

การสกัดและประเมินพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้โดยใช้ค่าความแตกต่างของดัชนีเชิงคลื่นหลายช่วงเวลา
จากข้อมูลแลนด์แซท 8 : กรณีศึกษา อุทยานแห่งชาติคลองวังเจ้า คลองลาน และแม่วงก์
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

สุภาสพงษ์ รุ้ทำนอง*

Suphatphong Ruthamnong

Received : June 23, 2017

Revised : January 29, 2018

Accepted : March 14, 2018

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสกัดและประเมินพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ในพื้นที่ 3 เขตอุทยาน ได้แก่ อุทยานแห่งชาติคลองวังเจ้า คลองลาน และแม่วงก์ ในปี พ.ศ. 2559 และ 2560 โดยใช้ค่าความแตกต่างของดัชนีเชิงคลื่นหลายช่วงเวลา บนฐานการประยุกต์ใช้ข้อมูล Landsat 8 OLI/TIRS พร้อมทั้งประเมินความถูกต้องของข้อมูลผลลัพธ์ มีขั้นตอนประกอบด้วย (1) จัดเตรียมและนำเข้าข้อมูลดาวเทียมด้วยซอฟต์แวร์จัดทำแผนที่พื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ (Burned Area Mapping Software : BAMS) (2) สกัดพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ โดยใช้ค่าดัชนีและค่าความแตกต่างของดัชนีเชิงคลื่นหลายช่วงเวลา (3) ประเมินพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ในแต่ละอุทยานด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และ (4) วิเคราะห์ความถูกต้องของผลลัพธ์ โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลจุดอ้างอิงจากการวิเคราะห์ด้วยสายตา ผลการศึกษา พบว่า การใช้ดัชนีเชิงคลื่น 5 สมการ ได้แก่ ดัชนีความแตกต่างพืชพรรณแบบนอร์มอลไลซ์ (Normalized Difference Vegetation Index : NDVI) ดัชนีพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ปรับปรุง (Burned Area Index Modified: BAIM) ดัชนีเฝ้าระวังสิ่งแวดล้อมโลก (Global Environment Monitoring Index; GEMI) ดัชนีอัตราส่วนพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้แบบนอร์มอลไลซ์ (Normalized Burn Ratio : NBR) และดัชนีพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ช่วงคลื่นอินฟราเรดกลาง (Mid-Infrared Burned Index : MIRBI) รวมทั้งค่าความแตกต่างของดัชนีเชิงคลื่นในวันก่อนและหลังการเกิดไฟ สามารถใช้กำหนดค่าขีดแบ่ง (threshold) และจำแนกพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ได้ทั้งพื้นที่เผาไหม้ขนาดเล็ก และขนาดใหญ่ การประเมินพื้นที่ป่าไม้ที่ถูกเผาไหม้ในเขตอุทยานแห่งชาติคลองวังเจ้า คลองลาน และแม่วงก์ พบว่า มีพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ในปี พ.ศ. 2559 เท่ากับ 15,274 ไร่ 7,176 ไร่ 15,050 ไร่ และปี พ.ศ. 2560 เท่ากับ 7,809 ไร่ 4,354 ไร่ 3,653 ไร่ ตามลำดับ การประเมินความถูกต้องของพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ทั้งสามอุทยานของทั้งสองปีเทียบกับข้อมูลอ้างอิง จำนวน 203 จุด พบว่า ความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 96.06 และ 96.55 และมีค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของความสอดคล้อง เท่ากับ 0.85 และ 0.87 ตามลำดับ

คำสำคัญ : ซอฟต์แวร์จัดทำแผนที่พื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ (BAMS) / ดัชนีเชิงคลื่นในการสกัดพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ / ความแตกต่างของดัชนีเชิงคลื่นหลายช่วงเวลา / พื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ / ไฟป่า / แลนด์แซท 8

*อาจารย์ประจำโปรแกรมวิชาภูมิสารสนเทศ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
Lecturer in Geo-informatics Program Faculty of Humanities and Social Sciences Kamphaeng Phet
Rajabhat University

ABSTRACT

This study aimed to extract and evaluate burned areas in three national parks included Khlong Wang Chao, Khlong Lan and Mae Wong National Park in year 2016 and 2017. Using multitemporal difference of spectral indices method based on the Landsat 8 OLI/TIRS data application and validate of those burned area results. The process consists of (1) prepare and import of satellite data by Burned Area Mapping Software (BAMS), (2) extract burned area using multitemporal difference of spectral indices method, (3) evaluate burned area in each park with Geographic Information System (GIS), and (4) analyzed the accuracy of results with visual analysis reference points. The results showed that 5 equations of indices include Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Burned Area Index Modified (BAIM), Global Environment Monitoring Index (GEMI), Normalized Burn Ratio (NBR), and Mid-Infrared Burned Index (MIRBI) and the difference of spectral indices as pre-fire date and post-fire date, can be used to set threshold values for burned areas classifying both small and large patches. The assessment of burned areas in Khlong Wang Chao, Khlong Lan and Mae Wong National Park found that burned area in 2016 were 24.44 km², 11.48 km², 24.08 km², in the same way in 2017 were 12.49 km², 6.97 km², 5.84 km², respectively. The accuracy assessment of burned areas in three national parks of both years compared with 203 reference points. The analysis found that overall accuracy were 96.06% and 96.55% and kappa hat coefficients were 0.85 and 0.87, respectively.

Keywords : Burned Area Mapping Software (BAMS) / Burned Area Spectral Index / Multitemporal Difference of Spectral Indices / Burned Area / Forest Fire, Wildfire / Landsat 8

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ไฟป่าเป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศและสุขอนามัยของคนในพื้นที่ การเกิดไฟในประเทศไทยไม่มีสาเหตุมาจากการกระทำของมนุษย์ ซึ่งจะพบได้ในช่วงฤดูแล้ง เริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนจนถึงเดือนเมษายน และจะพบมากที่สุดในเดือนมีนาคม ซึ่งโดยส่วนใหญ่การเกิดไฟป่าจะเกิดขึ้นในพื้นที่ป่าเต็งรัง ป่าเบญจพรรณ และสวนป่า เป็นหลัก (Akaakara, 2000) การทราบตำแหน่ง เนื้อที่ รูปแบบ และการกระจายตัวของพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ (burned area) เมื่อสิ้นสุดฤดูการเกิดไฟ (fire season) เป็นสิ่งสำคัญอย่างมาก เพื่อนำไปสู่การวางแผนอนุรักษ์พื้นที่ป่าไม้ การกำหนดนโยบายที่เกี่ยวข้อง และการบริหารจัดการไฟในพื้นที่ (Bastarrika, 2014)

รีโมทเซนซิง (Remote Sensing : RS) เป็นเทคโนโลยีหนึ่งในภูมิสารสนเทศ (Geomatics) ที่มีประสิทธิภาพในการตรวจจับ ตรวจสอบ ประเมิน และจัดทำแผนที่พื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ โดยใช้ข้อมูลจากระยะไกลหรือแพลตฟอร์มที่ติดตั้งบนอวกาศ ซึ่งเทคโนโลยีดังกล่าวนี้มีความสามารถในการตรวจจับพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ได้ดีในช่วงคลื่นที่สายตามองไม่เห็น ดังเช่น ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (near infrared) และอินฟราเรดคลื่นสั้น (short wave infrared) (Bastarrika, 2014) การประยุกต์ใช้ดัชนีเชิงคลื่น (spectral indices) จากข้อมูลรีโมทเซนซิงในการตรวจจับและสกัดพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ เป็นวิธีการที่ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย และให้ผลดี โดยเฉพาะพื้นที่

ที่ยากต่อการเข้าถึงภาคพื้นดิน ทั้งนี้ดัชนีดังกล่าว มีทั้งกลุ่มดัชนีพืชพรรณ (vegetation indices) และดัชนีเฉพาะสำหรับพื้นที่ถูกเผาไหม้ (Specific indices for burned area) ที่นิยมใช้ในงานรีโมทเซนซิง เช่น ดัชนีความแตกต่างพืชพรรณแบบนอร์มอลไลซ์ (Normalized Difference Vegetation Index : NDVI) (Rouse, et al., 1974; Tucker, 1979) ดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ (Enhanced Vegetation Index : EVI) (Huete, et al., 2002) ดัชนีพืชพรรณ-ดินปรับแก้ (Soil Adjusted Vegetation Index; SAVI) (Huete, 1988) ดัชนี MSAVI (Modified Soil Adjusted Vegetation Index : MSAVI) (Qi, et al., 1994) ดัชนีเฝ้าระวังสิ่งแวดล้อมโลก (Global Environment Monitoring Index; GEMI) (Pinty & Verstraete, 1992) ดัชนีพื้นที่ถูกเผาไหม้ (Burned Area Index : BAI) (Chuvieco, Martín & Palacios, 2002; Martín, Gómez & Chuvieco, 2005) ดัชนีพื้นที่ถูกเผาไหม้ปรับปรุง BAIM (Burned Area Index Modified : BAIM) (Martín, Gómez & Chuvieco, 2005) ดัชนีอัตราส่วนพื้นที่ถูกเผาไหม้แบบนอร์มอลไลซ์ (Normalized Burn Ratio : NBR) (Key & Benson, 2005) ดัชนีพื้นที่ถูกเผาไหม้ช่วงคลื่นอินฟราเรดกลาง (Mid-Infrared Burned Index : MIRBI) (Trigg & Flasse, 2001) ดัชนี CSI (Char Soil Index : CSI) (Holden, et al., 2005) ดัชนี SWIR-MIR (SWIR-MIR Index : SMI) (Veraverbeke, Harris & Hook, 2011) และดัชนีความแตกต่างอินฟราเรดคลื่นสั้นแบบนอร์มอลไลซ์ (Normalized Difference Shortwave Infrared : NDSWIR) (Gerard, et al., 2003) รวมถึงดัชนีเชิงคลื่นที่ใช้ช่วงคลื่นความร้อน (thermal : T) และค่าประสิทธิภาพการเปล่งรังสี (emissivity : E) ในการตรวจจับพื้นที่ถูกเผาไหม้ ยกตัวอย่างได้เช่น NBRT (Holden, et al., 2005) CSIT, NDVIT, SAVIT (Smith, et al., 2007) NSEv1, NSEv2, NSTv1 และ NSTv2 (Veraverbeke, Harris & Hook, 2011) ทั้งนี้ในการศึกษาแต่ละพื้นที่พบว่า ดัชนีที่เหมาะสม (optimal index) ในการสกัดพื้นที่ถูกเผาไหม้จะแตกต่างกันไป อย่างไรก็ตามการศึกษาในหลายพื้นที่พบว่าการใช้ค่าความแตกต่างของดัชนีเชิงคลื่นหลายช่วงเวลา (ดัชนีเชิงคลื่นก่อนและหลังการเกิดไฟ) เข้ามาจำแนกและสกัดพื้นที่ถูกเผาไหม้ จะให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าใช้ค่าดัชนีเชิงคลื่นเพียงช่วงเวลาเดียว (Bastarrika, et al., 2014; Veraverbeke, Harris & Hook, 2011)

