด 16 MB รองรับการสื่อสาร Wi-Fi IEEE 802.11 b/g/n และ Bluetooth Dual Mode (Classic and BLE) ให้กำหนดค่าใช้งาน (3x UART, 3xSPI, 2x I2S, 12x ADC, 2x DAC, 2x I2C) ใช้แรงดัน 3.0 – 3.6 โวลต์



รูปที่ 3.44 ESP32-WROVER-E [3.23]

3.2.1.2 โมดูล SIM7600E-H

โมดูล SIM7600E-H แสดงในรูปที่ 3.45 เป็นโมดูลเครือข่ายไร้สายที่รองรับการเชื่อมต่อ WIFI/Bluetooth/4G LTE CAT4 GPS และมีดาวเทียมโหลด Link (DL) และอัปโหลด Link (UL) LTE (Mbps) เหมาะสำหรับการใช้กับจาก 10(DL)/5(UL) 150(DL)/ 50(UL) รวมทั้งรองรับ interfaces รวม UART USB2.0 I2C GPIO เป็นต้น รวมทั้งสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานกับโพรโตคอลอื่นๆ ได้เช่น TCP UDP FTP FTPS HTTP HTTPS DNS เป็นต้น



รูปที่ 3.45 โมดูล SIM7600E-H [3.24]

3.2.2 สายอากาศ

สายอากาศทำหน้าที่แปลงพลังงานไฟฟ้าไปเป็นคลื่นวิทยุ สายอากาศที่ดีสามารถทำให้เครื่องรับธรรมดาทำงานได้ดี และสามารถทำให้กำลังสัญญาณเพียงไม่กี่วัตต์ดูเหมือนมีกำลังมากขึ้น และสามารถรับสัญญาณได้รอบทิศทาง โดยในโครงการนี้ได้ใช้สายอากาศอยู่ 2 ชนิดโดยติดตั้งอยู่กับ

อุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ LILYGO® TTGO T-SIM7600E-H ได้แก่ สายอากาศสำหรับรับสัญญาณ GPS และสายอากาศสำหรับรับสัญญาณ LTE

3.2.2.1 สายอากาศ GPS

โดยสายอากาศ GPS มีความยาว 3 เมตร หัวต่อชนิด SMA ตัวเมีย มีความถี่กลาง 1575.45 MHz อัตราส่วนคลื่นนิ่ง (VSWR) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1.5 อิมพีแดนซ์ 50 โอห์ม โดยแสดงรูปสายอากาศ GPS ในรูปที่ 3.46



รูปที่ 3.46 สายอากาศ GPS [3.24]

3.2.2.2 สายอากาศ LTE

สายอากาศ มีความยาว 11 เซนติเมตร หัวต่อชนิด IPEX รองรับย่านความถี่ใช้งาน 690-960MHz และ 1710-2690 MHz อัตราส่วนคลื่นนิ่ง (VSWR) น้อยกว่า 3.0 อิมพีแดนซ์ 500 โอห์ม โดยแสดงรูปสายอากาศ LTE ในรูปที่ 3.47



รูปที่ 3.47 สายอากาศ LTE [3.25]

3.2.3 Laptop

Laptop ใช้สำหรับเปิดใช้งาน โปรแกรม MQTTBox โปรแกรม Visual Command โปรแกรม PgAdmin4 เว็บเบราว์เซอร์สำหรับแสดงเว็บแอปพลิเคชัน แอปพลิเคชัน Remotr Desktop Connection สำหรับเปิดใช้งาน Cloud Server ประกอบไปด้วย Laptop จำนวน 3 เครื่อง ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

3.2.3.1 Laptop Acer Predator Helios 300-77ZX แสดงในรูปที่ 3.48 โดยมีคุณสมบัติดังนี้

- 1) CPU : Intel Core i7-9750H (2.60 GHz, 12 MB L3 Cache, up to 4.50 GHz)
- 2) GPU : NVIDIA GeForce GTX 1660 Ti (6GB GDDR6)
- 3) RAM : 16 GB DDR4 2666Mhz



รูปที่ 3.48 Laptop Acer Predator Helios 300-77ZX [3.26]

3.2.3.1 Laptop Asus A570Z แสดงในรูปที่ 3.49 มีคุณสมบัติดังนี้

- 1) CPU : AMD Ryzen 5 2500U
- 2) GPU : Nvidia GeForce GTX 1050 4GB
- 3) RAM : 8 GB DDR4 2400MHz



รูปที่ 3.49 Laptop Asus A570Z [3.27]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3.1 Laptop Hp OMEN 15-ek0030tx แสดงในรูปที่ 3.50 มี

คุณสมบัติดังนี้

- 1) CPU : Intel Core i7-10750H
- 2) GPU : NVIDIA GeForce RTX 2060
- 3) RAM : 8 GB DDR4 2666 MHz



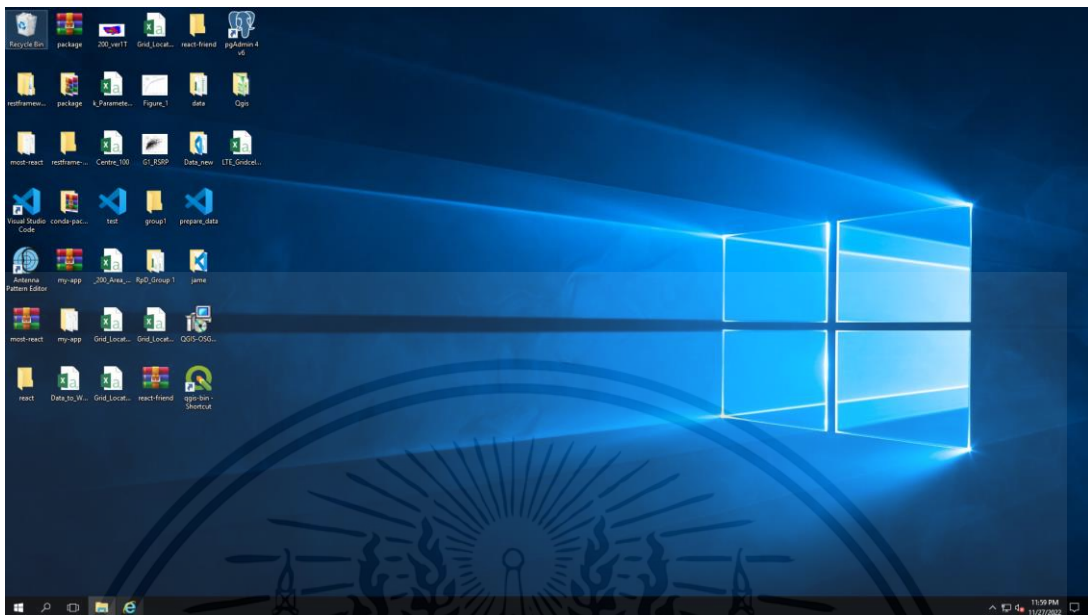
รูปที่ 3.50 Laptop Hp OMEN 15-ek0030tx [3.28]

3.2.4 Cloud Server

ใช้สำหรับเก็บข้อมูล รวมถึงใช้ในการเขียนโปรแกรมและประมวลผลปัญญาประดิษฐ์ ซึ่งมีหน้าตาของ Server แสดงรูปที่ 3.51 ซึ่ง Server และ Ubuntu Server โดยมีคุณสมบัติดังนี้

- 1) PC Name : PKMITLA801G
- 2) Edition : Windows Server 2016 Standard Version
- 3) CPU : Intel(R) Xeon(R) CPU E5-2695 v3 @2.3GHz (8 processors)
- 4) GPU : VMware SVGA 3D
- 5) RAM : 64 GB DDR4 @ 2133MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.51 หน้าต่างของ Server

3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง

3.3.1 การจัดเก็บข้อมูลค่าคุณภาพของสัญญาณที่ได้รับด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

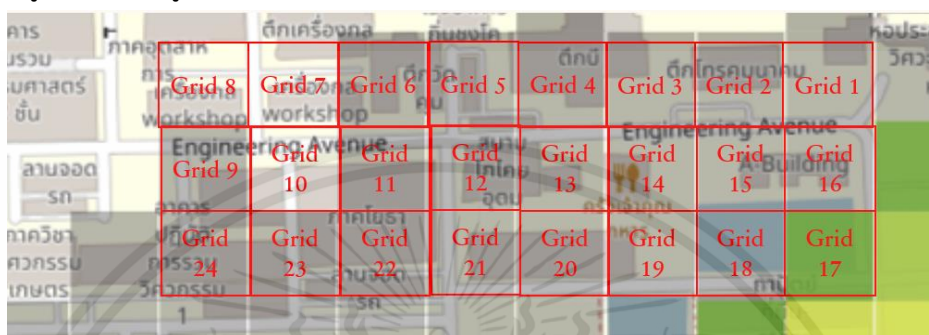
ในการเก็บข้อมูลคุณภาพของสัญญาณอ้างอิงที่ได้รับด้วยอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อนำไปแสดงผลบนเว็บแอปพลิเคชันมีขอบเขตพื้นที่ในการเก็บข้อมูลในบริเวณคณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง แสดงบริเวณที่เก็บข้อมูลบนแผนที่ในภาพที่ 3.52



ภาพที่ 3.52 บริเวณที่เก็บข้อมูลบนแผนที่ ที่คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยจะแบ่งพื้นที่ย่อย มีขนาด 50 เมตร × 50 เมตร โดยเรียกแต่ละพื้นที่ย่อยนี้ว่า Grid ในจำนวน 30 Grid โดยแต่ละ Grid ในบริเวณที่เก็บข้อมูลบนแผนที่ แสดงในภาพที่ 3.53 โดยมีค่าละติจูดและลองจิจูดของแต่ละ Grid แสดงในตารางที่ 3.12



ภาพที่ 3.53 การกำหนด Grid ที่ 1 ถึง 30 ในบริเวณที่เก็บข้อมูลบนแผนที่ ที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ตารางที่ 3.12 ค่าละติจูดและลองจิจูดที่ตำแหน่งกลางของ Grid

หมายเลข Grid	ละติจูด	ลองจิจูด
Grid 1	13.72744	100.776653
Grid 2	13.72744	100.77619
Grid 3	13.72744	100.775727
Grid 4	13.72744	100.775264
Grid 5	13.72744	100.774801
Grid 6	13.72744	100.774338
Grid 7	13.72744	100.773875
Grid 8	13.72744	100.773412
Grid 9	13.72699	100.773412
Grid 10	13.72699	100.773875
Grid 11	13.72699	100.774338
Grid 12	13.72699	100.774801
Grid 13	13.72699	100.775264
Grid 14	13.72699	100.775727

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.12 ค่าละติจูดและลองจิจูดที่ตำแหน่งกลางของ Grid (ต่อ)

หมายเลข Grid	ละติจูด	ลองจิจูด
Grid 15	13.72699	100.77619
Grid 16	13.72699	100.776653
Grid 17	13.72654	100.776653
Grid 18	13.72654	100.77619
Grid 19	13.72654	100.775727
Grid 20	13.72654	100.775264
Grid 21	13.72654	100.774801
Grid 22	13.72654	100.774338
Grid 23	13.72654	100.773875
Grid 24	13.72654	100.773412

โดยมีแผนการเก็บข้อมูลคุณภาพของสัญญาณที่ได้รับด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ตามวันที่ต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 3.13 โดยเนื่องจากอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ออกแบบให้เก็บค่าในทุกๆ เวลา 30 วินาที ซึ่งในการเก็บค่าคุณภาพของสัญญาณอ้างอิงที่ได้รับที่ละ Grid เป็นจำนวน 30 ค่าต่อ Grid จะใช้เวลาเก็บค่าแต่ละ Grid จำนวน 15 นาที หลังจากทำการเฉลี่ยค่าคุณภาพของสัญญาณอ้างอิงที่ได้รับตามแผนการเก็บข้อมูลเรียบร้อยแล้วจะนำไปใช้แสดงผลบนเว็บแอปพลิเคชัน

ตารางที่ 3.13 แผนการเก็บข้อมูลคุณภาพของสัญญาณอ้างอิงที่ได้รับด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

วันที่เก็บค่า	จำนวน Grid ในการเก็บข้อมูล
5-10-65	1
6-10-65	4
11-10-65	1
2-11-65	4
19-11-65	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 โมเดลแบบจำลองการทำนาย SINR

การเก็บข้อมูลของโมเดลแบบจำลองการทำนาย SINR มีขั้นตอนดังนี้

- 1) นำไฟล์ข้อมูลต่าง ๆ มาทำการ Join ด้วยการเขียนโปรแกรมภาษาไพธอนจัดเก็บไฟล์ให้อยู่ในรูปแบบของไฟล์ CSV
- 2) นำข้อมูลไปฝึกฝนปัญญาประดิษฐ์จัดเก็บโมเดลที่ได้ในรูปแบบของไฟล์ h5
- 3) นำโมเดลไปทดสอบการทำนาย และนำข้อมูลที่ได้จากการทำนายเทียบกับข้อมูลจริง คำนวณหาค่า MAE และ RMSE เพื่อดูความแม่นยำของโมเดล

3.3.3 ฐานข้อมูล

จัดเก็บข้อมูลที่ได้จากการรวมไฟล์และการวัดค่าจากไมโครคอนโทรลเลอร์ในฐานข้อมูล PostgreSQL และตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

3.3.3 เว็บแอปพลิเคชัน

ทดสอบการทำงานของฟังก์ชันว่าสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบหรือไม่ การเชื่อมต่อระหว่าง Front-End และ Back-End ทำงานถูกต้องตามที่ออกแบบหรือไม่

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การทดสอบการทำงานของอุปกรณ์และโปรแกรมสำหรับเก็บค่าคุณภาพของสัญญาณอ้างอิงที่ได้รับ

การทำงานของอุปกรณ์และโปรแกรมสำหรับเก็บค่าคุณภาพของสัญญาณอ้างอิงที่ได้รับ แสดงได้จากบล็อกไดอะแกรมการทำงานในรูปที่ 3.2

4.1.1 การทดสอบการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ในการรับค่าสัญญาณที่ได้รับแล้วส่งข้อมูลที่วัดไปยัง Public MQTT Cloud และการทำงานของโปรแกรมในการรับข้อมูลจาก Public MQTT Cloud แล้วนำข้อมูลไปเก็บไว้ในไฟล์สกุล CSV บนอุปกรณ์ Laptop

ในการทดสอบการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์จะทดสอบการทำงานโดยการเปิดอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อให้อุปกรณ์ทำการวัดค่าสัญญาณ GPS และค่าสัญญาณที่ได้รับจากสัญญาณ 4G และนำข้อมูลมาจัดในรูปแบบ JSON แล้วส่งข้อมูลที่วัดมาไปยัง Public MQTT Cloud จากนั้นใช้แอปพลิเคชัน MQTTBox สำหรับใช้รับข้อมูลจาก Public MQTT Cloud และนำมาแสดงผล แสดงตัวอย่างข้อมูลที่ได้รับจาก Public MQTT Cloud บนโปรแกรม MQTTBox ในรูปที่ 4.1

```
× measure/RSRQ  
{  
  "id": "KMITLmeasure",  
  "lat": 13.6829197,  
  "lng": 100.6194355,  
  "date": "011022",  
  "time": "134833.0",  
  "MCCMNC": "520-03",  
  "TAC": "0x0323",  
  "ScellID": "1.64889957e8",  
  "PcellID": "103",  
  "Frcband": "EUTRAN-BAND3",  
  "earfcn": "1450",  
  "dlbw": "5",  
  "ulbw": "5",  
  "rsrp": "-89.6",  
  "rsrq": "-10.7",  
  "rssi": "-58"  
}  
  
qos : 0, retain : false, cmd : publish, dup : false, topic : measure/RSRQ, messageid : , length : 269
```

รูปที่ 4.1 หน้าโปรแกรม MQTTBox ของข้อมูลที่ได้จากทดสอบการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

4.1.2 ผลการเก็บข้อมูลจากอุปกรณ์และโปรแกรมสำหรับเก็บค่าคุณภาพของสัญญาณอ้างอิงที่ได้รับ

