

บทที่ 1

การสร้างระบบฐานข้อมูล

บทนี้เป็นการนำเสนอผลการดำเนินงานในส่วนของการรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิจากแหล่งต่าง ๆ ดังแสดงในตาราง 1 เพื่อนำมาจัดทำเป็นระบบฐานข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับการดำเนินงานส่วนอื่น ๆ ของโครงการวิจัยนี้ ระบบฐานข้อมูลที่จัดทำไว้มี 5 ฐานหลัก ๆ ดังนี้

(1) ข้อมูลจุดความร้อน (hotspots) ที่สำรวจจากตัวบันทึก (sensor) MODIS ที่ติดตั้งบนดาวเทียม Terra และ Aqua ซึ่งใช้อัลกอริทึม (algorithm) พัฒนามลิตภัณฑ์ที่เรียกว่า “MODIS Fire Product” ซึ่งถ้าสำรวจจากดาวเทียม Aqua เรียกผลิตภัณฑ์นี้ว่า “MYD 14” และถ้าสำรวจจากดาวเทียม Terra เรียกผลิตภัณฑ์นี้ว่า “MOD14” ทั้ง 2 ดาวเทียมโคจรรอบโลกวันละ 2 ครั้งทั้งในเวลากลางวันและกลางคืน ดังนั้นจึงโคจรผ่านประเทศไทยทั้งในเวลากลางวันและกลางคืนรวม 4 ครั้ง ในการศึกษาทำการเก็บรวบรวมจุดความร้อน เฉพาะขอบเขต (extent) ตั้งแต่ละติจูด 17 ถึง 20 องศาเหนือ และลองจิจูด 97 ถึง 98 องศาตะวันออก ซึ่งครอบคลุมบริเวณจังหวัดแม่ฮ่องสอนและบริเวณโดยรอบ ทำการเก็บรวบรวมจุดความร้อนเป็นระยะเวลา 2 ปี ตั้งแต่เดือนมกราคม 2550 ถึง ธันวาคม 2551 สำหรับวิเคราะห์และกำหนดพื้นที่เสี่ยงไฟป่า การกระจายและความถี่ของจุดความร้อนที่ปรากฏในจังหวัดแม่ฮ่องสอนในช่วง 2 ปี (พ.ศ. 2550-51) แสดงดังภาพ 1 จุดความร้อนที่รวบรวมได้ดังแสดงในภาพ 1 นี้ยังมีข้อมูลคุณลักษณะอื่นๆ ได้แก่ ชื่อดาวเทียม วันเวลาที่ดาวเทียมโคจรผ่านพื้นที่ศึกษา ค่าการสะท้อนของแบนด์ 2 (Ref2) ค่าอุณหภูมิของแบนด์ 21 (T21) ค่าอุณหภูมิของแบนด์ 31 (T31) ค่ากำลังไฟ (Fire Power, Fp) และค่าความเชื่อมั่นว่าเป็นไฟ (Fire Confidence, Fc) ภาพ 2-6 แสดงค่าข้อมูลของ Ref2, T21, T31, Fp และ Fc ที่สำรวจพบในช่วง 2 ปี ตามลำดับ ซึ่งค่า Ref2 ไม่มีหน่วย ส่วนค่า T21 และ ค่า T31 มีหน่วยเป็นเคลวิน ค่า Fp มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร และ Fc มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

(2) ข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงสะสมทุก ๆ 10 วัน ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน โดยปริมาณข้อมูลเชื้อเพลิงสะสมคำนวณจากการวิเคราะห์ข้อมูลภาพแบนด์ 1 และ 2 ของ MODIS โดยคัดเลือกเฉพาะวันที่ข้อมูลภาพมีตำแหน่งของประเทศไทยปรากฏอยู่กลางภาพ ข้อมูลภาพที่นำมาใช้นี้ครอบคลุมตั้งแต่เดือนถึง ธันวาคม 2550 ถึง เมษายน 2551 นำค่าข้อมูลภาพแบนด์ 1 และ 2 ซึ่งเป็นค่าการสะท้อน (reflectance) ของช่วงคลื่นแดง (red) และอินฟราเรดใกล้ (near infrared) มาคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณในรูปค่า Normalized Different Vegetation Index (NDVI) จากนั้นนำค่า NDVI ที่คำนวณได้มาทำ 10-Days Maximum Value Composite เพื่อทำการกำจัดเมฆออกจากข้อมูลภาพก่อนจะนำค่า NDVI ไปใช้ในการคำนวณให้อยู่ในรูปปริมาณเชื้อเพลิงสะสม

(3) ข้อมูลภูมิอากาศรายวัน ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด อุณหภูมิเฉลี่ย ความชื้นสัมพัทธ์ ทิศทางลม และความเร็วลม โดยสร้างฐานข้อมูลภูมิอากาศรายวัน 10 ปี จากสถานีตรวจวัดภูมิอากาศในจังหวัดแม่ฮ่องสอน ตาก และเชียงใหม่ อย่างละ 1 สถานี สำหรับฐานข้อมูลภูมิอากาศรายวัน 10 ปี นำมาวิเคราะห์

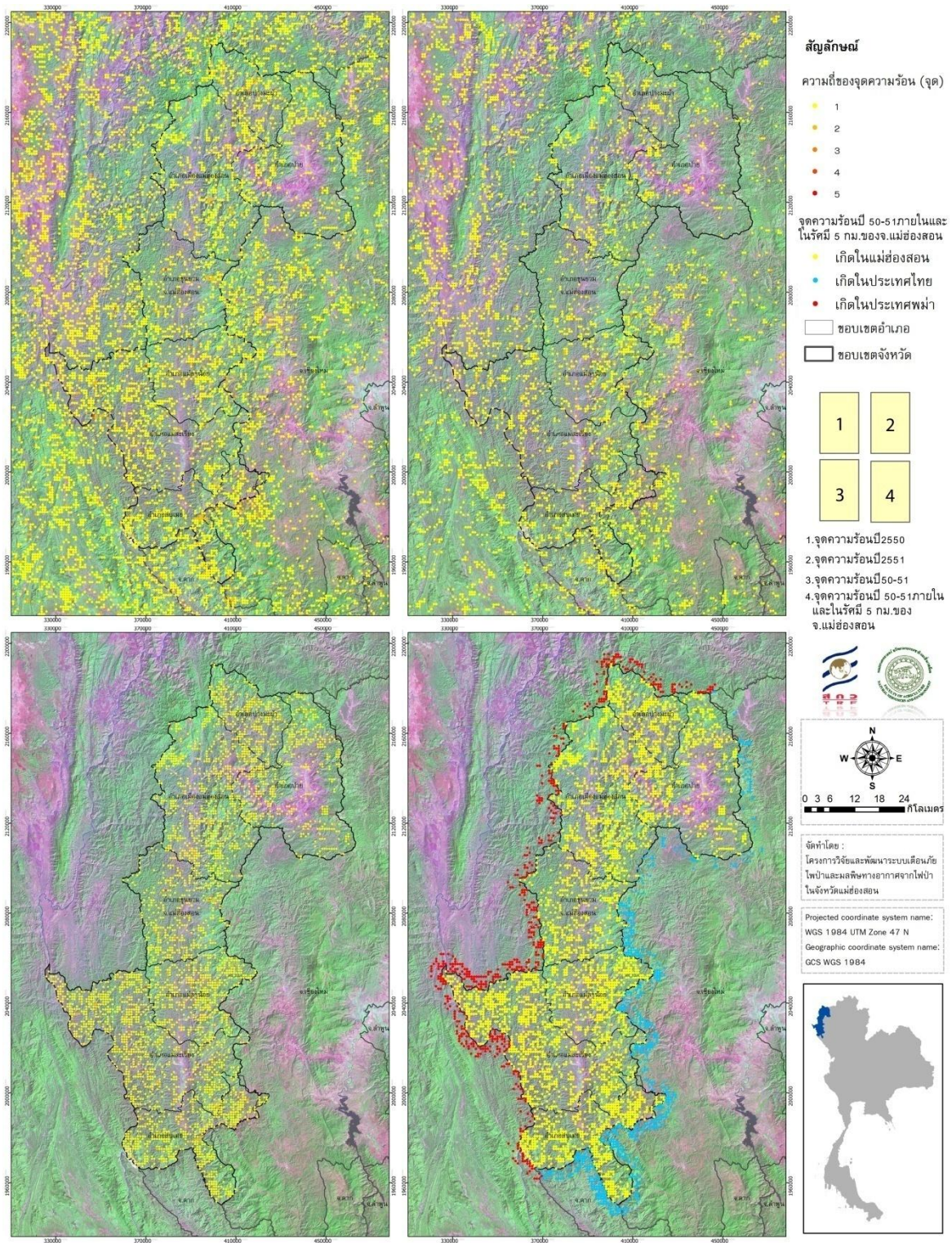
แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ส่วนข้อมูลภูมิอากาศรายวันที่ตรงกับวันที่พบจุดความร้อน โดยได้จากสถานีตรวจวัดภูมิอากาศที่อยู่ใกล้จุดความร้อนมากที่สุดเพื่อนำมาวิเคราะห์สถิติสัมพันธ์กับข้อมูลจุดความร้อน

(4) ข้อมูลคุณภาพอากาศรายวัน ได้แก่ ปริมาณฝุ่นขนาด 10 ไมครอน (PM10) และดัชนีคุณภาพอากาศ (Air Quality Index, AQI) ตั้งแต่เดือนมกราคม 2550 ถึง ธันวาคม 2551 จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในจังหวัดแม่ฮ่องสอน เชียงราย และเชียงใหม่ จำนวน 1, 1, และ 2 สถานี ตามลำดับ นำเข้าข้อมูลคุณภาพอากาศรายวันจากสถานีที่อยู่ใกล้จุดความร้อนมากที่สุดและที่ตรงกับวันที่พบจุดความร้อน มาวิเคราะห์สถิติสัมพันธ์กับข้อมูลจุดค่าความร้อนและข้อมูลภูมิอากาศ

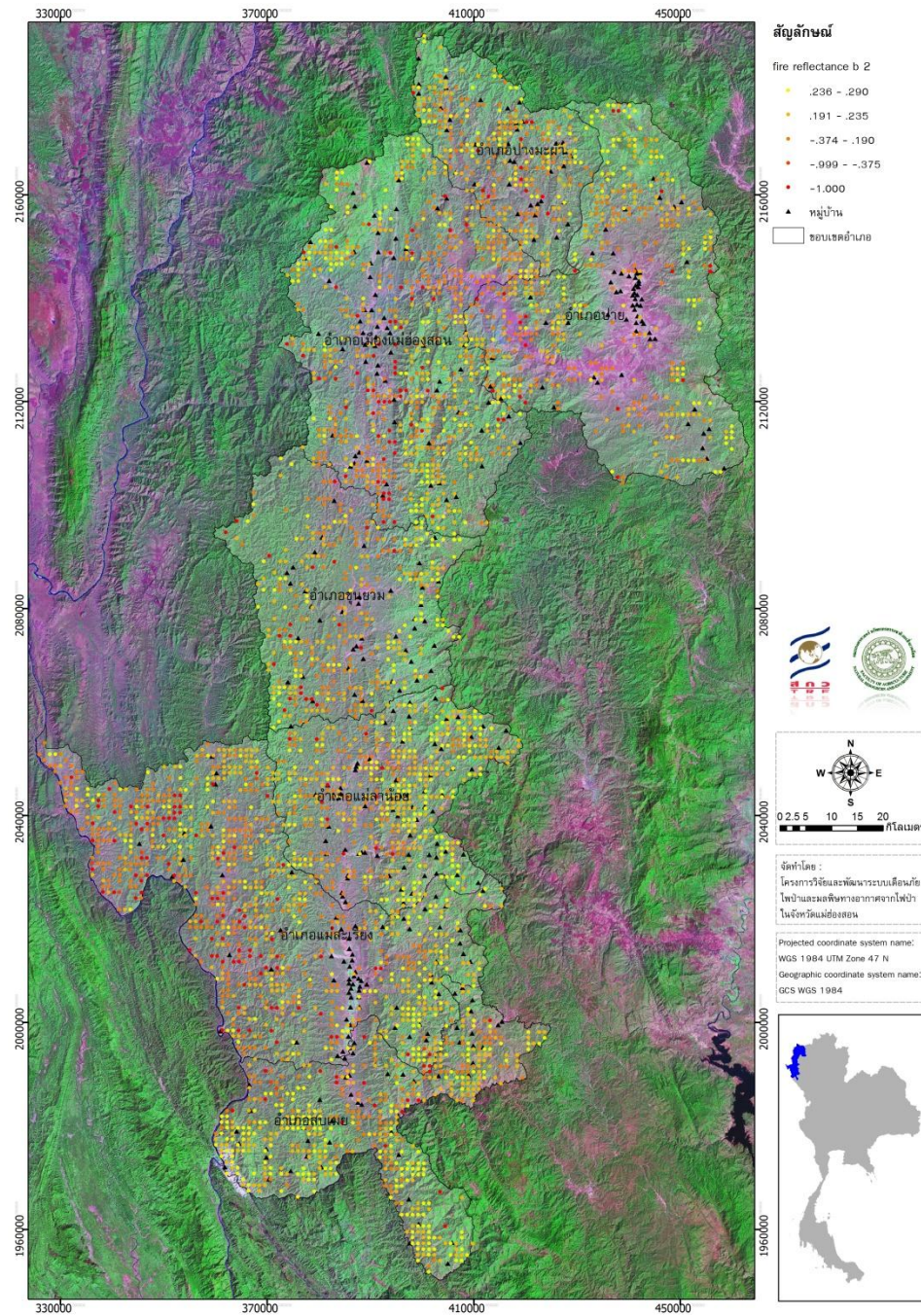
(5) ข้อมูลทางกายภาพ ชีวภาพ และเศรษฐกิจสังคมของจังหวัดแม่ฮ่องสอน ซึ่งรวบรวมจากข้อมูลทุติยภูมิจากโครงการวิจัยต่าง ๆ ที่ได้ดำเนินการมาแล้วในจังหวัดแม่ฮ่องสอน ฐานข้อมูลส่วนนี้จะใช้เป็นตัวแปรสภาพแวดล้อมของจุดความร้อนเพื่อวิเคราะห์และกำหนดเป็นพื้นที่เสี่ยงเกิดไฟป่าของจังหวัดแม่ฮ่องสอน

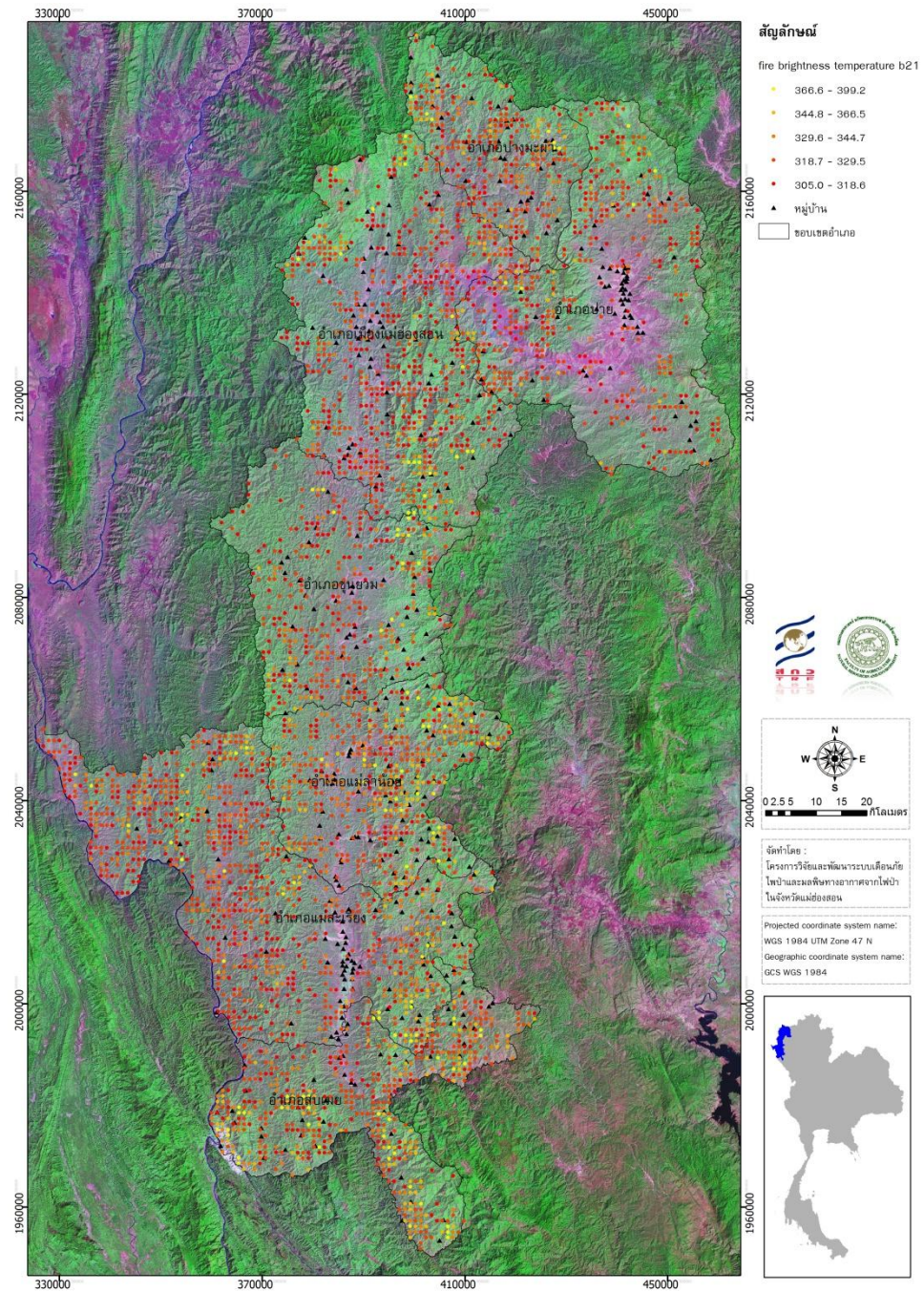
ตาราง 1 แหล่งของข้อมูลทุติยภูมิที่นำมาใช้ในการจัดสร้างระบบฐานข้อมูลสำหรับการจำลองไฟ

ข้อมูล	แหล่งข้อมูล
ข้อมูลจุดความร้อน	http://www.geoinfo.ait.ac.th/mod14/
ข้อมูลค่าการสะท้อนในช่วงความยาวคลื่นแบนด์ 1 และ 2 ของ MODIS	http://ladsweb.nascom.nasa.gov/data/search.html
ข้อมูลภูมิอากาศ	http://www.tmd.go.th/climate/climate.php
ข้อมูลคุณภาพอากาศ	http://www.aqnis.pcd.go.th/air/olddata/other51/station_51.htm

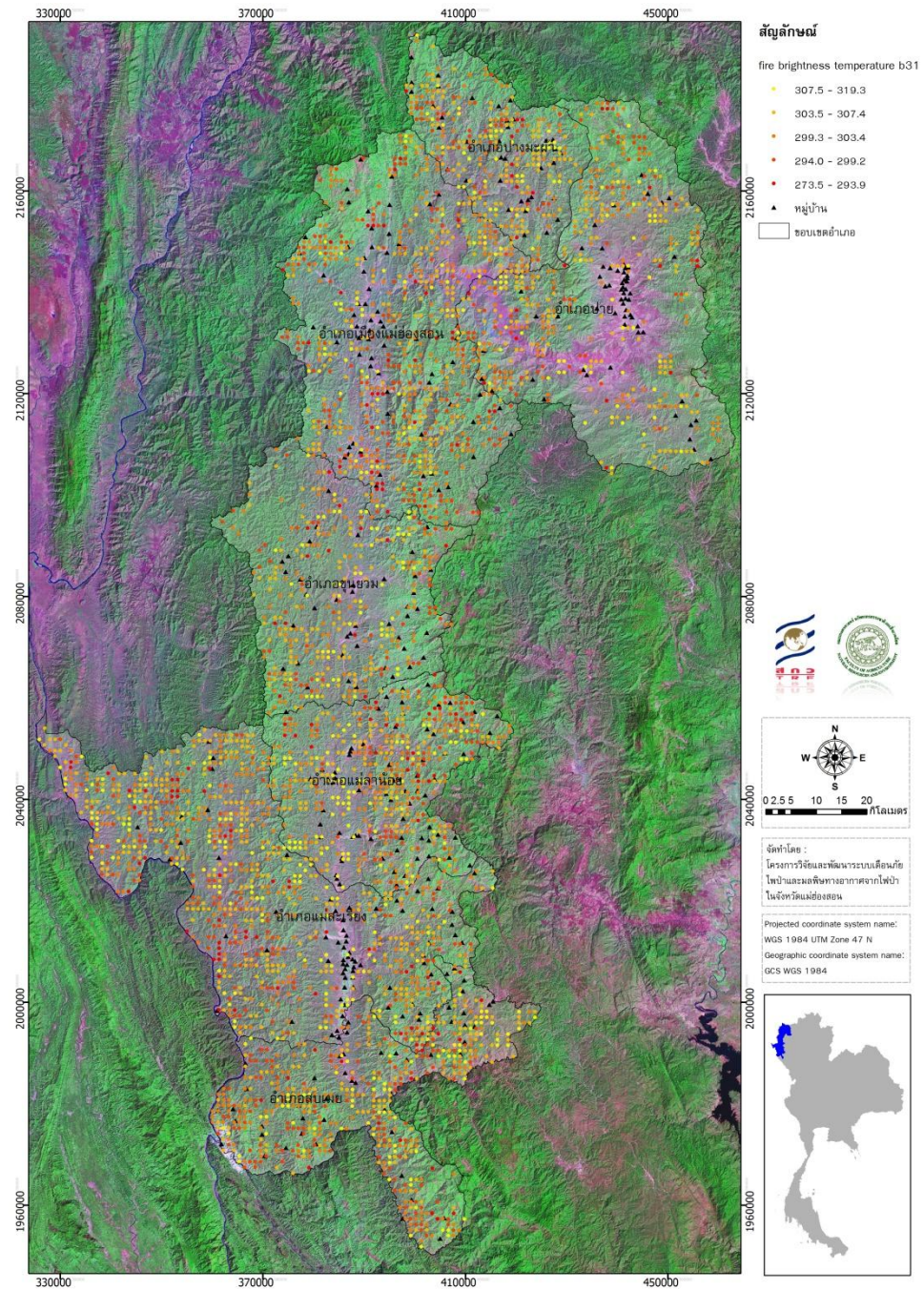


ภาพ 1 การกระจายและความถี่ของจุดความร้อนของปี 2550-51 ของจังหวัดแม่ฮ่องสอนและพื้นที่โดยรอบ

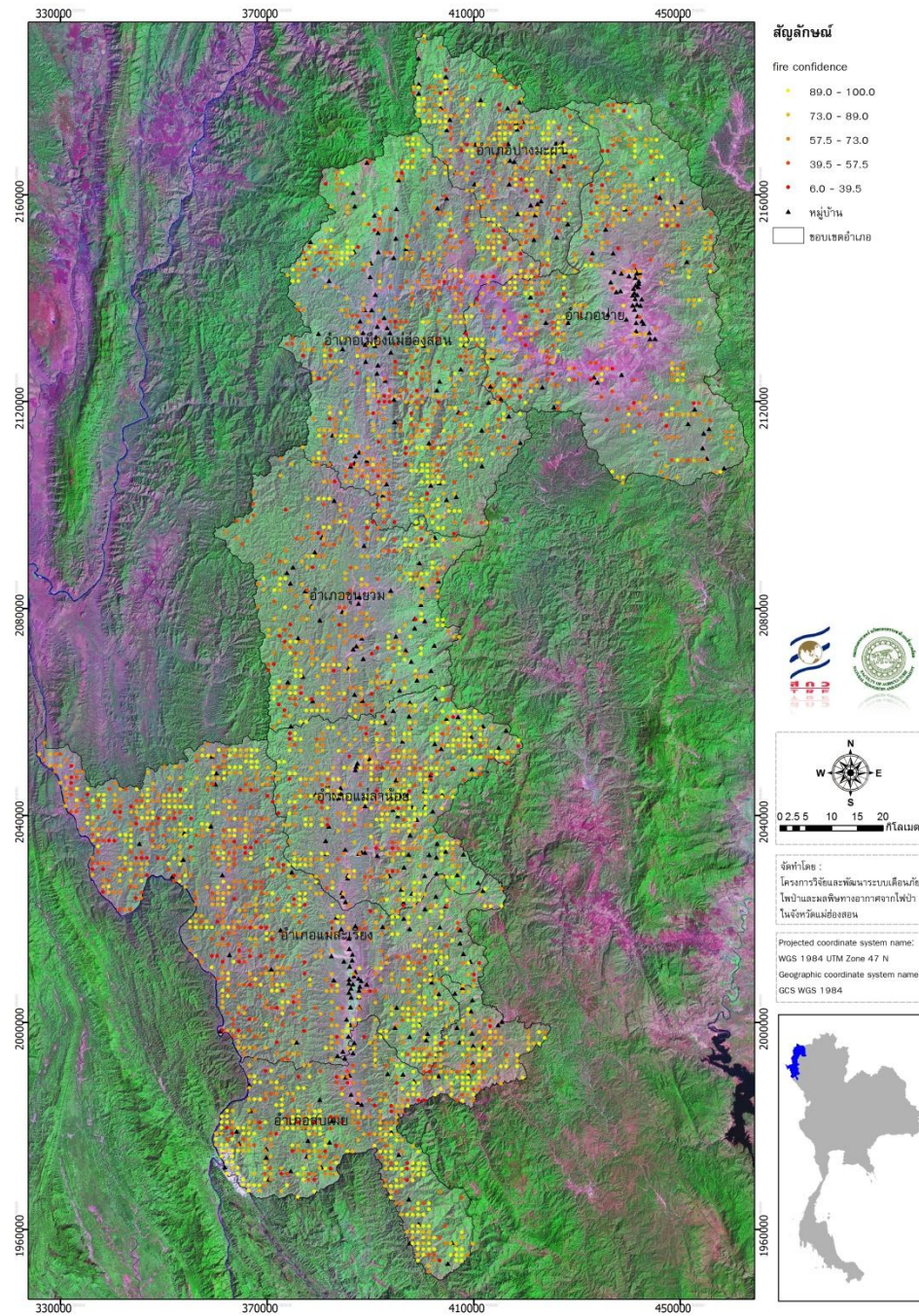




ภาพ 3 ค่าความส่องสว่างของอุณหภูมิในแบนด์ 21



ภาพ 5 ค่ากำลังไฟ



ภาพ 6 ค่าเปอร์เซ็นต์ความเชื่อมั่นว่าเป็นไฟ

บทที่ 2

การวิเคราะห์จุดความร้อน

2.1 การวิเคราะห์สถิติพื้นฐานของจุดความร้อน

ส่วนนี้เป็นการศึกษาในส่วนของการวิเคราะห์ข้อมูลจุดความร้อนและสภาพแวดล้อมของตำแหน่งที่เกิดจุดความร้อน การวิเคราะห์ใช้วิธีการทางสถิติ คือ สถิติพรรณนา ผลการวิเคราะห์สถิติพรรณนาของฐานข้อมูลจุดความร้อนแสดงในภาคผนวก 1 ค่าสถิติพรรณนาของจุดความร้อน ที่พบในจังหวัดแม่ฮ่องสอนในปี 2550 และปี 2551 จากภาคผนวก 1 ซึ่งให้เห็นว่า จุดความร้อนมีค่าอุณหภูมิในแบนด์ 21 สูงกว่าในแบนด์ 31 รวมทั้งมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมากกว่าด้วย ค่าพิสัยของเปอร์เซ็นต์ความเชื่อมั่นว่าเป็นจุดภาพความร้อนพบว่าค่อนข้างกว้าง โดยมีช่วงตั้งแต่ 6 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่ายังมีจุดภาพบางส่วนที่อาจเป็นจุดความร้อนเท็จ (False Hotspots) การเกิดจุดภาพความร้อนในช่วง 3 เดือน คือ กุมภาพันธ์ถึงเมษายนนั้น เป็นจุดภาพความร้อนที่มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความเชื่อมั่นว่าเป็นไฟ (Fc) กำลังไฟ (Fp) และอุณหภูมิ (T21) ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับของเดือนอื่น ๆ ในขณะที่ค่าการสะท้อนของแบนด์ 2 (Ref 2) ต่ำกว่าของเดือนอื่น ๆ (ภาคผนวก 2) ข้อมูล แสดงให้เห็นว่าค่าอุณหภูมิของแบนด์ 21 ใช้แยกจุดภาพความร้อนในช่วงฤดูร้อนได้ดีกว่าค่าอุณหภูมิในแบนด์ 31 เนื่องจากมีค่าอุณหภูมิแบนด์ 21 สูงกว่าเดือนอื่น ๆ และสูงกว่าค่าอุณหภูมิในแบนด์ 31 อย่างชัดเจน

