

## การจับกลุ่มจุดความร้อนจากข้อมูลดาวเทียมในภาคเหนือประเทศไทย Satellite Active Fire Clustering in Northern Thailand

ณัฐนันท์ เปรมปรี สรรเพชญ์ ชื่อนิติไพศาล และ กรวิก ตันภษรณนธ์\*

ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร

\*Corresponding author; E-mail address: garavig.t@chula.ac.th

### บทคัดย่อ

การเผาในที่โล่งเป็นหนึ่งในสาเหตุสำคัญของปัญหาหมอกควันในประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคเหนือ ส่งผลต่อสุขภาพเป็นอย่างมาก การเผาในที่โล่งนั้นส่วนใหญ่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ทั้งในพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ป่า จึงมีการกำหนดนโยบายห้ามเผา อย่างไรก็ตามการลักลอบเผาอยู่ตลอด ทำให้ต้องทำการติดตามและแก้ปัญหาการลักลอบเผาต่อไป ซึ่งดาวเทียมเป็นแหล่งข้อมูลที่มีคุณภาพ เนื่องจากสามารถใช้ในการติดตามไฟได้แม้กระทั่งในบริเวณที่เข้าถึงได้ยาก อย่างไรก็ตาม ข้อมูลจากดาวเทียมแสดงจุดความร้อนในรูปแบบจุดไม่ต่อเนื่อง ทำให้ไม่สามารถประเมินขอบเขตพื้นที่เผาไหม้และขอบเขตของพื้นที่ที่มีการลุกลามทั้งหมดได้ งานวิจัยนี้ทำการจับกลุ่มจุดความร้อนจากดาวเทียม จากนั้นสร้างรูปปิดล้อมรอบกลุ่มจุดความร้อนเพื่อแสดงพื้นที่ที่มีการเผาไหม้ทั้งหมดและสรุปลักษณะของกลุ่มจุดความร้อนที่น่าสนใจ ในช่วงปี 2020-2024 โดยใช้เทคนิคดีบีเอสแกน (DBSCAN) ซึ่งเป็นเทคนิคการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน เพื่อจับกลุ่มจุดความร้อนที่อยู่ติดกันเข้าด้วยกัน และใช้เทคนิคคอนเคฟฮัลล์ (concave hull) และบัฟเฟอร์ (buffer) เพื่อสร้างรูปปิดล้อมรอบกลุ่มจุดความร้อนแสดงขอบเขตของไฟเพื่อใช้ในการวิเคราะห์พื้นที่ จากการวิเคราะห์ในพื้นที่ภาคเหนือพบว่า กลุ่มจุดความร้อนในแต่ละวันมีขนาดพื้นที่เฉลี่ยต่อปีตั้งแต่ 1.664-3.223 ตารางกิโลเมตร ส่วนใหญ่ขอบเขตของไฟมีการขยายตัวอย่างต่อเนื่องภายในระยะเวลา 10 วัน และกองไฟที่ลุกลามหลายวันโดยส่วนมากมีพื้นที่ไม่ถึง 10 ตารางกิโลเมตร โดยส่วนใหญ่จะเกิดในพื้นที่ป่าสงวนและอุทยานแห่งชาติ ส่วนการเผาในไร่และนาเป็นส่วนน้อย ลักษณะของกลุ่มจุดความร้อนสามารถนำไปใช้ในการพัฒนาระบบการพยากรณ์การลุกลามของกลุ่มจุดความร้อนต่อไป

คำสำคัญ: จุดความร้อน, ไฟป่า, การจับกลุ่ม, ขอบเขตไฟ

### Abstract

Open burning is a primary cause of the haze problem in Thailand, particularly in the northern region, posing significant health risks. These fires are largely anthropogenic, originating from both agricultural and forested areas. Despite policies prohibiting burning, illegal burning continues to occur, necessitating ongoing monitoring and mitigation efforts. Satellites provide a valuable

data source, enabling the tracking of fires even in remote areas. However, the point-based nature of satellite hotspot data, rather than a continuous surface, limits our ability to estimate both the total burned area and the complete boundary of fire spread. This research clustered satellite-detected active hot spots and created polygons around the clusters to represent burning areas. Characteristics of these clusters between 2020 and 2024 were then analysed. Using an unsupervised machine learning technique known as Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise (DBSCAN), adjacent hot spots were grouped. Concave hulls and buffers were then employed to create polygons around these clusters representing fire perimeters for further analysis. Analysis of the northern region revealed that most fire perimeters in one day has a yearly average area between 1.664 and 3.223 square kilometers. The fire clusters expanded continuously over periods of less than 10 days, and spread covered up to less than 10 square kilometers. The majority occur in protected forest areas and national parks, while burning in fields and rice paddies is rare. The characteristics of these hot spot clusters can be used to develop a forecasting system for predicting the spread of wildfires.

Keywords: hotspots, forest fires, clusters, fire perimeter

### 1. คำนำ

การเผาชีวมวลที่ไม่มีการควบคุมที่เกิดจากการเผาวัสดุทางการเกษตรและไฟป่าเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศในบริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และทางใต้ของประเทศไทย [1, 2] ส่งผลเสียต่อระบบนิเวศโดยรวม และทำให้เกิดปัญหาสุขภาพในพื้นที่เพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก [3-5] ทั้งโรคทางเดินหายใจ [6, 7] โรคหัวใจ [8] และเพิ่มความเสี่ยงในการเป็นมะเร็ง [9] โดยปัญหาหมอกควันในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้นี้มักจะมีมวลรุนแรงมากขึ้นในช่วงเดือนธันวาคมถึงพฤษภาคม [10] ที่มีอากาศแห้งแล้งเหมาะกับการเผา และมีสภาวะอากาศปิด [11] และจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพมากขึ้นในช่วงปีที่เกิดปรากฏการณ์เปลี่ยนผ่านจากปรากฏการณ์ลานีญาเป็น

เอลนีโญ [12] โดยมีค่าเฉลี่ยของ pm 2.5 มากกว่า 70 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ในส่วนของภาคเหนือของประเทศไทยนั้น ไฟป่าที่ไม่มีการควบคุมที่กินบริเวณกว้างเป็นหนึ่งในสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดปัญหาหมอกควัน [13-15] ไฟป่านั้นมักอยู่ในบริเวณที่เป็นป่าผลัดใบที่มีระดับความสูงจากน้ำทะเลมาก [16] ทำให้ยากที่จะเข้าถึง การควบคุมไฟจึงยากลำบาก รวมทั้งสาเหตุของการเผายังไม่แน่ชัด ดังนั้นจึงต้องมีการติดตามการเผา เพื่อใช้ในการควบคุมไฟและจัดการไฟเพื่อลดการเผาในระยะยาว ที่ผ่านมามีความพยายามในการติดตามไฟป่าโดยภาคพื้นดิน ซึ่งมีข้อจำกัดในเรื่องของสภาพภูมิประเทศและแรงงานคน รวมถึงมีปัญหาในเรื่องความปลอดภัยของเจ้าหน้าที่ การติดตามด้วยดาวเทียมจึงเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพมากกว่า เนื่องจากมีข้อจำกัดในการเข้าถึงพื้นที่น้อย สามารถติดตามการเผาได้ทั่วถึง แม้จะเป็นพื้นที่ที่เข้าถึงยาก

การติดตามการเผาด้วยดาวเทียมมี 2 แบบหลัก ๆ คือการติดตามรอยไหม้ [17, 18] ซึ่งเป็นการดูค่าการสะท้อนที่เปลี่ยนแปลงไปของพื้นที่เมื่อมีการเผาเกิดขึ้น ทำให้เห็นพื้นที่ทั้งหมดได้รับผลกระทบที่เปลี่ยนแปลงไป ดาวเทียมที่ติดตามรอยไหม้มีรอบการบินผ่านประเทศไทยหลายวัน จึงไม่สามารถติดตามแบบเรียลไทม์ได้ อีกวิธีหนึ่งคือการใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับความร้อน วิธีนี้เป็นการตรวจจับบริเวณที่มีอุณหภูมิที่ผิดปกติจากบริเวณใกล้เคียง และแสดงอยู่ในรูปแบบจุดความร้อน (active fire) วิธีนี้สามารถใช้ในการตรวจจับการลุกลามของไฟได้แบบวันต่อวัน ทำให้เห็นกระบวนการการลุกลามของไฟได้อย่างต่อเนื่อง และสามารถจัดการไฟได้แบบทันทีทั่วทั้งพื้นที่ การนี้ทำให้ทราบรูปแบบการลุกลาม ทั้งทิศทางและพื้นที่กระจายตัวของไฟ ช่วยให้เจ้าหน้าที่ที่อยู่หน้างานสามารถประเมินทิศทางของการลุกลามได้

ข้อมูลจุดความร้อน (active fire) ในส่วนของพื้นที่เอเชียตะวันออกเฉียงใต้นั้นมาจากระบบดาวเทียม 2 แบบ แบบแรกเรียกว่าระบบ Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) ซึ่งมีความละเอียดประมาณ 1 ตารางกิโลเมตร ต่อ 1 พิกเซล ที่อยู่บนดาวเทียม Terra และ Aqua และระบบที่ใหม่กว่าที่เรียกว่าระบบ Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) บนดาวเทียม Suomi NPP และ บนดาวเทียม NOAA-20 มีความละเอียดเพียง 375x375 ตารางเมตร ต่อ 1 พิกเซล และถ่ายภาพถึง 2 ครั้ง ต่อวัน [19] ข้อมูลจากทั้งสองระบบสามารถเรียกดูข้อมูลในปัจจุบันและข้อมูลย้อนหลังบนแผนที่ได้ผ่านเว็บไซต์ NASA FIRMS [20] เนื่องจากระบบ VIIRS ความละเอียดที่มากขึ้นและถ่ายด้วยความถี่ที่มากขึ้น ทำให้สามารถติดตามการลุกลามของไฟได้ดียิ่งขึ้น หากนำข้อมูลจุดความร้อนมาเรียงต่อกันตามช่วงเวลาจะเห็นรูปแบบการลุกลามของไฟเชิงพื้นที่ ในเรื่องของทิศทางการกระจาย และพื้นที่ที่ไฟลุกลาม สามารถนำข้อมูลไปใช้ในการจัดการไฟต่อไปได้