ได้ทำการวางแผนการเก็บค่าเป็นจำนวน 4 วันได้แก่วันที่ 5 6 และ 11 ตุลาคม พ.ศ. 2565 และวันที่ 2 11 พฤศจิกายน พ.ศ. 2565 โดยจำนวน Grid ที่เก็บค่าในแต่ละวันแสดงตามตารางที่ 3.9 และมีตำแหน่งของแต่ละหมายเลข Grid แสดงในรูปที่ 3.45 โดยมีผลการเก็บข้อมูลค่าเฉลี่ย RSRQ และค่าเฉลี่ย RSRP ของแต่ละ Grid ในวันที่ 5 ตุลาคม พ.ศ. 2565 แสดงในตารางที่ 4.1 วันที่ 6 ตุลาคม พ.ศ. 2565 แสดงในตารางที่ 4.2 วันที่ 2 พฤศจิกายน พ.ศ. 2565 แสดงในตารางที่ 4.3 และวันที่ 11 พฤศจิกายน พ.ศ. 2565 แสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.1 ผลการเก็บข้อมูลค่าเฉลี่ย RSRQ และค่าเฉลี่ย RSRP ของแต่ละ Grid ในวันที่ 5 ตุลาคม พ.ศ. 2565

หมายเลข Grid	ค่าเฉลี่ย RSRQ (dB)	ค่าเฉลี่ย RSRP (dBm)
Grid 2	-14.9759	-77.1212

ตารางที่ 4.2 ผลการเก็บข้อมูลค่าเฉลี่ย RSRQ และค่าเฉลี่ย RSRP ของแต่ละ Grid ในวันที่ 6 ตุลาคม พ.ศ. 2565

หมายเลข Grid	ค่าเฉลี่ย RSRQ (dB)	ค่าเฉลี่ย RSRP (dBm)
Grid 3	-10.9730	-70.8650
Grid 4	-10.7118	-77.5118
Grid 14	-11.3830	-74.8620
Grid 15	-9.6819	-71.7711

ตารางที่ 4.3 ผลการเก็บข้อมูลค่าเฉลี่ย RSRQ และค่าเฉลี่ย RSRP ของแต่ละ Grid ในวันที่ 11 ตุลาคม พ.ศ. 2565

หมายเลข Grid	ค่าเฉลี่ย RSRQ (dB)	ค่าเฉลี่ย RSRP (dBm)
Grid 6	-8.4052	-88.6438

ตารางที่ 4.4 ผลการเก็บข้อมูลค่าเฉลี่ย RSRQ และค่าเฉลี่ย RSRP ของแต่ละ Grid ในวันที่ 2 พฤศจิกายน พ.ศ. 2565

หมายเลข Grid	ค่าเฉลี่ย RSRQ (dB)	ค่าเฉลี่ย RSRP (dBm)
Grid 5	-9.6819	-71.7711
Grid 11	-9.9783	-74.0886
Grid 12	-10.2977	-72.9624
Grid 13	-12.2736	-85.2345

ตารางที่ 4.5 ผลการเก็บข้อมูลค่าเฉลี่ย RSRQ และค่าเฉลี่ย RSRP ของแต่ละ Grid ในวันที่ 19 พฤศจิกายน พ.ศ. 2565

หมายเลข Grid	ค่าเฉลี่ย RSRQ (dB)	ค่าเฉลี่ย RSRP (dBm)
Grid 1	-7.76176	-69.7764
Grid 2	-11.6125	-75.17812
Grid 3	-10.7297	-71.3837
Grid 4	-10.6515	-74.2666
Grid 5	-9.5968	-79.1687
Grid 6	-7.4156	-82.3062
Grid 7	-8.5281	-70.8093
Grid 8	-8.0812	-79.0093
Grid 9	-8.7000	-80.4656
Grid 10	-8.5125	-81.7656
Grid 11	-8.0100	-72.2266
Grid 12	-7.5687	-68.7437
Grid 13	-8.7484	-79.9909
Grid 14	-9.1843	-84.1125
Grid 15	-8.7750	-69.3156
Grid 16	-11.5454	-80.3272
Grid 17	-10.3375	-67.2125
Grid 18	-12.9687	-76.0312

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 (ต่อ) ผลการเก็บข้อมูลค่าเฉลี่ย RSRQ และค่าเฉลี่ย RSRP ของแต่ละ Grid ในวันที่ 19 พฤศจิกายน พ.ศ. 2565

หมายเลข Grid	ค่าเฉลี่ย RSRQ (dB)	ค่าเฉลี่ย RSRP (dBm)
Grid 19	-12.1750	-78.0812
Grid 20	-8.6531	-84.3437
Grid 21	-8.2937	-82.6187
Grid 22	-10.1593	-93.8343
Grid 23	-10.3562	-92.4843
Grid 24	-12.2187	-95.2343

4.2 ผลการทดสอบการจัดเตรียมข้อมูล

สำหรับการรวมไฟล์ข้อมูลจะเป็นการรวมกันระหว่างไฟล์ข้อมูล 7 ตาราง โดยมีตัวอย่างค่าพารามิเตอร์ของแต่ละไฟล์ดังรูปที่ 4.2 ถึง 4.8 ตามลำดับ (ไม่สามารถเปิดเผยพิกัดละติจูดและลองจิจูด)

	Latitude	Longitude	cell_name	Avg(Dominant_RSRP)	Avg(Dominant_RSRQ)
0			PSSMML1812	-110.0	-25.0
1			PSSMML1812	-110.0	-25.0
2			PSSMML1812	-110.0	-27.0
3			PSSMML1812	-109.0	-27.0
4			PSSMML1812	-110.0	-26.0

รูปที่ 4.2 ตัวอย่างข้อมูลไฟล์ที่ 1

	cell_name	site_code	system	bw	rspwr
0	100CPL211P	100CP	4G2100	10.0	134.0
1	100CPL211Q	100CP	4G2100	10.0	152.0
2	100CPL211R	100CP	4G2100	10.0	134.0
3	100FPL181P	100FP	4G1800	20.0	134.0
4	100FPL181Q	100FP	4G1800	20.0	134.0

รูปที่ 4.3 ตัวอย่างข้อมูลไฟล์ที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	cell_name	ant_id
0	100CPL211P	100CP1W0P1
1	100CPL211Q	100CP1W0Q1
2	100CPL211R	100CP1W0R1
3	100FPL211P	100FP1W0P1
4	100FPL211Q	100FP1W0Q1

รูปที่ 4.4 ตัวอย่างข้อมูลไฟล์ที่ 3

	ant_id	ant_model	m_tilt	e_tilt	physical_azimuth	ant_height
0	100CP1W0P1	Omni	0	0	-1	0
1	100CP1W0Q1	Omni	0	0	-1	0
2	100CP1W0R1	Omni	0	0	-1	0
3	100FP1W0P1	Omni	0	0	-1	0
4	100FP1W0Q1	Omni	0	0	-1	0

รูปที่ 4.5 ตัวอย่างข้อมูลไฟล์ที่ 4

	ant_model	diff_azimuth	ant_gain	horizontal_beam_width
0	2CPX208R-V1	-27.0	18.5	36.0
1	2CPX208R-V1	27.0	18.5	36.0
2	2D10X6	0.0	17.5	63.0
3	2G4WHF-01	-30.0	18.4	40.0
4	2G4WHF-01	30.0	18.4	40.0

รูปที่ 4.6 ตัวอย่างข้อมูลไฟล์ที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	site_code	location_ref
0	100CP	
1	100FP	
2	100OP	
3	100SP	
4	100YP	

รูปที่ 4.7 ตัวอย่างข้อมูลไฟล์ที่ 6

	location_ref	latitude	longitude
0			
1			
2			
3			
4			

รูปที่ 4.8 ตัวอย่างข้อมูลไฟล์ที่ 7

4.2.1 ผลการทดสอบการรวมไฟล์ข้อมูลครั้งที่ 1

การรวมไฟล์ครั้งที่ 1 เป็นการรวมไฟล์ข้อมูลไฟล์ที่ 1 และไฟล์ข้อมูลที่ 2 แสดงผลลัพธ์การรวมไฟล์ครั้งที่ 1 ได้ดังรูปที่ 4.9

	Latitude	Longitude	cell_name	Avg(Dominant_RSRP)	Avg(Dominant_RSRQ)	site_code	system	bw	rspwr
0			PSSMML1812	-110.0	-25.0	PSSMM	1800	20.0	177
1			PSSMML1812	-110.0	-25.0	PSSMM	1800	20.0	177
2			PSSMML1812	-110.0	-27.0	PSSMM	1800	20.0	177
3			PSSMML1812	-109.0	-27.0	PSSMM	1800	20.0	177
4			PSSMML1812	-110.0	-26.0	PSSMM	1800	20.0	177

รูปที่ 4.9 ตัวอย่างผลการรวมข้อมูลไฟล์ครั้งที่ 1

4.2.2 ผลการทดสอบการรวมไฟล์ข้อมูลครั้งที่ 2

การรวมไฟล์ครั้งที่ 2 เป็นการรวมไฟล์ข้อมูลที่ได้จากการรวมไฟล์ครั้งที่ 1 และไฟล์ข้อมูลที่ 3 แสดงผลลัพธ์การรวมไฟล์ครั้งที่ 2 ดังรูปที่ 4.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	Latitude	Longitude	cell_name	Avg(Dominant_RSRP)	Avg(Dominant_RSRQ)	site_code	system	bw	rspwr	ant_id
0			PSSMML1812	-110.0	-25.0	PSSMM	1800	20.0	17.7	PSSMM1H021
1			PSSMML1812	-110.0	-25.0	PSSMM	1800	20.0	17.7	PSSMM1H021
2			PSSMML1812	-110.0	-27.0	PSSMM	1800	20.0	17.7	PSSMM1H021
3			PSSMML1812	-109.0	-27.0	PSSMM	1800	20.0	17.7	PSSMM1H021
4			PSSMML1812	-110.0	-26.0	PSSMM	1800	20.0	17.7	PSSMM1H021

รูปที่ 4.10 ตัวอย่างผลการรวมข้อมูลไฟล์ครั้งที่ 2

4.2.3 ผลการทดสอบการรวมไฟล์ข้อมูลครั้งที่ 3

การรวมไฟล์ครั้งที่ 3 เป็นการรวมไฟล์ข้อมูลที่ได้จากการรวมไฟล์ครั้งที่ 2 และไฟล์ข้อมูลที่ 4 แสดงผลลัพธ์การรวมไฟล์ครั้งที่ 3 ดังรูปที่ 4.11

rspwr	ant_id	ant_model	m_tilt	e_tilt	physical_azimuth	ant_height
17.7	PSSMM1H021	STDW6513X2F2	2.0	20	90.0	12
17.7	PSSMM1H021	STDW6513X2F2	2.0	20	90.0	12
17.7	PSSMM1H021	STDW6513X2F2	2.0	20	90.0	12
17.7	PSSMM1H021	STDW6513X2F2	2.0	20	90.0	12
17.7	PSSMM1H021	STDW6513X2F2	2.0	20	90.0	12

รูปที่ 4.11 ตัวอย่างข้อมูลบางส่วนของผลการรวมข้อมูลไฟล์ครั้งที่ 3

4.2.4 ผลการทดสอบการรวมไฟล์ข้อมูลครั้งที่ 4

การรวมไฟล์ครั้งที่ 4 เป็นการรวมไฟล์ข้อมูลที่ได้จากการรวมไฟล์ครั้งที่ 3 และไฟล์ข้อมูลที่ 5 แสดงผลลัพธ์การรวมไฟล์ครั้งที่ 4 ดังรูปที่ 4.12

ant_model	m_tilt	e_tilt	physical_azimuth	ant_height	diff_azimuth	ant_gain	horizontal_beam_width
STDW6513X2F2	2.0	20	90.0	12	0.0	13.5	63.0
STDW6513X2F2	2.0	20	90.0	12	0.0	13.5	63.0
STDW6513X2F2	2.0	20	90.0	12	0.0	13.5	63.0
STDW6513X2F2	2.0	20	90.0	12	0.0	13.5	63.0
STDW6513X2F2	2.0	20	90.0	12	0.0	13.5	63.0

รูปที่ 4.12 ตัวอย่างข้อมูลบางส่วนของผลการรวมข้อมูลไฟล์ครั้งที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5 ผลการทดสอบการรวมไฟล์ข้อมูลครั้งที่ 5

การรวมไฟล์ครั้งที่ 5 เป็นการรวมไฟล์ข้อมูลที่ได้จากการรวมไฟล์ครั้งที่ 4 และไฟล์ข้อมูลที่ 6 แสดงผลลัพธ์การรวมไฟล์ครั้งที่ 5 ดังรูปที่ 4.13

diff_azimuth	ant_gain	horizontal_beam_width	location_ref
0.0	13.5	63.0	
0.0	13.5	63.0	
0.0	13.5	63.0	
0.0	13.5	63.0	
0.0	13.5	63.0	

รูปที่ 4.13 ตัวอย่างข้อมูลบางส่วนของผลการรวมข้อมูลไฟล์ครั้งที่ 5

4.2.6 ผลการทดสอบการรวมไฟล์ข้อมูลครั้งที่ 6

การรวมไฟล์ครั้งที่ 6 เป็นการรวมไฟล์ข้อมูลที่ได้จากการรวมไฟล์ครั้งที่ 5 และไฟล์ข้อมูลที่ 7 แสดงผลลัพธ์การรวมไฟล์ครั้งที่ 6 ดังรูปที่ 4.14

horizontal_beam_width	location_ref	latitude	longitude
63.0			
63.0			
63.0			
63.0			
63.0			

รูปที่ 4.14 ตัวอย่างข้อมูลบางส่วนของผลการรวมข้อมูลไฟล์ครั้งที่ 6

4.2.7 ผลการทดสอบการคำนวณระยะทาง

คำนวณระยะทางโดยการใช้สมการ (3.1) สมการ (3.2) และสมการ (3.3) แสดงผลลัพธ์ตัวอย่างข้อมูลดังรูปที่ 4.15

distance

7.360433

7.291115

7.110909

7.041622

7.069209

รูปที่ 4.15 ตัวอย่างข้อมูลระยะทางที่ได้จากการคำนวณ

4.2.8 ผลการทดสอบการคำนวณอัตราขยายของสายอากาศเชิงสามมิติ

ขั้นตอนการจัดเตรียมข้อมูลสำหรับคำนวณอัตราขยายของสายอากาศเชิงสามมิติ เป็นไปตามรูปที่ 3.12 โดยแสดงตัวอย่างผลการทดสอบการจัดเตรียมข้อมูล ดังนี้

4.2.8.1 ผลการทดสอบการคำนวณระยะทาง มุมแนวตั้งและมุมแนวนอน

ผลการทดสอบการคำนวณระยะทาง มุมแนวตั้งและมุมแนวนอน โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) ผลการทดสอบการแปลงค่าพิกัดละติจูดและลองจิจูดเป็นพิกัด ECEF

แสดงตัวอย่างผลการทดสอบการแปลงค่าพิกัดละติจูดและลองจิจูดเป็นพิกัด ECEF

ตั้งรูปที่ 4.16

	Latitude	Longitude	latitude	longitude	X_user	Y_user	Z_user	X_ant	Y_ant	Z_ant
0										
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										

รูปที่ 4.16 ตัวอย่างผลการทดสอบการแปลงค่าพิกัดละติจูดและลองจิจูดเป็นพิกัด ECEF

จากรูปที่ 4.16 (ไม่สามารถเปิดเผยพิกัดละติจูดและลองจิจูด) เป็นตัวอย่างผลการทดสอบการแปลงค่าพิกัดละติจูดและลองจิจูดเป็นพิกัด ECEF จำนวน 15 ตัวอย่าง โดยพารามิเตอร์ “latitude” และ “longitude” จะถูกแปลงเป็นพารามิเตอร์ “X_ant” Y_ant” และ “Z_ant”

