

การตรวจวัดพื้นที่เกิดไฟป่าด้วยช่วงคลื่นเทอร์มอลอินฟราเรด
ของดาวเทียมแลนด์เซต : กรณีศึกษาอำเภอไทรโยค
จังหวัดกาญจนบุรี ประเทศไทย
Fire Detection Using LANDSAT Thermal Data:
In SaiYok District, Kanchanaburi Province, Thailand

กนกกร สุขสบาย และกาญจนา นาคะภากร*

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

ตำบลศาลายา อำเภอศาลายา จังหวัดนครปฐม 73170

Kanokkorn Suksabai and Kanchana Nakhapakorn*

Faculty of Environment and Resource Studies, Mahidol University,

Salaya, Phuttamonthon, Nakhonpathom 73170

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศในการหาพื้นที่การเกิดไฟป่าด้วยข้อมูลช่วงคลื่นความร้อน และเสนอแนะแนวทางในการจัดการไฟป่าในพื้นที่ศึกษา โดยใช้ภาพจากดาวเทียม LANDSAT-5 TM และ LANDSAT-8 OLI นำมาปรับแก้พิกัดเชิงเรขาคณิต แล้วคำนวณค่าการแผ่รังสี (radiance) ค่าการส่องสว่างของอุณหภูมิ (brightness temperature) หลังจากนั้นนำค่า brightness temperature และจุดที่เกิดไฟป่าจากส่วนควบคุมไฟป่า กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช มาจัดทำเป็นแผนที่ อีกทั้งทำการลงสำรวจพื้นที่ศึกษาเพื่อเก็บข้อมูล ค่าพิกัดตำแหน่งบนพื้นโลก ด้วยเครื่องมือ GPS แล้วนำข้อมูลที่ทำการศึกษาภาคสนามมาทำการตรวจสอบความถูกต้องกับข้อมูลจุดที่เกิดไฟป่า ด้วยสถิติ RMSE (root mean square error) ผลการศึกษาพบว่า ภาพจากดาวเทียม LANDSAT สามารถวิเคราะห์ค่าอุณหภูมิออกมาได้และสามารถเห็นรายละเอียดของการเกิดไฟเพิ่มเติมนอกเหนือจากจุด hotspot ที่ได้รับมาจากส่วนควบคุมไฟป่า จากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าภาพจากดาวเทียม LANDSAT สามารถนำมาใช้ในการศึกษาไฟป่าในประเทศไทยได้ เนื่องจากดาวเทียม LANDSAT เป็นดาวเทียมที่มีความละเอียด 30*30 เมตร ทำให้ทราบพื้นที่เป้าหมายและสามารถวิเคราะห์แนวไฟป่าที่เกิดขึ้นได้จึงช่วยให้สะดวกในการวางแผนการจัดการควบคุมไฟและการวางแผนในการเข้าถึงพื้นที่ได้ดียิ่งขึ้น

คำสำคัญ : ไฟป่า; ช่วงคลื่นความร้อน; การสำรวจระยะไกล; จุดความร้อนที่ผิดปกติ

Abstract

This objective of the study is to apply the geo-information technologies to identify the areas of forest fire using thermal band and propose guidelines to management a forest fire in the study area by using satellite images from LANDSAT-5 TM and LANDSAT-8 OLI. They were prepared by geometric correction and then calculated radiance value, brightness temperature. The values of brightness temperature and Hotspot of Forest Fire Control Division National Park, Wildlife and Plant Conservation Department were created to map. Surveying data in the study area was collected with GPS location. Field survey data was proved the accuracy with the hotspot statistics RMSE (Root Mean Square Error). The results showed that the LANDSAT satellite imagery could analyze the temperature and find the others areas of forest fire more than a hotspot that obtained from the forest fire control office. The result of this research shows that the LANDSAT satellite imagery can be used to study forest fires in Thailand. Because the LANDSAT satellite is a resolution of 30*30 m can find the target areas and to analyze the occurred fires and thus help facilitate the planning, management control and planning to reach areas better than MODIS imagery.

Keywords: forest fire; thermal band; remote sensing; hotspot

1. บทนำ

พื้นที่ป่าในจังหวัดกาญจนบุรีเป็นพื้นที่ป่าที่มีเทือกเขาสลับซับซ้อนอยู่ด้านทิศตะวันตกของประเทศ ไทย เป็นแหล่งกำเนิดของต้นน้ำลำธารที่สำคัญ ได้แก่ แม่น้ำแควน้อย แม่น้ำแควใหญ่ และเป็นจังหวัดที่มีพื้นที่ป่าไม้มากเป็นอันดับ 3 ของประเทศ อีกทั้งปัญหาเรื่องไฟป่า ซึ่งเกิดขึ้นในแต่ครั้งก็ได้ก่อให้เกิดการทำลายสภาพป่า ระบบนิเวศน์ และสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก โดยสาเหตุของการเกิดไฟป่าเนื่องมาจากในฤดูแล้งประชาชนบริเวณใกล้เคียงพื้นที่ป่าเข้าไปตัดไม้ทำลายป่า เก็บหาของป่า บุกรุกแผ้วถางพื้นที่ป่า และล่าสัตว์ จึงก่อให้เกิดปัญหาไฟป่าขึ้นตามมา และจากสถิติแสดงพื้นที่ไฟไหม้ป่าในแต่ละจังหวัด ปี พ.ศ. 2556 ของส่วนควบคุมไฟป่า กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช รายงานว่าจังหวัดกาญจนบุรีมีพื้นที่ที่ถูกไฟไหม้ทั้งหมด 897 ไร่ ซึ่งมีค่ามากที่สุดในพื้นที่ภาค

