

การใช้ดัชนีพืชพรรณ (NDVI) ร่วมกับดัชนีความต่างความชื้นของพืช (NDMI)
เพื่อศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากไฟป่าในพื้นที่ป่าไม้ ด้วยภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2
กรณีศึกษา ป่าสงวนแห่งชาติจังหวัดแพร่

Application of Vegetation Index (NDVI) and Normalized Difference Moisture
Index (NDMI) to Study the Impacts of Wildfires in Forest Areas Using Sentinel-2
Satellite Imagery: A Case Study of National Reserves Forest, Phrae Province

พนิตต์นาฏ กังหัน¹ ธนากร ลัทธธีระสุวรรณ¹ ทิมา โยธากักดี¹ อุบลวรรณ สุภาแสน²
สินีนฏ สองศรี³ และปิยะพิศ ขอนแก่น^{1,*}

Panitnart Kanghan¹, Thanakorn Lattirasuvan¹, Teeka Yotapakdee¹, Ubonwan Subhasaen²
Sieneenard Songsri³ and Piyapit Khonkaen^{1,*}

¹สาขาวิชาการจัดการป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

²สาขาวิชารัฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

³กลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

¹Department of Forest Management, Maejo University Phrae Campus, Phrae, Thailand 54140

²Department of Political Science, Maejo University Phrae Campus, Phrae, Thailand 54140

³Basic Science Group, Maejo University Phrae Campus, Phrae, Thailand 54140

*Corresponding author: piyapit@gmail.com

*ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0001-5929-2701>

Received: October 16, 2025

Revised: February 10, 2026

Accepted: March 11, 2026

Abstract

The objectives of this study were: (1) to analyze changes in the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and the Normalized Difference Moisture Index (NDMI) before and after forest fire events; and (2) to classify areas affected by forest fires using Sentinel-2 satellite imagery. The study was conducted in Phrae National Reserved Forest, Thailand, over a five-year period from 2019 to 2024. The results revealed that average NDVI values prior to forest fire occurrences ranged from approximately 0.50 to 0.52, whereas post-fire NDVI values declined to between 0.27 and 0.30. The difference in NDVI (dNDVI) ranged from 0.14 to 0.25, indicating a statistically significant decrease in vegetation greenness. Correspondingly, the mean NDMI values before the forest fires ranged from 0.17 to 0.51, while post-fire NDMI values declined to between 0.03 and -0.03, reflecting a substantial loss of vegetation moisture. This reduction is attributed to combustion processes and the evaporation of canopy water resulting from the forest fires. Analysis of NDMI change (dNDMI) further demonstrated

variation between 0.18 and 0.48, highlighting severe vegetation moisture loss in areas directly impacted by fire. Accuracy assessment of the burned-area classification derived from Sentinel-2 imagery yielded an overall accuracy of 92.99% and a Kappa coefficient of 0.83, suggesting a high level of classification reliability.

Keywords: forest resources, conserved forest, protected forest, the impacts of forest fires

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงดัชนีพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI) และดัชนีความต่างของความชื้นของพืช (Normalized Difference Moisture Index: NDMI) ก่อนและหลังการเกิดไฟป่า 2) เพื่อจำแนกพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากไฟป่า โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 กรณีศึกษา ป่าสงวนแห่งชาติจังหวัดแพร่ ช่วงเวลาก่อนและหลังเกิดไฟป่า กำหนดช่วงเวลา 5 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2562–2567 ผลการศึกษาพบว่า ดัชนีพืชพรรณก่อนเกิดไฟป่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงประมาณ 0.50 ถึง 0.52 และหลังเกิดไฟป่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงประมาณ 0.27 ถึง 0.30 เมื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของดัชนีพืชพรรณ (dNDVI) พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงประมาณ 0.14 ถึง 0.25 ซึ่งหมายถึงการลดลงของค่าความเขียวของพืชพรรณอย่างมีนัยสำคัญ สอดคล้องกับการวิเคราะห์ดัชนีความต่างของความชื้นของพืชพบว่า ก่อนเกิดไฟป่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.17 ถึง 0.51 และหลังจากเกิดไฟป่าพบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.03 ถึง -0.03 บ่งชี้ถึงการสูญเสียความชื้นในพืชพรรณอันเกิดจากกระบวนการเผาไหม้และการระเหยของน้ำในเรือนยอด เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงดัชนีความต่างของความชื้นของพืช (dNDMI) มีค่าการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 0.18 ถึง 0.48 ซึ่งพบการสูญเสียความชื้นของพืชพรรณอย่างมากในบริเวณที่ได้รับผลกระทบโดยตรงจากไฟป่า สอดคล้องกับการประเมินความถูกต้องของผลการแปลภาพพื้นที่เกิดไฟไหม้ด้วยภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 พบว่า มีค่าความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy)

และสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa coefficient) เท่ากับร้อยละ 92.99 และ 0.83 ตามลำดับ สะท้อนความแม่นยำของการจำแนกภาพในระดับดีมาก

คำสำคัญ: ทรัพยากรป่าไม้ ป่าอนุรักษ์ ป่าสงวน
ผลกระทบของไฟป่า

บทนำ

พื้นที่ป่าธรรมชาติจังหวัดแพร่ มักเป็นพื้นที่ที่ประสบปัญหาไฟป่าอย่างต่อเนื่อง จากข้อมูลของสำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดแพร่ ระบุว่าในปี พ.ศ. 2563 มีพื้นที่ป่าถูกไฟไหม้ในจังหวัดแพร่ถึง 62,345 ไร่ เพิ่มขึ้นกว่าร้อยละ 28 ของพื้นที่เผาไหม้ทั้งหมด จากปี พ.ศ. 2562 (Phrae Provincial Office of Natural Resources and Environment, 2024) ดังนั้นไฟป่าที่เกิดขึ้นจึงส่งผลกระทบโดยตรงต่อสัตว์ป่าในพื้นที่ ทั้งการสูญเสียที่อยู่อาศัย แหล่งอาหาร และเส้นทางอพยพ นอกจากนี้ ยังก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศจากการสัมผัสกับ PM2.5 ที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพทางเดินหายใจของประชาชนในวงกว้าง โดยพบว่าปริมาณความเข้มข้นของฝุ่น PM2.5 ที่สูงขึ้น มีความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์จากการสัมผัสฝุ่นละอองทางการหายใจ และส่งผลกระทบทั้งในระยะสั้นและระยะยาว (Choya *et al.*, 2025)