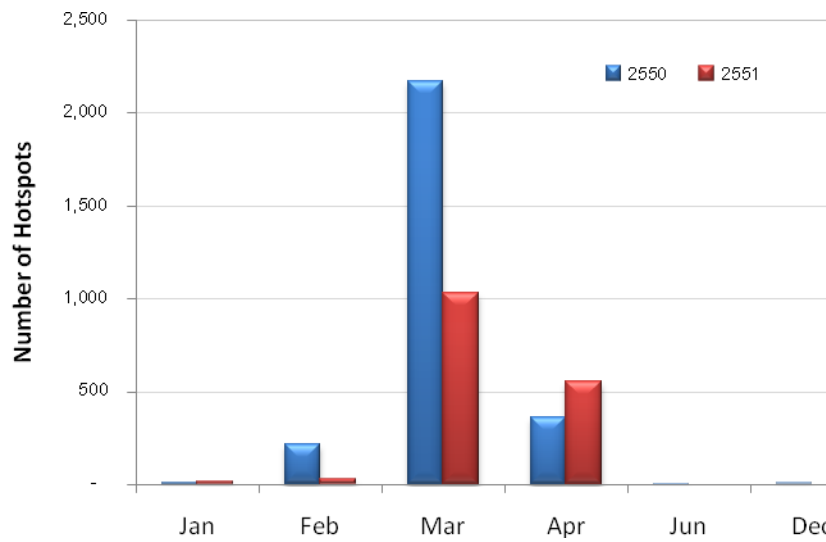
ในการศึกษานี้ กำหนดการสร้างค่าดัชนีเพื่อใช้เป็นเกณฑ์คัดจุดความร้อนที่มีความเชื่อมั่นต่ำและมีโอกาสที่จะเป็นจุดความร้อนเท็จ โดยพิจารณาจากค่าสถิติสหสัมพันธ์ของค่าความเชื่อมั่นว่าเป็นไฟในตารางของภาคผนวก 3 ซึ่งได้ทำการทดสอบการคำนวณค่าดัชนีจากหลายสมการ และพบว่าสมการที่ให้ค่าสหสัมพันธ์กับค่าความเชื่อมั่นว่าเป็นไฟที่ดีที่สุดคือสมการที่คำนวณมาจากคุณลักษณะของจุดความร้อนจากค่าอุณหภูมิในแบนด์ 21 และค่ากำลังไฟ ซึ่งสมการที่ให้ค่าสหสัมพันธ์สูงสุดได้แก่ดัชนีเกณฑ์คัดจุดความร้อนที่คำนวณจากค่าอุณหภูมิในแบนด์ 21 หารด้วยค่ากำลังไฟ ค่าดัชนีที่คำนวณได้ยิ่งต่ำแสดงว่าค่าความเชื่อมั่นว่าเป็นไฟจะยิ่งสูง การวิเคราะห์ผัดต้นไม้ (Tree analysis) เพื่อใช้คำนวณความเชื่อมั่นว่าเป็นไฟของจุดความร้อนแสดงดังภาพในภาคผนวก 4

การตรวจหาจุดความร้อนในบริเวณพื้นผิวโลกที่มีอุณหภูมิสูงกว่าปกติจากข้อมูลภาพที่สำรวจจากดาวเทียม นั้นมักอาศัยอุปกรณ์ตรวจวัดความร้อน (thermal sensor) ในช่วงคลื่นอินฟราเรด (Justice, et al., 2006) อัลกอริทึมที่มักใช้ในการตรวจจับจุดความร้อนจากข้อมูลภาพนั้นอาศัยพื้นฐานคือการตรวจหาจุดความร้อนในบริเวณใดบริเวณหนึ่งที่มีอุณหภูมิสูงกว่าบริเวณโดยรอบอย่างผิดปกติ (Giglio et al., 2003) เพราะบริเวณนั้นมีการปลดปล่อยพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดกลาง (Mid Infrared) ออกมาสูง (Dozier, 1981; Matson and Dozier, 1981) อัลกอริทึมที่ใช้ในการตรวจหาจุดความร้อนจากข้อมูล MODIS จะใช้ค่าความยาวช่วงคลื่น 4 ไมครอน และ 11 ไมครอน เพราะช่วงความยาวคลื่นทั้งสองมีคุณสมบัติในการตรวจจับความร้อนได้ดี ความยาวช่วงคลื่น 4 ไมครอน เป็นความยาวคลื่นในแบนด์ที่ 21 และ แบนด์ 22 ของ MODIS ในแบนด์ที่ 21 จะมีความสามารถในการตรวจจับไฟที่มีค่าการสะท้อนของพลังงาน

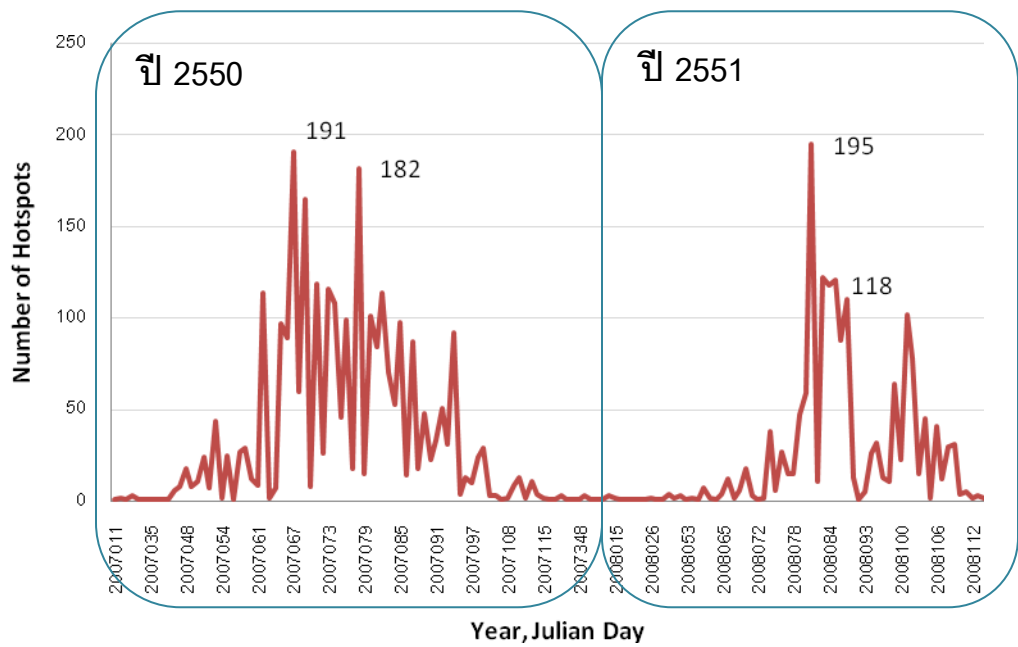
ความร้อนประมาณ 227 องศาเซลเซียส ในขณะที่แบนด์ที่ 22 สามารถตรวจจับความร้อนที่มีค่าการสะท้อนของพลังงานต่ำกว่า 58 องศาเซลเซียส ส่วนในความยาวคลื่น 11 ไมครอน ซึ่งเป็นความยาวคลื่นในแบนด์ที่ 31 ของ MODIS นั้น จะสามารถตรวจจับค่าการสะท้อนของพลังงานความร้อนประมาณ 127 องศาเซลเซียส (Giglio et al., 2003 ; Justice et al. 2006) อัลกอริทึมที่ใช้ในการตรวจจับจุดภาพความร้อนจากข้อมูล MODIS จึงใช้ค่าอุณหภูมิในช่วงคลื่นในแบนด์ที่ 21 เป็นช่วงคลื่นพิสัยกว้างในการตรวจจับไฟ ในขณะที่ช่วงคลื่นในแบนด์ที่ 31 มักใช้ตรวจจับไฟที่มีอุณหภูมิต่ำ รวมทั้งใช้บอกค่าอุณหภูมิพื้นดิน (land surface temperature, LST)

จากการวิเคราะห์ฐานข้อมูลจุดความร้อนใน ปี 2550 และ ปี 2551 พบว่า มีจุดความร้อนรวมทั้งหมด 2,765 และ 1,623 จุด ตามลำดับ ในเดือนมีนาคมของทั้ง 2 ปีจะพบจำนวนจุดภาพความร้อนมากที่สุดคือ 2,170 (78.5 % ของจำนวนจุดภาพทั้งหมดที่พบในปี 2550) และ 1,033 จุด (63.6 % ของจำนวนจุดภาพทั้งหมดที่พบในปี 2551) รองลงมาคือเดือนเมษายน และกุมภาพันธ์ ส่วนในเดือนอื่น ๆ ถือว่าพบจุดภาพความร้อนน้อยมากจนถึงไม่พบจุดความร้อนเลย (ภาพ 7) ในประเทศไทยมีการเกิดไฟป่ามากในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม (ศิริ อัครเศียร และคณะ , 2546 และ 2547 และ สันต์ เกตุปราณีต, 2526) จากรายงานสถานการณ์ไฟป่าในท้องที่ 16 จังหวัดภาคเหนือ ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2549 ถึง กุมภาพันธ์ 2551 พบว่า ช่วงเวลาดังกล่าวของจังหวัดแม่ฮ่องสอน เกิดไฟป่า 771 ครั้ง คิดเป็นพื้นที่ถูกไฟเผาไหม้ 7,799 ไร่ (ศูนย์ปฏิบัติการไฟป่าเชียงใหม่, 2551) จากข้อมูลจึงเห็นได้ว่า จำนวนการเกิดไฟป่าที่สำรวจรายงานโดยศูนย์ปฏิบัติการไฟป่าเชียงใหม่มีน้อยกว่าจำนวนจุดความร้อนที่สำรวจพบจากดาวเทียม ที่เป็นเช่นนี้น่าจะเกิดจากสมมติฐาน 2 ประการคือ (1) จุดความร้อนที่สำรวจจากดาวเทียมยังมีจุดความร้อนเท็จ (false hotspots) ปะปน และ/หรือ (2) การสำรวจด้วยกำลังคนทางภาคสนามยังมีข้อจำกัดในการเข้าไปสำรวจบางพื้นที่ที่ยากต่อการเข้าถึง เมื่อพิจารณาฐานข้อมูลจุดความร้อน พบว่า ภายในรัศมี 5 กิโลเมตร รอบจังหวัดแม่ฮ่องสอนนั้น มีจุดความร้อนเกิดขึ้น 1,534 จุด หรือเทียบเท่ากับ 34.9 % ของจุดความร้อนที่พบภายในจังหวัดแม่ฮ่องสอน โดยในจำนวนจุดความร้อนในรัศมี 5 กิโลเมตร รอบจังหวัดแม่ฮ่องสอนนี้ เป็นจุดความร้อนที่เกิดขึ้นในประเทศพม่า 856 จุด หรือคิดเป็น 55 % ของจุดความร้อนที่พบภายในรัศมี 5 กิโลเมตร จุดความร้อนส่วนนี้สามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพอากาศในจังหวัดแม่ฮ่องสอนและบริเวณอื่น ๆ ของประเทศไทยได้เช่นกัน

เมื่อวิเคราะห์จำนวนจุดความร้อนที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน (ภาพ 8) พบว่า ในจำนวนวันรวมทั้งหมด 730 วัน ภายในระยะเวลา 2 ปีคือ ปี 2550 และ ปี 2551 มีจำนวน 150 วันเท่านั้นที่มีจุดความร้อนเกิดขึ้น ส่วนวันอื่น ๆ ที่เหลือไม่พบจุดความร้อน จำนวนจุดความร้อนที่พบภายใน 1 วัน อยู่ในช่วงตั้งแต่ 1 ถึง 195 จุด วันที่มีจำนวนจุดความร้อนตั้งแต่ 100 จุดต่อวัน ส่วนใหญ่พบในเดือนมีนาคม



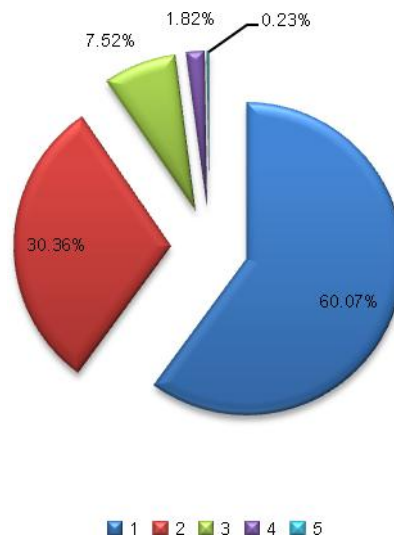
ภาพ 7 จำนวนจุดความร้อนแยกตามรายเดือนที่สำรวจพบจากดาวเทียม Terra และ Aqua



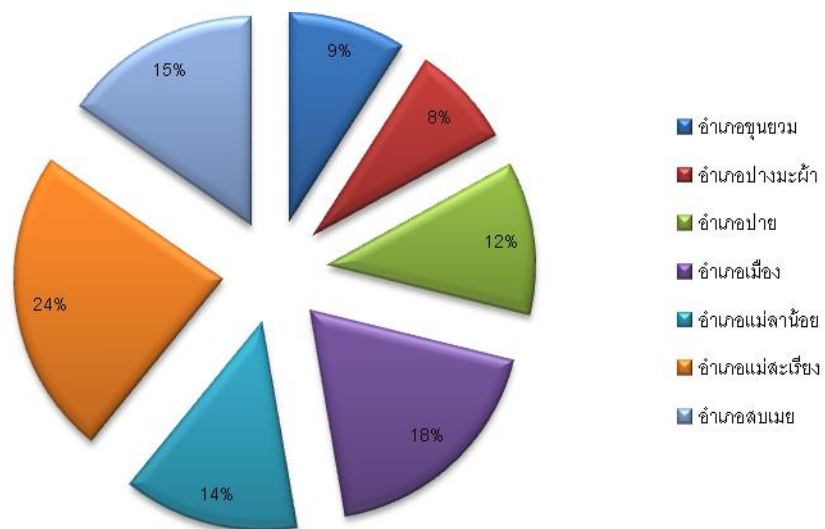
ภาพ 8 จำนวนจุดความร้อนที่พบรายวันตั้งแต่ปี 2550 ถึง 2551

ในจำนวนจุดความร้อน 4,388 จุดที่พบในช่วง 2 ปี พบว่าจุดความร้อนส่วนใหญ่(2,636 จุดหรือ 60.1%) เกิดที่ตำแหน่งหนึ่ง ๆ เพียงครั้งเดียว ส่วนที่เหลือ 1,332 จุด (30.4%), 330 จุด (7.5 %), 80 จุด (1.8 %) , 10 จุด (0.2 %) เกิดซ้ำ ณ ตำแหน่งเดิมจำนวน 2, 3, 4 และ 5 ครั้ง ตามลำดับ (ภาพ 9) ตำแหน่งที่เกิดจุดความร้อนสูงสุดคือ 5 ครั้งนั้นพบว่า เป็นจุดความร้อนที่เกิดในช่วงเดือนมีนาคมและเกิดในช่วงวันที่ที่ใกล้ ๆ กัน จากข้อมูลชี้ให้เห็นว่า จุดความร้อนส่วนใหญ่ไม่ได้เกิดขึ้นประจำที่ ณ ตำแหน่งเดิม แต่จะเปลี่ยนสถานที่ไปยังตำแหน่งอื่น ๆ ในลักษณะกระจายไปทั่วจังหวัดแม่ฮ่องสอน อำเภอแม่สะเรียงมีจุดความร้อนปรากฏมากที่สุด (1,044 จุด หรือ 24%) อำเภอเมืองซึ่งเป็นที่ตั้งของเมืองและสนามบินพบจำนวนจุดความร้อนรองลงมา (810 จุด หรือ 18%) ส่วนอำเภอที่พบจุดความร้อนน้อยที่สุดคืออำเภอปางมะผ้า (8% หรือ 348 จุด) ดังแสดงในภาพ 10 โดยภาพรวมแล้วจุดความร้อนส่วนใหญ่กระจายอยู่ทางตอนใต้ของจังหวัด เมื่อจำแนกจุดความร้อนที่เกิดขึ้นในช่วง 2 ปีตามประเภทการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินแล้ว (ภาพ 11) พบว่าจุดความร้อนถึง 92% ของจุดความร้อนทั้งหมดเกิดในพื้นที่ป่า ที่เหลืออีก 8% พบในพื้นที่การเกษตร โดยจะพบในพื้นที่เกษตรบนที่สูง 4% เมื่อพิจารณาจุดความร้อนที่เกิดในพื้นที่ป่าตามประเภทของป่าไม้ (ภาพ 12) พบว่า เกิดในป่าเบญจพรรณมากที่สุด (64% ของจุดความร้อนที่พบในพื้นที่ป่า) รองลงมาคือป่าดิบเขา (29 % ของจุดความร้อนที่พบในพื้นที่ป่า) จากการศึกษาของ ศิริ อัคระอัศร์ (2537) พบว่า ในฤดูไฟป่าจะพบไฟป่ามากในป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรัง

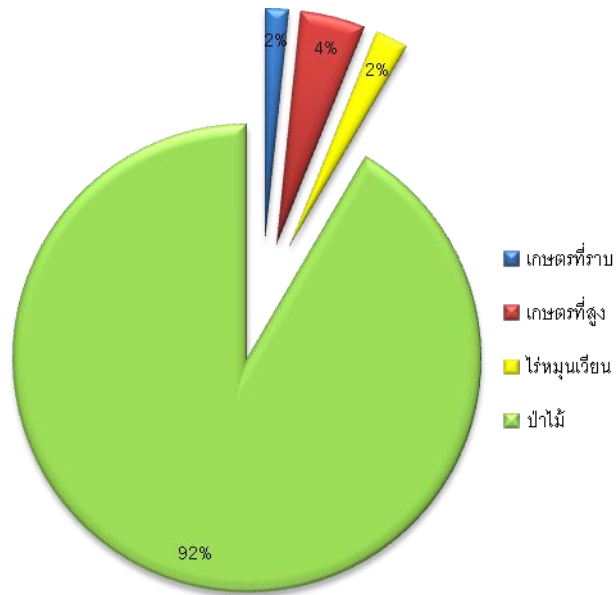
ภาพ 13 และตาราง 2 แสดงให้เห็นว่าจุดความร้อนส่วนใหญ่ (3,305 หรือ 75.3%) สัมผัสพบจากดาวเทียมที่โคจรผ่านช่วงเช้าเวลา 06.04 ถึง 07.36 น. จุดความร้อนที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาดังกล่าวมีค่าอุณหภูมิและกำลังไฟสูงกว่าช่วงอื่น ๆ จากการศึกษาของ ศิริ อัคระอัศร์ และคณะ (2546 และ 2547) และ สันต์ เกตุปราณีต (2526) พบว่าไฟที่เกิดในช่วงเวลากลางวันตั้งแต่ 10.00 ถึง 18.00 น. จะมีอันตรายมากกว่าไฟที่เกิดในเวลากลางคืน เนื่องจากสภาพความชื้นของเชื้อเพลิงและภูมิอากาศเหมาะสมต่อการลุกลามของไฟ เพราะในเวลากลางวันอุณหภูมิยังสูงจะทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศต่ำ และความชื้นของเชื้อเพลิงต่ำ จึงทำให้ไฟติดง่ายและลุกลามอย่างรวดเร็ว พุทธิกรรมไฟจึงรุนแรงมาก ช่วงเวลาของการเกิดไฟส่วนใหญ่คือ 14.00 ถึง 16.00 น.



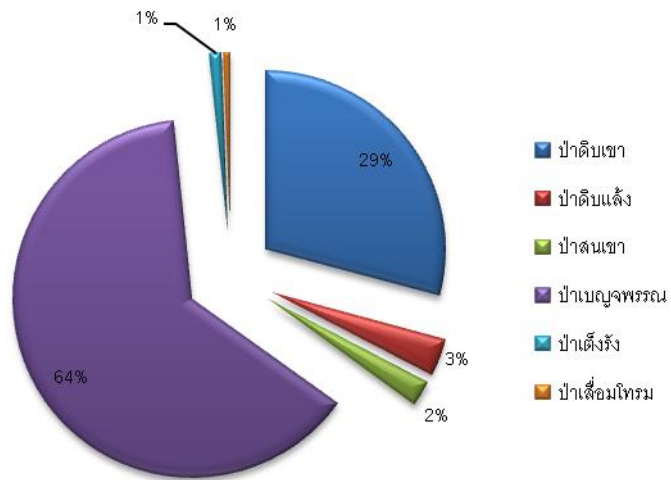
ภาพ 9 เปอร์เซนต์จุดความร้อนที่สำรวจพบแยกตามจำนวนครั้ง ที่พบจุดความร้อน
ณ. ตำแหน่งพิกัดภูมิศาสตร์เดิม



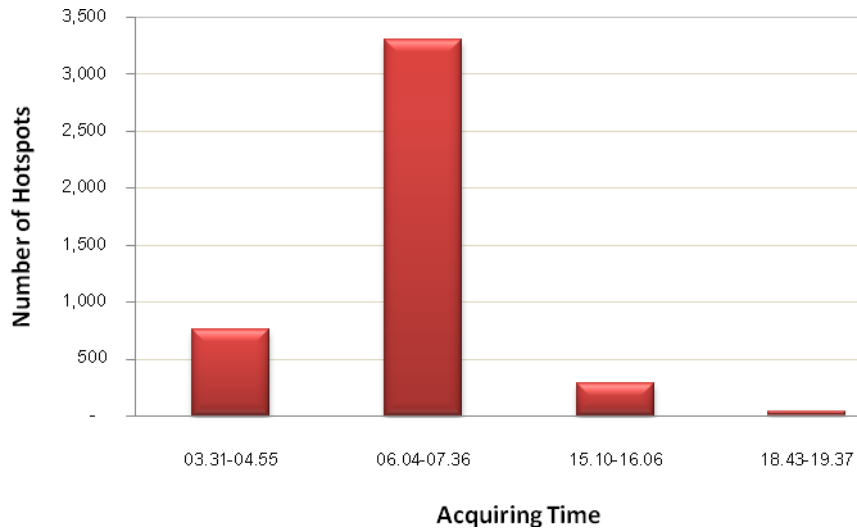
ภาพ 10 เปอร์เซนต์จุดความร้อนแยกตามรายอำเภอ



ภาพ 11 เปอร์เซนต์จุดความร้อนแยกตามประเภทประเภทการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน



ภาพ 12 เปอร์เซนต์จุดความร้อนที่พบจำแนกตามประเภทป่า



ภาพ 13 จำนวนจุดความร้อนแยกตามช่วงเวลาเวลาที่ดาวเทียมสำรวจใน 1 รอบวัน

ตาราง 2 ค่าเฉลี่ยข้อมูลจุดความร้อนที่สำรวจจากดาวเทียม Terra และ Aqua

ช่วงเวลา	จำนวน	Ref2	T21	T31	Fp	Fc
03.31-04.55	761	0.20	318.97	299.35	14.55	67.01
06.04-07.36	3,305	0.21	326.14	302.08	23.57	72.77
15.10-16.06	288	- 1.00	310.38	293.26	12.11	57.83
18.43-19.37	34	- 1.00	313.16	292.77	17.35	62.77

หมายเหตุ

- Ref2 หมายถึงค่าการสะท้อนแบนด์ 2
- T21 หมายถึงอุณหภูมิแบนด์ 21
- T31 หมายถึงอุณหภูมิแบนด์ 31
- Fp หมายถึงกำลังไฟ
- Fc หมายถึงเปอร์เซ็นต์ความเชื่อมั่นว่าเป็นไฟ

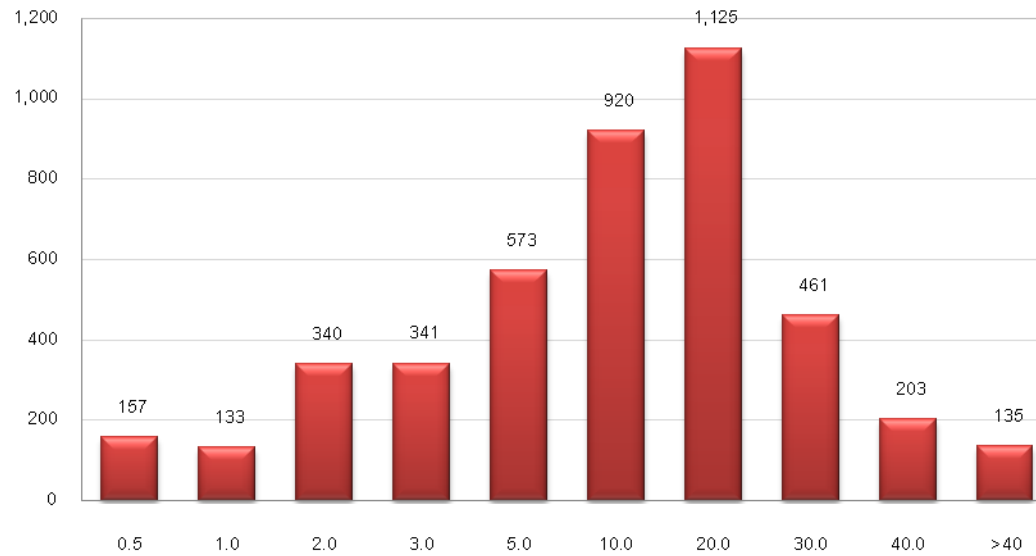
2.2 การเปรียบเทียบจุดความร้อนจาก AIT Fire Database กับข้อมูลการสำรวจไฟจากภาคสนาม

การวิเคราะห์ระยะห่างของจุดความร้อนที่ได้จากการสำรวจจากดาวเทียมกับจุดเกิดไฟที่สำรวจในภาคสนามพบว่า จุดภาพความร้อนที่เกิดใกล้ที่สุดกับจุดเกิดไฟที่ตรวจพบในภาคสนามคือ 0 เมตร และไกลที่สุด คือประมาณ 54 กิโลเมตร หรือระยะห่างเฉลี่ยประมาณ 11.6 กิโลเมตรจากจุดสำรวจไฟในภาคสนาม (ภาคผนวก 1) อย่างไรก็ตาม ระยะของจุดความร้อนที่ไกลจากจุดสำรวจพบในภาคสนามถึง 54 กิโลเมตรนี้ ไม่ได้บ่งชี้ถึงระยะที่คลาดเคลื่อนของจุดความร้อน เนื่องจากจุดเกิดไฟที่สำรวจได้ในภาคสนามเป็นจุดเกิดเหตุเพียงส่วนหนึ่งเท่านั้นที่สามารถตรวจพบโดยกำลังคน ดังนั้น จึงไม่สามารถบ่งชี้ความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งของจุดภาพความร้อน ที่สำรวจจากดาวเทียมได้ จากการสร้างระยะ Buffer ของจุดเกิดไฟที่สำรวจในภาคสนามที่ระยะห่างตั้งแต่ 0.5 จนถึงระยะห่างมากกว่า 40 กิโลเมตร พบว่า จุดความร้อนที่สำรวจพบจากดาวเทียมส่วนใหญ่คือ 1,125 จุด (หรือ 25.6%) อยู่ห่างจากจุดเกิดไฟที่สามารถเข้าไปสำรวจในภาคสนามได้ที่ระยะห่าง 20 กิโลเมตร ที่ระยะห่างในช่วง 10 ถึง 30 กิโลเมตรจากจุดที่สามารถเข้าไปสำรวจไฟในภาคสนามถือว่าเป็นระยะที่ต้องเพิ่มความสามารถในการเข้าไปควบคุมไฟ เนื่องจากจุดความร้อนถึง 57.1 % ของจุดความร้อนทั้งหมดเกิดขึ้นในระยะห่างดังกล่าว (ตาราง 3) จำนวนจุดความร้อนที่อยู่ห่างจากระยะห่างของจุดสำรวจไฟในภาคสนามสามารถแสดงจำนวนดังกราฟในภาพ 14 ส่วนภาพ 15 แสดงแผนที่จุดความร้อนแยกตามระยะห่างของจุดสำรวจไฟในภาคสนาม

ตาราง 3 จำนวนและเปอร์เซ็นต์จุดความร้อนแยกตามระยะห่างจุดสำรวจไฟในภาคสนาม

รัศมี (กม.)	จำนวนจุดความร้อน	%	Cumulative Percent
0.5	157	3.6	3.6
1.0	133	3.0	6.6
2.0	340	7.7	14.4
3.0	341	7.8	22.1
5.0	573	13.1	35.2
10.0	920	21.0	56.2
20.0	1,125	25.6	81.8
30.0	461	10.5	92.3
40.0	203	4.6	96.9
>40	135	3.1	100.0

จำนวนจุดความร้อน
MODIS



ระยะห่างจากจุดสำรวจพบไฟในภาคสนาม (กิโลเมตร)

ภาพ 14 จำนวน จุดความร้อน ที่พบในรัศมี 0.5 ถึง มากกว่า 40 กิโลเมตร จากจุดเกิดไฟที่สำรวจในภาคสนาม

ภาพ 15 ระยะห่างจุดความร้อนกับจุดสำรวจไฟภาคสนาม

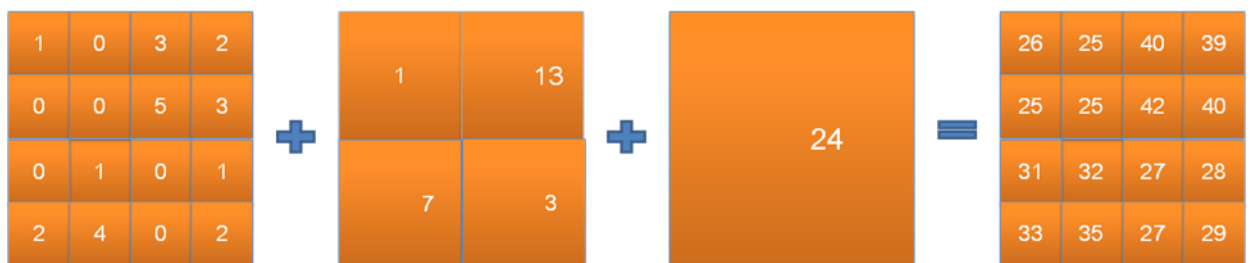
บทที่ 3

การวิเคราะห์เพื่อกำหนดพื้นที่เสี่ยงไฟ

เนื่องจากจุดความร้อน MODIS ได้จากข้อมูลภาพที่สำรวจจากดาวเทียม Terra และ Aqua ซึ่งข้อมูลภาพนี้มีลักษณะเป็นข้อมูลกริดที่มีรายละเอียดเชิงพื้นที่ (spatial resolution) หรือขนาดจุดภาพ (pixel) 250 เมตร ดังนั้นเมื่อแปลงข้อมูลกริดของจุดภาพความร้อนมาอยู่ในรูปข้อมูลเวกเตอร์ในรูปจุดความร้อนแล้ว จุดความร้อนแต่ละจุดจะอยู่ห่างเท่า ๆ กันคือทุก ๆ ระยะ 250 เมตร ไม่ว่าจะเป็นจุดความร้อนที่สำรวจพบในวันใด ดังนั้นเมื่อทดสอบนำจุดความร้อนของแต่ละวันมาวางซ้อนกันแล้ว พบว่าไม่มีความผิดพลาดทางตำแหน่งอันเนื่องจากการปรับแก้เชิงเรขาคณิต (geometric correction) เพราะจุดที่เกิดไฟที่ตำแหน่งพิกัดภูมิศาสตร์เดียวกันจะสามารถวางซ้อน (overlay) กันได้พอดี ส่วนจุดความร้อนที่เกิดต่างบริเวณออกไปจะมีลักษณะการกระจายเป็นระยะห่างเท่า ๆ กัน ในระยะ 250 เมตร ดังนั้น ในการศึกษาจึงถือว่าไม่มีความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งของจุดความร้อนที่สำรวจพบในแต่ละวัน