กลาง [1] และเป็นจังหวัดที่เสี่ยงภัยต่อการเกิดไฟป่าอยู่ในระดับที่สูงมาก ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการทำ การหาพื้นที่การเกิดไฟป่า เพื่อหาแนวทางในการป้องกันและแก้ไขปัญหาข้างต้น และเพื่อเป็นประโยชน์ในการดำเนินการเตรียมความพร้อมในการเฝ้าระวังไฟป่า โดยใช้เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกลเข้ามาช่วยในการศึกษาด้วยการใช้ช่วงคลื่นความร้อนของดาวเทียม LANDSAT เนื่องจากเทคโนโลยีการสำรวจระยะไกลสามารถช่วยในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงได้อย่างรวดเร็วโดยไม่จำเป็นต้องออกเก็บข้อมูลในพื้นที่จริง และยังให้ความถูกต้องในระดับที่ยอมรับได้ รวมถึงบริเวณซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ที่สามารถแสดงผลออกทางจอภาพและจัดทำแผนที่แสดงการเปลี่ยนแปลงไปใช้งานได้ทันที ซึ่งเป็นการประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ทำให้การศึกษาเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ภาพถ่ายดาวเทียมยัง

สามารถช่วยบอกตำแหน่งที่ตั้ง ขอบเขตบริเวณพื้นที่ที่เกิดไฟป่าได้อย่างชัดเจน ซึ่งเมื่อนำข้อมูลช่วงคลื่นความร้อน (thermal band) ที่มีความสามารถในการให้ความถูกต้องของอุณหภูมิพื้นผิวมาเข้าร่วมในการวิเคราะห์จะทำให้ได้ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ที่มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

2. วัตถุประสงค์

เพื่อประยุกต์เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศในการหาพื้นที่การเกิดไฟป่าด้วยข้อมูลช่วงคลื่นความร้อน

3. ทฤษฎี กรอบแนวคิดการวิจัย และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Remote sensing หรือการสำรวจข้อมูลระยะไกล เป็นวิทยาศาสตร์และศิลปะของการได้มาซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุ พื้นที่ และปรากฏบนพื้นโลก จากเครื่องรับรู้ (sensor) โดยปราศจากการเข้าไปสัมผัสวัตถุเป้าหมาย ทั้งนี้อาศัยพลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic energy) เป็นสื่อ [2] นอกจากนี้ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาเทคโนโลยีการตรวจหาไฟจากการสำรวจระยะไกลโดยใช้อุปกรณ์การตรวจที่ติดตั้งอยู่บนดาวเทียม (spaceborne remote sensing technology) ได้ถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่องและมีบทบาทสำคัญในการตรวจหาไฟเป็นอย่างมาก เนื่องจากสามารถตรวจหาพื้นที่เกิดไฟได้เป็นบริเวณกว้างทั้งในระดับประเทศ ระดับภูมิภาค และระดับโลกได้พร้อมกันอย่างรวดเร็ว

หลักการตรวจหาไฟโดยใช้ดาวเทียม จะอาศัยอุปกรณ์การตรวจวัดคลื่นรังสีความร้อนที่ติดตั้งอยู่บนดาวเทียม เช่น เครื่อง AVHRR (advanced very high-resolution radiometer) ที่ติดตั้งอยู่บนดาวเทียม NOAA หรือเครื่อง VISSR (visible and infrared spin scan radiometer) ที่ติดตั้งอยู่บน

ดาวเทียม HIMAWARI ทำการตรวจการณ์บริเวณบนผิวโลกที่มีอุณหภูมิสูงกว่าปกติ (hotspot) ซึ่งบริเวณดังกล่าวจะมีการแผ่รังสีความร้อนออกมามากกว่าปกติ hotspot ที่ตรวจพบจึงเป็นบริเวณบนผิวโลกที่คาดว่าจะกำลังเกิดไฟป่า และหลังจากตรวจพบ hotspot แล้วจะมีกระบวนการพิสูจน์เพื่อยืนยันว่า hotspot นั้นเป็นบริเวณที่เกิดไฟป่าจริง ๆ โดยตรวจสอบว่าพื้นที่ที่พบ hotspot เป็นพื้นที่ป่าหรือไม่ หรือทำการตรวจสอบทางภาคพื้นดิน (ground check) [3]

ดาวเทียมที่นิยมใช้ในการตรวจหาไฟ ได้แก่ ดาวเทียม GOES (Geostationary Operational Environmental Satellite) ดาวเทียม MODIS (Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer) และดาวเทียมในตระกูล NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) ซึ่งเป็นดาวเทียมทางอุตุนิยมวิทยาและการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ โดยดาวเทียม NOAA นี้จะโคจรรอบโลกที่ระดับความสูงประมาณ 850 กิโลเมตร และโคจรถูกกลับมาที่จุดเดิมในทุก ๆ 100 นาที ทำให้สามารถตรวจหาไฟในจุดเดิมได้ในทุก ๆ 100 นาที โดยอุปกรณ์ตรวจวัดคลื่นรังสีความร้อนที่ติดตั้งอยู่บนดาวเทียม NOAA ซึ่งเรียกว่า AVHRR (advanced very high resolution radiometer) นี้สามารถตรวจวัดพื้นที่ที่เล็กที่สุด (pixel) ได้เท่ากับ 1.21 ตารางกิโลเมตร หมายความว่าพื้นที่ที่เกิดไฟป่าจะต้องมีเนื้อที่อย่างน้อยที่สุด 1.21 ตารางกิโลเมตร ดาวเทียม NOAA จึงจะสามารถตรวจพบไฟได้ ซึ่งในทางปฏิบัติหากปล่อยให้ไฟลุกลามจนมีขนาดใหญ่เกินพื้นที่ถึง 1.21 ตารางกิโลเมตร จึงค่อยตรวจพบจะเป็นการไม่ทันการณ์ เพราะจะเกิดความเสียหายต่อพื้นที่ป่าเป็นอย่างมาก การควบคุมไฟจะยากลำบาก กินเวลานาน และเสียค่าใช้จ่ายสูง อย่างไรก็ตามข้อมูลการตรวจหาไฟจากดาวเทียม NOAA จะเป็นประโยชน์ต่อการประเมินสถานการณ์และวางแผนควบคุมไฟป่าในภาพรวม

