

ระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนจีเอ็นเอสเอสตามระดับอาร์เอฟไอ
GNSS (GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM)
RFI DETECTION SYSTEM



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนจีเอ็นเอสเอสตามระดับอาร์เอฟไอ
GNSS (GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM)
RFI DETECTION SYSTEM

โดย

นางสาวพรนภัส	งามพาณิชยกิจ	63010639
นางสาวพลอยนวล	ชนะบุญ	63010654
นางสาวพาณิภัคร	คำทอง	63010678

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.จิรภูมิ บุตรโท

ศาสตราจารย์ ดร.พรชัย ทรัพย์นิธิ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2566

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

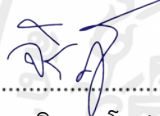
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนจีเอ็นเอสเอสตามระดับอาร์เอฟไอ

GNSS (GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM) RFI DETECTION SYSTEM

ผู้จัดทำ

1. นางสาวพรนภัส งามพาณิชย์กิจ 63010639
2. นางสาวพลอยนวล ชนะบุญ 63010654
3. นางสาวพานิภัคร คำทอง 63010678



(ดร.จิรภูมิ บุตรโท)

อาจารย์ที่ปรึกษา



(ศาสตราจารย์ ดร.พรชัย ทรัพย์นिति)

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้เรื่อง “ระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนจีเอ็นเอสเอสตามระดับอาร์เอฟไอ” ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความช่วยเหลือและความอนุเคราะห์จากอาจารย์ที่ปรึกษา ทางผู้จัดทำต้องขอขอบคุณ ดร.จิรภูมิ บุตรโท อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์และศาสตราจารย์ ดร.พรชัย ทรัพย์นิธิ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ชี้แนะแนวคิดและแนวทางวิธีการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงานปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ รวมถึงผู้จัดทำขอขอบคุณนักศึกษาปริญญาเอก ปริญญาโท ที่คอยให้คำแนะนำ คอยช่วยเหลือ และสนับสนุนเครื่องมือ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้การทำปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำ ความรู้ต่าง ๆ ให้แก่คณะผู้จัดทำ

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำขอขอบคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่ให้โอกาสทางการศึกษา ให้ความหวังใยเสมอ และขอขอบคุณผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่อาจจะไม่ได้กล่าวถึงในข้างต้น ที่ให้การสนับสนุน และให้ความช่วยเหลือแก่คณะผู้จัดทำเสมอมา

นางสาวพรนภัส	งามพาณิชยกิจ
นางสาวพลอยนวล	ชนะบุญ
นางสาวพาณิภัคร	ค้าของ ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนจีเอ็นเอสตามระดับอาร์เอฟไอ
GNSS (GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM) RFI DETECTION SYSTEM

โดย	นางสาวพรนภัส	งามพาณิชย์กิจ	63010639
	นางสาวพลอยนวล	ชนะบุญ	63010654
	นางสาวพานิภัทร	คำทอง	63010678

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.จิรภูมิ บุตรโท
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ศาสตราจารย์ ดร.พรชัย ทรัพย์นิธิ

บทคัดย่อ

ระบบจีเอ็นเอส (GNSS : Global Navigation Satellite System) เป็นโครงสร้างพื้นฐานในการให้บริการสำหรับระบุตำแหน่งหรือค่าพิกัดบนพื้นผิวโลก แต่เนื่องจากระดับสัญญาณที่ได้รับได้จากเครื่องรับที่อยู่พื้นโลกมีค่าต่ำ จึงเป็นเรื่องง่ายที่จะเกิดการถูกรบกวนสัญญาณได้ ซึ่งจะส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อบุคคลหรือหน่วยงานที่ต้องใช้สัญญาณที่มีเสถียรภาพสูง หน่วยงานที่เกี่ยวข้องจึงต้องการระบบตรวจจับเพื่อป้องกันสถานที่สำคัญต่าง ๆ ก่อนที่จะเข้ามาทำอันตราย ดังนั้นในปฏิญานีพนธ์นี้คณะผู้จัดทำได้ออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์สำหรับการตรวจจับสัญญาณรบกวนจีเอ็นเอส โดยจะนำข้อมูลที่ได้รับไปประมวลผลว่าค่ากำลังสัญญาณที่รับมานั้นถูกรบกวนหรือไม่ ซึ่งจะวิเคราะห์ร่วมกับสเปกตรัมของสัญญาณว่ามีความเปลี่ยนแปลงอย่างไร ในปฏิญานีพนธ์นี้มีการพัฒนาส่วนของการระบุประเภทอุปกรณ์รบกวนสัญญาณว่าเป็นอุปกรณ์ชนิดใดได้ผ่านเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ และเพิ่มประสิทธิภาพความแม่นยำในการตรวจจับสัญญาณรบกวนด้วยสายอากาศ 2 ชนิด จากนั้นนำข้อมูลทั้งหมดที่บันทึกได้ไปจัดเก็บไว้ในฐานข้อมูล เพื่อสะดวกในการใช้งานและตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลผ่านเว็บเบราว์เซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSTRACT

The global navigation satellite system (GNSS) is a fundamental infrastructure for providing location or coordinate information on the earth's surface. However, due to the low signal levels received by ground receivers, it is susceptible to being disturbed which may result in impact to individuals or organizations that require highly stable signals. Relevant agencies must therefore have a detection system in place to protect important facilities before they can cause harm. Therefore, we have designed and developed a device for detecting GNSS signal interference. The equipment processes the received data to determine whether the received signals are disturbed or not. It also analyzes the spectrum of the signal to detect any variations. In this thesis, there is a section developed to identify the type of signal interfering device through artificial intelligence technology and improve the accuracy of detecting interference with two types of antennas. Finally, the collected data is stored in a database for convenient access and analysis of results through a web browser.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	I
บทคัดย่อ	II
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VIII
สารบัญตาราง	XVII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตของปริญญาานิพนธ์	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 ระบบสัญญาณจีเอ็นเอสเอส.....	4
2.2 สัญญาณรบกวน.....	5
2.3 การจำแนกประเภทอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ	6
2.3.1 เทคนิค NAÏVE BAYES.....	6
2.3.2 เทคนิค K-MEANS CLUSTERING	7
2.3.3 เทคนิค CROSS-CORRELATION	8
2.3.4 เทคนิค SUPPORT VECTOR MACHINES (SVM)	8
2.4 โพรโทคอล NMEA 0183	10
2.4.1 GNGGA MESSAGE (\$GNGGA).....	10
2.4.2 GNGSA MESSAGE (\$GNGSA).....	12
2.4.3 GPGSV MESSAGE (\$GPGSV).....	13
2.5 การเข้ารหัสผ่านด้วย HASH FUNCTION	14
2.5.1 HASH FUNCTION แบบ HASH FAST	15
2.5.2 HASH FUNCTION แบบ HASH SLOW	15
2.6 หลักการทำงานของ RESPONSIVE WEB DESIGN	16
2.7 อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบตรวจจับสัญญาณจีเอ็นเอสเอส	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.7.1 RTL-SDR BLOG V3 R860 RTL2832.....	17
2.7.2 NEO-M8T-0 U-BLOX GNSS.....	18
2.7.3 MINI PC INTEL NUC 11ATKC4	19
2.7.4 4G WIRELESS ROUTER.....	20
2.7.5 กล้องวงจรปิดไอพี (IP CAMERA).....	21
2.7.6 สายอากาศ DIRECTIONAL 800 - 2700 MHZ.....	24
2.7.7 สายอากาศ AN-105L-GNSS.....	25
2.8 ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในระบบตรวจจับสัญญาณจีเอ็นเอสเอส	26
2.8.1 ZONEMINDER (OPEN SOURCE NVR)	26
2.8.2 การจัดเก็บข้อมูลและรูปภาพกราฟสเปกตรัม	27
2.8.3 ภาษาคอมพิวเตอร์สำหรับการสร้างเว็บเบราว์เซอร์	28
บทที่ 3 การออกแบบและการจัดทำปฏิญญานิพนธ์.....	33
3.1 การออกแบบ.....	33
3.1.1 การออกแบบระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนจีเอ็นเอสเอส	34
3.1.2 การออกแบบการตรวจสอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์ภายในระบบ ตรวจจับสัญญาณจีเอ็นเอสเอส.....	42
3.1.3 การออกแบบระบบแจ้งเตือนผ่าน LINE NOTIFY.....	44
3.1.4 การออกแบบระบบจัดเก็บฐานข้อมูล.....	48
3.1.5 การออกแบบโมเดลเพื่อจำแนกประเภทอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ.....	58
3.1.6 การออกแบบโครงสร้างของเว็บเบราว์เซอร์	63
3.1.7 การออกแบบเว็บเบราว์เซอร์ให้เป็น RESPONSIVE WEB เพื่อรองรับ อุปกรณ์การใช้งานในรูปแบบต่าง ๆ.....	70
3.1.8 การออกแบบอุปกรณ์ตรวจจับการรบกวนสัญญาณ.....	74
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	79
3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง.....	80
3.3.1 การทดสอบวัดค่าพารามิเตอร์ของอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ.....	80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3.2 การทดสอบการทำงานของระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนจีเอ็นเอสเอสตาม ระดับอาร์เอฟไอ	80
3.3.3 ระบบฐานข้อมูล	80
3.3.4 การทดสอบการทำงานของโมเดลจำแนกอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ	80
3.3.5 การทดสอบการทำงานของเว็บเบราว์เซอร์	80
บทที่ 4 ผลการทดลอง	81
4.1 การทดสอบวัดค่าพารามิเตอร์ของอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ	81
4.1.1 การทดสอบวัดค่าอัตราขยายของสายอากาศ DIRECTIONAL สายอากาศ กลางแจ้ง 800 – 2700 MHZ	81
4.1.2 การทดสอบวัดค่ากำลังและอัตราขยายเครื่องส่งสัญญาณรบกวนชนิด SMA TYPE JAMMER	83
4.1.3 การทดสอบวัดค่ากำลังและอัตราขยายเครื่องส่งสัญญาณรบกวนชนิด USB GPS JAMMER	85
4.2 การทดสอบการทำงานของระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนจีเอ็นเอสเอสตามระดับ อาร์เอฟไอ	87
4.2.1 การวิเคราะห์รูปแบบการทำงานของสายอากาศ DIRECTIONAL ANTENNA สายอากาศกลางแจ้ง 800 – 2700 MHZ จากผลการทดสอบ สายอากาศ	87
4.2.2 การทดสอบเพื่อวัดความเปลี่ยนแปลงในแต่ละพารามิเตอร์	89
4.2.3 การทดสอบความพร้อมใช้งานของระบบตรวจจับสัญญาณรบกวน	92
4.2.4 การทดสอบการแสดงผลภาพพร้อมเสียงของระบบตรวจจับสัญญาณรบกวน ในสถานการณ์ต่าง ๆ	97
4.2.5 ผลการทดสอบการแจ้งเตือนผ่าน LINE NOTIFY	100
4.3 ระบบฐานจัดเก็บข้อมูล	102
4.3.1 ระบบฐานข้อมูล MYSQL	102
4.3.2 ระบบฐานข้อมูลไฟล์เซิร์ฟเวอร์	103
4.4 ผลการทดสอบการทำงานของโมเดลจำแนกอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ	105

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.4.1 ผลการทดสอบจำแนกอุปกรณ์รบกวนสัญญาณโดยใช้เทคนิคต่าง ๆ.....	106
4.4.2 ผลลัพธ์ตาราง CONFUSION MATRIX ของแต่ละเทคนิค	112
4.4.3 ผลการทดสอบการแยกประเภทอุปกรณ์รบกวนสัญญาณโดยเทคนิคที่ เลือกใช้.....	119
4.5 ผลการทดสอบการทำงานของเว็บเบราว์เซอร์.....	121
4.5.1 การแก้ไขปัญหาการทำงานของเว็บเบราว์เซอร์ผ่านผู้ใช้งานจริง	121
4.5.2 ผลการทดสอบการทำงานของหน้าต่างล๊อคอิน.....	137
4.5.3 ผลการทดสอบการทำงานของหน้าต่างหลัก	138
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	153
บรรณานุกรม	155
ภาคผนวก.....	161

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่		หน้า
2.1	ผลของก่อนและหลังการจัดกลุ่มด้วย K-MEANS CLUSTERING [23].....	7
2.2	ลักษณะเคอร์เนลต่าง ๆ ของฟังก์ชัน SVC [27].....	9
2.3	SUPPORT VECTOR MACHINES (SVM) [28].....	9
2.4	รูปแบบของ GNGGA MESSAGE [35]	10
2.5	รูปแบบของ GNGSA MESSAGE [36].....	12
2.6	รูปแบบของ GNGSV MESSAGE [37].....	13
2.7	โครงสร้างของรหัสผ่าน HASH SLOW แบบ BCrypt	16
2.8	ขนาดหน้าของเว็บเบราว์เซอร์ตามอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เลือกใช้ [45]	17
2.9	RTL-SDR BLOG V3 R860 RTL2832U [10].....	18
2.10	อุปกรณ์ NEO-M8T-0 U-BLOX GNSS.....	19
2.11	MINI PC INTEL NUC 11ATKC4 [11]	19
2.12	4G WIRELESS ROUTER [12].....	21
2.13	กล้องวงจรปิด IP CAMERA ยี่ห้อ DAHUA IPC-HFW2431S-S2.....	23
2.14	สายอากาศ DIRECTIONAL 800 – 2700 MHZ	25
2.15	สายอากาศ AN-105L-GNSS [20].....	25
2.16	กระบวนการจัดเก็บข้อมูลไปยังระบบจัดเก็บฐานข้อมูล.....	27
2.17	โครงสร้างไฟล์ HTML.....	29
2.18	โครงสร้างไฟล์ CSS.....	30
2.19	โครงสร้างไฟล์ PHP.....	30
2.20	โครงสร้างไฟล์ JAVASCRIPT (1).....	31
2.21	โครงสร้างไฟล์ JAVASCRIPT (2).....	31
2.22	โครงสร้างไฟล์ JAVASCRIPT (3).....	31
2.23	โครงสร้างไฟล์ JAVASCRIPT (4).....	32
2.24	โครงสร้างไฟล์ JAVASCRIPT (5).....	32
2.25	โครงสร้างไฟล์ JAVASCRIPT (6).....	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.1	บล็อกไดอะแกรมการทำงานระบบตรวจจับสัญญาณรบกวน จีเอ็นเอสเอสตามระดับอาร์เอฟไอ..... 33
3.2	สถานการณ์ที่เป็นไปได้ของระบบตรวจจับสัญญาณรบกวน 34
3.3	การจำลองเหตุการณ์การทำงานของระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนบนถนน 35
3.4	แผนผังงานการทำงานของระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนของย่าน L1 36
3.5	แผนผังการทำงานเมื่ออุปกรณ์รบกวนสัญญาณเคลื่อนที่ผ่านจุดติดตั้ง 37
3.6	แผนผังการทำงานการเมื่อการรบกวนสิ้นสุดลง ในกรณีที่อุปกรณ์รบกวนสัญญาณเคยเคลื่อนที่ผ่านสายอากาศ DIRECTIONAL 39
3.7	แผนผังการทำงานการเมื่อการรบกวนสิ้นสุดลง ในกรณีที่อุปกรณ์รบกวนสัญญาณไม่เคยเคลื่อนที่ผ่านสายอากาศ DIRECTIONAL 40
3.8	แผนผังการรับจำนวนดาวเทียม และการหาค่า CNR เฉลี่ยที่ได้จาก ดาวเทียมที่รับได้ ณ ขณะนั้น 41
3.9	เขียนโปรแกรมตรวจสอบสถานะภายในเซิร์ฟเวอร์ JAMMING2023 ผ่านการเชื่อมต่อ SSH 43
3.10	คำสั่งไพธอนที่ใช้เพื่อส่งข้อความแจ้งเตือนด้วย LINE NOTIFICATION 44
3.11	หน้าหลักของ LINE NOTIFY 45
3.12	การเข้าสู่ระบบด้วย LINE ACCOUNT 45
3.13	หน้าหลักของผู้ใช้งาน 45
3.14	การออก TOKEN ของผู้ใช้งาน 46
3.15	ชื่อบริการที่เชื่อมต่อ TOKEN 46
3.16	หน้าต่างของการแจ้งเตือนเมื่ออุปกรณ์รบกวนสัญญาณเคลื่อนที่ผ่านสายอากาศไป 47
3.17	หน้าต่างของการแจ้งเตือนเมื่อสิ้นสุดการรบกวนสัญญาณ 47
3.18	หน้าต่างของการแจ้งเตือนเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสถานะการทำงานของอุปกรณ์ในระบบ 48
3.19	ขั้นตอนการทำงานระบบจัดเก็บฐานข้อมูล 49
3.20	ฐานข้อมูลที่มีชื่อว่า “STATION_1” 49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.21	รูปแบบคอลัมน์ของโพลเดอร์ DEVICES50
3.22	รูปแบบคอลัมน์ของโพลเดอร์ L1_DATA 51
3.23	ฐานข้อมูลที่มีชื่อว่า “LOGIN”52
3.24	รูปแบบคอลัมน์ของโพลเดอร์ USER 53
3.25	คำสั่งที่ใช้ในสร้างรหัสผ่านในฐานข้อมูลด้วยกระบวนการ 53
3.26	รหัส PASSWORD ที่ผ่านกระบวนการ HASH ด้วยอัลกอริทึมแบบ BCRYPT 54
3.27	รูปแบบคอลัมน์ของโพลเดอร์ STATION_ACCESS 54
3.28	โพลเดอร์ “JAMMING2023” บนหน้าต่างไฟล์เซิร์ฟเวอร์ 55
3.29	โพลเดอร์ย่อยในโพลเดอร์ “JAMMING2023” บนหน้าต่างไฟล์เซิร์ฟเวอร์..... 55
3.30	โพลเดอร์ย่อยในโพลเดอร์ L1 56
3.31	รูปภาพแหล่งที่มาของสัญญาณรบกวนในโพลเดอร์วันที่ที่ถูกรบกวนสัญญาณ 57
3.32	ไฟล์ .CSV สำหรับสำรองข้อมูลรายงานของแต่ละ ชั่วโมงของแต่ละวันที่ถูกรบกวน สัญญาณ 57
3.33	รูปภาพสเปกตรัมของสัญญาณรบกวนแต่ละระดับใน โพลเดอร์วันที่ที่ถูกรบกวน สัญญาณ 58
3.34	ค่ากำลังสัญญาณของแต่ละความถี่ของสัญญาณที่ไม่มีการรบกวน 58
3.35	ค่ากำลังสัญญาณเมื่อนำค่าในแต่ละความถี่มาพล็อตกราฟ 59
3.36	ค่ากำลังสัญญาณแต่ละความถี่ของ SMA TYPE JAMMER..... 59
3.37	ค่ากำลังสัญญาณแต่ละความถี่ของ USB GPS JAMMER..... 59
3.38	กระบวนการการทำงานของเทคนิค SUPPORT VECTOR MACHINES (SVM) 60
3.39	ไฟล์สคริปต์ในส่วนของการนำเข้า LIBRARY ต่าง ๆ ในโปรแกรม..... 60
3.40	ไฟล์สคริปต์ในส่วนของการอ่านไฟล์ .CSV ในโปรแกรม 61
3.41	ไฟล์สคริปต์ในส่วนของการเตรียมข้อมูลเพื่อใช้ในการฝึกฝนและการทดสอบ 61
3.42	ไฟล์สคริปต์ในส่วนของการแบ่งข้อมูล TRAINING DATA และ TESTING DATA..... 61
3.43	ไฟล์สคริปต์ในส่วนของการฝึกฝนข้อมูลของโมเดล SVM..... 62
3.44	ไฟล์สคริปต์ในส่วนของการหาความแม่นยำของโมเดล 62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.45	แผนผังการทำงานการจำแนกอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ63
3.46	การออกแบบหน้าต่างล็อกอินก่อนที่จะเข้าสู่หน้าต่างหลักของเว็บเบราว์เซอร์ 64
3.47	การออกแบบหน้าต่างหลักของเว็บเบราว์เซอร์64
3.48	การออกแบบหน้าต่างแสดงผลเมื่อกดที่ STATUS กรณีที่มีการเลือกข้อมูลไม่ครบถ้วน65
3.49	การออกแบบหน้าต่างแสดงผลเมื่อกดที่ STATUS กรณีที่มีการเลือกข้อมูลครบถ้วน65
3.50	การออกแบบหน้าต่างแสดงผลเมื่อกดที่ SPECTRAL กรณีที่มีการเลือกข้อมูลไม่ครบถ้วน 66
3.51	การออกแบบหน้าต่างแสดงผลเมื่อกดที่ SPECTRAL กรณีที่มีการเลือกข้อมูลครบถ้วน66
3.52	หน้าต่างแสดงผลเมื่อกดที่ REPORT กรณีที่มีการเลือกข้อมูลไม่ครบถ้วน67
3.53	การออกแบบหน้าต่างแสดงผลเมื่อกดที่ REPORT กรณีที่มีการเลือกข้อมูลครบถ้วนในย่านความถี่ L1 67
3.54	การออกแบบหน้าต่างแสดงผลเมื่อกดที่ TYPES กรณีที่มีการเลือกข้อมูลไม่ครบถ้วน68
3.55	การออกแบบหน้าต่างแสดงผลเมื่อกดที่ TYPES กรณีที่มีการเลือกข้อมูลครบถ้วน68
3.56	การออกแบบหน้าต่างแสดงผลเมื่อกดที่ CAMERA กรณีที่มีการเลือกข้อมูลไม่ครบถ้วน69
3.57	การออกแบบหน้าต่างแสดงผลเมื่อกดที่ CAMERA กรณีที่มีการเลือกข้อมูลครบถ้วน69
3.58	การออกแบบหน้าต่างแสดงผลเมื่อกด ABOUT US 70
3.59	การออกแบบหน้าต่างล็อกอินสำหรับการใช้งานบนอุปกรณ์โทรศัพท์ 70
3.60	การออกแบบหน้าต่างล็อกอินสำหรับการใช้งานบนอุปกรณ์แท็บเล็ต 71
3.61	การออกแบบหน้าต่างล็อกอินสำหรับการใช้งานบนอุปกรณ์แท็บเล็ต 71
3.62	การออกแบบหน้าเว็บเบราว์เซอร์สำหรับการใช้งานบนอุปกรณ์โทรศัพท์ 72
3.63	การออกแบบหน้าเว็บเบราว์เซอร์สำหรับการใช้งานบนอุปกรณ์แท็บเล็ต 73
3.64	การออกแบบหน้าเว็บเบราว์เซอร์สำหรับการใช้งานบนอุปกรณ์แล็ปท็อป 74
3.65	การออกแบบโครงสร้างกล่องและการเชื่อมต่ออุปกรณ์ ของระบบตรวจจับสัญญาณรบกวน 75
3.66	การวางอุปกรณ์ทั้งหมดสำหรับระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนจีเอ็นเอสเอสลงกล่อง 76
3.67	รายละเอียดของการออกแบบเสาสำหรับการติดตั้งภายนอก 76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.68 ตัวอย่างเสาสำหรับการติดตั้งภายนอก.....	77
3.69 เสาของระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนจีเอ็นเอสเอส (ด้านหน้า).....	78
3.70 เสาของระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนจีเอ็นเอสเอส (ด้านหลัง).....	78
4.1 การทดลองวัดค่าอัตราขยายสายอากาศด้วยเครื่อง NETWORK ANALYZER	82
4.2 กราฟผลต่างของกำลังงานด้านรับและกำลังงานด้านส่งของสายอากาศ DIRECTIONAL	82
4.3 กราฟกำลังเครื่องส่งสัญญาณรบกวนชนิด SMA TYPE JAMMER	83
4.4 การทดลองวัดค่าอัตราขยายเครื่องส่งสัญญาณรบกวนด้วยเครื่อง NETWORK ANALYZER.....	84
4.5 กราฟผลต่างของกำลังงานด้านรับและกำลังงานด้านส่งของ เครื่องส่งสัญญาณรบกวน ชนิด SMA TYPE JAMMER	85
4.6 การทดลองวัดค่ากำลังส่งและอัตราขยายของเครื่องส่ง สัญญาณรบกวนด้วยเครื่อง SPECTRUM ANALYZER.....	86
4.7 กราฟกำลังส่งและอัตราขยายของเครื่องส่งสัญญาณรบกวนด้วยเครื่อง SPECTRUM ANALYZER ของเครื่องส่งของสัญญาณรบกวนชนิด USB GPS JAMMER.....	87
4.8 ระนาบของสายอากาศที่ใช้ในการทดสอบสายอากาศ.....	88
4.9 RADIATION PATTERN ที่ความถี่ 1575.42 MHZ บนระนาบ XZ	89
4.10 RADIATION PATTERN ที่ความถี่ 1575.42 MHZ บนระนาบ YZ	89
4.11 กราฟแสดงค่ากำลังสัญญาณสูงสุดเทียบกับวันที่ในการเก็บข้อมูลเป็นเวลา 3 วัน.....	90
4.12 กราฟแสดงค่ากำลังสัญญาณเฉลี่ยเทียบกับวันที่ในการเก็บข้อมูลเป็นเวลา 3 วัน	90
4.13 กราฟแสดงจำนวนดาวเทียมเทียบกับวันที่ในการเก็บข้อมูลเป็นเวลา 3 วัน.....	90
4.14 กราฟแสดงค่า CNR เทียบกับวันที่ในการเก็บข้อมูลเป็นเวลา 3 วัน.....	91
4.15 การจำลองทดสอบการใช้งานของระบบตรวจจับสัญญาณรบกวน	92
4.16 บริเวณที่ติดตั้งเสาเพื่อทดสอบการใช้งานของระบบตรวจจับสัญญาณรบกวน	92
4.17 ภาพทดสอบการใช้งานของระบบตรวจจับสัญญาณรบกวน.....	93
4.18 ภาพการทดสอบระบบเมื่อรถเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง	94
4.19 ภาพการทดสอบระบบเมื่อรถเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง	94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.20 ภาพการทดสอบระบบเมื่อรถเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง	95
4.21 ภาพการทดสอบระบบเมื่อรถเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง	95
4.22 ภาพการทดสอบระบบเมื่อรถเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง	95
4.23 ภาพการทดสอบระบบเมื่อรถเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 70 กิโลเมตรต่อชั่วโมง	96
4.24 ภาพการทดสอบระบบเมื่อรถเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในเวลา กลางวันและกลางคืน.....	96
4.25 การจำลองทดสอบการใช้งานของระบบในสถานการณ์ต่าง ๆ	98
4.26 ภาพที่แสดงรถต้องสงสัยได้ถูกต้องของสถานการณ์ที่ 1	99
4.27 ภาพที่แสดงรถต้องสงสัยไม่ถูกต้องของสถานการณ์ที่ 1	99
4.28 ภาพที่แสดงรถต้องสงสัยได้ถูกต้องของสถานการณ์ที่ 2	99
4.29 ภาพที่แสดงรถต้องสงสัยไม่ถูกต้องของสถานการณ์ที่ 2	100
4.30 ผลการทดสอบการแจ้งเตือนเมื่ออุปกรณ์รบกวนสัญญาณเคลื่อนที่ผ่าน	100
4.31 ผลการทดสอบการแจ้งเตือนเมื่อสิ้นสุดการรบกวนสัญญาณ.....	101
4.32 ผลการทดสอบการแจ้งเตือนเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสถานะการทำงานของอุปกรณ์ใน ระบบ.....	101
4.33 ผลตัวอย่างตารางข้อมูลที่ ถูกจัดเก็บใน TABLE ของ DEVICES ในฐานข้อมูล STATION_1	102
4.34 ผลตัวอย่างตารางข้อมูลที่ ถูกจัดเก็บใน TABLE ของ L1_DATA ในฐานข้อมูล STATION_1	103
4.35 ตัวอย่างข้อมูลที่ ถูกจัดเก็บในไฟล์เซิร์ฟเวอร์ของโพลเดอร์ SPECTRUM	104
4.36 ตัวอย่างข้อมูลที่ ถูกจัดเก็บในไฟล์เซิร์ฟเวอร์ของโพลเดอร์ REPORT	104
4.37 ตัวอย่างข้อมูลที่ ถูกจัดเก็บในไฟล์เซิร์ฟเวอร์ของโพลเดอร์ CAMERA	105
4.38 ชุดข้อมูลทดสอบที่ถูกจัดเก็บอยู่ในรูปแบบไฟล์ .CSV	105
4.39 โปรแกรมการนำค่าเกณฑ์ THRESHOLD มาทำการจำแนกประเภท	106
4.40 ผลของการเรียนรู้โปรแกรมการนำค่าเกณฑ์ THRESHOLD มาทำการจำแนกประเภท	106
4.41 ฟังก์ชันการนำเทคนิค NAÏVE BAYES มาทำการจำแนกประเภท	107

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.42	ผลของการเรียนรู้โปรแกรมการนำเทคนิค NAÏVE BAYES มาทำการจำแนกประเภท107
4.43	ฟังก์ชันการนำเทคนิค K-MEANS CLUSTERING มาทำการจำแนกประเภท.....108
4.44	ผลของการเรียนรู้โปรแกรมการนำเทคนิค K-MEANS CLUSTERING มาทำการจำแนก ประเภท.....108
4.45	ฟังก์ชันการนำเทคนิค CROSS-CORRELATION มาทำการจำแนกประเภท109
4.46	ผลของการเรียนรู้โปรแกรมการนำเทคนิค CROSS-CORRELATION มาทำการจำแนก ประเภท.....109
4.47	โปรแกรมเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์โดยใช้เทคนิค SUPPORT VECTOR MACHINES (SVM).....110
4.48	การปรับค่าพารามิเตอร์ C110
4.49	ปรับค่าพารามิเตอร์ C ในโปรแกรมปัญญาประดิษฐ์โดย เทคนิค SUPPORT VECTOR MACHINES (SVM).....111
4.50	ผลของการเรียนรู้โปรแกรมการนำเทคนิค SVM มาทำการจำแนกประเภท.....112
4.51	ตาราง CONFUSION MATRIX113
4.52	ตาราง CONFUSION MATRIX ของค่า THRESHOLD.....114
4.53	ค่า PRECISION, RECALL และ F1-SCORE ของค่า THRESHOLD115
4.54	ตาราง CONFUSION MATRIX ของ NAÏVE BAYES115
4.55	ค่า PRECISION, RECALL และ F1-SCORE ของเทคนิค NAÏVE BAYES116
4.56	ตาราง CONFUSION MATRIX ของ K-MEANS CLUSTERING.....116
4.57	ค่า PRECISION, RECALL และ F1-SCORE ของเทคนิค K-MEANS CLUSTERING.....117
4.58	ตาราง CONFUSION MATRIX ของ CROSS-CORRELATION117
4.59	ค่า PRECISION, RECALL และ F1-SCORE ของเทคนิค CROSS-CORRELATION118
4.60	ตาราง CONFUSION MATRIX ของ SUPPORT VECTOR MACHINES (SVM).....118
4.61	ค่า PRECISION, RECALL และ F1-SCORE ของเทคนิค SVM.....119
4.62	ค่ากำลังแต่ละความถี่จากไฟล์ “TEST_26_ .CSV”119
4.63	ผลการทำนายจากโมเดล SUPPORT VECTOR MACHINES (SVM).....120

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.64	ค่ากำลังสัญญาณเมื่อนำข้อมูลที่มีการทำนายผิดมาพล็อต120
4.65	หน้าต่างแสดงผล JAMMING REPORT ก่อนกดส่งฟอร์ม121
4.66	เว็บเบราว์เซอร์หลังกดส่งฟอร์มของหน้าต่างแสดงผล JAMMING REPORT122
4.67	หน้าต่างแสดงผล JAMMING REPORT หลังจากกดส่งฟอร์ม122
4.68	ฟังก์ชันการส่งฟอร์มในรูปแบบของ AJAX123
4.69	การเรียกใช้การส่งฟอร์มในรูปแบบของ AJAX จากฟังก์ชัน SUBMITFORM2()123
4.70	หลังจากกดส่งฟอร์มของหน้าต่างแสดงผล JAMMING REPORT ด้วยวิธีการ AJAX124
4.71	หน้าต่างแสดงผล TYPES หลังจากกดส่งฟอร์ม124
4.72	สคริปต์ในการดาวน์โหลดเฉพาะภาพกล้องวงจรปิดไอพีที่ถูกคลิกเพื่อแสดงภาพเท่านั้น (1)125
4.73	สคริปต์ในการดาวน์โหลดเฉพาะภาพกล้องวงจรปิดไอพีที่ถูกคลิกเพื่อแสดงภาพเท่านั้น (2)125
4.74	แผนผังการทำงานของเว็บเบราว์เซอร์หน้า STATUS EQUIPMENT126
4.75	หน้าแสดงผล STATUS EQUIPMENT ณ เวลา 02:07:21 น.127
4.76	ฐานข้อมูลที่ใช้ตั้งสถานะที่ตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์127
4.77	หน้าแสดงผล STATUS EQUIPMENT ณ เวลา 02:07:24 น.128
4.78	แผนผังการทำงานของเว็บเบราว์เซอร์หน้า LATEST SPECTRAL129
4.79	หน้าแสดงผล LATEST SPECTRUM เมื่อผู้ใช้งานเลือกสถานี และวันที่ต้องการแสดง กราฟสเปกตรัม130
4.80	ฐานข้อมูลที่ใช้ตั้งค่ากำลังสัญญาณเฉลี่ย130
4.81	ไฟล์เซิร์ฟเวอร์ที่ใช้ตั้งภาพกราฟสเปกตรัม131
4.82	การแสดงแจ้งเตือนให้ผู้ใช้งานให้ทราบของหน้าแสดงผล LATEST SPECTRAL131
4.83	หน้าแสดงผล LATEST SPECTRAL เมื่อกดที่กากบาทเพื่อปิดการแจ้งเตือน132
4.84	แผนผังการทำงานของเว็บเบราว์เซอร์หน้า LATEST FOOTAGE CAMERA133
4.85	หน้าแสดงผล LATEST FOOTAGE CAMERA เมื่อผู้ใช้งานเลือกสถานีและวันที่ต้องการ แสดงภาพที่ถูกบันทึกล่าสุดจากกล้องวงจรปิด IP134

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.86	ฐานข้อมูลที่ใช้ตั้ง CCTV_TIME เพื่อใช้ในการสร้างตัวเลือก HISTORY DROPDOWN.....135
4.87	ไฟล์เซิร์ฟเวอร์ที่ใช้ดึงภาพจากกล้องวงจรปิดไอพี135
4.88	การแสดงแจ้งเตือนให้ผู้ใช้งานให้ทราบของหน้าแสดงผล หน้า LATEST FOOTAGE CAMERA.....136
4.89	หน้าแสดงผล LATEST FOOTAGE CAMERA เมื่อมีข้อมูลเพิ่มเข้ามาใหม่ ในฐานข้อมูล และไฟล์เซิร์ฟเวอร์.....136
4.90	ตัวเลือก HISTORY DROPDOWN เมื่อมีข้อมูลเพิ่มเข้ามาใหม่ในฐานข้อมูลและไฟล์เซิร์ฟเวอร์136
4.91	เมื่อมีการกรอกข้อมูล USERNAME หรือ PASSWORD ผิด.....137
4.92	เมื่อมีการกรอกข้อมูล USERNAME และ PASSWORD ถูกต้อง137
4.93	การเก็บข้อมูล USERNAME และ PASSWORD ในฐานข้อมูล MYSQL138
4.94	การเก็บข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบสิทธิ์ในการเข้าถึงในฐานข้อมูล MYSQL.....138
4.95	ส่วนของ NAV BAR ในหน้าต่างแสดงผลหลัก.....139
4.96	การเลือกสถานที่ที่ต้องการตรวจสอบสถานะอุปกรณ์ของหน้า STATUS EQUIPMENT139
4.97	หน้าต่างแสดงผล STATUS EQUIPMENT กรณีที่มีการเลือกข้อมูลที่ต้องการไม่ครบถ้วน140
4.98	การตรวจสอบสถานะการทำงานสุดท้ายของ STATION 3140
4.99	การเลือกสถานีและวันที่ที่ต้องการแสดงกราฟสเปกตรัม141
4.100	หน้าต่างแสดงผล LATEST SPECTRAL กรณีที่มีการเลือกข้อมูลที่ต้องการไม่ครบถ้วน....141
4.101	กราฟสเปกตรัมสุดท้ายของ STATION 3 ณ วันที่ 22 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2567.....142
4.102	การเลือกช่วงข้อมูลที่ต้องการจะแสดง JAMMING REPORT.....142
4.103	หน้าต่างแสดงผล JAMMING REPORT กรณีที่มีการเลือกข้อมูลที่ต้องการไม่ครบถ้วน143
4.104	ตารางแสดงข้อมูล JAMMING REPORT ของ STATION 3 ณ วันที่ 22 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2567.....143
4.105	เมื่อกดปุ่ม EXPORT ระบบจะทำการดาวน์โหลดข้อมูลจากตารางในไฟล์ .XLS.....144
4.106	ไฟล์ .XLS ที่ดาวน์โหลดมาจากเว็บเบราว์เซอร์.....144

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.107 การเลือกช่วงข้อมูลที่ต้องการจะแสดงหน้า TYPES	145
4.108 หน้าต่างแสดงผล TYPES กรณีที่มีการเลือกข้อมูลที่ต้องการไม่ครบถ้วน	146
4.109 ตารางแสดงข้อมูล TYPES ของ STATION 3 ณ วันที่ 22 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2567.....	146
4.110 ไอคอนรูปภาพที่คอลัมน์ CCTV เพื่อใช้ในการดู ภาพกล้องวงจรปิดไอพีพร้อมกราฟ สเปกตรัม.....	147
4.111 ภาพกล้องวงจรปิดไอพีพร้อมกราฟสเปกตรัมที่ถูกแสดงป๊อปอัพขึ้นมาบนหน้าจอ.....	148
4.112 กรณีกดไอคอนดาวโหลดภาพที่แสดงจะถูกดาวโหลดลงไปในเครื่องของผู้ใช้งาน.....	148
4.113 กรณีกดไอคอนกากบาทภาพที่แสดงจะถูกปิดและกลับไปแสดงตารางข้อมูลดั้งเดิม	149
4.114 การเลือกช่วงข้อมูลที่ต้องการจะแสดงหน้า LATEST FOOTAGE CAMERA	149
4.115 หน้าต่างแสดงผล LATEST FOOTAGE CAMERA กรณีที่มีการเลือก ข้อมูลที่ต้องการ ไม่ครบถ้วน	150
4.116 หน้าต่างแสดงผล LATEST FOOTAGE CAMERA ของ STATION 3 ณ วันที่ 22 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2567.....	150
4.117 หน้าต่างแสดงผล LATEST FOOTAGE CAMERA เมื่อคลิกที่ตัวเลือกของ HISTORY	151
4.118 หน้าต่างแสดงผล LATEST FOOTAGE CAMERA กรณีกดปุ่มดาวโหลด ภาพที่แสดง จะถูกดาวโหลดลงไปในเครื่องของผู้ใช้งาน	151
4.119 หน้าต่างแสดงผล ABOUT US ของเว็บเบราว์เซอร์.....	152

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	ค่าความแม่นยำตำแหน่งเครื่องรับในข้อความ GNSSA11
2.2	ค่าตัวเลขแสดงสถานการณ์..... 13
2.3	คุณสมบัติของอุปกรณ์ RTL-SDR BLOG V3 R860 RTL2832U18
2.4	คุณสมบัติของอุปกรณ์ NEO-M8T-0 U-BLOX GNSS.....19
2.5	คุณสมบัติของอุปกรณ์ MINI PC INTEL NUC 11ATKC420
2.6	คุณสมบัติของ 4G WIRELESS ROUTER..... 21
2.7	คุณสมบัติของกล่องวงจรปิด IP CAMERA รุ่น IPC-HFW2431S-S-S2..... 23
2.8	คุณสมบัติของสายอากาศกลางแจ้ง 800 – 2700 MHZ..... 25
2.9	คุณสมบัติสายอากาศ AN-105L-GNSS 26
3.1	เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินระดับ RFI LEVEL ในย่านความถี่ L1 42
4.1	ขนาดมุม HALF POWER BEAM WIDTH ของความถี่จีพีเอสบนระนาบ XZ และ YZ.....88
4.2	การวิเคราะห์ข้อมูลของค่าพารามิเตอร์จากการเก็บข้อมูลเป็นเวลา 3 วัน..... 91
4.3	ผลทดสอบระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนเมื่ออุปกรณ์รบกวนสัญญาณเคลื่อนที่ผ่านทั้งบริเวณที่สายอากาศ AN-105L-GNSS และสายอากาศ DIRECTIONAL ตรวจสอบได้.....93
4.4	ผลการทดสอบระบบเมื่ออุปกรณ์รบกวนสัญญาณเคลื่อนที่ผ่านเพียงบริเวณที่สายอากาศ AN-105L-GNSS..... 97
4.5	ผลการทดสอบความถูกต้องในการเลือกภาพที่ต้องสงสัยของระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนในสถานการณ์ต่าง 98
4.6	ค่าความแม่นยำของค่าพารามิเตอร์ C111
4.7	ค่าความแม่นยำของแต่ละเทคนิคที่ใช้ในการแยกประเภท112

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ระบบจีเอ็นเอสเอส (GNSS : Global Navigation Satellite System) เป็นโครงสร้างพื้นฐานในการให้บริการสำหรับระบุตำแหน่งหรือค่าพิกัดบนพื้นผิวโลกหรือใช้อ้างอิงมาตรฐานเวลา และเนื่องจากสัญญาณของระบบระบุพิกัดตำแหน่งจากดาวเทียมเป็นระบบแบบเปิด จึงเป็นเรื่องง่ายที่จะเกิดการถูกรบกวนสัญญาณขึ้นทั้งแบบตั้งใจและไม่ตั้งใจ ซึ่งจะส่งผลให้การระบุตำแหน่งของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ เกิดความผิดพลาด และในบางครั้งอาจส่งผลให้เครื่องรับสัญญาณนั้นไม่สามารถตรวจจับและติดตามดาวเทียมได้ในขณะนั้น โดยสัญญาณที่เกิดขึ้นโดยไม่ได้ตั้งใจนั้นอาจเกิดจากระบบสื่อสารอื่น ๆ ที่แพร่ความถี่ข้างเคียงออกมาจึงทำให้เกิดระบบการทำงานที่ไม่สมบูรณ์ โดยสัญญาณที่เกิดขึ้นโดยตั้งใจอาจเกิดจากอุปกรณ์รบกวนสัญญาณหรือ Jammer ขนาดเล็กที่สร้างขึ้นมาโดยเฉพาะ ซึ่งจะผลิตสัญญาณขึ้นมาในย่านความถี่จีพีเอส อุปกรณ์ชนิดนี้จะถูกใช้งานในการตัดสัญญาณดาวเทียมเพื่อป้องกันการติดตาม โดยในอุปกรณ์รบกวนสัญญาณแบบ SMA Type Jammer จะสามารถรบกวนสัญญาณได้ถึงระยะ 110 เมตร และในอุปกรณ์รบกวนสัญญาณแบบ USB GPS Jammer จะสามารถรบกวนสัญญาณได้ถึงระยะ 90 เมตร ซึ่งส่งผลให้การรับค่าสัญญาณจากดาวเทียมนั้นเกิดปัญหาตามมาภายหลังได้ โดยในบางครั้งอาจรับจำนวนดาวเทียมได้ไม่เพียงพอต่อการใช้งานหรือไม่สามารถรับดาวเทียมได้เลย ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญของเรื่องนี้และได้ศึกษาวิธีการตรวจจับสัญญาณรบกวนจีเอ็นเอสเอสต่าง ๆ ดังนี้

1) Detection of On-Road Vehicles Emanating GPS Interference

วิธีการนี้เป็นวิธีที่แบ่งระบบตรวจจับสัญญาณออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนของ Monitoring Point ซึ่งจะทำกรตรวจจับการรบกวนสัญญาณด้วยวิธีการ Energy-based Jamming Detection และในส่วนของ Mobile Detector จะมีการเก็บค่า SNR ร่วมกับตำแหน่งล่าสุดจากโทรศัพท์หรืออุปกรณ์ที่มีการใช้ GPS ในบริเวณนั้นด้วยวิธีการ C/N0-based Jamming Detection ซึ่งวิธีการนี้จะมีข้อดีคือ เมื่อทั้ง 2 ส่วนทำงานร่วมกันเพื่อตรวจจับและระบุที่มาของสัญญาณรบกวนบนท้องถนน จึงทำให้ระบบนั้นมีประสิทธิภาพในการตรวจจับและระบุแหล่งที่มาของสัญญาณรบกวนได้อย่างแม่นยำ แต่มีข้อเสียคือ ในการรับสัญญาณ GPS โดยรอบจากโทรศัพท์หรืออุปกรณ์อื่นนั้นต้องมีการได้รับอนุญาตจากผู้ใช้งานในการใช้ข้อมูลก่อน [1]

2) GPS Jamming detection with SDR

งานวิจัยนี้เป็นการเปรียบเทียบความสามารถในการตรวจจับสัญญาณรบกวนระหว่างอุปกรณ์ NMEA GSV ที่รับค่า C/N0 และ SDR Base Detector ที่รับค่ากำลังสัญญาณเฉลี่ย ซึ่งในการทดสอบนั้นแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพที่ดีของ SDR Base Detector มากกว่าเนื่องจากสามารถมองเห็นสัญญาณการรบกวนที่มีค่ากำลังสัญญาณต่ำได้และสามารถตรวจจับค่าที่เปลี่ยนแปลงไปได้เร็วกว่า ซึ่งในอุปกรณ์ NMEA GSV นั้นอาจตรวจจับสัญญาณดังกล่าวไม่ได้ [2]

3) Jammer Classification in GNSS Bands via Machine Learning Algorithms

วิธีการนี้เป็นการจำแนกประเภทของสัญญาณรบกวนออกเป็น 5 ประเภทได้แก่ Amplitude Modulated (AM) jammers Chirp jammers Frequency Modulated (FM) jammers Pulse jammers และ Narrow Band (NB) jammers ด้วยภาพสเปกโตรแกรมผ่าน Machine Learning (ML) Algorithms ประเภท Support Vector Machine (SVM) และ Convolutional Neural Network (CNN) เพื่อจำแนกรูปแบบของสัญญาณรบกวน โดยจากผลการทดสอบพบว่าความแม่นยำในการแยกประเภทของทั้ง 2 โมเดลมีค่าความแม่นยำที่ใกล้เคียงกัน โดยโมเดล SVM จะมีค่าความแม่นยำอยู่ 94.90% และโมเดล CNN จะมีค่าความแม่นยำที่ 91.36% [3]

จากการศึกษาหลักการและวิธีการตรวจจับสัญญาณรบกวนจีเอ็นเอสเอสต่าง ๆ คณะผู้จัดทำสามารถนำหลักการไปประยุกต์ใช้ในส่วนของการออกแบบการตัดสินใจในระบบ และในส่วนของเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ ซึ่งคณะผู้จัดทำได้ออกแบบรวมถึงพัฒนาอุปกรณ์สำหรับการตรวจจับสัญญาณรบกวนแบบเจาะจงทิศทางเดียว เนื่องจากต้องการให้ระบบนั้นสามารถตรวจจับการรบกวนและภาพแหล่งที่มาของการถูกรบกวนสัญญาณได้อย่างชัดเจนร่วมกับอุปกรณ์รับสัญญาณจีเอ็นเอสเอส โดยในการทำงานเมื่อรับสัญญาณมาแล้วระบบจะนำข้อมูลไปประมวลผลว่าค่ากำลังสัญญาณจำนวนดาวเทียมหรือค่าอัตราความหนาแน่นของคลื่นพาห์ต่อสัญญาณรบกวน (CNR : Carrier-to-Noise Ratio) ที่รับค่ามานั้นมีค่าน้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนดหรือไม่ เพื่อจะสามารถวิเคราะห์ระดับการถูกรบกวนของสัญญาณ โดยจะวิเคราะห์ร่วมกับกราฟสเปกตรัมของสัญญาณว่ามีความเปลี่ยนแปลงของกราฟสเปกตรัมอย่างไร หากมีการรบกวนจะมีการส่งแจ้งเตือน และจะมีการจับภาพแหล่งที่มาเก็บไว้ นอกจากนี้ระบบยังสามารถระบุประเภทของอุปกรณ์รบกวนสัญญาณว่าเป็นอุปกรณ์ชนิดใดด้วยเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ จากนั้นเมื่อได้ข้อมูลผ่านการวิเคราะห์ระบบจะนำข้อมูลทั้งหมดที่บันทึกได้ไปจัดเก็บไว้ในฐานข้อมูลและไฟล์เซิร์ฟเวอร์เพื่อใช้ในการเก็บและสำรองข้อมูล โดยจะดึงข้อมูลดังกล่าวมาแสดงบนเว็บเบราว์เซอร์ที่สร้างขึ้นมาให้มีความสะดวกในการใช้งานและตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลได้ง่ายยิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อศึกษาวิธีการตรวจจับสัญญาณรบกวนจากระบบระบุพิกัดจีเอ็นเอสเอส
- 2) เพื่อตรวจจับแหล่งที่มาของการรบกวนสัญญาณจีเอ็นเอสเอสแบบเจาะจงพื้นที่
- 3) เพื่อออกแบบฐานข้อมูลเพื่อรองรับระบบตรวจจับสัญญาณจีเอ็นเอสเอสหลายสถานี
- 4) เพื่อพัฒนาเว็บเบราว์เซอร์ที่ใช้แสดงผลของระบบตรวจจับสัญญาณจีเอ็นเอสเอส

1.3 ขอบเขตของปริิญญานิพนธ์

- 1) ระยะเวลาดำเนินงาน ตั้งแต่วันที่ 1 สิงหาคม พ.ศ. 2566 ถึง 31 มีนาคม พ.ศ. 2567
- 2) ตรวจจับสัญญาณรบกวนจีเอ็นเอสเอสช่วง L1 ที่ความถี่ 1575.42 MHz
- 3) ออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์สำหรับการตรวจจับสัญญาณรบกวนจีเอ็นเอสเอสผ่านการประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์รับสัญญาณดาวเทียมจีเอ็นเอสเอสและกล้องถ่ายภาพแหล่งที่มาของสัญญาณรบกวน
- 4) แยกประเภทอุปกรณ์รบกวนสัญญาณด้วยเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI)

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องกับปฏิญานิพนธ์เรื่อง “ระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนจีเอ็นเอสเอสตามระดับอาร์เอฟไอ” ประกอบด้วยหลักการที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

2.1 ระบบสัญญาณจีเอ็นเอสเอส

GNSS (Global Navigation Satellite System) ระบบนำทางด้วยดาวเทียมที่โคจรรอบโลกซึ่งให้บริการสำหรับระบุตำแหน่งหรือค่าพิกัดบนพื้นผิวโลก ซึ่งปัจจุบันนี้ได้มีการพัฒนาระบบนำทางด้วยดาวเทียมขึ้นมาหลายระบบเช่น GPS GLONASS Galileo BeiDou QZSS SBAS เป็นต้น โดยในปฏิญานิพนธ์นี้จะมุ่งเน้นไปยังระบบนำทางด้วยดาวเทียม GPS [4]

GPS (Global Positioning System) หรือเดิมที่เรียกว่า “Navstar GPS” ซึ่งเป็นระบบที่ใช้ในการหาพิกัดตำแหน่งที่ถูกพัฒนาโดยสหรัฐอเมริกา โดยระบบพิกัดนี้ต้องมีดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวงในการค้นหาตำแหน่งด้วยดาวเทียม เพื่อให้คนบนพื้นโลกสามารถทราบพิกัดและตำแหน่งที่อยู่ของตนเองได้ผ่านอุปกรณ์รับสัญญาณทั่วไป ซึ่งจะมีความแม่นยำของการระบุตำแหน่งอยู่ระหว่าง 10 ถึง 100 เมตร และสำหรับอุปกรณ์รับสัญญาณชนิดพิเศษที่ใช้ในกองทัพอาจมีความแม่นยำอยู่ที่ระยะประมาณ 1 เมตร โดยส่วนใหญ่จะใช้กับงานด้านภูมิศาสตร์เป็นหลัก และสัญญาณ GPS ประกอบไปด้วย 3 ส่วนดังนี้ [5], [6]

1) ส่วนอวกาศ (Space Segment) ซึ่งประกอบด้วยดาวเทียม 32 ดวงไว้ใช้งาน โดยดาวเทียมจะแบ่งเป็น 6 รอบวงโคจรที่ทำมุมเอียง 55 องศากับเส้นศูนย์สูตร ที่ระดับความสูงประมาณ 20,200 กิโลเมตร ซึ่งจะทำหน้าที่ในการส่งคลื่นสัญญาณจากดาวเทียม GPS ไปสู่เครื่องรับสัญญาณโดยสัญญาณวิทยุที่ดาวเทียมจีพีเอสส่งออกมาซึ่งคลื่นช่วงที่เรียกว่า L-band มี 3 ความถี่ คือ

- แถบความถี่ L1 ความถี่กลางที่ 1575.42 MHz เป็นย่านความถี่ที่เป็นที่ยอมรับที่สุด โดยสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ Coarse/Acquisition Code (C/A) เป็นสัญญาณที่เปิดให้สาธารณชนใช้และ Precision Code (P-code) สงวนสำหรับการใช้ทางทหารและบางหน่วยงานของรัฐบาลเท่านั้น [7]

- แถบความถี่ L2 ความถี่กลางที่ 1227.6 MHz ซึ่งมีความถี่ต่ำกว่า L1 โดยจะทำให้สัญญาณสามารถทะลุผ่านสิ่งกีดขวาง เช่น เมฆปกคลุม ต้นไม้ และอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งความถี่ย่าน L2 ได้รับการออกแบบมาโดยเฉพาะเพื่อตอบสนองความต้องการเชิงพาณิชย์ เนื่องจากช่วยให้สามารถพัฒนาโซลูชันความถี่คู่ได้ด้วยรหัส P(Y) และ M-Code [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แถบความถี่ L5 ความถี่กลางที่ 1176.45 MHz เป็นคลื่นความถี่ที่ทันสมัยที่สุด ซึ่งได้รับการออกแบบมาเพื่อตอบสนองความต้องการด้านการขนส่งที่ปลอดภัยในชีวิตและการทำงานที่มีประสิทธิภาพสูงอื่นๆ โดยได้สงวนไว้สำหรับบริการด้านความปลอดภัยในการบินโดยเฉพาะ [7]

2) ส่วนควบคุม (Control Segment) ประกอบด้วยสถานีภาคพื้นดิน สถานีภาคพื้นหลักใหญ่อยู่ที่ Falcon Air Force Base สหรัฐอเมริกา และศูนย์ควบคุมย่อยกระจายไปยังภูมิภาคต่างๆ ทั่วโลกอีก 5 จุด

3) ส่วนผู้ใช้งาน (User Segment) ในการทำงานจำเป็นต้องมีเครื่องรับสัญญาณที่สามารถรับคลื่นและสามารถแปรรหัสจากดาวเทียมเพื่อนำมาประมวลผลให้เหมาะสมกับการใช้งานในรูปแบบต่าง ๆ ได้

2.2 สัญญาณรบกวน

สัญญาณรบกวนคือ สัญญาณไม่พึงประสงค์ที่เข้ามารบกวนซึ่งอาจจะทำให้อุปกรณ์เกิดการทำงานที่ผิดพลาดและเกิดข้อบกพร่องได้ หรือในบางครั้งอาจทำให้ผู้ใช้งานอุปกรณ์นั้นเกิดอันตรายได้ ซึ่งสาเหตุที่ทำให้เกิดสัญญาณรบกวนนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนคือเกิดจากธรรมชาติเช่น พายุฟ้าผ่า และเกิดจากมนุษย์สร้างขึ้นเช่น อุปกรณ์รบกวนสัญญาณแบบ USB อุปกรณ์รบกวนสัญญาณที่มีลักษณะคล้ายวิทยุสื่อสาร โดยหลักการคือเครื่องจะส่งสัญญาณรบกวนคลื่นความถี่เดียวกันกับดาวเทียม GPS ที่ใช้ส่งสัญญาณให้เครื่องรับจึงทำให้ไม่สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้ จึงทำให้การระบุตำแหน่งคลาดเคลื่อนหรือไม่สามารถระบุตำแหน่งได้ โดยอุปกรณ์รบกวนสัญญาณจีพีเอสในประเทศไทยนั้นสามารถหาซื้อได้ง่ายทางร้านค้าออนไลน์ต่าง ๆ โดยส่วนใหญ่จะเป็นอุปกรณ์รบกวนสัญญาณจีพีเอสที่รบกวนในย่านความถี่ L1 และ L2 และมีรัศมีการทำงานของการรบกวนไม่เกิน 20 กิโลเมตร เนื่องจากให้ใช้งานได้สะดวกบนรถยนต์จึงมีรูปแบบที่หลากหลายทั้งการเชื่อมต่อไฟในรถผ่านช่องจุดบุหรี่ ผ่านพอร์ต USB และแบบไร้สาย ซึ่งจากการสำรวจเบื้องต้นสัญญาณรบกวนที่แพร่กระจายออกมามี 2 ลักษณะได้แก่ การกระจายสัญญาณรบกวนในแบนด์กว้าง (continuous signal) และการกระจายสัญญาณรบกวนเป็นช่วง (discrete signal) ซึ่งทั้ง 2 ตัวอย่างนี้ถูกนำมาใช้ในการทดลองของปริญญาโทครั้งนี้ด้วย [8]

2.3 การจำแนกประเภทอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ

ในการทำปริญญานิพนธ์ครั้งนี้ได้มีการศึกษาเทคนิคต่าง ๆ เพื่อจำแนกประเภทอุปกรณ์รบกวนสัญญาณเพื่อให้มีความแม่นยำมากขึ้น ซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้เทคนิคการนำข้อมูลกำลังของแต่ละความถี่มาจำแนกประเภท โดยมีอัลกอริทึมต่าง ๆ ที่สามารถนำมาใช้ในการจำแนกได้ เช่น Naïve Bayes K-Means Clustering Cross-correlation และ Support Vector Machine เป็นต้น

2.3.1 เทคนิค Naïve Bayes

Naïve Bayes Classification เป็นอัลกอริทึมพื้นฐานที่สำคัญตัวหนึ่งใน Classification Model ซึ่งสามารถใช้ในการแบ่งกลุ่มจำแนกหรือหาเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นโดยการอิงทฤษฎีความน่าจะเป็นของ Bayes หรือ Bayesian (Bayes' theorem) ซึ่งเกี่ยวข้องกับสมการที่ 2.1

$$P(A|B) = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)} \quad (2.1)$$

โดยที่

- $P(A|B)$ คือความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ A โดยมี B เป็น Condition
- $P(B|A)$ คือความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ B โดยมี A เป็น Condition
- $P(A)$ คือโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ A จากเหตุการณ์ทั้งหมด
- $P(B)$ คือโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ B จากเหตุการณ์ทั้งหมด

ซึ่งข้อดีและข้อเสียของการใช้เทคนิค Naïve Bayes มีดังนี้ [21]

1) ข้อดีของการใช้เทคนิค Naïve Bayes

- เป็นอัลกอริทึมที่ง่ายต่อการทำนายและทำงานได้ดีในสถานการณ์ที่มีข้อมูลมาก
- ในการฝึกฝนโมเดลนั้น โมเดลมีความสามารถในการทำนายได้อย่างรวดเร็ว
- เนื่องจากโมเดลมีการทำงานที่รวดเร็ว ทำให้เหมาะกับงานที่ต้องการทำนายแบบ

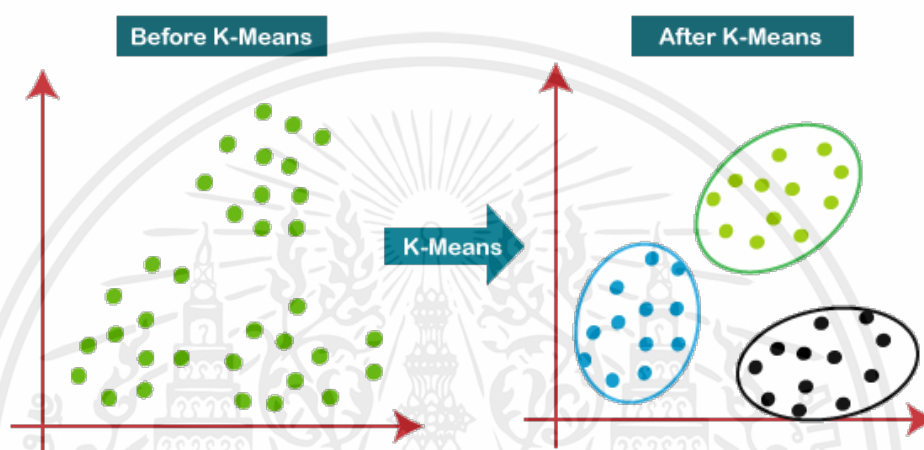
Real time

2) ข้อเสียของการใช้เทคนิค Naïve Bayes

- โมเดลนี้อาจทำงานไม่ดีในข้อมูลที่มีลักษณะที่ซับซ้อนและมีความเชื่อมโยง (dependent) กัน
- โมเดลนี้ใช้ได้กับคุณลักษณะที่เป็นอิสระเท่านั้น

2.3.2 เทคนิค K-Means Clustering

K-Means Clustering เป็นอัลกอริทึมจัดกลุ่มประเภท Unsupervised Machine Learning ที่มีไว้เพื่อใช้สำหรับการจัดกลุ่ม โดยหน้าที่หลักของ K-means คือการแบ่งกลุ่มแบบ Clustering การแบ่งกลุ่มในลักษณะนี้จะใช้พื้นฐานทางสถิติประกอบด้วย 2 กลุ่มข้อมูลขึ้นไป ดังรูปที่ 2.1 [22]



รูปที่ 2.1 ผลของก่อนและหลังการจัดกลุ่มด้วย K-Means Clustering [23]

โดย K-Means Clustering มีหลักการในการทำงานคือจะทำงานหลาย ๆ รอบ โดยในแต่ละรอบจะมีการรวมชุดข้อมูลที่มีความคล้ายกันให้ไปอยู่ในกลุ่มเดียวกัน ซึ่งจะพิจารณาจากการวัดระยะห่างระหว่างข้อมูลและค่ากลางของกลุ่ม โดยถ้าหากมีระยะห่างระหว่างกลุ่มใดน้อยที่สุดก็就会被จัดไว้ที่กลุ่มนั้นและทำการคำนวณค่ากลางใหม่ ซึ่งจะมีการทำแบบนี้ไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งค่ากลางของกลุ่มไม่เปลี่ยนแปลง หรือครบจำนวนรอบที่กำหนดไว้ ซึ่งข้อดีและข้อเสียของการใช้เทคนิค K-Means Clustering มีดังนี้ [24]

- 1) ข้อดีของการใช้เทคนิค K-Means Clustering
 - เมื่อจำนวนข้อมูลมีจำนวนมากและมีจำนวนกลุ่มน้อย ในการใช้โมเดลนี้อาจจะคำนวณได้เร็วกว่าการจัดกลุ่มแบบอื่น ๆ
 - ทำงานได้ดีกับข้อมูลที่มีรูปร่างเป็นกลุ่ม รูปแบบชัดเจนและแยกกันชัดเจน
- 2) ข้อเสียของการใช้เทคนิค K-Means Clustering
 - การหาค่า k ที่เหมาะสมนั้นคาดเดาได้ยาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ทำงานได้ไม่ดีถ้าหากกลุ่มข้อมูลไม่เป็นรูปร่างกลม และไม่สามารถจับกลุ่มที่มีรูปร่างที่ซับซ้อนได้ดี
- มีข้อจำกัดในเรื่องของขนาด ความหนาแน่น รูปร่าง

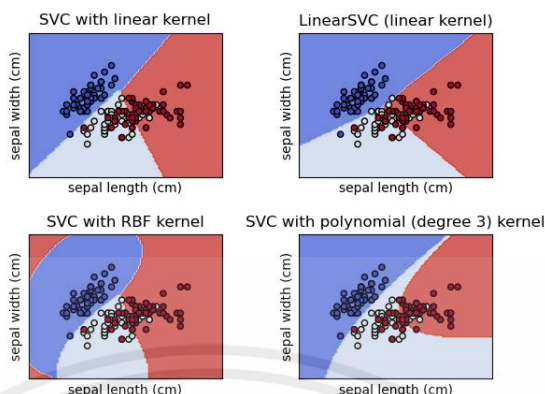
2.3.3 เทคนิค Cross-correlation

Cross-correlation เป็นหนึ่งในเทคนิคทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์และหาความสัมพันธ์ระหว่างสองชุดข้อมูล โดยจะทำการเลื่อนข้อมูลของชุดหนึ่งไปตามแกนเวลาและหาค่าความคล้ายคลึงกับชุดข้อมูลอีกชุดหนึ่ง ซึ่งข้อดีและข้อเสียของการใช้เทคนิค Cross-correlation มีดังนี้ [25]

- 1) ข้อดีของการใช้เทคนิค Cross-correlation
 - ให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำในการวัดความสัมพันธ์ระหว่างชุดข้อมูลสองชุด
 - สามารถใช้กรองสัญญาณรบกวนออกจากสัญญาณที่ต้องการ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในงานต่างๆ เช่น การวิเคราะห์เสียง การวิเคราะห์ภาพ และการสื่อสาร
- 2) ข้อเสียของการใช้เทคนิค Cross-correlation
 - Cross-correlation อาจมีความอ่อนไหวต่อสัญญาณรบกวน หากมีระดับสัญญาณรบกวนสูง อาจทำให้ผลลัพธ์ของ Cross-correlation มีความผิดพลาดได้
 - การคำนวณ Cross-correlation บางครั้งอาจมีความซับซ้อนและต้องใช้เวลาในการประมวลผลที่มาก โดยเฉพาะถ้ามีข้อมูลใหญ่หรือซับซ้อนมาก

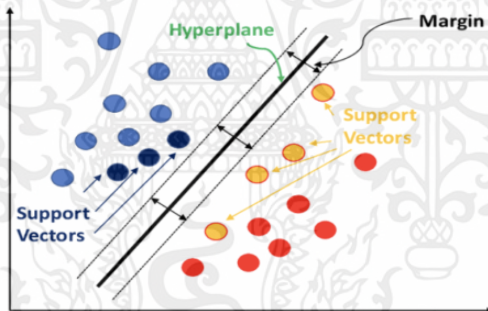
2.3.4 เทคนิค Support Vector Machines (SVM)

Support Vector Machines (SVM) นั้นเป็นเทคนิคที่ได้รับความนิยมในการแก้ปัญหาจำแนกข้อมูลที่ซับซ้อน และจัดเป็นอัลกอริทึมประเภท Supervised Learning โดยใน Scikit-learn มีคลาสของ SVM อยู่หลายตัว แต่ที่เป็นพื้นฐานคลาสพื้นฐานคือ Support Vector Classification (SVC) ซึ่งเป็นคลาสสำหรับ SVM ที่ใช้ทั่วไปมากที่สุด ซึ่งเป็นอัลกอริทึมที่สามารถใช้ในการจำแนกหรือแยกประเภทข้อมูลได้แม่นยำ และ SVC ยังสามารถใช้เคอร์เนลชนิดไหนก็ได้ดังรูปที่ 2.2 [26]



รูปที่ 2.2 ลักษณะเคอร์เนลต่าง ๆ ของฟังก์ชัน SVC [27]

โดย Support Vector Machines (SVM) มีหลักการในการทำงานคือจะทำการนำค่ากลุ่มข้อมูลมาพล็อตลงในพื้นที่ที่เรียกว่า Feature Space หลังจากนั้นจะหาเส้นแนวแบ่ง (Hyperplane) ที่มีไว้เพื่อแบ่งข้อมูลออกจากกันดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 Support Vector Machines (SVM) [28]

ซึ่งข้อดีและข้อเสียของการใช้เทคนิค Support Vector Machines (SVM) มีดังนี้ [29]

- 1) ข้อดีของการใช้เทคนิค Support Vector Machines (SVM)
 - จัดการกับ Non-Linear ได้ โดยใช้เทคนิคของ Kernel
 - สามารถควบคุม Overfitting ข้อมูลได้ โดยใช้เทคนิค Soft Margins
 - สามารถทำนายข้อมูลได้ดีในกรณีที่มีจำนวนข้อมูลน้อย
- 2) ข้อเสียของการใช้เทคนิค Support Vector Machines (SVM)
 - ไม่เหมาะกับ Dataset ขนาดใหญ่ เนื่องจากใช้เวลาในฝึกฝนที่นาน
 - ในกรณีที่มีข้อมูลมาก การใช้โมเดลนี้อาจทำให้การทำงานนี้ทำงานได้ยาก

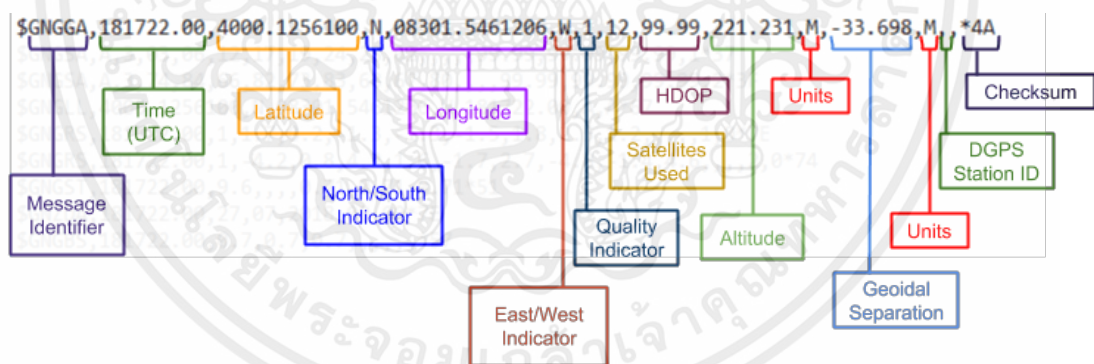
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 โพรโทคอล NMEA 0183

NMEA 0183 คือ มาตรฐานสำหรับการสื่อสารข้อมูลด้านนำทางทางเรือและอุปกรณ์นำทางทางบริการอื่น ๆ โดยใช้รูปแบบข้อความที่มีการกำหนดไว้ ซึ่งสามารถส่งและรับข้อมูลตำแหน่งจีพีเอส ข้อมูลหน้าจอแสดงผลแผนที่ในอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้ โดย NMEA 0183 มีรูปแบบข้อความที่กำหนดไว้และใช้สำหรับสื่อสารข้อมูล ซึ่งประกอบด้วยข้อความต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่ง เวลา ความเร็ว ทิศทาง และข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยในปฏิญญาฉบับนี้จะมีการใช้รูปแบบข้อความ 3 รูปแบบด้วยกันนั่นก็คือ \$GNGGA \$GNGSA และ \$GPGSV [33]