อย่างไรก็ตาม สถานการณ์การเกิดไฟป่าในจังหวัดแพร่ มีแนวโน้มลดลงในช่วงหลายปีที่ผ่านมา โดยเฉพาะในช่วงปลายฤดูร้อน สอดคล้องกับข้อมูลจาก Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (2025) ที่รายงานพบจุดความ

ร้อน (Hotspot) ย้อนหลังภายในระยะเวลา 5 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2560 ถึง 2564 ในช่วงเดือนมกราคมถึงพฤษภาคม ซึ่งเป็นเดือนสุดท้ายของฤดูร้อนมีจำนวนลดลง หลังจากมีจำนวนจุดความร้อนสูงสุดในปี พ.ศ. 2562 ที่จำนวน 205,373 จุดทั่วประเทศ ตามด้วยจำนวน 205,288 จุด ในปี พ.ศ. 2563 จากนั้นลดลงมาเหลือจำนวน 101,869 จุด ในปี พ.ศ. 2564 ส่วนข้อมูลในปี พ.ศ. 2565 นับตั้งแต่ต้นปีถึงวันที่ 15 มีนาคม พ.ศ. 2565 พบจุดความร้อนทั่วประเทศจำนวน 31,082 จุด ซึ่งน้อยกว่าปีที่ผ่านมาถึงจำนวน 48,359 จุด โดยสาเหตุที่จุดความร้อนมีจำนวนลดลง เนื่องจากอิทธิพลของลานีญา (La Niña) ที่ทำให้เกิดจากความผันผวนของกระแสอากาศโลก บริเวณเส้นศูนย์สูตรเหนือนมหาสมุทรแปซิฟิก ส่งผลให้ประเทศไทยมีฝนตกมากกว่าปกติ อีกทั้ง การลดลงของจำนวนจุดความร้อนไม่ได้เกิดจากปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศเพียงอย่างเดียว แต่ยังเป็นอาจเป็นผลจากมาตรการบริหารจัดการไฟป่าของหน่วยงานภาครัฐและชุมชนในพื้นที่ร่วมด้วย เช่น การชิงเผาเพื่อลดปริมาณเชื้อเพลิง การจัดทำแนวกันไฟ การลาดตระเวนเฝ้าระวัง การรณรงค์หยุดเผาในที่โล่งและการมีส่วนร่วมของชุมชนในการควบคุมไฟป่า ซึ่งมาตรการจัดการเชื้อเพลิงและการชิงเผา (fuel management and prescribed burning) ได้รับการยืนยันว่าช่วยลดความรุนแรงและโอกาสการลุกลามของไฟป่าได้อย่างมีนัยสำคัญ (Kelp *et al.*, 2025) และการมีส่วนร่วมของชุมชนและการจัดการไฟป่าในระดับพื้นที่ที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันและควบคุมไฟป่าได้เป็นอย่างดี (RECOFTC, 2024)

ดัชนีเชิงสเปกตรัม (spectral indices) เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม โดยอาศัยความแตกต่างของการสะท้อนแสงในแต่ละช่วงความยาวคลื่นของพืช พื้นดิน น้ำ หรือวัตถุอื่น ๆ บนพื้นผิวโลก เพื่อนำค่าการสะท้อนแสงในคลื่นต่าง ๆ มาคำนวณเป็นอัตราส่วนหรือสมการ โดย Oonban and Deedumchan (2023) กล่าวว่าเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ (geo-informatics) นิยมนำมาวิเคราะห์

คาดการณ์ และติดตามสถานการณ์ไฟป่า โดยสามารถชี้เฉพาะพื้นที่ซึ่งได้รับผลกระทบจากการเผาไหม้และสะท้อนการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ได้แก่ ดัชนีพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI) ที่สามารถประเมินการปกคลุมของพืชเหนือพื้นดินในพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากไฟป่า และดัชนีความแตกต่างความชื้นของพืช (Normalized Difference Moisture Index: NDMI) เพื่อประเมินปริมาณความชื้นในพืช (Arruda *et al.*, 2021; Pinto *et al.*, 2021; Konpian *et al.*, 2020; Ruthamnong, 2019; Obpaet *et al.*, 2021)

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ประยุกต์ใช้ดัชนีเชิงสเปกตรัมวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงดัชนีพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI) และดัชนีความแตกต่างของความชื้นของพืช (Normalized Difference Moisture Index: NDMI) ก่อนและหลังการเกิดไฟป่า 2) เพื่อจำแนกพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากไฟป่า โดยการใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 กรณีศึกษา ป่าสงวนแห่งชาติจังหวัดแพร่ ช่วงเวลาก่อนและหลังเกิดไฟป่า ภายในช่วงเวลา 5 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2562–2567 ในการประเมินปริมาณความชื้นในพืช เพื่อเป็นข้อมูลการประเมินขอบเขตของไฟป่า ผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพ วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงพืชพรรณและการฟื้นตัวหลังไฟป่า อีกทั้งเป็นฐานข้อมูลสำคัญในการบริหารจัดการภัยพิบัติทางธรรมชาติ ซึ่งคาดว่าจะผลการศึกษานี้จะสามารถนำผลลัพธ์ไปใช้ในการวางแผนพื้นที่ป่า การจัดสรรทรัพยากร การติดตามการฟื้นตัวของพืชพรรณ และสนับสนุนการบริหารจัดการไฟป่าเชิงพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วิธีดำเนินการวิจัย

การคัดเลือกพื้นที่และการรวบรวมข้อมูล

คัดเลือกพื้นที่ศึกษาในป่าสงวนแห่งชาติจังหวัดแพร่ ที่มีสถิติการรายงานจุดความร้อน (hotspot) และสถิติการเกิดไฟป่าในช่วงระยะเวลา 5 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ.