เนื่องจากข้อมูลจุดความร้อน (active fire) นั้น มีการเผยแพร่ในลักษณะเป็นจุดกลางของพิกเซลที่มีการตรวจจับความร้อน ซึ่งไฟป่าที่มีการลุกลามเป็นบริเวณกว้างมักจะกินพื้นที่ไปหลายพิกเซล และยังมี การลุกลามไปยังบริเวณอื่นอย่างต่อเนื่องหลายวัน การประเมินพื้นที่รวมจึงต้องทำการรวมพิกเซลที่เป็นเหตุการณ์เดียวกันเข้าด้วยกัน แล้วสร้างเป็นขอบเขตพื้นที่ของไฟ เพื่อให้ทราบถึงขนาดของไฟ แล้วทำการศึกษาลักษณะเชิงพื้นที่และ

ทิศทางของการลุกลามของไฟต่อไป ซึ่งในประเทศไทยยังไม่มี การวิเคราะห์พื้นที่ที่กำลังมีการเผาไหม้ด้วยข้อมูลจากดาวเทียม และยังไม่มีการวิเคราะห์ลักษณะการลุกลาม งานวิจัยนี้เป็นการสร้างระบบที่ใช้ในการวิเคราะห์ขอบเขตพื้นที่ของไฟ โดยการวิเคราะห์รวมกลุ่มจุดความร้อนที่อยู่ในเหตุการณ์เดียวกันด้วยวิธีดีบีแอสแกน DBSCAN จากนั้นวาดรูปปิดล้อมรอบจุดพิกเซลที่แสดงจุดความร้อนแบบอัตโนมัติโดยวิธีคอนเคฟ ฮัลล์ (Concave Hull) และมีการปรับแก้พื้นที่ด้วย buffer เพื่อให้พื้นที่ครอบคลุมพื้นที่พิกเซลมากยิ่งขึ้น ผลรูปปิดล้อมรอบในหลาย ๆ ช่วงเวลาจะถูกนำมาแสดงพร้อมข้อมูลจุดความร้อนเพื่อแสดงให้เห็นว่ารูปปิดสามารถแสดงการลุกลามได้อย่างไร

## 2. ทบทวนวรรณกรรม

ในการวิเคราะห์พฤติกรรมจุดความร้อนโดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียมนั้น จะเป็นการจัดกลุ่มจุดความร้อนที่อยู่ใกล้เคียงกัน แล้วทำการศึกษาลักษณะต่าง ๆ ของกลุ่มจุดความร้อน เช่นจำนวนจุด การลุกลาม ทิศทางการลุกลาม เป็นต้น Mupfiga et al. [21] วิเคราะห์ข้อมูลจุดความร้อนจากดาวเทียมจากระบบ MODIS โดยใช้ Getis-Ord (Gi\*) โดยการวิเคราะห์นี้เป็นการแบ่งจุดความร้อนออกเป็นบริเวณจุดความร้อนที่มี Fire Radiative Power (FRP) สูง (hot spot) แตกต่างจากบริเวณอื่น ๆ โดยรอบ และจุดความร้อนที่มีค่า FRP ต่ำจากบริเวณอื่น ๆ โดยรอบ (cold spot) และวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างค่า FRP กับตัวแปรทางภูมิประเทศ ได้แก่ความชัน (slope) ทิศทางความชัน (aspect) และความสูง (elevation) Wan et al. [22] ศึกษาการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ของจุดความร้อนจากดาวเทียมระบบ MODIS ในช่วงระหว่างปี 2001-2020 บริเวณอัฟริกาและมาดากัสการ์ โดยดูการเปลี่ยนแปลงรายเดือนและรายปี โดยใช้ mean center และ standard deviational ellipses และวิเคราะห์แบบ Emerging Hot Spot Analysis (ESRI) เพื่อดูจุดความร้อนที่เกิดขึ้นในรูปแบบต่างๆ โดยการสร้าง space-time cube จากข้อมูลที่มีอยู่ Dong et al. [23] วิเคราะห์จุดความร้อนจากระบบ VIIRS ในช่วงเวลา 10 ปี โดยการจับกลุ่มจุดความร้อนที่อยู่ใกล้กัน และเกิดในช่วงเวลาใกล้เคียงกัน จากนั้นทำการวิเคราะห์หาจุดต้นตอ และจุดปลายของการลุกลาม แล้วทำการสร้างเวกเตอร์แสดงทิศทางกระจายและความเร็วของการกระจายของไฟป่า Cardil et al. [24] วิเคราะห์อัตราการกระจาย (กิโลเมตรต่อชั่วโมง) ของจุดความร้อนจากระบบ VIIRS โดยใช้ grid-growing clustering algorithm ในการจับกลุ่มจุดความร้อน จากนั้นสร้าง Delaunay Triangulation จากจุดของแต่ละกลุ่ม เพื่อสร้างขอบเขตกลุ่ม แล้วทำการเปรียบเทียบการขยายขอบเขตในแต่ละเวลา จากการวิเคราะห์พบว่าอัตราการกระจายของไฟขึ้นอยู่กับช่วงเวลาที่มีไฟและประเภทของสิ่งปกคลุมพื้นที่ (land cover) Dastour [25] และ Bhuian et al. [26] ใช้การจับกลุ่มเพื่อหาพื้นที่ไฟจากดาวเทียม VIIRS Chen, et al. [27] วิเคราะห์การกระจายของจุดความร้อนในรัฐแคลิฟอร์เนียโดยการจับกลุ่มและวิเคราะห์เชิงเวลา โดยมีการตั้งค่าในอัลกอริทึมโดยการคำนึงถึงพฤติกรรมของไฟ เช่น การตั้งให้ค่าบัฟเฟอร์เป็น 5 กิโลเมตรสำหรับในป่า และ 1 กิโลเมตรสำหรับไฟประเภทอื่น ๆ และมีการเปรียบเทียบความแม่นยำในด้านของขอบเขตพื้นที่กับข้อมูลจาก Fire

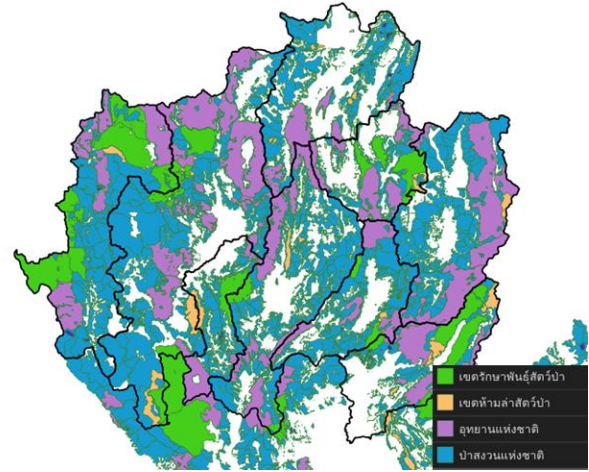
and Resource Assessment Program (FRAP) งานวิจัย [25-27] นี้มีความใกล้เคียงกับงานวิจัยนี้ แต่ขอบเขตงานวิจัยดังกล่าว มีขอบเขตงานวิจัยอยู่เฉพาะในสหรัฐอเมริกาและแคนาดาซึ่งมีลักษณะไฟฟ้าแตกต่างจากของประเทศไทยเป็นอย่างมากเนื่องจากลักษณะพืชพรรณและภูมิอากาศ ทำให้ต้องมีการทดสอบในประเทศไทยเพื่อปรับตัวแปรของอัลกอริทึมให้เหมาะสมและปรับข้อมูลนำเข้าให้เหมาะสมกับข้อมูลที่มีอยู่ของประเทศไทย

ในประเทศไทยมีการใช้งานข้อมูลจาก VIIRS และศึกษาความแม่นยำของจุดความร้อน Khanpanya, et al. [28] วิเคราะห์จุดความร้อนจากระบบ VIIRS เพื่อหาจุดความร้อนที่ไม่ได้เกิดจากไฟ (false alarm) โดยใช้เทคนิค Scan Statistics และจับกลุ่มจุดความร้อนด้วยเทคนิค DBSCAN ในช่วงวันที่ 1-11 มีนาคม 2021 โดยไม่ได้รายงานขนาดพื้นที่และการกระจายตัวของจุดความร้อน และจากงานวิจัยของชัชชญา บัวเนียม และคณะ [29] มีการจับกลุ่มจุดความร้อนเพื่อหาขอบเขตของไฟฟ้า (fire perimeter) โดยใช้เทคนิค DBSCAN แล้วทำการเปรียบเทียบกับรอยเผาไหม้ที่วิเคราะห์จากดาวเทียม Sentinel-2 จากนั้นนำขอบเขตของไฟฟ้าไปวิเคราะห์หัตถ์กำเนิด ความเร็ว และทิศทางของการลุกลามของไฟฟ้า โดยความเร็วและทิศทางของไฟฟ้าได้จากการเปรียบเทียบจากดาวเทียม Suomi-NPP และดาวเทียม NOAA-20 ซึ่งมีการถ่ายภาพห่างกันเป็นเวลาประมาณ 51 นาที จากการวิเคราะห์พบว่าการจับกลุ่มจุดความร้อนมีการซ้อนทับกับรอยเผาไหม้ถึง 76.72 เปอร์เซ็นต์ และพื้นที่เกษตรถึง 44.35 เปอร์เซ็นต์ รวมทั้งในงานวิจัยของชัชชญา บัวเนียม และคณะ [29] ยังได้มีการทดลองเผาเพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อความเร็วในการลุกลามของไฟ ได้แก่ ความเร็วลม อุณหภูมิและความชื้นของอากาศก่อนการเผา ความลาดชัน ความชื้นและอุณหภูมิของเชื้อเพลิง บนพื้นที่ป่าแยกตามประเภทป่า และพื้นที่เกษตรในเขตป่า พบค่าความสัมพันธ์สูงสุด 0.511 โดยมีเพียงความเร็วลมและความลาดชันที่ส่งผลกับความเร็วในการลุกลามของไฟ โดยข้อมูลที่น่ามาสร้างแบบจำลองเป็นข้อมูลจากการเผาจริงทั้งหมด ไม่ใช่จากดาวเทียม