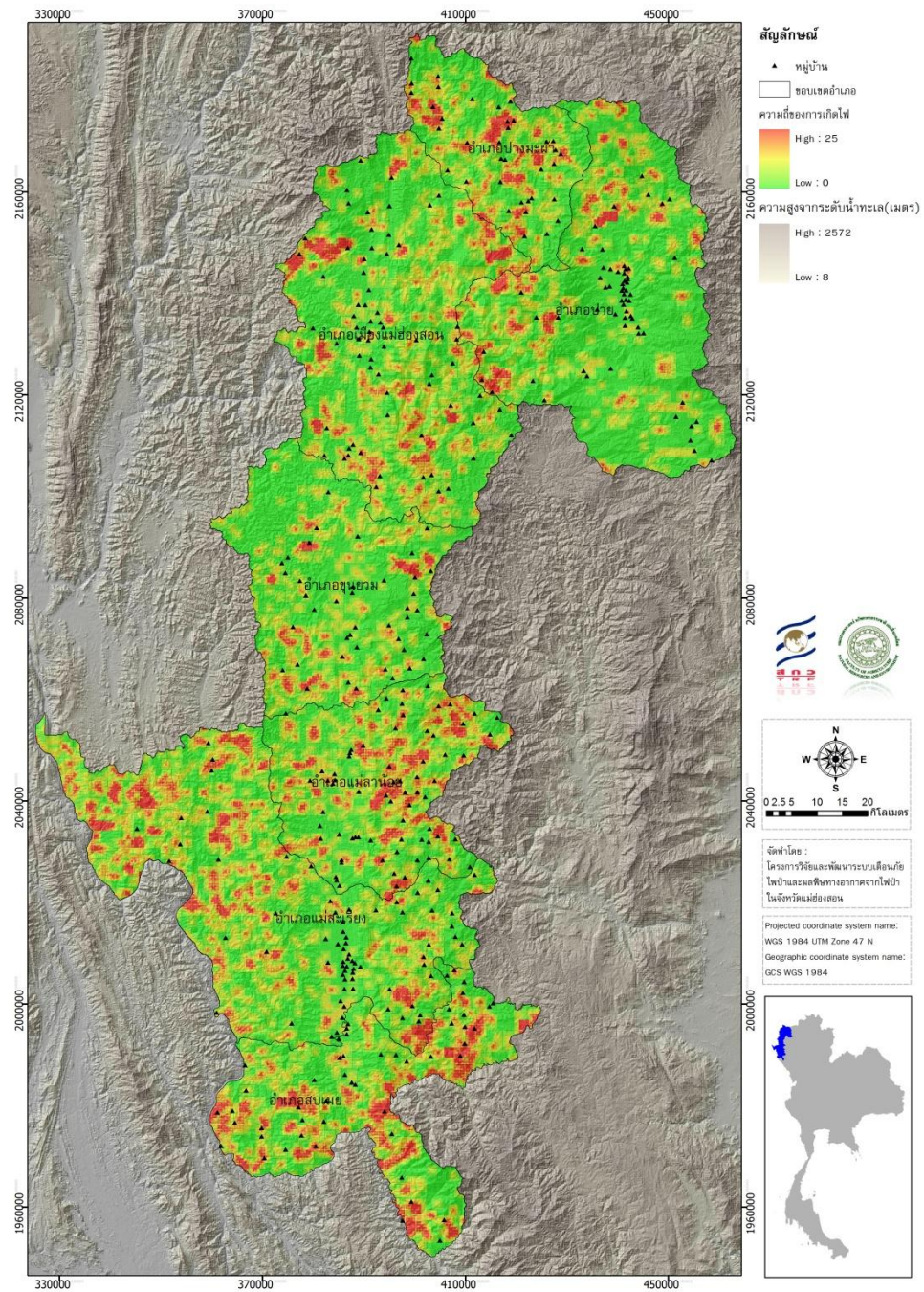
3.1 การวิเคราะห์ปัจจัยด้านประวัติการสำรวจพบจุดความร้อนจากดาวเทียม

ในการวิเคราะห์เพื่อสร้างปัจจัยด้านประวัติการเกิดจุดความร้อนให้กับพื้นที่ตามจำนวนจุดความร้อนที่เกิดขึ้นภายในช่วง 2 ปี คือ ปี 2550 และ 2551 นี้ ทำโดยวิธีการสร้างกริด 3 ขนาด คือ ขนาด 250, 500 และ 1000 เมตร ให้ครอบคลุมทั่วพื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน เพื่อใช้นับจำนวนหรือความถี่ของจุดเกิดไฟภายในแต่ละกริดด้วยวิธี Zonal Stat ในโปรแกรม ArcGIS จากนั้นนำค่าผลรวมของจำนวนที่นับได้จากกริดแต่ละขนาดมาหาผลรวมของจำนวนหรือความถี่จุดความร้อน วิธีการคำนวณหาจำนวนหรือความถี่ของจุดความร้อนแสดงดังภาพ 16 ค่าผลรวมจุดความร้อนที่คำนวณโดยวิธีดังกล่าวนี้ได้นำมาวิเคราะห์โดยใช้วิธีการ Focal Mean เพื่อทำให้เรียบ (smooth) ระหว่างกริดที่พบจุดความร้อนกับกริดอื่น ๆ โดยรอบ ภาพ 17 แสดงแผนที่เสี่ยงต่อการเกิดไฟจากปัจจัยด้านประวัติการเกิดจุดความร้อน ค่าจุดความร้อนที่คำนวณได้มีค่าอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0 ถึง 25 ค่ายิ่งสูงแสดงว่าบริเวณนั้นพบจุดความร้อนมาก จากภาพ 17 แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ที่มีประวัติการเกิดจุดความร้อนมาก จะกระจายเป็นหย่อม ๆ ทั่วทั้งจังหวัดแม่ฮ่องสอน แต่อำเภอแม่สะเรียงจะพบพื้นที่ที่มีประวัติการเกิดจุดความร้อนมากกว่าอำเภออื่น ๆ



ภาพ 16 วิธีการคำนวณจำนวนจุดความร้อนในพื้นที่ 0.5 ตารางกิโลเมตร

สำหรับใช้เป็นปัจจัยด้านประวัติการเกิดจุดความร้อน



ภาพ 17 ปัจจัยด้านประวัติการเกิดจุดความร้อนที่เกิดขึ้นในพื้นที่ 0.5 ตารางกิโลเมตร

3.2 การวิเคราะห์ปัจจัยสภาพแวดล้อมที่พบจุดความร้อน

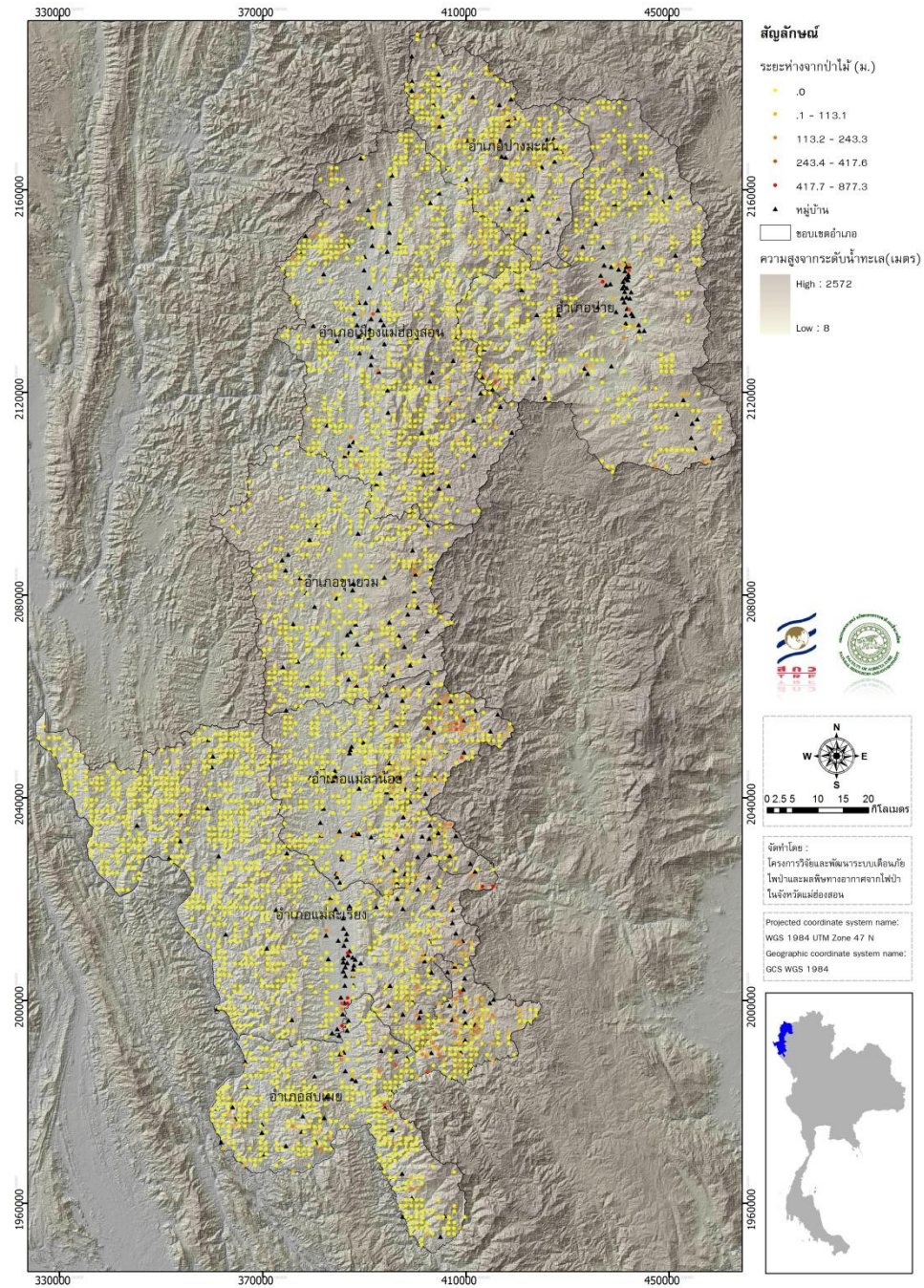
งานส่วนนี้เป็นการสกัดค่าข้อมูลตัวแปรทางสิ่งแวดล้อมของตำแหน่งเกิดจุดความร้อน ตัวแปรทางสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วย 10 ตัวแปร คือ ความสูง ความชัน ระยะห่างจากเมือง ระยะห่างจากหมู่บ้าน ระยะห่างจากถนน ระยะห่างจากเส้นลำน้ำ ระยะห่างจากแหล่งน้ำผิวดิน ระยะห่างจากพื้นที่เกษตร ระยะห่างจากป่าไม้ และระยะห่างจากเขตอุทยานแห่งชาติ ผลการวิเคราะห์สถิติพรรณนาของตัวแปรสิ่งแวดล้อมของตำแหน่งจุดความร้อนซึ่งแสดงในตารางภาคผนวก 1 พบว่า จุดความร้อนเกิดขึ้นในหรือติดกับเขตพื้นที่ป่าไม้ทั้งในและนอกเขตอุทยานแห่งชาติ รวมทั้งเกิดขึ้นในหรือติดกับพื้นที่เกษตร พื้นที่เมือง ถนน และเส้นลำน้ำ เมื่อพิจารณาจากค่าสูงสุดของระยะห่างระหว่างตำแหน่งจุดความร้อนกับสภาพแวดล้อมแล้ว พบว่า จุดความร้อนเกิดขึ้นใกล้ป่าไม้นอกเขตอุทยานฯ มากกว่าในเขตอุทยานฯ จึงชี้ให้เห็นว่าจุดความร้อนเกิดใกล้พื้นที่ป่าไม้มากกว่าพื้นที่อุทยานฯ จุดความร้อนอยู่ห่างจากแหล่งน้ำและเมืองมากที่สุด กล่าวคือ 61.8 และ 63.5 กิโลเมตร ตามลำดับ หรือเฉลี่ย 23 และ 20 กิโลเมตร ตามลำดับ โดยเฉลี่ยแล้วจุดความร้อนอยู่ใกล้ป่าไม้ เส้นลำน้ำ พื้นที่เกษตร และถนน มากกว่าปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ โดยมีค่าเฉลี่ย 0.009, 0.2, 1.1 และ 1.3 กิโลเมตร ตามลำดับ เมื่อพิจารณาการเกิดจุดความร้อนตามประเภทการตั้งถิ่นฐานแล้ว พบว่า จุดความร้อนมักเกิดใกล้จุดที่ตั้งหมู่บ้านมากกว่าเขตพื้นที่เมือง โดยมีค่าเฉลี่ยระยะห่างจากหมู่บ้าน 3.6 กิโลเมตร และระยะห่างจากเมือง 23 กิโลเมตร จากการที่จุดความร้อนอยู่ใกล้พื้นที่เกษตรกรรมและถนน จึงชี้ให้เห็นว่าจุดความร้อนที่เกิดขึ้นนี้เกิดจากการกระทำของคนที่อาศัยในหมู่บ้านซึ่งใช้ที่ดินทำกินทางการเกษตรและอยู่ใกล้เส้นทางคมนาคมหรือใกล้พื้นที่ป่าไม้ จากรายงานของกรมป่าไม้ พบว่า จุดเกิดไฟส่วนใหญ่อยู่ไม่ห่างจากหมู่บ้าน พื้นที่เกษตรกรรม ถนน และแหล่งน้ำ (กรมป่าไม้, 2549)

ปัจจัยทางสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลต่อการเกิดไฟในแต่ละพื้นที่ต่างกัน เช่น พื้นที่เขาใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา มีปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดไฟมากที่สุดคือ ชนิดของป่า ส่วนปัจจัยที่มีอิทธิพลน้อยที่สุดคือ ระดับความสูงของพื้นที่ ความลาดชัน ทิศทางความลาด ระยะห่างจากแหล่งน้ำ และระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม (มูลนิธิพิทักษ์อุทยานเขาใหญ่, 2551) ส่วนที่พื้นที่นาเห้ว จังหวัดเลย พบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลสูงต่อการเกิดไฟป่าคือ พื้นที่เกษตรกรรมและไร่เลื่อนลอย และปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ำคือ ระยะห่างจากหมู่บ้านกับระยะห่างจากถนน (Plangsi, 2000) จากรายงานดังกล่าวจึงชี้ให้เห็นว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดไฟป่าจะแตกต่างกันไปตามบริบทของพื้นที่ ดังนั้น การวิเคราะห์เชิงพื้นที่เพื่อกำหนดพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดไฟป่าของพื้นที่หนึ่ง ๆ จึงให้ความสำคัญต่อปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมแตกต่างกัน

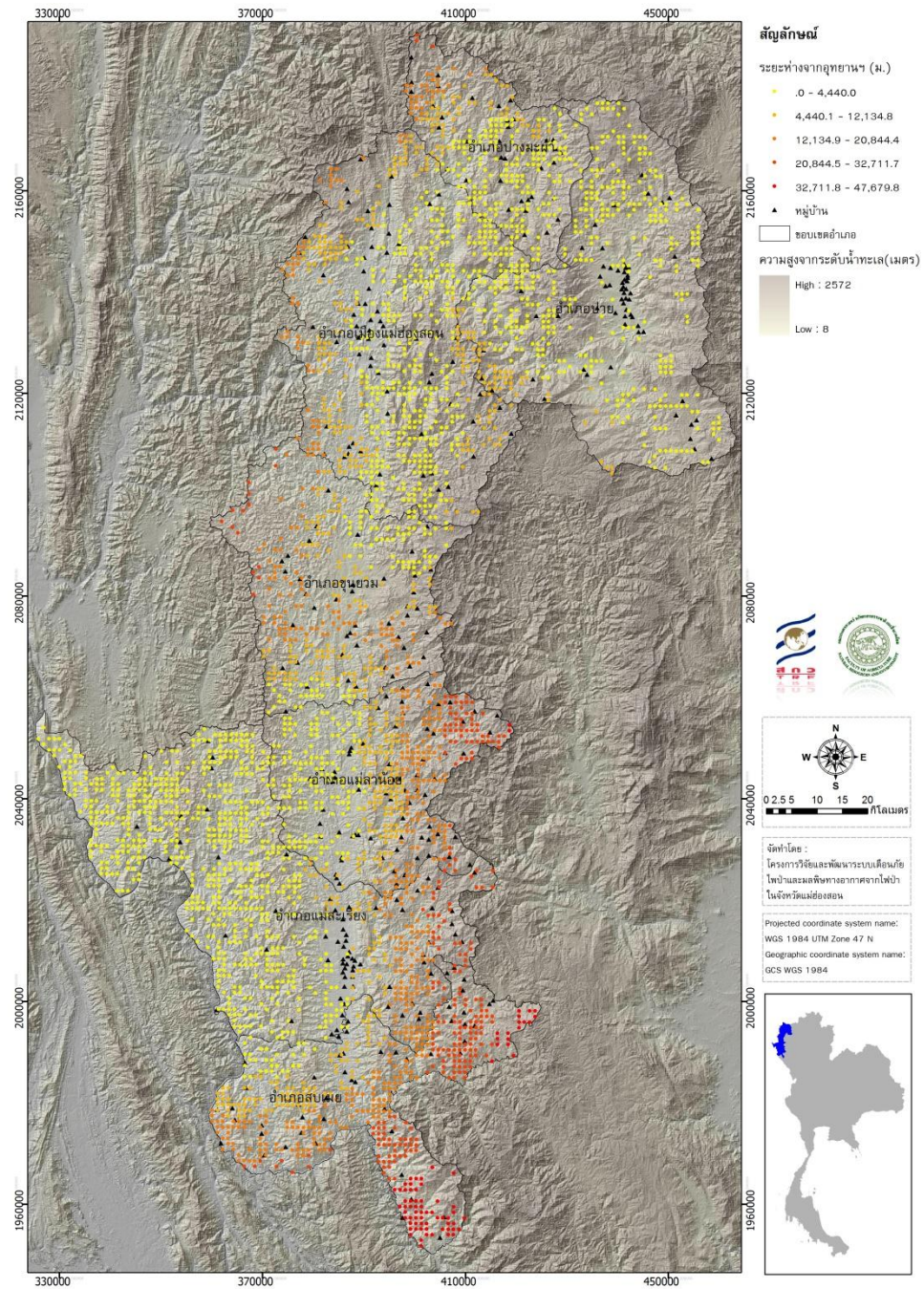
ส่วนผลการวิเคราะห์ตัวแปรด้านสภาพภูมิประเทศ พบว่า จุดความร้อนมักเกิดขึ้นในสภาพภูมิประเทศที่มีความสูงเฉลี่ยประมาณ 708 เมตร และความลาดชันเฉลี่ยประมาณ 11 % ภาพ 18 ถึง 27 แสดงข้อมูลตัวแปรทางสิ่งแวดล้อมของจุดความร้อนที่สำรวจพบจากดาวเทียม

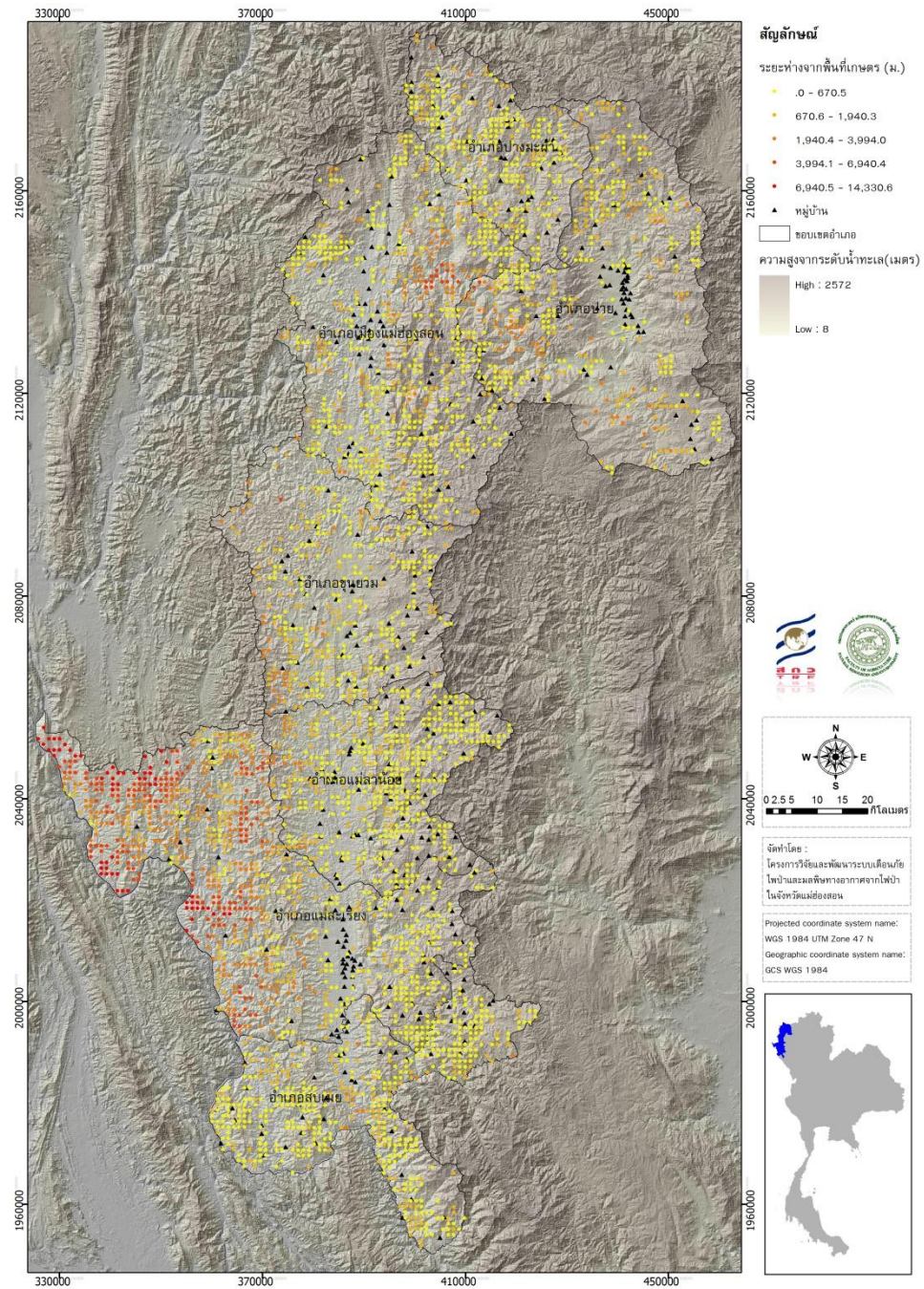
3.3 การวิเคราะห์เชิงพื้นที่เพื่อกำหนดพื้นที่เสี่ยงไฟ

ตัวแปรสภาพแวดล้อมของจุดความร้อนทั้ง 10 ตัวแปร ได้นำมากำหนดพื้นที่เสี่ยงเกิดไฟจากปัจจัยสภาพแวดล้อม โดยใช้วิธีการจำลองแบบทวิ (binary model) ค่าข้อมูลของตัวแปรทางสิ่งแวดล้อมที่อยู่ในช่วง ตั้งแต่ค่าเฉลี่ยลบด้วยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จนถึงค่าเฉลี่ยบวกด้วยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ถือว่าเป็นพื้นที่เสี่ยง ซึ่งกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1 ซึ่งถือเป็นพื้นที่เสี่ยง ส่วนค่าที่เหลือกำหนดให้เท่ากับ 0 ซึ่งถือเป็นพื้นที่ไม่เสี่ยง ผลรวมของตัวแปรสภาพแวดล้อมทั้ง 10 ตัวในที่นี้ถือเป็นค่าคะแนนของสภาพแวดล้อมที่เสี่ยงเกิดไฟ ค่าคะแนนที่มีค่าต่ำสุดคือ 0 แสดงว่าไม่เสี่ยง คะแนนเท่ากับ 1 ถือว่าเสี่ยงต่ำ และคะแนนสูงสุดคือ 10 แสดงว่าเสี่ยงสูงสุด ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเมื่อนำผลรวมค่าคะแนนมาแสดงในรูปแบบแผนที่เสี่ยงไฟที่เกิดจากสภาพแวดล้อม (ภาพ 28) พบว่า พื้นที่เกือบทั่วจังหวัดแม่ฮ่องสอนมีความเสี่ยงในการเกิดไฟ ดังนั้น การที่จะนำแผนที่นี้ไปใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการเฝ้าระวังและควบคุมปัญหาไฟนั้นน่าจะมีข้อจำกัดภายใต้กำลังคนและงบประมาณที่จำกัด ในการศึกษาครั้งนี้ จึงทำการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงแบบค้นหาพื้นที่ที่ควรเป็นจุดสนใจ (focused area) สำหรับการเลือกเฝ้าระวังและควบคุมไฟ โดยให้ความสำคัญแก่ปัจจัยด้านประวัติการเกิดจุดความร้อนที่สำรวจพบจากดาวเทียมและปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมอย่างละเท่า ๆ กัน โดยการกำหนดค่าช่วง (scale) ของค่าคะแนนปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมและปัจจัยด้านประวัติการเกิดจุดความร้อน ให้มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 1 จากนั้นนำค่าช่วงของทั้ง 2 ปัจจัยมาบวกกัน ผลการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงไฟจากทั้งปัจจัยสภาพแวดล้อมและประวัติการเกิดจุดความร้อนแสดงเป็นแผนที่ได้ดังภาพ 29 ซึ่งแผนที่ที่ได้นี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการจัดเขตพื้นที่ป้องกันและควบคุมไฟป่าและเป็นแผนที่ฐานในการวางแผนบริหารทรัพยากรทั้งด้านกำลังคนและงบประมาณ รวมทั้งติดตามประสิทธิผลของการปฏิบัติงานด้านป้องกันและควบคุมไฟป่าในแต่ละปีงบประมาณข้างหน้า

