



## รายงานการวิจัย

ผลกระทบของไฟป่าต่อความสมบูรณ์ของป่าไม้และคุณภาพ  
อากาศในจังหวัดเชียงใหม่

Impacts of forest fire on the forest fertility and air quality  
in Chiang Mai Province



ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว



## รายงานการวิจัย

ผลกระทบของไฟป่าต่อความสมบูรณ์ของป่าไม้และคุณภาพ  
อากาศในจังหวัดเชียงใหม่

(Impacts of forest fire on the forest fertility and air quality  
in Chiang Mai Province)

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พงศ์เทพ สุวรรณวารี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2554

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

มิถุนายน 2558

## บทคัดย่อภาษาไทย

**ชื่อโครงการ** ผลกระทบของไฟป่าต่อความสมบูรณ์ของป่าไม้และคุณภาพอากาศในจังหวัดเชียงใหม่

**คณะผู้วิจัย** 1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พงศ์เทพ สุวรรณวารี (หัวหน้าโครงการวิจัย)

2. นายฉัตร พยุงวิวัฒน์กุล (นักวิจัยหลักประจำโครงการ)

## บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์หลักของการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ คือเพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของจุดเกิดไฟป่ากับปัจจัยด้านภูมิประเทศและลักษณะของการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (LULC) ของจังหวัดเชียงใหม่ ช่วง พ.ศ. 2552-2556 รวมถึงการประเมินผลกระทบของไฟป่า ต่อการสูญเสียหรือเสื่อมสภาพของพื้นที่ป่าไม้ในจังหวัดเชียงใหม่ (อิงตามแผนที่ประเภทป่าไม้จากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat และดัชนีพืชพรรณ EVI จากภาพ MODIS) และต่อการเกิดมลภาวะทางอากาศของจังหวัดเชียงใหม่ทั้งเชิงเวลาและเชิงพื้นที่ (อิงตามข้อมูลที่ได้มาจากการตรวจวัดภาคพื้นดินและดัชนีคุณภาพอากาศ NDAI ที่พัฒนาขึ้นจากภาพ MODIS) จุดไฟจะพบมากที่สุดในเดือนมีนาคม โดยพบในเขตป่าเบญจพรรณมากที่สุด (53.9%) รองลงไปคือเขตพื้นที่เกษตรกรรม (23.8%) และในเขตป่าไม้สมบูรณ์ (16.2%) จุดไฟส่วนใหญ่อยู่ใกล้แนวถนน ระยะไม่เกิน 1 กม. (71.0%) บ่งชี้ว่าน่าจะเกิดจากการกระทำของมนุษย์ นอกจากนี้ ยังพบว่ามีความถี่ของจุดไฟอยู่ในเขตที่สูงมาก (อาทิ > 1000 เมตร) อยู่มากพอควรซึ่งคาดว่าน่าจะเกิดจากการทำไร่เลื่อนลอย จากการตรวจสอบพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ (burned area) พบว่าอยู่ในเขตป่าเบญจพรรณมากที่สุด รองลงไปคือเขตป่าสมบูรณ์และพื้นที่เกษตรกรรมในจำนวนใกล้เคียงกัน สิ่งนี้บ่งชี้ว่าการเกิดไฟรุนแรงในเขตป่าไม้ อาจทำให้เกิดผลกระทบเชิงนิเวศอย่างสำคัญของป่าขึ้นได้ นอกจากนี้จากการศึกษาพบว่าดัชนีคุณภาพอากาศ NDAI ที่พัฒนาขึ้นมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงเป็นอย่างสูงกับค่า PM10 อ้างอิงที่ใช้ ( $R^2 = 0.661$ ) และแผนที่ความเข้มข้นของสาร PM10 ที่สร้างมาจากดัชนี NDAI ดังกล่าว ซึ่งครอบคลุมทั้งจังหวัดและมีค่าความถูกต้องสูง (ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยประมาณ 18%) สามารถนำไปพัฒนาเป็นแผนที่คุณภาพอากาศ (AQI map) สำหรับการเตือนภัยเชิงสุขภาพให้กับประชาชนในจังหวัดได้อย่างรวดเร็วและเป็นปัจจุบัน

**คำสำคัญ** : ไฟป่า มลพิษทางอากาศ ดัชนีคุณภาพอากาศ PM10 MODIS

## บทคัดย่อภาษาอังกฤษ

**Title** Impacts of forest fire on the forest fertility and air quality in Chiang Mai Province

**Authors** 1. Asst.Prof. Dr. Pongthep Suwanwaree (Project leader)  
2. Mr. Chat Phayungwiwatthanakoon (Main project researcher)

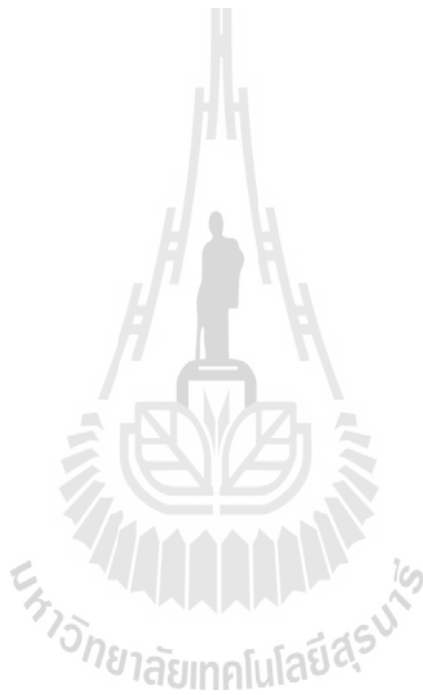
### ABSTRACT

Main objectives of this study are to evaluate relationship of forest fire locations and topography-related factors as well as land-use/land-cover (LULC) characteristics of Chiang Mai Province during 2009-2013 and to assess impact of forest fire on forest loss or degradation (based on forest type data extracted from Landsat imagery and MODIS-based vegetation index: EVI) and on air pollution intensification in both space and time aspects (based on the ground-based measurement data and the air quality index NDAI developed from the MODIS imager). Fire incidences were seen the most in March and, in total, about 53.9% were located in the deciduous forest, 23.8% in agricultural area and 16.2% in the fertile forest land. About 71% of the observed fires were found less than 1 km away from road network indicating that they should be initiated by human activities. Moreover, considerable amount of the active fire spots were located at very high altitude (e.g. > 1,000 m) which was believed to be result of the drifting agriculture. Investigation of the burned area revealed that it happened in the deciduous forest the most followed by the fertile forest and the agricultural land. This finding indicates that severe fire event seen in the forest might cause significant impact on forest ecosystem as a result. Moreover, the study shows that the developed NDAI data have high linear correlation with the reference PM10 data in use ( $R^2 = 0.661$ ). And the formulated PM10 map from the derived NDAI data covering the whole provincial area with high accuracy (average error of 18%) was able to create air quality map (AQI map) to support rapid and up-to-date health warning process to people in the province.

**Keywords** : Forest fire, Air pollution, Air quality index, PM10, MODIS

## กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยใคร่ขอแสดงความขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (มทส.) ในการสนับสนุนทุนวิจัยประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2554 รวมถึงคณะทำงานในการรวบรวม วิเคราะห์และแปลผลข้อมูลต่าง ๆ โดยเฉพาะนายฉัตร พยุ่งวิวัฒน์กุล และขอขอบคุณสาขาวิชาการรับรู้จากระยะไกล สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี สำหรับการสนับสนุนอุปกรณ์คอมพิวเตอร์และโปรแกรมจัดการข้อมูลที่เป็นต่อการทำวิจัย รวมถึงความอนุเคราะห์บุคลากรผู้เชี่ยวชาญเป็นที่ปรึกษาต่อเนื่องในการดำเนินงานจนโครงการสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี



## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	จ
สารบัญภาพ.....	ฉ
<b>บทที่ 1 บทนำ.....</b>	<b>1</b>
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการวิจัย.....	1
1.2 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง.....	3
1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย.....	4
1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย.....	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการวิจัย.....	4
1.6 พื้นที่ศึกษา.....	4
<b>บทที่ 2 กระบวนการศึกษาวิจัย.....</b>	<b>7</b>
2.1 การรวบรวมและจัดเตรียมข้อมูลพื้นฐาน.....	9
2.2 การสร้างแผนที่คุณภาพอากาศ.....	16
<b>บทที่ 3 ผลการศึกษา.....</b>	<b>18</b>
3.1 การวิเคราะห์ตำแหน่งจุดเกิดไฟฟ้าและความสัมพันธ์กับปัจจัยที่กำหนด.....	18
3.2 การประเมินผลกระทบของไฟฟ้าที่มีต่อพื้นที่ป่าไม้ในจังหวัดเชียงใหม่.....	34
3.3 การประเมินระดับมลภาวะทางอากาศเนื่องจากเขม่าควันจากไฟฟ้า ในเขตจังหวัดเชียงใหม่.....	46
<b>บทที่ 4 บทสรุป.....</b>	<b>60</b>
4.1 สรุปผลการศึกษา.....	60
4.2 ข้อเสนอแนะ.....	61
บรรณานุกรม.....	62
ประวัติผู้วิจัย.....	65

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ประเภทของข้อมูลหลักสำหรับการศึกษาวิจัย.....	8
ตารางที่ 2.2 สัดส่วนพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของจังหวัดเชียงใหม่ (จากรูปที่ 2.4).....	14
ตารางที่ 2.3 ตารางที่ 2.3 ความหมายของค่า AQI ที่คำนวณได้จากสมการที่ 2.1.....	16
ตารางที่ 2.4 ตัวอย่างการจำแนกค่า AQI (จาก 0-500) ออกเป็นระดับ ๆ ตามปริมาณของสารปนเปื้อน.....	17
ตารางที่ 2.5 เป้าหมายขององค์การอนามัยโลก (WHO) ในการลดระดับปริมาณ สารปนเปื้อนพวก PM.....	17
ตารางที่ 3.1 ข้อมูลจำนวนจุดไฟของจังหวัดเชียงใหม่ช่วงฤดูไฟป่า พ.ศ. 2552-2556 จากภาพ MODIS.....	19
ตารางที่ 3.2 ข้อมูลการกระจายตัวของจุดไฟในจังหวัดเชียงใหม่ช่วงฤดูไฟป่า พ.ศ. 2552-2556.....	32
ตารางที่ 3.3a ข้อมูลพื้นที่ไฟไหม้ในจังหวัดเชียงใหม่ช่วงฤดูไฟป่า พ.ศ. 2552-2556 จากภาพ MODIS.....	34
ตารางที่ 3.3b ข้อมูลพื้นที่ไฟไหม้ในจังหวัดเชียงใหม่ช่วงฤดูไฟป่า พ.ศ. 2552-2556 แยกตาม LULC.....	34
ตารางที่ 3.4 ข้อมูลค่าความเข้มข้นของสารปนเปื้อน PM10 เฉลี่ยช่วงฤดูไฟป่าปี พ.ศ. 2539-2557.....	46

## สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 ตัวอย่างภาพหมอกควันซึ่งเป็นมลพิษทางอากาศปกคลุมตัวเมือง จ.เชียงใหม่ ช่วงฤดูไฟป่า.....	2
รูปที่ 1.2 ลักษณะภูมิประเทศของจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดใกล้เคียง อาทิ ลำพูน ลำปาง แม่ฮ่องสอน.....	5
รูปที่ 1.3 แผนที่ขอบเขตการปกครองระดับอำเภอและขอบเขตลุ่มน้ำของจังหวัดเชียงใหม่.....	6
รูปที่ 2.1 ผังการทำงานในภาพรวม.....	8
รูปที่ 2.2 แผนที่ความสูงต่ำ (DEM) ของจังหวัดเชียงใหม่.....	10
รูปที่ 2.3 แผนที่ความลาดเอียงของพื้นที่ในจังหวัดเชียงใหม่.....	11
รูปที่ 2.4 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดิน (LULC map) ของจังหวัดเชียงใหม่ พ.ศ. 2551.....	12
รูปที่ 2.5 แผนที่เชิงสังคมและเศรษฐกิจ (ขอบเขตการปกครอง/โครงข่ายถนน/ ศูนย์กลางอำเภอ).....	13
รูปที่ 2.6 ตัวอย่างภาพของจุดเกิดไฟในเขตจังหวัดเชียงใหม่เครื่อง MODIS.....	14
รูปที่ 3.1a แผนที่จุดไฟจากฐานข้อมูล MODIS ช่วงฤดูไฟป่าของปี พ.ศ. 2552.....	14
รูปที่ 3.1b แผนที่จุดไฟจากฐานข้อมูล MODIS ช่วงฤดูไฟป่าของปี พ.ศ. 2553.....	14
รูปที่ 3.1c แผนที่จุดไฟจากฐานข้อมูล MODIS ช่วงฤดูไฟป่าของปี พ.ศ. 2554.....	14
รูปที่ 3.1d แผนที่จุดไฟจากฐานข้อมูล MODIS ช่วงฤดูไฟป่าของปี พ.ศ. 2555.....	14
รูปที่ 3.1e แผนที่จุดไฟจากฐานข้อมูล MODIS ช่วงฤดูไฟป่าของปี พ.ศ. 2556.....	14
รูปที่ 3.2 แผนที่จุดไฟจากฐานข้อมูล MODIS ช่วงฤดูไฟป่าของปี พ.ศ. 2552-2556.....	25
รูปที่ 3.3 ข้อมูลการกระจายตัวของจุดไฟบนแผนที่ความสูงต่ำของภูมิประเทศ.....	27
รูปที่ 3.4 ข้อมูลการกระจายตัวของจุดไฟบนแผนที่ความลาดเอียงของภูมิประเทศ.....	28
รูปที่ 3.5 ข้อมูลการกระจายตัวของจุดไฟบนแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน.....	29
รูปที่ 3.6 ข้อมูลการกระจายตัวของจุดไฟบนแผนที่สังคม-เศรษฐกิจ (โครงข่ายถนน).....	30
รูปที่ 3.7 ข้อมูลการกระจายตัวของจุดไฟบนแผนที่สังคม-เศรษฐกิจ (ศูนย์กลางอำเภอ).....	31
รูปที่ 3.8a แผนที่พื้นที่ไฟไหม้ช่วงฤดูไฟป่าของปี พ.ศ. 2552.....	35
รูปที่ 3.8b แผนที่พื้นที่ไฟไหม้ช่วงฤดูไฟป่าของปี พ.ศ. 2553.....	36
รูปที่ 3.8c แผนที่พื้นที่ไฟไหม้ช่วงฤดูไฟป่าของปี พ.ศ. 2554.....	37
รูปที่ 3.8d แผนที่พื้นที่ไฟไหม้ช่วงฤดูไฟป่าของปี พ.ศ. 2555.....	38
รูปที่ 3.8e แผนที่พื้นที่ไฟไหม้ช่วงฤดูไฟป่าของปี พ.ศ. 2556.....	39
รูปที่ 3.9 แผนที่พื้นที่ไฟไหม้จากฐานข้อมูล MODIS ฤดูไฟป่าปี พ.ศ. 2552-2556.....	40



รูปที่ 3.10	ตัวอย่างรูปพื้นที่ป่าไม้ก่อน (ก) และหลัง (ข) การถูกเผาไหม้ ที่พบจากภาพความละเอียดสูง.....	41
รูปที่ 3.11	แผนที่ดัชนีพืชพรรณ EVI ก่อน/หลังช่วงฤดูไฟป่า พ.ศ. 2552-2556 จากข้อมูล MODIS.....	42
รูปที่ 3.12	การผันแปรของค่า PM10 เฉลี่ยช่วงฤดูไฟป่าระหว่างปี พ.ศ. 2539-2557.....	46
รูปที่ 3.13	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า NDAI และค่า PM10 อ้างอิงที่ใช้ในการศึกษา.....	47
รูปที่ 3.14	ความสัมพันธ์ระหว่าง PM10 ที่คำนวณได้จากค่า NDAI (ตามสมการที่ 3.1) และค่า PM10 อ้างอิง.....	47
รูปที่ 3.15	รูปที่ 3.15 การเปรียบเทียบค่าสารปนเปื้อน PM10 ที่คำนวณได้ จากค่า NDAI และค่า PM10 อ้างอิง.....	48
รูปที่ 3.16	การผันแปรของค่า PM10 เฉลี่ยรายวันช่วงฤดูไฟป่า พ.ศ. 2553.....	49
รูปที่ 3.17a	ภาพ MODIS แสดงชั้นหมอกควันปกคลุม จ.เชียงใหม่ วันที่ 4 เมษายน พ.ศ. 2553..	49
รูปที่ 3.17b	ภาพ MODIS แสดงชั้นหมอกควันปกคลุม จ.เชียงใหม่ วันที่ 5 เมษายน พ.ศ. 2553..	50
รูปที่ 3.17c	ภาพ MODIS แสดงชั้นหมอกควันปกคลุม จ.เชียงใหม่ วันที่ 6 เมษายน พ.ศ. 2553..	50
รูปที่ 3.17d	ภาพ MODIS แสดงชั้นหมอกควันปกคลุม จ.เชียงใหม่ วันที่ 7 เมษายน พ.ศ. 2553..	51
รูปที่ 3.17e	ภาพ MODIS แสดงชั้นหมอกควันปกคลุม จ.เชียงใหม่ วันที่ 8 เมษายน พ.ศ. 2553..	51
รูปที่ 3.17f	ภาพ MODIS แสดงชั้นหมอกควันปกคลุม จ.เชียงใหม่ วันที่ 9 เมษายน พ.ศ. 2553..	52
รูปที่ 3.18a	แผนที่ค่า PM10 รายวัน (จากค่า NDAI) และค่า AQI วันที่ 4 เมษายน พ.ศ. 2553...	53
รูปที่ 3.18b	แผนที่ค่า PM10 รายวัน (จากค่า NDAI) และค่า AQI วันที่ 5 เมษายน พ.ศ. 2553...	54
รูปที่ 3.18c	แผนที่ค่า PM10 รายวัน (จากค่า NDAI) และค่า AQI วันที่ 6 เมษายน พ.ศ. 2553...	55
รูปที่ 3.18d	แผนที่ค่า PM10 รายวัน (จากค่า NDAI) และค่า AQI วันที่ 7 เมษายน พ.ศ. 2553...	56
รูปที่ 3.18e	แผนที่ค่า PM10 รายวัน (จากค่า NDAI) และค่า AQI วันที่ 8 เมษายน พ.ศ. 2553...	57
รูปที่ 3.18f	แผนที่ค่า PM10 รายวัน (จากค่า NDAI) และค่า AQI วันที่ 9 เมษายน พ.ศ. 2553...	58

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการวิจัย

ไฟป่า (forest fire/wildfire) ถือเป็นภัยธรรมชาติรุนแรงที่มักพบเกิดขึ้นในช่วงเดือนที่มีอากาศแห้งแล้งของประเทศไทยโดยเฉพาะระหว่างเดือนธันวาคมถึงเมษายนของแต่ละปี (เรียกว่าเป็นฤดูไฟป่า) โดยเหตุการณ์นี้พบมากที่สุดในเขตภาคเหนือและภาคตะวันตกของประเทศไทย ซึ่งยังคงมีป่าไม้สมบูรณ์อยู่เป็นจำนวนมาก ก่อให้เกิดผลกระทบเป็นอย่างสูงต่อระบบนิเวศป่าไม้และต่อคุณภาพอากาศโดยรวม (ส่วนควบคุมไฟป่า, 2553) ทั้งนี้ สาเหตุหลักของการเกิดไฟป่ามักเกิดจากการกระทำของมนุษย์ทั้งส่วนที่ทำโดยตั้งใจและไม่ตั้งใจ ซึ่งถ้าหากว่ามีสภาพแวดล้อมที่เอื้ออำนวยแล้ว (เช่นอากาศแห้ง ลมพัดรุนแรง มีเชื้อไฟในรูปพืชพรรณที่ติดไฟง่ายเป็นจำนวนมาก) ไฟป่าที่เกิดขึ้นสามารถจะขยายตัวและลุกลามไปได้อย่างรวดเร็ว กลายเป็นแนวของไฟรุนแรงซึ่งมีอุณหภูมิสูงมากและยากต่อการควบคุมให้จำกัดวงแคบลงหรือทำให้ลดระดับความรุนแรงของไฟลงไปได้ในระยะเวลานาน ซึ่งอาจส่งผลทำให้เกิดความสูญเสียหรือเกิดความเสื่อมโทรมต่อพื้นที่ป่าไม้เป็นจำนวนมากตามมารวมถึงเกิดอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สินของผู้ที่อยู่ในเขตเสี่ยงต่ออันตรายจากไฟป่าดังกล่าวด้วย โดยข้อมูลจากรายงานของส่วนควบคุมไฟป่าแสดงว่าในระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ.2552 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2553 มีการเกิดไฟป่าทั่วประเทศรวมทั้งสิ้น 6,763 ครั้ง รวมเป็นพื้นที่ทั้งหมด 81,509 ไร่ (ส่วนควบคุมไฟป่า, 2553)

ด้วยเหตุนี้ การวางแผนเพื่อการเฝ้าระวังป้องกันและการติดตามตรวจสอบแนวการกระจายตัวและความรุนแรงของไฟป่าอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมและต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์และสัตว์ป่าโดยรวมจึงถือเป็นเรื่องจำเป็นและสามารถดำเนินการโดยการประยุกต์เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ (โดยเฉพาะภาพถ่ายดาวเทียม) มาเป็นอุปกรณ์สำคัญในการสนับสนุนการทำงานดังกล่าว เพราะภาพถ่ายดาวเทียมช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน (Thermal Infrared: TIR) สามารถใช้เพื่อตรวจสอบคลื่นความร้อนที่แผ่ออกมาจากจุดเกิดไฟป่าได้เป็นอย่างดี ทำให้สามารถระบุตำแหน่ง ความรุนแรงและขอบเขตของการเกิดไฟได้อย่างน่าเชื่อถือ และสามารถตรวจสอบจุดเกิดไฟป่าได้ครั้งละเป็นจำนวนมากครอบคลุมพื้นที่ต่อเนื่องเป็นบริเวณกว้าง รวมถึงเขตที่เข้าถึงได้ยากหรือตรวจสอบได้ยากโดยการสังเกตภาคพื้นดินตามปกติ (Cahoon et al. 2000, San-Miguel-Ayanz et al. 2005)

จังหวัดเชียงใหม่ถือได้ว่าเป็นศูนย์กลางทางการเมืองการปกครอง การท่องเที่ยวและการพัฒนาประเทศในเขตภาคเหนือตอนบนของประเทศไทยมาเป็นเวลายาวนาน และมักประสบกับปัญหาไฟป่ารุนแรงเกิดขึ้นเป็นประจำทุกปีในช่วงฤดูไฟป่า (โดยเฉพาะเดือนมีนาคม) โดยเฉพาะในเขตพื้นที่ห่างไกลจากเขตเมืองศูนย์กลาง โดยส่วนใหญ่มักเป็นการเผาป่าเพื่อปรับปรุงหรือขยายพื้นที่เพาะปลูกพืชพรรณ