### 3. ขอบเขตการศึกษา

#### 3.1 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา

ถึงแม้ว่าขั้นตอนการทำงานจะสามารถใช้ได้กับพื้นที่ทั้งประเทศ แต่พื้นที่ที่ทำการตรวจสอบและรายงานในงานวิจัยฉบับนี้จะเป็นบริเวณภาคเหนือของประเทศไทย ครอบคลุม 9 จังหวัดได้แก่ เชียงราย เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน แพร่ น่าน ลำพูน ลำปาง พะเยา และ อุดรดิตถ์ เนื่องจากเป็นบริเวณที่เกิดไฟป่ามากที่สุดในประเทศ บริเวณภาคเหนือของประเทศไทยนั้นส่วนใหญ่เป็นเทือกเขา และป่า ซึ่งเป็นบริเวณป่าสงวน มีความสูงเหนือระดับน้ำทะเลเฉลี่ย 605 เมตร ภูมิอากาศเป็นแบบทุ่งหญ้าสะวันนา มีพื้นที่เป็นป่าไม้ถึง 63.24% [30] ซึ่งเป็นภาคที่มีสัดส่วนพื้นที่ป่าไม้มากที่สุด ป่าของภาคเหนือมีทั้งป่าผลัดใบ และป่าไม่ผลัดใบ โดยเขตตัวเมืองมักจะอยู่ในหุบเขา



รูป 1 ป่าชนิดต่าง ๆ ในบริเวณภาคเหนือของประเทศไทย เส้นสีดำคือเส้นขอบเขตจังหวัด

#### 3.2 ขอบเขตข้อมูล

ข้อมูลเป็นตำแหน่งของจุดความร้อน ซึ่งมาจากเครื่องมือ Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) บนดาวเทียมทั้ง Suomi National Polar-orbiting Partnership (Suomi NPP), NOAA-20, และ NOAA-21 โดยทำการถ่ายภาพในช่วงคลื่นอินฟราเรดและช่วงคลื่นที่มองเห็นได้ มีความละเอียดประมาณ 375x375 ตารางเมตรต่อพิกเซลในมุมตรง และขนาดพื้นที่ต่อพิกเซลจะเพิ่มขึ้นเมื่อเป็นมุมเฉียงมากขึ้น ข้อมูลดาวินโสดมา จากเว็บ Fire Information for Resource Management System (FIRMS) ของนาซาในรูปแบบ .shp file. โดยมีการใช้ข้อมูลในการจับกลุ่มประกอบด้วยตำแหน่งของจุดความร้อน (ละติจูดและลองจิจูดของที่เป็นจุดกลางของพิกเซลที่มีความร้อน), วันและเวลาที่ได้รับข้อมูล (acquisition date and time), และรับความเชื่อมั่น FIRMS เก็บข้อมูล 2 ครั้งต่อวันในเวลา ห่างกันประมาณ 12 ชั่วโมง สำหรับในประเทศไทยมีการถ่ายภาพในช่วงเวลาท้องถิ่นประมาณ 14:30 นาฬิกา และ 2:30 นาฬิกาของทุกวัน

งานวิจัยนี้ นำข้อมูลในช่วงปีค.ศ. 2020 ถึง ค.ศ. 2024 มาทำการวิเคราะห์ ซึ่งในช่วงปีค.ศ.2020-2023 เป็นปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา (La Niña) และช่วงปลายปีค.ศ. 2023 ถึงต้นปี 2024 ซึ่งเป็นปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ (El Niño) ([https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ONI\\_v5.php](https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php)) โดยเลือกข้อมูลเฉพาะที่มีความเชื่อมั่นในระดับปกติและสูงเพื่อตัดจุดที่โอกาสตรวจจับที่ผิดพลาดออก และคัดเลือกเฉพาะข้อมูลในบริเวณประเทศไทยและบางส่วนของประเทศเพื่อนบ้าน จากนั้นแปลงค่าพิกัดให้อยู่ในระบบ Universal Transverse Mercator (UTM) เพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณระยะทางแบบยูคลิด (Euclidean Distance) ในขั้นตอนจับกลุ่มได้

ข้อมูลการใช้ที่ดินที่นำมาวิเคราะห์รวมมาจากเว็บไซต์ของกรมพัฒนาที่ดิน ([https://tswc.idd.go.th/DownloadGIS/Index\\_Lu.html](https://tswc.idd.go.th/DownloadGIS/Index_Lu.html)) โดยนำการจำแนกระดับที่ 1 มาทำการซ้อนทับกับข้อมูลพื้นที่จุดความร้อน เพื่อวิเคราะห์หาพื้นที่ที่เกิดไฟทั้งหมดในแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน

#### 4. วิธีทำ

##### 4.1 ภาพรวม

ระบบนี้ถูกพัฒนาขึ้นในฐานข้อมูล PostGIS โดยใช้ภาษา SQL เป็นระบบที่สามารถทำงานได้โดยอัตโนมัติเมื่อมีข้อมูลเพิ่มจะทำการปรับปรุงและเก็บบันทึกไว้ในขั้นตอนแรกเป็นการจับกลุ่มจุดความร้อน ซึ่งเป็นการรวมจุดความร้อนซึ่งอยู่ใกล้กันและน่าจะมาจากเหตุการณ์เดียวกันเข้าด้วยกัน ในขั้นตอนนี้จะพิจารณาเฉพาะจุดความร้อนที่อยู่ในช่วงเวลาเดียวกันเท่านั้น ขั้นตอนต่อไปคือการวาดรูปปิดล้อมรอบจุดที่จับกลุ่มเข้าด้วยกันแล้วเพื่อหาพื้นที่ทั้งหมดโดยใช้เทคนิค convex hull และบันทึกข้อมูลเวลาของกลุ่มเอาไว้ หลังจากนั้นเป็นการจับกลุ่มรูปปิดหลาย ๆ วัน ที่อยู่ติดกันโดยคาดว่าจะเกิดเหตุการณ์เดียวกันเพื่อใช้ในการศึกษาลักษณะการลุกลามของไฟ โดยพิจารณาจากทั้งระยะทางและสภาพภูมิประเทศ (กองไฟไม่ควรลามข้ามน้ำและถนน) และสุดท้ายเป็นการสร้างรูปปิดล้อมรอบรูปปิดเล็กเพื่อรวมกองไฟที่เป็นเหตุการณ์เดียวกันเข้าทั้งหมดและสรุปเป็นขนาดพื้นที่ทั้งหมด

##### 4.2 การจัดกลุ่มความร้อน

ในขั้นตอนนี้ จะทำการจัดกลุ่มไฟด้วยเทคนิคดีบีSCAN (DBSCAN) โดยการรวมกลุ่มพิกเซลที่อยู่ใกล้กันเข้าด้วยกัน ซึ่งพิกเซลที่อยู่ใกล้กันเราจะได้สันนิษฐานว่าเป็นไฟในเหตุการณ์เดียวกัน ในการจัดกลุ่มนี้จะรวมไฟทั้ง 2 เวลาของวันเข้าด้วยกัน (ดาวเทียมถ่ายภาพห่างกัน 12 ชั่วโมง) เนื่องจากกลางคืนมีจุดความร้อนน้อยกว่ากลางวัน หากรวมกันจะเห็นความต่อเนื่องได้ดีขึ้น เนื่องจากน่าจะเป็นไฟที่ไม่มีการควบคุมซึ่งอยู่ในป่า ส่งผลกับสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก เทคนิคดีบีSCAN (DBSCAN) เป็นเทคนิคการเรียนรู้โดยไม่มีผู้สอน ซึ่งต้องการพารามิเตอร์ 2 ค่าได้แก่ค่า epsilon และ minpts โดย minpts คือจำนวนจุดที่น้อยที่สุดที่ถือว่าเป็นกลุ่ม หากจำนวนจุดน้อยกว่า minpts จะไม่มีการจัดกลุ่ม ส่วนค่า epsilon เป็นระยะทางระหว่างจุดที่มากที่สุดในกลุ่ม ให้จำนวนจุดที่น้อยที่สุดในแต่ละกลุ่มเป็น 4 (minpts = 4) จากงานของ Andela [31] พบว่ากองไฟลุกลามที่พบในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มีขนาดโดยเฉลี่ย 2.2 ตร.กม. ลุกลามในระยะเวลา 4.1 วัน ขยายพื้นที่ 0.4 ตร.กม. ต่อวัน จึงคิดได้เป็นว่าในแต่ละวันกองไฟมีขนาด 0.56 ตร.กม หรือประมาณ 4 จุดและค่า epsilon เราได้ทำการทดลองเพิ่มตั้งแต่ค่าความละเอียดของการบันทึกข้อมูล ซึ่งก็คือระยะระหว่างจุดกลางพิกเซลซึ่งก็คือ 375 เมตร แล้วทำการวัดค่าสัมประสิทธิ์ซิลลูเอ็ต (silhouette score) ซึ่งเป็นค่าสัมประสิทธิ์ที่แสดงถึงความเหมาะสมของการแบ่งกลุ่มที่มีช่วงอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 พบว่าค่า epsilon ที่เหมาะสมทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ซิลลูเอ็ตใกล้เคียง 1 ที่สุดคือ 1 กิโลเมตร