ปัจจุบันได้มีความพยายามในการใช้ดาวเทียมอื่น ๆ ที่มีความละเอียดในการตรวจหาไฟ (higher resolution) มากกว่าดาวเทียม NOAA เช่น ดาวเทียม LANDSAT และดาวเทียม SPOT มาใช้ในการตรวจหาไฟ ทำให้สามารถตรวจพบไฟได้ตั้งแต่ไฟนั้นยังมีขนาดเล็กอยู่ แต่ยังมีข้อจำกัดเรื่องเวลาของการโคจรรอบโลกที่ต้องใช้เวลาหลายวันกว่าจะโคจรกลับมาที่จุดเดิม [4]

งานวิจัยเกี่ยวกับ satellite based active fire detection [5] ซึ่งได้ประเมินการใช้ประโยชน์ของ MODIS สำหรับตรวจหาไฟใน Kalimantan Forest and Climate Partnership (KFCP) ซึ่งในกรณีของ MODIS ช่องสัญญาณที่ 4 และ 11 μm (T_4 และ T_{11}) คือ ค่า mid-infrared (MIR) และ thermal-infrared (TIR) ที่ใช้สำหรับเปรียบเทียบศักยภาพของ flag พิกเซลที่มีค่าความร้อน และในการเริ่มต้นการคัดกรองสำหรับพิกเซลที่เกิดไฟ ได้มีเงื่อนไข คือ (1) ช่วงกลางวัน : $T_4 > 310\text{K}$, $\Delta T > 10\text{K}$, และ $p_{0.86} < 0.3$ และ (2) ช่วงเวลากลางคืน : $T_4 > 305\text{K}$, $\Delta T > 10\text{K}$

ในส่วนของพิกเซลอื่น ๆ ที่ไม่ผ่านเงื่อนไขข้างต้นนี้จะถูกแยกให้เป็นพิกเซลที่ไม่เกิดไฟ เมื่อผ่านการคัดกรองในขั้นแรกแล้ว การทดสอบเกณฑ์ Kaufman [6] จะถูกนำมาใช้เพื่อตรวจสอบหากมีความผิดปกติของความร้อน โดยจะพิจารณาว่ามีศักยภาพในการเกิดไฟ absolute threshold คือ $T_4 > 360\text{K}$ ในเวลากลางวันและ $T_4 > 320\text{K}$ ในเวลากลางคืน

Kant และ Badarinath [7] ได้ทำการศึกษาการตรวจหา sub-pixel ไฟ โดยใช้ข้อมูลช่วงคลื่นความร้อนของดาวเทียม LANDSAT-TM ในการประมาณอุณหภูมิพื้นผิวของ sub-pixel ไฟโดยใช้วิธีการต่าง ๆ ดังนี้

การแผ่รังสีสามารถประมาณได้จากข้อมูล digital number ของ LANDSAT ดังสมการที่ 1

$$L_\lambda = L_{\min} + \frac{L_{\max} - L_{\min}}{255} \times DN \quad (1)$$

โดยที่ $L_{\min}$ = การแผ่รังสีต่ำที่สุด มีค่า $0.1238 \text{ mWcm}^{-2} \text{sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$ และ $L_{\max}$ = การแผ่รังสีสูงที่สุด มีค่า $1.56 \text{ mWcm}^{-2} \text{sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$

สามารถคำนวณหาอุณหภูมิ ดังสมการที่ 2

$$T_f = \frac{k_2}{\ln[k_1/L_f + 1]} \quad (2)$$

โดยที่ T_f = อุณหภูมิ, L_f = การแผ่รังสีของไฟ, $k_1 = 60.776 \text{ mWcm}^{-2} \text{sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$ และ $k_2 = 1260.56 \text{ mWcm}^{-2} \text{sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$

Giglio และคณะ [8] ได้ปรับปรุงอัลกอริทึม contextual fire detection สำหรับดาวเทียม MODIS มีการนำเสนอการปรับปรุงอัลกอริทึมตรวจจับที่มีความไวต่อพื้นที่ขนาดเล็กดีขึ้น โดยได้อธิบายรายละเอียดดังนี้

จุดภาพในตอนกลางวันเป็นจุดภาพที่อาจเกิดไฟ ถ้า $T_4 > 310\text{K}$, $\Delta T > 10\text{K}$, และ $p_{0.86} < 0.3$, โดยที่ $\Delta T = T_4 - T_{11}$ และการทดสอบ Absolute threshold ยังคงใช้เกณฑ์เดิม คือ $T_4 > 360\text{K}$ (320K at night)

4. วิธีดำเนินงาน

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษารั้งนี้แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ข้อมูลปฐมภูมิ ซึ่งได้แก่ ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม และข้อมูลทุติยภูมิ ผู้ศึกษาได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องที่ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐานต่าง ๆ โดยมีรายละเอียดข้อมูลดังนี้

(ก) ข้อมูลปฐมภูมิ

ข้อมูลที่ทำการศึกษาในพื้นที่ศึกษา โดยดำเนินการบันทึกข้อมูล ค่าพิกัดตำแหน่งบนพื้นโลก บริเวณจุดที่เกิดไฟในพื้นที่ศึกษา

(ข) ข้อมูลทุติยภูมิ

การเก็บรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ (1) ข้อมูลภาพจากดาวเทียม LANDSAT 5 ระบบ TM (thematic mapper) บันทึกภาพเมื่อวันที่ 27 กุมภาพันธ์ 2552 จากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) (2) ข้อมูลภาพจากดาวเทียม LANDSAT 5 ระบบ TM (thematic mapper) บันทึกภาพเมื่อวันที่ 29 มกราคม 2553 จากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) (3) ภาพจากดาวเทียม LANDSAT 8 OLI บันทึกภาพเมื่อวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2557 จาก USGS (United States Geological Survey) (4) ข้อมูลพิกัดทางภูมิศาสตร์บริเวณที่เกิดไฟฟ้า พื้นที่ที่ถูกไฟเผาไหม้วันและระยะเวลาช่วงที่เกิดไฟฟ้า ในช่วง พ.ศ. 2552

ถึง พ.ศ. 2556 จากส่วนควบคุมไฟฟ้า สำนักป้องกันปราบปราม และควบคุมไฟฟ้า กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

โดยมีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังต่อไปนี้

4.1 การตรวจหาอุณหภูมิจุดที่เกิดไฟฟ้าของข้อมูลพิกัดทางภูมิศาสตร์บริเวณที่เกิดไฟฟ้า จากส่วนควบคุมไฟฟ้า สำนักป้องกันปราบปราม และควบคุมไฟฟ้า กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช โดยใช้ภาพจากดาวเทียม LANDSAT 5 TM และ LANDSAT 8 OLI มาปรับแก้พิกัดเชิงเรขาคณิตจากนั้นทำการแปลงค่า digital number เป็นค่าการแผ่รังสี (radiance) โดยสามารถคำนวณค่าการแผ่รังสีของภาพจากดาวเทียม LANDSAT 5 TM ในช่วงคลื่นความร้อน (band 6) ซึ่งมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 10.40 ถึง 12.50 μm ได้จากสมการ (3)

$$L_\lambda = ((LMAX_\lambda - LMIN_\lambda) / (QCALMAX - QCALMIN)) * (QCAL - QCALMIN) + LMIN_\lambda \quad (3)$$

เมื่อ $LMAX_\lambda$ และ $LMIN_\lambda$ คือ spectral radiance, QCAL คือ quantized calibrated pixel value in DN, QCALMAX คือ maximum quantized calibrated pixel value in DN และ QCALMIN คือ minimum quantized calibrated pixel value in DN และคำนวณค่าการแผ่รังสีของภาพจากดาวเทียม LANDSAT 8 OLI ในช่วงคลื่นความร้อน (band 10 และ band 11) โดยมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 10.60-11.19 และ 11.50-12.51 μm ตามลำดับ ได้จากสมการ (4)

$$L_\lambda = M_L Q_{cal} + A_L \quad (4)$$

เมื่อ M_L คือ Band-specific multiplicative rescaling factor from the metadata, A_L คือ Band-specific additive rescaling factor from the metadata, Q_{cal} คือ Quantized and calibrated standard product pixel values

จากนั้นนำค่าการแผ่รังสี (radiance) ตามช่วงคลื่นนี้ไปคำนวณค่าความส่องสว่างของอุณหภูมิ (brightness temperature) ดังสมการ (5)

$$T = \frac{K2}{\ln[K1/L_\lambda + 1]} \quad (5)$$

เมื่อ T คือ At-satellite brightness temperature (K), K1 คือ Band-specific thermal conversion constant from the metadata, K2 คือ Band-specific thermal conversion constant from the metadata, L_λ คือ TOA spectral radiance

หลังจากนั้นนำค่าความส่องสว่างของอุณหภูมิ (brightness temperature) ที่วิเคราะห์ได้จากภาพดาวเทียมไปจัดทำแผนที่แสดงเป็นแผนที่อุณหภูมิต่อไป

4.2 การสกัดพิกเซล (extract) บริเวณที่เกิดไฟฟ้าที่ได้จากข้อ 4.1 โดยทำการคัดกรอง pixel ที่มีค่า

brightness temperature มากกว่า 288 K ซึ่งที่อุณหภูมินี้เป็นอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยของโลก [9] แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการ extract จัดทำแปลงทดลอง (box plots) เพื่อแสดงความแตกต่างของอุณหภูมิของพื้นที่ที่เกิดไฟป่าและพื้นที่ที่ไม่ได้เกิดไฟป่า รวมถึงจัดทำแผนที่พื้นที่ที่เกิดไฟป่าที่พบนอกเหนือจากข้อมูลพิกัดทางภูมิศาสตร์บริเวณที่เกิดไฟป่า จากส่วนควบคุมไฟป่า สำนักป้องกัน ปราบปราม และควบคุมไฟป่า กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

4.3 การสำรวจพื้นที่ศึกษาและการตรวจสอบความถูกต้อง ทำการสำรวจพื้นที่ศึกษาและเก็บข้อมูลภาคสนามบริเวณจุดที่เกิดไฟป่า บริเวณอำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี โดยดำเนินการบันทึกข้อมูล ค่าพิกัดตำแหน่งบนพื้นโลก ด้วยเครื่องมือ GPS แล้วนำข้อมูลทำการสำรวจภาคสนามมาทำการตรวจสอบความ

ถูกต้องกับข้อมูลจุดที่เกิดไฟป่าในข้อ 4.1 และด้วยสถิติ RMSE (root mean square error) ดังสมการ (6)

$$RMSE_r = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n ((X_c - X_s)^2 + (Y_c - Y_s)^2)}{n}} \quad (6)$$

โดยที่ X_c, Y_c คือ ค่าพิกัดจุดถุบนพื้นโลก (จุดตรวจสอบ), X_s, Y_s คือ ค่าพิกัดที่วัดจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม และ n คือ จำนวนจุดตรวจสอบ