ในภาคเกษตร ส่งผลทำให้เกิดเขม่าควันพิษจำนวนมากแพร่กระจายเข้าสู่พื้นที่เขตเมืองและชุมชนที่ตั้งอยู่ใกล้กับจุดเกิดไฟรุนแรงต่อเนื่องเป็นเวลานานหลายวันหรือว่าเป็นอาทิตย์ (รวมกับเขม่าควันที่เกิดมาจากแหล่งกำเนิดไฟป่านอกประเทศ) ก่อให้เกิดเป็นปัญหามลภาวะทางอากาศรุนแรง (เช่นในรูปที่ 1.1) ซึ่งสมควรต้องได้รับการวางแผนป้องกันแก้ไขอย่างเร่งด่วนโดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ทั้งในระดับท้องถิ่นและระดับชาติ โดยเฉพาะการควบคุมจำนวนและระดับความรุนแรงของพื้นที่ไฟ (โดยเฉพาะในเขตซึ่งมีความเสี่ยงต่อการเกิดไฟป่าสูง) รวมถึงการพัฒนาระบบเตือนภัยล่วงหน้าอย่างทันท่วงที (อิงจากแผนที่ไฟป่าตามเวลา ปริมาณเขม่าควัน และทิศทางของกระแสลมเหนือพื้นดิน) (มงคล ราชณรงค์, 2553)

ด้วยเหตุนี้ คณะผู้วิจัยจึงเสนอโครงการวิจัยนี้ขึ้นเพื่อใช้เป็นต้นแบบของการประเมินผลกระทบจากไฟป่าต่อความสมบูรณ์ของป่าไม้และต่อคุณภาพอากาศของประเทศไทย อย่างมีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับความต้องการของส่วนท้องถิ่นและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง โดยใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ (geoinformatics technology) เป็นหลักในการทำงาน โดยใช้เหตุการณ์ไฟป่าและผลกระทบที่เกิดขึ้นในจังหวัดเชียงใหม่ระหว่างปี พ.ศ.2552-2556 เป็นกรณีศึกษา



รูปที่ 1.1 ตัวอย่างภาพหมอกควันซึ่งเป็นมลพิษทางอากาศปกคลุมตัวเมือง จ.เชียงใหม่ ช่วงฤดูไฟป่า  
ที่มา: <http://www.oholanna.com/ohoNews.php?nID=1005>

## 1.2 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง

ไฟป่า (forest fire) โดยนิยามทั่วไปคือ กลุ่มของไฟขนาดใหญ่ซึ่งเผาไหม้อยู่ในเขตป่าไม้รูปแบบต่าง ๆ ทั้งนี้ มันถือเป็นภัยธรรมชาติรุนแรงซึ่งปรากฏอยู่ทั่วโลกโดยเฉพาะในพื้นที่เขตร้อน (tropical zone) เช่นป่าฝนในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้หรือทวีปอเมริกาใต้หรือในป่าโปร่งเขตทุ่งหญ้าสะวันนาของทวีปแอฟริกาหรือทวีปออสเตรเลีย รวมถึงไฟป่าที่พบในสหรัฐอเมริกาและในป่าสนแถบขั้วโลกเหนือ เช่นที่พบในเขตประเทศรัสเซีย (Chongo et al. 2007; Wang et al. 2008; Urbanski et al. 2009) เนื่องจากไฟป่ามักก่อให้เกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ และก่อให้เกิดให้เกิดมลภาวะทางอากาศได้เป็นอย่างมาก ทำให้มีการศึกษาวิจัยเป็นจำนวนมาก ที่พยายามทำความเข้าใจในธรรมชาติของการเกิดไฟป่าในแต่ละท้องถิ่นหรือแต่ละภูมิภาคทั่วโลก รวมไปถึงการประเมินผลกระทบของไฟป่าที่เกิดขึ้นแต่ละครั้ง ซึ่งในการดำเนินการดังกล่าวมักมีการนำเทคโนโลยีสารสนเทศ เช่นภาพถ่ายดาวเทียมหรือการจัดการฐานข้อมูลโดยระบบ GIS เข้ามาช่วยในการศึกษาวิจัยอย่างต่อเนื่อง (San-Miguel-Ayanz et al. 2005) โดยงานวิจัยที่พบโดยทั่วไปอาจแยกออกได้เป็น 3 กลุ่มหลัก ดังนี้

1. การตรวจสอบตำแหน่ง ขนาด ระดับความรุนแรง และรูปแบบการกระจายตัวของไฟ โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมช่วงคลื่นแสงขาวและช่วงคลื่น TIR อาทิในงานของ Chongo et al. (2007); Wang et al. (2007; 2008) และ Takahata et al. (2010)

2. การประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดไฟป่า ตามปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดและการกระจายตัวของไฟ เช่น ลักษณะพืชพรรณ ลักษณะภูมิประเทศ หรือ ลักษณะสภาพอากาศ เป็นต้น อาทิในงานของ Jaiswal (2002); Hernandez-Leal et al. (2006); Siljander (2009) และ Maeda et al. (2010)

3. การประเมินผลกระทบของไฟป่าต่อสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ (โดยเฉพาะระบบนิเวศในป่าไม้) และการเกิดมลภาวะทางอากาศรุนแรง โดยเฉพาะที่เกิดจากพวงสารแขวนลอยขนาดเล็ก (PM) และก๊าซ CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, และ CO อาทิในงานของ Jeong et al. (2008); Liu et al. (2009) และ Urbanski et al. (2009)

สำหรับในประเทศไทย การนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้ในการศึกษาผลกระทบของไฟป่าอย่างเป็นระบบยังไม่ปรากฏว่ามีชัดเจน งานที่พบส่วนใหญ่มักเป็นการนำภาพถ่ายดาวเทียมในช่วงคลื่น TIR มาแปลความเพื่อจัดทำเป็นแผนที่ไฟป่ารายวันหรือรายเดือน [ดูตัวอย่างในส่วนป้องกันไฟป่า (2553)] แต่การศึกษาวินิจฉัยต่อยอดจากงานดังกล่าว เพื่อวิเคราะห์ถึงผลกระทบของไฟป่าที่พบต่อสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติหรือต่อคุณภาพอากาศในพื้นที่เขตเกิดไฟยังพบน้อยมาก อาทิในงานของ Teerachai Amnauylawjarum et al. (2010) ด้วยเหตุนี้ การศึกษาวินิจฉัยที่กำหนดตามวัตถุประสงค์ของโครงการนี้ จึงอาจถือเป็นงานต้นแบบของการบูรณาการเทคโนโลยีสารสนเทศ มาใช้ในการศึกษาผลกระทบของไฟป่าในประเทศไทยอย่างเป็นระบบ โดยเฉพาะต่อการสูญเสียหรือเสื่อมสภาพของพื้นที่ป่าไม้สมบูรณ์ และการเกิดมลภาวะทางอากาศรุนแรงจากเขม่าควันพิษที่เกิดมาจากไฟดังกล่าว

### 1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.3.1 เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการเกิดไฟป่ากับปัจจัยด้านภูมิประเทศและลักษณะของการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (LULC) ของจังหวัดเชียงใหม่ (พ.ศ. 2552-2556)

1.3.2 เพื่อประเมินผลกระทบของไฟป่า ต่อการสูญเสียหรือเสื่อมสภาพของพื้นที่ป่าไม้ในจังหวัดเชียงใหม่ อิงตามแผนที่ประเภทของป่าไม้ที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมและดัชนีที่กำหนด

1.3.3 เพื่อประเมินผลกระทบของการเกิดไฟป่า ต่อการเกิดมลภาวะทางอากาศของจังหวัดเชียงใหม่ ทั้งเชิงเวลาและเชิงพื้นที่ อิงตามข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดภาคพื้นดิน และดัชนีคุณภาพอากาศที่พัฒนาขึ้นจากภาพถ่ายดาวเทียม

### 1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.4.1 พื้นที่ศึกษา คือพื้นที่ในเขตจังหวัดเชียงใหม่ทั้งหมด

1.4.2 ระยะเวลาในการศึกษาคือระยะ 5 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552-2556 (เฉพาะช่วงฤดูไฟป่า)

### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการวิจัย

1.5.1 ความรู้เกี่ยวกับผลกระทบของไฟป่าต่อพื้นที่ป่าไม้ในเขตจังหวัดเชียงใหม่ อิงตามแผนที่ประเภทของป่าไม้ที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมและดัชนีพืชพรรณที่กำหนด

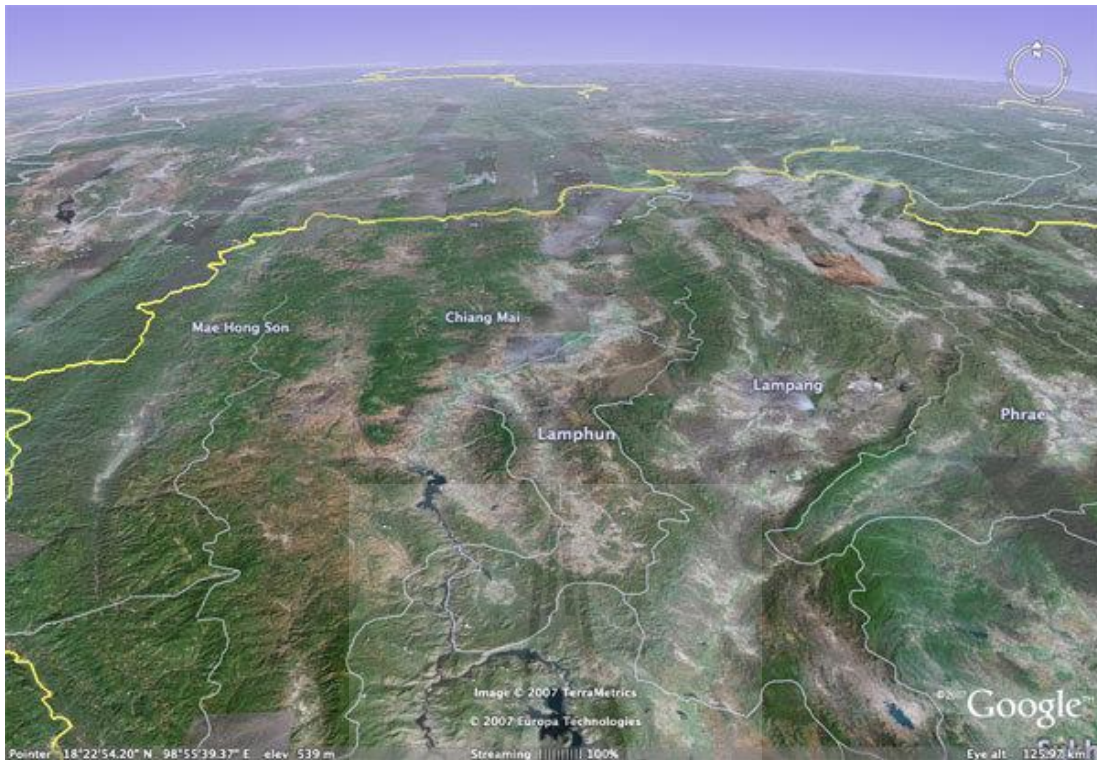
1.5.2 ความรู้เกี่ยวกับผลกระทบของการเกิดไฟป่า ต่อการเกิดมลภาวะทางอากาศของจังหวัดเชียงใหม่ ทั้งเชิงเวลาและเชิงพื้นที่ อิงตามข้อมูลภาคพื้นดิน และดัชนีคุณภาพอากาศที่พัฒนาขึ้น

### 1.6 พื้นที่ศึกษา

จังหวัดเชียงใหม่ตั้งอยู่ในเขตภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย แบ่งเขตพื้นที่ปกครองออกเป็น 25 อำเภอ ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 20,107 ตารางกิโลเมตร มีประชากรทั้งสิ้นประมาณ 1,666,888 คน ในปี พ.ศ. 2556 (กรมการปกครอง, 2557) พื้นที่ด้านเหนือมีอาณาเขตติดกับเขตรัฐฉานของประเทศพม่า โดยมีแนวเทือกเขาสูงเป็นเส้นกั้นอาณาเขต มีอำเภอที่ตั้งอยู่ตามแนวชายแดนดังกล่าวคือ อำเภอแม่ฮาด อำเภอฝาง อำเภอเชียงดาว อำเภอเวียงแหง อำเภอไชยปราการ รวมเป็นระยะทางทั้งสิ้น 227 กิโลเมตร ภูมิประเทศโดยทั่วไปแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะคือ (ดูรูปที่ 1.2 และ 1.3 ประกอบ)

1. เขตเทือกเขาสูงสลับซับซ้อน ส่วนใหญ่ตั้งอยู่ทางทิศเหนือและทิศตะวันตกของตัวจังหวัด (ประมาณ 80% ของพื้นที่ทั้งหมด) เป็นที่อยู่ของป่าไม้ดงดิบสมบูรณ์ รวมถึงเป็นเขตกำเนิดของแม่น้ำปิง ซึ่งเป็นต้นน้ำสำคัญของแม่น้ำเจ้าพระยาอันเป็นแม่น้ำสายหลักของที่ราบภาคกลาง โดยป่าไม้ที่พบมีอยู่หลายประเภท อาทิ ป่าดิบเขา ป่าดิบแล้ง ป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรัง และป่าเต็งรังผสมป่าสนเขา

2. เขตพื้นที่ราบลุ่มน้ำและที่ราบเชิงเขา ซึ่งมักพบกระจายตัวอยู่ระหว่างหุบเขาและตามลำน้ำสำคัญในแนวเหนือใต้ อาทิที่ราบลุ่มน้ำปิง ลุ่มน้ำฝาง และลุ่มน้ำแม่งัด และถือเป็นเขตเพาะปลูกที่สำคัญ



รูปที่ 1.2 ลักษณะภูมิประเทศของจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดใกล้เคียง อาทิ ลำพูน ลำปาง แม่ฮ่องสอน  
ที่มา: <http://www.oknation.net/blog/akom/2008/03/27/entry-1>

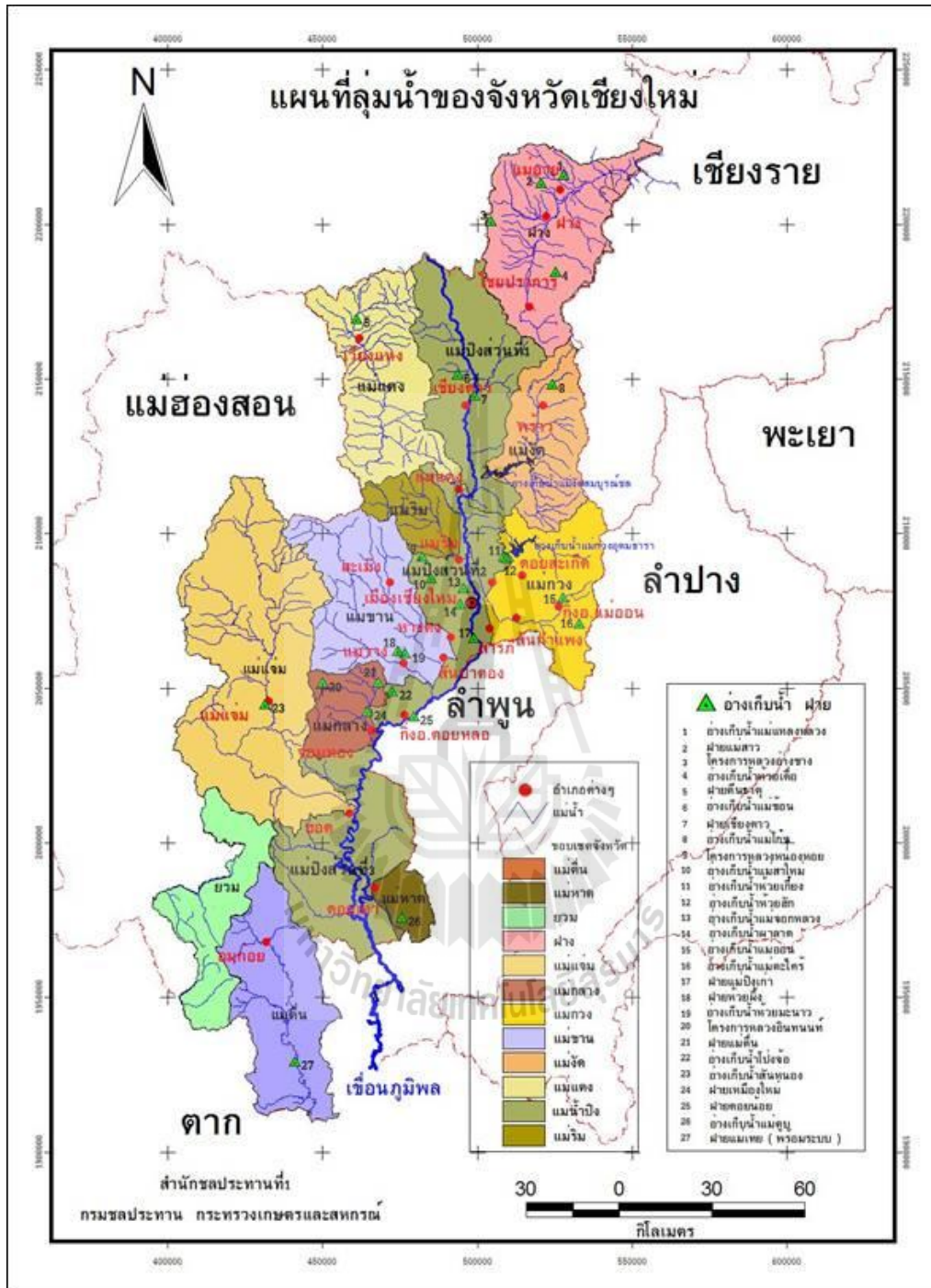
ทั้งนี้หากพิจารณาตามขอบเขตของกลุ่มน้ำที่พบ จังหวัดเชียงใหม่จะตั้งอยู่ในเขต 2 กลุ่มน้ำหลัก คือ (ดูรูปที่ 1.3 ประกอบ) (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2556)

1. กลุ่มน้ำปิงตอนบน ถือว่าเป็นกลุ่มน้ำสำคัญที่สุดของภาคเหนือตั้งอยู่ในเขตจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน ภูมิประเทศส่วนใหญ่ประกอบไปด้วยเทือกเขาสูงที่สลับซับซ้อนวางตัวอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ โดยมีกลุ่มน้ำย่อยจำนวน 14 กลุ่มน้ำ อาทิ แม่น้ำปิง แม่แตง แม่จัด แม่แจ่ม แม่ขาน และแม่ตื่น โดยพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ซึ่งอยู่ในเขตกลุ่มน้ำปิงตอนบนมีทั้งสิ้นประมาณ 18,726 ตร.กม.

2. กลุ่มน้ำกก ซึ่งมีแม่น้ำกกเป็นแม่น้ำสายหลักของพื้นที่ (มันมีต้นกำเนิดในประเทศพม่าก่อนไหลเข้าประเทศไทยที่ช่องน้ำแม่กก อำเภอแม่ฮาด จังหวัดเชียงใหม่ ก่อนไหลลงแม่น้ำโขงที่จังหวัดเชียงราย) มีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 10,875 ตร.กม. ครอบคลุมทั้งในเขตประเทศไทยและประเทศพม่า โดยในส่วนของประเทศไทยจะอยู่ในเขตจังหวัดเชียงใหม่และเชียงรายเป็นส่วนใหญ่ โดยส่วนของจังหวัดเชียงใหม่จะครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 2,197 ตร.กม. ทางตอนบนสุดของจังหวัดในเขตกลุ่มน้ำย่อยแม่ฝาง

สำหรับสภาพอากาศของจังหวัดที่ได้จากสถานีตรวจสภาพอากาศประจำจังหวัดช่วงคาบ 30 ปี (พ.ศ. 2504-2533) มีอุณหภูมิเฉลี่ย 25.4 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 50-85 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณฝนเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 1,100-1,200 มิลลิเมตรต่อปี





รูปที่ 1.3 แผนที่ขอบเขตการปกครองระดับอำเภอและขอบเขตลุ่มน้ำของจังหวัดเชียงใหม่  
ที่มา: [http://cendru.eng.cmu.ac.th/flooding/?name=/chapter1/cp1\\_1/artical1](http://cendru.eng.cmu.ac.th/flooding/?name=/chapter1/cp1_1/artical1)

## บทที่ 2

### กระบวนการศึกษาวิจัย

การศึกษาค้นคว้าได้แยกเนื้อหาของงานออกเป็น 4 ส่วนหลักได้แก่ (1) การรวบรวมข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นต่อการวิจัย (2) การวิเคราะห์ตำแหน่งจุดเกิดไฟป่าและความสัมพันธ์กับลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (LULC) จังหวัดเชียงใหม่ (3) การประเมินผลกระทบของไฟป่าที่มีต่อพื้นที่ป่าไม้ในจังหวัดเชียงใหม่ (4) การประเมินระดับมลภาวะทางอากาศเนื่องจากเขม่าควันจากไฟป่าในเขตจังหวัดเชียงใหม่ โดยการดำเนินการแบ่งออกได้ดังนี้ (ดูผังการทำงานในรูปที่ 2.1 ประกอบ)

1. รวบรวมข้อมูลเชิงพื้นที่ของจังหวัดเชียงใหม่ซึ่งจำเป็นสำหรับการศึกษาวิจัย และจัดเก็บไว้ในรูปของฐานข้อมูล GIS แยกออกเป็น 4 กลุ่มหลักคือ (ดูตารางที่ 2.1 และรูปที่ 2.2-2.7 ประกอบ)

1.1 ข้อมูลภูมิประเทศ (topographic data) คือ ระดับความสูง (elevation) และความลาดเอียง (slope)

1.2 ข้อมูลลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (LULC)

1.3 ข้อมูลเชิงสังคม-เศรษฐกิจ คือ ขอบเขตการปกครอง ถนน และศูนย์กลางอำเภอ

1.4 ข้อมูลเกี่ยวกับไฟป่าแยกออกเป็นจุดเกิดไฟจากภาพดาวเทียม MODIS และข้อมูลพื้นที่ซึ่งถูกเผาไหม้ (burned area) จากภาพ MODIS และภาพดาวเทียมความละเอียดสูง โดยข้อมูลจากภาพดาวเทียม MODIS ทั้ง 2 แบบ (คือจุดไฟและพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้)

1.5 ข้อมูลสารมลพิษแขวนลอยในอากาศพวก PM10 ซึ่งได้จากกรมควบคุมมลพิษและจากภาพดาวเทียม MODIS

2. จัดทำแผนที่ตำแหน่งจุดเกิดไฟป่าที่ได้รับจากข้อ 1.4 และวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับข้อมูลภูมิประเทศ (ข้อ 1.1) LULC (ข้อ 1.2) และระยะห่างจากถนนหรือศูนย์กลางจังหวัดของพื้นที่ (ข้อ 1.3)

3. จัดทำแผนที่พื้นที่ถูกไฟไหม้ (burned area) ช่วงฤดูไฟป่า พ.ศ. 2552-2556 จากฐานข้อมูลที่ได้จากภาพดาวเทียม MODIS