2562 ถึงปี พ.ศ. 2567 โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมในช่วงเดือนพฤศจิกายนของปีก่อนหน้า ทั้งนี้คัดเลือกเลือกวันที่มีภาพถ่ายดาวเทียมชัดเจนเพื่อเป็นตัวแทนของสภาพพื้นที่ก่อนเกิดไฟป่า เปรียบเทียบกับภาพถ่ายในช่วงเดือนมกราคม – เมษายน ของปีที่ต้องการศึกษา เช่นเดียวกันกับการคัดเลือกที่มีภาพถ่ายดาวเทียมชัดเจนเพื่อเป็นตัวแทนของสภาพพื้นที่หลังเกิดไฟป่า เพื่อให้ได้ค่าดัชนีพืชพรรณในช่วงเวลาก่อนและหลังเกิดไฟป่าในแต่ละปี นำมาเปรียบเทียบกันทั้งในปีเดียวกันและต่างปี

การจัดเตรียมข้อมูลทุติยภูมิ

การเตรียมข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 สำหรับการวิจัยครั้งนี้ เลือกใช้ข้อมูลจากดาวเทียม Sentinel-2A (level-2A) ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการจำแนกข้อมูลมาเบื้องต้น (scene classification) และทำ

การปรับแก้ค่าสะท้อนจากชั้นบรรยากาศ (atmospheric correction) ในระดับ (Top of Atmosphere: TOA) เป็นข้อมูลใต้ชั้นบรรยากาศ (Bottom of Atmosphere: BOA) ทำการดาวน์โหลดภาพถ่ายดาวเทียมในช่วงปี พ.ศ. 2562–2567 ขององค์การอวกาศยุโรป (European Space Agency: ESA) จากเว็บไซต์ <https://browser.dataspace.copernicus.eu/> รายละเอียดตารางดังนี้ ะวาง 47QNA ะวาง 47QNV ะวาง 47QPA และะวาง 47QPV จำนวน 5 ช่วงปี (ตั้งแต่ พ.ศ. 2562–2567) จำนวน 24 ภาพ และนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 ทั้ง 5 ช่วง มารวมแบบด์ (layer stack) ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมทุกภาพและทุกะวาง ด้วยโปรแกรม ArcGIS Pro (composite bands function) โดยเลือกแบบด์ที่จะทำการรวมให้เหมาะสมสำหรับการหาค่าดัชนีพืชพรรณก่อนและหลังการเกิดไฟป่า รายละเอียดดัง Table 1

Table 1 Sentinel-2 imagery and specific bands employed at study areas

Time period	Month/Year	Situations	Bands
Period I	November - 2019	Pre burn	Bands B02, B03, B04, B08, B11, and B12 for all Sentinel-2 scenes and tiles
	April - 2020	Post burn	
Period II	November - 2020	Pre burn	
	March - 2021	Post burn	
Period III	November - 2021	Pre burn	
	March - 2022	Post burn	
Period IV	November - 2022	Pre burn	
	March - 2023	Post burn	
Period V	November - 2023	Pre burn	
	March - 2024	Post burn	

การวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

นำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 ที่ทำการรวมแบบด์ (layer stack) มาคำนวณหาค่าดัชนีพรรณพืชพรรณก่อนและหลังการเกิดไฟป่าด้วยเครื่องมือ band arithmetic function ของโปรแกรม ArcGIS Pro ทำการ

วิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมตามสมการใน Table 2 รายละเอียดดังนี้

- 1) วิเคราะห์ค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) ในแต่ละปีจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 ดังสมการที่ (1) และสมการที่ (2) โดยที่ RED และ NIR คือค่า digital

number ของค่าการสะท้อนที่ช่วงคลื่น 0.665 และ 0.842 ไมโครเมตร ตามลำดับ จะได้ค่าดัชนีพืชพรรณในแต่ละช่วงเวลาทั้งก่อนและหลังเกิดไฟป่า

2) วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของดัชนีพืชพรรณ (dNDVI) ตามวิธีการของ Volcani *et al.* (2005) ซึ่งเป็นการนำค่าของ NDVI ในปีก่อนหน้าลบกับค่า NDVI ในปีหลัง ดังสมการที่ (3) เพื่อหาการเปลี่ยนแปลงของดัชนีพืชพรรณที่เปลี่ยนแปลงไปในพื้นที่ก่อนและหลังเกิดไฟป่าของแต่ละปี โดยค่าดัชนีการเปลี่ยนแปลงของค่าดัชนีพืชพรรณพืช แสดงดัง Table 3

3) วิเคราะห์ดัชนีความต่างความชื้นของพืช (NDMI) เป็นการตรวจวัดความแห้งแล้งและความชื้นของพืช โดยการตรวจจับสสารและน้ำที่อยู่ภายในส่วนใบของพืชที่สามารถสะท้อนความแตกต่างของวัตถุในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ คำนวณเป็นอัตราส่วนระหว่างค่า NIR และ SWIR ตามวิธีการของ Veraverbeke *et al.* (2010) ดังสมการที่ (4) และ (5)

4) วิเคราะห์ดัชนีการเปลี่ยนแปลงความแตกต่างความชื้นของพืช (dNDMI) ดังสมการที่ (6) โดยค่าดัชนีการเปลี่ยนแปลงของค่าดัชนีพืชพรรณพืช ตามวิธีการของ Mushayi *et al.* (2023) แสดงดัง Table 4

การตรวจสอบความถูกต้องของพื้นที่เกิดไฟป่า
ภาคสนาม

1) คำนวณหาขนาดของกลุ่มตัวอย่าง จากนั้นทำการสุ่มตัวแทนของพื้นที่เผาไหม้ในพื้นที่ศึกษา โดยใช้วิธีการสร้างจุดแบบสุ่มตำแหน่งอัตโนมัติ ด้วยโปรแกรมทางด้านภูมิสารสนเทศ จากนั้นกำหนดชั้นข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง 2 ประเภท คือ จุดที่เกิดไฟไหม้ และจุดที่ไม่เกิดไฟไหม้เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง โดยการตรวจสอบความถูกต้องของจุดตรวจสอบภาคสนามจากค่าอัตราส่วนการเผาไหม้ จำนวน 385 จุด เพื่อนำมาอ้างอิงพื้นที่ไฟไหม้และประเมินความถูกต้องของผลการแปลภาพพื้นที่เกิดไฟไหม้ด้วยภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 ในปี พ.ศ. 2567 ในการคำนวณหาขนาดของกลุ่มตัวอย่างจะใช้หลักการความน่าจะเป็นทวินาม (Linta *et al.*, 2021) ซึ่งการศึกษาครั้งนี้กำหนดระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ (ระดับนัยสำคัญ 0.05 มีค่าเท่ากับ 2 (1.96)) และเปอร์เซนต์ความถูกต้องที่คาดหวังไว้ที่ร้อยละ 70 และยอมให้เกิดความผิดพลาดจากการสำรวจไม่เกินร้อยละ 10 ดังสมการ (7)