โดยใช้สมการที่ (2.16) (2.17) และ (2.18) ตามลำดับ และในส่วนพารามิเตอร์ “Latitude” และ “Longitude” จะถูกแปลงเป็นพารามิเตอร์ “X_user” “Y_user” และ “Z_user” โดยใช้สมการที่ (2.16) (2.17) และ (2.18) ตามลำดับ

2) ผลการทดสอบการคำนวณระยะทาง

แสดงตัวอย่างผลการทดสอบการคำนวณระยะทางดังรูปที่ 4.17

	Latitude	Longitude	latitude	longitude	X_user	Y_user	Z_user	X_ant	Y_ant	Z_ant	distance_g
0											5034.089166
1											4686.302907
2											5020.548931
3											4335.640022
4											5166.577844
5											5020.489081
6											4909.708520
7											4172.727178
8											5124.422311
9											5096.684674
10											5084.296516
11											4450.356164
12											4787.753403
13											4784.569983
14											4729.930555

รูปที่ 4.17 ตัวอย่างผลการทดสอบการคำนวณระยะทาง

จากรูปที่ 4.17 (ไม่สามารถเปิดเผยพิกัด) เป็นตัวอย่างการทดสอบการคำนวณระยะทาง จำนวน 15 ตัวอย่าง ซึ่งใช้พารามิเตอร์ “X_user” “Y_user” “Z_user” “X_ant” “Y_ant” และ “Z_ant” ในการหาผลลัพธ์เป็นพารามิเตอร์ “distance_g” โดยใช้สมการ (2.21) ในการคำนวณ

3) ผลการทดสอบการแปลงค่าพิกัด ECEF ของพื้นที่ Grid เป็นพิกัด North East Up โดยที่พิกัดของเสาส่งสัญญาณเป็นพิกัดอ้างอิง

แสดงตัวอย่างผลการทดสอบการแปลงค่าพิกัด ECEF ของพื้นที่ Grid เป็นพิกัด North East Up ดังรูปที่ 4.18

	Latitude	Longitude	latitude	longitude	X_user	Y_user	Z_user	X_ant	Y_ant	Z_ant	East_user	North_user	Up_user
0											0.064873	-5.033671	-0.001999
1											-0.687172	-4.635647	-0.001732
2											-2.692656	-4.237395	-0.001984
3											0.917190	-4.237515	-0.001482
4											-3.093786	-4.137875	-0.002100
5											-2.843073	-4.137903	-0.001984
6											-2.642503	-4.137924	-0.001898
7											-0.536840	-4.138049	-0.001373
8											3.022850	-4.137883	-0.002066
9											-3.043638	-4.088087	-0.002044
10											3.022845	-4.088090	-0.002034
11											1.869781	-4.038513	-0.001560
12											2.571666	-4.038454	-0.001805
13											-2.642488	-3.988654	-0.001802
14											-2.542204	-3.988664	-0.001761

รูปที่ 4.18 ตัวอย่างผลการทดสอบการแปลงค่าพิกัด ECEF ของพื้นที่ Grid เป็นพิกัด North East Up

จากรูปที่ 4.18 (ไม่สามารถเปิดเผยพิกัด) เป็นตัวอย่างผลการทดสอบการแปลงค่าพิกัด ECEF ของพื้นที่ Grid เป็นพิกัด North East Up โดยที่พิกัดของเสาส่งสัญญาณเป็นพิกัดอ้างอิงจำนวน 15 ตัวอย่าง โดยใช้พารามิเตอร์ ECEF ของพื้นที่ Grid ประกอบด้วย “Latitude” “Longitude” “X_user” “Y_user” และ “Z_user” สำหรับพิกัดเสาส่งสัญญาณประกอบด้วย “X_ant” “Y_ant” และ “Z_ant” โดยใช้สมการที่ (2.22) ในการแปลงพิกัดเป็นค่าตำแหน่ง North East Up ประกอบด้วยพารามิเตอร์ “East_user” “North_user” และ “Up_user”

4) ผลการทดสอบการคำนวณมุมแนวตั้งและมุมแนวนอน

แสดงตัวอย่างผลการทดสอบการคำนวณมุมแนวตั้งและมุมแนวนอนในรูปที่ 4.19

East_user	North_user	Up_user	relative_azimuth	physical_azimuth	ant_height	diff_azimuth	horizontal_beam_width	distance_g	Horizontal_angle	Vertical_angle
0.064873	-5.033671	-0.001999	178.442891	120.0	30.0	0.0	65.0	5034.089166	58.442891	89.658557
-0.687172	-4.635647	-0.001732	181.423632	270.0	30.0	0.0	65.0	4686.302907	88.576368	89.633218
-2.692656	-4.237395	-0.001984	181.004717	270.0	30.0	-30.0	60.0	5020.548931	88.995283	89.657636
0.917190	-4.237515	-0.001482	178.642361	120.0	30.0	-30.0	60.0	4335.640022	58.642361	89.603554
-3.093786	-4.137875	-0.002100	180.928785	120.0	30.0	0.0	65.0	5166.577844	60.928785	89.667313
-2.843073	-4.137903	-0.001984	180.968794	270.0	30.0	-30.0	60.0	5020.489081	89.031206	89.657632
-2.642503	-4.137924	-0.001898	181.002473	270.0	30.0	-30.0	60.0	4909.708520	88.997527	89.649908
-0.536840	-4.138049	-0.001373	181.441784	120.0	30.0	0.0	65.0	4172.727178	61.441784	89.588077
3.022850	-4.137883	-0.002066	179.060127	120.0	30.0	-30.0	60.0	5124.422311	59.060127	89.664576
-3.043638	-4.088087	-0.002044	180.930816	120.0	30.0	0.0	65.0	5096.684674	60.930816	89.662751
3.022845	-4.088090	-0.002034	179.065904	120.0	30.0	-30.0	60.0	5084.296516	59.065904	89.661929
1.869781	-4.038513	-0.001560	178.862895	120.0	30.0	-30.0	60.0	4450.356164	58.862895	89.613773
2.571666	-4.038454	-0.001805	178.996240	120.0	30.0	0.0	65.0	4787.753403	58.996240	89.640990
-2.642488	-3.988654	-0.001802	180.985683	270.0	30.0	0.0	65.0	4784.569983	89.014317	89.640751
-2.542204	-3.988664	-0.001761	181.003360	120.0	30.0	0.0	65.0	4729.930555	61.003360	89.636601

รูปที่ 4.19 ตัวอย่างผลการทดสอบการคำนวณมุมแนวตั้งและมุมแนวนอน

จากรูปที่ 4.19 เป็นตัวอย่างผลการทดสอบการคำนวณมุมแนวตั้งและมุมแนวนอน ซึ่งใช้พารามิเตอร์ “East_user” “North_user” “Up_user” ในการหาพารามิเตอร์ “relative_azimuth” โดยใช้สมการที่ (2.23) หลังจากนั้นทำการคำนวณมุมแนวนอนหรือ

พารามิเตอร์ “Horizontal_angle” โดยคำนวณจากพารามิเตอร์ “physical_azimuth” “relative_azimuth” และ “diff_azimuth” โดยใช้สมการที่ (2.24) ต่อกันนั้นคำนวณมุมแนวตั้งหรือพารามิเตอร์ “Vertical_angle” โดยคำนวณจากพารามิเตอร์ “distance_g” และ “ant_height” โดยใช้สมการที่ (2.25)

4.2.8.2 ผลการทดสอบการคำนวณอัตราขยายของสายอากาศเชิงสามมิติ

แสดงตัวอย่างผลการทดสอบ ในรูปที่ 4.20

	latitude	longitude	Horizontal_angle	Vertical_angle	ant_model	gain	gainant3d
0			58.442091	89.658557	A794517R1	15.65	-13.119475
1			88.576368	89.633218	A794517R1	15.65	-13.010401
2			88.995283	89.657636	AMB4519R9v06	20.25	-12.386627
3			58.642361	89.603554	AMB4519R9v06	20.08	-15.676785
4			60.928785	89.667313	A794517R1	15.65	-13.133549
5			89.031206	89.657632	AMB4519R9v06	20.25	-12.386627
6			88.997527	89.649908	AMB4519R9v06	20.08	-15.679674
7			61.441784	89.588077	A794517R1	15.65	-13.133549
8			59.060127	89.664576	AMB4519R9v06	20.25	-12.445368
9			60.930816	89.662751	A794517R1	15.65	-13.133549
10			59.065904	89.661929	AMB4519R9v06	20.25	-12.445368
11			58.862805	89.613773	AMB4519R9v06	20.08	-15.676785
12			58.996240	89.640990	A794517R1	15.65	-13.124753
13			89.014317	89.640751	A794517R1	15.65	-13.010401
14			61.003360	89.636601	A794517R1	15.65	-13.133549

รูปที่ 4.20 ตัวอย่างผลการคำนวณอัตราขยายของสายอากาศเชิงสามมิติ

จากรูปที่ 4.20 เป็นตัวอย่างผลการทดสอบการคำนวณอัตราขยายของสายอากาศเชิง 3 มิติจำนวน 15 ตัวอย่าง โดยที่นำข้อมูลพารามิเตอร์ “ant_model” “gain” “Horizontal_angle” และ “Vertical_angle” เพื่อนำมาหาอัตราขยายของสายอากาศเชิงสามมิติหรือพารามิเตอร์ “gainant3d”

4.2.9 ผลการทดสอบการคำนวณ Path Loss

แสดงผลลัพธ์ตัวอย่างข้อมูลดังรูปที่ 4.21

distance	pathloss_ericsson
7.360433	172.872784
7.291115	172.748001
7.110909	172.417966
7.041622	172.288839
7.069209	172.340402

รูปที่ 4.21 ตัวอย่างข้อมูล Path Loss ที่ได้จากการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.10 ผลการทดสอบการคัดเลือกข้อมูล

การคัดเลือกข้อมูลจะคัดเลือกข้อมูลจากไฟล์ข้อมูลที่มีการคำนวณเสร็จสิ้น โดยแสดงผลการคัดเลือกข้อมูลดังรูปที่ 4.22

	Latitude	Longitude	system	rspwr	physical_azimuth	diff_azimuth	ant_gain	horizontal_beam_width	distance	total_tilt	pathloss_ericsson
0			1800	17.70	90.0	0.0	13.5	63.0	7.360433	22.0	172.872784
1			1800	17.70	90.0	0.0	13.5	63.0	7.291115	22.0	172.748001
2			1800	17.70	90.0	0.0	13.5	63.0	7.110909	22.0	172.417966
3			1800	17.70	90.0	0.0	13.5	63.0	7.041622	22.0	172.28839
4			1800	17.70	90.0	0.0	13.5	63.0	7.069209	22.0	172.340402
...
932919			1800	16.40	201.0	0.0	13.0	30.0	0.420088	-50.9	136.154114
932920			1800	1.34	80.0	0.0	15.5	32.0	0.098203	30.0	119.045436
932921			1800	16.40	80.0	0.0	14.0	68.0	0.258936	83.0	130.046517
932922			2100	13.40	80.0	0.0	14.0	68.0	0.269929	83.0	131.468531
932923			2100	13.40	80.0	0.0	14.0	68.0	0.200448	83.0	127.542590

รูปที่ 4.22 ตัวอย่างข้อมูลของไฟล์ข้อมูลผ่านการคัดเลือก

จากรูปที่ 4.22 แสดงตัวอย่างค่าพารามิเตอร์จากไฟล์ข้อมูลผ่านการคัดเลือกข้อมูล โดยมีจำนวนคอลัมน์เท่ากับ 11 คอลัมน์ซึ่งน้อยกว่าคอลัมน์จากไฟล์ที่ผ่านการคำนวณครั้งสุดท้าย มีจำนวนคอลัมน์เท่ากับ 23 คอลัมน์

4.3 ผลการทดสอบส่วนฝึกฝน AI และทำนายค่า Path Loss Error

สำหรับผลการทดสอบเป็นการทดสอบโดยการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ต่างๆโดยใช้ข้อมูลอินพุตและเอาต์พุตเหมือนกัน โดยแสดงผลการทดสอบที่ได้ดังตารางที่ 4.6 ถึง 4.9

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบปัญญาประดิษฐ์โดยการเปลี่ยนจำนวนของโหนดในแต่ละ Hidden Layer โดยใช้ฟังก์ชันกระตุ้นเป็น tanh

Layer	โหนดของ Hidden Layer ที่ 1/2/3/4	MAE
4	100/100/100/100	4.2149
4	100/150/150/130	4.1955
4	100/160/140/126	3.8970

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบปัญหาประติษฐ์โดยการเปลี่ยนจำนวนของโหนดในแต่ละ Hidden Layer โดยใช้ฟังก์ชันกระตุ้นเป็น Relu

Layer	โหนดของ Hidden Layer ที่ 1/2/3/4	MAE
4	100/160/140/126	3.5659
4	100/140/160/126	3.3203
4	100/160/140/126	3.6581
4	100/150/150/126	3.4745
4	100/120/180/126	3.3749
4	100/160/140/126	3.5659

ตารางที่ 4.8 ผลการทดสอบปัญหาประติษฐ์โดยการเปลี่ยนอัตราการเรียนรู้ของปัญหาประติษฐ์ โดยใช้ฟังก์ชันกระตุ้นเป็น tanh

Epochs	โหนดของ Hidden Layer ที่ 1/2/3/4	Learning rate	MAE
1000	100/160/140/126	0.003	8.2394
1000	100/160/140/126	0.0003	4.1955
1000	100/160/140/126	0.00003	3.8970

ตารางที่ 4.9 ผลการทดสอบปัญหาประติษฐ์โดยการเปลี่ยนอัตราการเรียนรู้ของปัญหาประติษฐ์ โดยใช้ฟังก์ชันกระตุ้นเป็น Relu

Epochs	โหนดของ Hidden Layer ที่ 1/2/3/4	Learning rate	MAE
1000	100/140/160/126	0.00003	3.3203
1000	100/140/160/126	0.0001	3.1561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 ผลการทดสอบปัญหาประติษฐ์โดยการเปลี่ยนตำแหน่งของ BatchNormalization ของปัญหาประติษฐ์

Epochs	ตำแหน่งของ BatchNormalization	MAE	RMSE
1000	ไม่มี BatchNormalization	4.0734	5.3511
1000	หลัง Layer 1	4.2132	5.5985
1000	หลัง Layer 2	4.2553	5.6124
1000	หลัง Layer 3	4.2296	5.6000
1000	หลัง Layer 4	4.0383	5.3228
1000	หลัง Layer 1 และ 2	4.0836	5.3885
1000	หลัง Layer 1 และ 3	3.6581	4.8426
1000	หลัง Layer 1 และ 4	4.0709	5.3665
1000	หลัง Layer 2 และ 3	4.5553	6.1287
1000	หลัง Layer 2 และ 4	4.3426	5.8179
1000	หลัง Layer 3 และ 4	4.1440	5.4446

ตารางที่ 4.11 ผลการทดสอบปัญหาประติษฐ์โดยการเปลี่ยนฟังก์ชันกระตุ้นของ ปัญหาประติษฐ์

Epochs	โหนดของ Layer ที่ 1/2/3/4	Activation	MAE	RMSE
500	100/160/140/126	Sigmoid	4.4989	6.3390
500	100/160/140/126	tanh	4.3164	5.7304
500	100/160/140/126	Softsign	3.7180	4.8672
500	100/160/140/126	Relu	3.5659	4.7076