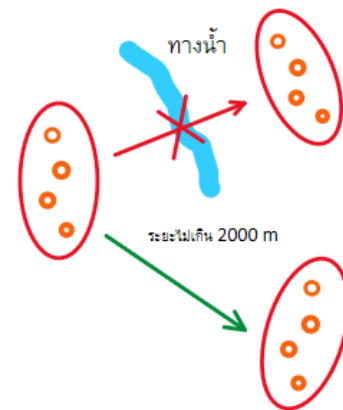
หลังจากที่มีการจับกลุ่มจุดความร้อนในแต่ละช่วงเวลาในระบบ VIIRS บันทึกไว้แล้ว จะมีการสร้างรูปปิดเพื่อสร้างกรอบล้อมรอบขอบเขตของไฟซึ่งใช้เทคนิคคอนเคฟ ฮัล (concave hull) ในการวาด กรอบล้อมรอบนี้จะสร้างโดยใช้จุดที่อยู่บริเวณนอกสุดเป็นจุดยอด (Vertex) ของรูปปิด โดยจะต้องมีการกำหนดค่า param\_pctconvex ซึ่งเป็นการกำหนดระดับการหดตัวของรูปปิด มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 หากมีค่าเป็น 1 จะมีการหดตัวน้อยที่สุดหรือที่เรียกว่าคอนเวกซ์ ฮัล (convex hull) [32] งานวิจัยนี้กำหนดเป็น 0.7 และมีการขยายขอบเขตของรูปปิดออกไปอีกเป็นระยะ 187.5 เมตร ซึ่งเป็น

ระยะครึ่งหนึ่งของความกว้างของพิกเซลเพื่อให้ครอบคลุมความกว้างของพิกเซล โดยการขยายขอบเขตของรูปปิดนั้นใช้ฟังก์ชันบัฟเฟอร์

##### 4.3 จับกลุ่มความร้อนข้ามวัน

หลังจากได้รูปปิดที่แสดงขอบเขตของกองไฟใน 1 วันแล้ว จะมีการพิจารณาว่ากลุ่มจุดความร้อนนั้นลุกลามไปอย่างไร และมีขนาดพื้นที่ที่ลุกลามมากที่สุดเท่าใด โดยการพิจารณาว่ารูปปิดที่อยู่ในช่วงเวลาติดกันนั้นอยู่ใกล้กันหรือไม่ ซึ่งในการรวมกลุ่มรูปปิดเข้าด้วยกันนั้นจะต้องมีการกำหนดค่าระยะทางมากที่สุดที่จะพิจารณารวมรูปปิดเข้าด้วยกันและกำหนดระยะเวลาที่จะพิจารณาว่ากองไฟในแต่ละช่วงเวลาเป็นการลุกลามในเหตุการณ์เดียวกัน ซึ่งหากกองไฟอยู่ห่างกัน อาจจะเป็นกองไฟคนละกอง และหากกองไฟที่เกิดขึ้นเป็นกองไฟที่อยู่ติดกัน แต่ห่างกันหลายวัน อาจจะไม่เกิดขึ้นจากเหตุการณ์เดียวกันก็ได้ ในงานวิจัยนี้ได้กำหนด 2 วันเป็นระยะเวลาที่มากที่สุดที่จะพิจารณาว่ากองไฟเป็นกองเดียวกัน เนื่องจากในบางช่วงอาจจะมีเมฆซึ่งมักจะบังอยู่บริเวณเดิมประมาณ 1-2 วันทำให้ตรวจจับกองไฟไม่ได้ และหากมากเกินไปอาจจะไปรวมกับกองไฟคนละเหตุการณ์ โดยในงานของ Scaduto [33] พบว่าการเพิ่มระยะเวลารวมกลุ่มจาก 1 วันเป็น 2 วันทำให้ค่าความแม่นยำสูงขึ้น ส่วนระยะทางที่มากที่สุดที่จะพิจารณาว่าเป็นกองไฟจากเหตุการณ์เดียวกันคือ 2,000 เมตร โดยวัดจากขอบรูปปิดถึงอีกขอบรูปปิด ซึ่งประมาณระยะทางจากงานวิจัยของ Junpen [34] ที่ทำการเผาแปลงทดลองในภาคเหนือของประเทศไทย

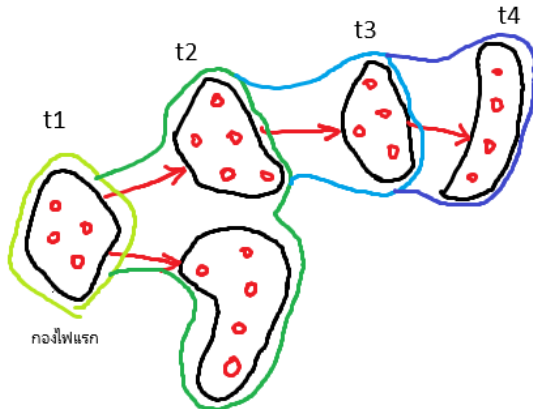
ในการจับกลุ่มไฟ จะเป็นการจัดกลุ่มแบบย้อนหลัง กล่าวคือพิจารณากองไฟที่เกิดขึ้นในเวลาก่อนหน้า แล้วทำการรวมกลุ่มกับกองไฟในปัจจุบันเพื่อให้สามารถทำการจับกลุ่มได้รวดเร็วเมื่อมีข้อมูลใหม่เข้ามา สมมติว่ามีกองไฟที่วันที่ t เราจะทำการพิจารณากองไฟใกล้เคียงภายในระยะ 2,000 เมตร และเกิดขึ้นในเวลา t-1 และ t-2 วันก่อนหน้า โดยจะทำการรวมกองไฟที่เกิดขึ้นในเวลาติดกันมากที่สุดและไม่มีน้ำคั่นเข้าด้วยกัน เป็นไปตามรูป 2



รูป 2 การรวมกองไฟที่ลุกลามต่อเนื่องกันโดยพิจารณาจากระยะทางระหว่างกลุ่มกองไฟที่ห่างกันไม่เกิน 2,000 เมตรและไม่มีทางน้ำกั้น

หลังจากที่รวมกองไฟแล้ว จะทำการวาดรูปปิดรอบกลุ่ม โดยใช้คอนเคฟ ฮัล (Concave hull) โดยกำหนดค่า param\_pctconvex เป็น 0.7 และทำ

การบันทึกหมายเลขของกองไฟกลุ่มแรก และบันทึกหมายเลขของข้อมูลกองไฟกองสุดท้าย เมื่อมีข้อมูลใหม่จะทำการอัปเดตรูปปิดและข้อมูลอรรถาธิบายใหม่ ดังนั้นเมื่อมีกองไฟใกล้เคียงเกิดขึ้นภายในระยะทาง 2,000 เมตร รูปปิดก็จะขยายขนาดไปเรื่อย ๆ ดังรูป 3



รูป 3 การรวมกลุ่มกองไฟเข้ากับกองไฟที่ถูกลามต่อเนื่องกันโดยพิจารณาช่วงเวลา ที่ติดกันในลักษณะขยายรูปปิดไปเรื่อย ๆ เมื่อมีข้อมูลใหม่

#### 4.4 สรุปลักษณะกองไฟ

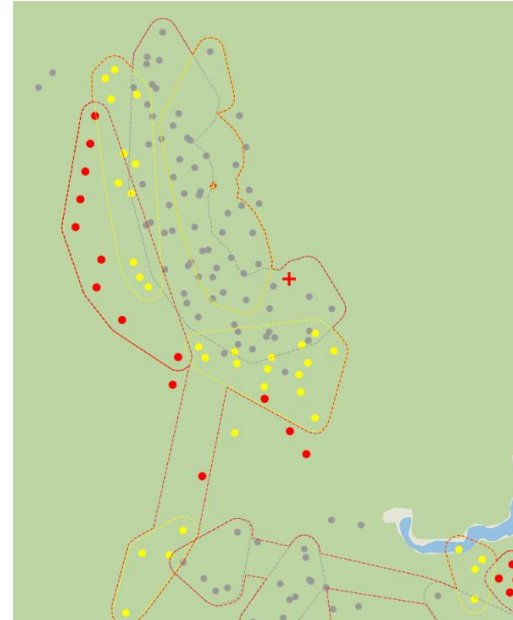
ลักษณะของกองไฟที่สำคัญได้แก่ ขนาดพื้นที่กองไฟเฉลี่ย ทั้งกองไฟในแต่ละวัน และกองไฟรวม และจำนวนกองไฟ ได้ทำการเฉลี่ยและนับรวมกองไฟที่อยู่ในพื้นที่ 9 จังหวัดในภาคเหนือ และได้มีการศึกษาลักษณะของกองไฟแยกตามข้อมูลการใช้ที่ดินในภาคเหนือ

### 5. ผลลัพธ์

การวิเคราะห์พื้นที่กองไฟทำให้ทราบถึงขนาดพื้นที่ของกองไฟที่ถูกลามทั้งหมด โดยการนำขนาดพื้นที่ที่มีการถูกลามต่อเนื่องกันมารวมกันเป็นพื้นที่รวมของเหตุการณ์ จะสามารถสรุปรูปแบบการลุกลาม พื้นที่กองไฟเฉลี่ย และจำนวนกองไฟได้ ดังแสดงในหัวข้อถัดไป