2) ประเมินความถูกต้องของข้อมูล โดยการนำข้อมูลที่ได้จากการลงพื้นที่สำรวจภาคสนาม มาทำการวิเคราะห์เพื่อหาความถูกต้องของข้อมูล ซึ่งผลการตรวจสอบความถูกต้องจะเป็นแบบตารางเมตริกหาค่าความถูกต้องรวม (overall accuracy) ดังสมการ (8) และสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa coefficient) ดังสมการ (9)

Table 2 Spectral index equations for Sentinel-2 image analysis

Spectral index	Equations	Number
NDVI	$(NIR - RED) / (NIR + RED)$	(1)
	$(B08 - B04) / (B08 + B04)$	(2)
dNDVI	$NDVI_{prefire} - NDVI_{postfire}$	(3)
NDMI	$(NIR - SWIR1) / (NIR + SWIR1)$	(4)
	$(B04 - B11) / (B04 + B11)$	(5)
dNDMI	$NDMI_{prefire} - NDMI_{postfire}$	(6)

Table 2 (Continued)

Spectral index	Equations	Number
n	$[Z^2(p)(q)] / e^2$	(7)
Overall accuracy	(Total number of correctly classified points / Total points) × 100	(8)
Kappa coefficient	$\frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_i \times x_j)}{N^2 \sum_{i=1}^r (x_i \times x_j)}$	(9)

Table 3 Normalized Difference Vegetation Index classification with delta (dNDVI) ranges for severity classes

dNDVI value range	Level
-0.31 – +0.10	Very low
+0.10 – +0.20	Low
+0.20 – +0.30	Moderate
+0.30 – +0.40	High
+0.40 – +0.68	Very high

Table 4 Normalized Difference Moisture Index classification with delta (dNDMI) ranges for severity classes

dNDMI value range	Level
-1.00 – -0.60	Very low canopy cover
-0.60 – -0.20	Low canopy cover
-0.20 – +0.20	Mid-high canopy cover
+0.20 – +0.60	High canopy cover
+0.60 – +1.00	Very high canopy cover

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์พื้นที่ไฟป่าด้วยข้อมูลดาวเทียม Sentinel-2 ในเขตป่าสงวนแห่งชาติจังหวัดแพร่ แบ่งผลการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ประเด็น ดังนี้

ประเด็นที่ 1 การวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณ (NDVI) และการเปลี่ยนแปลงของดัชนีพืชพรรณ (dNDVI)

การวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณ (NDVI) ในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติจังหวัดแพร่ ช่วงเวลา 5 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2562–2567 เมื่อเปรียบเทียบค่าดัชนีพืชพรรณสูงสุดต่ำสุด และค่าเฉลี่ยในแต่ละปี พบว่าค่าเฉลี่ยก่อนเกิดไฟป่า มีค่าเท่ากับ 0.51, 0.52, 0.51, 0.51 และ 0.50 ตามลำดับ แต่ภายหลังเกิดไฟป่า พบว่าค่าดัชนีพืชพรรณลดลงเป็น 0.27, 0.28, 0.36, 0.27 และ 0.30 ตามลำดับ (Table 5) ซึ่งดัชนีพืชพรรณก่อนเกิดไฟป่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงประมาณ 0.50–0.52 แสดงให้เห็นว่าลักษณะพื้นที่มีการปกคลุมด้วยพืชพรรณใบสีเขียวหนาแน่น (dense green leafy vegetation) และภายหลังเกิดไฟป่า มีค่าเฉลี่ยลดลงอยู่ในช่วงประมาณ 0.27–0.30 แสดงให้เห็นว่าลักษณะพื้นที่มีการปกคลุมด้วยพืชพรรณใบสีเขียวระดับปานกลาง (medium green leafy vegetation) ซึ่งหมายถึงพื้นที่ป่าไม่เกิดความเสียหายของพืชพรรณจากการเผาไหม้ อีกทั้งเมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของดัชนีพืชพรรณ (dNDVI) ยังสนับสนุนให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของดัชนีพืชพรรณก่อนและหลังเกิดไฟป่าอย่างชัดเจน โดยที่ค่าเฉลี่ย dNDVI เมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลาก่อนและหลังเกิดไฟป่าใน 5 ช่วงปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2562–2567 พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.23, 0.24, 0.14, 0.23 และ 0.20 ตามลำดับ (Table 6) โดยค่าเฉลี่ยที่อยู่ในช่วงประมาณ 0.14–0.25 นี้ ชี้ให้เห็นถึงการลดลงของค่าความเขียวของพืชพรรณอย่างมีนัยสำคัญ ดังจะเห็นได้ว่าในช่วงปีที่ 3 (พ.ศ. 2564) นั้น มีการเปลี่ยนแปลงของค่า dNDVI น้อยกว่าช่วงปีอื่น ๆ ซึ่งข้อมูลจากแผนที่แสดงดัชนีพืชพรรณก่อนและหลังเกิดไฟป่าในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติจังหวัดแพร่ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2562–2567 (Figure 1)

เป็นหลักฐานสำคัญที่แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ NDVI ก่อนและหลังเกิดไฟป่า พบว่ามีค่าความแตกต่างเฉลี่ย (dNDVI) เท่ากับ 0.2104 ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลจุดตรวจสอบภาคสนาม ที่พบว่าพื้นที่ดังกล่าวมีการสูญเสียเรือนยอดของไม้ยืนต้นและพืชล้มลุกเป็นจำนวนมาก โดยการตรวจสอบความถูกต้องของจุดตรวจสอบภาคสนามจากการเผาไหม้ มีจำนวน 385 จุด เพื่อนำมาอ้างอิงพื้นที่ไฟไหม้และประเมินความถูกต้องของผลการแปลภาพพื้นที่เกิดไฟไหม้ด้วยภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 ในปี พ.ศ. 2567 พบว่าค่าความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy) เท่ากับร้อยละ 92.99 และสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa coefficient) เท่ากับ 0.83 ซึ่งสะท้อนความแม่นยำของการจำแนกภาพอยู่ในระดับดีมาก (Table 7)

ประเด็นที่ 2 การวิเคราะห์ดัชนีความต่างของความชื้นของพืช (NDMI) และการเปลี่ยนแปลงดัชนีความต่างของความชื้นของพืช (dNDMI)