2.4.1 GNGGA Message (\$GNGGA)

GNGGA message เป็นหนึ่งในข้อความที่ใช้ในมาตรฐาน NMEA 0183 โดยจะระบุตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (latitude, longitude) และความสูงจากระดับน้ำทะเล (altitude) ไว้ในข้อความ นอกจากนี้ยังระบุเวลา UTC (Coordinated Universal Time) อีกด้วย โดย GNGGA message มักใช้ในการรายงานข้อมูลเกี่ยวกับตำแหน่งทางพิกัด (GPS) ของอุปกรณ์นำทางทางเรือหรืออุปกรณ์ที่มี GPS ซึ่งรูปแบบของข้อความ \$GNGGA จะประกอบด้วยชุดข้อมูลต่อไปนี้ดังรูปที่ 2.4 [34]



รูปที่ 2.4 รูปแบบของ GNGGA message [35]

1) Message Identifier คือ GNSS Global Positioning System Fix Data ซึ่งเป็นรูปแบบข้อความที่ระบุว่าข้อมูลที่ได้รับนั้นมีความแน่นอนเพียงพอที่จะสามารถแสดงตำแหน่งทางพิกัดได้ในสามมิติ (3D) ซึ่งต้องมีการรับสัญญาณจากดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวงขึ้นไป

2) Time (UTC) คือเวลาโลกสากลหรือ Universal Time Coordinated (UTC) ที่แสดงเป็นชั่วโมง (hh) นาที (mm) และวินาที (ss.ss) โดยเวลา UTC ถือเป็นเวลามาตรฐานที่ใช้ในระบบนำทางทางอากาศยานและ GPS

3) Latitude คือรูปแบบการระบุค่าพิกัดละติจูดของจุดบนโลกโดยจะระบุให้อยู่ในรูปแบบ ddmm.mmmmm โดยที่เลขแรก (dd) จะเป็น องศาของละติจูด และเลขถัดไป (mm.mmmmm) จะแสดงค่านาทีของละติจูดที่เป็นทศนิยม

4) North/South Indicator คือการระบุทิศเหนือหรือทิศใต้ของเส้นศูนย์สูตร

5) Longitude คือรูปแบบการระบุค่าพิกัดลองจิจูดของจุดบนโลกโดยจะระบุให้อยู่ในรูปแบบ ddmm.mmmmm โดยที่เลขแรก (dd) จะเป็น องศาของละติจูด และเลขถัดไป (mm.mmmmm) จะแสดงค่านาทีของละติจูดที่เป็นทศนิยม

6) East/West Indicator คือการระบุทิศตะวันออกหรือทิศตะวันตกของเส้นเวลาอ้างอิง UTC

7) Quality Indicator คือค่าที่บ่งบอกถึงคุณภาพหรือความแม่นยำของข้อมูลที่ได้รับ โดยค่าจะอยู่ระหว่าง 0-6 ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ค่าความแม่นยำตำแหน่งเครื่องรับในข้อความ GNGGA

ความแม่นยำของข้อมูล	ความหมาย
0	No fix
1	Standard GPS (2D/3D) fix
2	Differential GPS (DGPS) fix
3	Precise Positioning System (PPS) fix (for government use only)
4	RTK fixed solution
5	RTK float solution
6	Estimated (Dead Reckoning, or DR) fix

8) Satellites Used คือจำนวนของดาวเทียมที่อุปกรณ์ GNSS ใช้ในการระบุตำแหน่งปัจจุบันของตัวเอง

9) HDOP (Horizontal Dilution of Precision) คือตัวบอกความแม่นยำในแนวราบของการระบุตำแหน่งโดยค่า HDOP มีค่าระหว่าง 0 ถึง 10 โดยทั่วไปแล้วค่า HDOP ที่ต่ำกว่า 2 จะถือว่ามีความแม่นยำสูง ส่วนค่า HDOP ที่มากกว่า 5 อาจมีความไม่แม่นยำหรือผิดพลาดสูง

- 10) Altitude คือความสูงจากระดับน้ำทะเลของจุดที่กำหนด (มีหน่วยเป็นเมตร)
- 11) Units คือหน่วยที่ใช้สำหรับการแยกความสูงหรือการแยกทางธรณีวิทยา (M = เมตร)
- 12) Geoidal Separation คือค่าที่ใช้ประมาณความสูงจริงของจุดวัดเมื่อเทียบกับระดับน้ำทะเลในจุดนั้น ๆ ซึ่งเป็นข้อมูลที่ช่วยปรับปรุงความแม่นยำในการวัดตำแหน่ง
- 13) DGPS Station ID คือหมายเลขที่ระบุสถานีอ้างอิงที่ใช้ในระบบ DGPS (Differential Global Positioning System) เพื่อปรับปรุงแม่นยำของข้อมูลตำแหน่งทางพิกัด โดยหมายเลขนี้จะว่างเปล่าเมื่อระบบ DGPS ไม่ถูกใช้งาน
- 14) Checksum คือค่าที่ใช้ในการตรวจสอบความของข้อมูล โดยการคำนวณค่าตรวจสอบจากข้อมูลและเปรียบเทียบกับค่าตรวจสอบที่ถูกส่งมา

2.4.2 GNGSA Message (\$GNGSA)

GNGSA Message เป็นหนึ่งในข้อความในมาตรฐาน NMEA 0183 และมักใช้ในการรายงานข้อมูลเกี่ยวกับสถานะการเข้าถึงตำแหน่ง (Position Fix) ข้อความ GNGSA จะรายงานสถานะของ GPS receiver ว่าอยู่ในสถานะอะไร มีสัญญาณไหนเข้าถึงได้บ้าง และมีการใช้ mode ไต ๆ ดังรูปที่ 2.5 [36]

```
$GNGSA,M,3,03,14,17,06,12,19,02,01,24,32,,,0.8,0.5,0.6*22
$GNGSA,M,3,66,85,75,67,73,84,83,,,,,0.8,0.5,0.6*26
$GNGSA,M,3,12,11,33,31,03,24,25,08,,,,,0.8,0.5,0.6*20
```

รูปที่ 2.5 รูปแบบของ GNGSA message [36]

- 1) Message Identifier คือ GNSS DOP and active satellites โดยตำแหน่งจะอยู่ ณ ตำแหน่งที่ 1
- 2) Mode MA ณ ตำแหน่งที่ 2 ใช้ในการระบุ Mode หรือสถานะของข้อมูล fix ของระบบนำทางทางพิกัด โดยมักถูกใช้ในการรายงานโหมดการเข้าถึงตำแหน่งที่อุปกรณ์ GNSS อยู่ในขณะนั้น ซึ่งจะมีอยู่ทั้งหมด 2 Mode คือ Mode A (Automatic) และ Mode M (Manual)
- 3) Mode 123 ณ ตำแหน่งที่ 3 จะเป็นค่าที่แสดงสถานะ fix โดยจะระบุคุณภาพและความแม่นยำของการระบุตำแหน่งทางพิกัด เพื่อให้ผู้ใช้ทราบสถานะการระบุตำแหน่งของอุปกรณ์ในขณะนั้น ซึ่งในแต่ละค่ามีความหมายดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ค่าตัวเลขแสดงสถานการณ์

ตัวเลขแสดงสถานการณ์	ความหมาย
1	ไม่มีการระบุตำแหน่ง (No fix)
2	ระบบคำนวณตำแหน่งทางพิกัดในมิติแนวนอนเท่านั้น
3	ระบบคำนวณตำแหน่งทางพิกัดในมิติทั้งแนวนอนและแนวตั้งได้

4) Satellites PRN คือหมายเลขของดาวเทียมที่ใช้งานได้ โดยจะอยู่ ณ ตำแหน่งที่ 4 จนถึง ตำแหน่งที่ 15 โดยจะสามารถรับดาวเทียมได้สูงสุดถึง 12 ดวง

5) PDOP (Position dilution of precision) หรือ ค่าความคลาดเคลื่อนในการระบุตำแหน่ง

6) HDOP (Horizontal dilution of precision) หรือ ค่าความคลาดเคลื่อนในการระบุตำแหน่งทางราบ

7) VDOP (Vertical dilution of precision) หรือ ค่าความคลาดเคลื่อนในการระบุตำแหน่งทางตั้ง

8) Checksum คือค่าที่ใช้ในการตรวจสอบความของข้อมูล โดยการคำนวณค่าตรวจสอบจากข้อมูลและเปรียบเทียบกับค่าตรวจสอบที่ถูกส่งมา

2.4.3 GPGSV Message (\$GPGSV)

GPGSV Message เป็นหนึ่งในข้อความในมาตรฐาน NMEA 0183 โดยจะใช้ในการรายงานข้อมูลเกี่ยวกับดาวเทียม ซึ่งจะระบุข้อมูลเกี่ยวกับจำนวนของดาวเทียมที่เห็นในพื้นที่ที่อุปกรณ์มองเห็น โดยจะระบุหมายเลขของดาวเทียม มุมเงยของดาวเทียม มุมกวาด (Azimuth angle) และความแรงของสัญญาณ ซึ่งทาง NMEA ได้ออกแบบให้รูปแบบ GSV สามารถแสดงข้อมูลดาวเทียมได้เต็มที่ประโยคหรือบรรทัดละ 4 ดวงเท่านั้นดังรูปที่ 2.6 [37]

```
$GPGSV,4,1,16,02,82,150,53,11,78,139,,12,72,191,53,25,50,296,51*77
$GPGSV,4,2,16,06,43,056,49,20,33,149,45,29,20,275,44,19,16,087,46*73
$GPGSV,4,3,16,31,11,329,42,05,10,169,42,24,07,212,44,04,01,033,*7C
$GPGSV,4,4,16,44,32,184,47,51,31,171,48,48,31,194,47,46,30,199,47*7E
```

รูปที่ 2.6 รูปแบบของ GNGSV message [37]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1) Message Identifier คือ GNSS Satellites in View โดยจะอยู่ ณ ตำแหน่งที่ 1
- 2) Total messages คือจำนวนบรรทัดของข้อมูลที่จะถูกรายงานในลำดับข้อความ GPGSV ทั้งหมดโดยจะอยู่ ณ ตำแหน่งที่ 2
- 3) Message number คือบรรทัดของข้อมูลที่รายงานข้อมูลเกี่ยวกับดาวเทียมในพื้นที่ที่อุปกรณ์มองเห็น ซึ่งจะอยู่ ณ ตำแหน่งที่ 3 ของข้อมูล
- 4) Total Satellites จะเป็นการระบุจำนวนของดาวเทียมทั้งหมดที่มองเห็นในพื้นที่มองเห็น ซึ่งจะอยู่ ณ ตำแหน่งที่ 4 ของข้อมูล
- 5) Satellite ID คือหมายเลขดาวเทียมที่รับสัญญาณได้
- 6) Elevation คือมุมในแนวตั้ง นับจากเส้นขอบฟ้าขึ้นไปสู่จุดเหนือศีรษะ มีค่าระหว่าง 0 - 90 องศา
- 7) Azimuth คือเป็นมุมในแนวราบ ซึ่งมีค่าระหว่าง 0 - 360 องศา
- 8) CNR คือความแรงของสัญญาณ ถ้าหากค่ายิ่งสูงจะถือว่าเป็นค่าที่ดี

2.5 การเข้ารหัสผ่านด้วย Hash Function

Hash หรือ Hashing คือการสร้างข้อมูลที่ใช้เป็นตัวแทนของข้อมูลที่ต้องการ ซึ่งอาจจะเป็นรหัสผ่านหรือข้อมูลส่วนบุคคลอื่น ๆ เพื่อนำไปจัดเก็บในฐานข้อมูล ใน Text file หรือในที่อื่น ๆ แต่ในการเก็บรหัสผ่านหรือข้อมูลส่วนบุคคลอยู่ในฐานข้อมูลแบบ String ธรรมดา โดยไม่มีการเข้ารหัสใด ๆ ในกรณีที่หากมีผู้ไม่ประสงค์ดีเข้ามาในฐานข้อมูลและนำข้อมูลออกไปจะสามารถนำรหัสผ่านหรือข้อมูลส่วนบุคคลไปใช้ได้ทันที ซึ่งข้อดีของการทำ Hash คือไม่สามารถถอดรหัสหรือกระทำการใด ๆ เพื่อที่จะถอดข้อมูลให้ออกมาเป็นข้อความต้นฉบับได้ แต่ในกรณีที่มีการดักจับข้อมูลผ่านการสอบถامرหัสผ่าน (Password Cracking) จะสามารถทำการถอดข้อมูลได้โดยการใช้เทคนิคการแบ่งแยก (Brute Force Attack) และการใช้ Dictionary Attack เพื่อค้นหารหัสผ่านที่เป็นไปได้ ดังนั้นจึงมีการเพิ่มความซับซ้อนให้กับการแปลงข้อมูลด้วยการใช้ Salt Function ไปวางไว้ด้านหน้าหรือด้านหลังของข้อมูลจริง ๆ แล้วค่อยนำข้อมูลที่ผ่านมาการรวมกันไปสร้างค่าแฮชออกมา ซึ่งจะช่วยลดความเสี่ยงในการถูกดักจับข้อมูลผ่านการสอบถامرหัสผ่าน ซึ่ง Hash Function สามารถแบ่งได้เป็นสองประเภทคือ Hash fast และ Hash slow [42]

2.5.1 Hash Function แบบ Hash Fast

Hash fast เป็น Hash function ที่มีจุดเด่นในการออกแบบมาเพื่อทำให้กระบวนการการสร้าง Hash อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพในการคำนวณ ซึ่งส่วนมากถูกนำไปใช้ในงานที่ต้องการความเร็วที่ไม่ใช่รหัสผ่านหรือข้อมูลสำคัญ เนื่องจากมีความปลอดภัยค่อนข้างต่ำและสามารถยกตัวอย่างประเภทของ Hash fast ได้ดังนี้

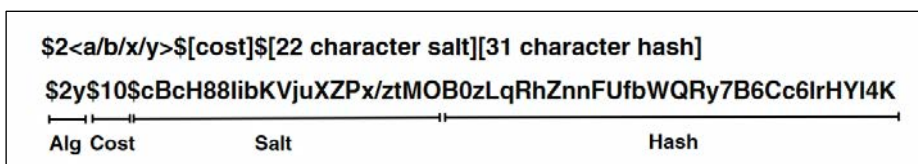
- MD5 เป็นการเข้ารหัสที่มีขนาดเล็กทำให้ถูกโจมตีได้ง่าย
- SHA-1 เป็นการเข้ารหัสที่ไม่ปลอดภัยเนื่องจากมีการพบจุดอ่อนหลายจุดและพบที่สามารถสร้างค่าแฮชที่ซ้ำกัน (collision) ได้
- SHA-256 เป็นการเข้ารหัสทางเดียวและไม่สามารถถอดรหัสได้เนื่องจากในการสร้างค่าแฮชแต่ละครั้งจะสร้างค่าที่ไม่ซ้ำกันออกมา

2.5.2 Hash Function แบบ Hash Slow

Hash Slow เป็น Hash function ที่มีจุดเด่นในการออกแบบมาเพื่อทำให้กระบวนการการสร้าง Hash นั้นช้าลง เพื่อเพิ่มความยากในการถอดรหัสหรือค้นหาแฮชที่เหมือนกัน และส่วนมากถูกนำไปใช้ในการจัดเก็บรหัสผ่านหรือข้อมูลสำคัญ เนื่องจากความปลอดภัยสูงและมีความยากในการโจมตี เพราะมีการเพิ่มค่าสุ่ม (Salt) และการทำการแบ่งแยก (Iterations) เพื่อเพิ่มความปลอดภัยและสำหรับการโจมตีแบบ Brute Force Attack หรือ Dictionary Attack และสามารถยกตัวอย่างประเภทของ Hash slow ได้ดังนี้ [43]

- Bcrypt เป็นฟังก์ชันการเข้ารหัสที่มีความปลอดภัยสูงเนื่องจากมีการเพิ่มเติมอัลกอริทึมการเข้ารหัสที่ทำให้การทำ Brute-force มีความยากขึ้นและยังสามารถป้องกันการทำ Rainbow Table ได้ เนื่องจากมีการใช้ Salt ในการเพิ่มความซับซ้อนในการเข้ารหัส ซึ่ง Salt จะถูกสร้างขึ้นมาจากแฮชแบบสุ่ม
- Scrypt เป็นอัลกอริทึมการทำค่าแฮชที่ช้าและมีความปลอดภัยสูงเช่นเดียวกับ Bcrypt แต่จะมีความยากในการโจมตีแบบ Brute Force Attack มากกว่าเนื่องจากมีการเรียกใช้ข้อมูลแบบแถวเป็นเวกเตอร์ในการทำค่าแฮชและสามารถสร้างค่าแฮชที่มีขนาดเปลี่ยนแปลงได้ตามความต้องการ

ซึ่งในปฏิญญาฉบับนี้จะใช้ Hash slow แบบ Bcrypt ในการจัดเก็บรหัสผ่านบนฐานข้อมูล โดยผลลัพธ์ที่ได้จาก Bcrypt จะมีลักษณะดังรูปที่แสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 โครงสร้างของรหัสผ่าน Hash slow แบบ Bcrypt

โดยที่	Algorithm	คือการบอกว่าใช้ Bcrypt version อะไรในการแฮช
	Cost	คือค่าที่ใช้กำหนดความช้าในการทำงาน
	Salt	คือSalt ในรูปแบบ Radix-64 ความยาว 22 ตัวอักษร
	Hash	คือแฮชที่อยู่ในรูปแบบ Radix-64 ความยาว 31 ตัวอักษร

2.6 หลักการทำงานของ Responsive Web Design

การออกแบบเว็บเบราว์เซอร์แบบ Responsive เป็นการกำหนดขนาดของเว็บเบราว์เซอร์ด้วย HTML CSS และ JavaScript ซึ่งจะสามารถปรับขนาดของเว็บได้อัตโนมัติตามขนาดของอุปกรณ์ที่ใช้งานอยู่ ซึ่งในส่วนของหน้าเว็บเบราว์เซอร์จะมีเพียง 1 URL เท่านั้น ทำให้ไม่จำเป็นต้องแยกเว็บเบราว์เซอร์เป็นเวอร์ชันของ Desktop และ Mobile โดยเมื่อเปิดเว็บเบราว์เซอร์ด้วยหน้าจอคอมพิวเตอร์ โน้ตบุ๊ก หรือจอโทรทัศน์ที่มีขนาดจอกว้าง เว็บเบราว์เซอร์ที่มีการออกแบบด้วย Responsive Web Design นี้จะแสดงผลขนาดพอดีของความกว้างจอของอุปกรณ์ที่เปิดใช้งาน และเมื่อเปิดด้วยแท็บเล็ตที่มีขนาดหน้าจอขนาดเล็กลงมาเว็บเบราว์เซอร์จะสามารถปรับขนาดหน้าเว็บตามได้อย่างพอดีเช่นกัน ทำให้ไม่จำเป็นต้องคอยเลื่อนซ้ายขวาเพียงแค่เลื่อนลงมาดูส่วนที่เหลือเป็นแนวตั้งเท่านั้น อีกทั้งขนาดของตัวหนังสือก็สามารถปรับให้ตัวใหญ่ขึ้นได้เพื่อให้สะดวกสำหรับการใช้งานในอุปกรณ์ที่มีขนาดจอขนาดเล็ก ซึ่งข้อดีและข้อควรระวังในการ Responsive Web Design มีดังนี้ [44]

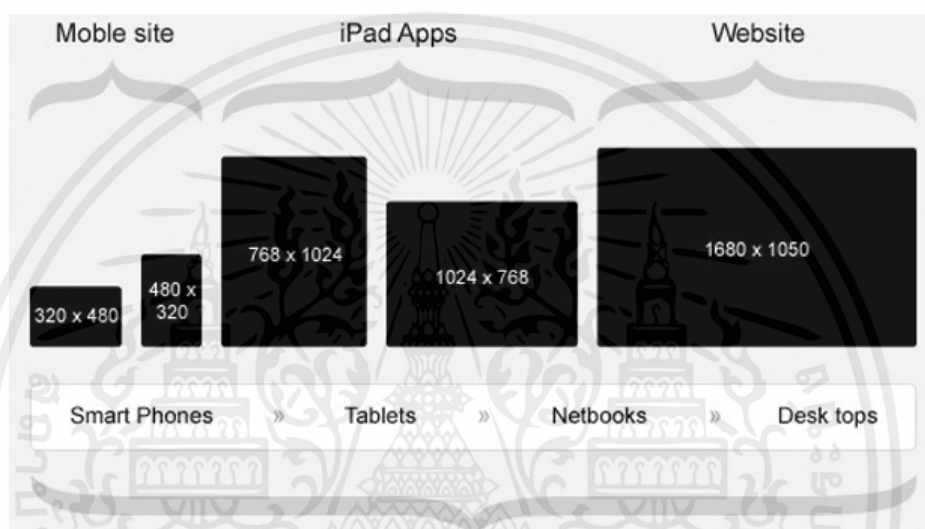
1) ข้อดีในการทำ Responsive Web Design

- สะดวกและลดความยุ่งยากในการใช้งานรวมถึงช่วยลดค่าใช้จ่ายในการดูแลปรับปรุงเว็บเบราว์เซอร์ เนื่องจากมีเพียงแค่เว็บไซต์เดียวทำให้ไม่ต้องแก้ไขหน้าเว็บหลาย ๆ หน้าและไม่เปลืองเซิร์ฟเวอร์
- ผู้ใช้สามารถใช้งานเว็บเบราว์เซอร์ได้ง่ายไม่ว่าจะเปิดใช้งานด้วยอุปกรณ์หรือขนาดหน้าจอใด ๆ ก็ตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ข้อควรระวังในการทำ Responsive Web Design

- ควรทดสอบด้วยการเปิดเว็บเบราว์เซอร์ด้วยหน้าจอขนาดต่าง ๆ ก่อนใช้งานจริง เพราะอาจมีการแสดงผลผิดไปจากตำแหน่งที่ต้องการ
- ควรเตรียมขนาดรูปให้เหมาะกับขนาดหน้าจอ เมื่อมีการเปิดด้วยหน้าจอที่ขนาดเล็กให้มีการโหลดรูปที่ขนาดเล็กตาม ไม่อย่างนั้นจะทำให้เสียเวลาในโหลดรูปภาพนานและจะทำให้ส่งผลเสียต่อผู้ใช้งาน



รูปที่ 2.8 ขนาดหน้าจอของเว็บเบราว์เซอร์ตามอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เลือกใช้ [45]

2.7 อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบตรวจจับสัญญาณจีเอ็นเอสเอส

2.7.1 RTL-SDR Blog V3 R860 RTL2832

RTL-SDR Blog V3 R860 RTL2832U ดังรูปที่ 2.9 เป็นอุปกรณ์รับสัญญาณไร้สายที่ใช้เทคโนโลยี Software Defined Radio (SDR) ซึ่งสามารถรับสัญญาณวิทยุได้ตั้งแต่ความถี่ต่ำสุด 24 MHz ถึงความถี่สูงสุด 1.766 GHz โดยสามารถใช้งานได้กับโปรแกรม SDR ต่าง ๆ เช่น SDR# (SDR Sharp) HSDR SDR-Console CubicSDR และอื่น ๆ [9]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 RTL-SDR Blog V3 R860 RTL2832U [10]

จาก RTL-SDR Blog V3 R860 RTL2832U สำหรับรับสัญญาณวิทยุแบบ All-Band โดยสามารถใช้งานได้ทั้ง HF VHF UHF โดยอุปกรณ์มี TCXO ความแม่นยำ 1 PPM เพื่อให้มีความแม่นยำในการรับสัญญาณวิทยุที่สูงขึ้น ทำให้สามารถรับสัญญาณวิทยุแบบ AM FM SSB CW ADS-B และอื่น ๆ ได้ตามต้องการ ซึ่งมีคุณสมบัติดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติของอุปกรณ์ RTL-SDR Blog V3 R860 RTL2832U

คุณสมบัติ	รายละเอียด
Bandwidth	Up to 2.4 MHz stable
ADC	RTL2832U 8-bits
Frequency Range	24 MHz – 1766 MHz
Typical Input Impedance	50 Ohms
Typical Current Draw	270 – 280 mA

2.7.2 NEO-M8T-0 U-blox GNSS

NEO-M8T-0 U-blox GNSS ดังที่แสดงในรูปที่ 2.10 เป็นโมดูลรับสัญญาณจากระบบนำทางดาวเทียมที่ผลิตโดยบริษัท U-blox โดยมีความแม่นยำสูงและรองรับสัญญาณจากกลุ่มดาวเทียมหลายชนิด เช่น GPS, GLONASS, Galileo และ BeiDou โมดูลนี้ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในงานที่ต้องการข้อมูลตำแหน่งและเวลาที่แม่นยำ เช่น งานสำรวจ, เกษตรแบบพิเศษและอากาศยานบินไร้คนขับ (UAVs) เป็นต้น โดยมีรายละเอียดคุณสมบัติดังตารางที่ 2.4



รูปที่ 2.10 อุปกรณ์ NEO-M8T-0 U-blox GNSS

ตารางที่ 2.4 คุณสมบัติของอุปกรณ์ NEO-M8T-0 U-blox GNSS

คุณสมบัติ	รายละเอียด
Series	NEO-M8T
Number of Terminations	24
Current - Receiving	32mA
Data Interface	I2C, SPI, UART, USB
Voltage - Supply	2.7V~3.6V
Modulation or Protocol	BeiDou, Galileo, GLONASS, GNSS, GPS

2.7.3 MINI PC INTEL NUC 11ATKC4

คอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก (NUC) หรือ Next Unit of Computing ดังรูปที่ 2.11 ซึ่งเป็นอุปกรณ์ในฟอร์มแฟคเตอร์ขนาดเล็ก หรือชุดประมวลผลระดับเดสก์ท็อปพีซี (Desktop PC) ที่ถูกออกแบบโดยบริษัท Intel โดยภายในของอุปกรณ์ NUC นั้นมีหลักการทำงานและความสามารถเทียบเท่ากับพีซีมาตรฐานทั่วไป ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 2.5 [11]



รูปที่ 2.11 MINI PC INTEL NUC 11ATKC4 [11]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 คุณสมบัติของอุปกรณ์ MINI PC INTEL NUC 11ATKC4

คุณสมบัติ	รายละเอียด
Brand	Intel
CPU	Intel Celeron N5105 (2.00GHz Up to 2.90GHz , 4M Cache)
Main Memory	RAM DDR4(3200, NB) 8G HYNIX 8 CHIP
Storage	128 GB SSD M.2 PCIe HIKVISION
Graphics	Intel UHD Graphics (Integrated)
Port	2 x USB 3.2 Gen 2 2 x USB 2.0 2 x USB 3.2 Gen 1 1 x DisplayPort1.4 1 x HDMI2.0b 1 x Lan
Audio Jack	3.5mm Front stereo jack 3.5mm Front microphone jack
Network	10/100/1000 LAN
Bluetooth	Bluetooth 5.1
Power Supply	19VDC 65W Power supply with geo-specific C5 AC cords

2.7.4 4G Wireless Router

อุปกรณ์ 4G WIFI Router ดังรูปที่ 2.12 เป็นเราเตอร์แบบใส่ซิมการ์ดเพื่อเชื่อมต่อและแบ่งปันการใช้งานอินเทอร์เน็ตผ่านเครือข่ายโทรศัพท์มือถือระบบ 4G ให้สามารถใช้งานผ่านแอปพลิเคชันรับส่งไฟล์หรือข้อมูล ประชุมทางไกลได้สะดวกในทุกสถานที่ที่มีสัญญาณโทรศัพท์มือถือเครือข่าย 4G รองรับจำนวนอุปกรณ์ รับส่งข้อมูลต่อเนื่องราบรื่น สะดวก และดีกว่าการแบ่งปันอินเทอร์เน็ตโดยใช้โทรศัพท์มือถือมาก โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 2.6 [12]



รูปที่ 2.12 4G Wireless Router [12]

ตารางที่ 2.6 คุณสมบัติของ 4G Wireless Router

คุณสมบัติ	รายละเอียด
External antenna	Omni directional 2.4GHz, 4G Omni directional
4G Support	FDD-LTE Cat4 850/900/1800/2100MHz with a maximum speed of 150 Mbps
3G Support	HSDPA+ 850/900/2100MHz (AIS, TOT, DTAC, TRUE H, MY CAT) with a maximum speed of 42 Mbps
2G Support	EDGE/GPRS/GSM 900/1800MHz (AIS, DTAC, TRUE H) with a maximum speed of 384Kbps
Wi-Fi standard	802.11 b/g/n Wi-Fi speeds of 300Mbps
Input voltage	12V, 1A

2.7.5 กล้องวงจรปิดไอพี (IP Camera)

กล้อง Internet Protocol หรือกล้อง IP ใช้เป็นกล้องวงจรปิดประเภทหนึ่งที่ใช้ในการรักษาความปลอดภัยด้วยวิดีโอดิจิทัลโดยการส่งและรับภาพผ่านทางอินเทอร์เน็ตหรือเครือข่าย LAN ที่สามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายผ่าน Wi-Fi หรือสายเคเบิล Power over Ethernet (PoE) มักใช้กับเครื่องบันทึกวิดีโอเครือข่าย (NVR : Network video recorder) เครื่องบันทึกวิดีโอดิจิทัล (DVR :

Digital Video Recorder) หรือเครื่องประมวลอื่น ๆ เพื่อให้ง่ายต่อการติดตั้งและใช้งาน จึงมีรูปแบบ และฟังก์ชันที่หลากหลายต่างกันไปในแต่ละแบบโดยสามารถแบ่งตามการทำงานได้ดังนี้ [13], [14]

1) แบบใช้สาย (Wiring) คือการติดตั้งที่เชื่อมต่อแบบมีสายโดยใช้เทคโนโลยี PoE และสามารถให้พลังงานผ่านสายเคเบิล PoE ทำให้ความเสถียรของแหล่งจ่ายไฟ และเหมาะสำหรับการใช้งานในสภาพแวดล้อมที่ต้องการความต่อเนื่อง

2) แบบไร้สาย (Wireless) คือการเชื่อมต่อแบบไร้สายกับเครือข่ายผ่าน Wi-Fi หรือเชื่อมต่อกล้องวงจรปิดกับเครื่องบันทึกภาพ (NVR) โดยที่ไม่ต้องเดินสายสัญญาณ หรือมีการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ แผงโซลาร์เซลล์ แทนการชาร์จจากพลังงานภายนอก

นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งประเภทของกล้องวงจรปิดไอพีตามลักษณะการนำไปใช้งาน เพื่อให้ตรงกับความต้องการที่ตรงจุดซึ่งสามารถแบ่งได้ดังนี้ [15]

1) Dome Camera เป็นกล้องวงจรปิดที่มีลักษณะเป็นทรงโดมหรือทรงกลม มีฝาครอบที่ป้องกันการทำลาย เกิดความเสียหายได้ยาก เหมาะกับการนำไปติดตั้งบนเพดาน มุมมองกว้าง และมีลักษณะภายนอกไม่สะดุดตามักมีไว้เพื่อเพิ่มระดับความปลอดภัยโดยไม่ทำให้ผู้คนรู้สึกว่ามีกล้องติดตั้งกล้องวงจรปิดในบริเวณนั้น ๆ

2) Bullet Camera เป็นกล้องวงจรปิดที่มีรูปร่างเป็นท่อนกระบอกยาว สามารถนำไปติดตั้งทั้งเพดานหรือผนัง โดยให้มุมมองที่แคบและมีระยะการมองเห็นที่ไกล ง่ายต่อการติดตั้งหรือเปลี่ยนตำแหน่ง มี IR Bounce ที่น้อยซึ่ง IR Bounce คือแสงจากสิ่งภายนอกที่สะท้อนกล้องทำให้ภาพที่ได้มีความชัดเจนน้อยลง

3) Turret camera เป็นกล้องวงจรปิดที่มีลักษณะเป็นทรงโดมแต่แตกต่างที่การออกแบบซึ่งมีลักษณะทันสมัยและสวยงาม เหมาะกับการนำไปติดตั้งบนเพดาน โดยให้มุมมองที่กว้าง และมีระยะการมองเห็นที่ไกล มี IR Bounce ที่น้อย

4) Fisheye camera เป็นกล้องวงจรปิดที่มีเลนส์รูปทรงวงกลม สามารถบันทึกภาพได้ทุกทิศทางแบบมุมมองพาโนรามา 360 องศา ทั้งยังติดตั้งง่าย แต่ภาพที่ได้ต้องใช้ฟังก์ชันเพื่อปรับความโค้งของภาพ และเป็นกล้องที่มีรูปร่างไม่โดดเด่นมากทำให้ผู้คนไม่รู้สึกว่ามีกล้องติดตั้งกล้อง

โดยกล้องวงจรปิด IP Camera ที่ใช้คือรุ่น IPC-HFW2431S-S-S2 ซึ่งเป็นชนิดแบบใช้สาย (Wiring) และเป็นกล้อง Bullet ซึ่งให้ระยะการมองเห็นที่ไกลดังที่กล่าวไปข้างต้น สามารถแสดงดังรูปที่ 2.13 และมีคุณสมบัติต่าง ๆ ดังตารางที่ 2.7 [16]



รูปที่ 2.13 กล้องวงจรปิด IP Camera ยี่ห้อ Dahua IPC-HFW2431S-S2

ตารางที่ 2.7 คุณสมบัติของกล้องวงจรปิด IP Camera รุ่น IPC-HFW2431S-S2

คุณสมบัติ	รายละเอียด
Image Sensor	1/3" 4Megapixel progressive CMOS
Max. Resolution	2688 (H) × 1520 (V)
Lens Type	Fixed-focal
Focal Length	2.8 mm
Field of View	2.8 mm: Horizontal:102.0° × Vertical 55.0° × Diagonal 121.0°
Video Compression	H.265; H.264; H.264B; MJPEG (only supported by sub stream)
Smart Codec	Smart H.265+ Smart H.264+
Video Frame Rate	Mainstream: 2688 × 1520 (1 fps-20 fps) 2560 × 1440 (1 fps-25/30 fps) Sub stream: 704 × 576 (1 fps-25 fps) 704 × 480 (1 fps-30 fps)
Resolution	2688 × 1520 (2688 × 1520); 2560 × 1440 (2560 × 1440); 2304 × 1296 (2304 × 1296); 1080p (1920 × 1080); 1.3M (1280 × 960); 720p (1280 × 720); D1 (704 × 576/704 × 480); VGA (640 × 480); CIF (352 × 288/352 × 240)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติ	รายละเอียด
DORI Distance	Detect : 56 m (183.73 ft) Observe : 22.4 m (73.49 ft) Recognize : 11.2 m (36.75 ft) Identify : 5.6 m (18.37 ft)
Video Bit Rate	H.264: 32 kbps–6144 kbps H.265: 12 kbps–6144 kbps
Network	RJ-45 (10/100 Base-T)
Protocol	IPv4; IPv6; HTTP; HTTPS; TCP; UDP; ARP; RTP ; RTSP; RTCP; RTMP; SMTP; FTP; SFTP; DHCP; DNS; DDNS; QoS; UPnP; NTP; Multicast; ICMP; IGMP; NFS; PPPoE; 802.1x; Bonjour
Power Supply	12V DC/PoE (802.3af)
Power Consumption	< 5W

จากรูปแบบของกล้องวงจรปิดและคุณสมบัติตามตารางที่ 2.7 นี้พบว่ากล้องวงจรปิดไอพีรุ่น IPC-HFW2431S-S-2 สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลายรูปแบบเนื่องจากวิธีการติดตั้ง มุมมองของภาพที่ตรงตามวัตถุประสงค์และวิธีการเชื่อมต่อที่หลากหลายซึ่งเหมาะสมที่จะนำมาใช้งานในระบบ

2.7.6 สายอากาศ Directional 800 - 2700 MHz

สายอากาศ Directional 800 – 2700 MHz นี้สามารถรับสัญญาณจีพีเอสย่านความถี่ L1 (1575.42 MHz) ได้ ซึ่งจะแสดงรูปภาพของสายอากาศดังรูปที่ 2.14 และข้อมูลจำเพาะของสายอากาศดังตารางที่ 2.8 [19]



รูปที่ 2.14 สายอากาศ Directional 800 – 2700 MHz

ตารางที่ 2.8 คุณสมบัติของสายอากาศกลางแจ้ง 800 – 2700 MHz

คุณสมบัติ	รายละเอียด
Frequency Range (MHz)	800 MHz - 2700 MHz
Interface	N-Female
Gain (dBi)	8 - 9 dBi
Maximum Power	50 W
Resistance	50 Ω
Temperature range	-40°C - 55°C
Radiation Pattern	Directional

2.7.7 สายอากาศ AN-105L-GNSS

สายอากาศ AN-105L-GNSS เป็นสายอากาศที่สามารถรับสัญญาณจีพีเอสในย่านความถี่ L1 (1575.42 MHz) ได้ โดยสายอากาศชนิดนี้จะมีรูปแบบการแพร่กระจายของคลื่นเป็นแบบ Omnidirectional ดังรูปที่ 2.15 และมีคุณสมบัติดังตารางที่ 2.9 [20]



รูปที่ 2.15 สายอากาศ AN-105L-GNSS [20]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.9 คุณสมบัติสายอากาศ AN-105L-GNSS

คุณสมบัติ	รายละเอียด
Frequency Range (MHz)	GPS L1/L2/L5 GLONASS L1/L2 BDS B1/B2/B3 GALILEO E1/E5a/E5b/E6 QZSS : L1/L5 SBAS : L1
Gain (dBi)	< 5.5
Polarization	Right-Hand Circular Polarization
LNA Gain (dB)	40 ± 2 dB
VSWR	≤ 2.0
Voltage	3.0V - 16.0V
Radiation Pattern	Omnidirectional

2.8 ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในระบบตรวจจับสัญญาณจีเอ็นเอสเอส

2.8.1 Zoneminder (Open Source NVR)

Network Video Record หรือ NVR เป็นระบบบันทึกวิดีโอที่ใช้สำหรับการจัดเก็บข้อมูลวิดีโอจากกล้องวงจรปิดโดยใช้เครือข่ายเป็นตัวสื่อสาร ซึ่งสามารถจัดการและควบคุมการบันทึกวิดีโอและภาพในแต่ละเฟรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ [17] นอกจากนี้ยังสามารถใช้งานระบบ NVR โดยไม่เสียค่าใช้จ่ายได้ด้วย Open source NVR ที่มีให้เลือกมากมายโดยจะมีฟังก์ชันการทำงานให้เลือกอย่างเหมาะสมกับความต้องการ โดย Zoneminder เป็นหนึ่งในตัวอย่างของ Open source NVR ที่ได้รับความนิยม โดยมีข้อดีหลายประการ ได้แก่ [18]

- 1) มีระบบ Motion Detection ที่ใช้ในการตรวจจับการเคลื่อนไหวอย่างมีประสิทธิภาพ สามารถตั้งค่าให้ระบบบันทึกภาพหรือวิดีโอเมื่อเกิดเหตุการณ์ที่มีการเคลื่อนไหวในพื้นที่ที่กำหนดได้ และในแต่ละภาพยังมีการเก็บ Timestamp และ Frame score ไว้อีกด้วย
- 2) มีความยืดหยุ่นในการปรับแต่งการตั้งค่าเช่น การตั้งค่าในการบันทึกภาพหรือวิดีโอ การกำหนดโซนการตรวจจับการเคลื่อนไหว การตั้งค่าการบันทึกตามเวลา เป็นต้น

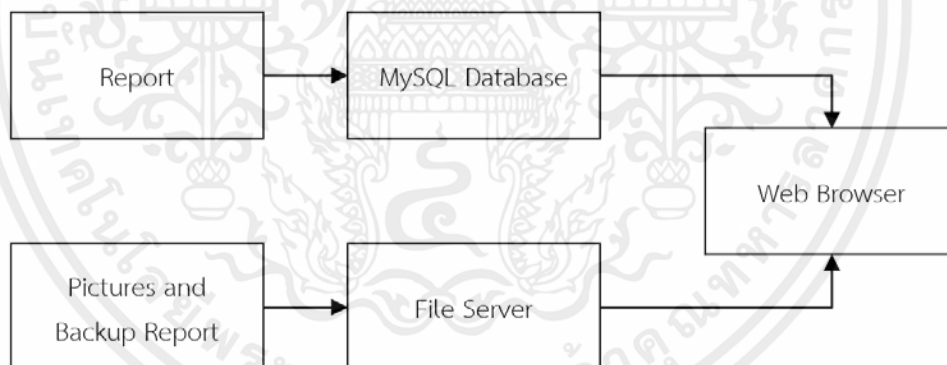
3) มีฟังก์ชันการจัดการกล้องวงจรปิด รองรับการเชื่อมต่อกล้องวงจรปิดจำนวนมาก และมีการจัดการกล้องที่มีประสิทธิภาพเช่น การเปิดปิดกล้อง

4) มี API ที่ออกแบบมาเพื่อให้ง่ายต่อการใช้งานและการพัฒนาโดยนักพัฒนา มี library เฉพาะเพื่อให้เข้าถึง API ได้ง่ายและสามารถนำข้อมูลไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากข้อดีทั้งหมดนี้ และจากการที่ Zoneminder มีระบบ Motion Detection ที่สามารถเก็บทั้งรูปภาพและวิดีโอในช่วงตั้งแต่ก่อนจนถึงหลังการเคลื่อนไหวที่ตรวจจับได้ ทั้งยังมี Timestamp ของภาพในแต่ละเฟรมและ Frame score ที่เป็นการคำนวณค่าการเปลี่ยนแปลงของพิกเซลในภาพทำให้ทราบเฟรมที่มีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดได้ ทางคณะผู้จัดทำจึงเลือกใช้ Zoneminder เพื่อเก็บรูปภาพพร้อมส่งสัยที่อาจปล่อยสัญญาณรบกวนจีเอ็นเอสเอสในระบบ

2.8.2 การจัดเก็บข้อมูลและรูปภาพกราฟิกส์

ในการจัดเก็บข้อมูลและรูปภาพสเปกตรัมนั้นจะเป็นการจัดเก็บข้อมูลในส่วนของที่รับมาจาก Mini PC NUC โดยจะจัดเก็บข้อมูลที่เป็นส่วนของรายงาน ส่วนของการเข้าสู่ระบบไว้ที่ฐานข้อมูล MySQL และจัดเก็บข้อมูลที่เป็นส่วนของรูปภาพไว้ที่ไฟล์เซิร์ฟเวอร์ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 กระบวนการจัดเก็บข้อมูลไปยังระบบจัดเก็บฐานข้อมูล

2.8.2.1. ฐานข้อมูล MySQL

MySQL เป็นระบบการจัดการฐานข้อมูลที่ใช้ในการเก็บข้อมูลและจัดการข้อมูลในฐานข้อมูลของแอปพลิเคชัน เว็บไซต์ต่าง ๆ โดยจะเป็นการคีย์คำสั่ง ซึ่งอาจมีความยากลำบากในการทำงาน ดังนั้นจึงมีเครื่องมือในการทำงานให้ง่ายมากขึ้นนั่นก็คือโปรแกรม phpMyAdmin โดยโปรแกรมนี้จะเป็นโปรแกรมประเภท MySQL Client ตัวหนึ่งที่ใช้จัดการฐานข้อมูล MySQL ผ่านเว็บเบราว์เซอร์ ซึ่งสามารถสร้างฐานข้อมูลใหม่ หรือ TABLE ได้และยัง

สามารถใช้คำสั่งต่าง ๆ เหมือนกับกับการใช้ภาษา SQL ในการสร้างตารางข้อมูลได้ โดยความสามารถของ phpMyAdmin มีดังนี้ [30]

- 1) สามารถสร้างและลบฐานข้อมูล (Database) ได้
- 2) สามารถสร้างและจัดการ Table ได้เช่น เพิ่มหรือแก้ไข Field ในตาราง
- 3) สามารถดาวน์โหลด Text File และไฟล์นามสกุล .csv เข้าไปเก็บเป็นข้อมูลใน Table ได้

2.8.2.2. File Server

File Server เป็นเซิร์ฟเวอร์ที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเก็บไฟล์ต่าง ๆ มาไว้ที่เซิร์ฟเวอร์ และเปิดให้บริการดึงข้อมูลนั้น ๆ ลงมาใช้ได้ โดย File Server สามารถกำหนดสิทธิ์การเข้าถึงการใช้งานไฟล์เพื่อความปลอดภัยและมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งส่วนใหญ่ File Server จะใช้ระบบปฏิบัติการพื้นฐานเช่น Windows Server, Linux, หรือ Unix เพื่อให้บริการไฟล์แก่ผู้ใช้งานในเครือข่ายได้อย่างมีประสิทธิภาพและมั่นใจได้ในเรื่องความปลอดภัยและการเข้าถึงข้อมูล ซึ่งโปรแกรม WinSCP เป็นโปรแกรม FTP client ที่มีประโยชน์สำหรับผู้ที่ใช้ที่ต้องการเข้าถึงไฟล์บน File Server โดยโปรแกรมนี้จะเป็นโปรแกรมที่เอาไว้ใช้ถ่ายโอนข้อมูล ดาวน์โหลดข้อมูลหรือคัดลอกไฟล์ข้อมูลจากเครื่องของ Client และเซิร์ฟเวอร์ โดยใช้โปรโตคอล SFTP SCP FTP WebDAV และ Amazon S3 เพื่อการสื่อสารผ่านระบบไฟล์ผ่านเครือข่าย โดย WinSCP จะสามารถถ่ายโอนข้อมูลไฟล์หรือโพลเดอร์ระหว่างคอมพิวเตอร์และเซิร์ฟเวอร์ในรูปแบบที่ปลอดภัยและสะดวกได้ และสามารถเปลี่ยนสิทธิ์การเข้าถึงไฟล์บน File Server ได้ซึ่งคุณลักษณะของ WinSCP มีดังนี้ [31]

- 1) ทำงานแบบ Server – Client
- 2) ใช้สำหรับถ่ายโอนข้อมูลไฟล์ระหว่าง Client กับ Server
- 3) รองรับ Protocol ถึง 3 Protocol ได้แก่ FTP (Port 20,21) SFTP (Port 22) และ SCP (Port 22)

2.8.3 ภาษาคอมพิวเตอร์สำหรับการสร้างเว็บเบราว์เซอร์

2.8.3.1 HTML (Hypertext Markup Language)

HTML ย่อมาจาก HyperText Markup Language เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการสร้างเว็บเพจในรูปแบบของไฟล์ HTML ซึ่งมีเว็บเบราว์เซอร์เป็นโปรแกรมที่ใช้แปลงไฟล์ HTML เพื่อแสดงผลในรูปของหน้าเว็บ ซึ่งลักษณะของไฟล์ HTML ประกอบไปด้วยแท็กต่าง ๆ ที่เป็นคำสั่งของ HTML โดยแท็กจะอยู่ภายในเครื่องหมาย < และ > และแท็กใน HTML นั้นสามารถแบ่ง

ออกได้เป็น 2 ประเภท คือ คอนเทนเนอร์แท็กและแท็กเปล่า ในส่วนของคอนเทนเนอร์แท็กจะประกอบไปด้วยแท็กเปิดและแท็กปิด โดยที่แท็กปิดจะมีเครื่องหมาย / นำหน้าแท็ก เช่น <H1> . . . </H1> และในส่วนของแท็กเปล่าจะมีแท็กเปิดอย่างเดียว อย่างเช่น <HR> ซึ่งแท็กจะถูกเขียนด้วยตัวอักษรพิมพ์ใหญ่หรือพิมพ์เล็กก็ได้จะไม่มีผลต่อการแสดงผลเนื่องจากเว็บเบราว์เซอร์จะแปลความหมายเหมือนกัน [38]

โครงสร้างไฟล์ HTML แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนหัวเรื่อง (Head) และส่วนเนื้อหา (Body) ซึ่งจะมีแท็ก <HTML> และ </HTML> เป็นตัวกำหนดขอบเขตไฟล์ โดยในส่วนหัวเรื่องจะมีไว้กำหนดข้อมูลเฉพาะของหน้าเว็บหรือชื่อเรื่องของเว็บภายในแท็ก <HEAD>....</HEAD> และในส่วนเนื้อหาจะมีไว้กำหนดรายละเอียดต่าง ๆ ที่ต้องการแสดงบนหน้าเว็บอย่างเช่น ข้อความหรือรูปภาพภายในแท็ก <BODY>....</BODY> ดังรูปที่ 2.17

```

<html>
  <head>
    <title> แสดงชื่อไอดีลบาร์ของเว็บเบราว์เซอร์ </title>
  </head>
  <Body>
    ส่วนเนื้อหาของเว็บเบราว์เซอร์ประกอบด้วย
    - ข้อความ
    - รูปภาพ
  </Body>
</html>

```

รูปที่ 2.17 โครงสร้างไฟล์ HTML

2.8.3.2 CSS (Cascading Style Sheet)

CSS ย่อมาจาก Cascading Style Sheet เรียกโดยย่อว่า สไตลชีต เป็นภาษาที่ใช้ในการอธิบายรูปแบบการนำเสนอเว็บเพจ ทั้งสีของข้อความ สีพื้นหลัง รูปแบบการจัดวาง และประเภทตัวอักษรที่จะปรากฏให้ผู้ใช้งานเห็นบนหน้าเว็บเบราว์เซอร์ ซึ่ง CSS นั้นถูกออกแบบมาเพื่อสร้างสไตลชีตสำหรับเว็บเบราว์เซอร์ และในส่วนของข้อกำหนดรูปแบบนี้ใช้หลักการในการแยกเนื้อหาของเอกสาร HTML ออกจากคำสั่งที่ใช้ในการจัดรูปแบบการแสดงผล เพื่อให้ง่ายต่อการจัดรูปแบบแสดงผลของไฟล์ HTML โดยเฉพาะในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื้อหาเอกสารที่บ่อยครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือในกรณีที่ต้องการควบคุมให้รูปแบบการแสดงผลไฟล์ HTML มีความสม่ำเสมอทั่วกันของทุกหน้าเอกสารภายในเว็บเบราว์เซอร์เดียวกันและมีลักษณะโครงสร้างของไฟล์ CSS ดังรูปที่ 2.18 [39]

```
selector { property: value }
```

รูปที่ 2.18 โครงสร้างไฟล์ CSS

จากรูปที่ 2.18 โครงสร้างไฟล์ CSS ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ตัวเลือก (Selector) สมบัติ (Property) และค่าของสมบัติ (Value)

- Selector คือส่วนที่ใช้กำหนดว่าจะใช้สไตล์นี้กับแท็กของ HTML ตัวใด
- Property คือตัวระบุคุณสมบัติที่ต้องการเปลี่ยนแปลงหรือกำหนดค่า
- Value คือส่วนที่ใช้กำหนดค่าให้แก่ Property โดยต้องมีเครื่องหมายทวิภาค (:)

2.8.3.3 PHP (PHP Hypertext Preprocessor)

PHP ย่อมาจาก PHP Hypertext Preprocessor เป็นภาษาคอมพิวเตอร์จำพวก Scripting language ซึ่งภาษาประเภทนี้จะมีคำสั่งต่าง ๆ เก็บอยู่ในไฟล์ที่เรียกว่าสคริปต์และเวลาเรียกใช้งานต้องอาศัยตัวแปรชุดคำสั่ง ซึ่ง PHP นั้นมีลักษณะที่แตกต่างจากภาษาสคริปต์แบบอื่น ๆ คือ PHP ได้รับการพัฒนาและออกแบบมาเพื่อใช้งานในการสร้างเอกสารแบบ HTML ที่สามารถสอดแทรกหรือแก้ไขเนื้อหาได้โดยอัตโนมัติ ดังนั้นภาษา PHP จึงถูกเรียกว่าเป็นเป็นภาษาแบบ Server-side หรือ HTML-embedded scripting language โดยในปกติทุก ๆ ครั้งก่อนที่เครื่องคอมพิวเตอร์ซึ่งทำหน้าที่เป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์จะส่งหน้าเว็บเบราว์เซอร์ที่เขียนด้วย PHP ให้ผู้ใช้งานเซิร์ฟเวอร์จะมีการประมวลผลคำสั่งในไฟล์นั้นที่มีอยู่ให้เสร็จก่อน แล้วจึงส่งผลลัพธ์ที่ได้กลับมาในรูปแบบเว็บเบราว์เซอร์ที่ถูกแสดง ซึ่งถือได้ว่าภาษา PHP นั้นเป็นตัวช่วยให้เว็บเบราว์เซอร์สามารถแสดงผลได้แบบไดนามิกและตอบสนองตามคำสั่งและข้อมูลที่ได้รับมาจากผู้ใช้อย่างมีประสิทธิภาพและมีลูกเล่นมากขึ้นและมีลักษณะโครงสร้างของไฟล์ PHP ดังรูปที่ 2.19 [40]

```
<?php
    ชุดคำสั่งในภาษา php
?>
```

รูปที่ 2.19 โครงสร้างไฟล์ PHP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.3.4 JavaScript

JavaScript เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่มีไว้เพื่อจัดการเอฟเฟกต์ การทำงานของหน้าเว็บเบราว์เซอร์ร่วมกับ HTML ที่ใช้จัดการเรื่องของเนื้อหาภายในเว็บเบราว์เซอร์และ CSS ที่ใช้จัดการเรื่องโครงสร้างหรือดีไซน์ของเว็บเบราว์เซอร์ ซึ่ง JavaScript นั้นสามารถนำไปใช้ในการสร้างหน้าเว็บแบบอินเทอร์แอคทีฟในการตอบโต้กับผู้ใช้งาน และสามารถช่วยในการจัดการแสดงผลต่าง ๆ โดยไม่ต้องทำการรีเฟรชหน้าเว็บใหม่ซ้ำอย่างเช่น ในการเปลี่ยนสีของตัวอักษร การซ่อนข้อความ การแสดงหรือเปลี่ยนแปลงเนื้อหาต่าง ๆ ซึ่งจะสามารถแบ่งหน้าที่การทำงานของ JavaScript อย่างคร่าว ๆ ได้ดังนี้และมีลักษณะโครงสร้างของไฟล์ JavaScript ดังรูปที่ 2.20 - 2.25 [41]

- 1) JavaScript สามารถเปลี่ยนเนื้อหา HTML ได้
- 2) JavaScript สามารถเปลี่ยนค่าภายใน HTML Attributes ได้
- 3) JavaScript สามารถเปลี่ยนสไตล์ CSS ของ HTML ได้
- 4) JavaScript สามารถซ่อนส่วน HTML ที่ไม่ต้องการได้
- 5) JavaScript สามารถแสดงส่วน HTML ที่ต้องการได้

```
<script language = "JavaScript" >
    คำสั่งในภาษา JavaScript
</script>
```

รูปที่ 2.20 โครงสร้างไฟล์ JavaScript (1)

```
<script type = "text/JavaScript" >
    คำสั่งในภาษา JavaScript
</script>
```

รูปที่ 2.21 โครงสร้างไฟล์ JavaScript (2)

```
<script scr = "myscript.js" >
    คำสั่งในภาษา JavaScript
</script>
```

รูปที่ 2.22 โครงสร้างไฟล์ JavaScript (3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

<script>
    คำสั่งในภาษา JavaScript
</script>

```

รูปที่ 2.23 โครงสร้างไฟล์ JavaScript (4)

```

<html>
  <head>
    <script>
      คำสั่งในภาษา JavaScript
    </script>
  </head>
  <body>
  </body>
</html>

```

รูปที่ 2.24 โครงสร้างไฟล์ JavaScript (5)