4. วิเคราะห์ผลกระทบของไฟป่าที่มีต่อความสมบูรณ์พืชพรรณในเขตป่าไม้ อิงจากแผนที่พื้นที่ถูกไฟไหม้ในข้อ 3 กับแผนที่จุดเกิดไฟป่าในข้อ 2 และแผนที่ระดับความสมบูรณ์ของพืชพรรณที่พัฒนาจากภาพดาวเทียม MODIS ซึ่งในที่นี้คือแผนที่ EVI (Enhanced Vegetation Index)

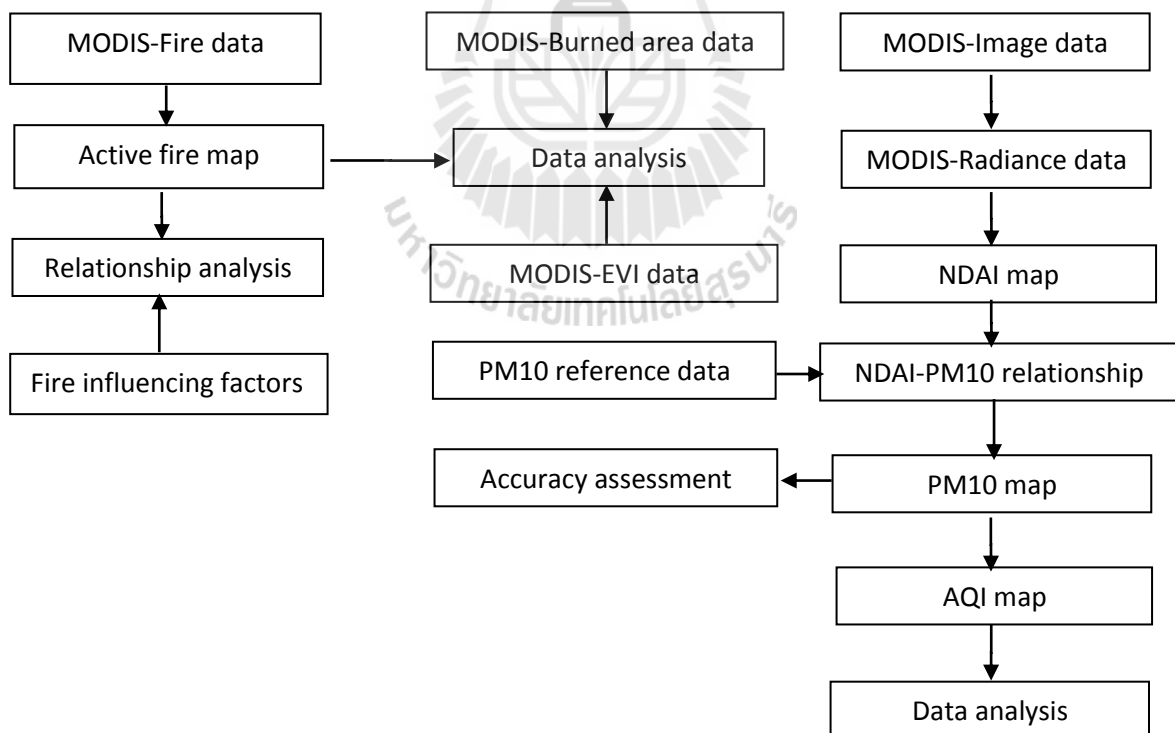
5. จัดทำแผนที่ความเข้มข้นและการกระจายตัวของสารมลพิษพวก PM10 และแผนที่คุณภาพอากาศ (air quality map) ของจังหวัดเชียงใหม่ในช่วงเวลาที่กำหนด (คือช่วงฤดูไฟป่า พ.ศ. 2553) โดยใช้ค่าดัชนีคุณภาพอากาศที่พัฒนามาจากข้อมูลที่ได้จากภาพดาวเทียม MODIS มาจัดทำเป็นแผนที่คุณภาพอากาศรายวันตามช่วงเวลาที่กำหนด (วันที่ 4-9 เมษายน 2553)



## ตารางที่ 2.1 ประเภทของข้อมูลหลักสำหรับการศึกษาวิจัย

ประเภทของข้อมูล	มาตราส่วน/ ความละเอียด	แหล่งข้อมูล	พ.ศ.	รูปที่
แผนที่ความสูงเชิงเลข (DEM)	30 เมตร	ASTER GDEM	2542	2.2
แผนที่ความลาดเอียง (Slope)	1:50,000	กรมแผนที่ทหาร	2544	2.3
แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน	1:25,000	กรมพัฒนาที่ดิน	2551	2.4
ข้อมูลโครงข่ายถนนสายหลัก	1:50,000	กรมแผนที่ทหาร	2544	
ข้อมูลขอบเขตการปกครอง	1:50,000	กรมการปกครอง	-	
ข้อมูลไฟป่า (จุดไฟ/พื้นที่เผาไหม้/EVI)	-	NASA (MODIS DATA)	2552-2556	-
ข้อมูลพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้	-	NASA, GISTDA	2552-2556	-
ข้อมูลปริมาณเขม่าควันพวก PM10	-	กรมควบคุมมลพิษ	2552-2556	-
ข้อมูลดัชนี NADI	-	MODIS		-

หมายเหตุ: ข้อมูล MODIS ดาวน์โหลดจากเว็บไซต์: <http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/>



รูปที่ 2.1 ผังการทำงานในภาพรวม

## 2.1 การรวบรวมและจัดเตรียมข้อมูลพื้นฐาน

จากที่กล่าวไปข้างต้น ข้อมูลพื้นฐานของการศึกษาวิจัยแยกออกได้เป็น 4 กลุ่มหลัก ซึ่งรวบรวมมาจากแหล่งข้อมูลหลายแหล่ง และจัดเก็บไว้ในรูปของฐานข้อมูล GIS ดังนี้ (ดูตารางที่ 2.1 ประกอบ)

1. ข้อมูลภูมิประเทศ คือระดับความสูง (elevation) และ ความลาดเอียง (slope) ซึ่งสกัดจากแผนที่ภูมิประเทศ (topographic map) มาตรฐาน 1:50,000 ของกรมพัฒนาที่ดิน และจัดเก็บเอาไว้ในรูปของแผนที่เพื่อความสะดวกในการประมวลผลทาง GIS ต่อไป ทั้งนี้ แผนที่ระดับความสูงแสดงไว้ในรูปที่ 2.2 และแผนที่ความลาดเอียงแสดงในรูปที่ 2.3

2. ข้อมูลลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (LULC) ที่ได้จากการแปลภาพดาวเทียมของพื้นที่ ในที่นี้จะใช้ข้อมูลของ LULC ที่ได้มาจากการแปลภาพดาวเทียม Landsat-TM ของกรมพัฒนาที่ดินในปี พ.ศ. 2551 เป็นหลักในการวิเคราะห์ ซึ่งได้จำแนกลักษณะของ LULC ของพื้นที่ออกเป็น 7 กลุ่มสำคัญ ได้แก่ ป่าสมบูรณ์ (evergreen forest) ป่าเบญจพรรณ (deciduous forest) ป่าปลูก (forest plantation) เขตเกษตรกรรม (agricultural area) เขตเมือง/ชุมชน (urban/built-up area) เขตพื้นที่น้ำ (water body) และพื้นที่อื่น ๆ (miscellaneous) (รูปที่ 2.4 และตารางที่ 2.2)

3. ข้อมูลเชิงสังคมและเศรษฐกิจ ได้แก่ ขอบเขตการปกครอง โครงข่ายถนนสายหลัก และตำแหน่งที่ตั้งของอำเภอ/จังหวัด ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากกรมพัฒนาที่ดิน (ดูรายละเอียดในรูปที่ 2.5 ประกอบ)

4. ข้อมูลเกี่ยวกับไฟป่าและผลกระทบแยกออกเป็น 3 ส่วนหลักคือ (ดูรูปที่ 2.6-2.7 ประกอบ)

4.1 แผนที่จุดเกิดไฟป่า (active fire map) ซึ่งพัฒนามาจากฐานข้อมูลจุดเกิดไฟที่ได้จากภาพดาวเทียม MODIS ระหว่างปี พ.ศ. 2552-2556

4.2 แผนที่พื้นที่เผาไหม้ (burned area map) ซึ่งพัฒนามาจากฐานข้อมูลจุดเกิดไฟของภาพดาวเทียม MODIS ระหว่างปี พ.ศ. 2552-2556 และข้อมูลอ้างอิงจากภาพความละเอียดสูง

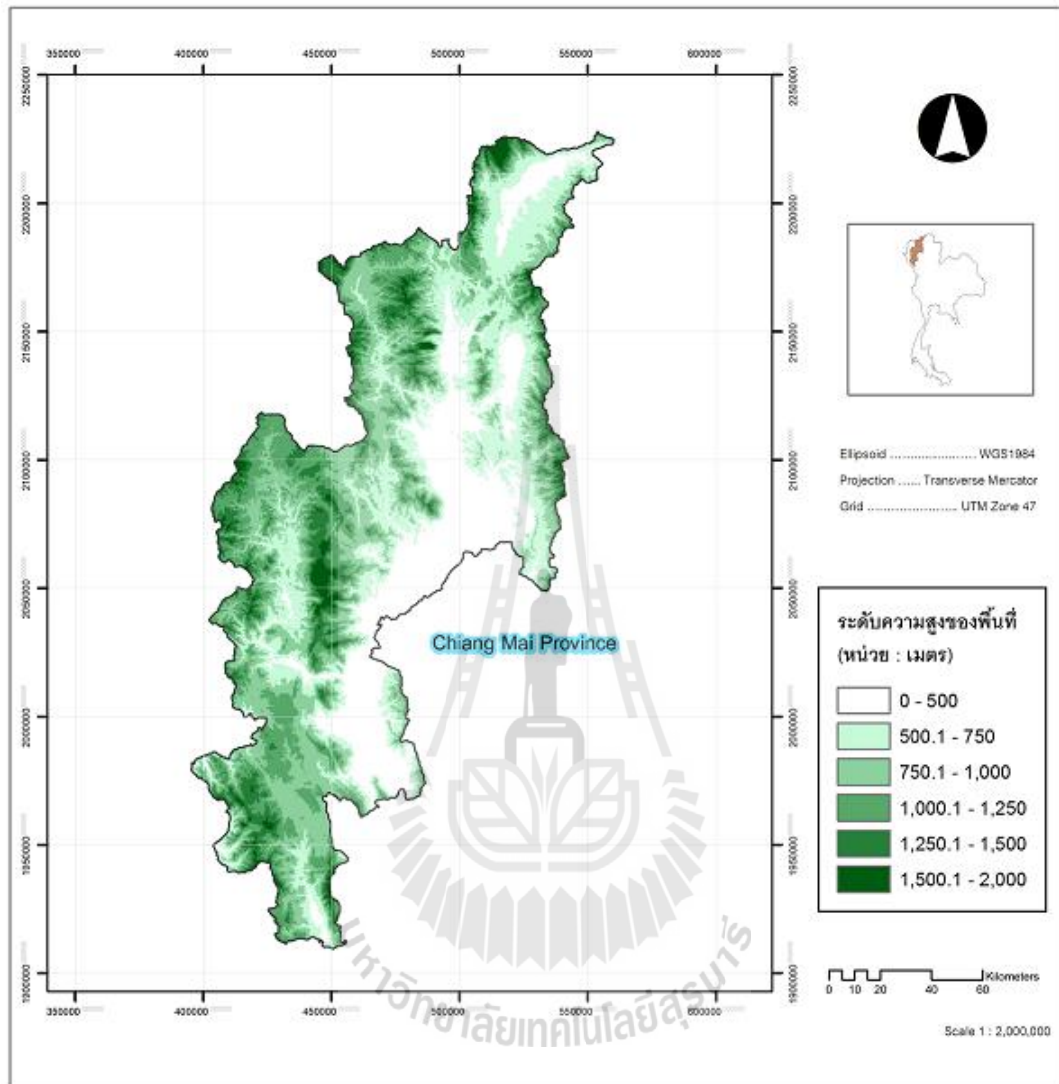
4.3 แผนที่ดัชนีพืชพรรณ (EVI) ซึ่งผันแปรไปอันเนื่องมาจากผลของการเกิดไฟ

5. ข้อมูลเกี่ยวกับสารมลพิษในอากาศที่เกิดมาจากไฟป่า คือ

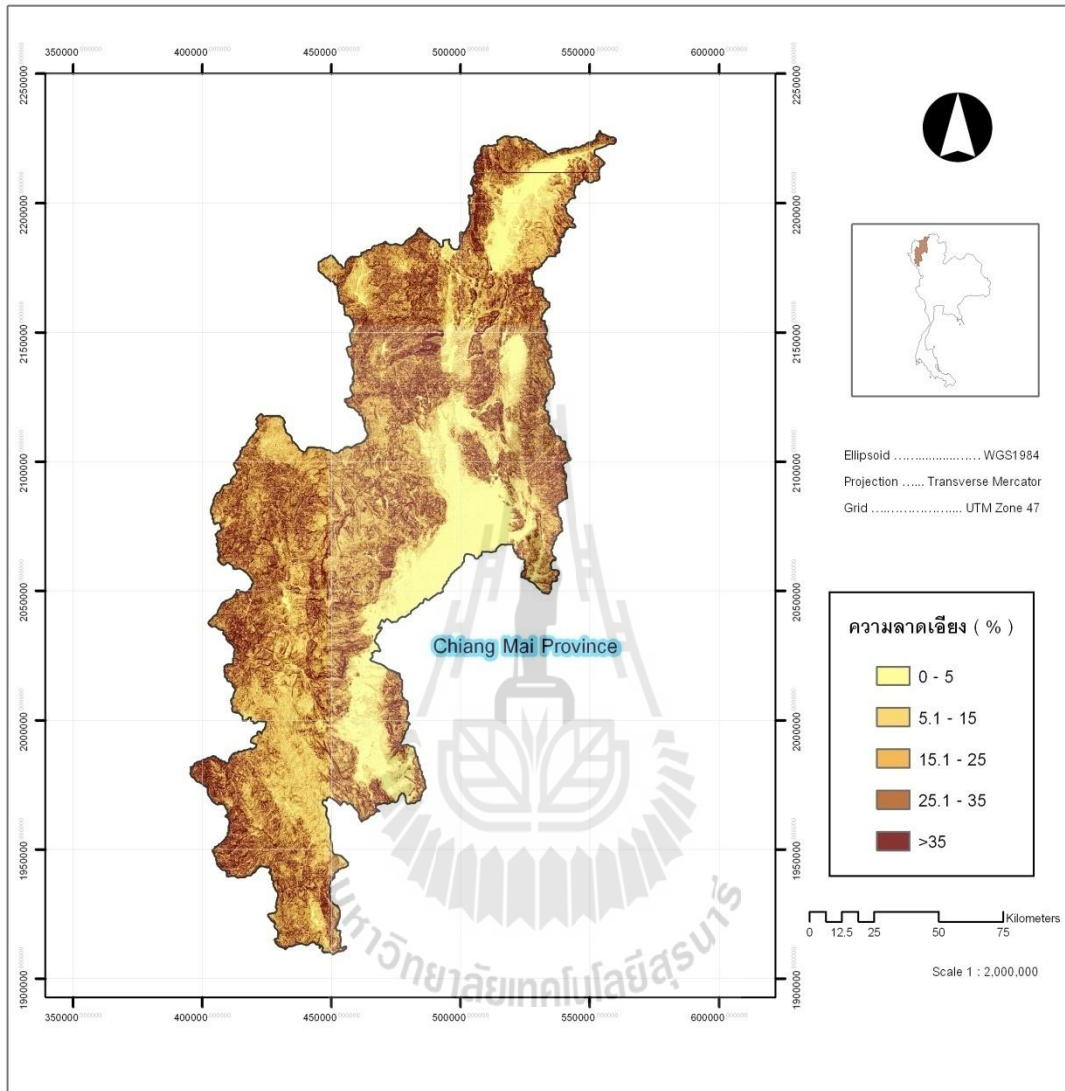
5.1 ข้อมูลสารแขวนลอยในอากาศพวก PM10 ซึ่งได้จากกรมควบคุมมลพิษ ช่วงปี พ.ศ. 2539-2557 ณ จุดตรวจวัดคุณภาพอากาศ 2 แห่งซึ่งตั้งอยู่ในเขตตัวเมืองของจังหวัดเชียงใหม่ คือที่โรงเรียนยุพราชวิทยาลัยและที่ศาลากลางจังหวัด

5.2 ข้อมูลค่า AOD (atmospheric optical depth) อันเป็นผลมาจากสารปนเปื้อนในอากาศจากภาพ MODIS และจากเครื่อง AERONET ซึ่งประจำการอยู่ในเขตเมืองจังหวัดเชียงใหม่ โดยข้อมูลส่วนหลังได้มาจาก AERONET website (<http://aeronet.gsfc.nasa.gov>)

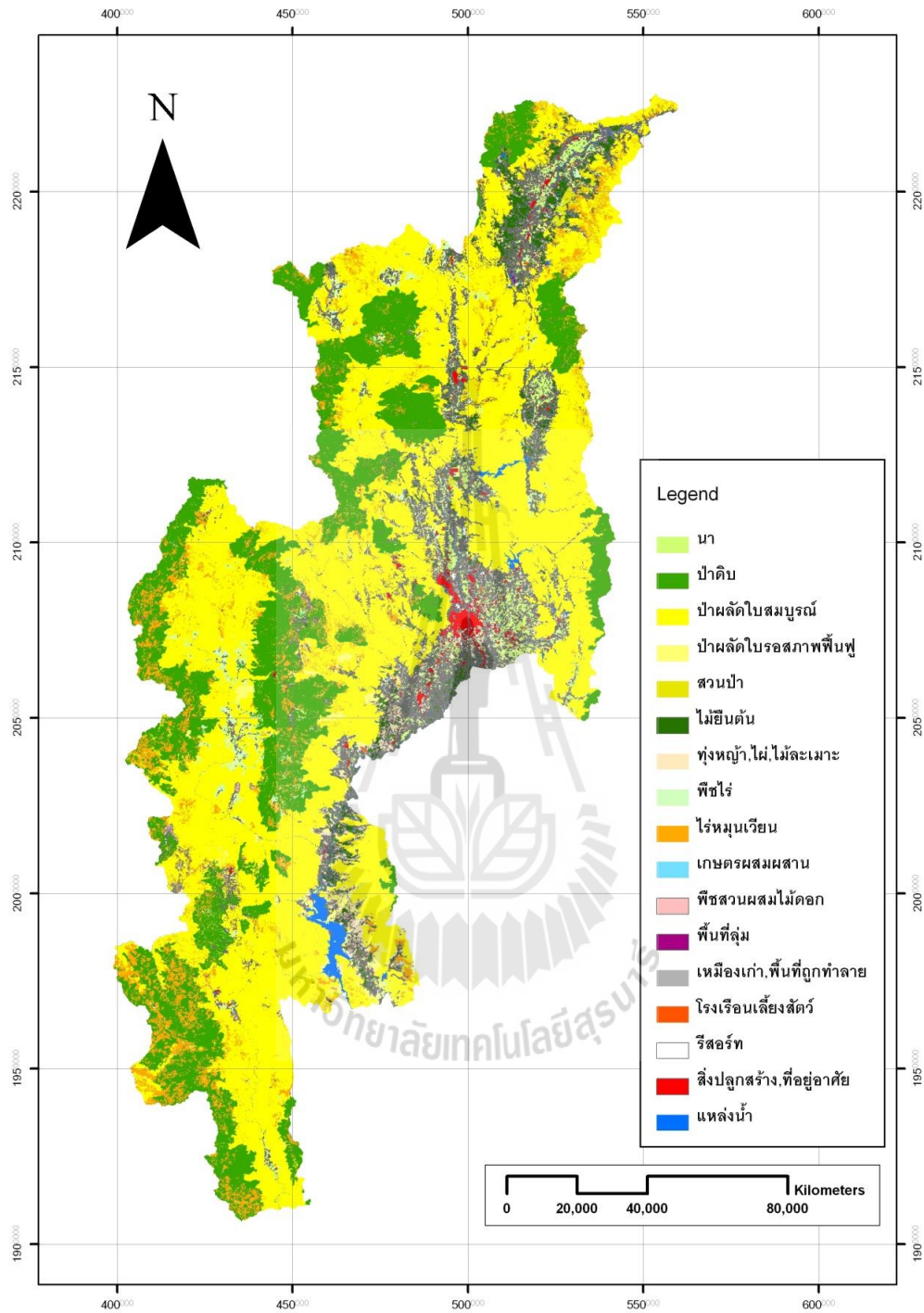
5.3 ข้อมูลค่าการสะท้อนแสงของพื้นผิวโลกจากภาพ MODIS ตามแบนด์ที่กำหนด เพื่อใช้ในการสร้างแผนที่สารปนเปื้อนพวก PM10 อิงจากดัชนีคุณภาพอากาศที่กำหนด



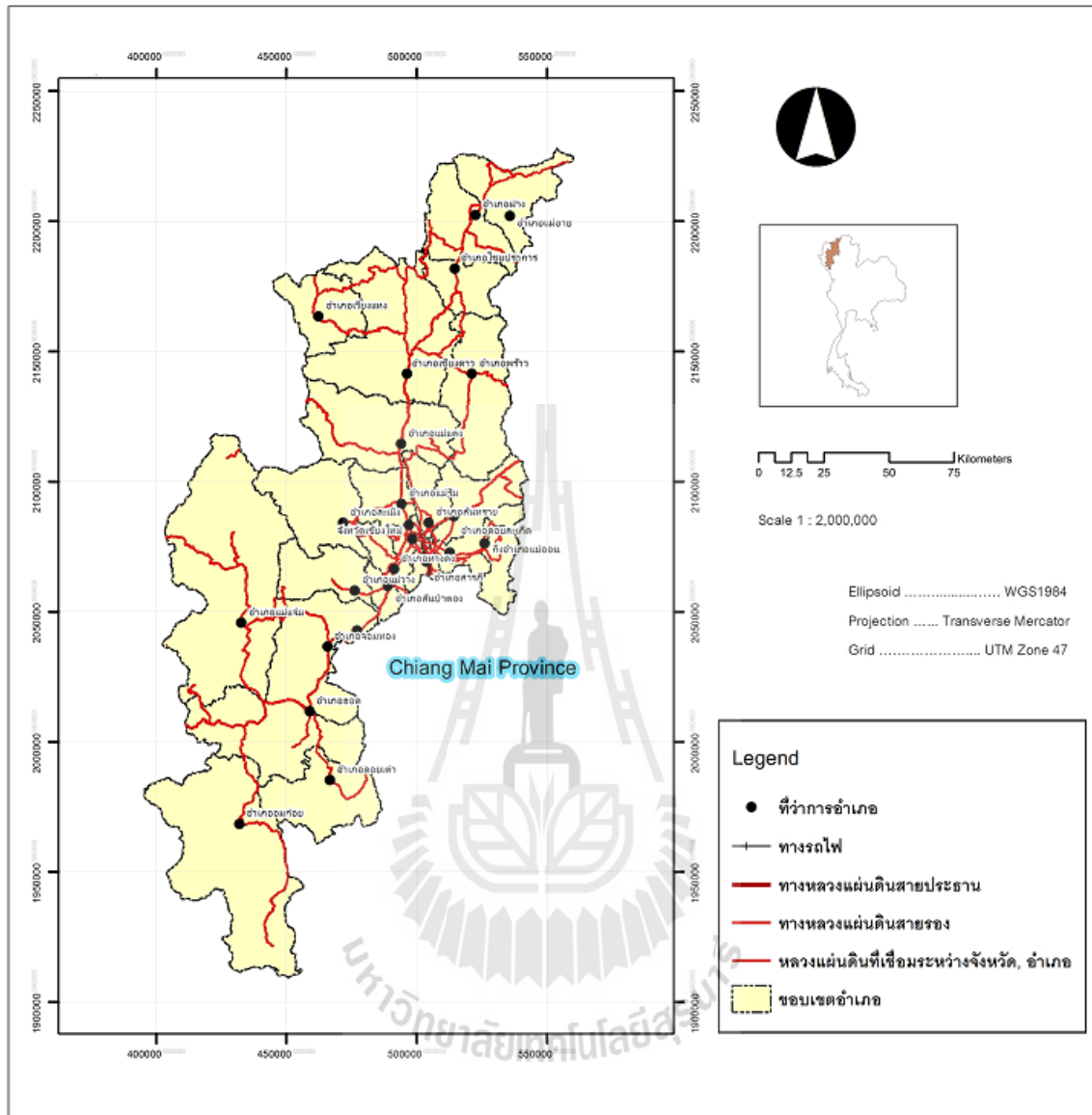
รูปที่ 2.2 แผนที่ความสูงต่ำ (DEM) ของจังหวัดเชียงใหม่