ซอฟต์แวร์จัดทำแผนที่พื้นที่ถูกเผาไหม้ (Burned Area Mapping Software: BAMS) เป็นซอฟต์แวร์ในการสกัดพื้นที่ถูกเผาไหม้ บนฐานของการใช้ข้อมูล Landsat ถูกพัฒนาโดย (Bastarrika, Chuvieco & Martín, 2011; Bastarrika, et al., 2014) โดยที่ซอฟต์แวร์นี้ เป็นซอฟต์แวร์ที่ประยุกต์ใช้กับโปรแกรม ArcGIS ซึ่งเป็นโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) โดย BAMS มีพื้นฐานหลักการในการสกัดพื้นที่ถูกเผาไหม้บนฐานของการใช้ค่าของดัชนีเชิงคลื่น 5 ตัว ได้แก่ NDVI BAIM GEMI NBR และ MIRBI รวมทั้งค่าความแตกต่างของดัชนีเชิงคลื่นในวันก่อนเกิดไฟ (pre-fire) และหลังเกิดไฟ (post-fire) มาสร้างเป็นค่าขีดแบ่ง (threshold) เพื่อจำแนก (classify) และสกัด (extract) พื้นที่ถูกเผาไหม้และพื้นที่ไม่ถูกเผาไหม้ (unburned area) ออกจากกัน (Bastarrika, 2014; Bastarrika, et al., 2014) ทั้งนี้ BAMS เป็นซอฟต์แวร์กึ่งอัตโนมัติ (semi-automatically) ในการสกัดพื้นที่ถูกเผาไหม้ โดยในขั้นตอนของการใช้งานผู้ใช้งานต้องกำหนดพื้นที่ตัวอย่าง (training area) ของพื้นที่ถูกเผาไหม้ให้กับซอฟต์แวร์ เพื่อเป็นตัวแทนพื้นที่ถูกเผาไหม้ในวันก่อนและหลังการเกิดไฟ บนหลักการแปลตีความหมายภาพด้วยสายตา และการจำแนกข้อมูลภาพแบบกำกับดูแล (supervised classification) จากนั้นค่าดัชนีและความแตกต่างดัชนีของพื้นที่ตัวอย่างจะถูกนำมาสร้างเป็นค่าขีดแบ่งเพื่อใช้ในการสกัดพื้นที่ถูกเผาไหม้ของพื้นที่ทั้งหมด โดยในขั้นตอนนี้การกำหนดค่าขีดแบ่งจะแยกออกเป็น 2 ระยะ (phase) เพื่อสร้างความสมดุลระหว่างความผิดพลาดของส่วนที่เกินเข้ามา และความผิดพลาดของส่วนที่ขาดหายไป (commission and omission errors) โดยในระยะที่ 1 การกำหนดค่าขีดแบ่งจะมีเป้าหมายเพื่อลดความผิดพลาดของส่วนที่เกินเข้ามา โดยใช้เกณฑ์ที่ค่อนข้างเข้มงวด

(strict) และจุดภาพที่มีความชัดเจนเท่านั้นจะถูกระบุว่าเป็นพื้นที่ถูกเผาไหม้ ส่วนในระยะที่ 2 จะเป็นการสร้างขอบเขตของพื้นที่ถูกเผาไหม้ (burned patches delimitation) จากจุดภาพใกล้เคียง โดยใช้อัลกอริทึมผสม (hybrid contextual algorithm) บนฐานของสมการถดถอยลอจิสติกส์ (logistic regression) และมีเกณฑ์ที่ยืดหยุ่นมากขึ้น (more flexible) เพื่อลดความผิดพลาดจากการจำแนกที่ขาดหายไป (Bastarrika., et al., 2014)

Ruthamnong (2016a) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับอัลกอริทึมที่เหมาะสมในการตรวจจับไฟและพื้นที่ถูกเผาไหม้โดยใช้ข้อมูล MODIS และ Landsat ในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย ทั้งนี้ในขั้นตอนของการสกัดพื้นที่ถูกเผาไหม้จากข้อมูล Landsat TM และ Landsat OLI/TIRS ช่วงฤดูไฟป่า ปี พ.ศ. 2553-2557 ได้ประยุกต์ใช้ BAMS มาประเมินพื้นที่ถูกเผาไหม้ ผลการศึกษาในส่วนนี้ พบว่า การใช้ BAMS ในการจำแนกพื้นที่ถูกเผาไหม้ให้ผลดี โดยมีค่าความถูกต้องเมื่อเทียบกับข้อมูลภาคสนามของกรมป่าไม้ อยู่ระหว่างร้อยละ 79.58-94.04 อีกทั้งการใช้ค่าความแตกต่างของดัชนีเชิงคลื่นหลายช่วงเวลา และใช้ดัชนีในการสกัดพื้นที่ถูกเผาไหม้หลายตัว ทำให้สามารถแยกพื้นที่ถูกเผาไหม้ออกจากพื้นที่ที่มีค่าการสะท้อนใกล้เคียงกันได้ชัดเจน ดังเช่น พื้นที่ป่าผลัดใบในช่วงฤดูแล้ง หรือพื้นที่เงาเขา เป็นต้น เนื่องจากก่อนและหลังการถูกเผาไหม้ ค่าการสะท้อนเชิงพื้นที่ที่ถูกตรวจจับได้โดยดาวเทียมจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งแตกต่างจากพื้นที่อื่นที่ไม่มีการเผาไหม้ที่จะไม่มีหรือมีการเปลี่ยนแปลงค่าการสะท้อนเชิงพื้นที่น้อย ทำให้ลดปัญหาเรื่องการจำแนกเกินจริง (over estimation) อย่างไรก็ตามงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้ BAMS ในการสกัดพื้นที่ถูกเผาไหม้ ยังไม่เป็นที่แพร่หลายในการประยุกต์ใช้ในประเทศไทย เนื่องจากเป็นเทคนิคที่ค่อนข้างใหม่ (Ruthamnong, 2016a)

ในการศึกษาครั้งนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อแสดงกระบวนการวิธีในการสกัดพื้นที่ถูกเผาไหม้และประเมินพื้นที่ถูกเผาไหม้ โดยใช้ค่าความแตกต่างของดัชนีเชิงคลื่นหลายช่วงเวลาบนฐานการประยุกต์ใช้ข้อมูล Landsat 8 OLI/TIRS จากซอฟต์แวร์ BAMS พร้อมทั้งประเมินความถูกต้องของข้อมูลผลลัพธ์ดังกล่าว โดยมีพื้นที่ศึกษาเป็นอุทยานแห่งชาติ จำนวน 3 แห่ง ได้แก่ อุทยานแห่งชาติคลองวังเจ้า คลองลาน และแม่วงก์ และมีปีทดสอบเป็นปี พ.ศ. 2559 และ 2560 ทั้งนี้อุทยานทั้งสามแห่งตั้งอยู่เขตพื้นที่จังหวัดกำแพงเพชร ตาก และนครสวรรค์ มีความหลากหลายทางชีวภาพ มีแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญและมีชื่อเสียง อีกทั้งมีความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม แต่ก็มีปัญหาที่หลากหลายในพื้นที่ ดังเช่น ปัญหาด้านการบุกรุกพื้นที่เพื่อการเกษตรและปัญหาด้านไฟป่าอย่างต่อเนื่อง การศึกษานี้จะนำไปสู่การประเมินพื้นที่ถูกเผาไหม้ในพื้นที่เพื่อนำไปสู่การจัดการ และกระบวนการวิธีที่เกิดขึ้นจะเป็นแนวทางการใช้リモテセンซิงในการสกัดพื้นที่ถูกเผาไหม้ให้กับงานวิจัยอื่นๆ หรือให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อการประเมินพื้นที่ถูกเผาไหม้เฉพาะพื้นที่หรือทั้งประเทศต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

