

การเฝ้าติดตามไฟป่าแบบใกล้เวลาจริงด้วยกูเกิลเอิร์ธเอนจิน Near Real Time Wildfire Monitoring using Google Earth Engine

บทความวิจัย

พ.อ. ผศ.ดร.พงศ์พันธุ์ จันทะศักดิ์^{1*} พ.อ.ภาสกร ยะสะวุฒิ² ดร.เยาวเรศ จันทะศักดิ์³

รศ. ดร.โปรดปราน บุญยพุกกณะ⁴ และ ผศ. ดร.พีรวัฒน์ ปลาเงิน⁵

¹กองวิชาวิศวกรรมโยธา ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า จ.นครนายก

²ศูนย์ฝึกบรรเทาสาธารณภัย หน่วยบัญชาการทหารพัฒนา กองบัญชาการกองทัพไทย จ.ฉะเชิงเทรา

³คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จ.นครราชสีมา

⁴คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร

⁵คณะวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่

*Corresponding author address: pongpun.ju@crma.ac.th

บทคัดย่อ

สถานการณ์ไฟป่าของประเทศไทยในปัจจุบันมีการเพิ่มความรุนแรงและเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังนั้น การเฝ้าติดตามไฟป่าแบบใกล้เวลาจริงเป็นข้อมูลที่มีค่าและประโยชน์เพื่อการจัดการและการบรรเทาสาธารณภัย เป็นอย่างมาก การศึกษานี้เป็นการประยุกต์ใช้กูเกิลเอิร์ธเอนจิน (Google Earth Engine: GEE) เพื่อการเฝ้าติดตาม และวิเคราะห์พื้นที่ไฟป่าโดยการใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Terra/Aqua ระบบ MODIS จากฐานข้อมูล Fire Information for Resource Management System (FIRMS) ขององค์กร National Aeronautics and Space Administration (NASA) การศึกษานี้ได้มุ่งเน้นการนำเสนอการใช้กูเกิลเอิร์ธเอนจินแพลตฟอร์มเพื่อการประเมินและแสดงผลจำนวนครั้ง และจำนวนผลรวมสะสมของจุดความร้อน (Hotspot) ในแบบใกล้เวลาจริงและอัตโนมัติ โดยสามารถกำหนดขอบเขตพื้นที่ที่สนใจได้และกำหนดช่วงระยะเวลาที่ต้องการได้ ยิ่งไปกว่านั้นการศึกษานี้ยังสามารถแสดงผลเชิงพื้นที่ที่เกิดจุดความร้อน บ่อยครั้งได้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์สำหรับการเฝ้าระวังและการวางแผนป้องกันการเกิดไฟป่าในพื้นที่ดังกล่าว ในการศึกษา นี้ ได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องของการใช้งานแพลตฟอร์มโดยการเปรียบเทียบกับตำแหน่งอ้างอิงของเหตุการณ์ไฟป่า ที่เกิดขึ้นจริง ในปี พ.ศ.2563 ได้แก่ 1) พื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดนครนายก และ 2) พื้นที่อำเภอพร้าว และอำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ พบว่ามีความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 82.86, 64.38 และ 80.52 ตามลำดับ และค่าสัมประสิทธิ์แคปปา

วันที่รับบทความ:

วันที่แก้ไขบทความ:

วันที่ตอบรับบทความ:

ของความสอดคล้องเท่ากับ 0.66, 0.61 และ 0.62 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ความสอดคล้องระดับดี ดังนั้นการใช้งาน ภูมิเอร์เอนจินแพลตฟอร์มเพื่อการเฝ้าติดตามไฟป่าแบบ ใกล้เวลาจริงและอัตโนมัติ สามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือหนึ่งที่มีประสิทธิภาพสำหรับการเฝ้าระวังพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดไฟป่าได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ: ภูมิเอร์เอนจิน, จุดความร้อนของไฟป่า, ภาพถ่ายดาวเทียม, แบบใกล้เวลาจริง

Abstract

Wildfire situation of Thailand is currently increasing of damage and count. Thus, the monitoring and damage assessment of natural disaster provide valuable and useful information for natural disaster management and mitigation. This study presented the guideline of the application of Google Earth Engine (GEE) for monitoring and analysis of wildfire by using satellite imagery of Terra/Aqua in the system of MODIS from database of the Fire Information for Resource Management System (FIRMS) by the National Aeronautics and Space Administration (NASA). The present study focused on the presentation of using GEE platform for the assessment and display the amount and cumulative count of hotspots in near real-time and automatic. In addition, it can determine the area of interesting (AOI) and time series. The results of the study presented the most of hotspot areas. It is useful for monitoring and planning of the protection of wildfire.

In this study, the accuracy assessment was done by comparing with the locations of wildfire in year 2020 in the study area including 1) Amphoe Muang, Nakhonnayok province, 2) Amphoe Phow and Amphoe Mae-tang, Chiang Mai province. The study indicated that the values of total accuracy were 82.86%, 64.38% and 80.52%, respectively and the Kappa coefficient of correlation were 0.66, 0.61 and 0.62, respectively. It means the results are in good level. As a result, the application of GEE platform for monitoring wildfire in near real-time and automatic can be used as an efficient tool for monitoring the risk area of wildfire.

Keywords: Google Earth Engine, Wildfire Hotspot, Satellite imagery, Near Real Time

1. บทนำ (Introduction)

ไฟป่า (Wildfire) เป็นภัยธรรมชาติที่เกิดขึ้นบ่อยครั้ง ในหลายหลายประเทศ ประเทศไทยก็เป็นประเทศหนึ่งที่ต้องเผชิญกับไฟป่าประจำทุกปีในช่วงฤดูร้อนในหนึ่งรอบปี ซึ่งภัยธรรมชาติดังกล่าว นับวันก็จะยิ่งทวีความรุนแรงขึ้น และเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างต่อเนื่อง [1] ซึ่งสามารถสร้างความเสียหายต่อทรัพย์สินของประชาชนและทางราชการรวมถึงเป็นผลเสียต่อคุณภาพอากาศในปัจจุบัน [2] สาเหตุหลักหนึ่งมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) [3]-[5] ดังนั้นการเฝ้าระวังติดตาม และการประเมินผล ความเสียหายจากภัยธรรมชาติได้อย่างทันทั่วถึง ในแบบ ใกล้เคียงกับเวลาจริง (Near real-time) จะเป็นข้อมูลที่มีค่าและประโยชน์อย่างยิ่งต่อการจัดการภัยธรรมชาติ ในด้านต่าง ๆ เช่น การป้องกัน การระงับเหตุ การสื่อสาร

ข่าวสารของเหตุการณ์ การบรรเทาสาธารณภัยระหว่างเกิดเหตุภัยธรรมชาติ และการช่วยเหลือผู้ประสบภัยภายหลังจากการเกิดภัยธรรมชาติ เป็นต้น ซึ่งการเฝ้าติดตาม และการประเมินผลความเสียหายจากภัยธรรมชาติได้อย่างทัน่วงทีและรวดเร็วทันต่อเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ณ เวลานั้น ยังคงเป็นความท้าทายเป็นอย่างมากสำหรับเจ้าหน้าที่ที่รับผิดชอบและมีอำนาจการตัดสินใจในการระงับเหตุและบรรเทาสาธารณภัยที่จะต้องข้อมูลข่าวสารที่ถูกต้องรวดเร็วและประหยัดงบประมาณค่าใช้จ่าย เพื่อการจัดการภัยธรรมชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพและคุ้มค่า [6],[7] ซึ่งในช่วงสิบปีที่ผ่านมาเทคโนโลยีข้อมูลระยะไกลภาพถ่ายดาวเทียม (Satellite remote sensing technology) ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ เพื่อการจัดการภัยธรรมชาติอย่างแพร่หลาย เหตุผลหลักหนึ่งคือ ค่าใช้จ่ายที่น้อยลงมากสำหรับการใช้งานภาพถ่ายดาวเทียมในปัจจุบัน โดยมีบริการให้ดาวเทียมโหลดได้ฟรีจากเว็บไซต์ในหลาย ๆ องค์กร [6]–[11]