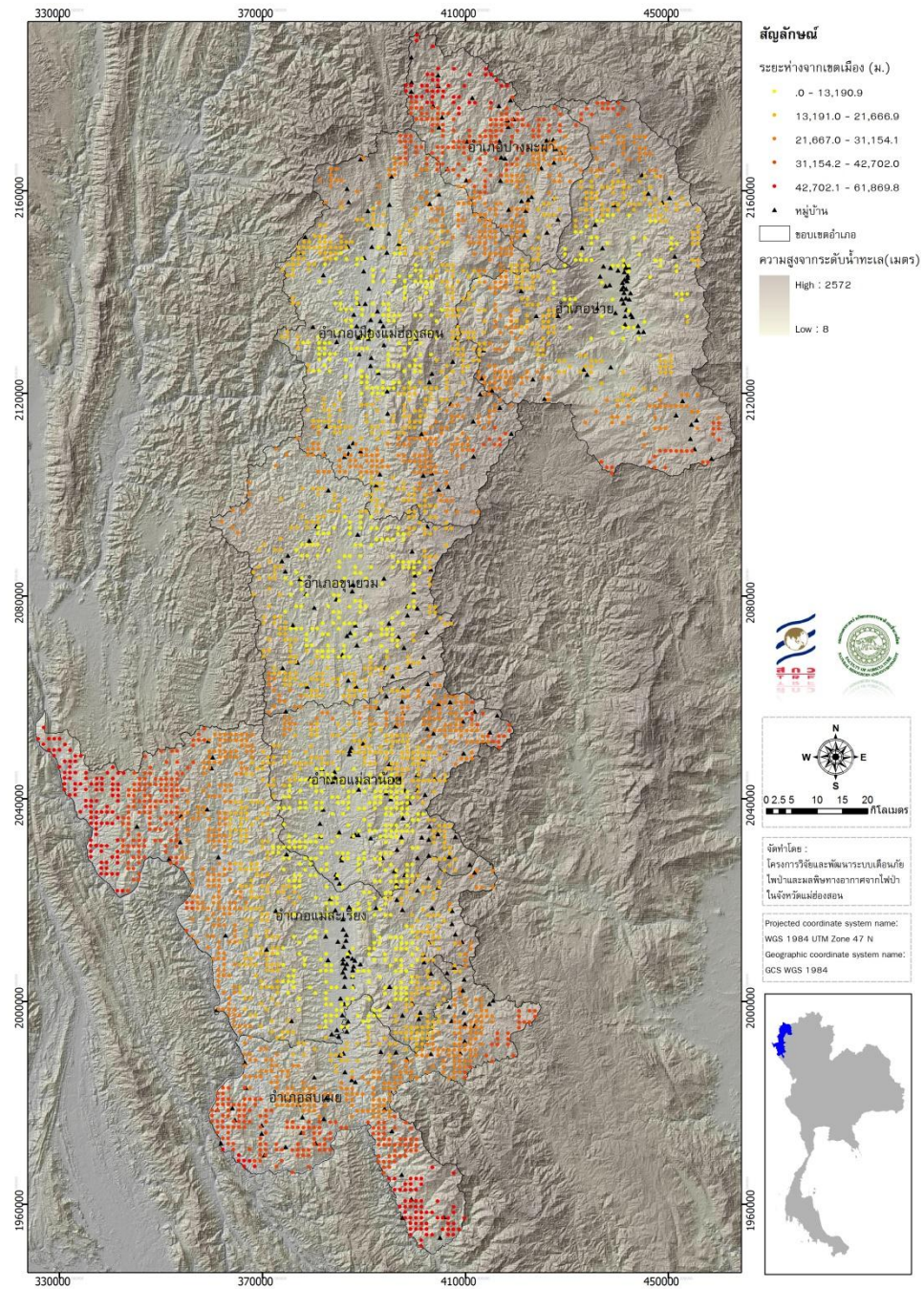


ภาพ 18 ระยะห่างระหว่างจุดความร้อนกับพื้นที่ป่าไม้

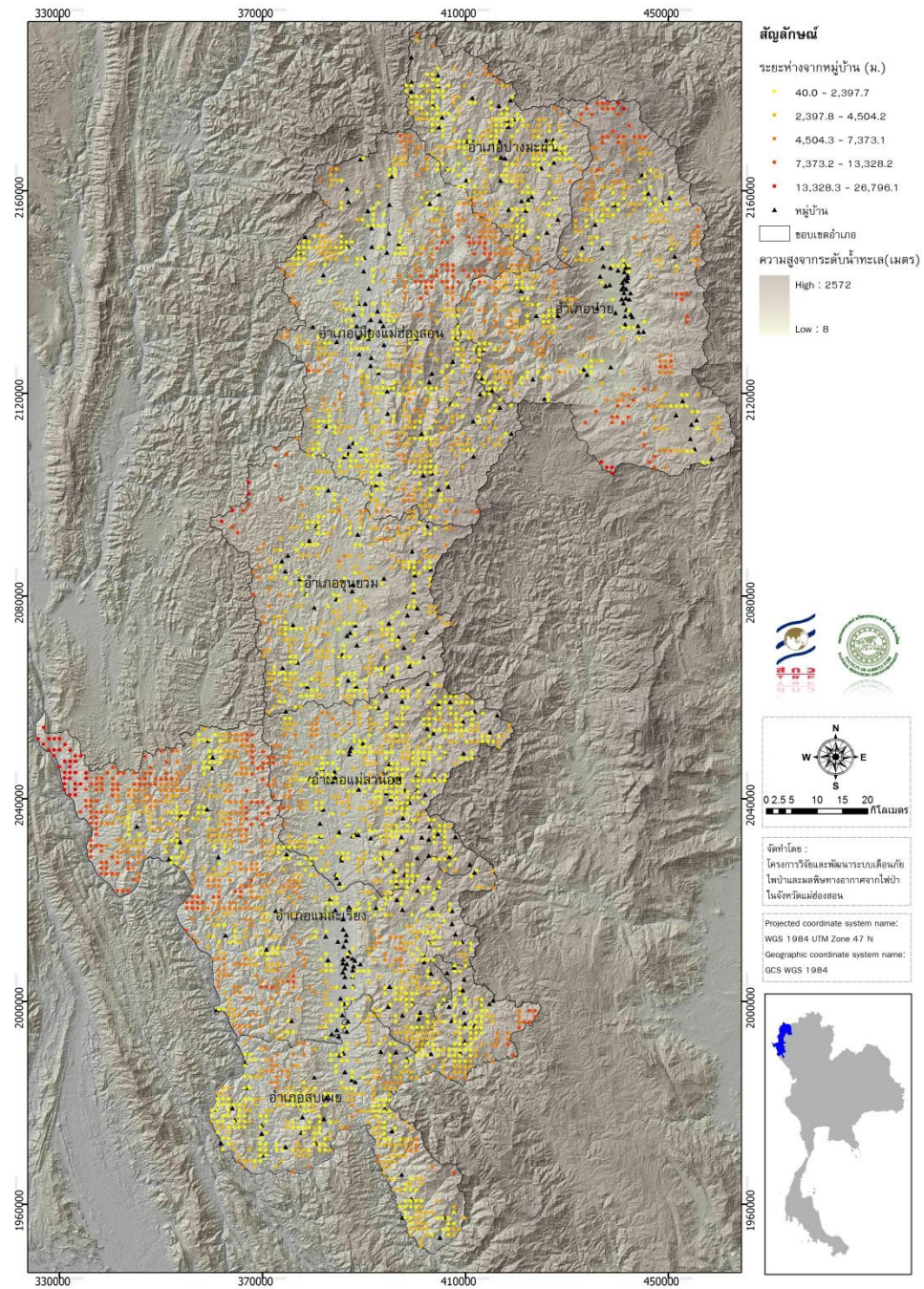




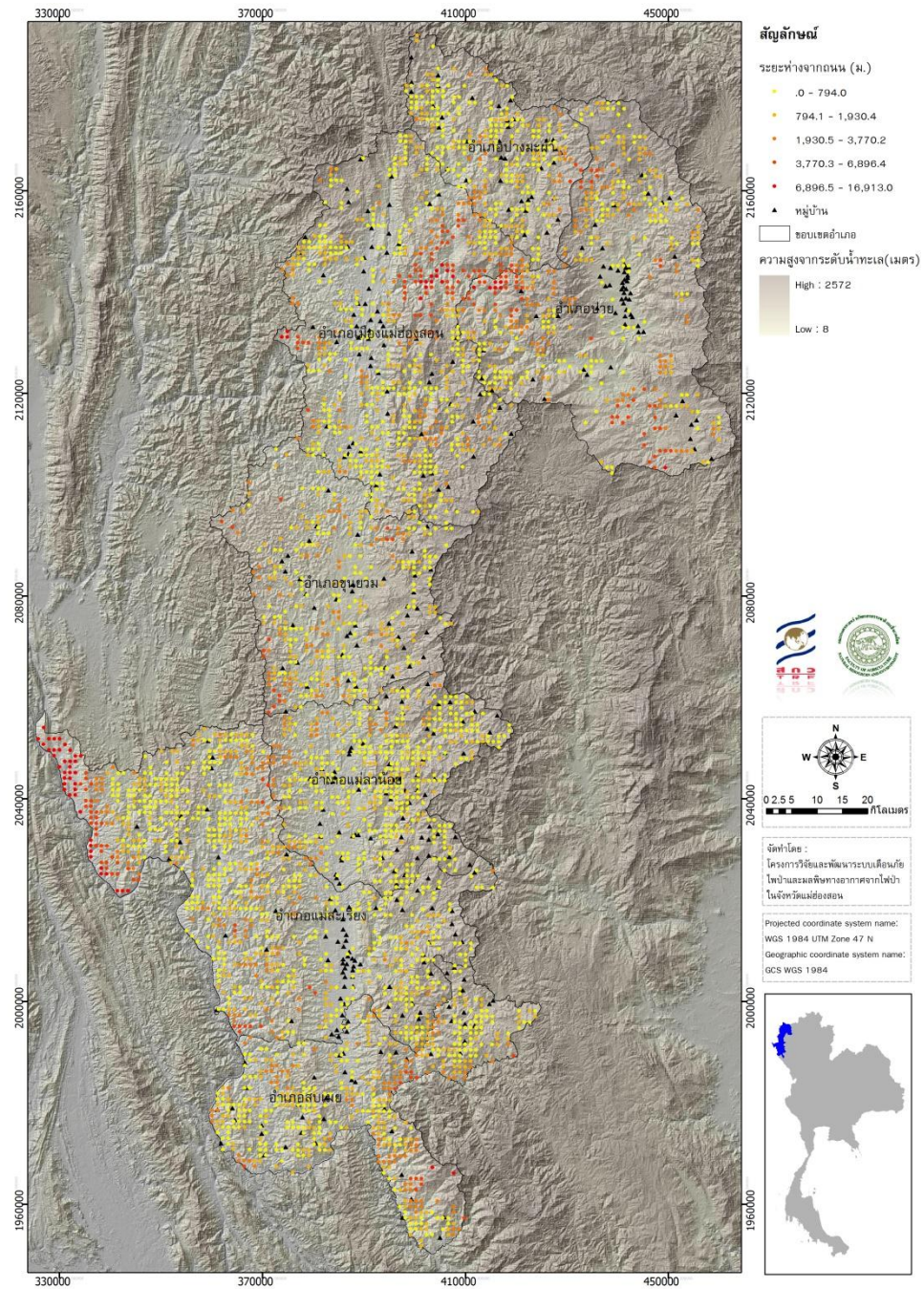
ภาพ 20 ระยะห่างระหว่างจุดความร้อนกับพื้นที่เกษตรกรรม

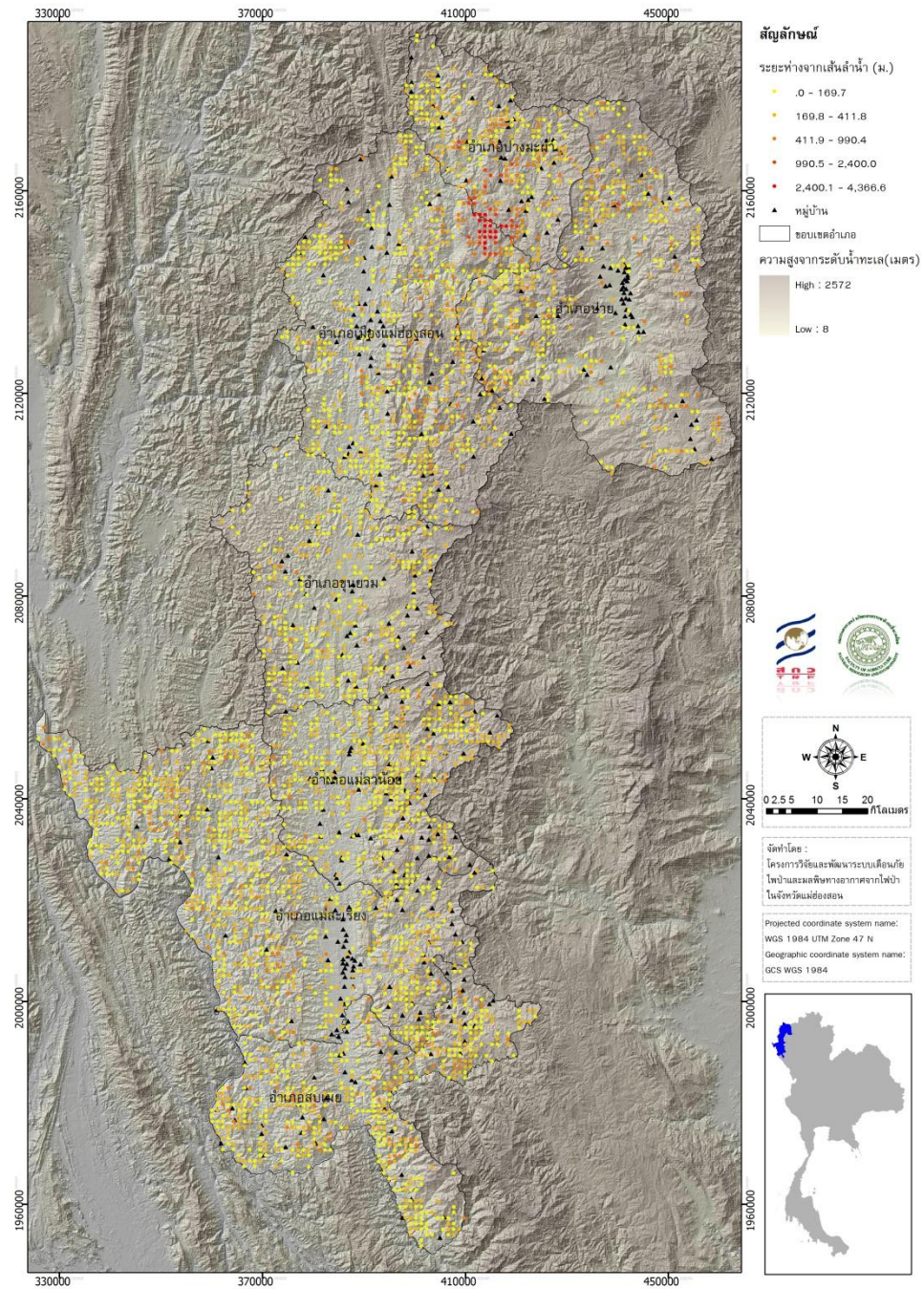


ภาพ 21 ระยะห่างระหว่างจุดความร้อนกับเมือง

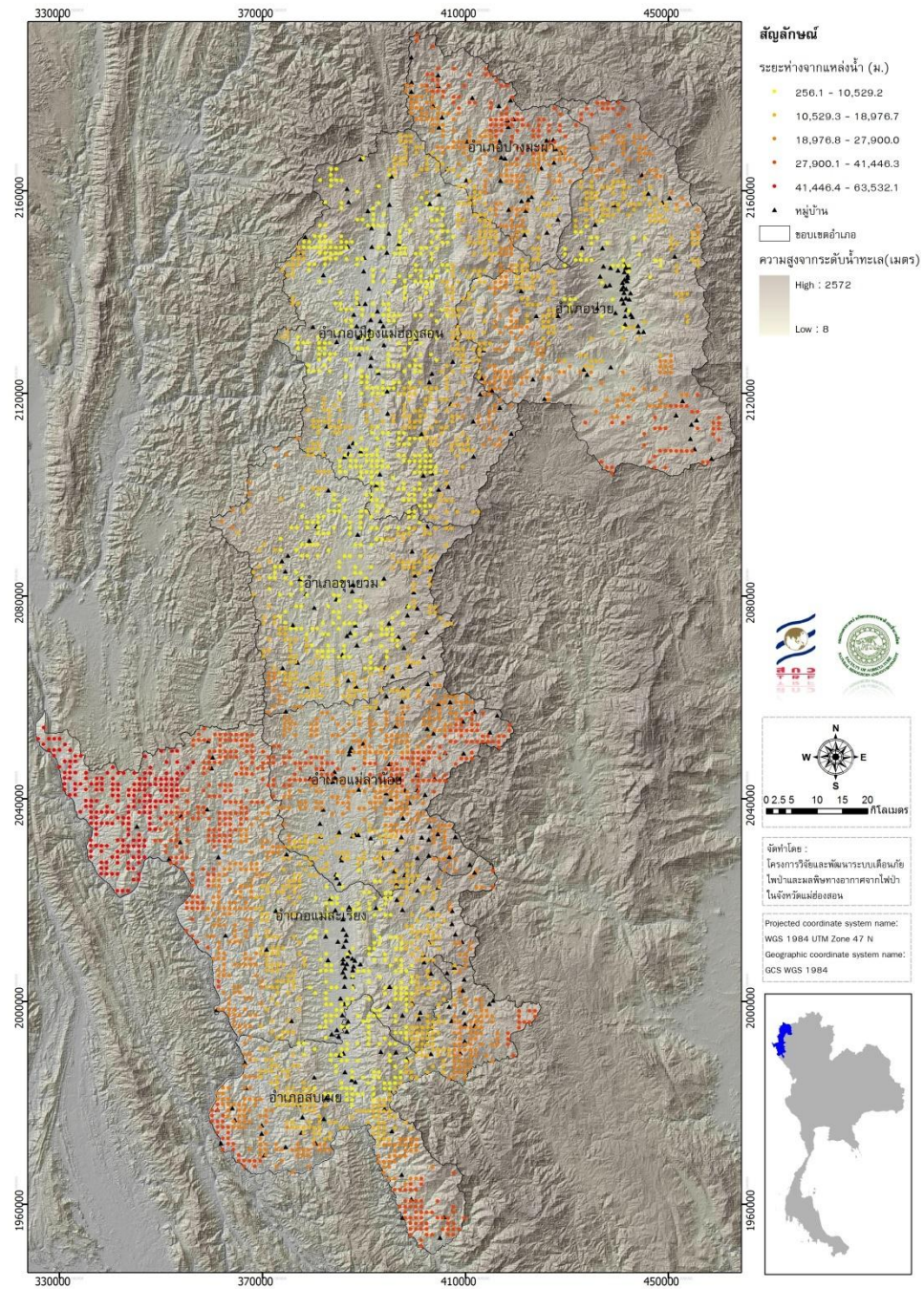


ภาพ 22 ระยะห่างระหว่างจุดความร้อนกับที่ตั้งหมู่บ้าน

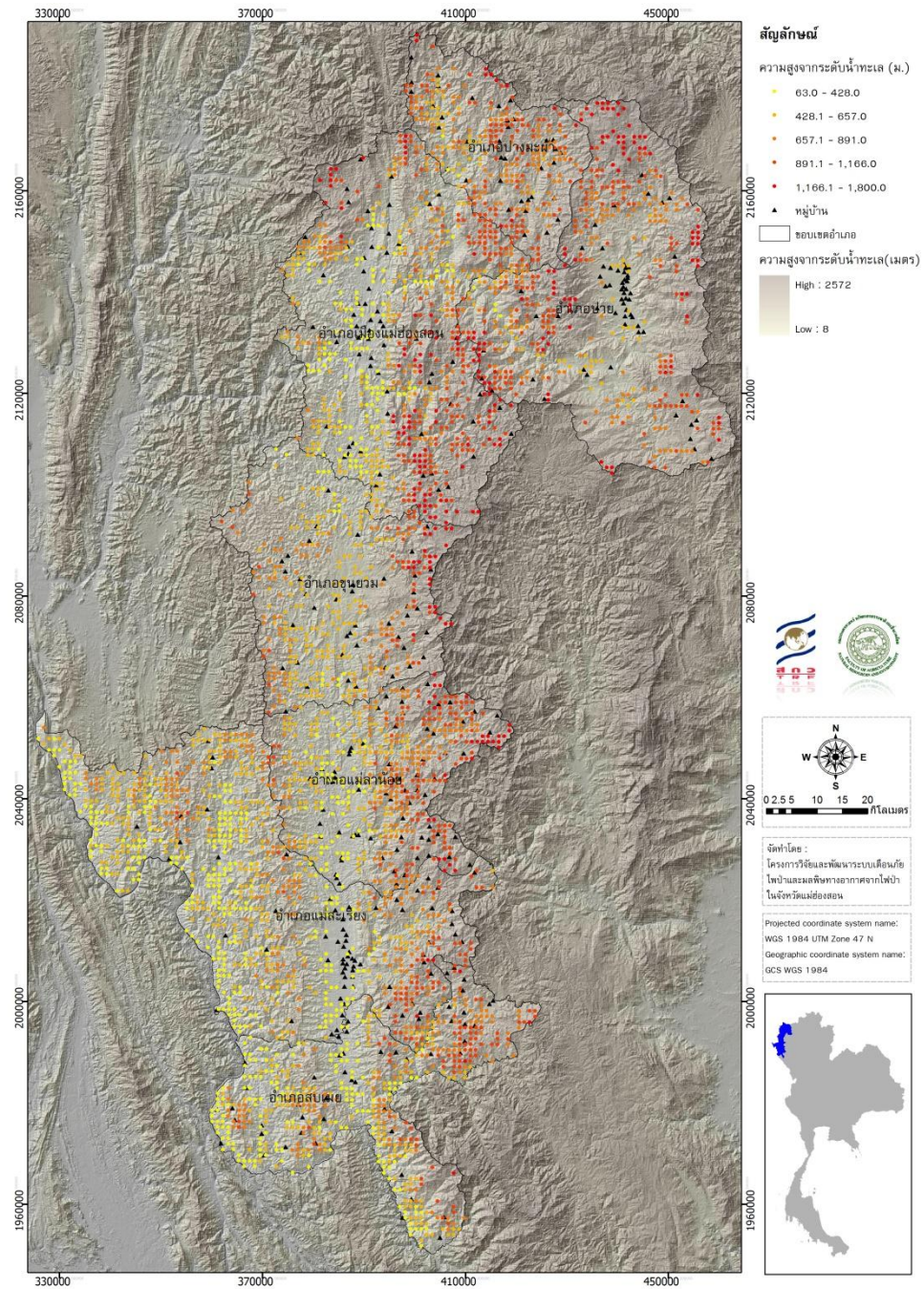




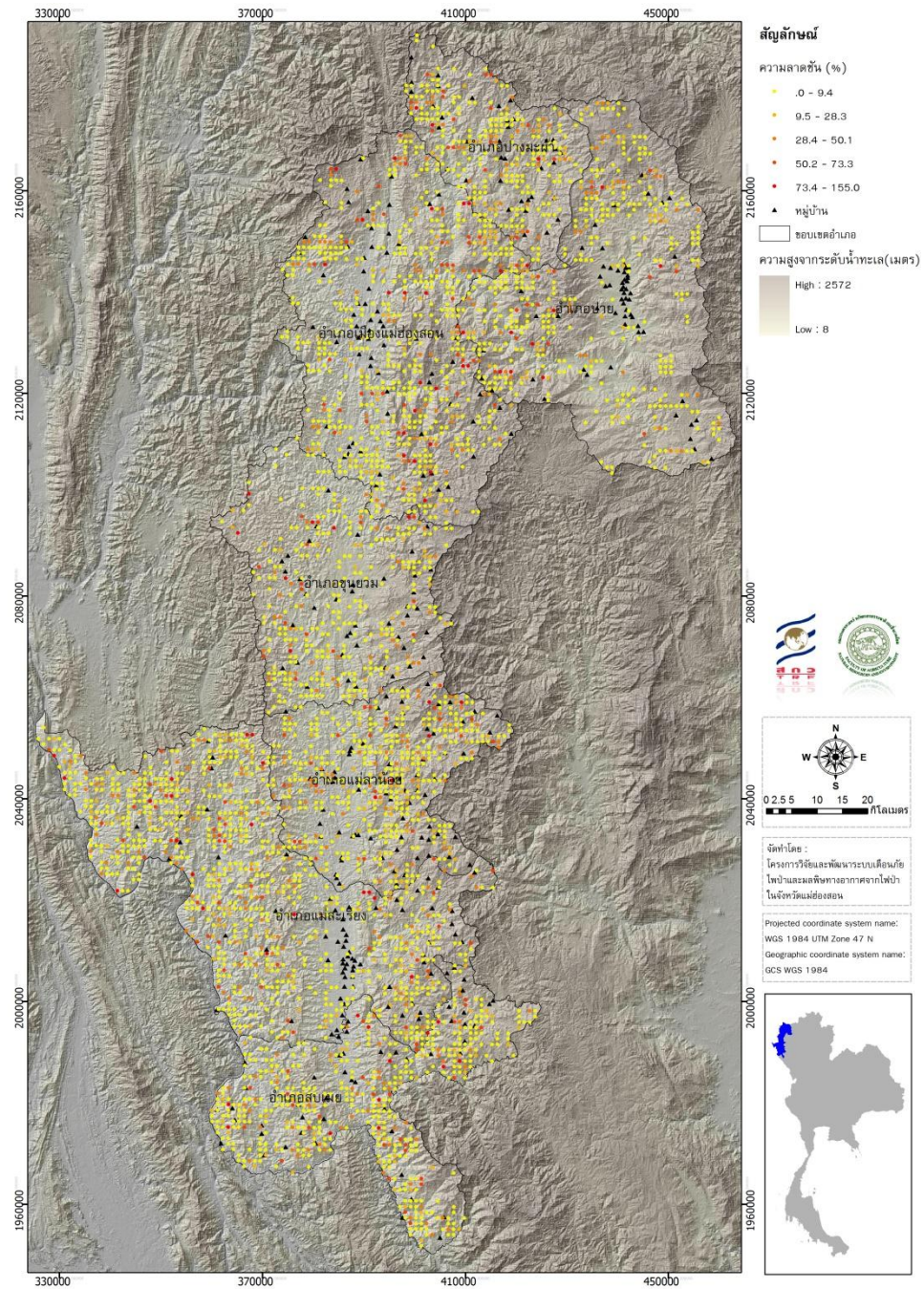
ภาพ 24 ระยะห่างระหว่างจุดความร้อนกับเส้นลำน้ำ



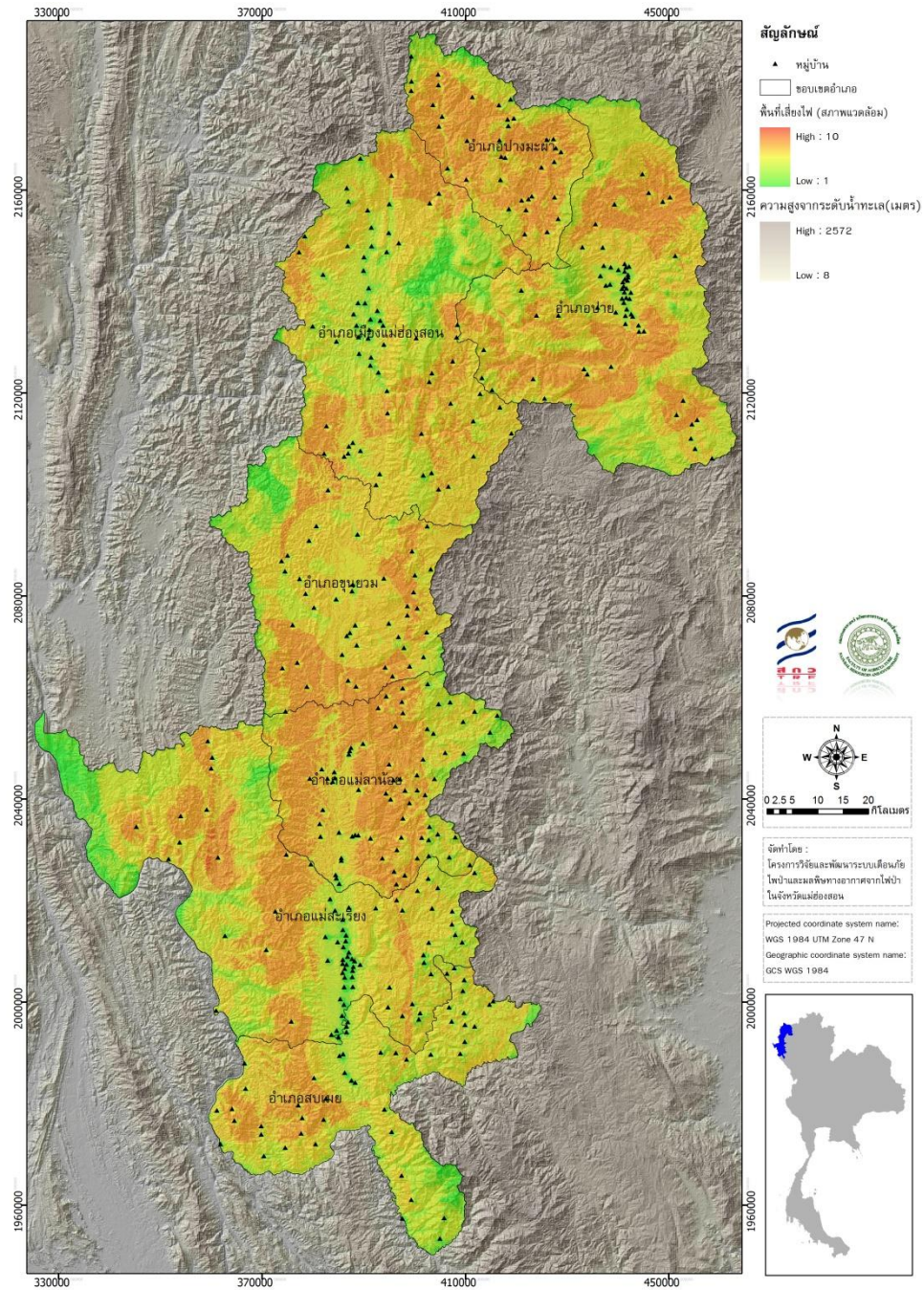
ภาพ 25 ระยะห่างระหว่างจุดความร้อนกับแหล่งน้ำ