```

<html>
  <head>
  </head>
  <body>
    <script>
      คำสั่งในภาษา JavaScript
    </script>
  </body>
</html>

```

รูปที่ 2.25 โครงสร้างไฟล์ JavaScript (6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

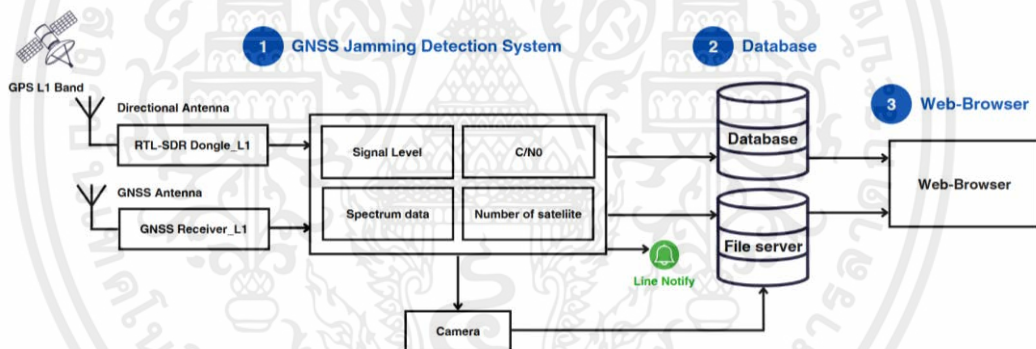
บทที่ 3

การออกแบบและการจัดทำปริญญานิพนธ์

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องกับปริญญานิพนธ์เรื่อง “ระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนจีเอ็นเอสเอสตามระดับอาร์เอฟโอ” ประกอบด้วยหลักการที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

3.1 การออกแบบ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนจีเอ็นเอสเอสตามระดับอาร์เอฟโอ แบ่งการทำงานเป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่ ระบบตรวจจับสัญญาณจีเอ็นเอสเอส ระบบจัดเก็บฐานข้อมูล และส่วนของเว็บเบราว์เซอร์ ซึ่งในส่วนของระบบตรวจจับสัญญาณจีเอ็นเอสเอสทั้งหมดจะใช้สคริปต์ของไพธอนทำงานตลอดเวลา ซึ่งทำงานบนย่านความถี่ L1 (1575.42 MHz) ของจีพีเอส ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนจีเอ็นเอสเอสตามระดับอาร์เอฟโอ

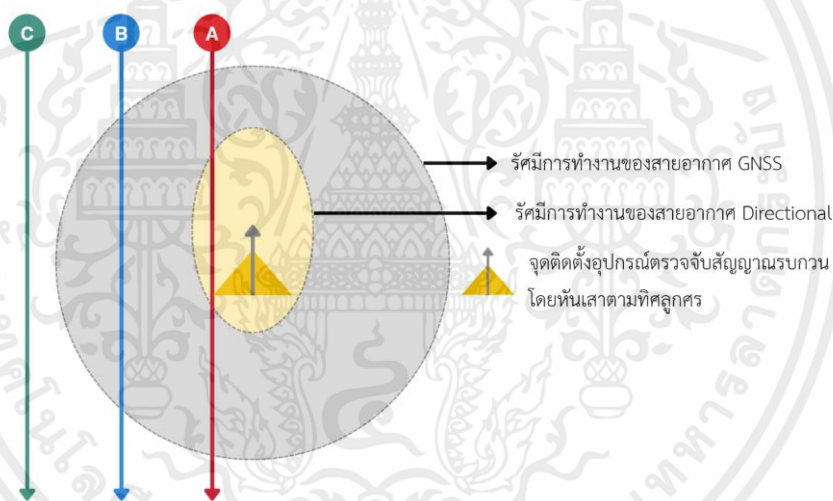
จากรูปที่ 3.1 การทำงานของระบบจะมีการใช้สายอากาศ AN-105L-GNSS ที่สามารถรับสัญญาณได้แบบ Omnidirectional ในการรับค่าจากดาวเทียมร่วมกับอุปกรณ์ NEO-M8T-0 U-blox GNSS เพื่อรับค่า CNR และจำนวนดาวเทียมที่ใช้ในการวิเคราะห์ระดับการรบกวนสัญญาณ และมีการใช้สายอากาศ Directional ร่วมกับ RTL-SDR Dongle เพื่อรับค่ากำลังสัญญาณและพล็อตกราฟสเปกตรัม ซึ่งหากมีค่ากำลังสัญญาณที่ผิดปกติจะทำการเก็บค่ากำลังสัญญาณในแต่ละความถี่ไว้แยกประเภทของอุปกรณ์รบกวนสัญญาณด้วยเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ ในขณะที่เดียวกันกล้องวงจรปิดไอพีจะทำการบันทึกภาพการเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้น และทำการดึงภาพพร้อมส่งสัยที่อาจเป็นแหล่งที่มาการรบกวนสัญญาณโดยอ้างอิงจากเวลาในการเกิดการรบกวนสัญญาณ นอกจากนี้ยังมีการ

ดึงภาพจากกล้องวงจรปิดไอพีมาแสดงภาพรถต้องสงสัยที่อาจปล่อยสัญญาณรบกวน ซึ่งหากพบว่ามี การรบกวนสัญญาณจะทำการแจ้งเตือนผ่าน Line Notify จากนั้นจะส่งข้อมูลไปเก็บที่ฐานข้อมูลกับ ไฟล์เซิร์ฟเวอร์แล้วจึงนำข้อมูลไปแสดงบนเว็บเบราว์เซอร์

3.1.1 การออกแบบระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนจีเอ็นเอสเอส

3.1.1.1. การออกแบบระบบตรวจจับสัญญาณย่านความถี่ L1

เนื่องจากพื้นที่การทำงานของสายอากาศทั้งสองในระบบมีรัศมีการทำงานไม่ เท่ากันซึ่งอาจครอบคลุมเกินกว่าบริเวณที่ต้องการตรวจจับรถต้องสงสัย ดังนั้นในการนำไปติดตั้งใช้ งานจริงจึงต้องคำนึงถึงความเป็นไปได้ที่ระบบจะตรวจจับการรบกวนสัญญาณในกรณีอื่นด้วย ซึ่งใน การออกแบบระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนย่านความถี่ L1 จะสามารถพบสถานการณ์ที่เป็นไปได้ ทั้งหมด 3 กรณีดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 สถานการณ์ที่เป็นไปได้ของระบบตรวจจับสัญญาณรบกวน

จากรูปที่ 3.2 แสดงรัศมีการทำงานของสายอากาศ AN-105L-GNSS ที่มี ลักษณะการแพร่กระจายคลื่นแบบ Omnidirectional และมีรัศมีการทำงานที่มากกว่ารัศมีการทำงาน ของสายอากาศ Directional ที่มีลักษณะการแพร่กระจายคลื่นไปข้างหน้าซึ่งจะเจาะจงเฉพาะบริเวณ และจากรูปนั้นสามารถอธิบายสถานการณ์ทั้ง 3 กรณีได้ดังนี้

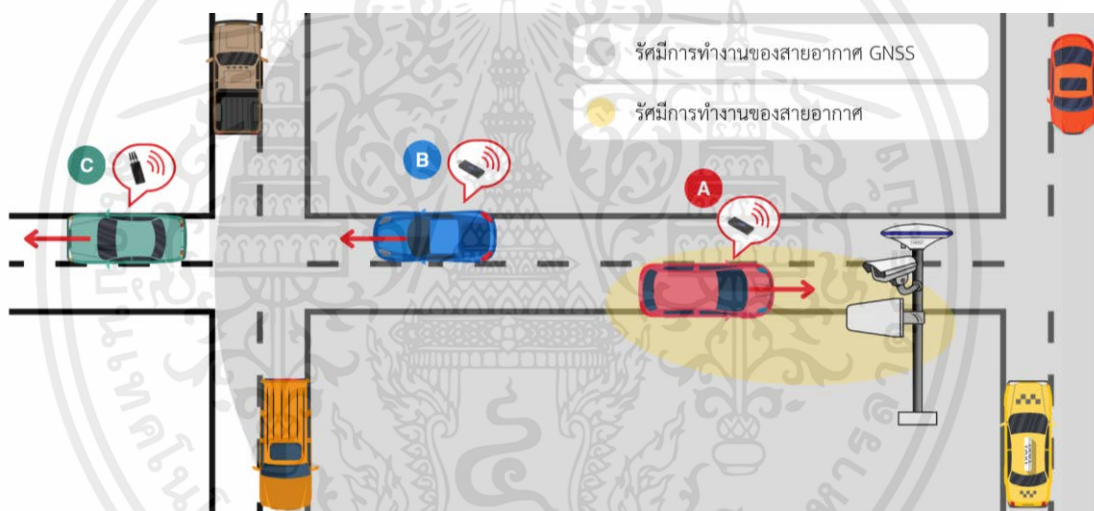
A. กรณีที่ตัวรบกวนสัญญาณผ่านทั้งบริเวณที่สายอากาศ AN-105L-GNSS และสายอากาศ Directional ตรวจจับได้ คือระบบจะตรวจจับได้ว่าค่าจากดาวเทียมผิดปกติ แล้วจึง ตรวจจับได้ว่าค่ากำลังสัญญาณผิดปกติ และเมื่ออุปกรณ์รบกวนสัญญาณวิ่งผ่านจุดติดตั้งไปแล้วค่า

กำลังสัญญาณจะกลับมาปกติ สุดท้ายค่าจากดาวเทียมจะกลับมาปกติด้วยนั้นหมายถึงการรบกวนสัญญาณสิ้นสุดแล้วตามเส้นสีแดง

B. กรณีที่ตัวรบกวนสัญญาณผ่านแค่บริเวณที่สายอากาศ AN-105L-GNSS ตรวจจับได้ นั่นคือมีค่าจำนวนดาวเทียมหรือค่า CNR ผิดปกติ แต่ค่ากำลังสัญญาณไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามเส้นสีน้ำเงิน

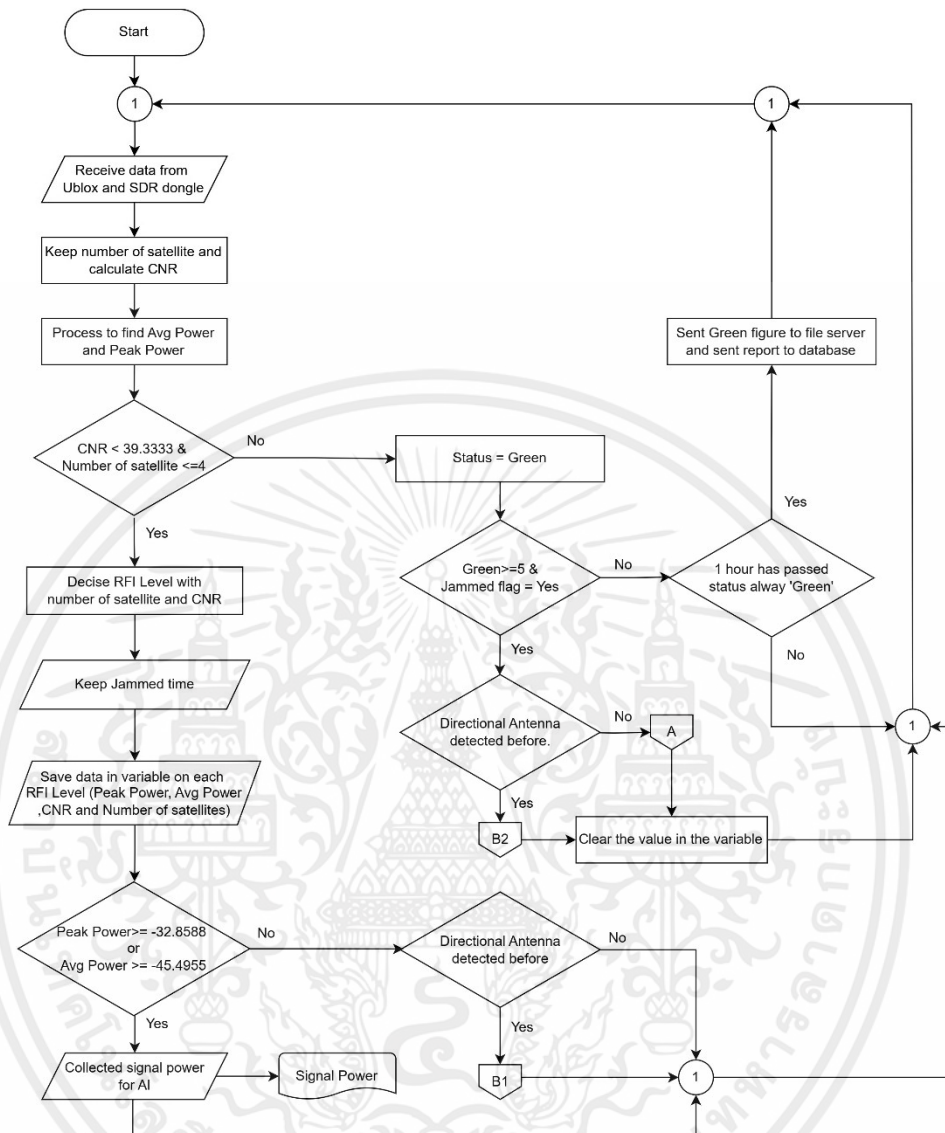
C. กรณีที่ตัวรบกวนสัญญาณไม่ผ่านบริเวณที่สายอากาศ AN-105L-GNSS และสายอากาศ Directional ตรวจจับได้ นั่นคือระบบไม่สามารถตรวจจับสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นได้ตามเส้นสีเขียว

จากสถานการณ์ A B และ C จะสามารถแสดงในรูปภาพการจำลองเหตุการณ์บนถนนแต่ละกรณีได้ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 การจำลองเหตุการณ์การทำงานของระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนบนถนน

จากสถานการณ์ที่เป็นไปได้ตามที่กล่าวมานั้น จะสามารถออกแบบแผนผังการทำงานของระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนของย่านความถี่ L1 ดังรูปที่ 3.4

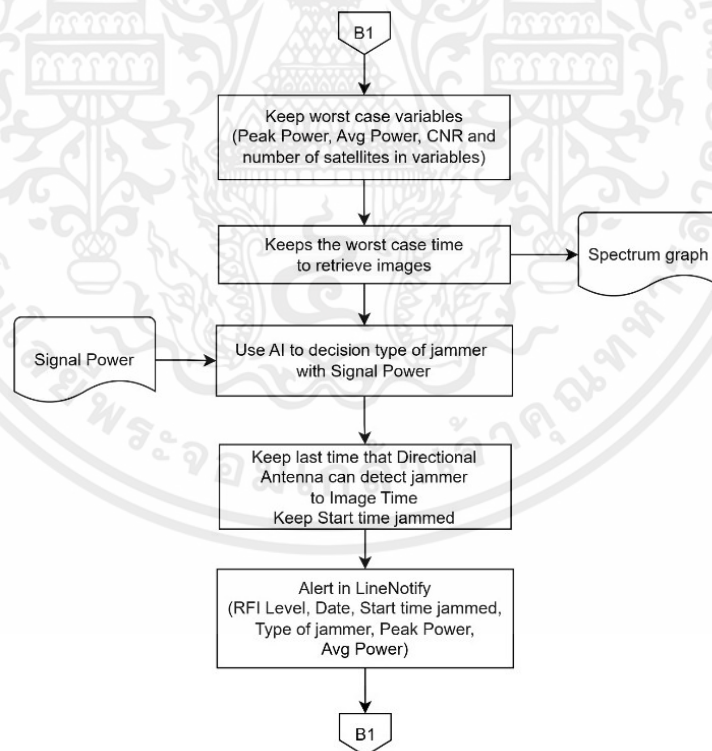


รูปที่ 3.4 แผนผังการทำงานการทำงานของระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนของย่าน L1

จากรูปที่ 3.4 การทำงานของระบบเริ่มจากการรับค่ากำลังสัญญาณจากสายอากาศที่ทำงานร่วมกับ RTL-SDR Dongle และทำการแปลงให้เป็นค่ากำลังสัญญาณจากในหน่วยวัตต์เป็นเดซิเบล เพื่อหาค่ากำลังสัญญาณเฉลี่ยและกำลังสัญญาณสูงสุดของการรับข้อมูล 1 ครั้ง จากนั้นทำการรับค่าดาวเทียมโดยดึงข้อมูลจีพีเอสที่รับจากอุปกรณ์ NEO-M8T-0 U-blox GNSS ที่จะดึงค่าจำนวนดาวเทียม ค่า CNR ละติจูดและลองจิจูดของจุดที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับการรบกวนสัญญาณ จากนั้นจะทำการตรวจสอบค่า CNR และจำนวนดาวเทียม หากค่าไม่ผิดปกตินั้นคือไม่มีการรบกวนสัญญาณและการรับค่าในครั้งนั้นจะมีสถานะเป็นสีเขียว แต่ถ้าหากมีความผิดปกติจะมีการ

ตัดสินใจระดับการรบกวนสัญญาณตามเกณฑ์การตัดสินใจของย่านความถี่ L1 และจัดเก็บค่าพารามิเตอร์ไว้ในตัวแปรได้แก่ เวลาที่มีการรบกวน ค่ากำลังสัญญาณเฉลี่ย ค่ากำลังสัญญาณสูงสุด ค่า CNR และจำนวนดาวเทียม แล้วจึงตรวจสอบค่ากำลังสัญญาณว่ามีความผิดปกติหรือไม่ หากผิดปกติจะทำการเก็บค่ากำลังสัญญาณที่จะนำไปใช้ในการแยกชนิดของอุปกรณ์รบกวนสัญญาณด้วยเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ แต่ถ้าค่ากำลังสัญญาณเป็นปกติจะมีการตรวจสอบว่าก่อนหน้านี้เคยมีกรณีที่ค่ากำลังสัญญาณผิดปกติหรือไม่ หากไม่เคยระบบจะกลับไปรับค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ใหม่อีกครั้ง

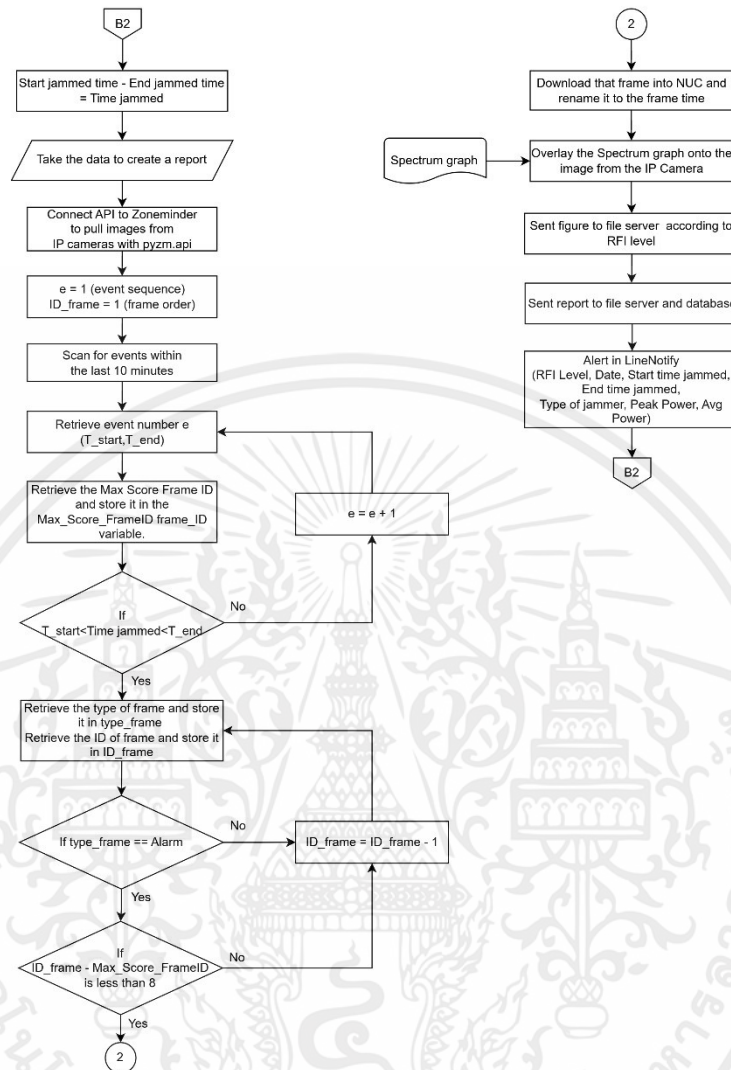
แต่หากค่ากำลังสัญญาณเคยมีความผิดปกติ นั่นคือกรณีที่มีอุปกรณ์รบกวนสัญญาณผ่านจุดติดตั้งไปแล้ว จะเก็บค่าพารามิเตอร์ในกรณีที่มีการรบกวนสูงสุดได้แก่ กราฟสเปกตรัม ระดับการรบกวนสัญญาณ ค่ากำลังสัญญาณเฉลี่ย ค่ากำลังสัญญาณสูงสุด จำนวนดาวเทียม ค่า CNR ชนิดอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ จะทำการประมวลผลเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์เพื่อแยกชนิดอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ เวลาที่เริ่มต้นการรบกวน และเวลาสุดท้ายก่อนที่อุปกรณ์รบกวนสัญญาณจะผ่านสายอากาศไปเพื่อใช้ในการดึงรูปไปเก็บในฐานข้อมูล (Image Time) และแจ้งเตือนผ่าน Line Notify ครั้งที่ 1 ตามแผนผังการทำงานเมื่ออุปกรณ์รบกวนสัญญาณเคลื่อนที่ผ่านจุดติดตั้งดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แผนผังการทำงานเมื่ออุปกรณ์รบกวนสัญญาณเคลื่อนที่ผ่านจุดติดตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และในกรณีที่มีการตัดสินใจสถานะเป็นระดับสีเขียว จะมีการตรวจสอบว่ามีการรบกวนมาก่อนหน้านี้และมีค่ากลับมาเป็นเป็นปกติเกิน 5 ครั้งหรือไม่ ถ้าตรงตามเงื่อนไขนั้นคือเคยมีการรบกวนสัญญาณมาก่อนและจบลงแล้ว จึงจะตรวจสอบต่อว่าเป็นการรบกวนที่ผ่านสายอากาศ Directional มาก่อนหรือไม่ หากเคยผ่านมาก่อนนั้นคือเป็นกรณีของสถานการณ์ที่เป็นไปได้ในข้อ A ระบบจะทำการหาเวลาที่ใช้ในการรบกวนสัญญาณทั้งหมด และจัดเก็บข้อมูลการรบกวนสัญญาณในไฟล์ .csv เพื่อส่งเข้าไปที่ฐานข้อมูลและไฟล์เซิร์ฟเวอร์ จากนั้นจะมีการดึงภาพจากกล้องวงจรปิดไอพี โดยจะทำการเชื่อมต่อ API ด้วยไลบรารี pyzm.api ไปที่ Zoneminder เพื่ออ่านข้อมูล เริ่มจากการดึง Event ทั้งหมดที่เกิดขึ้นใน 10 นาทีที่ผ่านมา จากนั้นตรวจสอบเวลาที่เริ่มและสิ้นสุดของ Event นั้นว่าเกิดตรงกับช่วงเวลาที่เกิดการรบกวนสัญญาณหรือไม่ หากไม่ตรงกันจะทำการตรวจสอบที่ Event ก่อนหน้าแทน และถ้าหากเวลาอยู่ในช่วงเดียวกันจะทำการดึงข้อมูลของเฟรมภาพที่มีคะแนนการเปลี่ยนแปลงของพิกเซลมากที่สุดมา จากนั้นจะทำการหาเฟรมที่อยู่ก่อนหน้านั้นไป 5 เฟรม และบันทึกเฟรมนั้นเป็นภาพจากกล้องวงจรปิดไอพีที่จับภาพพร้อมส่งสัยโดยจะมีการซ้อนกราฟสเปกตรัมของการรบกวนสัญญาณลงไป แล้วจึงส่งภาพไปเก็บยังไฟล์เซิร์ฟเวอร์ ส่งข้อมูลรายงานเข้าไปที่ฐานข้อมูลและส่งแจ้งเตือนผ่าน Line Notify อีกครั้งเมื่อจบการรบกวนสัญญาณ ตามแผนผังการทำงานเมื่อการรบกวนสิ้นสุดลงในกรณีที่อุปกรณ์รบกวนสัญญาณเคยเคลื่อนที่ผ่านสายอากาศ Directional ดังรูปที่ 3.6

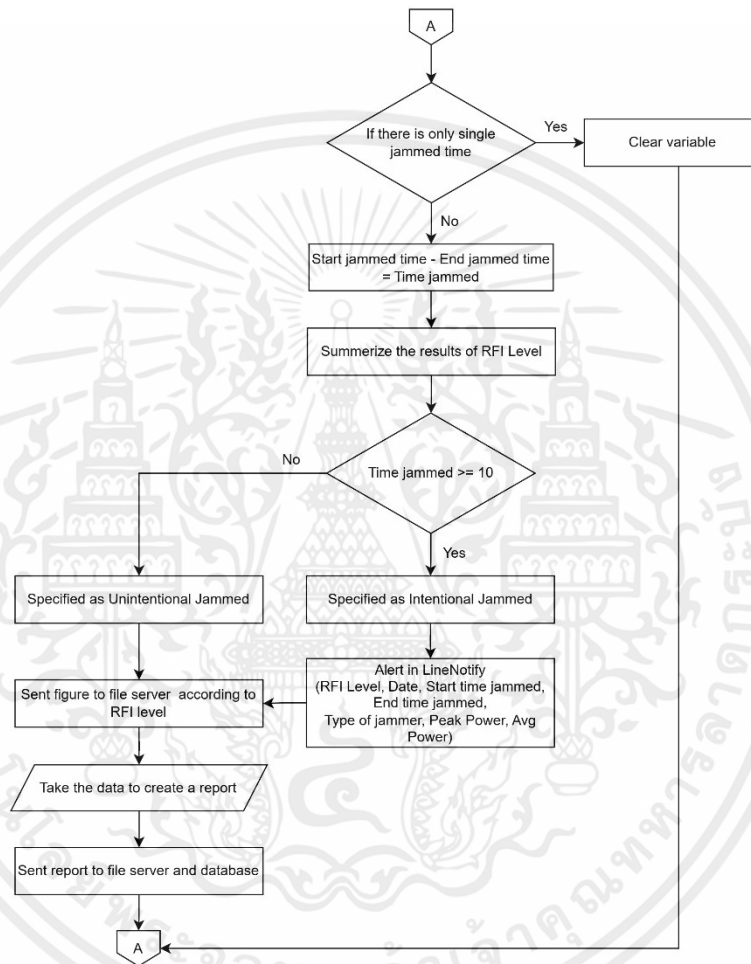


รูปที่ 3.6 แผนผังการทำงานการเมื่อการรบกวนสิ้นสุดลง ในกรณีที่อุปกรณ์รบกวนสัญญาณเคยเคลื่อนที่ผ่านสายอากาศ Directional

แต่ในกรณีที่เป็นการรบกวนสัญญาณที่ไม่ผ่านสายอากาศ Directional มาก่อน นั่นคือเป็นกรณีของสถานการณ์ที่เป็นไปได้ในข้อ B ซึ่งจะทำการตรวจสอบว่ามี การรบกวนเพียงครั้งเดียวหรือไม่ หากตรงตามเงื่อนไขจะทำการลบข้อมูลนั้นทิ้งไป เพราะถือเป็นกรณีของความผิดพลาดที่เกิดจากระบบ แต่หากมีการรบกวนมากกว่า 1 ครั้ง จะทำการหาเวลาที่ใช้ในการรบกวนทั้งหมด สรุประดับของการรบกวนในครั้งนั้นว่าเป็นระดับการรบกวน RFI Level ไต และตรวจสอบเวลาที่ใช้ในการรบกวนสัญญาณ หากใช้เวลามากกว่า 10 วินาทีจะระบุว่าเป็นการรบกวนแบบเจตนา หลังจากนั้นจะส่งแจ้งเตือนผ่าน Line Notify และส่งกราฟสเปกตรัมไปตามโพลเดอร์ของระดับการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

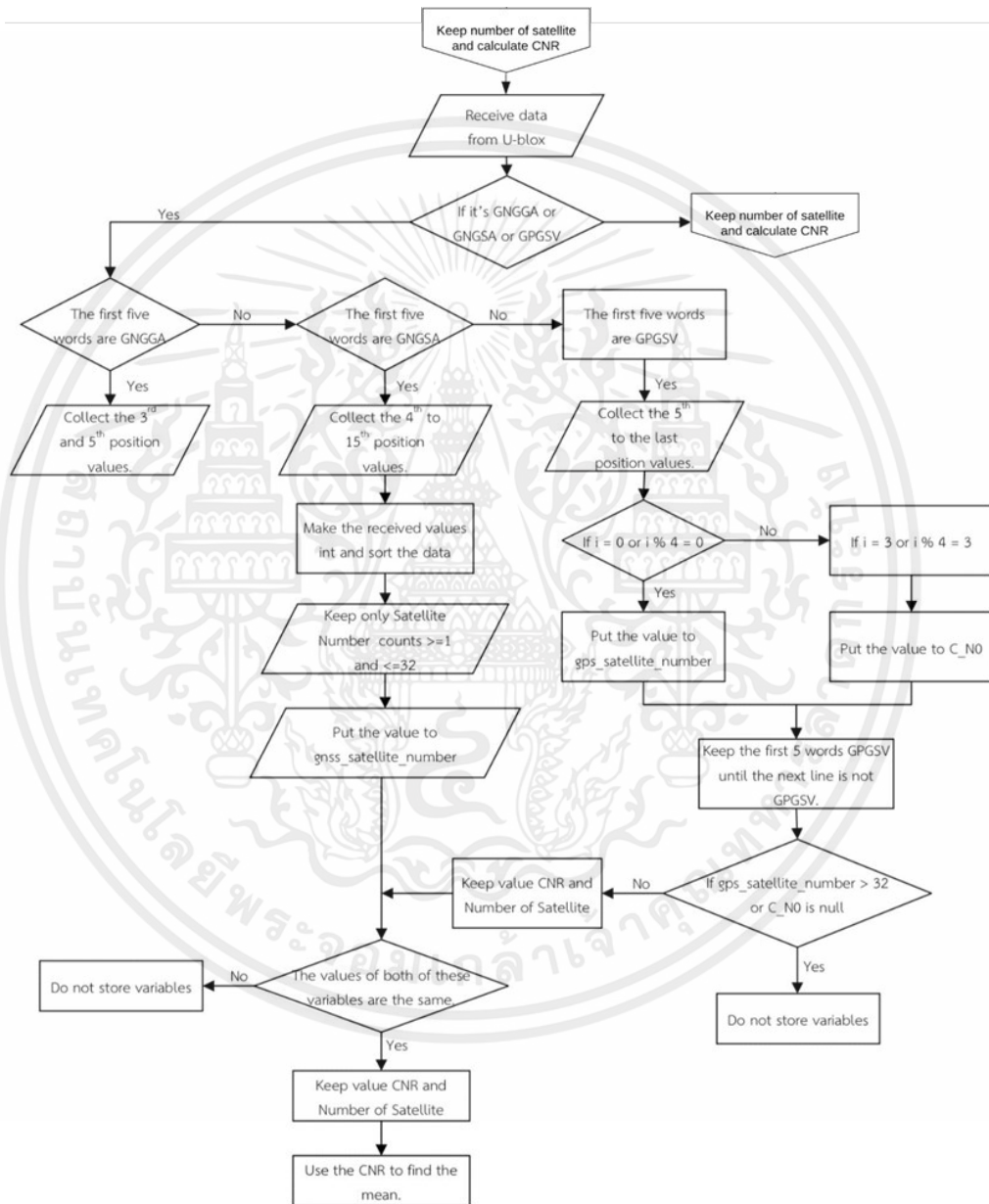
รบกวนที่ตัดสินใจได้ แต่ถ้าไม่ถึง 10 วินาทีจะระบุว่าเป็นการรบกวนแบบไม่เจตนา ทั้งสองกรณีนี้จะบันทึกในไฟล์ .csv โดยจะระบุไว้ว่าไม่สามารถระบุชนิดของอุปกรณ์รบกวนได้ แล้วจึงส่งเข้าไปที่ฐานข้อมูลและไฟล์เซิร์ฟเวอร์ ตามแผนผังการทำงานเมื่อการรบกวนสิ้นสุดลง ในกรณีที่อุปกรณ์รบกวนสัญญาณเคยเคลื่อนผ่านสายอากาศ Directional ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 แผนผังการทำงานเมื่อการรบกวนสิ้นสุดลง ในกรณีที่อุปกรณ์รบกวนสัญญาณไม่เคยเคลื่อนผ่านสายอากาศ Directional

จากการรับค่าจากดาวเทียมด้วยสายอากาศ AN-105L-GNSS ร่วมกับอุปกรณ์ NEO-M8T-0 U-blox GNSS โดยจะมีการตัดสินใจว่าข้อความที่ได้มานั้นเป็น GNGGA, GNGSA หรือ GPGSV โดยถ้าหากขึ้นต้นด้วย GNGGA จะทำการเก็บข้อมูลที่ตำแหน่งที่ 3 และตำแหน่งที่ 5 ซึ่งเป็นค่าละติจูดและลองจิจูด ตามลำดับ ถ้าหากขึ้นต้นด้วย GNGSA จะทำการเก็บข้อมูลที่ตำแหน่งที่ 4 ถึงตำแหน่งที่ 15 และเก็บค่าหมายเลขดาวเทียมที่มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 32 แต่ถ้าหากขึ้นต้นด้วย

GPGSV จะทำการเก็บข้อมูลที่ตำแหน่งที่ 5 ถึงตำแหน่งสุดท้าย และทำการเก็บค่าหมายเลขดาวเทียม และค่า CNR ของแต่ละดาวเทียม หลังจากนั้นนำหมายเลขดาวเทียมของ GNGSA และ GPGSV มาเปรียบเทียบกับเพื่อได้รับข้อมูลที่แม่นยำมากที่สุด และนำค่า CNR มาหาค่าเฉลี่ยของการรับค่า 1 ครั้ง เพื่อนำไปวิเคราะห์ระดับการรบกวนสัญญาณ ซึ่งเป็นตามแผนผังการทำงานดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 แผนผังการรับจำนวนดาวเทียม และการหาค่า CNR เฉลี่ยที่ได้จากดาวเทียมที่รับได้ ณ ขณะนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1.2. เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจระดับสัญญาณ RFI Level

อุปกรณ์รบกวนมีหลายประเภทซึ่งจะก่อให้เกิดระดับความรุนแรงของสัญญาณรบกวนต่างกัน ซึ่งในการตัดสินจะดูค่าพารามิเตอร์ได้แก่ จำนวนดาวเทียม และค่า CNR เฉลี่ยที่รับมาจากสายอากาศ AN-105L-GNSS ที่มีลักษณะการแพร่กระจายคลื่นแบบ Omnidirectional จึงทำการแบ่งระดับความรุนแรงออกเป็น 3 ระดับได้แก่ ระดับสีแดงคือสัญญาณรบกวนมีความรุนแรงมาก จะเป็นการรบกวนสัญญาณที่ทำให้จำนวนดาวเทียมมีน้อยกว่า 4 ดวง เนื่องจากในการระบุพิกัดตำแหน่งจะใช้ดาวเทียม 4 ดวงเป็นอย่างต่ำ ระดับสีเหลืองคือสัญญาณรบกวนมีผลกระทบต่อระบบ จะเป็นการรบกวนที่ทำให้ค่า CNR เฉลี่ยมีค่าน้อยกว่าค่า CNR เฉลี่ยในสถานการณ์ที่ไม่มีการรบกวนลงไป 3 dB/Hz เมื่อมีดาวเทียมมากกว่า 4 ดวง และระดับสีเขียวคือสัญญาณรบกวนยังไม่ก่อให้เกิดผลกระทบดังที่แสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินระดับ RFI Level ในย่านความถี่ L1

RFI Level	จำนวนดาวเทียม	ค่า CNR
Red Level	น้อยกว่า 4 ดวง	-
Yellow Level	มากกว่า 4 ดวง	CNR \leq CNR ปกติ - 3 เดซิเบล
Green Level	มากกว่า 4 ดวง	CNR $>$ CNR ปกติ - 3 เดซิเบล

ในส่วนของค่ากำลังสัญญาณจะถูกใช้ในแยกประเภทอุปกรณ์รบกวนสัญญาณจีเอ็นเอสเอสว่าเป็นอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ SMA Type Jammer หรือ USB GPS Jammer ด้วยเทคโนโลยีประดิษฐ์ ซึ่งจะกล่าวในหัวข้ออื่น ๆ ต่อไป

3.1.2 การออกแบบการตรวจสอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์ภายในระบบตรวจจับสัญญาณจีเอ็นเอสเอส

เนื่องจากระบบตรวจจับสัญญาณจีเอ็นเอสเอสต้องมีการทำงานตลอดเวลาเพื่อให้สามารถตรวจจับสัญญาณรบกวนได้ทันทั่วทั้งที่ จึงมีการตรวจสอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์และแจ้งเตือนผ่าน Line Notify หากมีอุปกรณ์ใดที่ไม่สามารถทำงานได้ในขณะนั้นและหลังจากที่อุปกรณ์กลับมาทำงานได้ตามปกติ โดยสคริปต์ไพธอนนี้จะแยกออกมาจากสคริปต์ไพธอนของการตรวจจับสัญญาณรบกวนจีเอ็นเอสเอสและมีการทำงานตลอดเวลา ซึ่งมีการตรวจสอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์จาก 2 แหล่งดังนี้

3.1.2.1. การตรวจสอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์จาก Server

เนื่องจากการตรวจสอบสถานะของ Mini PC NUC และ 4G Wireless router จึงต้องใช้อุปกรณ์ภาพนอกระบบตรวจจับสัญญาณจีเอ็นเอสเอสในการตรวจสอบสถานะ โดยเป็นการใช้โปรแกรมไพธอนภายใน เซิร์ฟเวอร์ jamming2023 ผ่านการเชื่อมต่อ SSH ด้วย VPN ที่ถูกติดตั้งไว้ใน 4G Wireless router เข้าไปภายในเซิร์ฟเวอร์เพื่อเขียนโปรแกรมดังรูปที่ 3.9

```
C:\Users\ASUS>ssh -p 8030 jamming2023@161.246.18.204
jamming2023@161.246.18.204's password:
Welcome to Ubuntu 22.04.3 LTS (GNU/Linux 5.15.0-88-generic x86_64)

Last login: Sun Jan 14 15:37:21 2024 from 161.246.18.203
jamming2023@ssh-server:~$ cd Status/
jamming2023@ssh-server:~/Status$ nano device.py
jamming2023@ssh-server:~/Status$ jamming2023@ssh-server:~/Status$ ^C
jamming2023@ssh-server:~/Status$ python3_device.py
```

รูปที่ 3.9 เขียนโปรแกรมตรวจสอบสถานะภายในเซิร์ฟเวอร์ jamming2023 ผ่านการเชื่อมต่อ SSH

จากรูปที่ 3.9 ภายในสคริปต์ไพธอน device.py นั้นจะทำการตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์ทั้งสองชนิดด้วยการใช้คำสั่ง ping ไปยัง IP address โดย IP Address ของ Router คือ 192.168.14.1/24 และ IP Address ของ Mini PC NUC เป็น 192.168.14.2/24 หากไม่ได้รับการตอบกลับจากอุปกรณ์จะถือว่าอุปกรณ์นั้นไม่มีการทำงานอยู่ จากนั้นจะทำการส่งข้อมูลสถานะของอุปกรณ์ทั้งหมดขณะนั้นไปยังฐานข้อมูล และหากอุปกรณ์กลับมาทำงานตามปกติจะมีการส่งข้อมูลสถานะของอุปกรณ์ทั้งหมดไปยังฐานข้อมูลอีกครั้งเพื่อแสดงสถานะว่าอุปกรณ์สามารถกลับมาทำงานตามปกติ ซึ่งจะแสดงข้อมูลผ่านเว็บเบราว์เซอร์และการแจ้งเตือนด้วย Line Notify ที่เป็นช่องทางการแจ้งเตือนของสถานะการทำงานของอุปกรณ์โดยเฉพาะ

3.1.2.2. การตรวจสอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์จาก Mini PC NUC

การตรวจสอบสถานะของเครื่องรับสัญญาณจีเอ็นเอสเอส (NEO-M8T-0 U-blox GNSS) กล้องวงจรปิดไอพีและ RTL-SDR Dongle จะใช้คำสั่งในสคริปต์ไพธอนแตกต่างกันดังนี้

1) เครื่องรับสัญญาณจีเอ็นเอสเอส (NEO-M8T-0 U-blox GNSS) ใช้การตรวจสอบผ่าน Serial Port ใช้ "ls" เพื่อเรียกดูรายละเอียด "/dev/ttyACM0" หากมีการตอบกลับแสดงว่าอุปกรณ์ยังสามารถใช้งานได้อยู่

2) กล้องวงจรปิดไอพีใช้คำสั่ง ping ไปยัง IP address โดย IP Address ของกล้องวงจรปิด IP คือ 192.168.14.3/24 หากได้รับการตอบกลับจากอุปกรณ์แสดงว่าอุปกรณ์ยังสามารถใช้งานได้อยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) RTL-SDR Dongle ใช้การตรวจสอบผ่าน USB Port หาก Port ที่กำลังใช้งานอยู่นี้มีข้อมูล Vendor ID เป็น 3034 และ Product ID เป็น 10296 แสดงว่า Port ของ Dongle สามารถใช้งานได้อยู่

หากตรวจสอบได้ว่าอุปกรณ์ไม่ทำงานจะทำการส่งข้อมูลสถานะของอุปกรณ์ทั้งหมดขณะนั้นไปยังฐานข้อมูล และหากอุปกรณ์กลับมาทำงานตามปกติจะมีการส่งข้อมูลสถานะของอุปกรณ์ทั้งหมดไปยังฐานข้อมูลอีกครั้งเพื่อแสดงสถานะว่าอุปกรณ์สามารถกลับมาทำงานตามปกติ ซึ่งจะแสดงข้อมูลผ่านเว็บเบราว์เซอร์และการแจ้งเตือนด้วย Line Notify ที่เป็นช่องทางการแจ้งเตือนของสถานะการทำงานของอุปกรณ์โดยเฉพาะ

3.1.3 การออกแบบระบบแจ้งเตือนผ่าน Line Notify

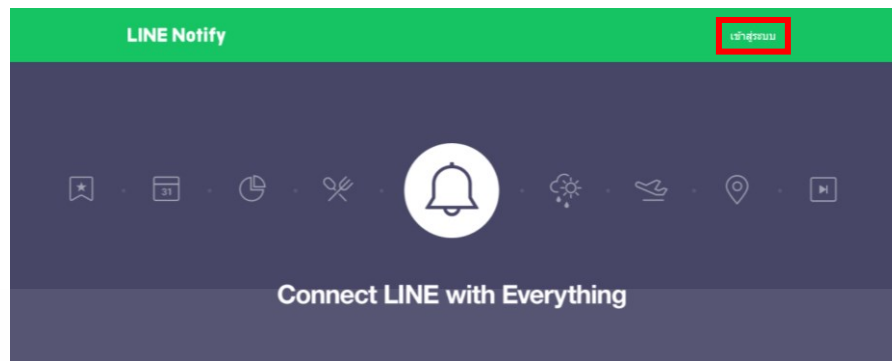
สำหรับการเขียนโปรแกรมภาษาไพธอนเพื่อส่งข้อความแจ้งเตือนของระบบด้วย Line Notification โดยสร้างเป็นฟังก์ชันเพื่อส่งข้อความซึ่งต้องมีไลบรารี requests ดังรูปที่ 3.10

```
def lineNotify(message):
    payload = {'message':message}
    return _lineNotify(payload)

def _lineNotify(payload):
    import requests
    url = 'https://notify-api.line.me/api/notify'
    token = [REDACTED]
    headers = {'Authorization': 'Bearer '+token}
    return requests.post(url, headers=headers , data = payload)
```

รูปที่ 3.10 คำสั่งไพธอนที่ใช้เพื่อส่งข้อความแจ้งเตือนด้วย Line Notification

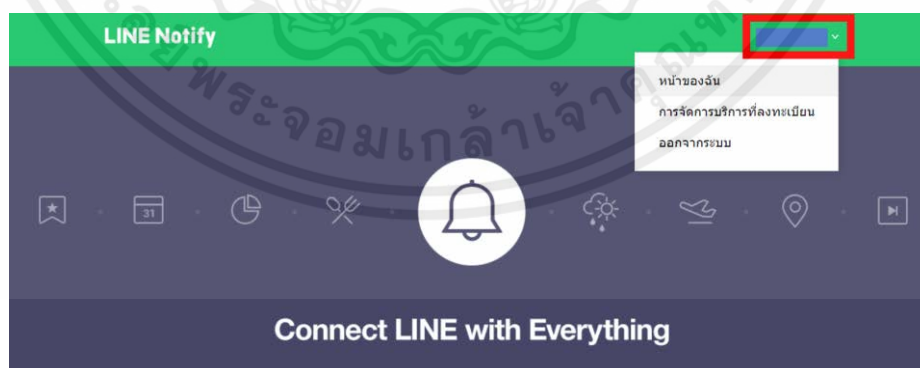
จากรูปที่ 3.10 จะต้องใช้ Token ซึ่งต้องร้องขอผ่านเว็บไซต์ของ Line Notify เพื่อสร้างการแจ้งเตือน โดยสามารถสร้างและเปลี่ยน Token ได้ตลอดเวลา โดยเมื่อเข้าไปที่เว็บไซต์ <https://notify-bot.line.me/en/> ต้องทำการ Login และเข้าสู่ระบบด้วย Line Account จากนั้นจะเข้าสู่หน้าของผู้ใช้งาน ให้ไปที่ หน้าของฉัน และออก Access Token ซึ่งเป็นขั้นตอนดังรูปที่ 3.11 - 3.14 ตามลำดับ



รูปที่ 3.11 หน้าหลักของ Line Notify



รูปที่ 3.12 การเข้าสู่ระบบด้วย Line Account



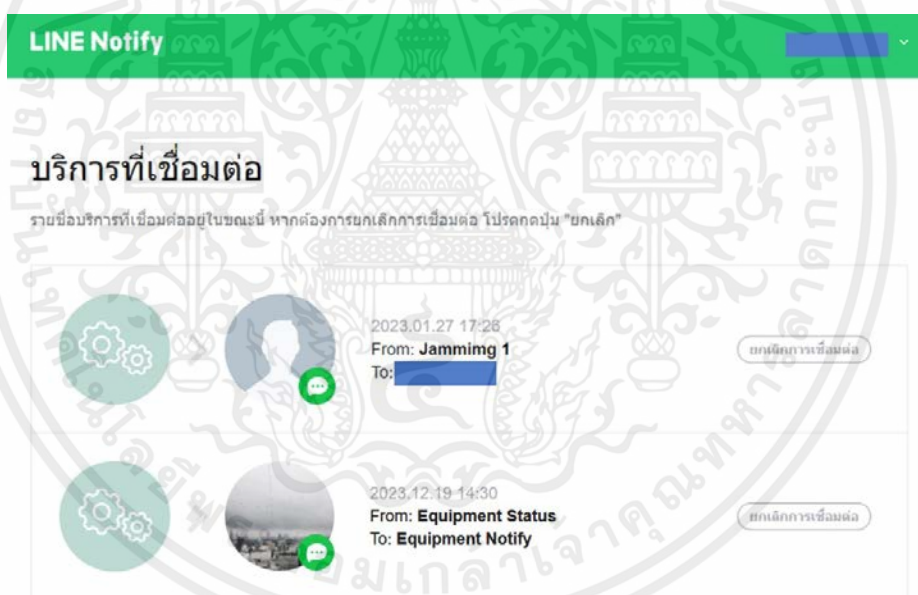
รูปที่ 3.13 หน้าหลักของผู้ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 การออก Token ของผู้ใช้งาน

จากรูปที่ 3.14 ในการออก Token จะสามารถเลือกได้ว่าต้องการให้ส่งการแจ้งเตือนไปที่ห้องแชทใด ซึ่งเลือกได้ทั้งแชทกลุ่มและแชทเดี่ยว จากนั้นให้นำ Token ที่ได้ไปใส่ในสคริปต์ไพธอนตามที่แสดงในรูปที่ 3.10 ด้านบน และเมื่อเชื่อมต่อแล้วจะสามารถดูได้ว่าการเชื่อมต่อการแจ้งเตือนได้บ้าง และสามารถกดยกเลิกการแจ้งเตือนได้ดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 ชื่อบริการที่เชื่อมต่อ Token

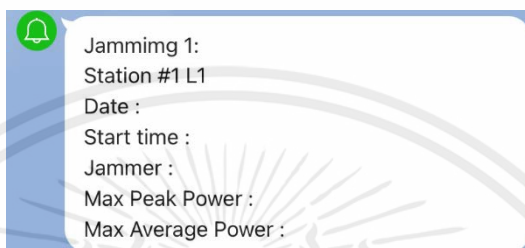
จากรูปที่ 3.15 โดยระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนของย่านความถี่ L1 จะมีการแจ้งเตือนที่ให้บริการอยู่ 2 ช่องทางดังนี้

3.1.3.1. แจ้งเตือนรายละเอียดของการรบกวนสัญญาณ

แจ้งเตือนภายในชื่อ Jamming 1 ซึ่งคำสั่งของการแจ้งเตือนจะอยู่ในสคริปต์ไพธอนของระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนโดยในการแจ้งเตือนจะมีอยู่ 2 รูปแบบได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) แจ้งเตือนเมื่ออุปกรณ์รบกวนสัญญาณเคลื่อนที่ผ่านจุดติดตั้งเมื่ออุปกรณ์รบกวนสัญญาณเคลื่อนที่ผ่านจุดติดตั้งไปแล้วและค่ากำลังสัญญาณระบุว่าไม่มีการรบกวน แต่ค่า CNR หรือจำนวนยังผิดปกติอยู่ จะส่งการแจ้งเตือนผ่าน Line Notify ครั้งที่ 1 ซึ่งจะประกอบไปด้วย สถานีที่ติดตั้ง ย่านความถี่ วันที่ เวลาที่เริ่มการรบกวน เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการรบกวน ชนิดของอุปกรณ์ที่รบกวน ค่าสูงสุดของกำลังสัญญาณสูงสุด ค่าสูงสุดของกำลังสัญญาณเฉลี่ยดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 หน้าต่างของการแจ้งเตือนเมื่ออุปกรณ์รบกวนสัญญาณเคลื่อนที่ผ่านสายอากาศไป

2) แจ้งเตือนเมื่อสิ้นสุดการรบกวนสัญญาณ เมื่อพารามิเตอร์ทุกตัวระบุได้ว่าไม่มีการรบกวนแล้วจะประกอบไปด้วย สถานีที่ติดตั้ง ย่านความถี่ ระดับการรบกวน สัญญาณ วันที่ เวลาที่เริ่มการรบกวน เวลาสิ้นสุดการรบกวน เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการรบกวน ชนิดของอุปกรณ์ที่รบกวนดังรูปที่ 3.17

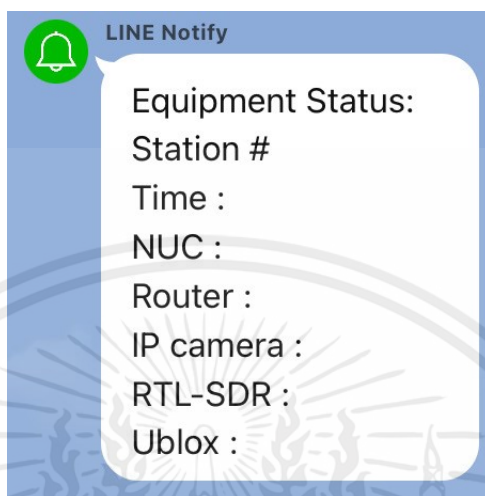


รูปที่ 3.17 หน้าต่างของการแจ้งเตือนเมื่อสิ้นสุดการรบกวนสัญญาณ

3.1.3.2. การแจ้งเตือนสถานะการทำงานของอุปกรณ์ภายในระบบ

แจ้งเตือนภายในชื่อ Equipment Status ซึ่งคำสั่งของการแจ้งเตือนจะอยู่ในสคริปต์ไพธอนของการตรวจสอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์ภายในระบบ รายละเอียดการแจ้งเตือนจะประกอบไปด้วย สถานีที่ติดตั้ง เวลาแรกของการเปลี่ยนแปลงสถานะการทำงาน ชื่ออุปกรณ์

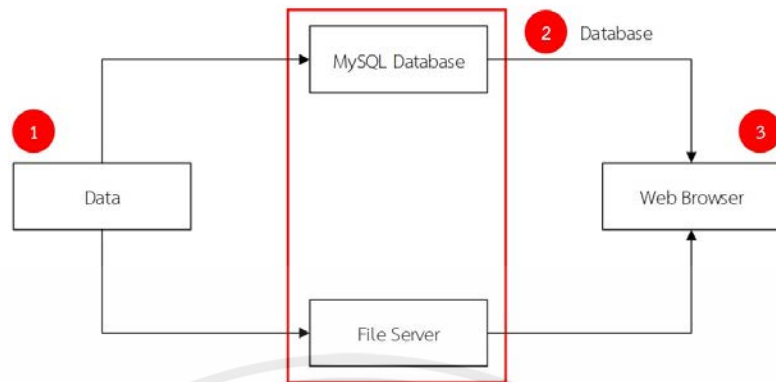
อันได้แก่ Mini PC NUC Router IP Camera RTL-SDR Dongle และ Ublox ที่ตามด้วยสถานะของแต่ละอุปกรณ์ดังรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 หน้าต่างของการแจ้งเตือนเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสถานะการทำงานของอุปกรณ์ในระบบ
จากรูปที่ 3.18 หากมีอุปกรณ์ใดที่ไม่สามารถทำงานได้ในขณะนั้นจะส่งแจ้งเตือนด้วยสถานะ Unavailable และหลังจากที่อุปกรณ์กลับมาทำงานได้ตามปกติจะส่งแจ้งเตือนด้วยคำว่า Available

3.1.4 การออกแบบระบบจัดเก็บฐานข้อมูล

ในการออกแบบระบบจัดเก็บฐานข้อมูลเพื่อจัดเก็บข้อมูลในส่วนของที่รับมาจากระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนจีเอ็นเอสเอส โดยข้อมูลทั้งหมดจะถูกแบ่งส่วนในการเก็บข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนของฐานข้อมูล MySQL จะเก็บข้อมูลที่เป็นส่วนของรายงาน ส่วนของการเข้าสู่ระบบ และส่วนของไฟล์เซิร์ฟเวอร์ จะจัดเก็บข้อมูลที่เป็นส่วนของรูปภาพและส่วนของสำรองข้อมูลรายงาน หลังจากนั้นจะดึงข้อมูลทั้งหมดไปแสดงผ่านเว็บเบราว์เซอร์ โดยจะแสดงขั้นตอนการทำงานในรูปแบบดังรูปที่ 3.19

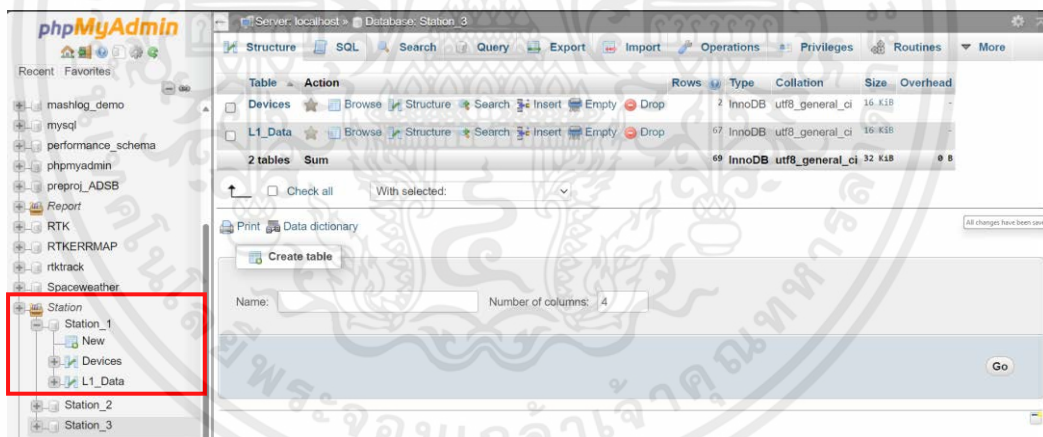


รูปที่ 3.19 ขั้นตอนการทำงานระบบจัดเก็บฐานข้อมูล

3.1.4.1 การออกแบบระบบจัดเก็บฐานข้อมูลในฐานข้อมูล MySQL

1) การออกแบบระบบจัดเก็บฐานข้อมูลส่วนของรายงาน

ทำการสร้างฐานข้อมูลที่มีชื่อว่า “Station_1” โดยจะทำการเก็บข้อมูลทั้งหมดของสถานีนั้น ๆ ดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 ฐานข้อมูลที่มีชื่อว่า “Station_1”

จากรูปที่ 3.20 นั้นเป็นฐานข้อมูลที่มีไว้สำหรับเก็บข้อมูลทั้งกรณีที่มีการถูกรบกวนโดยเจตนา (Intentional) และการถูกรบกวนโดยไม่เจตนา (Unintentional) ในย่านความถี่ L1 โดยภายในฐานข้อมูลจะทำการกำหนด table ต่าง ๆ สำหรับระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนจีเอ็นเอสเอส ซึ่งจะแบ่งออกเป็นทั้งหมด 2 table คือ Devices และ L1_Data โดยใน table ของ Devices นั้นจะมีการเก็บข้อมูลสถานะของอุปกรณ์ในระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนจีเอ็นเอสเอสว่า ณ เวลานั้น ๆ อุปกรณ์ดังกล่าวได้เปิดการใช้งานอยู่หรือไม่ (Available = ทำงาน และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Unavailable = ไม่ทำงาน) เพื่อเป็นการตรวจสอบการทำงานของระบบ โดยที่ภายใน table ของ Devices จะมีรูปแบบคอลัมน์ดังรูปที่ 3.21 และภายใน table ของ L1_Data จะมีรูปแบบคอลัมน์ดังรูปที่ 3.22

#	Name	Type	Collation	Attributes	Null	Default	Comments	Extra	Action
1	id	int(11)			No	None		AUTO_INCREMENT	Change Drop Primary Unique Index Spatial Fulltext More
2	Date	varchar(45)	utf8_general_ci		No	None			Change Drop Primary Unique Index Spatial Fulltext More
3	NUC	varchar(45)	utf8_general_ci		No	None			Change Drop Primary Unique Index Spatial Fulltext More
4	Router	varchar(45)	utf8_general_ci		No	None			Change Drop Primary Unique Index Spatial Fulltext More
5	Camera	varchar(45)	utf8_general_ci		No	None			Change Drop Primary Unique Index Spatial Fulltext More
6	Dongle	varchar(45)	utf8_general_ci		No	None			Change Drop Primary Unique Index Spatial Fulltext More
7	Ublox	varchar(45)	utf8_general_ci		No	None			Change Drop Primary Unique Index Spatial Fulltext More

รูปที่ 3.21 รูปแบบคอลัมน์ของโพลเดอร์ Devices

จากรูปที่ 3.21 จะเป็นรูปแบบคอลัมน์ของโพลเดอร์ Devices ซึ่งจะบ่งบอกสถานะของอุปกรณ์ทั้งหมดและจะถูกดึงไปใช้ในส่วนของเว็บเบราว์เซอร์ต่อไป ซึ่งจะประกอบไปด้วยคอลัมน์ที่สำคัญดังนี้

- 1) id - ลำดับ
- 2) Date - วันที่ตามเวลาที่ท้องถิ่น
- 3) NUC - เก็บค่าสถานะของ Mini PC NUC
- 4) Router - เก็บค่าสถานะของ Router
- 5) Camera - เก็บค่าสถานะของ Camera
- 6) Dongle - เก็บค่าสถานะของ RTL-SDR Dongle
- 7) Ublox - เก็บค่าสถานะของอุปกรณ์ NEO-M8T-0 U-blox GNSS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#	Name	Type	Collation	Attributes	Null	Default	Comments	Extra	Action
1	id	int(11)			No	None		AUTO_INCREMENT	Change Drop Primary Unique Index Spatial More
2	Date	date			No	None			Change Drop Primary Unique Index Spatial More
3	Frequency_MHz	float			No	None			Change Drop Primary Unique Index Spatial More
4	Start_Time	varchar(45)	utf8_general_ci		No	None			Change Drop Primary Unique Index Spatial More
5	End_Time	varchar(45)	utf8_general_ci		No	None			Change Drop Primary Unique Index Spatial More
6	Total_Time	float			No	None			Change Drop Primary Unique Index Spatial More
7	RFI_Level	varchar(45)	utf8_general_ci		No	None			Change Drop Primary Unique Index Spatial More
8	Power_Peak_Mean_dB	float			No	None			Change Drop Primary Unique Index Spatial More
9	Power_Average_Mean_dB	float			No	None			Change Drop Primary Unique Index Spatial More
10	Type_of_Device	varchar(45)	utf8_general_ci		No	None			Change Drop Primary Unique Index Spatial More
11	Avg_Num_Sat	varchar(45)	utf8_general_ci		No	None			Change Drop Primary Unique Index Spatial More
12	Avg_CNR	varchar(45)	utf8_general_ci		No	None			Change Drop Primary Unique Index Spatial More
13	Latitude	varchar(45)	utf8_general_ci		No	None			Change Drop Primary Unique Index Spatial More
14	Longitude	varchar(45)	utf8_general_ci		No	None			Change Drop Primary Unique Index Spatial More
15	Imagetime	varchar(45)	utf8_general_ci		No	None			Change Drop Primary Unique Index Spatial More
16	CCTV_Time	varchar(45)	utf8_general_ci		No	None			Change Drop Primary Unique Index Spatial More

รูปที่ 3.22 รูปแบบคอลัมน์ของโพลเดอร์ L1_Data

จากรูปที่ 3.22 จะเป็นรูปแบบคอลัมน์ในโพลเดอร์ L1_Data ซึ่งจะบ่งบอกข้อมูลทั้งหมดในย่านความถี่ L1 ซึ่งจะมีทั้งการถูกรบกวนโดยเจตนา (Intentional) และการถูกรบกวนโดยไม่เจตนา (Unintentional) และจะถูกดึงไปใช้ในส่วนของเว็บเบราว์เซอร์ต่อไป ซึ่งจะประกอบไปด้วยคอลัมน์ที่สำคัญดังนี้

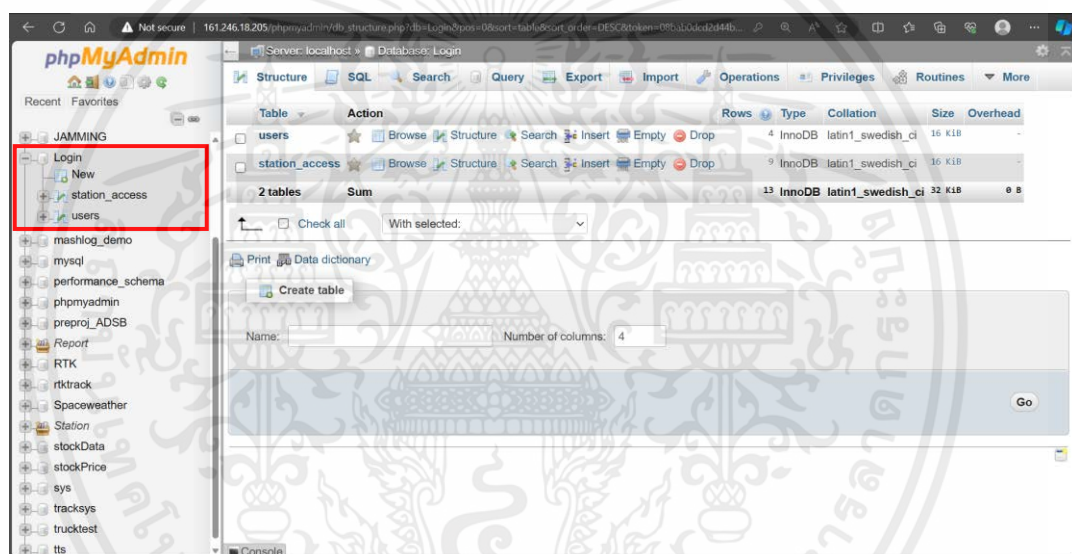
- 1) id - ลำดับ
- 2) Date - วันที่ตามเวลาที่ท้องถิ่น
- 3) Frequency_MHz - ความถี่ (MHz)
- 4) Start_Time - เวลาเริ่มต้นที่ถูกรบกวนสัญญาณ
- 5) End_Time - เวลาสุดท้ายที่ถูกรบกวนสัญญาณ
- 6) Total_Time - เวลาทั้งหมดที่ถูกรบกวนสัญญาณ
- 7) RFI_Level - ระดับที่ถูกรบกวนสัญญาณ
- 8) Power_Peak_dB - กำลังสัญญาณสูงสุด
- 9) Power_Mean_dB - กำลังสัญญาณเฉลี่ย
- 10) Type_of_Device - ประเภทของอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ
- 11) Avg_Num_Sat - ค่าจำนวนดาวเทียมเฉลี่ย
- 12) Avg_CNR - ค่า CNR เฉลี่ย
- 13) Latitude - ละติจูด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 14) Longitude - ลองจิจูด
- 15) Imagetime - เวลาที่ใช้ในการดึงรูปภาพสเปกตรัมเพื่อแสดงบนเว็บเบราว์เซอร์
- 16) CCTV_Time - เวลาที่ใช้ในการดึงรูปจากกล้องวงจรปิดไอพีเพื่อแสดงบนเว็บเบราว์เซอร์

2) การออกแบบระบบจัดเก็บฐานข้อมูลส่วนของการเข้าสู่ระบบ

ทำการสร้างฐานข้อมูลที่มีชื่อว่า “Login” เพื่อที่จะเก็บข้อมูลรวมถึงรหัสผ่านของผู้ใช้งานและสิทธิ์ในการเข้าถึงข้อมูลดังรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.23 ฐานข้อมูลที่มีชื่อว่า “Login”

จากรูปที่ 3.23 นั้นเป็นโพลเดอร์สำหรับเก็บข้อมูลรวมถึงรหัสผ่านของผู้ใช้งาน (user) ซึ่งจะมีรูปแบบคอลัมน์ดังรูปที่ 3.24 และโพลเดอร์สำหรับกำหนดสิทธิ์ในการเข้าถึงข้อมูล (station_access) ซึ่งจะมีรูปแบบคอลัมน์ดังรูปที่ 3.27 เพื่อนำข้อมูลจากโพลเดอร์ทั้งสองมาใช้ในกระบวนการตรวจสอบและกำหนดสิทธิ์ในการเข้าถึงข้อมูลของผู้ใช้งานเมื่อมีการเข้าสู่ระบบผ่านหน้าต่างล็อกอิน

#	Name	Type	Collation	Attributes	Null	Default	Comments	Extra	Action
<input type="checkbox"/>	1	id	int(11)		No	None		AUTO_INCREMENT	Change Drop Primary More
<input type="checkbox"/>	2	username	varchar(255)	latin1_swedish_ci	No	None			Change Drop Primary More
<input type="checkbox"/>	3	password	varchar(255)	latin1_swedish_ci	No	None			Change Drop Primary More

รูปที่ 3.24 รูปแบบคอลัมน์ของโพลเดอร์ user

จากรูปที่ 3.24 จะเป็นรูปแบบคอลัมน์ในโพลเดอร์ user ซึ่งจะประกอบไปด้วยคอลัมน์ที่สำคัญดังนี้

- 1) Id - ลำดับ
- 2) username - ชื่อผู้ใช้งาน
- 3) password - รหัสผ่าน

โดยคอลัมน์ username จะเป็นคอลัมน์สำหรับเก็บข้อมูลชื่อผู้ใช้งานและคอลัมน์ password จะเป็นคอลัมน์สำหรับเก็บรหัสผ่านของผู้ใช้งาน ซึ่งรหัสผ่านที่ใช้เก็บในฐานข้อมูล MySQL นั้นเป็นรหัสที่ผ่านกระบวนการเข้ารหัส Hash Function เรียบร้อย เนื่องจากหากมีการเก็บรหัสผ่านในฐานข้อมูลในรูปแบบ String ธรรมดา โดยไม่มีการเข้ารหัสใด ๆ หากมีผู้ไม่หวังดีเข้ามาในฐานข้อมูลนั้นก็จะสามารถนำรหัสผ่านหรือข้อมูลส่วนบุคคลไปใช้ได้ ในการจัดเก็บข้อมูลนี้จึงมีการนำเทคนิค Hash Function แบบ Bcrypt มาใช้เพื่อเพิ่มความปลอดภัยให้กับข้อมูล ซึ่งการเข้ารหัสดังกล่าวสามารถสร้างรหัสผ่านได้จากการเขียนโปรแกรมผ่านการใช้คำสั่ง password_hash() ในภาษา PHP ดังรูปที่ 3.25

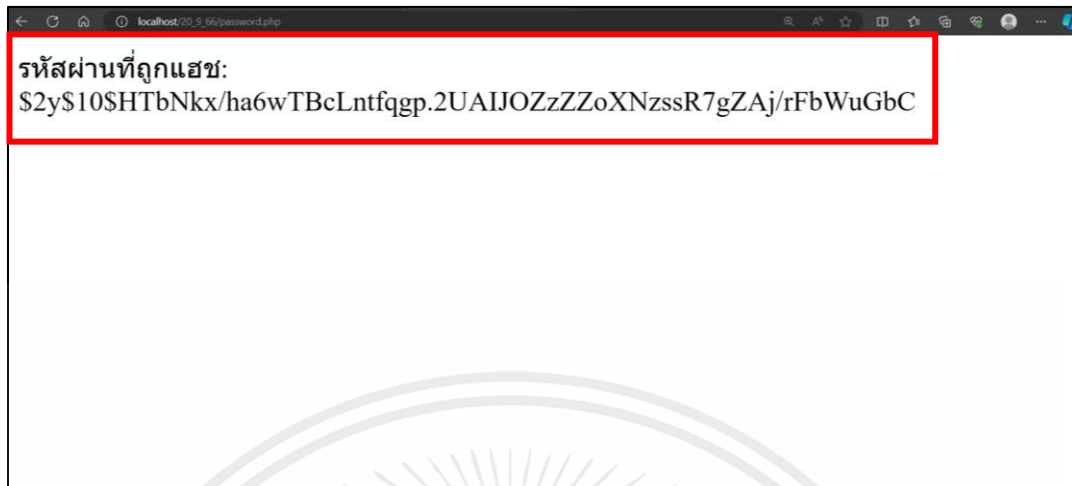
```

1 <?php
2 $password = "password1";
3 $hashed_password = password_hash($password, PASSWORD_BCRYPT);
4 echo "รหัสผ่านที่ถูกแฮช: " . $hashed_password;
5 ?>

```

รูปที่ 3.25 คำสั่งที่ใช้ในสร้างรหัสผ่านในฐานข้อมูลด้วยกระบวนการ Hash Function แบบ Bcrypt

จากรูปที่ 3.25 ในคำสั่ง password_hash() ตัวแปรแรกคือรหัสผ่านที่ต้องการเข้ารหัสและ PASSWORD_BCRYPT เป็นวิธีการเลือกอัลกอริทึมที่ใช้ในการเข้ารหัสแบบ Bcrypt เมื่อมีการกำหนดตัวแปรและเรียกใช้ฟังก์ชัน password_hash จะได้รับรหัสผ่านที่มีการเข้ารหัสด้วยกระบวนการ Hash Function แบบ Bcrypt ดังรูปที่ 3.26



รูปที่ 3.26 รหัส Password ที่ผ่านกระบวนการ Hash ด้วยอัลกอริทึมแบบ Bcrypt

#	Name	Type	Collation	Attributes	Null	Default	Comments	Extra	Action
1	user_id	int(11)			No	None		Change Drop Primary Unique Index	More
2	station	varchar(255)	utf8_general_ci		No	None		Change Drop Primary Unique Index	More

รูปที่ 3.27 รูปแบบคอลัมน์ของโพลเดอร์ station_access

จากรูปที่ 3.27 จะเป็นรูปแบบคอลัมน์ในโพลเดอร์ station_access ซึ่งจะประกอบไปด้วยคอลัมน์ที่สำคัญดังนี้

- 1) user_id - หมายเลขไอดีของผู้ใช้งาน
- 2) station - ชื่อสถานี

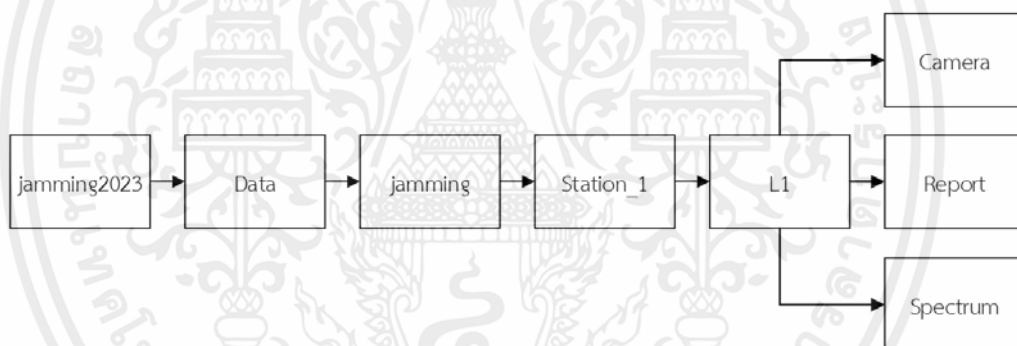
โดยคอลัมน์ user_id จะเป็นคอลัมน์สำหรับเก็บหมายเลขไอดีของผู้ใช้งานและคอลัมน์ station จะเป็นคอลัมน์สำหรับชื่อสถานี ซึ่งในการกำหนดสิทธิ์ในการเข้าถึงข้อมูลในแต่ละสถานีของผู้ใช้งานนั้นจะใช้ข้อมูลทั้งสองคอลัมน์นี้ในการตรวจสอบสิทธิ์ในการเข้าถึง

3.1.4.2 การออกแบบระบบจัดเก็บฐานข้อมูลในไฟล์เซิร์ฟเวอร์

ไฟล์เซิร์ฟเวอร์จะเป็นส่วนของการจัดเก็บข้อมูลที่เป็นส่วนของรูปภาพกราฟสเปกตรัมและส่วนของสำรองข้อมูลรายงาน ซึ่งได้ทำการสร้างโพลเดอร์แยกแต่ละสถานีไว้ที่เครื่องเซิร์ฟเวอร์ของห้องแล็บ CCSRG ที่มีชื่อว่า “jamming2023” ดังรูปที่ 3.28 และในโพลเดอร์นี้จะมีโพลเดอร์ย่อยไปอีกตามลำดับดังรูปที่ 3.29

Name	Size	Changed	Rights	Owner
		6/30/2021 1:59:01 PM	rwX-----	earth
		7/8/2021 11:41:06 AM	rwX-----	jamming
		7/21/2021 10:16:06 AM	rwX-----	tung
		8/20/2021 3:55:20 PM	rwX-----	adsb
		12/1/2021 4:14:25 PM	rwX-----	heart
		2/12/2022 5:35:44 AM	rwX-----	kit
		2/18/2022 9:31:00 AM	rwX-----	jirapoom
		3/21/2022 9:04:22 PM	rwX-----	lin
		4/5/2022 12:34:45 PM	rwX-----	pat
		1/30/2023 8:58:24 PM	rwX-----	enri
		3/27/2023 3:59:07 PM	rwX-----	aerothai
		6/15/2023 4:17:50 PM	rwX-----	jammin...
		8/19/2023 12:51:23 AM	rwX-----	ded
		8/23/2023 11:52:55 PM	rwX-----	jammin...
		10/18/2023 3:56:54 PM	rwX-----	phim

รูปที่ 3.28 โฟลเดอร์ “jamming2023” บนหน้าต่างไฟล์เซิร์ฟเวอร์



รูปที่ 3.29 โฟลเดอร์ย่อยในโฟลเดอร์ “jamming2023” บนหน้าต่างไฟล์เซิร์ฟเวอร์

จากรูปที่ 3.29 จะแสดงลำดับของโฟลเดอร์ย่อยในโฟลเดอร์ jamming2023 เมื่อทำการเปิดโฟลเดอร์ jamming2023 จะพบกับโฟลเดอร์ Data ซึ่งเมื่อทำการเปิดโฟลเดอร์ Data จะพบกับโฟลเดอร์ jamming หลังจากนั้นเมื่อทำการเปิดโฟลเดอร์ jamming จะพบกับโฟลเดอร์ Station_1 โดยในโฟลเดอร์นี้จะมีโฟลเดอร์ L1 อยู่ ซึ่งจะมีโฟลเดอร์แบ่งย่อยออกเป็น 3 โฟลเดอร์คือ โฟลเดอร์ Camera โฟลเดอร์ Report และโฟลเดอร์ Spectrum ดังรูปที่ 3.30

/home/jamming2023/Data/Jamming/Station_3/L1/					
Name	Size	Changed	Rights	Owner	
↑					
📁 Camera		2/2/2024 9:47:38 PM	rwxr-xr-x	jammin...	
📁 Report		2/2/2024 9:47:52 PM	rwxr-xr-x	jammin...	
📁 Spectrum		2/2/2024 9:48:50 PM	rwxr-xr-x	jammin...	

รูปที่ 3.30 โฟลเดอร์ย่อยในโฟลเดอร์ L1

จากรูปที่ 3.30 จะเป็นโฟลเดอร์ย่อยของ L1 ซึ่งมีไว้เพื่อสำรองข้อมูลรายงานรูปภาพกราฟสเปกตรัมและรูปภาพแหล่งที่มาของสัญญาณรบกวน ซึ่งมีทั้งหมด 3 โฟลเดอร์คือ โฟลเดอร์ Camera โฟลเดอร์ Report และโฟลเดอร์ Spectrum

1) โฟลเดอร์ Camera

เป็นโฟลเดอร์ที่เก็บไฟล์รูปภาพแหล่งที่มาของสัญญาณรบกวนเมื่อระบบถูกรบกวนสัญญาณ โดยจะถูกเก็บเป็นไฟล์ชนิด JPG ซึ่งเมื่อทำการเปิดโฟลเดอร์ Camera นั้นจะพบกับโฟลเดอร์ที่แยกแต่ละปีซึ่งในแต่ละปีจะแบ่งออกเป็นโฟลเดอร์ของแต่ละวันไว้ดังรูปที่ 3.31



2) โฟลเดอร์ Report

เป็นโฟลเดอร์ที่มีการเก็บข้อมูลที่รับมาจาก RTL-SDR Dongle และเครื่องรับสัญญาณจีเอ็นเอสเอส (NEO-M8T-0 U-blox GNSS) โดยจะถูกเก็บเป็นไฟล์ชนิด CSV ซึ่งจะมีข้อมูลที่บอกถึงระดับการรบกวนสัญญาณ ค่ากำลังสัญญาณเฉลี่ย ค่ากำลังสัญญาณสูงสุด จำนวนดาวเทียม ค่า CNR ชนิดอุปกรณ์รบกวนสัญญาณซึ่งเมื่อทำการเปิดโฟลเดอร์ Report นั้นจะพบกับโฟลเดอร์ที่แยกแต่ละปีซึ่งในแต่ละปีจะแบ่งออกเป็นโฟลเดอร์ของแต่ละวัน โดยในโฟลเดอร์ของแต่ละวันนั้นจะถูกแบ่งเป็นโฟลเดอร์ของแต่ละชั่วโมงดังรูปที่ 3.32



3) โฟลเดอร์ Spectrum

เป็นโฟลเดอร์ที่มีการเก็บรูปภาพกราฟสเปกตรัมของแต่ละระดับการรบกวนสัญญาณ โดยจะถูกเก็บเป็นไฟล์ชนิด PNG ซึ่งเมื่อทำการเปิดโฟลเดอร์ Spectrum นั้นจะ

พบกับโฟลเดอร์ที่บ่งบอกถึงระดับการรบกวนสัญญาณซึ่งจะถูกแบ่งออกเป็น 3 โฟลเดอร์คือโฟลเดอร์ Green โฟลเดอร์ Yellow และโฟลเดอร์ Red ซึ่งจะเป็นโฟลเดอร์ที่เอาไว้สำหรับเก็บรูปภาพกราฟสเปกตรัมที่ถูกรบกวนสัญญาณของแต่ละระดับ โดยในแต่ละโฟลเดอร์นั้นเมื่อทำการเปิดเข้าไปจะพบกับโฟลเดอร์ที่แยกในแต่ละปี จากนั้นเปิดเข้าไปในโฟลเดอร์ปีจะพบกับโฟลเดอร์วันที่ถูกรบกวนสัญญาณ ซึ่งในโฟลเดอร์นั้นจะพบกับรูปภาพกราฟสเปกตรัมที่ถูกบันทึกเป็นไฟล์ชนิด PNG ดังรูปที่ 3.33






/home/jamming2023/Data/Jamming/Station_3/L1/Camera/2024/2024-02-02/				
Name	Size	Changed	Rights	Owner
 [Folder]		2/22/2024 10:41:25 PM	rwxr-xr-x	jammin...
 2024-01-30_00h44m14s_test_...	467 KB	2/3/2024 5:30:31 PM	rwxr-xr-x	jammin...

รูปที่ 3.31 รูปภาพแหล่งที่มาของสัญญาณรบกวนในโฟลเดอร์วันที่ถูกรบกวนสัญญาณ

/home/jamming2023/Data/Jamming/Station_3/L1/Report/2024/2024-02-19/14h/				
Name	Size	Changed	Rights	Owner
 [Folder]		2/19/2024 3:00:39 PM	rwxr-xr-x	jammin...
 14h.csv	1 KB	2/19/2024 3:00:36 PM	rwxr-xr-x	jammin...

รูปที่ 3.32 ไฟล์ .csv สำหรับสำรองข้อมูลรายงานของแต่ละชั่วโมงของแต่ละวันที่ถูกรบกวนสัญญาณ

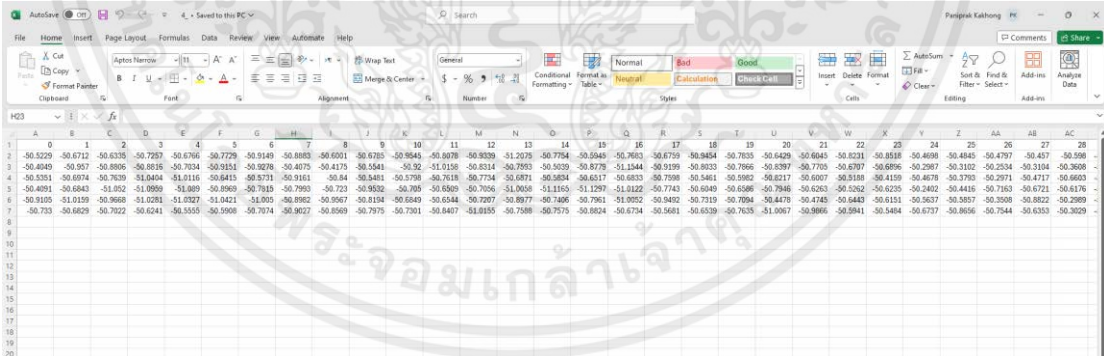
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

/home/jamming2023/Data/Jamming/Station_3/L1/Spectrum/Red/2024/2024-02-19/				
Name	Size	Changed	Rights	Owner
		2/22/2024 10:41:22 PM	rwxr-xr-x	jammin...
 2024-02-19_15h17m41s.png	48 KB	2/19/2024 3:18:10 PM	rwxr-xr-x	jammin...
 2024-02-19_15h22m15s.png	55 KB	2/19/2024 3:22:43 PM	rwxr-xr-x	jammin...
 2024-02-19_15h32m09s.png	54 KB	2/19/2024 3:32:34 PM	rwxr-xr-x	jammin...
 2024-02-19_17h26m49s.png	57 KB	2/19/2024 5:27:34 PM	rwxr-xr-x	jammin...

รูปที่ 3.33 รูปภาพสเปกตรัมของสัญญาณรบกวนแต่ละระดับใน โพลเดอร์วันที่ถูกรบกวนสัญญาณ

3.1.5 การออกแบบโมเดลเพื่อจำแนกประเภทอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ

เนื่องจากระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนจะมีการจำแนกประเภทอุปกรณ์รบกวนสัญญาณด้วยค่ากำลังสัญญาณ ซึ่งข้อมูลนี้จะถูกเก็บเป็นค่ากำลังสัญญาณในแต่ละความถี่ในไฟล์ .csv โดยจะมีลักษณะข้อมูลดังรูปที่ 3.34

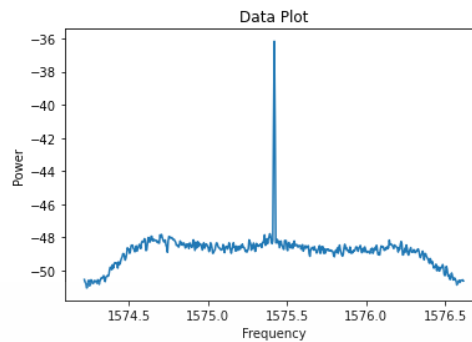


	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	0																												
2	-50.5229	-50.6712	-50.6338	-50.7297	-50.6766	-50.7729	-50.6189	-50.8833	-50.6011	-50.6783	-50.8644	-50.8078	-50.9229	-11.2076	-50.7764	-50.5048	-50.7063	-50.6759	-50.9454	-50.7835	-50.6429	-50.6043	-50.8231	-50.8818	-50.4088	-50.4845	-50.4797	-50.437	-50.588
3	-50.4049	-50.597	-50.8906	-50.8816	-50.7034	-50.9151	-50.9278	-50.4075	-50.4175	-50.5541	-50.32	-11.0136	-50.8314	-50.7993	-50.5039	-50.8778	-11.1544	-50.9199	-50.8833	-50.7866	-50.6397	-50.7709	-50.6707	-50.6896	-50.2997	-50.3102	-50.2304	-50.3104	-50.3608
4	-50.5351	-50.6974	-50.7639	-51.0404	-51.0116	-50.8415	-50.8731	-50.9161	-50.84	-50.5481	-50.5798	-50.7618	-50.7734	-50.6871	-50.5834	-50.6517	-50.6833	-50.7098	-50.5461	-50.5982	-50.6217	-50.6007	-50.5188	-50.4159	-50.4678	-50.3783	-50.2971	-50.4717	-50.6603
5	-50.4091	-50.6643	-51.052	-51.0899	-51.069	-50.8569	-50.7835	-50.7993	-50.723	-50.9302	-50.709	-50.6509	-50.7006	-51.0059	-51.1165	-51.1299	-51.0122	-50.7742	-50.6049	-50.6598	-50.7948	-50.6263	-50.6203	-50.2402	-50.4416	-50.7193	-50.6721	-50.6176	
6	-50.9105	-51.0319	-50.9868	-51.0291	-51.0207	-51.0421	-51.005	-50.8962	-50.8967	-50.8194	-50.6649	-50.6344	-50.7977	-50.8977	-50.8495	-50.7961	-51.0052	-50.9402	-50.7319	-50.7094	-50.4478	-50.4745	-50.6443	-50.6131	-50.9537	-50.9597	-50.9098	-50.9022	-50.9269
7	-50.733	-50.6829	-50.7022	-50.6241	-50.5355	-50.5908	-50.7074	-50.9027	-50.8969	-50.7975	-50.7301	-50.6407	-51.0155	-50.7588	-50.7575	-50.8824	-50.6734	-50.5681	-50.6339	-50.7635	-51.0067	-50.8866	-50.5841	-50.5484	-50.6737	-50.8656	-50.7544	-50.6353	-50.3029

รูปที่ 3.34 ค่ากำลังสัญญาณของแต่ละความถี่ของสัญญาณที่ไม่มีการรบกวน

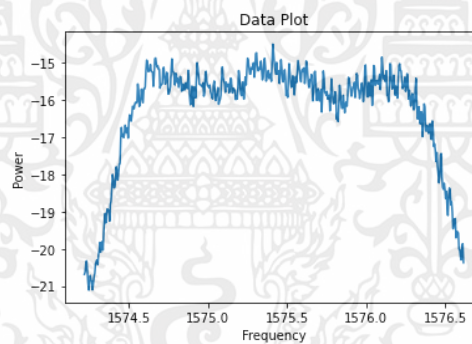
ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการจำแนกประเภทอุปกรณ์รบกวนสัญญาณจะเป็นข้อมูลเมื่อมีการรบกวนสัญญาณ ซึ่งหากไม่มีการรบกวนสัญญาณกราฟสเปกตรัมจะลักษณะดังรูปที่ 3.37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

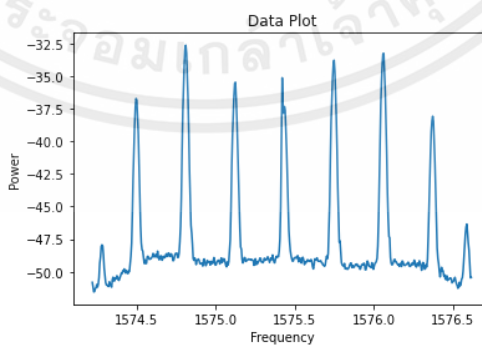


รูปที่ 3.35 ค่ากำลังสัญญาณเมื่อนำค่าในแต่ละความถี่มาพล็อตกราฟ

และหากเป็นค่ากำลังสัญญาณที่มีการรบกวนของแต่ละความถี่จะสามารถมาจำแนกประเภทอุปกรณ์ได้ 2 ประเภทคือ SMA Type Jammer และ USB GPS Jammer โดยจะสามารถแสดงลักษณะของกราฟสเปกตรัมของ SMA Type Jammer และ USB GPS Jammer ออกมาได้ดังรูปที่ 3.36 และรูปที่ 3.37 ตามลำดับ



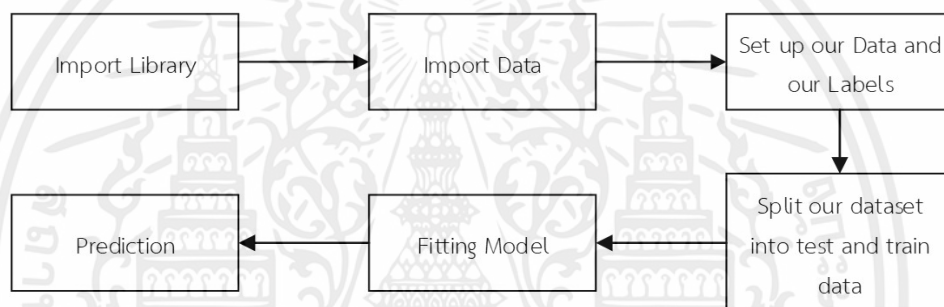
รูปที่ 3.36 ค่ากำลังสัญญาณแต่ละความถี่ของ SMA Type Jammer



รูปที่ 3.37 ค่ากำลังสัญญาณแต่ละความถี่ของ USB GPS Jammer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งในการจำแนกประเภทอุปกรณ์รบกวนนั้นจะต้องมีการออกแบบโมเดลเพื่อจำแนกประเภทอุปกรณ์รบกวนสัญญาณจีเอ็นเอสเอสว่า เป็นอุปกรณ์ชนิดใด โดยจะมีการออกแบบโมเดลต่าง ๆ เพื่อจำแนกประเภทอุปกรณ์รบกวนสัญญาณได้โดยจะใช้โมเดล Support Vector Machines (SVM) มาช่วยตัดสินใจและทำนายผลข้อมูลเพื่อช่วยให้ระบบมีประสิทธิภาพและแม่นยำมากขึ้น โดย Support Vector Machines (SVM) นั้นเป็นเทคนิคในการแก้ปัญหาจำแนกข้อมูลที่ซับซ้อน ซึ่งจัดเป็นอัลกอริทึมประเภท Supervised Learning โดยใน Scikit-learn มีคลาสของ SVM อยู่หลายตัว แต่ที่เป็นพื้นฐานคลาสพื้นฐานคือ Support Vector Classification (SVC) โดยกระบวนการการทำงานของเทคนิค Support Vector Machines (SVM) โดยใช้ค่ากำลังของแต่ละความถี่ จะเป็นดังรูปที่ 3.38



รูปที่ 3.38 กระบวนการการทำงานของเทคนิค Support Vector Machines (SVM) โดยใช้ค่ากำลังของแต่ละความถี่

1) Import Library เป็นการนำเข้า Library ต่าง ๆ เพื่อนำมาใช้งานในโปรแกรมได้โดยโปรแกรมจะสามารถใช้งานฟังก์ชันหรือคลาสที่อยู่ในไลบรารีนั้น ๆ ได้ดังรูปที่ 3.39