รูปที่ 2.3 แผนที่ความลาดเอียงของพื้นที่ในจังหวัดเชียงใหม่



รูปที่ 2.4 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดิน (LULC map) ของจังหวัดเชียงใหม่ พ.ศ. 2551

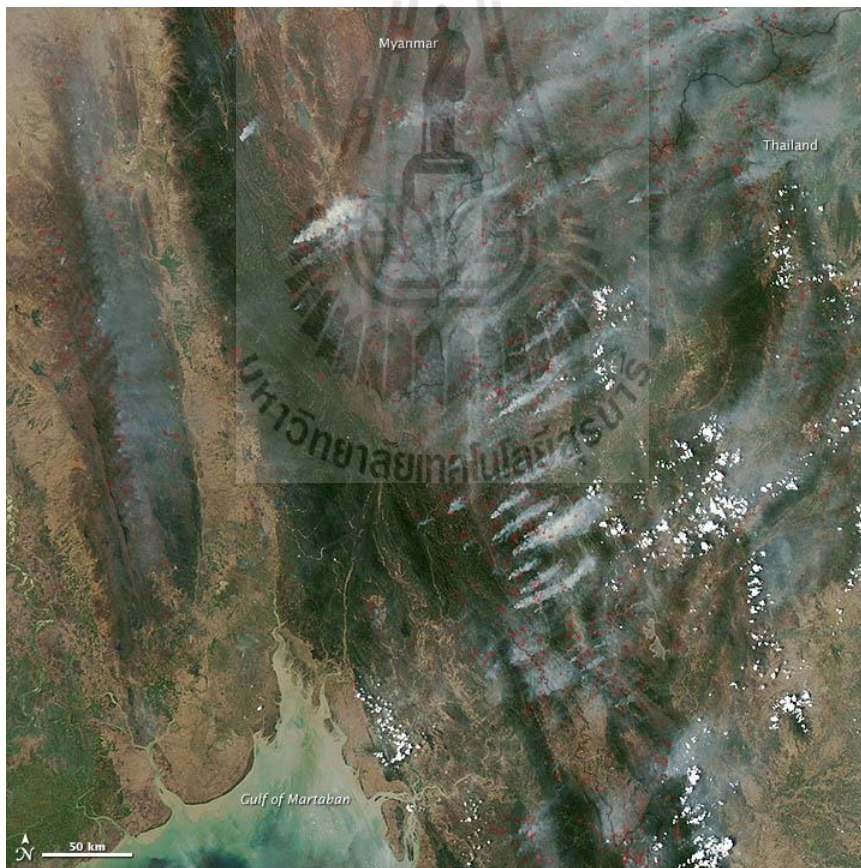


รูปที่ 2.5 แผนที่เชิงสังคมและเศรษฐกิจ (ขอบเขตการปกครอง/โครงข่ายถนน/ศูนย์กลางอำเภอ)



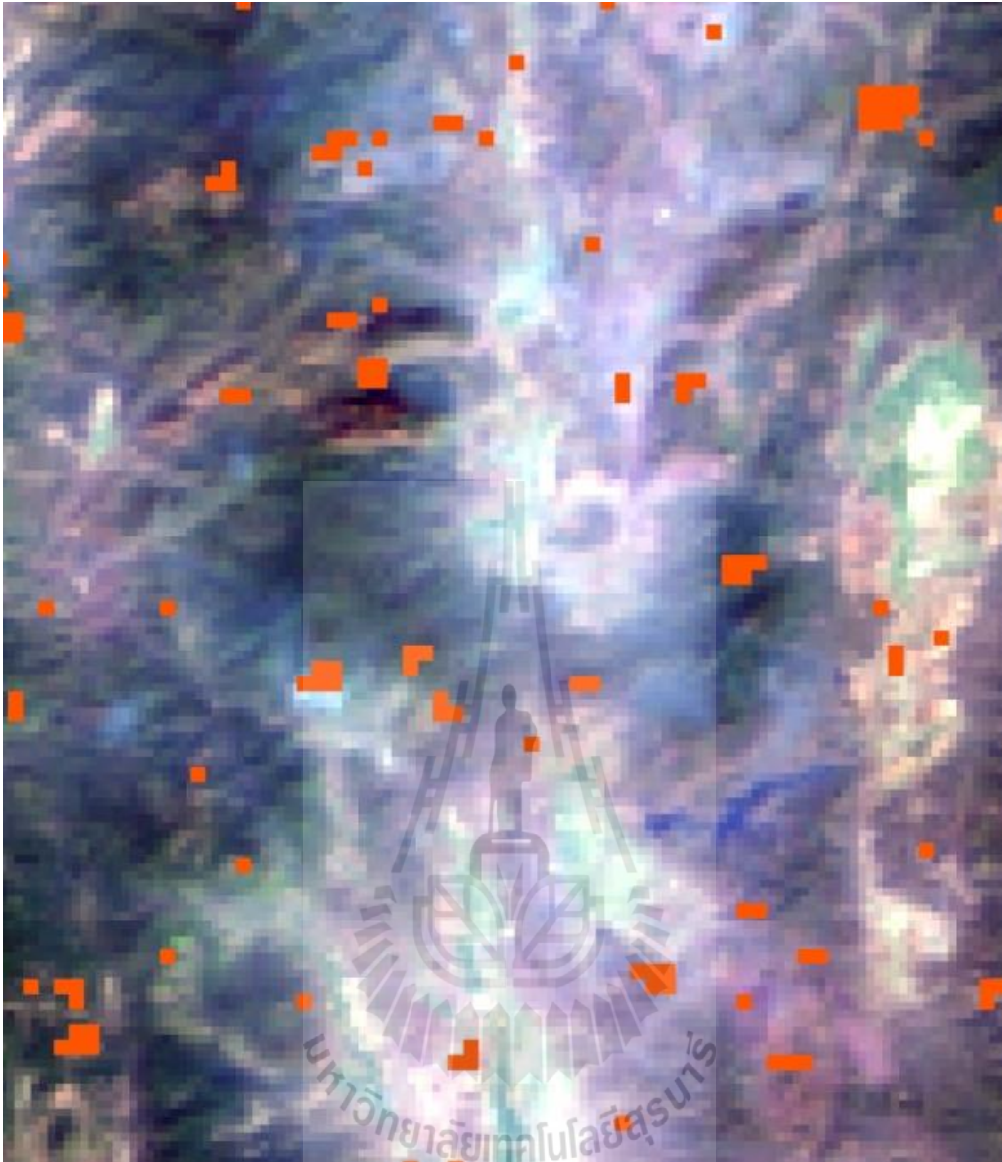
ตารางที่ 2.2 สัดส่วนพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของจังหวัดเชียงใหม่ (จากรูปที่ 2.4)

ประเภทของ LULC	พื้นที่ (ตร.กม.)	เปอร์เซ็นต์
ป่าสมบูรณ์ (evergreen forest)	4,532.4	20.6
ป่าเบญจพรรณ (deciduous forest)	11,203.9	50.8
ป่าปลูก (forest plantation)	129.4	0.6
เขตเกษตรกรรม (agricultural area)	4,852.1	22.0
เขตเมือง/ชุมชน (urban/built-up area)	700.4	3.2
เขตพื้นน้ำ (water body)	222.6	1.0
พื้นที่อื่น ๆ (miscellaneous)	401.9	1.8
รวม	22,042.7	100



รูปที่ 2.6 ภาพ MODIS แสดงจุดไฟในเขตจังหวัดเชียงใหม่และพื้นที่ใกล้เคียง (วันที่ 22 มีนาคม 2556)

ที่มา: [http://www.fire.uni-freiburg.de/GFMCnew/2013/03/23/20130323\\_th.htm](http://www.fire.uni-freiburg.de/GFMCnew/2013/03/23/20130323_th.htm)



รูปที่ 2.7 ตัวอย่างแผนที่พื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ (burned area map) ในเขตจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งสร้างมาจากฐานข้อมูลจุดไฟรายวันซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของเครื่อง Terra/MODIS



## 2.2 การสร้างแผนที่คุณภาพอากาศ

โดยปกติ แผนที่คุณภาพอากาศ (Air Quality Map: AQM) มักสร้างมาจากค่าดัชนีคุณภาพอากาศ (Air Quality Index: AQI) ที่หน่วยงานซึ่งรับผิดชอบกำหนดขึ้น สำหรับในกรณีของประเทศไทยก็คือ กรมควบคุมมลพิษ ซึ่งได้ทำการกำหนดค่าดัชนีคุณภาพอากาศที่เป็นมาตรฐานไว้สำหรับสารปนเปื้อนทางอากาศที่สำคัญ 6 ชนิดคือ โอโซน (O<sub>3</sub>) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (NO<sub>2</sub>) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO<sub>2</sub>) และ PM<sub>10</sub> โดยกำหนดเป็นค่าดัชนีตั้งแต่ 0 ถึง 500 ทั้งนี้ค่าที่ต่ำหมายถึงอากาศมีคุณภาพที่ดี ส่วนค่าที่สูงขึ้นหมายถึงอากาศมีคุณภาพที่เลวร้ายขึ้นตามลำดับ (ตามรายละเอียดที่เห็นในตารางที่ 2.3) สำหรับการคำนวณค่าดัชนีคุณภาพอากาศออกมาเป็นการจำเพาะ จากปริมาณสารปนเปื้อนแต่ละแบบที่ตรวจวัดได้ (ตามคาบเวลาที่กำหนด) สามารถทำได้ตามสูตร

$$I = \frac{I_{\text{high}} - I_{\text{low}}}{C_{\text{high}} - C_{\text{low}}}(C - C_{\text{low}}) + I_{\text{low}} \quad (2.1)$$

โดยที่  $I$  คือค่าดัชนีคุณภาพอากาศ (AQI),  $C$  คือความเข้มข้นของสารปนเปื้อนที่ตรวจวัดได้ (pollutant concentration),  $C_{\text{low}}$  หรือ  $C_{\text{high}}$  คือค่าความเข้มข้นที่ใช้อ้างอิงในการจำแนกชั้นดัชนีคุณภาพอากาศ (concentration breakpoint that is  $\leq C$  or  $\geq C$ ) และ  $I_{\text{low}}$  หรือ  $I_{\text{high}}$  คือค่าดัชนีคุณภาพอากาศอ้างอิงที่สอดคล้องกับค่า  $C_{\text{low}}$  หรือค่า  $C_{\text{high}}$  (index breakpoint corresponding to  $C_{\text{low}}$  or  $C_{\text{high}}$ ) (ดูข้อมูลในตารางที่ 2.4 ประกอบสำหรับกรณีของประเทศไทย)

ตารางที่ 2.3 ความหมายของค่า AQI ที่คำนวณได้จากสมการที่ 2.1 ที่ประยุกต์ในประเทศไทยและในประเทศสหรัฐอเมริกา สำหรับการเตือนภัยด้านมลภาวะทางอากาศ

Air Quality Index Levels of Health Concern	Numerical Value	Meaning
Good	0-50	Air quality is considered satisfactory, and air pollution poses little or no risk.
Moderate	51-100	Air quality is acceptable; however, for some pollutants there may be a moderate health concern for a very small number of people who are unusually sensitive to air pollution.
Unhealthy for Sensitive Groups	101-150	Members of sensitive groups may experience health effects. The general public is not likely to be affected.
Unhealthy	151-200	Everyone may begin to experience health effects; members of sensitive groups may experience more serious health effects.
Very Unhealthy	201-300	Health alert: everyone may experience more serious health effects.
Hazardous	> 300	Health warnings of emergency conditions. The entire population is more likely to be affected.

**ตารางที่ 2.4** ตัวอย่างการจำแนกค่า AQI (จาก 0-500) ออกเป็นระดับ ๆ ตามปริมาณของสารปนเปื้อนที่ตรวจวัดได้ในคาบเวลาที่กำหนดสำหรับประเทศไทย ซึ่งดำเนินการโดยกรมควบคุมมลพิษ

AQI value	Ozone (1 hr)	CO (8 hr)	SO <sub>2</sub> (24 hr)	NO <sub>2</sub> (1 hr)	PM10 (24 hr)
	ppb	ppm	ppb	ppb	µg/m <sup>3</sup>
0-50	0-51	0-4.48	0-25	0-85	0-40
51-100	52-100	4.49-9.00	26-120	86-170	41-120
101-200	101-203	9.01-14.84	121-305	171-600	121-350
201-300	204-405	14.85-29.69	306-610	601-1202	351-420
301-400	406-509	29.70-40.17	611-802	1203-1594	421-500
401-500	510-611	40.18-50.21	803-100	1595-1993	501-600

สังเกตว่ากรณีของประเทศไทย กรมควบคุมมลพิษได้กำหนดให้มีค่าวิกฤติสำหรับสารปนเปื้อนพวก PM10 (คือค่าที่เริ่มต้นอยู่ในระดับที่ไม่ปลอดภัยต่อสุขภาพซึ่งคือระดับที่มีค่า AQI = 100) อยู่ที่ 120 µg/m<sup>3</sup> ขณะที่องค์การอนามัยโลก (WHO) คาดหวังให้ค่านี้อยู่ที่ 50 µg/m<sup>3</sup> เท่านั้นในเกณฑ์ที่เป็นมาตรฐานสากล (ดูตารางที่ 2.5 ประกอบ)

**ตารางที่ 2.5** เป้าหมายขององค์การอนามัยโลก (WHO) ในการลดระดับปริมาณสารปนเปื้อนพวก PM ให้อยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยมากที่สุด (AQG = 50 µg/m<sup>3</sup>)

Target level	PM10 (µg/m <sup>3</sup> )	PM2.5 (µg/m <sup>3</sup> )	Note
Interim target-1 (IT-1)	150	75	About 5.0% increase of short-term mortality over AQG
Interim target-2 (IT-2)	100	50	About 2.5% increase of short-term mortality over AQG
Interim target-3 (IT-3)	75	37.5	About 1.2% increase in short-term mortality over AQG
Air quality guideline (AQG)	50	25	-

## บทที่ 3

### ผลการศึกษา

สำหรับผลการศึกษาตามโครงการแยกออกได้เป็น 3 ส่วน ตามกรอบการทำงานและขั้นตอนในการศึกษาวิจัยที่ได้กล่าวถึงในบทที่ 2 คือ

- (1) การวิเคราะห์ตำแหน่งจุดเกิดไฟฟ้าและความสัมพันธ์กับปัจจัยที่กำหนด
- (2) การประเมินผลกระทบของไฟฟ้าที่มีต่อพื้นที่ป่าไม้ในจังหวัดเชียงใหม่ และ
- (3) การประเมินระดับมลภาวะทางอากาศเนื่องจากเขม่าควันจากไฟฟ้าในเขตจังหวัดเชียงใหม่

โดยผลการศึกษาที่ได้รับสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

#### 3.1 การวิเคราะห์ตำแหน่งจุดเกิดไฟฟ้าและความสัมพันธ์กับปัจจัยที่กำหนด

งานในส่วนนี้เริ่มต้นจากการรวบรวมข้อมูลจุดเกิดไฟในเขตจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งตรวจวัดได้จากเครื่อง MODIS บนดาวเทียม Terra และ Aqua ขององค์การนาซา ระหว่างช่วงเวลาที่ศึกษาคือฤดูไฟป่า (เดือนมกราคม-เมษายน) ของปี พ.ศ. 2552-2556 และจัดทำผลการศึกษาดังกล่าวออกมาในรูปของแผนที่จุดไฟรายเดือน (monthly map) และรายปี (annual map) ดังที่เห็นในรูปที่ 3.1 และ 3.2 และตารางที่ 3.1 ก่อนจะนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ของการกระจายตัวของจุดไฟกับข้อมูลภูมิประเทศของพื้นที่ [ซึ่งคือ ความสูงต่ำ (DEM) ในรูปที่ 2.2 และความลาดเอียง (slope) ในรูปที่ 2.3] ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (LULC) (รูปที่ 2.4) และระยะห่างจากถนนหรือศูนย์กลางของจังหวัด (รูปที่ 2.5) โดยผลที่ได้รับแสดงไว้ในรูปที่ 3.3-3.7 และตารางที่ 3.2 ตามลำดับ

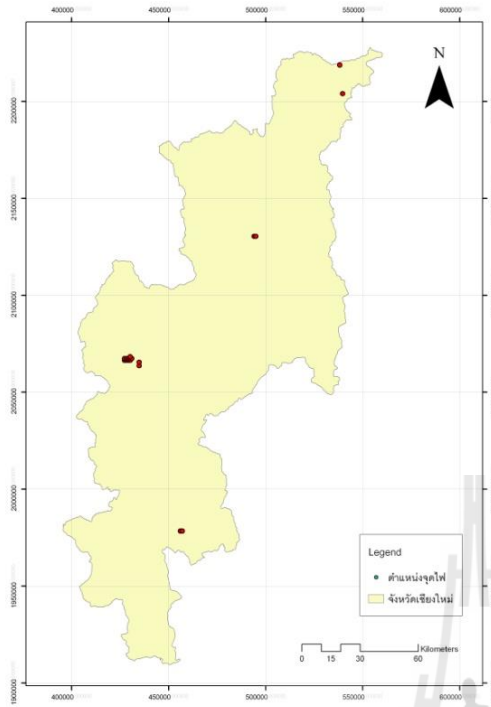
จากข้อมูลในตารางที่ 3.1 อาจสรุปในเบื้องต้นได้ว่าปริมาณจุดไฟที่พบในเขตจังหวัดเชียงใหม่จะมีค่าสูงสุดที่ประมาณเดือนมีนาคมของทุกปี (ยกเว้นปี พ.ศ. 2554) โดยในปี พ.ศ. 2555 สถานการณ์มีความรุนแรงที่สุด (พบจุดไฟรวม 371 จุดช่วงฤดูไฟป่า) ขณะที่ปี พ.ศ. 2554 สถานการณ์โดยรวมดูมีความสงบมากที่สุด (พบจุดไฟรวม 74 จุดเท่านั้นตลอดช่วงฤดูไฟป่า) ซึ่งกรณีหลังนี้ คาดว่าน่าจะเป็นผลมาจากอิทธิพลของปรากฏการณ์ลานีญา (La Nina) ในเขตมหาสมุทรแปซิฟิก ทำให้บริเวณประเทศไทยมีความชุ่มชื้นโดยรวมสูงขึ้น จุดไฟจึงมักเกิดหรือดับได้ยากขึ้นตามไปด้วย (วิจารณ์ สิมายา, 2554) ทั้งนี้จากการศึกษาของเจียมใจ เครือสมบูรณ์และคณะ (2551) พบว่าหมอกควันที่เป็นมลพิษทางอากาศของจังหวัดเชียงใหม่ที่มีมาหลักคือไฟฟ้าและการเผาในที่โล่งในภาคเกษตร ประมาณร้อยละ 50-70 และจากการใช้รถยนต์พาหนะพวกเครื่องยนตร์ดีเซลร้อยละ 10 ที่เหลือเกิดมาจากแหล่งกำเนิดที่อยู่นอกเขตจังหวัดเชียงใหม่ โดยสถานการณ์หมอกควันพิษดังกล่าวจะรุนแรงมากที่สุดช่วงปลายฤดูหนาวก่อนเข้าสู่ฤดูร้อน เนื่องจากเป็นช่วงที่เกษตรกรมักเริ่มเตรียมพื้นที่เพาะปลูกพืชพรรณประจำปีก่อนที่จะถึงฤดูฝน รวมถึงเป็นช่วงที่มีความกดอากาศสูงเข้ามาปกคลุมเหนือพื้นที่ ทำให้ชั้นอากาศเหนือเมืองมักจะอยู่นิ่ง (stable air) มลพิษจึงสามารถสะสมตัวกันได้ต่อเนื่องเป็นเวลานานก่อนที่จะสลายตัวไป

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลจำนวนจุดไฟของจังหวัดเชียงใหม่ช่วงฤดูไฟป่า พ.ศ. 2552-2556 จากภาพ MODIS

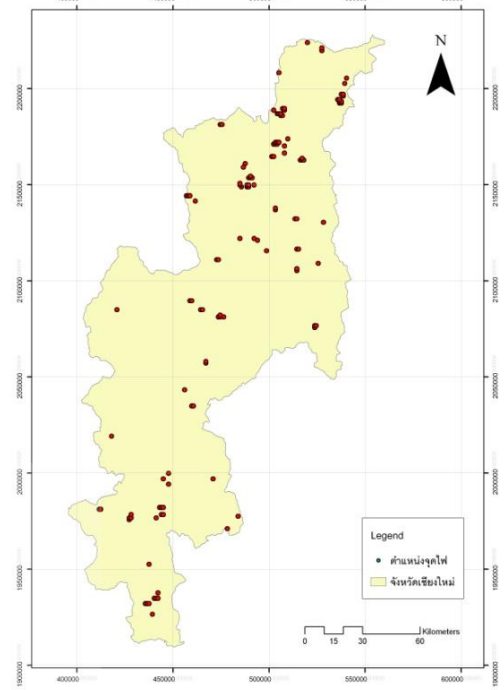
ปี พ.ศ.	จำนวนจุดไฟ				รวม
	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	
2552	21	120	220	10	371
2553	2	24	134	55	215
2554	0	39	15	20	74
2555	20	105	185	7	317
2556	11	35	104	80	230
รวม	54	323	658	172	1,207