ปัจจุบันได้มีโปรแกรมกูเกิลเอิร์ธเอนจิน (Google Earth Engine: GEE) ซึ่งเป็นแพลตฟอร์มภูมิสารสนเทศของกูเกิล (Google) ใช้สำหรับการวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ และการสร้างภาพ (Visualization) จากชุดข้อมูลเชิงพื้นที่ (Geospatial information) ของภาพถ่ายดาวเทียม (Satellite image) โดยกูเกิลได้จัดทำภาพถ่ายดาวเทียมและเก็บข้อมูลบันทึกย้อนหลังมากกว่า 40 ปีไว้ในแบบคลังข้อมูลสาธารณะ (Data mining) โดยการใช้งานโปรแกรม GEE จะเป็นการเขียนโค้ดคำสั่ง (Code editor) ในภาษา JavaScript เพื่อเรียกใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม นำมาวิเคราะห์และประมวลผลตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา เช่น แสดงข้อมูลอุณหภูมิ (Temperature) ข้อมูลปริมาณน้ำฝน (Precipitation) หรือข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land use) เป็นต้น [12]

สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเฝ้าติดตามและประเมินผลจากเหตุการณ์ไฟป่าในปัจจุบันในประเทศไทยนั้นได้มีการศึกษาเกี่ยวกับจุดความร้อน (Hotspot) โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 OLI/TIRS ในการวิเคราะห์หาค่าความแตกต่างของดัชนีเชิงคลื่นหลายช่วงเวลาในพื้นที่ที่มีการถูกเผาไหม้จากไฟป่าในอุทยานแห่งชาติคลองวังเจ้า คลองลาน และแม่วงก์ ในปี พ.ศ.2559 และ พ.ศ.2560 โดยใช้โปรแกรม ArcGIS ในการวิเคราะห์ [13] และยังมีการนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในระบบ MODIS กับ VIIRS นำมาวิเคราะห์และเปรียบเทียบข้อมูลจุดความร้อนร่วมกับการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในพื้นที่อำเภอลานสัก จังหวัดอุทัยธานี ในปี พ.ศ.2559 ถึง พ.ศ.2562 [14] และข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 ได้ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์และประเมินหาความแตกต่างของการเกิดไฟป่าในพื้นที่อำเภอบางยี่รงค์ จังหวัดแม่ฮ่องสอน ในปี พ.ศ.2562 และ พ.ศ.2563 ในโปรแกรม ArcGIS [15] จากตัวอย่างงานวิจัยที่ได้กล่าวมาจะเห็นได้ว่ายังไม่มีมีการนำโปรแกรมกูเกิลเอิร์ธเอนจินเพื่อการวิเคราะห์และประเมินผลภัยธรรมชาติอย่างจริงจังในประเทศไทย

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์หลักคือ การนำเสนอการใช้กูเกิลเอิร์ธเอนจิน (GEE) เพื่อการเฝ้าติดตามและวิเคราะห์พื้นที่ไฟป่าโดยการใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Terra/Aqua ระบบ MODIS จากฐานข้อมูล Fire Information for Resource Management System (FIRMS) ขององค์กร National Aeronautics and Space Administration (NASA) ซึ่งมุ่งเน้นการประเมิน และแสดงผลจำนวนครั้งและจำนวนสะสมรวมของจุดความร้อน (Hotspot) ในแบบใกล้เวลาจริงและอัตโนมัติ ซึ่งสามารถกำหนดขอบเขตพื้นที่ที่สนใจได้และกำหนดช่วงระยะเวลาที่ต้องการได้ ยิ่งไปกว่านั้นการศึกษานี้ยังสามารถแสดงผลเชิงพื้นที่ที่เกิดจุดความร้อนบ่อยครั้งได้ ซึ่งจะประโยชน์สำหรับการเฝ้าระวังและการวางแผนเพื่อป้องกันการเกิดไฟป่าในพื้นที่เสี่ยงได้

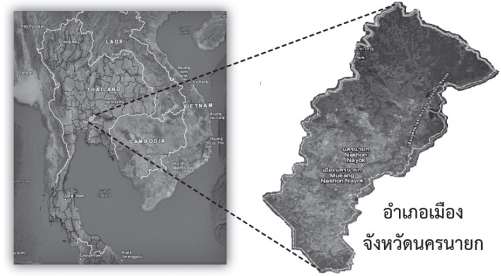
2. การดำเนินการศึกษา (methodology)

2.1 พื้นที่ศึกษา (Study Area)

การศึกษานี้ได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องของการใช้งานแพลตฟอร์มโดยการเปรียบเทียบการประเมินผลของจำนวนครั้งและจำนวนสะสมรวมของจุดความร้อนกับเหตุการณ์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจริง ได้แก่ 1) บริเวณพื้นที่ที่เทือกเขาอำเภอเมือง จังหวัดนครนายก ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2563 (<https://highlight.kapook.com/view/200411>) และ 2) บริเวณพื้นที่ที่เทือกเขาอำเภอพร้าว และอำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ ในช่วงเดือนมีนาคม พ.ศ.2563 (<https://mgronline.com/local/detail/9640000027304>; <https://www.bangkokbiznews.com/news/detail/927174>) ดังนั้นในการศึกษานี้จึงได้นำทั้งสองพื้นที่ที่ได้กล่าวนำมาเป็นกรณีศึกษาและพื้นที่ศึกษา

2.1.1 พื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดนครนายก

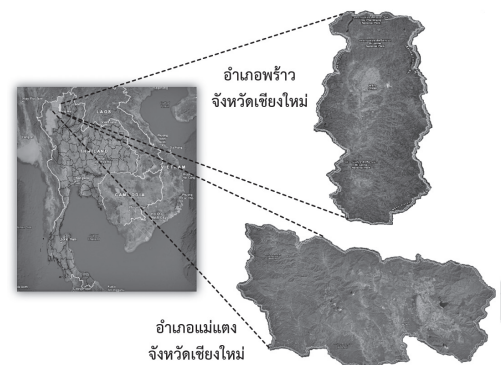
อำเภอเมืองนครนายก เป็นหนึ่งอำเภอในทั้งหมดสี่อำเภอของจังหวัดนครนายก ได้แก่ อำเภอเมืองนครนายก อำเภอบ้านนา อำเภอปากพลี และอำเภอองครักษ์ ซึ่งอำเภอเมืองจังหวัดนครนายกมีพื้นที่ประมาณ 728 ตร.กม. จากพื้นที่ทั้งหมดของจังหวัด 2,122 ตร.กม. คิดเป็นหนึ่งในสามของพื้นที่ทั้งจังหวัด มีสภาพภูมิอากาศอุณหภูมิต่ำสุดที่ 24 องศาเซลเซียส ในเดือนธันวาคม และอุณหภูมิสูงสุดที่ 34 องศาเซลเซียส ในเดือนเมษายนของทุกปี ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งปีประมาณ 193 มม. มีจำนวนประชากรในพื้นที่อำเภอเมืองนครนายก ประมาณ 102,266 คน ในปี พ.ศ.2562 [16] โดยทางทิศเหนือของพื้นที่ของอำเภอเมือง จังหวัดนครนายก จะเป็นพื้นที่ที่เทือกเขา ส่วนทางทิศใต้จะเป็นพื้นที่ราบเหมาะกับการเพาะปลูกและทำการเกษตร [16] รูปที่ 1 แสดงที่ตั้งของพื้นที่ศึกษา อำเภอเมือง จังหวัดนครนายก