```

from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.preprocessing import StandardScaler
from sklearn.svm import SVC
from sklearn.metrics import accuracy_score, confusion_matrix
import seaborn as sn
import matplotlib.pyplot as plt
import pandas as pd
  
```

รูปที่ 3.39 ไฟล์สคริปต์ในส่วนของการนำเข้า Library ต่าง ๆ ในโปรแกรม

2) Import Data เป็นการอ่านไฟล์ .csv ที่ชื่อ 'Train_SMA_USB_21524 - Copy.csv' เข้าสู่ DataFrame โดยใช้ไลบรารี pandas ซึ่งในไฟล์นี้จะมีข้อมูลกำลังสัญญาณแต่ละ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่ของอุปกรณ์รบกวนสัญญาณแต่ละชนิดคืออุปกรณ์รบกวนสัญญาณ SMA Type Jammer และอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ USB GPS Jammer โดยจะเก็บไว้ที่ตัวแปร 'df' ดังรูปที่ 3.40

```
# อ่านไฟล์ CSV
df = pd.read_csv('Train_SMA_USB_21524 - Copy.csv')
```

รูปที่ 3.40 ไฟล์สคริปต์ในส่วนของการอ่านไฟล์ .csv ในโปรแกรม

3) Set up our Data and our Labels เป็นการเตรียมข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในการฝึกฝน (Training Set) และการทดสอบ (Testing Set) โดยจะมีคอลัมน์ 'Jammer' ที่บอกชนิดของอุปกรณ์รบกวนสัญญาณและให้คอลัมน์ที่เหลือทั้งหมดจะเป็น Feature ดังรูปที่ 3.41

```
X = df.drop('Jammer', axis=1)
# ดึงข้อมูลในคอลัมน์ 'Jammer'
y = df.Jammer
```

รูปที่ 3.41 ไฟล์สคริปต์ในส่วนของการเตรียมข้อมูลเพื่อใช้ในการฝึกฝนและการทดสอบ

4) Split our dataset into test and train data เป็นการแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนคือ Training data และ Testing data โดย Training data จะเป็นส่วนที่จะไว้ใช้สร้างโมเดลทำนายประเภทอุปกรณ์รบกวนสัญญาณเพื่อให้โมเดลได้เรียนรู้ และ Testing data จะเป็นส่วนที่ไว้ใช้ในการทดสอบโมเดลว่ามีประสิทธิภาพมากเพียงใด ซึ่งในการแบ่งข้อมูลนี้จะเป็นการสุ่มข้อมูล Training Data เป็นจำนวนข้อมูล 80% ของข้อมูลทั้งหมดและข้อมูล Testing Data 20% ของข้อมูลทั้งหมดดังรูปที่ 3.42

```
# แบ่งข้อมูล train 80% test 20%
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2, random_state=42)
```

รูปที่ 3.42 ไฟล์สคริปต์ในส่วนของการแบ่งข้อมูล Training data และ Testing data

5) Fitting Model จะเป็นการปรับข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบคุณลักษณะที่เหมาะสม โดยจะมีการปรับข้อมูลให้มี mean เป็น 0 และ standard deviation เป็น 1 เพื่อลดการกระจายของข้อมูล ทำให้โมเดลมีโอกาสที่จะเรียนรู้และทำนายได้ดีขึ้น ซึ่งจะใช้ SVC ซึ่งเป็นคลาสพื้นฐานของ SVM โดยกำหนดให้ใช้ kernel เป็น poly (polynomial kernel) ซึ่งเป็นการหาความสัมพันธ์ที่ไม่เชิงเส้น (non-linear) มีการกำหนด degree ซึ่งถ้ายิ่งหากตั้งค่า degree สูงเท่าไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โมเดลก็จะยิ่งเรียนรู้ได้มีความซับซ้อนมากขึ้น และมีการกำหนดค่า C เพื่อหาจุดสมดุลระหว่างการฝึกฝนข้อมูล ซึ่งจะป้องกันการ Overfitting ของข้อมูลที่อาจจะส่งผลให้โมเดลนั้นจำแนกข้อมูลใหม่ได้แม่นยำมากพอดังรูปที่ 3.43

```
# StandardScaler ใช้ทำให้ข้อมูลคุณลักษณะมีขนาดเท่ากัน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเท่ากับ 1
scaler = StandardScaler()
X_train_scaled = scaler.fit_transform(X_train)
X_test_scaled = scaler.transform(X_test)
model = SVC(kernel='poly', degree=2, C=1)
model.fit(X_train_scaled, y_train)
```

รูปที่ 3.43 ไฟล์สคริปต์ในส่วนของ การฝึกฝนข้อมูลของโมเดล SVM

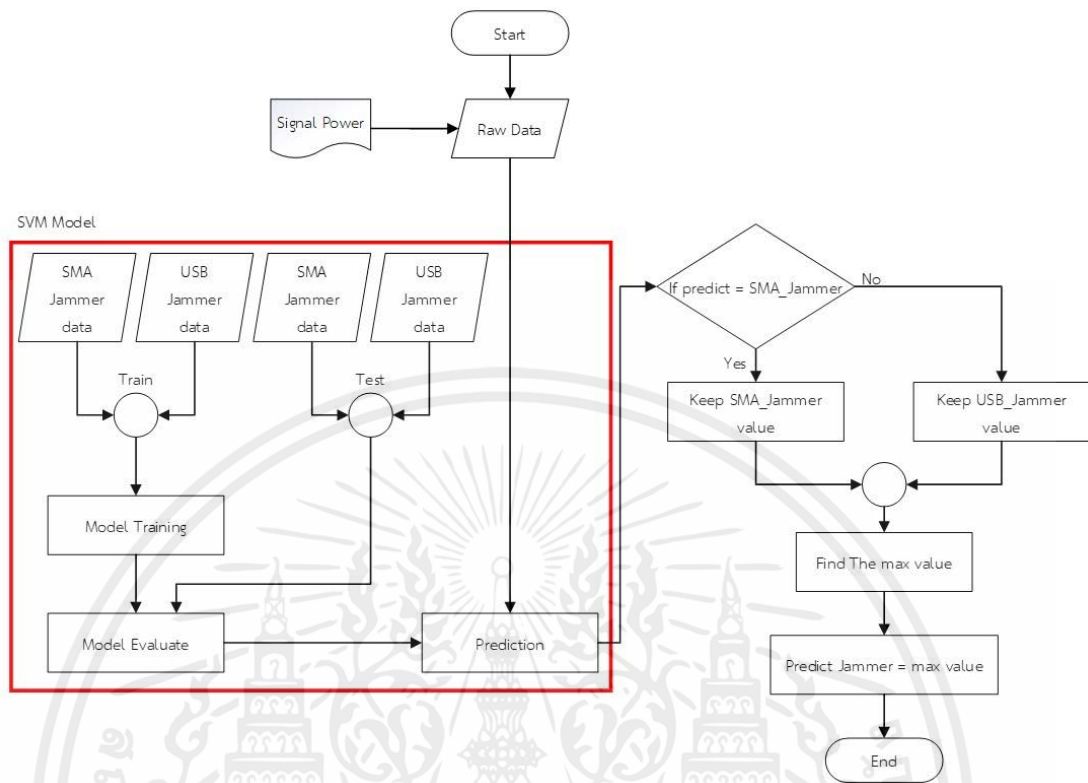
6) Prediction จะเป็นส่วนของการนำโมเดลที่ได้มีการฝึกฝนแล้วมาทดสอบด้วยชุดทดสอบ (Testing data) เพื่อหาความแม่นยำของโมเดลดังรูปที่ 3.44

```
# ทดสอบโมเดลบนข้อมูลทดสอบ
y_pred = model.predict(X_test_scaled)