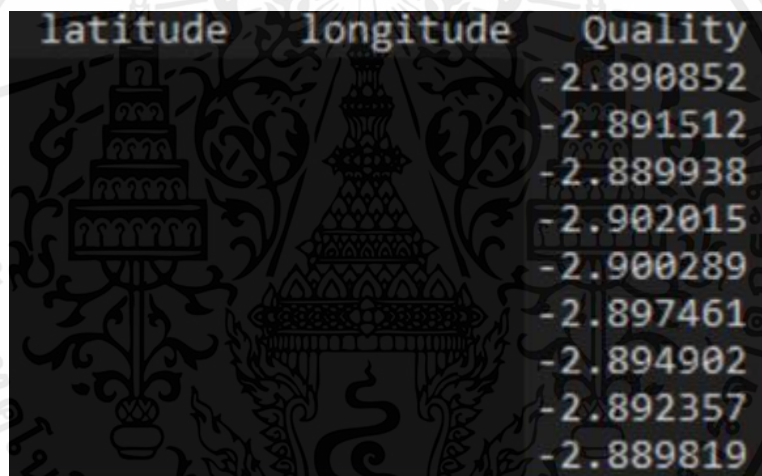
ตารางที่ 4.12 ผลการทดสอบปัญหาประติษฐ์โดยการเปลี่ยน Optimization Algorithm ของปัญหาประติษฐ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Epochs	โหนดของ Layer ที่ 1/2/3/4	Optimization	MAE	RMSE
500	100/140/160/126	ADAM	2.7239	3.8310
500	100/140/160/126	AdaDelta	3.7358	4.8996
500	100/140/160/126	RMSProp	2.9925	4.1225
500	100/140/160/126	Adagrad	3.6600	4.8146
500	100/140/160/126	SGD	4.0627	5.3320

4.4 ผลการทดสอบการคำนวณ Signal Quality จากค่า RSRP

ผลการคำนวณค่า SINR จากค่า RSRP ดังรูปที่ 4.23

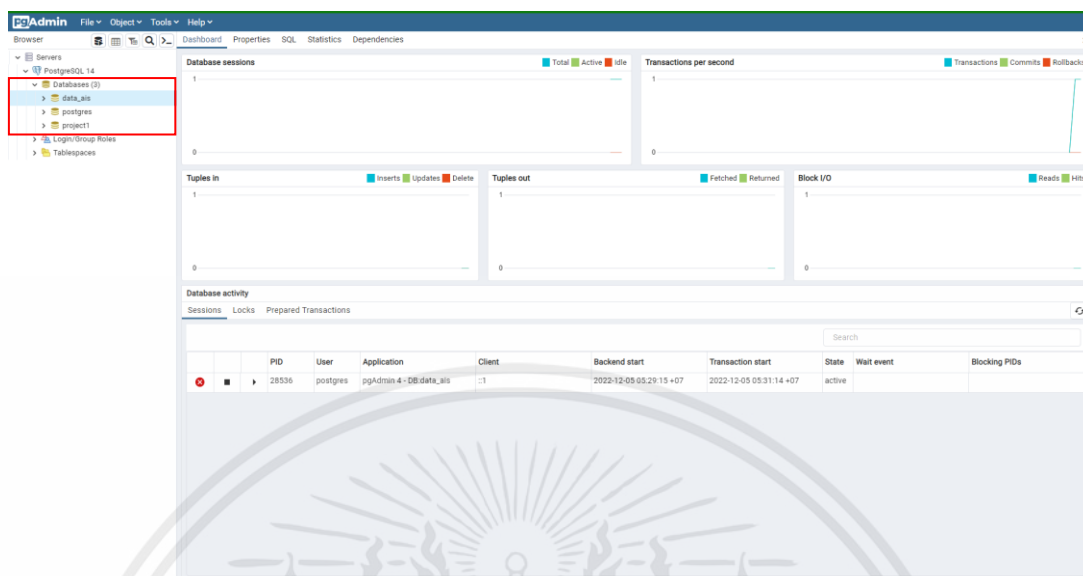


latitude	longitude	Quality
		-2.890852
		-2.891512
		-2.889938
		-2.902015
		-2.900289
		-2.897461
		-2.894902
		-2.892357
		-2.889819

รูปที่ 4.23 ตัวอย่างผลลัพธ์การคำนวณค่า Signal Quality

4.5 การจัดเก็บข้อมูลในฐานข้อมูล

ฐานข้อมูลมีจำนวน 2 ฐานข้อมูล ซึ่งมีชื่อว่า Data_ais และ Project1 โดยในฐานข้อมูล Data_ais มีตารางชื่อ Data ที่เก็บข้อมูลทั้งหมด 5 วัน ซึ่งเป็นวันที่ 2 ถึงวันที่ 6 กันยายน พ.ศ. 2564 ส่วนฐานข้อมูล Project1 มีข้อมูลที่ได้จากการวัดทั้งหมด 5 วัน ซึ่งเป็นวันที่ 5 6 และ 11 ตุลาคม พ.ศ. 2565 และวันที่ 2 และ 11 พฤศจิกายน พ.ศ. 2565 แสดงฐานข้อมูลด้วย pgAdmin4 ดังรูปที่ 4.24 โดยฐานข้อมูลทั้ง 2 แสดงในกรอบสีแดง



รูปที่ 4.24 ฐานข้อมูลทั้ง 2 ฐานข้อมูล

4.5.1 ฐานข้อมูลชื่อ Data_ais

ฐานข้อมูลนี้มีตารางชื่อว่า Data ซึ่งเก็บข้อมูลต่าง ๆ ที่จำเป็นในการแสดงผลบนเว็บแอปพลิเคชันหน้า Data Visualization แสดงดังรูปที่ 4.25 (ไม่สามารถเปิดเผยพิกัดละติจูดและลองจิจูด) นอกจากนี้ยังมีตารางชื่อ Scan ที่เก็บข้อมูลพิกัดของพื้นที่ที่ได้จากการทำอัลกอริทึมกรอบพื้นที่ที่มีปัญหา แสดงดังรูปที่ 4.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

public.Data/data_ais/postgres@PostgreSQL 14

Query Query History

```
1 SELECT * FROM public."Data"
2 Loading... 3C
```

Data output Messages Notifications

id [PK] integer	lat_grid double precision	lon_grid double precision	cell character varying (255)	enodeb character varying (255)	rasp double precision	rsrq double precision	lat_enodeb double precision	lon_enodeb double precision	amphur character varying (255)	province character varying (255)	time character varying (255)
1	0		PSSMML1812	PSSMM	-110	-25	13.401353	100.596481	เมืองสมุทรปราการ	สมุทรปราการ	2021-09-02
2	1		PSSMML1812	PSSMM	-110	-25	13.401353	100.596481	เมืองสมุทรปราการ	สมุทรปราการ	2021-09-02
3	2		PSSMML1812	PSSMM	-110	-27	13.401353	100.596481	เมืองสมุทรปราการ	สมุทรปราการ	2021-09-02
4	3		PSSMML1812	PSSMM	-109	-27	13.401353	100.596481	เมืองสมุทรปราการ	สมุทรปราการ	2021-09-02
5	4		PSSMML1812	PSSMM	-110	-26	13.401353	100.596481	เมืองสมุทรปราการ	สมุทรปราการ	2021-09-02
6	5		PSSMML1812	PSSMM	-110.7	-27.2	13.401353	100.596481	เมืองสมุทรปราการ	สมุทรปราการ	2021-09-02
7	6		PSSMML1812	PSSMM	-87	-32	13.401353	100.596481	เมืองสมุทรปราการ	สมุทรปราการ	2021-09-02
8	7		PSSMML1812	PSSMM	-88	-33	13.401353	100.596481	เมืองสมุทรปราการ	สมุทรปราการ	2021-09-02
9	8		PSSMML1812	PSSMM	-86	-31	13.401353	100.596481	เมืองสมุทรปราการ	สมุทรปราการ	2021-09-02
10	9		PSSMML2122	PSSMM	-115	-35	13.401353	100.596481	เมืองสมุทรปราการ	สมุทรปราการ	2021-09-02
11	10		PSSMML2122	PSSMM	-108.5	-30	13.401353	100.596481	เมืองสมุทรปราการ	สมุทรปราการ	2021-09-02
12	11		PSSMML1812	PSSMM	-127	-38.25	13.401353	100.596481	เมืองสมุทรปราการ	สมุทรปราการ	2021-09-02
13	12		PSSMML2122	PSSMM	-123	-40	13.401353	100.596481	เมืองสมุทรปราการ	สมุทรปราการ	2021-09-02
14	13		PSSMML2122	PSSMM	-116	-40	13.401353	100.596481	เมืองสมุทรปราการ	สมุทรปราการ	2021-09-02
15	14		PSSMML2122	PSSMM	-121.5	-35.5	13.401353	100.596481	เมืองสมุทรปราการ	สมุทรปราการ	2021-09-02
16	15		PSSMML1812	PSSMM	-108	-35	13.401353	100.596481	เมืองสมุทรปราการ	สมุทรปราการ	2021-09-02
17	16		PSSMML1812	PSSMM	-83	-26	13.401353	100.596481	เมืองสมุทรปราการ	สมุทรปราการ	2021-09-02
18	17		PSSMML2122	PSSMM	-129	-30	13.401353	100.596481	เมืองสมุทรปราการ	สมุทรปราการ	2021-09-02
19	18		PSSMML1812	PSSMM	-130	-40	13.401353	100.596481	เมืองสมุทรปราการ	สมุทรปราการ	2021-09-02
20	19		PSSMML2122	PSSMM	-101.5	-33	13.401353	100.596481	เมืองสมุทรปราการ	สมุทรปราการ	2021-09-02
21	20		PSSMML2122	PSSMM	-125	-36	13.401353	100.596481	เมืองสมุทรปราการ	สมุทรปราการ	2021-09-02
22	21		PSSMML2122	PSSMM	-116.5	-33	13.401353	100.596481	เมืองสมุทรปราการ	สมุทรปราการ	2021-09-02
23	22		PSSMML2122	PSSMM	-117	-40	13.401353	100.596481	เมืองสมุทรปราการ	สมุทรปราการ	2021-09-02
24	23		PSSMML1812	PSSMM	-128	-34	13.401353	100.596481	เมืองสมุทรปราการ	สมุทรปราการ	2021-09-02
25	24		PSSMML2122	PSSMM	-112.37	-32.33	13.401353	100.596481	เมืองสมุทรปราการ	สมุทรปราการ	2021-09-02
26	25		PSSMML1812	PSSMM	-109	-18.5	13.401353	100.596481	เมืองสมุทรปราการ	สมุทรปราการ	2021-09-02

Total rows: 1000 of 1047453 Query complete 00:00:02.004 Ln 1, Col 1

รูปที่ 4.25 ข้อมูลบางส่วนจากฐานข้อมูล Data_ais ตารางชื่อ Data

public.Scan/data_ais/postgres@PostgreSQL 14

Query Query History

```
1 SELECT * FROM public."Scan"
2 Loading... 3C
```

Data output Messages Notifications

id [PK] bigint	min_lat double precision	min_lng double precision	max_lat double precision	max_lng double precision	
1	0	13.793539	100.497037	13.797136	100.499352
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					

รูปที่ 4.26 ข้อมูลบางส่วนจากฐานข้อมูล Data_ais ตารางชื่อ Scan

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.2 ฐานข้อมูลชื่อ Project1

ฐานข้อมูลมีตารางชื่อว่า myapi_rsrqkmitl13_10_65_all ที่เก็บค่าที่ได้จากการวัด โดยข้อมูลส่วนนี้จะถูกนำไปแสดงบนหน้า Data Visualization ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.27

id	device	lat	lng	date	time	MCCMNC	TAC	ScellID	PcellID	Freqband	sarfcn	ilbw	ulbw	rsrp
1	KMTLmeasure			Wed Oct 5 13:14:21 2022	2022-10-05	520-03	0x0332	166401408	241	EUTRAN-BAND1	350	3	3	-77.12122
2	KMTLmeasure			Thu Oct 6 13:54:36 2022	2022-10-06	520-03	0x0332	166401408	241	EUTRAN-BAND1	350	3	3	-70
3	KMTLmeasure			Thu Oct 6 16:15:23 2022	2022-10-06	520-03	0x0332	166401513	355	EUTRAN-BAND41	40590	5	5	-77.51185
4	KMTLmeasure			Tue Oct 11 08:42:39 2022	2022-10-11	520-03	0x0332	166401513	355	EUTRAN-BAND41	40590	5	5	-88.64385
5	KMTLmeasure			Thu Oct 6 15:22:17 2022	2022-10-06	520-15	0x0482	166401308	174	EUTRAN-BAND1	550	3	3	-74
6	KMTLmeasure			Thu Oct 6 14:40:26 2022	2022-10-06	520-03	0x0332	166401513	355	EUTRAN-BAND41	40590	5	5	-71.71117
7	KMTLmeasure			Wed Nov 2 15:49:40 2022	2022-11-02	520-03	0x0332	166401513	355	EUTRAN-BAND41	40590	5	5	-84.6170
8	KMTLmeasure			Wed Nov 2 11:18:02 2022	2022-11-02	520-03	0x0332	166401513	355	EUTRAN-BAND41	40590	5	5	-74.08967
9	KMTLmeasure			Wed Nov 2 13:14:26 2022	2022-11-02	520-03	0x0332	166401513	355	EUTRAN-BAND41	40590	5	5	-72.90245
10	KMTLmeasure			Wed Nov 2 09:56:51 2022	2022-11-02	520-15	0x0482	166401503	174	EUTRAN-BAND1	550	3	3	-85.23454
11	KMTLmeasure			Sat Nov 19 08:46:17 2022	2022-11-19	520-03	0x0332	166404454	160	EUTRAN-BAND3	1450	5	5	-69.77647
12	KMTLmeasure			Sat Nov 19 09:05:28 2022	2022-11-19	520-03	0x0332	166401381	176	EUTRAN-BAND3	1450	5	5	-75.178
13	KMTLmeasure			Sat Nov 19 09:22:46 2022	2022-11-19	520-03	0x0332	166401388	241	EUTRAN-BAND3	1450	5	5	-71.38378
14	KMTLmeasure			Sat Nov 19 09:41:00 2022	2022-11-19	520-03	0x0332	166401388	241	EUTRAN-BAND3	1450	5	5	-74.26666
15	KMTLmeasure			Sat Nov 19 09:59:15 2022	2022-11-19	520-03	0x0332	166404454	160	EUTRAN-BAND3	1450	5	5	-79.16
16	KMTLmeasure			Sat Nov 19 10:16:05 2022	2022-11-19	520-03	0x0332	166401513	355	EUTRAN-BAND41	40590	5	5	-82.30
17	KMTLmeasure			Sat Nov 19 10:32:27 2022	2022-11-19	520-03	0x0332	166401513	355	EUTRAN-BAND41	40590	5	5	-70.809
18	KMTLmeasure			Sat Nov 19 10:49:38 2022	2022-11-19	520-03	0x0332	166401513	355	EUTRAN-BAND41	40590	5	5	-79.009
19	KMTLmeasure			Sat Nov 19 11:07:04 2022	2022-11-19	520-03	0x0332	166401513	355	EUTRAN-BAND41	40590	5	5	-80.445
20	KMTLmeasure			Sat Nov 19 11:23:19 2022	2022-11-19	520-03	0x0332	166401513	355	EUTRAN-BAND41	40590	5	5	-81.765
21	KMTLmeasure			Sat Nov 19 11:41:33 2022	2022-11-19	520-03	0x0332	166401513	355	EUTRAN-BAND41	40590	5	5	-72.25666
22	KMTLmeasure			Sat Nov 19 11:57:57 2022	2022-11-19	520-03	0x0332	166401513	355	EUTRAN-BAND41	40590	5	5	-68.74
23	KMTLmeasure			Sat Nov 19 12:13:01 2022	2022-11-19	520-03	0x0332	166401513	355	EUTRAN-BAND41	40590	5	5	-79.99090
24	KMTLmeasure			Sat Nov 19 12:31:16 2022	2022-11-19	520-03	0x0332	166401513	355	EUTRAN-BAND41	40590	5	5	-84.1
25	KMTLmeasure			Sat Nov 19 12:48:07 2022	2022-11-19	520-03	0x0332	166401513	355	EUTRAN-BAND41	40590	5	5	-69.315
26	KMTLmeasure			Sat Nov 19 13:04:01 2022	2022-11-19	520-03	0x0332	166401513	355	EUTRAN-BAND41	40590	5	5	-80.32727

รูปที่ 4.27 ข้อมูลบางส่วนจากฐานข้อมูล Project1 ตารางชื่อ myapi_rsrqkmitl13_10_65_all