ด้วยเหตุนี้ ปัญหามลภาวะทางอากาศรุนแรงในเขตจังหวัดเชียงใหม่ (และอีกหลายจังหวัดของภาคเหนือ) จึงเกิดมาจากหลายปัจจัยเกื้อหนุนกัน ซึ่งบางปัจจัยเป็นสิ่งที่ไม่สามารถควบคุมหรือคาดการณ์ได้ล่วงหน้าได้แน่นอน อาทิ เขม่าควันพิษที่เกิดมาจากการเผาไหม้ในประเทศใกล้เคียงเช่น พม่าหรือลาว (Chat Phayungwiwatthanakoon, 2014) รวมไปถึงการผันแปรของสภาพอากาศประจำวันหรือตามฤดูกาล ซึ่งเป็นผลมาจากการที่อากาศขาดการถ่ายเทในช่วงที่มีบริเวณความกดอากาศสูง (อากาศหนาว) เข้ามาปกคลุมเหนือพื้นที่ ส่งผลอย่างสำคัญต่อการสะสมตัวกันของสารก่อมลพิษที่สำคัญในอากาศ เช่น PM10 หรือ SO<sub>2</sub> อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน (หลายวันหรือเป็นสัปดาห์) ทำให้ปัญหามลพิษทางอากาศดังกล่าวรุนแรงมากขึ้นกว่าปกติ (Oanh and Leelasakultum, 2011)

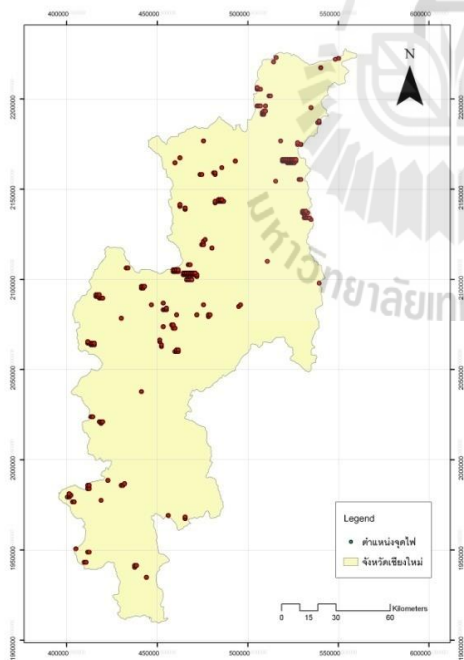
อย่างไรก็ตามเพื่อบรรเทาปัญหาดังกล่าวลงในแต่ละปี หน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องจึงมักเสนอมาตรการเพื่อแก้ไขต้นเหตุหลักหรือที่มาของปัญหา คือการเผาเศษพืชพรรณในที่โล่งในภาคเกษตรและการเผาป่าเพื่อวัตถุประสงค์จำเพาะหลายประการลง ทั้งส่วนซึ่งเป็นมาตรการบังคับซึ่งมีบทลงโทษตามกฎหมาย และส่วนที่เป็นมาตรการจูงใจเพื่อให้ประชาชนร่วมมือกับภาครัฐในการแก้ไขปัญหาดังกล่าวลง อาทิ การส่งเสริมความรู้เกี่ยวกับเกษตรอินทรีย์ปลอดการเผา การใช้เทคโนโลยีการเกษตรปลอดการเผา การจัดระเบียบการเผา การใช้ประโยชน์เศษวัสดุการเกษตร และลดการเผาพื้นที่เกษตรเพื่อเตรียมพื้นที่เพาะปลูก รวมถึง การควบคุมการเผาในเขตชุมชนและสองข้างทางตามถนนด้วย นอกจากนี้ ยังมีการประกาศกำหนดเขตควบคุมไฟป่าในพื้นที่จังหวัดซึ่งมีความเสี่ยงต่อการเกิดไฟป่า และกำหนดมาตรการในเขตควบคุมไฟป่าในแต่ละจังหวัด พร้อมทั้งประชาสัมพันธ์และเผยแพร่ประกาศจังหวัดในช่วงฤดูไฟป่าอย่างต่อเนื่อง สำหรับกรณีของไฟป่าได้มีการประกาศแจ้งให้ประชาชนตระหนักว่าการจุดไฟเผาป่า หรือการปล่อยให้ไฟลุกลามเข้าไปในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติหรือพื้นที่ป่า ถือว่ามีความผิดและผู้กระทำจะต้องรับโทษตามที่บัญญัติไว้ในพระราชบัญญัติป่าไม้ พ.ศ. 2484 ซึ่งมีทั้งโทษจำคุกและโทษปรับ (กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่า และพันธุ์พืช, 2558)



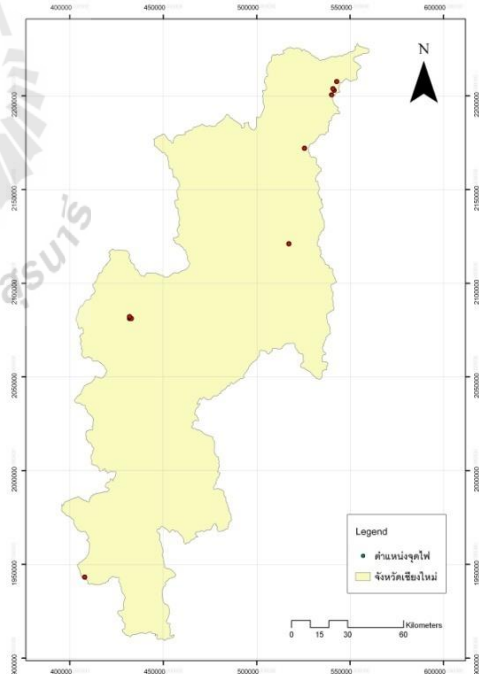
(1) มกราคม พ.ศ. 2552



(2) กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2552

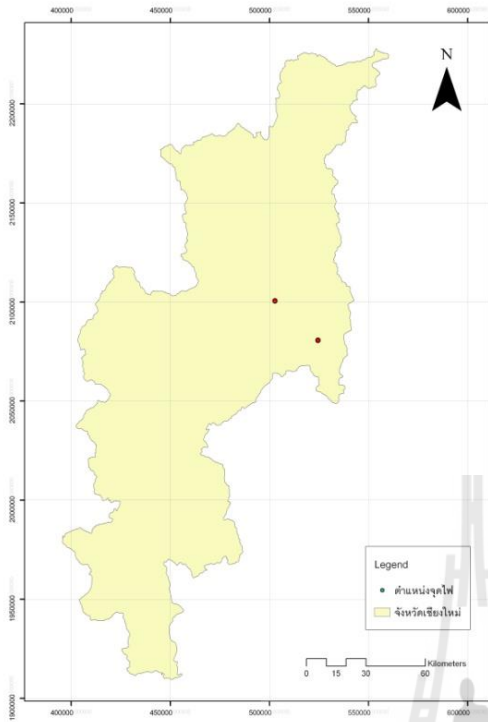


(3) มีนาคม พ.ศ. 2552

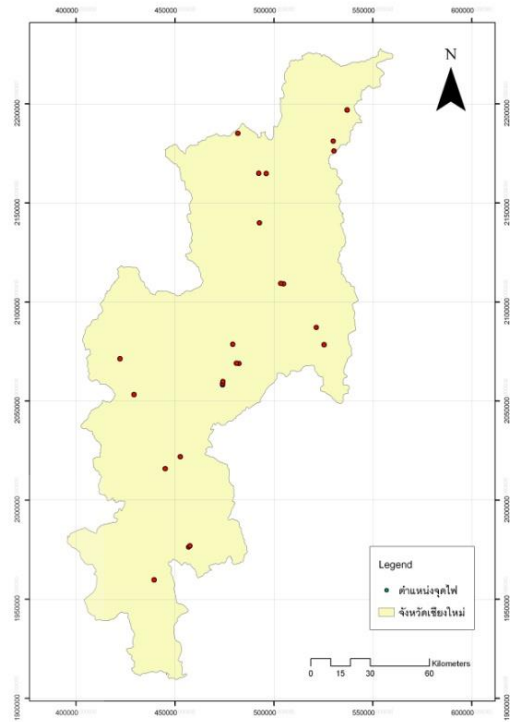


(4) เมษายน พ.ศ. 2552

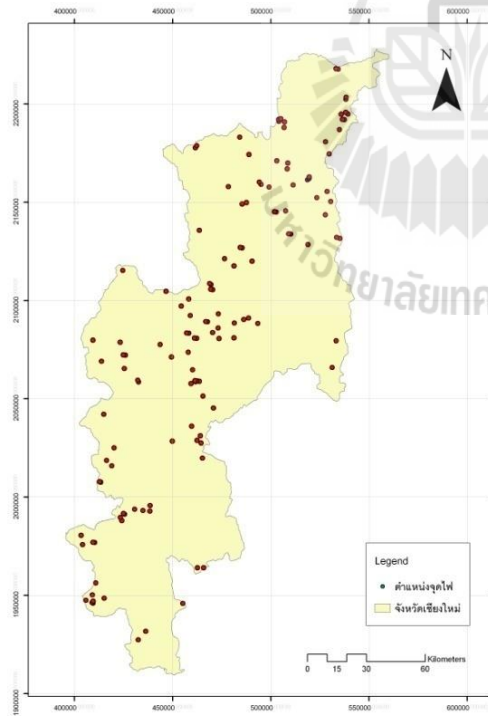
รูปที่ 3.1a แผนที่จุดฟ้าจากฐานข้อมูล MODIS ช่วงฤดูฟ้าผ่าของปี พ.ศ. 2552 (monthly map)



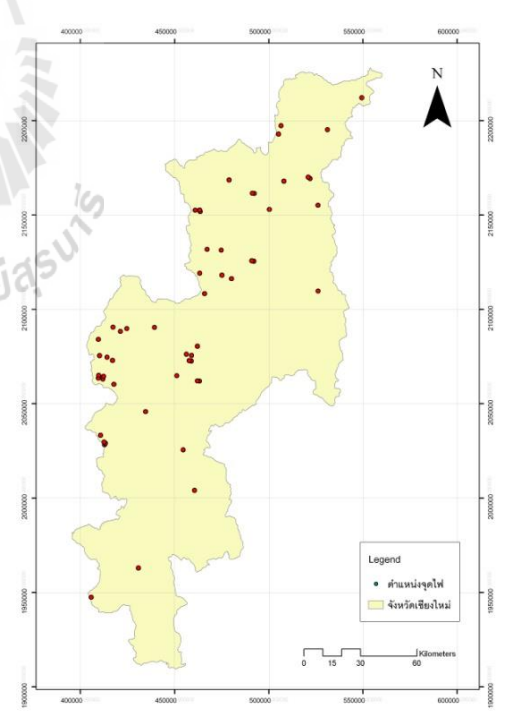
(1) มกราคม พ.ศ. 2553



(2) กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553

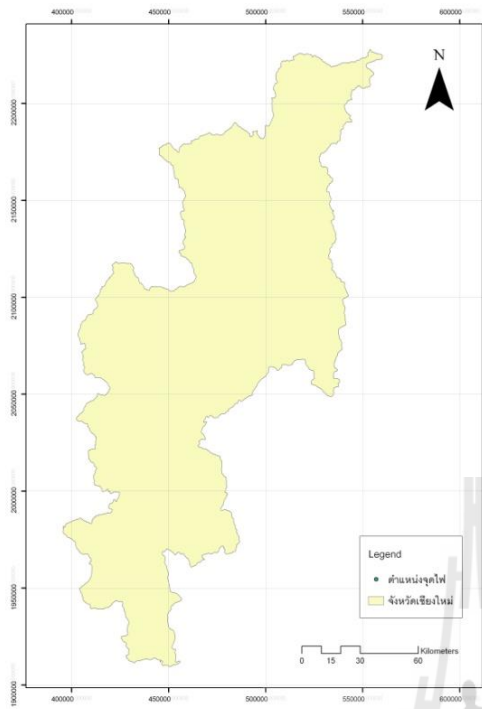


(3) มีนาคม พ.ศ. 2553

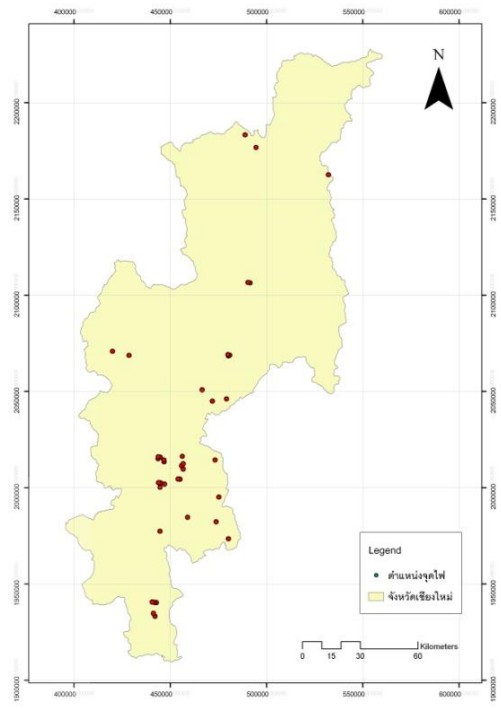


(4) เมษายน พ.ศ. 2553

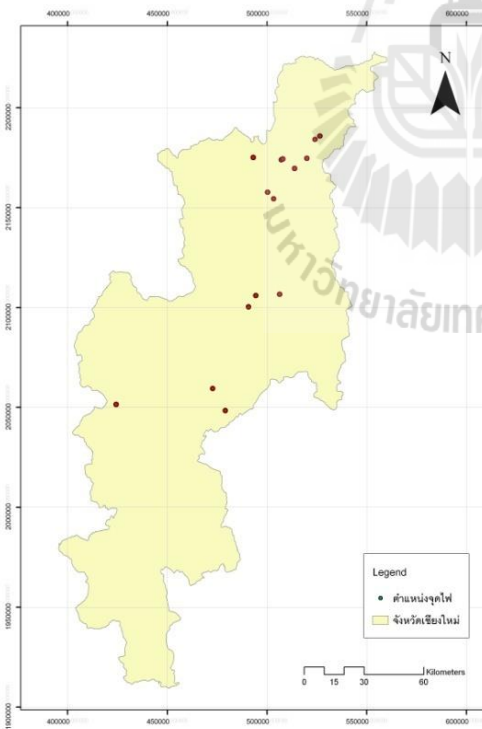
รูปที่ 3.1b แผนที่จุดไฟจากฐานข้อมูล MODIS ช่วงฤดูไฟป่าของปี พ.ศ. 2553 (monthly map)



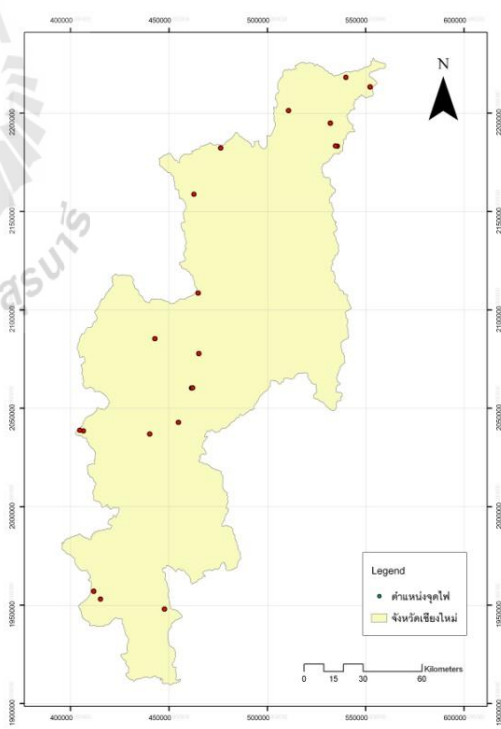
(1) มกราคม พ.ศ. 2554



(2) กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554

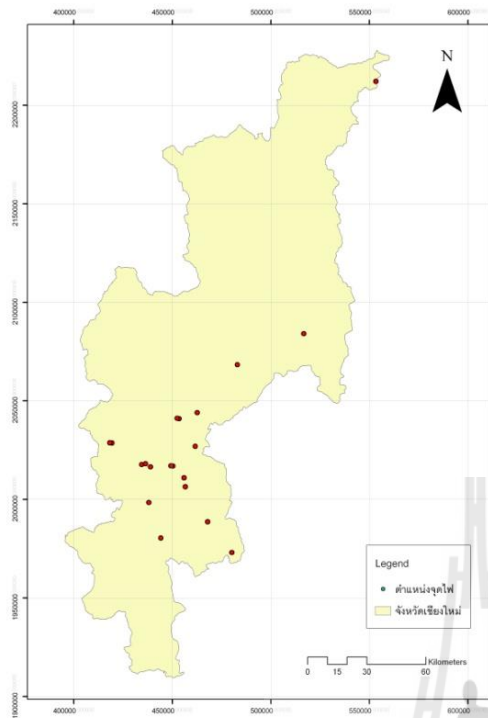


(3) มีนาคม พ.ศ. 2554

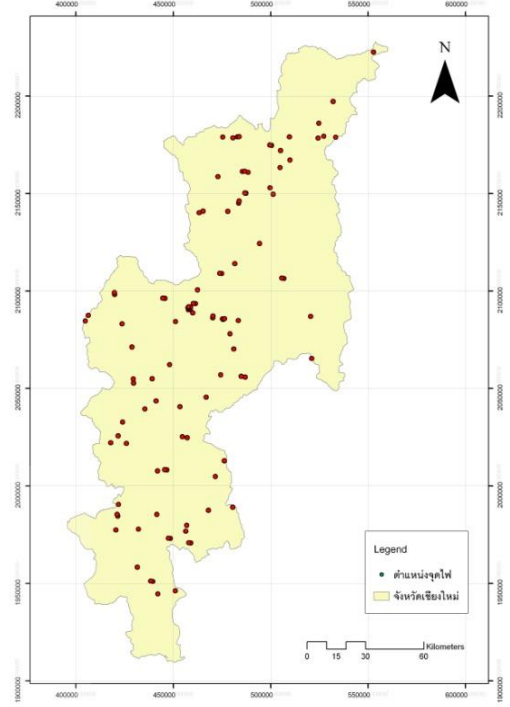


(4) เมษายน พ.ศ. 2554

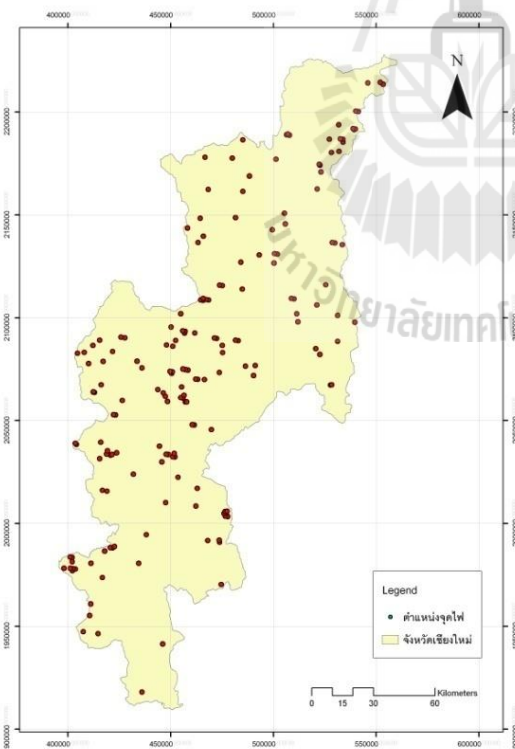
รูปที่ 3.1c แผนที่จุดไฟจากฐานข้อมูล MODIS ช่วงฤดูไฟป่าของปี พ.ศ. 2554 (monthly map)



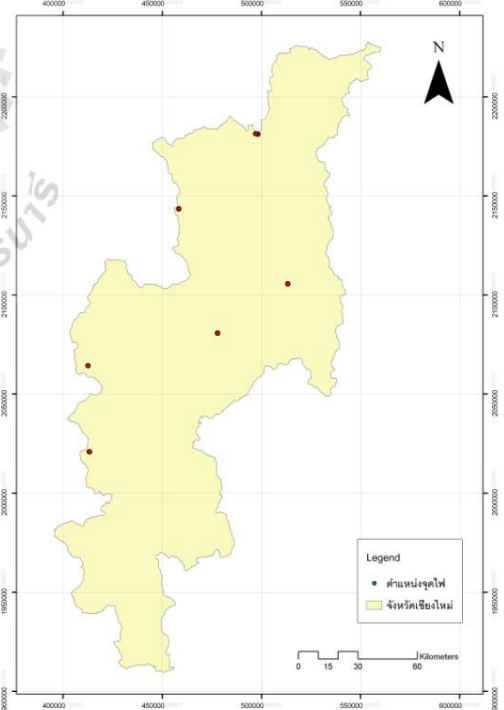
(1) มกราคม พ.ศ. 2555



(2) กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2555



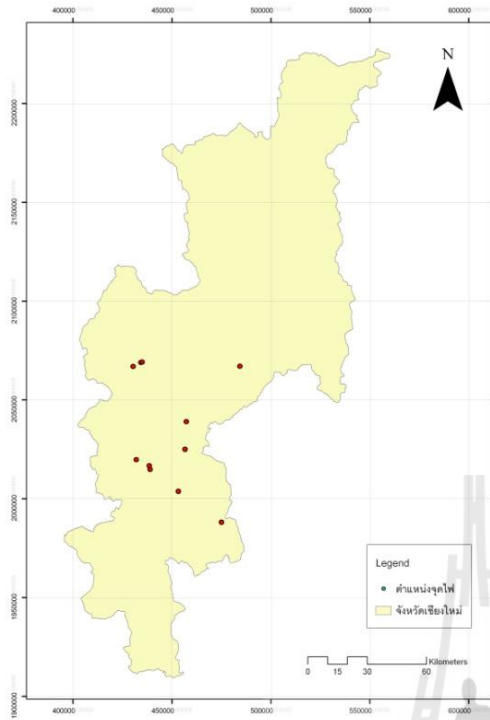
(3) มีนาคม พ.ศ. 2555



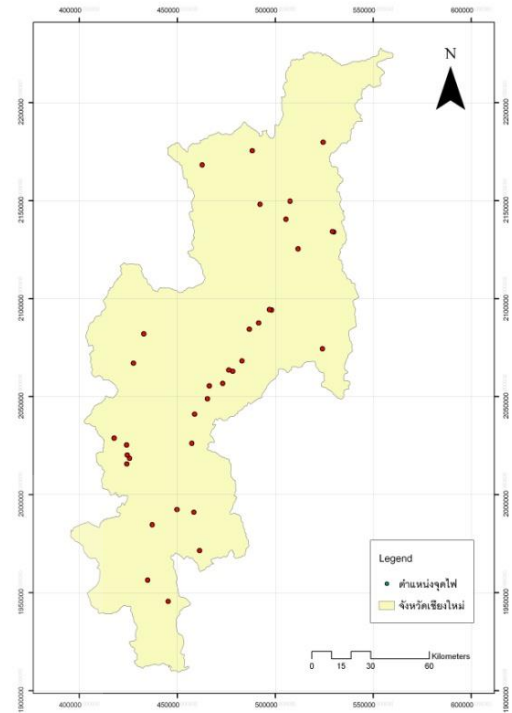
(4) เมษายน พ.ศ. 2555

รูปที่ 3.1d แผนที่จุดไฟจากฐานข้อมูล MODIS ช่วงฤดูไฟป่าของปี พ.ศ. 2555 (monthly map)