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษา (อำเภอเมือง จังหวัดนครนายก)

2.1.2 พื้นที่อำเภอพร้าว และอำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่

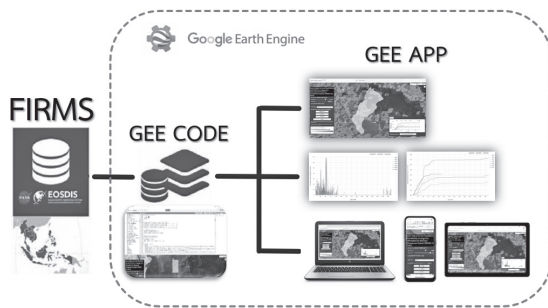
อำเภอพร้าว และอำเภอแม่แตง เป็นอำเภอในจังหวัดเชียงใหม่ จากจำนวนอำเภอทั้งหมด 25 อำเภอ โดยอำเภอพร้าวมีพื้นที่ประมาณ 1,149 ตร.กม. จากพื้นที่ทั้งจังหวัดเชียงใหม่ 20,108 ตร.กม. และมีจำนวนประชากรในพื้นที่ในอำเภอพร้าว 102,266 คน ในปี พ.ศ.2563 สำหรับอำเภอแม่แตงมีพื้นที่ประมาณ 1,363 ตร.กม. และมีจำนวนประชากรในพื้นที่อำเภอแม่แตง 81,166 คน ในปี พ.ศ.2563 โดยทั่วไปพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ มีสภาพอากาศค่อนข้างเย็นเกือบตลอดทั้งปี มีอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปี 25.4 องศาเซลเซียส โดยมีค่าอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยที่ 20.1 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยที่ 31.8 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งปีประมาณ 1,100 ถึง 1,200 มม. [17] รูปที่ 2 แสดงที่ตั้งของเขตพื้นที่อำเภอพร้าว และอำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่



รูปที่ 2 พื้นที่ศึกษา (อำเภอพร้าว และอำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่)

2.2 วิธีการศึกษา (Methodology of study)

การศึกษานี้ได้นำโปรแกรมกูเกิลเอิร์ธเอนจิน (GEE) มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์และประเมินผลภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อการเฝ้าติดตามและวิเคราะห์พื้นที่ไฟป่าในแบบใกล้เวลาจริงและอัตโนมัติ โดยในรูปที่ 3 ได้แสดงขั้นตอนของการศึกษาในโปรแกรม GEE ผ่านการเขียนโค้ดคำสั่งด้วยภาษา JavaScript เพื่อเรียกใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Terra/Aqua ระบบ Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) จากฐานข้อมูล Fire Information for Resource Management System (FIRMS) ขององค์กร National Aeronautics and Space Administration (NASA) นำมาวิเคราะห์และประมวลผลสำหรับการศึกษา



รูปที่ 3 แผนผังของวิธีการศึกษา

การศึกษานี้ได้แบ่งวิธีการศึกษาออกเป็นขั้นตอนหลักด้วยกัน 3 ขั้นตอน คือ 1) เตรียมการและตรวจสอบช่วงเวลาของข้อมูลเพื่อการดาวน์โหลดแบบใกล้เวลาจริงและอัตโนมัติในทุก ๆ 5 นาที จากฐานข้อมูล FIRMS ขององค์กร NASA (<https://earthdata.nasa.gov/earth-observation-data/near-real-time/firms>) 2) เขียนโปรแกรมภาษา JavaScript ในแพลตฟอร์ม GEE CODE เพื่อเรียกใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Terra/Aqua ระบบ MODIS จากฐานข้อมูล FIRMS และนำข้อมูลนำมาวิเคราะห์และประมวลผลแบบอัตโนมัติตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา และ 3) นำผลการวิเคราะห์และประมวลผล

จำนวนครั้งและจำนวนสะสมรวมของจุดความร้อน (Hotspot) ในพื้นที่ที่สนใจที่ได้กำหนด แสดงผลในแดชบอร์ด (Dashboard) และออนไลน์ผ่านเครื่องมือ GEE APP ในรูปของเว็บไซต์เพื่อการใช้งานในแบบใกล้เวลาจริงและอัตโนมัติ

2.2.1 การเตรียมข้อมูลที่ใช้งาน (Preparation of USED DATA)

ข้อมูลจุดความร้อนของไฟป่า (Wild fire hotspot data) ที่ได้นำมาใช้ในการศึกษานี้เป็นข้อมูลจากการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียมในระบบ MODIS ได้จากดาวเทียมด้วยกันสองดาวเทียม ได้แก่ Terra และ Aqua ซึ่งได้ทำการปล่อยเข้าสู่สู่อวกาศเมื่อปี ค.ศ.1999 และ 2002 ตามลำดับ เพื่อทำการสำรวจโลกและเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อมและภัยพิบัติ โดยได้ติดตั้งเซนเซอร์ระบบ MODIS ไปกับดาวเทียมทั้งสอง [18]

การกำหนดและแสดงผลตำแหน่งจุดความร้อนนั้นจะเป็นการวิเคราะห์จากค่าพารามิเตอร์ (Parameter) ซึ่งเป็นค่าความเป็นไปได้ของการเกิดจุดความร้อนในรูปแบบพิกเซล (Pixel) ของภาพถ่ายดาวเทียมในระบบ MODIS โดยได้จากการคำนวณค่าความเชื่อมั่น (Confidence value) ซึ่งคำนวณจากค่าเฉลี่ยทางเรขาคณิตของพารามิเตอร์ย่อย (Geometric mean of sub-confidence parameters) จำนวน 5 พารามิเตอร์ย่อย แบ่งออกเป็น C_1 ถึง C_5 [19],[20]

พารามิเตอร์ย่อย C_1 ถึง C_5 ดังกล่าวจะถูกคำนวณจากค่าต่างๆ ประกอบไปด้วย T_4 คือ ช่วงค่าความส่องสว่างของอุณหภูมิ (Brightness temperature) ที่ 360 K หรือช่วงความยาวคลื่นที่ 4 ไมโครเมตร (μm), N_{aw} คือ จำนวนพิกเซลของน้ำ (Number of adjacent water pixels), N_{ac} คือ จำนวนพิกเซลของเมฆ (Number of adjacent cloud pixels), Z_4 และ $Z_{\Delta T}$ คือ ค่าตัวแปรมาตรฐาน (Standardized variables) และ $S(x; \alpha, \beta)$ คือ ฟังก์ชันลาดเอียง (The ramp function) ดังแสดงในสมการที่ 1-3: [20]

$$\text{if } x \leq \alpha; \text{ then } S(x; \alpha, \beta) = 0 \quad (1)$$

$$\text{if } \alpha < x < \beta; \text{ then } S(x; \alpha, \beta) = \frac{(x - \alpha)}{(\beta - \alpha)} \quad (2)$$

$$\text{if } x \geq \beta; \text{ then } S(x; \alpha, \beta) = 1 \quad (3)$$

ดังนั้นพารามิเตอร์ย่อย C_1 ถึง C_5 สามารถคำนวณได้จากสมการดังแสดงในสมการที่ 4 - 8: [20]

$$C_1 = S(T_4; T_4, 360K) \quad (4)$$

$$C_2 = S(Z_4; 3.0, 6) \quad (5)$$

$$C_3 = S(Z_{\Delta T}; 3.5, 6) \quad (6)$$

$$C_4 = 1 - S(N_{ac}; 0, 4) \quad (7)$$

$$C_5 = 1 - S(N_{aw}; 0, 4) \quad (8)$$

โดยช่วงค่าความเชื่อมั่น (Confidence range)