4.6 เว็บแอปพลิเคชัน

4.6.1 Front End

จากหน้าเว็บแอปพลิเคชัน มีการออกแบบแถบหลักสำหรับไปสู่หน้าต่าง ๆ ที่ทำการออกแบบ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.28 ประกอบไปด้วยหน้า Data Visualization หน้า Data Collection หน้า Select Area และหน้า Signal Quality Prediction แสดงในกรอบสีแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

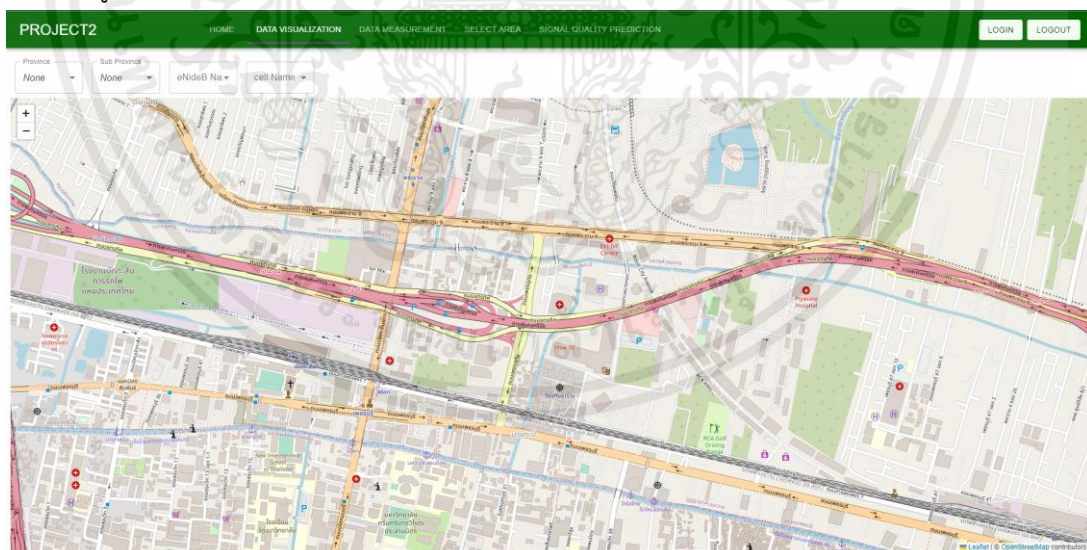


Home

รูปที่ 4.28 แถบหลักบนหน้าเว็บแอปพลิเคชัน

4.6.1.1 หน้า Data Visualization

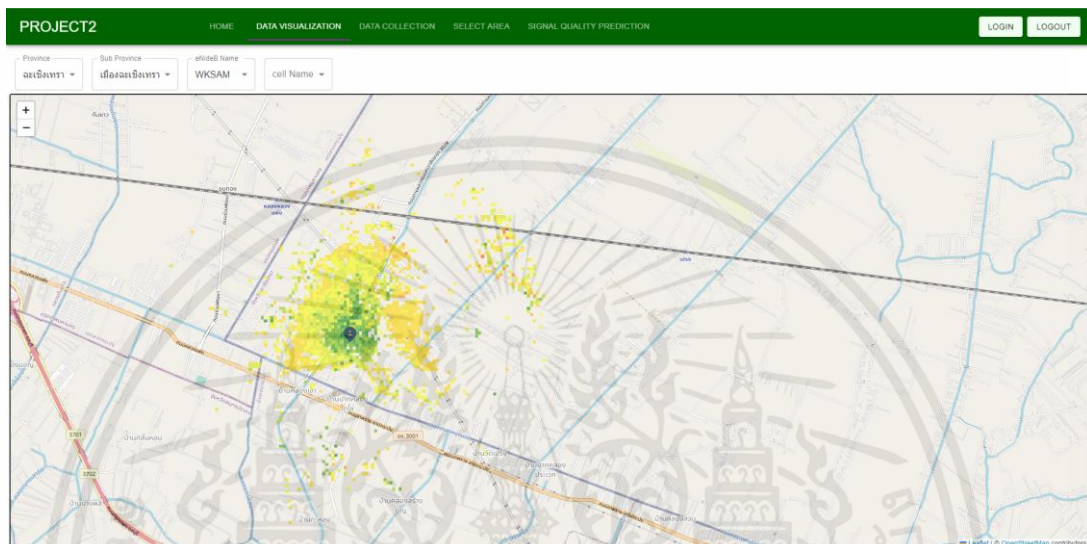
หน้า Data Visualization สามารถแสดงค่าเฉลี่ยของระดับพลังงานที่ได้รับในอดีต แสดงดังรูปที่ 4.29



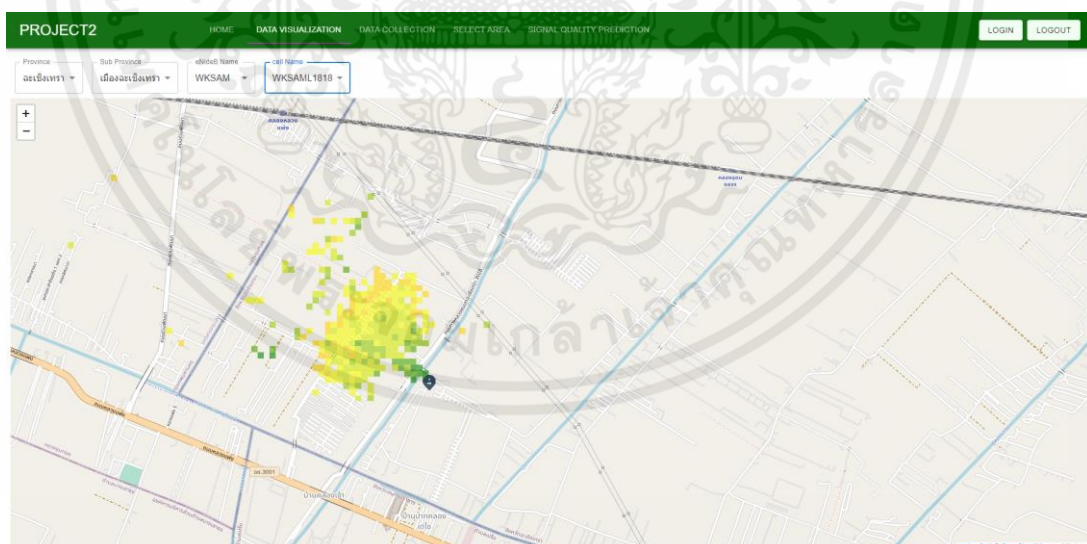
รูปที่ 4.29 เว็บแอปพลิเคชันหน้า Data Visualization

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อผู้ใช้งานต้องการทราบค่าเฉลี่ยของระดับพลังงานที่ได้รับในอดีต ผู้ใช้งานจำเป็นต้องกรอกข้อมูล จังหวัด อำเภอ และ eNodeB เป็นอย่างน้อยสำหรับเรียกดูข้อมูลคุณภาพของสัญญาณอ้างอิงที่ได้รับในอดีตแล้วสามารถเลือกดูข้อมูลคุณภาพของ Cell ใน eNodeB ที่ได้กรอกข้อมูล แสดงดังรูปที่ 4.30 ถึง 4.32

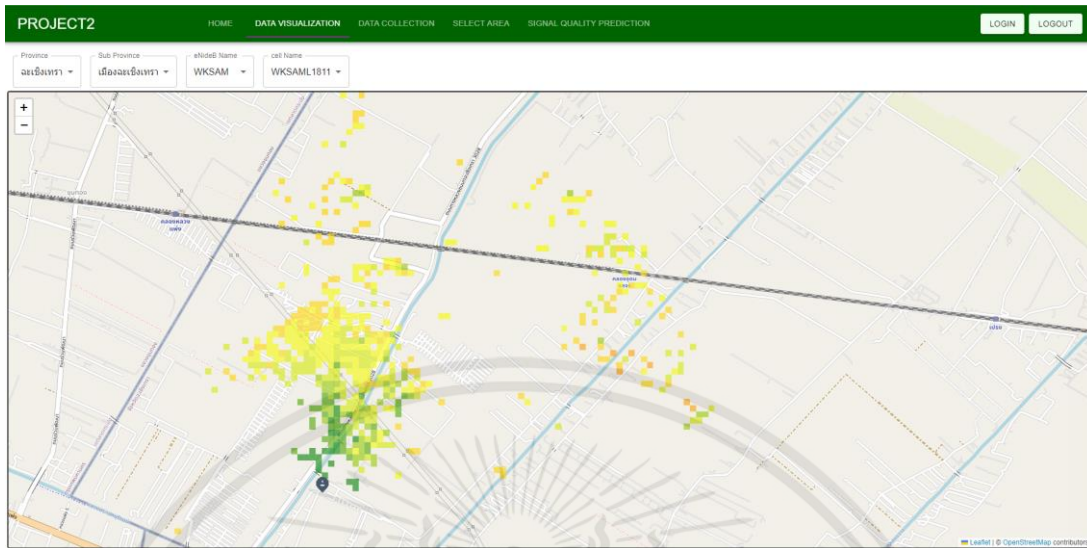


รูปที่ 4.30 เว็บไซต์หน้า Data Visualization กรอกข้อมูลจังหวัดนครพนม อำเภอมืองนครพนม และ eNodeB ชื่อ WKSAM



รูปที่ 4.31 เว็บไซต์หน้า Data Visualization กรอกข้อมูลจังหวัดนครพนม อำเภอมืองนครพนม eNodeB ชื่อ WKSAM และ Cell ชื่อ WKSAML1818

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.32 เว็บไซต์หน้า Data Visualization กรอกข้อมูลจังหวัดฉะเชิงเทรา อำเภอเมืองฉะเชิงเทรา eNodeB ชื่อ WKSAM และ Cell ชื่อ WKSAML1811

4.6.1.2 หน้า Data Collection

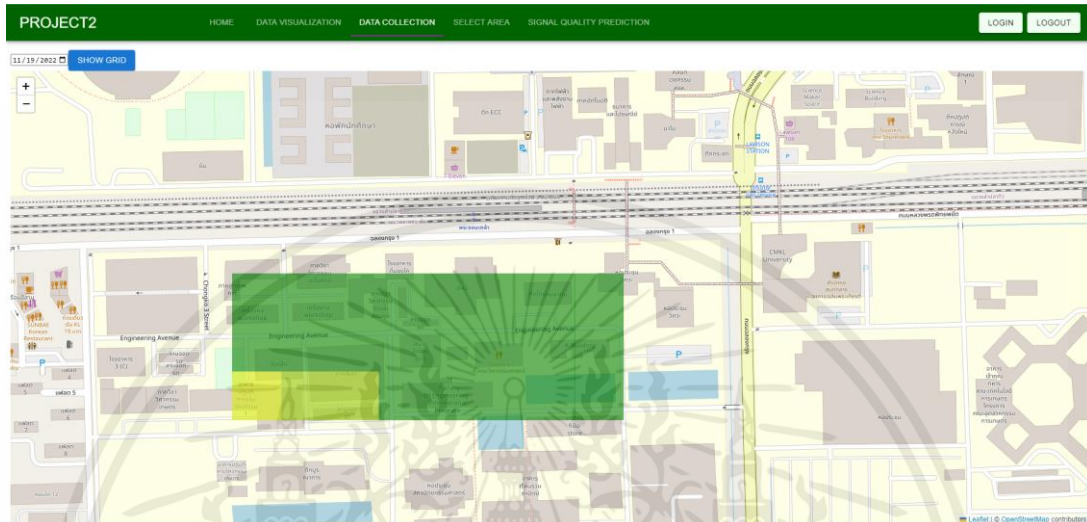
หน้า Data Collection สามารถแสดงค่าเฉลี่ยของระดับพลังงานที่ได้รับจากการวัดภายในบริเวณบริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง แสดงดังรูปที่ 4.33



รูปที่ 4.33 เว็บไซต์หน้า Data Collection

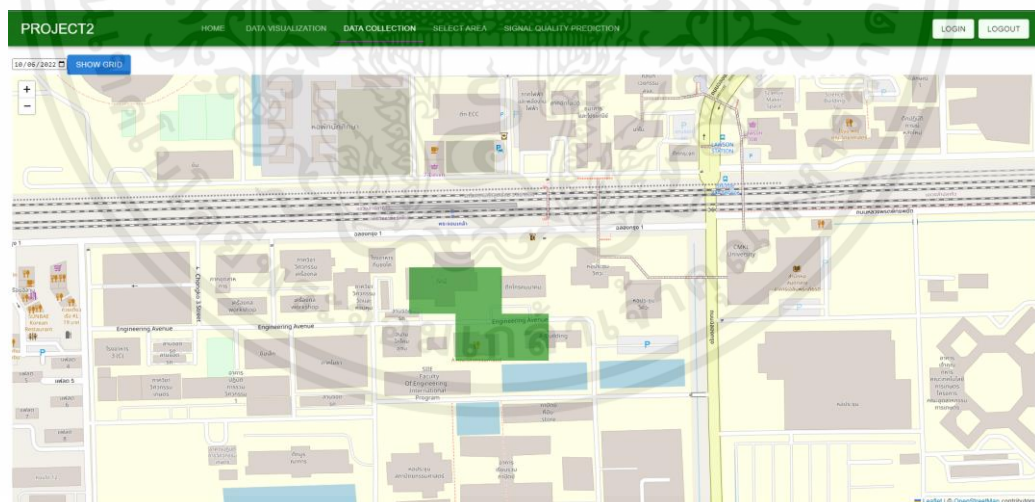
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อผู้ใช้งานต้องการทราบคุณภาพของสัญญาณอ้างอิงที่ได้รับที่ได้จากการวัดในบริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ผู้ใช้งานต้องทำการกรอกข้อมูลวันที่แล้วจึงแสดงผลคุณภาพของสัญญาณอ้างอิงที่ได้รับดังรูปที่ 4.34



รูปที่ 4.34 เว็บแอปพลิเคชันหน้า Data Collection กรอกข้อมูลเป็นวันที่ 19 พฤศจิกายน พ.ศ.