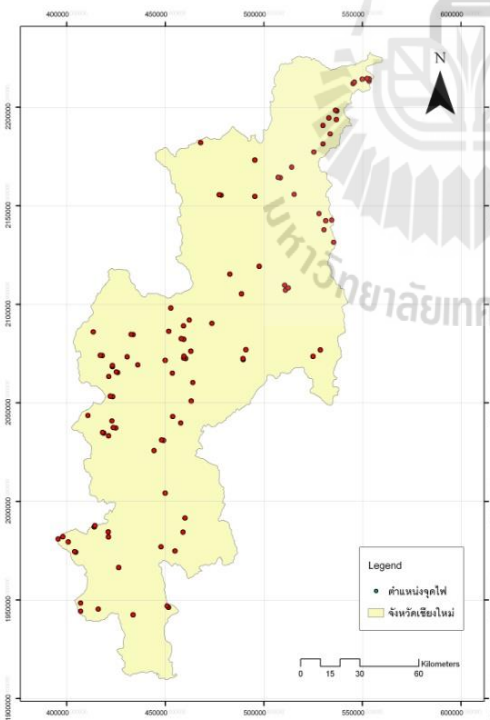




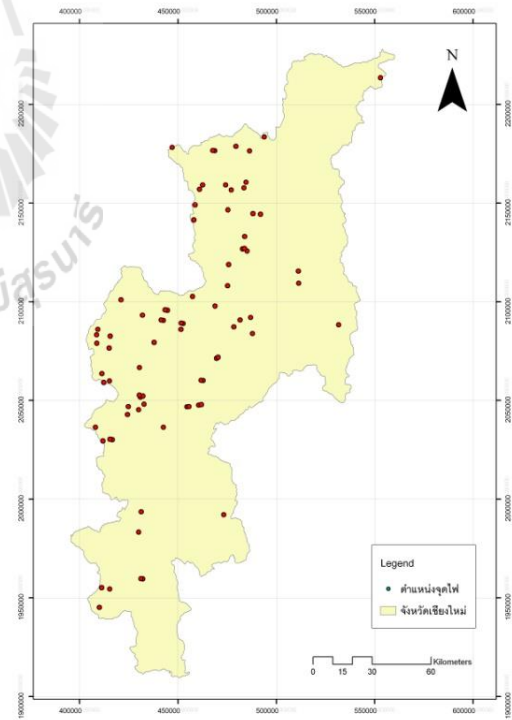
(1) มกราคม พ.ศ. 2556



(2) กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2556

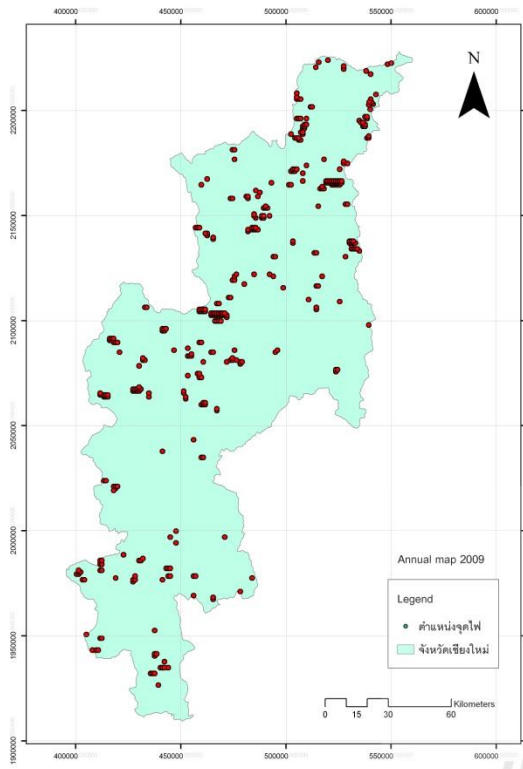


(3) มีนาคม พ.ศ. 2556

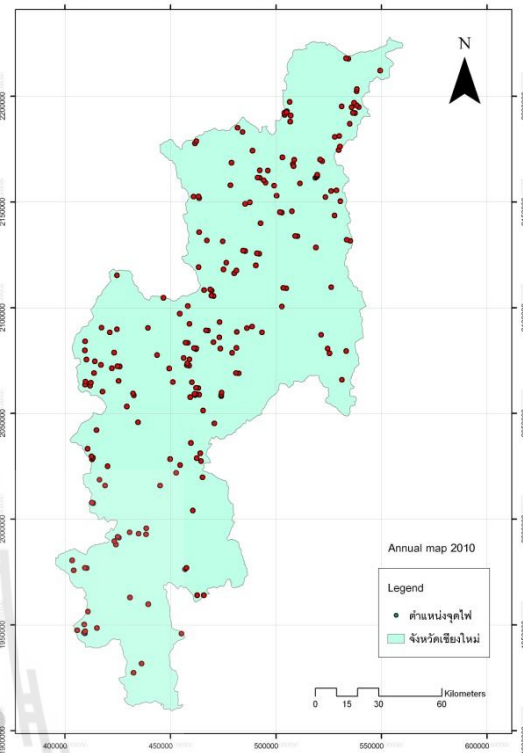


(4) เมษายน พ.ศ. 2556

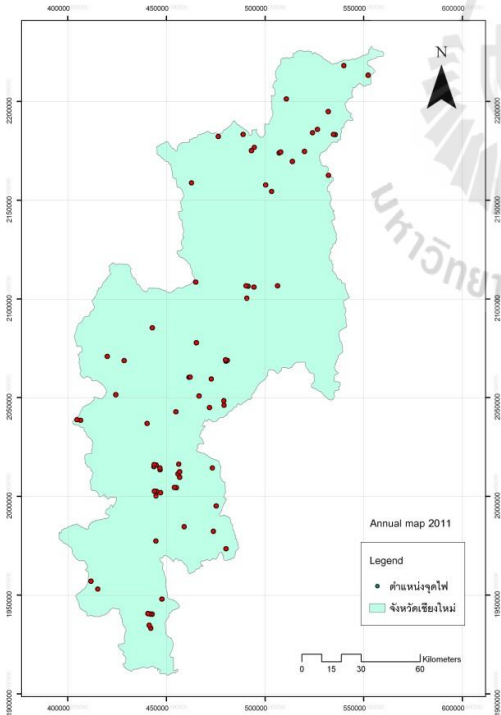
รูปที่ 3.1e แผนที่จุดไฟจากฐานข้อมูล MODIS ช่วงฤดูไฟป่าของปี พ.ศ. 2556 (monthly map)



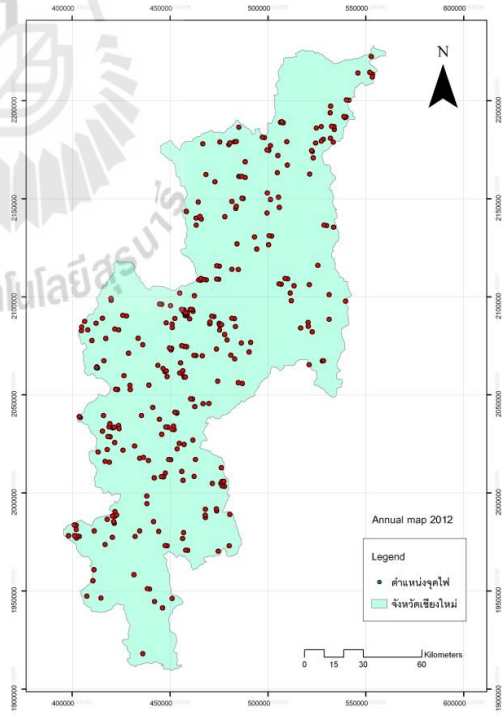
(1) ฤดูไฟป่า พ.ศ. 2552



(2) ฤดูไฟป่า พ.ศ. 2553

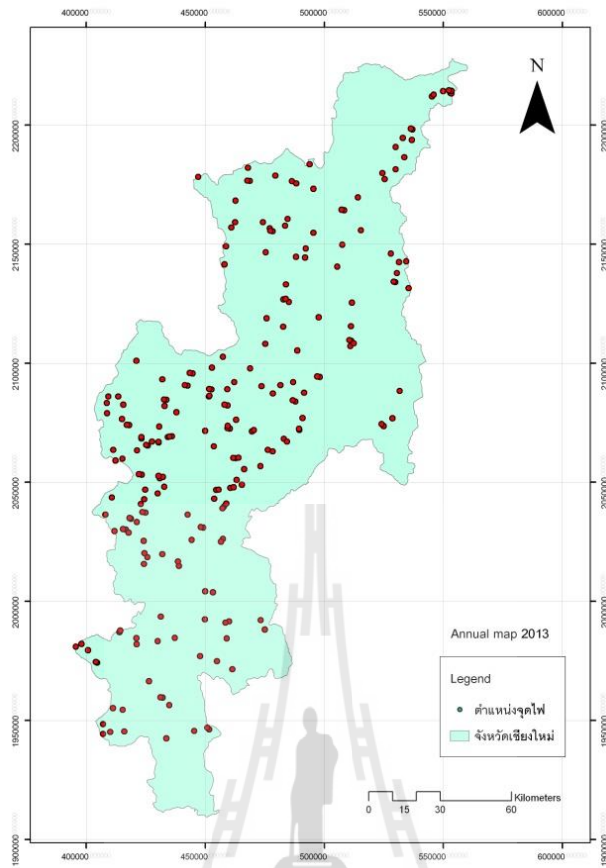


(3) ฤดูไฟป่า พ.ศ. 2554



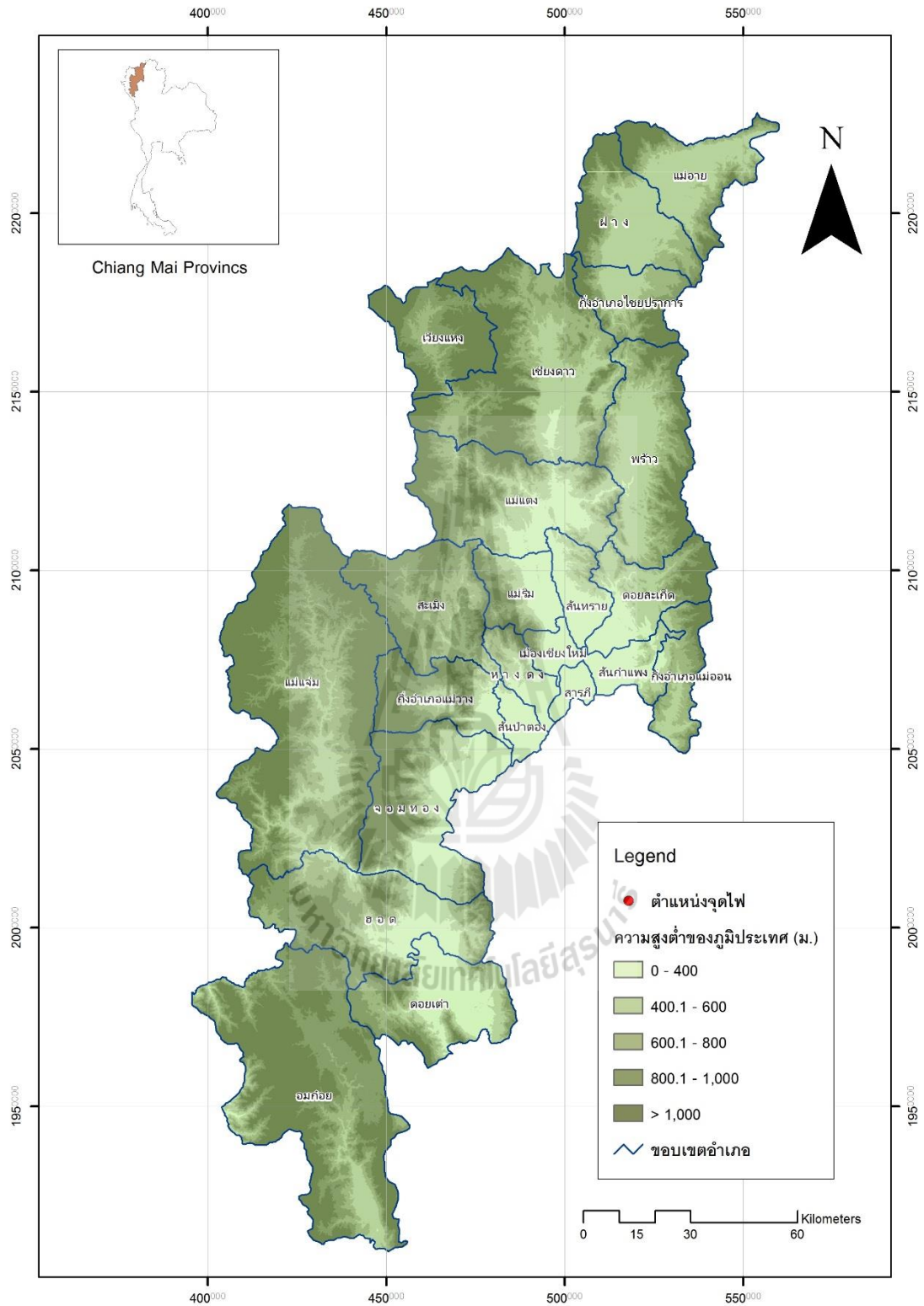
(4) ฤดูไฟป่า พ.ศ. 2555

รูปที่ 3.2 แผนที่จุดไฟจากฐานข้อมูล MODIS ช่วงฤดูไฟป่าของปี พ.ศ. 2552-2556 (annual map)

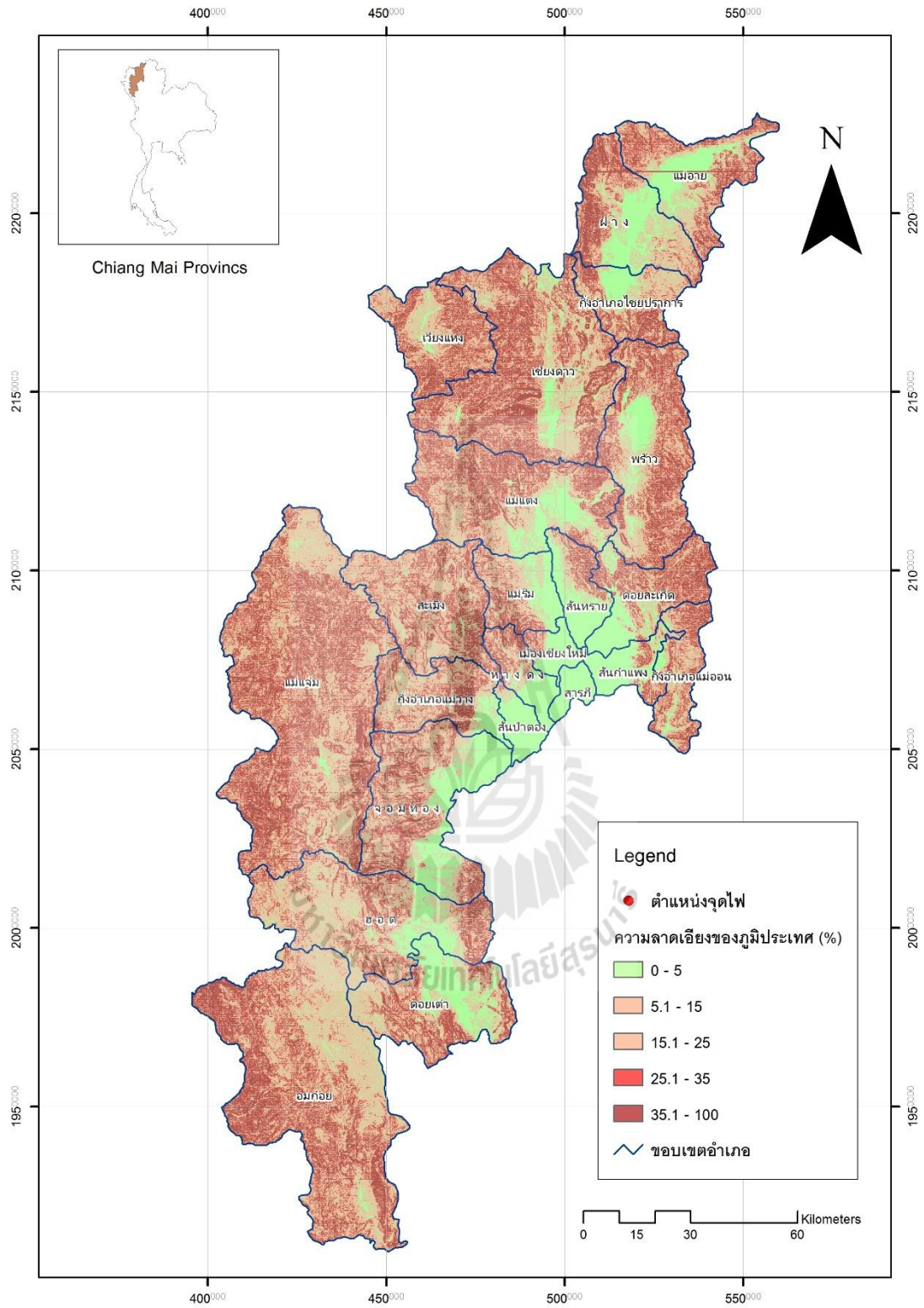


(5) ฤดูไฟป่า พ.ศ. 2556

รูปที่ 3.2 แผนที่จุดไฟจากฐานข้อมูล MODIS ช่วงฤดูไฟป่าของปี พ.ศ. 2552-2556 (ต่อ)

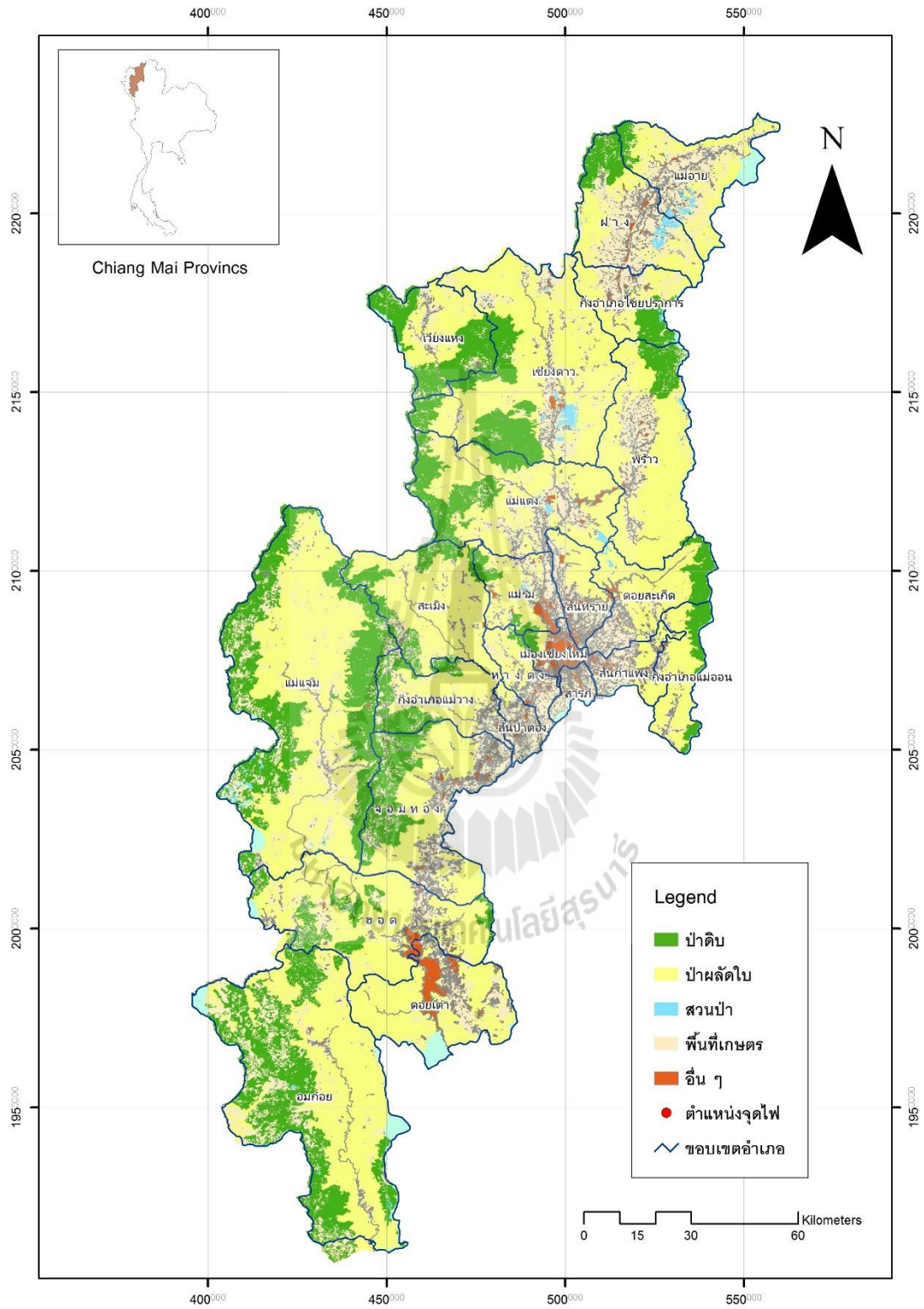


รูปที่ 3.3 ข้อมูลการกระจายตัวของจุดไฟบนแผนที่ความสูงต่ำของภูมิประเทศ (DEM)