5. ผลการศึกษา

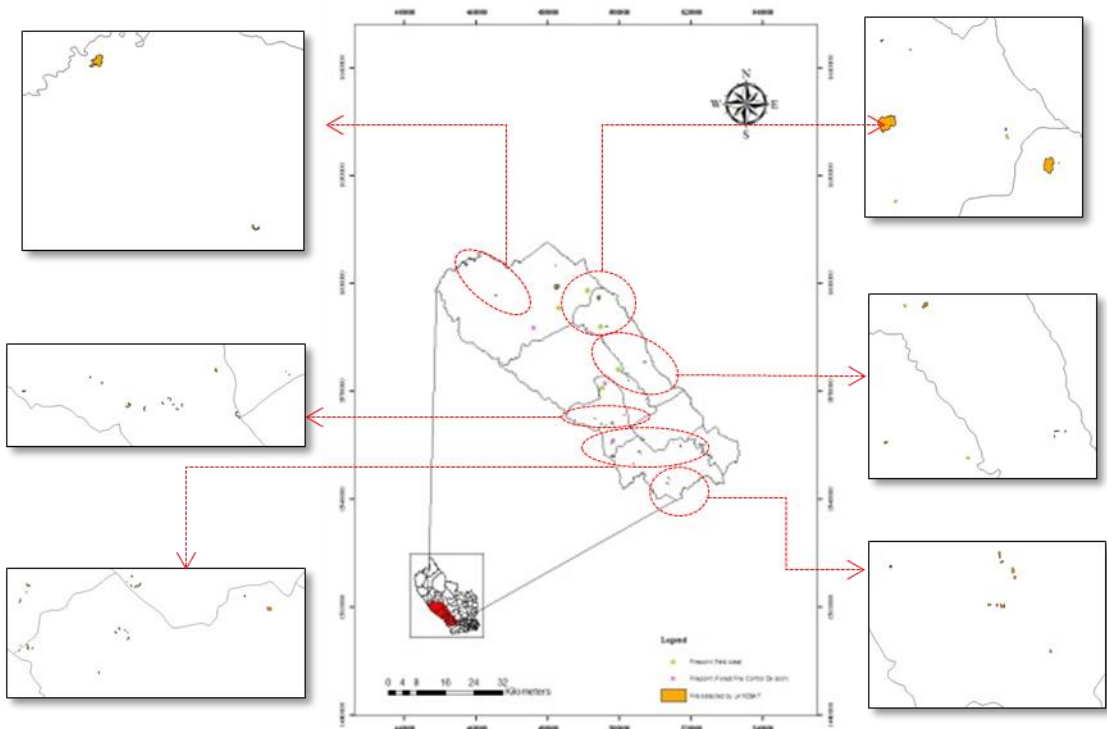
5.1 จากการวิเคราะห์ค่าความส่องสว่างของอุณหภูมิ (brightness temperature) บริเวณที่เกิดไฟป่าของส่วนควบคุมไฟป่า สำนักป้องกัน ปราบปราม และควบคุมไฟป่า กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์ค่าความส่องสว่างของอุณหภูมิ (brightness temperature) จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมในแต่ละช่วงเวลา

	LANDSAT 5 TM 27 กุมภาพันธ์ 2552	LANDSAT 5 TM 29 มกราคม 2553	LANDSAT 8 OLI BAND 10 25 กุมภาพันธ์ 2557	LANDSAT 8 OLI BAND 11 25 กุมภาพันธ์ 2557
Hotspot 1	ไทรโยค 298.3 (K)	บ้านทุ่งกว้างยาง 294.8 (K)	ป่าวังใหญ่และ ป่าแม่ น้ำน้อย 300.9 (K)	ป่าวังใหญ่และ ป่าแม่ น้ำน้อย 299.1 (K)
Hotspot 2	บ้านพุลาน 296.6 (K)	บ้านพุลาด 295.7 (K)	ป่าวังใหญ่และ ป่าแม่ น้ำน้อย 301.6 (K)	ป่าวังใหญ่และ ป่าแม่ น้ำน้อย 299.6 (K)
Hotspot 3	ป่าวังใหญ่และ ป่าแม่ น้ำน้อย 299.1 (K)	บ้านไทรโยค 295.7 (K)		
Hotspot 4		แก่งระเบิด 296.6 (K)		

5.2 จากการสกัดพิกเซล (extract) บริเวณที่เกิดไฟป่า โดยทำการคัดกรอง pixel ที่มีค่า brightness temperature มากกว่า 288 K พบว่า นอกจากบริเวณที่เกิดไฟป่าตามพิกัดอ้างอิงของส่วน

ควบคุมไฟป่า สำนักป้องกัน ปราบปราม และควบคุมไฟป่า กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ยังพบพื้นที่ที่มีโอกาสในการเกิดไฟป่าบริเวณอื่นๆแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 จุดที่มีโอกาสเกิดไฟป่าบริเวณอื่นที่นอกเหนือจากพิกัดอ้างอิงของส่วนควบคุมไฟป่า สำนักป้องกัน ปราบปราม และควบคุมไฟป่า กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

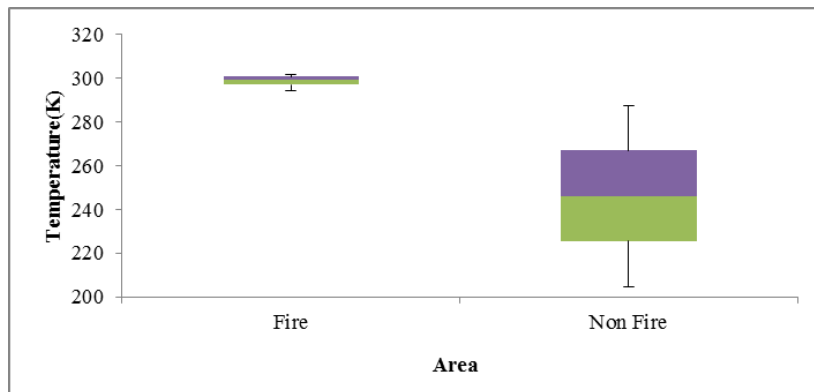
พบว่าพื้นที่ที่มีโอกาสในการเกิดไฟป่าบริเวณอื่น ๆ มีความแตกต่างของค่าอุณหภูมิของพื้นที่ที่มีโอกาสในการเกิดไฟป่าและพื้นที่ที่ไม่เกิดไฟป่า ดังรูปที่ 2 พบว่าค่าอุณหภูมิต่ำสุดของพื้นที่ที่เกิดไฟป่ามีค่า 294.4 K มีค่าอุณหภูมิสูงสุด 301.6 K และพบว่าค่าอุณหภูมิต่ำสุดของพื้นที่ที่ไม่เกิดไฟป่ามีค่า 204.8 K และอุณหภูมิสูงสุดมีค่า 287.6 K

จากรูปที่ 3 พบว่าค่าอุณหภูมิต่ำสุดของพื้นที่ที่มีโอกาสในการเกิดไฟป่ามีค่า 294.8 K มีค่าอุณหภูมิสูงสุด 296.6 K และพบว่าค่าอุณหภูมิต่ำสุดของพื้นที่ที่