จะพิจารณาตามช่วงค่าร้อยละที่คำนวณได้ ดังนี้ ความเชื่อมั่นต่ำ (Low) $0\% \leq C < 30\%$ ความเชื่อมั่นปกติ (Nominal) $30\% \leq C < 80\%$ และความเชื่อมั่นสูง (High) $80\% \leq C \leq 100\%$

2.2.2 การวิเคราะห์และประมวลผล (Analysis and processing)

ภายหลังจากการเตรียมการ และตรวจสอบช่วงเวลาของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในระบบ MODIS จากฐานข้อมูล FIRMS เรียบร้อย ขั้นตอนต่อไปคือการเขียนคำสั่งภาษา JavaScript ในแพลตฟอร์มการทำงานโค้ดของกูเกิลเอิร์ธเอนจิน (GEE CODE editor) เพื่อดาวน์โหลดและสร้างเดสก์บอร์ดโดยสามารถให้ผู้ใช้สามารถกำหนดพื้นที่ที่สนใจวิเคราะห์และเลือกช่วงเวลาที่จะประมวลผลได้ ดังแสดงตัวอย่างโค้ดภาษา JavaScript ที่ได้เขียนขึ้นเพื่อการศึกษาในรูปที่ 4 และสามารถดาวน์โหลดโค้ดภาษาทั้งหมดได้ที่ <http://thai-deutsch-civilengineering.blogspot.com/>

```
// *****
// ----- Instructions for FIRMS Explorer -----
// *****
//
// @author Juntakut P.
// Last updated: March 18, 2021
// Purpose: plot timeseries of MODIS/FIRMS active fire counts
// by region and day of year, across years
//
// ***** Code *****
//
// Note: The drawing tools and app codes are based on the tutorial by Justin Braaten & Tianjia Liu:
// https://developers.google.com/earth-engine/tutorials/community/drawing-tools-region-reduction
// https://github.com/tianjialiu/FIRECAM
//
// Hide the drawing tools widget; we want a really simple interface.
// We'll add our own buttons or geometry selection.
// var baseMap = require('users:juntakut37/packages:baseMap.js');
// Map.drawingTools().setShown(false);
// Map.setOptions('Dark', {'Dark': baseMap.darkTheme});
// Map.setOptions('Terrain');
// Map.setOptions('Satellite');
// Map.setOptions('Hybrid');
// Map.setCenter(0, 0, 4);
// Map.setControlVisibility({layerList: true, zoomControl: false});
//
// Define symbols for the labels.
var symbol = {
  rectangle: '■',
  polygon: '▲',
  pan: '0'
};
//
// Set up a ui.Panel to hold instructions and the geometry drawing buttons.
var startYearSlider = ui.Slider({min: 2001, max: 2021, value: 2015, step: 1,
  style: {stretch: 'horizontal', 'background-color': '333333', color: 'white', 'fontSize': '18px'}});
var endYearSlider = ui.Slider({min: 2001, max: 2021, value: 2021, step: 1,
  style: {stretch: 'horizontal', 'background-color': '333333', color: 'white', 'fontSize': '18px'}});
var doyText = ui.Textbox({placeholder: '1-365', value: '1-365',
  style: {stretch: 'horizontal', 'background-color': '333333', color: 'black', 'fontSize': '18px'}});
//
var changeSliderYr = function() {
  var startYr = startYearSlider.getValue();
  var endYr = endYearSlider.getValue();
  if (endYr < startYr) {endYearSlider.setValue(startYr)}
}
```

รูปที่ 4 ตัวอย่างโค้ดภาษา JavaScript ที่ใช้ในการศึกษา

2.2.3 การแสดงผล (Display)

สำหรับการนำผลการวิเคราะห์ และประมวลผลมานำเสนอและแสดงผลผ่านเดสก์บอร์ดออนไลน์ เพื่อให้ผู้ที่สนใจใช้งานสามารถใช้งานแพลตฟอร์มได้นั้น จะใช้เครื่องมือ GEE APP ซึ่งเป็นฟังก์ชันหนึ่งในโปรแกรมกูเกิลเอิร์ธเอนจินแพลตฟอร์ม โดยสามารถนำเดสก์บอร์ดที่ได้ออกแบบและสร้างไว้โพสต์โฮสต์ขึ้นในเซิร์ฟเวอร์ (Server) ของกูเกิลเอิร์ธเอนจินและจะได้รับโดเมนจากโปรแกรมกูเกิลเอิร์ธเอนจิน ดังแสดงในรูปที่ 5

รูปที่ 5 ฟังก์ชัน GEE APP ในโปรแกรมกูเกิลเอิร์ธเอนจิน

การเริ่มต้นใช้งานเครื่องมือ GEE APP ในการศึกษานี้ มีลำดับขั้นตอนหลักในเมนูบาร์ของหน้าต่างเว็บเบราว์เซอร์ ดังนี้ 1) การเลือกปีที่ต้องการกำหนด โดยให้เลื่อนบาร์เพื่อระบุปี 2) การเลือกพื้นที่สนใจ โดยให้กดปุ่มในแบบ “RECTANGLE” หรือ “POLYGON” ตามที่ต้องการสามารถซูม และเลื่อนหน้าจอไปมาได้จากการกดปุ่ม “PAN MAP” และ 3) การแสดงผลลัพธ์ โดยภายหลังจากการกำหนดขอบเขตพื้นที่สนใจเสร็จให้กดปุ่ม “SUBMIT” เพื่อแสดงผลลัพธ์บนหน้าต่างเบราว์เซอร์

2.2.4 การประเมินผลความถูกต้อง (ACCURACY ASSESSMENT)

สำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของผลการศึกษา การศึกษานี้ได้ใช้การเปรียบเทียบผลการศึกษากับข้อมูลในรายงานสถิติจำนวนตำแหน่งที่เกิดไฟฟ้าของจุดความร้อน จากรายงานข้อมูลของส่วนควบคุมไฟฟ้า สำนักป้องกัน ปรามปราม และควบคุมไฟฟ้า กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่า และพันธุ์พืช กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม [21],[22] และจากข้อมูลสถานการณ์ไฟฟ้าของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (Geo-Informatics and Space Technology Development Agency: GISTDA) [23] โดยจะมุ่งเน้นการตรวจสอบผลการศึกษากับข้อมูลอ้างอิงในพื้นที่ศึกษา ได้แก่ บริเวณพื้นที่ที่เือกเขา อำเภอเมือง จังหวัดนครนายก จำนวน 140 จุด และบริเวณพื้นที่ที่เือกเขา อำเภอพร้าว และอำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 73 จุด และ 154 จุด ตามลำดับ

ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของโคเฮน (Cohen's Kappa) [24] ได้ถูกนำมาหาค่าความสอดคล้องระหว่างผลการศึกษาและเหตุการณ์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจริงตามจำนวนอ้างอิงในพื้นที่ศึกษาในโปรแกรมอาร์ (Program R) โดยค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของโคเฮน ($\hat{k}$) หาได้จากสมการ [24]

$$\hat{k} = \frac{p_o - p_e}{1 - p_e} \quad (9)$$

$$p_o = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k n_{ii} \quad (10)$$

$$p_e = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k n_{i+} n_{+i} \quad (11)$$

โดย p_o คือ ความน่าจะเป็นความสอดคล้องของค่าสังเกต (Observe probability of agreement), p_e คือ ความน่าจะเป็นความสอดคล้องของค่าคาดหวัง (Hypothetical expected probability of agreement) ในสมการที่ 10 และ 11 แสดงการคำนวณหาค่า p_o และ p_e ตามลำดับ

		Commission Errors →				
		Reference Data (Ex. Class form field)				
← Omission Errors	Classified Data	Class 1	n_{11}	n_{12}	n_{1k}	n_{1+}
		Class 2	n_{21}	n_{22}	n_{2k}	n_{2+}
		-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-
		Class k	n_{k1}	n_{k2}	n_{kk}	n_{k+}
		Sum	n_{+1}	n_{+2}	n_{+k}	n

การแปลความหมายของค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของโคเฮน พิจารณาดังแสดงในตารางที่ 1 [24]

ตารางที่ 1 ความหมายของค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของโคเฮน (Cohen's Kappa) [24]

ค่าสัมประสิทธิ์ (Kappa)	ขนาดความสอดคล้อง (Strage of Agreement)
< 0.00	แย่ (Poor)
0.00 - 0.20	น้อย (Slight)
0.21 - 0.40	พอใช้ (Fair)
0.41 - 0.60	ปานกลาง (Moderate)
0.61 - 0.80	ดี (Substantial)
0.81 - 1.00	ดีมาก (Almost perfect)

สำหรับการประเมินค่าความถูกต้องเป็นการพิจารณาข้อมูลผลการจำแนกชั้นข้อมูล ณ ตำแหน่งที่ตั้งหน่วยตัวอย่าง (จุดสำรวจ) เปรียบเทียบความสอดคล้องกันกับความเป็นจริงที่พบในภาคสนามที่ถือว่าเป็นข้อมูลอ้างอิงแล้วทำการแจกแจงให้อยู่ในรูปของตารางข้อมูลที่เรียกว่า Error Matrix หรือเรียกว่า Confusion Matrix หรือ Contingency Table โดยสามารถใช้วิเคราะห์หาค่าแสดงความถูกต้องได้หลายลักษณะด้วยกัน ดังนี้ 1) ความถูกต้องของผู้ผลิต (Producer's Accuracy: PA) เป็นการสะท้อนให้เห็นประสิทธิภาพของการขึ้นข้อมูลของตัวจำแนก (Classifier), 2) ความถูกต้องของผู้ใช้ (User's Accuracy: UA) เป็นการสะท้อนประสิทธิภาพของการจำแนกสามารถบ่งบอกความน่าเชื่อถือในการนำข้อมูลในแต่ละชั้นข้อมูลไปใช้ และ 3) ความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy: OA) เป็นการแสดงความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลที่มีความสอดคล้องตรงกันระหว่างจุดตรวจสอบกับข้อมูลอ้างอิงคิดเป็นร้อยละของจุดตรวจสอบทั้งหมดโดยไม่คำนึงถึงลักษณะของความผิดพลาด ซึ่งจะเป็นการพิจารณาโดยรวมของทุกชั้นข้อมูลที่จำแนกได้แสดงเป็นค่าความถูกต้องเดียว โดยสมการที่ 12-16 แสดงการคำนวณหาค่าต่าง ๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ดังนี้ [24]

ค่าผลรวมตามแนวนอน:

$$n_{i+} = \sum_{j=1}^k n_{ij} \quad (12)$$

ค่าผลรวมตามแนวตั้ง:

$$n_{+j} = \sum_{i=1}^k n_{ij} \quad (13)$$

ความถูกต้องของผู้ผลิต (PA):

$$PA = \frac{n_{ii}}{n_{+j}} \quad (14)$$

ความถูกต้องของผู้ใช้ (UA):

$$UA = \frac{n_{ii}}{n_{i+}} \quad (15)$$

ความถูกต้องโดยรวม (OA):

$$OA = \frac{\sum_{i=1}^k n_{ii}}{n} \quad (16)$$

3. ผลการศึกษาและการอภิปราย (Results and discuss)

ผลการศึกษาของการวิเคราะห์และประเมินผลของจุดความร้อนของการเกิดไฟป่า (Wildfire hotspot) สามารถเข้าใช้งานผ่านแพลตฟอร์มกูเกิลเอิร์ธเอนจิน (GEE) ได้ที่ <https://juntakut37.users.earthengine.app/view/hotspots-in-thailand> สำหรับโค้ดภาษา JavaScript ที่ใช้ในการศึกษานี้สามารถดาวน์โหลดได้ที่ <http://thai-deutsch-civilengineering.blogspot.com/> หรือ

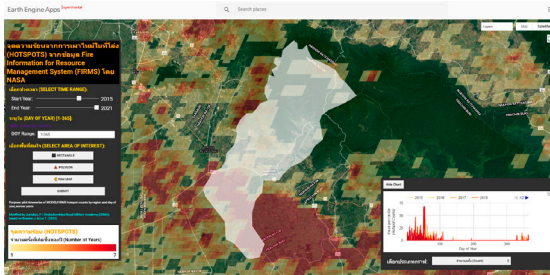
3.1 ผลการวิเคราะห์จุดความร้อนของการเกิดไฟป่า

3.1.1 อำเภอเมือง จังหวัดนครนายก

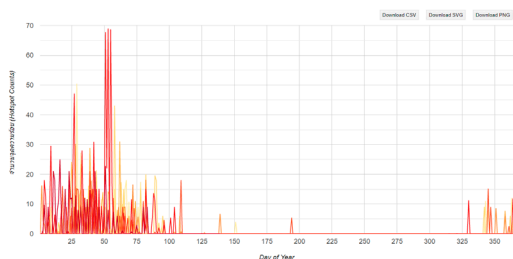
จากผลการศึกษาที่ได้ประมวลผลจำนวนและผลรวมสะสมของจุดความร้อนที่ทำให้เกิดไฟป่า (Hotspot count) และวิเคราะห์ระบุถึงเดือนที่มีจำนวนจุดความร้อนสูงสุดในรอบปี บนฐานข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในระบบ MODIS ระหว่างปี พ.ศ.2558 ถึง 2564 ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดนครนายก โดยในปี พ.ศ.2563 มีจำนวนจุดความร้อนมากที่สุดที่ 688 จุด และในเดือนที่ควรเฝ้าระวังคือช่วงต้นปี (ม.ค.-มี.ค.) อันเนื่องมาจากจำนวนจุดความร้อนที่เกิดขึ้นมีมากที่สุดในช่วงเดือนมกราคม และกุมภาพันธ์ ดังแสดงในตารางที่ 2 และได้แสดงในเดรชบอร์ดแบบเชิงพื้นที่และกราฟแสดงจำนวนและผลรวมสะสมของจุดความร้อนในแต่ละปีในรูปแบบใกล้เคียงเวลาจริงและอัตโนมัติ ดังแสดงในรูปที่ 6-8