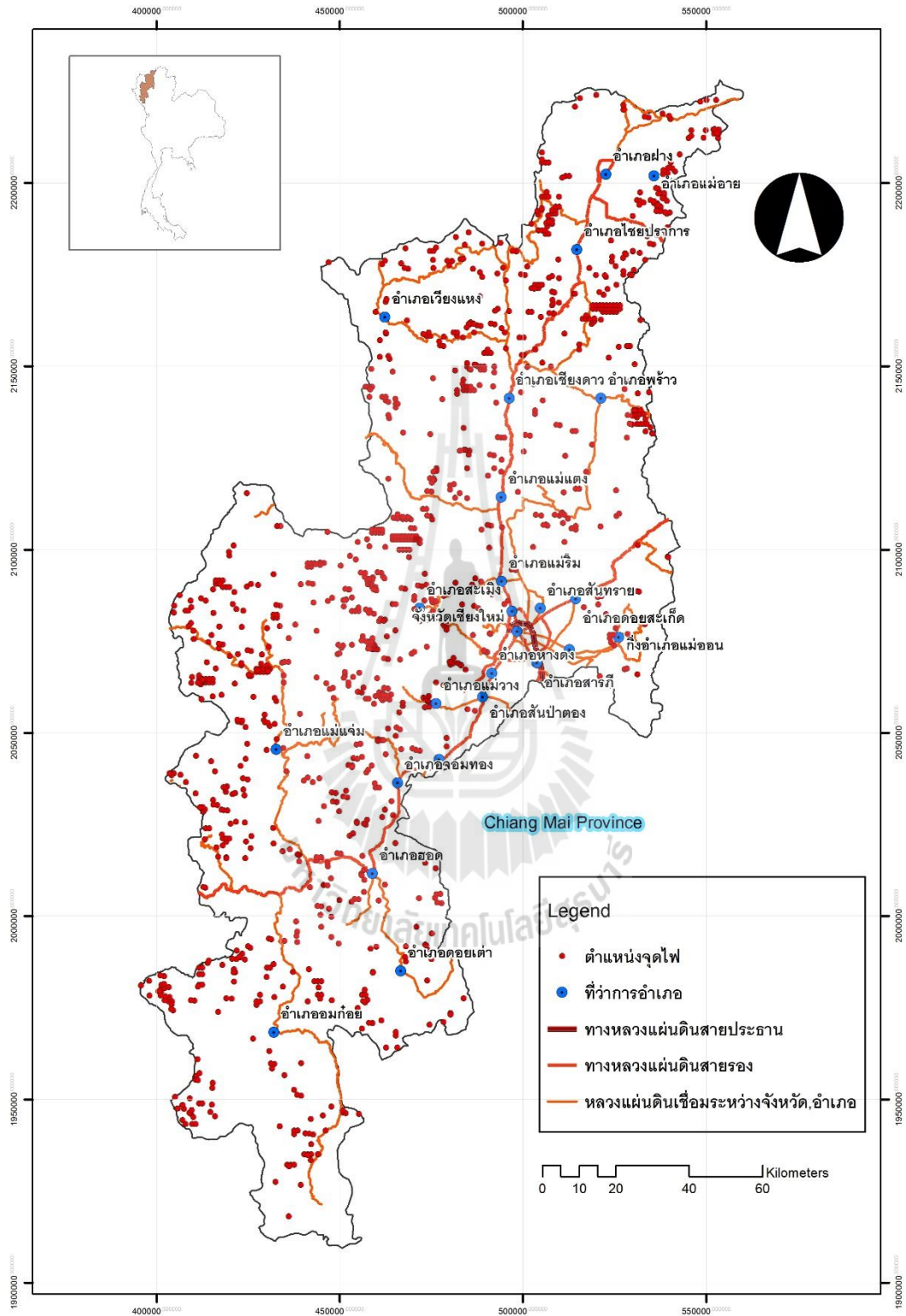


รูปที่ 3.4 ข้อมูลการกระจายตัวของจุดไฟบนแผนที่ความลาดเอียงของภูมิประเทศ (Slope)

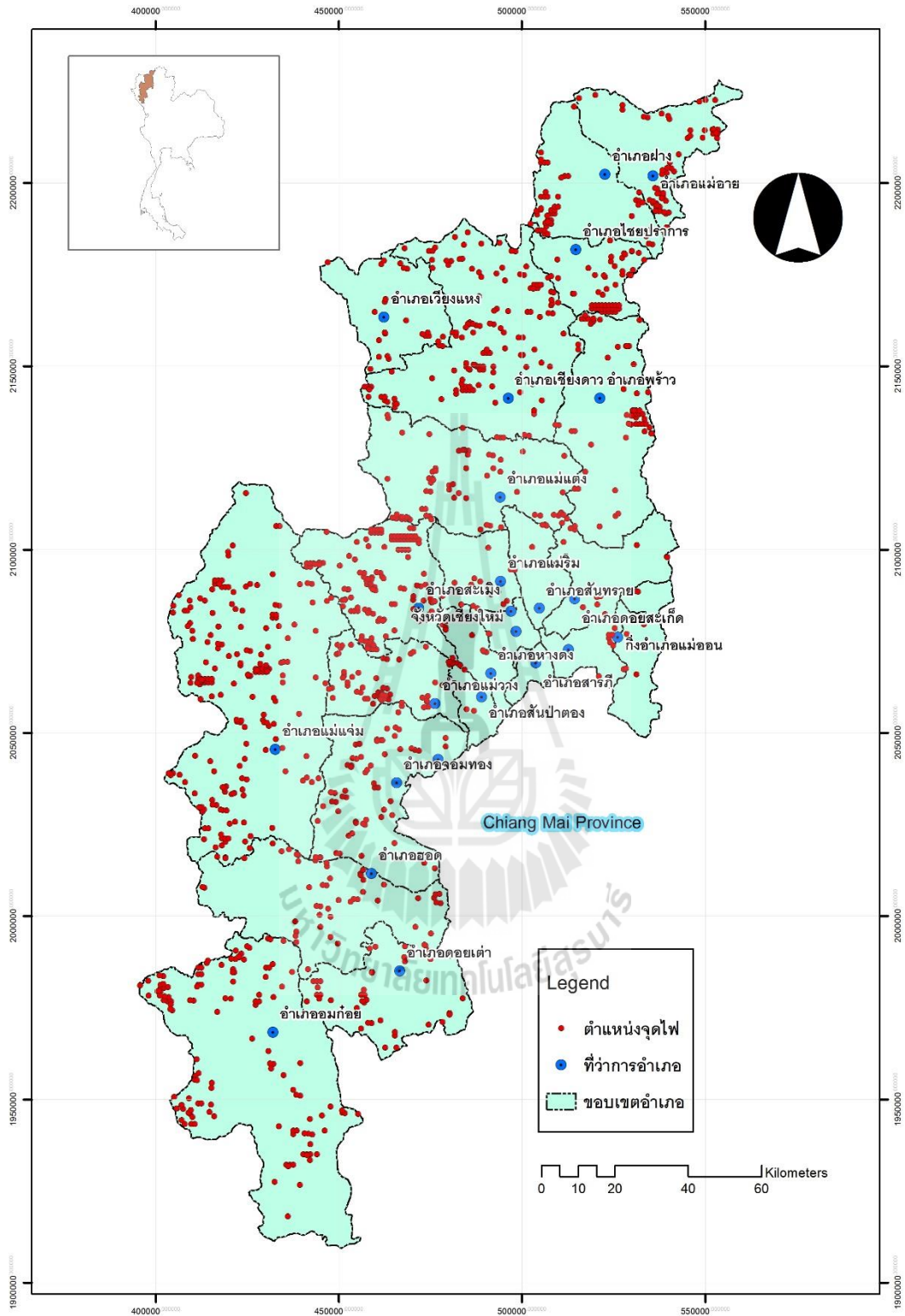




รูปที่ 3.5 ข้อมูลการกระจายตัวของจุดไฟบนแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (LULC)



รูปที่ 3.6 ข้อมูลการกระจายตัวของจุดไฟบนแผนที่สังคม-เศรษฐกิจ (โครงข่ายถนน)



รูปที่ 3.7 ข้อมูลการกระจายตัวของจุดไฟบนแผนที่สังคม-เศรษฐกิจ (ศูนย์กลางอำเภอ)



ตารางที่ 3.2 ข้อมูลการกระจายตัวของจุดไฟในจังหวัดเชียงใหม่ช่วงฤดูไฟป่า พ.ศ. 2552-2556 จากภาพ MODIS แยกตามปัจจัยที่นำมาพิจารณา (อิงจากข้อมูลที่แสดงในรูปที่ 3.4-3.8)

ลำดับปัจจัย	ปัจจัย/จุดไฟ	การจำแนกชั้นข้อมูลตามปัจจัย					รวม
		1	2	3	4	5	
1	ความสูง (เมตร)	< 400	400-600	600-800	800-1,000	> 1,000	-
	จำนวนจุดไฟ	56	193	298	313	347	1,207
	%	4.6	16.0	24.7	25.9	28.8	100
2	ความลาดชัน (%)	< 5	5-15	15-25	25-35	> 35	-
	จำนวนจุดไฟ	68	278	354	222	285	1,207
	%	5.6	23.1	29.3	18.4	23.6	100
3	LULC	ป่าสมบูรณ์	ป่าเบญจพรรณ	ป่าปลูก	เกษตรฯ	อื่น ๆ	-
	จำนวนจุดไฟ	196	651	8	287	65	1,207
	%	16.2	53.9	0.7	23.8	5.4	100
4	ระยะห่างถนน (กม.)	< 1	1- 1.5	1.5- 2.0	2.0-2.5	> 2.5	-
	จำนวนจุดไฟ	857	123	0	149	77	1,207
	%	71.0	10.2	0	12.3	6.5	100
5	ระยะห่างจาก ศก.อำเภอ (กม.)	< 5	5-10	10- 15	15- 20	> 20	-
	จำนวนจุดไฟ	64	160	274	262	447	1,207
	%	5.3	13.3	22.7	21.7	37.0	100

ข้อมูลที่ได้จากรูปที่ 3.3-3.7 และตารางที่ 3.2 แสดงให้เห็นว่าการกระจายตัวของจุดไฟที่เครื่อง MODIS ตรวจวัดได้ในช่วงที่ศึกษา (1,207 จุด) หากพิจารณาแยกตามปัจจัยที่กำหนดอาจสรุปได้ดังนี้

1. กรณีของความสูงและความลาดชัน พบว่ามีปริมาณของจุดไฟเพิ่มมากขึ้นตามระดับความสูง โดยค่าสูงสุด (ประมาณ 28.8%) พบที่ระดับสูงมากกว่า 1000 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล รองลงไปคือที่ระดับความสูง 800-1,000 เมตร (25.9%) สำหรับกรณีของความลาดชันพบว่ามีจำนวนของจุดไฟสูงสุด (ประมาณ 29.3%) อยู่ที่ระดับความลาดชัน 15-25% รองลงมาคือที่ระดับความลาดชันมากกว่า 35% (ประมาณ 23.6%) การพบจุดไฟจำนวนมากในเขตที่สูง (อาทิ >800 เมตร) และเขตที่มีความลาดชันสูง (อาทิ >25%) ซึ่งโดยปกติมักเป็นเขตป่าไม้สมบูรณ์ บ่งบอกถึงความรุนแรงของสถานการณ์ไฟป่าซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติของพื้นที่ นอกจากนั้นเขตดังกล่าวมักเป็นเขตที่เข้าถึงยากจากทางพื้นดิน ทำให้การตรวจสอบภาคพื้นดินเพื่อการดับไฟ หรือการป้องกันการเกิดหรือขยายตัวของจุดไฟอย่างทันท่วงที่ยังอาจทำได้ยาก โดยทั่วไป ไฟที่พบในเขตที่สูงดังกล่าวอาจเป็นการจุดเพื่อเตรียมพื้นที่สำหรับการทำเกษตรกรรมเขตที่สูงของคนท้องถิ่น ที่เรียกว่าเป็นการทำไร่เลื่อนลอย ซึ่งเป็นสิ่งที่ควรศึกษาเพิ่มมากขึ้นเกี่ยวกับผลกระทบที่มีต่อการเกิดไฟและปัญหาหมอกพิษที่ตามมา

2. กรณีลักษณะของ LULC พบว่าจุดไฟที่พบมักเกิดในเขตป่าเบญจพรรณมากที่สุด (53.9%) รองลงไปคือในเขตพื้นที่เกษตรกรรม (23.8%) และเขตป่าสมบูรณ์ (16.2%) สอดคล้องกับที่พบในงานของ เจียมใจ เครือสมบูรณ์และคณะ (2551) เกี่ยวกับที่มาของสารก่อมลพิษทางอากาศที่พบในเขตจังหวัดเชียงใหม่ที่กล่าวถึงไปข้างต้น ว่าเกิดจากไฟป่าและการเผาในที่โล่งของภาคเกษตรเป็นส่วนใหญ่ (ประมาณร้อยละ 50-70) ทั้งนี้ จากข้อมูลที่กล่าวในงานของ มงคล รายนาค (2553) แสดงให้เห็นว่ารัฐบาลได้พยายามออกมาตรการหลายประการ ในการพยายามลดปัญหามลภาวะทางอากาศในเขตจังหวัดเชียงใหม่ช่วงฤดูแล้งลง โดยเฉพาะการควบคุมการเผาในที่โล่งในภาคเกษตรให้ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพและเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด แต่ก็ยังประสบปัญหาไม่สามารถดำเนินการได้ผลสัมฤทธิ์มากอย่างที่คาดหวัง เนื่องมาจากปัญหาหลายประการโดยเฉพาะการขาดความร่วมมือจากเกษตรกรในพื้นที่และการมีงบประมาณที่จำกัดในการบริหารจัดการเรื่องดังกล่าว

3. กรณีระยะห่างจากถนน พบว่าจุดไฟที่ตรวจวัดได้มักตั้งอยู่ใกล้แนวถนนระยะไม่เกิน 1 กม. (71.0%) แสดงให้เห็นว่าน่าจะเกิดจากการกระทำของมนุษย์ โดยใช้ถนนเป็นเส้นทางในการเข้าถึงพื้นที่ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลของส่วนควบคุมไฟป่า (2553) ไฟป่าที่ตรวจพบส่วนใหญ่มักจะเกิดมาจากกระทำของมนุษย์ เพื่อเก็บหาของป่า เช่น ไข่มดแดง เห็ด และไม้พิน หรือจากการเผาไร่เพื่อเตรียมพื้นที่เพาะปลูกที่บริเวณแนวชายป่าแล้วเกิดลุกลามเข้าไปในป่า ซึ่งมักเกิดขึ้นเป็นวัฏจักรซ้ำเดิมทุกปี

4. กรณีระยะห่างจากศูนย์กลางอำเภอ พบว่ามีปริมาณจุดไฟเพิ่มสูงขึ้นตามระยะห่างที่มากขึ้นตามลำดับ โดยค่าสูงสุด (ประมาณ 37.0%) พบที่ระยะห่างจากศูนย์กลางอำเภอกว่า 20 กิโลเมตร ซึ่งมักเป็นเขตเกษตรกรรมหรือเขตป่าเขาสอดคล้องกับข้อมูลที่กล่าวถึงไปข้างต้น อย่างไรก็ตามจากงานของ Chat Phayungwiwatthanakoon (2014) แสดงให้เห็นว่ามลพิษทางอากาศที่เกิดจากจุดไฟในเขตห่างไกลตัวเมืองเหล่านี้ สามารถแพร่กระจายได้เป็นระยะทางไกลตามอิทธิพลของกระแสลมท้องถิ่น ทำให้ปัญหามลพิษทางอากาศในจังหวัดเชียงใหม่ยังคงเป็นปัญหาหลักของพื้นที่ (โดยเฉพาะในเขตเมือง) ในช่วงฤดูแล้ง (มกราคม-เมษายน) มาตลอดทุกปี

ผลการศึกษาการกระจายตัวของจุดไฟที่ได้รับจากการศึกษาครั้งนี้ ถือว่าเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการประเมินระดับความรุนแรงของปัญหา ครอบคลุมในทุกส่วนของพื้นที่ทั้งเชิงพื้นที่และเชิงเวลา เนื่องจากภาพถ่ายดาวเทียมที่ใช้สามารถให้ข้อมูลได้ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของจังหวัดในภาพเดียวที่ใช้และเป็นข้อมูลที่มีการสำรวจเป็นรายวัน ทำให้ได้ภาพที่ทันสมัยและต่อเนื่องไปตลอดทั้งช่วงของการเกิดจุดไฟรุนแรง ต่างจากการตรวจสอบภาคพื้นดินปกติซึ่งยังไม่สามารถเข้าถึงพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดได้ โดยเฉพาะในเขตห่างไกลเมืองหรือในเขตภูเขาสูง ข้อมูลที่ได้รับสามารถนำไปใช้เพื่อประกอบการจัดทำแผนที่เสี่ยงต่อการเกิดไฟรุนแรงประจำปีเพื่อการป้องกันแก้ไขปัญหาล่วงหน้า และอาจนำไปใช้ประกอบการวิเคราะห์ถึงที่มาของปัญหามลพิษที่ปรากฏในเขตตัวจังหวัดขึ้นในได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะการประยุกต์ข้อมูลจุดไฟที่พบเพื่อสนับสนุนการจำลองสภาพการแพร่กระจายของมลพิษจากแบบจำลองที่เลือกมา

### 3.2 การประเมินผลกระทบของไฟป่าที่มีต่อพื้นที่ป่าไม้ในจังหวัดเชียงใหม่

งานในส่วนนี้เริ่มต้นจากการรวบรวมข้อมูลพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ (burned area) ในเขตพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งตรวจวัดได้จากเครื่อง MODIS บนดาวเทียม Terra และ Aqua ขององค์การนาซา ของปี พ.ศ. 2552-2556 และรายงานผลการศึกษาในรูปของแผนที่ในช่วงฤดูไฟป่ารายเดือน (monthly map) ในรูปที่ 3.8 และรายปี (annual map) ในรูปที่ 3.9 (ดูตารางที่ 3.3 ประกอบ) ก่อนนำข้อมูลที่ได้รับมาวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ของพื้นที่ที่ถูกไฟไหม้และตำแหน่งจุดไฟที่ได้รับก่อนหน้า รวมถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นกับพืชพรรณเขตป่าไม้โดยอิงจากภาพ EVI ที่ผันแปรไปรายปีเทียบกัน (รูปที่ 3.11)

จากตารางที่ 3.3a จะเห็นได้ว่าจำนวนพื้นที่ซึ่งถูกเผาไหม้จะผันแปรไปในแต่ละปี โดยมีค่าต่ำสุดในปี พ.ศ. 2554 (111.6 ตร.กม.) และสูงสุดในปี พ.ศ. 2553 (370 ตร.กม.) ซึ่งหากเทียบกับข้อมูลของจำนวนจุดไฟที่พบรายปีในตารางที่ 3.1 จะพบว่าพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ไม่ผันแปรโดยตรงกับจำนวนของจุดไฟที่พบ แสดงว่าจำนวนของจุดไฟเพียงอย่างเดียวไม่สามารถใช้เป็นดัชนีวัดระดับความรุนแรงของการเกิดไฟจากภาพ MODIS ในแต่ละปีได้อย่างชัดเจน เพราะความรุนแรงของไฟอาจผันแปรไปได้อย่างรวดเร็วตามเวลา ซึ่งการตรวจวัดของอุปกรณ์บนดาวเทียมอาจไม่สามารถบันทึกข้อมูลดังกล่าวได้อย่างครบถ้วน (เพราะดาวเทียมจะผ่านเหนือพื้นที่สำรวจเฉพาะบางช่วงเวลาของแต่ละวันเท่านั้น ไม่สามารถตรวจวัดข้อมูลต่อเนื่องเหนือพื้นที่ศึกษาได้ตลอดเวลา) แต่หลักฐานการถูกเผาไหม้ของพื้นที่หลังจากไฟสงบแล้ว อาจสังเกตได้ชัดเจนและถูกต้องตามความเป็นจริงมากกว่า เนื่องจากไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลามากในช่วงการสำรวจของดาวเทียมที่ใช้ (เครื่อง MODIS จะสำรวจซ้ำที่เดิมรวมกันประมาณ 4 ครั้งต่อวัน)

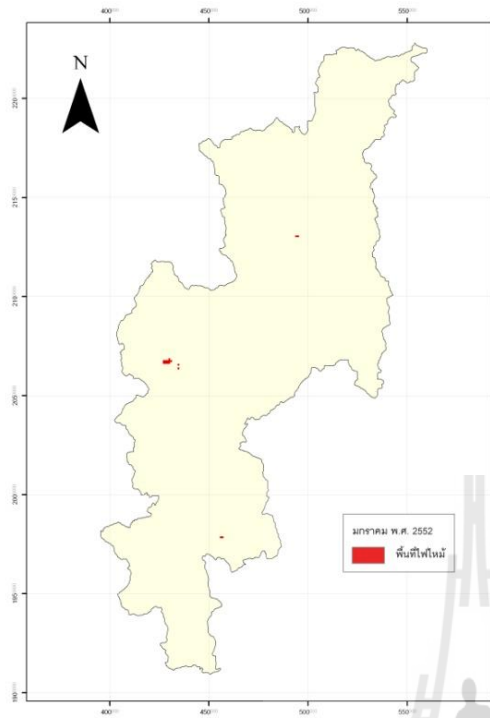
หากพิจารณาถึงที่ตั้งของเขตถูกเผาไหม้ จะพบว่าส่วนใหญ่จะอยู่ในเขตป่าเบญจพรรณมากที่สุด รองลงไปที่เขตป่าสนบูรณและเขตพื้นที่เกษตรกรรมในจำนวนพื้นที่ใกล้เคียงกัน (ยกเว้นใน พ.ศ. 2553) ซึ่งเหตุนี้อาจเป็นเพราะว่าป่าเบญจพรรณมักอยู่ใกล้เขตเกษตรกรรมตามปกติหรือใกล้ที่ตั้งของเขตชุมชนในท้องถิ่น ทำให้สามารถเข้าถึงได้ง่ายสำหรับผู้ที่ต้องการเข้าไปใช้ประโยชน์หรือสามารถได้รับผลกระทบโดยตรงจากการจุดไฟเพื่อเตรียมพื้นที่เพาะปลูกในภาคเกษตร ต่างไปจากเขตป่าสนบูรณซึ่งมักตั้งอยู่ห่างจากชุมชนพอควรและการเข้าถึงพื้นที่มักไม่สะดวกมากนักเหมือนกรณีของป่าเบญจพรรณ นอกจากนี้สภาพแวดล้อมของป่าเบญจพรรณยังเอื้อต่อการเกิดหรือการลุกลามของไฟได้ง่ายช่วงฤดูแล้ง เพราะว่ามีต้นไม้มักมีความชื้นในตัวเองต่ำ (เป็นไม้แห้ง) และมักปรากฏเศษกิ่งไม้ใบไม้สะสมบนพื้นดินค่อนข้างมาก ซึ่งอาจเป็นเชื้อเพลิงที่สนับสนุนการเกิดและการแพร่กระจายของไฟป่าได้เป็นอย่างดี โดยไฟป่ามักเกิดและแพร่กระจายได้ดีที่สุดในช่วงกลางวันประมาณ 10.00-18.00 น. เพราะว่าเป็นช่วงที่มีอัตราเร็วลมสูง ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ และอุณหภูมิที่สูงพอ อย่างไรก็ตาม จากข้อมูลของสวนควบคุมไฟป่า (2553) ไฟป่าที่พบเกิดขึ้นในแต่ละปี อาจจะไม่ส่งผลกระทบมากต่อระบบนิเวศของพื้นที่ป่า เพราะถือเป็นวัฏจักรของการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมของป่าตามปกติ แต่อย่างไรก็ตาม การศึกษาเรื่องผลกระทบของไฟป่ากรณีนี้ อาจต้องใช้ข้อมูลดาวเทียมที่แสดงถึงความสมบูรณ์ของพืชพรรณเข้ามาช่วย เพื่อดูความเสียหายและการฟื้นตัวจริงของพื้นที่ป่าที่ถูกเผาไหม้ ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 3.10 และ 3.11