สกัดและประเมินพื้นที่ถูกเผาไหม้ในเขตอุทยานแห่งชาติคลองลาน คลองวังเจ้า และแม่วงก์ โดยใช้ค่าความแตกต่างของดัชนีเชิงคลื่นหลายช่วงเวลา บนฐานการประยุกต์ใช้ข้อมูล Landsat 8 OLI/TIRS พร้อมทั้งตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลผลลัพธ์ด้วยการเปรียบเทียบกับภาพถ่ายทางอากาศด้วยสายตา

วิธีดำเนินการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ชุดคอมพิวเตอร์
2. ซอฟต์แวร์ BAMS ใช้สำหรับการสกัดและประเมินพื้นที่ถูกเผาไหม้
3. โปรแกรม ArcGIS 10.2 (ลิขสิทธิ์) ติดตั้งที่ศูนย์ภูมิสารสนเทศเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น

คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ใช้สำหรับการประเมินพื้นที่ถูกเผาไหม้และจัดทำแผนที่

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

1. ข้อมูลดาวเทียม Landsat 8 OLI/TIRS จาก USGS จำนวน 11 แบนด์ ช่วงเดือนมีนาคม จำนวน 2 ช่วงเวลา 2 ปี ได้แก่ ปี พ.ศ. 2559 และ พ.ศ. 2560 ความละเอียดเชิงพื้นที่ (spatial resolution) แบนด์ที่ 1-7 และ 9 เท่ากับ 30 เมตร แบนด์ที่ 8 เท่ากับ 15 เมตร และแบนด์ที่ 10-11 เท่ากับ 100 เมตร มีความละเอียดเชิงเวลา 16 วัน ความละเอียดเชิงรังสี 16 บิต ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วย (USGS, 2017)

- LC81300492016062LGN00 (2 มีนาคม 2559; ตัวแทนภาพก่อนการเกิดไฟ)
- LC81300492016078LGN00 (18 มีนาคม 2559; ตัวแทนภาพหลังการเกิดไฟ)
- LC81300492017064LGN00 (5 มีนาคม 2560; ตัวแทนภาพก่อนการเกิดไฟ)
- LC81300492017080LGN00 (21 มีนาคม 2560; ตัวแทนภาพหลังการเกิดไฟ)

2. ข้อมูลขอบเขตอุทยาน ของกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ปี พ.ศ. 2557 เป็นข้อมูล Shape file มาตรฐาน 1: 50,000

ขั้นตอนการศึกษา

1. ดาวน์โหลดข้อมูล Landsat 8 OLI/TIRS ในช่วงเวลาและพื้นที่ที่ศึกษา จากเว็บไซต์ <https://earthexplorer.usgs.gov/> (USGS, 2017) พร้อมประมวลผลข้อมูลเบื้องต้น (preprocessing)

2. นำเข้าข้อมูล Landsat 8 OLI/TIRS จำนวน 2 ช่วงเวลา คือ ภาพที่เป็นตัวแทนของช่วงเวลาก่อนเกิดไฟ และหลังเกิดไฟ ด้วยโปรแกรม BAMS

3. ทำการประมวลผลข้อมูลดาวเทียม เพื่อสร้างค่าการสะท้อน (generation of reflectance) ในแบนด์ที่ 1-9 และสร้างค่าความส่องสว่างของอุณหภูมิ (brightness temperature) ในแบนด์ที่ 10-11 โดยใช้ฟังก์ชัน Process Scenes ใน BAMS ภายใต้กระบวนการนี้จะใช้ข้อมูล 2 ส่วน ได้แก่ ข้อมูล USGS Landsat Terrain Correction (Level 1T) ซึ่งอยู่ในรูปแบบข้อมูลแบบ GeoTiff format และข้อมูล USGS Landsat Surface Reflectance Climate Data Record (SRCDR) ในรูปแบบ HDF format ทั้งนี้ การแปลงค่าการสะท้อนเชิงเลข (Digital Numbers: DN) ไปเป็นค่าการสะท้อน TOA (Top of Atmosphere: TOA) แสดงได้ดังสมการที่ 1 และช่วงคลื่นเทอร์มอล (TIR) สามารถแปลงค่าการสะท้อนเชิงคลื่นเป็นค่าส่องสว่างของอุณหภูมิโดยใช้สมการที่ 2 (Chander, Markham, & Helder, 2009)

$$\rho\lambda = \frac{(Mp \cdot Qcal + Ap)}{\cos\theta_s}, \quad (1)$$

เมื่อ $\rho\lambda$ = ค่าการสะท้อน TOA planetary reflectance
 Mp = ค่า band-specific multiplicative rescaling factor from the metadata
 Ap = ค่า band-specific additive rescaling factor from the metadata
 $Qcal$ = ค่า quantized and calibrated standard product pixel values (DN)
 θ_s = ค่า solar zenith angle

$$T = \frac{K2}{\ln[\frac{K1}{L\lambda} + 1]}, \quad (2)$$

เมื่อ T = ค่า brightness temperature (K)
 $L\lambda$ = ค่า TOA spectral radiance (Watts/(m² * srad * μm))
 $K1$ = ค่าคงที่เฉพาะในการแปลงค่าแบนด์เทอร์มอลจาก metadata ของ K1
 $K2$ = ค่าคงที่เฉพาะในการแปลงค่าแบนด์เทอร์มอลจาก metadata ของ K2

4. สร้างค่าดัชนีเชิงคลื่น ทำภาพผสมหลายช่วงเวลา (temporal composite) และคำนวณค่าความแตกต่างของดัชนีเชิงคลื่นในวันก่อนและหลังการเกิดไฟ โดยสมการที่ใช้คำนวณค่าดัชนีที่ใช้วิเคราะห์ 5 ตัว ประกอบด้วย NDVI BAIM GEMI NBR และ MIRBI แสดงได้ดังสมการที่ 3 ถึงสมการที่ 7 ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงทศนิยม BAMS จะแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปของข้อมูล 16 บิต โดยคูณค่าดัชนีดังกล่าวด้วยสเกลปัจจัย (scale factor) เท่ากับ 10,000 ยกเว้นดัชนี BAIM ที่ใช้ค่าจริงที่ได้จากการคำนวณ

(1) Normalized Difference Vegetation Index

$$NDVI = \frac{(\rho NIR - \rho RED)}{(\rho NIR + \rho RED)}, \quad (3)$$

(2) Burned Area Index Modified

$$BAIM = \frac{1}{(\rho NIR - 0.05)^2 + (\rho SWIRL - 0.2)^2}, \quad (4)$$

(3) Global Environmental Monitoring Index

$$GEMI = \frac{\eta (1 - 0.25\eta) - (\rho RED - 0.125)}{1 - \rho RED}, \quad (5)$$

(4) Normalized Burned Ratio

$$NBR = \frac{(\rho NIR - \rho SWIRL)}{(\rho NIR + \rho SWIRL)}, \quad (6)$$

(5) Mid-Infrared Burned Index

$$MIRBI = 10\rho SWIRL - 0.98 \rho SWIRS, \quad (7)$$

เมื่อ

$$\eta = \frac{(2(\rho NIR^2 - \rho RED^2 + 1.5\rho NIR + 0.5\rho RED))}{(\rho NIR + \rho RED + 0.5)}$$

ρRED = ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นสีแดง (Red reflectance); แบนด์ 4

ρNIR = ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Near Read Infrared reflectance); แบนด์ 5

$\rho SWIRS$ = ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น ช่วงความยาวคลื่นประมาณ 1.6 μm (Short Wave Infrared Short reflectance); แบนด์ 6

$\rho SWIRL$ = ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น ช่วงความยาวคลื่นประมาณ 2.2 μm (Short Wave Infrared Long reflectance); แบนด์ 7

5. กำหนดพื้นที่ตัวอย่างของพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ให้กับข้อมูลดาวเทียมในวันก่อนและหลังการเกิดไฟ โดยใช้ฟังก์ชัน Supervised BAMS เพื่อสร้างค่าขีดแบ่ง 2 ระยะ ให้กับเกณฑ์การจำแนก โดยใช้ NDVI BAIM GEMI NBR และ MIRBI รวมทั้งค่าความแตกต่างของดัชนีเชิงคลื่นดังกล่าว ทั้งนี้ในการเลือกพื้นที่ตัวอย่างใช้หลักการแปลตีความด้วยสายตาจากภาพสีผสม RGB: 754 ในหน้าจอของโปรแกรม BAMS ซึ่งจะแสดงเป็นสีโทนม่วง โดยเลือกพื้นที่ตัวอย่างที่มีความเป็นเอกพันธ์ (homogeneous) ครอบคลุมพื้นที่ และพอเพียงพอการวิเคราะห์

6. สกัดพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ตามเกณฑ์โดยใช้ BAMS จากนั้นสร้างขอบเขตพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ โดยฟังก์ชัน Generate perimeter นำออกข้อมูลหลังการจำแนก ข้อมูลที่ได้จะมีลักษณะเป็นข้อมูล Shape file แบบขอบเขต (polygon) ทั้งนี้หากมีข้อมูลปริมาณมากในช่วงเวลาต่อเนื่องกัน อาจทำซ้ำวิธีการจากเกณฑ์ค่าขีดแบ่งเดิม โดยใช้ฟังก์ชัน Batch BAMS

7. นำเข้าข้อมูลพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ด้วยโปรแกรม ArcGIS พร้อมประเมินพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ในแต่ละอุทยาน จัดทำแผนที่ พร้อมรายงานผลการวิเคราะห์ข้อมูล