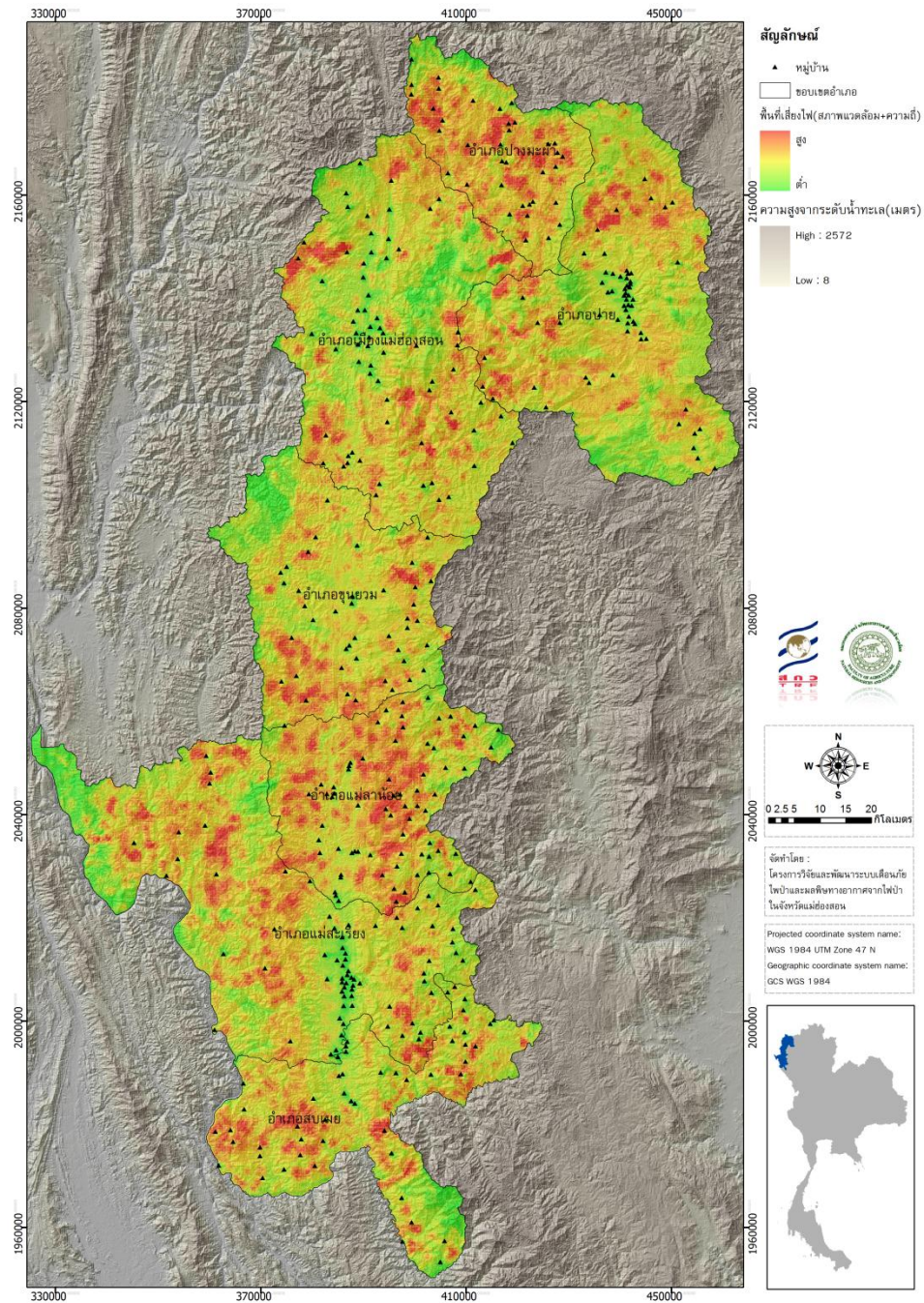
ภาพ 26 ความสูงของพื้นที่ที่พบจุดความร้อน



ภาพ 27 ความลาดชันของพื้นที่ที่พบจุดความร้อน



ภาพ 28 ระดับเสี่ยงเกิดไฟฟ้าจากผลรวมค่าคะแนนของตัวแปรทางสิ่งแวดล้อม



ภาพ 29 ระดับเสี่ยงเกิดไฟฟ้าซึ่งให้ความสำคัญเท่า ๆ กัน

ระหว่างปัจจัยด้านประวัติการเกิดจุดความร้อนและปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมที่พบจุดความร้อน

บทที่ 4

การพัฒนาโปรแกรมจำลองการลามของจุดความร้อน

4.1 การเตรียมชั้นข้อมูล

โปรแกรมจำลองการลามของจุดความร้อนที่โครงการวิจัยนี้พัฒนาขึ้น มีลักษณะเป็นโปรแกรมจำลองการลามเชิงพื้นที่ (spatial fire spread) และอาศัยหลักการของสามเหลี่ยมไฟ (Fire Triangle) โดยใช้ข้อมูลเชื้อเพลิง ภูมิอากาศ และภูมิประเทศ ในการอธิบายการลามของไฟ ดังนั้นในการพัฒนาอัลกอริทึมของโปรแกรม ข้อมูลหลักที่นำมาใช้ในโปรแกรมได้แก่ข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงและข้อมูลสภาพภูมิประเทศนั้นจัดทำในรูปข้อมูลเชิงพื้นที่ ส่วนข้อมูลภูมิอากาศกำหนดให้อยู่ในรูปค่าสัมประสิทธิ์ รายละเอียดของข้อมูลในสามเหลี่ยมไฟที่ใช้ในการศึกษานี้ มีดังนี้

การสร้างชั้นข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิง

ปัจจัยของเชื้อเพลิงที่มีผลต่อการลามของไฟ ได้แก่ ปริมาณเชื้อเพลิง และความชื้นของเชื้อเพลิง โดยเชื้อเพลิงเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมไฟในพื้นที่มากกว่าปัจจัยด้านภูมิอากาศและภูมิประเทศ (ศิริ อัคระอัคร , 2537) ในการศึกษาพัฒนาข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงเชิงพื้นที่จากข้อมูลภาพเชิงเลขในช่วงคลื่นของแบนด์ 1 และแบนด์ 2 ที่สำรวจจากดาวเทียม Terra และ Aqua แต่เนื่องจากการปรากฏเมฆในข้อมูลภาพเป็นอุปสรรคในการนำข้อมูลภาพทั้ง 2 แบนด์มาใช้ในการคำนวณเพื่อสร้างชั้นข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงเชิงพื้นที่ ดังนั้น จึงทำการสร้างข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงจากภาพเชิงเลขโดยอาศัยหลักการ Maximum Value Composite (MVC) โดยในการศึกษานี้ แบ่งการคำนวณปริมาณเชื้อเพลิงของแต่ละเดือนออกเป็น 3 ช่วง คือ 1-10, 11-20, 21-วันสิ้นเดือน ภาพ 30 แสดงขั้นตอนการสร้างข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิง โดยมีรายละเอียดดังนี้



ภาพ 30 ขั้นตอนการเตรียมข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงเชิงพื้นที่

- (1) ให้ค่าพิกัดภูมิศาสตร์แก่ข้อมูลภาพ โดยการนำข้อมูลภาพเชิงเลขในช่วงคลื่นของแบนด์ 1 และแบนด์ 2 ที่สำรวจจากดาวเทียม Terra และ Aqua มาปรับแก้เชิงเรขาคณิต (Geometric Correction)
- (2) คำนวณค่าดัชนีพืชพรรณในรูปค่า Normalized Different Vegetation Index (NDVI) ด้วยสูตรดังนี้

$$NDVI = (Band\ 2 - Band\ 1) / (Band\ 2 + Band\ 1)$$

(3) สร้างเป็นข้อมูลภาพแบบ 10 Day NDVI MVC โดยการนำข้อมูลภาพของค่า NDVI ที่คำนวณได้มา คัดหาค่า NDVI สูงสุดภายใน 10 วันของชุดข้อมูลภาพแสดงค่า NDVI ในแต่ละวันที่นำมาทำ MVC

เมื่อนำข้อมูล Maximum NDVI Composite ทุก ๆ 10 วัน ตลอดทั้ง 12 เดือนของ 2 ปี ที่นำมาทำการศึกษามาวิเคราะห์ค่าสถิติพรรณนา หากพบว่าข้อมูลภาพ Maximum NDVI Composite โดยยังมีค่าน้อยกว่า 0 ถือว่าข้อมูลนั้นยังมีจุดภาพที่เป็นเมฆหรือน้ำ ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้ จึงทำการกำหนดให้ค่าที่ติดลบเหล่านี้กลายเป็นค่า missing เพื่อไม่ให้นำมาใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณมวลชีวภาพในขั้นตอนต่อไป อย่างไรก็ตาม เมื่อสกัดค่า 10-Day Maximum NDVI Composite และนำมาพล็อตกราฟในภาพ 31 แล้ว ยังพบว่า ค่า 10-Day Maximum NDVI Composite ในบางช่วงของเดือนพฤษภาคมถึงพฤศจิกายน แม้มีค่ามากกว่า 0 แต่มีค่าต่ำกว่าสัปดาห์ข้างเคียงค่อนข้างมาก ซึ่งเมื่อพิจารณาจากข้อมูลภาพ 10-Day Maximum NDVI Composite ในช่วงดังกล่าวนี้จะพบว่าจะยังมีลักษณะการกระจายของจุดภาพที่เป็นเมฆปรากฏบนข้อมูลภาพ จึงแสดงให้เห็นว่าข้อมูล 10-Day Maximum NDVI Composite ในบางช่วงเวลาของ 10 วันในช่วงหน้าฝนคือตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงตุลาคมนั้นไม่สามารถนำมาใช้ในการคำนวณปริมาณชีวมวลได้ อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาเฉพาะช่วงเดือนมกราคมจนถึงเมษายนซึ่งถือเป็นช่วงว่างหล่นของชีวมวลในฤดูไฟแล้ว พบว่า ปริมาณ NDVI ลดลงอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ช่วงต้นปีไปจนถึงปลายเดือนเมษายน ซึ่งแสดงให้เห็นว่า พืชพรรณที่ขึ้นปกคลุมพื้นที่ของจังหวัดแม่ฮ่องสอนมีการทิ้งใบร่วงหล่นสะสมเป็นชีวมวลสะสมบนพื้นดิน ซึ่งปริมาณชีวมวลที่ร่วงหล่นสะสมช่วงเวลาดังกล่าวนี้อถือว่าเป็นเชื้อเพลิงของไฟที่เกิดขึ้นในพื้นที่ เมื่อนำค่า NDVI มาคำนวณในรูปดัชนีพื้นที่ใบ (Leave Area Index, LAI) ด้วยสมการด้านล่าง (Narongrit, 2003) แล้วเปรียบเทียบกับค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอด (Plant Area Index) ของป่าดิบแล้งและป่าเบญจพรรณที่มีการศึกษาในภาคสนามโดย คุริยะ และคณะ (2547) พบว่า การเปลี่ยนแปลงของค่า LAI ที่คำนวณจากข้อมูลภาพ MODIS และ ค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดของป่าเบญจพรรณตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเมษายน มีรูปแบบ (pattern) เหมือนกัน (ภาพ 32) กล่าวคือ ค่า LAI และค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดเริ่มลดลงตั้งแต่เดือนธันวาคมและลดลงสูงสุดในเดือนเมษายน ซึ่งชี้ให้เห็นว่าในช่วงเวลาดังกล่าวพืชพรรณเกิดการทิ้งใบ ในการศึกษาครั้งนี้ จึงใช้ข้อมูลภาพในช่วงเดือนธันวาคมถึงเดือนเมษายนเป็นตัวแทนในการศึกษาดัชนีพื้นที่เรือนยอดและการร่วงหล่นของใบไม้ที่เป็นชั้นเรือนยอด

$$LAI = 0.57 * EXP(2.33 * NDVI)$$

(4) คำนวณปริมาณมวลชีวภาพ (Biomass, BM) จากค่า Maximum NDVI Composite โดยการใช้ผลการศึกษาศรี อัคระอัครและคณะ (2546) ที่ได้ตรวจวัดปริมาณเชื้อเพลิงในป่าเต็งรังในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง และผลการศึกษาศรีสุวรรณ์ สำราญ (2548) ที่ตรวจวัดมวลชีวภาพก่อนและหลังเกิดไฟป่าในป่าเบญจพรรณลุ่มน้ำแม่กลอง มาคำนวณในรูปค่า NDVI จากสมการของ Saatchi et. al. (2007) ดังนี้

$$NDVI = 0.289 + 0.347 \log (BM) - 0.0828 \log (BM)^2$$

เมื่อ BM = มวลชีวภาพในหน่วย Mg/ha

จากนั้น นำค่า NDVI ที่คำนวณได้จากสมการของ Saatchi et. al. (2007) มาสร้างสมการถดถอยเส้นตรง เพื่อให้ได้สมการสำหรับคำนวณปริมาณชีวภาพในหน่วย Kg/ha จากค่า NDVI ในข้อมูลภาพ Maximum NDVI Composite สมการสำหรับคำนวณปริมาณชีวภาพแสดงดังสมการด้านล่าง

$$\text{LOG} (BM) = 3.1909 \text{ NDVI} + 2.9687 (R^2 = 0.9)$$

$$BM = 10^{\text{LOG} (BM)}$$

(5) คำนวณปริมาณเชื้อเพลิงที่เกิดจากชีวมวลที่ร่วงหล่นสะสมบนดิน โดยคิดในรูปปริมาณชีวมวลที่ร่วงหล่นสัมพัทธ์ (Relative Fall Biomass) ซึ่งคำนวณจากผลต่างของปริมาณมวลชีวภาพในต้นฤดูไฟป่า (M_{dec} ซึ่งคำนวณจากข้อมูล 10-Day MVC ในช่วง 21-31 ธันวาคม) กับมวลชีวภาพในช่วงเวลาต่าง ๆ ในฤดูไฟป่า (BM_t ซึ่งคำนวณจากข้อมูล 10-Day MVC ในช่วงทุก ๆ 10 วันของเดือนมกราคม ถึงเมษายน) ดังสูตรด้านล่าง

$$\text{Fall BM} = BM_{\text{dec}} - BM_t$$

จากภาพ 33 ซึ่งแสดงปริมาณชีวมวลที่ร่วงหล่นสะสมเป็นเชื้อเพลิงในทุก ๆ 10 วัน ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน พบว่า สิ่งปกคลุมดิน/การใช้ที่ดินทุกประเภทในช่วงเริ่มต้นปี (1-10 มกราคม) มีปริมาณชีวมวลที่ร่วงหล่นใกล้เคียงกัน คือประมาณ 926 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ สิ่งปกคลุมดิน/การใช้ที่ดินทุกประเภทเริ่มมีปริมาณชีวมวลที่ร่วงหล่นเพิ่มขึ้นและมีปริมาณแตกต่างกันเมื่อเริ่มเข้าสู่เดือนกุมภาพันธ์ และมีปริมาณร่วงหล่นสูงสุดในเดือนมีนาคม โดยป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรังมีปริมาณชีวมวลที่ร่วงหล่นมากกว่าป่าอื่น ๆ รวมทั้งมากกว่าพื้นที่เกษตร

ผลการคำนวณปริมาณเชื้อเพลิงที่เกิดจากมวลชีวภาพร่วงหล่นสะสมบนดินเฉลี่ยในช่วงทุก ๆ 10 วันของเดือนมกราคม ถึงเมษายน ของปี 2550 และ 2551 แสดงดังภาพ 34 และ 35 ตามลำดับ ส่วนภาพ 36 แสดงปริมาณเชื้อเพลิงเฉลี่ยของปี 2550 และ 2551 ซึ่งในการศึกษานี้จะใช้ปริมาณเชื้อเพลิงเฉลี่ยของปี 2550 และ 2551 สำหรับเป็นฐานข้อมูลเชื้อเพลิงในโปรแกรมจำลองไฟลามของจุดความร้อนที่ถูกตรวจพบจากดาวเทียมต่อไป

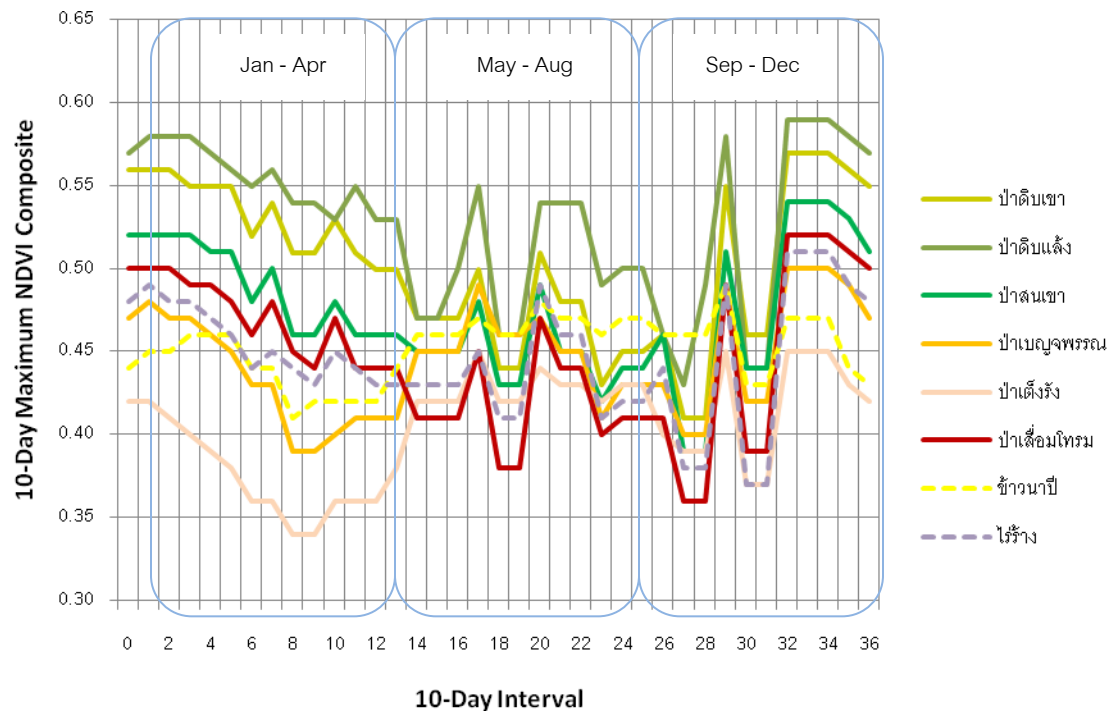
การสร้างชั้นข้อมูลภูมิประเทศเชิงพื้นที่

ปัจจัยทางด้านสภาพภูมิประเทศที่มีผลต่อการเกิดไฟ ได้แก่ ระดับความสูง ความลาดชัน และทิศของความลาด สภาพภูมิประเทศถือว่าเป็นปัจจัยที่มีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด โดยมีผลหลัก ๆ ต่อพฤติกรรมไฟ คือ อัตราการลุกลามของไฟรุนแรงมากขึ้นตามความลาดชันที่เพิ่มขึ้น ในส่วนของทิศทางความลาดชัน พบว่า พื้นที่ลาดชันที่หันหน้าไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ซึ่งรับแสงในเวลากลางวัน จะมีความแห้งแล้งมากกว่าพื้นที่ที่หันไปทางทิศอื่น ๆ เพราะความลาดที่หันหน้าไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้จะทำให้เชื้อเพลิงแห้งเนื่องจากได้รับแสงอาทิตย์มาก ส่วนปัจจัยด้านระดับความสูงมีผลต่ออุณหภูมิและชนิดของพืชพรรณที่เป็นเชื้อเพลิง (ศิริ อัครเศษธรและสานิตย์ กิตติสัทโธ, 2535)

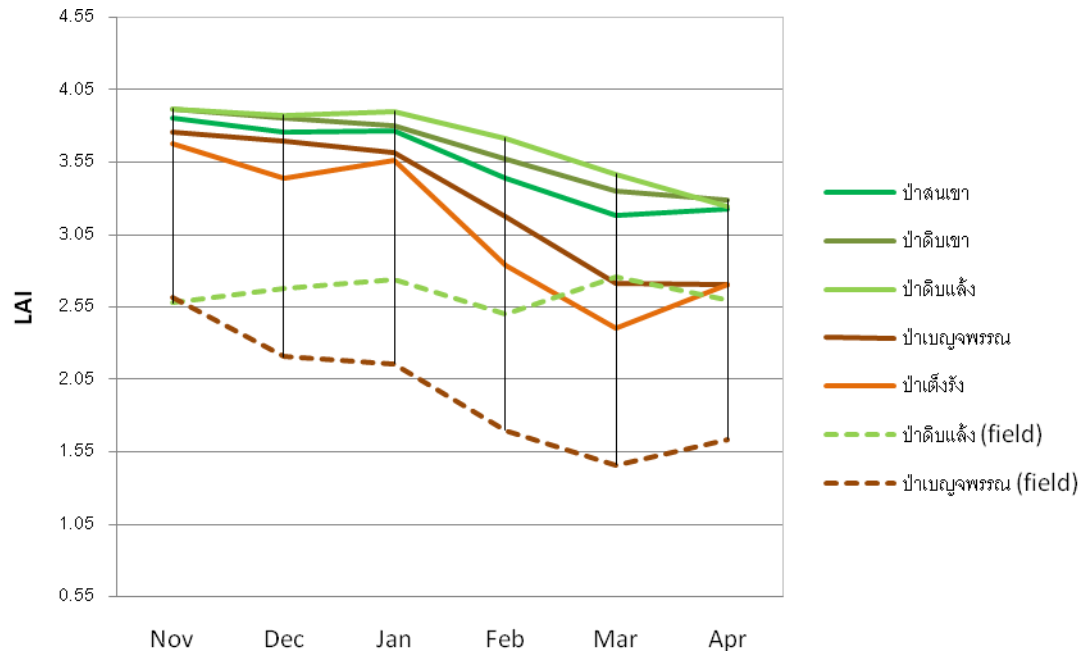
ในการศึกษานี้ใช้คำสั่งในโปรแกรม ArcGIS ในการนำข้อมูลจุดความสูง (points of elevation) มาสร้างเป็นชั้นข้อมูลความลาดชัน ในหน่วยของเปอร์เซ็นต์ และชั้นข้อมูลทิศทางของความลาด (ภาพ 37) จากชั้นข้อมูลทั้ง 2 ใช้สมการเส้นตรงในตาราง 4 เพื่อคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ของความลาดชันและทิศทางความลาดสำหรับใช้ในคำนวณในโปรแกรมจำลองการลามของไฟ ทั้งนี้กำหนดให้ความลาดชันที่เพิ่มขึ้น 15 % มีอัตราการลามเพิ่มขึ้น 2 เท่าจากระดับราบ และทิศทางความลาดที่หันหน้าไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้มีอัตราการลามสูงสุด ค่าสัมประสิทธิ์ความลาดและค่าสัมประสิทธิ์ทิศทางความลาดชันที่คำนวณจากสมการเส้นตรงในตาราง 4 มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1

ข้อมูลภูมิอากาศ

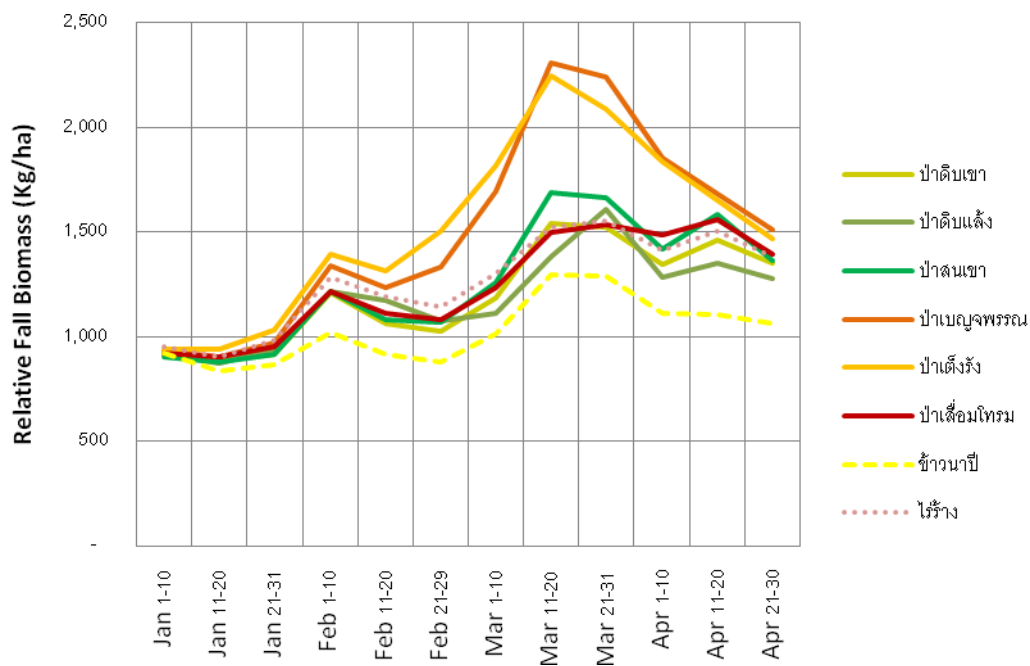
ข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญซึ่งมีผลต่อความแห้งของเชื้อเพลิงนั้น ได้แก่ การตกของฝน ดังนั้นในการศึกษานี้จึงอ้างค่าข้อมูลจากเว็บไซต์ดังแสดงในตาราง 5 โดยในการศึกษานี้ นำค่าปริมาณความชื้นในตาราง 5 มาเทียบเป็นส่วนกลับให้อยู่ในรูปค่าสัมประสิทธิ์ของความแห้งของเชื้อเพลิงสำหรับใช้ในโปรแกรมจำลองไฟลาม ความชื้นของเชื้อเพลิงคือค่าร้อยละของการเปรียบเทียบน้ำหนักน้ำในอนุภาคเชื้อเพลิงกับน้ำหนักแห้งของอนุภาคเชื้อเพลิง การศึกษาปริมาณความชื้นในเชื้อเพลิงสด (live fuel) พบว่าอยู่ในช่วง 35-200 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเชื้อเพลิงแห้ง (dead fuel) อยู่ในช่วง 1.5 – 30 เปอร์เซ็นต์ (Schroeder and Buck, 1970) จากการสำรวจภาคสนาม เมื่อกลางเดือนธันวาคม 2551 ในพื้นที่ป่าบริเวณอำเภอเมือง จังหวัดแม่ฮ่องสอน พบว่า ค่าความชื้นของเชื้อเพลิงสดและเชื้อเพลิงแห้งอยู่ในช่วง 45-59% และ 14-30% ตามลำดับ (ภาคผนวก 7)



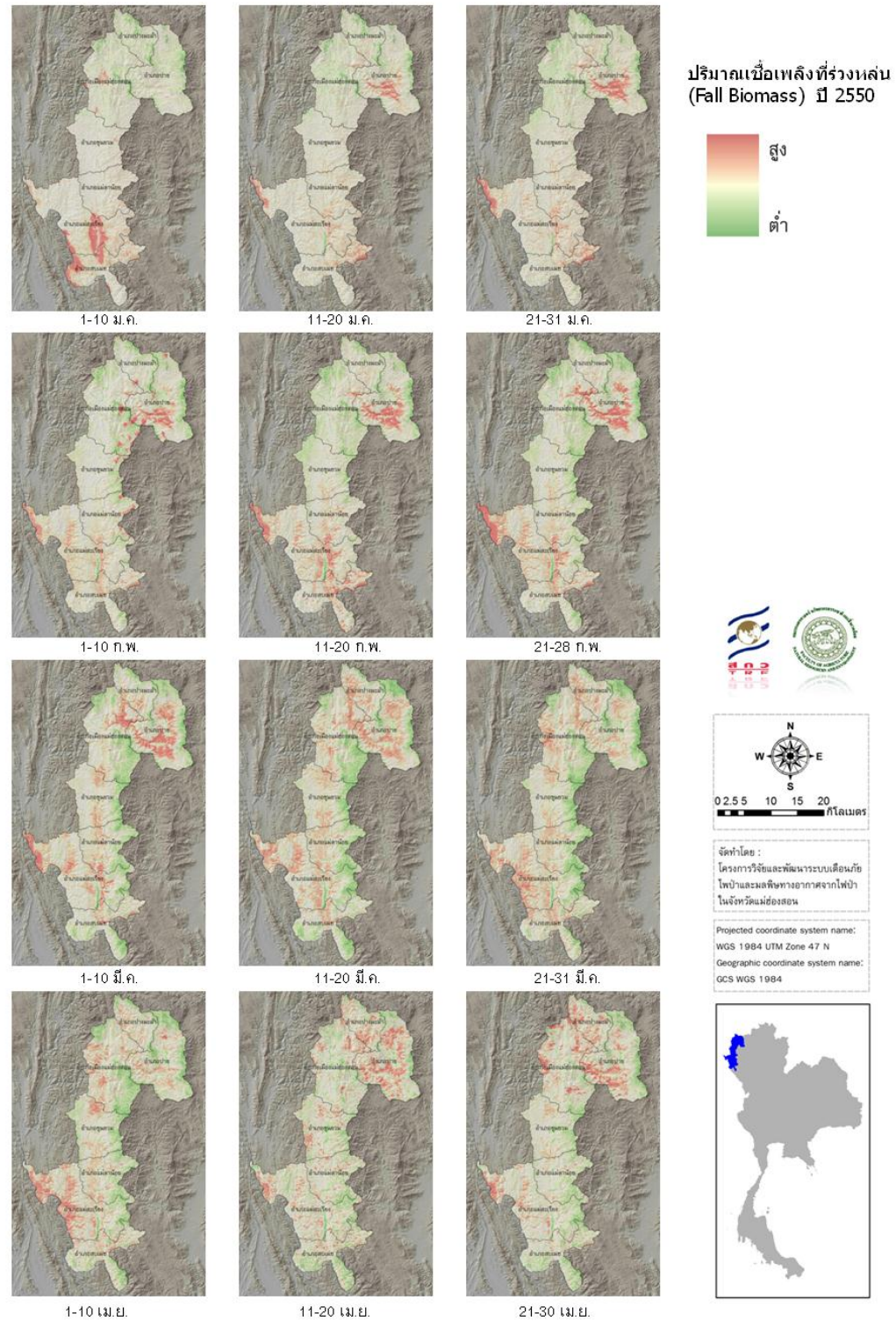
ภาพ 31 ค่า 10-Day Maximum NDVI Composite ของสิ่งปกคลุม/การใช้ที่ดิน โดยที่ 10-day interval ที่ 0 หมายถึง 10 วันสุดท้ายของเดือนธันวาคมของปีก่อนหน้า และ 10-day interval ที่ 36 หมายถึง 10 วันสุดท้ายของเดือนธันวาคมของปีถัดมา