#### 5.1 ผลการจับกลุ่มจุดความร้อน

เทคนิค DBSCAN และ Convex Hull จะทำการจับกลุ่มจุดที่อยู่บริเวณใกล้เคียงกันในช่วงเวลาเดียวกันและสมาชิกในกลุ่มมีมากกว่า 4 ดังนั้นจะมีจุดความร้อนที่อยู่ห่างจากจุดอื่น ๆ มากเกินไปที่ไม่ได้รับการจัดกลุ่ม รูป 4 แสดงการจัดกลุ่มจุดความร้อน ซึ่งแสดงด้วยรูปปิดสีต่าง ๆ (สีเทาคือจุดความร้อนที่เกิดขึ้นก่อนหน้าเกิน 2 วัน สีเหลืองคือจุดความร้อนที่เกิดขึ้นก่อนหน้า 1 วัน และจุดสีแดงคือจุดความร้อนที่เกิดขึ้นก่อนหน้าในวันปัจจุบัน) จะเห็นว่ามีการลุกลามอย่างต่อเนื่องเป็นแนวยาวภายในเหตุการณ์เดียวกัน ซึ่งล้อมรอบด้วยเส้นประสีแดง

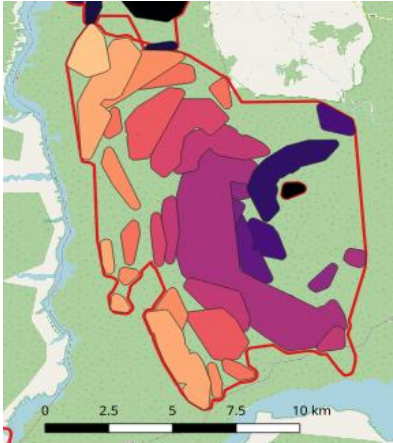


รูป 4 ผลการจับกลุ่มจุดความร้อนและข้อมูลจุดความร้อน จุดกำเนิดไฟแสดงเป็นรูปไฟ

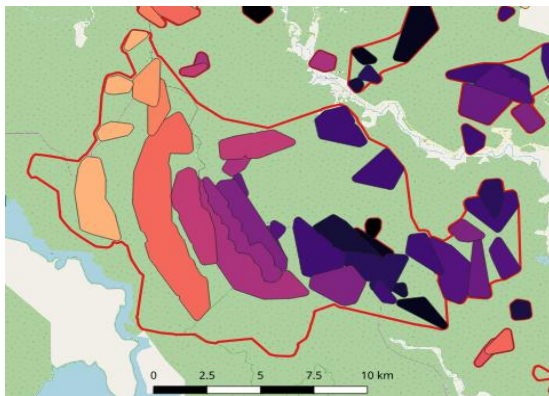
#### 5.2 ลักษณะการลุกลามของไฟ

เมื่อทำการจับกลุ่มจุดความร้อนเข้าด้วยกันแล้วจะสามารถมองเห็นการลุกลามของไฟได้อย่างชัดเจน โดยกองไฟส่วนใหญ่นั้นมีลักษณะเป็นแนวยาว และลุกลามไปทางเดียว กล่าวคือไฟในพื้นที่เดิมจะดับลงแล้วขยายไปต่อโดยจะไม่วนกลับมาใหม่ที่จุดเดิม และส่วนใหญ่ไม่มีการไหม้จุดเดิมซ้ำวัน แต่อาจมีการทับซ้อนได้ โดยรูปแบบการลุกลามนั้น พบได้ 2 แบบ คือ ขยายเป็นรัศมีออกไปกว้างขึ้นเรื่อย ๆ กับ เป็นแนวขนานตรงไป กองไฟที่มีขนาดใหญ่ส่วนใหญ่มักเป็นแบบแรก เป็นเพราะว่าไม่ถูกจำกัดด้วยพื้นที่ โดยมีลักษณะไฟเริ่มต้นจะเป็นกองขนาดเล็ก แล้วขยายออกไปเป็นหน้าไฟที่มีรูปร่างยาวมากขึ้น ขนานออกไปเป็นรัศมีกับกองไฟของวันก่อนหน้า ดังรูป 4 หรืออาจแยกออกเป็นกองขนาดเล็ก

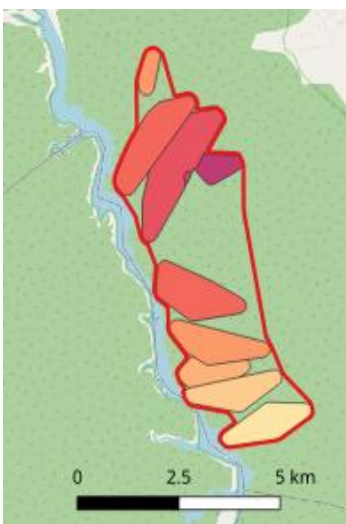
รูป 5 ถึง รูป 8 เป็นรูปกองไฟขนาดใหญ่ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติแม่ปิง ซึ่งกองไฟรายวันแสดงเป็นรูปปิด สีเข้มแสดงว่ามาจากวันที่เก่ากว่า และเส้นสีแดงแสดงขอบเขตของกลุ่มไฟที่ถูกลาม รูป 5 มีกองไฟรวมขนาด 125 ตร.กม และใช้เวลา 14 วันในการลุกลาม ส่วนใน รูป 6 มีกองไฟรวมมีขนาด 195 ตร.กม. และลุกลามเป็นเวลา 17 วัน และอีกรูปแบบหนึ่งคือมีลักษณะการลุกลามไปเป็นแนวขนาน แต่ไม่ขยายขนาดหรือความยาว กองไฟแรกที่ถูกลุกลามจะมีขนาดไม่ต่างกองที่ถูกลามต่อมา มักพบในกรณีที่ไฟนั้นลุกลามไปในทิศทางที่ข้อจำกัดทางภูมิประเทศ เช่น ทางน้ำ หรือขอบพื้นที่ป่า



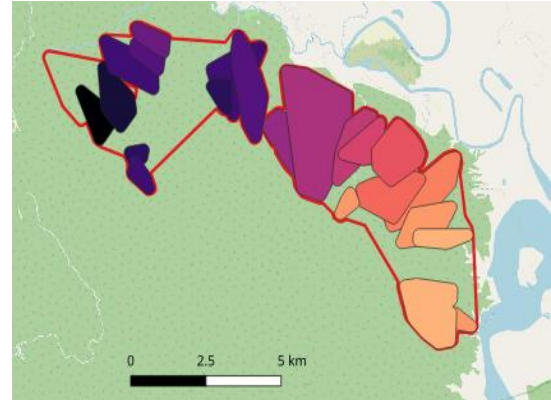
รูป 5 ตัวอย่างกองไฟในพื้นที่อุทยานแห่งชาติแม่ง ในเดือนมีนาคม ค.ศ. 2024  
บริเวณที่ 1 รูปปิดสีแดงแสดงรูปปิดแต่ละช่วงเวลา ซึ่งแสดงด้วยสี ขอบสีแดงแสดงรูปปิด  
ปิดที่มีสีแดงแสดงรูปปิดใหญ่ที่รวมกองไฟทั้งหมดที่อยู่ในเหตุการณ์เดียวกัน



รูป 6 ตัวอย่างกองไฟในพื้นที่อุทยานแห่งชาติแม่ง ในเดือนมีนาคม ค.ศ. 2024  
บริเวณที่ 2 รูปปิดสีแดงแสดงรูปปิดแต่ละช่วงเวลา ซึ่งแสดงด้วยสี ขอบสีแดงแสดงรูปปิด  
ปิดที่มีสีแดงแสดงรูปปิดใหญ่ที่รวมกองไฟทั้งหมดที่อยู่ในเหตุการณ์เดียวกัน



รูป 7 ตัวอย่างกองไฟในพื้นที่อุทยานแห่งชาติแม่ง ในเดือนมีนาคม ค.ศ. 2024  
บริเวณที่ 3 รูปปิดสีแดงแสดงรูปปิดแต่ละช่วงเวลา ซึ่งแสดงด้วยสี ขอบสีแดงแสดงรูปปิด  
ปิดที่มีสีแดงแสดงรูปปิดใหญ่ที่รวมกองไฟทั้งหมดที่อยู่ในเหตุการณ์เดียวกัน



รูป 8 ตัวอย่างกองไฟในพื้นที่อุทยานแห่งชาติแม่ง ในเดือนมีนาคม ค.ศ. 2024  
บริเวณที่ 4 รูปปิดสีแดงแสดงรูปปิดแต่ละช่วงเวลา ซึ่งแสดงด้วยสี ขอบสีแดงแสดงรูปปิด  
ปิดที่มีสีแดงแสดงรูปปิดใหญ่ที่รวมกองไฟทั้งหมดที่อยู่ในเหตุการณ์เดียวกัน

จากภาพรูป 7 และ รูป 8 เป็นรูปกองไฟในช่วงตอนเหนือของพื้นที่  
อุทยานแห่งชาติแม่ง จะพบว่าการลุกลามจะถูกจำกัดด้วยทางน้ำเช่นกัน  
โดยรูป 7 กองไฟรวมมีขนาด 20 ตร.กม. และใช้เวลา 7 วันในการลุกลาม  
ส่วนในรูป 8 กองไฟรวมมีขนาด 41 ตร.กม. และลุกลามเป็นเวลา 10 วัน