8. ประเมินค่าความถูกต้องของการสกัดพื้นที่ถูกเผาไหม้ โดยการกำหนดขนาดตัวอย่าง ใช้การคำนวณขนาดตัวอย่างบนพื้นฐานของทฤษฎีความน่าจะเป็นการแจกแจงแบบทวินาม (Binomial Distribution Probability Theory) ที่ความถูกต้องที่ต้องการเท่ากับร้อยละ 85 และความผิดพลาดที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ร้อยละ 5 โดยจำนวนของขนาดตัวอย่าง (sample size) คำนวณโดยใช้สมการที่ 8 มีค่าเท่ากับ 203 จุดตัวอย่าง (Jensen, 2005) จากนั้นคำนวณค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) และสัมประสิทธิ์แคปปาของความสอดคล้อง (K_{hat} Coefficient of Agreement) โดยค่าที่ยอมรับได้ของการศึกษานี้คือ ค่า $K_{\text{hat}} > 0.80$ (>80 %) ซึ่งหมายถึงพื้นที่ถูกเผาไหม้โดยใช้ BAMS มีความสอดคล้องกับการตรวจวัดด้วยสายตาในระดับสูง (Jensen, 2005)

$$N = \frac{Z^2 (p)(q)}{E^2}, \quad (8)$$

เมื่อ N = ขนาดของตัวอย่าง

p = ร้อยละความถูกต้องที่ต้องการของแผนที่โดยรวม

q = $100-p$

E = ความผิดพลาดที่ยอมให้เกิดขึ้นได้

Z = ค่า Z จากตารางความเบี่ยงเบนมาตรฐานปกติ ณ ระดับความเชื่อมั่นที่กำหนด (ในการศึกษานี้มีค่าเท่ากับ 2)

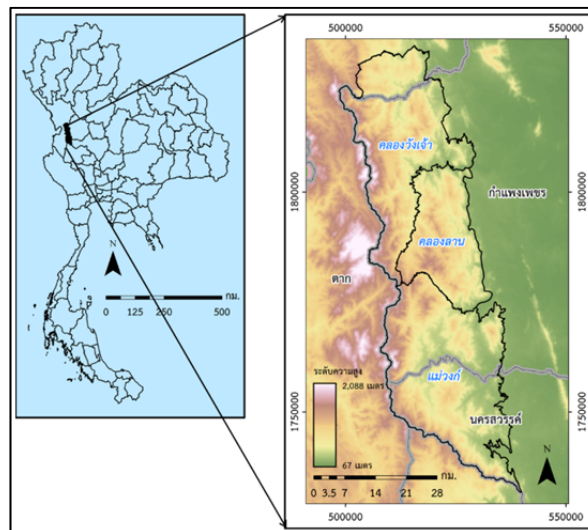
พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษา คือ เขตอุทยานแห่งชาติ 3 อุทยาน ได้แก่ อุทยานแห่งชาติคลองวังเจ้า คลองลาน และแม่วงก์ ซึ่งมีอาณาเขตติดต่อกันเป็นเขตอุทยานผืนใหญ่ ตั้งอยู่ในเขตจังหวัดตาก กำแพงเพชร และนครสวรรค์ รวมเนื้อที่ 1,285,374 ไร่ มีระดับความสูงของพื้นที่ตั้งแต่ 136 เมตร ถึง 1,833 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง แสดงพื้นที่ศึกษาได้ดังภาพที่ 1 (National Parks, Wildlife and Plant Conservation. Department, 2017b)

อุทยานแห่งชาติคลองวังเจ้า ตั้งอยู่ในขอบเขตจังหวัดตากและกำแพงเพชร มีพื้นที่ 466,275 ไร่ พื้นที่อุทยานอยู่ในเขตรอยต่อระหว่างบริเวณเขตเทือกเขาภาคตะวันตกกับบริเวณขอบที่ราบภาคกลาง สภาพภูมิประเทศเป็นเทือกเขาสูงชันสลับซับซ้อน แนวเขาเวดตัวในทิศเหนือ-ใต้ เป็นส่วนหนึ่งของเทือกเขาถนนธงชัยที่ราบอยู่ทางตอนกลางพื้นที่ ซึ่งมีลักษณะเป็นอ่างกะทะขนาดเล็ก จำนวน 2 แอ่ง พื้นที่ 2,000-5,000 ไร่ แนวเทือกเขาที่สำคัญ ได้แก่ เขาเย็น เขาสน เขาเต่าดำ เขาขุน เขาขาล้าง เขาอีโละโละ เขาวังเจ้า เขาบึงใหญ่ ดอยหลวง และเขารู้งะสัง เป็นต้น พื้นที่อุทยานแห่งชาติคลองวังเจ้าเป็นส่วนหนึ่งของพื้นที่ลุ่มน้ำปิง ประกอบด้วย 2 ลุ่มน้ำ คือ ลุ่มน้ำคลองวังเจ้า ประกอบด้วย คลองแม่ยะมา คลองวังเจ้า คลองขุนหมาก คลองแขง และลุ่มน้ำคลองสวนหมาก ประกอบด้วย คลองไพร คลองรู้งะสัง คลองพลู คลองอีหมี คลองส้มโอ คลองบึงใหญ่ คลองสวนหมาก คลองเต่าดำ คลองผู้ใหญ่เลา คลองนายปู คลองขาแข้ง คลองจำปา คลองตะเนาะ และคลองปางขบ เป็นต้น (National Parks, Wildlife and Plant Conservation. Department, 2017b) ภายในอุทยานปกคลุมด้วยพื้นที่ป่า 5 ชนิด ได้แก่ ป่าเบญจพรรณ (mixed deciduous forest) ป่าดิบเขา (hill evergreen forest) ป่าดิบแล้ง (dry evergreen forest) ป่าเต็งรัง (dry dipterocarp forest) และป่าสนเขา (coniferous forest) โดยป่าเบญจพรรณ เป็นสังคมพืชที่ปกคลุมพื้นที่มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 65 พบกระจายตั้งแต่ระดับความสูง 200-1,000 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง ชนิดไม้ที่พบมาก ได้แก่ สัก รกฟ้า แดง ประดู่ มะกอกเกลื่อน รักใหญ่ เสลา โมกมัน สะเทิบ กางเขมอด และปอตูบหูช้าง นอกจากนี้ยังมีไม้ขึ้นปะปนอยู่ด้วย เช่น ไม้ชางนวล และไผ่ไร่ (National Parks, Wildlife and Plant Conservation. Department, 2017a)

อุทยานแห่งชาติคลองลาน ตั้งอยู่ในจังหวัดกำแพงเพชร มีพื้นที่ 262,456 ไร่ ครอบคลุมพื้นที่ ป่าคลองลานอันสมบูรณ์แหล่งสุดท้ายของจังหวัดกำแพงเพชร ประกอบด้วย ภูเขาสูงชันสลับซับซ้อน เป็น ป่าต้นน้ำลำธาร ต้นกำเนิดของน้ำหลายสาย เช่น คลองขลุง คลองสวนหมาก ซึ่งไหลรวมกันลงสู่แม่น้ำปิง และเป็นต้นน้ำของน้ำตกคลองลานไหลลงสู่คลองขลุง สภาพภูมิประเทศมีลักษณะเป็นภูเขาสูงสลับซับซ้อน ด้าน ทิศตะวันออกเป็นที่ราบ ดินร่วนปนทราย ภูเขาแต่ละลูกเชื่อมโยงติดต่อกับขุนคลองลาน สภาพป่าสมบูรณ์ เป็น ป่าต้นน้ำลำธาร (National Parks, Wildlife and Plant Conservation. Department, 2017b) ประเภทป่าไม้ ส่วนใหญ่เป็นป่าเบญจพรรณผสมป่าดงดิบร้อยละ 36 และมีป่าเบญจพรรณร้อยละ 13 ชนิดไม้ที่สำคัญของป่า ได้แก่ ประดู่ สัก ตะแบก มะค่าโมง และไม้ชนิดต่าง ๆ (National Parks, Wildlife and Plant Conservation. Department, 2017a)

อุทยานแห่งชาติแม่วงก์ ตั้งอยู่ในขอบเขตจังหวัดกำแพงเพชรและนครสวรรค์ มีพื้นที่ 556,643 ไร่ สภาพภูมิประเทศเป็นเทือกเขาสูงสลับซับซ้อนเรียงรายกันอยู่ตามเทือกเขาถนนธงชัยลดหลั่นลงมาถึงพื้นราบ ประมาณ 40-50 ลูก ยอดที่สูงที่สุดคือ “ยอดเขาโมโกจู” เป็นแหล่งต้นน้ำลำธารต้นกำเนิดของลำน้ำแม่วงก์ ส่วนพื้นที่ราบมีไม่มาก ส่วนใหญ่อยู่บริเวณริมแม่น้ำ และเป็นแหล่งแร่ธาตุสำคัญ เช่น แร่ไมก้า พื้นที่ส่วนใหญ่เป็น แหล่งกำเนิดต้นน้ำลำธาร ตามเทือกเขาสูงชันก่อเกิดเป็นน้ำตกที่สวยงาม 4-5 แห่ง ทั้งเป็นต้นกำเนิดของลำน้ำ แม่วงก์ที่สำคัญของจังหวัดนครสวรรค์ นอกจากนี้ยังมีแก่งหินทำให้เกิดน้ำตกเล็ก ๆ ตามแก่งหินนี้ ตลอดจนมี หน้าผาที่สวยงามตามธรรมชาติ (National Parks, Wildlife and Plant Conservation. Department, 2017b) ทั้งนี้เขตอุทยานส่วนใหญ่มีลักษณะป่าประเภทป่าเบญจพรรณร้อยละ 59 ป่าดิบแล้งร้อยละ 22 ป่าดิบ แล้งผสมป่าเบญจพรรณชื้นร้อยละ 9 และป่าเต็งรังร้อยละ 7 ที่เหลือเป็นป่าประเภทอื่น ๆ (National Parks, Wildlife and Plant Conservation. Department, 2017a)

