# คู่มือการพัฒนาระบบเฝ้าระวังไฟป่าอัจฉริยะ

รศ.ดร.ปานใจ ธารทัศนวงศ์ และคณะ
มหาวิทยาลัยศิลปากร

ได้รับทุนอุดหนุนการทำกิจกรรมส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัยและนวัตกรรมจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ
This research and innovation activities are funded by
National Research Council of Thailand (NRCT)

**สารบัญ**


| บทที่ | เรื่อง | หน้า |
|---|---|---|
| | คำนำ | |
| 1 | เทคโนโลยีการจัดการไฟป่า | 1 |
| | 1.1 หลักการและผลกระทบของไฟป่า | 1 |
| | 1.2 แนวทางการจัดการไฟป่า | 3 |
| | 1.3 การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการจัดการไฟป่า | 3 |
| | 1.4 หลักการทำงานของแพลตฟอร์ม CANARIN | 5 |
| 2 | การติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์ | 7 |
| | 2.1 องค์ประกอบของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ | 7 |
| | 2.2 วิธีการคำนวณขนาดของอุปกรณ์ที่ใช้พัฒนาระบบพลังงานแสงอาทิตย์ | 8 |
| | 2.3. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell panel) | 9 |
| | 2.4 เครื่องควบคุมพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar controller) | 12 |
| | 2.5 แบตเตอรี่ (Battery) | 13 |
| | 2.6 อุปกรณ์ตัดวงจรไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ | 15 |
| | 2.7 การติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์ในตู้ควบคุม | 15 |
| 3 | อุปกรณ์เราเตอร์ 3G/4G | 19 |
| | 3.1 สถานะการทำงานของอุปกรณ์เราเตอร์ 3G/4G | 19 |
| | 3.2. การเชื่อมต่ออุปกรณ์เราเตอร์ 3G/4G | 20 |
| 4 | อุปกรณ์โหนดเซ็นเซอร์ | 23 |
| | 4.1 การติดตั้งอุปกรณ์โหนดเซ็นเซอร์ | 24 |
| | 4.2 การตั้งค่าอุปกรณ์โหนดเซ็นเซอร์ | 24 |
| | 4.3 การเรียกดูข้อมูลจากโหนดเซ็นเซอร์ | 27 |

| บทที่ | เรื่อง | หน้า |
|---|---|---|
| 5 | การติดตั้งระบบ | 30 |
| | 5.1 การสำรวจพื้นที่ | 30 |
| | 5.2 การเตรียมพื้นที่ | 31 |
| | 5.3 การติดตั้งเสาสัญญาณ | 32 |
| | 5.4 การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ | 33 |
| | 5.5 การติดตั้งระบบ | 34 |
| | 5.6 การทดสอบระบบ | 37 |
| 6 | การใช้งานระบบ | 39 |
| | 6.1 การใช้สารสนเทศภูมิศาสตร์ วัดฝุ่น.ไทย | 39 |
| | 6.2 การใช้ระบบเฝ้าระวังไฟป่าอัจฉริยะ | 41 |
| 7 | การบำรุงรักษาระบบ | 45 |
| | 7.1 ปัญหาและอุปสรรคและการแก้ไข | 45 |
| | 7.2 การบำรุงรักษาระบบ | 46 |
| | เอกสารอ้างอิง | 48 |

# คำนำ

คู่มือการพัฒนาระบบเฝ้าระวังไฟป่าอัจฉริยะ เล่มนี้เป็นส่วนหนึ่งในโครงการวิจัยเรื่องการพัฒนาและถ่ายทอดองค์ความรู้ระบบเฝ้าระวังไฟป่าอัจฉริยะได้จัดทำขึ้นเพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้จากงานวิจัยไปยังเจ้าหน้าที่ควบคุมไฟป่า อาสาสมัคร และชุมชนให้มีความรู้ ความสามารถในการเฝ้าระวังไฟป่าโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ซึ่งดำเนินการโดยนักวิจัยจาก คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ร่วมกับ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และ intERLab สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT) ภายใต้การสนับสนุนทุนวิจัยจาก สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ปีงบประมาณ 2564 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่และถ่ายทอดองค์ความรู้ในการพัฒนา การใช้และบำรุงรักษาระบบเฝ้าระวังไฟป่าอัจฉริยะแก่บุคลากรของสถานีควบคุมไฟป่า หน่วยงานระดับท้องถิ่น ตลอดจนชุมชนเพื่อให้มีส่วนร่วมในการเฝ้าระวังไฟป่าและการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่ได้จัดสรรทุนเพื่อการศึกษาวิจัย ตลอดจนการนำไปถ่ายทอดเทคโนโลยีแก่ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมไฟป่า และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือคู่มือเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ไม่มากก็น้อยต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ผู้สนใจและโดยเฉพาะอย่างยิ่งหน่วยงานควบคุมไฟป่า หน่วยงานระดับท้องถิ่น และองค์กรที่เกี่ยวข้องที่อยู่ในจังหวัดลำพูน และจังหวัดเชียงใหม่ ในเขตภาคเหนือซึ่งเป็นพื้นที่เป้าหมายในการดำเนินโครงการในครั้งนี้

รองศาตราจารย์ ดร.ปานใจ ธารทัศนวงศ์
หัวหน้าคณะวิจัย

# บทที่ 1
# เทคโนโลยีการจัดการไฟป่า

## 1.1 หลักการและผลกระทบของไฟป่า

ไฟป่า หมายถึง ไฟที่เผาไหม้เชื้อเพลงธรรมชาติในป่า แล้วลุกลามอย่างเสรีไม่มีขอบเขต เชื้อเพลงธรรมชาติที่ถูกเผาไหม้ ได้แก่ เศษไม้ ปลายไม้ ลูกไม้ หญ้า ไม้ท่อน เศษซากพืช ตอไม้ ไม้พุ่ม และต้นไม้ [1]

ไฟป่ามีสามประเภทหลักๆ [1] คือ ไฟใต้ดิน ไฟผิวดิน และ ไฟเรือนยอด โดยไฟป่าส่วนใหญ่ในประเทศไทยคือไฟผิวดิน ซึ่งเป็นไฟประเภทที่ควบคุมง่ายที่สุด ทั้งนี้ความรุนแรงของไฟในช่วงหลายปีที่ผ่านมามีแนวโน้มรุนแรงขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิของอากาศสูงขึ้น ความชื้นสัมพัทธ์ลดลง เชื้อเพลิงมีความแห้งมากขึ้น การสะสมของเชื้อเพลิงก็เพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นแนวโน้มที่ต้องพึงระวัง ว่าการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศมีผลกระทบกับพฤติกรรมไฟโดยตรง เนื่องจากภูมิอากาศไฟเป็นหนึ่งในปัจจัยหลักของลักษณะของพฤติกรรมไฟ

ทั้งนี้การเกิดไฟป่าในประเทศไทยนั้นเกิดได้จากหลายสาเหตุ เนื่องจากการเกิดไฟนั้นประกอบด้วยองค์ประกอบสามอย่าง ออกซิเจน เชื้อเพลิง และความร้อน ต้องมีลักษณะและคุณสมบัติที่สมบูรณ์พร้อมพอดี ไฟถึงจะสามารถเกิดได้ โดยส่วนใหญ่ไฟจะไม่เกิดถ้าความร้อนไม่ถึงจุดเริ่มการเผาไหม้ ซึ่งเชื้อเพลิงแต่ละชนิดก็มีจุดความร้อนที่จะเริ่มเผาไหม้ที่แตกต่างกันไป บวกกับขนาดและการเรียงตัวของเชื้อเพลิงที่แน่นหนา ห่าง ชิด หรือแม้แต่ความแห้ง

ไฟป่าจะเกิดขึ้นได้ต้องประกอบด้วย 3 ประการ คือเชื้อเพลิง ความร้อน และออกซิเจน มารวมตัวกันในสัดส่วนที่เหมาะสมที่จะเกิดการสันดาป ซึ่งเรียกว่า สามเหลี่ยมของไฟ หากขาดองค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่งไป ไฟป่าจะไม่เกิดขึ้นดังแสดงในรูปที่ 1.1 อินทรีย์สารทุกชนิดในป่าที่ติดไฟได้ ได้แก่ ต้นไม้ ตอไม้ ไม้พุ่ม กิ่งก้านไม้ ใบไม้ หญ้า และไม้พื้นล่างต่างๆ รวมไปถึงเศษซากพืชและดินอินทรีย์ โดยทฤษฎีแล้วหากไม่มีเชื้อเพลิงเหล่านี้ ไฟป่าก็จะเกิดขึ้นไม่ได้ แต่ในความเป็นจริงทฤษฎีนี้เป็นสิ่งที่เป็นไปไม่ได้ เพราะเชื้อเพลิงในป่าเป็นองค์ประกอบส่วนหนึ่งของระบบนิเวศป่าไม้นั้นนั่นเอง

รูปที่ 1.1 องค์ประกอบ 3 ประการในการเกิดไฟป่า (สามเหลี่ยมของไฟ)
https://www.baanjomyut.com/library_3/fire_theory/index.html

ปัญหาไฟป่าส่งผลกระทบถึงทรัพยากรธรรมชาติ คุณภาพอากาศและสุขภาพของประชาชน เช่น ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM 2.5 เกินค่ามาตรฐาน ซึ่งหลายหน่วยงานที่เกี่ยวข้องยังคงเร่งเข้าไปดับไฟและเฝ้าระวังอย่างใกล้ชิด ไฟป่าเกิดขึ้นเป็นประจำทุกปี และนับวันจะทวีความรุนแรงและความเกิดถี่บ่อยมากขึ้นจนทำให้ป่าไม่สามารถฟื้นตัวได้ทันตามวงจรธรรมชาติ ไฟป่ายังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมส่วนอื่น ๆ ทั้งต่อดิน น้ำ อากาศ สัตว์ป่าและสิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ ในป่า นอกจากนี้ยังส่งผลให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจ และสูญเสียสภาพความสวยงามตามธรรมชาติ ไม่เหมาะสำหรับท่องเที่ยวอีกต่อไป เมื่อไฟป่าทำลายสิ่งปกคลุมดิน หน้าดินจึงเปิดโล่ง ทำให้น้ำที่ไหลบ่าไปตามหน้าดิน พัดพาหน้าดินอันอุดมสมบูรณ์ไปด้วย และดินอัดตัวแน่นทึบขึ้น การซึมน้ำไม่ดี ทำให้การอุ้มน้ำหรือดูดซับความชื้นของดินลดลง ไม่สามารถเก็บกักน้ำและธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชได้ และเมื่อดินตะกอนไปทับถมในแม่น้ำมากขึ้น ลำน้ำก็จะตื้นเขินทำให้เกิดอุทกภัย ในช่วงฤดูแล้งพื้นดินที่มีแต่กรวดทรายและชั้นดินแน่นทึบจากผลของไฟป่า ทำให้เกิดสภาวะแห้งแล้งเพราะดินไม่สามารถเก็บกักน้ำในช่วงฤดูฝนเอาไว้ได้

**1.2 แนวทางการจัดการไฟป่า**

การจัดการไฟป่ามีด้วยกัน 7 ขั้นตอน [10] ประกอบด้วย

1. การป้องกัน โดยการสื่อสารและประชาสัมพันธ์ให้ตระหนักถึงภัยของไฟป่า และร่วมมือป้องกันไฟป่า

2. การตรวจติดตามด้วยการลาดตระเวน หอดูไฟ การใช้ข้อมูลจากกล้องตรวจจับภาพความร้อน อินเทอร์เน็ตประสานสรรพสิ่ง (IoT) อากาศยานไร้คนขับ (โดรน) หรือดาวเทียม เป็นต้น

3. การพยากรณ์ ทำนาย คาดคะเนเหตุการณ์ที่เสี่ยงในการเกิดไฟป่าด้วยแบบจำลองการเกิดไฟป่าจากจุดที่มีความร้อนผิดปกติ หรือจากพื้นที่ไฟไหม้ซ้ำซาก เป็นต้น

4. การเตือนภัย หากตรวจพบการติดไฟในทันทีจะสามารถดับไฟได้โดยใช้ทรัพยากรเพียงเล็กน้อย และลดการสูญเสียได้อย่างมาก

5. การกู้ภัย ควบคุมไฟป่า ประกอบด้วย การเข้าจู่โจมอย่างฉับพลัน การจำกัดพื้นที่ของไฟ ควบคุมไฟ การดับให้สนิทและการลาดตระเวนตรวจสอบ

6. การฟื้นฟู บรรเทาความเสียหายจากไฟป่า

7. การถอดบทเรียน แลกเปลี่ยนความคิดเห็น ประเมิน แล้วปรับปรุงข้อผิดพลาดและแก้ไขอุปสรรค

**1.3 การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการจัดการไฟป่า** [10]

การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศมีความสำคัญอย่างมากในการจัดการไฟป่า และจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องทำทั้งกระบวนการตั้งแต่การป้องกัน การกู้ภัย และควบคุม ซึ่งมีเทคโนโลยีสารสนเทศหลายชนิดที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดการไฟป่าได้ อาทิเช่น

1. ดาวเทียมที่นิยมใช้ในการตรวจหาไฟป่า ได้แก่ ดาวเทียม NOAA ซึ่งเป็นดาวเทียมทางอุตุนิยมวิทยาและการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ โดยดาวเทียมนี้จะโคจรรอบโลกที่ระดับความสูงประมาณ 850 กิโลเมตร และโคจรกลับมาที่จุดเดิมในทุกๆ 100 นาที ข้อมูลจุดความร้อนที่นำมาใช้ก็ต้องใช้เวลา