ตารางที่ 2 จำนวนจุดความร้อน (Hotspot count) และเดือนที่มีจำนวนจุดความร้อนสูงสุดในรอบปีจากระบบ MODIS (พ.ศ.2558-2564) ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดนครนายก

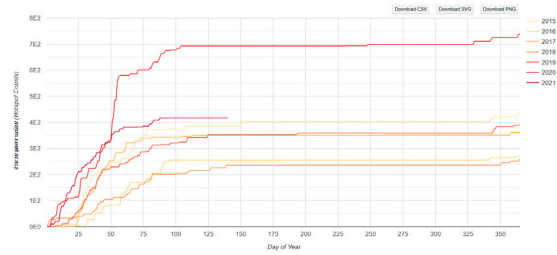
ปี พ.ศ. (Year)	จำนวน จุดความร้อน (Hotspot count)	เดือนที่มีจำนวน จุดความร้อน สูงสุด (Month)
2558	400	มกราคม
2559	249	กุมภาพันธ์
2560	316	มีนาคม
2561	246	กุมภาพันธ์
2562	338	มกราคม
2563	688	กุมภาพันธ์
2564 (ม.ค.-พ.ค.)	372	มกราคม



รูปที่ 6 กูเกิลเอิร์ธเอนจินแพลตฟอร์ม (GEE platform) แสดงข้อมูลจุดความร้อน (Hotspot) ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดนครนายก



รูปที่ 7 กราฟแสดงจำนวนจุดความร้อน (Hotspot count) รายวันในแต่ละปี (พ.ศ.2558-2564) ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดนครนายก



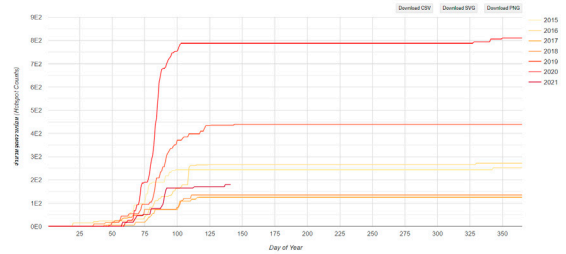
รูปที่ 8 กราฟแสดงจำนวนผลรวมสะสมของจุดความร้อน (Hotspot cumulative sum) รายวันในแต่ละปี (พ.ศ.2558-2564) ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดนครนายก

3.1.2 อำเภอพริ้ว และอำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่

จากผลการศึกษาได้ประมวลผลจำนวนและผลรวมสะสมของจุดความร้อนที่ทำให้เกิดไฟป่า (Hotspot count) และวิเคราะห์ระบุถึงเดือนที่มีจำนวนจุดความร้อนสูงสุดในรอบปี บนฐานข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในระบบ MODIS ระหว่างปี พ.ศ.2558 ถึง 2564 ในพื้นที่อำเภอพริ้ว และอำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ โดยในพื้นที่อำเภอพริ้ว ในปี พ.ศ.2563 มีจำนวนจุดความร้อนของไฟป่ามากที่สุดที่ 810 จุด และในเดือนที่ควรเฝ้าระวังคือช่วงต้นปี (มี.ค.-เม.ย.) อันเนื่องมาจากจำนวนครั้งจุดความร้อนที่เกิดขึ้นมากที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 3 และในรูปที่ 9-11 สำหรับพื้นที่อำเภอแม่แตง นั้นในปี พ.ศ.2563 มีจำนวนจุดความร้อนของไฟป่ามากที่สุดที่ 1,097 จุด และเดือนที่ควรเฝ้าระวังคือช่วงต้นปี (ก.พ.-เม.ย.) อันเนื่องมาจากจำนวนครั้งจุดความร้อนที่เกิดขึ้นมากที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 4 และในรูปที่ 12-14

ตารางที่ 3 จำนวนจุดความร้อน (Hotspot count) และเดือนที่มีจำนวนจุดความร้อนสูงสุดในรอบปีจากระบบ MODIS (พ.ศ.2558-2564) ในพื้นที่อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่

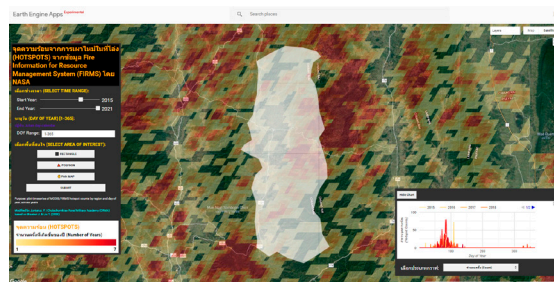
ปี พ.ศ. (Year)	จำนวน จุดความร้อน (Hotspot count)	เดือนที่มีจำนวนจุด ความร้อนสูงสุด (Month)
2558	253	มีนาคม
2559	272	เมษายน
2560	125	เมษายน
2561	135	เมษายน
2562	439	มีนาคม
2563	810	มีนาคม
2564	180	เมษายน
(ม.ค.-พ.ค.)		



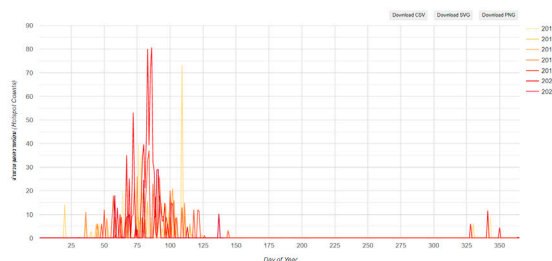
รูปที่ 11 กราฟแสดงจำนวนผลรวมสะสมของจุดความร้อน (Hotspot cumulative sum) รายวันในแต่ละปี (พ.ศ.2558-2564) ในพื้นที่อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่

ตารางที่ 4 จำนวนจุดความร้อน (Hotspot count) และเดือนที่มีจำนวนจุดความร้อนสูงสุดในรอบปีจากระบบ MODIS (พ.ศ.2558-2564) ในพื้นที่อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่

ปี พ.ศ. (Year)	จำนวน จุดความร้อน (Hotspot count)	เดือนที่มีจำนวน จุดความร้อน สูงสุด (Month)
2558	701	กุมภาพันธ์
2559	577	มีนาคม
2560	303	มีนาคม
2561	217	กุมภาพันธ์
2562	934	กุมภาพันธ์
2563	1,097	เมษายน
2564 (ม.ค.-พ.ค.)	369	มีนาคม



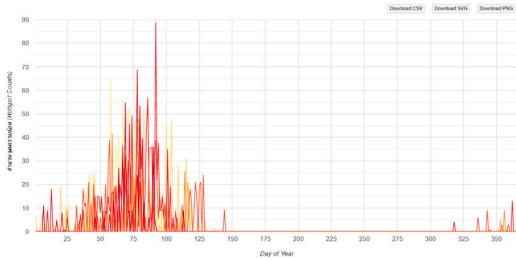
รูปที่ 9 กูเกิลเอิร์ธเอนจินแพลตฟอร์ม (GEE platform) แสดงข้อมูลจุดความร้อน (Hotspot) ในพื้นที่อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่