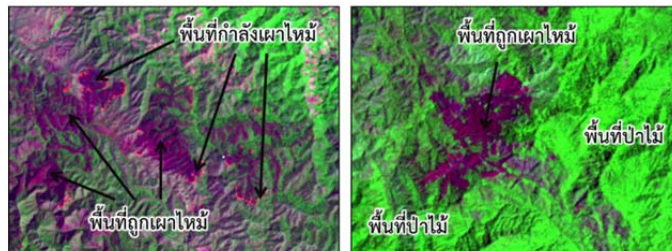


ภาพที่ 1 พื้นที่ศึกษา

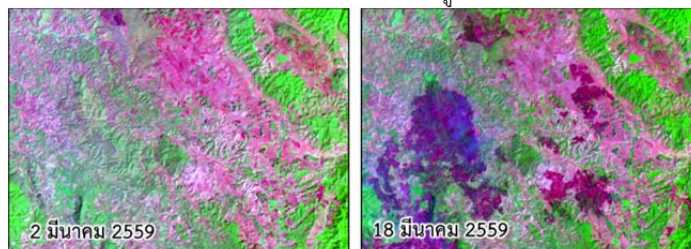
สรุปผลการวิจัย

การสกัดข้อมูลพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้โดยใช้ค่าความแตกต่างของดัชนีเชิงคลื่นหลายช่วงเวลา การผสมภาพสีเท็จ (false color composite) ช่วงคลื่น SWIR-NIR-Red จากภาพ Landsat 8 OLI/TIRS RGB: 754 เพื่อใช้ตรวจหาพื้นที่ตัวอย่างพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ พบว่า พื้นที่ที่ถูกเผาไหม้จะปรากฏเป็นขอบเขต

สีม่วงถึงม่วงเข้ม ในลักษณะกระจายไปโดยรอบจากศูนย์กลางการเกิดไฟ หรือตามทิศทางการลามของไฟ ขณะที่พื้นที่ที่กำลังเกิดไฟ (active fire) จะแสดงเป็นสีส้มจนถึงแดง ส่วนพื้นที่อื่น ๆ พื้นที่ป่าไม้จะปรากฏเป็นสีเขียว พื้นที่ป่าผลัดใบจะปรากฏเป็นสีม่วงอ่อน สีชมพู และสีขาว พื้นที่โล่งแจ้งจะปรากฏเป็นสีขาว สีชมพู หรือสีส้มอ่อน แหล่งน้ำจะปรากฏเป็นสีน้ำเงินเข้ม และพื้นที่เกษตรกรรมจะปรากฏเป็นโทนสีขาว สีเขียวอ่อน หรือสีเขียวเข้ม ขึ้นอยู่กับชนิดพืช ชีพลักษณะ และความหนาแน่นของพืชปกคลุมดิน ทั้งนี้ ตัวอย่างภาพพื้นที่ที่กำลังเผาไหม้และถูกเผาไหม้จากข้อมูลดาวเทียม Landsat 8 OLI/TIRS และพื้นที่ก่อนและหลังการเผาไหม้แสดงได้ดังภาพที่ 2 และภาพที่ 3



ภาพที่ 2 ตัวอย่างภาพพื้นที่ที่กำลังเผาไหม้และถูกเผาไหม้จากข้อมูลดาวเทียม Landsat 8 OLI/TIRS ภาพสีผสมเท็จ RGB : 754 แสดงพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้เป็นสีม่วงเข้ม



ภาพที่ 3 ตัวอย่างพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้จากข้อมูลดาวเทียม Landsat 8 OLI/TIRS แสดงวันก่อนเผาไหม้ (2 มีนาคม 2559) และวันที่เกิดการเผาไหม้ (18 มีนาคม 2559)

การสร้างเกณฑ์จากค่าขีดแบ่งโดยใช้ค่าดัชนี 5 ตัว ได้แก่ NDVI BAIM GEMI NBR และ MIRB และความแตกต่างของดัชนีก่อนและหลังการเกิดไฟ ที่ได้จากกระบวนการวิเคราะห์และสร้างค่าขีดแบ่งจากพื้นที่ตัวอย่าง โดยใช้โปรแกรม BAMS พบว่า สมการที่ใช้ในการจำแนกพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ ปี พ.ศ. 2559 โดยใช้ข้อมูลดาวเทียม Landsat 8 OLI/TIRS ของทั้งสองระยะ มีเงื่อนไขสร้างเป็นพีชคณิตแผนที่ (map algebra) โดยใช้ “AND” ได้ดังนี้

ระยะที่ 1 (first phase)

$BAIM (post) \geq 36$ AND $BAIM (post-pre) \geq -32$ AND $NBR (post) \leq 3,136$ AND $NBR (post-pre) \leq 795$ AND $NDVI (post) \leq 3,448$ AND $NDVI (post-pre) \leq 486$ AND $GEMI (post) \leq 430$ AND $GEMI (post-pre) \leq -12$ AND $MIRBI (post) \geq 14,154$ AND $MIRBI (post-pre) \geq -1,456$

ระยะที่ 2 (second phase)

$BAIM (post) \geq 31$ AND $BAIM (post-pre) \geq -87$ AND $NBR (post) \leq 2,838$ AND $NBR (post-pre) \leq 7,942$ AND $NDVI (post) \leq 4,549$ AND $NDVI (post-pre) \leq 1,390$ AND $GEMI (post) \leq 627$ AND $GEMI (post-pre) \leq 494$ AND $MIRBI (post) \geq 13,281$ AND $MIRBI (post-pre) \geq -76,025$

ส่วนสมการที่ใช้ในการจำแนกพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ในปี พ.ศ. 2560 แสดงได้ ดังนี้

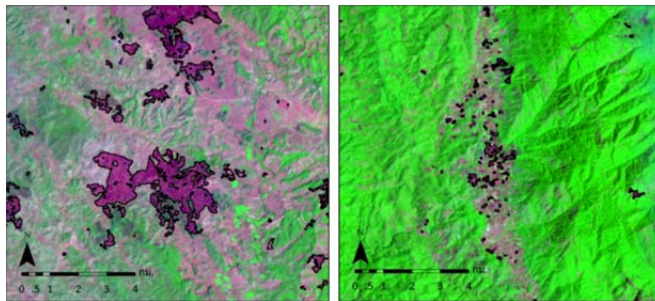
ระยะที่ 1

$BAIM (post) \geq 41$ AND $BAIM (post-pre) \geq -32$ AND $NBR (post) \leq 1,425$ AND $NBR (post-pre) \leq 295$ AND $NDVI (post) \leq 2,592$ AND $NDVI (post-pre) \leq 497$ AND $GEMI (post) \leq 312$ AND $GEMI (post-pre) \leq -39$ AND $MIRBI (post) \geq 12,962$ AND $MIRBI (post-pre) \geq -2,897$

ระยะที่ 2

$BAIM (post) \geq 47$ AND $BAIM (post-pre) \geq -12$ AND $NBR (post) \leq 1,766$ AND $NBR (post-pre) \leq -177$ AND $NDVI (post) \leq 3,299$ AND $NDVI (post-pre) \leq 352$ AND $GEMI (post) \leq 427$ AND $GEMI (post-pre) \leq 339$ AND $MIRBI (post) \geq 13,881$ AND $MIRBI (post-pre) \geq -1,617$

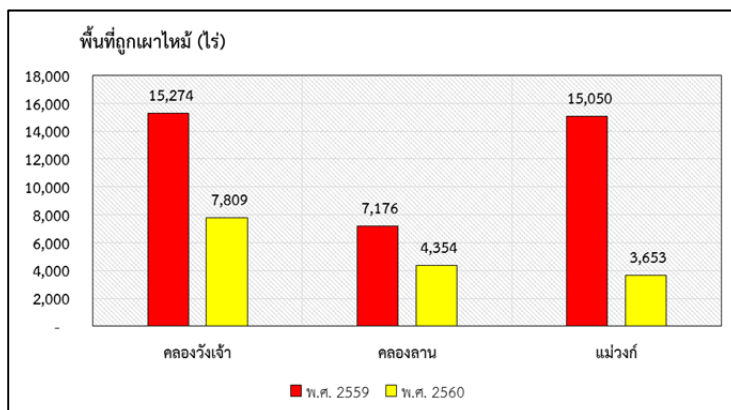
ทั้งนี้ตัวอย่างภาพผลลัพธ์การสกัดพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ตามเงื่อนไขค่าขีดแบ่งข้างต้น แสดงได้ดังภาพที่ 4 โดยจะเห็นได้ว่าการสกัดพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ โดยใช้ค่าดัชนีและค่าความแตกต่างของดัชนีเชิงคลื่นของวันก่อนและหลังการเกิดไฟ สามารถจำแนกพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ได้อย่างชัดเจน ทั้งพื้นที่เผาไหม้ที่มีขนาดเล็ก และพื้นที่เผาไหม้ที่มีขนาดใหญ่