มากกว่า 1 ชม. หลังจากที่เกิดไฟไหม้ ทั้งนี้เพราะองค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติ หรือองค์การนาซาต้องรอข้อมูลจากดาวเทียมเป็นเวลาอย่างน้อย 2 ชม. นอกจากนี้การตรวจวัดพื้นที่ที่เล็กที่สุด (Pixel) ได้เท่ากับ 1.21 ตารางกิโลเมตร หมายความว่าพื้นที่ที่เกิดไฟป่าจะต้องมีเนื้อที่อย่างน้อยที่สุด 1.21 ตารางกิโลเมตร ดาวเทียมจึงจะสามารถตรวจพบไฟได้ ซึ่งในทางปฏิบัติหากปล่อยให้ไฟลุกลามจนมีขนาดใหญ่กินพื้นที่ถึง 1.21 ตารางกิโลเมตร จึงค่อยตรวจพบจะเป็นการไม่ทันการณ์ และไม่สามารถทราบพิกัดที่แน่นอนจากต้นทางของไฟ ทำให้เกิดความเสียหายต่อพื้นที่ป่าเป็นอย่างมาก การควบคุมไฟจะยากลำบาก กินเวลานาน และเสียค่าใช้จ่ายสูง นอกจากนี้หากมีเมฆ ควันหนา ๆ เมื่อเกิดไฟไหม้ หรือเรือนยอดไม้ที่ปกคลุมป่า การตรวจการณ์โดยวิธีนี้จะไม่ได้ผลเพราะคลื่นอินฟราเรดไม่สามารถทะลุผ่านได้ อย่างไรก็ตามข้อมูลการตรวจหาไฟป่าจากดาวเทียมจะเป็นประโยชน์ต่อการประเมินสถานการณ์และวางแผนควบคุมไฟป่าในภาพรวม

2. อากาศยานไร้คนขับ (โดรน) มีข้อดีคือสามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย และเข้าถึงพื้นที่ที่ไฟไหม้ได้อย่างรวดเร็ว เป็นการเพิ่มศักยภาพให้กับการทำภารกิจในการดับไฟ การสำรวจจุดและตำแหน่งที่เกิดเหตุก่อนทำภารกิจ ทำให้สามารถเข้าถึงจุดเกิดเหตุเพลิงไหม้ได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ

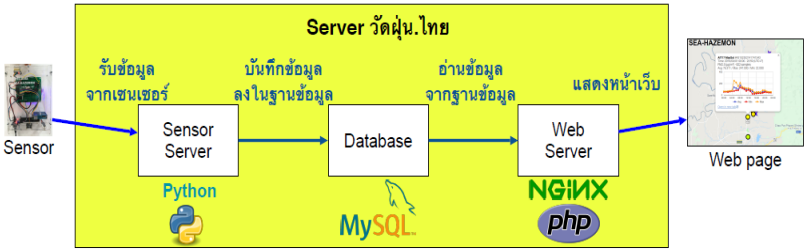
3. กล้องตรวจจับภาพความร้อน เป็นเครื่องมือที่ช่วยนักผจญเพลิงสามารถค้นพบ ค้นหา ยืนยันบริเวณที่เกิดไฟป่า เป็นต้น และสามารถแสดงสถานการณ์การเกิดไฟป่าในแผนที่ ผู้เกี่ยวข้องสามารถเข้าถึงข้อมูลการเกิดไฟป่าได้ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

4. อินเทอร์เน็ตประสานสรรพสิ่ง (IoT) ประกอบด้วยเซ็นเซอร์วัดการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิบรรยากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ($CO_2$) ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM2.5, PM10) และปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง ซึ่งช่วยตรวจจับเหตุการณ์ที่คาดว่าจะเกิดไฟป่าและเตือนภัยการเกิดไฟป่าได้

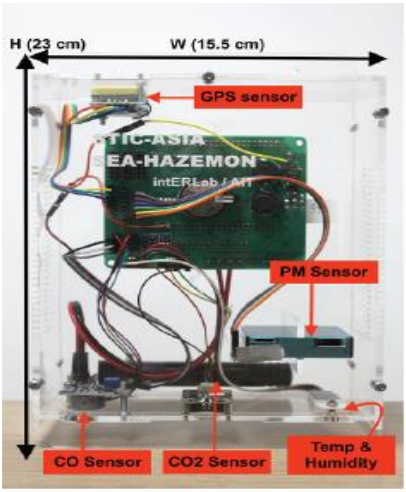
**1.4 หลักการทำงานของแพลตฟอร์ม CANARIN**

งานวิจัยนี้จัดอยู่ในขั้นตอนที่ 2-4 ของแนวทางการจัดการไฟป่าตามที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น และเป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตประสานสรรพสิ่ง (IoT) โดยใช้องค์ความรู้จาก โครงการ STIC-ASIA SEA HAZEMON [5] พัฒนาภายใต้ความร่วมมือระหว่าง โครงการ CANARIN กับ intERLab สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย LIP6 (Sorbonne Universite, France) และ University of Bologna (Italy) ภายใต้การสนับสนุนจากกระทรวงต่างประเทศฝรั่งเศส ซึ่งได้สร้างสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ เรียกว่าแพลตฟอร์ม CANARIN และได้ทำการติดตั้งโหนดเซ็นเซอร์ในหลายพื้นที่ เช่น จังหวัดเชียงราย ตาก เป็นต้น รวมถึงในต่างประเทศ เช่น สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ฟิลิปปินส์ อินโดนิเซีย มาเลเซีย เป็นต้น ทำให้สามารถเชื่อมโยงข้อมูลถึงกันได้ ซึ่งจะทำให้เกิดเครือข่ายเฝ้าระวังคุณภาพอากาศ และสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับเฝ้าระวังไฟป่าได้ อุปกรณ์โหนดเซ็นเซอร์ (รูปที่ 1.3) ประกอบด้วยส่วนที่ใช้ตรวจจับคุณภาพอากาศที่จะนำมาใช้กับงานวิจัยนี้ประกอบด้วย ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM1.0,PM2.5,PM10) อุณหภูมิ ความชื้น ความกดอากาศ คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ และการระบุตำแหน่ง (GPS)

การประมวลผล-การเชื่อมต่อ โหนดเซ็นเซอร์มีหน่วยประมวลผลของตัวเอง และมีช่องเสียบการ์ดหน่วยความจำ และ เชื่อมต่อด้วยเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ส่วนประกอบนี้ใช้เพื่อรวบรวมข้อมูลจากเซ็นเซอร์ จัดเก็บข้อมูลไปยังการ์ดหน่วยความจำและส่งไปยังเครื่องแม่ข่าย วัดฝุ่น.ไทย แสดงในรูปที่ 1.2




รูปที่ 1.2 โครงสร้างและการทำงานของแพลตฟอร์ม CANARIN (วัดฝุ่น.ไทย)[5]



| สัญลักษณ์ | PM2.5 (มคก./ลบ.ม) | ความหมาย |
|---|---|---|
| | 0-25 | คุณภาพอากาศดีมาก |
| | 26-50 | คุณภาพอากาศดี |
| | 51-100 | ปานกลาง |
| | 101-200 | เริ่มมีผลต่อสุขภาพ |
| | 201 ขึ้นไป | มีผลกระทบต่อสุขภาพ |

รูปที่ 1.3 โหนดเซ็นเซอร์และการแสดงผลในแพลตฟอร์ม CANARIN [5]

จากผลการวิจัยของ ผศ.ดร.ธงชัย ขนาบแก้วและคณะ [8] พบว่าปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 ที่ตรวจวัดได้จากโหนดเซ็นเซอร์ในแพลตฟอร์ม CANARIN ในอำเภอแม่สอด จังหวัดตาก มีความสัมพันธ์กับกิจกรรมการเผาในที่โล่งของชีวมวล และยืนยันด้วยผลด้วยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 และจำนวนจุดความร้อน (Hotspots) จากดาวเทียม MODIS และ VIIRS ผลการศึกษานี้ยังสอดคล้องกับผลการศึกษาที่พบโดยกลุ่มวิจัยอื่นๆ ที่ใช้เทคนิคการตรวจวัดข้อมูล PM2.5 ที่แตกต่างกัน ดังนั้นโหนดเซ็นเซอร์ในแพลตฟอร์ม CANARIN จึงมีความน่าเชื่อถือและให้ข้อมูล PM2.5 อย่างทันท่วงที และหากเพิ่มจำนวนโหนดเซ็นเซอร์จะทำให้ตรวจจับการเคลื่อนที่ของกลุ่มควัน การคาดการณ์มีรายละเอียดและความแม่นยำที่มากขึ้น

เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตประสานสรรพสิ่งใช้พลังงานมากทั้งในการทำงานของอุปกรณ์ตรวจวัดและระบบสื่อสาร การส่งข้อมูลคุณภาพอากาศไปยังเครื่องแม่ข่าย CANARIN ต้องใช้เครือข่ายอินเทอร์เน็ตเป็นหลัก ซึ่งในบริเวณป่าที่จะทำการติดตั้งอุปกรณ์ไม่มีทั้งไฟฟ้าและสัญญาณอินเทอร์เน็ต ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงต้องประยุกต์ใช้ระบบพลังงานแสงอาทิตย์ และเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ (3G/4G) เป็นหลักซึ่งจะได้กล่าวรายละเอียดในบทต่อไป

# บทที่ 2
# การพัฒนาระบบพลังงานแสงอาทิตย์

เนื่องจากพื้นที่ที่ทำการวิจัยคือ เขตวัฒนธรรมพิเศษ บริเวณดอยช้างป่าแป๋ อ.บ้านโฮ่ง จ.ลำพูน ไม่มีไฟฟ้าที่จะใช้กับอุปกรณ์ในการวิจัย คณะผู้วิจัยจึงได้พัฒนาระบบพลังงานแสงอาทิตย์ขึ้นมาเพื่อใช้กับอุปกรณ์โหนดเซ็นเซอร์ และอุปกรณ์เครือข่าย

ระบบพลังงานแสงอาทิตย์ ใช้เทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) หรือ เซลล์โฟโตโวลตาอิก (Photovoltaic cell) คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำชนิดพิเศษ ที่มีคุณสมบัติในการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์นั้นจะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current) ซึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทันที รวมทั้งสามารถเก็บไว้ในแบตเตอรี่เพื่อใช้งานภายหลังได้

**2.1 องค์ประกอบของระบบพลังงานแสงอาทิตย์** ประกอบด้วย 4 ประการคือ

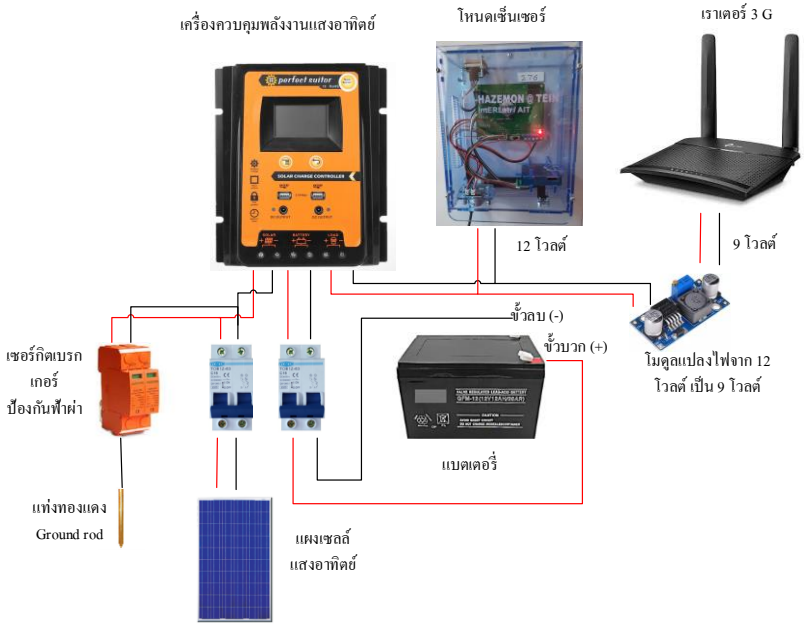
1. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell) เป็นส่วนประกอบสำคัญของระบบที่แปลงแสงอาทิตย์เป็นกระแสไฟฟ้ากระแสตรง

2. เครื่องควบคุมพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar controller) เป็นตัวควบคุมแรงดัน ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ชาร์จแบตเตอรี่ ป้องกันแบตเตอรี่จากการชาร์จไฟเกิน และยังควบคุมการปล่อยประจุ

3. แบตเตอรี่ (Battery) เป็นตัวเก็บกระแสไฟฟ้าที่ผลิตจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์

4.. อุปกรณ์ตัดวงจรไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ (Circuit breaker) เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่ในการตัดวงจรไฟฟ้าเมื่อเกิดความผิดปกติในระบบไฟฟ้า หรือไฟฟ้าลัดวงจร เพื่อเป็นการป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับระบบ รวมถึงป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าจากความเสียหายที่เกิดจากฟ้าผ่าด้วย

ระบบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีรูปแบบดังแสดงในรูปที่ 2.1




รูปที่ 2.1 รูปแบบระบบพลังงานแสงอาทิตย์

**2.2 วิธีการคำนวณขนาดของอุปกรณ์ที่ใช้พัฒนาระบบพลังงานแสงอาทิตย์**

ในงานวิจัยนี้การพัฒนาระบบต้นแบบโดยมีการใช้อุปกรณ์ซึ่งใช้กระแสไฟฟ้าตลอด 24 ชั่วโมง ประด้วยอุปกรณ์ 3 ประเภท ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การใช้กระแสไฟฟ้าของอุปกรณ์

| อุปกรณ์ | แรงดันไฟฟ้า (โวลต์) | กระแสไฟฟ้า (มิลลิแอมป์) | กำลังไฟฟ้า (วัตต์) |
|---|---|---|---|
| เครื่องควบคุมพลังงานแสงอาทิตย์ | 12 | 10 | 0.12 |
| โหนดเซ็นเซอร์ (Sensor Node) | 12 | 20 | 0.24 |
| เราเตอร์ 3G/4G | 9 | 20 | 0.18 |
| รวม | | 50 | 0.54 ≈1 |