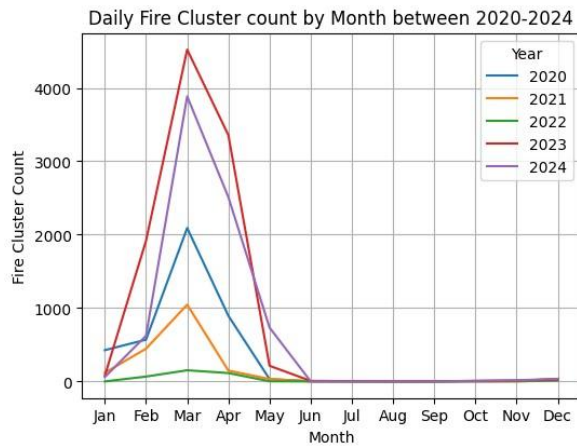
### 5.3 พื้นที่เฉลี่ยและจำนวนกองไฟเฉลี่ย

เมื่อได้ทำการจับกลุ่มกองไฟแล้ว ได้ทำการคำนวณพื้นที่เฉลี่ยและ  
จำนวนกองไฟเฉลี่ย ทั้งแบบกองเล็กที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน และกองรวมใหญ่ที่  
เกิดจากการรวมกองเล็กหลาย ๆ วันที่คาดว่าจะเกิดเหตุการณ์เดียวกัน เพื่อให้  
ง่ายต่อการอธิบายในหัวข้อนี้ จะเรียกกองเล็กที่เกิดขึ้นในแต่ละวันว่ากอง S  
และกองรวมใหญ่เป็นกอง T

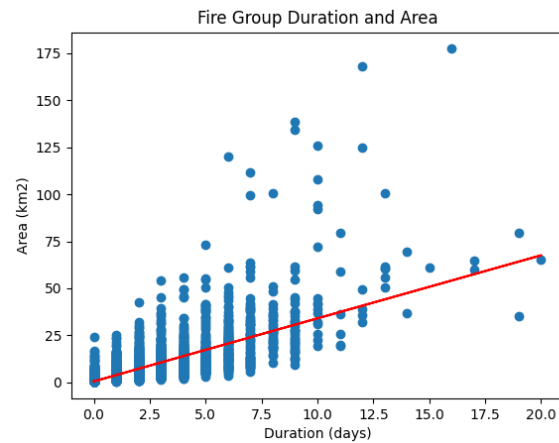
จากการจับกลุ่มจุดความร้อน พบว่ากองแบบ S ส่วนใหญ่มีขนาดเล็ก ไม่  
ค่อยลุกลาม และมีรูปแบบทางเวลาในการเกิดแต่ละปีชัดเจนคือช่วงฤดูแล้ง  
ตามสถิติรายเดือนในรูป 9 และรูป 10

รูป 9 แสดงจำนวนกองแบบ S รายเดือน ระหว่างปีค.ศ. 2020 ถึง ค.ศ.  
2024 บริเวณภาคเหนือ พบว่าในเดือนมีนาคมของทุกปีจะเป็นเดือนที่มี  
ค่าเฉลี่ยจำนวนกองไฟสูง และปี ค.ศ. 2023 เป็นปีที่มีจำนวนกองไฟสูงที่สุด

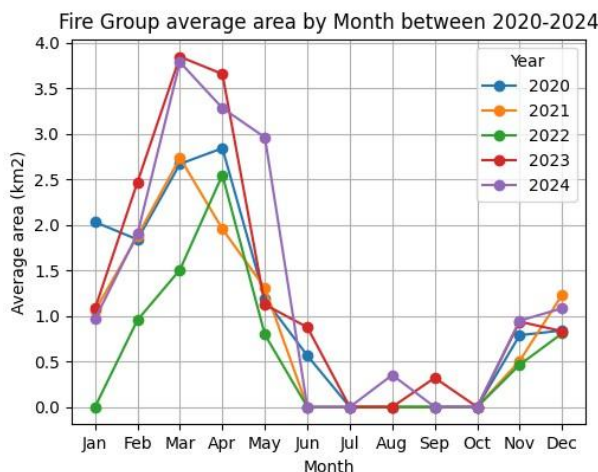
ในรูป 10 แสดงค่าเฉลี่ยรายเดือนของพื้นที่กอง S ระหว่างปีค.ศ. 2020  
ถึง ค.ศ. 2024 พบว่ามีแนวโน้มที่เหมือนกับค่าเฉลี่ยของจำนวนกองไฟ  
กล่าวคือในปี ค.ศ. 2023 มีการเกิดจำนวนกองไฟและพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้มาก  
ที่สุด และรองลงมาคือปี ค.ศ. 2024 2020 2021 และ 2022 ตามลำดับ โดย  
ในปี ค.ศ. 2022 ซึ่งเป็นปีที่มีปริมาณน้ำฝนมากกว่าปกตินั้นจะมีกองไฟน้อย  
ที่สุด ในแต่ละปีจะเริ่มเกิดเหตุการณ์ไฟในช่วงธันวาคม แล้วเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ  
จนมาสูงสุดในเดือนมีนาคมและเมษายน และหมดลงในเดือนมิถุนายน



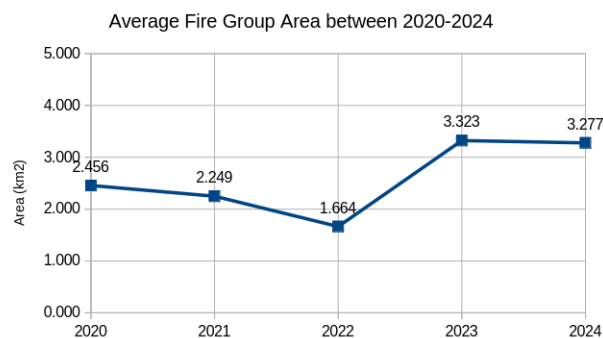
รูป 9 จำนวนกลุ่มรายเดือนของกอง S ปี ค.ศ 2020-2024



รูป 12 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาที่มีการเผาไหม้ (x) กับขนาด (y) ในช่วงปีค.ศ. 2020-2024 ของกองไฟแบบ T



รูป 10 พื้นที่เฉลี่ยกอง S รายเดือน ปี ค.ศ 2020-2024 หน่วยตารางกิโลเมตร



รูป 11 พื้นที่เฉลี่ยของกองไฟแบบ S ในแต่ละปีในหน่วยตารางกิโลเมตร

รูป 11 แสดงแนวโน้มของขนาดกองไฟแบบ S เฉลี่ยในแต่ละปี โดยปีที่มีขนาดของกองไฟใหญ่โดยเฉลี่ยมากที่สุด คือ ปี ค.ศ. 2023 อยู่ที่ 3.323 ตร.กม. รองลงมาคือปี ค.ศ. 2024 เป็น 3.277 ตร.กม. และ ปี ค.ศ. 2022 ซึ่งเป็นปีที่มีจำนวนกองไฟน้อยที่สุดก็เป็นปีที่มีขนาดกองไฟเฉลี่ยเล็กที่สุดเช่นกัน พื้นที่เท่ากับ 1.664 ตร.กม. ซึ่งมีขนาดเฉลี่ยเล็กกว่าของปีอื่น ๆ มาก

การรวมกองไฟในหลาย ๆ วันเข้าด้วยกันทำให้สามารถวิเคราะห์พื้นที่ที่เผาไหม้ทั้งหมดและเวลาไหม้ทั้งหมดได้ รูป 12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาที่มีการเผาไหม้ (x) กับขนาดพื้นที่ที่เผาไหม้กองไฟใหญ่ (y) แสดงให้เห็นว่าขนาดพื้นที่กองไฟนั้นมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกันกับระยะเวลาที่กองไฟเผา กล่าวคือยิ่งมีการลุกลามนาน ยิ่งกินพื้นที่มากยิ่งขึ้น โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R-squared) เท่ากับ 0.56 โดยร้อยละ 80 ของกลุ่มไฟที่มีการลุกลามจะมีระยะเวลาเผาไหม้ 1-3 วัน และมีขนาดไม่เกิน 10 ตร.กม. และกองไฟที่ขนาดใหญ่ที่สุดครอบคลุมพื้นที่ 177 ตร.กม. และเผาไหม้เป็นเวลา 16 วัน

#### 5.4 การวิเคราะห์กองไฟกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน

เมื่อนำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินมาทับซ้อนกับพื้นที่กองไฟแบบ T ในช่วงปีค.ศ. 2020-2024 พบว่ากองไฟส่วนใหญ่เกิดในพื้นที่ป่าประมาณร้อยละ 82-90 รองลงมาคือพื้นที่เกษตรกรรมที่ร้อยละ 9-13 ส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบอื่น เช่น พื้นที่เบ็ดเตล็ด พื้นที่ชุมชนและพื้นที่น้ำมีสัดส่วนของกองไฟใกล้เคียงกันรวมกันได้ประมาณร้อยละ 1 โดยในแต่ละปีสัดส่วนพื้นที่กองไฟจะมีความแตกต่างกันมากนัก

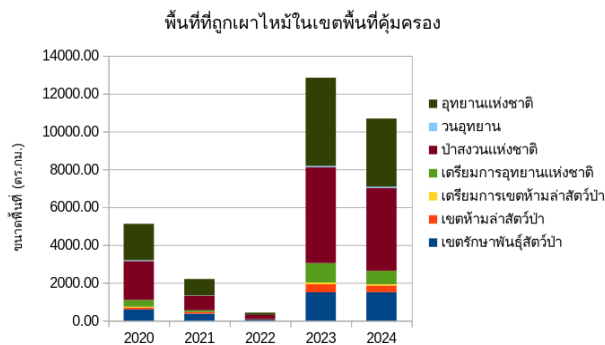
ตาราง 1 ร้อยละของพื้นที่กองไฟแบบ T แบ่งตามการใช้ประโยชน์ที่ดินระดับที่ 1

| การใช้ประโยชน์ที่ดิน      | 2020  | 2021  | 2022  | 2023  | 2024  |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| พื้นที่เกษตรกรรม          | 12.79 | 9.07  | 17.10 | 11.55 | 10.88 |
| พื้นที่ป่าไม้             | 86.20 | 90.07 | 81.89 | 87.57 | 88.09 |
| พื้นที่เบ็ดเตล็ด          | 0.40  | 0.24  | 0.40  | 0.38  | 0.34  |
| พื้นที่ชุมชนสิ่งปลูกสร้าง | 0.33  | 0.35  | 0.25  | 0.25  | 0.35  |
| พื้นที่น้ำ                | 0.28  | 0.26  | 0.36  | 0.25  | 0.34  |