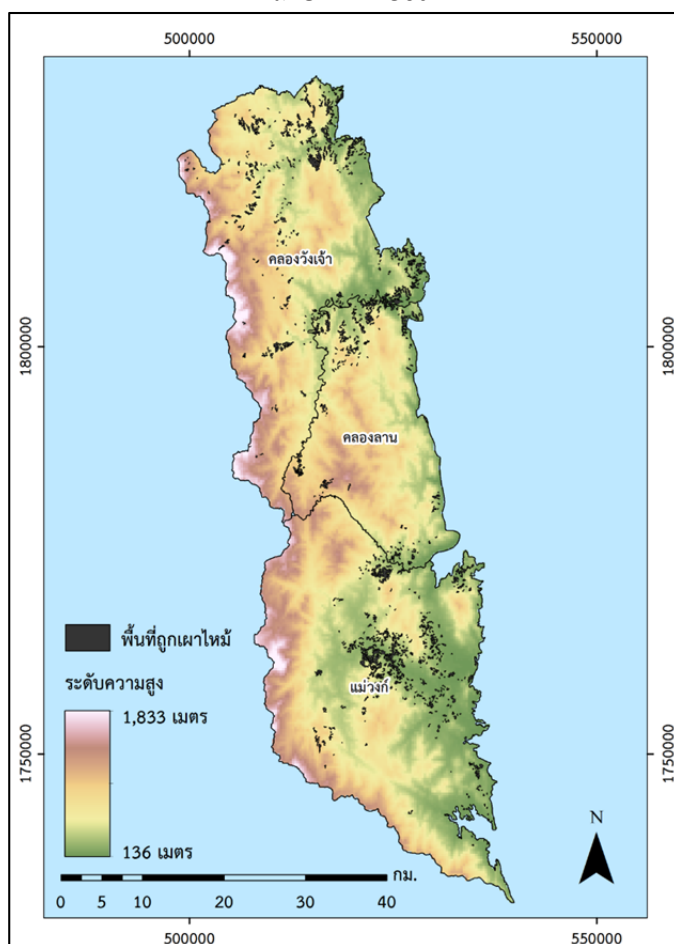
ภาพที่ 4 ตัวอย่างผลลัพธ์การจำแนกพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ โดยใช้ค่าความแตกต่างของดัชนีเชิงคลื่นหลายช่วงเวลา บนฐานการประยุกต์ใช้ข้อมูลแลนด์แซท 8 OLI/TIRS (18 มีนาคม 2559)

การประเมินพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้

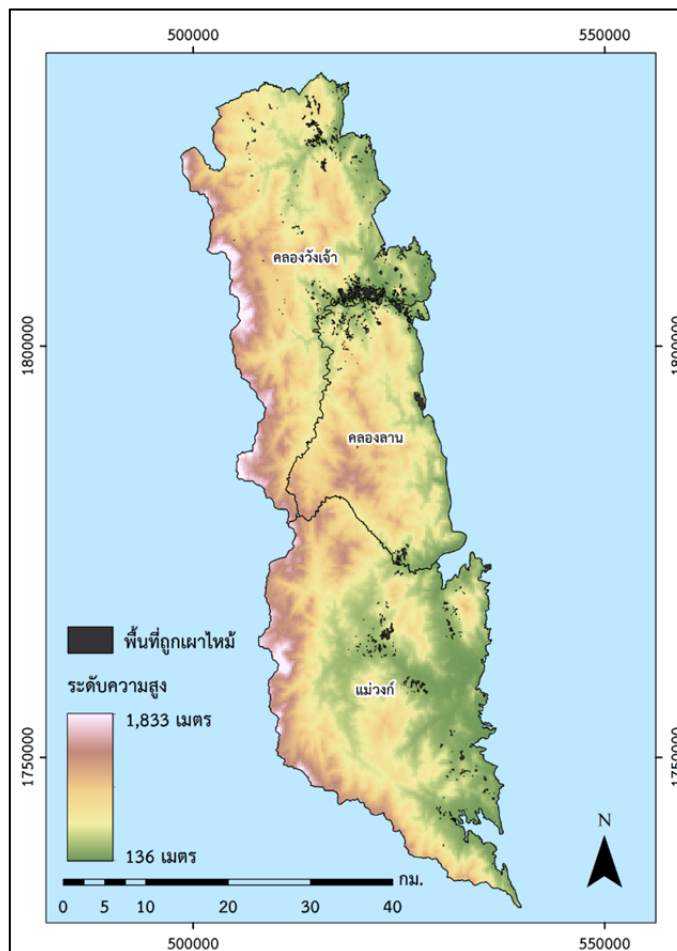
ผลการประเมินพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ พบว่า โดยภาพรวมพื้นที่เผาไหม้ในปี พ.ศ. 2560 มีเนื้อที่ลดลงจากปี พ.ศ. 2559 โดยอุทยานแห่งชาติคลองวังเจ้า ในปี พ.ศ. 2559 มีพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ 15,274 ไร่ (ร้อยละ 3.28) และในปี พ.ศ. 2560 มีพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ 7,809 ไร่ (ร้อยละ 1.67) ส่วนอุทยานแห่งชาติคลองลานในปี พ.ศ. 2559 มีพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ 7,176 ไร่ (ร้อยละ 2.73) และในปี พ.ศ. 2560 มีพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ 4,354 ไร่ (ร้อยละ 1.66) และอุทยานแห่งชาติแม่วงก์ ในปี พ.ศ. 2559 มีพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ 15,050 ไร่ (ร้อยละ 2.70) และในปี พ.ศ. 2560 มีพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ 3,653 ไร่ (ร้อยละ 0.66) ดังภาพที่ 5 ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาการกระจายตัวของพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ทั้งสองปี พบว่า มีลักษณะของการเกิดซ้ำในพื้นที่เดิมของพื้นที่เผาไหม้ และพบในพื้นที่ไม่สูงมาก โดยการเกิดพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ในอุทยานแห่งชาติคลองวังเจ้าจะเกิดในบริเวณตอนเหนือของเขตอุทยาน บริเวณรอยต่อระหว่างอุทยานแห่งชาติคลองวังเจ้ากับคลองลานจะเป็นบริเวณที่พบการเผาไหม้มากทั้งสองปี ส่วนการเกิดในอุทยานแห่งชาติแม่วงก์จะพบมากบริเวณทางด้านทิศตะวันออกและตอนกลางของพื้นที่ ซึ่งสอดคล้องกับขนาดและการกระจายตัวของป่าเต็งรังและป่าเต็งรังในพื้นที่ โดยแผนที่พื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ในเขตอุทยานแห่งชาติคลองวังเจ้า คลองลาน และแม่วงก์ ปี พ.ศ. 2559 และ 2560 แสดงได้ดังภาพที่ 6 และภาพที่ 7



ภาพที่ 5 พื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ในเขตอุทยานแห่งชาติคลองวังเจ้า คลองลาน และแม่วงก์ เปรียบเทียบ ปี พ.ศ. 2559 และปี พ.ศ. 2560



ภาพที่ 6 พื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ในเขตอุทยานแห่งชาติคลองวังเจ้า คลองลาน และแม่วงก์ ปี พ.ศ. 2559

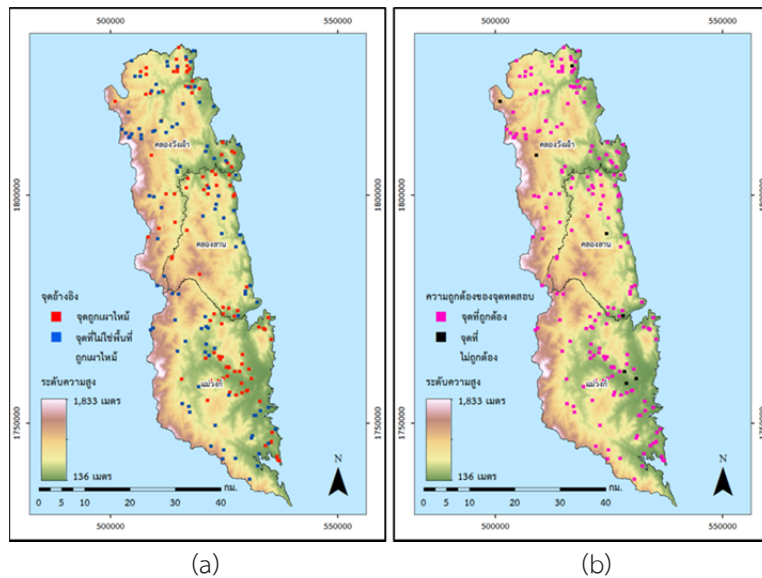


ภาพที่ 7 พื้นที่ถูกเผาไหม้ในเขตอุทยานแห่งชาติคลองวังเจ้า คลองลาน และแม่รัง ปี พ.ศ. 2560