# คำนวณความแม่นยำของโมเดล
accuracy = accuracy_score(y_test, y_pred)
print("Test Accuracy: {:.2%}".format(accuracy))
```

รูปที่ 3.44 ไฟล์สคริปต์ในส่วนของ การหาความแม่นยำของโมเดล

โดยเมื่อผ่านกระบวนการทั้งหมดแล้วจะเป็นส่วนของการนำข้อมูลที่เมื่อมีการตรวจจับสัญญาณรบกวนมาเข้าสู่ SVM Model ที่ผ่านการฝึกฝนและทดสอบประสิทธิภาพมาแล้ว เพื่อจำแนกอุปกรณ์รบกวนสัญญาณโดยจะมีผลลัพธ์ออกมาเป็นชนิดของอุปกรณ์รบกวนสัญญาณคือ SMA_Jammer หรือ USB_Jammer ซึ่งจะมาจากการที่ SVM Model ตัดสินใจว่าเป็นอุปกรณ์ชนิดไหนแล้วทำการเก็บจำนวนของอุปกรณ์ หลังจากนั้นจะหาจำนวนที่มากที่สุดเพื่อตัดสินใจว่าเป็นชนิดของอุปกรณ์รบกวนสัญญาณชนิดใด ซึ่งจะเป็นตามแผนผังการทำงานการจำแนกอุปกรณ์รบกวนสัญญาณดังรูปที่ 3.45



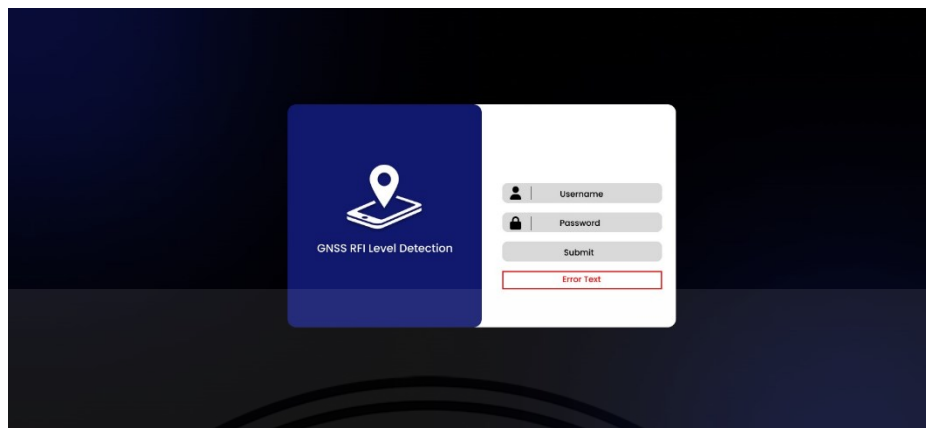
รูปที่ 3.45 แผนผังการทำงานการจำแนกอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ

3.1.6 การออกแบบโครงสร้างของเว็บเบราว์เซอร์

การออกแบบโครงสร้างของเว็บเบราว์เซอร์เพื่อแสดงผลของระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนจีเอ็นเอสตามระดับอาร์เอฟไอ โดยเว็บเบราว์เซอร์ทั้งหมดจะถูกแบ่งส่วนในการแสดงผลออกเป็น 2 ส่วนคือการล็อกอินและการแสดงผลข้อมูล

3.1.6.1 การออกแบบโครงสร้างของเว็บเบราว์เซอร์ส่วนของการล็อกอิน

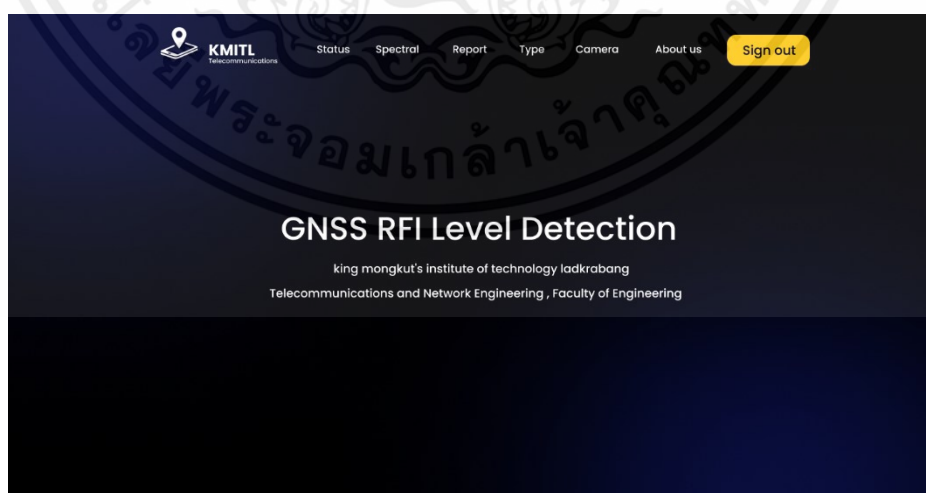
เริ่มต้นของการออกแบบหน้าเว็บเบราว์เซอร์จะแสดงชื่อปริญญาโท GNSS RFI Level Detection ทางฝั่งซ้ายและทางฝั่งขวาจะเป็นส่วนของการกรอกข้อมูลสำหรับ Username และ Password ซึ่งผู้ใช้งานจะต้องกรอกข้อมูลทั้งสองเพื่อล็อกอินเข้าสู่เว็บเบราว์เซอร์ หากมีการกรอกข้อมูลอย่างใดอย่างหนึ่งผิดระบบจะมีข้อความแจ้งเตือนขึ้นมาดังรูปที่ 3.46



รูปที่ 3.46 การออกแบบหน้าต่างลือกอินก่อนที่จะเข้าสู่หน้าต่างหลักของเว็บเบราว์เซอร์

3.1.6.2 การออกแบบโครงสร้างของเว็บเบราว์เซอร์ส่วนของการแสดงผล

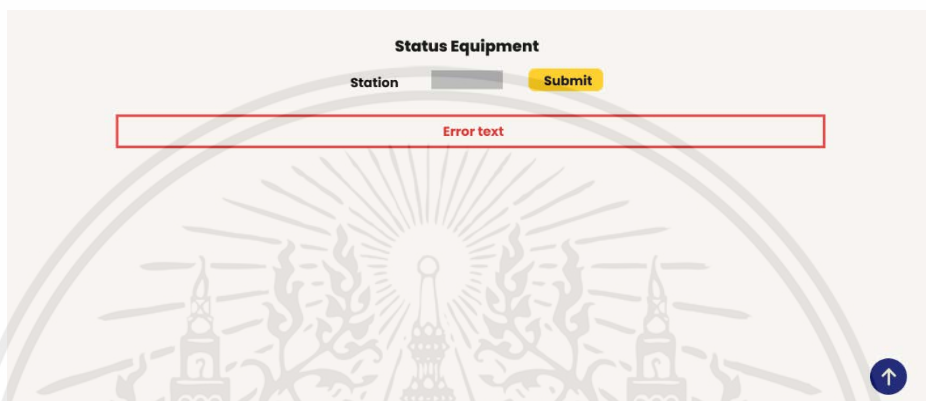
เริ่มต้นการออกแบบหน้าเว็บเบราว์เซอร์ในส่วนของการแสดงผลโดยจะแบ่งส่วนการแสดงผลออกเป็น 7 ส่วนประกอบด้วย หน้าต่างหลัก หน้าต่างแสดงผล Status Equipment หน้าต่างแสดงผล Latest Spectral หน้าต่างแสดงผล Jamming Report หน้าต่างแสดงผล Types หน้าต่างแสดงผล Latest Footage Camera และหน้าต่าง About us ตามลำดับ ซึ่งในหน้าต่างหลักของเว็บเบราว์เซอร์จะมี Nav bar อยู่ที่ส่วนบนสุดของหน้า โดยจะมีการแสดงโลโก้ ชื่อสถาบันและข้อความต่าง ๆ เพื่อใช้ในการเชื่อมต่อไปยังส่วนต่าง ๆ ของเว็บเบราว์เซอร์ และในส่วนกึ่งกลางของหน้าต่างหลักจะมีการแสดงชื่อปริญญาโท GNSS RFI Level Detection รวมถึงการแสดงผลชื่อสถาบันและชื่อสาขาวิชาดังรูปที่ 3.47



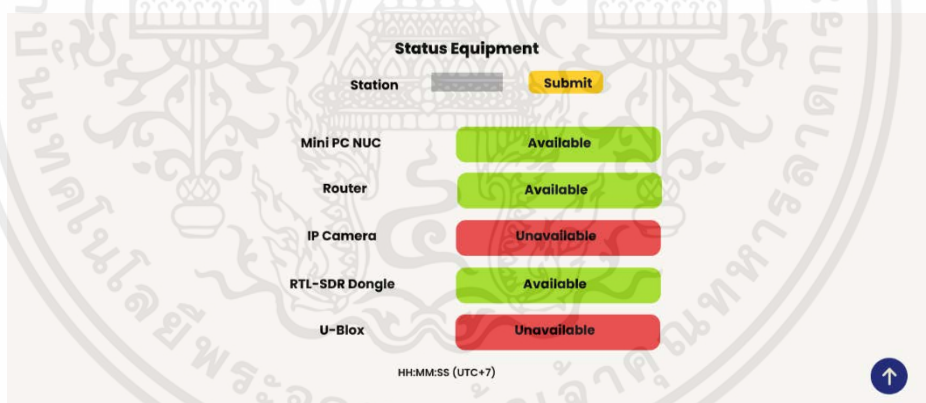
รูปที่ 3.47 การออกแบบหน้าต่างหลักของเว็บเบราว์เซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และจากรูปที่ 3.47 เมื่อกดที่ Status จะทำการเชื่อมต่อไปยังหน้าต่างของ Status Equipment ที่ออกแบบไว้ โดยจะแสดงสถานะล่าสุดที่ระบบตรวจสอบได้ซึ่งจะแสดงผลเมื่อผู้ใช้งานเลือกข้อมูลที่ต้องการแสดงที่ส่วนข้างบนครบแล้วเท่านั้น ในกรณีที่ผู้ใช้งานเลือกข้อมูลไม่ครบ หน้าเว็บเบราว์เซอร์จะมีความแจ้งเตือนขึ้นมาดังรูปที่ 3.48 และในกรณีที่ผู้ใช้งานเลือกข้อมูลครบ หน้าเว็บเบราว์เซอร์จะแสดงสถานะล่าสุดที่ระบบตรวจสอบได้ดังรูปที่ 3.49



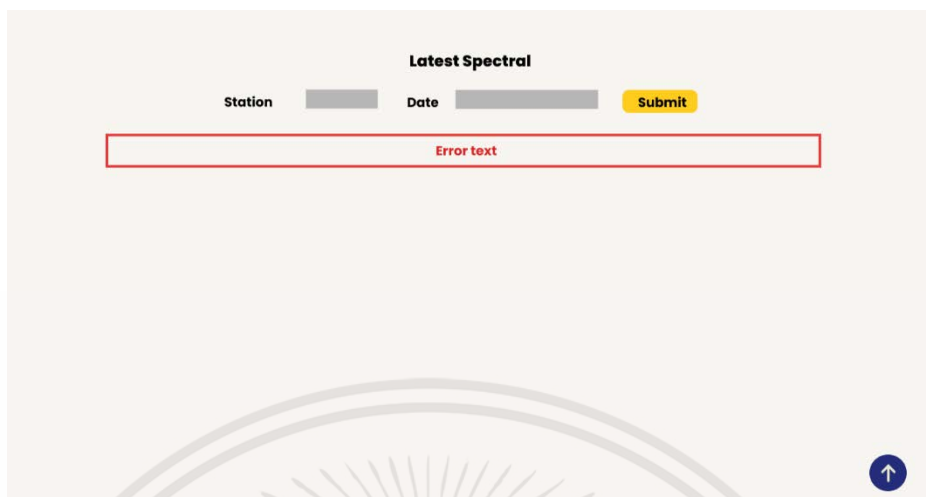
รูปที่ 3.48 การออกแบบหน้าต่างแสดงผลเมื่อกดที่ Status กรณีที่มีการเลือกข้อมูลไม่ครบถ้วน



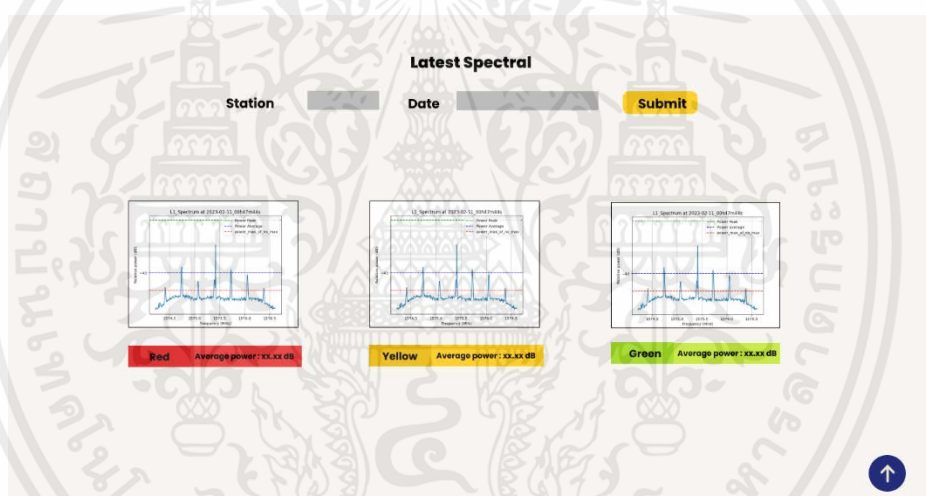
รูปที่ 3.49 การออกแบบหน้าต่างแสดงผลเมื่อกดที่ Status กรณีที่มีการเลือกข้อมูลครบถ้วน

และจากรูปที่ 3.47 เมื่อกดที่ Spectral จะทำการเชื่อมต่อไปยังหน้าต่างของ Spectral ที่ออกแบบไว้ โดยจะแสดงกราฟสเปกตรัมล่าสุดและค่ากำลังเฉลี่ยของสัญญาณในส่วน of RFI Level แต่ละย่านความถี่ประกอบด้วย Red Level Yellow Level และ Green Level ซึ่งจะแสดงผลเมื่อผู้ใช้งานเลือกข้อมูลที่ต้องการจะแสดงที่ส่วนข้างบนครบแล้วเท่านั้น ในกรณีที่ผู้ใช้งานเลือกข้อมูลไม่ครบระบบจะมีความแจ้งเตือนขึ้นมาดังรูปที่ 3.50 และในกรณีที่ผู้ใช้งานเลือกข้อมูลครบระบบจะแสดงรูปกราฟสเปกตรัมล่าสุดและกำลังสูงสุดของสัญญาณดังรูปที่ 3.51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.50 การออกแบบหน้าต่างแสดงผลเมื่อกดที่ Spectral กรณีที่มีการเลือกข้อมูลไม่ครบถ้วน



รูปที่ 3.51 การออกแบบหน้าต่างแสดงผลเมื่อกดที่ Spectral กรณีที่มีการเลือกข้อมูลครบถ้วน

จากรูปที่ 3.50 และรูปที่ 3.51 มีการออกแบบให้ทางด้านล่างขวาของหน้าต่างแสดงผลมีปุ่มลูกศรชี้ขึ้น เพื่อให้ผู้ใช้งานนั้นสามารถเลื่อนกลับไปยังหน้าหลักได้ง่ายเพียงกดที่ลูกศร ระบบจะทำการเลื่อนกลับไปแสดงผลในส่วน of หน้าต่างหลักของเว็บเบราว์เซอร์ทันที และในส่วน of หน้าต่างแสดงผลเมื่อกดที่ Report จะทำการเชื่อมต่อไปยังหน้าต่างแสดงผล Report ที่ออกแบบไว้โดยจะแสดงข้อมูลตารางประกอบไปด้วย วัน เวลา ความถี่ ค่าเฉลี่ยของจำนวนดาวเทียม ค่าเฉลี่ยของ CNR และประเภทของอุปกรณ์รับกวนสัญญาณ ซึ่งจะแสดงผลเมื่อผู้ใช้งานเลือกข้อมูลที่ต้องการจะแสดงที่ส่วนข้างบนครบถ้วนเท่านั้น หากกรณีที่ผู้ใช้งานเลือกข้อมูลไม่ครบระบบจะมีข้อความแจ้งเตือนขึ้นมาดังรูปที่ 3.52 และในกรณีที่ผู้ใช้งานเลือกข้อมูลครบระบบจะแสดงผลข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางดังรูปที่ 3.53 นอกจากนี้ทางด้านล่างซ้ายของตารางจะมีการออกแบบปุ่ม Export ขึ้นมา ในกรณีที่ผู้ใช้งานนั้นต้องการที่จะดาวน์โหลดข้อมูลจากตารางแสดงผลและทางด้านล่างขวาของหน้าต่างแสดงผลนั้นจะมีปุ่มลูกศรชี้ขึ้นอยู่เช่นเดียวกับหน้าต่าง Spectral

The screenshot shows a web form titled "Jamming Report". It contains three input fields: "Station", "Start Date", and "End Date", each followed by a "Submit" button. Below the input fields is a red-bordered box containing the text "Error text". A blue circular arrow icon is visible in the bottom right corner of the form area.

รูปที่ 3.52 หน้าต่างแสดงผลเมื่อกดที่ Report กรณีที่มีการเลือกข้อมูลไม่ครบถ้วน

The screenshot shows the same "Jamming Report" form, but now it displays a table with the following columns: Date, Time, Frequency (MHz), Power Peak, Power Average, and Type of Device. The table is currently empty. Below the table is an "Export" button. A blue circular arrow icon is visible in the bottom right corner of the form area.

Date	Time	Frequency (MHz)	Power Peak	Power Average	Type of Device

รูปที่ 3.53 การออกแบบหน้าต่างแสดงผลเมื่อกดที่ Report กรณีที่มีการเลือกข้อมูลครบถ้วนในย่านความถี่ L1

ในส่วนของหน้าต่างแสดงผลเมื่อกดที่ Types จะทำการเชื่อมต่อไปยังหน้าต่างของ Types ที่ออกแบบไว้โดยจะแสดงข้อมูลตารางประกอบไปด้วย วัน เวลาที่เริ่มเกิดสัญญาณรบกวน เวลาสิ้นสุดของการเกิดสัญญาณรบกวน เวลาทั้งหมดที่เกิดสัญญาณรบกวน ระดับการรบกวนสัญญาณ RFI Level และภาพกล้องวงจรปิดไอพี ซึ่งจะแสดงผลเมื่อผู้ใช้งานเลือกข้อมูลที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องการจะแสดงที่ส่วนข้างบนครบแล้วเท่านั้น หากกรณีที่ผู้ใช้งานเลือกข้อมูลไม่ครบ ระบบจะมีข้อความแจ้งเตือนขึ้นมาดังรูปที่ 3.54 และในกรณีที่ผู้ใช้งานเลือกข้อมูลครบระบบจะแสดงข้อมูลตารางดังรูปที่ 3.55 และทางด้านล่างขวาของหน้าต่างแสดงผลนั้นจะมีปุ่มลูกศรชี้ขึ้นอยู่เช่นเดียวกัน

รูปที่ 3.54 การออกแบบหน้าต่างแสดงผลเมื่อเกิดที่ Types กรณีที่มีการเลือกข้อมูลไม่ครบถ้วน

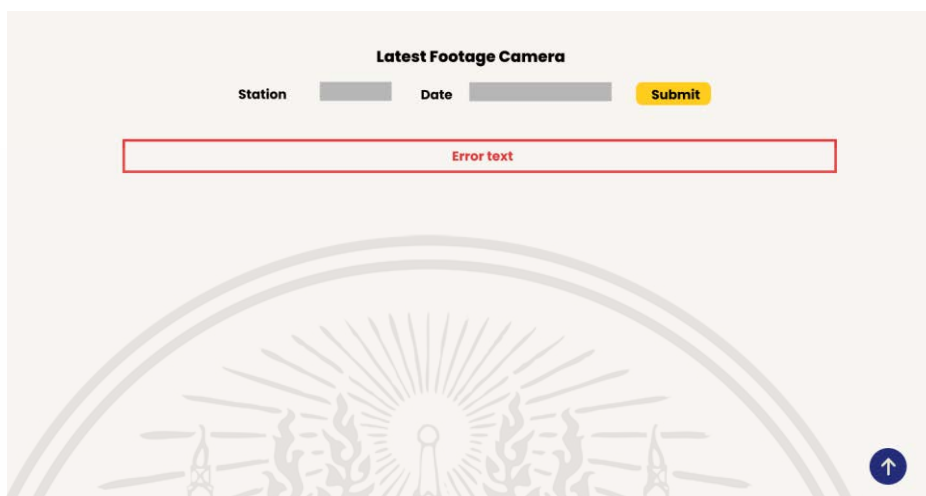
Date	Start Time	End Time	Total time (s)	RFI Level	CCTV

รูปที่ 3.55 การออกแบบหน้าต่างแสดงผลเมื่อเกิดที่ Types กรณีที่มีการเลือกข้อมูลครบถ้วน

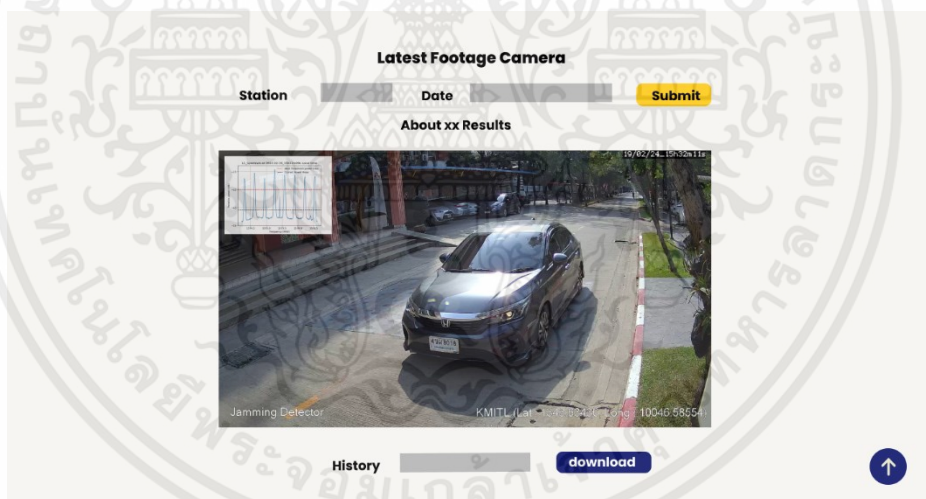
ในส่วนของหน้าต่างแสดงผลเมื่อเกิดที่ Camera จะทำการเชื่อมต่อไปยังหน้าต่างของ Latest footage camera ที่ออกแบบไว้สำหรับการดึงข้อมูลภาพจากกล้องวงจรปิดไอพี มาแสดงผลบนเว็บเบราว์เซอร์ โดยจะเลือกแสดงภาพล่าสุดจากกล้องวงจรปิดไอพีที่ถูกบันทึกไว้พร้อมกราฟสเปกตรัมขณะเกิดการรบกวนสัญญาณ ซึ่งจะแสดงผลเมื่อผู้ใช้งานเลือกข้อมูลที่ต้องการแสดง ส่วนข้างบนครบแล้วเท่านั้น ในกรณีที่ผู้ใช้งานเลือกข้อมูลไม่ครบหน้าเว็บเบราว์เซอร์จะมีข้อความแจ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เดือนขึ้นมามีรูปที่ 3.56 และในกรณีที่ผู้ใช้งานเลือกข้อมูลครบหน้าเว็บเบราว์เซอร์จะแสดงภาพล่าสุดจากกล้องวงจรปิดไอพีดังรูปที่ 3.57



รูปที่ 3.56 การออกแบบหน้าต่างแสดงผลเมื่อกดที่ Camera กรณีที่มีการเลือกข้อมูลไม่ครบถ้วน



รูปที่ 3.57 การออกแบบหน้าต่างแสดงผลเมื่อกดที่ Camera กรณีที่มีการเลือกข้อมูลครบถ้วน

และในส่วนสุดท้ายของหน้าต่างแสดงผลเมื่อกดที่ About us จะทำการเชื่อมต่อไปยังหน้าต่างของ About us ที่ออกแบบไว้โดยจะแสดงข้อมูลเกี่ยวกับผู้จัดทำโปรเจกต์ประกอบด้วย ภาควิชา มหาลัย ที่อยู่ เบอร์ติดต่อภาควิชา อีเมลติดต่อภาควิชา รายชื่อผู้จัดทำและอาจารย์ที่ปรึกษาดังรูปที่ 3.58

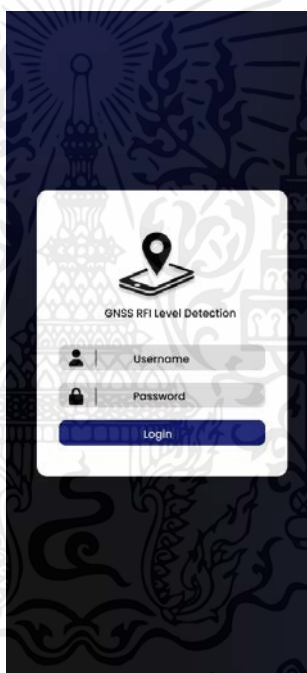
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.58 การออกแบบหน้าต่างแสดงผลเมื่อกด About us

3.1.7 การออกแบบเว็บเบราว์เซอร์ให้เป็น Responsive Web เพื่อรองรับอุปกรณ์การใช้งานในรูปแบบต่าง ๆ

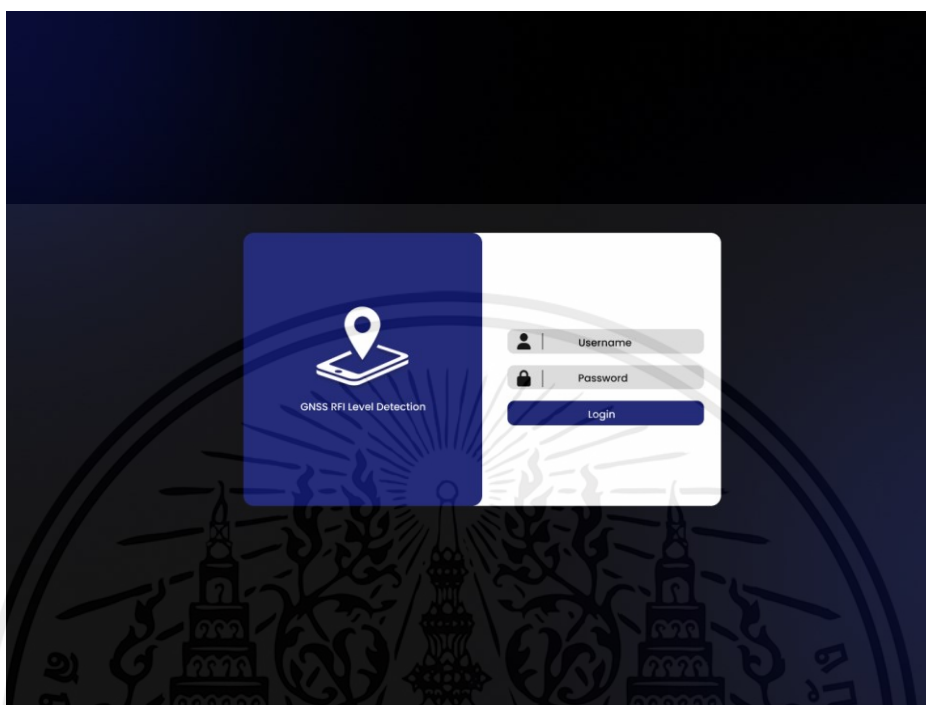
3.1.7.1 การออกแบบหน้าล็อกอินสำหรับการใช้งานบนอุปกรณ์โทรศัพท์



รูปที่ 3.59 การออกแบบหน้าล็อกอินสำหรับการใช้งานบนอุปกรณ์โทรศัพท์

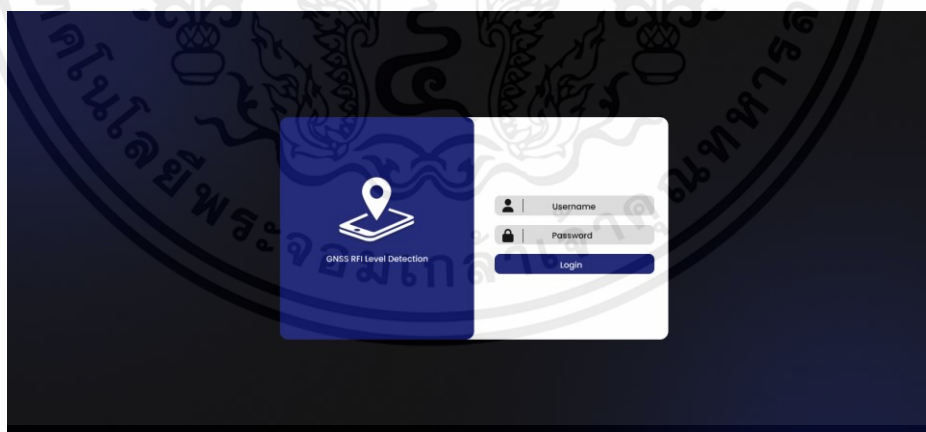
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.7.2 การออกแบบหน้าล็อกอินสำหรับการใช้งานบนอุปกรณ์แท็บเล็ต



รูปที่ 3.60 การออกแบบหน้าล็อกอินสำหรับการใช้งานบนอุปกรณ์แท็บเล็ต

3.1.7.3 การออกแบบหน้าล็อกอินสำหรับการใช้งานบนอุปกรณ์แล็ปท็อป

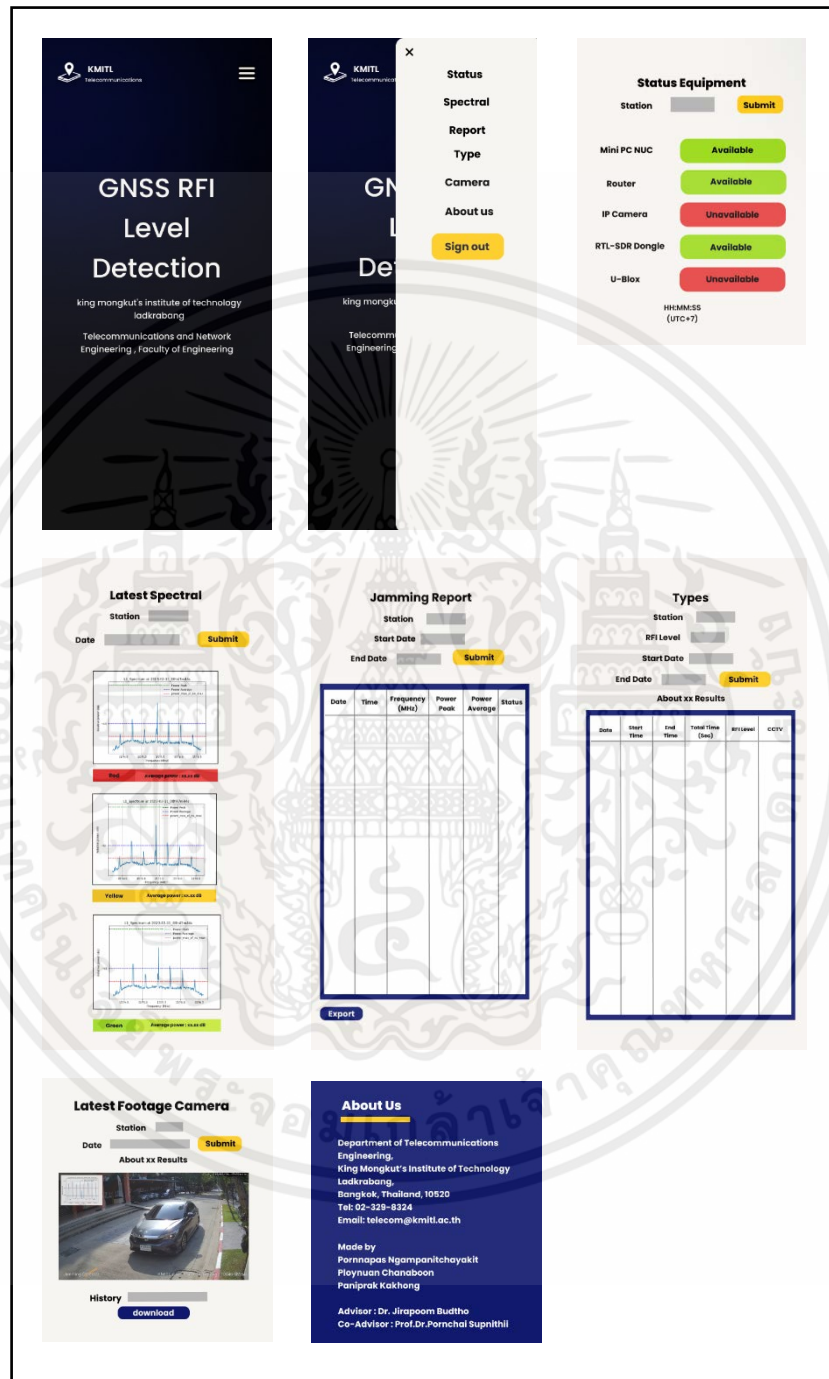


รูปที่ 3.61 การออกแบบหน้าล็อกอินสำหรับการใช้งานบนอุปกรณ์แท็บเล็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.7.4 การออกแบบหน้าเว็บเบราว์เซอร์สำหรับการใช้งานบนอุปกรณ์

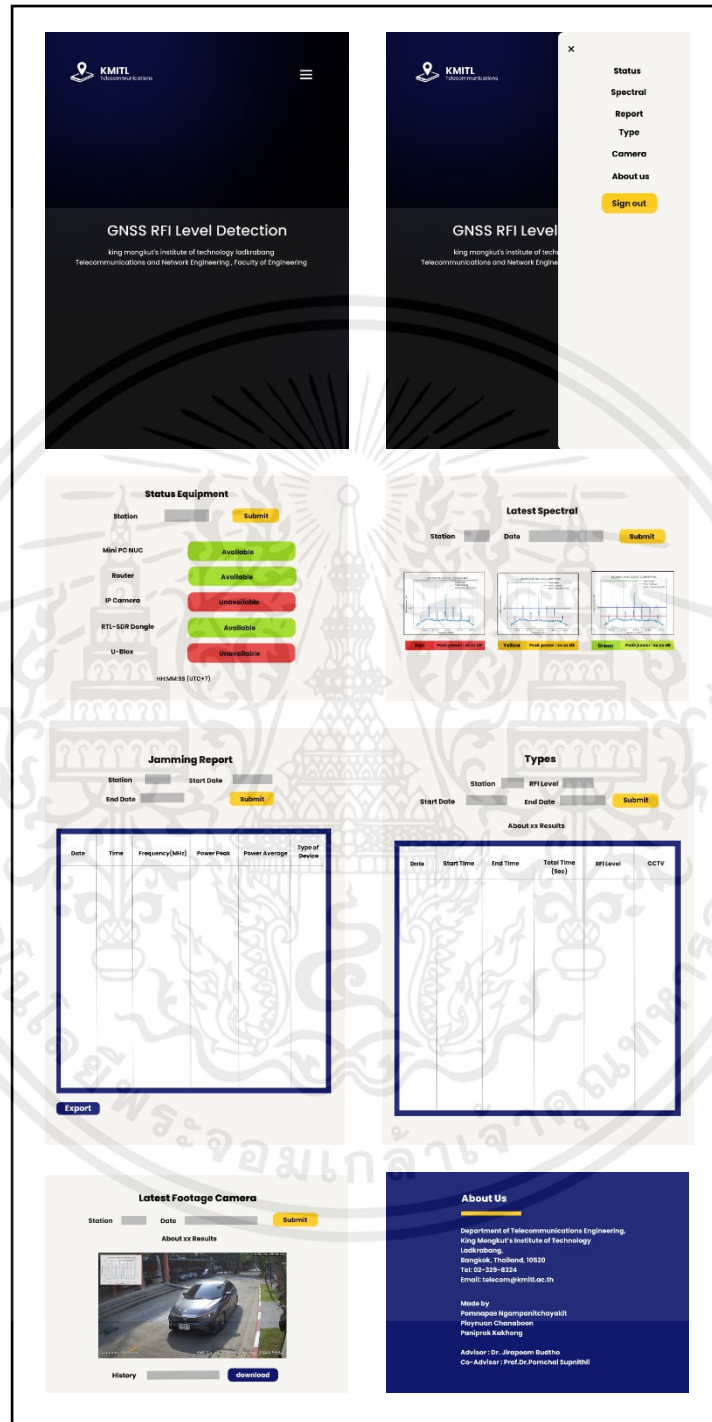
โทรศัพท์



รูปที่ 3.62 การออกแบบหน้าเว็บเบราว์เซอร์สำหรับการใช้งานบนอุปกรณ์โทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

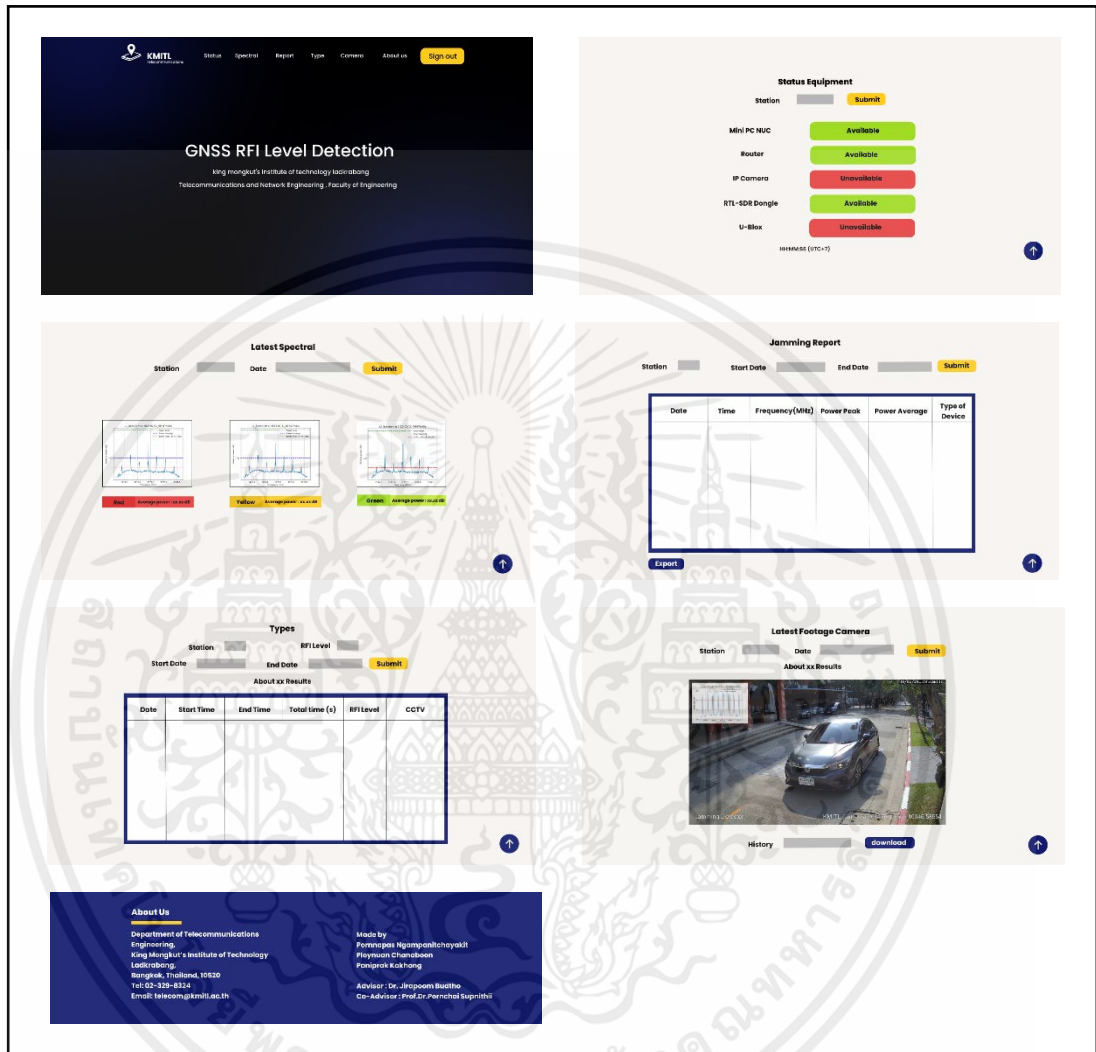
3.1.7.5 การออกแบบหน้าเว็บเบราว์เซอร์สำหรับการใช้งานอุปกรณ์แท็บเล็ต



รูปที่ 3.63 การออกแบบหน้าเว็บเบราว์เซอร์สำหรับการใช้งานบนอุปกรณ์แท็บเล็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.7.6 การออกแบบหน้าเว็บเบราว์เซอร์สำหรับการใช้งานบนอุปกรณ์ แล็ปท็อป



รูปที่ 3.64 การออกแบบหน้าเว็บเบราว์เซอร์สำหรับการใช้งานบนอุปกรณ์แล็ปท็อป

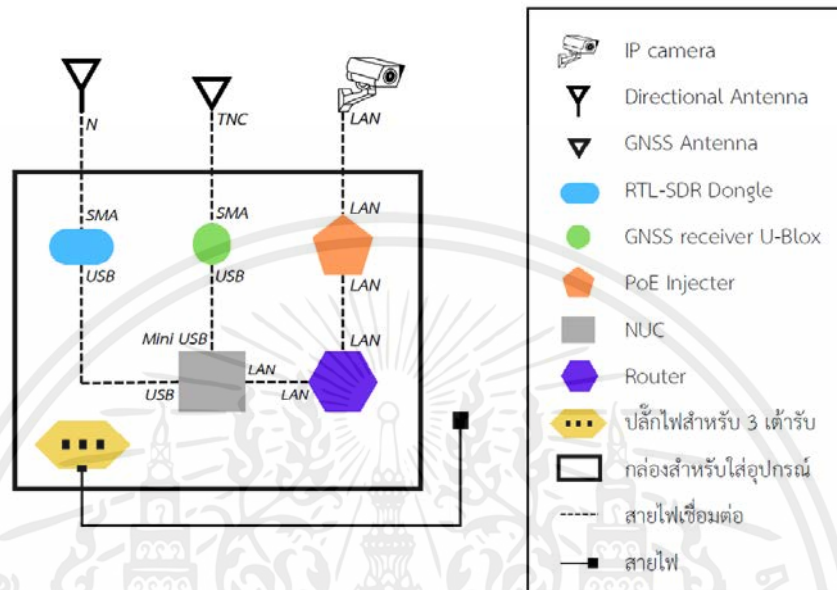
3.1.8 การออกแบบอุปกรณ์ตรวจจับการรบกวนสัญญาณ

3.1.8.1 การออกแบบโครงสร้างกล่องและการเชื่อมต่ออุปกรณ์ของระบบ ตรวจจับสัญญาณรบกวน

คณะผู้จัดทำได้ทำการออกแบบออกแบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์ของระบบ
ตรวจจับสัญญาณรบกวนซึ่งจะเป็นการจำลองการวางอุปกรณ์ของระบบทั้งหมดให้มีความเหมาะสมต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งานดังรูปที่ 3.65 โดยด้านขวาของรูปจะแสดงสัญลักษณ์ของอุปกรณ์และด้านซ้ายจะแสดงภาพรวมของระบบ



รูปที่ 3.65 การออกแบบโครงสร้างกล่องและการเชื่อมต่ออุปกรณ์
ของระบบตรวจจับสัญญาณรบกวน

จากรูปที่ 3.65 อุปกรณ์ที่ใช้จะประกอบไปด้วยกล่องสำหรับเก็บอุปกรณ์ขนาด 13x17 นิ้ว ซึ่งภายในจะประกอบด้วยเครื่องรับสัญญาณจีเอ็นเอสเอส (NEO-M8T-0 U-blox GNSS) RTL-SDR Dongle Mini PC NUC 4G Wireless router และอุปกรณ์ที่อยู่ภายนอกกล่องสำหรับเก็บอุปกรณ์ประกอบด้วยกล่องวงจรปิดไอพี สายอากาศ AN-105L-GNSS และสายอากาศ Directional

และสำหรับการเชื่อมต่อเครือข่ายให้ตัวกล่อง โดย 4G Wireless router จะเชื่อมต่อกับ Mini PC NUC และกล่องวงจรปิดไอพีผ่านสาย Ethernet กำหนด IP Address ของ Router เป็น 192.168.14.1/24 กำหนด IP Address ของ Mini PC NUC เป็น 192.168.14.2/24 และกำหนด IP Address ของกล่องวงจรปิดไอพี เป็น 192.168.14.3/24 โดยจะใช้ 4G Wireless Router เป็นสัญญาณอินเทอร์เน็ตให้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ จากนั้นทำการประกอบอุปกรณ์ลงกล่องดังรูปที่ 3.66

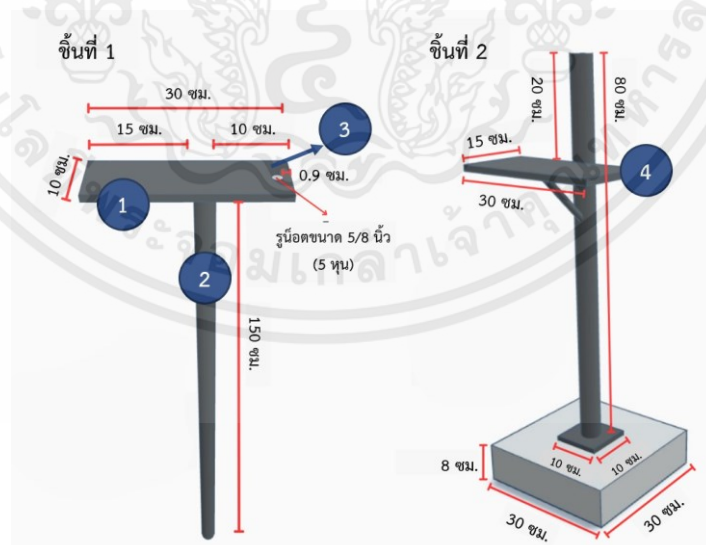
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.66 การวางอุปกรณ์ทั้งหมดสำหรับระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนจีเอ็นเอสเอสลงกล่อง

3.1.8.2 การออกแบบเสาสำหรับการติดตั้งภายนอก

เนื่องจากระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนจีเอ็นเอสเอสนี้เป็นการตรวจจับสัญญาณรบกวนบริเวณภายนอกอาคารและต้องติดตั้งอุปกรณ์อยู่ใกล้ถนน จึงมีการออกแบบเสาที่มีความแข็งแรงและสามารถติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบได้อย่างเหมาะสมกับการใช้งาน ซึ่งอุปกรณ์ที่จะติดตั้งบนเสานี้จะประกอบด้วยกล่องสำหรับใส่อุปกรณ์จากข้อที่ 3.1.8.1 กล้องวงจรปิดไอพี สายอากาศ AN-105L-GNSS สายอากาศ Directional จึงได้ออกแบบเสาออกเป็น 2 ส่วน ดังรูปที่ 3.67



รูปที่ 3.67 รายละเอียดของการออกแบบเสาสำหรับการติดตั้งภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.67 เสาสำหรับติดตั้งภายนอกนี้ถูกออกแบบให้เหมาะสมต่อการทดลอง โดยสร้างความแข็งแรงด้วยการใช้ฐานเป็นปูนและตัวเสาเป็นท่อเหล็ก ซึ่งจะออกแบบให้เสาสามารถแยกออกเป็น 2 ชั้นเพื่อให้สามารถขนย้ายได้สะดวก โดยในชั้นที่ 1 ถูกออกแบบเป็นส่วนที่อยู่ด้านบนไว้สำหรับติดตั้งกล่องวงจรปิดไอพี สายอากาศ AN-105L-GNSS และสายอากาศ Directional ซึ่งอยู่ในบริเวณของหมายเลข 1 2 และ 3 ตามลำดับ สำหรับชั้นที่ 2 ถูกออกแบบเป็นส่วนฐานด้านล่างที่มีฐานทำจากปูนโดยมีแผ่นรองที่มีไว้วางกล่องสำหรับใส่อุปกรณ์ เมื่อนำทั้ง 2 ชั้นมาประกอบกันจะได้เป็นเสาดังรูปที่ 3.68



รูปที่ 3.68 ตัวอย่างเสาสำหรับการติดตั้งภายนอก

เมื่อนำสิ่งที่ออกแบบไปสร้างชิ้นงานจริง และประกอบอุปกรณ์ทั้งหมดในระบบจะได้เป็นเสาของระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนจีเอ็นเอสเอสดังรูปที่ 3.69 และ รูปที่ 3.70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.69 เสาของระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนจีเอ็นเอสเอส (ด้านหน้า)



รูปที่ 3.70 เสาของระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนจีเอ็นเอสเอส (ด้านหลัง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ในการจัดทำปริญญานิพนธ์นี้มีอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองดังนี้

- 1) RTL-SDR Dongle
- 2) Intel NUC 11 Essential Mini PC
- 3) สายอากาศ Directional Antenna 800 – 2700 MHz
- 4) สายอากาศ AN-105L-GNSS
- 5) อุปกรณ์รับสัญญาณดาวเทียม NEO-M8T-0 U-blox GNSS
- 6) กล้องวงจรปิด IP Camera รุ่น IPC-HFW2431S-S-2
- 7) สตรีปตีไฟธอน
- 8) อุปกรณ์รบกวนสัญญาณชนิด SMA Type Jammer
- 9) อุปกรณ์รบกวนสัญญาณชนิด USB GPS Jammer
- 10) 4G Wireless Router
- 11) 4G Sim Card
- 12) PoE injector
- 13) สาย LAN
- 14) N-Type male crimp for RG58U
- 15) TNC male crimp for RG58U
- 16) SMA male crimp for RG58U
- 17) USB to USB Cable
- 18) Micro USB to USB Cable
- 19) Intel NUC Adapter
- 20) รางปลั๊ก 3 ช่อง

3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง

3.3.1 การทดสอบวัดค่าพารามิเตอร์ของอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ

- 1) การทดสอบวัดค่าอัตราขยายของสายอากาศ Directional สายอากาศกลางแจ้ง 800 – 2700 MHz
- 2) การทดสอบวัดค่ากำลังและอัตราขยายเครื่องส่งสัญญาณรบกวนชนิด SMA Type Jammer
- 3) การทดสอบวัดค่ากำลังและอัตราขยายเครื่องส่งสัญญาณรบกวนชนิด USB GPS Jammer

3.3.2 การทดสอบการทำงานของระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนจีเอ็นเอสเอสตามระดับอาร์เอฟไอ

- 1) การวิเคราะห์รูปแบบการทำงานของสายอากาศ Directional Antenna สายอากาศกลางแจ้ง 800 – 2700 MHz จากผลการทดสอบสายอากาศ
- 2) การทดสอบเพื่อวัดความเปลี่ยนแปลงในแต่ละพารามิเตอร์
- 3) การทดสอบการใช้งานของระบบตรวจจับสัญญาณรบกวน
- 4) การทดสอบการแสดงผลต้องสงสัยในสถานการณ์ต่าง ๆ
- 5) ผลการทดสอบการแจ้งเตือนผ่าน Line Notify

3.3.3 ระบบฐานข้อมูล

- 1) ระบบฐานข้อมูล MySQL
- 2) ระบบฐานข้อมูลไฟล์เซิร์ฟเวอร์

3.3.4 การทดสอบการทำงานของโมเดลจำแนกอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ

- 1) ผลการทดสอบจำแนกอุปกรณ์รบกวนสัญญาณโดยใช้เทคนิคต่าง ๆ
- 2) ผลลัพธ์ตาราง Confusion Matrix ของแต่ละเทคนิค
- 3) ผลการทดสอบการแยกประเภทอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ

3.3.5 การทดสอบการทำงานของเว็บเบราว์เซอร์

- 1) การแก้ไขปัญหาการทำงานของเว็บเบราว์เซอร์ผ่านผู้ใช้งานจริง
- 2) ผลการทดสอบการทำงานของหน้าต่างล๊อคอิน
- 3) ผลการทดสอบการทำงานของหน้าต่างหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การทดสอบวัดค่าพารามิเตอร์ของอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ

4.1.1 การทดสอบวัดค่าอัตราขยายของสายอากาศ Directional สายอากาศกลางแจ้ง 800 – 2700 MHz

ในการวัดค่าอัตราขยายของสายอากาศ Directional ด้วยเครื่อง Network Analyzer จะวัดค่าออกมาได้อยู่ในรูปแบบของผลต่างของกำลังงานด้านรับและกำลังงานด้านส่ง ($P_{rx} - P_{tx}$) ดังนั้นจึงสามารถคำนวณหาค่าอัตราขยายสายอากาศได้จากสมการที่ 4.1

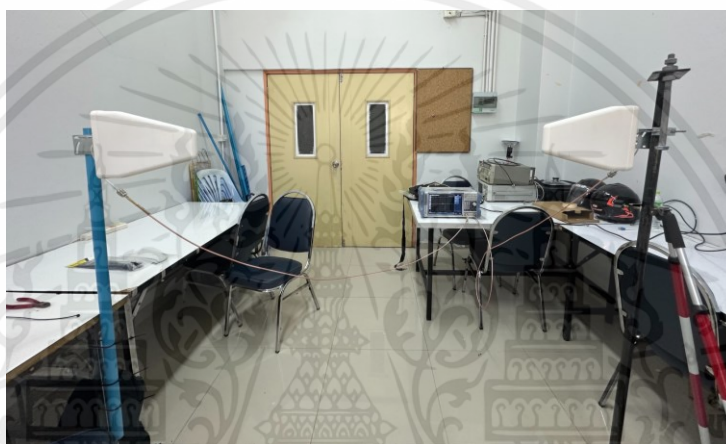
$$P_{rx} - P_{tx} = G_{tx} + G_{rx} + 20 \log \left(\frac{\lambda}{4\pi D_r} \right) \quad (4.1)$$

จากสมการที่ 4.1 คณะผู้จัดทำได้ทำการทดลองโดยใช้สายอากาศชนิดเดียวกันให้เป็นทั้งภาคส่งและภาครับ เพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณและทดลองหาค่าอัตราขยายสายอากาศ เนื่องจากเมื่อวางสายอากาศในแนวเดียวกันและมีโพลาไรซ์เดียวกันจะสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 4.2

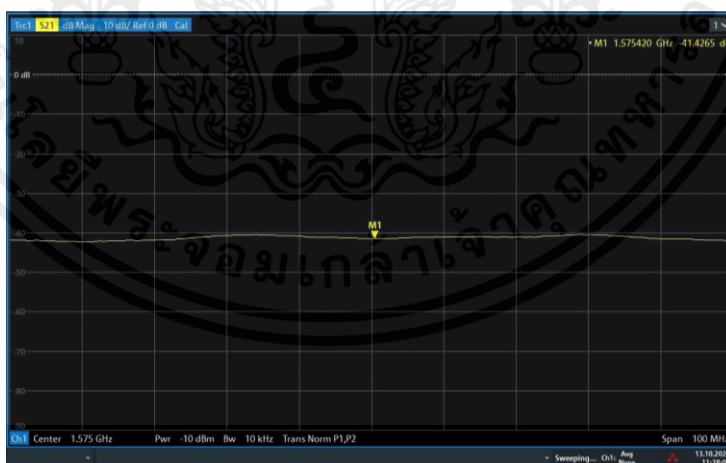
$$P_{rx} - P_{tx} = 2G + 20 \log \left(\frac{c}{4\pi D_r f} \right) \quad (4.2)$$

โดยที่	P_{rx}	คือกำลังงานที่รับได้
	P_{tx}	คือกำลังงานส่ง
	G_{tx}	คืออัตราขยายของสายอากาศด้านส่ง
	G_{rx}	คืออัตราขยายของสายอากาศด้านรับ
	c	คือความเร็วแสง
	D_r	คือระยะห่างระหว่างสายอากาศส่งและรับ
	f	คือความถี่ที่พิจารณา

เมื่อทำการทดลองตั้งสายอากาศ Directional Antenna ชนิดเดียวกันให้เป็นทั้งภาคส่ง และภาครับสัญญาณ โดยมีระยะห่างของสายอากาศทั้งสองอยู่ที่ 145 เซนติเมตรหรือ 1.45 เมตร ให้อยู่ในระนาบเดียวกันดังรูปที่ 4.1 และตั้งค่าเครื่อง Network Analyzer ให้เป็นโหมดทดสอบ S21 โดยจะเป็นการบ่งบอกประสิทธิภาพของการส่งผ่านสัญญาณจากขาเข้าที่พอร์ต 1 ไปยังขาออกที่พอร์ต 2 ของอุปกรณ์ และกำหนดค่าความถี่กลางในเครื่อง Network Analyzer ให้มีค่าอยู่ที่ย่านความถี่ L1 ซึ่งมีความถี่ที่ 1575.42 MHz เพื่อวัดค่าอัตราส่วนกำลังงานด้านรับต่อกำลังงานด้านส่ง ($P_{rx} - P_{tx}$) และปรับ Span เป็น 100.00 MHz เพื่อให้เห็นกราฟสเปกตรัมชัดเจนนมากยิ่งขึ้นดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.1 การทดลองวัดค่าอัตราขยายสายอากาศด้วยเครื่อง Network Analyzer



รูปที่ 4.2 กราฟผลต่างของกำลังงานด้านรับและกำลังงานด้านส่งของสายอากาศ Directional

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

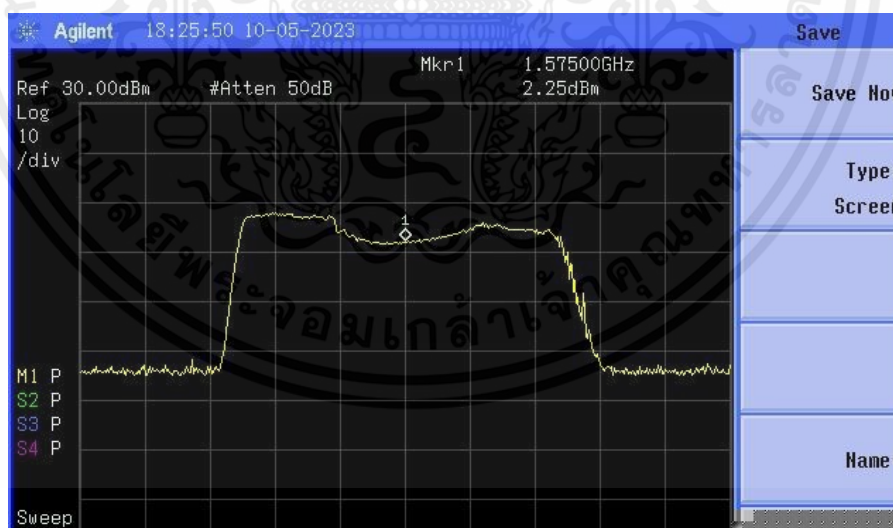
จากรูปที่ 4.2 เมื่อทำการปรับค่าต่าง ๆ บนเครื่อง Network Analyzer และนำ Marker 1 มาไว้ที่ค่าความถี่กลางเพื่อวัดค่าผลต่างของกำลังงานด้านรับและกำลังงานด้านส่ง ($P_{rx} - P_{tx}$) โดยจะสามารถอ่านค่าได้ที่ -41.4245 เดซิเบลวัตต์ และนำค่าดังกล่าวที่อ่านได้ไปใช้ในการคำนวณเพื่อหาค่าอัตรายายของสายอากาศ Directional Antenna จากสมการที่ 4.2 ซึ่งสามารถคำนวณออกมาได้ -0.39 เดซิเบลไอโซโทรปิก

4.1.2 การทดสอบวัดค่ากำลังและอัตรายายเครื่องส่งสัญญาณรบกวนชนิด

SMA Type Jammer

4.1.2.1. การทดสอบวัดค่ากำลังเครื่องส่งสัญญาณรบกวนด้วยเครื่อง Spectrum Analyzer

เมื่อทำการเปิดเครื่องส่งสัญญาณรบกวนชนิด SMA Type Jammer และปรับค่าความถี่กลางในเครื่อง Spectrum Analyzer ให้มีค่าอยู่ที่ย่านความถี่ L1 ซึ่งมีความถี่ที่ 1575.42 MHz เพื่อวัดค่ากำลังของเครื่องส่ง เนื่องจากเป็นค่าความถี่ที่ใช้สำหรับเครื่องส่งสัญญาณรบกวนชนิด SMA Type Jammer ซึ่งกราฟที่แสดงนั้นจะเห็นกราฟสเปกตรัมได้ละเอียดไม่มากพอ ดังนั้นจึงต้องตั้งค่า Attenuation เป็น 50 เดซิเบลและ Span เป็น 100.00 MHz เพื่อให้เห็นกราฟสเปกตรัมชัดเจนมากยิ่งขึ้นดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 กราฟกำลังเครื่องส่งสัญญาณรบกวนชนิด SMA Type Jammer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.3 เมื่อทำการปรับค่าต่าง ๆ บนเครื่อง Spectrum Analyzer และ นำ Marker 1 มาไว้ที่ค่าความถี่กลางเพื่อวัดค่ากำลังของเครื่องส่งสัญญาณรบกวนชนิด SMA Type Jammer โดยจะสามารถอ่านค่าได้ที่ 2.25 เดซิเบลมิลลิวัตต์ หรือ -27.75 เดซิเบลวัตต์

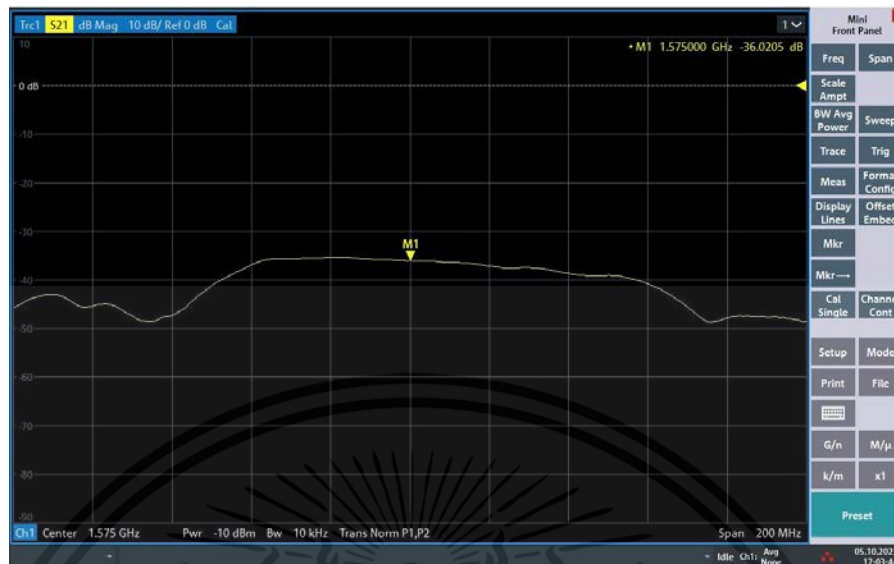
4.1.2.2. การทดสอบวัดค่าอัตราขยายเครื่องส่งสัญญาณรบกวนด้วยเครื่อง Network Analyzer

ในการวัดค่าอัตราขยายเครื่องส่งสัญญาณรบกวนชนิด SMA Type Jammer ด้วยเครื่อง Network Analyzer สามารถวัดค่าดังกล่าวได้เช่นเดียวกันกับการทดสอบที่ 4.1.1 โดยมี ระยะห่างของสายอากาศทั้งสองอยู่ที่ 70 เซนติเมตรหรือ 0.70 เมตรให้อยู่ในระนาบเดียวกันดังรูปที่ 4.4 และตั้งค่าเครื่อง Network Analyzer ให้เป็นโหมดทดสอบ S21 กำหนดค่าความถี่กลางในเครื่อง Network Analyzer ให้มีค่าอยู่ที่ย่านความถี่ L1 ซึ่งมีความถี่ที่ 1575.42 MHz เพื่อวัดค่าผลต่างของ กำลังงานด้านรับและกำลังงานด้านส่ง ($P_{rx} - P_{tx}$) และปรับค่า Span เป็น 200.00 MHz เพื่อให้เห็น กราฟสเปกตรัมชัดเจนมากยิ่งขึ้นดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.4 การทดลองวัดค่าอัตราขยายเครื่องส่งสัญญาณรบกวนด้วยเครื่อง Network Analyzer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 กราฟผลต่างของกำลังงานด้านรับและกำลังงานด้านส่งของ
เครื่องส่งสัญญาณรบกวนชนิด SMA Type Jammer

จากรูปที่ 4.5 เมื่อทำการปรับค่าต่าง ๆ บนเครื่อง Network Analyzer และนำ Marker 1 มาไว้ที่ค่าความถี่กลางเพื่อวัดค่าผลต่างของกำลังงานด้านรับและกำลังงานด้านส่ง ($P_{rx} - P_{tx}$) โดยจะสามารถอ่านค่าได้ที่ -36.0205 เดซิเบลวัตต์ และนำค่าดังกล่าวที่อ่านได้ไปใช้ในการคำนวณเพื่อหาค่าอัตราขยายของเครื่องส่งสัญญาณรบกวนชนิด SMA Type Jammer จากสมการที่ 4.2 ซึ่งสามารถคำนวณออกมาได้ -1.36 เดซิเบลไอโซโทรปิก

4.1.3 การทดสอบวัดค่ากำลังและอัตราขยายเครื่องส่งสัญญาณรบกวนชนิด USB GPS Jammer

4.1.3.1. การทดสอบวัดค่ากำลังส่งและอัตราขยายของเครื่องส่งสัญญาณรบกวนด้วยเครื่อง Spectrum Analyzer

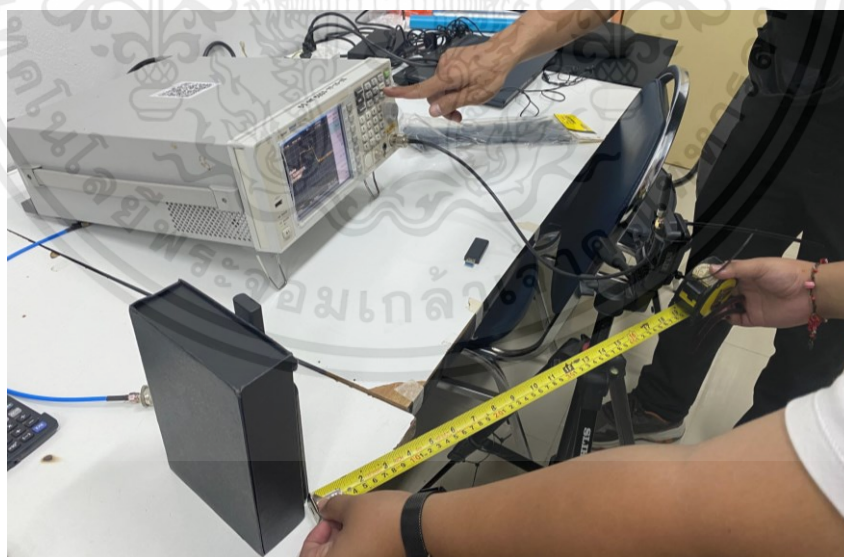
ในการวัดหาค่ากำลังส่งและอัตราขยายของเครื่องส่งสัญญาณรบกวนชนิด USB GPS Jammer นั้นไม่สามารถทดลองเพื่อคำนวณหาค่ากำลังส่งและอัตราขยายของเครื่องส่งแยกกันได้ เนื่องจากอุปกรณ์รบกวนสัญญาณชนิดนี้เป็นอุปกรณ์ที่มีสายอากาศอยู่ในตัว ดังนั้นจึงสามารถคำนวณหาค่ากำลังส่งและอัตราขยายของเครื่องส่งสัญญาณรบกวนได้จากสมการที่ 4.3

$$P_{tx} + G_{tx} - L_c = P_{rx} - G_{rx} - 20 \log \left(\frac{c}{4\pi D_r f} \right) \quad (4.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

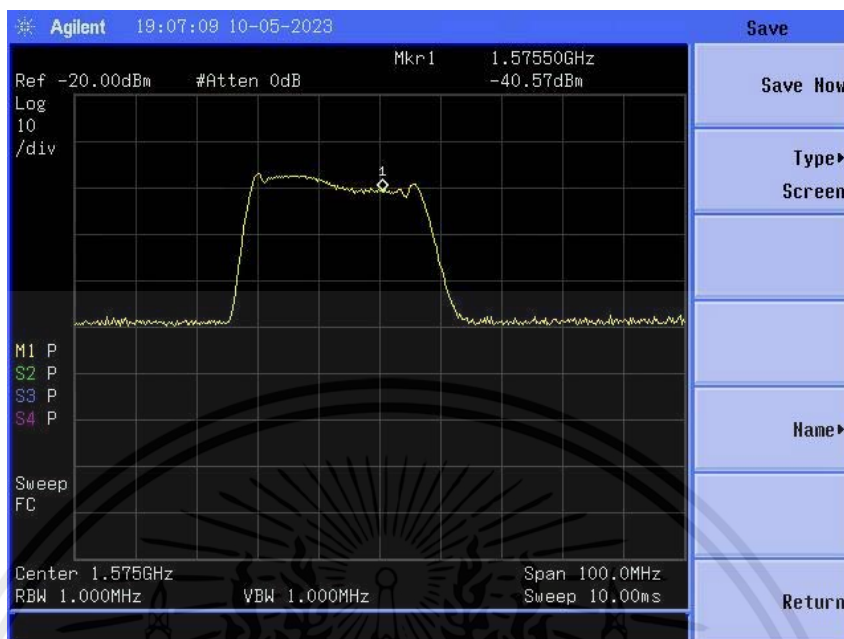
โดยที่	P_{rx}	คือกำลังงานที่รับได้
	P_{tx}	คือกำลังงานส่ง
	G_{tx}	คืออัตราขยายของสายอากาศด้านส่ง
	G_{rx}	คืออัตราขยายของสายอากาศด้านรับ
	c	คือความเร็วแสง
	D_r	คือระยะห่างระหว่างสายอากาศส่งและรับ
	f	คือความถี่ที่พิจารณา
	L_c	คือค่าการสูญเสียของสายอากาศ

จากสมการที่ 4.3 คณะผู้จัดทำได้ออกแบบการทดลองโดยใช้สายอากาศของเครื่องส่งสัญญาณรบกวนชนิด SMA Type Jammer เป็นอุปกรณ์ภาครับ เนื่องจากค่าอัตราขยายของเครื่องส่งนั้นเป็นตัวแปรที่ทราบค่าจากการทดลองที่ 4.1.2.1 และใช้เครื่องส่งสัญญาณรบกวนชนิด USB GPS Jammer เป็นอุปกรณ์ภาคส่ง โดยทำการทดลองให้มีระยะห่างของสายอากาศทั้งสองอยู่ที่ 44 เซนติเมตรหรือ 0.44 เมตรและอยู่ในระนาบเดียวกันดังรูปที่ 4.6 หลังจากนั้นทำการตั้งค่าความถี่กลางของเครื่อง Spectrum Analyzer ให้มีค่าอยู่ที่ย่านความถี่ L1 ซึ่งมีความถี่ที่ 1575.42 MHz เพื่อวัดค่ากำลังของภาครับ โดยปรับค่า Attenuation เป็น 0 เดซิเบลและ Span เป็น 100.00 MHz เพื่อให้เห็นกราฟสเปกตรัมชัดเจนมากยิ่งขึ้นดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.6 การทดลองวัดค่ากำลังส่งและอัตราขยายของเครื่องส่งสัญญาณรบกวนด้วยเครื่อง Spectrum Analyzer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 กราฟกำลังส่งและอัตราขยายของเครื่องส่งสัญญาณรบกวนด้วยเครื่อง Spectrum Analyzer ของเครื่องส่งของสัญญาณรบกวนชนิด USB GPS Jammer

จากรูปที่ 4.7 เมื่อทำการปรับค่าต่าง ๆ บนเครื่อง Spectrum Analyzer และนำ Marker 1 มาไว้ที่ค่าความถี่กลางเพื่อวัดค่ากำลังของภาครับ โดยจะสามารถอ่านค่าได้ที่ -40.57 เดซิเบลมิลลิวัตต์ หรือ -10.57 เดซิเบลวัตต์ และเมื่อนำค่าดังกล่าวไปคำนวณในสมการที่ 4.3 โดยกำหนดค่าการสูญเสียของสายอากาศเป็น 0 เดซิเบล เพื่อหาค่าผลรวมของกำลังเครื่องส่ง ค่าการสูญเสียที่เกิดจากสายนำสัญญาณระหว่างภาคส่งถึงภาครับ และค่าอัตราขยายของเครื่องส่งหรือกำลังส่งออกจากสายอากาศทางด้านส่ง (EIRP) ซึ่งสามารถคำนวณออกมาได้ 20.05 เดซิเบลวัตต์

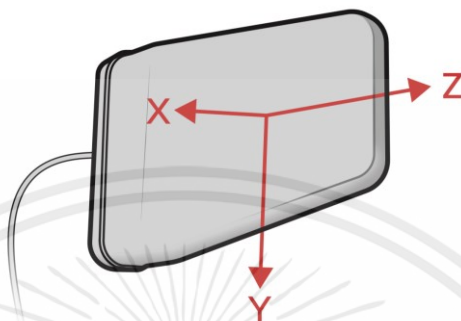
4.2 การทดสอบการทำงานของระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนจีเอ็นเอสเอสตามระดับอาร์เอฟไอ

4.2.1 การวิเคราะห์รูปแบบการทำงานของสายอากาศ Directional Antenna สายอากาศกลางแจ้ง 800 – 2700 MHz จากผลการทดสอบสายอากาศ

เนื่องจากสายอากาศมีช่วงความถี่ไม่ตรงกับความต้องการใช้งานที่ต้องการจะตรวจจับสัญญาณรบกวนจีพีเอสในย่านความถี่ L1 (1575.42 MHz) L2 (1227.6 MHz) และ L5 (1176.45 MHz) จึงต้องมีการนำสายอากาศไปทดสอบการใช้งานรับสัญญาณในย่านความถี่ดังกล่าว และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์ผลการทดสอบกำลังสัญญาณในระนาบ XZ และระนาบ YZ ของแต่ละย่านความถี่เพื่อนำมาสร้างเป็น Radiation Pattern และหามุมของ Half Power Beam Width (HPBW) โดยระนาบ XZ และระนาบ YZ จะเป็นดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 ระนาบของสายอากาศที่ใช้ในการทดสอบสายอากาศ

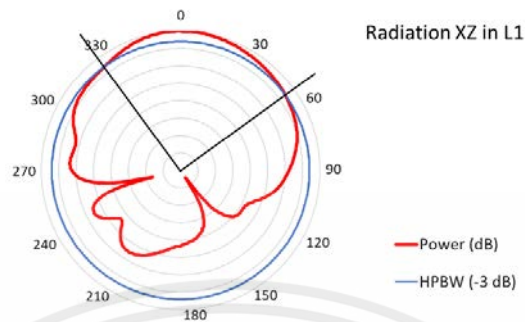
สำหรับการวิเคราะห์คุณสมบัติสายอากาศ จะต้องนำข้อมูลแต่ละระนาบของแต่ละย่านความถี่มาทำการปรับช่วงขอบเขตของข้อมูลให้อยู่ในช่วงเดียวกัน (Normalization) จึงจะนำมาสร้าง Radiation Pattern จากนั้นจะหาช่วงองศาที่ค่าของกำลังสัญญาณมีค่ามากกว่า -3 เดซิเบล ช่วงองศานั้นจะเป็นมุม Half Power Beam Width (HPBW) ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ขนาดมุม Half Power Beam Width ของความถี่จีพีเอสบนระนาบ XZ และ YZ

ระนาบ	มุม HPBW ในแต่ละความถี่ 1575.42 MHz (องศา)
ระนาบ XZ	88.878
ระนาบ YZ	53.865

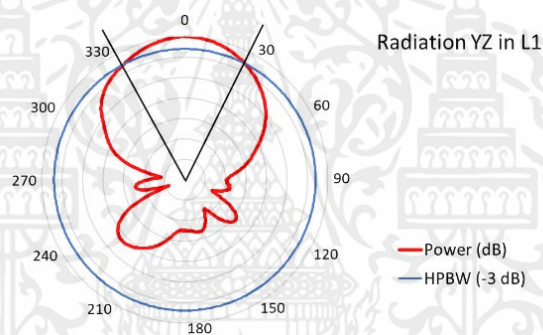
จากตารางที่ 4.1 สามารถบอกได้ว่าสายอากาศที่ทิศทางการแพร่กระจายคลื่นไปด้านหน้า โดยมีขนาดความกว้างของบีมของแต่ละระนาบของแต่ละความถี่อยู่ระหว่าง 50 - 90 องศา ซึ่งจะได้เป็นรูป Radiation Pattern ของแต่ละย่านความถี่ดังรูปที่ 4.9 - 4.10

1) ย่านความถี่ L1 (1575.42 MHz) บนระนาบ XZ



รูปที่ 4.9 Radiation Pattern ที่ความถี่ 1575.42 MHz บนระนาบ XZ

2) ย่านความถี่ L1 (1575.42 MHz) บนระนาบ YZ



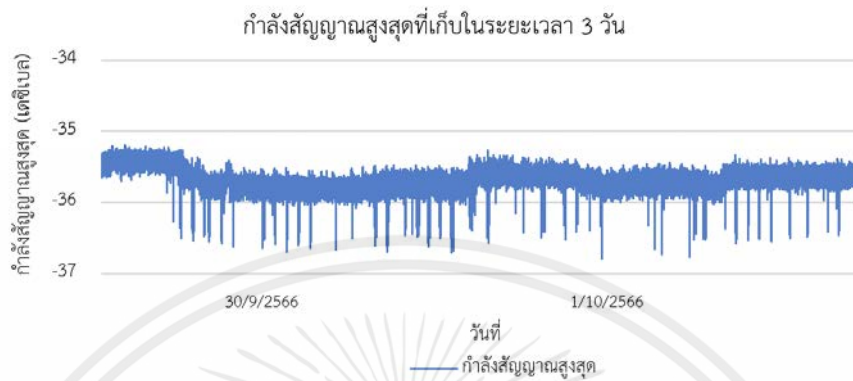
รูปที่ 4.10 Radiation Pattern ที่ความถี่ 1575.42 MHz บนระนาบ YZ

จากรูปที่ 4.9 - 4.10 สามารถสรุปได้ว่าสายอากาศมีบีมไปในทิศทางด้านหน้า (พุ่งไปทางแกน Z ของสายอากาศตามรูปที่ 4.9) โดยมีขนาดของบีมอยู่ระหว่าง 50 - 90 องศา ในย่านความถี่ของจีพีเอสซึ่งสามารถนำสายอากาศนี้มาใช้งานได้

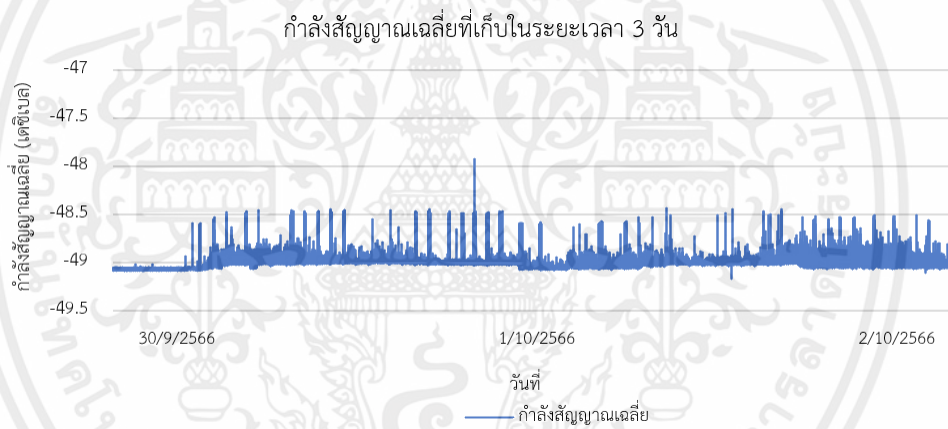
4.2.2 การทดสอบเพื่อวัดความเปลี่ยนแปลงในแต่ละพารามิเตอร์

เนื่องจากสภาพแวดล้อมโดยรอบอาจส่งผลต่อค่าพารามิเตอร์ที่รับมา เช่น สภาพอากาศ ฝนตก จึงได้ทำการเก็บข้อมูลเพื่อดูความแปรผันของค่าที่รับมาว่ามีค่าเปลี่ยนแปลงไปมากน้อยเท่าใด ในระยะเวลา 3 วัน โดยทดสอบในวันที่มีฝนตกและเป็นช่วงที่มีพายุ ซึ่งทำการรับค่ากำลังสัญญาณเฉลี่ยและกำลังสัญญาณสูงสุดด้วยสายอากาศ Directional Antenna ร่วมกับ RTL-SDR Dongle จะ

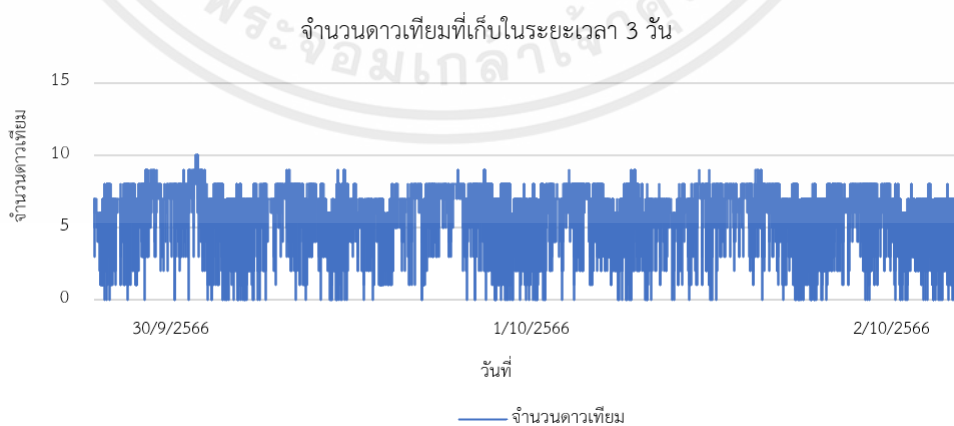
ได้ผลการทดสอบดังรูปที่ 4.11 และรูปที่ 4.12 และทำการรับค่าจำนวนดาวเทียมและค่า CNR ด้วยสายอากาศ AN-105L-GNSS จะได้ผลการทดสอบดังรูปที่ 4.13 และรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงค่ากำลังสัญญาณสูงสุดเทียบกับวันที่ในการเก็บข้อมูลเป็นเวลา 3 วัน

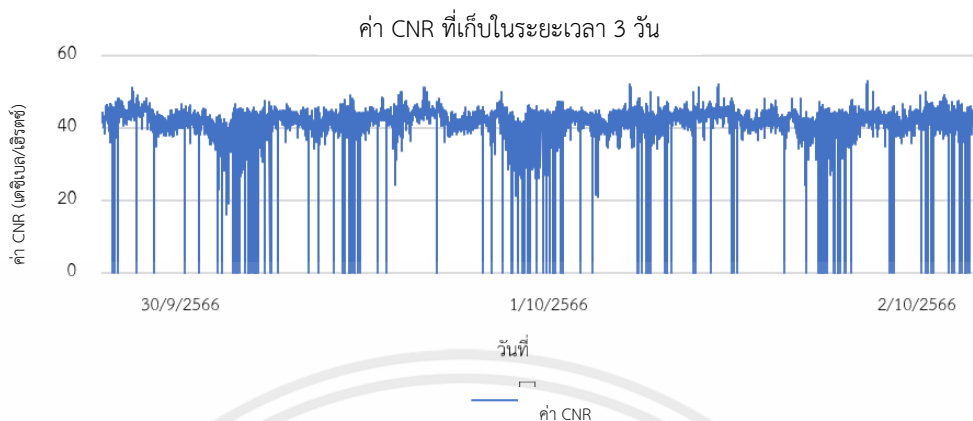


รูปที่ 4.12 กราฟแสดงค่ากำลังสัญญาณเฉลี่ยเทียบกับวันที่ในการเก็บข้อมูลเป็นเวลา 3 วัน



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงจำนวนดาวเทียมเทียบกับวันที่ในการเก็บข้อมูลเป็นเวลา 3 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 กราฟแสดงค่า CNR เทียบกับวันที่ในการเก็บข้อมูลเป็นเวลา 3 วัน

จากในรูปที่ 4.11 - 4.14 นี้ จะสามารถวิเคราะห์ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลพารามิเตอร์ของแต่ละตัวจะได้เป็นดังตารางที่ 4.2

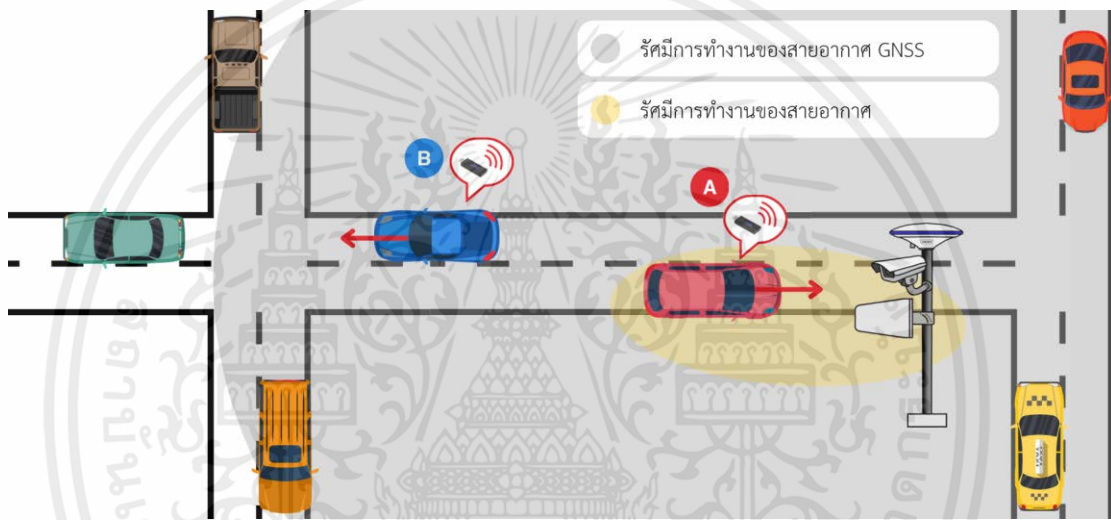
ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลของค่าพารามิเตอร์จากการเก็บข้อมูลเป็นเวลา 3 วัน

ข้อมูล	กำลังสัญญาณสูงสุด (เดซิเบล)	กำลังสัญญาณเฉลี่ย (เดซิเบล)	CNR (เดซิเบล)	จำนวนดาวเทียมค่า
ค่าสูงสุด	-35.201358	-47.923593	53	10
ค่าต่ำสุด	-36.796870	-49.168789	0	0
ค่าเฉลี่ย	-35.675301	-49.005996	41.096338	7.024384
ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	0.137481	0.050113	5.992697	1.418042

จากตารางที่ 4.2 สำหรับค่ากำลังสัญญาณสูงสุดและค่ากำลังสัญญาณเฉลี่ยมีการเปลี่ยนแปลงไม่เกิน 1 เดซิเบล และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยมาก แต่สำหรับค่าจำนวนดาวเทียมและค่า CNR จะพบว่าค่าที่เป็น 0 ทั้งสองค่าอยู่หลายช่วง ซึ่งจากการทดสอบนั้นพบว่าเป็นค่าความผิดพลาดที่เกิดจากอุปกรณ์ NEO-M8T-0 U-blox GNSS ซึ่งได้มีการแก้ไขในสคริปต์ไพธอนเพื่อป้องกันข้อผิดพลาดด้วยการตรวจสอบค่าก่อนหน้าจำนวน 5 ครั้งว่ามีค่าสัญญาณผิดปกติหรือไม่ หากไม่มีจะถือว่าค่า 0 นี้เป็นค่าผิดพลาด และถ้าหากไม่ได้พิจารณาที่ข้อมูลผิดพลาดที่เกิดขึ้นคณะผู้จัดทำจึงสรุปได้ว่าไม่จำเป็นต้องมีการทำให้ระบบต้องมีการเปลี่ยนแปลงเกณฑ์การตัดสินใจไปตามสภาพแวดล้อม

4.2.3 การทดสอบความพร้อมใช้งานของระบบตรวจจับสัญญาณรบกวน

จากหัวข้อที่ 3.1.1 การออกแบบระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนจีเอ็นเอสเอสที่แบ่งการรบกวนเป็นกรณี A ที่อุปกรณ์รบกวนสัญญาณผ่านทั้งบริเวณที่สายอากาศ AN-105L-GNSS และสายอากาศ Directional ตรวจจับได้ และกรณี B ที่อุปกรณ์รบกวนสัญญาณผ่านแค่บริเวณที่สายอากาศ AN-105L-GNSS ตรวจจับได้ดังรูปที่ 4.15 ซึ่งเป็นการทดสอบบนถนนของซอยฉลองกรุง 1 ซ้างติภาควิชาโทรคมนาคม ดังรูปที่ 4.16 โดยมีกระบวนการทดสอบที่ต่างกัน และมีการแสดงผลลัพธ์ที่ไม่เหมือนกันจึงแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ส่วน



รูปที่ 4.15 การจำลองทดสอบการใช้งานของระบบตรวจจับสัญญาณรบกวน

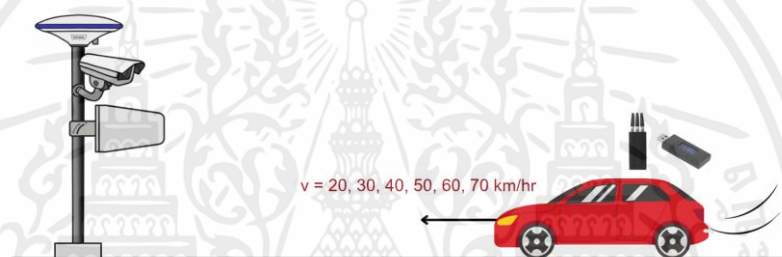


รูปที่ 4.16 บริเวณที่ติดตั้งเสาเพื่อทดสอบการใช้งานของระบบตรวจจับสัญญาณรบกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3.1 การทดสอบการใช้งานเมื่ออุปกรณ์รบกวนสัญญาณเคลื่อนที่ผ่านทั้งบริเวณที่สายอากาศ AN-105L-GNSS และสายอากาศ Directional ตรวจจับได้

เป็นการทดสอบว่าระบบสามารถตรวจจับการรบกวนจากอุปกรณ์รบกวนสัญญาณในกรณี A รูปที่ 4.15 ขณะรถเคลื่อนที่ผ่านจุดติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณรบกวนนี้ได้หรือไม่ และดูผลการตัดสินชนิดของอุปกรณ์รบกวนสัญญาณที่มาจากการประมวลผลด้วยเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ว่าถูกต้องหรือไม่ และดูระดับการรบกวน RFI Level ของการรบกวนที่ตรวจจับได้ โดยจะทำการทดสอบด้วยอุปกรณ์รบกวนสัญญาณทั้ง 2 ชนิด อันได้แก่ SMA Type Jammer และ USB GPS Jammer เมื่ออุปกรณ์รบกวนสัญญาณเคลื่อนที่ในความเร็ว 20 - 70 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามภาพการทดลองดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 ภาพทดสอบการใช้งานของระบบตรวจจับสัญญาณรบกวน

จากรูปที่ 4.17 เป็นการทดสอบด้วยอุปกรณ์รบกวนสัญญาณทีละชนิดด้วยทั้ง 6 ความเร็วที่ต่างกันซึ่งแสดงเป็นผลการทดสอบได้ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลทดสอบระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนเมื่ออุปกรณ์รบกวนสัญญาณเคลื่อนที่ผ่านทั้งบริเวณที่สายอากาศ AN-105L-GNSS และสายอากาศ Directional ตรวจจับได้

ความเร็ว (กิโลเมตร/ ชั่วโมง)	ความสามารถในการตรวจจับการรบกวน	ความถูกต้องในการแยกประเภทอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ	RFI Level	ความสามารถในการถ่ายภาพรถต้องสงสัย
20	ตรวจจับได้	ถูกต้องทั้ง 2 ประเภท	Yellow	ถ่ายภาพได้
30	ตรวจจับได้	ถูกต้องทั้ง 2 ประเภท	Red	ถ่ายภาพได้
40	ตรวจจับได้	ถูกต้องทั้ง 2 ประเภท	Yellow	ถ่ายภาพได้
50	ตรวจจับได้	ถูกต้องทั้ง 2 ประเภท	Yellow	ถ่ายภาพได้
60	ตรวจจับได้	ถูกต้องทั้ง 2 ประเภท	Yellow	ถ่ายภาพได้
70	ตรวจจับได้	ถูกต้องทั้ง 2 ประเภท	Yellow	ถ่ายภาพได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.3 เป็นการทดสอบด้วยอุปกรณ์รบกวนทั้งสองชนิด และในทุกความเร็วที่ทดสอบ ระบบสามารถตรวจจับการรบกวนสัญญาณได้ทัน นอกจากนี้ยังพบว่าเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์สามารถแยกประเภทอุปกรณ์รบกวนสัญญาณได้อย่างถูกต้องทั้งการรบกวนด้วย SMA Type Jammer และ USB GPS Jammer และจากการทดสอบบอกได้ว่าหากอุปกรณ์รบกวนสัญญาณมีการเคลื่อนที่เร็ว จะส่งผลกระทบต่อในการรบกวนสัญญาณน้อย นั่นคือในความเร็ว 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง บอกได้ว่าเป็นการรบกวนในระดับสีเหลือง แต่ในความเร็ว 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง บอกได้ว่าเป็นการรบกวนในระดับสีแดงโดยที่ใช้ตัวรบกวนสัญญาณแบบเดิม

นอกจากนี้ในการทดสอบระบบนั้น พบว่าระบบสามารถส่งการแจ้งเตือนไปยัง Line Notify ได้อย่างถูกต้อง และระบบยังส่งข้อมูลการรบกวนสัญญาณและรูปภาพไปยังฐานข้อมูลและไฟล์เซิร์ฟเวอร์ได้อย่างถูกต้อง ซึ่งสามารถแสดงรูปภาพของการตรวจจับรถต้องสงสัยในความเร็ว 20 – 70 กิโลเมตรต่อชั่วโมงได้ดังรูปที่ 4.18 – 4.23 ตามลำดับ

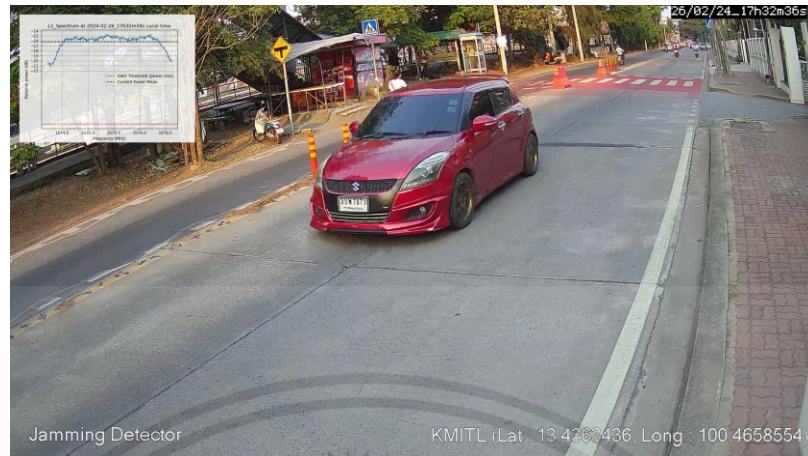


รูปที่ 4.18 ภาพการทดสอบระบบเมื่อรถเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง



รูปที่ 4.19 ภาพการทดสอบระบบเมื่อรถเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.20 ภาพการทดสอบระบบเมื่อรถเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

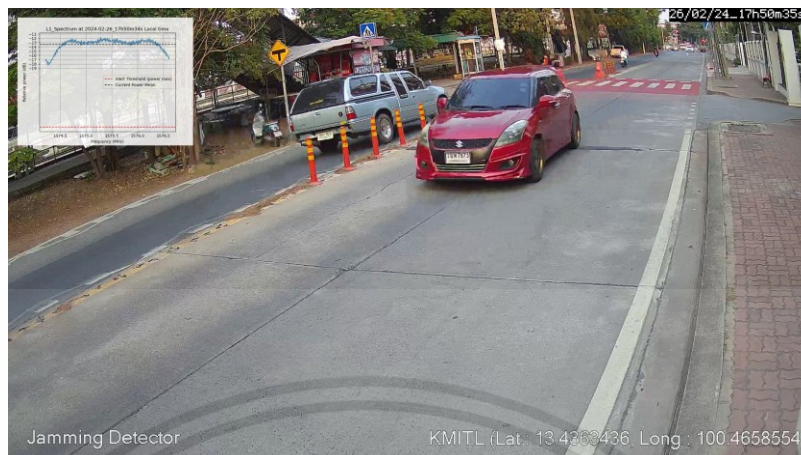


รูปที่ 4.21 ภาพการทดสอบระบบเมื่อรถเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง



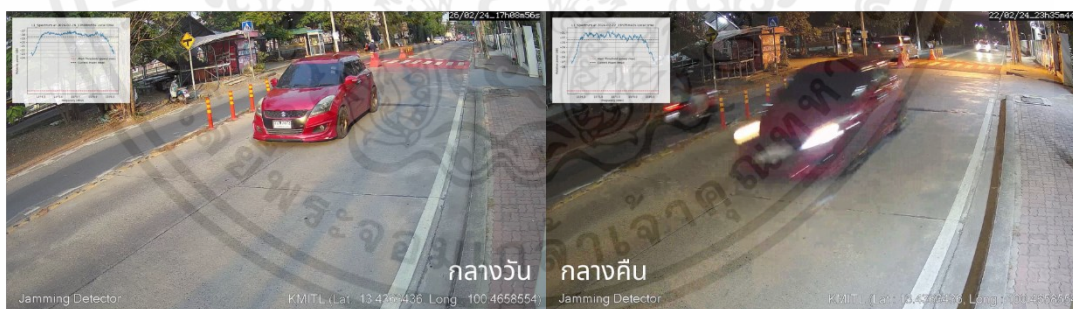
รูปที่ 4.22 ภาพการทดสอบระบบเมื่อรถเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.23 ภาพการทดสอบระบบเมื่อรถเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 70 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

จากรูปที่ 4.18 – 4.23 จะเห็นได้ว่าระบบสามารถถ่ายภาพรถที่มีอุปกรณ์รบกวนสัญญาณไว้ได้อย่างถูกต้อง รวมถึงในภาพนั้นจะแสดงกราฟสเปกตรัมของการรบกวนที่มีค่ากำลังสัญญาณผิดปกติมากที่สุดอยู่ด้วย ซึ่งในการทดสอบแต่ละความเร็วจะเห็นได้ว่ารถอยู่ในระยะห่างที่ต่างกัน และเมื่อทดสอบในเวลากลางวันจะได้ภาพจากกล้องวงจรปิดไอพีที่มีความคมชัดมากกว่าการทดสอบในเวลากลางคืน จึงสรุปได้ว่ากล้องวงจรปิดไอพีมีประสิทธิภาพเหมาะกับการนำมาใช้งานในตอนกลางวันมากกว่าตอนกลางคืนดังรูปที่ 4.24 ซึ่งเป็นการทดสอบระบบเมื่อรถเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมงในเวลากลางวันและกลางคืน



รูปที่ 4.24 ภาพการทดสอบระบบเมื่อรถเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
ในเวลากลางวันและกลางคืน

4.2.3.2. การทดสอบการใช้งานเมื่ออุปกรณ์รบกวนสัญญาณเคลื่อนที่ผ่านเพียงบริเวณที่สายอากาศ AN-105L-GNSS

เป็นการทดสอบว่าระบบสามารถตรวจจับการรบกวนจากอุปกรณ์รบกวนสัญญาณภายในรถขณะเคลื่อนที่รอบจุดติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณรบกวนนี้ได้หรือไม่ นั่นคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดสอบในบริเวณที่ไกลเกินกว่าที่สายอากาศ Directional จะตรวจจับได้ดังรูปที่ 4.15 และดูระดับการรบกวน RFI Level ของการรบกวนที่ตรวจจับได้ โดยจะทำการทดสอบด้วยอุปกรณ์รบกวนสัญญาณทั้ง 2 ชนิด อันได้แก่ SMA Type Jammer และ USB GPS Jammer เมื่ออุปกรณ์รบกวนสัญญาณมีการปล่อยสัญญาณรบกวนเกินกว่า 10 วินาที ก็จะมีการปล่อยสัญญาณน้อยกว่า 10 วินาที ซึ่งได้ผลการทดสอบตามตารางที่ 4.4

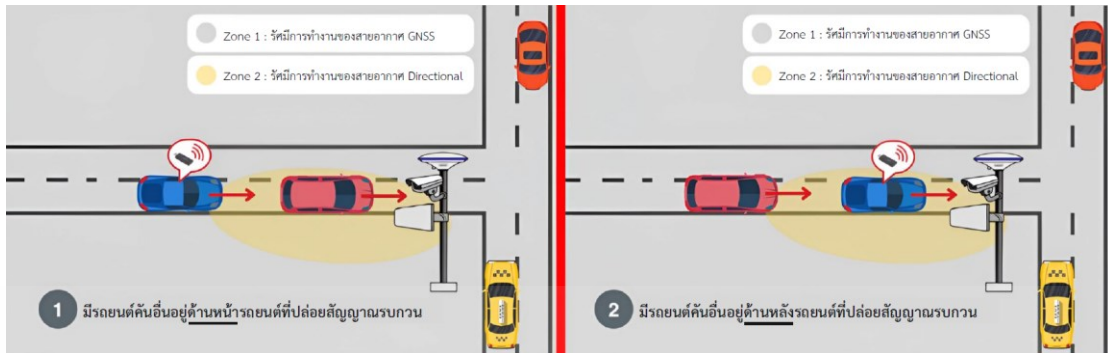
ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบระบบเมื่ออุปกรณ์รบกวนสัญญาณเคลื่อนที่ผ่านเพียงบริเวณที่สายอากาศ AN-105L-GNSS

ระยะเวลาในการรบกวนสัญญาณ	ความสามารถในการตรวจจับการรบกวน	ผลการระบุประเภทของการรบกวนสัญญาณ	RFI Level
มากกว่า 10 วินาที	ตรวจจับได้	รบกวนแบบเจตนา	Yellow
น้อยกว่า 10 วินาที	ตรวจจับได้	รบกวนแบบไม่เจตนา	Yellow

จากตารางที่ 4.4 ในการทดสอบสามารถบอกได้ว่าระบบมีการทำงานถูกต้องตามความต้องการคือหากมีการรบกวนที่มีเพียงค่า CNR หรือจำนวนดาวเทียมผิดปกติแต่ค่ากำลังสัญญาณปกติ จะไม่มีการดึงภาพจากกล้องวงจรปิดไอพีเนื่องจากเป็นการรบกวนที่อยู่ห่างจากจุดที่ติดตั้งระบบมากเกินไป และถ้ามีการรบกวนมากกว่า 10 วินาทีจะถูกตัดสินว่าเป็นการรบกวนแบบเจตนาอาจหมายความว่ามีการรบกวนสัญญาณอยู่รอบ ๆ บริเวณที่ติดตั้งระบบ แต่ถ้ามีการรบกวนน้อยกว่า 10 วินาที จะถูกตัดสินว่าเป็นการรบกวนแบบไม่เจตนาอาจหมายความว่าค่าที่ผิดปกตินั้นเกิดจากความผิดพลาดของฮาร์ดแวร์หรือมีอุปกรณ์รบกวนสัญญาณอยู่ไกล ๆ

4.2.4 การทดสอบการแสดงผลพร้อมต้องสงสัยของระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนในสถานการณ์ต่าง ๆ

จากหัวข้อที่ 4.2.3.1 เป็นการทดสอบการใช้งานเมื่ออุปกรณ์รบกวนสัญญาณเคลื่อนที่ผ่านทั้งบริเวณที่สายอากาศ AN-105L-GNSS และสายอากาศ Directional ตรวจจับได้ พบว่าระบบสามารถตรวจจับสัญญาณรบกวนที่มีการใช้งานบนรถยนต์ได้รวมถึงมีการแจ้งเตือนและแสดงผลบนเว็บเบราว์เซอร์อย่างถูกต้อง แต่ในการนำระบบไปติดตั้งและใช้งานจริงนั้นการจราจรบนถนนอาจไม่เหมือนในขณะทดลองที่จะมีรถยนต์คันอื่น ๆ อยู่บนถนนด้วย จึงทำการทดลองนี้เพื่อทดสอบว่าระบบสามารถนำภาพของรถต้องสงสัยมาแสดงได้ถูกต้องหรือไม่โดยจะทดสอบใน 2 สถานการณ์ดังรูปที่ 4.25



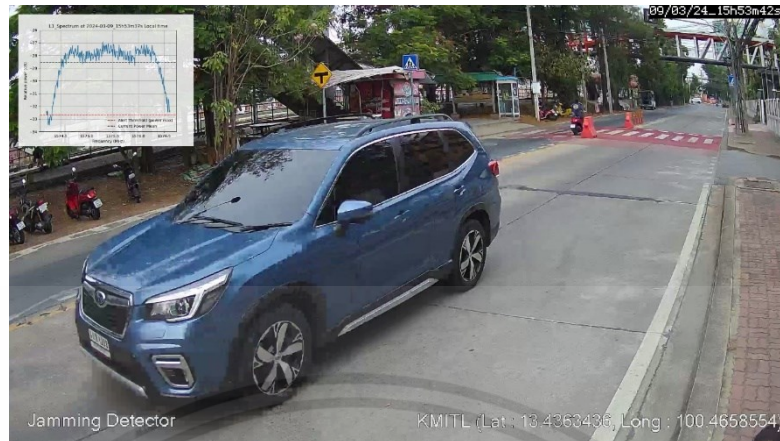
รูปที่ 4.25 การจำลองทดสอบการใช้งานของระบบในสถานการณ์ต่าง ๆ

จากรูปที่ 4.25 ด้านซ้ายเป็นการทดสอบในสถานการณ์ที่มีรถยนต์คันอื่นอยู่ด้านหน้ารถยนต์ที่ปล่อยสัญญาณรบกวนและรูปทางด้านขวาเป็นกรณีที่รถยนต์คันอื่นอยู่ด้านหลังรถยนต์ที่ปล่อยสัญญาณรบกวน โดยทำการทดสอบในบริเวณเดียวกันกับการทดลองในหัวข้อที่ 4.2.3.1 ซึ่งเมื่อทำการทดสอบจะได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 4.5 และแสดงภาพตัวอย่างจากการทดสอบได้ดังรูปที่ 4.26 - 4.29

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบความถูกต้องในการเลือกภาพรถต้องสงสัยของระบบ
 ตรวจจับสัญญาณรบกวนในสถานการณ์ต่าง

สถานการณ์ที่ใช้ทดสอบ	ความถูกต้องของการเลือกภาพรถต้องสงสัย (ครั้งที่)				
	1	2	3	4	5
1. รถยนต์คันอื่นอยู่ด้านหน้ารถยนต์ที่ปล่อยสัญญาณรบกวน	✓	✓	✗	✓	✓
2. รถยนต์คันอื่นอยู่ด้านหลังรถยนต์ที่ปล่อยสัญญาณรบกวน	✓	✓	✓	✗	✓

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.26 ภาพที่แสดงรถต้องสงสัยได้ถูกต้องของสถานการณ์ที่ 1



รูปที่ 4.27 ภาพที่แสดงรถต้องสงสัยไม่ถูกต้องของสถานการณ์ที่ 1



รูปที่ 4.28 ภาพที่แสดงรถต้องสงสัยได้ถูกต้องของสถานการณ์ที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



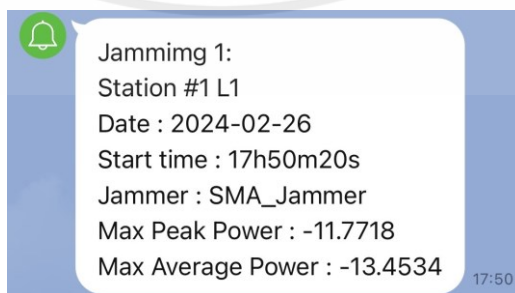
รูปที่ 4.29 ภาพที่แสดงรถต้องสงสัยไม่ถูกต้องของสถานการณ์ที่ 2

จากตารางที่ 4.5 พบว่าในสถานการณ์ที่รถยนต์คันอื่นอยู่ด้านหน้ารถยนต์ที่ปล่อยสัญญาณรบกวนมีการแสดงรูปรถต้องสงสัยที่ผิดพลาดไป 1 ครั้งดังรูปที่ 4.27 ซึ่งสามารถคิดเป็นค่าความแม่นยำของการแสดงภาพรถต้องสงสัยเป็น 80 เปอร์เซ็นต์ และในสถานการณ์ที่รถยนต์คันอื่นอยู่ด้านหน้ารถยนต์ที่ปล่อยสัญญาณรบกวนมีการแสดงรูปรถต้องสงสัยที่ผิดพลาดไป 1 ครั้งเช่นกันดังรูปที่ 4.29 และสามารถคิดเป็นค่าความแม่นยำของการแสดงภาพรถต้องสงสัยเป็น 80 เปอร์เซ็นต์

4.2.5 ผลการทดสอบการแจ้งเตือนผ่าน Line Notify

4.2.5.1 แจ้งเตือนรายละเอียดของการรบกวนสัญญาณ

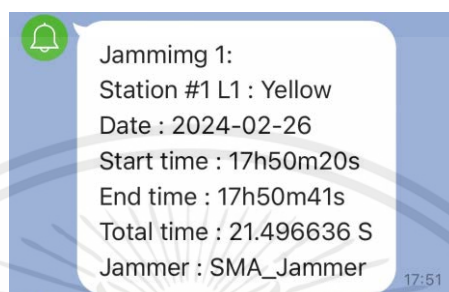
1) แจ้งเตือนเมื่ออุปกรณ์รบกวนสัญญาณเคลื่อนที่ผ่าน การแจ้งเตือนการรบกวนเมื่ออุปกรณ์รบกวนสัญญาณเคลื่อนที่ผ่านสายอากาศ Directional Antenna ไปทางด้านหลังของสายอากาศ ซึ่งเป็นส่วนที่ค่ากำลังสัญญาณกลับมาเป็นปกติ แต่ยังตรวจจับการรบกวนสัญญาณจากข้อมูลจากดาวเทียมได้อยู่ โดยจะแจ้งเตือนตามสถานีและย่านความถี่ ซึ่งจะมีรายละเอียดการแจ้งเตือนการรบกวนสัญญาณดังรูปที่ 4.30



รูปที่ 4.30 ผลการทดสอบการแจ้งเตือนเมื่ออุปกรณ์รบกวนสัญญาณเคลื่อนที่ผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

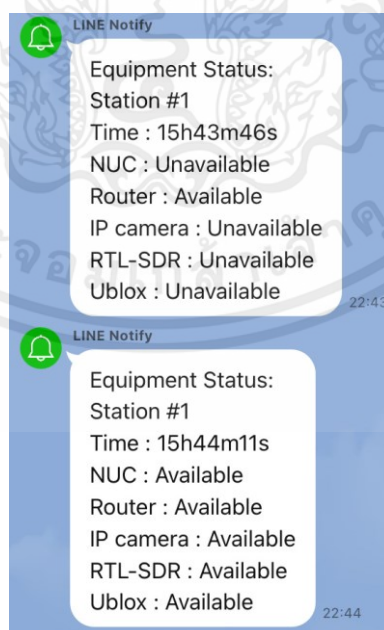
2) แจ้งเตือนเมื่อสิ้นสุดการรบกวนสัญญาณ
การแจ้งเตือนการรบกวนเมื่อพารามิเตอร์ทุกตัวระบุได้ว่าไม่มีการรบกวนแล้ว โดยจะแจ้งเตือนตามสถานีและย่านความถี่ ซึ่งจะมีรายละเอียดการแจ้งเตือนการรบกวนสัญญาณดังรูปที่ 4.31



รูปที่ 4.31 ผลการทดสอบการแจ้งเตือนเมื่อสิ้นสุดการรบกวนสัญญาณ

4.2.5.2 การแจ้งเตือนสถานะการทำงานของอุปกรณ์ภายในระบบ

การแจ้งเตือนสถานะการทำงานของอุปกรณ์ภายในระบบจะเกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสถานะของอุปกรณ์อย่างใดอย่างหนึ่งในระบบ ซึ่งจะแจ้งเตือนเฉพาะครั้งแรกของการเปลี่ยนแปลง โดยอาจแจ้งเตือนเมื่อมีอุปกรณ์ใช้งานไม่ได้ 1 ชิ้น แจ้งเตือนเมื่อมีอุปกรณ์ใช้งานไม่ได้เพิ่มเติมจากเดิม และเมื่ออุปกรณ์กลับมาใช้งานได้ตามปกติดังที่แสดงในรูปที่ 4.32



รูปที่ 4.32 ผลการทดสอบการแจ้งเตือนเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสถานะการทำงานของอุปกรณ์ในระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ระบบฐานจัดเก็บข้อมูล

4.3.1 ระบบฐานข้อมูล MySQL

ระบบฐานจัดเก็บข้อมูลได้ใช้โปรแกรม phpMyAdmin ในการจัดเก็บข้อมูลซึ่งโปรแกรมสามารถจัดการฐานข้อมูล MySQL ได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว โดยไม่จำเป็นต้องเขียนคำสั่ง SQL โดยตรง โดยในการจัดเก็บข้อมูลนี้จะเรียงตามวันเวลาที่ทำการเก็บข้อมูลในการทดสอบ ซึ่งจะสามารถแสดงข้อมูลตารางจัดเก็บข้อมูลได้ดังรูปที่ 4.33 และรูปที่ 4.34

id	Date	NUC	Router	Camera	Dongle	Ublox
1	2023-12-19 16:49:09	Available	Available	Unavailable	Available	Available
2	2023-12-19 16:50:57	Available	Available	Unavailable	Available	Unavailable
3	2024-01-14 17:04:01	Available	Available	Unavailable	Available	Available
4	2024-01-14 17:04:15	Available	Available	Unavailable	Available	Available
5	2024-01-14 14:01:57	Unavailable	Unavailable	Unavailable	Unavailable	Unavailable
6	2024-01-14 14:04:32	Unavailable	Unavailable	Unavailable	Unavailable	Unavailable
7	2024-01-14 14:06:00	Available	Available	Unavailable	Unavailable	Unavailable
8	2024-01-14 14:25:56	Available	Unavailable	Unavailable	Unavailable	Unavailable
9	2024-01-14 14:26:00	Unavailable	Unavailable	Available	Available	Available
10	2024-01-14 14:26:32	Unavailable	Unavailable	Unavailable	Unavailable	Unavailable

รูปที่ 4.33 ผลตัวอย่างตารางข้อมูลที่ถูกรวบรวมใน table ของ Devices ในฐานข้อมูล Station_1

จากรูปที่ 4.33 จะเป็นตารางข้อมูลที่ถูกรวบรวมค่าสถานะการทำงานของอุปกรณ์ในระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนจีเอ็นเอสเอสว่า ณ เวลานั้น ๆ อุปกรณ์ดังกล่าวได้เปิดการใช้งานอยู่หรือไม่ ถ้าหากสถานะของอุปกรณ์ตัวใดตัวหนึ่งมีการเปลี่ยนแปลง ระบบจะทำการส่งสถานะอุปกรณ์ทุกชนิดมาที่ฐานข้อมูล (Available = ทำงาน และ Unavailable = ไม่ทำงาน) โดยข้อมูลนี้จะถูกเรียงตามวันและเวลาที่ถูกรวบรวม









id	Date	Frequency_MHz	Start_Time	End_Time	Total_Time	RFL_Level	Power_Peak_Mean_dB	Power_Average_Mean_dB	Type_of_Device	Avg
1	2023-11-07	1575.42	04h11m55s	04h13m33s	97.7576	Red	-35.5666	-42.2825	SMA_Jammer	0.0
2	2023-11-07	1575.42	04h14m49s	04h15m46s	56.978	Yellow	-28.6894	-30.3266	SMA_Jammer	6.0
3	2023-11-07	1575.42	04h21m25s	04h21m27s	1.97359	Red (Unintentional)	-35.3396	-49.1047	Cannot be specified	2.0
4	2023-11-07	1575.42	04h40m02s	04h41m07s	65.0994	Yellow	-27.2781	-28.9361	SMA_Jammer	7.0
5	2023-11-07	1575.42	04h46m03s	04h46m31s	27.9517	Yellow	-35.3153	-41.833	SMA_Jammer	7.0
6	2023-11-07	1575.42	04h51m19s	04h51m55s	36.6801	Yellow	-23.9451	-25.5112	SMA_Jammer	9.0
7	2023-11-07	1575.42	04h54m41s	04h55m09s	27.9945	Yellow	-34.8709	-48.1525	USB_Jammer	5.0
8	2023-11-07	1575.42	05h00m18s	05h00m49s	31.0181	Red	-32.7966	-47.2252	USB_Jammer	2.0
9	2023-11-07	1575.42	05h02m05s	05h03m11s	66.1392	Red (Intentional)	-35.5431	-49.0776	Cannot be specified	3.0
10	2023-11-07	1575.42	05h09m25s	05h10m08s	43.0359	Red	-21.3989	-45.1534	USB_Jammer	2.0

รูปที่ 4.34 ผลตัวอย่างตารางข้อมูลที่ถูกจัดเก็บใน table ของ L1_Data ในฐานข้อมูล Station_1



จากรูปที่ 4.34 จะเป็นตารางข้อมูลที่ถูกจัดเก็บข้อมูลในย่านความถี่ L1 ซึ่งย่าน L1 นี้มีความถี่ 1575.42 MHz โดยข้อมูลนี้จะถูกเรียงตามวันและเวลาที่ถูกรวบรวม ซึ่งในแต่ละข้อมูลนั้นจะมีการบอกถึงเวลาเริ่มต้น สิ้นสุดที่ถูกรวบรวม สัญญาณ ระดับที่ถูกรวบรวม สัญญาณ ค่ากำลังสัญญาณสูงสุด ค่ากำลังสัญญาณเฉลี่ย ประเภทของอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ ค่าจำนวนดาวเทียมเฉลี่ย ค่า CNR เฉลี่ย ละติจูดและลองจิจูดของตำแหน่งสายอากาศ เวลาที่ใช้ในการดึงรูปภาพสเปกตรัมเพื่อแสดงบนเว็บเบราว์เซอร์ และเวลาที่ใช้ในการดึงรูปจากกล้องวงจรปิดไอพีเพื่อแสดงบนเว็บเบราว์เซอร์

4.3.2 ระบบฐานข้อมูลไฟล์เซิร์ฟเวอร์

ไฟล์เซิร์ฟเวอร์นี้จะเป็นส่วนของการจัดเก็บข้อมูลที่เป็นส่วนของรูปภาพกราฟสเปกตรัมรูปภาพแหล่งที่มาของสัญญาณรบกวน และสำรองข้อมูลรายงาน โดยในการจัดเก็บข้อมูลรูปภาพกราฟสเปกตรัมนี้จะแยกตามระดับที่ถูกรวบรวมสัญญาณซึ่งข้อมูลนั้นจะถูกจัดเก็บอยู่ในโฟลเดอร์วันของแต่ละปีดังรูปที่ 4.35 ในส่วนของสำรองข้อมูลรายงานจะแยกตามชั่วโมงของแต่ละวันดังรูปที่ 4.36 และในการจัดเก็บข้อมูลรูปภาพแหล่งที่มาของสัญญาณรบกวนนี้จะถูกจัดเก็บอยู่ในโฟลเดอร์วันของแต่ละปีดังรูปที่ 4.37

/home/jamming2023/Data/Jamming/Station_3/L1/Spectrum/Yellow/2024/2024-02-08/				
Name	Size	Changed	Rights	Owner
		2/22/2024 10:41:21 PM	rwxr-xr-x	jammin...
 2024-02-08_21h36m24s.png	40 KB	2/8/2024 9:37:03 PM	rwxr-xr-x	jammin...
 2024-02-08_21h52m46s.png	39 KB	2/8/2024 9:53:04 PM	rwxr-xr-x	jammin...
 2024-02-08_22h47m20s.png	41 KB	2/8/2024 10:47:38 PM	rwxr-xr-x	jammin...
 2024-02-08_23h07m58s.png	49 KB	2/8/2024 11:08:24 PM	rwxr-xr-x	jammin...
 2024-02-08_23h27m09s.png	51 KB	2/8/2024 11:27:38 PM	rwxr-xr-x	jammin...
 2024-02-08_23h34m58s.png	48 KB	2/8/2024 11:35:14 PM	rwxr-xr-x	jammin...
 2024-02-08_23h54m23s.png	46 KB	2/8/2024 11:54:47 PM	rwxr-xr-x	jammin...

รูปที่ 4.35 ตัวอย่างข้อมูลที่ถูกจัดเก็บในไฟล์เซิร์ฟเวอร์ของโพลเตอร์ Spectrum

/home/jamming2023/Data/Jamming/Station_3/L1/Report/2024/2024-02-19/14h/				
Name	Size	Changed	Rights	Owner
		2/19/2024 3:00:39 PM	rwxr-xr-x	jammin...
 14h.csv	1 KB	2/19/2024 3:00:36 PM	rwxr-xr-x	jammin...

รูปที่ 4.36 ตัวอย่างข้อมูลที่ถูกจัดเก็บในไฟล์เซิร์ฟเวอร์ของโพลเตอร์ Report

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

/home/jamming2023/Data/Jamming/Station_3/L1/Camera/2024/2024-02-22/

Name	Size	Changed	Rights	Owner
		2/22/2024 10:41:25 PM	rwxr-xr-x	jammin...
2024-02-22_23h02m44s.jpg	443 KB	2/22/2024 11:03:11 PM	rwxr-xr-x	jammin...
2024-02-22_23h17m26s.jpg	535 KB	2/22/2024 11:18:03 PM	rwxr-xr-x	jammin...
2024-02-22_23h22m47s.jpg	514 KB	2/22/2024 11:23:15 PM	rwxr-xr-x	jammin...
2024-02-22_23h35m44s.jpg	458 KB	2/22/2024 11:36:17 PM	rwxr-xr-x	jammin...
2024-02-22_23h46m45s.jpg	483 KB	2/22/2024 11:47:14 PM	rwxr-xr-x	jammin...
2024-02-22_23h57m13s.jpg	492 KB	2/22/2024 11:57:36 PM	rwxr-xr-x	jammin...

รูปที่ 4.37 ตัวอย่างข้อมูลที่ถูกจัดเก็บในไฟล์เซิร์ฟเวอร์ของโพลเดอร์ Camera

4.4 ผลการทดสอบการทำงานของโมเดลจำแนกอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ

ในการทดสอบการทำงานของระบบเพื่อจำแนกอุปกรณ์รบกวนสัญญาณนั้นจะมีการทดสอบโดยใช้ชุดข้อมูลทดสอบค่ากำลังของแต่ละความถี่ของอุปกรณ์ SMA Type Jammer เป็นจำนวน 345 ข้อมูลและข้อมูลค่ากำลังของแต่ละความถี่ของอุปกรณ์ USB GPS Jammer เป็นจำนวน 202 ข้อมูลดังรูปที่ 4.38

รูปที่ 4.38 ชุดข้อมูลทดสอบที่ถูกจัดเก็บอยู่ในรูปแบบไฟล์ .csv

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.1 ผลการทดสอบจำแนกอุปกรณ์รบกวนสัญญาณโดยใช้เทคนิคต่าง ๆ

4.4.1.1. ผลการทดสอบจำแนกอุปกรณ์รบกวนสัญญาณโดยใช้ค่า Threshold

ในการนำค่าเกณฑ์ Threshold มาทำการตัดสินใจแยกอุปกรณ์รบกวน มาประเมินค่าความแม่นยำของโมเดลนี้โดยจะใช้ช่วงของความถี่ที่มีค่ากำลังสัญญาณมากกว่าหรือน้อยกว่าค่ากำลังสัญญาณเฉลี่ยขณะนั้นดังรูปที่ 4.39

```

if len(power_over_mean) > 300 or freq_range > 100:
    type_of_jammer = 'SMA Battery Jammer'
    SMA.append(df.iloc[n_pre].values)
    ground_truth_labels.append('SMA_Jammer')
    # print(SMA)
    Num_SMA_Jammer += 1
else:
    type_of_jammer = 'USB GPS Jammer'
    USB.append(df.iloc[n_pre].values)
    ground_truth_labels.append('USB_Jammer')
    # print(USB)
    Num_USB_Jammer += 1

```

รูปที่ 4.39 โปรแกรมการนำค่าเกณฑ์ Threshold มาทำการจำแนกประเภท

และเมื่อนำข้อมูลส่วนของ Test data มาทำการทดสอบเพื่อประเมินประสิทธิภาพความแม่นยำซึ่งมีค่าเท่ากับ 72.16% ดังรูปที่ 4.40

Classification Report:				
	precision	recall	f1-score	support
SMA_Jammer	1.00	0.69	0.82	497
USB_Jammer	0.24	1.00	0.39	49
accuracy			0.72	546
macro avg	0.62	0.85	0.61	546
weighted avg	0.93	0.72	0.78	546
Test Accuracy: 72.16%				

รูปที่ 4.40 ผลของการเรียนรู้โปรแกรมการนำค่าเกณฑ์ Threshold มาทำการจำแนกประเภท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.1.2. ผลการทดสอบจำแนกอุปกรณ์รบกวนสัญญาณโดยใช้เทคนิค Naïve

Bayes

ในการใช้เทคนิค Naïve Bayes นี้จะประเมินประสิทธิภาพความแม่นยำของโมเดลนี้โดยจะใช้ Cross Validation โดยจะทำการแบ่งออกมาเป็น 10 กลุ่ม ดังรูปที่ 4.41

```

model = GaussianNB()

cvs = cross_val_score(model, X, y, cv=10)
print('cross_val_score {}'.format(cvs.round(3)))

#ค่าความถูกต้องของ modelx
print('mean (%) = {:.3f}'.format(cvs.mean() * 100))

```

Python

```

cross_val_score [0.835 0.798 0.835 0.809 0.828 0.88 0.779 0.82 0.783 0.85 ]
mean (%) = 82.172

```

รูปที่ 4.41 ฟังก์ชันการนำเทคนิค Naïve Bayes มาทำการจำแนกประเภท

โดยผลการประเมินประสิทธิภาพความแม่นยำ 10 ค่า ซึ่งมีการนำไปหาค่าเฉลี่ยต่อได้ค่าความแม่นยำของโมเดล Naïve Bayes เท่ากับ 86.172% และเมื่อนำข้อมูลส่วนของ Test data มาทำการทดสอบเพื่อประเมินประสิทธิภาพความแม่นยำซึ่งมีค่าเท่ากับ 83.65% ดังรูปที่ 4.42

Accuracy Scores: 0.8365				
	precision	recall	f1-score	support
SMA_Jammer	0.82	0.74	0.78	345
USB_Jammer	0.78	0.84	0.81	202
accuracy			0.80	547
macro avg	0.80	0.79	0.79	547
weighted avg	0.80	0.80	0.80	547

รูปที่ 4.42 ผลของการเรียนรู้โปรแกรมการนำเทคนิค Naïve Bayes มาทำการจำแนกประเภท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.1.3. ผลการทดสอบจำแนกอุปกรณ์รบกวนสัญญาณโดยใช้เทคนิค

K-Means Clustering

ในการใช้เทคนิค K-Means Clustering นี้จะประเมินประสิทธิภาพความแม่นยำของโมเดลนี้โดยจะใช้อัลกอริทึม K-Means ซึ่งจะทำการกำหนดโมเดลให้แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ดังรูปที่ 4.43