2565

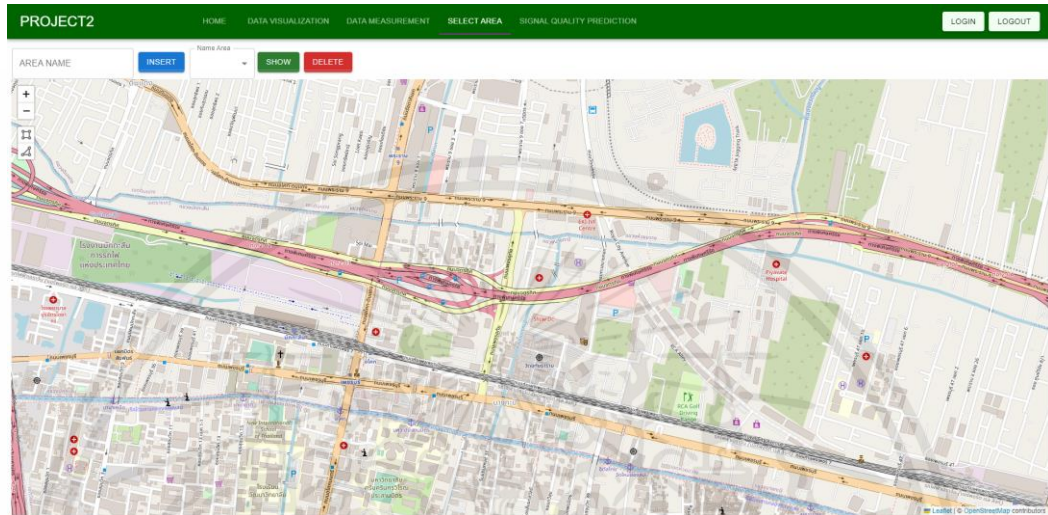


รูปที่ 4.35 เว็บแอปพลิเคชันหน้า Data Collection กรอกข้อมูลเป็นวันที่ 6 ตุลาคม พ.ศ. 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

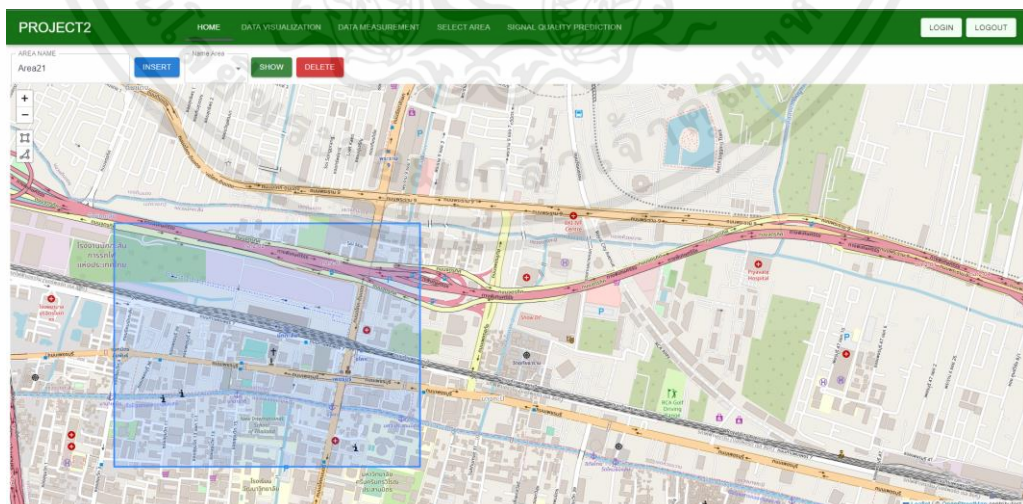
4.6.1.3 หน้า Selection Area

แสดงเว็บแอปพลิเคชันหน้า Selection Area ซึ่งใช้สำหรับจัดการพื้นที่ในการทำนายผล ดังรูปที่ 4.35



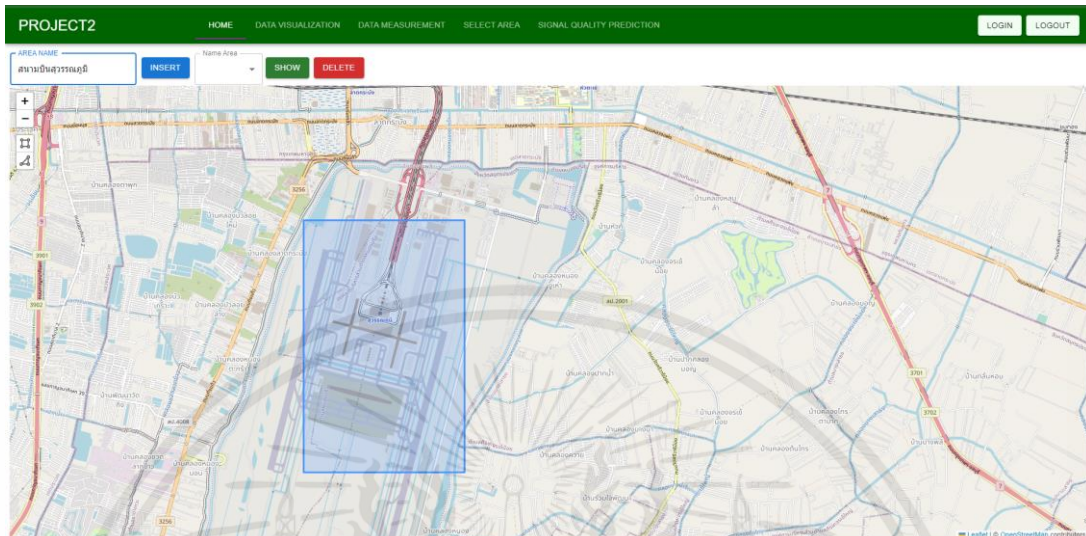
รูปที่ 4.36 เว็บแอปพลิเคชันหน้า Selection Area

เมื่อผู้ใช้งานต้องการสร้างพื้นที่ใหม่สำหรับใช้ในการทำนาย ผู้ใช้งานต้องทำการกรอกชื่อพื้นที่ในช่อง Area Name จากนั้นจึงทำการสร้างรูปสี่เหลี่ยมโดยใช้เครื่องมือทางด้านซ้ายบนของหน้าจอแล้วจึงกดปุ่ม Insert แสดงดังรูปที่ 4.37 ถึง 4.38



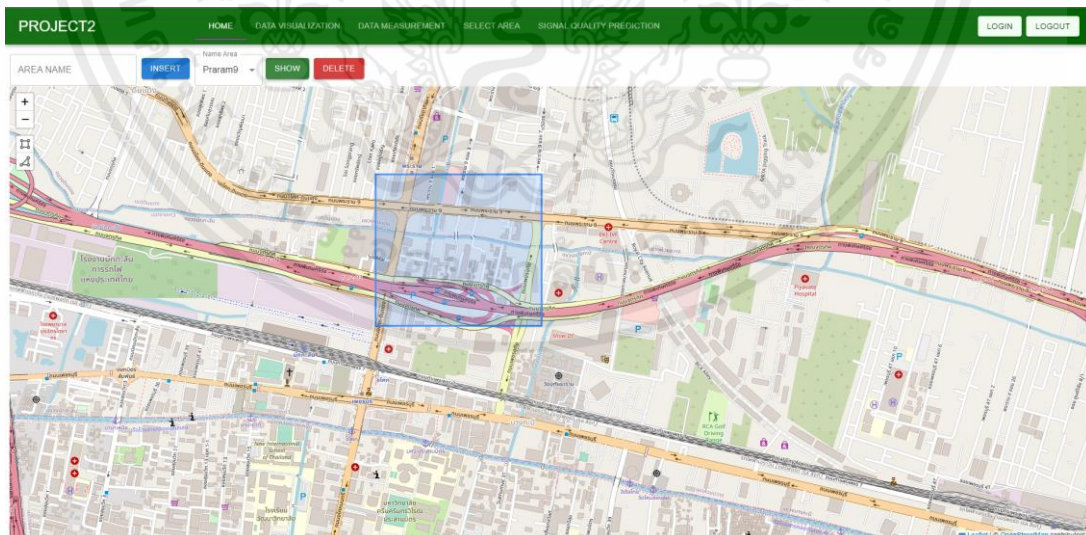
รูปที่ 4.37 เว็บแอปพลิเคชันหน้า Selection Area สร้างพื้นที่ชื่อ Area21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



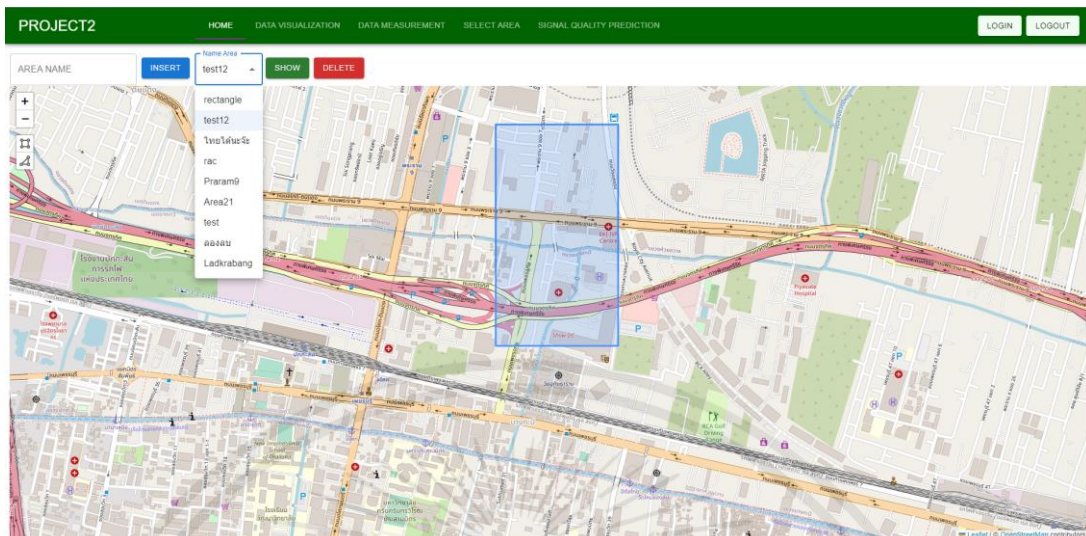
รูปที่ 4.38 เว็บแอปพลิเคชันหน้า Selection Area สร้างพื้นที่ชื่อ สนามบิณสุวรรณภูมิ

เมื่อผู้ใช้งานต้องการลบพื้นที่สำหรับการทำนาย ผู้ใช้งานต้องทำการเลือกชื่อพื้นที่ในแถบ Area Name จากนั้นจึงกดปุ่ม Show สำหรับแสดงพื้นที่หรือ กดปุ่ม Delete สำหรับลบพื้นที่ แสดงดังรูปที่ 4.39 ถึง 4.41

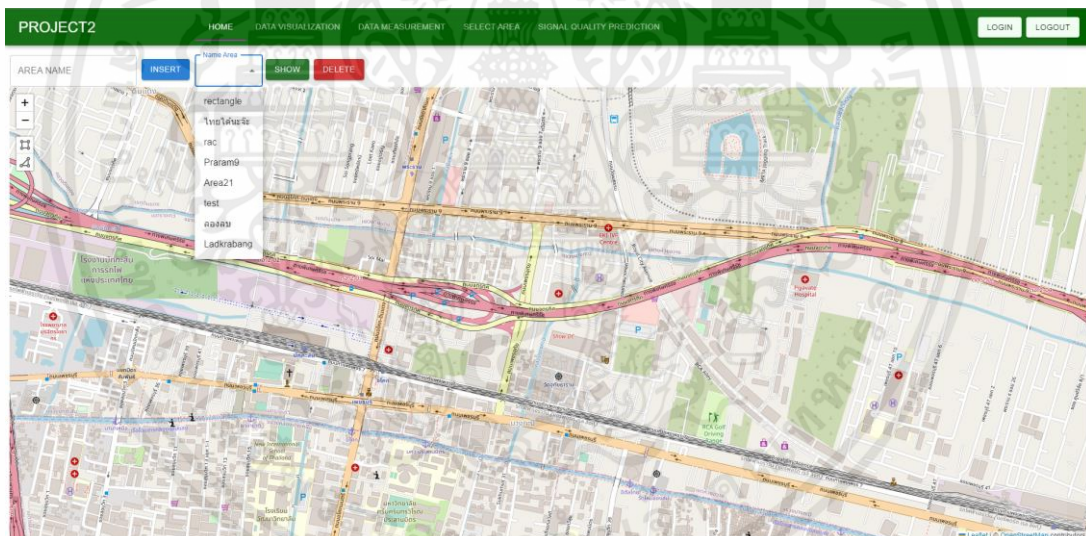


รูปที่ 4.39 เว็บแอปพลิเคชันหน้า Selection Area เลือกพื้นที่ชื่อ Praram9 แล้วกดปุ่ม Show

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.40 เว็บแอปพลิเคชันหน้า Selection Area เลือกพื้นที่ชื่อ test12 แล้วกดปุ่ม Show

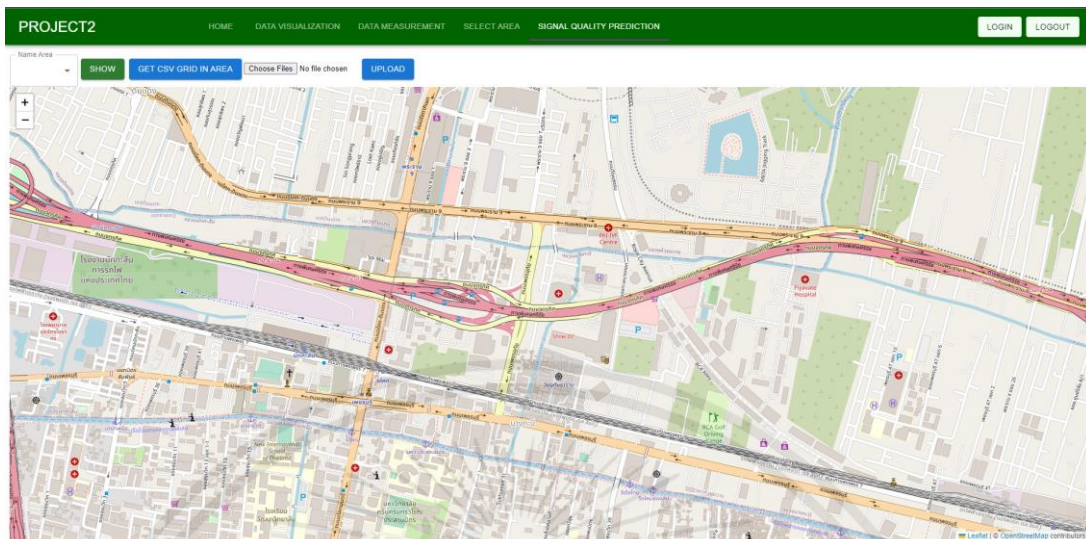


รูปที่ 4.41 เว็บแอปพลิเคชันหน้า Selection Area หลังจากเลือกพื้นที่ชื่อ test12 แล้วกดปุ่ม Delete

4.6.1.4 หน้า Signal Quality Prediction

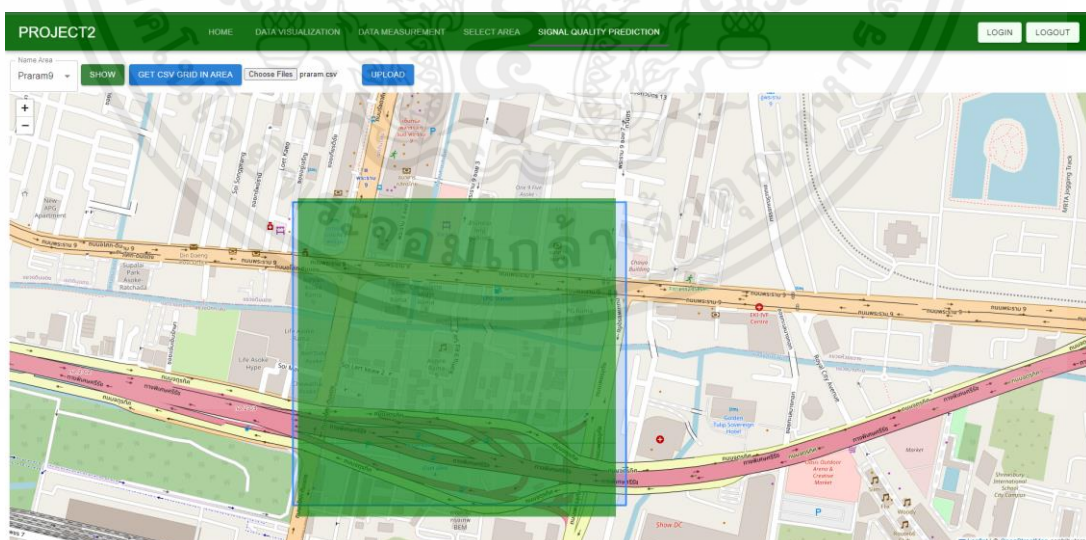
แสดงเว็บแอปพลิเคชันหน้า Signal Quality Prediction ซึ่งใช้สำหรับแสดงผลค่าคุณภาพของสัญญาณที่ได้จากการทำนาย ดังรูปที่ 4.42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