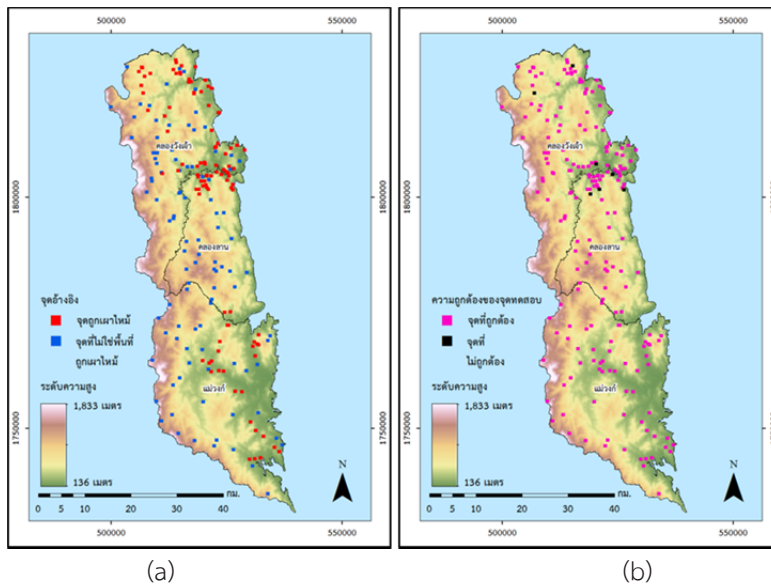
การตรวจสอบความถูกต้องของการสกัดพื้นที่ถูกเผาไหม้

การตรวจสอบความถูกต้องของการสกัดพื้นที่ถูกเผาไหม้ โดยวิธีค่าความแตกต่างของดัชนีเชิงคลื่นหลายช่วงเวลาจากข้อมูลแลนด์แซท 8 โดยใช้ BAMS มีจุดอ้างอิงจำนวนปีละ 203 จุด เป็นจุดที่มีการเผาไหม้ 102 จุด และจุดที่ไม่มีการเผาไหม้ 103 จุด กำหนดจุดตำแหน่งโดยวิธีสร้างจุดสุ่ม (random points) ในโปรแกรม GIS การเปรียบเทียบใช้วิธีการวิเคราะห์ด้วยสายตาจุดต่อจุด เปรียบเทียบข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมต้นฉบับผสมสีภาพ RGB : 754 และข้อมูลพื้นที่ถูกเผาไหม้ที่เป็นผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ พบว่า ในปี พ.ศ. 2559 มีจุดที่ไม่ตรงกันระหว่างข้อมูลผลลัพธ์กับจุดอ้างอิง 8 จุด เมื่อคำนวณค่าความถูกต้องโดยรวม พบว่า มีค่าเท่ากับร้อยละ 96.06 และมีค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของความสอดคล้องเท่ากับ 0.85 เมื่อพิจารณาเฉพาะคลาส (class) ของพื้นที่ถูกเผาไหม้ พบว่า มีค่าความถูกต้องของผู้ผลิต (producer's accuracy) เท่ากับร้อยละ 97.94 มีความผิดพลาดส่วนที่ขาดหายไป (omission error) เท่ากับร้อยละ 2.06 มีค่าความถูกต้องของผู้ใช้ (user's accuracy) เท่ากับร้อยละ 94.06 และมีค่าความผิดพลาดส่วนที่เกินเข้ามา (commission error) เท่ากับร้อยละ 5.94 ส่วนในปี พ.ศ. 2560 มีจุดที่ไม่ตรงกันระหว่างข้อมูลผลลัพธ์กับจุดอ้างอิง 7 จุด เมื่อคำนวณค่าความถูกต้องโดยรวม พบว่า มีค่าเท่ากับร้อยละ 96.55 และมีค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของความสอดคล้องเท่ากับ 0.87 เมื่อพิจารณาเฉพาะคลาสของพื้นที่

ถูกเผาไหม้ พบว่า มีค่าความถูกต้องของผู้ผลิต เท่ากับร้อยละ 100.00 และไม่มีความผิดพลาดส่วนที่ขาดหายไป มีค่าความถูกต้องของผู้ใช้เท่ากับร้อยละ 93.07 และมีค่าความผิดพลาดส่วนที่เกินเข้ามาเท่ากับร้อยละ 6.93 ทั้งนี้ ภาพจุดอ้างอิงการตรวจสอบความถูกต้องและความถูกต้องของจุดทดสอบในแต่ละปี แสดงได้ดังภาพที่ 8 และ ภาพที่ 9



ภาพที่ 8 จุดอ้างอิงการตรวจสอบความถูกต้อง (a) และความถูกต้องของจุดทดสอบ (b) ปี พ.ศ. 2559



ภาพที่ 9 จุดอ้างอิงการตรวจสอบความถูกต้อง (a) และความถูกต้องของจุดทดสอบ (b) ปี พ.ศ. 2560

อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการเสนอวิธีการสกัดและประเมินพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ โดยมีพื้นที่ 3 เขตอุทยาน ได้แก่ อุทยานแห่งชาติคลองวังเจ้า คลองลาน และแม่वंก ปี พ.ศ. 2559 และ 2560 เป็นพื้นที่ศึกษาและช่วงเวลาศึกษา ผลการศึกษาสรุปได้ว่าการใช้ดัชนีเชิงคลื่น 5 ตัว ได้แก่ NDVI BAIM GEMI NBR และ MIRBI รวมทั้งค่าความแตกต่างของดัชนีเชิงคลื่นในวันก่อนและหลังการเกิดไฟ สามารถใช้กำหนดค่าขีดแบ่งเพื่อจำแนกพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ได้ดี การประเมินพื้นที่ป่าไม้ที่ถูกเผาไหม้ในเขตอุทยานแห่งชาติคลองวังเจ้า คลองลาน และแม่वंก ซึ่งให้เห็นว่าในปี พ.ศ. 2559 มีพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้มากกว่า ปี พ.ศ. 2560 การประเมินความถูกต้องของพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ทั้งสามอุทยานของทั้งสองปีเทียบกับข้อมูลอ้างอิง พบว่า ค่าความถูกต้องโดยรวมและสัมประสิทธิ์แคปปาของความสอดคล้องมากกว่าร้อยละ 95 ทั้งสองปี ซึ่งอยู่ในระดับเกณฑ์ที่ยอมรับได้

ผลการศึกษา สอดคล้องกับการศึกษาของ Bastarrika, 2014; Bastarrika, Chuvieco, & Martín, 2011, Bastarrika et al., 2014; Ruthamnong, 2016a; Ruthamnong, 2017; Ruthamnong & Ongsomwang, 2017) ที่พบว่าการใช้ BAMS ในการสกัดพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ จะช่วยลดความผิดพลาดของส่วนที่เกินเข้ามา และความผิดพลาดของส่วนที่ขาดหายไป อีกทั้งยังลดปัญหาการประเมินพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้เกินจริงได้เป็นอย่างดี ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญของการแปลตีความข้อมูลดังกล่าว ในพื้นที่ป่าไม้ในเขตร้อนและเขตร้อนชื้น (tropical) อย่างไรก็ตามเนื่องจากซอฟต์แวร์นี้มีลักษณะกึ่งอัตโนมัติ ซึ่งผู้ใช้งานจำเป็นต้องกำหนดพื้นที่ตัวอย่างของพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ ดังนั้นในขั้นตอนของการกำหนดพื้นที่ตัวอย่าง เพื่อให้เกิดความถูกต้องของข้อมูลผลลัพธ์มากที่สุด ควรเลือกพื้นที่ตัวอย่างอย่างระมัดระวัง เลือกพื้นที่ที่มีร่องรอยการเผาไหม้ที่ชัดเจน และครอบคลุมทั้งพื้นที่เนื่องจากมักเกิดความสับสนระหว่างพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้กับป่าผลัดใบได้ง่าย การประยุกต์ใช้แนวคิดปัจจัยที่ใช้ในการแปลตีความ (elements of interpretation) ซึ่งใช้ปัจจัยด้านสี (color) รูปร่าง (shape) รูปแบบการจัดเรียง (pattern) ที่ตั้ง (site) และสิ่งแวดลอมข้างเคียง (association) เข้ามาช่วยในการแปลตีความยังเป็นวิธีการที่เหมาะสม ดังเช่น การประเมินพื้นที่ป่าไม้ที่ถูกเผาไหม้จากข้อมูลดาวเทียม โดยการแปลตีความด้วยสายตาของสำนักควบคุมไฟป่า กรมป่าไม้ ในปี พ.ศ. 2542-2544 (Ongsomwang, 1999) และการศึกษาของ Ruthamnong, S. (2016b) ที่ได้ใช้หลักการเดียวกันในการคัดเลือกพื้นที่ตัวอย่างสำหรับการสกัดพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ในพื้นที่เกษตรกรรมจากข้อมูลดาวเทียม Landsat 8 OLI/TIRS โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ภาพโดยระบบผู้เชี่ยวชาญ (expert system image analysis) เพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดไฟในพื้นที่เกษตรกรรม และเสนอแนวทางการจัดการไฟโดยใช้ภูมิสารสนเทศ นอกจากนี้ การใช้ข้อมูลจุดความร้อนจากโมดิส (MODIS Hotspot) ในวันเกิดไฟ เข้ามาช่วยในการเลือก การศึกษาเลือกพื้นที่ตัวอย่างยังเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ทำให้มีข้อมูลสนับสนุนพื้นที่ที่เกิดการเผาไหม้ได้ดี ทั้งนี้จากการศึกษาของ Ruthamnong, S. (2017) ที่ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้จากการสกัดโดยใช้โปรแกรม BAMS กับ MODIS Hotspot พบว่ามีความสอดคล้องกันของการเกิดเชิงพื้นที่ร้อยละ 86.31