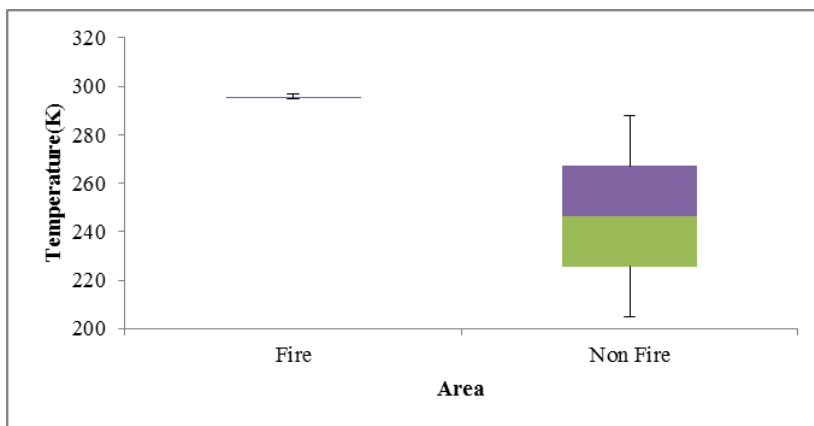
ไม่เกิดไฟป่ามีค่า 204.8 K และอุณหภูมิสูงสุดมีค่า 287.7 K

จากรูปที่ 4 พบว่าค่าอุณหภูมิต่ำสุดของพื้นที่ที่มีโอกาสในการเกิดไฟป่ามีค่า 300.9 K อุณหภูมิสูงสุด 306.4 K และพบว่าค่าอุณหภูมิต่ำสุดของพื้นที่ที่ไม่เกิดไฟป่ามีค่า 147.5 K มีค่าอุณหภูมิสูงสุด 287.5 K

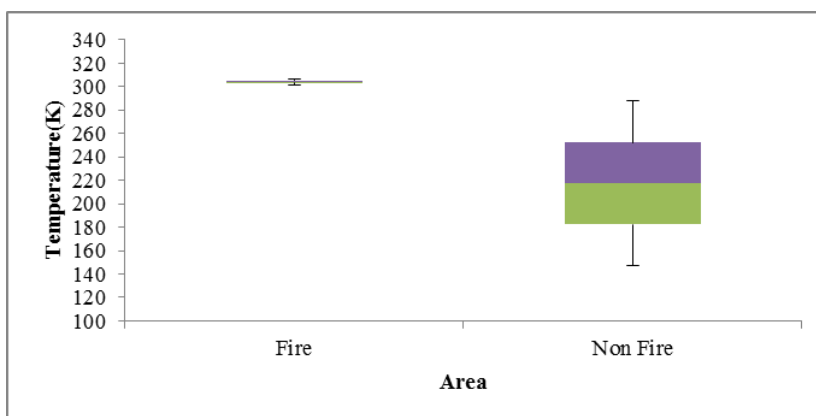
จากรูปที่ 5 พบว่าค่าอุณหภูมิต่ำสุดของพื้นที่ที่มีโอกาสในการเกิดไฟป่ามีค่า 299.1 K อุณหภูมิสูงสุด 302.5 K และพบว่าค่าอุณหภูมิต่ำสุดของพื้นที่ที่ไม่เกิดไฟป่ามีค่า 141.7 K มีค่าอุณหภูมิสูงสุด 287.4 K



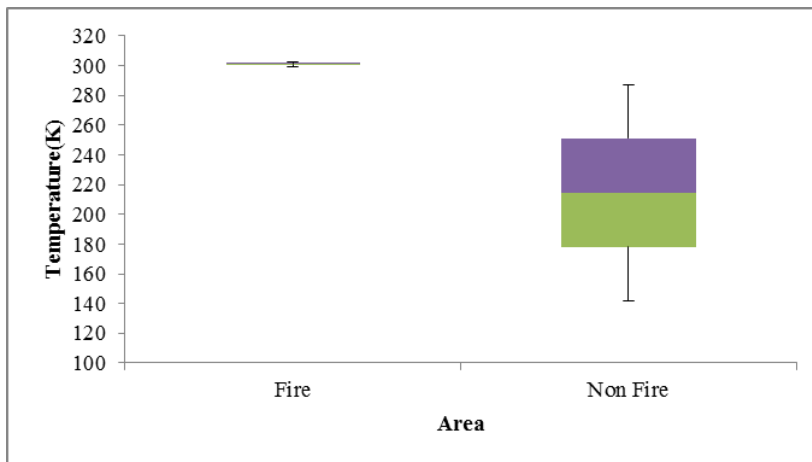
รูปที่ 2 ความแตกต่างของค่าอุณหภูมิของพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดไฟป่าและพื้นที่ที่ไม่เกิดไฟป่าจากภาพดาวเทียม LANDSAT 5 TM วันที่ 27 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2552



รูปที่ 3 ความแตกต่างของค่าอุณหภูมิของพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดไฟป่าและพื้นที่ที่ไม่เกิดไฟป่าจากภาพดาวเทียม LANDSAT 5 TM วันที่ 29 มกราคม พ.ศ. 2553



รูปที่ 4 ความแตกต่างของค่าอุณหภูมิของพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดไฟป่าและพื้นที่ที่ไม่เกิดไฟป่าจากภาพดาวเทียม LANDSAT 8 OLI Band 10



รูปที่ 5 ความแตกต่างของค่าอุณหภูมิของพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดไฟป่าและพื้นที่ที่ไม่เกิดไฟป่าจากภาพดาวเทียม LANDSAT 8 OLI Band 11

5.3 ผลการตรวจสอบความถูกต้องจากการสำรวจพื้นที่ศึกษาจากการเก็บข้อมูลภาคสนามบริเวณจุดที่เกิดไฟป่า บริเวณอำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี ทั้งหมด จำนวน 6 จุด จาก 9 จุดศึกษา โดยดำเนินการบันทึกข้อมูล ค่าพิกัดตำแหน่งบนพื้น