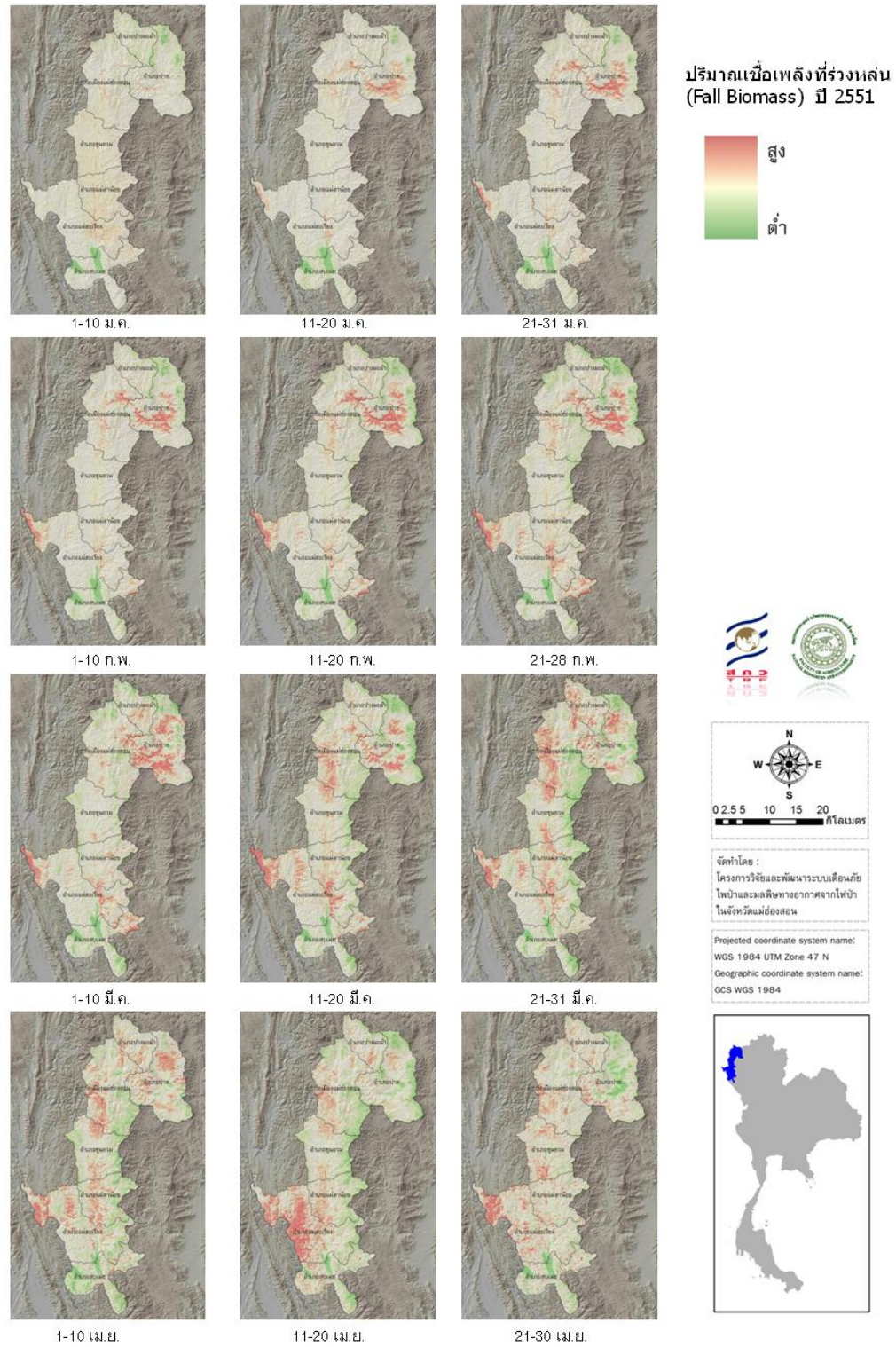
ภาพ 32 ดัชนีพื้นที่ใบของป่าประเภทต่าง ๆ ที่คำนวณจาก MODIS-NDVI
เทียบกับดัชนีพื้นที่เรือนยอดที่ศึกษาในภาคสนาม

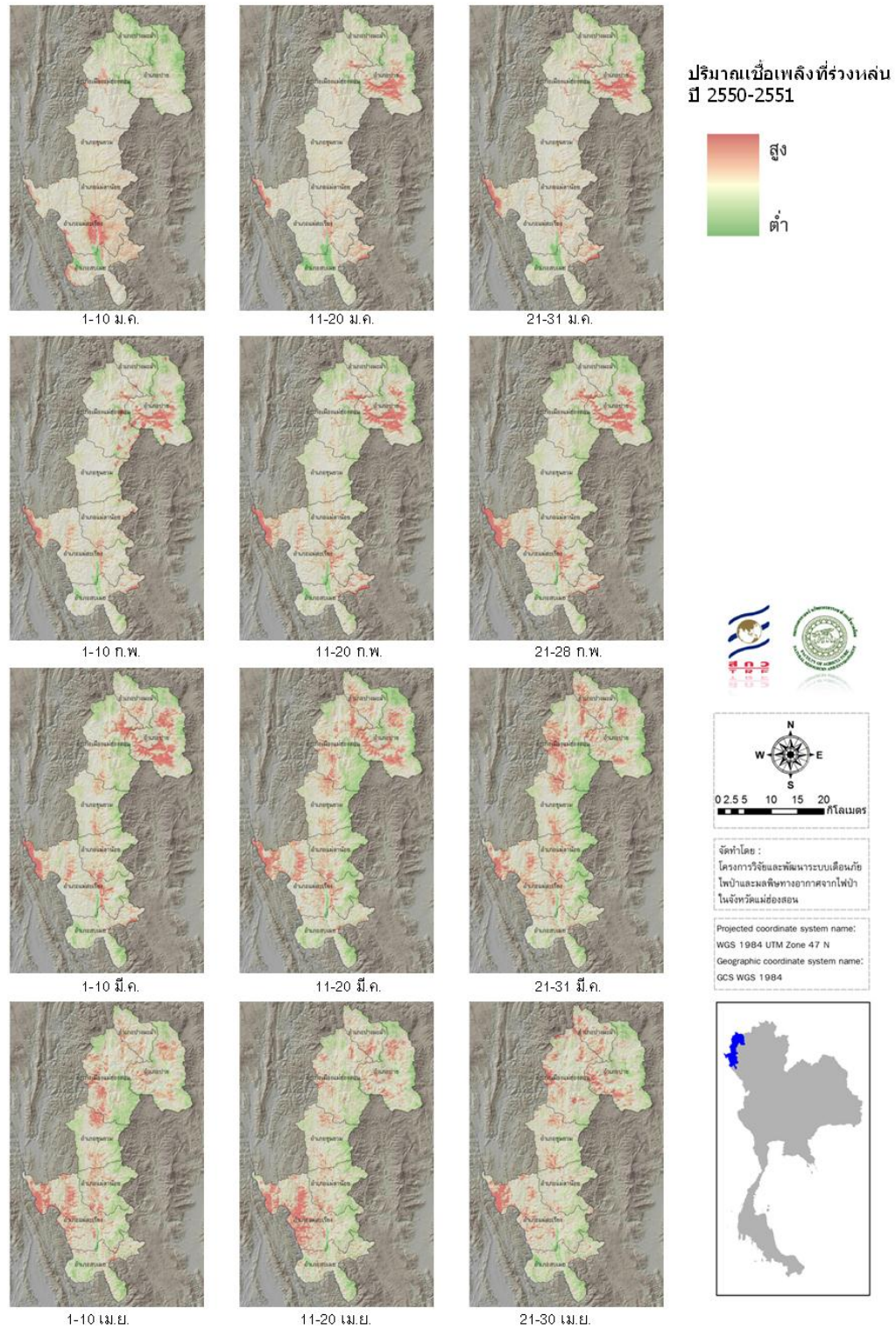


ภาพ 33 ปริมาณชีวมวลที่ร่วงหล่นในทุก ๆ 10 วัน ของเดือนมกราคม ถึง เมษายน
เมื่อเทียบกับปริมาณชีวมวลเริ่มต้นที่ 10 วันสุดท้ายของเดือนธันวาคมของปีก่อนหน้า



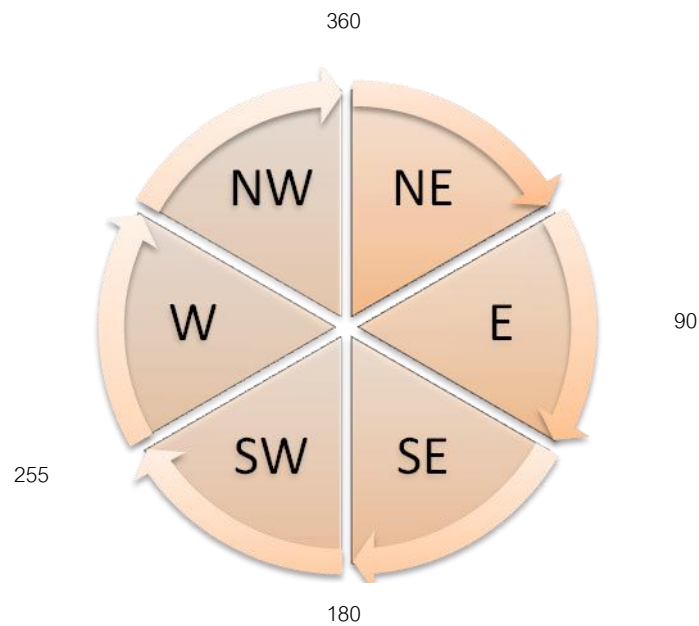
ภาพ 34 ปริมาณเชื้อเพลิงที่ร่วงหล่นสะสมบนดินในปี 2550





ตาราง 4 ค่าสัมประสิทธิ์ของความลาดชันและทิศทางการลาดสำหรับการจำลองการลาม

ปัจจัยภูมิประเทศ	ค่าสัมประสิทธิ์
ความลาดชัน	
ความลาดชัน น้อยกว่า 15 %	0.1
ความลาดชัน 15-70 %	$(0.0164 * \text{Slope}) - 0.1455$
ความลาดชันมากกว่า 70%	1
ทิศทางการลาด	
0 - 255	$(0.0035 * \text{aspect}) + 1$
256 - 360	$(-0.0087 * \text{aspect}) + 4.1154$



ภาพ 37 ทิศทางการลาด

ตาราง 5 สัมประสิทธิ์ความแห้งเริ่มต้นของเชื้อเพลิงตามจำนวนวันหลังจากฝนตก

จำนวนวันหลังจากฝนตก (1)	% ความชื้น ⁽¹⁾	สัมประสิทธิ์ความแห้ง เริ่มต้น
0	200	0.12
2	94	0.26
4	66	0.36
6	54	0.44
8	46	0.52
10	41	0.59
12	38	0.63
14	35	0.69
16	32	0.75
18	31	0.77
20	29	0.83
22	28	0.86
24	26	0.92
26	25	0.96
28	24	1.00

หมายเหตุ ⁽¹⁾ อ้างอิงจาก www.forestencyclopedia.net/p/p520/t/t319

4.2 แนวทางการจำลองการลามของไฟจากจุดความร้อน

ปัจจัยสำคัญ 3 ประการที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมไฟ คือ เชื้อเพลิง (fuel) ภูมิอากาศ (weather) และภูมิประเทศ (topography) หรือเรียกปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมไฟนี้ว่า สามเหลี่ยมไฟ (fire triangle) ดังนั้น ในการจำลองการลามของไฟจากจุดความร้อนในโครงการวิจัยนี้ จึงกำหนดให้มีข้อมูลนำเข้า ซึ่งเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับ สามเหลี่ยมไฟคือ ปริมาณเชื้อเพลิง ค่าสัมประสิทธิ์ความแห้งของเชื้อเพลิง ค่าสัมประสิทธิ์ความลาดชัน และค่าสัมประสิทธิ์ทิศทางความลาดชัน ข้อมูลนำเข้า ข้อมูลส่งออก และสมมติฐานของการจำลอง แสดงดังตาราง 6 ส่วนผังการทำงานของจำลองการลามและการคำนวณปริมาณฝุ่นที่ปลดปล่อยออกจากพื้นที่ที่เกิดไฟลาม แสดงดังภาพ 38

ตาราง 6 ชั้นข้อมูลนำเข้า ชั้นข้อมูลส่งออก และสมมติฐานของการจำลองการลามของจุดความร้อน

ข้อมูลนำเข้า	ข้อมูลส่งออก	สมมติฐานของการจำลอง
- จุดความร้อน - ปริมาณเชื้อเพลิง - ค่าสัมประสิทธิ์ความลาดชัน - ค่าสัมประสิทธิ์ทิศทางความลาด - จำนวนวันหลังจากฝนที่ตกหลังสุด	- พื้นที่ไฟลามทุก ๆ 1 ชั่วโมง - ปริมาณฝุ่นที่เกิดจากพื้นที่ไฟลามของชั่วโมงที่ต้องการคำนวณ	- ความเร็วลมไม่เป็นศูนย์ - การพัดพาของลมเป็นเส้นตรง - ความเร็วและทิศทางลมเหมือนกันทั่วทั้งบริเวณที่พิจารณา - ภูมิอากาศมีสภาพคงตัวตลอดช่วงเวลาที่พิจารณา - จำลองการลามบนกริด ขนาด 30*30 เมตร - อัตราการลาม 2.7 เมตรต่อวินาที

ตัวแปรที่ต้องนำเข้าหรือกำหนดในโปรแกรมการจำลอง มีดังนี้

1. ข้อมูลแบบจำลองปริมาณเชื้อเพลิง (fuel model) ได้จากการนำปริมาณเชื้อเพลิงสัมพัทธ์ (relative fall biomass) มาทำให้มีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 100 โดยค่าสูงสุดที่เท่ากับ 100 คือค่าชีวมวลสัมพัทธ์สูงสุดที่เกิดขึ้นในช่วงที่ 3 ของเดือนมีนาคม ซึ่งในช่วงดังกล่าวนี้มีปริมาณมวลชีวภาพที่ร่วงหล่นสูงสุด กริดที่มีปริมาณเชื้อเพลิงมากยิ่งใหม้นาน จึงส่งผลให้เกิดขอบเขตการลามมาก
2. ค่าสัมประสิทธิ์ระยะเวลาที่สามารถจุดติดเป็นไฟ ได้จากการจำแนกประเภทของเชื้อเพลิงตามประเภทการใช้ที่ดิน แสดงในภาคผนวก 8 ประเภทการใช้ที่ดินที่ให้ชีวมวลพวกใบไม้ และหญ้า จะถือว่าติดไฟง่ายและติดไฟไม่

นานก็จะกลายเป็นพื้นที่เผาไหม้แล้ว (burnt area) ในขณะที่ประเภทการใช้ที่ดินที่ให้ชีวมวลประเภทกิ่งไม้และไม้พื้นล่างซึ่งเป็นเชื้อเพลิงสดขนาดใหญ่จะติดไฟยากแต่ติดไฟนานกว่า

3. ข้อมูลปัจจัยสามเหลี่ยมไฟ อันได้แก่การรวมปัจจัยด้านปริมาณเชื้อเพลิงเข้ากับปัจจัยด้านความลาดชัน ปัจจัยด้านทิศทางการความลาดชัน และค่าสัมประสิทธิ์ความแห้งของเชื้อเพลิงที่คิดจากจำนวนวันหลังจากฝนตก

$$\text{ปัจจัยสามเหลี่ยมไฟ} = (\text{fuel model} + \text{aspect coefficient} + \text{slope coefficient}) * \text{dry coefficient}$$

เงื่อนไขที่ใช้ในการจำลองมีดังนี้

1. กำหนดให้กำหนดค่าสัมประสิทธิ์ระยะเวลาที่สามารถจุดติดเป็นไฟลดลง 5 หน่วยต่อชั่วโมงซึ่งเมื่อค่าสัมประสิทธิ์ระยะเวลาที่สามารถจุดติดเป็นไฟลดลงเท่ากับ 0 แล้ว แสดงว่ากริดนั้น ๆ ถูกเผาไหม้ไปแล้ว (burnt out) ในโปรแกรมจำลองไฟลามจึงกำหนดให้กริดเหล่านี้เป็นสีเทา ซึ่งถือว่าเชื้อเพลิงถูกเผาไหม้หมดจนไฟดับกลายเป็นพื้นที่ที่หลงเหลือเพียงเงาเท่านั้นแสดงถึงเผาไหม้ไปแล้ว (burnt area)
2. กำหนดให้อัตราการลดลงของความชื้นเชื้อเพลิงเท่ากับ 25% หรือความแห้งของเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น 25 % ในทุก ๆ 1 ชั่วโมงของการเผาไหม้ของชั้นข้อมูลปัจจัยสามเหลี่ยมไฟ
3. กำหนดให้ตำแหน่งที่พบจุดความร้อนจะเกิดการลามได้ก็ต่อเมื่อค่าคำนวณปัจจัยด้านสามเหลี่ยมไฟมีค่าถึงระดับหนึ่งตามที่กำหนดไว้ ซึ่งในโปรแกรมจำลองไฟลามนี้กำหนดให้เท่ากับ 70

โดยทั่วไปแล้ว พบว่า อัตราการลามจะผันแปรโดยตรงกับปริมาณเชื้อเพลิง (Fons, 1946; Brown and Davis , 1973) และเมื่ออัตราการลามและปริมาณความร้อนคงที่แล้ว ความรุนแรงของไฟจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้ (Brown and Davis , 1973) ประเภทการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินและปริมาณเชื้อเพลิงที่ถูกเผามีผลต่อปริมาณฝุ่นที่ปลดปล่อยออก (<http://www.aqnis.pcd.go.th/>) โปรแกรมจำลองการลามของไฟที่พัฒนาขึ้นนี้ จึงได้กำหนดให้ปริมาณเชื้อเพลิงในแต่ละกริดเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการลามมากกว่าปัจจัยด้านภูมิอากาศและภูมิประเทศ โดยกำหนดความยากง่ายหรือระยะเวลาที่เชื้อเพลิงจุดติดเป็นเปลวไฟจากประเภทของเชื้อเพลิง และพฤติกรรมการลามของไฟจากปัจจัยสามเหลี่ยมไฟ

ขั้นตอนและวิธีการที่ใช้ในการกำหนดระยะเวลาที่เชื้อเพลิงสามารถจุดติดเป็นไฟ ดังนี้

1. ให้ค่าน้ำหนักตั้งแต่ 1 ถึง 9 แก่ประเภทของชีวมวลหลักที่เป็นเชื้อเพลิง โดยแบ่งชีวมวลหลักที่เป็นเชื้อเพลิงออกเป็น 4 ประเภท คือ ใบไม้แห้ง กิ่งไม้ หญ้า และไม้พื้นล่าง (ตารางในภาคผนวก 8) โดยกำหนดให้เชื้อเพลิงที่เป็นกิ่งไม้เผาติดยากแต่นานกว่าไม้พื้นล่าง หญ้า และ ใบไม้ ตามลำดับ
2. ใช้วิธีการ AHP เพื่อคำนวณค่าน้ำหนักให้แก่ประเภทเชื้อเพลิงทั้ง 4 ประเภทข้างต้น
3. ใช้วิธีการ checklist แก่ประเภทของชีวมวลตามประเภทของการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดิน (ตารางในภาคผนวก 8)

4. คำนวณค่าคะแนนของระยะเวลาที่เชื้อเพลิงสามารถจุดติดเป็นไฟ จากผลรวมของค่าน้ำหนักให้แก่เชื้อเพลิงแต่ละประเภทที่พบตามประเภทของการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดิน (ตารางในภาคผนวก 8) ค่าคะแนนสูงสุดแสดงว่าพื้นที่หรือกริดนั้นมีเชื้อเพลิงประเภทที่เผาได้นานในปริมาณมาก
5. ในการเผาที่เวลาผ่านไปในแต่ละ 1 ชั่วโมง ได้กำหนดให้ค่าคะแนนของระยะเวลาที่เชื้อเพลิงสามารถจุดติดเป็นไฟลดลง 5 คะแนน และในชั่วโมงใดที่ค่าคะแนนของระยะเวลาที่เชื้อเพลิงสามารถจุดติดมีค่าเท่ากับ 0 แสดงว่า กริดพื้นที่นั้นเผาไหม้เสร็จแล้ว โดยจะแสดงเป็นพื้นที่สีเทาในชั่วโมงนั้น ๆ แต่หากค่าคะแนนของระยะเวลาที่เชื้อเพลิงสามารถจุดติดเป็นไฟยังมีค่ามากกว่า 0 แสดงว่า กริดพื้นที่นั้นยังคงสามารถจุดติดเป็นเปลวไฟและยังคงลามต่อไปยังพื้นที่อื่น ๆ ซึ่งแสดงเป็นพื้นที่สีแดงในชั่วโมงนั้น ๆ

ขั้นตอนและวิธีการที่ใช้ในการจำลองการลามของจุดไฟ มีดังนี้

1. คำนวณค่าคะแนนของปริมาณเชื้อเพลิงที่ร่วงหล่นในทุก ๆ 10 วัน นับตั้งแต่ต้นฤดูการเกิดไฟ (ปลายเดือนธันวาคม) ให้มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 โดยให้ปริมาณเชื้อเพลิงที่ร่วงหล่นสูงสุดของช่วงฤดูเกิดไฟปามีค่าศักยภาพด้านปริมาณเชื้อเพลิงค่าเท่ากับ 100 ส่วนปริมาณเชื้อเพลิงในช่วงเวลาอื่น ๆ นำมาคำนวณค่าศักยภาพด้านปริมาณเชื้อเพลิง ณ. ช่วงเวลานั้น ๆ ดังนี้

$$\text{Fuel}_T = (\text{BM}_T * 100) / \text{BM}_{T\max}$$

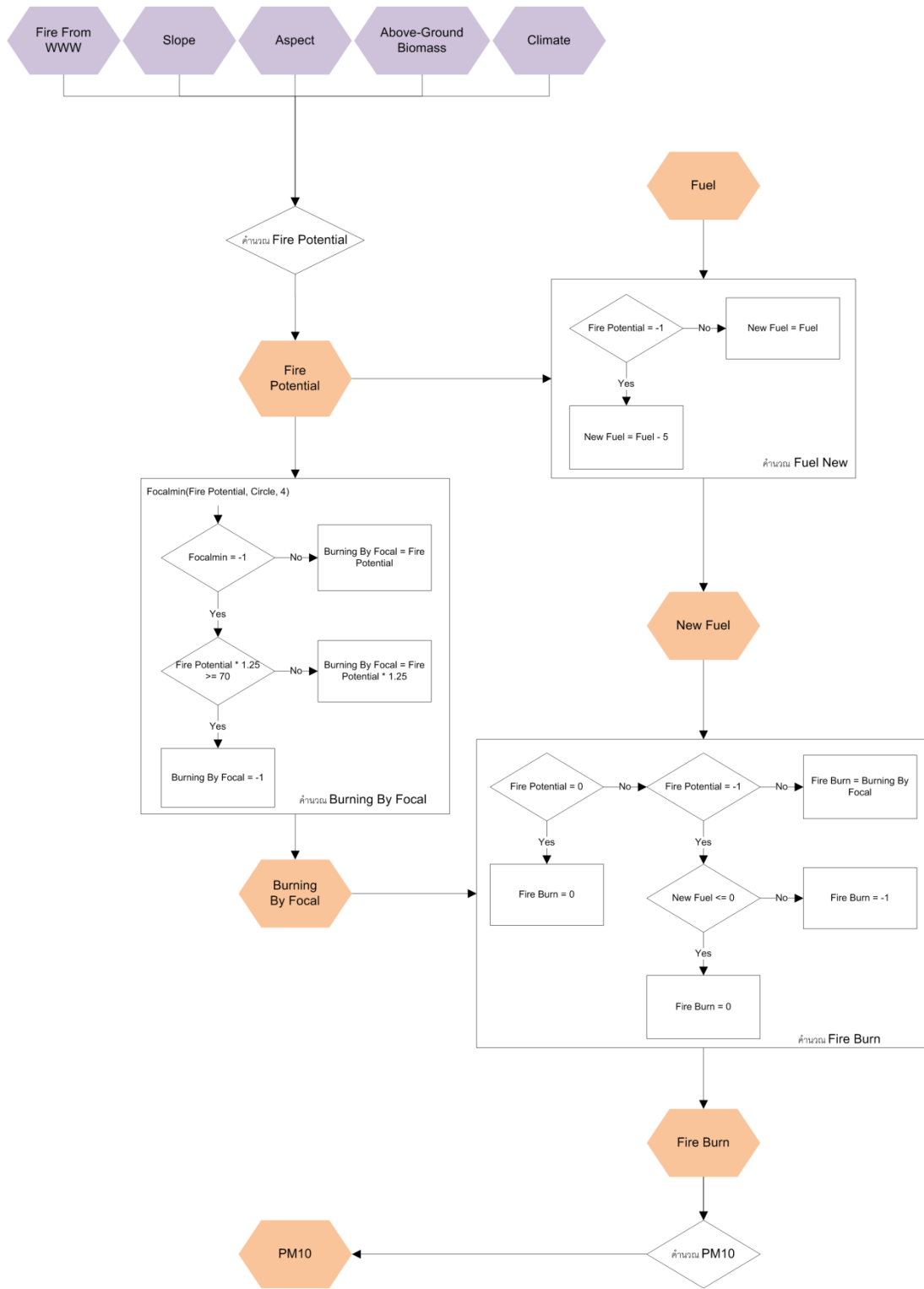
2. เทียบปรับ (calibrate) ค่าสัมประสิทธิ์ของความลาดชัน และค่าสัมประสิทธิ์ของทิศทางความลาดชัน ให้มีค่า 0 ถึง 20
3. คำนวณค่าศักยภาพของการเผาไหม้ ดังนี้

$$\text{BP} = [(\text{Fuel}_T + S + A) * \text{Fuel}_{\text{Dry}}] * d$$

เมื่อ BP = ศักยภาพของการเผาไหม้ (Burn Potential)
 Fuel_T = ศักยภาพด้านปริมาณเชื้อเพลิง ณ. ช่วงเวลานั้น ๆ
 S = ค่าสัมประสิทธิ์ของความลาดชัน
 A = ค่าสัมประสิทธิ์ของทิศทางความลาดชัน
 Fuel_{Dry} = ค่าสัมประสิทธิ์ความแห้งของเชื้อเพลิง
 D = ค่าการเพิ่มขึ้นของความแห้งของเชื้อเพลิงในทุก ๆ การเผา 1 ชั่วโมง
 (กำหนดให้มีค่าความแห้งของเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น 25%)

4. กำหนดค่าการลามให้กริดใด ๆ เมื่อกริดนั้นมีค่าศักยภาพของการเผาไหม้ที่คำนวณได้ในชั่วโมงใด ๆ มากกว่า 70 แล้วให้ถือว่าไฟสามารถลามไปยังกริดเหล่านี้ กริดที่เกิดการลามจึงเริ่มปรากฏเป็นสีแดง

ศุภรัตน์ (2548) ได้ศึกษาอิทธิพลของไฟฟ้าต่อการเปลี่ยนแปลงมวลชีวภาพของสิ่งปกคลุมดินในป่าเบญจพรรณลุ่มน้ำแม่กลอง จังหวัดกาญจนบุรี พบว่า ชีวมวลของสิ่งปกคลุมดินบริเวณพื้นผิวป่าเฉพาะที่เป็นวัชพืช กล้าไม้ ชากพืช และเศษพืชเท่านั้น ที่ได้รับผลกระทบจากไฟฟ้าชัดเจน โดยหลังจากที่มีไฟฟ้าเกิดขึ้นจะพบว่าปริมาณของชีวมวลของสิ่งปกคลุมดินบริเวณพื้นผิวป่าโดยรวมลดลงมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณที่มีอยู่ดั้งเดิม หรือเฉลี่ยประมาณ 3.6 ตันต่อเฮกตาร์ โดยทั่วไปแล้วปริมาณฝุ่น PM10 ที่ปลดปล่อยออกจากพื้นที่เกิดไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับปริมาณและประเภทของแหล่งเชื้อเพลิงที่สามารถถูกเผา ป่าเขตร้อนชื้นมีปริมาณเชื้อเพลิงที่สามารถถูกเผาและค่าสัดส่วนการปล่อยฝุ่น PM10 มากกว่าพื้นที่ชุ่มน้ำ พื้นที่เกษตร และพื้นที่เปิดโล่ง พื้นที่ชุ่มน้ำแม้จะมีปริมาณเชื้อเพลิงที่สามารถถูกเผามากกว่าพื้นที่เกษตร และพื้นที่เปิดโล่ง แต่กลับมีค่าสัดส่วนการปล่อยฝุ่น PM10 ใกล้เคียงกันกับพื้นที่ดังกล่าว ดังนั้น ในโปรแกรมการจำลองนี้ ได้ออกแบบให้ผู้ใช้งานสามารถกำหนดค่าเปอร์เซ็นต์การลดลงของชีวมวลและค่าสัดส่วนของการปลดปล่อยสำหรับใช้ในการคำนวณปริมาณฝุ่นที่ปลดปล่อยจากการลามของจุดความร้อน

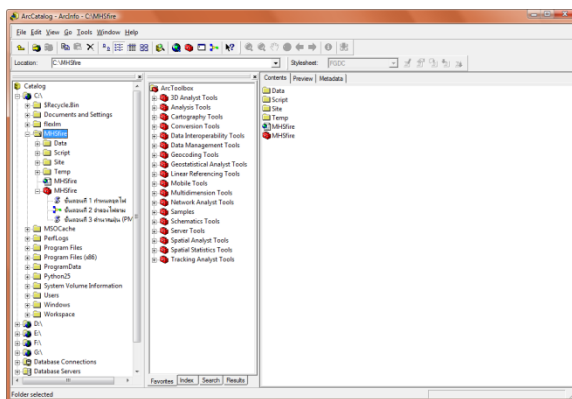


ภาพ 38 ผังการจำลองพื้นที่เฟลามและปริมาณฝุ่นที่ปลดปล่อยจากพื้นที่เฟลาม

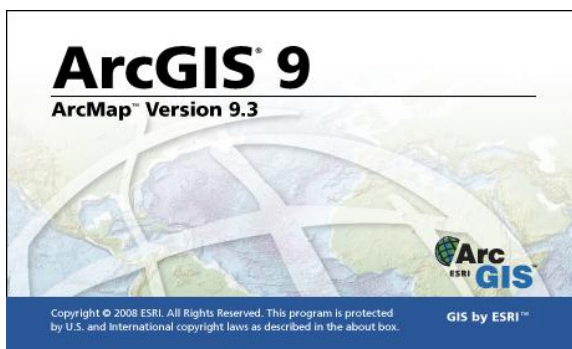
4.3 การออกแบบหน้าจอโต้ตอบของโปรแกรมจำลองไฟลาม