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ผลการประเมินพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ โดยใช้ค่าความแตกต่างของดัชนีเชิงคลื่นหลายช่วงเวลา จากข้อมูลแลนด์สแตท 8 และการประยุกต์ใช้ BAMS สามารถนำไปใช้ในการวางแผนบริหารจัดการไฟและพื้นที่ป่าไม้ใน 3 เขตอุทยานได้
2. ผลการประยุกต์ใช้ BAMS ในการสกัดพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ พบว่า BAMS มีประสิทธิภาพสูงและมีความสะดวกในการสกัดพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ ทั้งนี้โดยคุณลักษณะของซอฟต์แวร์ที่มีการใช้ค่าความแตกต่างของดัชนี

เชิงคลื่นในวันก่อนและหลังการเกิดไฟมาสร้างเป็นค่าขีดแบ่งหรืออัลกอริทึม ทำให้สามารถจำแนกพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้กับพื้นที่ที่มีลักษณะใกล้เคียงแต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าการสะท้อนได้ ดังเช่น ป่าผลัดใบหรือพื้นที่โล่ง/ถูกบุกรุกและการสร้างเงื่อนไขของการจำแนกแบ่งออกเป็นสองระยะบนฐานของการจำแนกข้อมูลภาพแบบกำกับดูแลยังทำให้เกิดความสมดุลระหว่างความผิดพลาดของส่วนที่เกินเข้ามา และความผิดพลาดของส่วนที่ขาดหายไปของผลลัพธ์ โดยเฉพาะประเด็นของการประเมินค่าเกินจริง ซึ่งเป็นปัญหาของการสกัดพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ในพื้นที่ประเทศไทย

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการประยุกต์ใช้ BAMS ในการศึกษาพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้จากไฟ ทั้งในรูปแบบของไฟป่า (wild fire, forest fire) และไฟในพื้นที่เกษตรกรรม (agricultural fire) รวมถึงไฟที่เกิดจากการเผาในที่โล่ง (open burning) ในแต่ละพื้นที่ของประเทศไทย
2. ควรมีการศึกษาหรือมีการประยุกต์ใช้ BAMS ในการประเมินพื้นที่ป่าที่ถูกเผาไหม้และจัดทำรายงานพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้เพื่อนำไปสู่การจัดการไฟและป่าไม้ ทั้งนี้เนื่องจากในปัจจุบันรายงานพื้นที่ป่าที่ถูกเผาไหม้ของประเทศไทย ได้มาจากข้อมูลการดับไฟป่าภาคสนามเท่านั้น ทำให้มีข้อจำกัดคือไม่ทราบเนื้อที่ ตำแหน่ง รวมทั้งการกระจายตัวที่แท้จริงของพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ อีกทั้งการวัดขนาดของพื้นที่เผาไหม้ โดยใช้วิธีการประมาณเนื้อที่โดยผู้สำรวจ และข้อจำกัดในการตรวจวัดโดยคนในพื้นที่ยากหรือมีอุปสรรคต่อการเข้าถึง รวมถึงความไม่ทั่วถึงในพื้นที่สำรวจ ยังทำให้การรายงานผลพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ในปัจจุบันไม่เป็นไปตามสภาพที่เกิดขึ้นจริง
3. ควรมีประยุกต์ใช้วิธีการสกัดพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้โดยใช้ BAMS ร่วมกับข้อมูลอื่น ๆ เพื่อการจัดการทั้งนี้ในการศึกษาพื้นที่ที่เกิดไฟด้วยรีโมทเซนซิงในประเทศไทย พบว่า มีสองแนวทางหลักที่สำคัญ ได้แก่ การสำรวจจุดเกิดไฟป่าด้วยข้อมูลจุดความร้อนจากโมดิส (MODIS Hotspot) เพื่อการติดตามและเฝ้าระวังการเกิดไฟป่าในพื้นที่ และการสกัดข้อมูลพื้นที่ป่าไม้ที่ถูกไฟไหม้ด้วยดาวเทียมรายละเอียดปานกลางถึงสูง เช่น Landsat SPOT และ THEOS เพื่อประเมินและรายงานเนื้อที่ป่าถูกไฟไหม้ ทั้งนี้ การบูรณาการข้อมูลทั้งสองส่วน หรือใช้ข้อมูลนี้ร่วมกับข้อมูลอื่นๆ จะทำให้เกิดองค์ความรู้และสารสนเทศเชิงพื้นที่ที่เหมาะสมเพื่อการจัดการไฟในแต่ละพื้นที่
4. ข้อมูลการสกัดพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้จาก BAMS สามารถนำไปใช้กับข้อมูลภูมิสารสนเทศเพื่อใช้ในการจัดทำแผนที่พื้นที่อันตราย (hazard map) การประเมินพื้นที่เสี่ยงหรือพื้นที่อ่อนไหว (vulnerable, risk analysis) ต่อการเกิดไฟป่า ด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น อัตราส่วนความถี่ (frequency ratio: FR) แบบจำลองดัชนี (Index Model) หรือแบบจำลองถดถอยเชิงเส้น (Logistic Regression Model)

References

- Akaakara, S. (2000). **Forest Fire Control in Thailand**. Bangkok : Forest Fire Control Office, Royal Forest Department.
- Bastarrika, A. (2014). **Burned Area Mapping Software (BAMS) preliminary documentation**. University of Basque Country.
- Bastarrika, A., Chuvieco, E., & Martín, P. (2011). Mapping burned areas from Landsat TM/ETM+ data with a two-phase algorithm : Balancing omission and commission errors. **Remote Sensing of Environment**, 115, 1003-1012.
- Bastarrika, A., et al. (2014). BAMS: A Tool for Supervised Burned Area Mapping Using Landsat Data. **Remote Sensing of Environment**, 6(12), 12360-12380.

- Chander, G., Markham, B., & Helder, D. (2009). Summary of Current Radiometric Calibration Coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI Sensors. **Remote Sensing of Environment**, **113**, 893–903.
- Chuvieco, E., Martín, M. P., & Palacios, A. (2002). Assessment of different spectral indices in the red-near-infrared spectral domain for burned land discrimination. **International Journal of Remote Sensing**, **23**(23), 5103-5110.
- Gerard, F., et al. (2003). Forest fire scar detection in the boreal forest with multitemporal SPOT-VEGETATION data. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, **41** (11), 2575–2585. (Quoted by George et al., 2006)
- Holden, Z. A., et al. (2005). Evaluation of novel thermally enhanced spectral indices for mapping fire perimeters and comparisons with fire atlas data. **International Journal of Remote Sensing**, **26**(21), 4801-4808.
- Huete, A. R. (1988). A soil-adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, **25**(3), 295-309.
- Huete, A. R., et al. (2002). Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. **Remote Sensing of Environment**, **83**, 195-213.
- Jensen, J. R. (2005). **Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective**. (3 rd ed). PracticeHall.
- Key, C., & Benson, N. (2005). Landscape assessment: Ground measure of severity; The Composite Burn Index, and remote sensing of severity, the Normalized Burn Index. In D. Lutes, R. Keane, J. Caratti, C. Key, N. Benson, S. Sutherland and L. Gangi (Eds.), **FIREMON : Fire Effects Monitoring and Inventory System**. USA : Rocky Mountains Research Station, USDA Forest Service: Fort Collins.
- Martín, P., Gómez, I., & Chuvieco, E. (2005). **Performance of a burned-area index (BAIM) for mapping Mediterranean burned scars from MODIS data**. Paper presented at the Proceedings of the 5 th International Workshop on Remote Sensing and GIS Applications to Forest Fire Management: Fire Effects Assessment.
- Pinty, B., & Verstraete, M. (1992). GEMI-A nonlinear index to monitor global vegetation from satellites. **Vegetatio**, **101**, 15-20.
- Qi, J., et al. (1994). A modified soil adjusted vegetation index. **Remote Sensing of Environment**, **48**, 119-126.
- Rouse, J. W., et al. (1974). **Monitoring the vernal advancement and retrogradation (Greenwave effect) of natural vegetation**. Greenbelt, MD. USA : NASA/GSFC.
- Ruthamrong, S. (2016). **Optimal burned area and fire detection algorithms using Modis and Landsat data: case study of upper northern region, Thailand**. Ph.D. (Geomatics). Suranaree University of Technology.

- Ruthamnong, S. (2017). Spatial Distribution of Burned Area and MODIS Hotspot in Chiang Mai Province, Thailand. **1st International Conference on Mechanical, Electrical and Medical Intelligent System (ICMEMIS 2017)**. 29,30 Nov & 1 Dec, 2017. Japan : Kiryu.
- Ruthamnong, S. & Ongsomwang, S. (2017). Burned Area Assessment Using BAMS : A Case Study of Upper Northern Region, Thailand. **Suranaree J. Sci. Technol**, 24 (3), 327-342.
- Smith, A. M. S., et al. (2007). Production of Landsat ETM+ reference imagery of burned areas within Southern African savannahs: comparison of methods and application to MODIS. **International Journal of Remote Sensing**, 28(12), 2753-2775.
- Trigg, S. & Flasse, S. (2001). An evaluation of different bi-spectral spaces for discriminating burned shrub-savannah. **International Journal of Remote Sensing**, 22(13), 2641-2647.
- Tucker, C. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. **Remote Sensing of Environment**, 8, 127-150.
- USGS. (2016). **Landsat Download Earth Explorer**. [Online]. Available : <https://earthexplorer.usgs.gov/>. [2016, April 28].
- Veraverbeke, S., Harris, S. & Hook, S. (2011). Evaluating spectral indices for burned area discrimination using MODIS/ASTER (MASTER) airborne simulator data. **Remote Sensing of Environment**, 115(10), 2702-2709.