เมื่อนำร้อยละของพื้นที่ที่เกิดไฟของการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้งหมดในภาคเหนือมาทำการเปรียบเทียบกัน จะพบว่าพื้นที่ป่าไม้มีอัตราส่วนการเกิดไฟต่อพื้นที่ทั้งหมดสูงกว่าพื้นที่อื่นตามตาราง 2 ทั้งนี้เนื่องจากดาวเทียมระบบ VIIRS มีความละเอียด 375 เมตรต่อพิกเซลที่มุมตรง (หากเป็นการถ่ายมุมเฉียงจะมีขนาดมากกว่า 375 เมตร ต่อพิกเซล) จึงไม่สามารถตรวจจับความร้อนที่มีขนาดเล็กที่เกิดขึ้นบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมได้

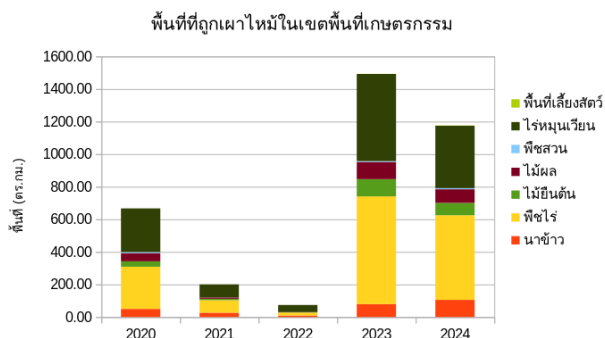
ตาราง 2 ร้อยละพื้นที่ที่เกิดไฟของการใช้ประโยชน์ที่ดิน

| การใช้ประโยชน์ที่ดิน      | ร้อยละพื้นที่เกิดไฟ | ร้อยละพื้นที่ทั้งหมด |
|---------------------------|---------------------|----------------------|
| พื้นที่เกษตรกรรม          | 11.43               | 29.97                |
| พื้นที่ป่าไม้             | 87.61               | 63.34                |
| พื้นที่เบ็ดเตล็ด          | 0.36                | 1.48                 |
| พื้นที่ชุมชนสิ่งปลูกสร้าง | 0.30                | 3.75                 |
| พื้นที่น้ำ                | 0.28                | 1.44                 |



รูป 13 สัดส่วนพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ในเขตพื้นที่คุ้มครองแต่ละประเภทแยกตามปี

เมื่อพิจารณาพื้นที่ป่าไม้แบ่งตามเขตพื้นที่คุ้มครองตามกฎหมายตามรูป 13 พบว่าในแต่ละปีสัดส่วนพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ในแต่ละพื้นที่แตกต่างกัน คือส่วนใหญ่อยู่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติเป็นร้อยละ 35-53 รองลงมาคืออุทยานแห่งชาติเป็นร้อยละ 27-39 ตามด้วยเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าที่ร้อยละ 11-16



รูป 14 สัดส่วนพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ในเขตเกษตรกรรมแต่ละประเภทแยกตามปี

สัดส่วนพื้นที่เผาไหม้ในแต่ละเขตพื้นที่เกษตรกรรมตามรูป 14 พบว่าพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่พืชไร่ประมาณร้อยละ 33-60 รองลงมาคือไร่นาเลี้ยงที่ร้อยละ 25-45 ที่เหลือส่วนใหญ่เป็นนาข้าว ไม้ยืนต้นและไม้ผลรวมกันประมาณร้อยละ 20

## 6. บทสรุป

งานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์หาพื้นที่ที่ก่อให้เกิดไฟจากข้อมูลจุดความร้อนจากดาวเทียมระบบ VIIRS ในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทยระหว่างปี ค.ศ. 2020 และ 2024 โดยใช้เทคนิค Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise (DBSCAN) จับกลุ่มไฟ และสร้างรูปปิดล้อมรอบด้วยวิธี concave hull โดยการใช้ buffer ปรับปรุงรูปปิดให้มีขนาดครอบคลุมพื้นที่ในพิกเซลมากยิ่งขึ้น จากนั้นทำการจับกลุ่มไฟที่ถูกล้อมต่อเนื่องกันหลายวันด้วยวิธี concave hull เพื่อแสดงการลุกลามทั้งหมด ผลจากการวิเคราะห์จะได้กองไฟในแต่ละวัน แสดงให้เห็นว่าปี ค.ศ. 2023 และ 2024 เป็นปีที่มีจำนวนกองไฟสูงที่สุด ซึ่งเป็นปีที่เปลี่ยนผ่านจากปรากฏการณ์ลานีญาเป็นเอลนีโญ สอดคล้องกับแนวโน้มของฝุ่นในช่วงปี ค.ศ. 2017-2019 [12] โดยกองไฟมีขนาดไม่เกิน 4 ตารางกิโลเมตร ส่วนกองไฟรวมแสดงให้เห็นว่าร้อยละ 80 ของกลุ่มไฟที่มีการลุกลามจะมีระยะเวลาเผาไหม้ 1-3 วัน และการลุกลามส่วนใหญ่จะมีขนาดไม่เกิน 10 ตร.กม. โดยมีพื้นที่เฉลี่ยอยู่ที่ 1.056 ตารางกิโลเมตร โดยกองไฟนั้นเกิดในเขตอุทยานแห่งชาติมากที่สุด ส่วนไฟที่เกิดในเขตพื้นที่เกษตรกรรมนั้นเป็นพื้นที่พืชไร่มากที่สุด

ผลจากการจับกลุ่มกองไฟสามารถนำไปประยุกต์ใช้ทั้งในการควบคุมไฟป่าและการกำหนดนโยบายการควบคุมการเผา การจับกลุ่มทำให้สามารถวิเคราะห์ทิศทางการลุกลามของไฟป่า ซึ่งมีประโยชน์ในการเพิ่มความปลอดภัยให้กับผู้ปฏิบัติงานในการดับและจัดการไฟป่า จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่เผาไหม้กับการใช้ประโยชน์พื้นที่พบว่าพื้นที่ที่เกิดการเผาไหม้ขนาดใหญ่ที่ไม่ได้ควบคุมส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ป่าไม้ และเป็นเขตอุทยานแห่งชาติ การจัดการปัญหาพื้นที่ที่เกิดจากการเผาจึงควรเน้นไปที่การสนับสนุนเจ้าหน้าที่อุทยานในการดูแลและขอความร่วมมือจากชุมชนรอบพื้นที่อุทยานไม่ให้เผาและช่วยเฝ้าระวัง รวมถึงให้ความช่วยเหลือด้านอาชีพเพื่อให้ประชาชนไม่ต้องเผาป่าเพื่อทำกิน และต้องมีการจัดการกับเชื้อเพลิงทำแนวกันไฟ ซึ่งเป็นไปตามมาตรการของกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืชในปัจจุบัน [35]

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสำนักการวิจัยแห่งชาติ ขอขอบคุณดร. เชน ชาญณรงค์ ผู้ให้แนวคิดโครงการและให้คำแนะนำ

## เอกสารอ้างอิง

- [1] Li, J., Fan, W., Wu, J., Han, Z., Li, J., Zhang, C., and Liang, L. (2024). Impacts of open biomass burning in Southeast Asia on atmospheric PM<sub>2.5</sub> concentrations