หมายเหตุ กำลังไฟฟ้า=แรงดันไฟฟ้าXกระแสไฟฟ้า

**2.2.1 การคำนวณขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์** วิธีการคำนวณให้พิจารณาจาก กำลังไฟฟ้าที่ต้องการใช้ในแต่ละวัน (เปิด 24 ชั่วโมง)/ชั่วโมงแดด (5 ชั่วโมง) ดังนั้นขนาดของแผงฯ =1x24/5=2.59 วัตต์ ประมาณ 3 วัตต์ แต่เนื่องจากในบางฤดู เช่น ฤดูฝน ชั่วโมงแดดอาจจะน้อยกว่านี้ ซึ่งต้องใช้แบตเตอรี่ที่รองรับการใช้งานที่ต่อเนื่อง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกขนาดกำลังไฟฟ้าแผงฯ (W) ขนาด 100 วัตต์ ที่มีขนาดใหญ่กว่าเพื่อรองรับช่วงเวลาที่อาจจะไม่มีแสงแดดติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน

**2.2.2 การคำนวณหาขนาดเครื่องควบคุมพลังงานแสงอาทิตย์** วิธีการคำนวณโดยใช้สูตร กระแสไฟฟ้า (A) = กำลังไฟฟ้าของแผงฯ (W) / แรงดันไฟฟ้าของแผงฯ (V) = 100/12= 8.33 แอมป์ แต่ที่มีขายในท้องตลาดจะเป็นขนาด 20-30 แอมป์ ในที่นี้จึงเลือกใช้ขนาดเครื่องควบคุมฯ 20-30 แอมป์

**2.2.3 การคำนวณขนาดของแบตเตอรี่** พิจารณาจากกำลังไฟฟ้า (W) ที่ต้องการ X ระยะเวลาใช้งาน / แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ (V) X ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ (ประมาณ 0.6) ดังนั้นขนาดของแบตเตอรี่ = ((1x24)/(12x0.6) = 3.3 Ah จากการทดลองในพื้นที่วิจัยซึ่งมีปัญหาเรื่องแสงแดดในฤดูฝนในที่นี้จึงเลือกใช้แบตเตอรี่ขนาด 25 Ah เพื่อรองรับการใช้งานในอนาคต และสอดคล้องกับขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (100 วัตต์)

**2.2.4 การคำนวณขนาดอุปกรณ์ตัดวงจรไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ** พิจารณาจากการใช้กระแสไฟฟ้าสูงสุดในที่นี้จะใช้ขนาดที่มีขายในท้องตลาดคือขนาด 16 แอมป์

## 2.3. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell panel)

แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด ตามเทคโนโลยีการผลิตและสารกึ่งตัวนำที่ใช้ในการผลิต ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ดังนี้

1. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดโมโนคริสตัลไลน์ (Monocrystalline solar cells) ผลิตจากธาตุซิลิคอนตั้งต้นที่มีความบริสุทธิ์สูงมาก ทำให้มีคุณสมบัติด้านประสิทธิภาพที่มีความสามารถในการผลิตพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยได้ถึง 17 – 20%

ซึ่งถือว่าสูงมาก และใช้พื้นที่การติดตั้งน้อย อายุการใช้งานโดยเฉลี่ยประมาณ 25 ปี แต่ข้อเสียคือราคาสูง

2. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดโพลีคริสตัลไลน์ (Polycrystalline solar cells) มีประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าได้ดี รองลงมาจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดโมโนคริสตัลไลน์ มีประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าเฉลี่ยได้สูงถึง 15-19% มีความทนทานในสภาพอากาศร้อนจัดได้ดี จึงเป็นที่นิยมมากในพื้นที่เขตร้อน เช่น ประเทศไทย และภูมิภาคอาเซียน และราคาต่ำกว่าแบบที่ 1 โดยอายุการใช้งานประมาณ 20 ปี

3. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัส (Amorphous solar cells) สามารถในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจะน้อยกว่า 2 ชนิดข้างต้น เหมาะสำหรับใช้งานในปริมาณไม่สูงนัก เช่น เครื่องคิดเลข นาฬิกา เนื่องจากราคาประหยัด อายุการใช้งานประมาณ 5 ปี

รูปที่ 2.2 ชนิดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

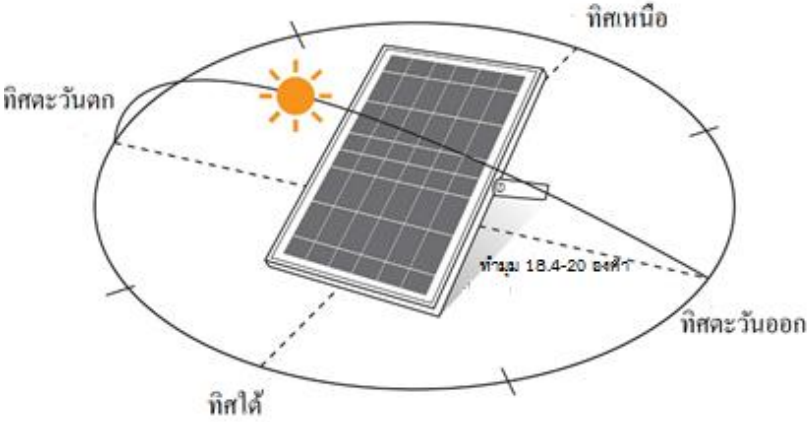
(ที่มา https://mgronline.com/business/detail/9640000011428)

ในงานวิจัยนี้เลือกใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดโมโนคริสตัลไลน์ ขนาด 100 วัตต์ เนื่องจากอุปกรณ์โหนดเซ็นเซอร์ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูง ดังแสดงในรูปที่ 2.3 ซึ่งหมายความว่าถ้านำแผงฯ นี้

ไปรับแสงแดดเป็นเวลา 1 ชั่วโมงจะได้ไฟฟ้า 100 วัตต์ ในประเทศไทยมีแสงแดดเฉลี่ยวันละ 5 ชั่วโมง ก็จะได้พลังงานไฟฟ้ารวม 500 วัตต์

รูปที่ 2.3 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดโมโนคริสตัลไลน์ที่ใช้ในงานวิจัย

การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้หันหน้าไปทางทิศใต้ ในเขตจังหวัดเชียงใหม่ทำมุม 18.4-20 องศากับแนวระนาบ ถ้าหากนำไปใช้ในพื้นที่อื่นต้องพิจารณาตามสภาพพื้นที่จริง

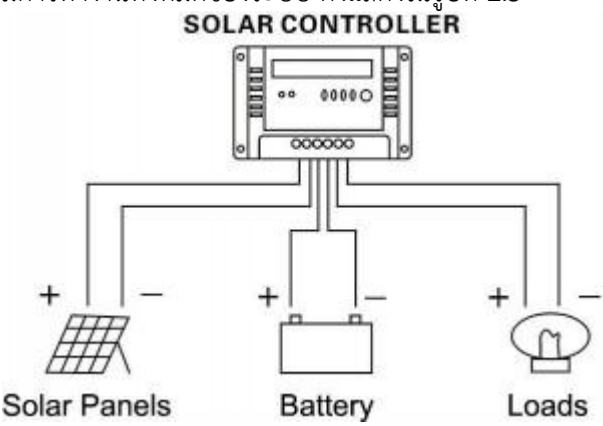



รูปที่ 2.4 การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์

(ที่มา https://www.aecexport.com/blog/solar-panel-directions/)

**2.4 เครื่องควบคุมพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar controller)**

เครื่องควบคุมพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar controller) เป็นส่วนที่ใช้ในการควบคุมการทำงานทั้งหมดของระบบ ดังแสดงในรูปที่ 2.5




รูปที่ 2.5 แผนผังการทำงานของเครื่องควบคุมพลังงานแสงอาทิตย์ [1]

เครื่องควบคุมพลังงานแสงอาทิตย์มีด้วยกัน 2 ประเภทตามลักษณะการใช้งาน คือ

1. เครื่องควบคุมพลังงานแสงอาทิตย์ประเภท PWM (Pulse Width Modulation) เป็นเครื่องที่คอยควบคุมความถี่ของคลื่นไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้คงที่ด้วยระบบดิจิทัลสามารถควบคุมการประจุไฟฟ้าที่จะเข้าสู่แบตเตอรี่ ทำให้แบตเตอรี่มีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น นอกจากนี้ยังมีระบบการตัดไฟอัตโนมัติ ในกรณีพลังงานแบตเตอรี่ใกล้หมด เพื่อป้องกันแบตเตอรี่เสียหรือเสื่อมสภาพจากการใช้ไฟฟ้าเกินกำลัง

2. เครื่องควบคุมพลังงานแสงอาทิตย์ประเภท MPPT (Maximum Power Point Tracking) เป็นเครื่องควบคุมที่มีระบบไมโครโพรเซสเซอร์ หรือตัวจับสัญญาณที่คอยควบคุมดูแลสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แล้วนำสัญญาณไฟฟ้าที่สูงที่สุดจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์นำมาประจุลงในแบตเตอรี่ให้มีพลังงานเต็มอยู่ตลอด เวลา ทำให้ไม่ต้องคอยมากังวลว่าจะกักเก็บพลังงานไว้ใช้ได้ไม่เพียงพอในวันที่มีแสง แดดอ่อน หรือวันที่ฝนตก

ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ประเภท MPPT เนื่องจากมีประสิทธิภาพสูงกว่าประเภท PWM และเหมาะสมกับพื้นที่ที่ใช้ในการวิจัยซึ่งมีการเลือกใช้อยู่ 2 แบบดังรูปที่ 2.6,2.7

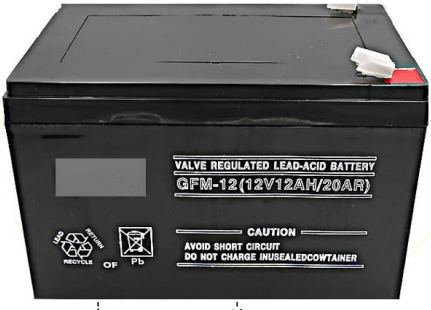
รูปที่ 2.6 เครื่องควบคุมฯ แบบที่ 1

รูปที่ 2.7 เครื่องควบคุมฯ แบบที่ 2

**2.5 แบตเตอรี่ (Battery)**

แบตเตอรี่เป็นส่วนสำคัญที่ใช้ในการประจุกระแสไฟฟ้าในเวลาที่มีแสงแดดและจ่ายกระแสไฟฟ้าช่วงที่ไม่มีแสงแดด

ในช่วงการทดสอบในห้องปฏิบัติการ คณะผู้วิจัยได้ทดลองใช้แบตเตอรี่กรดตะกั่ว (Regulated Lead-Acid) ขนาด 12 โวลต์ 12 แอมป์/ชั่วโมง (Ah) ซึ่งมีระดับแรงดันชาร์จ 13.5-13.9 โวลต์ กระแสชาร์จ (Initial current) 2.2-2.4 แอมป์ ดังแสดงในรูปที่ 2.8 แต่เมื่อนำไปติดตั้งในสถานที่วิจัย (ดอยช้างป่าเป๋) ซึ่งมีสภาพภูมิประเทศเป็นป่าทึบและมีต้นไม้ปกคลุม แบตเตอรี่ประเภทนี้จึงไม่เหมาะสม เพราะประสิทธิภาพของแบตเตอรี่แบบนี้มีประมาณ 60% ทำให้ไม่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ตลอดเวลาโดยเฉพาะวันที่ฝนตก หรือมีเมฆหมอกปกคลุม ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงเปลี่ยนประเภทของแบตเตอรี่เป็นแบบลิเธียมไอออนฟอสเฟต (LiFePO4 battery) ดังรูปที่ 2.9 ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าแบตเตอรี่แบบกรดตะกั่ว




รูปที่ 2.8 แบตเตอรี่แบบกรดตะกั่ว (Regulated Lead-Acid)

รูปที่ 2.9 แบตเตอรี่แบบลิเธียมไอออนฟอสเฟต (Lifepo4 battery)

แบตเตอรี่แบบลิเธียมไอออนฟอสเฟตสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าและความทนทานสูงโดยที่แต่ละก้อนจะมีแรงดันไฟฟ้า 3.6 โวลต์ ดังนั้นจึงต้องใช้ทั้งหมด 4 ก้อน นำมาต่อเชื่อมกันแบบอนุกรมจะได้แรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 14.4 โวลต์ ในงานวิจัยนี้ใช้แบตเตอรี่ขนาด 25 แอมป์/ชั่วโมง อุปกรณ์เพิ่มเติมที่ต้องใช้ร่วมกันประกอบด้วยระบบจัดการแบตเตอรี่ (Battery management system, BMS) และการทำให้สมดุล (Active balance) เพื่อประจุไฟให้เต็มมากที่สุดและยืดอายุการใช้งานแบตเตอรี่ ดังแสดงในรูปที่ 2.10

รูปที่ 2.10 ระบบจัดการ (BMS) และการทำให้สมดุลที่ใช้กับแบตเตอรี่ Lifepo4

**2.6 อุปกรณ์ตัดวงจรไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ** หรือ เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit breaker) ในงานวิจัยนี้ใช้ 2 แบบคือ เซอร์กิตเบรกเกอร์แบบกระแสตรง (DC) 2P ขนาด 16 แอมป์ และแบบป้องกันฟ้าผ่า (Surge protection)

รูปที่ 2.11 เซอร์กิตเบรกเกอร์แบบกระแสตรง 2P

รูปที่ 2.12 เซอร์กิตเบรกเกอร์ป้องกันฟ้าผ่า (Surge Protection)

**2.7 การติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์ในตู้ควบคุม** มีขั้นตอนดังนี้

- เตรียมตู้ควบคุม โดยใช้ตู้กันน้ำขนาดกว้าง 35 ซม. สูง 65 ซม. หนา 30 ซม. ทำการเจาะรูเพื่อร้อยสาย และ ระบายอากาศ ดังรูป

รูปที่ 2.13 ตู้กันน้ำ

รูปที่ 2.14 การเจาะรูร้อยสายและรูระบายอากาศ

●ติดตั้งเซอร์กิตเบรกเกอร์และเครื่องควบคุมพลังงานแสงอาทิตย์ จากนั้นเชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งหมดเข้าด้วยกันโดยใช้สายไฟฟ้าสีแดง (สายบวก) และ สายไฟฟ้าสีดำ (สายลบ) ขนาด 4 SQ.MM.