โปรแกรมจำลองการลามของไฟจากจุดความร้อนที่ถูกพัฒนาขึ้นนี้ เป็นชุดคำสั่งที่สามารถใช้วิเคราะห์และแสดงผลการวิเคราะห์ผ่านซอฟต์แวร์ ArcGIS ข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ประกอบด้วย จุดเกิดไฟ ปริมาณ และสัมประสิทธิ์ความแห้งของเชื้อเพลิง สัมประสิทธิ์ความลาดชัน และสัมประสิทธิ์ทิศความลาด ผู้ใช้ (Users) สามารถจำลองไฟลามโดยใช้โปรแกรมจำลองไฟลามที่พัฒนาขึ้นนี้ โดยเพียงนำเข้าข้อมูลตารางจุดความร้อนและกำหนดจำนวนชั่วโมงที่ต้องการจำลองการลาม เช่น 12 ชั่วโมง หลังจากนั้นโปรแกรมจะทำงานเองทั้งหมด เพื่อจำลองการลามของจุดความร้อนในทุก ๆ 1 ชั่วโมง จนครบตามจำนวนชั่วโมงที่กำหนดไว้ ซึ่งพื้นที่ที่ได้จากการจำลองไฟลามนี้ จะถูกคำนวณค่าออกมาเป็นเนื้อที่เสียหาย และปริมาณฝุ่นขนาด 10 ไมครอน สำหรับให้ผู้ใช้สามารถใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจในการประเมินสถานการณ์ไฟป่าและหมอกควัน เพื่อแจ้งเตือนภัยไปยังท้องถิ่นต่อไป

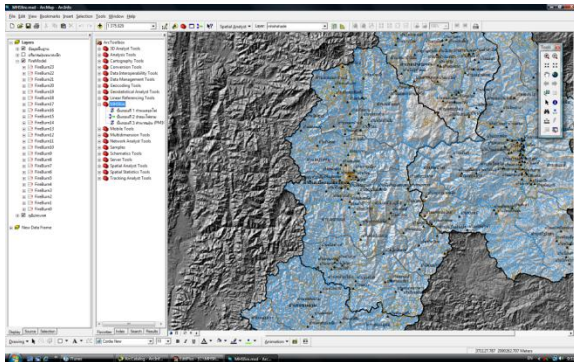
การเรียกใช้โปรแกรมจำลองไฟลามผ่านโปรแกรม ArcGIS



โปรแกรมจำลองไฟลามพัฒนาขึ้นในรูปกล่องเครื่องมือ (tool box) ชื่อ MHS Fire ซึ่งมีตำแหน่งการติดตั้งใช้งานกล่องผ่านโปรแกรม ArcGIS



เมื่อดับเบิลคลิกที่ไฟล์ชื่อ MHSfire.mxd แล้วจะไปเรียกโปรแกรม ARCGIS 9 ที่ติดตั้งอยู่ในเครื่องคอมพิวเตอร์ขึ้นมา



เมื่อโปรแกรมจำลองไฟลามพร้อมใช้งาน แล้วจะปรากฏหน้าจอตอบโต้ของการใช้กล่องเครื่องมือ MHS Fire ซึ่งมี 3 ขั้นตอน โดยแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

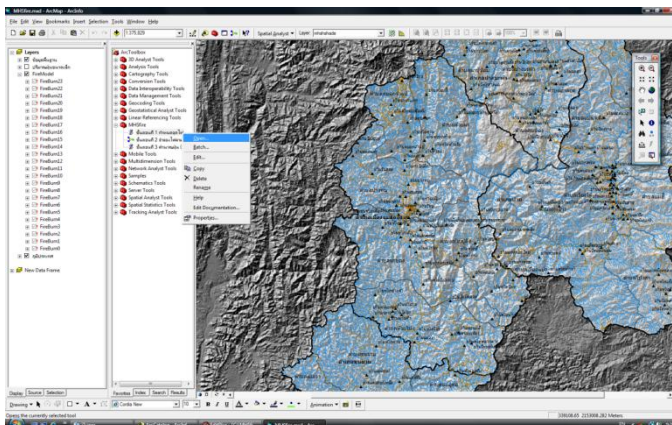
ขั้นตอนที่ 1 กำหนดจุดไฟ

ขั้นตอนที่ 2 จำลองไฟลาม

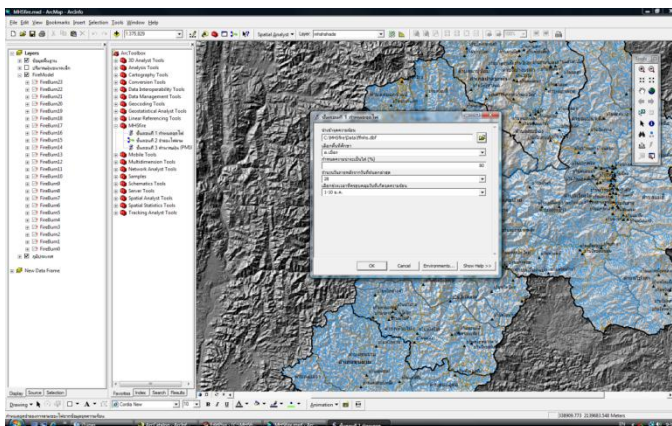
ขั้นตอนที่ 3 คำนวณฝุ่น PM10

การใช้งานแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียด ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดจุดไฟ เมื่อ click ไปที่ขั้นตอนที่ 1 จะปรากฏหน้าจอให้ทำงานตามลำดับ ดังนี้



คลิกปุ่มขวาของ mouse เพื่อเปิดหน้าจอโต้ตอบของขั้นตอนที่ 1 ขึ้นมา

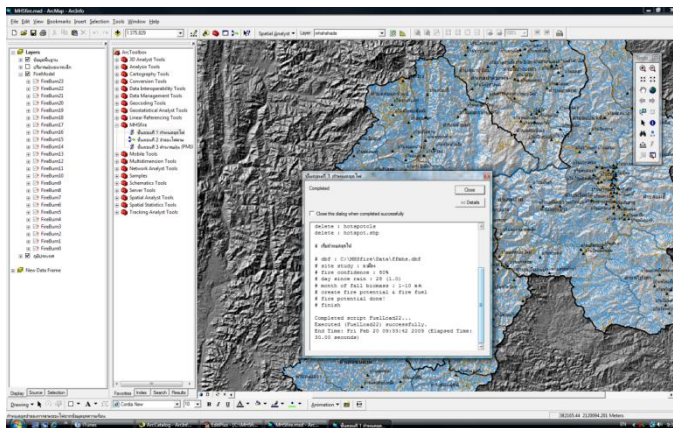


- นำเข้าไฟล์ (*.dbf) ของจุดความร้อนที่จัดทำขึ้นจากการ download ข้อมูลจุดความร้อนมาจากเว็บไซต์

<http://www.geoinfo.ait.ac.th/mod/14>

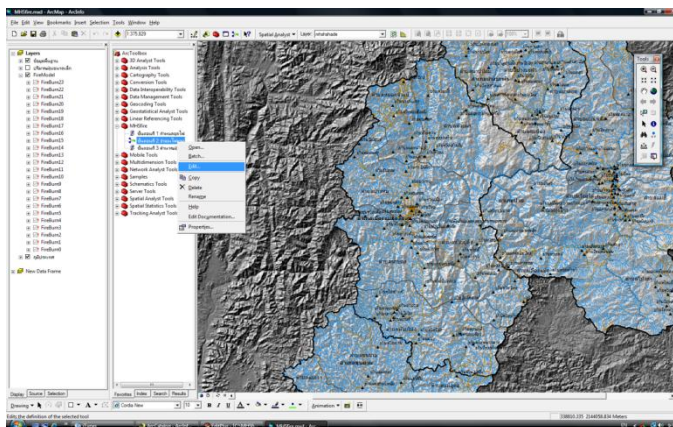
- เลือกพื้นที่ระดับอำเภอที่ต้องการจำลองการลามของไฟจากข้อมูลจุดความร้อน
- กรอค่าตัวเลข 1 ถึง 100 ซึ่งแสดงถึงระดับความเชื่อมั่นของจุดความร้อนที่ต้องการนำมาจำลองการลามของไฟ

- กรอกราคาตัวเลขจำนวนวันหลังจากวันที่ฝนตกล่าสุด สำหรับให้โปรแกรมใช้ในการประเมินความแห้งของเชื้อเพลิง
- เลือกปริมาณเชื้อเพลิงที่ตรงกับช่วงเวลาของจุดความร้อนที่ต้องการจำลองการลาม
- คลิกปุ่ม “OK” เพื่อให้โปรแกรมทำงานจนเสร็จสิ้นในขั้นตอนที่ 1

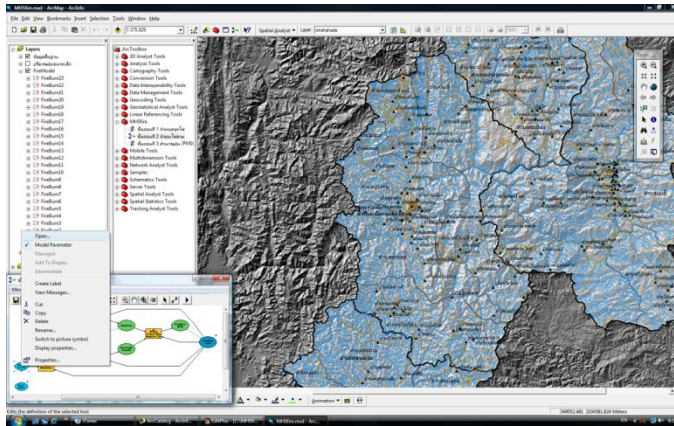


คลิกปุ่ม “close” เมื่อโปรแกรมทำงานเสร็จแล้วเพื่อออกจากการทำงานในขั้นตอนที่ 1

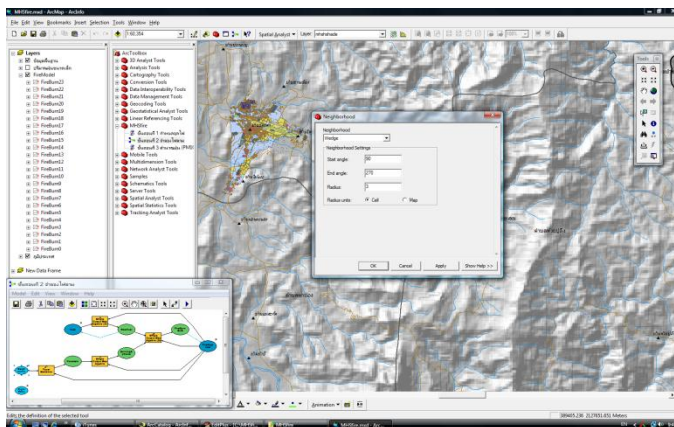
ขั้นตอนที่ 2 จำลองไฟลาม เมื่อ click ไปที่ขั้นตอนที่ 2 จะปรากฏหน้าจอให้ทำงานตามลำดับ ดังนี้



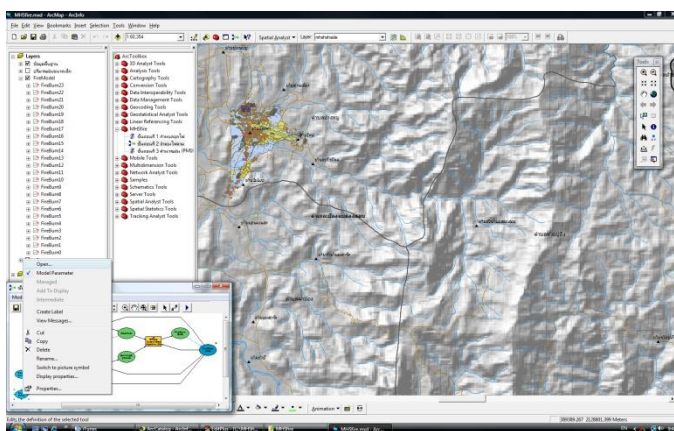
คลิกขวาของ mouse แล้วเลือกปุ่ม “edit” เพื่อเปิดหน้าจอโต้ตอบของขั้นตอนที่ 2



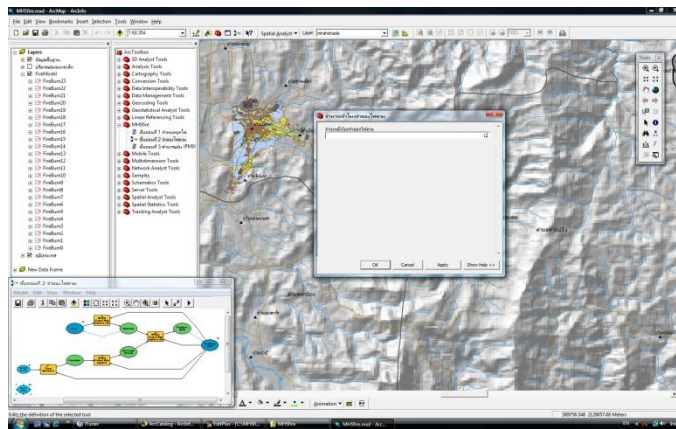
คลิกขวาของ mouse ในหน้าต่างชุดคำสั่งของขั้นตอนที่ 2 เพื่อไปเปิดหน้าต่างในการกำหนดทิศทางลม



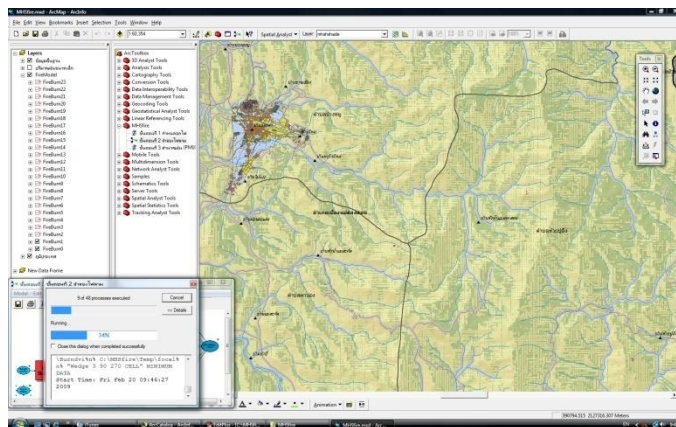
- เลือกลักษณะการลาม
- กรอบมุมของทิศทางลม
- กรอกรัศมีการลามโดยสามารถเลือกในหน่วยของเซลล์กริด หรือขนาดของแผนที่



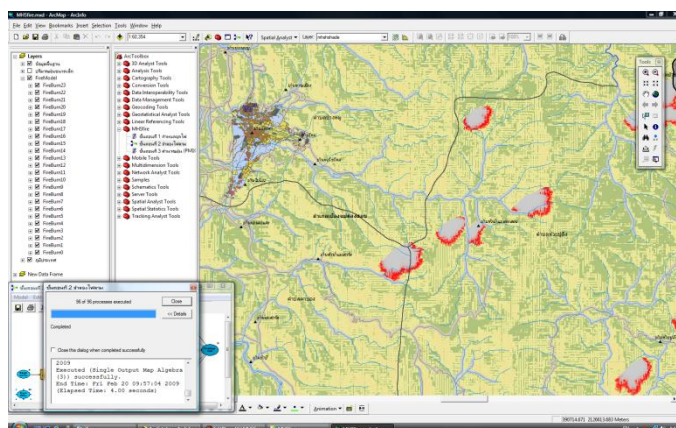
คลิกขวาของ mouse ในหน้าต่างชุดคำสั่งของขั้นตอนที่ 2 เพื่อไปเปิดหน้าต่างในการกำหนดจำนวนชั่วโมงที่ต้องการจำลองการลาม



กรอกจำนวนชั่วโมงที่ต้องการจำลองการลาม แล้วคลิกปุ่ม OK เพื่อให้โปรแกรมเริ่มทำงาน ในขั้นตอนที่ 2

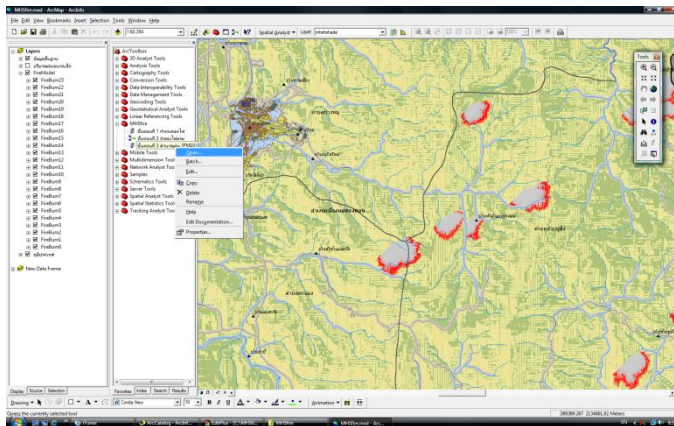


หน้าจอของโปรแกรมขณะที่ทำงานภายใต้ข้อกำหนดของจำนวนชั่วโมงในการจำลองการลาม

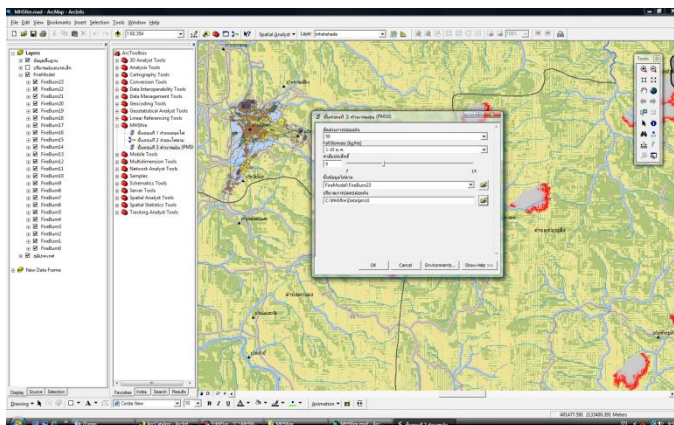


หน้าจอของโปรแกรมเมื่อสิ้นสุดการจำลองการลามตามชั่วโมงที่กำหนด

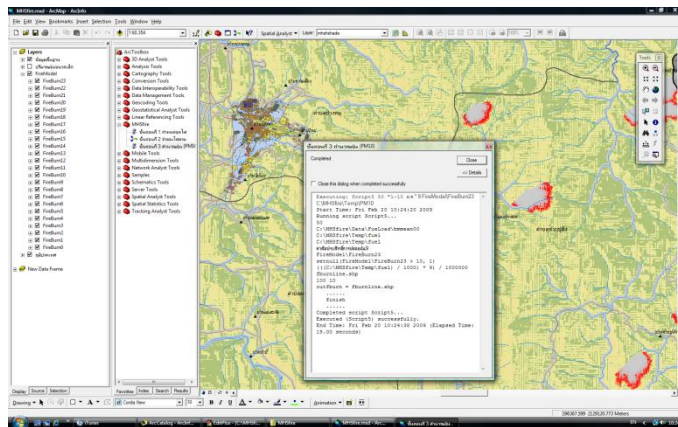
ขั้นตอนที่ 3 คำนวณฝุ่น PM10 เมื่อ click ไปที่ขั้นตอนที่ 3 จะปรากฏหน้าจอให้ทำงานตามลำดับ ดังนี้



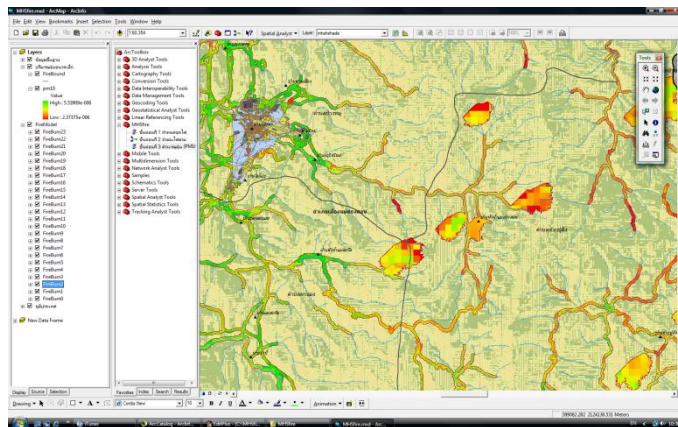
คลิกขวาของ mouse แล้วเลือกปุ่ม “open” เพื่อเปิดหน้าจอโต้ตอบของขั้นตอนที่ 3



- กรอกค่าเปอร์เซ็นต์การเผาไหม้
- เลือกช่วงเวลาของปริมาณเชื้อเพลิงที่ร่วงหล่น (fall biomass)
- กรอกค่าสัมประสิทธิ์แสดงสัดส่วนการปลดปล่อยฝุ่น PM10 (Kg/ 1,000 กิโลกรัมของเชื้อเพลิงที่เผาไหม้)
- เลือกชั้นข้อมูลของชั่วโมงจำลองไฟลามที่ต้องการนำมาคำนวณปริมาณฝุ่นที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง ณ. ชั่วโมงนั้น
- Save ข้อมูลปริมาณฝุ่นที่ได้จากการคำนวณ
- คลิกปุ่ม “OK” เพื่อให้โปรแกรมทำงานในขั้นตอนที่ 3



คลิกปุ่ม “close” เมื่อโปรแกรมทำงานเสร็จแล้วเพื่อออกจากการทำงานในขั้นตอนที่ 3



การแสดงชั้นข้อมูลปริมาณฝุ่นที่ปลดปล่อยเชิงพื้นที่

บทที่ 5

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการพบจุดความร้อน กับข้อมูลภูมิอากาศและคุณภาพอากาศ

งานส่วนนี้เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลภูมิอากาศและข้อมูลคุณภาพอากาศที่ตรวจวัดในวันที่ตรงกับวันที่สำรวจพบจุดความร้อนในปี 2550 และ 2551 โดยใช้วิธีการทางสถิติ ได้แก่ วิธีสถิติพรรณนา วิธีสถิติการจำแนกกลุ่มตัวแปรแบบ K-Means Clustering วิธีสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างแบบ ANOVA และสถิติสหสัมพันธ์ เพื่อประเมินผลของภูมิอากาศที่มีต่อคุณลักษณะของจุดความร้อน และผลของการพบจุดความร้อนที่มีต่อคุณภาพอากาศ

5.1 การประเมินผลของภูมิอากาศที่มีต่อคุณลักษณะของจุดความร้อน

จากค่าสถิติพรรณนาของข้อมูลภูมิอากาศที่ตรงกับวันที่พบจุดความร้อน ในตารางของภาคผนวก 1 พบว่า ปริมาณฝนที่ตกอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0 จนถึง 55.2 มิลลิเมตร อุณหภูมิสูงสุดในรอบวันมีตั้งแต่ 23.0 ถึง 42.40 เซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดในรอบวันมีตั้งแต่ 11.0 ถึง 29.0 เซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยในรอบวันมีตั้งแต่ 18.0 ถึง 34.0 เซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ตั้งแต่ 29 ถึง 80 เปอร์เซ็นต์ หรือคิดเป็นค่าเฉลี่ยปริมาณฝนที่ตก อุณหภูมิเฉลี่ยในรอบวัน และความชื้นสัมพัทธ์ เท่ากับ 0.08 มิลลิเมตร, 27.38 เซลเซียส และ 52.55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนค่าสถิติพรรณนาของภูมิอากาศที่ตรงกับวันที่พบจุดความร้อนโดยแยกเป็นรายเดือนดังแสดงในภาคผนวก 5 พบว่า จำนวนจุดความร้อนส่วนใหญ่เกิดขึ้นในวันที่ภูมิอากาศซึ่งมีปริมาณฝนที่ตกอยู่ในช่วง 0 ถึง 1.35 มิลลิเมตร อุณหภูมิเฉลี่ยในรอบวันอยู่ในช่วง 24.16 ถึง 30.6 เซลเซียส และ ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 46.68 ถึง 58.42 เปอร์เซ็นต์

จากการวิเคราะห์สถิติสหสัมพันธ์โดยวิธีการ Pearson ดังตารางที่แสดงไว้ในภาคผนวก 6 พบว่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะมีความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศลดลง ค่า T21, T31, Fp และ Fc แสดงความสัมพันธ์ทางลบกับความชื้นสัมพัทธ์ กล่าวคือ ในวันที่พบจุดความร้อนที่มีค่า T21, T31, Fp และ Fc สูงจะพบว่าวันนั้นมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ในทางตรงข้าม ค่า T21, Fp และ Fc แสดงความสัมพันธ์ทางบวกกับอุณหภูมิต่ำสุด สูงสุด และเฉลี่ยในแต่ละวัน นั่นคือ จุดความร้อนที่มีค่าอุณหภูมิสูง กำลังไฟมาก และความชื้นสูงว่าเป็นไฟจะพบในวันที่มีค่าอุณหภูมิอากาศสูงหรืออากาศร้อน เมื่อวิเคราะห์ค่าข้อมูลมาตรฐาน (standardized) ของค่าใช้ค่า T21, Fp และ Fc ด้วยวิธีการสถิติจัดกลุ่ม (K-mean cluster analysis) เพื่อแยกจุดความร้อนออกเป็น 5 กลุ่ม ซึ่งเป็นตัวแทนของจุดความร้อนที่ไม่รุนแรง (ค่า T21, Fp และ Fc ต่ำสุด) จนถึงจุดความร้อนที่รุนแรงมากที่สุด (ค่า T21, Fp และ Fc สูงสุด) เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของกลุ่มจุดความร้อนที่จำแนกออกมาได้ 5 กลุ่มดังกล่าวจากค่าเฉลี่ยข้อมูลด้านคุณสมบัติของจุดความร้อน และข้อมูลภูมิอากาศ ได้ผลดังแสดงไว้ในตาราง 7 จากตาราง ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า คุณสมบัติของความร้อนด้าน T21, Fp และ Fc สามารถใช้แยกจุดความร้อนออกเป็น 5 กลุ่มโดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยข้อมูลภูมิอากาศของแต่ละกลุ่มจุดความร้อนแล้ว พบว่า ปริมาณน้ำฝนที่ตกรายวันไม่ทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างกลุ่มจุดความร้อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม ข้อมูลปริมาณน้ำฝนแสดงให้เห็นว่าวันที่พบจุดความร้อนจะมีปริมาณฝนตกน้อยมาก (เฉลี่ยไม่เกิน 0.15 มิลลิเมตร/วัน) ส่วนค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มจุดความร้อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ จุดความร้อนกลุ่ม 1 และ กลุ่ม 2 มีค่าอุณหภูมิไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่แตกต่างจากจุดความร้อนกลุ่ม 3, 4 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จุดความร้อนที่มีค่าอุณหภูมิและค่ากำลังไฟสูงมักจะพบในวันที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงด้วย ส่วนความชื้นสัมพัทธ์ของจุดความร้อนกลุ่ม 1, 2 และ 3 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่แตกต่างจากจุดความร้อนกลุ่ม 4 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในทางตรงกันข้ามกับอุณหภูมิเฉลี่ย พบว่า จุดความร้อนที่มีค่าอุณหภูมิและค่ากำลังไฟสูงมักจะพบในวันที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ค่าวิเคราะห์ในส่วนนี้สามารถนำไปใช้เป็นส่วนหนึ่งของเกณฑ์ในการพิจารณาถึงระดับความรุนแรงของการเกิดไฟป่า (degree of wildfire) จากสภาพภูมิอากาศประจำวัน สำหรับใช้ในการควบคุมการทำให้เกิดไฟในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูง

ตาราง 7 ค่าข้อมูลคุณสมบัติ ของจุดความร้อนและข้อมูลภูมิอากาศในวันที่พบจุดความร้อน

โดยแบ่งตามกลุ่มของจุดความร้อนที่จำแนกออกเป็น 5 กลุ่ม

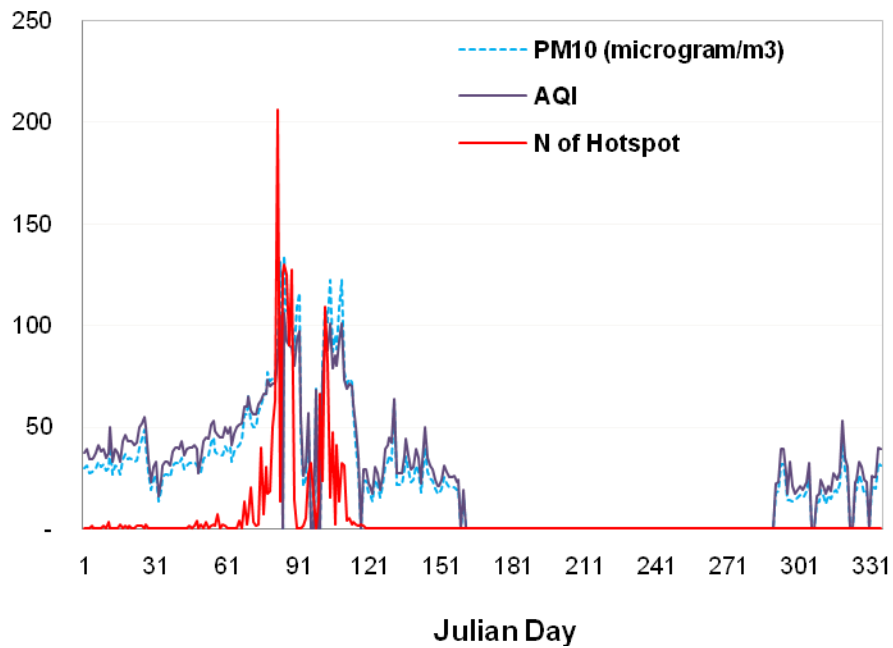
กลุ่ม	จำนวน จุด ความร้อน	ค่าเฉลี่ยข้อมูลคุณสมบัติ ของจุดความร้อน			ค่าเฉลี่ยข้อมูลภูมิอากาศ				
		T21	Fp	Fc	Rain	Max Temp	Min Temp	Ave Temp	Rh
1	775	314.56 ^a	8.79 ^a	41.06 ^a	0.11	36.95 ^a	18.52 ^a	26.88 ^a	53.42 ^a
2	1,489	318.41 ^b	10.87 ^b	68.00 ^b	0.15	37.02 ^a	18.46 ^a	26.93 ^a	53.00 ^a
3	1,329	327.46 ^c	20.39 ^c	87.62 ^c	0.00	37.39 ^b	19.46 ^b	27.69 ^b	52.12 ^a
4	590	346.67 ^d	54.75 ^d	99.03 ^d	0.07	37.57 ^b	19.98 ^c	28.05 ^b	51.66 ^b
5	205	376.60 ^e	142.11 ^e	99.63 ^d	0.00	37.62 ^b	20.84 ^d	28.58 ^c	51.40 ^b