```
# สร้างแบบจำลอง KMeans กับ 2 กลุ่ม
model = KMeans(n_clusters=2)
y_kmeans = model.fit_predict(X)
df['cluster'] = y_kmeans
```

รูปที่ 4.43 ฟังก์ชันการนำเทคนิค K-Means Clustering มาทำการจำแนกประเภท

จากรูปที่ 4.43 จะแสดงให้เห็นถึงว่าจะได้คอลัมน์ cluster เพิ่มขึ้นมา โดยคอลัมน์นี้จะแสดงเลขกลุ่มที่ระบบจัดให้ ซึ่งผลการประเมินประสิทธิภาพความแม่นยำนั้นด้วย Silhouette score โดย Silhouette Score จะมีค่าตั้งแต่ -1 ถึง 1 โดยค่าสูงที่สุดคือดีที่สุด ซึ่งค่า Silhouette Score สูงแสดงถึงการแบ่งกลุ่มที่ดีและในทางตรงกันข้ามถ้าค่าต่ำมากอาจแสดงถึงว่าข้อมูลไม่เหมาะสมที่จะแบ่งกลุ่ม โดยเมื่อนำข้อมูลส่วนของ Test data มาทำการทดสอบเพื่อประเมินประสิทธิภาพความแม่นยำซึ่งจะมีค่าเท่ากับ 0.739 หรือประมาณ 73.90% ดังรูปที่ 4.44

```
# ดึงข้อมูลที่ไม่ใช่ 'Jammer' สำหรับข้อมูลทดสอบ
X_test = test_df.drop('Jammer', axis=1)
y_test_pred = model.predict(X_test)

# แสดงตัวอย่างผลลัพธ์
test_df['predicted_cluster'] = y_test_pred
# print(test_df.sample(10))

# คำนวณ Silhouette Score สำหรับข้อมูลทดสอบ
silhouette_avg_test = silhouette_score(X_test, y_test_pred)
print(f'Silhouette Score for Test Data: {silhouette_avg_test}')
```

✓ 0.0s
Silhouette Score for Test Data: 0.7389655198963379

รูปที่ 4.44 ผลของการเรียนรู้โปรแกรมการนำเทคนิค K-Means Clustering มาทำการจำแนกประเภท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.1.4. ผลการทดสอบจำแนกอุปกรณ์รบกวนสัญญาณโดยใช้เทคนิค

Cross-correlation

ในการใช้เทคนิค Cross-correlation นี้จะประเมินประสิทธิภาพความแม่นยำของโมเดลนี้โดยจะใช้อัลกอริทึม correlate โดยจะทำการ normalize ข้อมูลสำหรับการฝึกก่อนซึ่งจะมีการหาค่าที่สูงที่สุดและค่าที่ต่ำที่สุดและนำค่าทั้งหมดตไปทำการ normalize ให้อยู่ในช่วง -1 ถึง 1 ก่อนหลังจากนั้นจะนำค่าข้อมูลในการทดสอบมาเข้ากระบวนการ cross-correlation โดยจะต้องทำการ normalize ให้อยู่ในช่วง -1 ถึง 1 ก่อนเช่นกันเพื่อหาค่า cross-correlation ของอุปกรณ์รบกวนสัญญาณทั้ง 2 ซึ่งหาค่า cross-correlation ของอุปกรณ์รบกวนสัญญาณชนิดไหนมีค่ามากกว่าจะตัดสินให้เป็นอุปกรณ์ชนิดนั้นดังรูปที่ 4.45 และหลังจากการนำค่าข้อมูลในการทดสอบทำการทดสอบแล้วสามารถประเมินประสิทธิภาพความแม่นยำซึ่งจะมีค่าเท่ากับ 97.27% ดังรูปที่ 4.46

```
for idx, line in enumerate(f): # เพิ่มตัวแปร idx เพื่อเก็บลำดับของข้อมูล
    values = line.strip().split(',')
    true_label = values[-1]
    true_labels.append(true_label)

    power_X = np.array([float(value) for value in values[:-1]])
    power_X_input.append(power_X)

    normalized_power_X = normalize_signal(power_X, min_data_input, max_data_input)
    normalized_data.append(normalized_power_X)

    corr_SMA = np.correlate(normalized_power_X, normalized_power_SMA, mode='valid')[0]
    corr_USB = np.correlate(normalized_power_X, normalized_power_USB, mode='valid')[0]
    # print("SMA :", corr_SMA)
    # print("USB :", corr_USB)
    predicted_label = 'SMA_Jammer' if corr_SMA > corr_USB else 'USB_Jammer'
    predicted_labels.append(predicted_label)
```

รูปที่ 4.45 ฟังก์ชันการนำเทคนิค Cross-correlation มาทำการจำแนกประเภท

```
from sklearn.metrics import accuracy_score

# Calculate accuracy
accuracy = accuracy_score(true_labels, predicted_labels)

# Print results
print(f'Test Accuracy : {accuracy*100:.2f}%')
✓ 0.0s
Test Accuracy : 97.27%
```

รูปที่ 4.46 ผลของการเรียนรู้โปรแกรมการนำเทคนิค Cross-correlation มาทำการจำแนกประเภท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

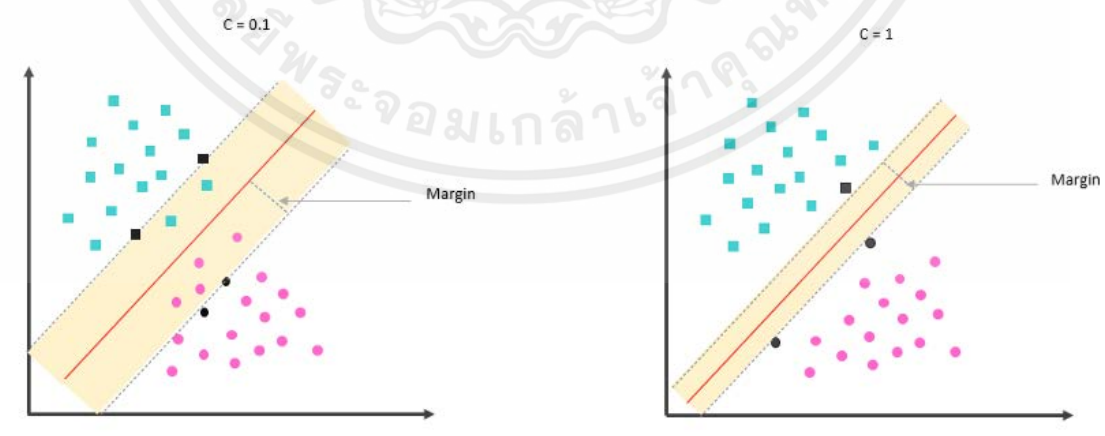
4.4.1.5. ผลการทดสอบจำแนกอุปกรณ์รบกวนสัญญาณโดยใช้เทคนิค Support Vector Machines (SVM)

ในการใช้เทคนิค Support Vector Machines นี้จะประเมินประสิทธิภาพความแม่นยำของโมเดลนี้โดยจะมีการใช้ StandardScaler ซึ่งจะเป็นเทคนิคการปรับขนาดข้อมูลที่ใช้ใน Machine Learning โดยจะแปลงค่าในแต่ละคอลัมน์ให้มีค่าเฉลี่ย (Mean) เท่ากับ 0 และค่าความแปรปรวน (Standard Deviation) เท่ากับ 1 โดยจะมีข้อดีคือการช่วยให้โมเดล Machine Learning เรียนรู้ได้ง่ายขึ้น ทำงานได้มีประสิทธิภาพมากขึ้นและดังรูปที่ 4.47

```
# StandardScaler ใช้ทำให้ข้อมูลคุณลักษณะมีขนาดเท่ากัน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเท่ากับ 1
scaler = StandardScaler()
X_train_scaled = scaler.fit_transform(X_train)
X_test_scaled = scaler.transform(X_test)
```

รูปที่ 4.47 โปรแกรมเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์โดยใช้เทคนิค Support Vector Machines (SVM)

และในการใช้เทคนิค SVM นั้นจะสามารถเลือกค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมเพื่อให้โมเดลมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยในเทคนิค SVM นี้สามารถปรับค่า C หรือค่า Regularization parameter ได้ซึ่งถ้าหากค่า C มีค่าที่มากจะทำให้ Margin แคบ ทำให้การแบ่งจุดข้อมูลที่ใช้ในการฝึกสอนมีความแม่นยำมากขึ้น แต่อาจส่งผลให้เกิด Overfitting ได้ แต่ในขณะที่ถ้าหากค่า C มีค่าน้อยก็จะทำให้ Margin กว้าง ซึ่งอาจทำให้แบ่งจุดข้อมูลมีความแม่นยำน้อยลงและอาจส่งผลให้ข้อมูลมีความ Underfitting ได้ดังรูปที่ 4.48 โดยการเลือกค่า C จึงมีความสำคัญอย่างมากซึ่งจะต้องพิจารณาให้เหมาะสมกับลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลด้วย



รูปที่ 4.48 การปรับค่าพารามิเตอร์ C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดสอบปรับค่าพารามิเตอร์ C นั้นได้มีการทดสอบปรับค่าพารามิเตอร์ C ตั้งแต่ค่า 0.001 ไปจนถึง 1 โดยเพิ่มขึ้นทีละ 10 เท่า ซึ่งผลการทดสอบวัดค่าความแม่นยำของค่าพารามิเตอร์ C จะได้ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ค่าความแม่นยำของค่าพารามิเตอร์ C

ค่าพารามิเตอร์ C	ค่าความแม่นยำ
0.001	63.07%
0.01	80.99%
0.1	95.06
1	98.35%

จากการทดสอบปรับค่าพารามิเตอร์ C ตั้งแต่ค่า 0.001 ไปจนถึง 10 จะเห็นได้ว่ามีค่าความแม่นยำประมาณ 63% - 100% จึงสรุปได้ว่าจะใช้ค่าพารามิเตอร์ C ที่มีค่าเท่ากับ 1 เนื่องจากค่าพารามิเตอร์ C ระหว่าง 0.001 ถึง 0.1 นั้นยังไม่มีค่าความแม่นยำมากพอ ดังนั้นจึงเลือกค่าพารามิเตอร์ C ที่เท่ากับ 1 เพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพที่ดีมาก โดยจะสามารถนำไปเขียนโปรแกรมได้ดังรูปที่ 4.47

```
# StandardScaler ใช้ทำให้ข้อมูลคุณลักษณะมีขนาดเท่ากัน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเท่ากับ 1
scaler = StandardScaler()
X_train_scaled = scaler.fit_transform(X_train)
X_test_scaled = scaler.transform(X_test)
model = SVC(kernel='poly', degree=2, C=1)
model.fit(X_train_scaled, y_train)
```

รูปที่ 4.49 ปรับค่าพารามิเตอร์ C ในโปรแกรมปัญญาประดิษฐ์โดยเทคนิค Support Vector Machines (SVM)

และเมื่อนำข้อมูลส่วนของ Test data มาทำการทดสอบเพื่อประเมินประสิทธิภาพความแม่นยำซึ่งมีค่าเท่ากับ 98.35% ดังรูปที่ 4.50

```
# ทดสอบโมเดลบนข้อมูลทดสอบ
y_pred = model.predict(X_test_scaled)

# คำนวณความแม่นยำของโมเดล
accuracy = accuracy_score(y_test, y_pred)
print("Test Accuracy: {:.2%}".format(accuracy))
✓ 0.0s
Test Accuracy: 98.35%
```

รูปที่ 4.50 ผลของการเรียนรู้โปรแกรมการนำเทคนิค SVM มาทำการจำแนกประเภท

จะเห็นได้ว่าเมื่อนำความแม่นยำของเทคนิคต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นการใช้ค่า Threshold จากค่ากำลังสัญญาณ Naïve Bayes K-Means Cross-correlation และ Support Vector Machines (SVM) มาเปรียบเทียบกับโดยใช้ชุดข้อมูลทดสอบเดียวกัน ซึ่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบหาความแม่นยำแล้วจะเห็นได้ว่าเทคนิค Support Vector Machines (SVM) มีความแม่นยำมากที่สุดดังตารางที่ 4.7 ดังนั้นในการนำโมเดลมาเพื่อประยุกต์ใช้กับการจำแนกประเภท อุปกรณ์รบกวนจะนำเทคนิค Support Vector Machines (SVM) มาใช้กับระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนเนื่องจากโมเดล SVM สามารถจัดการกับขอบเขตการตัดสินใจได้โดยการใช้ kernel polynomial functions ซึ่งทำให้สามารถจับความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนในข้อมูลได้ดี

ตารางที่ 4.7 ค่าความแม่นยำของแต่ละเทคนิคที่ใช้ในการแยกประเภท

เทคนิคต่าง ๆ ในการจำแนกประเภท	ค่าความแม่นยำ
ค่า Threshold	72.16%
Naïve Bayes	86.172%
K-Means Clustering	73.90%
Cross-correlation	97.27%
Support Vector Machines (SVM)	98.35%

4.4.2 ผลลัพธ์ตาราง Confusion Matrix ของแต่ละเทคนิค

ตาราง Confusion Matrix ดังรูปที่ 4.51 เป็นตารางที่ใช้ในการประเมินผลลัพธ์การทำนาย (Prediction) เปรียบเทียบกับค่าจริง (Actual) ซึ่งจะสามารถสรุปค่าออกมาในรูปแบบของตารางเมทริกซ์ที่ประกอบด้วยค่า True positive (TP), False positive (FP), False negative (FN) และ True negative (TN) ซึ่งแต่ละค่ามีความหมายดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Confusion Matrix

	Actually Positive (1)	Actually Negative (0)
Predicted Positive (1)	True Positives (TPs)	False Positives (FPs)
Predicted Negative (0)	False Negatives (FNs)	True Negatives (TNs)

รูปที่ 4.51 ตาราง Confusion Matrix

- True Positives (TP) คือข้อมูลที่ทำนายการถูกจำแนกได้อย่างถูกต้องตรงกับข้อมูลจริงในคลาสที่กำลังพิจารณา

- True Negatives (TN) คือข้อมูลที่ทำนายการถูกจำแนกได้อย่างถูกต้องตรงกับข้อมูลจริงในคลาสที่ไม่ได้พิจารณา

- False Positive (FP) คือข้อมูลที่ทำนายการถูกจำแนกผิดเป็นคลาสที่กำลังพิจารณา

- False Negative (FN) คือข้อมูลที่ทำนายการถูกจำแนกผิดเป็นคลาสที่ไม่ได้พิจารณา

และจะมีการนำค่าที่อยู่ในตาราง Confusion Matrix ไปใช้ประเมินประสิทธิภาพของ ML Model ผ่านการคำนวณค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ประเมิน 3 ค่าได้แก่ Precision, Recall และ F1-Score ซึ่งแต่ละค่ามีความหมายดังนี้

- Precision คือความแม่นยำผลทำนายในการทำนายในกลุ่มเป้าหมายหรือพิจารณาเฉพาะที่เป็น True Positives (TP) โดยสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 4.4

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (4.4)$$

- Recall ในทางสถิติเรียกว่า Sensitivity ซึ่งบอกถึงความสามารถของโมเดลในการตรวจจับข้อมูล Positive ว่ามีประสิทธิภาพเท่าใดในการตรวจจับดังสมการที่ 4.5

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (4.5)$$

- F1 Score เป็นค่าที่แสดงประสิทธิภาพ ซึ่งจะเป็นค่าความสมดุลระหว่าง Precision และ Recall ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยเลขออกมาจากสองค่านี้ดังสมการที่ 4.6

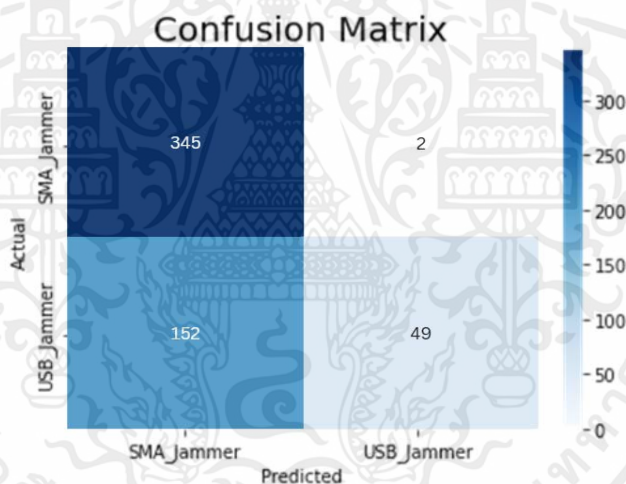
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$F1-Score = 2 * \frac{(Precision * Recall)}{(Precision + Recall)} \quad (4.6)$$

ซึ่งจะกำหนดให้ Confusion Matrix มีขนาด 2x2 เนื่องจาก Class ของข้อมูลนั้นมี 2 Class คือค่ากำลังของแต่ละความถี่ของอุปกรณ์ SMA Type Jammer และค่ากำลังของแต่ละความถี่ของอุปกรณ์ USB GPS Jammer ซึ่งจะมีการทดสอบโดยการใช้ข้อมูลค่ากำลังของแต่ละความถี่ของอุปกรณ์ SMA Type Jammer 345 ข้อมูลและข้อมูลค่ากำลังของแต่ละความถี่ของอุปกรณ์ USB GPS Jammer 202 ข้อมูล

4.4.2.1. ผลลัพธ์ตาราง Confusion Matrix ของค่า Threshold

จากการนำค่า Threshold มาทำการทำนายโดยใช้ข้อมูลค่ากำลังของแต่ละความถี่จะได้ตาราง Confusion Matrix ดังรูปที่ 4.52



รูปที่ 4.52 ตาราง Confusion Matrix ของค่า Threshold

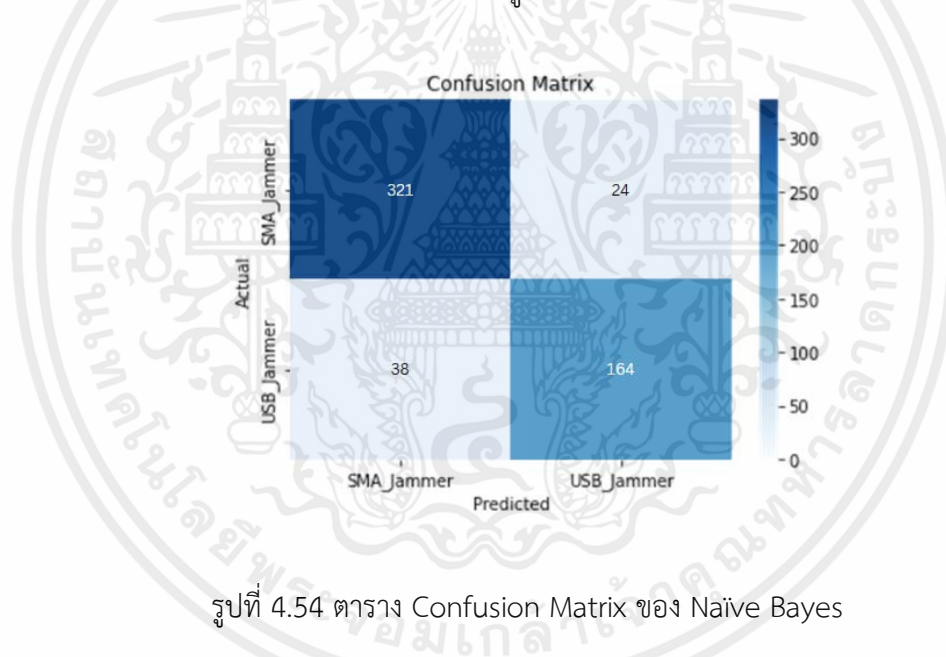
จากรูปที่ 4.52 จะเห็นได้ว่าส่วนของที่ตัดสินใจถูกว่าเป็น SMA Type Jammer มีค่าเท่ากับ 345 และไม่มีการตัดสินใจผิดว่าเป็น USB GPS Jammer และส่วนของ USB GPS Jammer จะเห็นได้ว่าที่ตัดสินใจถูกว่าเป็น USB GPS Jammer มีค่าเท่ากับ 49 และตัดสินใจผิดว่าเป็น SMA Type Jammer เท่ากับ 152 และจะได้ค่า Precision, Recall และ F1-Score ดังรูปที่ 4.53 ซึ่งจะเห็นได้ว่าโมเดลไม่มีความแม่นยำมากพอที่จะสามารถทำงานกับระบบได้

Classification Report:				
	precision	recall	f1-score	support
SMA_Jammer	1.00	0.69	0.82	497
USB_Jammer	0.24	1.00	0.39	49
accuracy			0.72	546
macro avg	0.62	0.85	0.61	546
weighted avg	0.93	0.72	0.78	546

รูปที่ 4.53 ค่า Precision, Recall และ F1-Score ของค่า Threshold

4.4.2.2. ผลลัพธ์ตาราง Confusion Matrix ของโมเดล Naïve Bayes

จากการนำโมเดล Naïve Bayes มาทำการทำนายโดยใช้ข้อมูลค่ากำลังของแต่ละความถี่จะได้ตาราง Confusion Matrix ดังรูปที่ 4.54



รูปที่ 4.54 ตาราง Confusion Matrix ของ Naïve Bayes

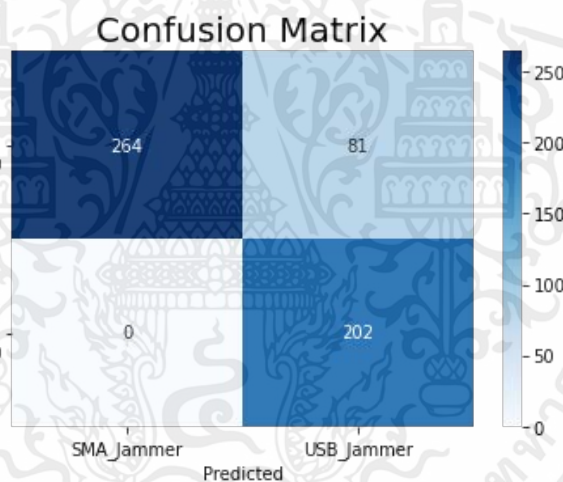
จากรูปที่ 4.54 จะเห็นได้ว่าส่วนของที่ตัดสินใจถูกว่าเป็น SMA Type Jammer มีค่าเท่ากับ 321 และตัดสินใจผิดว่าเป็น USB GPS Jammer เท่ากับ 24 และส่วนของ USB GPS Jammer จะเห็นได้ว่าที่ตัดสินใจถูกว่าเป็น USB GPS Jammer มีค่าเท่ากับ 164 และตัดสินใจผิดว่าเป็น SMA Type Jammer เท่ากับ 38 และจะได้ค่า Precision, Recall และ F1-Score ดังรูปที่ 4.55 ซึ่งจะเห็นได้ว่าโมเดลไม่มีความแม่นยำมากพอที่จะสามารถทำงานกับระบบได้

	precision	recall	f1-score	support
SMA_Jammer	0.82	0.74	0.78	345
USB_Jammer	0.78	0.84	0.81	202
accuracy			0.80	547
macro avg	0.80	0.79	0.79	547
weighted avg	0.80	0.80	0.80	547

รูปที่ 4.55 ค่า Precision, Recall และ F1-Score ของเทคนิค Naïve Bayes

4.4.2.3. ผลลัพธ์ตาราง Confusion Matrix ของโมเดล K-Means Clustering

จากการนำโมเดล K-Means Clustering มาทำการทำนายโดยใช้ข้อมูลค่ากำลังของแต่ละความถี่จะได้ตาราง Confusion Matrix ดังรูปที่ 4.56



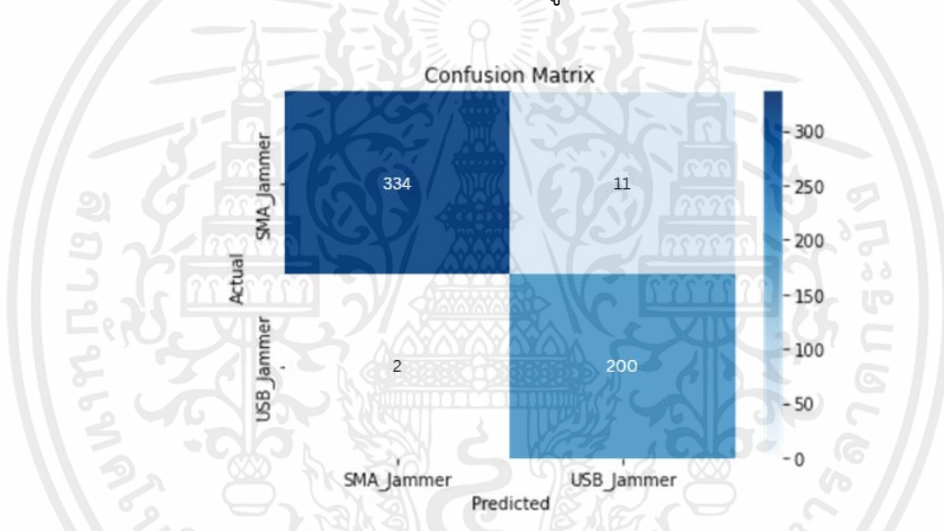
รูปที่ 4.56 ตาราง Confusion Matrix ของ K-Means Clustering

จากรูปที่ 4.56 จะเห็นได้ว่าส่วนของที่ตัดสินใจถูกว่าเป็น SMA Type Jammer มีค่าเท่ากับ 264 และตัดสินใจผิดว่าเป็น USB GPS Jammer เท่ากับ 81 และส่วนของ USB GPS Jammer จะเห็นได้ว่าที่ตัดสินใจถูกว่าเป็น USB GPS Jammer มีค่าเท่ากับ 202 ซึ่งโมเดลทำการตัดสินใจถูกทั้งหมด และจะได้ค่า Precision, Recall และ F1-Score ดังรูปที่ 4.57 ซึ่งจะเห็นว่าโมเดลไม่มีความแม่นยำมากพอที่จะสามารถทำงานกับระบบได้

Classification Report:				
	precision	recall	f1-score	support
SMA_Jammer	1.00	0.77	0.87	345
USB_Jammer	0.71	1.00	0.83	202
accuracy			0.85	547
macro avg	0.86	0.88	0.85	547
weighted avg	0.89	0.85	0.85	547

รูปที่ 4.57 ค่า Precision, Recall และ F1-Score ของเทคนิค K-Means Clustering

4.4.2.4. ผลลัพธ์ตาราง Confusion Matrix ของโมเดล Cross-correlation จากการนำโมเดล Cross-correlation มาทำการทำนายโดยใช้ข้อมูลค่ากำลังของแต่ละความถี่จะได้ตาราง Confusion Matrix ดังรูปที่ 4.58



รูปที่ 4.58 ตาราง Confusion Matrix ของ Cross-correlation

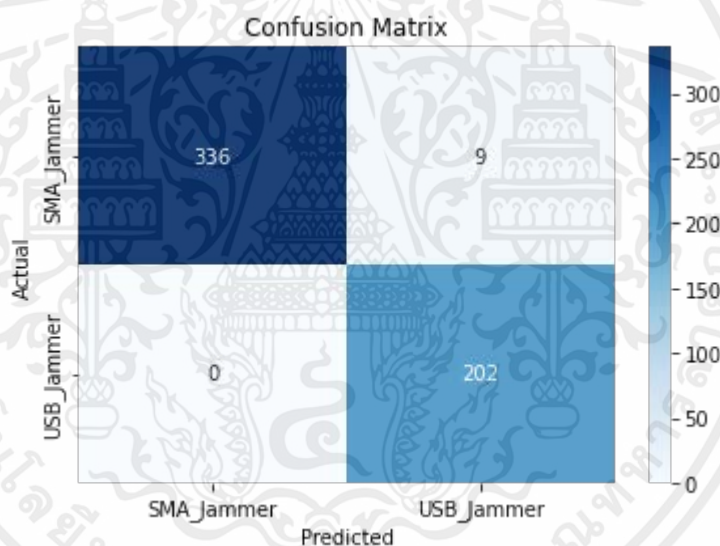
จากรูปที่ 4.58 จะเห็นได้ว่าส่วนของที่ตัดสินใจถูกว่าเป็น SMA Type Jammer มีค่าเท่ากับ 334 และตัดสินใจผิดว่าเป็น USB GPS Jammer เท่ากับ 11 และส่วนของ USB GPS Jammer จะเห็นได้ว่าที่ตัดสินใจถูกว่าเป็น USB GPS Jammer มีค่าเท่ากับ 200 และตัดสินใจผิดว่าเป็น SMA Type Jammer เท่ากับ 2 และจะได้ค่า Precision, Recall และ F1-Score ดังรูปที่ 4.59 ซึ่งจะเห็นได้ว่าโมเดลอาจไม่มีความแม่นยำมากพอที่จะสามารถทำงานกับระบบได้

	precision	recall	f1-score	support
SMA_Jammer	0.98	0.97	0.99	345
USB_Jammer	0.96	0.98	0.98	202
accuracy			0.98	547
macro avg	0.98	0.99	0.98	547
weighted avg	0.98	0.98	0.98	547

รูปที่ 4.59 ค่า Precision, Recall และ F1-Score ของเทคนิค Cross-correlation

4.4.2.5. ผลลัพธ์ตาราง Confusion Matrix ของ Support Vector Machines (SVM)

จากการนำโมเดล Support Vector Machines (SVM) มาทำการทำนายโดยใช้ข้อมูลค่ากำลังของแต่ละความถี่จะได้ตาราง Confusion Matrix ดังรูปที่ 4.60



รูปที่ 4.60 ตาราง Confusion Matrix ของ Support Vector Machines (SVM)

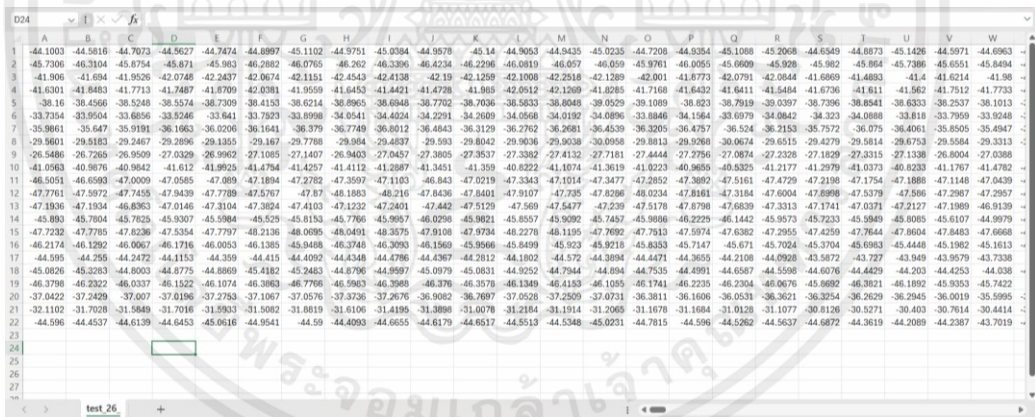
จากรูปที่ 4.60 จะเห็นได้ว่าส่วนของที่ตัดสินใจถูกว่าเป็น SMA Type Jammer มีค่าเท่ากับ 336 และตัดสินใจผิดว่าเป็น USB GPS Jammer เท่ากับ 9 ซึ่งแตกต่างกันอย่างชัดเจนและส่วนของ USB GPS Jammer จะเห็นได้ว่าที่ตัดสินใจถูกว่าเป็น USB GPS Jammer มีค่าเท่ากับ 202 ซึ่งโมเดลทำการตัดสินใจถูกทั้งหมด และจะได้ค่า Precision, Recall และ F1-Score ดังรูปที่ 4.61 ทำให้เห็นว่าโมเดลมีความแม่นยำพอสมควรที่จะสามารถนำไปใช้กับระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนได้

	precision	recall	f1-score	support
SMA_Jammer	1.00	0.97	0.99	345
USB_Jammer	0.96	1.00	0.98	202
accuracy			0.98	547
macro avg	0.98	0.99	0.98	547
weighted avg	0.98	0.98	0.98	547

รูปที่ 4.61 ค่า Precision, Recall และ F1-Score ของเทคนิค SVM

4.4.3 ผลการทดสอบการแยกประเภทอุปกรณ์รบกวนสัญญาณโดยเทคนิคที่เลือกใช้

ในการทดสอบการแยกประเภทอุปกรณ์รบกวนสัญญาณได้มีการจำลองนำข้อมูลรูปภาพกราฟสเปกตรัมมาทดสอบเพื่อที่จะได้ทราบว่าเทคนิค Support Vector Machines (SVM) สามารถทำนายอุปกรณ์รบกวนสัญญาณได้เป็นอะไร โดยได้ทำการนำค่ากำลังแต่ละความถี่จากไฟล์ “test_26_csv” มาจำนวน 22 ข้อมูลดังรูปที่ 4.62 โดยเป็นค่ากำลังแต่ละความถี่ของอุปกรณ์รบกวนสัญญาณประเภท SMA Type Jammer ทั้งหมด 22 ข้อมูล ซึ่งได้นำค่าทั้งหมดเข้าสู่กระบวนการ Support Vector Machines (SVM) เพื่อให้โมเดลทำนายว่าเป็นอุปกรณ์รบกวนสัญญาณประเภทใด ซึ่งสามารถทำนายได้ออกมาเป็นอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ “SMA Type Jammer” ดังรูปที่ 4.63



รูปที่ 4.62 ค่ากำลังแต่ละความถี่จากไฟล์ “test_26_csv”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

for n_pre in range(len(df)):
    # ดึงข้อมูลในแถวที่ n_pre และแปลงข้อมูลเป็น float
    dataset = df.iloc[n_pre].astype(float).values.reshape(1, -1)
    # Perform prediction
    predict = loaded_model.predict(dataset)

    if predict[0] == 'USB_Jammer':
        Num_USB_Jammer += 1
    elif predict[0] == 'SMA_Jammer':
        Num_SMA_Jammer += 1

print('SMA_Jammer:', Num_SMA_Jammer)
print('USB_Jammer:', Num_USB_Jammer)

max_value = max(Num_SMA_Jammer, Num_USB_Jammer)
max_label = []

if Num_SMA_Jammer == max_value:
    max_label = 'SMA_Jammer'
elif Num_USB_Jammer == max_value:
    max_label = 'USB_Jammer'

print('Predicted:', max_label)

```

✓ 0.0s

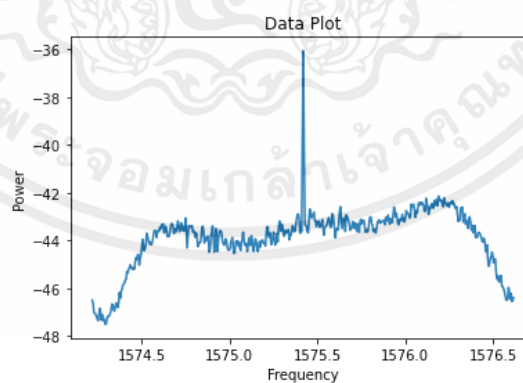
```

SMA_Jammer: 20
USB_Jammer: 2
Predicted: SMA_Jammer

```

รูปที่ 4.63 ผลการทำนายจากโมเดล Support Vector Machines (SVM)

ซึ่งจะเห็นได้ว่าการทำนายว่าอุปกรณ์รบกวนสัญญาณเป็น USB GPS Jammer เพียง 2 ข้อมูลเนื่องจากข้อมูลที่มีการทำนายผิดอาจมีความคล้ายคลึงกันกับข้อมูล SMA Type Jammer และเมื่อนำข้อมูลที่มีการทำนายผิดมาพล็อตเป็นกราฟสเปกตรัมจะเป็นดังรูปที่ 4.64



รูปที่ 4.64 ค่ากำลังสัญญาณเมื่อนำข้อมูลที่มีการทำนายผิดมาพล็อต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

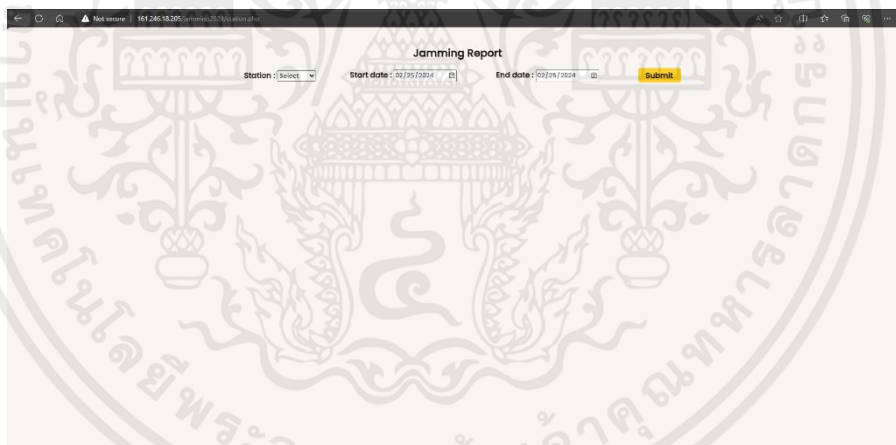
4.5 ผลการทดสอบการทำงานของเว็บเบราว์เซอร์

4.5.1 การแก้ไขปัญหาการทำงานของเว็บเบราว์เซอร์ผ่านผู้ใช้งานจริง

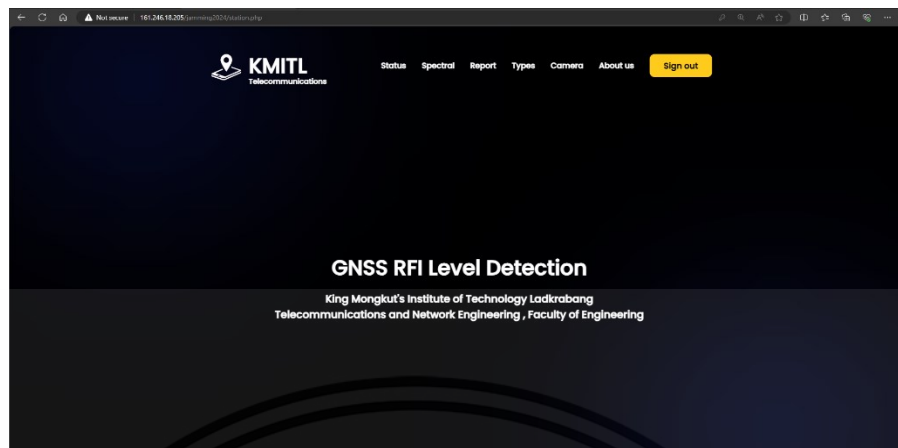
เนื่องจากก่อนที่จะนำเว็บเบราว์เซอร์ไปใช้งานจริงบนระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนจีเอ็นเอสเอส คณะผู้จัดทำได้มีการนำเว็บเบราว์เซอร์นี้ไปทดสอบการทำงานกับผู้ใช้งานจริงเพื่อที่จะหาข้อผิดพลาดหรือข้อเสนอแนะของระบบเพื่อนำมาปรับปรุงและพัฒนาเว็บเบราว์เซอร์ได้ดังนี้

4.5.1.1 แก้ไขไม่ให้เกิดการรีโหลดหน้าใหม่ทุกครั้งที่มีการกดส่งฟอร์ม

แก้ไขปัญหาที่เกิดจากวิธีการส่งข้อมูลของฟอร์มในรูปแบบเก่า `form action="" method="POST"` ทำให้เกิดการรีโหลดหน้าเว็บเบราว์เซอร์ใหม่ทุกครั้งที่มีการส่งฟอร์ม เนื่องจากการกดปุ่มส่งในฟอร์มที่ส่งด้วยรูปแบบ `<form>` และไม่ได้ระบุ URL ใน action หรือระบุให้ว่างนั้นหมายถึงการส่งข้อมูลไปยัง URL ปัจจุบัน และการใช้วิธี POST ในการส่งข้อมูลจะทำให้เกิดการรีโหลดหน้าเว็บเบราว์เซอร์ใหม่โดยอัตโนมัติ เพื่อดำเนินการส่งข้อมูลและประมวลผลข้อมูลที่ถูกส่งมาจากฟอร์มนั้น ๆ ดังรูปที่ 4.65 - 4.67



รูปที่ 4.65 หน้าต่างแสดงผล Jamming Report ก่อนกดส่งฟอร์ม



รูปที่ 4.66 เว็บเบราว์เซอร์หลังกดส่งฟอร์มของหน้าต่างแสดงผล Jamming Report

Date	Time	Frequency (MHz)	Average Number of Satellite	Average CNR	Type of Device
2024-02-22	23h56m07s	1575.42	8.00	34.75	Cannot be specified
2024-02-22	23h02m29s	1575.42	8.00	12.25	SMA_Jammer
2024-02-22	23h15m10s	1575.42	9.00	31.89	Cannot be specified
2024-02-22	23h16m11s	1575.42	9.00	31.89	Cannot be specified
2024-02-22	23h07m00s	1575.42	6.00	14.00	SMA_Jammer
2024-02-22	23h21m50s	1575.42	10.00	30.80	Cannot be specified
2024-02-22	23h22m19s	1575.42	6.00	10.00	SMA_Jammer
2024-02-22	23h35m10s	1575.42	5.00	16.20	SMA_Jammer
2024-02-22	23h49m34s	1575.42	8.00	22.75	USB_Jammer
2024-02-22	23h57m10s	1575.42	8.00	27.00	USB_Jammer

รูปที่ 4.67 หน้าต่างแสดงผล Jamming Report หลังจากกดส่งฟอร์ม

จากรูปที่ 4.66 จะเห็นได้ว่าเมื่อมีการกดส่งฟอร์มในส่วนของ Jamming Report เว็บเบราว์เซอร์จะทำการรีโหลดหน้าเว็บไปยังส่วนบนสุดของเว็บเบราว์เซอร์ ซึ่งในขณะเดียวกันที่ส่วนของหน้าต่างแสดงผล Jamming Report นั้นจะมีการแสดงตารางข้อมูลการรบกวนของสัญญาณตามข้อมูลที่ผู้ใช้งานได้ระบุไปก่อนหน้าดังรูปที่ 4.67 แต่การที่เว็บเบราว์เซอร์นั้นรีโหลดหน้าไปทางด้านบนทำให้ผู้ใช้งานไม่เห็นตารางข้อมูลดังกล่าว และต้องเลื่อนหน้าเว็บเบราว์เซอร์กลับมาที่ยังส่วนเดิมที่ทำการส่งข้อมูลไว้ในทุก ๆ ครั้งที่มีการส่งฟอร์ม คณะผู้จัดทำจึงเล็งเห็นถึงปัญหาและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น ด้วยวิธีการเปลี่ยนรูปแบบในการส่งฟอร์มเป็นรูปแบบของ AJAX เพื่อไม่เกิดการรีโหลดของหน้าเว็บเบราว์เซอร์หลังจากกดส่งฟอร์มดังรูปที่ 4.68 และรูปที่ 4.69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

<script>
function submitForm2() {
  var stationname2 = $("select[name='stationname2']").val();
  var starttime2 = $("input[name='starttime2']").val();
  var endtime2 = $("input[name='endtime2']").val();
  $("#reportResult").hide();
  $(".loader-div2").show();

  $.ajax({
    url: 'fetch_report_data.php',
    type: 'POST',
    data: { stationname2: stationname2, starttime2: starttime2, endtime2: endtime2 },
    success: function(response) {
      $("#reportResult").show();
      $(".loader-div2").hide();
      $("#reportResult").html(response).addClass('bounce');
    },
    error: function() {
      $(".loader-div2").hide();
      alert('เกิดข้อผิดพลาดในการดึงข้อมูล');
    }
  });
}
</script>

```

รูปที่ 4.68 ฟังก์ชันการส่งฟอร์มในรูปแบบของ AJAX

```

<div class="submit2">
  <button class="submit2" type="button" onclick="submitForm2()">Submit</button>
</div>

```

รูปที่ 4.69 การเรียกใช้การส่งฟอร์มในรูปแบบของ AJAX จากฟังก์ชัน submitForm2()

จากรูปที่ 4.68 และรูปที่ 4.69 เป็นฟังก์ชันการส่งฟอร์มในรูปแบบของ AJAX (Asynchronous JavaScript and XML) ซึ่งจะเป็นวิธีที่สามารถโหลดข้อมูลจากเซิร์ฟเวอร์ได้โดยไม่ต้องโหลดหน้าเว็บใหม่ทั้งหมดและในส่วนของฟังก์ชัน submitForm2() นั้น จะทำงานด้วยวิธีการใช้ JavaScript เพื่อส่งคำขอ Request ไปยังเซิร์ฟเวอร์ที่ต้องการและนำข้อมูลที่ได้รับกลับมาแสดงผลในหน้าเว็บเบราว์เซอร์ โดยเริ่มจากการรับข้อมูลต่าง ๆ จากฟอร์มที่ถูกเลือกโดยผู้ใช้งานมาเก็บไว้ในตัวแปรที่กำหนดและใช้ AJAX เพื่อส่งข้อมูลจากตัวแปรต่าง ๆ ไปยัง URL ของไฟล์ fetch_report_data.php และเมื่อได้รับข้อมูลจากการส่งคำขอเรียบร้อยแล้วก็นำข้อมูลดังกล่าวมาแสดงผลในส่วนของหน้าต่างแสดงผล Jamming Report ดังรูปที่ 4.70

The screenshot shows a web interface titled "Jamming Report". At the top, there are input fields for "Station" (set to "Station 3"), "Start date" (02/22/2024), and "End date" (02/25/2024), along with a "Submit" button. Below this is a table with the following columns: Date, Time, Frequency (MHz), Average Number of Satellites, Average CNR, and Type of Device. The table contains 12 rows of data, all with a frequency of 1575.42 MHz. The "Type of Device" column includes entries like "Cannot be specified", "SMA_Jammer", and "USB_Jammer". An "Export" button is located at the bottom left of the table area.

Date	Time	Frequency (MHz)	Average Number of Satellites	Average CNR	Type of Device
2024-02-22	22h56m07s	1575.42	8.00	34.75	Cannot be specified
2024-02-22	23h02m29s	1575.42	8.00	12.25	SMA_Jammer
2024-02-22	23h15m19s	1575.42	9.00	31.89	Cannot be specified
2024-02-22	23h16m15s	1575.42	9.00	31.89	Cannot be specified
2024-02-22	23h17m10s	1575.42	6.00	14.00	SMA_Jammer
2024-02-22	23h21m59s	1575.42	10.00	30.80	Cannot be specified
2024-02-22	23h22m16s	1575.42	6.00	10.00	SMA_Jammer
2024-02-22	23h35m10s	1575.42	5.00	16.20	SMA_Jammer
2024-02-22	23h46m34s	1575.42	8.00	22.75	USB_Jammer
2024-02-22	23h57m10s	1575.42	8.00	27.00	USB_Jammer

รูปที่ 4.70 หลังจากกดส่งฟอร์มของหน้าต่างแสดงผล Jamming Report ด้วยวิธีการ AJAX

4.5.1.2 แก้ไขระยะเวลาในการโหลดข้อมูลของหน้าต่างแสดงผล Types แก้ไขปัญหาที่เกิดจากระยะเวลาที่ใช้ในการโหลดข้อมูลของหน้าต่างแสดงผล Types ที่ใช้ระยะเวลานานเกินไป ซึ่งเกิดจากรูปแบบในการใช้ดึงรูปภาพในคอลัมน์ CCTV โดยก่อนการแก้ไขนั้นเมื่อผู้ใช้งานเลือกข้อมูลและช่วงวันของข้อมูลที่ต้องการเสร็จเรียบร้อยแล้ว ระบบจะดึงรูปภาพจากคอลัมน์ CCTV ด้วยการดาวน์โหลดภาพกล้องวงจรปิดไอพีทุกภาพในช่วงวันของข้อมูลที่ถูกเลือก ทำให้เกิดปัญหาในกรณีที่ข้อมูลที่แสดงนั้นมีจำนวนมากเพราะจะส่งผลให้ใช้ระยะเวลาในการโหลดข้อมูลมากขึ้น

The screenshot shows a web interface titled "Types". At the top, there are input fields for "Station" (set to "Station 3"), "Start date" (02/05/2024), and "End date" (02/26/2024), along with a "Submit" button. Below this is a table with the following columns: Date, Start Time, End Time, Total Time (Sec), RFI Level, and CCTV. The table contains 12 rows of data. A red box highlights the text "About 523 Results" above the table. The "RFI Level" column includes entries like "Yellow", "Red", and "Yellow (Unintentional)".

Date	Start Time	End Time	Total Time (Sec)	RFI Level	CCTV
2024-02-05	22h47m10s	22h47m28s	17.91	Yellow	🗑️
2024-02-05	23h01m27s	23h02m20s	52.92	Yellow	🗑️
2024-02-05	23h26m15s	23h27m02s	48.00	Yellow	🗑️
2024-02-05	23h31m51s	23h32m30s	38.09	Red	🗑️
2024-02-05	23h44m00s	23h44m44s	43.64	Red	🗑️
2024-02-05	23h49m55s	23h49m57s	2.08	Yellow (Unintentional)	-
2024-02-05	23h49m55s	23h49m57s	2.08	Yellow (Unintentional)	-
2024-02-05	23h50m30s	23h51m25s	54.98	Yellow	-
2024-02-05	23h52m34s	23h53m15s	40.85	Red	🗑️

รูปที่ 4.71 หน้าต่างแสดงผล Types หลังจากกดส่งฟอร์ม

จากรูปที่ 4.71 จะเห็นได้ว่ามีผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นหาถึง 523 ข้อมูล ซึ่งเป็นปริมาณข้อมูลที่เยอะและจากการใช้รูปแบบในการดึงรูปภาพในคอลัมน์ CCTV แบบเดิมจะทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้ระยะเวลาในการโหลดข้อมูลประมาณ 13.30 วินาที และในการแก้ไขรูปแบบการดึงรูปภาพใหม่จะใช้ระยะเวลาในการโหลดข้อมูลประมาณ 3.15 วินาที ซึ่งจะเห็นได้ว่าระยะเวลาในการโหลดข้อมูลในรูปแบบใหม่นั้นใช้ระยะเวลาในการโหลดข้อมูลที่ไวกว่าและใช้ระยะเวลาน้อยกว่าถึง 10.15 วินาที โดยในรูปแบบใหม่ที่ถูกแก้ไขนั้นจะไม่ทำการดาวน์โหลดภาพกล้องวงจรปิดไอพีทุกภาพในช่วงวันของข้อมูลที่ถูกเลือกรูปแบบเดิม แต่จะทำการดาวน์โหลดเฉพาะภาพกล้องวงจรปิดไอพีที่ถูกคลิกเพื่อแสดงภาพเท่านั้นดังรูปที่ 4.72 และรูปที่ 4.73 ตามลำดับ

```

<script>
var dbname_t = "<?php echo $dbname; ?>";
var dateSelected_t = "<?php echo $date_selected_array2[0]; ?>";

document.addEventListener('click', function(event) {
if (event.target.classList.contains('fa-image')) {
var date_t = event.target.closest('tr').querySelector('td:nth-child(1)').innerText;
var startTime = event.target.closest('tr').querySelector('td:nth-child(2)').innerText;
var endTime = event.target.closest('tr').querySelector('td:nth-child(3)').innerText;
var rfi = event.target.closest('tr').querySelector('td:nth-child(5)').innerText;
var imageTime = event.target.closest('tr').querySelector('td[data-image-time]').getAttribute('data-image-time');

console.log("Image Time: " + imageTime);

var remoteFilePath, localFilePath;
if (rfi.includes('.')) {
var rfiParts = rfi.split('.');
rfi = rfiParts[0];
} else {}

remoteFilePath = "/home/jamming2023/Data/Jamming/" + dbname_t + "/1/1/Camera/"
+ dateSelected_t + "/" + date_t + "/" + imageTime + ".jpg";
localFilePath = "RFI/" + imageTime + ".jpg";

console.log('Remote File Path:', remoteFilePath);
console.log('Local File Path:', localFilePath);
}
}

```

รูปที่ 4.72 สคริปต์ในการดาวน์โหลดเฉพาะภาพกล้องวงจรปิดไอพีที่ถูกคลิกเพื่อแสดงภาพเท่านั้น (1)

```

fetch('download_sftp_file.php?remoteFilePath=' + encodeURIComponent(remoteFilePath) +
&localFilePath=' + encodeURIComponent(localFilePath))
.then(function(response) {
return response.text();
})
.then(function(data) {
console.log('Received imagePath:', data);
const imagePopup = document.getElementById("imagePopup");
const popupImage = document.getElementById("popupImage");
const downloadBtn = document.getElementById("downloadBtn");
const closeBtn = document.getElementById("closeBtn");

// Assuming imagePath is the URL to the image
popupImage.src = data;
downloadBtn.setAttribute("href", data);
imagePopup.style.display = "block";