รูปที่ 2.15 การเชื่อมต่อเซอร์กิตเบรกเกอร์

รูปที่ 2.16 การเชื่อมต่อสายไฟฟ้าระหว่างเซอร์กิตเบรกเกอร์กับเครื่องควบคุมฯ

รูปที่ 2.17 การเชื่อมต่ออุปกรณ์กับเครื่องควบคุมฯ แบบที่ 1

รูปที่ 2.18 การเชื่อมต่ออุปกรณ์กับเครื่องควบคุมฯ แบบที่ 2

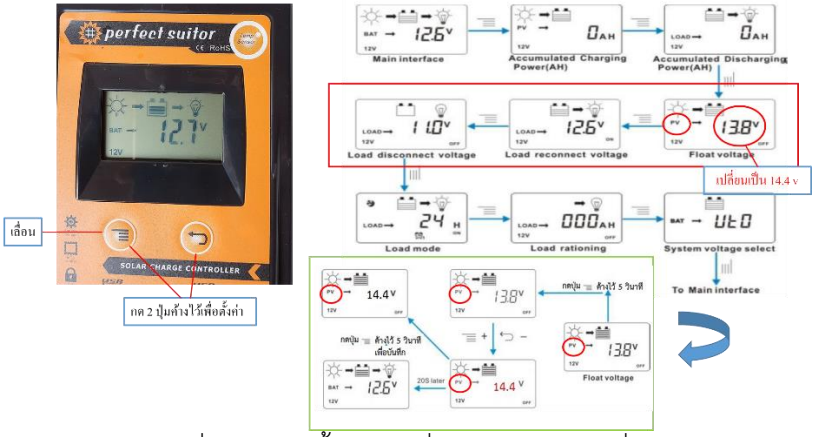
● เชื่อมต่อสายไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้สายไฟที่ใช้สำหรับระบบพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉพาะ เรียกว่า สาย PV1-F ขนาด 4 SQ.MM ซึ่งเป็นสายทองแดงเคลือบดีบุกและหุ้มฉนวน 2 ชั้น ทนความร้อน โดยใช้ขั้วต่อ MC4 ดังรูป

รูปที่ 2.19 ขั้วต่อ MC4

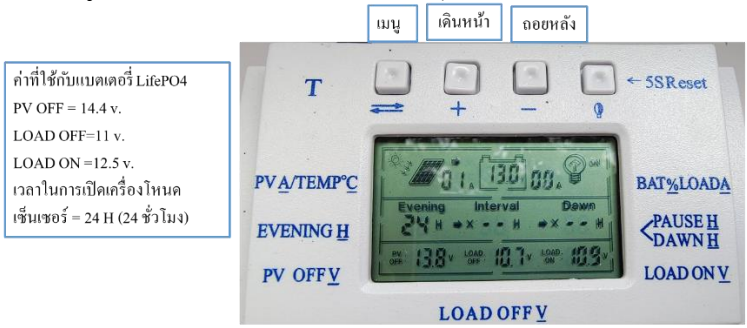
รูปที่ 2.20 การเชื่อมต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยขั้วต่อ MC4

● เมื่อเชื่อมต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับกล่องควบคุมพลังงานแสงอาทิตย์แล้วให้เปิดเซอร์กิตเบรกเกอร์ตัวที่ต่อกับแบตเตอรี่ก่อนแล้วจึงเปิดเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ต่อกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์

- ตั้งค่าในเครื่องควบคุมฯ โดยใช้ปุ่มเมนู ดังรูป




รูปที่ 2.21 การตั้งค่าในเครื่องควบคุมฯ แบบที่ 1




1. กดปุ่มเมนู ค้างไว้จนตัวเลข PV OFF กระพริบ
2. กดปุ่ม + เพื่อเพิ่มค่า PV OFF จาก 13.8 ให้เป็น 14.4 v.
3. กดปุ่มเมนูอีกครั้ง จะเลื่อนไปที่ LOAD OFF เปลี่ยนเป็น 11 v.
4. กดปุ่มเมนูอีกครั้ง จะเลื่อนไปที่ LOAD ON ให้แก้เป็น 12.5 v.
5. รอจนตัวเลขพยุดกระพริบ แสดงว่าตั้งค่าเสร็จเรียบร้อย

รูปที่ 2.22 การตั้งค่าในเครื่องควบคุมฯ แบบที่ 2

- ถ้าการเชื่อมต่อถูกต้องจะสังเกตเห็นว่าหลอดไฟแอลอีดีที่อยู่ในโหนดเซ็นเซอร์และเราเตอร์ 3G/4G จะติดสว่างแสดงว่าระบบทำงานได้อย่างถูกต้อง แต่หากหลอดไฟแอลอีดีไม่ติดแสดงว่ามีปัญหาในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ให้ตรวจสอบการติดตั้งอีกครั้งหนึ่ง

# บทที่ 3
# อุปกรณ์เราเตอร์ 3G/4G

อุปกรณ์เราเตอร์ (Router) 3G/4G เป็นเทคโนโลยีที่ใช้งานอินเทอร์เน็ตในพื้นที่ห่างไกลด้วยการส่งสัญญาณอินเทอร์เน็ตผ่านสัญญาณโทรศัพท์ด้วยคลื่นความถี่ 3G/4G ในงานวิจัยนี้เลือกใช้เราเตอร์ 4G LTE ยี่ห้อ TP-Link รุ่น TL-ML100 เพื่อใช้ในการส่งข้อมูลจากโหนดเซ็นเซอร์ไปยังเครื่องแม่ข่าย ดังรูป

รูปที่ 3.1 อุปกรณ์เราเตอร์ 3G

อุปกรณ์สื่อสารไร้สายนี้สามารถเชื่อมต่ออินเตอร์ได้สูงสุด 32 อุปกรณ์ และใช้อินเทอร์เน็ตความเร็วสูงสุดที่ 150 Mbps โดยการใช้ซิมโทรศัพท์ (Mobile Sim card) การใช้งานซิมโทรศัพท์ต้องลงทะเบียน ตามที่ผู้ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่กำหนด

## 3.1 สถานะการทำงานของอุปกรณ์เราเตอร์ 3G/4G

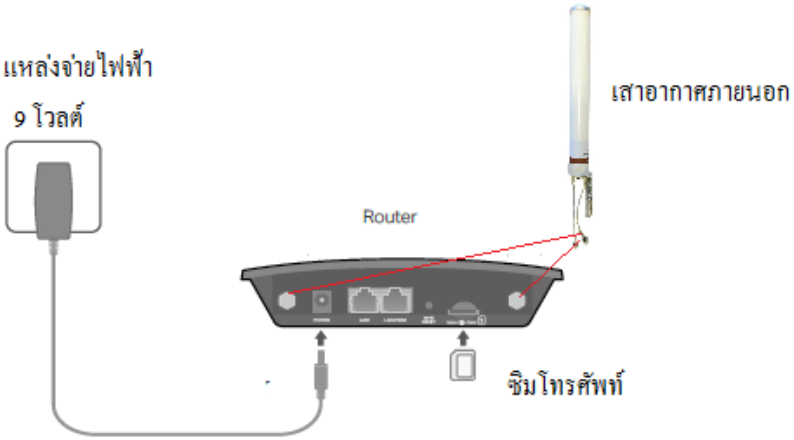
ตารางที่ 3.1 สัญลักษณ์ของสถานการณ์ทำงานของอุปกรณ์เราเตอร์ 3G/4G

| สัญลักษณ์ | สถานะ | รายละเอียด |
|---|---|---|
| (Power) | ติดสว่าง | ระบบได้เริ่มต้นทำงานแล้ว |
| | กระพริบ | ระบบกำลังเริ่มทำงานหรือกำลังอัพเกรดเฟิร์มแวร์ อย่าตัดการเชื่อมต่อหรือปิดเราเตอร์ |

| | ดับ | ปิดเครื่อง |
|---|---|---|
| **สัญลักษณ์** | **สถานะ** | **รายละเอียด** |
| (Internet) | ติดสว่าง | เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตแล้ว |
| | ดับ | ไม่สามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต หรือไม่มีบริการอินเทอร์เน็ต |
| (Wi-Fi) | ติดสว่าง | เปิดใช้งานฟังก์ชันไร้สาย |
| | กระพริบ | กำลังดำเนินการเชื่อมต่อ WPS อาจใช้เวลาประมาณ 2 นาที |
| | ดับ | ฟังก์ชันไร้สายถูกปิดใช้งาน |
| (LAN) | ติดสว่าง | มีอย่างน้อยหนึ่งพอร์ต LAN เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ |
| | ดับ | ไม่มีพอร์ต LAN ที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ |
| (Signal Strength) | ติดสว่าง | แสดงความแรงของสัญญาณ 3G/4G แถบไฟที่สว่างขึ้นแสดงถึงความแรงของสัญญาณที่ดีขึ้น |
| | ดับ | ไม่มีสัญญาณอินเทอร์เน็ต 3G/4G |

**3.2. การเชื่อมต่ออุปกรณ์เราเตอร์ 3G/4G** มีขั้นตอนดังนี้

- ใส่ซิมโทรศัพท์
- ติดตั้งอุปกรณ์เราเตอร์ 3G/4G ลงในตู้กันน้ำ
- ติดตั้งเสาอากาศภายนอกกับอุปกรณ์เราเตอร์
- เชื่อมต่อสายไฟฟ้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดัน 9 โวลต์
- หากการเชื่อมต่อถูกต้องที่หน้าจออุปกรณ์เราเตอร์ 3G/4G จะแสดงสัญลักษณ์ตามตารางที่ 3.1 ในส่วน Power, Internet, Wi-Fi และ Signal Strength ต้องติดสว่าง หากสัญลักษณ์บางตัวไม่ติดต้องหาสาเหตุตามรายละเอียดที่ได้แสดงในตารางที่ 3.1

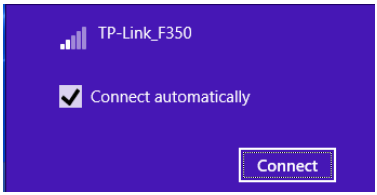



รูปที่ 3.2 การเชื่อมต่ออุปกรณ์เราเตอร์ 3G/4G

รูปที่ 3.3 การเชื่อมต่อเสาอากาศภายนอก
กับอุปกรณ์เราเตอร์ 3G/4G

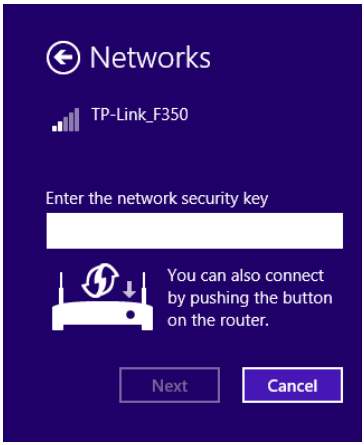
รูปที่ 3.4 เสาอากาศภายนอก

- การทดสอบว่าอุปกรณ์เราเตอร์ 3G/4G สามารถให้บริการอินเทอร์เน็ตโดยการใช้คอมพิวเตอร์ หรือ สมาร์ทโฟน ต่อเชื่อมกับ WiFi ซึ่งจะพบชื่อสัญญาณ WiFi (SSID) TP-Link_F350 จากนั้นให้กด Connect แล้วใส่รหัสผ่านที่ให้มากับเครื่องโดยดูได้จากที่ตัวอุปกรณ์เราเตอร์ 3G/4G ถ้าใส่รหัสผ่านถูกต้องจะแสดงข้อความ Connected




รูปที่ 3.5 ชื่อสัญญาณ WiFi (SSID)

รูปที่ 3.7 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ฯ

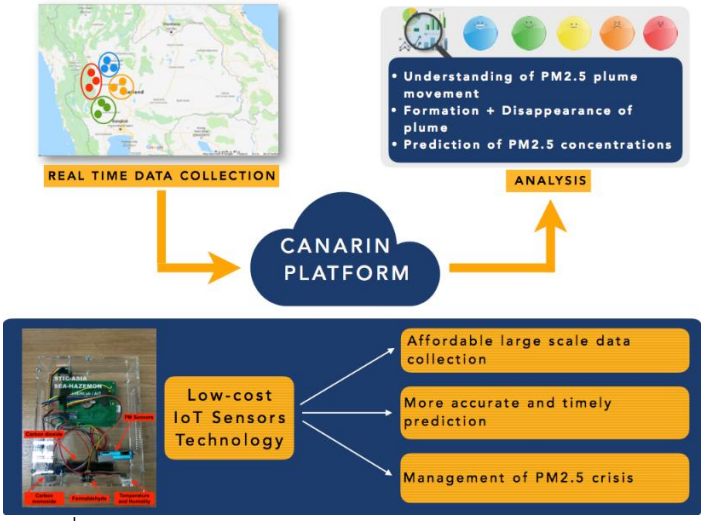



รูปที่ 3.6 การใส่รหัสผ่าน

●ผู้ใช้สามารถใช้เว็บบราวเซอร์ เช่น Google Chrome, Fire fox เพื่อใช้งานเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ ทั้งนี้ความเร็วในการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตนั้นจะขึ้นกับแพ็กเกจที่ซื้อจากผู้ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่