การวิเคราะห์ดัชนีความต่างของความชื้นของพืช (NDMI) ในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติจังหวัดแพร่ ช่วงเวลา 5 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2562–2567 เมื่อเปรียบเทียบค่า NDMI สูงสุด ต่ำสุด และค่าเฉลี่ยในแต่ละปี พบว่าค่าเฉลี่ย NDMI ก่อนเกิดไฟป่าในช่วง 5 ปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2562–2567 (Table 5) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.17, 0.18, 0.51, 0.19 และ 0.17 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.17 ถึง 0.51 แสดงถึงสภาพพื้นที่พืชพรรณปกคลุมในระดับปานกลางถึงมาก (mid-high canopy cover) และภายหลังจากเกิดไฟป่าพบว่า มีค่าเฉลี่ยลดลงเหลือเพียง -0.02, -0.03, 0.03, -0.01 และ -0.01 ตามลำดับ ส่วนดัชนีความต่างของความชื้นของพืชหลังเกิดไฟป่า มีค่าเฉลี่ยอยู่ประมาณ -0.03 ถึง 0.03 แสดงถึงสภาพพื้นที่พืชพรรณปกคลุมในระดับต่ำถึงปานกลาง (mid-low canopy cover) ชี้ให้เห็นว่าภายหลังการเกิดไฟป่า ดัชนีความต่างของความชื้นของพืชมีค่าลดลง เนื่องจากเกิดการสูญเสียความชื้นในพืชพรรณ จากกระบวนการเผาไหม้และการ

ระเหยของน้ำในเรือนยอด ส่งผลให้พื้นที่ที่มีการปกคลุมของพืชพรรณลดลงหลังจากเกิดไฟป่า นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีความต่างของความชื้นของพืช (dNDMI) ยังแสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของดัชนีความต่างของความชื้นของพืช ก่อนและหลังเกิดไฟป่า โดยที่ค่าเฉลี่ยของ dNDMI เมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลาก่อนและหลังเกิดไฟป่าใน 5 ช่วงปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2562–2567 พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.19, 0.22, 0.47, 0.20 และ 0.18 ตามลำดับ (Table 6) โดยมีค่าการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 0.18–0.48 ที่แสดงถึงการสูญเสียความชื้นของพืชพรรณอย่างมากในบริเวณที่ได้รับผลกระทบโดยตรงจากไฟป่า

ผลการตรวจสอบความถูกต้องของจุดตรวจสอบ อ้างอิงพื้นที่หลังการเกิดไฟไหม้ในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติจังหวัดแพร่ ซึ่งนำมาประเมินความถูกต้องของผลการแปลภาพพื้นที่เกิดไฟไหม้ด้วยภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 ในปี พ.ศ. 2567 พบว่ามีค่าความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy) เท่ากับร้อยละ 92.99 และสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa coefficient) เท่ากับ 0.83 สะท้อนความแม่นยำของการจำแนกภาพอยู่ในระดับดีมาก (Table 7)

Table 5 Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and Normalized Difference Moisture Index (NDMI) before and after wildfire

Time period	Month-Year	Situations	NDVI			NDMI		
			Min	Max	Mean	Min	Max	Mean
Period I	November 2019	Pre burn	-0.31	0.78	0.51	-0.57	0.55	0.17
	April 2020	Post burn	-1.00	1.00	0.27	-1.00	0.57	-0.02
Period II	November 2020	Pre burn	-0.32	0.79	0.52	-0.43	0.54	0.18
	March 2021	Post burn	-0.22	0.69	0.28	-0.62	0.46	-0.03
Period III	November 2021	Pre burn	-0.31	0.77	0.51	-0.30	0.77	0.51
	March 2022	Post burn	-0.25	1.00	0.36	-0.59	0.46	0.03
Period IV	November 2022	Pre burn	-0.34	0.75	0.51	-0.42	0.60	0.19
	March 2023	Post burn	-0.19	0.65	0.27	-0.75	0.43	-0.01
Period V	November 2023	Pre burn	-0.31	0.76	0.50	-0.52	0.54	0.17
	March 2024	Post burn	-1.00	0.71	0.30	-1.00	0.50	-0.01

Table 6 Differenced Normalized Difference Vegetation Index (dNDVI) and Differenced Normalized Difference Moisture Index (dNDMI)

Time period	dNDVI				dNDMI			
	Min	Max	Mean	Std dev.	Min	Max	Mean	Std dev.
Period I	-0.97	1.11	0.23	0.11	-0.73	1.11	0.19	0.09
Period II	-0.66	0.76	0.24	0.11	-0.65	0.88	0.22	0.10
Period III	-0.70	0.85	0.14	0.10	-0.49	1.01	0.47	0.11
Period IV	-0.62	0.67	0.23	0.10	-0.63	0.97	0.20	0.09
Period V	-0.66	0.98	0.20	0.20	-0.66	1.02	0.18	0.11

Table 7 Accuracy assessment results of reference points for burned area in Phrae National Forest Reserve

Satellite image classification	Field verification results		Total	User's accuracy (%)
	Burned area	Unburned area		
Classified as burned area	102.00	16.00	118.00	95.88
Classified as unburned area	11.00	256.00	267.00	86.44
Total	113.00	272.00	385.00	
Producer's accuracy (%)	94.12	90.27		
Overall accuracy (%)		92.99		
Kappa coefficient		0.83		