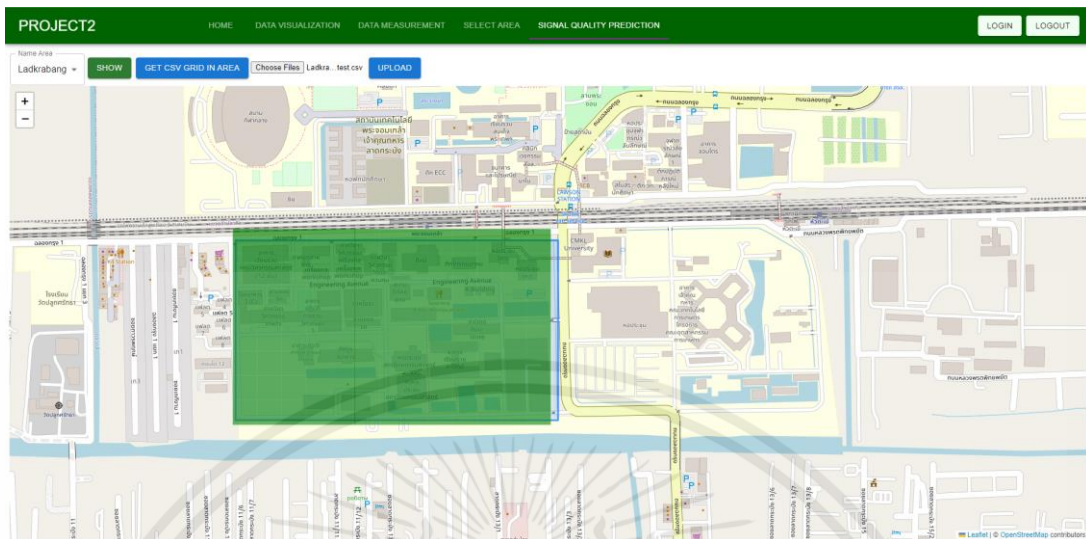
รูปที่ 4.42 เว็บแอปพลิเคชันหน้า Signal Quality Prediction

เมื่อผู้ใช้ต้องการทำนายค่าคุณภาพของสัญญาณ ผู้ใช้งานต้องทำการเลือกพื้นที่ที่ต้องการทำนายในช่อง Area Name จากนั้นจึงกดปุ่ม Show สำหรับทำการแสดงพื้นที่ที่จะทำนายต่อไปกดปุ่ม Get csv Grid in Area สำหรับดาวน์โหลดไฟล์ต่อจากนั้น อัปโหลดไฟล์ละติจูดและลองจิจูดสำหรับเป็นอินพุตของโมเดลปัญญาประดิษฐ์แล้วจึงเรียกดูผลการทำนายผ่านบนแอปเว็บพลิเคชันหน้า Signal Quality Prediction ดังรูปที่ 4.43 ถึง 4.44



รูปที่ 4.43 เว็บแอปพลิเคชันหน้า Signal Quality Prediction โดยเลือกพื้นที่ชื่อ Param9

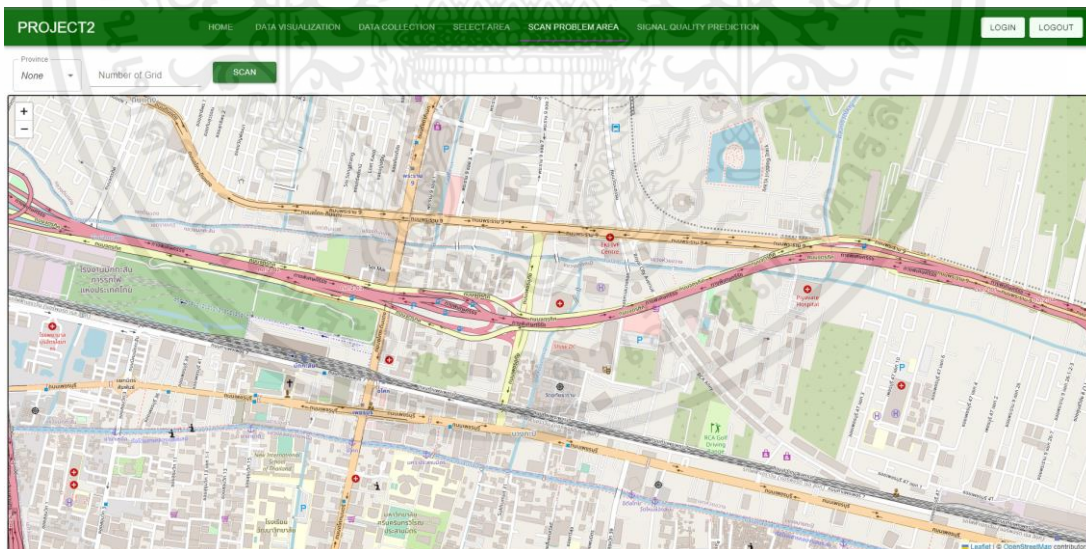
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.44 เว็บแอปพลิเคชันหน้า Signal Quality Prediction โดยเลือกพื้นที่ชื่อ Ladkrabang

4.6.1.5 หน้า Scan Problem Area

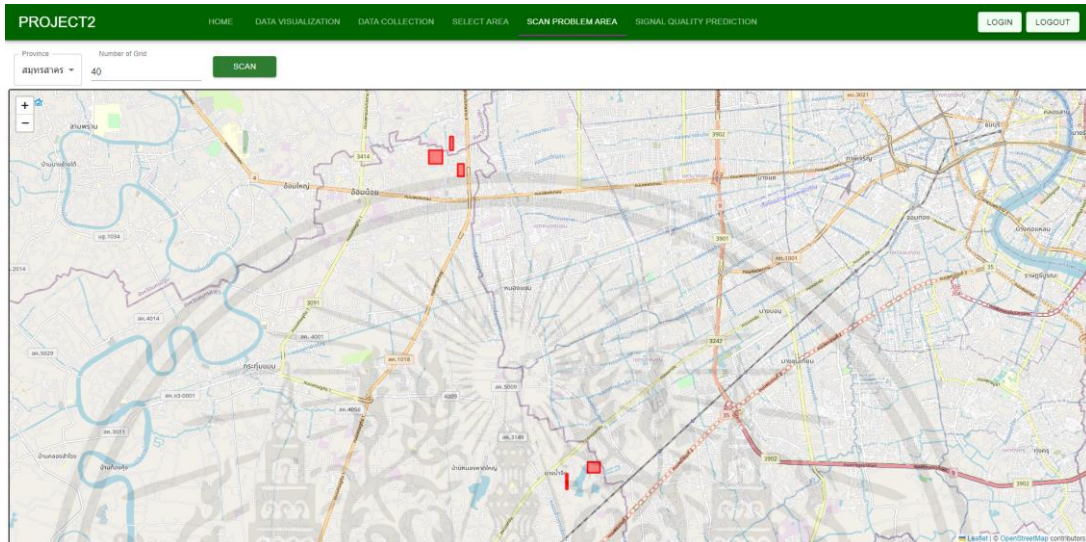
แสดงเว็บแอปพลิเคชันหน้า Scan Problem Area ซึ่งใช้สำหรับแสดงผลพื้นที่ที่มีกำลังของสัญญาณต่ำกว่า -100 dBm แสดงดังรูปที่ 4.45



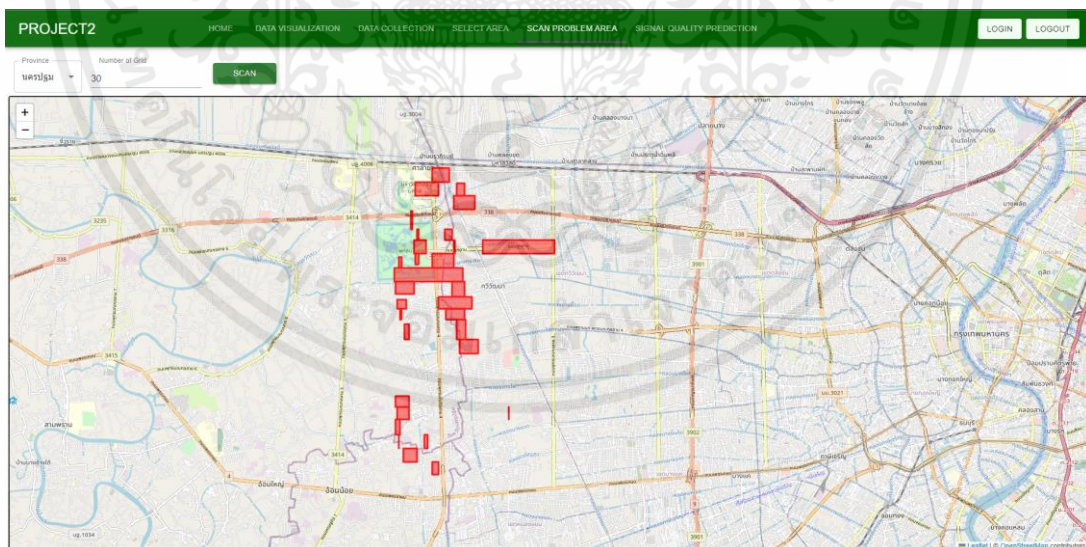
รูปที่ 4.45 เว็บแอปพลิเคชันหน้า Scan Problem Area

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อผู้ใช้งานต้องการเรียกดูพื้นที่ที่มีกำลังของสัญญาณต่ำ ผู้ใช้งานต้องกรอก ข้อมูล จังหวัด และข้อมูลของจำนวนที่น้อยที่สุดของ Grid ที่มีกำลังของสัญญาณต่ำติดกันสำหรับ เรียกดู ข้อมูลพื้นที่ที่มีกำลังของสัญญาณต่ำแสดงดังรูปที่ 4.46 ถึง 4.48

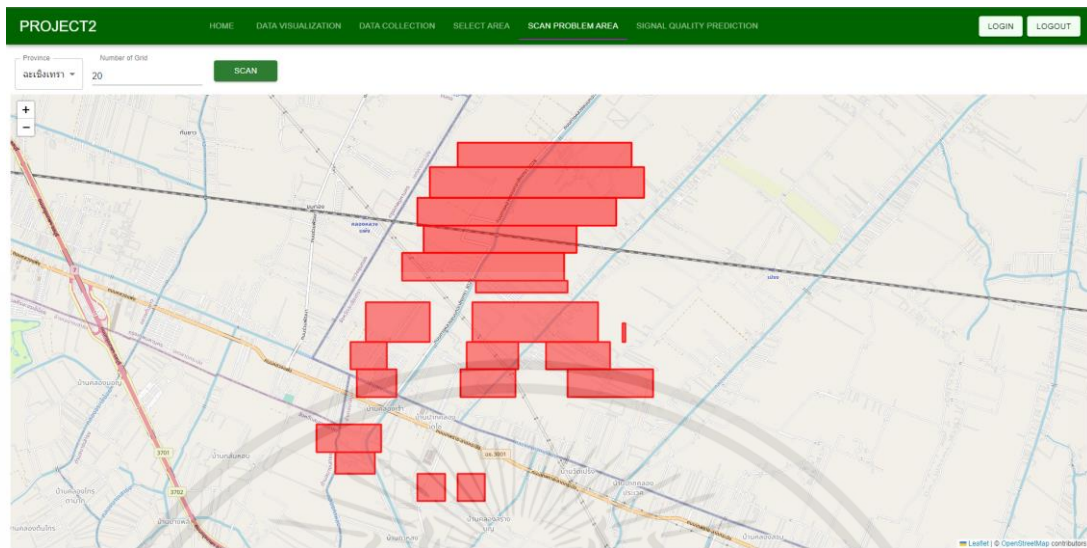


รูปที่ 4.46 เว็บไซต์แอปพลิเคชันหน้า Scan Problem Area กรอกข้อมูลจังหวัดสมุทรสาคร และข้อมูลของจำนวนที่น้อยที่สุดของ Grid ที่มีกำลังของสัญญาณต่ำติดกันเป็น 40 Grid



รูปที่ 4.47 เว็บไซต์แอปพลิเคชันหน้า Scan Problem Area กรอกข้อมูลจังหวัดนครปฐม และข้อมูลของจำนวนที่น้อยที่สุดของ Grid ที่มีกำลังของสัญญาณต่ำติดกันเป็น 30 Grid

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.48 เว็บแอปพลิเคชันหน้า Scan Problem Area กรอกข้อมูลจังหวัดฉะเชิงเทรา และข้อมูลของจำนวนที่น้อยที่สุดของ Grid ที่มีกำลังของสัญญาณต่ำติดกันเป็น 20 Grid

4.6.2 Back End

จากการสร้าง API ลิงก์ <http://x.x.x.x/data20210902> (x.x.x.x แสดงแทนเลข IP Address ซึ่งไม่สามารถเปิดเผยได้) สำหรับส่งข้อมูลคุณภาพของสัญญาณอ้างอิงที่ได้รับไปใช้ในส่วนของเว็บแอปพลิเคชันหน้า Data Visualization ได้ผลดังรูปที่ 4.49



รูปที่ 4.49 API ลิงก์ <http://x.x.x.x/data20210902>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการสร้าง API ลิงก์ http://x.x.x.x/rsrqkmitl13_10_65_all (x.x.x.x แสดงแทนเลข IP Address ซึ่งไม่สามารถเปิดเผยได้) สำหรับส่งข้อมูลคุณภาพของสัญญาณอ้างอิงที่ได้รับที่ได้จากการวัดไปใช้ในส่วนเว็บแอปพลิเคชันหน้า Data Visualization ได้ผลดังรูปที่ 4.50

```

HTTP 200 OK
Allow: GET, POST, HEAD, OPTIONS
Content-Type: application/json
Vary: Accept

[
  {
    "device": "KMILmeasure",
    "lat": 13.72744,
    "lng": 100.77619,
    "date": "Sat Nov 19 09:05:28 2022",
    "time": "2022-11-19",
    "MCCMNC": "520-03",
    "TAC": "0x0332",
    "ScellID": 166401381.0,
    "PcellID": 176,
    "Frband": "EUTRAN-BAND3",
    "earfcn": 1450,
    "dlbw": 5,
    "ulbw": 5,
    "rsrp": -75.178125,
    "rsrq": -11.6125,
    "rss1": -43.63125,
    "enodeb": "EDKLM"
  },
  {
    "device": "KMILmeasure",
    "lat": 13.72744,
    "lng": 100.775727,
    "date": "Sat Nov 19 09:22:46 2022",
    "time": "2022-11-19",
    "MCCMNC": "520-03",
    "TAC": "0x0332",
    "ScellID": 166401380.0,
    "PcellID": 241,
    "Frband": "EUTRAN-BAND3",
    "earfcn": 1450,
    "dlbw": 5,
    "ulbw": 5,
    "rsrp": -71.38378378,
    "rsrq": -10.72972973,
    "rss1": -39.93243243,
    "enodeb": "EDKLM"
  }
]

```

รูปที่ 4.50 API ลิงก์ http://x.x.x.x/rsrqkmitl13_10_65_all

จากการสร้าง API ลิงก์ <http://x.x.x.x/province> (x.x.x.x แสดงแทนเลข IP Address ซึ่งไม่สามารถเปิดเผยได้) สำหรับส่งรายชื่อจังหวัดทั้งหมดในฐานข้อมูลไปใช้ในส่วนเว็บแอปพลิเคชันหน้า Data Visualization และหน้า Scan Problem Area ได้ผลดังรูปที่ 4.51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Province List

GET /province

```

HTTP 200 OK
Allow: GET, HEAD, OPTIONS
Content-Type: application/json
Vary: Accept

[
  {
    "province": "กรุงเทพมหานคร",
    "count": 552699
  },
  {
    "province": "ฉะเชิงเทรา",
    "count": 1869
  },
  {
    "province": "นครปฐม",
    "count": 7418
  },
  {
    "province": "นนทบุรี",
    "count": 75286
  },
  {
    "province": "ปทุมธานี",
    "count": 7
  },
  {
    "province": "สมุทรปราการ",
    "count": 409465
  },
  {
    "province": "สมุทรสาคร",
    "count": 709
  }
]

```

รูปที่ 4.51 API ลิงก์ <http://x.x.x.x/province>

จากการสร้าง API ลิงก์ <http://x.x.x.x/amphur> (x.x.x.x แสดงแทนเลข IP Address ซึ่งไม่สามารถเปิดเผยได้) สำหรับส่งรายชื่ออำเภอที่อยู่ในจังหวัดไปใช้ในส่วนเว็บแอปพลิเคชันหน้า Data Visualization ได้ผลดังรูปที่ 4.52