# บทที่ 4
# อุปกรณ์โหนดเซ็นเซอร์

ในงานวิจัยนี้พัฒนาอยู่บนแพลตฟอร์ม CANARIN ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัย Real-Time Haze Monitoring and Forest Fire Detection Information Centric Networks (SEA HAZEMON@TEIN) [7] เป็นโครงการร่วมที่ได้รับทุนสนับสนุนจากสหภาพยุโรปเพื่อจัดหาเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่มีความจุสูงและคุณภาพสูงโดยเฉพาะสำหรับชุมชนการวิจัยและการศึกษาทั่วเอเชียแปซิฟิกและยุโรป โดยโครงการวิจัย SEA HAZEMON@TEIN ได้มีการวิจัยร่วมกันกับหลายประเทศประกอบด้วย ประเทศไทย สาธารณรัฐประชาชนลาว อินโดนิเซีย ฟิลิปปินส์ สำหรับในงานวิจัยนี้มีการติดตั้งอุปกรณ์โหนดเซ็นเซอร์ที่พื้นที่วิจัยเพื่อทำการเก็บข้อมูลคุณภาพอากาศและศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดไฟป่า เพื่อที่จะนำมาวิเคราะห์ตัวแบบเพื่อทำการแจ้งเตือนการเกิดไฟป่าต่อไป

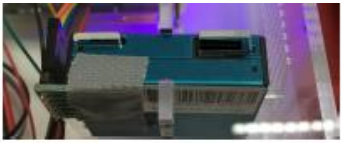



รูปที่ 4.1 แสดงแพลตฟอร์ม CANARIN จาก โครงการวิจัย SEA HAZEMON@TEIN

## 4.1 การติดตั้งอุปกรณ์โหนดเซ็นเซอร์

โดยทำการติดตั้งอุปกรณ์ให้อยู่ในแนวตั้ง เพราะเซ็นเซอร์ที่ใช้ในการตรวจจับจะอยู่บริเวณด้านหน้า และช่องอากาศด้านล่าง

รูปที่ 4.2 อุปกรณ์โหนดเซ็นเซอร์

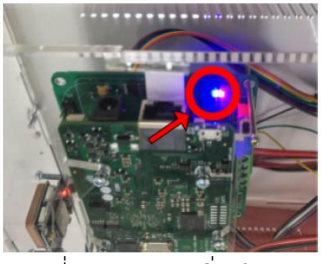


รูปที่ 4.3 ช่องอากาศด้านหน้า

รูปที่ 4.4 ช่องอากาศด้านล่าง

จากนั้นให้เสียบสายไฟจากแหล่งจ่ายไฟแรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์ รอจนไฟแอลอีดี สีน้ำเงินติดสว่าง แสดงว่าอุปกรณ์เริ่มทำงาน

รูปที่ 4.5 ช่องเสียบสาย Power



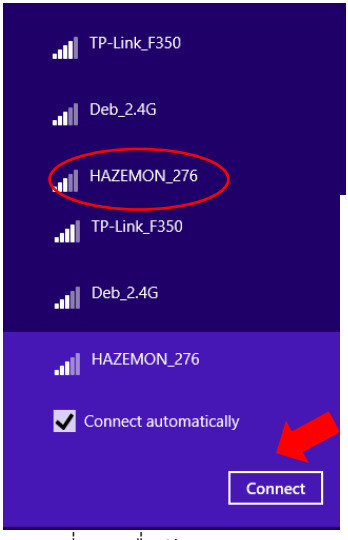
รูปที่ 4.6 สถานะเริ่มทำงาน

## 4.2 การตั้งค่าอุปกรณ์โหนดเซ็นเซอร์

อุปกรณ์โหนดเซ็นเซอร์ทุกเครื่องจะมีหมายเลขทะเบียนอุปกรณ์ ในที่นี้คือหมายเลข 276 ซึ่งจะเป็นชื่อของสัญญาณ WiFi ด้วย

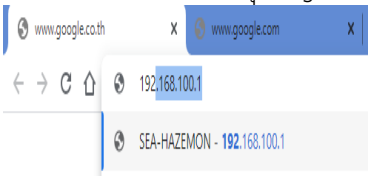
**ขั้นตอนที่ 1** ให้ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ หรือ สมาร์ทโฟน ต่อเชื่อมกับ WiFi ชื่อขึ้นต้นด้วย “HAZEMON_” ตามหมายเลขทะเบียน เช่น HAZEMON_276 ด้วยการกด Connect แล้วใส่รหัสผ่านคือ *interlab*

รูปที่ 4.7 หมายเลขทะเบียน

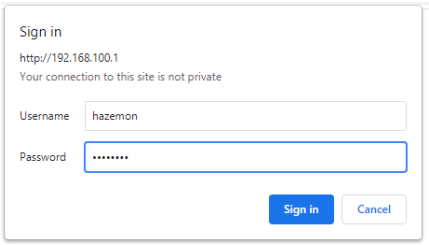



รูปที่ 4.8 ชื่อสัญญาณ WiFi (SSID) ตามหมายเลขทะเบียนอุปกรณ์ฯ

**ขั้นตอนที่ 2** ใช้เว็บบราวเซอร์เปิดไปที่ http://192.168.100.1 จะขึ้นหน้าจอให้ทำการ Sign in ให้พิมพ์ตรงช่อง Username ว่า *hazemon* และ Password คือ *interlab* จากนั้นกดปุ่ม Sign in

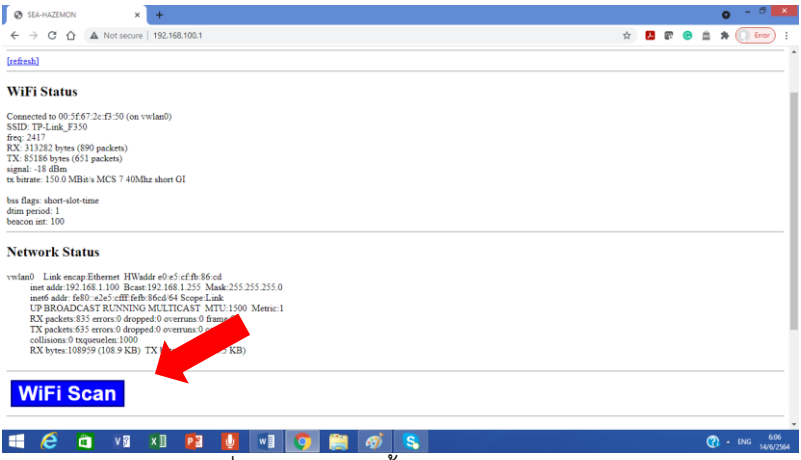



รูปที่ 4.9 เว็บสำหรับตั้งค่าอุปกรณ์ฯ (192.168.100.1)




รูปที่ 4.10 หน้าจอ Sign in

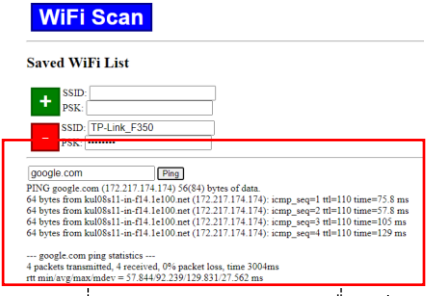
**ขั้นตอนที่ 3** การให้โหนดเซ็นเซอร์เชื่อมต่อ WiFi เพื่อส่งข้อมูลไปยังระบบ โดยเมื่อเข้ามาสู่หน้าจอตั้งค่าแล้ว จะเห็นข้อมูลของอุปกรณ์ฯ จากนั้นให้กดปุ่ม WiFi Scan รอสักครู่จะปรากฏชื่อสัญญาณ WiFi TP-Link_350 ให้กดเลือกที่ชื่อได้เลย ทั้งนี้ต้องทำการติดตั้งและเชื่อมต่ออุปกรณ์เราเตอร์ 3G/4G ตามที่ได้อธิบายไว้ในบทที่ 3 ให้เสร็จเรียบร้อยก่อน




รูปที่ 4.11 หน้าจอตั้งค่าในโหนดเซ็นเซอร์

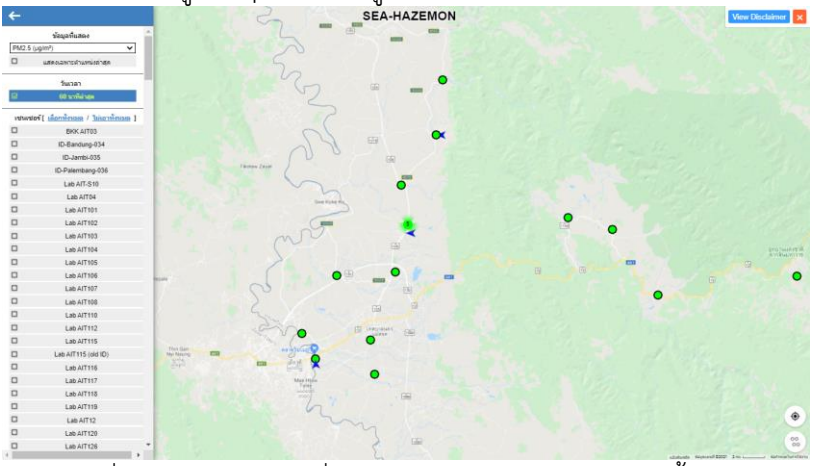
ถ้าอุปกรณ์โหนดเซ็นเซอร์สามารถเชื่อมต่อกับเราเตอร์ 3G/4G ได้จะขึ้นชื่อของสัญญาณ WiFi (TP-Link_F350) ในช่อง Saved WiFi List ทั้งนี้สามารถลบชื่อสัญญาณ WiFi ได้โดยการกดเครื่องหมาย “-“ และสามารถเพิ่มชื่อใหม่ได้โดยการกดเครื่องหมาย “+” ทั้งนี้สามารถทดสอบว่าอุปกรณ์ฯ สามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตได้โดยการกด Ping ในช่อง google.com ถ้าหากเชื่อมต่อได้จะขึ้นหน้าจอแสดงการรับ-ส่งข้อมูลจากอุปกรณ์ฯ ไปยังเว็บ google.com

รูปที่ 4.12 การเลือกชื่อสัญญาณ

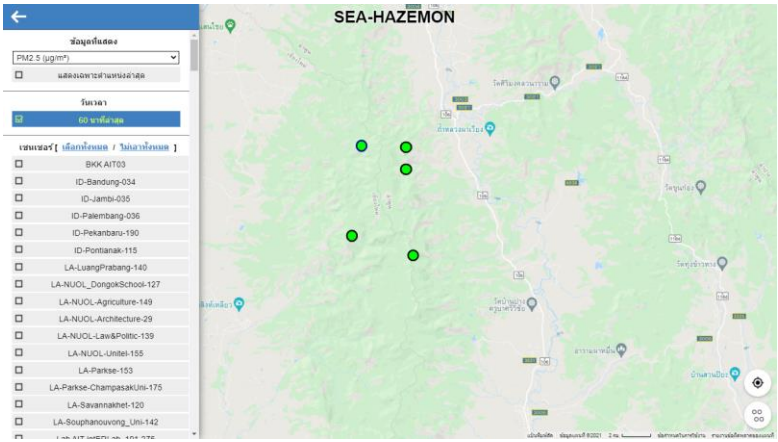



รูปที่ 4.13 การทดสอบการเชื่อมต่อ

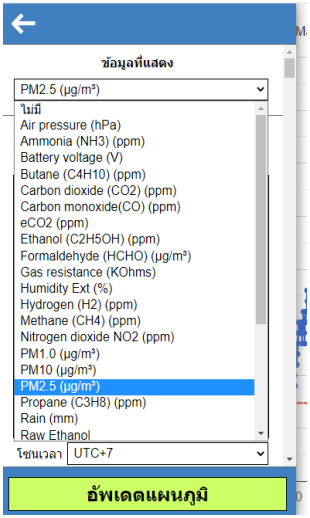
**4.3 การเรียกดูข้อมูลจากโหนดเซ็นเซอร์** เมื่อได้ทำการติดตั้งและตั้งค่าอุปกรณ์ ฯ เรียบร้อยแล้ว สามารถเรียกดูข้อมูลที่ส่งจากโหนดเซ็นเซอร์ได้โดยเข้าไปที่เว็บ https://วัดฝุ่นไทย/v2/map.html ทั้งนี้สามารถเรียกดูข้อมูลคุณภาพอากาศจากโหนดเซ็นเซอร์ที่ได้ทำการติดตั้งไว้โดยเลื่อนแผนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ แล้วกดเลือก ระบบก็จะแสดงค่าต่าง ๆ ที่ตรวจวัดได้ สามารถเลือกช่วงเวลาที่ต้องการได้ ถ้าต้องการดาวน์โหลดข้อมูลเพื่อนำไปใช้วิเคราะห์สามารถเข้าไปที่เมนู ดาวน์โหลด เลือกชนิดของข้อมูล ช่วงเวลาและสถานที่ที่ต้องการ ระบบจะทำการส่งออกข้อมูล (Export) ให้ในรูปแบบของไฟล์ Excel