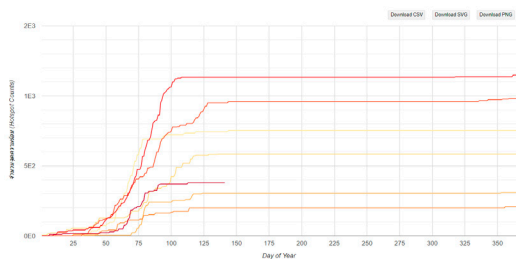
รูปที่ 10 กราฟแสดงจำนวนจุดความร้อน (Hotspot count) รายวันในแต่ละปี (พ.ศ.2558-2564) ในพื้นที่อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่



รูปที่ 12 กูเกิลเอิร์ธเอนจินแพลตฟอร์ม (GEE platform) แสดงข้อมูลจุดความร้อน (Hotspot) ในพื้นที่อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่



รูปที่ 13 กราฟแสดงจำนวนจุดความร้อน (Hotspot count) รายวันในแต่ละปี (พ.ศ.2558-2564) ในพื้นที่อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่



รูปที่ 14 กราฟแสดงจำนวนผลรวมสะสมของจุดความร้อน (Hotspot cumulative sum) รายวันในแต่ละปี (พ.ศ.2558-2564) ในพื้นที่อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่

3.2 ผลการประเมินความถูกต้อง

การเปรียบเทียบผลการศึกษากับข้อมูลในรายงานสถิติจำนวนตำแหน่งอ้างอิงที่เกิดไฟฟ้าของจุดความร้อน จากรายงานข้อมูลของส่วนควบคุมไฟฟ้า สำนักป้องกันปราบปราม และควบคุมไฟฟ้า กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ในพื้นที่ศึกษาบริเวณพื้นที่ที่เฝ้าระวัง อำเภอเมือง จังหวัดนครนายก (เกิดไฟฟ้าขึ้นจริงในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2563) และบริเวณพื้นที่ที่เฝ้าระวัง อำเภอพรวัว และอำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ (เกิดไฟฟ้าขึ้นจริงในช่วงเดือนมีนาคม พ.ศ.2563) แสดงให้เห็นว่ามีความสอดคล้องกันระหว่างผลการศึกษาและเหตุการณ์การเกิดไฟฟ้าขึ้นจริง ดังแสดงในรูปที่ 15-17

โดยมีค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของโคเฮนที่ $\hat{k} = 0.66$ แสดงถึงมีขนาดความสอดคล้องในระดับดี และมีความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 82.86 ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดนครนายก สำหรับในพื้นที่อำเภอพรวัว จังหวัดเชียงใหม่ได้ค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของโคเฮนที่ $\hat{k} = 0.61$ แสดงถึงมีขนาดความสอดคล้องในระดับดี และมีความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 64.38 และในพื้นที่อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ ได้ค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของโคเฮนที่ $\hat{k} = 0.62$ แสดงถึงมีขนาดความสอดคล้องในระดับดี และมีความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 80.52 ดังแสดงในตารางที่ 5-7

อ.เมือง จ.นครนายก	
ผลการศึกษา (2563)	ภาพถ่าย (ก.พ.63)
	https://highlight.kapook.com/view/200411
	https://www.thairath.co.th/news/local/central/1777641

รูปที่ 15 ผลการเปรียบเทียบพื้นที่ที่เกิดจุดความร้อนกับจุดอ้างอิงที่เกิดไฟป่าใน อ.เมือง จ.นครนายก ปี พ.ศ.2563

อ.พรวัว จ.เชียงใหม่	
ผลการศึกษา (2563)	ภาพถ่าย (มี.ค.63)
	https://mgronline.com/local/detail/9640000027304

รูปที่ 16 ผลการเปรียบเทียบพื้นที่ที่เกิดจุดความร้อนกับจุดอ้างอิงที่เกิดไฟป่าใน อ.พรวัว จ.เชียงใหม่ ปี พ.ศ.2563

อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่	
ผลการศึกษา (2563)	ภาพข่าว (มี.ค.63)
	
	https://mgronline.com/local/detail/9640000027069

รูปที่ 17 ผลการเปรียบเทียบพื้นที่ที่เกิดจุดความร้อนกับจุดอ้างอิงที่เกิดไฟป่าใน อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่ ปี พ.ศ.2563

ตารางที่ 5 การตรวจสอบความถูกต้องของจุดทดสอบอ้างอิง ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดนครนายก

Class	จุดถูกเผาไหม้	จุดที่ไม่ใช่พื้นที่เผาไหม้	รวม	ความถูกต้องของผู้ใช้ (%)
จุดถูกเผาไหม้	64	5	69	92.75
จุดที่ไม่ใช่พื้นที่เผาไหม้	52	19	71	73.24
รวม	116	24	140	
ความถูกต้องของผู้ผลิต (%)	55.17	79.17		
ความถูกต้องรวม (%)	82.86			
ค่า Cohen's Kappa	0.66			

ตารางที่ 6 การตรวจสอบความถูกต้องของจุดทดสอบอ้างอิง ในพื้นที่อำเภอพร้าวจังหวัดเชียงใหม่

Class	จุดถูกเผาไหม้	จุดที่ไม่ใช่พื้นที่เผาไหม้	รวม	ความถูกต้องของผู้ใช้ (%)
จุดถูกเผาไหม้	36	3	39	92.31
จุดที่ไม่ใช่พื้นที่เผาไหม้	11	23	34	67.65
รวม	47	26	73	
ความถูกต้องของผู้ผลิต (%)	76.59	88.46		
ความถูกต้องรวม (%)	64.38			
ค่า Cohen's Kappa	0.61			

ตารางที่ 7 การตรวจสอบความถูกต้องของจุดทดสอบอ้างอิงในพื้นที่อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่

Class	จุดถูกเผาไหม้	จุดที่ไม่ใช่พื้นที่เผาไหม้	รวม	ความถูกต้องของผู้ใช้ (%)
จุดถูกเผาไหม้	108	5	113	95.57
จุดที่ไม่ใช่พื้นที่เผาไหม้	16	25	41	60.98
รวม	124	30	154	
ความถูกต้องของผู้ผลิต (%)	87.09	83.33		
ความถูกต้องรวม (%)	80.52			
ค่า Cohen's Kappa	0.62			

4. สรุปผลการศึกษา

การศึกษานี้ได้เสนอและชี้ให้เห็นแนวทางการประยุกต์ใช้กูเกิลเอิร์ธเอนจิน (Google Earth Engine: GEE) เพื่อการเฝ้าติดตามและวิเคราะห์พื้นที่ไฟป่าโดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Terra/Aqua ระบบ MODIS จากฐานข้อมูล Fire Information for Resource Management System (FIRMS) ขององค์กร National Aeronautics and Space Administration (NASA) ซึ่งมุ่งเน้นการนำเสนอการใช้กูเกิลเอิร์ธเอนจินแพลตฟอร์มเพื่อการประเมินและแสดงผลจำนวนครั้งและจำนวนผลรวมสะสมของจุดความร้อน (Hotspot) ในแบบใกล้เคียงเวลาจริงและอัตโนมัติ โดยสามารถกำหนดขอบเขตพื้นที่ที่สนใจได้และกำหนดช่วงระยะเวลาที่ต้องการได้ ยิ่งไปกว่านั้นการศึกษานี้ยังสามารถแสดงผลเชิงพื้นที่ที่เกิดจุดความร้อนบ่อยครั้งได้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์สำหรับการเฝ้าระวังและการวางแผนเพื่อป้องกันการเกิดไฟป่าในพื้นที่ดังกล่าว