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวดิ่ง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

5.2 การประเมินผลของการพบจุดความร้อนที่มีต่อคุณภาพอากาศ

จากกราฟในภาพที่ 39 แสดงให้เห็นว่า ในช่วงที่พบจุดความร้อนน้อยซึ่งอยู่นอกฤดูการเกิดไฟป่าจะมีปริมาณฝุ่น PM10 ประมาณ 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และค่าดัชนีคุณภาพอากาศ (AQI) ประมาณ 50 ซึ่งถือว่าคุณภาพอากาศยังอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ แต่เมื่อเข้าสู่ฤดูการเกิดไฟป่าซึ่งเริ่มตั้งแต่เดือนมีนาคม

ถึงประมาณเมษายน (ประมาณวันที่ 61 ถึง 120 ของ Julian Day) นั้น พบว่า เมื่อมีจำนวนจุดความร้อนเพิ่มขึ้น ในช่วงนี้ได้ส่งผลให้ปริมาณฝุ่น PM10 และ ค่าดัชนีคุณภาพอากาศ เพิ่มขึ้นเช่นกัน จนเข้าใกล้ระดับค่ามาตรฐานที่กำหนดให้ปริมาณฝุ่น PM10 ในอากาศมีได้ไม่เกิน 120 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ ค่าดัชนีคุณภาพอากาศมีค่าไม่เกิน 120 ภาคผนวก 9 แสดงระดับดัชนีคุณภาพอากาศและผลกระทบที่มีต่อสุขภาพ



ภาพ 39 คุณภาพอากาศและจำนวนจุดความร้อนของจังหวัดแม่ฮ่องสอนใน 1 รอบปี

เมื่อพิจารณาคุณภาพอากาศตามจุดความร้อนที่จำแนกออกเป็น 5 กลุ่ม ตามคุณสมบัติด้านอุณหภูมิ กำลังไฟ และความเชื่อมั่นว่าเป็นไฟ (ตาราง 8) พบว่า กลุ่มจุดความร้อนที่มีค่าอุณหภูมิ กำลังไฟ และความเชื่อมั่นว่าเป็นไฟสูงซึ่งแสดงให้เห็นถึงความรุนแรงของการเผาไหม้จะทำให้ค่าซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนนอกไซด์ ฝุ่นขนาด 10 ไมครอน และดัชนีคุณภาพอากาศเพิ่มขึ้น จึงชี้ให้เห็นว่าความรุนแรงของการเผาไหม้มีผลกระทบต่อคุณภาพอากาศ ในการศึกษาจึงนำผลการวิเคราะห์ในส่วนนี้ มาใช้ในการกำหนดจำนวนจุดความร้อนที่ตรวจพบจากดาวเทียมมาใช้ในการสร้างเกณฑ์ในการแจ้งเตือนภัยคุณภาพอากาศ

ตาราง 8 คุณภาพอากาศในวันที่พบจุดความร้อน โดยแบ่งตามกลุ่มของจุดความร้อนที่จำแนกออกเป็น 5 กลุ่ม

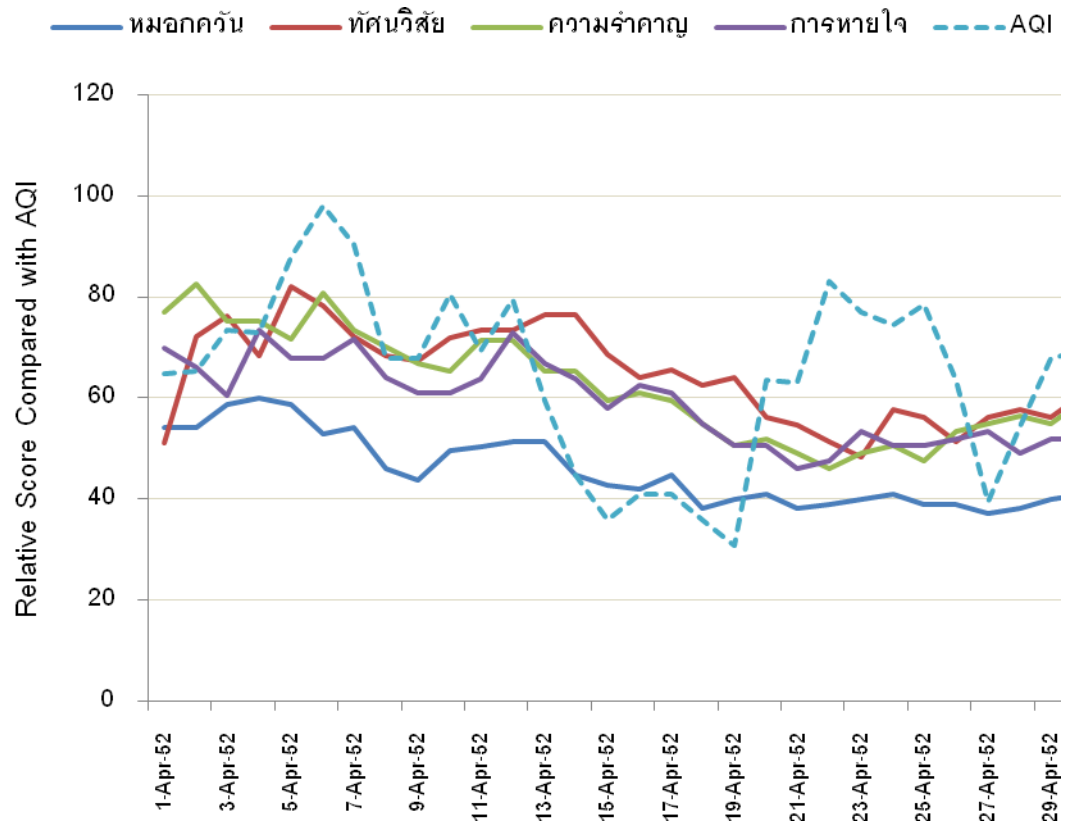
กลุ่ม	จำนวนจุดความร้อน	คุณภาพอากาศ						
		SO2	NO2	CO-1hr	CO-8hr	Ozone	PM10	AQI
1	775	0.10 ^{ab}	2.31 ^a	0.13 ^a	0.12 ^a	2.85 ^a	38.29 ^a	33.51 ^a
2	1,489	0.09 ^a	2.48 ^{ab}	0.12 ^a	0.12 ^a	2.94 ^a	37.07 ^a	32.52 ^a
3	1,329	0.16 ^{bc}	3.62 ^b	0.18 ^a	0.17 ^a	3.94 ^a	39.53 ^a	34.54 ^a
4	590	0.21 ^c	5.62 ^c	0.33 ^b	0.32 ^b	5.88 ^b	48.91 ^b	41.10 ^b
5	205	0.28 ^d	7.43 ^d	0.45 ^c	0.43 ^c	7.76 ^c	53.19 ^b	44.54 ^b

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงว่าค่าข้อมูลในคอลัมน์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

นอกจากนี้ จากการสัมภาษณ์ประชาชนในจังหวัดแม่ฮ่องสอน โดยใช้แบบสัมภาษณ์ดังแสดงไว้ในภาคผนวก 10 เพื่อนำผลจากการศึกษาระดับผลกระทบมาเปรียบเทียบกับจำนวนจุดความร้อนและคุณภาพอากาศในช่วงเดียวกัน ผลการศึกษาพบว่า ประชาชนในพื้นที่ให้ค่าคะแนนปัญหาหมอกควันและผลกระทบคุณภาพอากาศในแต่ละวันตลอดเดือนเมษายน (ดังแสดงในตาราง 9) โดยคิดเป็นค่าคะแนนสัมพัทธ์ (relative score) ของปัญหาหมอกควัน เท่ากับ 45.71 ผลกระทบด้านทัศนวิสัย เท่ากับ 64.70 ผลกระทบด้านความรำคาญ เท่ากับ 62.45 และผลกระทบด้านการหายใจ เท่ากับ 59.24 จากค่าคะแนนสูงสุดเท่ากับ 100 คะแนน ซึ่งชี้ให้เห็นว่าปัญหาหมอกควันจากการเผาในช่วงเดือนดังกล่าวส่งผลกระทบต่อความรู้สึกของประชาชนในจังหวัดแม่ฮ่องสอนในด้านทัศนวิสัยมากกว่าด้านความรำคาญและด้านการหายใจ ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงของค่าคะแนนที่ประชาชนในจังหวัดแม่ฮ่องสอนให้ในแต่ละวัน เปรียบเทียบกับค่าคุณภาพอากาศที่ตรวจวัดได้จริงในวันนั้น ๆ แสดงเป็นกราฟในภาพ 40 เมื่อวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ดังแสดงในตาราง 9 พบว่าจำนวนจุดความร้อน มีความสัมพันธ์ทางบวกกับความคิดเห็นของประชาชนต่อระดับต่อปัญหาหมอกควันและความรำคาญ กล่าวคือ เมื่อเกิดจุดความร้อนขึ้นจะทำให้ปัญหาหมอกควันและ

ความสำคัญเพิ่มขึ้นด้วย ในทำนองเดียวกันปัญหาหมอกควันมีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลกระทบทั้งด้านทัศนวิสัย ด้านความสำคัญและด้านการหายใจ อีกทั้งมีความสัมพันธ์ทางบวกกับดัชนีคุณภาพอากาศและปริมาณฝุ่น

เมื่อวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของดัชนีคุณภาพอากาศ ระดับปัญหาหมอกควัน และผลกระทบทั้ง 3 ด้าน ตามจำนวนจุดความร้อนที่เกิดขึ้นรายวันในเดือนเมษายน 2552 (ตาราง 10) พบว่า ค่าดัชนีคุณภาพอากาศเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนจุดความร้อนเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ค่าดัชนีคุณภาพอากาศยังอยู่ในระดับปานกลางตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศ (ภาคผนวก 9) ซึ่งถือว่าไม่มีผลกระทบต่อบุคคลทั่วไป แต่อาจมีผลกระทบต่อกลุ่มบุคคลที่อ่อนไหวต่อคุณภาพอากาศ จากข้อมูลยังชี้ให้เห็นว่า การที่ภายในจังหวัดแม่ฮ่องสอนมีจุดความร้อนเกิดขึ้นตั้งแต่ 10 จุดขึ้นไป ทำให้ค่าดัชนีคุณภาพอากาศเพิ่มขึ้นมากกว่าครึ่งหนึ่งของค่าขั้นต่ำต่ำสุด (AQI เท่ากับ 51) ของเกณฑ์คุณภาพอากาศระดับปานกลาง และถ้ามีจุดความร้อนเกิดขึ้นตั้งแต่ 50 จุดขึ้นไป จะมีค่าดัชนีคุณภาพอากาศเข้าใกล้ระดับสูงสุด (AQI เท่ากับ 100) ของเกณฑ์คุณภาพอากาศระดับปานกลาง ซึ่งถือว่าเข้าใกล้เกณฑ์ระดับคุณภาพเลวขั้นที่ 1 (AQI เท่ากับ 101-150) การที่จำนวนจุดความร้อนเท่ากับศูนย์ซึ่งหมายถึงไม่มีจำนวนจุดความร้อนเกิดขึ้นในวันนั้น แต่ดัชนีคุณภาพอากาศเฉลี่ย เท่ากับ 63.03 ชี้ให้เห็นว่าจุดความร้อนที่เกิดขึ้นในวันอื่น ๆ มีผลต่อเนื่องต่อคุณภาพอากาศในวันที่แม้จะไม่มีจุดความร้อนเลย



ภาพ 40 การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนปัญหาหมอกควันและผลกระทบเปรียบเทียบกับค่า AQI ที่ตรวจวัดได้

ตาราง 9 ค่าสหสัมพันธ์ของจำนวนจุดความร้อน ระดับคะแนนปัญหาหมอกควันและผลกระทบ และคุณภาพอากาศ ในเดือนเมษายน 2552

	จำนวนจุด ความร้อน	หมอกควัน	ทัศนวิสัย	ความ รำคาญ	การหายใจ	AQI	PM10	SO2	NO2	CO2	O3
จำนวนจุด ความร้อน	1	.601**	.224	.526**	.352	.263	.285	.225	.281	.173	.255
หมอกควัน	.601**	1	.711**	.884**	.859**	.471**	.383*	.276	.350	.350	.444*
ทัศนวิสัย	.224	.711**	1	.720**	.705**	.170	.077	.128	.121	.244	.099
ความ รำคาญ	.526**	.884**	.720**	1	.888**	.335	.214	.204	.220	.199	.502**
การหายใจ	.352	.859**	.705**	.888**	1	.281	.186	.086	.163	.227	.341
AQI	.263	.471**	.170	.335	.281	1	.845**	.403*	.793**	.436*	.665**
PM10	.285	.383*	.077	.214	.186	.845**	1	.656**	.845**	.546**	.458*
SO2	.225	.276	.128	.204	.086	.403*	.656**	1	.586**	.459*	.207
NO2	.281	.350	.121	.220	.163	.793**	.845**	.586**	1	.660**	.306
CO2	.173	.350	.244	.199	.227	.436*	.546**	.459*	.660**	1	.049
O3	.255	.444*	.099	.502**	.341	.665**	.458*	.207	.306	.049	1

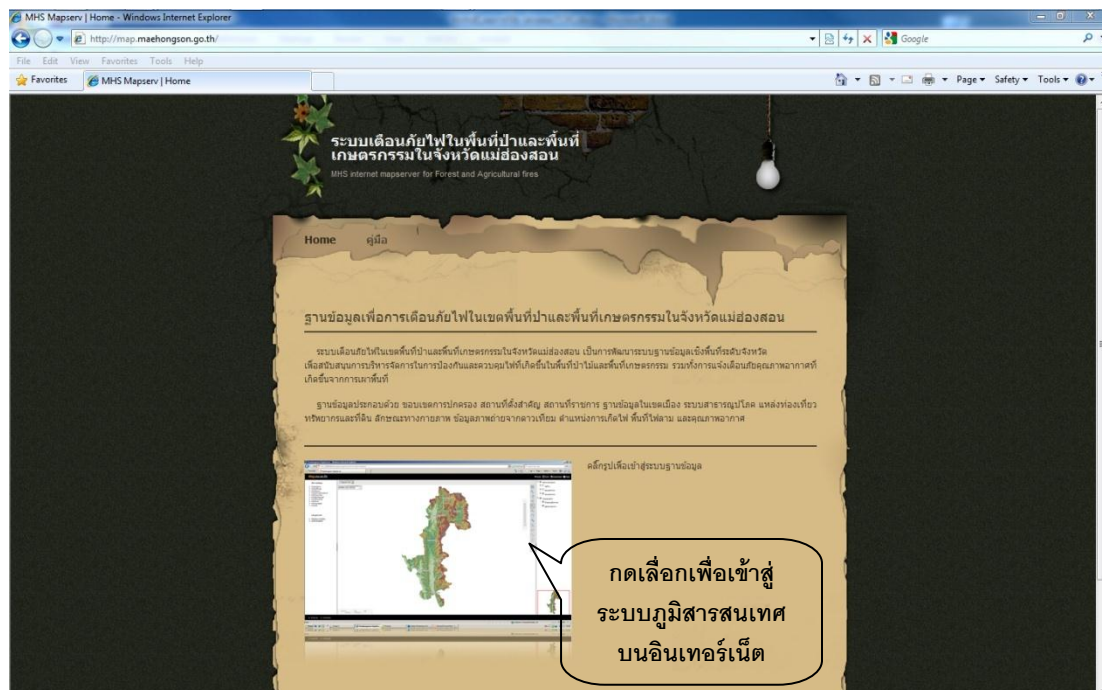
ตาราง 10 ค่าเฉลี่ยของดัชนีคุณภาพอากาศ ปัญหาหมอกควันและผลกระทบ
แบ่งตามจำนวนจุดความร้อนที่สำรวจพบ ในเดือนเมษายน 2552

จำนวนจุด ความร้อน	AQI	หมอกควัน	ทัศนวิสัย	ความ รำคาญ	การหายใจ
0	63.03	42.77	61.51	58.33	56.41
1	50.88	40.95	60.94	55.43	54.32
2	49.50	41.90	65.75	58.78	55.80
6	69.50	50.48	73.44	71.43	63.99
13	79.50	51.43	73.44	71.43	72.92
29	80.50	49.52	71.88	65.48	61.01
33	73.00	60.00	68.36	75.37	73.53
43	88.00	58.82	82.03	71.69	68.01
45	68.00	46.00	68.36	70.31	64.06
53	98.00	52.94	78.13	80.88	68.01
125	65.00	54.12	51.19	77.21	69.85
175	73.50	58.82	76.17	75.37	60.66

6.2 การใช้งาน Internet GIS ไฟป่าและไฟในพื้นที่เกษตรกรรมของจังหวัดแม่ฮ่องสอน

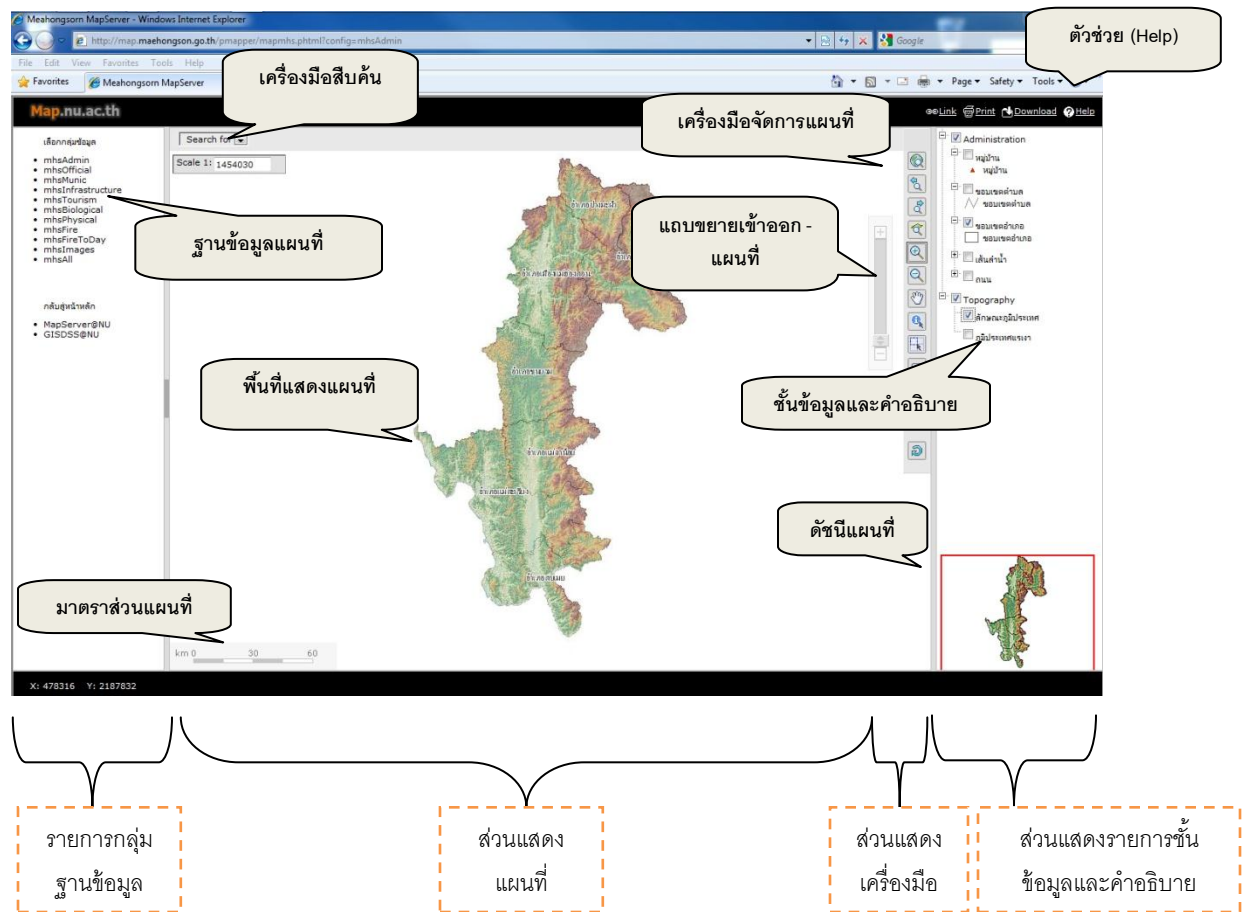
Internet GIS ไฟป่าและไฟในพื้นที่เกษตรกรรมของจังหวัดแม่ฮ่องสอนนี้ สามารถเข้าไปเรียกใช้ผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่ <http://map.maehongson.go.th> โดยมีหน้าต่างและวิธีการใช้งานดังนี้

(1) เปิด Internet Explorer แล้วพิมพ์คำว่า <http://map.maehongson.go.th> เพื่อเข้าสู่หน้าต่างแรกของ Internet GIS ไฟป่าและไฟในพื้นที่เกษตรกรรมของจังหวัดแม่ฮ่องสอน ซึ่งมีหน้าต่างแรกของระบบภูมิสารสนเทศไฟป่าและไฟในพื้นที่เกษตรกรรมของจังหวัดแม่ฮ่องสอนบนอินเทอร์เน็ต ดังภาพ 42 ผู้ใช้สามารถเข้าสู่ระบบภูมิสารสนเทศบนอินเทอร์เน็ตโดยการกดเมาส์ไปที่รูปภาพแผนที่ในหน้าต่างแรกนี้



ภาพ 42 หน้าต่างแรกของระบบภูมิสารสนเทศไฟป่าและไฟในพื้นที่เกษตรกรรม
ของจังหวัดแม่ฮ่องสอนบนอินเทอร์เน็ต

(2) หน้าต่างแรกของระบบภูมิสารสนเทศบนอินเทอร์เน็ตแสดงดังภาพ 43 ซึ่งด้านซ้ายของหน้าต่างแรกนี้เป็นส่วนของรายการกลุ่มฐานข้อมูลแผนที่หมวดต่าง ๆ ส่วนกลางของหน้าต่างเป็นส่วนแสดงแผนที่และเครื่องมือจัดการแผนที่ ส่วนขวามือสุดของหน้าต่างเป็นส่วนแสดงรายการชั้นข้อมูลและคำอธิบายชั้นข้อมูลในฐานข้อมูลหมวดที่เรียกดู



ภาพ 43 หน้าต่างแรกของระบบภูมิสารสนเทศบนอินเทอร์เน็ต

ข้อมูลแผนที่ที่ถูกออกแบบให้แสดงทุกครั้งตามที่กำหนดมาจากระบบโปรแกรม (default) คือ แผนที่หมู่บ้าน และ แผนที่ขอบเขตอำเภอ ส่วนชั้นข้อมูลอื่นๆ ตามที่ปรากฏรายการอยู่นั้น ผู้ใช้ต้องคลิกเลือกใช้งาน (active) โดยการคลิกกล่องสี่เหลี่ยมเล็ก ๆ หน้าชื่อของชั้นข้อมูลต่าง ๆ ที่แสดงรายการไว้ด้วยขวามือสุดของหน้าจอ ในแต่ละรายการชั้นข้อมูลด้านขวามือสุดนี้ สามารถคลิกเมาส์ลงบนชื่อชั้นข้อมูล (ยกเว้นชั้นข้อมูลประเภทภาพ เช่น ข้อมูลในรายการ Topography) เพื่อเลือกใช้คำสั่ง Layer Info (ใช้แสดงข้อมูลของชั้นข้อมูลรายการนี้), Transparency (ใช้แสดงระดับความโปร่งใสของการแสดงแผนที่รายการนี้), หรือ Zoom to Layer (ใช้ดึงภาพแผนที่ที่เลือกจากรายการนี้ออกไป)

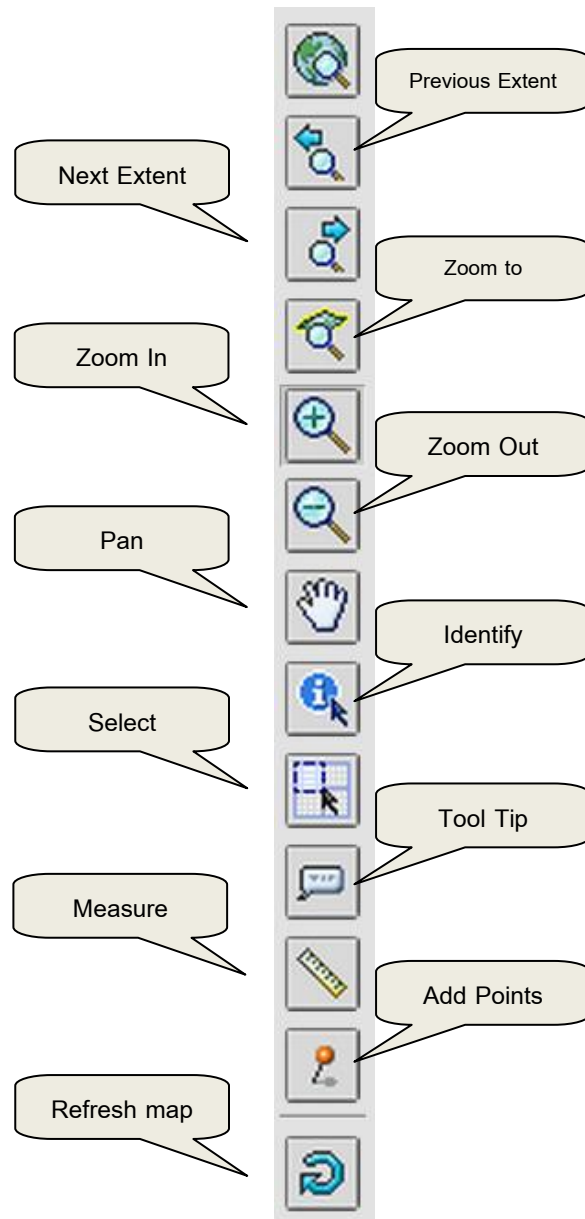
เมื่อเลือกแสดงแผนที่แล้ว อาจจำเป็นต้องใช้เครื่องมือต่าง ๆ (ดังแสดงใน ภาพ 44) ซึ่งจัดเป็นชุดคำสั่งที่ใช้ในการเพิ่มความสามารถในการแสดงแผนที่ของรายการที่เลือกหรือที่ปรากฏในพื้นที่แสดงแผนที่ โดยเครื่องมือจัดการแผนที่หลัก ๆ และวิธีการใช้งาน มีดังนี้

(1) กลุ่มเครื่องมือย่อและขยายแผนที่ ได้แก่ Zoom Full Extent (ย่อให้ครอบคลุมขอบเขตทั้งหมดของแผนที่), Zoom Previous Extent (ย่อให้ครอบคลุมขอบเขตทั้งหมดของแผนที่ที่แสดงไว้ก่อนหน้านี้), Zoom Next Extent (ย่อให้ครอบคลุมขอบเขตทั้งหมดของแผนที่ขั้นต่อไป), Zoom In (ดึงภาพแผนที่ให้เข้าใกล้ โดยการลากเมาส์บนส่วนที่แสดงแผนที่ที่ต้องการดึงแผนที่เข้าใกล้), Zoom Out (ดึงภาพแผนที่ออกไป โดยการลากเมาส์ลงบนส่วนที่แสดงแผนที่ที่ต้องการดึงแผนที่ออกไป), Zoom to Selected (ดึงภาพแผนที่จากชั้นข้อมูลที่เลือก โดยจะแสดงชั้นข้อมูลที่เลือกที่เป็นรายการแรกสุด) และ Pan (เลื่อนแผนที่ โดยการใช้เมาส์จับเลื่อนแผนที่โดยตรงจากส่วนแสดงแผนที่)

(2) กลุ่มเครื่องมือสืบค้น ได้แก่ Identify (บ่งชี้ข้อมูลแผนที่ โดยการคลิกเมาส์ลงบนส่วนแสดงแผนที่ แล้วจะปรากฏรายละเอียดของชั้นข้อมูลต่าง ๆ ที่เลือกไว้), Select (เลือกข้อมูลจากแผนที่), Measure (วัดระยะทางบนแผนที่) และ Tool Tip (โดยการคลิกเมาส์ลงบนตัวแผนที่เพื่อแสดงชื่อ)

(3) เครื่องมืออื่น ๆ ได้แก่ Add Points (เพิ่มจุดลงบนแผนที่) Refresh map (ใช้กรณีระบบการทำงานค้าง จึงอาจใช้คำสั่งนี้เพื่อให้ระบบเริ่มทำงานใหม่)

สารบัญข้อมูลในแต่ละรายการกลุ่มฐานข้อมูลที่แสดงไว้ด้านซ้ายมือของหน้าจอแสดงรายชื่อทั้งหมดไว้ในภาคผนวก 11



ภาพ 44 เครื่องมือต่างๆ ในระบบภูมิสารสนเทศบนอินเทอร์เน็ต