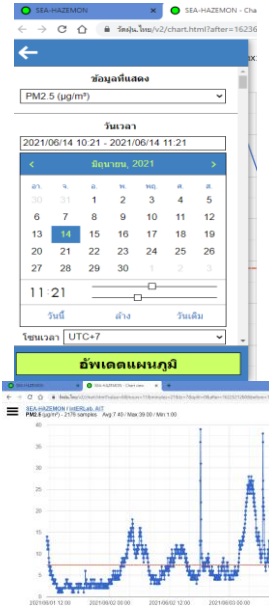

รูปที่ 4.14 เว็บไซต์หลักที่ใช้แสดงข้อมูลจากโหนดเซ็นเซอร์ทั้งหมด



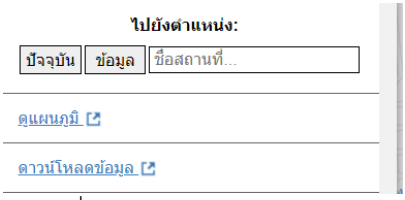

รูปที่ 4.15 เว็บที่แสดงเฉพาะโหนดเซ็นเซอร์ที่เลือก



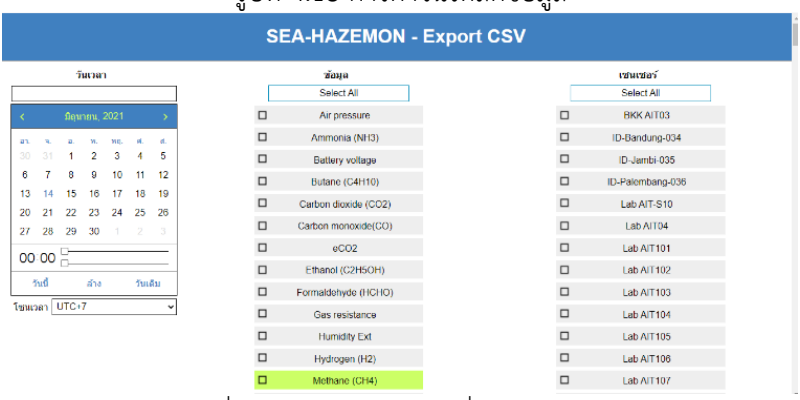

รูปที่ 4.16 การเลือกข้อมูลคุณภาพอากาศ




รูปที่ 4.17 การเลือกช่วงเวลาและแผนภูมิที่แสดงตามช่วงเวลา




รูปที่ 4.18 การดาวน์โหลดข้อมูล




รูปที่ 4.19 การเลือกข้อมูลที่จะดาวน์โหลด

# บทที่ 5
# การติดตั้งระบบ

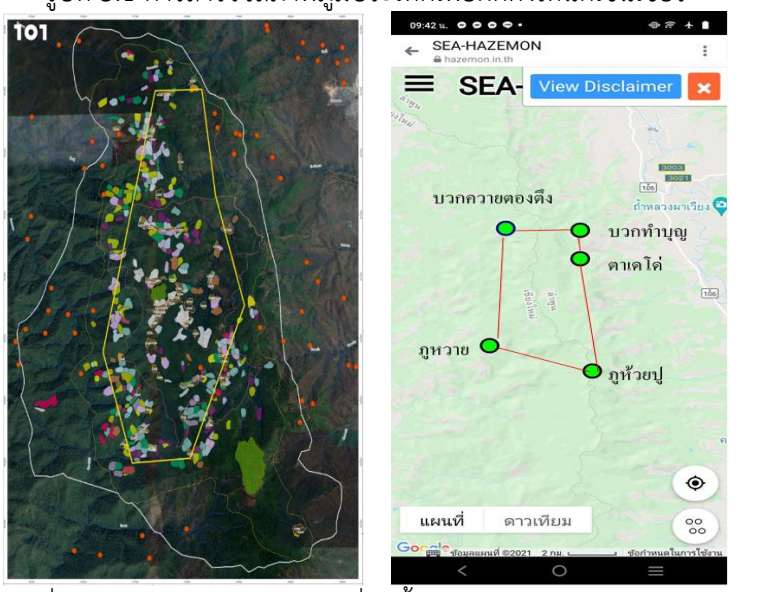
ก่อนที่จะทำการติดตั้งระบบ ต้องมีการสำรวจสภาพภูมิประเทศที่จะใช้ติดตั้งโหนดเซ็นเซอร์ ทั้งนี้ควรประสานงานกับชาวบ้านในพื้นที่และหน่วยงานที่รับผิดชอบในท้องถิ่น และควรขออนุญาตจากผู้นำชุมชนแห่งนั้นก่อนที่จะดำเนินการ เพื่อให้เกิดความมีส่วนร่วมของชุมชน และควรจะสื่อสารกับชุมชนเพื่ออธิบายประโยชน์ที่จะได้รับหลังการติดตั้งโหนดเซ็นเซอร์และสามารถนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับไฟป่า เพื่อเฝ้าระวังและแจ้งเตือนเมื่อเกิดไฟป่า ระบบที่จะติดตั้งสามารถที่จะปกป้องทรัพยากรธรรมชาติ และความเป็นอยู่ของชาวบ้านได้

## 5.1 การสำรวจพื้นที่

หลักการเลือกพื้นที่ในการติดตั้งโหนดเซ็นเซอร์มีดังนี้

1. เป็นจุดห่างไกลจากทางเดินสัญจรปกติของคนในชุมชน ยากต่อการสังเกตเห็นเวลาที่มีไฟป่าไหม้เข้ามาในขอบเขตชุมชน
2. เป็นพื้นที่ที่ชุมชนมีเวลาที่เหมาะสมต่อการเตรียมความพร้อม สำหรับการเข้าไปควบคุมป้องกันไฟป่าไม่ให้ไฟไหม้เข้าไปในแนวกันไฟชั้นใน เมื่อได้รับสัญญาณเตือนจากเครื่องวัดหมอกควัน
3. เป็นบริเวณที่สามารถรับหมอกควันได้รอบทิศทาง
4. เป็นจุดที่มีสัญญาณโทรศัพท์ 3G/4G สะดวกต่อการรับ-ส่งสัญญาณ
5. เป็นพื้นที่โล่งสามารถรับแสงแดดได้ดี
6. ควรห่างจากต้นไม้ใหญ่ เพื่อลดความเสี่ยงต่อการล้มหักทับ
7. เป็นจุดที่สามารถพัฒนาต่อยอดร่วมกับระบบแนวกันไฟ

รูปที่ 5.1 การสำรวจสภาพภูมิประเทศเพื่อติดตั้งโหนดเซ็นเซอร์




รูปที่ 5.2 ตัวอย่างการเลือกสถานที่ติดตั้งโหนดเซ็นเซอร์ตามแนวกันไฟ

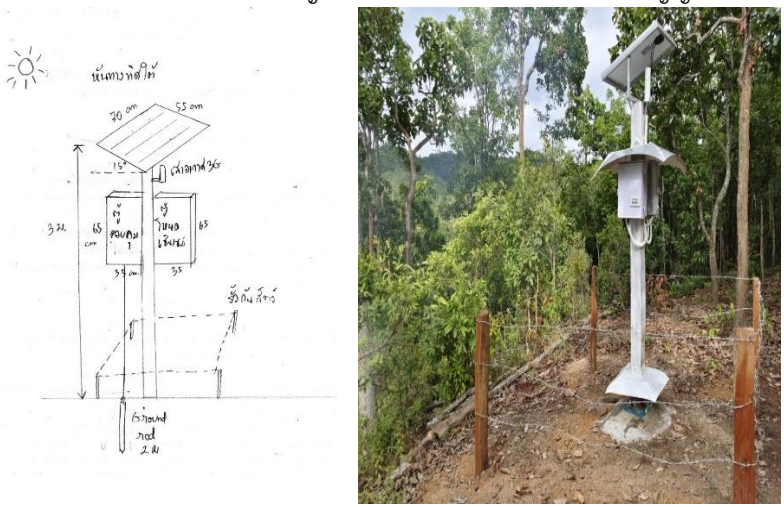
**5.2 การเตรียมพื้นที่**

ขั้นตอนการเตรียมพื้นที่สำหรับการติดตั้งโหนดเซ็นเซอร์มีดังนี้

1. ปรับพื้นที่ให้เรียบ
2. ตัดกิ่งไม้ที่บังแสงแดดออก
3. เลือกใช้วัสดุที่หาได้ง่ายในพื้นที่ เช่น เสาที่ใช้ติดตั้งควรเป็นเสาไม้เนื้อแข็งจากต้นไม้ที่ล้มแล้ว ความสูงประมาณ 2 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 20 ซม.

**5.3 การติดตั้งเสาสัญญาณ**

เนื่องจากอุปกรณ์โหนดเซ็นเซอร์ต้องติดตั้งในป่าซึ่งจะมีปัญหาเรื่องของมดและแมลงที่จะเข้าไปในอุปกรณ์และอาจจะทำให้อุปกรณ์เสียหายได้ ดังนั้นการใช้ภูมิปัญญาชาวบ้านจะสามารถป้องกันได้โดยการหล่อฐานด้วยน้ำมันเครื่องเพื่อป้องกันมด และแผ่นเหล็กบางเพื่อป้องกันสัตว์เลื้อยคลาน รวมทั้งต้องติดตั้งรั้วลวดหนามเพื่อป้องกันสัตว์ใหญ่ เช่น วัว ควาย ที่อาจจะชนเสาสัญญาณ



รูปที่ 5.3 แบบร่างเสาสัญญาณและเสาสัญญาณที่ทำเสร็จแล้ว

เนื่องจากเสาสัญญาณตั้งอยู่ในที่โล่งแจ้งดังนั้นส่วนที่สำคัญก็คือการติดตั้งสายดินโดยการใช้แท่งหลักดินทองแดงความยาว 1-2 เมตรตอกลงไปในพื้นดิน ซึ่งต้องเตรียมท่อร้อยสายที่เสาด้วยเพื่อที่จะเดินสายดินจากแท่งหลักดินไปยังตู้อุปกรณ์และเซอร์กิตเบรกเกอร์ป้องกันฟ้าผ่าตามที่ได้อธิบายในบทที่ 2

รูปที่ 5.4 การเตรียมท่อร้อยสายดินและแท่งหลักดินทองแดง

หล่อฐานเสาสัญญาณ

ถาดใส่น้ำมันเครื่อง

รั้วกันสัตว์

แผ่นเหล็กกันงู

รูปที่ 5.5 ขั้นตอนการติดตั้งเสาสัญญาณ

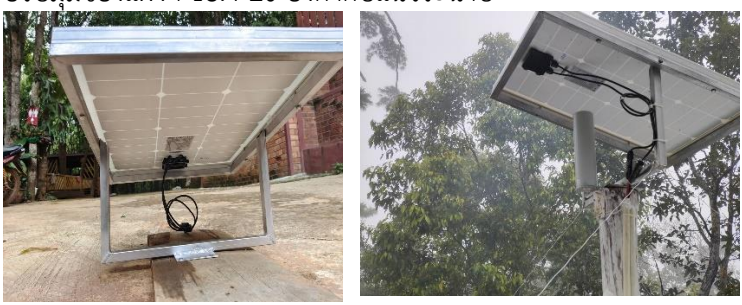
**5.4 การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์**

การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีขั้นตอนดังนี้

1. การทำกรอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยใช้เหล็กกล่องกัลป์วาไนซ์ขนาด 1X1 นิ้ว ตัดเป็นกรอบเท่ากับขนาดของแผงฯ แล้วเจาะยึดให้เรียบร้อย

รูปที่ 5.6 การทำกรอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์

2. ทำขายึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับเสาสัญญาณในรูปแบบที่สามารถปรับเปลี่ยนมุมได้ เพื่อให้สามารถปรับได้ตามสภาพพื้นที่โดยหันแผงฯ ไปทางทิศใต้และปรับมุมของแผงฯ 18.4-20 องศากับแนวระนาบ



รูปที่ 5.7 การทำขายึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์

3. เมื่อยึดแผงฯ เรียบร้อยแล้วให้เชื่อมต่อสายไฟจากแผงฯ ไปยังตู้ควบคุมพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยหัวต่อแบบ MC4 ตามที่ได้กล่าวแล้วในบทที่ 2 และใส่ในท่อร้อยสายไฟและปิดช่องว่างด้วยกาวซิลิโคน

รูปที่ 5.8 การเชื่อมต่อแผงฯกับตู้ควบคุมพลังงานแสงอาทิตย์

**5.5 การติดตั้งระบบ**

ระบบเฝ้าระวังไฟป่าอัจฉริยะประกอบด้วยตู้ควบคุม 2 ตู้ ประกอบด้วยตู้ควบคุมพลังงานแสงอาทิตย์และตู้ควบคุมโหนดเซ็นเซอร์มีขั้นตอนดังนี้

1. ทำการยึดตู้ควบคุมทั้ง 2 ตู้กับเสาสัญญาณด้วยสกรูโดยหันหลังเข้าหากันโดยมีความสูงประมาณ 1.5 ม. เสริมความแข็งแรงของตู้ควบคุมด้วยการใช้เหล็กกล่องกัลวาไนซ์ที่ใช้ทำกรอบแผงโซลาเซลล์มาทำกรอบของตู้

รูปที่ 5.9 การติดตั้งตู้ควบคุมพลังงานแสงอาทิตย์และโหนดเซ็นเซอร์

2. เชื่อมต่อสายไฟจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปยังตู้ควบคุมพลังงานแสงอาทิตย์ (สายไฟสีแดงคือบวกและสีดำคือลบ) ผ่านทางท่อร้อยสาย ก่อนการเชื่อมต่อสายไฟให้ปิดเซอร์กิตเบรกเกอร์ในตู้ทั้งหมดเพื่อป้องกันอุปกรณ์เสียหาย จากนั้นให้ต่อสายดินจากแท่งหลักดินเซอร์กิตเบรกเกอร์ป้องกันฟ้าผ่า (สีส้ม)

รูปที่ 5.10 การเชื่อมต่อสายไฟในตู้ควบคุมพลังงานแสงอาทิตย์

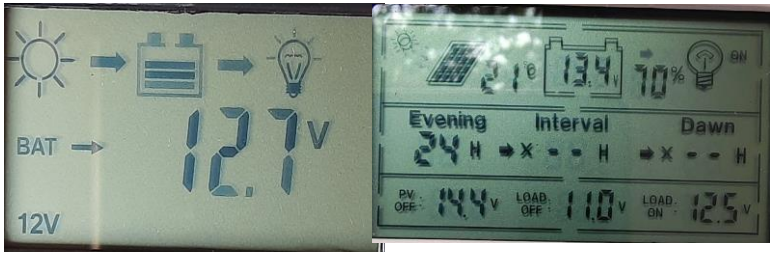
3. เชื่อมต่อสายไฟจากตู้พลังงานแสงอาทิตย์ไปยังตู้ควบคุมโหนดเซ็นเซอร์โดยต้องต่อสายบวกและลบให้ถูกต้อง