Amphur List

OPTIONS GET

GET /amphur

```

HTTP 200 OK
Allow: GET, POST, HEAD, OPTIONS
Content-Type: application/json
Vary: Accept

[
  {
    "amphur": "คลองเตย",
    "count": 5568
  },
  {
    "amphur": "คลองสาน",
    "count": 2429
  },
  {
    "amphur": "คลองสานวา",
    "count": 20250
  },
  {
    "amphur": "สนามยาวา",
    "count": 9844
  },
  {
    "amphur": "จตุจักร",
    "count": 12818
  },
  {
    "amphur": "จันทอง",
    "count": 8549
  },
  {
    "amphur": "คานเมือง",
    "count": 1
  },
  {
    "amphur": "สีเส้ง",
    "count": 3557
  },
  {
    "amphur": "คูสี",
    "count": 4337
  },
  {
    "amphur": "คลังหิน",
    "count": 13837
  }
]

```

รูปที่ 4.52 API ลิงก์ <http://x.x.x.x/amphur>

จากการสร้าง API ลิงก์ <http://x.x.x.x/enodeb> (x.x.x.x แสดงแทนเลข IP Address ซึ่งไม่สามารถเปิดเผยได้) สำหรับส่งรายชื่อ eNodeB ที่อยู่ในอำเภอไปใช้ในส่วนเว็บแอปพลิเคชัน หน้า Data Visualization ได้ผลดังรูปที่ 4.53

Enodeb List OPTIONS GET ▾

GET /enodeb

```

HTTP 200 OK
Allow: GET, POST, HEAD, OPTIONS
Content-Type: application/json
Vary: Accept

[
  {
    "enodeb": "ANRTX",
    "count": 131
  },
  {
    "enodeb": "B301M",
    "count": 209
  },
  {
    "enodeb": "BPVVM",
    "count": 222
  },
  {
    "enodeb": "BRE5B",
    "count": 4
  },
  {
    "enodeb": "EC66M",
    "count": 323
  },
  {
    "enodeb": "EC66M_01",
    "count": 8
  },
  {
    "enodeb": "E662M",
    "count": 103
  },
  {
    "enodeb": "E662M_01",
    "count": 19
  },
  {
    "enodeb": "E664B",
    "count": 19
  },
  {
    "enodeb": "E664B_01",
    "count": 3
  },
]

```

รูปที่ 4.53 API ลิงก์ <http://x.x.x.x/enodeb>

จากการสร้าง API ลิงก์ <http://x.x.x.x/cell> (x.x.x.x แสดงแทนเลข IP Address ซึ่งไม่สามารถเปิดเผยได้) สำหรับส่งรายชื่อ Cell ที่อยู่ใน eNodeB ไปใช้ในส่วนเว็บแอปพลิเคชันหน้า Data Visualization ได้ผลดังรูปที่ 4.54

Cell List

OPTIONS GET

GET /cell

```

HTTP 200 OK
Allow: GET, POST, HEAD, OPTIONS
Content-Type: application/json
Vary: Accept

[
  {
    "cell": "G241AS181A",
    "count": 13
  },
  {
    "cell": "G241AS181B",
    "count": 11
  },
  {
    "cell": "G260AS181A",
    "count": 2
  },
  {
    "cell": "G260AS181B",
    "count": 1
  },
  {
    "cell": "G261AS181A",
    "count": 2
  },
  {
    "cell": "G261AS181B",
    "count": 4
  },
  {
    "cell": "SKW3ML0912",
    "count": 1
  },
  {
    "cell": "SKW3ML1811",
    "count": 29
  },
  {
    "cell": "SKW3ML1812",
    "count": 22
  },
  {
    "cell": "SKW3ML1813",
    "count": 49
  }
]

```

รูปที่ 4.54 API ลิงก์ <http://x.x.x.x/cell>

จากการสร้าง API ลิงก์ <http://x.x.x.x/scan> (x.x.x.x แสดงแทนเลข IP Address ซึ่งไม่สามารถเปิดเผยได้) สำหรับส่งค่าพิกัดของพื้นที่ที่กำลังสัญญาณต่ำไปใช้ในส่วนเว็บแอปพลิเคชัน หน้า Scan Problem Area ได้ผลดังรูปที่ 4.55

Scan

OPTIONS GET

```
GET /scan

HTTP 200 OK
Allow: GET, POST, HEAD, OPTIONS
Content-Type: application/json
Vary: Accept

[
  {
    "min_lat": [REDACTED]
    "min_lng": [REDACTED]
    "max_lat": [REDACTED]
    "max_lng": [REDACTED]
    "id": 0
  },
  {
    "min_lat": [REDACTED]
    "min_lng": [REDACTED]
    "max_lat": [REDACTED]
    "max_lng": [REDACTED]
    "id": 1
  },
  {
    "min_lat": [REDACTED]
    "min_lng": [REDACTED]
    "max_lat": [REDACTED]
    "max_lng": [REDACTED]
    "id": 2
  },
  {
    "min_lat": [REDACTED]
    "min_lng": [REDACTED]
    "max_lat": [REDACTED]
    "max_lng": [REDACTED]
    "id": 3
  },
  {
    "min_lat": [REDACTED]
    "min_lng": [REDACTED]
    "max_lat": [REDACTED]
    "max_lng": [REDACTED]
    "id": 4
  }
]
```

รูปที่ 4.55 API ลิงก์ <http://x.x.x.x/scan>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

ปฏิยานิพนธ์นี้ทำการออกแบบระบบเก็บค่า RSRQ เพื่อนำมาแสดงผลลงเว็บแอปพลิเคชัน และออกแบบปัญญาประดิษฐ์ ประเภทโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อทำนายค่า Signal Quality เมื่อทำการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของเสาสัญญาณในระบบ LTE เพื่อช่วยในการสังเกตผลกระทบจากการปรับพารามิเตอร์ของเสาส่งสัญญาณและนำไปใช้ทำ Planning สำหรับ ติดตั้ง Cell site ก่อนการติดตั้งจริง โดยมีสรุปขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1) ระบบการเก็บข้อมูล RSRQ ด้วยอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถทำการเก็บข้อมูล RSRQ และข้อมูลอื่น ๆ ได้เพื่อนำมาแสดงผลเทียบกับการจัดเก็บข้อมูลของ AIS บนเว็บแอปพลิเคชัน จากผลการทดสอบพบว่าข้อมูล RSRQ ที่เก็บจากอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์กับข้อมูล RSRQ ของ AIS มีค่าที่แตกต่างกัน ทั้งที่พิจารณาในพื้นที่เดียวกันเนื่องจากการจัดเก็บข้อมูลทั้งสองอย่างมีวันที่และเวลาในการจัดเก็บต่างกันทำให้สภาพแวดล้อมนั้นมีความแตกต่างกัน ทำให้ค่า RSRQ ที่วัดมาได้มีค่าต่างกัน รวมทั้งข้อมูลที่จัดเก็บโดยอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่มีข้อมูลพารามิเตอร์ของผู้ให้บริการทำให้ไม่สามารถนำข้อมูลที่วัดได้มาใช้ในพัฒนาปัญญาประดิษฐ์

2) การทำนายค่า Path Loss Error ด้วยปัญญาประดิษฐ์ สามารถทำนายค่า Path Loss Error และทำการคำนวณหาค่า Signal Quality ได้โดยผลการเอนโมเดลมีค่า MAE เท่ากับ 3.1561 และ RMSE เท่ากับ 4.1758

3) การแสดงผลบนเว็บแอปพลิเคชันสามารถเชื่อมต่อ Front-End กับ Back-End ได้รวมทั้งสามารถใช้งาน API ได้ตามวัตถุประสงค์การใช้งาน

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) การเก็บข้อมูล RSRQ สำหรับใช้แสดงผลควรมีอุปกรณ์จำนวนมากกว่า 1 ชุด เพื่อสามารถเก็บข้อมูลได้หลายพื้นที่ในเวลาเดียวกัน และควรตรวจสอบพารามิเตอร์ที่อุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถวัดได้ก่อนนำมาใช้ในพัฒนาปัญญาประดิษฐ์

2) โมเดลทำนายค่า Signal Quality ควรตรวจสอบข้อมูลให้ถูกต้องเนื่องจากหากข้อมูลผิดพลาดการทำนายจะได้ผลออกมาผิดพลาด

3) การทำนายค่า Signal Quality สามารถทำได้แต่ยังไม่แม่นยำ ควรปรับปรุงพารามิเตอร์อินพุต และเอาต์พุต หรือเปลี่ยนวิธีคำนวณค่า Signal Quality ใหม่

4) การจัดเก็บข้อมูลลงในฐานข้อมูล ควรแบ่งข้อมูลให้เป็นระเบียบก่อนจัดเก็บข้อมูลลงในฐานข้อมูล เพื่อให้ง่ายต่อการอ่านฐานข้อมูล

5) เว็บแอปพลิเคชัน

5.1) เว็บแอปพลิเคชันหน้า Scan Problem Area ควรปรับปรุงอัลกอริทึมการหาพื้นที่ที่กำลังของสัญญาณทำให้สามารถทำงานได้เร็วขึ้นและทำให้ผู้ใช้งานสามารถกำหนดคุณภาพของสัญญาณได้

5.2) ปรับปรุงด้านความปลอดภัย โดยสามารถใช้การยืนยันตัวตนเพื่อเพิ่มความปลอดภัยของผู้ใช้งานและผู้ให้บริการ

บรรณานุกรม

- [1] Kraisak. “บทที่ 7 โครงข่ายประสาทเทียมอัจฉริยะ (Artificial Neuron Network).”
<https://csit.nu.ac.th/kraisak/ds/ds/chapter07/Chapter07.pdf>.
- [2] Douw Boshoff. “2 The structure of the artificial neuron.”
https://www.researchgate.net/figure/The-structure-of-the-artificial-neuron_fig2_328733599.
- [3] Saed Sayad. “Artificial Neural Network.”
https://www.saedsayad.com/artificial_neural_network.htm.
- [4] Qef. “Sigmoid function.”
https://en.wikipedia.org/wiki/Sigmoid_function.
- [5] Medcalc. “TANH function.”
<https://www.medcalc.org/manual/tanh-function.php>
- [6] Jason Brownlee. “A Gentle Introduction to the Rectified Linear Unit (ReLU).”
<https://machinelearningmastery.com/rectified-linear-activation-function-for-deep-learning-neural-networks/>.
- [7] Data Science Learner Team. “Softsign Activation function’s mathematical expression.”
<https://www.datasciencelearner.com/softsign-activation-function-implementation/>.
- [8] P L. “Deep Learning แบบฉบับสามัญชน EP 2 Optimization & Activation Function เรียบกันสบายๆสไตล์ซีลๆ .”
<https://medium.com/mmp-li/deep-learning-แบบฉบับสามัญชน-ep-2-optimization-activation-function-เรียบกันสบายๆสไตล์ซีลๆ-9feb5a87e3b2>.
- [9] Nuno R. Leonor, Student Member, IEEE, Rafael F. S. Caldeirinha, Senior Member, IEEE, Manuel García Sánchez, Member, IEEE, and Telmo R. Fernandes, Member, IEEE, “A Three Dimensional Directive Antenna Pattern Interpolation Method”, IEEE ANTENNAS AND WIRELESS PROPAGATION LETTERS, VOL. 15, 2016, pp.881-884

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [10] navipedia. “Transformations between ECEF and ENU coordinates.”
https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/Transformations_between_ECEF_and_ENU_coordinates.
- [11] codebee. “MySQL ความต่างระหว่าง LEFT, RIGHT, INNER และ OUTER JOIN.”
<https://www.codebee.co.th//labs/mysql-ความต่างระหว่าง-left-right-join/>.
- [12] Neeraj Mishra. “Joins in SQL – Inner, Outer, Left and Right Join.”
<https://www.thecrazyprogrammer.com/2019/05/joins-in-sql.html>.
- [13] Klongthom tech. “MQTT โพรโตคอลเชื่อมทุกอุปกรณ์ในโลก.”
<https://klongthomtech.maggang.com/mqtt-โพรโตคอลเชื่อมทุกอุปกรณ์ในโลก>.
- [14] Krit. “ESP 32 RTOS.”
<http://188.166.189.39:9080/Utils/wiki/ESP32>.
- [15] Thana Hongsuwan. “การใช้งาน FreeRTOS ตอนที่ 2.”
<https://thanahongsuwan.medium.com/การใช้งาน-freertos-ตอนที่-2-f19c08f20408>.
- [16] Thiti Yamsung. “PlatformIO คืออะไร.”
thiti.dev/blog/28/.
- [17] SIMCom Wireless Solutions Limited. “SIM7500_SIM7600_Series_AT_Command_Manual.”
https://www.waveshare.net/w/upload/6/68/SIM7500_SIM7600_Series_AT_Command_Manual_V2.00.pdf.
- [18] Suwanna P. “การโปรแกรมเชิงวัตถุ C++(3901-2006).”
<http://bls.buu.ac.th/~s54143/15Feb21/suwannaP/lesson2.pdf>.
- [19] mindphp. “ประวัติความเป็นมาของ ภาษา Python ไพทอน.”
<https://www.mindphp.com/บทเรียนออนไลน์/83-python/2393-ประวัติ-ภาษา-python-ไพทอน.html>.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [20] ปฏิพล ไทยเอี่ยม. “บทที่ 8 สายอากาศ.”
<https://sites.google.com/site/sbt6231280003/bth-thi-8-say-xakas>.
- [21] 1stCraft Team. “Web application คืออะไร? ต่างจากเว็บไซต์ทั่วไปอย่างไร?”
<https://1stcraft.com/website-application-vs-general-website>.
- [22] ธนาพัฒน์ ลิ้มปัดมทรัพย์ “Next Js.”
<https://www.frevation.com/blog/web-development/next-js/>.
- [23] Volodymyr Agafonkin. “an open-source JavaScript library for mobile-friendly interactive maps.”
<https://leafletjs.com/index.html>.
- [24] borntoDev. “ทำ Palette สีให้กับหน้าเว็บ React ด้วย MUI.”
<https://www.borntodev.com/2022/11/25/palette-react-mui/>.
- [25] จีระพงษ์ โพนันธุ์. “ภาษาคอมพิวเตอร์.”
<https://kru-it.com/java-programming/computer-language/>
- [26] mindphp. “HTML คืออะไร เอชทีเอ็มแอล ภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการสร้างเว็บเพจ ใช้เขียนโปรแกรม ย่อมาจากอะไร.”
<https://mindphp.com/คู่มือ/73-คืออะไร/2026-html-คืออะไร.html>.
- [27] MarcusCode. “แนะนำภาษา TypeScript.”
<http://marcuscode.com/lang/typescript/introduction>.
- [28] mindphp. “CSS คืออะไร ซีเอสเอส คือ ภาษาที่ใช้ในการจัดรูปแบบเอกสาร HTML ให้มีความสวยงาม.”
<https://www.mindphp.com/คู่มือ/73-คืออะไร/2193-css-คืออะไร.html>.
- [29] TAeng Trirong Pholphimai. “Cross-Origin Resource Sharing (CORS) เป็นสิ่งที่ Web Developer ต้องควรรู้.”

บรรณานุกรม (ต่อ)

<https://medium.com/nellika/cors-เป็นสิ่งที่-web-developer-ต้องควรรู้-c906b1b47958>.

[30] Database. “Database คืออะไร ระบบฐานข้อมูล คือ การเก็บรวบรวมข้อมูลไว้ด้วยกัน อย่างมีระบบ”

<https://mindphp.com/คู่มือ/73-คืออะไร/2055-database-คืออะไร23.html>.

[31] SQL. “SQL คืออะไร เอสคิวแอล คือ ภาษาที่ใช้เขียนโปรแกรมเพื่อจัดการฐานข้อมูล และเป็นชื่อโปรแกรมฐานข้อมูลอีกด้วย.”

<https://www.mindphp.com/คู่มือ/73-คืออะไร/2088-sql-คืออะไร.html>

[32] ae. “PostgreSQL โปสท์เกรสคิวเอล คืออะไร โปรแกรมสำหรับจัดการข้อมูล.”

<https://www.mindphp.com/คู่มือ/73-คืออะไร/3872-what-is-postgresql.html>.