closeBtn.addEventListener("click", function() {
imagePopup.style.display = "none";
});
});
.catch(function(error) {
console.error('Error fetching data:', error);
});
});
</script>

```

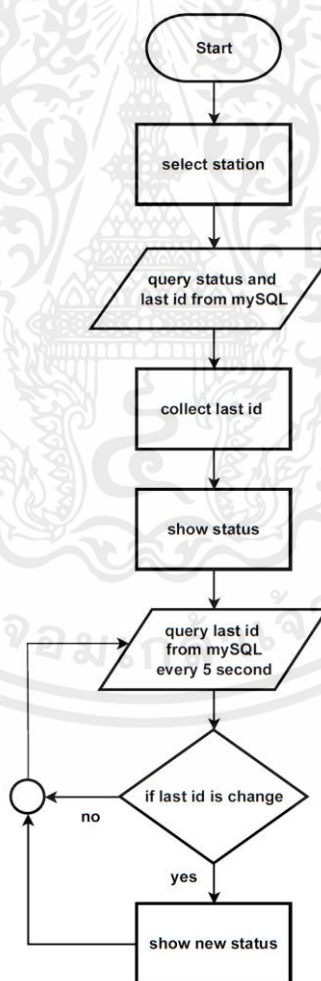
รูปที่ 4.73 สคริปต์ในการดาวน์โหลดเฉพาะภาพกล้องวงจรปิดไอพีที่ถูกคลิกเพื่อแสดงภาพเท่านั้น (2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.1.3 แก้ไขการอัปเดตหน้าเว็บเบราว์เซอร์อัตโนมัติเมื่อมีข้อมูลใหม่เข้ามา แก้ไขปัญหาในกรณีที่ข้อมูลใหม่ถูกเพิ่มเข้ามาในฐานข้อมูลและใน File server เว็บเบราว์เซอร์นั้นไม่ได้มีการอัปเดตข้อมูลอัตโนมัติหรือแจ้งเตือนให้กับผู้ใช้งาน คณะผู้จัดจึงเล็งเห็นถึงปัญหาและแก้ไขปัญหาด้วยการพัฒนาฟังก์ชันให้มีการอัปเดตหน้าเว็บเบราว์เซอร์ใหม่โดยอัตโนมัติรวมถึงแสดงแจ้งเตือนใหม่ให้กับผู้ใช้งานเมื่อมีข้อมูลใหม่เข้ามาดังนี้

1) หน้าต่างแสดงผล Status Equipment

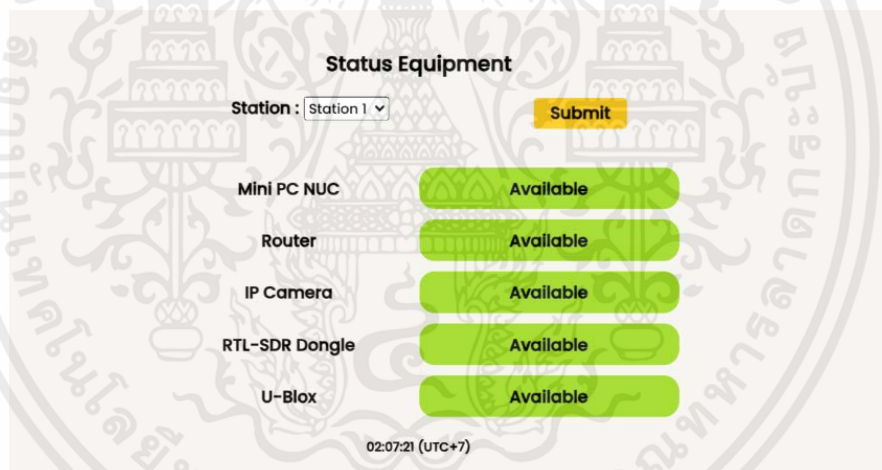
การแสดงผลของหน้า Status Equipment นั้นใช้การดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลเพียงอย่างเดียว ดังนั้นในการตรวจสอบจึงใช้การตรวจสอบว่ามีข้อมูลใหม่ถูกเพิ่มขึ้นในฐานข้อมูลหรือไม่ และหากพบว่ามีข้อมูลถูกเพิ่มขึ้นมาจะมีการอัปเดตข้อมูลของหน้าเว็บเบราว์เซอร์ใหม่โดยอัตโนมัติ ตามแผนผังการทำงานของเว็บเบราว์เซอร์หน้า Status Equipment ดังรูปที่ 4.74



รูปที่ 4.74 แผนผังการทำงานของเว็บเบราว์เซอร์หน้า Status Equipment

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.74 การทำงานของเว็บเบราว์เซอร์หน้า Status Equipment เริ่มจากการให้ผู้ใช้งานเลือกสถานีที่ต้องการตรวจสอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์ จากนั้นระบบจะทำการดึงข้อมูลสถานะที่ตรวจสอบของสถานีที่ผู้ใช้งานเลือกในฐานข้อมูล ซึ่งจะมีการเก็บค่า Id สุดท้ายของข้อมูลที่ดึงมาไว้ในตัวแปรเพื่อใช้ในการตรวจสอบค่าในภายหลัง และเว็บเบราว์เซอร์จะแสดงค่าสถานะการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ประกอบด้วย Mini PC NUC 4G Wireless router เครื่องรับสัญญาณจีเอ็นเอสเอส (NEO-M8T-0 U-blox GNSS) กล้องวงจรปิดไอพี และ RTL-SDR Dongle โดยเมื่อแสดงผลในส่วนของสถานะการทำงานเรียบร้อยแล้ว ระบบจะมีการตรวจสอบค่า Id สุดท้ายระหว่างค่าที่เก็บไว้ในตัวแปรก่อนหน้าและค่าในฐานข้อมูลว่ามีค่าเปลี่ยนแปลงไปหรือไม่ ในกรณีที่ไม่มีค่าเปลี่ยนแปลงระบบจะทำการตรวจสอบค่าทั้งสองใหม่ไปเรื่อย ๆ ทุก 5 วินาที และในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงระบบจะทำการดึงค่าสถานะการทำงานใหม่จาก Id ที่มีการเปลี่ยนแปลงในฐานข้อมูลมาแสดงผลใหม่บนเว็บเบราว์เซอร์ ซึ่งมีตัวอย่างการทำงานของหน้าแสดงผล Status Equipment ดังรูปที่ 4.75 - 4.77



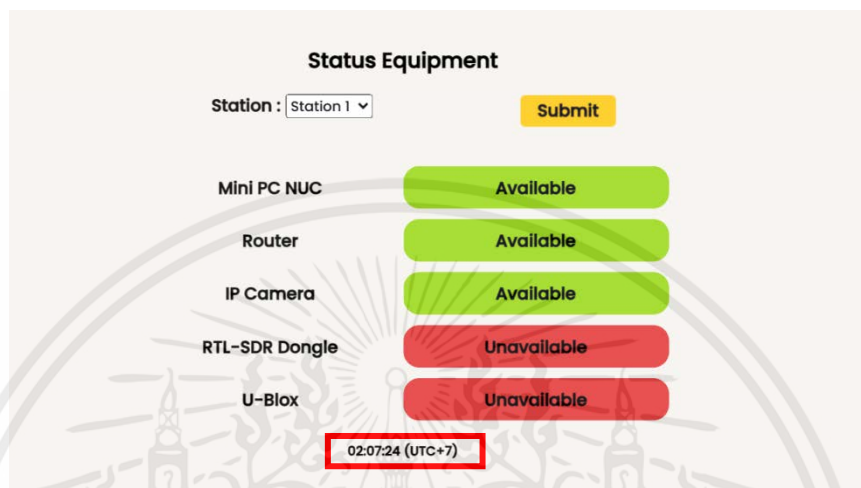
รูปที่ 4.75 หน้าแสดงผล Status Equipment ณ เวลา 02:07:21 น.

<input type="checkbox"/>	Edit	Copy	Delete	13	2024-01-14 18:56:50	Available	Unavailable	Unavailable	Unavailable	Unavailable
<input type="checkbox"/>	Edit	Copy	Delete	14	2024-01-14 18:57:04	Unavailable	Unavailable	Available	Available	Available
<input type="checkbox"/>	Edit	Copy	Delete	15	2024-01-14 18:57:26	Unavailable	Unavailable	Unavailable	Unavailable	Unavailable
<input type="checkbox"/>	Edit	Copy	Delete	16	2024-01-14 14:30:18	Available	Available	Available	Available	Available
<input type="checkbox"/>	Edit	Copy	Delete	17	2024-01-15 02:07:01	Available	Available	Available	Available	Available
<input type="checkbox"/>	Edit	Copy	Delete	18	2024-01-15 02:07:23	Available	Available	Available	Unavailable	Unavailable

รูปที่ 4.76 ฐานข้อมูลที่ใช้ดึงสถานะที่ตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.75 เป็นหน้า Status Equipment ที่กำลังแสดงสถานะการทำงานของอุปกรณ์ ทั้ง 5 ชนิดก่อนที่จะมีข้อมูลใหม่ถูกเพิ่มเข้ามาในฐานข้อมูล ดังรูปที่ 4.76

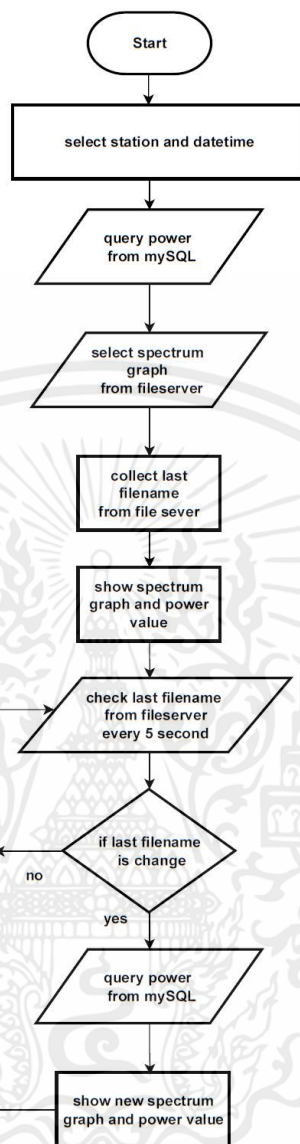


รูปที่ 4.77 หน้าแสดงผล Status Equipment ณ เวลา 02:07:24 น.

จากรูปที่ 4.77 เมื่อมีข้อมูลเพิ่มเข้ามาใหม่ในฐานข้อมูล หน้า Status Equipment ที่กำลังแสดงสถานะการทำงานของอุปกรณ์นั้นจะมีค่าสถานะการทำงานที่เปลี่ยนแปลงไปโดยจะเปลี่ยนไปตอนเวลา 02:07:24 น. ซึ่งเป็นเวลาที่ใกล้เคียงกับเวลาที่ข้อมูลใหม่ถูกเพิ่มเข้ามาในฐานข้อมูลตอนเวลา 02:07:23 น.

2) การแก้ไข Latest Spectral ให้มีการอัปเดตหน้าเว็บเบราว์เซอร์อัตโนมัติและแสดงแจ้งเตือนใหม่ให้กับผู้ใช้งาน

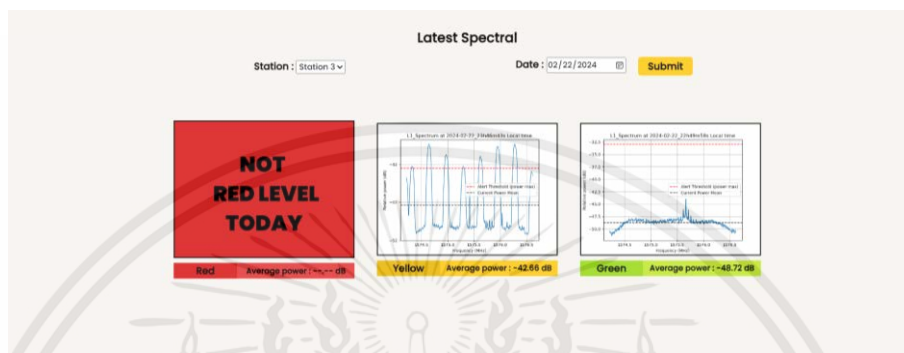
การแสดงผลของหน้า Latest Spectral นั้นใช้การดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลและไฟล์เซิร์ฟเวอร์ ดังนั้นในการตรวจสอบจึงใช้การตรวจสอบว่ามีข้อมูลใหม่ถูกเพิ่มขึ้นในฐานข้อมูลและไฟล์เซิร์ฟเวอร์หรือไม่ หากพบว่ามีข้อมูลถูกเพิ่มขึ้นมาจะมีการอัปเดตข้อมูลของหน้าเว็บเบราว์เซอร์ใหม่โดยอัตโนมัติและมีการแสดงแจ้งเตือนให้ผู้ใช้งานทราบตามแผนผังการทำงานของเว็บเบราว์เซอร์หน้า Latest Spectral ดังรูปที่ 4.78



รูปที่ 4.78 แผนผังการทำงานของเว็บเบราว์เซอร์หน้า Latest Spectral

จากรูปที่ 4.78 การทำงานของเว็บเบราว์เซอร์หน้า Latest Spectral เริ่มจากการให้ผู้ใช้งานเลือกสถานีและวันที่ต้องการแสดงกราฟสเปกตรัม จากนั้นระบบจะทำการดึงค่ากำลังสัญญาณเฉลี่ยในฐานข้อมูลและดึงภาพกราฟสเปกตรัมในไฟล์เซิร์ฟเวอร์ล่าสุด ซึ่งจะมีการเก็บชื่อไฟล์สุดท้ายของกราฟสเปกตรัมในไฟล์เซิร์ฟเวอร์มาเก็บไว้ในตัวแปรเพื่อใช้ในการตรวจสอบค่าในภายหลัง หลังจากนั้นเว็บเบราว์เซอร์จะแสดงค่ากราฟสเปกตรัมพร้อมค่ากำลังสัญญาณเฉลี่ย โดยเมื่อแสดงผลเรียบร้อยแล้วระบบจะมีการตรวจสอบชื่อไฟล์สุดท้ายระหว่างค่าที่เก็บไว้ในตัวแปรก่อนหน้านี้ และค่าในไฟล์เซิร์ฟเวอร์ว่ามีค่าเปลี่ยนแปลงไปหรือไม่ ในกรณีที่ไม่มี การ

เปลี่ยนแปลงระบบจะทำการตรวจสอบค่าทั้งสองใหม่ไปเรื่อย ๆ ทุก 5 วินาที และในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงระบบจะทำการดึงกราฟสเปกตรัมใหม่จากชื่อไฟล์ที่มีการเปลี่ยนแปลงในไฟล์เซิร์ฟเวอร์ และดึงค่ากำลังสัญญาณเฉลี่ยในฐานข้อมูลมาแสดงผลใหม่บนเว็บเบราว์เซอร์ ซึ่งมีตัวอย่างการทำงานของหน้าแสดงผล Latest Spectral ดังรูปที่ 4.79 - 4.83

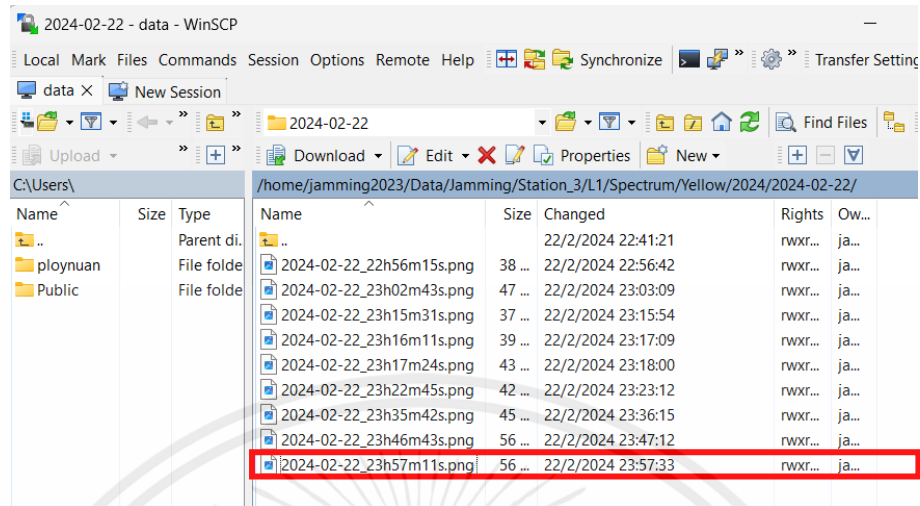


รูปที่ 4.79 หน้าแสดงผล Latest Spectrum เมื่อผู้ใช้งานเลือกสถานี และวันที่ต้องการแสดงกราฟสเปกตรัม

	id	Date	Frequency_MHz	Start_Time	End_Time	Total_Time	RFI_Level	Power_Peak_Mean_dB
<input type="checkbox"/>	Edit Copy Delete 35141	2024-02-19	1575.42	18h51m58s	18h52m00s	3600	Green	-35.9588
<input type="checkbox"/>	Edit Copy Delete 35142	2024-02-19	1575.42	18h53m59s	18h54m01s	3600	Green	-35.9588
<input type="checkbox"/>	Edit Copy Delete 35143	2024-02-19	1575.42	18h55m58s	18h56m00s	3600	Green	-35.9588
<input type="checkbox"/>	Edit Copy Delete 35144	2024-02-19	1575.42	18h59m59s	19h00m01s	3600	Green	-35.9588
<input type="checkbox"/>	Edit Copy Delete 35145	2024-02-19	1575.42	19h03m59s	19h04m00s	3600	Green	-35.9588
<input type="checkbox"/>	Edit Copy Delete 35146	2024-02-19	1575.42	19h04m59s	19h05m01s	3600	Green	-35.9588
<input type="checkbox"/>	Edit Copy Delete 35147	2024-02-22	1575.42	22h49m58s	22h50m00s	3600	Green	-36.4927
<input type="checkbox"/>	Edit Copy Delete 35148	2024-02-22	1575.42	22h56m07s	22h56m28s	20.0475	Yellow (Intentional)	-36.4892
<input type="checkbox"/>	Edit Copy Delete 35149	2024-02-22	1575.42	23h02m29s	23h02m53s	23.653	Yellow	-22.8132
<input type="checkbox"/>	Edit Copy Delete 35150	2024-02-22	1575.42	23h15m19s	23h15m39s	19.6173	Yellow (Intentional)	-36.3661
<input type="checkbox"/>	Edit Copy Delete 35152	2024-02-22	1575.42	23h16m11s	23h16m54s	43.4307	Yellow (Intentional)	-36.4115
<input type="checkbox"/>	Edit Copy Delete 35155	2024-02-22	1575.42	23h17m10s	23h17m45s	34.6915	Yellow	-17.0773
<input type="checkbox"/>	Edit Copy Delete 35156	2024-02-22	1575.42	23h21m59s	23h22m02s	3.52544	Yellow (Unintentional)	-36.4637
<input type="checkbox"/>	Edit Copy Delete 35157	2024-02-22	1575.42	23h22m10s	23h22m55s	38.816	Yellow	-14.2168
<input type="checkbox"/>	Edit Copy Delete 35158	2024-02-22	1575.42	23h35m10s	23h35m59s	49.5768	Yellow	-20.6273
<input type="checkbox"/>	Edit Copy Delete 35159	2024-02-22	1575.42	23h46m34s	23h46m56s	22.6859	Yellow	-26.6053
<input type="checkbox"/>	Edit Copy Delete 35160	2024-02-22	1575.42	23h57m10s	23h57m15s	5.61115	Yellow	-17.9906

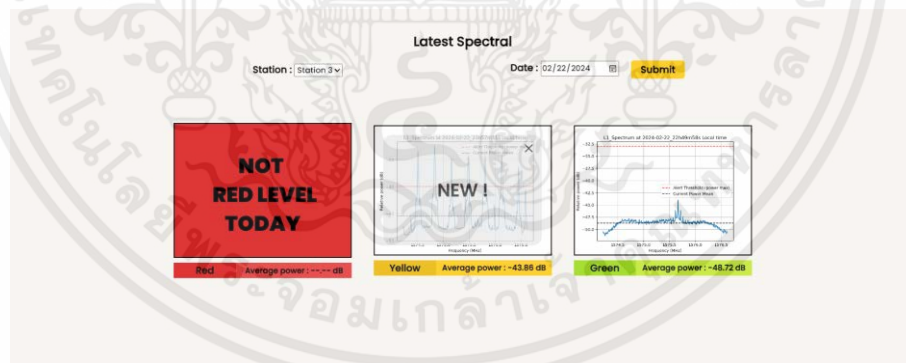
รูปที่ 4.80 ฐานข้อมูลที่ใช้ดึงค่ากำลังสัญญาณเฉลี่ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.81 ไฟล์เซิร์ฟเวอร์ที่ใช้ดึงภาพกราฟสเปกตรัม

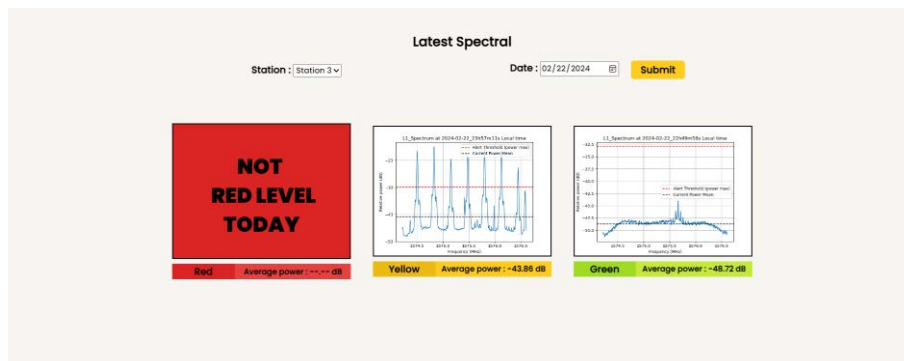
จากรูปที่ 4.79 เป็นหน้า Latest Spectral กำลังแสดงกราฟสเปกตรัมล่าสุดที่ตรวจจับสัญญาณรบกวนได้ก่อนที่จะมีข้อมูลใหม่ถูกเพิ่มเข้ามาในฐานข้อมูลและไฟล์เซิร์ฟเวอร์ดังรูปที่ 4.80 และรูปที่ 4.81 ซึ่งเมื่อมีข้อมูลเพิ่มเข้ามาใหม่ในฐานข้อมูลและไฟล์เซิร์ฟเวอร์หน้า Latest Spectral ที่กำลังแสดงกราฟสเปกตรัมนั้นจะมีการแสดงแจ้งเตือน “New !” ให้ผู้ใช้งานทราบดังรูปที่ 4.82



รูปที่ 4.82 การแสดงแจ้งเตือนให้ผู้ใช้งานให้ทราบของหน้าแสดงผล Latest Spectral

จากรูปที่ 4.82 เมื่อกดที่กากบาทเพื่อปิดการแจ้งเตือน กราฟสเปกตรัมและค่ากำลังสัญญาณเฉลี่ยที่แสดงนั้นจะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามข้อมูลที่ถูกรับเข้ามาใหม่ในฐานข้อมูลและไฟล์เซิร์ฟเวอร์ดังรูปที่ 4.83

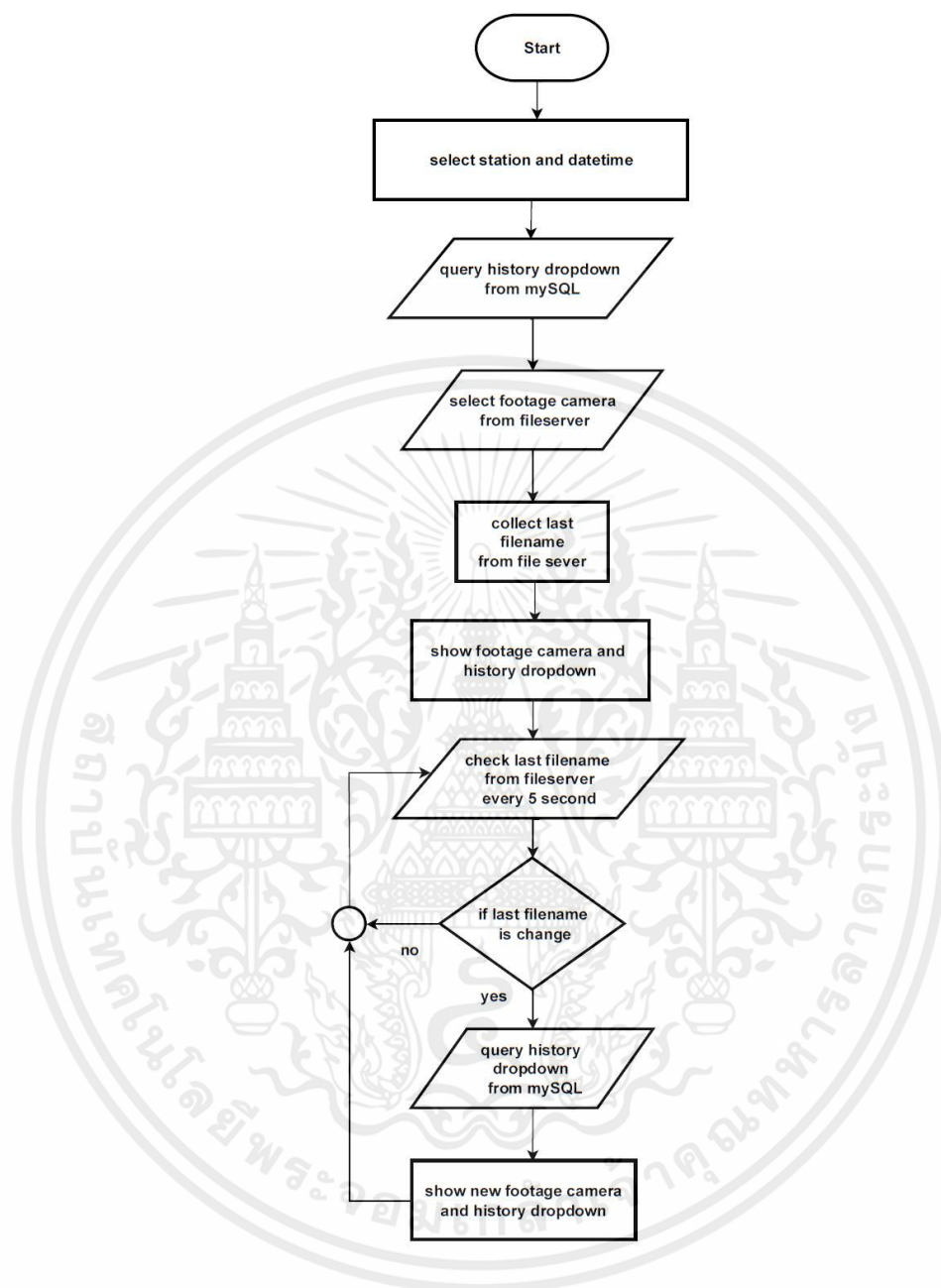
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.83 หน้าแสดงผล Latest Spectral เมื่อกดที่กากบาทเพื่อปิดการแจ้งเตือน

3) การแก้ไข Latest Footage Camera ให้มีการอัปเดตหน้าเว็บเบราว์เซอร์อัตโนมัติและแจ้งเตือนใหม่ให้กับผู้ใช้งาน

การแสดงผลของหน้า Latest Footage Camera นั้นมีหลักการทำงานคล้ายกับหน้า Latest Spectral คือจะใช้การดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลและไฟล์เซิร์ฟเวอร์ ดังนั้นในการตรวจสอบจึงใช้การตรวจสอบว่ามีข้อมูลใหม่ถูกเพิ่มขึ้นในฐานข้อมูลและไฟล์เซิร์ฟเวอร์หรือไม่ หากพบว่าข้อมูลถูกเพิ่มขึ้นมาจะมีการอัปเดตข้อมูลของหน้าเว็บเบราว์เซอร์ใหม่โดยอัตโนมัติและมีการแจ้งเตือนให้ผู้ใช้งานทราบตามแผนผังการทำงานของเว็บเบราว์เซอร์หน้า Latest Footage Camera ดังรูปที่ 4.84

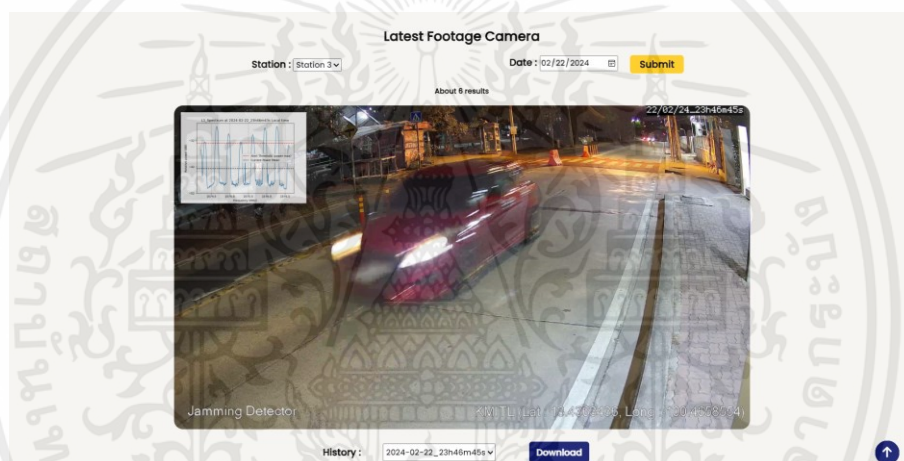


รูปที่ 4.84 แผนผังการทำงานของเว็บเบราว์เซอร์หน้า Latest Footage Camera

จากรูปที่ 4.84 การทำงานของเว็บเบราว์เซอร์หน้า Latest Footage Camera เริ่มจากการให้ผู้ใช้งานเลือกสถานีและวันที่ต้องการแสดงภาพที่ถูกบันทึกล่าสุดจากกล้องวงจรปิดไอพีจากนั้นระบบจะทำการดึงค่า CCTV_Time ในฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการสร้างตัวเลือก History dropdown และดึงภาพจากกล้องวงจรปิดไอพีในไฟล์เซิร์ฟเวอร์ล่าสุด ซึ่งจะมีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

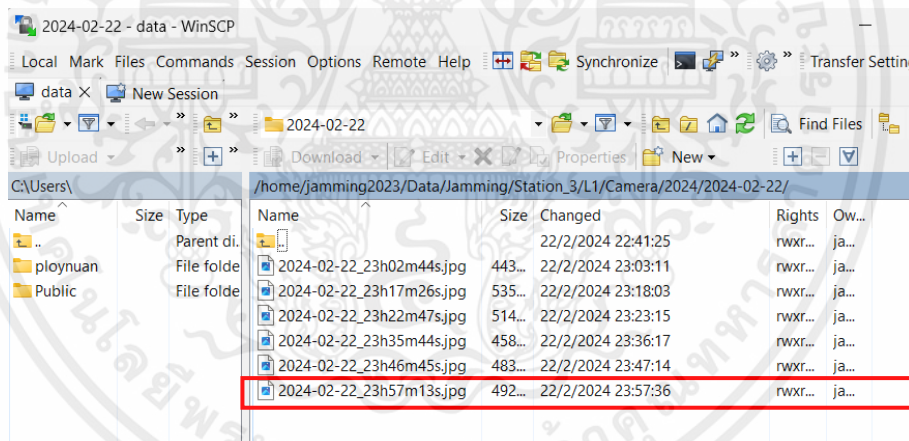
เก็บชื่อไฟล์สุดท้ายของภาพจากกล้องวงจรปิดไอพีในไฟล์เซิร์ฟเวอร์มาเก็บไว้ในตัวแปรเพื่อใช้ในการตรวจสอบค่าในภายหลัง หลังจากนั้นเว็บเบราว์เซอร์จะแสดงภาพจากกล้องวงจรปิดไอพีพร้อมตัวเลือก History dropdown โดยเมื่อแสดงผลเรียบร้อยแล้วระบบจะมีการตรวจสอบชื่อไฟล์สุดท้ายระหว่างค่าที่เก็บไว้ในตัวแปรก่อนหน้านี้และค่าในไฟล์เซิร์ฟเวอร์ว่ามีค่าเปลี่ยนแปลงไปหรือไม่ ในกรณีที่ไม่มีมีการเปลี่ยนแปลงระบบจะทำการตรวจสอบค่าทั้งสองใหม่ไปเรื่อย ๆ ทุก 5 วินาที และในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงระบบจะทำการดึงภาพจากกล้องวงจรปิดไอพีใหม่จากชื่อไฟล์ที่มีการเปลี่ยนแปลงในไฟล์เซิร์ฟเวอร์และดึงค่า CCTV_Time ในฐานข้อมูลมาแสดงผลเพิ่มตรงตัวเลือก History dropdown เพื่อที่จะสามารถเลือกดูเหตุการณ์ก่อนหน้านี้หรือย้อนหลังอื่น ๆ ได้บนเว็บเบราว์เซอร์ ซึ่งมีตัวอย่างการทำงานของหน้าแสดงผล Latest Footage Camera ดังรูปที่ 4.85 - 4.90



รูปที่ 4.85 หน้าแสดงผล Latest Footage Camera เมื่อผู้ใช้งานเลือกสถานีและวันที่ต้องการแสดงภาพที่ถูกบันทึกล่าสุดจากกล้องวงจรปิด IP

	id	Date	Frequency_MHz	Start_Time	End_Time	Total_Time	RFL_Level	Power_Peak_Mean_dB
<input type="checkbox"/>	35141	2024-02-19	1575.42	18h51m58s	18h52m00s	3600	Green	-35.9588
<input type="checkbox"/>	35142	2024-02-19	1575.42	18h53m59s	18h54m01s	3600	Green	-35.9588
<input type="checkbox"/>	35143	2024-02-19	1575.42	18h55m58s	18h56m00s	3600	Green	-35.9588
<input type="checkbox"/>	35144	2024-02-19	1575.42	18h59m59s	19h00m01s	3600	Green	-35.9588
<input type="checkbox"/>	35145	2024-02-19	1575.42	19h03m58s	19h04m00s	3600	Green	-35.9588
<input type="checkbox"/>	35146	2024-02-19	1575.42	19h04m59s	19h05m01s	3600	Green	-35.9588
<input type="checkbox"/>	35147	2024-02-22	1575.42	22h49m58s	22h50m00s	3600	Green	-36.4927
<input type="checkbox"/>	35148	2024-02-22	1575.42	22h56m07s	22h56m28s	20.0475	Yellow (Intentional)	-36.4892
<input type="checkbox"/>	35149	2024-02-22	1575.42	23h02m29s	23h02m53s	23.653	Yellow	-22.8132
<input type="checkbox"/>	35150	2024-02-22	1575.42	23h16m19s	23h15m39s	19.6173	Yellow (Intentional)	-36.3661
<input type="checkbox"/>	35152	2024-02-22	1575.42	23h16m11s	23h16m54s	43.4307	Yellow (Intentional)	-36.4115
<input type="checkbox"/>	35155	2024-02-22	1575.42	23h17m10s	23h17m45s	34.6915	Yellow	-17.0773
<input type="checkbox"/>	35156	2024-02-22	1575.42	23h21m59s	23h22m02s	3.52544	Yellow (Unintentional)	-36.4637
<input type="checkbox"/>	35157	2024-02-22	1575.42	23h22m16s	23h22m55s	38.816	Yellow	-14.2168
<input type="checkbox"/>	35158	2024-02-22	1575.42	23h35m10s	23h35m59s	49.5768	Yellow	-20.6273
<input type="checkbox"/>	35159	2024-02-22	1575.42	23h46m34s	23h46m56s	22.6859	Yellow	-26.6653
<input type="checkbox"/>	35160	2024-02-22	1575.42	23h57m10s	23h57m15s	5.61115	Yellow	-17.9906

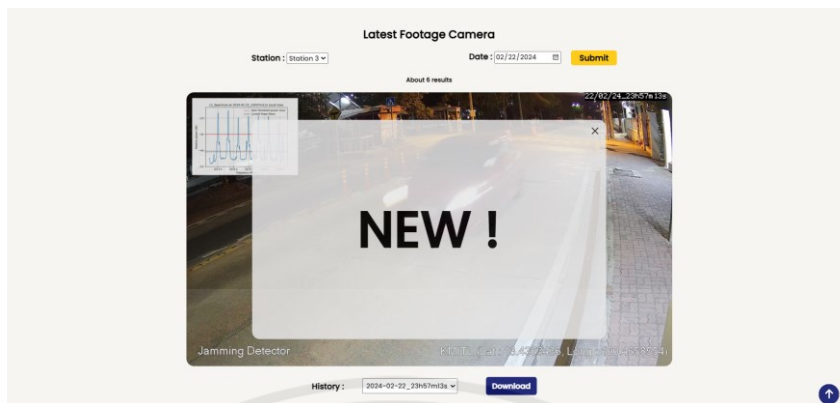
รูปที่ 4.86 ฐานข้อมูลที่ใช้ดึง CCTV_Time เพื่อใช้ในการสร้างตัวเลือก History dropdown



รูปที่ 4.87 ไฟล์เซิร์ฟเวอร์ที่ใช้ดึงภาพจากกล้องวงจรปิดไอพี

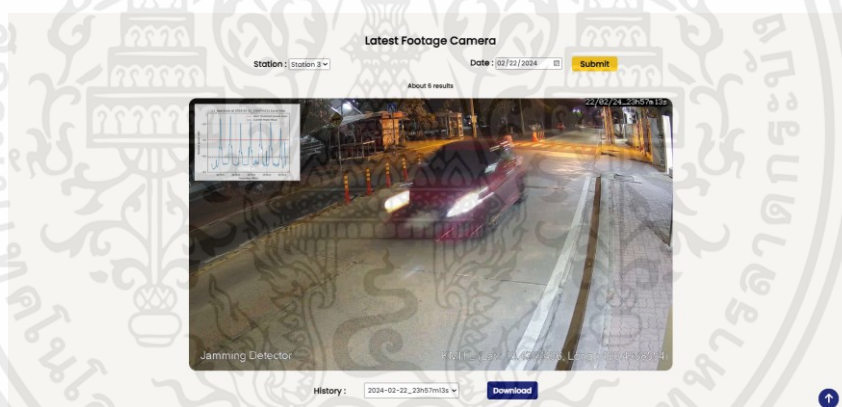
จากรูปที่ 4.85 เป็นหน้า Latest Footage Camera ที่กำลังแสดงภาพที่ถูกบันทึกจากกล้องวงจรปิดไอพีล่าสุดที่ตรวจจับสัญญาณรบกวนได้ก่อนที่จะมีข้อมูลใหม่ถูกเพิ่มเข้ามาในฐานข้อมูลและไฟล์เซิร์ฟเวอร์ดังรูปที่ 4.86 และรูปที่ 4.87 ซึ่งเมื่อมีข้อมูลเพิ่มเข้ามาใหม่ในฐานข้อมูลและไฟล์เซิร์ฟเวอร์ หน้า Latest Footage Camera ที่กำลังแสดงภาพจากกล้องวงจรปิดไอพีนั้นจะมีการแสดงแจ้งเตือน “New !” ให้ผู้ใช้งานทราบดังรูปที่ 4.88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

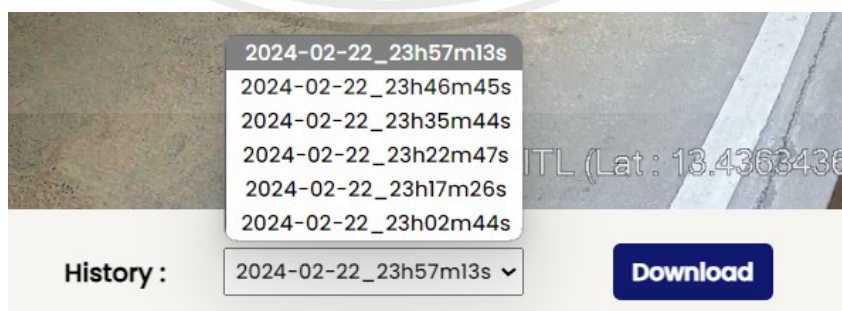


รูปที่ 4.88 การแสดงแจ้งเตือนให้ผู้ใช้งานให้ทราบของหน้าแสดงผล หน้า Latest Footage Camera

จากรูปที่ 4.88 เมื่อกดที่กากบาทเพื่อปิดการแจ้งเตือน ภาพจากกล้องวงจรปิดไอพีและตัวเลือก History dropdown ที่แสดงนั้นจะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามข้อมูลที่ถูกเพิ่มเข้ามาใหม่ในฐานข้อมูลและไฟล์เซิร์ฟเวอร์ดังรูปที่ 4.89 และรูปที่ 4.90



รูปที่ 4.89 หน้าแสดงผล Latest Footage Camera เมื่อมีข้อมูลเพิ่มเข้ามาใหม่ในฐานข้อมูลและไฟล์เซิร์ฟเวอร์

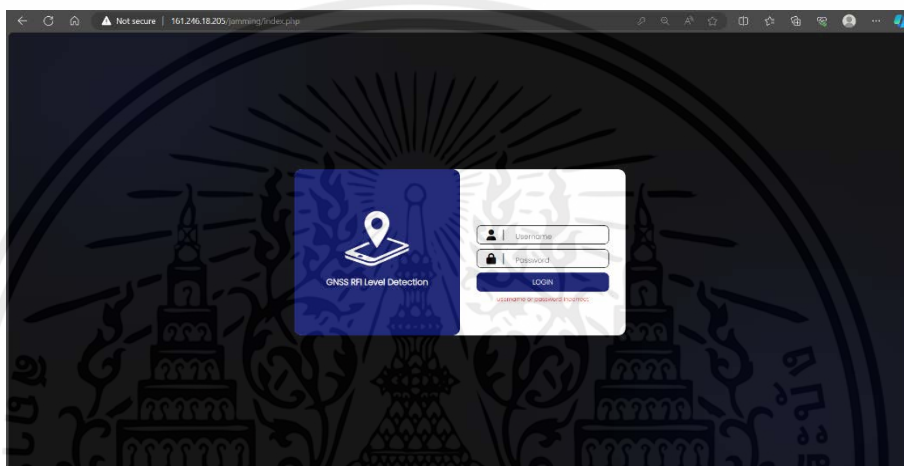


รูปที่ 4.90 ตัวเลือก History dropdown เมื่อมีข้อมูลเพิ่มเข้ามาใหม่ในฐานข้อมูลและไฟล์เซิร์ฟเวอร์

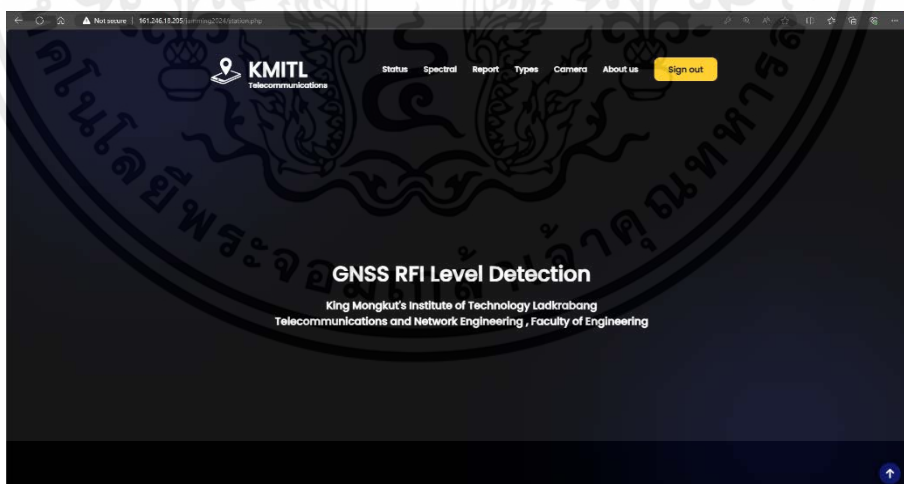
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.2 ผลการทดสอบการทำงานของหน้าต่างล็อกอิน

จากการทดสอบการทำงานเมื่อทำการเปิดหน้าต่างล็อกอินขึ้นมาจะมีช่องให้กรอกข้อมูล Username และ Password ซึ่งผู้ใช้งานจะต้องกรอกข้อมูลทั้งสองเพื่อล็อกอินเข้าสู่เว็บเบราว์เซอร์ โดยถ้ามีการกรอกข้อมูลผิดระบบจะมีข้อความแจ้งเตือน “username or password incorrect” และหากมีการกรอกข้อมูลถูกต้องระบบจะทำการเข้าสู่หน้าต่างเบราว์เซอร์ต่อไปดังรูปที่ 4.91 และรูปที่ 4.92



รูปที่ 4.91 เมื่อมีการกรอกข้อมูล Username หรือ Password ผิด



รูปที่ 4.92 เมื่อมีการกรอกข้อมูล Username และ Password ถูกต้อง

โดยในส่วนของข้อมูล Username และ Password ที่ใช้ในการล็อกอินเข้าสู่เว็บเบราว์เซอร์จะมีการบันทึกไว้ในฐานข้อมูล MySQL ผ่านกระบวนการเข้ารหัส Hash Function แบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bcrypt เรียบร้อยเพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการเก็บข้อมูลดังรูปที่ 4.93 และเมื่อมีการล็อกอินระบบก็จะทำการนำค่าที่ผู้ใช้งานกรอกมาตรวจสอบกับค่าที่บันทึกไว้ในฐานข้อมูลว่าตรงกันหรือไม่ ถ้าหากมีข้อมูลที่ตรงกันก็จะทำการเชื่อมต่อไปยังหน้าเบราว์เซอร์ถัดไป

			id	username	password	
<input type="checkbox"/>	Edit	Copy	Delete	1	user1	\$2y\$10\$cBcH88libKVjuXZPx/ztMOB0zLqRhZnnFUfbWQRy7B6...
<input type="checkbox"/>	Edit	Copy	Delete	2	user2	\$2y\$10\$Kgygm3vrATsLiZ/57etNpOW4m50mtWm9sgcSaHS7h2h...
<input type="checkbox"/>	Edit	Copy	Delete	3	user3	\$2y\$10\$0ihrUlrtab0OeeRTDB8GhuN/xtDnWslAE.H4YnXKkk...
<input type="checkbox"/>	Edit	Copy	Delete	4	admin	\$2y\$10\$CFn7nOMqdzfE/neVkeeAH.aLRqBm.VL1pvd9vw2rOoa...

รูปที่ 4.93 การเก็บข้อมูล Username และ Password ในฐานข้อมูล MySQL

และในส่วนของการล็อกอินเพื่อเข้าสู่ระบบจะมีการตรวจสอบสิทธิ์ในการเข้าถึงข้อมูลในแต่ละสถานีของผู้ใช้งานผ่านข้อมูลที่ถูกบันทึกไว้ในฐานข้อมูล MySQL ดังรูปที่ 4.94

user_id	station
1	Station_1
1	Station_2
1	Station_3
2	Station_1
3	Station_2
3	Station_3
4	Station_1
4	Station_2
4	Station_3

รูปที่ 4.94 การเก็บข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบสิทธิ์ในการเข้าถึงในฐานข้อมูล MySQL

4.5.3 ผลการทดสอบการทำงานของหน้าต่างหลัก

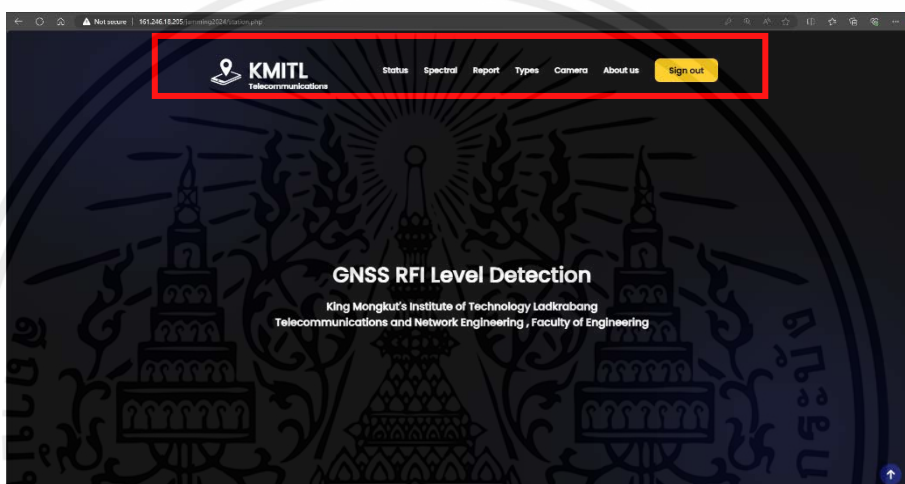
4.5.3.1 ผลการทดสอบการทำงานของหน้าต่างแสดงผลหลัก

จากการทดสอบการทำงานของหน้าต่างแสดงผลหลัก ซึ่งจะมี Nav bar อยู่ส่วนบนสุดของหน้าเพื่อใช้ในการเชื่อมต่อไปยังส่วนต่าง ๆ ดังรูปที่ 4.95 โดยเมื่อมีการกดคำที่แสดงบน Nav bar หน้าเว็บเบราว์เซอร์จะเชื่อมต่อไปยังส่วนต่าง ๆ ดังนี้

- 1) เมื่อกด KMITL จะเชื่อมต่อไปยังเว็บไซต์ <https://www.kmitl.ac.th>
- 2) เมื่อกด Status จะเชื่อมต่อไปยังหน้าต่างแสดงผล Status

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

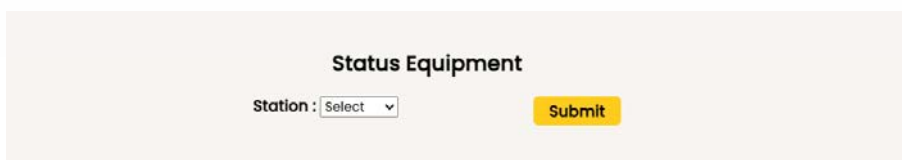
- 3) เมื่อกด Spectral จะเชื่อมต่อไปยังหน้าต่างแสดงผล Latest Spectral
 - 4) เมื่อกด Report จะเชื่อมต่อไปยังหน้าต่างแสดงผล Jamming Report
 - 5) เมื่อกด Types จะเชื่อมต่อไปยังหน้าต่างแสดงผล Types
 - 6) เมื่อกด Camera จะเชื่อมต่อไปยังหน้าต่างแสดงผล Latest Footage
- Camera
- 7) เมื่อกด About us จะเชื่อมต่อไปยังหน้าต่างแสดงผล About us
 - 8) เมื่อกด Sign out จะเชื่อมต่อไปยังหน้าต่างล็อกอิน



รูปที่ 4.95 ส่วนของ Nav bar ในหน้าต่างแสดงผลหลัก

4.5.3.2 ผลการทดสอบการทำงานของหน้าต่างแสดงผล Status

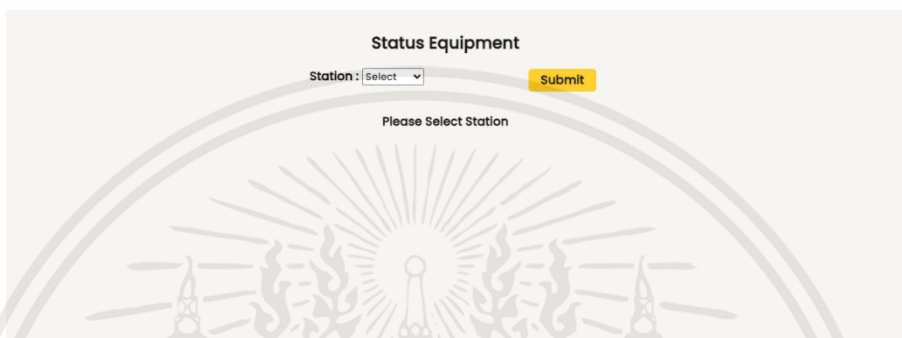
จากการทดสอบการทำงานของหน้าต่าง Status Equipment หน้าเว็บเบราว์เซอร์จะแสดงสถานะการทำงานของอุปกรณ์ Mini PC NUC 4G Wireless router เครื่องรับสัญญาณจีเอ็นเอสเอส (NEO-M8T-0 U-blox GNSS) กล้องวงจรปิดไอพี และ RTL-SDR Dongle ซึ่งผู้ใช้งานสามารถเลือกสถานที่ที่ต้องการตรวจสอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์ได้ดังรูปที่ 4.96



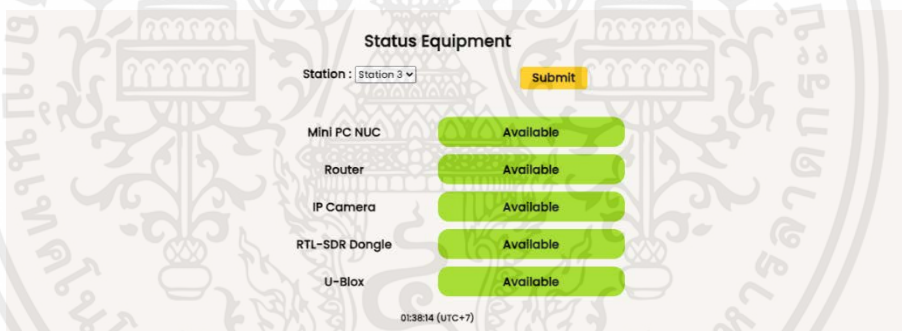
รูปที่ 4.96 การเลือกสถานที่ที่ต้องการตรวจสอบสถานะอุปกรณ์ของหน้า Status Equipment

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.96 กรณีที่ผู้ใช้งานไม่ได้เลือกสถานีที่ต้องการตรวจสอบหน้าเว็บเบราว์เซอร์จะแสดงข้อความแจ้งเตือนขึ้นมาดังรูปที่ 4.97 และหากผู้ใช้งานเลือกสถานีที่ต้องการตรวจสอบครบหน้าเว็บเบราว์เซอร์จะแสดงสถานะการทำงานของอุปกรณ์ที่ตรวจสอบล่าสุดตามสถานีที่ผู้ใช้งานระบุไว้ นอกจากนี้หน้าเว็บเบราว์เซอร์จะมีการแสดงค่าเวลา ณ ปัจจุบันที่ส่วนล่างของหน้า Status Equipment ดังรูปที่ 4.98



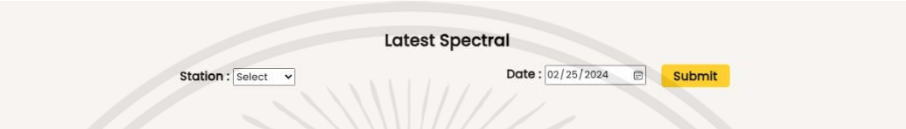
รูปที่ 4.97 หน้าต่างแสดงผล Status Equipment กรณีที่มีการเลือกข้อมูลที่ต้องการไม่ครบถ้วน



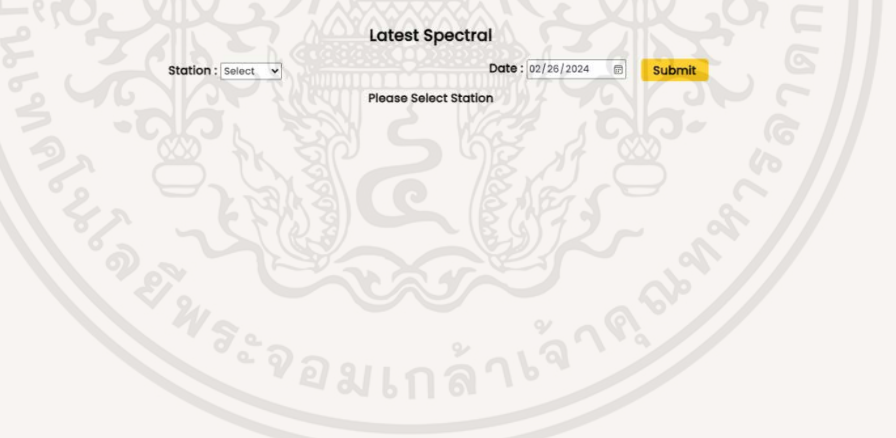
รูปที่ 4.98 การตรวจสอบสถานะการทำงานสุดท้ายของ Station 3

จากรูปที่ 4.98 กรณีที่ผู้ใช้งานเลือกข้อมูลครบหน้าเว็บเบราว์เซอร์จะแสดงสถานะการทำงานของอุปกรณ์ Mini PC NUC 4G Wireless router เครื่องรับสัญญาณจีเอ็นเอสเอส (NEO-M8T-0 U-blox GNSS) กล้องวงจรปิด IP และ RTL-SDR Dongle สถานีที่ผู้ใช้งานได้ระบุไว้ โดยถ้าสถานะของอุปกรณ์นั้นสามารถใช้งานได้ปกติจะแสดงค่า Available แต่ถ้าสถานะของอุปกรณ์นั้นไม่สามารถใช้งานได้ปกติจะแสดงค่า Unavailable และจะมีการแสดงค่าเวลา ณ ปัจจุบัน (UTC+7) ที่ส่วนล่างของการแสดงผลหน้า Status Equipment

4.5.3.3 ผลการทดสอบการทำงานของหน้าต่างแสดงผล Latest Spectral
จากการทดสอบการทำงานของหน้าต่างแสดงผล Latest Spectral ของเว็บ
เบราวน์เซอร์ ระบบจะแสดงกราฟสเปกตรัมสุดท้ายและค่ากำลังเฉลี่ยของสัญญาณในส่วนของ RFI
Level แต่ละย่านความถี่ประกอบด้วย Red Level Yellow Level และ Green Level โดยผู้ใช้งาน
สามารถเลือกสถานีและระบุวันที่ที่ต้องการแสดงได้ดังรูปที่ 4.99

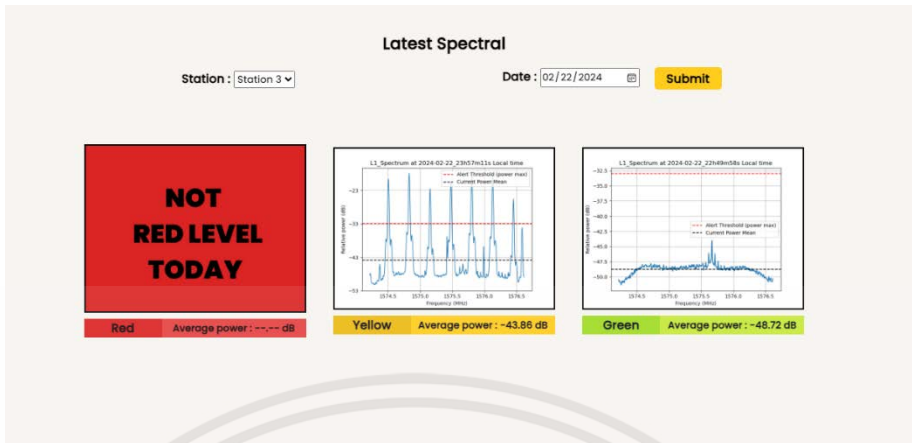


รูปที่ 4.99 การเลือกสถานีและวันที่ที่ต้องการแสดงกราฟสเปกตรัม
และในกรณีที่มีการเลือกข้อมูลที่ต้องการจะแสดงไม่ครบระบบจะแสดง
ข้อความแจ้งเตือนขึ้นมาดังรูปที่ 4.100 และหากผู้ใช้งานเลือกช่วงข้อมูลที่ต้องการจะแสดงครบระบบ
จะแสดงผลกราฟสเปกตรัมสุดท้ายและค่ากำลังเฉลี่ยของสัญญาณของสถานีและวันที่ผู้ใช้งานได้เลือก
ไว้ดังรูปที่ 4.101



รูปที่ 4.100 หน้าต่างแสดงผล Latest Spectral กรณีที่มีการเลือกข้อมูลที่ต้องการไม่ครบถ้วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.101 กราฟสเปกตรัมสุดท้ายของ Station 3 ณ วันที่ 22 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2567

จากรูปที่ 4.101 จะแสดงกราฟสเปกตรัมสุดท้ายและค่ากำลังเฉลี่ยสัญญาณของ Station 3 ณ วันที่ 22 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2567 ตามระดับการรบกวนสัญญาณ RFI Level ประกอบด้วย Red Level Yellow Level และ Green Level โดยจะเห็นได้ว่าในวันที่ทดลองนั้นมีการรบกวนของสัญญาณเกิดขึ้นเพียงสองระดับ ซึ่งการรบกวนในระดับต่าง ๆ ของสัญญาณนั้นมีหลักการตัดสินใจคือ เมื่อรับค่าสัญญาณมาแล้วพบว่าจำนวนดาวเทียมและค่า CNR มีค่าน้อยกว่า Threshold ที่กำหนดไว้เป็นระยะเวลามากกว่า 10 วินาที ระบบจะทำการตัดสินใจให้อยู่ในระดับต่าง ๆ และส่งข้อมูลดังกล่าวมาเพื่อแสดงผลว่าเกิดการรบกวนของสัญญาณในระดับต่าง ๆ เกิดขึ้น

4.5.3.4 ผลการทดสอบการทำงานของหน้าต่างแสดงผล Jamming Report

จากการทดสอบการทำงานของหน้าต่างแสดงผล Jamming Report ของเว็บเบราว์เซอร์ ระบบจะแสดงข้อมูลตารางประกอบไปด้วย วัน เวลา ความถี่ ค่าเฉลี่ยของจำนวนดาวเทียม ค่าเฉลี่ยของ CNR และประเภทของอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ ซึ่งในส่วนล่างของตารางจะมีปุ่ม Export ซึ่งสามารถใช้ในการดาวน์โหลดข้อมูลจากตารางที่แสดงอย่างละเอียดได้ โดยผู้ใช้งานสามารถเลือกสถานีและระบุช่วงวันที่ต้องการจะแสดงข้อมูลตารางได้ดังรูปที่ 4.102



รูปที่ 4.102 การเลือกช่วงข้อมูลที่ต้องการจะแสดง Jamming Report

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และในกรณีที่มีการเลือกข้อมูลที่ต้องการจะแสดงไม่ครบระบบจะแสดงข้อความแจ้งเตือนขึ้นมาดังรูปที่ 4.103 และหากผู้ใช้งานเลือกสถานีและระบุช่วงวันที่ที่ต้องการครบระบบจะแสดงข้อมูลตารางตามที่ผู้ใช้งานเลือกไว้ดังรูปที่ 4.104

The screenshot shows a web form titled "Jamming Report". At the top, there are three input fields: "Station" with a dropdown menu, "Start date" with a date picker set to 02/26/2024, and "End date" with a date picker set to 02/26/2024. To the right of these fields is a yellow "Submit" button. Below the input fields, a message reads: "Please ensure that all options are selected". The background of the form features a large, faint watermark of a university emblem.

รูปที่ 4.103 หน้าต่างแสดงผล Jamming Report กรณีที่มีการเลือกข้อมูลที่ต้องการไม่ครบถ้วน

The screenshot shows the same "Jamming Report" form, but now it displays a table of data. The "Station" dropdown is set to "Station 3", the "Start date" is 02/22/2024, and the "End date" is 02/26/2024. The "Submit" button is still present. Below the form, a table displays the following data:

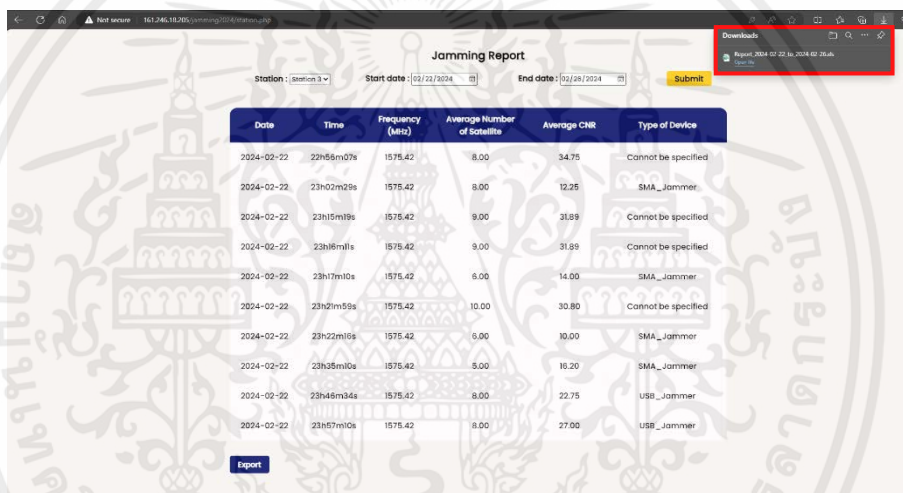
Date	Time	Frequency (Mhz)	Average Number of Satellite	Average CNR	Type of Device
2024-02-22	22h56m07s	1575.42	8.00	34.75	Cannot be specified
2024-02-22	23h02m29s	1575.42	8.00	12.25	SMA_Jammer
2024-02-22	23h15m19s	1575.42	9.00	31.89	Cannot be specified
2024-02-22	23h16m11s	1575.42	9.00	31.89	Cannot be specified
2024-02-22	23h17m10s	1575.42	6.00	14.00	SMA_Jammer
2024-02-22	23h21m59s	1575.42	10.00	30.80	Cannot be specified
2024-02-22	23h22m16s	1575.42	6.00	10.00	SMA_Jammer
2024-02-22	23h35m10s	1575.42	5.00	16.20	SMA_Jammer
2024-02-22	23h46m34s	1575.42	8.00	22.75	USB_Jammer
2024-02-22	23h57m10s	1575.42	8.00	27.00	USB_Jammer

At the bottom left of the table area, there is a blue "Export" button.

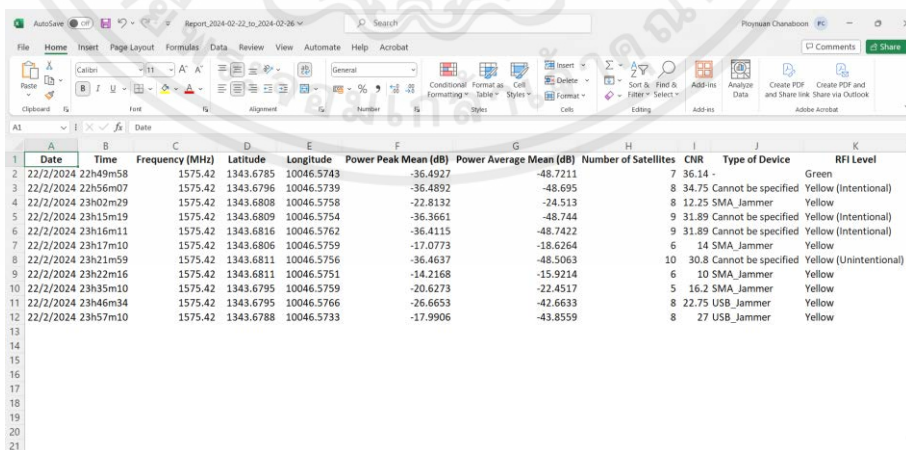
รูปที่ 4.104 ตารางแสดงข้อมูล Jamming Report ของ Station 3
ณ วันที่ 22 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2567

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.104 จะแสดงตารางข้อมูลของ Station 3 ณ วันที่ 22 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2567 ประกอบด้วย วัน เวลา ความถี่ ค่าเฉลี่ยของจำนวนดาวเทียม ค่าเฉลี่ยของ CNR และประเภทของอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ โดยจะเห็นได้ว่าในช่วงวันที่ทดลองนั้นมีการรบกวนของสัญญาณเกิดขึ้น ซึ่งเป็นสัญญาณรบกวนที่เกิดจากการทดสอบระบบของผู้จัดทำผ่านอุปกรณ์ SMA Type Jammer และ USB GPS Jammer ตามที่แสดงค่าในตาราง และการแสดงข้อมูลในตารางนั้นจะแสดงเพียงค่าที่มีระดับการรบกวนสัญญาณ RFI Level สูงกว่า Yellow Level ขึ้นไปเท่านั้น เนื่องจากระดับ Green Level นั้นเป็นข้อมูลของสัญญาณปกติที่ไม่ถูกรบกวนจึงไม่มีการแสดงค่าในตารางและในส่วนของปุ่ม Export เมื่อทำการกดที่ปุ่มนี้ ระบบจะดาวน์โหลดข้อมูลจากตารางที่แสดงโดยละเอียดในรูปแบบของไฟล์ .xls ดังรูปที่ 4.105



รูปที่ 4.105 เมื่อกดปุ่ม Export ระบบจะทำการดาวน์โหลดข้อมูลจากตารางในไฟล์ .xls



รูปที่ 4.106 ไฟล์ .xls ที่ดาวน์โหลดมาจากเว็บเบราว์เซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

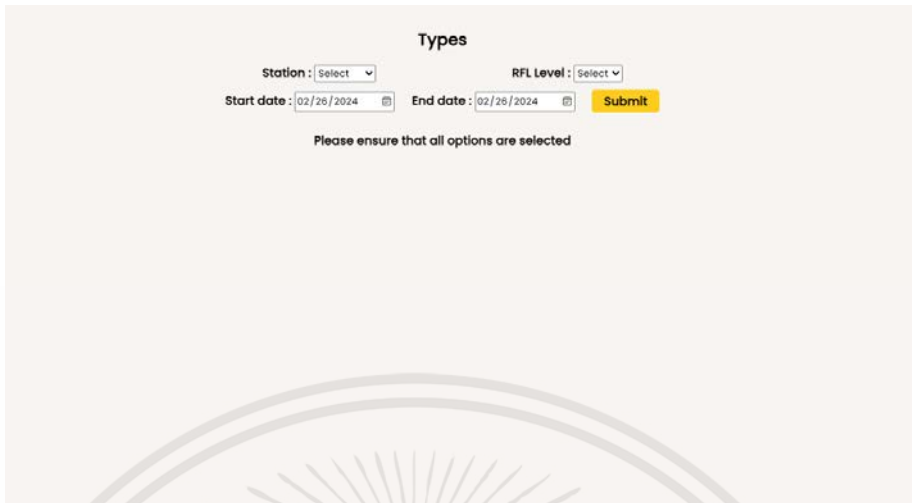
จากรูปที่ 4.105 และ 4.106 เมื่อกด Export ระบบจะทำการดาวน์โหลดไฟล์ข้อมูลจากตารางตามที่คุณใช้งานได้เลือกสถานีและระบุช่วงวันที่ต้องการในรูปแบบของไฟล์ .xls โดยจะมีชื่อไฟล์เป็น Report ตามด้วยช่วงวันที่ใช้งานนั้นเลือกไว้ข้างต้นดังรูปที่ 4.106 และในไฟล์ .xls จะแสดงข้อมูลโดยละเอียดประกอบไปด้วย วัน เวลา ความถี่ ละติจูด ลองจิจูด กำลังเฉลี่ยของสัญญาณ กำลังสูงสุดของสัญญาณ ค่าเฉลี่ยของจำนวนดาวเทียม ค่าเฉลี่ยของ CNR ประเภทของอุปกรณ์รับกวน และระดับการรบกวนสัญญาณ RFI Level ตามลำดับ

4.5.3.5 ผลการทดสอบการทำงานของหน้าต่างแสดงผล Types

จากการทดสอบการทำงานของหน้าต่างแสดงผล Types ของเว็บเบราว์เซอร์ ระบบจะแสดงข้อมูลตาราง ประกอบไปด้วย วัน เวลาที่เริ่มเกิดสัญญาณรบกวน เวลาสิ้นสุดของการเกิดสัญญาณรบกวน เวลาทั้งหมดที่เกิดสัญญาณรบกวน ระดับการรบกวนสัญญาณ RFI Level และภาพจากกล้องวงจรปิดไอพีพร้อมกราฟสเปกตรัมขณะถูกรบกวนสัญญาณโดยผู้ใช้งานสามารถเลือกสถานี ระดับ RFI และระบุช่วงวันที่ที่ต้องการจะแสดงได้ดังรูปที่ 4.107

รูปที่ 4.107 การเลือกช่วงข้อมูลที่ต้องการจะแสดงผล หน้า Types

และในกรณีที่มีการเลือกข้อมูลที่ต้องการจะแสดงไม่ครบระบบจะแสดงข้อความแจ้งเตือนขึ้นมาดังรูปที่ 4.108 และหากผู้ใช้งานเลือกย่านความถี่และระบุช่วงวันที่ที่ต้องการครบระบบจะแสดงข้อมูลตารางตามที่คุณใช้งานได้เลือกไว้ดังรูปที่ 4.109



รูปที่ 4.108 หน้าต่างแสดงผล Types กรณีที่มีการเลือกข้อมูลที่ต้องการไม่ครบถ้วน

Date	Start Time	End Time	Total Time (Sec)	RFI Level	CCTV
2024-02-22	23h02m29s	23h02m53s	23.85	Yellow	
2024-02-22	23h17m10s	23h17m45s	34.69	Yellow	
2024-02-22	23h21m59s	23h22m02s	3.53	Yellow (Unintentional)	-
2024-02-22	23h22m16s	23h22m55s	38.82	Yellow	
2024-02-22	23h35m10s	23h35m59s	49.58	Yellow	
2024-02-22	23h46m34s	23h46m56s	22.69	Yellow	
2024-02-22	23h57m10s	23h57m15s	5.61	Yellow	

รูปที่ 4.109 ตารางแสดงข้อมูล Types ของ Station 3 ณ วันที่ 22 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2567

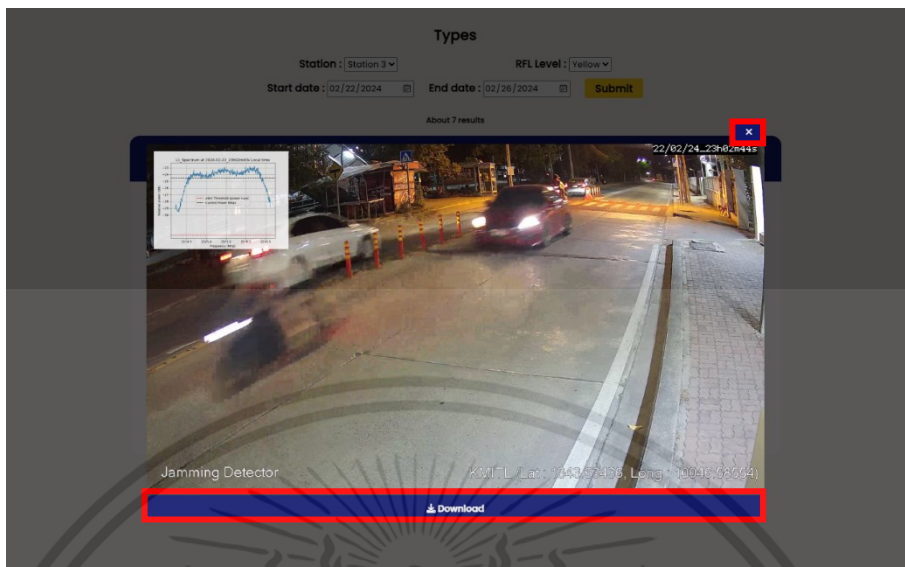
จากรูปที่ 4.109 จะแสดงตารางข้อมูลของ Station 3 ณ วันที่ 22 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2567 ประกอบไปด้วย วัน เวลาที่เริ่มเกิดสัญญาณรบกวน เวลาสิ้นสุดของการเกิดสัญญาณรบกวน เวลาทั้งหมดที่เกิดสัญญาณรบกวน ระดับการรบกวนสัญญาณ RFI Level และภาพจากกล้องวงจรปิดไอพีพร้อมกราฟสเปกตรัมขณะถูกรบกวนสัญญาณ โดยจะเห็นได้ว่าในช่วงวันที่ทดลองนั้นมีการรบกวนของสัญญาณเกิดขึ้น ซึ่งเป็นสัญญาณรบกวนที่เกิดจากการทดสอบระบบของผู้จัดทำ เช่นเดียวกับตาราง Report แต่จะมีข้อแตกต่างกันในส่วนของการแสดงข้อมูลในตาราง Types นั้นไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำเป็นต้องรอให้ระยะเวลาในการรวบรวมมากกว่า 10 วินาทีแล้วจึงแสดงผล เนื่องจากในตาราง Types จะแสดงผลเป็นระดับการรบกวนสัญญาณ RFI Level แบบ Unintentional หรือไม่เจตนา แทนในกรณีที่มีระยะเวลาในการรวมน้อยกว่า 10 วินาทีและในคอลัมน์สุดท้ายของตารางจะเป็น คอลัมน์ CCTV เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกดูภาพจากกล้องวงจรปิดไอพีย้อนหลังได้ตามข้อมูลที่ถูกระบุไว้ด้านบน โดยสามารถเลือกดูภาพจากกล้องวงจรปิดไอพีที่ต้องการได้โดยการกดไอคอนรูปภาพที่ คอลัมน์ CCTV ในตารางแสดงผลและภาพจากกล้องวงจรปิดไอพีพร้อมกราฟสเปกตรัมจะถูกแสดงแบบป๊อปอัพขึ้นมาบนหน้าจอ ดังรูปที่ 4.110 - 4.113

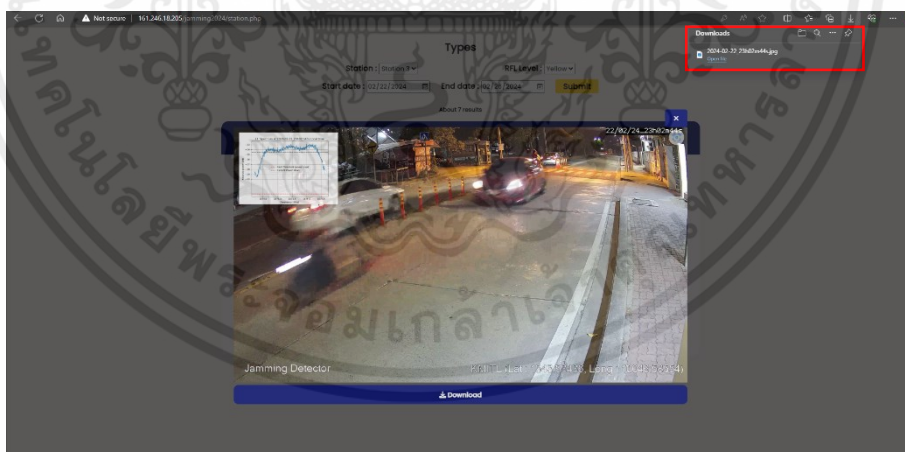
Date	Start Time	End Time	Total Time (Sec)	RFI Level	CCTV
2024-02-22	23h02m29s	23h02m53s	23.85	Yellow	
2024-02-22	23h17m10s	23h17m45s	34.69	Yellow	
2024-02-22	23h21m59s	23h22m02s	3.53	Yellow (Unintentional)	
2024-02-22	23h22m16s	23h22m55s	38.82	Yellow	
2024-02-22	23h35m10s	23h35m59s	49.58	Yellow	
2024-02-22	23h46m34s	23h46m56s	22.69	Yellow	
2024-02-22	23h57m10s	23h57m15s	5.61	Yellow	

รูปที่ 4.110 ไอคอนรูปภาพที่คอลัมน์ CCTV เพื่อใช้ในการดูภาพกล้องวงจรปิดไอพีพร้อมกราฟสเปกตรัม



รูปที่ 4.111 ภาพกล้องวงจรปิดไอพีพร้อมกราฟสเปกตรัมที่ถูกแสดงป๊อปอัพขึ้นมาบนหน้าจอ

จากรูปที่ 4.111 ภาพกล้องวงจรปิดไอพีพร้อมกราฟสเปกตรัมที่ถูกแสดงป๊อปอัพขึ้นมาบนหน้านั้นมีไอคอนดาวน์โหลดเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถดาวน์โหลดภาพที่แสดงได้ดังรูปที่ 4.112 และมีไอคอนกากบาทอยู่ด้านบนของรูปที่แสดงเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถกดปิดภาพป๊อปอัพและกลับไปแสดงตารางข้อมูลดั้งเดิม ดังรูปที่ 4.113



รูปที่ 4.112 กรณีกดไอคอนดาวน์โหลดภาพที่แสดงจะถูกดาวน์โหลดลงในเครื่องของผู้ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Types

Station : RFL Level :

Start date : End date :

About 7 results

Date	Start Time	End Time	Total Time (Sec)	RFL Level	CCTV
2024-02-22	23h02m29s	23h02m53s	23.65	Yellow	
2024-02-22	23h17m10s	23h17m45s	34.69	Yellow	
2024-02-22	23h21m59s	23h22m02s	3.53	Yellow (Unintentional)	-
2024-02-22	23h22m16s	23h22m55s	38.82	Yellow	
2024-02-22	23h35m10s	23h35m59s	49.58	Yellow	
2024-02-22	23h46m34s	23h46m56s	22.69	Yellow	
2024-02-22	23h57m10s	23h57m15s	5.61	Yellow	

รูปที่ 4.113 กรณีเกิดไอคอนกากบาทภาพที่แสดงจะถูกปิดและกลับไปแสดงตารางข้อมูลดั้งเดิม

4.5.3.6 ผลการทดสอบการทำงานของหน้าต่างแสดง Latest Footage Camera

จากการทดสอบการทำงานของหน้าต่าง Latest Footage Camera หน้าเว็บเบราว์เซอร์จะแสดงจำนวนข้อมูลที่ค้นหาได้ ภาพที่ถูกบันทึกล่าสุดจากกล้องวงจรปิดไอพีพร้อมกราฟสเปกตรัมขณะถูกรบกวนสัญญาณ ตัวเลือก History สำหรับการเลือกดูภาพจากกล้องวงจรปิดไอพีย้อนหลังและปุ่มสำหรับการดาวน์โหลดภาพที่ต้องการ โดยผู้ใช้งานสามารถเลือกสถานีและระบุวันที่ของข้อมูลที่ต้องการจะแสดงได้ดังรูปที่ 4.114

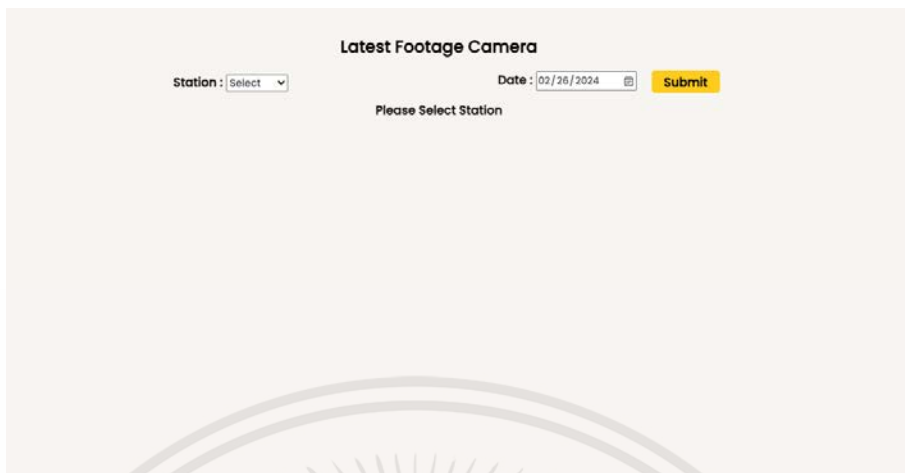
Latest Footage Camera

Station : Date :

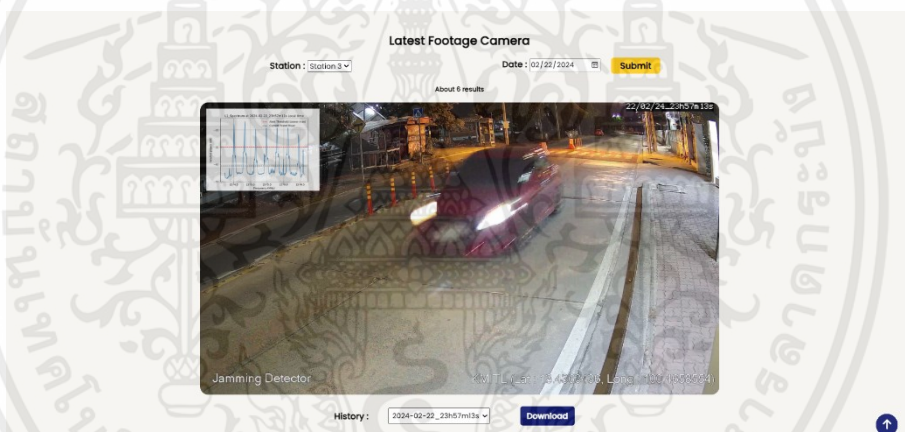
รูปที่ 4.114 การเลือกช่วงข้อมูลที่ต้องการจะแสดงหน้าต่าง Latest Footage Camera

และในกรณีที่มีการเลือกข้อมูลที่ต้องการจะแสดงไม่ครบระบบจะแสดงข้อความแจ้งเตือนขึ้นมาดังรูปที่ 4.115 และหากผู้ใช้งานเลือกสถานีและระบุช่วงวันที่ที่ต้องการครบ หน้าเว็บเบราว์เซอร์จะแสดงภาพที่ถูกบันทึกล่าสุดจากกล้องวงจรปิดไอพีตามข้อมูล que ผู้ใช้งานระบุไว้ดังรูปที่ 4.116

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



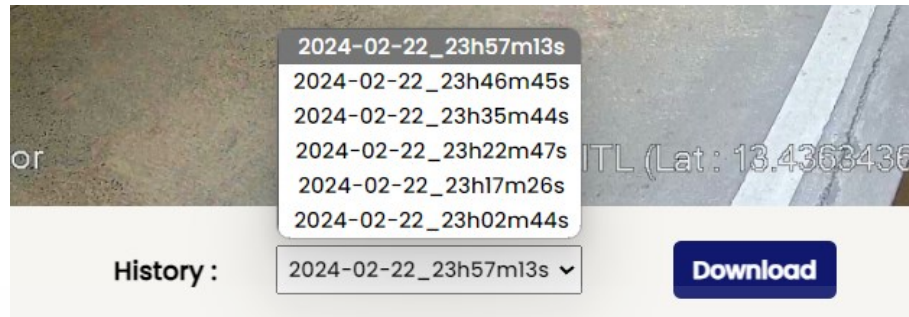
รูปที่ 4.115 หน้าต่างแสดงผล Latest Footage Camera กรณีที่มีการเลือก
ข้อมูลที่ต้องการไม่ครบถ้วน



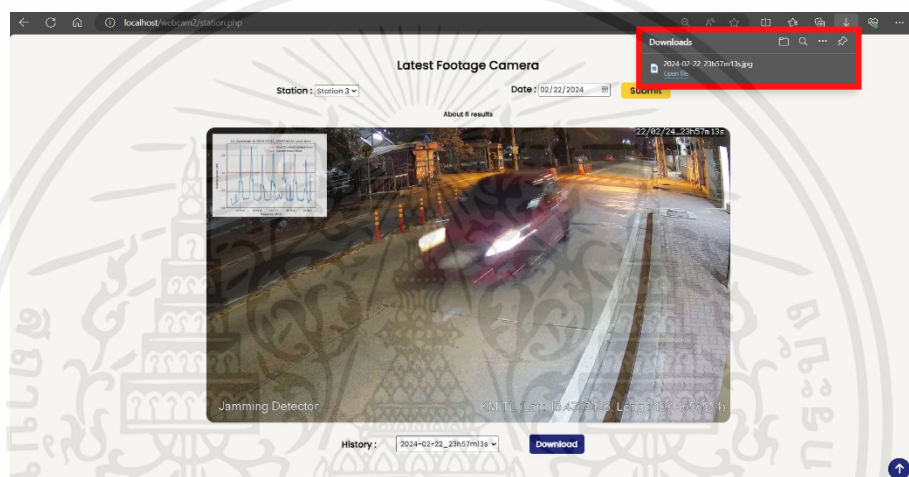
รูปที่ 4.116 หน้าต่างแสดงผล Latest Footage Camera ของ Station 3
ณ วันที่ 22 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2567

จากรูปที่ 4.116 กรณีที่ผู้ใช้งานเลือกข้อมูลครบหน้าเว็บเบราว์เซอร์จะแสดงจำนวนข้อมูลที่ค้นหาได้ ณ สถานีและเวลาที่ผู้ใช้งานระบุรวมถึงแสดงภาพที่ถูกบันทึกล่าสุดจากกล้องวงจรปิดไอพีพร้อมกราฟสเปกตรัมขณะถูกรบกวนสัญญาณ และด้านล่างของภาพที่แสดงจะมีตัวเลือก History สำหรับการเลือกดูภาพจากกล้องวงจรปิดไอพีย้อนหลังโดยการคลิกที่ตัวเลือกของ History จากนั้นตัวเลือกจะแสดงช่วงวันและเวลาของเหตุการณ์ก่อนหน้าขึ้นมาดังรูปที่ 4.117 และมีปุ่ม Download เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถดาวน์โหลดภาพจากกล้องวงจรปิดไอพีที่ถูกบันทึกไว้ตอนเกิดการรบกวนสัญญาณที่ต้องการได้ดังรูปที่ 4.118

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.117 หน้าต่างแสดงผล Latest Footage Camera เมื่อคลิกที่ตัวเลือกของ History



รูปที่ 4.118 หน้าต่างแสดงผล Latest Footage Camera กรณีกดปุ่มดาวน์โหลด

ภาพที่แสดงจะถูกดาวน์โหลดลงในเครื่องของผู้ใช้งาน

4.5.3.7 ผลการทดสอบการทำงานของหน้าต่างแสดงผล About us

จากการทดสอบการทำงานของหน้าต่างแสดงผล About us ของเว็บไซต์ เบราร์เซอร์ดังรูปที่ 4.119 โดยหน้า About us นั้นจะแสดงข้อมูลเกี่ยวกับผู้จัดทำโปรเจกต์ประกอบด้วย

- 1) ภาควิชา
- 2) มหาวิทยาลัย
- 3) ที่อยู่
- 4) เบอร์ติดต่อภาควิชา
- 5) อีเมลติดต่อภาควิชา
- 6) รายชื่อผู้จัดทำ
- 7) อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.119 หน้าต่างแสดงผล About us ของเว็บเบราว์เซอร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

ปริญญาานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการตรวจจับของสัญญาณรบกวนจากระบบระบุพิกัดตำแหน่งจีเอ็นเอสเอส เพื่อพัฒนาและต่อยอดระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนจีเอ็นเอสเอส โดยใช้อุปกรณ์รับสัญญาณจีเอ็นเอสเอสรับค่ามาเพื่อประมวลผล ตัดสินใจ และมีกล้องวงจรปิดไอพีที่จะช่วยบันทึกภาพรถต้องสงสัยเพื่อแสดงผลบนเว็บเบราว์เซอร์ รวมถึงมีการแจ้งเตือนผ่าน Line Notify ในระบบตรวจจับสัญญาณรบกวน โดยปริญญาานิพนธ์นี้เลือกตัวอย่างสัญญาณจีเอ็นเอสเอสคือจีพีเอส ซึ่งการทำงานของระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนจีเอ็นเอสเอสสามารถแบ่งการทำงานออกเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนของระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนจีเอ็นเอสเอส ฐานข้อมูล และเว็บเบราว์เซอร์ โดยที่ระบบตรวจจับสัญญาณจะทำการรับค่ากำลังสัญญาณและค่าจากดาวเทียมบนย่านความถี่ L1 ของจีพีเอสมาประมวลผลบนคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก หากมีการรบกวนสัญญาณเกิดขึ้นระบบจะประมวลผลตามเกณฑ์การตัดสินใจระดับการรบกวนและลักษณะการรบกวนว่าตรงกับกรณีใดของระบบ โดยแยกเป็น 2 กรณีใหญ่ ๆ ในกรณีแรกเป็นกรณีที่ค่าพารามิเตอร์เปลี่ยนไปทั้ง 4 ค่า ได้แก่ ค่า CNR จำนวนดาวเทียม ค่ากำลังสัญญาณเฉลี่ยและค่ากำลังสัญญาณสูงสุด หลังจากนั้นจะมีการดึงภาพจากกล้องวงจรปิดไอพีเพื่อระบุรถต้องสงสัย แต่หากเป็นกรณีที่มียังค่า CNR และจำนวนดาวเทียมที่ผิดปกติจะเป็นการระบุว่าเป็นการรบกวนแบบเจตนาหรือไม่เจตนา ซึ่งในกรณีที่ค่าพารามิเตอร์เปลี่ยนไปทั้ง 4 ค่าจะสามารถดึงภาพรถต้องสงสัยจากกล้องวงจรปิดไอพีได้ เพราะแหล่งที่มาของสัญญาณรบกวนเคลื่อนที่ผ่านเสาของระบบ โดยการใช้ ZoneMinder ในการดูแลระบบกล้องวงจรปิดไอพีที่เป็นระบบในการตรวจจับภาพเคลื่อนไหวแล้วบันทึกภาพและวิดีโอของเหตุการณ์เคลื่อนไหวต่าง ๆ ถ้าหากพบการเคลื่อนไหวจะเก็บเฟรมเป็นรูปภาพสกุล .jpg มีการระบุ Time Stamp Frame Score และระบบสามารถเลือกภาพของรถต้องสงสัยจากเวลาที่ใกล้เคียงกับช่วงที่มีการรบกวนสัญญาณมากที่สุด ภาพนั้นจะถูกนำมาซ้อนทับด้วยกราฟสเปกตรัมที่มีการเปลี่ยนแปลงกำลังสัญญาณมากที่สุดก่อนจะถูกส่งไปจัดเก็บในไฟล์เซิร์ฟเวอร์เพื่อแสดงบนเว็บเบราว์เซอร์ จากนั้นจะมีการแจ้งเตือนผ่าน Line Notify และบันทึกค่าต่าง ๆ ได้แก่ เวลาที่ใช้ในการรบกวนสัญญาณ กำลังสัญญาณสูงสุด กำลังสัญญาณเฉลี่ย จำนวนดาวเทียม ค่า CNR ละติจูด ลองจิจูด ระดับการรบกวนสัญญาณ กราฟสเปกตรัม และประเภทของอุปกรณ์รบกวนสัญญาณที่เป็น การแยกประเภทด้วยเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ รวมถึงการส่งรูปภาพสเปกตรัมไปเก็บไว้ที่ฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และไฟล์เซิร์ฟเวอร์ และยังสามารถให้ผู้ใช้งานดูรายละเอียดของข้อมูลการรบกวนควานีโพลต์ทั้ง รายงานและรูปภาพจากกล้องวงจรปิดไอพีพร้อมกราฟสเปกตรัมของสัญญาณในแต่ละสถานีตามที่ได้ บันทึกไว้ผ่านเว็บเบราว์เซอร์ที่สร้างขึ้นมาให้มีความสะดวกในการใช้งานและตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้ จากการวิเคราะห์ข้อมูลได้ง่ายยิ่งขึ้น นอกจากนี้ระบบยังมีประสิทธิภาพในการทำงานมากพอที่จะ นำไปใช้จริง เนื่องจากได้มีการทดสอบเพิ่มเติมว่าระบบสามารถตรวจจับสัญญาณรบกวนบนรถยนต์ที่มีความเร็วตั้งแต่ 20 – 70 กิโลเมตรต่อชั่วโมงได้ รวมถึงสามารถแสดงรูปภาพของรถต้องสงสัยได้อย่าง ถูกต้องทั้งในกรณีที่มีรถยนต์คันอื่นอยู่ด้านหน้าและด้านหลังของรถต้องสงสัย

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) ในส่วนของระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนจีเอ็นเอสเอส ยังพบว่าระบบมีข้อจำกัดในการตรวจจับสัญญาณรบกวน เนื่องจากระบบจะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อติดตั้งในบริเวณที่เป็นถนน one-way (เดินรถทางเดียว) เพราะทิศทางการติดตั้งกล้องวงจรปิดไอพีนั้นไม่ได้ครอบคลุมกรณีอื่น ๆ

2) ในการบันทึกภาพรถต้องสงสัยด้วยกล้องวงจรปิดไอพี การเลือกภาพรถต้องสงสัยมาแสดงนั้นยังมีความผิดพลาดอยู่ รวมถึงกล้องวงจรปิดไอพีจะทำงานได้ประสิทธิภาพต่ำลงเมื่อเหตุการณ์เกิดขึ้นในช่วงเวลากลางคืน ซึ่งจำเป็นที่จะต้องใช้กล้องที่มีคุณภาพในการบันทึกภาพในที่มืดหรือแสงน้อยที่ดีกว่าเช่นกล้องอินฟราเรด

บรรณานุกรม

- [1] G. Kar *et al.*, “Detection of On-Road Vehicles Emanating GPS Interference,” in *Proceedings of the 2014 ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security*, New York, NY, USA: ACM, Nov. 2014, pp. 621–632. doi: 10.1145/2660267.2660336.
- [2] M. B. L. and F. Dimc. Bažec, “GPS jamming detection with SDR,” in *Proc. of the 24th International Symposium on Electronics in Transport (ISEP 2016)*, Ljubljana: ITS for efficient energy use, Electrotechnical Association of Slovenia, Mar. 2016, pp. 1–4.
- [3] R. Morales Ferre, A. de la Fuente, and E. S. Lohan, “Jammer Classification in GNSS Bands Via Machine Learning Algorithms,” *Sensors*, vol. 19, no. 22, p. 4841, Nov. 2019, doi: 10.3390/s19224841.
- [4] สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ, “ระบบนำทางด้วยดาวเทียม GNSS (Global Navigation Satellite System).” Accessed: Nov. 11, 2023. [Online]. Available: <https://www.hii.or.th/%E0%B8%87%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B8%82%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B9%80%E0%B8%A3%E0%B8%B2/2019/10/02/%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B8%9A%E0%B8%9A%E0%B8%99%E0%B8%B3%E0%B8%97%E0%B8%B2%E0%B8%87%E0%B8%94%E0%B9%89%E0%B8%A7%E0%B8%A2%E0%B8%94%E0%B8%B2%E0%B8%A7%E0%B9%80%E0%B8%97%E0%B8%B5%E0%B8%A2%E0%B8%A1-gnss-glob/>
- [5] สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน), *ตำราเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศศาสตร์*, พิมพ์ครั้งที่ 3. บริษัท อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน), 2556.
- [6] PROSOFTGPS, “What Is GPS?” Accessed: Nov. 10, 2023. [Online]. Available: <https://www.prosoftgps.com/Article/Detail/70661>
- [7] Equator, “L1, L2, and L5 GPS Signals.” Accessed: Nov. 11, 2023. [Online]. Available: <https://equatorstudios.com/l1-l2-and-l5-gps-signals-what-do-they-mean/>
- [8] J. Querol, G. F. Forte, and A. Camps, “Study of RFI signals in protected GNSS bands generated by common electronic devices: Effects on GNSS-R measurements,” in

International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2014. doi: 10.1109/IGARSS.2014.6947375.

[9] A. B. Sergienko, "Software-defined radio in MATLAB Simulink with RTL-SDR hardware," in *2014 International Conference on Computer Technologies in Physical and Engineering Applications, ICCTPEA 2014 - Proceedings*, 2014. doi: 10.1109/ICCTPEA.2014.6893337.

[10] Maudie Hecht, "13 Amazing Sdr Rtl Dongle for 2023." Accessed: Nov. 11, 2023. [Online]. Available: <https://cellularnews.com/mobile-accessories/13-amazing-sdr-rtl-dongle-for-2023/>

[11] Intel Corporation, "Intel® NUC 11 Essential - NUC11ATKC4." Accessed: Nov. 11, 2023. [Online]. Available: <https://www.intel.com/content/www/us/en/products/sku/217669/intel-nuc-11-essential-kit-nuc11atkc4/specifications.html>

[12] Francisco Arellano, "SMA Port Smart Lte Wireless Router 4 Antennas 4G LTE Mobile Wifi Modem." Accessed: Nov. 11, 2023. [Online]. Available: <https://www.wifilterouter.com/sale-13870026-sma-port-smart-lte-wireless-router-4-antennas-4g-lte-mobile-wifi-modem.html>

[13] Verkada, "Internet Protocol (IP) Camera." Accessed: Dec. 17, 2023. [Online]. Available: <https://info.verkada.com/security-cameras/ip-camera/#types>

[14] Reolink, "Wired vs. Wireless Security Cameras: Which One to Choose." Accessed: Dec. 17, 2023. [Online]. Available: <https://reolink.com/blog/wired-vs-wireless-security-cameras/>

[15] Howard, "Technical Guide to IP Cameras- Overview, Types, Applications." Accessed: Dec. 17, 2023. [Online]. Available: <https://community.fs.com/article/what-is-ip-camera-and-how-does-it-work.html>

[16] บริษัท มีเดีย เสิร์ช จำกัด, "IPC-HFW2431S-S-S2-DAHUA-CCTV." Accessed: Feb. 24, 2024. [Online]. Available: <https://www.cctvbangkok.com/product/ipc-hfw2431s-s-s2-dahua-cctv/>

[17] Senstar Corporation, "What is a Network Video Recorder (NVR)?" Accessed: Feb. 26, 2024. [Online]. Available: <https://senstar.com/senstarpedia/what-is-nvr/>

- [18] Read the Docs, “Introduction.” Accessed: Feb. 26, 2024. [Online]. Available: <https://zoneminder.readthedocs.io/en/latest/userguide/introduction.html>
- [19] Wilson Electronics, “Wideband Directional Antenna 50 Ohm 617 MHz - 2700 MHz.” Accessed: Nov. 11, 2023. [Online]. Available: <https://assets.wilsonelectronics.com/m/2d9fb9edd7fb2815/original/Wideband-Directional-Antenna-50-Ohm-617-MHz-27-MHz-Spec-Sheet.pdf>
- [20] TOPGNSS Professional GNSS Wireless Solution Provider, “AN105L RTK GPS.” Accessed: Nov. 11, 2023. [Online]. Available: <https://th.aliexpress.com/item/1005003390920840.html>
- [21] นนทวัฒน์ บุญบา, “06 classification 2 bayesian and instance based classification.” Accessed: Dec. 17, 2023. [Online]. Available: <https://www.slideshare.net/NontawatB/06-classification-2-bayesian-and-instance-based-classification>
- [22] Chakrit, “ทำความรู้จัก K-means กันก่อน.” Accessed: Dec. 17, 2023. [Online]. Available: <https://www.softnix.co.th/2018/09/06/%E0%B8%A7%E0%B9%88%E0%B8%B2%E0%B8%94%E0%B9%89%E0%B8%A7%E0%B8%A2-k-means-%E0%B9%81%E0%B8%A5%E0%B8%B0%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B8%A2%E0%B8%B8%E0%B8%81%E0%B8%95%E0%B8%A3/>
- [23] JavaTpoint, “K-Means Clustering Algorithm.” Accessed: Dec. 17, 2023. [Online]. Available: <https://www.javatpoint.com/k-means-clustering-algorithm-in-machine-learning>
- [24] ผศ.วิภาวรรณ บัวทอง, “Chapter 8 Clustering : K-means.” Accessed: Dec. 17, 2023. [Online]. Available: <https://wipawanblog.files.wordpress.com/2014/06/chapter-8-clustering-k-means.pdf>
- [25] P. Tahmasebi, A. Hezarkhani, and M. Sahimi, “Multiple-point geostatistical modeling based on the cross-correlation functions,” *Comput Geosci*, vol. 16, no. 3, pp. 779–797, Jun. 2012, doi: 10.1007/s10596-012-9287-1.

- [26] PradyaSin, “Support Vector Machines (SVM).” Accessed: Dec. 17, 2023. [Online]. Available: <https://medium.com/@pradyasin/support-vector-machines-svm-943f9a732a69>
- [27] Patchara boonsoong, “Season 4 : Machine learning classification.” Accessed: Dec. 17, 2023. [Online]. Available: <https://medium.com/@patcharaboonsoong/season-4-machine-learning-classification-a8b66fa4ddb5>
- [28] Rizwan, “Mastering Support Vector Machines (SVMs).” Accessed: Dec. 17, 2023. [Online]. Available: <https://medium.com/@rizwan44007/mastering-support-vector-machines-svms-f45c0d9eb33c>
- [29] Narut Soontranon, “SVM คือ อะไร.” Accessed: Dec. 17, 2023. [Online]. Available: <https://www.nerd-data.com/svm/>
- [30] A. Ghosh, A. Sufian, F. Sultana, A. Chakrabarti, and D. De, “Fundamental Concepts of Convolutional Neural Network,” 2020, pp. 519–567. doi: 10.1007/978-3-030-32644-9_36.
- [31] ae, “WinSCP (วินเอสซีพี) คืออะไร เป็นโปรแกรมสำเร็จรูป FTP Client.” Accessed: Nov. 11, 2023. [Online]. Available: <https://www.mindphp.com/%E0%B8%84%E0%B8%B9%E0%B9%88%E0%B8%A1%E0%B8%B7%E0%B8%AD/73-%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%84%E0%B8%A3/4135-what-is-winscp.html>
- [32] ublox, “u-center.” Accessed: Nov. 11, 2023. [Online]. Available: <https://www.u-blox.com/en/product/u-center>
- [33] Wichet Darakai, “GPS : โพรโตคอล NMEA ของ GPS.” Accessed: Nov. 11, 2023. [Online]. Available: <https://darakai.blogspot.com/2011/11/nmea-gps.html>
- [34] anavs, “NMEA Solution Output Format.” Accessed: Nov. 11, 2023. [Online]. Available: <https://anavs.com/knowledgebase/nmea-format/>
- [35] J. Singh and K. Nagarajoo, “An Alternative Approach for Train Localisation in Urban Railway Setting Harnessing the Trends in the Digital System for LRT Kelana Jaya,” in *Lecture Notes in Networks and Systems*, 2023. doi: 10.1007/978-3-031-28076-4_14.

- [36] National Marine Electronics Association, “NMEA-0183 message: GSA.” Accessed: Nov. 11, 2023. [Online]. Available: https://receiverhelp.trimble.com/alloy-gnss/en-us/NMEA-0183messages_gsa.html
- [37] NovAtel, “GPGSV.” Accessed: Nov. 11, 2023. [Online]. Available: <https://docs.novatel.com/OEM7/Content/Logs/GPGSV.htm>
- [38] พิเชิต วิจิตรบุญรักษ์, “HTML: ภาษาเขียนเว็บ.” Accessed: Nov. 11, 2023. [Online]. Available: https://www.bu.ac.th/knowledgecenter/executive_journal/july_sep_11/pdf/aw32.pdf
- [39] Mozilla Corporation’s, “What is CSS?” Accessed: Nov. 11, 2023. [Online]. Available: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Learn/CSS/First_steps/What_is_CSS
- [40] The PHP Group, “What is PHP?” Accessed: Nov. 11, 2023. [Online]. Available: <https://www.php.net/manual/en/intro-what-is.php>
- [41] Mozilla Corporation’s, “What is JavaScript?” Accessed: Nov. 11, 2023. [Online]. Available: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Learn/JavaScript/First_steps/What_is_JavaScript
- [42] kampanart.c, “การเข้ารหัส Password หรือข้อมูลส่วนบุคคลในฐานข้อมูล ด้วย Hash Function กับ Salt Value.” Accessed: Nov. 11, 2023. [Online]. Available: <https://sysadmin.psu.ac.th/2019/06/27/%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%80%E0%B8%82%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%AB%E0%B8%B1%E0%B8%AA-password-%E0%B8%AB%E0%B8%A3%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%82%E0%B9%89%E0%B8%AD%E0%B8%A1%E0%B8%B9%E0%B8%A5/>
- [43] Ghost, “ทำไมต้องใช้ bcrypt ในการ Hash Password.” Accessed: Nov. 11, 2023. [Online]. Available: <https://blog.sethanantp.com/why-using-bcrypt/>
- [44] Ltd. AUN Thai Laboratories Co., “Responsive Web Design คืออะไร.” Accessed: Nov. 11, 2023. [Online]. Available: <https://aun-thai.co.th/blog/web-blog/responsive-web-design/>
- [45] idesign, “ความสำคัญของการกำหนดขนาดเว็บไซต์ในปัจจุบัน (ขนาดเว็บไซต์มาตรฐาน).” Accessed: Nov. 11, 2023. [Online]. Available: <http://www.idesign24.com/article/1/%E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%A1%E0%B8>

%AA%E0%B8%B3%E0%B8%84%E0%B8%B1%E0%B8%8D%E0%B8%82%E0%B8%AD%
E0%B8%87%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%81%E0%B8%B3%E0%B8
%AB%E0%B8%99%E0%B8%94%E0%B8%82%E0%B8%99%E0%B8%B2%E0%B8%94%
E0%B9%80%E0%B8%A7%E0%B9%87%E0%B8%9A%E0%B9%84%E0%B8%8B%E0%B8
%95%E0%B9%8C%E0%B9%83%E0%B8%99%E0%B8%9B%E0%B8%B1%E0%B8%88%
E0%B8%88%E0%B8%B8%E0%B8%9A%E0%B8%B1%E0%B8%99-
%E0%B8%82%E0%B8%99%E0%B8%B2%E0%B8%94%E0%B9%80%E0%B8%A7%E0%
B9%87%E0%B8%9A%E0%B9%84%E0%B8%8B%E0%B8%95%E0%B9%8C%E0%B8%A1
%E0%B8%B2%E0%B8%95%E0%B8%A3%E0%B8%B2%E0%B8%90%E0%B8%B2%E0%
B8%99



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

โปรแกรมระบบการตรวจจับสัญญาณรบกวนในย่านความถี่ L1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วนได้แก่ ส่วนของระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนและส่วนของการตรวจสอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์ในระบบตรวจจับสัญญาณรบกวน ที่จะแยกเป็นอีก 2 ส่วนย่อย ได้แก่อยู่ภายนอกระบบและอยู่ภายในระบบ

- ส่วนของระบบตรวจจับสัญญาณรบกวน