- over south China from 2009 to 2018. *Atmospheric Environment*, vol. 327, p. 120491.
- [2] Chansuebsri, S., Kolar, P., Kraisitnitikul, P., Kantarawilawan, N., Yabueng, N., Wiriya, W., Thepnuan, D., and Chantara, S. (2024). Chemical composition and origins of PM<sub>2.5</sub> in Chiang Mai (Thailand) by integrated source apportionment and potential source areas. *Atmospheric Environment*, vol. 327, p. 120517.
- [3] Pasukphun, N. (2018). ENVIRONMENTAL HEALTH BURDEN OF OPEN BURNING IN NORTHERN THAILAND: A REVIEW. *PSRU Journal of Science and Technology*, vol. 3, no. 3, pp. 11-28.
- [4] Amnuaylojaroen, T., Parasin, N., and Limsakul, A. (2022). Health risk assessment of exposure near-future PM<sub>2.5</sub> in Northern Thailand. *Air Quality, Atmosphere & Health*, vol. 15, no. 11, pp. 1963-1979.
- [5] Parasin, N. and Amnuaylojaroen, T. (2024). Effect of PM<sub>2.5</sub> on burden of mortality from non-communicable diseases in northern Thailand. *PeerJ*, vol. 12, p. e18055.
- [6] Chankaew, K., Sinitkul, R., Manuyakorn, W., Roekworachai, K., and Kamalaporn, H. (2022). Spatial Estimation of PM(2.5) Exposure and its Association with Asthma Exacerbation: A Prospective Study in Thai Children. (in eng), *Ann Glob Health*, vol. 88, no. 1, p. 15.
- [7] Wongcharoen, W., Uthathummakul, T., Krintratun, S., Thongsujaritkul, T., Wattananukorn, T., Nantsupawat, T., Pothirat, C., Inchai, J., and Phrommintikul, A. (2022). Effect of particulate matter 2.5 on QT dispersion in patients with chronic respiratory disease. *Scientific Reports*, vol. 12, no. 1, p. 14054.
- [8] Buya, S., Hideomi, G., Van-Nam, H., Hieu-Chi, D., Sasiporn, U., Jessada, K., and Taneepanichskul, N. Spatiotemporal association between monthly PM<sub>2.5</sub> levels and cardiorespiratory mortality in Thailand (2015–2019). *International Journal of Environmental Health Research*, pp. 1-12.
- [9] Huang, F., Pan, B., Wu, J., Chen, E., and Chen, L. (2017). Relationship between exposure to PM<sub>2.5</sub> and lung cancer incidence and mortality: A meta-analysis. (in eng), *Oncotarget*, vol. 8, no. 26, pp. 43322-43331.
- [10] Junpen, A., Garivait, S., and Bonnet, S. (2013). Estimating emissions from forest fires in Thailand using MODIS active fire product and country specific data. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences*, vol. 49, no. 3, pp. 389-400.
- [11] Gautam, R., Hsu, N. C., Eck, T. F., Holben, B. N., Janjai, S., Jantarach, T., Tsay, S.-C., and Lau, W. K. (2013). Characterization of aerosols over the Indochina peninsula from satellite-surface observations during biomass burning pre-monsoon season. *Atmospheric Environment*, vol. 78, pp. 51-59.
- [12] Hassan Bran, S., Macatangay, R., Chotamonsak, C., Chantara, S., and Surapipith, V. (2024). Understanding the seasonal dynamics of surface PM<sub>2.5</sub> mass distribution and source contributions over Thailand. *Atmospheric Environment*, vol. 331, p. 120613.
- [13] Song, W., Zhang, Y.-L., Zhang, Y., Cao, F., Rauber, M., Salazar, G., Kawichai, S., Prapamontol, T., and Szidat, S. (2022). Is biomass burning always a dominant contributor of fine aerosols in upper northern Thailand? *Environment International*, vol. 168, p. 107466.
- [14] Song, W., Hong, Y., Zhang, Y., Cao, F., Rauber, M., Santijitpakdee, T., Kawichai, S., Prapamontol, T., Szidat, S., and Zhang, Y.-L. (2024). Biomass Burning Greatly Enhances the Concentration of Fine Carbonaceous Aerosols at an Urban Area in Upper Northern Thailand: Evidence From the Radiocarbon-Based Source Apportionment on Size-Resolved Aerosols. vol. 129, no. 10, p. e2023JD040692.
- [15] Phairuang, W., Suwattiga, P., Chetianukornkul, T., Hongtieab, S., Limpaseni, W., Ikemori, F., Hata, M., and Furuuchi, M. (2019). The influence of the open burning of agricultural biomass and forest fires in Thailand on the carbonaceous components in size-fractionated particles. *Environmental Pollution*, vol. 247, pp. 238-247.
- [16] Talukdar, N. R., Ahmad, F., Goparaju, L., Choudhury, P., Qayum, A., and Rizvi, J. (2024). Forest fire in Thailand: Spatio-temporal distribution and future risk assessment. *Natural Hazards Research*, vol. 4, no. 1, pp. 87-96.
- [17] Kiadtikornthaweeyot, W., Sukawattanavijit, C., and Rungspanich, A. (Year). Automatic detection of forest fire burnt scar from Landsat-8 image of northern part of Thailand. in *2018 15th International Conference on*

- Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON)*, 2018, pp. 720-723.
- [18] Suwanpravit, C. and Shahnawaz (2024). Mapping burned areas in Thailand using Sentinel-2 imagery and OBIA techniques. *Scientific Reports*, vol. 14, no. 1, p. 9609.
- [19] Schroeder, W., Oliva, P., Giglio, L., and Csiszar, I. A. (2014). The New VIIRS 375m active fire detection data product: Algorithm description and initial assessment. *Remote Sensing of Environment*, vol. 143, pp. 85-96.
- [20] NASA. (2025, 25 Mar). *Active Fire Data*. Available: [https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/active\\_fire/](https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/active_fire/)
- [21] Mupfiga, U. N., Mutanga, O., Dube, T., and Kowe, P. (2022). Spatial Clustering of Vegetation Fire Intensity Using MODIS Satellite Data. vol. 13, no. 12, p. 1972.
- [22] Wan, C. and Roy, S. S. (2023). Geospatial characteristics of fire occurrences in southern hemispheric Africa and Madagascar during 2001–2020. *Journal of Forestry Research*, vol. 34, no. 2, pp. 553-563.
- [23] Dong, B., Li, H., Xu, J., Han, C., and Zhao, S. (2023). Spatiotemporal Analysis of Forest Fires in China from 2012 to 2021 Based on Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) Active Fires. *Sustainability (Switzerland)*, Article vol. 15, no. 12, Art. no. 9532.
- [24] Cardil, A., Tapia, V. M., Monedero, S., Quiñones, T., Little, K., Stoof, C. R., Ramirez, J., and de-Miguel, S. (2023). Characterizing the rate of spread of large wildfires in emerging fire environments of northwestern Europe using Visible Infrared Imaging Radiometer Suite active fire data. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, vol. 23, no. 1, pp. 361-373.
- [25] Dastour, H., Bhuian, H., Ahmed, M. R., and Hassan, Q. K. (2024). Active Fire Clustering and Spatiotemporal Dynamic Models for Forest Fire Management. vol. 7, no. 10, p. 355.
- [26] Bhuian, H., Dastour, H., Ahmed, M. R., and Hassan, Q. K. (2024). Comparison of Perimeter Delineation Methods for Remote Sensing Fire Spot Data in Near/Ultra-Real-Time Applications. vol. 7, no. 7, p. 226.
- [27] Chen, Y., Hantson, S., Andela, N., Coffield, S. R., Graff, C. A., Morton, D. C., Ott, L. E., Foufoula-Georgiou, E., Smyth, P., Goulden, M. L., and Randerson, J. T. (2022). California wildfire spread derived using VIIRS satellite observations and an object-based tracking system. *Scientific Data*, vol. 9, no. 1, p. 249.
- [28] Khanpanya, T., Horma, P., Nounkhaow, S., Maksin, P., and Vongsantivanich, W. (2021). Wildfire Hotspot Clustering and False Alarm Data Detection Derived from Suomi NPP Satellite over Thailand Region. The 42nd Asian Conference on Remote Sensing (ACRS2021), Can Tho University, Can Tho city, Vietnam, 2021.
- [29] บัวเนียม, ช. (2023). การพัฒนานวัตกรรมด้านเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศแสดงการจัดกลุ่มและคาดคะเนการลุกลามของไฟป่าจากข้อมูลจุดความร้อน (Hotspot) ในประเทศไทย. สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ.
- [30] สำนักจัดการที่ดินป่าไม้ (2024). รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการจัดทำข้อมูลสภาพพื้นที่ป่าไม้ ปี พ.ศ. 2566. Available: [https://www.forest.go.th/land/%E0%B8%A3%E0%B8%B2%E0%B8%A2%E0%B8%87%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B9%82%E0%B8%84%E0%B8%A3%E0%B8%87%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%88%E0%B8%B1%E0%B8%94%E0%B8%97%E0%B8%B3%E0%B8%82%E0%B9%89%E0%B8%AD-12/?fbclid=IwY2xjawJPL1dleHRuA2FlbQlxMAABHb9iz5ZNNapJ7zpOHrM00uet4h1KudXeZGQuuSnAOWKnIdR-X9iz82vww\\_aem\\_NBM0NohpvtULkpKbj\\_tbKg](https://www.forest.go.th/land/%E0%B8%A3%E0%B8%B2%E0%B8%A2%E0%B8%87%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B9%82%E0%B8%84%E0%B8%A3%E0%B8%87%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%88%E0%B8%B1%E0%B8%94%E0%B8%97%E0%B8%B3%E0%B8%82%E0%B9%89%E0%B8%AD-12/?fbclid=IwY2xjawJPL1dleHRuA2FlbQlxMAABHb9iz5ZNNapJ7zpOHrM00uet4h1KudXeZGQuuSnAOWKnIdR-X9iz82vww_aem_NBM0NohpvtULkpKbj_tbKg), Accessed on: 25 Mar 2025.
- [31] Andela, N., Morton, D. C., Giglio, L., Paugam, R., Chen, Y., Hantson, S., van der Werf, G. R., and Randerson, J. T. (2019). The Global Fire Atlas of individual fire size, duration, speed and direction. *Earth Syst. Sci. Data*, vol. 11, no. 2, pp. 529-552.
- [32] PostGIS. (2025, 5 Mar 2025). *PostGIS 3.5.3dev Manual*. Available: [https://postgis.net/docs/ST\\_ConcaveHull.html](https://postgis.net/docs/ST_ConcaveHull.html)
- [33] Scaduto, E., Chen, B., and Jin, Y. (2020). Satellite-Based Fire Progression Mapping: A Comprehensive Assessment for Large Fires in Northern California. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, vol. 13, pp. 5102-5114.
- [34] Junpen, A., Garivait, S., Bonnet, S., and Pongpullonsak, A. J. S. (2013). Fire spread prediction for deciduous forest fires in Northern Thailand. vol. 39, p. 535.

- [35] กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช (2024). มาตรการ  
ป้องกันและแก้ไขปัญหาไฟป่า ปี 2566. vol. 2025 Available:  
[https://www.dnp.go.th/forestfire/web/frame/hotspot  
%202565/forestfire66.pdf](https://www.dnp.go.th/forestfire/web/frame/hotspot%202565/forestfire66.pdf).