รูปที่ 5.11 การเชื่อมต่อสายไฟระหว่างตู้ควบคุม

4. ติดตั้งเสาอากาศภายนอกบนเสาสัญญาณ และเชื่อมต่อสายอากาศไปยังตู้ควบคุมโหนดเซ็นเซอร์โดยต่อกับขั้วของอุปกรณ์เราเตอร์ 3G/4G

รูปที่ 5.12 การเชื่อมต่อเสาอากาศภายนอก

5. ตรวจสอบการเชื่อมต่อสายไฟทั้งหมดอีกครั้ง จากนั้นให้ทำการเปิดเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ต่อกับแบตเตอรี่ในตู้ควบคุมพลังงานแสงอาทิตย์ก่อน จะเห็นว่าหน้าจอของเครื่องควบคุมพลังงานแสงอาทิตย์แสดงผลการทำงาน จากนั้นจึงเปิดเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ต่อกับแผงเซลล์อาทิตย์เป็นลำดับถัดไป หน้าจอของอุปกรณ์ควบคุมจะแสดงลูกศรจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปยังแบตเตอรี่




รูปที่ 5.13 หน้าจอของอุปกรณ์ควบคุมพลังงานแสงอาทิตย์

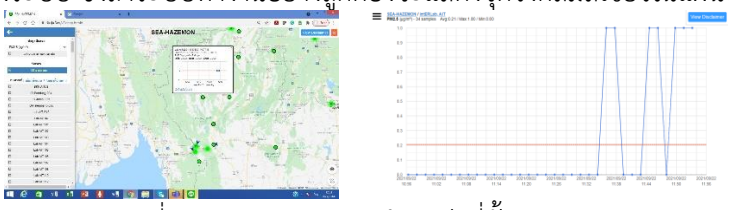
6. ตู้ควบคุมโหนดเซ็นเซอร์จะทำงานโดยอัตโนมัติโดยดูจากไฟแอลอีดีในอุปกรณ์ทั้งหมดติดสว่าง

รูปที่ 5.14 อุปกรณ์โหนดเซ็นเซอร์และเราเตอร์ 3G/4G

**5.6 การทดสอบระบบ**

การทดสอบระบบหลังจากที่ได้ทำการติดตั้งแล้วมีขั้นตอนดังนี้

1. ตรวจสอบตำแหน่งที่ติดตั้ง อุปกรณ์โหนดเซ็นเซอร์มีตัวระบุตำแหน่ง (GPS) ซึ่งจะเชื่อมโยงไปยังแพลตฟอร์ม CANARIN การตรวจสอบจะเข้าไปที่เว็บไซต์ https://วัดฝุ่น.ไทย/v2/map.html แล้วเลื่อนไปยังตำแหน่งในแผนที่ที่ติดตั้งระบบ ซึ่งถ้าระบบทำงานอย่างถูกต้องจะแสดงจุดวงกลมสีเขียวในแผนที่




รูปที่ 5.15 การตรวจสอบตำแหน่งที่ตั้งของระบบ

2. ทดสอบการตรวจวัดคุณภาพอากาศโดยการจุดไฟเผาใบไม้ใกล้กับที่ติดตั้งระบบจากนั้นดูกราฟในแผนที่ ซึ่งจะเห็นว่าปริมาณของฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 จะเพิ่มขึ้นจากปกติและสัญลักษณ์วงกลมจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีแดง

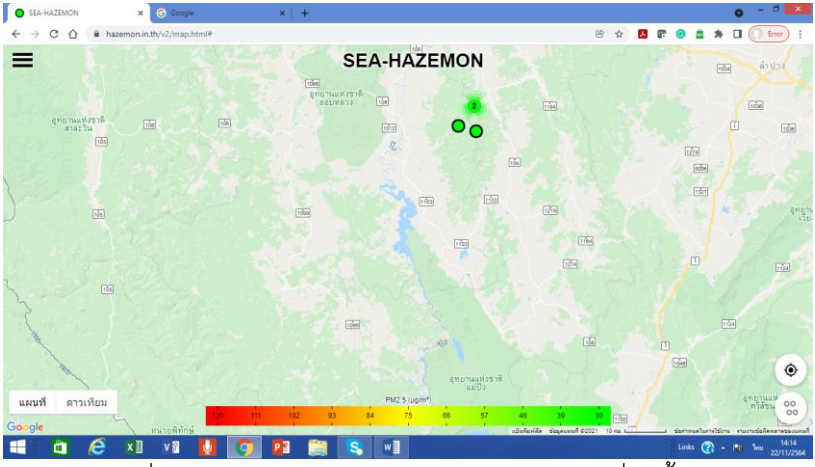
รูปที่ 5.16 การทดสอบการตรวจวัดคุณภาพอากาศ

# บทที่ 6
# การใช้งานระบบ

เมื่อทำการติดตั้งระบบทั้งหมดเรียบร้อย ระบบเฝ้าระวังไฟป่าอัจฉริยะจะทำงานด้วยตัวเองโดยอัตโนมัติโดยมีรายละเอียดการใช้ดังนี้

## 6.1 การใช้สารสนเทศภูมิศาสตร์ วัดฝุ่น.ไทย

ผู้ใช้ต้องใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ หรือ สมาร์ทโฟน ที่เชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต จากนั้นใช้บราวเซอร์ เช่น กูเกิลโครม เข้าไปที่เว็บไซต์ วัดฝุ่น.ไทย หรือ https://hazemon.in.th/v2/map.html หน้าจอของผู้ใช้จะปรากฏแผนที่ขึ้นมา ผู้ใช้สามารถที่จะย่อ หรือขยายแผนที่ได้ จากนั้นเลื่อนตำแหน่งบนแผนที่ไปยังจุดติดตั้งโหนดเซ็นเซอร์ที่ต้องการจะดูข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 6.1 และสังเกตตรงตำแหน่งวงกลมที่ปรากฏ โดยจะมีสัญลักษณ์เป็นสี ซึ่งแสดงถึงค่าฝุ่น PM2.5 ช่วงเวลา 60 นาทีล่าสุด โดยที่สีเขียวหมายถึงคุณภาพอากาศดี (PM2.5 น้อยกว่า 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) สีเหลืองหมายถึงคุณภาพอากาศปานกลาง (PM2.5 51-100 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) และสีส้มถึงสีแดง (PM2.5 มากกว่า101 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) หมายถึงคุณภาพอากาศไม่ดี

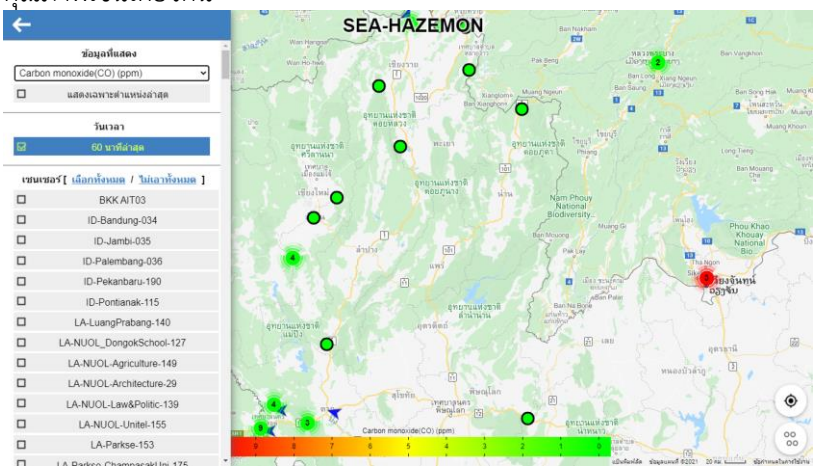



รูปที่ 6.1 แสดงข้อมูล PM2.5 ของโหนดเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งไว้

| สัญลักษณ์ | PM2.5 (มคก./ลบ.ม) | ความหมาย |
|---|---|---|
| | 0-25 | คุณภาพอากาศดีมาก |
| | 26-50 | คุณภาพอากาศดี |
| | 51-100 | ปานกลาง |
| | 101-200 | เริ่มมีผลต่อสุขภาพ |
| | 201 ขึ้นไป | มีผลกระทบต่อสุขภาพ |

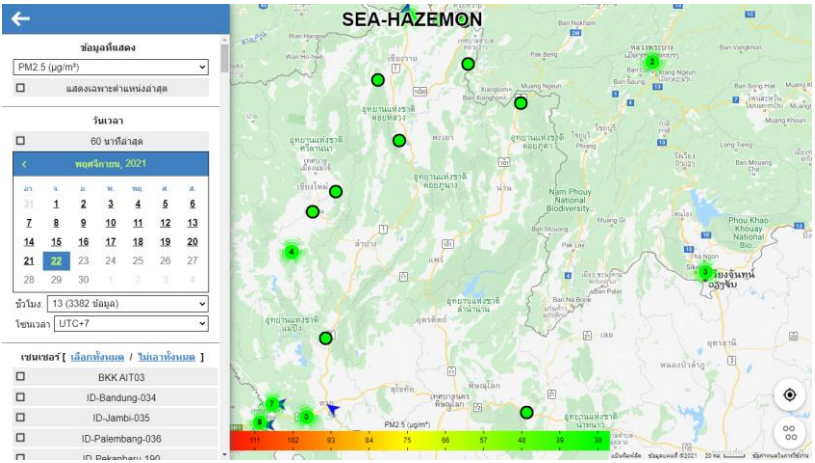
รูปที่ 6.2 เกณฑ์การประเมินคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษ

ผู้ใช้สามารถเลือกดูข้อมูลอื่น ๆ ได้ เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์ โดยเลือกเมนูด้านข้างดังรูปที่ 6.3 แล้วเลื่อนไปยังตำแหน่งที่ต้องการ ซึ่งจะแสดงสีตามเกณฑ์คุณภาพเช่นเดียวกัน

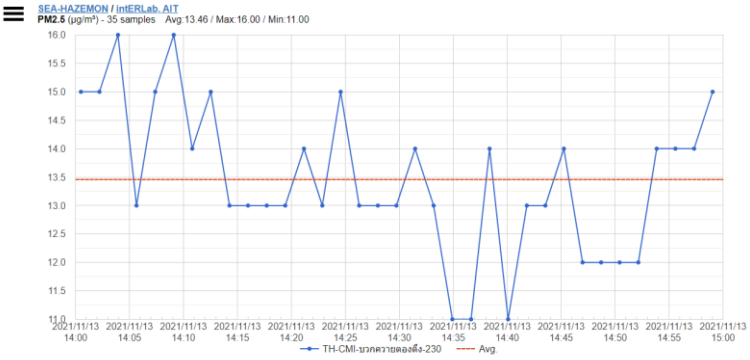



รูปที่ 6.3 เมนูในการเลือกดูข้อมูลคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)

หากต้องการดูข้อมูลย้อนหลังให้กดเมนู แล้วไปที่ วันเวลา เลือกข้อมูลวันที่และเวลาตามที่ต้องการ จากนั้นเลือกโหนดเซ็นเซอร์ และข้อมูลที่ต้องการดังแสดงในรูปที่ 6.4 นอกจากนี้ยังสามารถแสดงเป็นแผนภูมิได้ด้วย ดังรูปที่ 6.5




รูปที่ 6.4 เมนูสำหรับเรียกดูข้อมูลย้อนหลัง




รูปที่ 6.5 แผนภูมิข้อมูลเซ็นเซอร์ตามวัน-เวลา

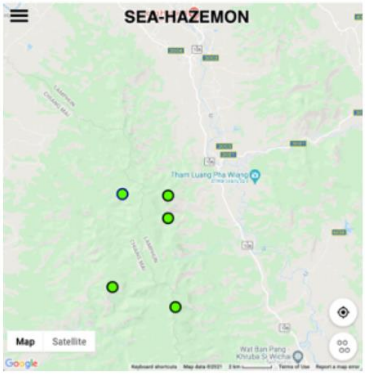
## 6.2 การใช้ระบบเฝ้าระวังไปป่าอัจฉริยะ

ระบบเฝ้าระวังไฟป่าอัจฉริยะถูกออกแบบมาให้ใช้งานง่าย โดยที่ผู้ใช้ไม่จำเป็นที่จะต้องมีความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีมากนัก เพียงแต่มีแค่สมาร์ทโฟนที่เชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตและติดตั้งแอปพลิเคชันไลน์ (Line) ก็สามารถใช้งานระบบนี้ได้แล้ว

เริ่มต้นผู้ใช้ต้องมีบัญชีไลน์ (Line) ส่วนตัวก่อน หากยังไม่มีบัญชีไลน์ให้ทำการสมัครก่อนใช้งานระบบ จากนั้นให้ทำการสแกนคิวอาร์โค้ด หรือเข้าร่วมกลุ่มไลน์ทางการ (Line official account, Line OA) ชื่อ “ระวังไฟป่าบ้านโฮ่ง” ซึ่งจะใช้กับโหนดเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งในโครงการวิจัย บริเวณดอยช้างป่าแป๋ อ.บ้านโฮ่ง จ.ลำพูน เท่านั้น ในกรณีที่ใช้ในพื้นที่อื่นให้สอบถามผู้ประสานงานในพื้นที่อีกครั้ง

**พื้นที่เฝ้าระวัง**

- TH-LPN-ตาเดโด่-215
- TH-LPN-บวกทำบุญ-220
- TH-LPN-ภูห้วยปู-222
- TH-CMI-บวกควายตองตึง-230
- TH-CMI-ม่อนหวาย-276