```

from pylab import *; from rtlsdr import *
from mysql import *; from datetime import datetime, timedelta
from os.path import isfile, join; from tqdm import tqdm
from keras.layers import *; from imutils import paths
from tensorflow.keras.models import load_model
import matplotlib.pyplot as plt; import numpy as np
import mysql.connector; import time; import csv
import os; import os.path; import base64
import serial; import requests; import pysftp
import cv2; import keras; import tensorflow as tf
import random; import glob; import time
import io; from PIL import Image; import sys
import subprocess; import joblib; import pandas as pd
import pyzm; import pyzm.api as zmapi; import shutil
import pyzm.helpers.globals as g; winscp = 0
round_ = 50
gain = 25
center_freq = 1575.42e6
center_freq_show = 1575.42

CNR_constant = 41.096338
power_max_constant = -35.675301
power_mean_constant = -49.005996
hour_before = datetime.now()

keep_time_jammed = []
keep_time_jammed_1time = []
jammed_1time = 0
Start_time_jammed = []

Directional_can_detected = 0

RFI_result = '-'
Status_total = 'No Jammed'
Red = 0
Yellow = 0
Green = 0
type_jammer_result = ""
keep_RFI_status = []

num_sat = 0
receiver_count = 0
Satellite_PRN = []
Satellite_PRN_real = []
CNR = []
CNR_real = []
lat = 0
longi = 0
Have_AI_picture = 0
keep_Pmax = []; keep_Pmean = []; keep_num_sat = []; keep_CNR = 100
keep_Pmax_jammed = []; keep_Pmean_jammed = []; keep_num_sat_jammed = []; keep_CNR_jammed = []
keep_Pmax_Red = []; keep_Pmean_Red = []; keep_num_sat_Red = []; keep_CNR_Red = []

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

keep_Pmax_Yellow = []; keep_Pmean_Yellow = []; keep_num_sat_Yellow = []; keep_CNR_Yellow = []
time_camera = []; values = []; keep_Directional_can_detected = []

# ADDRESS OF DATABASE AND FILE SERVER
database = mysql.connector.connect(
    user="****",
    password="*****",
    host="161.246.18.205",
    port=3306,
    database="Station_3")

hostname = '161.246.18.204'
port = 8030
username = 'jamming2023'
password = '*****'

# for Line Notify
def lineNotify(message):
    payload = {'message': message}
    return _lineNotify(payload)

def _lineNotify(payload):
    import requests
    url = 'https://notify-api.line.me/api/notify'
    token = 'KqfB4z8Cq3aKfBcO2KeBtceQTMlvBbTnYiQbg6BEScp'
    headers = {'Authorization': 'Bearer '+token}
    return requests.post(url, headers=headers, data=payload)

# delete old data
os.system('rm -rf /home/jamming2022/Desktop/Station_3/L1/Report/Report_Database/*')
# os.system('rm -rf /home/jamming2022/Desktop/Station_3/L1/Total/Data_every_round/*') # เปิดใช้งานเมื่อมีการบันทึกค่า
# ทดลอง
os.system('rm -rf /home/jamming2022/Desktop/Station_3/L1/Figure/AI_Process/*')
os.system('rm -rf /home/jamming2022/Desktop/Station_3/L1/Report/Report_winscp/*')
os.system('rm -rf /home/jamming2022/Desktop/Station_3/L1/Figure/Green/*')

svmmodel = 'svm_model_v2.joblib'
loaded_model = joblib.load(svmmodel)

while True:
    hour_now = datetime.now()
    time_ = datetime.now().strftime("%Hh%Mm%Ss")
    time_calculate = datetime.today()
    timeWin = datetime.now().strftime("%Hh")
    day = datetime.now().strftime("%Y-%m-%d")
    Year_now = datetime.now().strftime("%Y")

# In part of ublox
GNGGA = "$GNGGA"
GNGSA = "$GNGSA"
GPGSV = "$GPGSV"
try:
    value_gnss = serial.Serial("/dev/ttyACM0")
except:
    value_gnss = serial.Serial("/dev/ttyACM1")

receiver_count = 0
satellite_number = []
gnss_satellite_number = []
gps_satellite_number = []
C_N0 = []

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CNR = []
gps_satellite_Num = []
satellite_number_to_use = []
CNR_to_use = []
Other_satellite_Num = []
Other_CNR = []
while True:
    # python read gps receiver nmea messages line by line
    nmea = value_gnss.readline()
    # Decode from bytes type to string type
    decode_nmea = nmea.decode('utf-8', 'replace')
    # Getting only GNRMC GNGSA and GPGSV messages

    if(decode_nmea[0:6] == GNGGA or decode_nmea[0:6] == GNGSA or decode_nmea[0:6] == GPGSV):
        # GNGGA message
        if(decode_nmea[0:6] == GNGGA):
            # Split message into comma-separated fields
            remove = decode_nmea.split(",")
            # Extract latitude and longitude values
            if (remove[2] != " or remove[4] != "): # for not found GNGGA
                lat = remove[2]
                longi = remove[4]

        # GNGSA message
        if(decode_nmea[0:6] == GNGSA):
            remove = decode_nmea.split(",")
            # keep only prn number (satellite id) and drop null value and change to int type
            satellite_number = remove[3:15]
            satellite_number = list(filter(None, satellite_number))
            satellite_number = list(map(int, satellite_number)) # convert to int
            # arranging
            satellite_number.sort() # Sort the data
            # keep only gps satellite id
            for p in satellite_number:
                if(p >= 1 and p <= 32):
                    gnss_satellite_number.append(p)

        # GPGSV message
        if(decode_nmea[0:6] == GPGSV):
            result = decode_nmea.split('*')[0]
            field = result.split(",")
            data = field[4:]
            # keep only satellite id, Elevation angle, Azimuth angle, SNR
            for q in range(len(data)):
                if(q == 0 or q % 4 == 0):
                    gps_satellite_number.append(data[q])
                elif(q == 3 or q % 4 == 3):
                    C_N0.append(data[q])

    # We only keep set of data in one loop of jamming detection system so this is code to out of loop in receiver
    gps module
    if(decode_nmea[0:6] == GPGSV):
        receiver_count = 1
    if(receiver_count == 1 and decode_nmea[0:6] != GPGSV):
        break

    # keep only gps satellite id and drop the null value
    for r in range(len(C_N0)):
        try:
            if(C_N0[r] == " or C_N0[r][0] == '*'):
                pass

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

elif(int(gps_satellite_number[r]) > 32):
    Other_CNR.append(int(C_N0[r]))
    Other_satellite_Num.append(int(gps_satellite_number[r]))
else:
    CNR.append(int(C_N0[r]))
    gps_satellite_Num.append(int(gps_satellite_number[r]))
except:
    pass

gnss_satellite_number = list(dict.fromkeys(gnss_satellite_number))

# compare satellite id between GNGSA and GPGSV that GNGSA more sure
for num in gnss_satellite_number:
    for s in range(len(gps_satellite_Num)):
        if(num == gps_satellite_Num[s]):
            satellite_number_to_use.append(num)
            CNR_to_use.append(CNR[s])

num_sat = int(len(satellite_number_to_use))
sum_CNR = sum(CNR_to_use)
# Calculate Average of CNR
Mean_CNR = round(np.mean(CNR_to_use), 2)
if(num_sat == 0):
    Mean_CNR = 0

# In part of RTL-SDR dongle
sdr = RtlSdr()
sdr.sample_rate = 2.4e6
sdr.center_freq = center_freq
sdr.gain = gain
samples = sdr.read_samples(256*1024)
data = plt.psd(samples, NFFT=512, Fs=sdr.sample_rate/1e6, Fc=sdr.center_freq/1e6, linewidth=1.2)

power_dB = 10*np.log10(data[0])
power_max = np.max(power_dB)
power_mean = np.mean(power_dB)
freq = data[1]
sdr.close()

buffer = io.BytesIO() # ตัวแปรที่จะเก็บรูปให้อยู่ในเลขฐาน 2
plt.savefig(buffer, format='png')
buffer.seek(0)
image = Image.open(buffer)

# plot
plt.grid(True)
plt.gca().xaxis.set_visible(True)
plt.gca().yaxis.set_visible(True)
plt.title('L1_Spectrum at '+day+'_'+time_+' Local time')
plt.xlabel('Frequency (MHz)')
plt.ylabel('Relative power (dB)')
plt.axhline(y = power_max_constant+3, color='red', linestyle='--', label='Alert Threshold (power max)')
plt.axhline(y=power_mean, color='#000000', linestyle='--', label='Current Power Mean')
plt.legend()
plt.text(0, 10, 'numpy\nmatplotlib')
plt.savefig('/home/jamming2022/Desktop/Station_3/L1/Green-26022024/Green_'+day+'_'+time_)

# Decision RFI Level
# 'Green' level use CNR - 3 dB/Hz to be threshold (CNR in each environment - 3) and for hardware error (Green)
if ((Mean_CNR >= CNR_constant-3 and num_sat >= 4) or (Mean_CNR == 0 and num_sat == 0 and power_max
<= power_max_constant+3 and power_mean <= power_mean_constant+3 and Directional_can_detected == 0)):

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

status = 'Green'
Green += 1
if(Directional_can_detected > 0): # เพื่อกรณีเหตุการณ์รับสัญญาณครบถ้วนไปชั่วคราว
    Directional_can_detected = Directional_can_detected + 1

if(Green >= 5 and keep_time_jammed_1time != []): # สังเกต error ที่ความผิดปกติได้เพียงครั้งเดียว
    keep_time_jammed_1time = []
    jammed_1time = 0

if(Green >= 5 and keep_time_jammed != [] and keep_time_jammed_1time == []): # การครบถ้วนสัญญาณจบลงแล้ว

if(Directional_can_detected != 0): # Directional antenna detected before
    Directional_can_detected == 0
    Total_Time = keep_time_jammed[len(keep_time_jammed)-1] - keep_time_jammed[0]
    Num_of_sec = Total_Time.total_seconds()

    Start_time_jammed = keep_time_jammed[0].strftime("%Hh%Mm%Ss")
    End_time_jammed = keep_time_jammed[len(keep_time_jammed)-1].strftime("%Hh%Mm%Ss")
    time_save_figure = keep_time_jammed[0].strftime("%Hh%Mm%Ss")

    # for Start CCTV
    keep_peak_Pmax = np.max(keep_Pmax_jammed) # หาเวลาของจุดที่มีความผิดปกติของค่ากำลังสัญญาณมากที่สุด
    order = np.where(keep_Pmax_jammed == keep_peak_Pmax)[0][0]
    time_power_peak = keep_time_jammed[order]
    day = datetime.now().strftime("%Y-%m-%d")
    Year_now = datetime.now().strftime("%Y")

import pyzm
import pyzm.api as zmap
import shutil
import pyzm.helpers.globals as g
day_report = []
keep_peak_Pmax = []
order = []

g.logger.set_level(2)
api_options = {
    'apiurl': 'http://localhost/zm/api',
    'portalurl': 'http://localhost/zm',
    'disable_ssl_cert_check': True
}
login_url = f"{api_options['apiurl']}/host/login.json"
response = requests.post(login_url, verify=not api_options['disable_ssl_cert_check'])
zmap = zmap.ZMApi(options=api_options)

event_filter = { # เลือก event ที่เกิดขึ้นใน 15 นาทีที่ผ่านมา
    'from': '15 minute ago',
}
cam_events = zmap.events(event_filter)
event = 0; frame = 0
for e in cam_events.list():
    event_data = e.get() # for เก็บข้อมูล
    start_event = datetime.strptime(e.get()['StartTime'], "%Y-%m-%d %H:%M:%S") -
timedelta(seconds=5) # หากเริ่มไม่เจอ
    end_event = datetime.strptime(e.get()['EndTime'], "%Y-%m-%d %H:%M:%S")
    max_score_frameID = e.get()['MaxScoreFrameID']
    file_system_path = e.get()['FileSystemPath']

    a = (time_power_peak - start_event).total_seconds()
    b = (time_power_peak - end_event).total_seconds()

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

frameID = max_score_frameID

if (a>=0 and b<=0):
    url = 'http://localhost/zm/api/frames/{}.json'.format( max_score_frameID)
    # ส่งคำขอ GET เพื่อดึงข้อมูล JSON
    response = requests.get(url)
    loop = 'True'
    # ตรวจสอบสถานะของ response
    while loop:
        url = 'http://localhost/zm/api/frames/{}.json'.format(frameID)
        # ส่งคำขอ GET เพื่อดึงข้อมูล JSON
        response = requests.get(url)
        if response.status_code == 200:
            event_data_frame = response.json() # for เก็บข้อมูล
            # แสดงข้อมูลที่ได้รับ
            frameType = response.json()['frame']['Frame']['Type'] # ex. Alarm or Normal
            frameOrder = response.json()['frame']['Frame']['FrameId'] # ex. receive 1
            frameScore = response.json()['frame']['Frame']['Score'] # ex. receive 1
            frameTimeStamp = datetime.strptime(response.json()['frame']['Frame']['TimeStamp'], "%Y-%m-%d %H:%M:%S")

            if (frameType=='Alarm'):
                t_dif = (frameTimeStamp - time_power_peak).total_seconds()
                h = int(time_power_peak.strftime("%H"))
                framedelay = -5
                if (frameID - max_score_frameID <= framedelay):
                    frameOrder = str(frameOrder).zfill(5) # add 0 to be 00529
                    frameTimeStamp = frameTimeStamp.strftime("%Y-%m-%d_%Hh%Mm%Ss")
                    source_path = file_system_path+'/'+'-analyse.jpg'.format(frameOrder)
                    destination_path =
                    "/home/jamming2022/Desktop/Station_3/L1/CCTV/Picture_CCTV/{}.jpg".format(frameTimeStamp)
                    CCTV_Time = frameTimeStamp
                    shutil.copyfile(source_path, destination_path)
                    with open(r'/home/jamming2022/Desktop/Station_3/L1/CCTV/'+day+'.csv', 'a', newline='\n')
as f:
                    writer = csv.writer(f)
                    writer.writerow([day, day_report, max_score_frameID, frameOrder, CCTV_Time,
frameScore, event_data, event_data_frame])
                    break
                else :
                    frameID-=1
            else:
                frameID-=1
            break
        # Change Event

# ซ้อนรูป spectrum บนรูปจากกล้อง cctv
img1
Image.open(r"/home/jamming2022/Desktop/Station_3/L1/CCTV/Picture_CCTV/"+CCTV_Time+".jpg")
img2 = Image.open(Folder_winscp)
# ปรับขนาดภาพที่สอง
new_width = int(img2.width * 0.9)
new_height = int(img2.height * 0.9)
img2 = img2.resize((new_width, new_height))
# ปรับความโปร่งใสของภาพที่นำมาซ้อน
img2 = img2.convert("RGBA")
datas = img2.getdata()
opacity = 0.85
new_data = []
for item in datas:

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

new_data.append((item[0], item[1], item[2], int(255 * opacity)))
img2.putdata(new_data)
merged_img = img1.copy() # สร้างภาพใหม่โดยใช้ภาพที่หนึ่งเป็นภาพหลัก
merged_img.paste(img2, (30, 30), img2) # นำภาพที่สองวางซ้อนทับบนภาพหลัก

merged_img.save("/home/jamming2022/Desktop/Station_3/L1/CCTV/Picture_CCTV_Spectrum/"+CCTV_Time+
".jpg")

if(jammed_1time != 1): # ป้องกันค่าที่อาจเป็น error
# save data to Report
Imagetime = daytime_winscp
with open(r'/home/jamming2022/Desktop/Station_3/L1/Report/Report_Database/'+day+'.csv', 'a',
newline='\n') as f:
writer = csv.writer(f)
writer.writerow([day, center_freq_show, Start_time_jammed, End_time_jammed, Num_of_sec,
RFI_result, keep_Pmax, keep_Pmean, type_jammer_result, keep_num_sat, keep_CNR, lat, longi, Imagetime,
CCTV_Time])
with open(r'/home/jamming2022/Desktop/Station_3/L1/Report/Report_winscp/'+timeWin+'.csv', 'a',
newline='\n') as f:
writer = csv.writer(f)
writer.writerow([day, center_freq_show, Start_time_jammed, End_time_jammed, Num_of_sec,
RFI_result, keep_Pmax, keep_Pmean, type_jammer_result, keep_num_sat, keep_CNR, lat, longi, Imagetime,
CCTV_Time])

# sent report to database
value = []
values = []
try:
with open(r'/home/jamming2022/Desktop/Station_3/L1/Report/Report_Database/'+day+'.csv') as f:
csv_data = csv.reader(f, delimiter=',')
for row in csv_data:
value = (row[0], row[1], row[2], row[3], row[4], row[5],
row[6], row[7], row[8], row[9], row[10], row[11], row[12], row[13], row[14])
values.append(value)
database.reconnect()
cursor = database.cursor()
sql1 = """INSERT INTO L1_Data
(Date,Frequency_MHz,Start_Time,End_Time>Total_Time,RFI_Level,Power_Peak_Mean_dB,Power_Average_M
ean_dB,Type_of_Device,Avg_Num_Sat,Avg_CNR,Latitude,Longitude,Imagetime,CCTV_Time)
VALUES (%s, %s, %s, %s, %s, %s, %s, %s, %s, %s, %s, %s, %s, %s, %s)"""
cursor.executemany(sql1, values)
database.commit()
csv_data = []
value = []
values = []
except:
pass
os.system('rm -rf /home/jamming2022/Desktop/Station_3/L1/Report/Report_Database/*')

# for file server
if(RFI_result == 'Red'): # RED
Transfer_Fig = ftpscp -P 8030 -pw ***** "{Folder_winscp}"
jamming2023@161.246.18.204:/home/jamming2023/Data/Jamming/Station_3/L1/Spectrum/Red/{Year_now}/{da
y}/'
os.system(Transfer_Fig)
# delete old data
os.system('rm -rf
/home/jamming2022/Desktop/Station_3/L1/Figure/CNR_jammed_Power_normal/*')
elif(RFI_result == 'Yellow'):

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Transfer_Fig = fpscp -P 8030 -pw ***** "{Folder_winscp}"
jamming2023@161.246.18.204:/home/jamming2023/Data/Jamming/Station_3/L1/Spectrum/Yellow/{Year_now}/
{day}/'
    os.system(Transfer_Fig)
    # delete old data
    os.system('rm
/home/jamming2022/Desktop/Station_3/L1/Figure/CNR_jammed_Power_normal/*') -rf

# เรียกใช้คำสั่ง pscp ด้วย subprocess
Folder
"/home/jamming2022/Desktop/Station_3/L1/CCTV/Picture CCTV_Spectrum/"+CCTV_Time+".jpg" =
remote_path = f'/home/jamming2023/Data/Jamming/Station_3/L1/Camera/{Year_now}/{day}/'

# สร้างคำสั่ง pscp
pscp_command = [
'pscp', '-P', str(port),
'-pw', password,
Folder,
f'{username}@{hostname}:{remote_path}'
]
subprocess.run(pscp_command)

lineNotify("\nStation #1 L1 : {0}\nDate : {1}\nStart time : {2}\nEnd time : {3}\nTotal time : {4}
S\nJammer : {5}").format(
RFI_result, day, Start_time_jammed, End_time_jammed, Num_of_sec, type_jammer_result))

else: # Directional antenna cannot detected before
if(len(keep_time_jammed) < 2): # for debug when has only one time (cannot subtract time)
# Find time 2 seconds ago
Seconds_2_ago = keep_time_jammed[0]- timedelta(seconds=2)
keep_time_jammed.append(Seconds_2_ago) #Keep time
# Swap time array arrange : ascending (less to more)
change_order = keep_time_jammed[0]
keep_time_jammed[0] = keep_time_jammed[1]
keep_time_jammed[1] = change_order

keep_time_jammed_1time = []
keep_time_jammed_1time.append(keep_time_jammed[0])
jammed_1time = 1

type_jammer_result = 'Cannot be specified'
Total_Time = keep_time_jammed[len(keep_time_jammed)-1] - keep_time_jammed[0]
Num_of_sec = Total_Time.total_seconds()
Start_time_jammed = keep_time_jammed[0].strftime("%Hh%Mm%Ss")
End_time_jammed = keep_time_jammed[len(keep_time_jammed)-1].strftime("%Hh%Mm%Ss")

# RFI Level Decisions
RFI_status = []
order = []
order_CNR = []
order_use = []
keep_num_sat = np.min(keep_num_sat_jammed)
order.append(np.where(keep_num_sat_jammed == keep_num_sat)[0])
for indices in order: # เลือกสูงสุดของการรบกวนสัญญาณ
for o in indices:
keep_CNR_select=keep_CNR_jammed[o]
order_CNR = o
if(keep_CNR_select<keep_CNR):
keep_CNR = keep_CNR_select
order_use = order_CNR

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

keep_num_sat = keep_num_sat_jammed[order_use]
keep_CNR = keep_CNR
RFI_result = keep_RFI_status[order_use]
keep_Pmax = float(keep_Pmax_jammed[order_use])
keep_Pmean = keep_Pmean_jammed[order_use]
time_result = keep_time_jammed[order_use]
daytime_winscp = time_result.strftime('%Y-%m-%d_%Hh%Mm%Ss')
Imagetime = daytime_winscp
CCTV_Time = ''

# Intentional
if(Num_of_sec >= 10):
    with open(r'/home/jamming2022/Desktop/Station_3/L1/Report/Report_Database/'+day+'.csv', 'a',
newline='\n') as f:
        writer = csv.writer(f)
        writer.writerow([day, center_freq_show, Start_time_jammed, End_time_jammed, Num_of_sec,
RFI_result + ' (Intentional)', keep_Pmax, keep_Pmean, type_jammer_result, keep_num_sat, keep_CNR, lat, longi,
Imagetime, CCTV_Time])
        with open(r'/home/jamming2022/Desktop/Station_3/L1/Report/Report_winscp/'+timeWin+'.csv', 'a',
newline='\n') as f:
            writer = csv.writer(f)
            writer.writerow([day, center_freq_show, Start_time_jammed, End_time_jammed, Num_of_sec,
RFI_result + ' (Intentional)', keep_Pmax, keep_Pmean, type_jammer_result, keep_num_sat, keep_CNR, lat, longi,
Imagetime, CCTV_Time])

# sent report to database
value = []
values = []
try:
    with open(r'/home/jamming2022/Desktop/Station_3/L1/Report/Report_Database/'+day+'.csv') as f:
        csv_data = csv.reader(f, delimiter=',')
        for row in csv_data:
            value = (row[0], row[1], row[2], row[3], row[4], row[5],
row[6], row[7], row[8], row[9], row[10], row[11], row[12], row[13], row[14])
            values.append(value)
        database.reconnect()
        cursor = database.cursor()
        sql1 = """INSERT INTO L1_Data
(Date,Frequency_MHz,Start_Time,End_Time>Total_Time,RFI_Level,Power_Peak_Mean_dB,Power_Average_M
ean_dB,Type_of_Device,Avg_Num_Sat,Avg_CNR,Latitude,Longitude,Imagetime,CCTV_Time)
VALUES (%s, %s, %s, %s, %s, %s, %s, %s, %s, %s, %s, %s, %s, %s, %s)"""
        cursor.executemany(sql1, values)
        database.commit()
        csv_data = []
        value = []
        values = []
except:
    pass

if(RFI_result == 'Red'): # RED
    Folder = '/home/jamming2022/Desktop/Station_3/L1/Figure/CNR_jammed_Power_normal/'+
Imagetime+'.png'
    Transfer_Fig = fpsc -P 8030 -pw ***** "{Folder}"
jamming2023@161.246.18.204:/home/jamming2023/Data/Jamming/Station_3/L1/Spectrum/Red/{Year_now}/{da
y}/'
    os.system(Transfer_Fig)
    # delete old data
    os.system('rm -rf
/home/jamming2022/Desktop/Station_3/L1/Figure/CNR_jammed_Power_normal/*')

elif(RFI_result == 'Yellow'): # Yellow

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Folder = '/home/jamming2022/Desktop/Station_3/L1/Figure/CNR_jammed_Power_normal/' +
Imagetime+'.png'
Transfer_Fig = fpsc -P 8030 -pw ***** "{Folder}"
jamming2023@161.246.18.204:/home/jamming2023/Data/Jamming/Station_3/L1/Spectrum/Yellow/{Year_now}/
{day}/'
os.system(Transfer_Fig)
# delete old data
os.system('rm -rf /home/jamming2022/Desktop/Station_3/L1/Figure/CNR_jammed_Power_normal/*')
lineNotify("\nStation #1 L1 : {0}\nDate : {1}\nStart time : {2}\nEnd time : {3}\nTotal time : {4}
S\nJammer : {5}\nMax Peak Power : {6}\nMax Average Power : {7}").format(
RFI_result + ' Intentional', day, Start_time_jammed, End_time_jammed, Num_of_sec,
type_jammer_result,round(keep_Pmax,4), round(keep_Pmean,4)))
os.system('rm -rf /home/jamming2022/Desktop/Station_3/L1/Report/Report_Database/*')

else: # Unintentional และไม่ใช่เจตนา (hardware error)
RFI_result = RFI_result + '(Unintentional)'
Imagetime = '-'
if(jammed_1time != 1):
# save data to Report
with open(r'/home/jamming2022/Desktop/Station_3/L1/Report/Report_Database/'+day+'.csv', 'a',
newline='\n') as f:
writer = csv.writer(f)
writer.writerow([day, center_freq_show, Start_time_jammed, End_time_jammed, Num_of_sec,
RFI_result, keep_Pmax, keep_Pmean, type_jammer_result, keep_num_sat, keep_CNR, lat, longi, Imagetime,
CCTV_Time])
with open(r'/home/jamming2022/Desktop/Station_3/L1/Report/Report_winscp'+timeWin+'.csv', 'a',
newline='\n') as f:
writer = csv.writer(f)
writer.writerow([day, center_freq_show, Start_time_jammed, End_time_jammed, Num_of_sec,
RFI_result, keep_Pmax, keep_Pmean, type_jammer_result, keep_num_sat, keep_CNR, lat, longi, Imagetime,
CCTV_Time])

# sent report to database
value = []
values = []
try:
with open(r'/home/jamming2022/Desktop/Station_3/L1/Report/Report_Database/'+day+'.csv') as
f:
csv_data = csv.reader(f, delimiter=',')
for row in csv_data:
value = (row[0], row[1], row[2], row[3], row[4], row[5],
row[6], row[7], row[8], row[9], row[10], row[11], row[12], row[13], row[14])
values.append(value)
database.reconnect()
cursor = database.cursor()
sql1 = """INSERT INTO L1_Data
(Date,Frequency_MHz,Start_Time,End_Time,Total_Time,RFI_Level,Power_Peak_Mean_dB,Power_Average_M
ean_dB,Type_of_Device,Avg_Num_Sat,Avg_CNR,Latitude,Longitude,Imagetime,CCTV_Time)
VALUES (%s, %s, %s, %s, %s, %s, %s, %s, %s, %s, %s, %s, %s, %s, %s)"""
cursor.executemany(sql1, values)
database.commit()
csv_data = []
value = []
values = []
except:
pass
os.system('rm -rf /home/jamming2022/Desktop/Station_3/L1/Report/Report_Database/*')

os.system('rm -rf /home/jamming2022/Desktop/Station_3/L1/Figure/CNR_jammed_Power_normal/*')
keep_Pmax = []

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

keep_Pmean = []
keep_time_jammed = []
keep_CNR = 100
keep_num_sat = []
type_jammer_result = '-'
RFI_result = '-'
Red = 0
Yellow = 0
Have_AI_picture = 0
Directional_can_detected = 0
keep_Directional_can_detected = []
keep_Pmax = []; keep_Pmean = []; keep_num_sat = []; keep_CNR = 100
keep_Pmax_Red = []; keep_Pmean_Red = []; keep_num_sat_Red = []; keep_CNR_Red = []
keep_Pmax_Yellow = []; keep_Pmean_Yellow = []; keep_num_sat_Yellow = []; keep_CNR_Yellow = []
keep_Pmax_jammed = []; keep_Pmean_jammed = []; keep_num_sat_jammed = []; keep_CNR_jammed = []
time_camera = []

if(hour_before.strftime('%Hh') != hour_now.strftime('%Hh')): #for save Green
if(Status_total == 'Jammed' and keep_time_jammed == []):
    Status_total = 'No Jammed'
elif(Status_total == 'No Jammed'):
    CCTV_Time = '-'
    Imagetime = hour_before.strftime('%Y-%m-%d+'+'%Hh%Mm%Ss')
    with
open(r'/home/jamming2022/Desktop/Station_3/L1/Report/Report_Database/'+hour_before.strftime('%Y-%m-%d')+'.csv', 'a', newline='\n') as f:
    writer = csv.writer(f)
    writer.writerow([day, center_freq_show,
hour_before.strftime('%Hh%Mm%Ss'),hour_now.strftime('%Hh%Mm%Ss'), '3600', 'Green', keep_Pmax_Green,
keep_Pmean_Green, '-', keep_num_sat_Green, keep_CNR_Green, lat, longi,Imagetime,CCTV_Time])
    with
open(r'/home/jamming2022/Desktop/Station_3/L1/Report/Report_winscp/'+hour_before.strftime('%Y-%m-%d')+'.csv', 'a', newline='\n') as f:
    writer = csv.writer(f)
    writer.writerow([day, center_freq_show,
hour_before.strftime('%Hh%Mm%Ss'),hour_now.strftime('%Hh%Mm%Ss'), '3600', 'Green', keep_Pmax_Green,
keep_Pmean_Green, '-', keep_num_sat_Green, keep_CNR_Green, lat, longi,Imagetime,CCTV_Time])

# sent Green report to database
value = []
values = []
with
open(r'/home/jamming2022/Desktop/Station_3/L1/Report/Report_Database/'+hour_before.strftime('%Y-%m-%d')+'.csv') as f:
    csv_data = csv.reader(f, delimiter=',')
    for row in csv_data:
        value = (row[0], row[1], row[2], row[3], row[4], row[5],
row[6], row[7], row[8], row[9], row[10], row[11], row[12], row[13], row[14])
        values.append(value)
    database.reconnect()
    cursor = database.cursor()
    sql1 = """INSERT INTO L1_Data
(Date,Frequency_MHz,Start_Time,End_Time,Total_Time,RFI_Level,Power_Peak_Mean_dB,Power_Average_Mean_dB,Type_of_Device,Avg_Num_Sat,Avg_CNR,Latitude,Longitude,Imagetime,CCTV_Time)
VALUES (%s, %s, %s, %s, %s, %s, %s, %s, %s, %s, %s, %s, %s, %s, %s)"""
    cursor.executemany(sql1, values)
    database.commit()
    csv_data = []
    value = []
    values = []
    os.system('rm -rf /home/jamming2022/Desktop/Station_3/L1/Report/Report_Database/*')

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

image_2.save('/home/jamming2022/Desktop/Station_3/L1/Figure/Green/' + hour_before.strftime('%Y-%m-%d'+'_'+'+%Hh%Mm%Ss')+'.png') # save picture for AI
del image_2 # ล้างค่าใน image
buffer_2.truncate(0)
buffer_2.seek(0) # อ้างอิงตำแหน่งไปที่เริ่มต้นของ buffer อีกครั้ง

Folder = '/home/jamming2022/Desktop/Station_3/L1/Figure/Green/' + hour_before.strftime('%Y-%m-%d'+'_'+'+%Hh%Mm%Ss')+'.png'
Transfer_Fig = fpsc -P 8030 -pw ***** "{Folder}"
jamming2023@161.246.18.204:/home/jamming2023/Data/Jamming/Station_3/L1/Spectrum/Green/{Year_now}/{day}'
os.system(Transfer_Fig)

# for Green
hour_before = hour_now
keep_Pmax_Green = power_max
keep_Pmean_Green = power_mean
keep_num_sat_Green = num_sat
keep_CNR_Green = Mean_CNR
buffer_2 = io.BytesIO() # ตัวแปรที่จะเก็บรูปสำหรับ AI ให้อยู่ในเลขฐาน 2
plt.savefig(buffer_2, format='png')
plt.cla()
buffer_2.seek(0)
image_2 = Image.open(buffer_2)

# Jammed
else: # CNR ตีตกติ
    Status_total = 'Jammed'
    Green = 0
    # บันทึกเวลาที่เริ่มมีการรบกวนสัญญาณ
    if(keep_time_jammed_1time != []):
        keep_time_jammed.extend(keep_time_jammed_1time)
        keep_time_jammed_1time = []
    else:
        pass
    keep_time_jammed.append(time_calculate)
    keep_Pmax_jammed.append(power_max)
    keep_Pmean_jammed.append(power_mean)
    keep_num_sat_jammed.append(num_sat)
    keep_CNR_jammed.append(Mean_CNR)
    # คัดลึนในระดับการรบกวน
    if(num_sat < 4): # 'Red' level เมื่อค่าเทียมน้อยกว่า 4 ดวง
        status = 'Red'
        Red += 1
    else: # 'Yellow' level เมื่อค่า CNR ตีตกติแต่ค่าเทียมยังมากกว่า 4 ดวง
        status = 'Yellow'
        Yellow += 1
    keep_RFI_status.append(status)

# ตรวจสอบค่ากำลังสัญญาณ
if(power_max <= power_max_constant+3 and power_mean <= power_mean_constant+3): # CNR ตีตกติ แต่ Power ปกติ (กรณี B ของการรบกวนสัญญาณ)
    if(Directional_can_detected > 0):
        Directional_can_detected = Directional_can_detected + 1

plt.savefig('/home/jamming2022/Desktop/Station_3/L1/Figure/CNR_jammed_Power_normal/'+day+'_'+time_)

else: # CNR ตีตกติ + Power ตีตกติ (กรณี A ของการรบกวนสัญญาณ)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Directional_can_detected = 1
keep_Directional_can_detected.append(Directional_can_detected)
with open(r'/home/jamming2022/Desktop/Station_3/L1/AI/'+day+'.csv', 'a', newline='\n') as f:
    writer = csv.writer(f)
    writer.writerow([power_dB])
with open(r'/home/jamming2022/Desktop/Station_3/L1/AI/'+day+'reserve_.csv', 'a', newline='\n') as f:
    writer = csv.writer(f)
    writer.writerow([time_,power_dB])
plt.savefig('/home/jamming2022/Desktop/Station_3/L1/Figure/CNR_Power_Jammed/'+day+'_'+time_)

if(Directional_can_detected == 5):
    Have_AI_picture == 0
    Start_time_jammed = keep_time_jammed[0].strftime("%Hh%Mm%Ss")
    count_of_ones = keep_Directional_can_detected.count(1)
    if count_of_ones !=1: # รับการรบกวนได้มากกว่า 1 ครั้ง
        order = []
        order_CNR = []
        order_use = []
        keep_num_sat = np.min(keep_num_sat_jammed)
        order.append(np.where(keep_num_sat_jammed == keep_num_sat)[0])
        for indices in order:
            for o in indices:
                keep_CNR_select=keep_CNR_jammed[o]
                order_CNR = o
                if(keep_CNR_select<keep_CNR):
                    keep_CNR = keep_CNR_select
                    order_use = order_CNR
        keep_num_sat = keep_num_sat_jammed[order_use]
        keep_Pmax = float(keep_Pmax_jammed[order_use])
        keep_Pmean = keep_Pmean_jammed[order_use]
        time_result = keep_time_jammed[order_use]
        RFI_result = keep_RFI_status[order_use]
        keep_Pmean = np.max(keep_Pmean_jammed)
        order = np.where(keep_Pmean_jammed == keep_Pmean)[0][0]
        keep_Pmax = float(keep_Pmax_jammed[order])
        time_result = keep_time_jammed[order]
        daytime_winscp = time_result.strftime("%Y-%m-%d_%Hh%Mm%Ss")
        Folder_winscp
'/home/jamming2022/Desktop/Station_3/L1/Figure/CNR_Power_Jammed/'+daytime_winscp+'.png'

# collect signal power for AI
power_for_AI = []
with open('/home/jamming2022/Desktop/Station_3/L1/AI/'+day+'.csv', 'r') as csvfile:
    reader = csv.reader(csvfile)
    for row in reader:
        value = str(row[0])
        power_for_AI.append(value)
# Read data from CSV file
file_path = '/home/jamming2022/Desktop/Station_3/L1/AI/'+day+'.csv'
df = pd.read_csv(file_path, header=None) # Assuming no header in the CSV file

# Remove '[' and ']' from each cell in the DataFrame
df = df.applymap(lambda x: x.replace('[', '').replace(']', ')') if isinstance(x, str) else x)

# 1.แยกข้อมูลในแต่ละคอลัมน์
df = df[0].str.split(expand=True)

# Display the separated DataFrame
USB =[]
SMA =[]
Num_USB_Jammer = 0

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Num_SMA_Jammer = 0
n_pre = 0
while n_pre < len(df):
    # ดึงข้อมูลในแถวที่ n_pre และแปลงข้อมูลเป็น float หลังจากนั้นปรับรูปร่างข้อมูลให้อยู่ในแถวเดียวและจำนวนคอลัมน์ที่เหมาะสม
    datatest = df.iloc[n_pre].astype(float).values.reshape(1, -1)
    # Perform prediction
    predict = loaded_model.predict(datatest)
    if predict == 'USB_Jammer':
        USB.append(df[n_pre])
        Num_USB_Jammer += 1
    if predict == 'SMA_Jammer':
        SMA.append(df[n_pre])
        Num_SMA_Jammer += 1
    n_pre += 1
max_value = max(Num_SMA_Jammer, Num_USB_Jammer)
max_label = []
if Num_SMA_Jammer == max_value:
    max_label = 'SMA_Jammer'
if Num_USB_Jammer == max_value:
    max_label = 'USB_Jammer'
type_jammer_result = max_label

lineNotify("\nStation #1 L1\nDate : {0}\nStart time : {1}\nJammer : {2}\nMax Peak Power : {3}\nMax
Average Power : {4}").format(
    day, Start_time_jammed, type_jammer_result, round(keep_Pmax, 4), round(keep_Pmean, 4))
else: # รับการรบกวนได้ครั้งเดียว
    os.system('rm -rf /home/jamming2022/Desktop/Station_3/L1/AI/*')
    keep_Pmax = []
    keep_Pmean = []
    keep_time_jammed = []
    keep_CNR = 100
    keep_num_sat = []
    type_jammer_result = '-'
    RFI_result = '-'
    Red = 0
    Yellow = 0
    Have_AI_picture = 0
    Directional_can_detected = 0
    keep_Directional_can_detected = []
    keep_Pmax = []; keep_Pmean = []; keep_num_sat = []; keep_CNR = 100
    keep_Pmax_Red = []; keep_Pmean_Red = []; keep_num_sat_Red = []; keep_CNR_Red = []
    keep_Pmax_Yellow = []; keep_Pmean_Yellow = []; keep_num_sat_Yellow = []; keep_CNR_Yellow = []
    keep_Pmax_jammed = []; keep_Pmean_jammed = []; keep_num_sat_jammed = []; keep_CNR_jammed = []
    time_camera = []
    pass

# Check if the file exists before attempting to remove it
file_path_AI = '/home/jamming2022/Desktop/Station_3/L1/AI/' + day + '.csv'
if os.path.exists(file_path_AI):
    os.remove(file_path_AI)
else:
    pass
plt.cla()

# ปิดเมื่อต้องการเก็บค่าตลอดเวลา
# with open(r'/home/jamming2022/Desktop/Station_3/L1/Total/Data_every_round/'+day+'.csv', 'a', newline='\n')
as f:
    # writer = csv.writer(f)
    # writer.writerow([day, time_, center_freq_show, m,status ,RFI_result, power_max, power_mean, num_sat,
Mean_CNR, lat, longi, Have_AI_picture, Directional_can_detected])

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ส่วนของการตรวจสอบสถานการณ์ทำงานของอุปกรณ์ในระบบตรวจจับสัญญาณรบกวน (ภายในระบบ)

```
import subprocess; import os; import requests
import sys; import usb.core; from datetime import datetime, timedelta
import csv; from mysql import *; import mysql.connector; time = datetime.now()
date = time.strftime('%Y-%m-%d+'+'_%H%Mm%Ss')
time_ = time.strftime('%Hh%Mm%Ss')
hour_before = time.strftime('%Hh')
hour_now = hour_before
error_before = 0
values = []
database = mysql.connector.connect(
    user="****",
    password="*****",
    host="161.246.18.205",
    port=3306,
    database="Station_1")

status_devices = []
error = 0
notify = 0
nuc_ip = "192.168.14.2"
router_ip = "192.168.14.1"
camera_ip = "192.168.188.108"

def lineNotify(message):
    payload = {'message': message}
    return _lineNotify(payload)

def _lineNotify(payload):
    import requests
    url = 'https://notify-api.line.me/api/notify'
    token = 'Ka6vIOAEMweo6dy8BrKIetj6jL84lh6NZeZ8haJqKcf'
    headers = {'Authorization': 'Bearer '+token}
    return requests.post(url, headers = headers, data = payload)

while True:
    time = datetime.now()
    date = time.strftime('%Y-%m-%d+'+'_%H%Mm%Ss')
    time_ = time.strftime('%Hh%Mm%Ss')
    hour_before = time.strftime('%Hh')
    hour_now = hour_before
    ##### NUC #####
    try:
        subprocess.run(["ping", "-c", str(2), nuc_ip], check=True)
        nuc_status = 'Available'
    except subprocess.CalledProcessError:
        nuc_status = "Unavailable"
        error += 1
    status_devices.append(nuc_status)

    ##### Router #####
    try:
        subprocess.run(["ping", "-c", str(2), router_ip], check=True)
        router_status = "Available"
    except subprocess.CalledProcessError:
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

router_status = "Unavailable"
error += 1
status_devices.append(router_status)

##### Camera #####
try:
    subprocess.run(["ping", "-c", str(2), camera_ip], check=True)
    camera_status = "Available"
except subprocess.CalledProcessError:
    camera_status = "Unavailable"
    error += 1
status_devices.append(camera_status)

##### RTL-SDR Dongle #####
dev = usb.core.find(find_all=True)
keep_RTL_SDR = 0
for cfg in dev:
    if(int(cfg.idVendor)==3034 and int(cfg.idProduct)==10296):
        keep_RTL_SDR += 1

if(keep_RTL_SDR == 1):
    dongle_status = "Available"
    print("Dongle is reachable.")
else:
    dongle_status = "Unavailable"
    error += 1
    print("Dongle is not reachable.")
status_devices.append(dongle_status)

##### Ublox #####
result = subprocess.run(["ls", "/dev/ttyACM0"], capture_output=True, text=True)
# ถ้ามี Ublox, คืนค่าพอร์ตทั้งหมดที่พบ
if result.returncode == 0:
    ublox_ports = result.stdout.strip().split('\n')
    ublox_status = 'Available'
else:
    ublox_status = "Unavailable"
    error += 1
status_devices.append(ublox_status)

if(error > 0 and notify == 0): # When some of devices is Unavailable, sent data to database
    lineNotify("\nStation #1\nTime : {0}\nNUC : {1}\nRouter : {2}\nIP camera : {3}\nRTL-SDR : {4}\nUblox :
{5}").format(time_, nuc_status, router_status, camera_status, dongle_status, ublox_status)
    notify = 1
    with open(r'/home/jamming2022/Desktop/Station_1/L1/Report/Status_devices/'+date+'.csv', 'a', newline='\n')
as f:
        writer = csv.writer(f)
        writer.writerow([date, nuc_status, router_status, camera_status, dongle_status, ublox_status])

value = []
values = []
# try:
with open(r'/home/jamming2022/Desktop/Station_1/L1/Report/Status_devices/'+date+'.csv') as f:
    csv_data = csv.reader(f, delimiter=',')
    for row in csv_data:
        value = (row[0], row[1], row[2], row[3], row[4], row[5])
        values.append(value)
database.reconnect()
cursor = database.cursor()
sql1 = """INSERT INTO Devices (Date,NUC,Router,Camera,Dongle,Ublox) VALUES (%s, %s, %s, %s, %s,
%s)"""

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

cursor.executemany(sql1, values)
database.commit()
csv_data = []
value = []
values = []
os.system('rm -rf /home/jamming2022/Desktop/Station_1/L1/Report/Status_devices/*')

elif((error == 0 and notify == 1) or error_before != error): # When every devices is Aavailable, sent data to database
    notify = 0
    lineNotify("\nStation #1\nTime : {0}\nNUC : {1}\nRouter : {2}\nIP camera : {3}\nRTL-SDR : {4}\nUblox :
{5}").format(time_, nuc_status, router_status, camera_status, dongle_status, ublox_status)
    with open(r'/home/jamming2022/Desktop/Station_1/L1/Report/Status_devices/'+date+'.csv', 'a', newline='\n')
as f:
    writer = csv.writer(f)
    writer.writerow([date, nuc_status, router_status, camera_status, dongle_status, ublox_status])

value = []
values = []
with open(r'/home/jamming2022/Desktop/Station_1/L1/Report/Status_devices/'+date+'.csv') as f:
    csv_data = csv.reader(f, delimiter=',')
    for row in csv_data:
        value = (row[0], row[1], row[2], row[3], row[4], row[5])
        values.append(value)
    database.reconnect()
    cursor = database.cursor()
    sql1 = """"INSERT INTO Devices (Date,NUC,Router,Camera,Dongle,Ublox) VALUES (%s, %s, %s, %s, %s,
%s)""""
    cursor.executemany(sql1, values)
    database.commit()
    csv_data = []
    value = []
    values = []
    os.system('rm -rf /home/jamming2022/Desktop/Station_1/L1/Report/Status_devices/*')

error_before=error
hour_now = hour_before
lineNotify("\nStation #1\nTime : {0}\nNUC : {1}\nRouter : {2}\nIP camera : {3}\nRTL-SDR : {4}\nUblox :
{5}").format(time_, nuc_status, router_status, camera_status, dongle_status, ublox_status)
error = 0

```

- ส่วนของการตรวจสอบสถานการณ์ทำงานของอุปกรณ์ในระบบตรวจจับสัญญาณรบกวน
(ภายนอกระบบ)

```

import subprocess; import os; import requests
import sys; import usb.core; from datetime import datetime, timedelta
import csv; from mysql import *; import mysql.connector; time = datetime.now()
date = time.strftime('%Y-%m-%d'+ '_'+ '%Hh%Mm%Ss')
time_ = time.strftime('%Hh%Mm%Ss')
hour_before = time.strftime('%Hh')
hour_now = hour_before
error_before = 0
values = []
database = mysql.connector.connect(
    user="****",
    password="*****",
    host="161.246.18.205",

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

port=3306,
database="Station_1")

status_devices = []
error = 0
notify = 0
nuc_ip = "192.168.14.2"
router_ip = "192.168.14.1"

def lineNotify(message):
    payload = {'message': message}
    return _lineNotify(payload)

def _lineNotify(payload):
    import requests
    url = 'https://notify-api.line.me/api/notify'
    token = 'Ka6vIOAEMweo6dy8BrKletj6jL84lh6NZeZshaJqKcf'
    headers = {'Authorization': 'Bearer '+token}
    return requests.post(url, headers = headers, data = payload)

i = 0
while True:
    time = datetime.now()
    delta = timedelta(hours=7)
    date_ = time + delta
    date = date_.strftime('%Y-%m-%d'+'+%Hh%Mm%Ss')
    time_ = time.strftime('%Hh%Mm%Ss')
    hour_before = time.strftime('%Hh')
    hour_now = hour_before
    i+=1
    ##### NUC #####
    try:
        subprocess.run(["ping", "-c", str(2), nuc_ip], check=True)
        nuc_status = 'Available'
    except subprocess.CalledProcessError:
        nuc_status = "Unavailable"
        error += 1
    status_devices.append(nuc_status)

    ##### Router #####
    try:
        subprocess.run(["ping", "-c", str(2), router_ip], check=True)
        router_status = "Available"
    except subprocess.CalledProcessError:
        router_status = "Unavailable"
        error += 1
    status_devices.append(router_status)

    ##### Camera ##### # ทำการเช็คสถานะของอุปกรณ์ที่เหลือ
    camera_status = "Available"

    ##### RTL-SDR Dongle #####
    dongle_status = "Available"

    ##### Ublox #####
    ublox_status = "Available"

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if(error > 0 and notify == 0): # When some of devices is Unavailable, sent data to database
    notify = 1
    camera_status = "Unavailable"
    dongle_status = "Unavailable"
    ublox_status = "Unavailable"

    lineNotify("\nStation #1\nTime : {0}\nNUC : {1}\nRouter : {2}\nIP camera : {3}\nRTL-SDR : {4}\nUblox :
{5}".format(time_, nuc_status, router_status, camera_status, dongle_status, ublox_status))
    with open(r'/home/jamming2023/Status/Status_devices/'+date+'.csv', 'a', newline='\n') as f:
        writer = csv.writer(f)
        writer.writerow([date, nuc_status, router_status, camera_status, dongle_status, ublox_status])

    value = []
    values = []
    with open(r'/home/jamming2023/Status/Status_devices/'+date+'.csv') as f:
        csv_data = csv.reader(f, delimiter=',')
        for row in csv_data:
            value = (row[0], row[1], row[2], row[3], row[4], row[5])
            values.append(value)
        database.reconnect()
        cursor = database.cursor()
        sql1 = """INSERT INTO Devices (Date,NUC,Router,Camera,Dongle,Ublox) VALUES (%s, %s, %s, %s, %s,
%s)"""
        cursor.executemany(sql1, values)
        database.commit()
        csv_data = []
        value = []
        values = []
        os.system('rm -rf /home/jamming2023/Status/Status_devices/*')

elif((error == 0 and notify == 1) or error_before != error): # When every devices is Aavailable, sent data to database
    notify = 0

    lineNotify("\nStation #1\nTime : {0}\nNUC : {1}\nRouter : {2}\nIP camera : {3}\nRTL-SDR : {4}\nUblox :
{5}".format(time_, nuc_status, router_status, camera_status, dongle_status, ublox_status))
    with open(r'/home/jamming2023/Status/Status_devices/'+date+'.csv', 'a', newline='\n') as f:
        writer = csv.writer(f)
        writer.writerow([date, nuc_status, router_status, camera_status, dongle_status, ublox_status])

    value = []
    values = []
    with open(r'/home/jamming2023/Status/Status_devices/'+date+'.csv') as f:
        csv_data = csv.reader(f, delimiter=',')
        for row in csv_data:
            value = (row[0], row[1], row[2], row[3], row[4], row[5])
            values.append(value)
        database.reconnect()
        cursor = database.cursor()
        sql1 = """INSERT INTO Devices (Date,NUC,Router,Camera,Dongle,Ublox) VALUES (%s, %s, %s, %s, %s,
%s)"""
        cursor.executemany(sql1, values)
        database.commit()
        csv_data = []
        value = []
        values = []
        os.system('rm -rf /home/jamming2023/Status/Status_devices/*')

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
error_before=error
lineNotify("\nStation #1\nTime : {0}\nNUC : {1}\nRouter : {2}\nIP camera : {3}\nRTL-SDR : {4}\nUblox :
{5}".format(time_, nuc_status, router_status, camera_status, dongle_status, ublox_status))
error = 0
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้