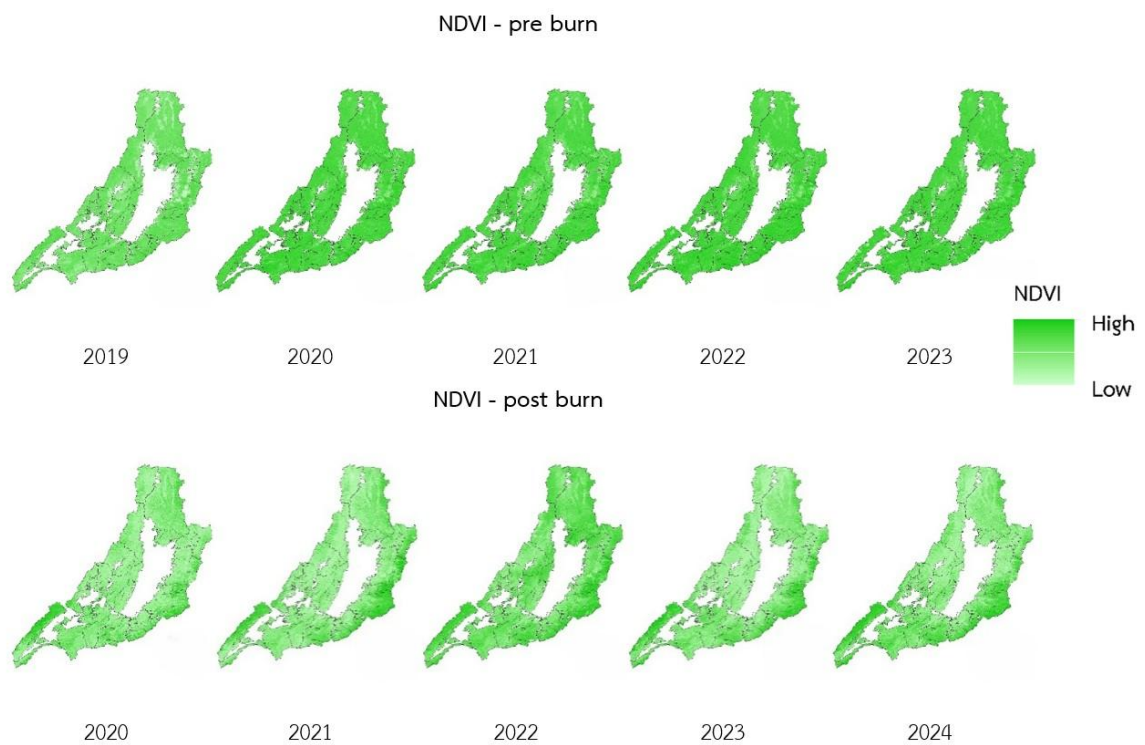


Figure 1 NDVI maps before and after wildfires in Phrae National Reserved Forests between 2019–2024

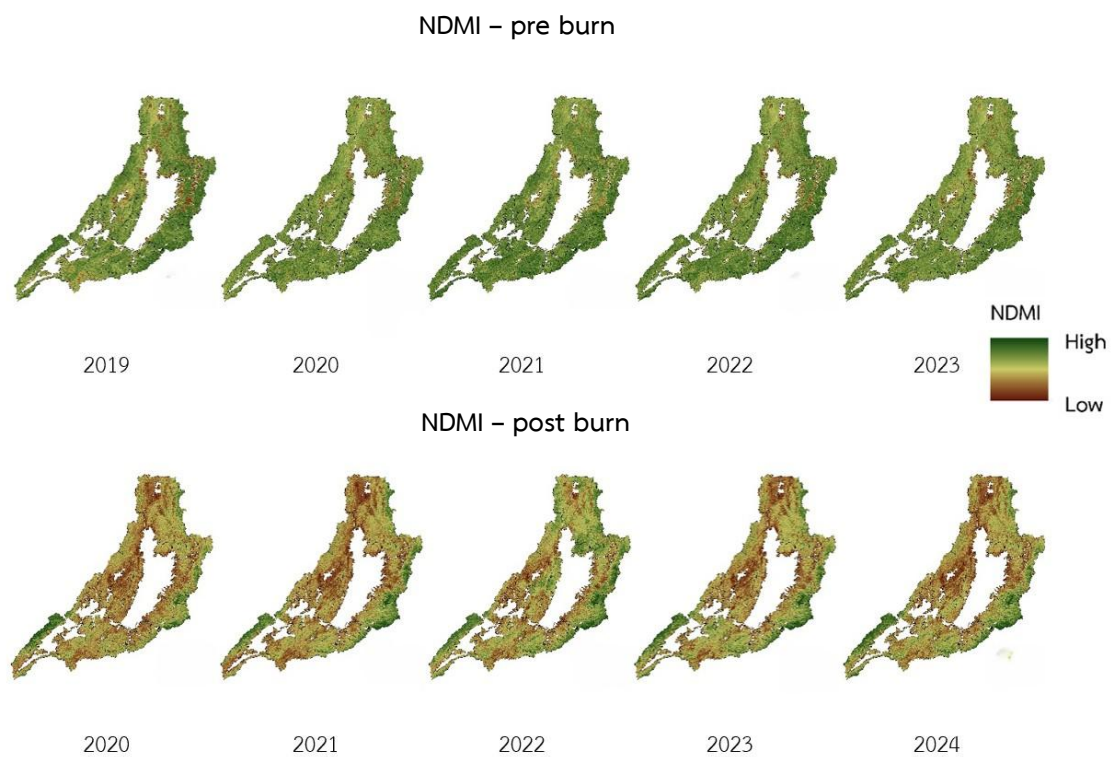


Figure 2 NDMI maps before and after wildfires in Phrae National Reserved Forests between 2019–2024

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการศึกษานี้มีแนวโน้มสอดคล้องกับงานของ Pereira *et al.* (1997) ที่พบว่าค่า NDVI และ dNDVI สามารถใช้เป็นตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงของพืชพรรณหลังไฟป่าได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะเมื่อใช้ร่วมกับดัชนีความชื้น เช่น NDMI ซึ่งช่วยเพิ่มความแม่นยำในการจำแนกระดับความเสียหาย โดยการลดลงของค่า NDVI หลังเกิดไฟป่า แสดงให้เห็นถึงการสูญเสียมวลชีวภาพและการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างพืชพรรณ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Bilal (2025) ที่ระบุว่าค่า NDVI มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของเรือนยอดและชีวมวลเหนือพื้นดิน นอกจากนี้ค่าการเปลี่ยนแปลงของ dNDVI ที่สูง ยังแสดงถึงความรุนแรงของการเผาไหม้ในระดับสูง ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อการทำงานของพืชพรรณในระยะยาว นอกจากนี้ ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนี NDVI และ dNDVI ได้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 ในการติดตามผลกระทบจากไฟป่า ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนฟื้นฟูพื้นที่ป่าหลังไฟไหม้ และการจัดทำฐานข้อมูลพื้นที่เสี่ยงไฟป่าในอนาคต

การเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีความชื้นต่างของความชื้นของพืชภายหลังเกิดไฟป่า จะเห็นได้ว่าในช่วงปี 3 (พ.ศ. 2564–2565) มีค่าการเปลี่ยนแปลงของ dNDMI มากกว่าช่วงปีอื่น ๆ แสดงให้เห็นถึงการปกคลุมเรือนยอดที่สูงมาก และมีความชื้นสูงมาก หรือมีสภาพน้ำในใบพืชมาก พื้นที่อ้อมตัวด้วยความชื้น และมีการปกคลุมเรือนยอดสูงโดยไม่มีภาวะเครียดจากน้ำ ต่างจากพื้นที่ที่มีภาวะเครียดจากความชื้นและพื้นที่ปกคลุมเรือนยอด อันเป็นผลมาจากก่อนเกิดไฟป่าในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 สอดคล้องกับข้อมูลจากองค์การอุตุนิยมวิทยาโลก (World Meteorological Organization: WMO) ที่รายงานว่า ปี พ.ศ. 2563 เป็นปีที่ร้อนที่สุด และมีการคาดการณ์ว่า มีปรากฏการณ์ลานีญาเกิดขึ้น ในช่วงเดือนกันยายนถึงพฤศจิกายน ที่ส่งผลให้ประเทศไทยมีปริมาณฝนและมีพายุมากขึ้นด้วยเช่นกัน ทำให้มีปริมาณน้ำเพิ่มมากขึ้นในบางพื้นที่ ส่งผลจนถึงหลังเกิดไฟป่าในเดือนมีนาคม