โลก ด้วยเครื่องมือ GPS เปรียบเทียบกับค่าพิกัดตำแหน่งที่เกิดไฟป่าของ Hotspot จากรายงานข้อมูลของส่วนควบคุมไฟป่า สำนักป้องกันปราบปราม และควบคุมไฟป่า กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อมูลพิกัดจากการสำรวจพื้นที่ศึกษาและพิกัด hotspot อ้างอิงจากส่วนควบคุมไฟป่า สำนักป้องกันปราบปราม และควบคุมไฟป่า กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

พิกัดจากส่วนควบคุมไฟป่า สำนักป้องกันปราบปราม และควบคุมไฟป่า กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช		พิกัดจากการสำรวจพื้นที่ศึกษา	
X	Y	X	Y
483076	1593409	483008	1593389
494871	1588046	494839	1588077
495253	1571063	495247	1570993
491102	1598192	491195	1598000
494806	1588113	494839	1588077
499811	1576161	499728	1576211

จากการลงสำรวจพื้นที่ศึกษาตามพิกัดจากส่วนควบคุมไฟป่า สำนักป้องกันปราบปราม และควบคุม

ไฟป่า กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช พบว่าพิกัดในแต่ละจุดศึกษาอยู่ในบริเวณของพื้นที่ป่าไม้

ทั้งหมด จึงนำข้อมูลพิกัดที่เก็บได้มาตรวจสอบความถูกต้องด้วยสถิติ RMSE (root mean square error) ซึ่งได้ค่าความถูกต้องเท่ากับ 93.0 กล่าวได้ว่าจุด hotspot ที่เกิดขึ้น เป็นจุด hotspot ที่เกิดจากไฟฟ้าทุกจุด

6. การอภิปรายและสรุป

ในการศึกษานี้เป็นการประยุกต์ใช้ระบบภูมิสารสนเทศร่วมกับการวิเคราะห์ภาพจากดาวเทียม LANDSAT ในช่วงเวลาต่างๆจำนวนทั้งหมด 3 ภาพ โดยอาศัยข้อมูลช่วงคลื่นความร้อนจากภาพในการหาพื้นที่เกิดไฟฟ้าบริเวณ อำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี และทำการสกัดพิกเซล (extract) บริเวณที่เกิดไฟฟ้า แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการสกัดพิกเซล จัดทำแปลงทดลอง (box plots) รวมถึงมีการลงสำรวจภาคสนามเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล ซึ่งการวิเคราะห์หาค่า brightness temperature สามารถวิเคราะห์ได้จากค่า digital number ของภาพจากดาวเทียมในช่วงคลื่นความร้อน

จากผลการวิเคราะห์ค่า brightness temperature ทั้ง 3 ภาพพบว่าจุด hotspot ในแต่ละภาพเกิดที่ตำแหน่งหนึ่งๆเพียงครั้งเดียว และตำแหน่ง hotspot ที่มีค่า brightness temperature สูงที่สุดคือ บริเวณป่าวังใหญ่และป่าแม่น้ำน้อย มีค่าเท่ากับ 301.6 K เป็นภาพจากดาวเทียม LANDSAT 8 Band 10

ในส่วนของการ extract บริเวณที่เกิดไฟฟ้าจากภาพดาวเทียม LANDSAT ทุกภาพ โดยทำการคัดกรอง pixel ที่มีค่า brightness temperature มากกว่า 288 K พบว่านอกจากบริเวณที่เกิดไฟฟ้าตามพิกัดอ้างอิงของส่วนควบคุมไฟฟ้า สำนักป้องกันปราบปราม และควบคุมไฟฟ้า กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ยังพบพื้นที่ที่มีโอกาสในการเกิด

ไฟฟ้าบริเวณอื่นๆจำนวนหลายจุด และหลังจากทำการวิเคราะห์กลุ่ม pixel ที่เกิดไฟด้วยสถิติ box plots ได้ผลความแตกต่างของค่าอุณหภูมิของบริเวณที่มีโอกาสเกิดไฟฟ้าและบริเวณที่ไม่เกิดไฟฟ้าค่อนข้างชัดเจน เนื่องจากที่อุณหภูมิ 288 K เป็นอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยของโลกโดยทั่วไปซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เป็นค่าปกติ ซึ่งมีความแตกต่างจากอุณหภูมิของบริเวณที่เกิดไฟฟ้า ซึ่งมีอุณหภูมิที่ค่อนข้างสูง

จากการลงสำรวจพื้นที่ศึกษาพบว่าพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่มีสภาพเป็นป่าเบญจพรรณผสมป่าไผ่ มีสภาพค่อนข้างแห้งแล้ง และในบางจุดของพื้นที่ศึกษาพบร่องรอยการเกิดไฟฟ้าที่เพิ่งเกิดขึ้นด้วยเช่นกัน ผลการตรวจสอบความถูกต้องจากการสำรวจพื้นที่ศึกษาจากการเก็บข้อมูลภาคสนามบริเวณจุดที่เกิดไฟฟ้า บริเวณ อำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี ทั้งหมด 6 จุด จาก 9 จุดศึกษา นำมาตรวจสอบด้วยสถิติ RMSE (root mean square error) ได้ค่าความถูกต้องเท่ากับ 93.0 จึงสรุปได้ว่าไฟที่เกิดขึ้นนั้นเป็นไฟที่เกิดจากไฟฟ้าทั้งสิ้น

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 การตรวจจับไฟฟ้าด้วยข้อมูลช่วงคลื่นความร้อนจากดาวเทียม LANDSAT สามารถวิเคราะห์ค่าอุณหภูมิได้ แต่มีข้อจำกัดในเรื่องของเวลาในการโคจรกลับมาที่เดิมของดาวเทียม คือ ต้องใช้เวลา 16 วันในการโคจรกลับมาที่เดิม ทำให้เข้าจัดการได้ไม่ทันทั่วทั้งที่ แต่ด้วยคุณสมบัติของข้อมูลภาพจากดาวเทียม LANDSAT ที่ให้ความละเอียดที่สูงและจากการวิเคราะห์ที่ได้พบว่าข้อมูลจากภาพ LANDSAT สามารถตรวจจับจุดที่มีโอกาสในการเกิดไฟฟ้าบริเวณจุดอื่นนอกเหนือจากที่มีในรายงานของส่วนควบคุมไฟฟ้า สำนักป้องกันปราบปราม และควบคุมไฟฟ้า กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ได้เพิ่มเติม ดังนั้นจึงสามารถนำภาพดาวเทียม LANDSAT มาเป็น