การศึกษานี้ได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องของการใช้งานแพลตฟอร์มโดยการเปรียบเทียบกับตำแหน่งอ้างอิงของเหตุการณ์ไฟป่าที่เกิดขึ้นจริง ได้แก่ 1) พื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดนครนายก ในปี พ.ศ.2563 และ 2) พื้นที่อำเภอพร้าวจังหวัดเชียงใหม่ ในปี พ.ศ.2563 พบว่ามีความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ

82.86, 64.38 และ 80.52 ตามลำดับ และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของความสอดคล้องเท่ากับ 0.66, 0.61 และ 0.62 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ความสอดคล้องระดับดี

โดยสรุปผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการประยุกต์ใช้แพลตฟอร์ม GEE ด้วยภาษา JavaScript สามารถนำมาใช้เพื่อการเฝ้าติดตามและประเมินผลความเสียหายจากภัยธรรมชาติซึ่งจะมีประโยชน์เป็นอย่างมากต่อการจัดการภัยธรรมชาติเชิงพื้นที่ได้อย่างทันท่วงทีในแบบใกล้เคียง

กับเวลาจริง (Near real-time) ในด้านต่าง ๆ เช่น การป้องกัน การระงับเหตุ การสื่อสารข่าวสารของเหตุการณ์ การบรรเทาสาธารณภัยระหว่างเกิดเหตุภัยธรรมชาติ และการช่วยเหลือผู้ประสบภัยหลังจากการเกิดภัยธรรมชาติ เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตาม ควรมีการดำเนินการสำรวจและตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลกับพื้นที่จริงในภาคสนามอย่างละเอียด และอย่างต่อเนื่อง เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพ และความถูกต้องของการจัดการภัยธรรมชาติที่เกิดขึ้นต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กรมป่าไม้ (2563). ข้อมูลสถิติกรมป่าไม้ปี 2563 (Forestry Statistics Data 2020). *การเกิดไฟไหม้ป่า*. <http://forestinfo.forest.go.th/Content.aspx?id=10400>
- กรมควบคุมมลพิษ. (2564). *จดหมายข่าว: พืชภัยสิ่งแวดล้อม, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, ปีที่ 1, ฉบับที่ 6, ส.ค.-ก.ย.2564*.
- Flannigan M.D., Stocks B.J., Wotton B.M. (2000). Climate change and forest fires, *The Science of the Total Environment*, 262(2000), 221-229.
- Nitschke C.R., Innes J.L. (2006). *Interactions between fire, climate change and forest biodiversity*, CABI Publishing, ISSN 1749-88-48.
- Abatzoglou J.T., Williams A.P. (2016). *Impact of anthropogenic climate change on wildfire across western US forests*, PNAS, October 18, 2016, vol.113, no.42, 11770-11775.
- Simon P., Eva-Maria F., Corinne F. (2017). *A Fully Automatic Instantaneous Fire Hotspot Detection Processor Based on AVHRR Imagery-A Timeline Thematic Processor*, Remote Sens. 2017, 9, 30; doi:10.3390/rs9010030
- Nion S., Sarawut P., Vivarad P. (2017). Near Real Time Wildfire Monitoring in Chiang Rai Province using Mobile Phone Application, *Information Technology Journal*, Vol. 13, No. 2, July-December 2017.
- ดาวุฒิ กาลาเอส และคณะ (2019). *การวิเคราะห์พื้นที่เสียหายจากไฟป่าด้วยข้อมูลจากดาวเทียมในพื้นที่ป่าอนุรักษ์และป่าสงวนแห่งชาติ จังหวัดแม่ฮ่องสอน, วารสารวิจัยและพัฒนาวิจัยและพัฒนายาลอยลงกรณีในพระบรมราชูปถัมภ์, ปีที่ 14, ฉบับที่ 1, พ.ค.-ส.ค.2562, 72-81*.
- Nigro J., Slayback D., Policelli F., Brakenridge G.R. (2014). *NASA/DFO MODIS Near Real-Time (NRT) Global Flood Mapping Product Evaluation of Flood and Permanent Water Detection.*, Eval. Greenbelt MD, https://floodmap.modaps.eosdis.nasa.gov/documents/NASAGlobalNRTEvaluationSummary_v4.pdf

- Wang Y., Colby J.D., Mulcahy K.A. (2002). *An efficient method for mapping flood extent in a coastal floodplain using Landsat TM and DEM data*, Int. J. Remote Sens., 23, 3681–3696.
- พงศ์พันธุ์ จันทะคัต และคณะ (2021) แนวทางการประยุกต์ใช้กูเกิลเอิร์ธเอนจินเพื่อการเฝ้าติดตามและประเมินผลความเสียหายจากภัยธรรมชาติ, The 26th National Convention on Civil Engineering, 23-25 June 2021, Golden City Hotel, Rayong, Thailand.
- Google Earth Engine (2020). Official website: <https://earthengine.google.com>
- สุภาสพงษ์ ฐิ์ทำนอง (2560). การสกัดและประเมินพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้โดยใช้ค่าความแตกต่างของดัชนีเชิงคลื่นหลายช่วงเวลาจากข้อมูลแลนด์แซท 8 : กรณีศึกษา อุทยานแห่งชาติคลองวังเจ้า คลองลานและแม่वंก, วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ (สทสม.), ปีที่ 25, ฉบับที่ 2 (เม.ย.-มิ.ย. 2562).
- พิจิตรา พะยั้ม (2562). การเปรียบเทียบการกระจายตัวของจุดความร้อนที่ตรวจวัดได้ระหว่าง MODIS C6 กับ VIIRS ในพื้นที่อำเภอสามโก้ จังหวัดอุทัยธานี, วิทยาศาสตร์บัณฑิต วท.บ., มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- นวลพล ลินดำ (2563). การหาพื้นที่เผาไหม้จากภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 กรณีศึกษา อำเภอป่า จังหวัดแม่ฮ่องสอน, วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- สำนักงานจังหวัดนครนายก (2564). รายงานบรรยายสรุปจังหวัดนครนายก ประจำปี 2564 http://ww2.nakhonnayok.go.th/news_devpro1
- สำนักงานจังหวัดเชียงใหม่ (2563). รายงานบรรยายสรุปจังหวัดเชียงใหม่ ประจำปี 2563 <http://www.chiangmai.go.th/managing/public/D8/8D22Oct2020145452.pdf>
- Vadrevu K., Csiszar I., Ellicott E., Giglio L., Badarinath K., Vermote E., Justice C. (2013). *Hotspot Analysis of Vegetation Fires and Intensity in the Indian Region*, IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, Vol.6, pp.224-238.
- Giglio L. (2010). *MODIS Collection 5 Active Fire Product User's Guide*, Science Systems and Applications, Inc., University of Maryland, Department of Geography, https://gis-lab.info/docs/mod14_users_guide_2.4.pdf
- Giglio L., Schroeder W., Justice C.O. (2016). The collection 6 MODIS active fire detection algorithm and fire products, *Remote Sensing of Environment* 178(2016), 31-41.
- ส่วนควบคุมไฟฟ้า สำนักป้องกันปราบปราม และควบคุมไฟฟ้า (2564). https://www.dnp.go.th/forestfire/web/frame/statistic_all.html
- สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ 16 (เชียงใหม่) (2562). http://www.fca16.com/2017/uploads/files/fire16_cm03-21-2019_102031.pdf
- Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (2021). GISTDA: <http://fire.gistda.or.th/download-v1.html>
- Landis J., Koch G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data, *Biometrics*, 33(1), 159-174.