พ.ศ. 2565 จึงทำให้พื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติจังหวัดแพร่ มีค่า dNDMI สูง อีกทั้งยังสอดคล้องกับค่า NDVI และ dNDVI ที่แสดงให้เห็นว่าในช่วงที่ 3 ของการศึกษา มีค่าการเปลี่ยนแปลงของดัชนีพืชพรรณน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงเวลาอื่น ๆ สำหรับแผนที่แสดงดัชนีความต่างของความชื้นของพืช ก่อนและหลังเกิดไฟป่าในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติจังหวัดแพร่ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2562–2567 (Figure 2) พบว่ามีค่าความแตกต่างเฉลี่ย (dNDMI) เท่ากับ 0.25 ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลภาคสนามที่พบว่า พื้นที่ดังกล่าวมีพืชพรรณถูกเผาไหม้เป็นวงกว้าง โดยมีจุดตรวจสอบภาคสนามจากค่าการเผาไหม้ทั้งสิ้น จำนวน 385 จุด เพื่อนำมาอ้างอิงพื้นที่ไฟไหม้และประเมินความถูกต้องของการแปลภาพพื้นที่เกิดไฟไหม้ด้วยภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 ในปี พ.ศ. 2567 สอดคล้องกับการศึกษา Pereira *et al.* (1997) ที่พบว่าค่า NDMI มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในพืชพรรณหลังเกิดไฟป่า และสามารถใช้ร่วมกับ NDVI เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการจำแนกระดับความเสียหายของพื้นที่ป่า อีกทั้งยังสอดคล้องกับการศึกษาของ Roy *et al.* (2005) ซึ่งเสนอว่า dNDMI สามารถใช้ประเมินการฟื้นตัวของพืชหลังเกิดไฟไหม้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยค่า NDMI จะสะท้อนความชื้นของพืชพรรณได้ดี และเป็นตัวบ่งชี้การเปลี่ยนแปลงความชื้นของพืชได้ แต่พบข้อจำกัดในกรณีที่ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ได้รับอิทธิพลจากความชื้นในดินหรือเมฆบาง ซึ่งอาจทำให้ค่าดัชนีเบี่ยงเบนไปจากสภาพจริง

นอกจากนี้ พืชพรรณบางชนิดที่มีใบสะท้อนแสงในช่วง SWIR สูง อาจทำให้มีค่า NDMI ต่ำกว่าความเป็นจริง ดังนั้น การวิเคราะห์จึงควรใช้ NDMI ร่วมกับดัชนีอื่น เช่น NDVI เพื่อเพิ่มความถูกต้องในการประเมินพื้นที่ไฟป่า อีกทั้งการเปลี่ยนแปลงของค่า NDMI และ dNDMI ยังสามารถใช้เป็นเครื่องมือเบื้องต้นในการติดตามความรุนแรงของไฟป่า และการฟื้นฟูสภาพพืชพรรณในระยะยาวได้อย่างมีประสิทธิภาพอีกด้วย ซึ่งข้อมูลดังกล่าวนี้มีประโยชน์ต่อการจัดทำฐานข้อมูลพื้นที่เสี่ยงไฟป่า และการวางแผนจัดการป่าชุมชนในระดับท้องถิ่น

สรุปผลการวิจัย

การวิเคราะห์ค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) จากภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบระหว่างช่วงก่อนเกิดไฟป่า และภายหลังเกิดไฟป่า โดยพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบรุนแรงจะมีค่าดัชนี NDVI ลดลงอย่างมากจากค่าประมาณ 0.50–0.52 ก่อนเกิดไฟป่า ซึ่งบ่งชี้ถึงลักษณะพื้นที่ที่มีการปกคลุมด้วยพืชพรรณใบสีเขียวหนาแน่น (dense green leafy vegetation) เหลือค่าเฉลี่ยลดลง อยู่ในช่วงประมาณ 0.27–0.30 ภายหลังเกิดไฟป่า แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ที่มีการปกคลุมด้วยพืชพรรณใบสีเขียวในระดับปานกลาง (medium green leafy vegetation) ซึ่งให้เห็นถึงการสูญเสียพื้นที่ปกคลุมของพืชพรรณและการเผาไหม้ของใบไม้ ตลอดจนการทำลายโครงสร้างทางชีวภาพของพืชในระดับเรือนยอด สอดคล้องกับค่าเฉลี่ยของ dNDVI เมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลาก่อนและหลังเกิดไฟป่า พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.14–0.25 ซึ่งหมายถึง การลดลงของค่าความเขียวของพืชพรรณอย่างมีนัยสำคัญ โดยในช่วงปีที่ 3 (พ.ศ. 2564) มีการเปลี่ยนแปลงของค่า dNDVI น้อยกว่าช่วงปีอื่น ๆ และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ NDVI ก่อนและหลังเกิดไฟป่า พบว่ามีค่าความแตกต่างเฉลี่ย (dNDVI) เท่ากับ 0.21 ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลจุดตรวจสอบภาคสนาม ที่พบว่าพื้นที่ดังกล่าวมีการสูญเสียเรือนยอดของไม้ยืนต้นและพืชล้มลุกเป็นจำนวนมาก

การวิเคราะห์ดัชนีความต่างของความชื้นของพืช (NDMI) ในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติจังหวัดแพร่ ช่วงเวลา 5 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2562–2567 เมื่อเปรียบเทียบค่า NDMI สูงสุด ต่ำสุด และค่าเฉลี่ยในแต่ละปี พบว่ามีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.17–0.51 (Table 6) แสดงถึงสภาพพื้นที่พืชพรรณปกคลุมในระดับปานกลางถึงมาก (mid-high canopy cover) แต่ภายหลังจากเกิดไฟป่าพบว่า มีค่าเฉลี่ยลดลงเหลือเพียงประมาณ -0.03 ถึง 0.03 แสดงถึงสภาพพื้นที่พืชพรรณปกคลุมอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง

(mid-low canopy cover) ซึ่งให้เห็นว่าภายหลังการเกิดไฟป่าค่าดัชนีความต่างของความชื้นของพืชจะลดลง โดยที่ค่าเฉลี่ยของ dNDMI เปรียบเทียบช่วงเวลาก่อนและหลังเกิดไฟป่า มีค่าการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 0.18–0.48 สะท้อนถึงการสูญเสียความชื้นของพืชพรรณอย่างมาก ในบริเวณที่ได้รับผลกระทบโดยตรงจากไฟป่า ดังจะเห็นได้จากช่วงปีที่ 3 (พ.ศ. 2564–2565) มีค่าการเปลี่ยนแปลงของ dNDMI มากกว่าช่วงปีอื่น ๆ สอดคล้องกับค่า NDVI และ dNDVI ที่แสดงให้เห็นว่าในช่วงที่ 3 ของการศึกษามีค่าการเปลี่ยนแปลงของดัชนีพืชพรรณน้อยกว่าเมื่อเทียบกับช่วงเวลาอื่น ๆ ที่ทำการศึกษา

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักจัดการทรัพยากรป่าไม้ที่ 3 สาขาแพร่ กรมป่าไม้ ที่ให้การสนับสนุนข้อมูลในการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Arruda, L.S.V., J.V. Piontekowski, A. Alencar, S.P. Reginaldo and A.T.E. Matricardi. 2021. An alternative approach for mapping burn scars using landsat imagery, Google Earth Engine, and deep learning in the Brazilian Savanna. **Remote Sensing Applications: Society and Environment** 22(2021): 100472. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2021.100472>
- Bilal, M. 2025. Spectral indices alone are not enough: a critical assessment of pre-fire forest fires risk mapping. **Ecological Informatics** 91(2025): 103435.

- Choya, A., S. Tuprakay, P. Premanoch and M. Ratcha 2025. Health risk assessment from inhalation exposure to PM2.5 among adults groups in the upper northern region of Thailand. **Journal of Faculty of Public Health, Ubon Ratchathani Rajabhat University** 14(1): 55–65. [in Thai]
- Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (Public Organization). 2025. **Five-year historical hot spot statistics**. Retrieved from https://www.gistda.or.th/news_view.php?n_id=5688&lang=TH [in Thai]
- Kelp, M., M. Burke, M. Qiu, I. Higuera-Mendieta, T. Liu, N.S. Diffenbaugh. 2025. Effect of recent prescribed burning and land management on wildfire burn severity and smoke emissions in the Western United States. **AGU Advances** 6(3): e2025AV001682 <https://doi.org/10.1029/2025AV001682>
- Konpian, S., J. Som-ard, W. Jitsukka and S.R. Suwanlee. 2020. Assessment of forest recovery at conservation areas in Loei province using landsat imagery in time series. **Thai Science and Technology Journal** 28(7): 1185–1201. [in Thai]
- Linta, N., N. Mahavik, S. Chatsudarat, K. Seecjata and A. Yodying. 2021. Analysis of burning area from forest fire using Sentinel-2 image: a case study of Pai, Mae Hong Son province. **Journal of Applied Informatics and Technology** 3(2): 101–121. [in Thai]
- Mushayi, M.M., S. Kusangaya and N. Mujere 2023. Use of remote sensing to determine rainwater harvesting sites for piped micro-irrigation schemes in Chimanimani district. **Zimbabwe. Water SA**. 49(1): 56–63. <https://doi.org/10.17159/wsa/2023.v49.i1.3943>.
- Obpaet, A., P. Thongchap, W. Suksinuan and A. Yiba. 2021. Analysis of Wildfire Severity Using Sentinel-2 Satellite Imagery: A Case Study of Doi Suthep-Pui National Park. pp. SGI-07-1-8. **In Proceedings of the 26th National Civil Engineering Conference 23–25 June 2021**. Bangkok: Civil Engineering and Beyond the Limit Development. [in Thai]
- Oonban, P. and K. Deeudomchan. 2023. Analyzing frequency and burned area extraction implement of Google Earth Engine platform. **The Journal of Spatial Innovation Development** 4(2): 93–110. [in Thai]

- Pereira, J.M.C., E. Chuvieco, A. Beaudoin and N. Desbois. 1997. Remote Sensing of Burned Areas: A Review Remote Sensing of Environment. pp. 127–184. *In* Chuvieco, E. (Eds.). **A Review of Remote Sensing Methods for the Study of Large Wildland Fires.** Spain: Impreso en España.
- Phrae Provincial Office of Natural Resources and Environment. 2024. **Provincial Natural Resources and Environment Management Plan, Phrae Province (2023–2027).** Phare: Phrae Provincial Office of Natural Resources and Environment. 137 p. [in Thai]
- Pinto, M.M., R.M. Trigo, I.F. Trigo and C.C. DaCamara. 2021. A practical method for high-resolution burned area monitoring using Sentinel-2 and VIIRS. **Remote Sensing** 13(9): 1608. <https://doi.org/10.3390/rs13091608>
- RECOFTC. 2024. **Community-based Fire Management (CBFiM) in Thailand.** RECOFTC, Bangkok, Thailand. Retrieved from <https://www.recoftc.org/publications/community-based-fire-management-thailand> [in Thai]
- Roy, D.P., Y. Jinb, P.E. Lewisc and C.O. Justiceb. 2005. Prototyping a global algorithm for systematic fire-affected area mapping using MODIS time series data. **Remote Sensing of Environment** 97(2): 137–162.
- Ruthamnong, S. 2019. Burned area extraction using multitemporal difference of spectral indices from Landsat 8 data: a case study of Khlong Wang Chao, Klong Lan and Mae Wong National Park. **The Golden Teak: Humanity and Social Science Journal (GTHJ)** 25(2): 49–65.
- Veraverbeke, S., S. Lhermitte, W. Verstraeten and R. Goossens. 2010. Assessing Burn Severity Using Satellite Time Series. pp. 107–118. *In* Brebbia, C.A. and G. Perona (Eds.). **Modelling, Monitoring and Management of Forest Fires II.** Southampton: WIT Press. <https://doi.org/10.2495/FIVA100101>
- Volcani, A., A. Karnieli and T. Svoray. 2005. The use of remote sensing and GIS for spatio-temporal analysis of the physiological state of a semi-arid forest with respect to drought years. **Forest Ecology and Management** 215(1-3): 239–250. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.05.063>