ตัวช่วยในการจัดการวางแผนควบคุมไฟป่าในบริเวณอื่นๆที่ไม่สามารถสังเกตเห็นได้จากการสำรวจภาคพื้นดิน หรือจากการสำรวจด้วยดาวเทียม MODIS ได้

7.2 จากการศึกษาภาพจากดาวเทียม LANDSAT พบว่าหากในบางพื้นที่เกิดไฟจำนวนมากจะส่งผลให้เกิดควันไฟปกคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้าง ซึ่งเมื่อทำการวิเคราะห์หากทำการผสมสีด้วย BAND อื่น ๆ จะทำให้มองเห็นบริเวณที่มีความร้อนที่ผิดปกติค่อนข้างลำบาก แต่เมื่อใช้ BAND thermal infrared เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์จะสามารถช่วยให้เห็นบริเวณที่มีความร้อนผิดปกติได้ดียิ่งขึ้น

7.3 ในการศึกษาไฟป่า การเลือกภาพถ่ายดาวเทียมให้ตรงกับวันที่เกิดไฟป่ามีความสำคัญในการแก้ไขปัญหาการเลือกใช้ภาพถ่ายดาวเทียม หากวันที่เกิดไฟป่าไม่ตรงกับวันที่ดาวเทียมโคจรผ่านนั้น จะทำการเลือกจุดไฟป่าที่ใช้ในการวิเคราะห์ก่อนที่ภาพถ่ายดาวเทียมจะถ่ายไม่เกิน 2 วัน เนื่องจากในช่วงเวลานี้ยังมีการสะสมของอุณหภูมิของไฟป่าอยู่ และไฟในบางจุดยังคงมีการไหม้อย่างต่อเนื่อง หรืออาจจะยังมีร่องรอยของการเกิดไฟไหม้อยู่บ้าง ดังนั้นยังสามารถนำข้อมูลนี้มาใช้ในการวิเคราะห์ได้

7.4 ในการศึกษาครั้งนี้จำนวนจุด hotspot ที่ใช้ในการศึกษายังมีจำนวนน้อยเนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องของการโคจรของดาวเทียม สำหรับการศึกษาครั้งต่อไป ในการเลือกพื้นที่ศึกษาอาจเลือกพื้นที่ที่มีจุด hotspot เกิดขึ้นจำนวนมากเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการตรวจสอบ และสามารถพัฒนาเป็นแบบจำลองการคาดการณ์ไฟป่าในพื้นที่ศึกษานั้น ๆ ได้

8. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงได้ด้วยความรู้และความกรุณาและอนุเคราะห์ช่วยเหลือเป็นอย่างดีจาก รศ. ดร. สุระ

พัฒนเกียรติ และ ดร. สยาม ลววิโรจน์วงศ์ ที่ให้คำแนะนำตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จึงทำให้งานวิจัยชิ้นนี้เสร็จสมบูรณ์ไปด้วยดี ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการส่วนควบคุมไฟป่า กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) และอธิบดีกรมอุตุนิยมวิทยา ที่สนับสนุนข้อมูลให้งานวิจัยนี้สำเร็จลงด้วยดี

9. รายการอ้างอิง

- [1] ส่วนควบคุมไฟป่า สำนักป้องกัน ปรามปราม และควบคุมไฟป่า, ที่มาและความสำคัญ, แหล่งที่มา : <http://www.dnp.go.th/forestfire/2546/firestatistic%20Th.htm>, 15 ตุลาคม 2556.
- [2] เขาวลิต ศิลปะทอง, หลักการเบื้องต้นการสำรวจข้อมูลระยะไกล (Remote Sensing), แหล่งที่มา : http://kmcenter.rid.go.th/kmc14/gis_km14/gis_km14%2829%29.pdf, 1 ตุลาคม 2556.
- [3] ส่วนควบคุมไฟป่า สำนักป้องกัน ปรามปราม และควบคุมไฟป่า, หลักการตรวจหาไฟด้วยดาวเทียม, แหล่งที่มา : http://www.dnp.go.th/forestfire/FIRESCIENCE/lesson%205/lesson5_5htm, 5 พฤศจิกายน 2556.
- [4] ส่วนควบคุมไฟป่า สำนักป้องกัน ปรามปราม และควบคุมไฟป่า, การตรวจหาไฟด้วยดาวเทียม, แหล่งที่มา : http://www.dnp.go.th/forestfire/FIRESCIENCE/lesson%205/lesson5_5htm, 5 พฤศจิกายน 2556.
- [5] Chuvieco, E., Martin, M.P. and Palacios, A., 2002, Assessment of different spectral

- indices in the red-near-infrared spectral domain for burned land discrimination, Int. J. Remote Sensing 23: 5103-5110
- [6] Kaufman, Y.J., Justice, C.O., Flynn, L.P., Kendall, J.D., Prins, E.M., Giglio, L., Ward, D.E., Menzel, W.P. and Setzer, A.W., 1998, Potential global fire monitoring from EOS-MODIS, J. Geophys. Res. Atmos. 103: 32215-32238.
- [7] Kant, Y. and Badarinath, K.V.S., 2002, Sub-pixel fire detection using Landsat-TM thermal data, Infr. Phys. Technol. 43: 383-387.
- [8] Giglio, L., Descloitres, J., Justice, O.C. and Kaufman, J.Y., 2003, An enhanced contextual fire detection algorithm for MODIS, Remote Sensing Env. 87: 273-282.
- [9] Yang, Z.L., The global energy balance, Available Source: <http://www.geo.utexas.edu/courses/387h/Lectures/chap2.pdf>, October 15, 2013.