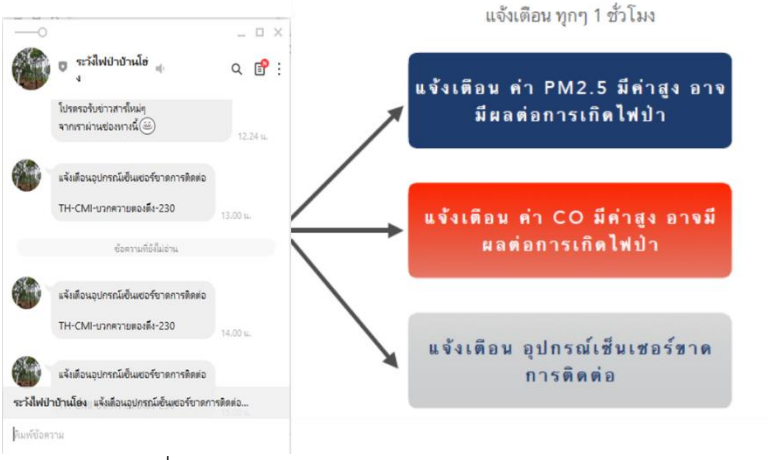

รูปที่ 6.6 ขอบเขตของพื้นที่เฝ้าระวัง ดอยช้างป่าแป๋ อ.บ้านโฮ่ง จ.ลำพูน

รูปที่ 6.7 การเข้าร่วมกลุ่มไลน์บัญชีทางการ (Line OA) “ระวังไฟป่าบ้านโฮ่ง”

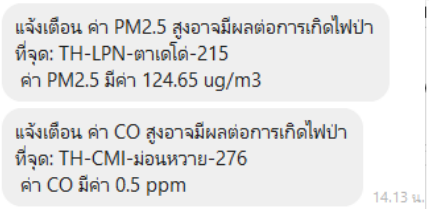
กลุ่มไลน์นี้เป็นลักษณะแสดงผลอย่างเดียวไม่สามารถโต้ตอบได้ สมาชิกในกลุ่มไลน์จะได้รับการแจ้งเตือนใน 2 กรณี ดังรูปที่ 6.8 และ 6.9 คือ

1) เมื่อมีเหตุการณ์ที่อาจจะเกิดไฟป่า โดยพิจารณาจากค่า PM2.5 และคาร์บอนมอนนอกไซด์ซึ่งเกินกว่าเกณฑ์ที่คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาไว้

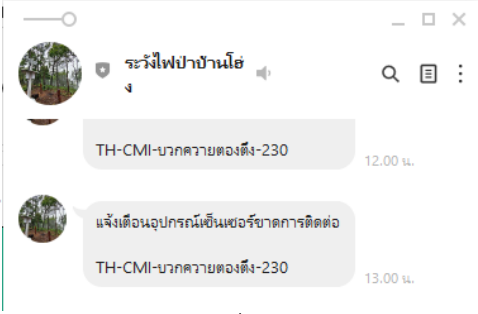
2) เมื่อโหนดเซ็นเซอร์มีปัญหาขัดข้อง




รูปที่ 6.8 การแจ้งเตือนเหตุการณ์ผ่าน Line notify




ข้อความแจ้งเตือนเมื่อมีเหตุการณ์ที่อาจจะเกิดไฟป่า




ข้อความแจ้งเตือนเมื่อโหนดเซ็นเซอร์ขัดข้อง

รูปที่ 6.9 กลุ่มไลน์ “ระวังไฟป่าบ้านโฮ่ง” และข้อความแจ้งเตือน

เมื่อได้รับการแจ้งเตือนในกรณีที่ 1 คือมีเหตุการณ์ที่อาจจะเกิดไฟป่า ให้ดูชื่อของจุดที่แจ้งมาในกลุ่มไลน์ เช่น TH-LPN-ตาเดโด่ ให้เข้าไปที่เว็บไซต์ วัดฝุ่น.ไทย เพื่อเข้าไปตรวจสอบข้อมูลอีกครั้ง ทั้งนี้อาจจะใช้ข้อมูลของโหนดเซ็นเซอร์บริเวณใกล้เคียงประกอบด้วยก็ได้ อนึ่งเกณฑ์ที่คณะผู้วิจัยใช้ในการแจ้งเตือนนี้เป็นข้อมูลของพื้นที่อื่นซึ่งใกล้เคียงกับพื้นที่วิจัย ซึ่งจะต้องมีการวิเคราะห์และกำหนดเกณฑ์ที่เหมาะสมพื้นที่วิจัยอีกครั้งช่วงในที่มีการเกิดไฟป่า

ในกรณีที่ได้รับการแจ้งเตือนในกรณีที่ 2 คือโหนดเซ็นเซอร์มีปัญหาขัดข้องให้แจ้งผู้ประสานงานในพื้นที่ เพื่อทำการตรวจสอบอุปกรณ์ตามที่จะได้อธิบายในการบำรุงรักษาระบบ

# บทที่ 7
# การบำรุงรักษาระบบ

## 7.1 ปัญหาและอุปสรรคและการแก้ไข

เนื่องจากอุปกรณ์ทั้งหมดของระบบต้องติดตั้งกลางแจ้งในป่า ปัญหาที่เกิดขึ้นจะมาจากหลายสาเหตุซึ่งพอจะสรุปได้ดังนี้

| ปัญหาและอุปสรรค | การแก้ไข |
|---|---|
| แบตเตอรี่จ่ายไฟฟ้าให้อุปกรณ์ไม่ได้ทั้ง 24 ชม.เนื่องจากฝนตกหรือท้องฟ้าปิด | ปรับเปลี่ยนชนิดและเพิ่มกำลังไฟฟ้าของแบตเตอรี่ จัดเตรียมแบตเตอรี่สำรอง |
| แสงอาทิตย์ไม่เพียงพอต่อการประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่ | คอยตัดแต่งกิ่งไม้ที่บังแสงแดดและปรับทิศทางของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ |
| แมลงที่เข้าไปอาศัยในตู้ควบคุมซึ่งอาจจะก่อความเสียหายให้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ | อุดรู หรือช่องว่าง ด้วยมุ้งลวดไนลอน |
| สัญญาณอินเทอร์เน็ตขาดหาย | ตรวจสอบและแจ้งผู้ให้บริการ |
| ผู้ใช้ไม่สามารถใช้แอปพลิเคชันได้ | การอบรมผู้ใช้และการทำสื่อการสอน |

แมลงเข้าไปทำรัง

กิ่งไม้บดบังแสงอาทิตย์

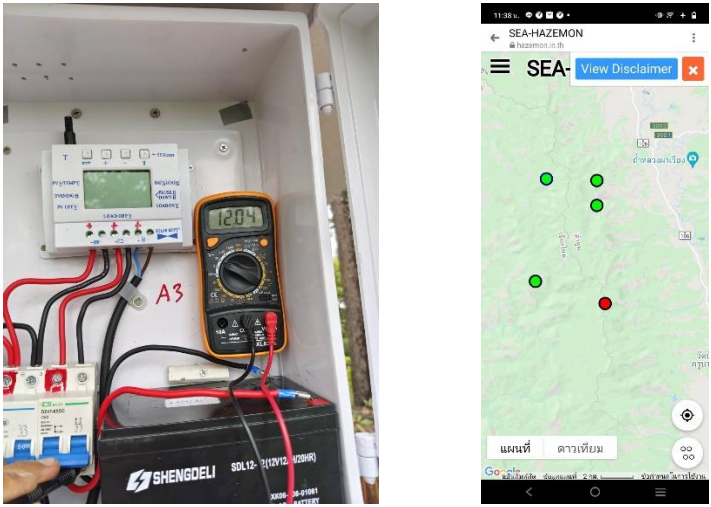
รูปที่ 7.1 ตัวอย่างปัญหาและอุปสรรคของระบบ

**7.2 การบำรุงรักษาระบบ**

อุปกรณ์ทั้งหมดที่ใช้ในระบบถูกออกแบบมาให้สามารถทำงานได้ตลอด 24 ชั่วโมง และต้องการการบำรุงรักษาต่ำ อย่างไรก็ดีในทางปฏิบัติควรมอบหมายให้ตัวแทนชุมชนทำหน้าที่ในการบำรุงรักษา และมีการฝึกอบรมเทคนิคต่างๆที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย

- การตรวจสอบทางกายภาพ โดยพิจารณาสภาพภายนอกของเสาสัญญาณ ตู้ควบคุม หากพบการสึกหรอ หรือเสื่อมสภาพต้องทำการซ่อมแซม เช่น ท่อร้อยสาย สายไฟ หรือ ตู้เสื่อมสภาพ เสาสัญญาณผุ รั้วได้รับความเสียหายเป็นต้น นอกจากนี้ยังต้องหมั่นเติมน้ำมันเครื่องเก่าในถาดใส่น้ำมันเครื่องด้วย
- การบำรุงรักษาอุปกรณ์พลังงานแสงอาทิตย์ โดยการตรวจสอบพลังงานไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ โดยดูจากหน้าจอของอุปกรณ์ควบคุมพลังงานแสงอาทิตย์ โดยปกติแล้วแบตเตอรี่จะมีอายุการใช้งานประมาณ 2-3 ปี ดังนั้นจึงต้องเตรียมจัดหาแบตเตอรี่ใหม่ตามกำหนด ส่วนแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะมีอายุการใช้งานประมาณ 20 ปี ผู้ดูแลระบบจะต้องเรียนรู้การใช้เครื่องมือวัด เช่น มัลติมิเตอร์ เป็นต้น
- การบำรุงรักษาอุปกรณ์โหนดเซ็นเซอร์ ควรเช็ดทำความสะอาดบริเวณช่องสำหรับให้อากาศเข้าเพื่อทำการตรวจวัด หากตันหรือมีสิ่งกีดขวางจะทำให้การตรวจวัดคาดเคลื่อนได้ ภายในอุปกรณ์โหนดเซ็นเซอร์จะมีแบตเตอรี่สำรองซึ่งมีอายุการใช้งานประมาณ 3 ปี ซึ่งจะต้องทำการเปลี่ยนแบตเตอรี่สำรอง
- อุปกรณ์ถูกออกแบบมาให้สามารถทนแดดทนฝนได้ในระดับหนึ่ง แต่ถ้าหากมีพายุฝนฟ้าคะนอง อาจจะต้องเข้าไปตรวจสอบ ทั้งนี้ผู้ดูแลระบบสามารถดูได้จากแอปพลิเคชัน ถ้าหากตำแหน่งที่ติดตั้งโหนดเซ็นเซอร์หายไปหรือมีการแจ้งเตือนมาทางกลุ่มไลน์จากระบบแสดงว่ามีปัญหาเกิดขึ้นต้องเข้าไปตรวจสอบ ณ สถานที่ติดตั้ง
- ในบางกรณีสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G/4G อาจจะมีความแรงของสัญญาณต่ำ ก็เป็นสาเหตุให้อุปกรณ์โหนดเซ็นเซอร์ไม่สามารถส่งข้อมูลไปยัง

ระบบ CANARIN ได้ ซึ่งสามารถตรวจสอบได้จากโทรศัพท์เคลื่อนที่ของผู้ดูแลระบบ




รูปที่ 6.1 เครื่องมือที่ใช้ตรวจสอบระบบ

**เอกสารอ้างอิง**


1. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. คู่มือการจัดการไฟป่า. [ออนไลน์]. 2562 แหล่งที่มา http://innovation.forest.ku.ac.th. [1 มิถุนายน 2564].
2. Asi@Connect. Real-time Haze Monitoring & Forest Fire Detection Information Centric Networks (SEA HAZEMON@TEIN) [Online]. Available http://tein.asia. [2021, January,10].
3. CC Solar. โซล่าเซลล์ (Solar Cell) คืออะไร ? [ออนไลน์]. 2563 แหล่งที่มา http://www.ccsolar-thai.com/ReadArticle.aspx. [1 พฤษภาคม 2564].
4. Devkar, Vishal & Ware, Vaibhav & Dungahu, Ganesh & Tekale, Anil. Hybrid Power Generation By Using Solar & Vertical Axis Wind Turbine. Conference: International Conference on Innovation & Research in Engineering, Science & Technology (ICIREST-19), Nagpur, 2019.
5. Interlab [2020]. The Low-cost Real-time Monitoring of Haze Air Quality Disasters in Rural Communities in Thailand and Southeast Asia (SEA-HAZEMON). online: https://interlab.ait.ac.th /HAZEMON/.
6. Solar cell Thailand96. การออกแบบคำนวณโซลาเซลล์ [ออนไลน์]. 2556 แหล่งที่มา https://solarcellthailand96.com/design-calculator /easy-formula/ [1 พฤษภาคม 2564].
7. TEIN Cooperation Center [2020]. Real-time Haze Monitoring & Forest Fire Detection Information. Centric Networks (SEA HAZEMON@TEIN). Online: http://tein.asia.
8. Thongchai Kanabkaew, Preechai Mekbungwan, Sunee Raksakietisak and Kanchana Kanchanasut. Detection of PM2.5

plume movement from IoT ground level monitoring data. Journal of Environmental Pollution 252 (2019) pp. 543-552.

9. Veerachai Tanpipat, Mark Parrington, Kobsak Wanthongchai and Prayoonyong Nhuchaiya.Carbon and CO2 Emissions from Active Fires Detected by MODIS during January-Aprilfrom 2003-2018 for Upper ASEAN and Thailand by CAMS-ECMWF.
10. Veerachai Tanpipat. Forest Fire Monitoring and Surveillance with Alternative Technologies, SEA-HAZEMON@TEIN Virtual Workshop on Data Analytics of IoT Sensors for Air Quality Monitoring 27-28 May 2021

ภาควิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์
เลขที่ 6 ถนนราชมรรคาใน ต.พระปฐมเจดีย์
อ.เมือง จังหวัดนครปฐม 73000
โทร 0-3424-5334-5, 0-3427-2923