ตารางที่ 3.3a ข้อมูลพื้นที่ไฟไหม้ในจังหวัดเชียงใหม่ช่วงฤดูไฟป่า พ.ศ. 2552-2556 จากภาพ MODIS

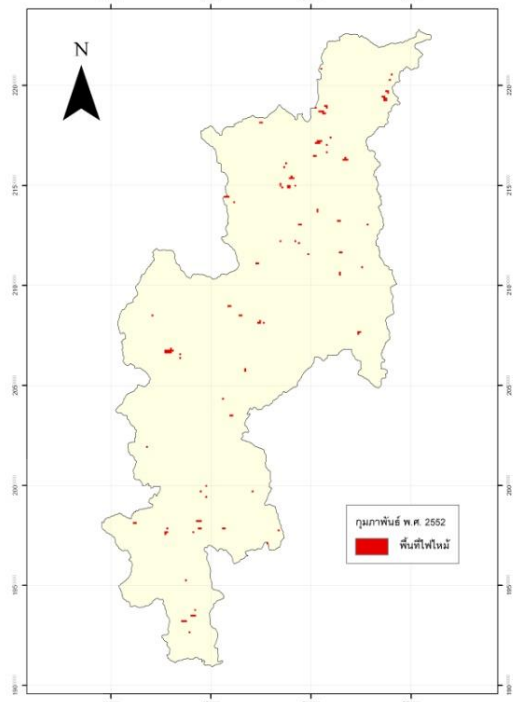
พ.ศ.	พื้นที่ไฟไหม้ (ตร.กม.)				รวม (ตร.กม.)
	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	
2552	13.7	100.5	182.9	5.2	302.2
2553	6.9	81.5	214.7	66.9	370.0
2554	14.6	18.0	73.9	5.1	111.6
2555	12.9	188.9	118.5	4.3	324.6
2556	7.7	17.2	151.1	29.2	205.2

ตารางที่ 3.3b ข้อมูลพื้นที่ไฟไหม้ในจังหวัดเชียงใหม่ช่วงฤดูไฟป่า พ.ศ. 2552-2556 แยกตาม LULC

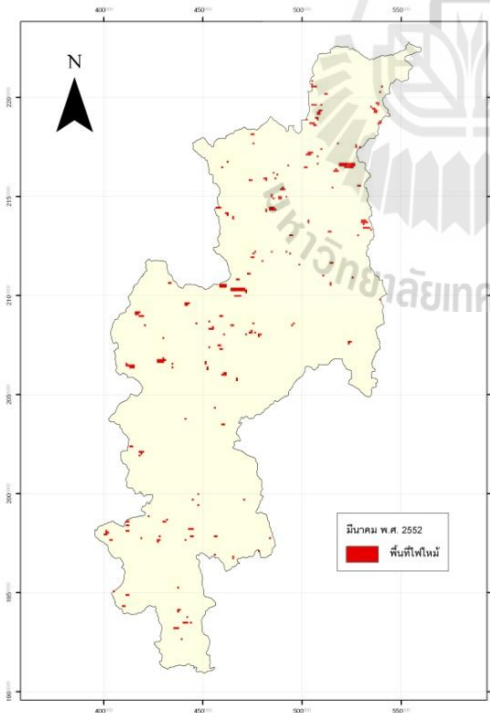
พ.ศ.	พื้นที่ไฟไหม้ (ตร.กม.) (แยกตาม LULC)					รวม (ตร.กม.)
	ป่าสมบูรณ์	ป่าเบญจพรรณ	ป่าปลูก	เกษตรฯ	อื่น ๆ	
2552	61.8	165.7	0.9	66.1	7.7	302.2
2553	115	170.8	1.7	73	9.4	370
2554	18.9	61.8	1.7	24.9	4.3	111.6
2555	65.2	181.2	3.4	71.3	3.4	324.6
2556	38.6	113.3	1.7	48.9	2.6	205.2



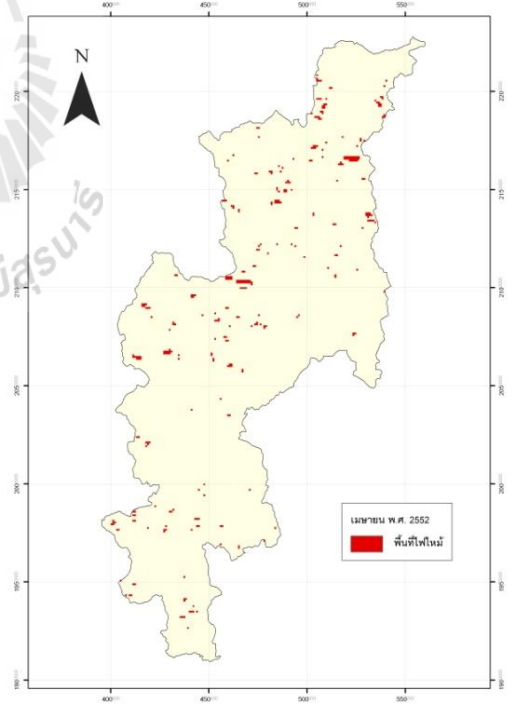
(1) มกราคม พ.ศ. 2552



(2) กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2552

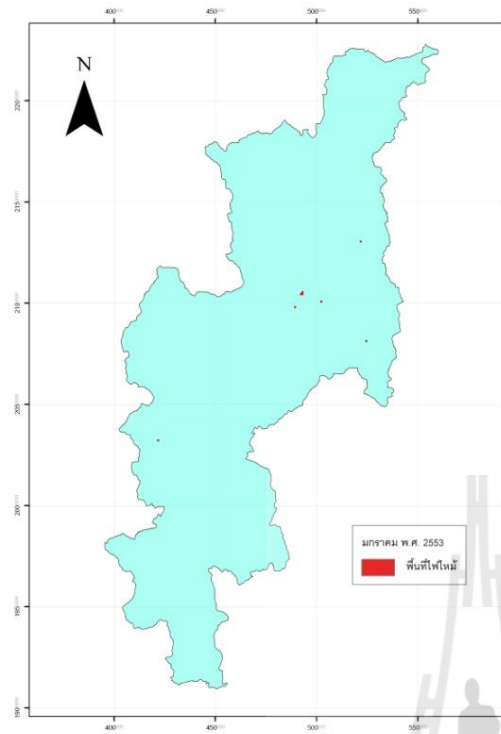


(3) มีนาคม พ.ศ. 2552

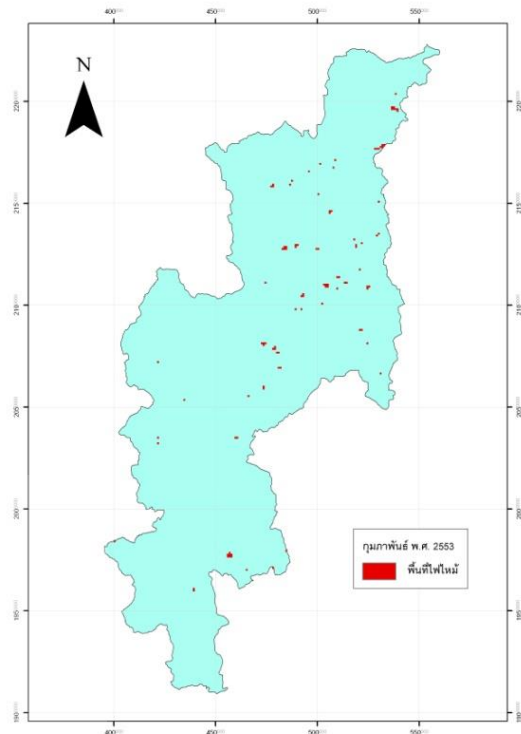


(4) เมษายน พ.ศ. 2552

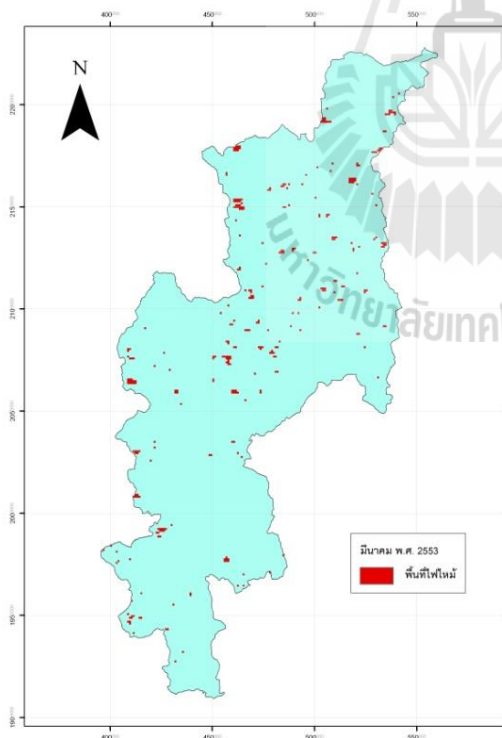
รูปที่ 3.8a แผนที่พื้นที่ไฟไหม้ช่วงฤดูไฟป่าของปี พ.ศ. 2552 (monthly map)



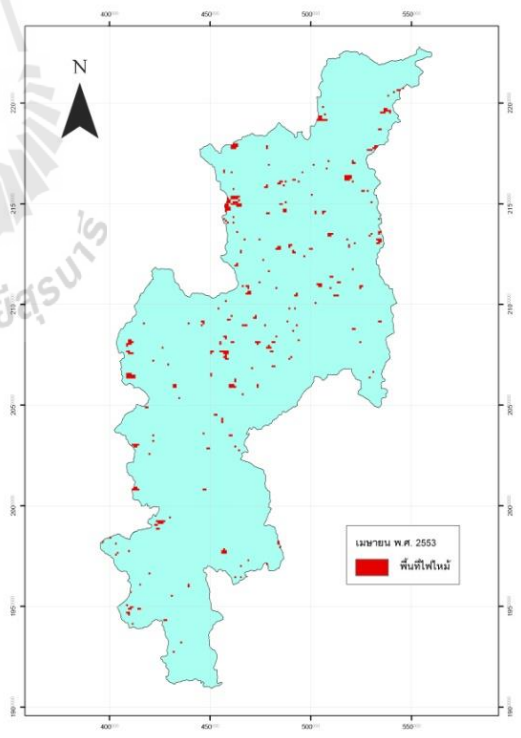
(1) มกราคม พ.ศ. 2553



(2) กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553

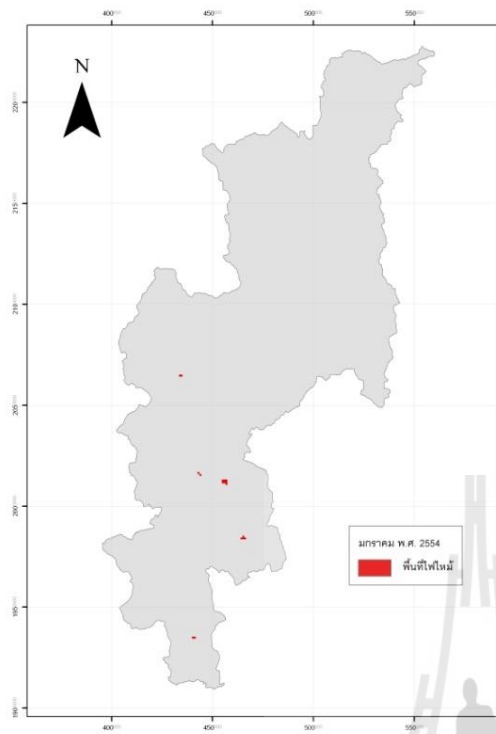


(3) มีนาคม พ.ศ. 2553

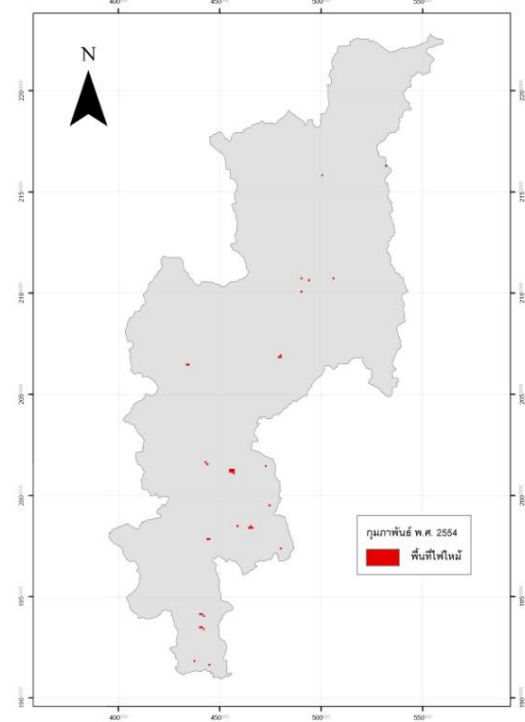


(4) เมษายน พ.ศ. 2553

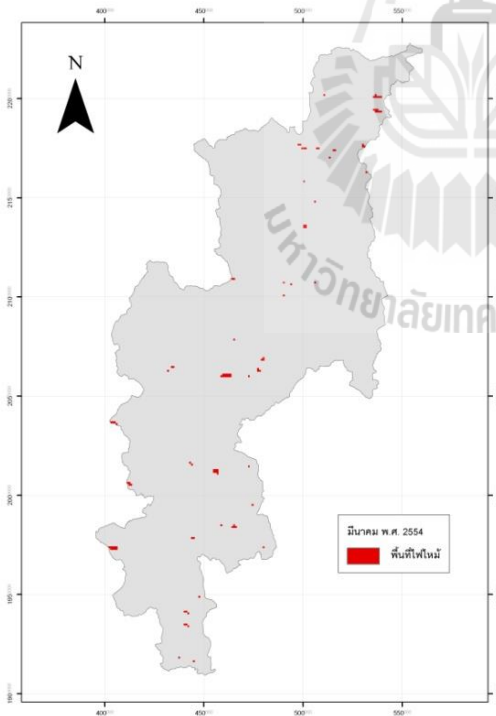
รูปที่ 3.8b แผนที่พื้นที่ไฟไหม้ช่วงฤดูไต้ฟ้าของปี พ.ศ. 2553 (monthly map)



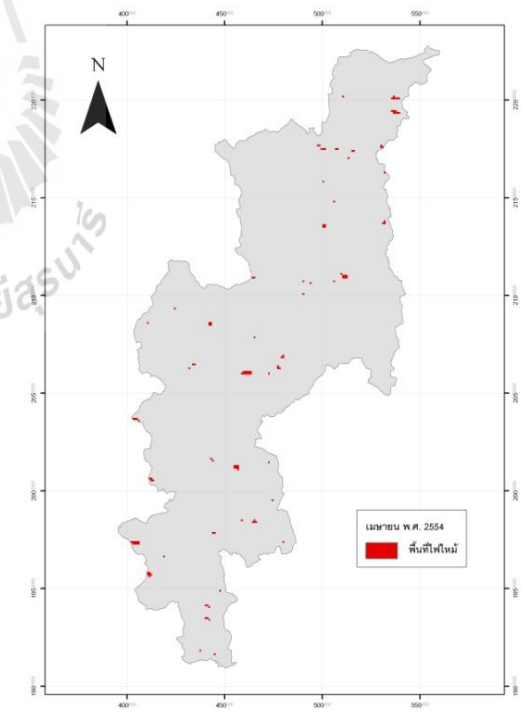
(1) มกราคม พ.ศ. 2554



(2) กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554



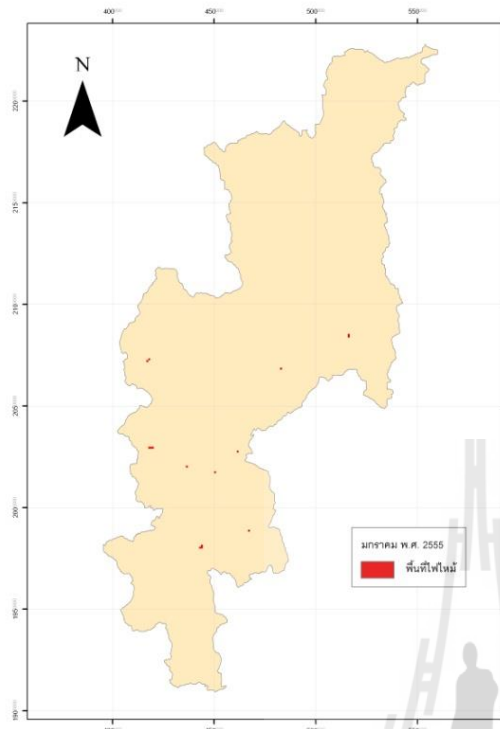
(3) มีนาคม พ.ศ. 2554



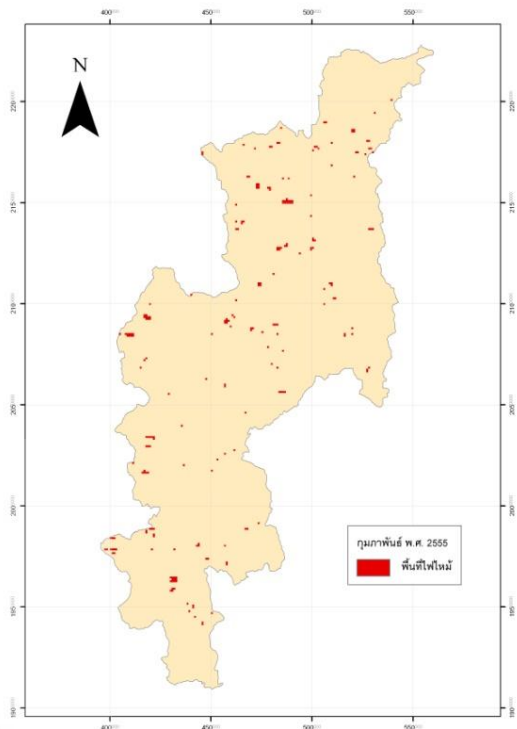
(4) เมษายน พ.ศ. 2554

รูปที่ 3.8c แผนที่พื้นที่ไฟไหม้ช่วงฤดูฟ้าผ่าของปี พ.ศ. 2554 (monthly map)

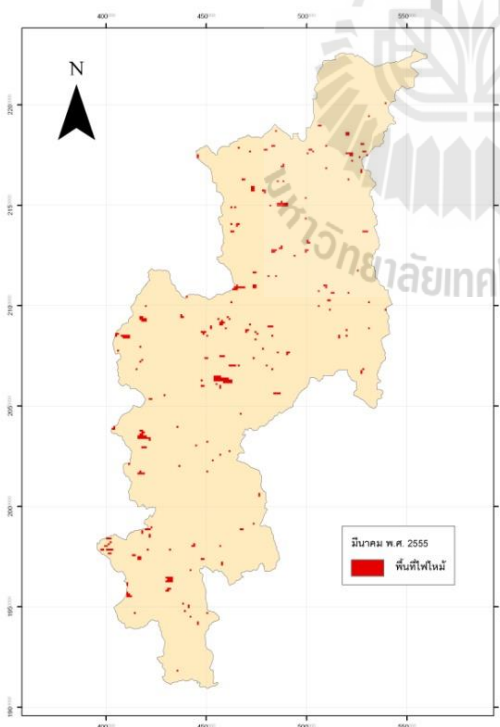




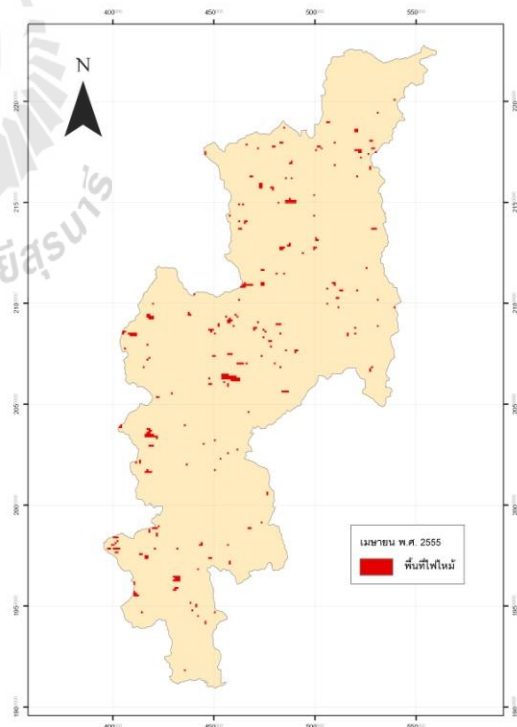
(1) มกราคม พ.ศ. 2555



(2) กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2555

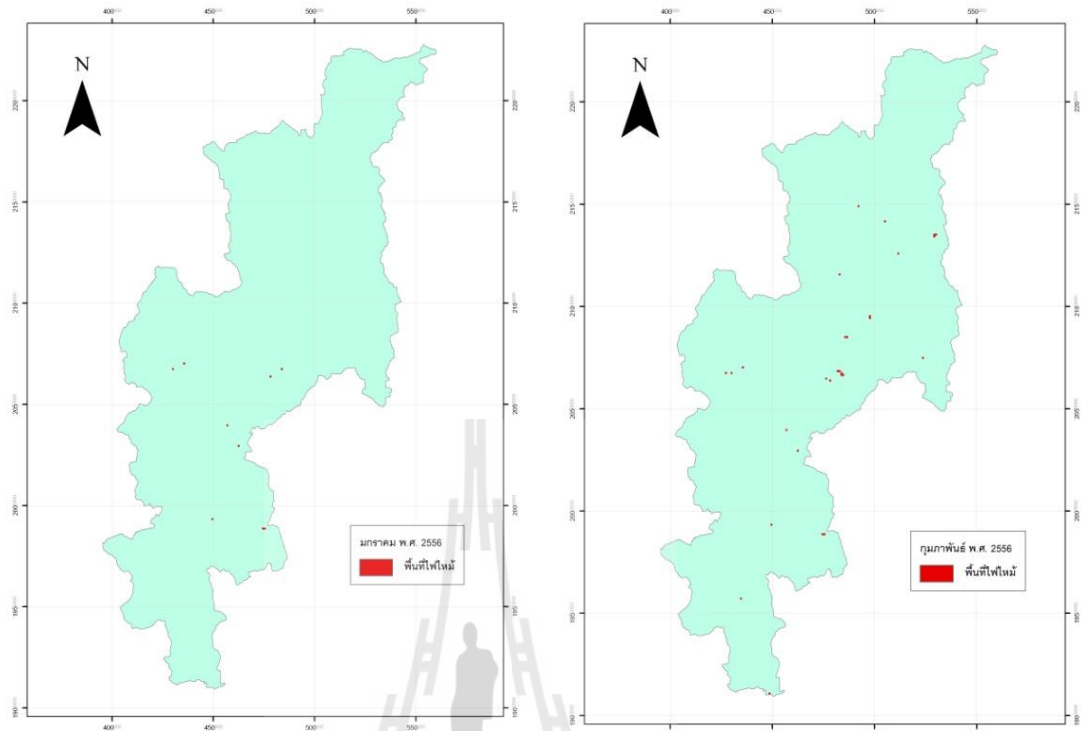


(3) มีนาคม พ.ศ. 2555



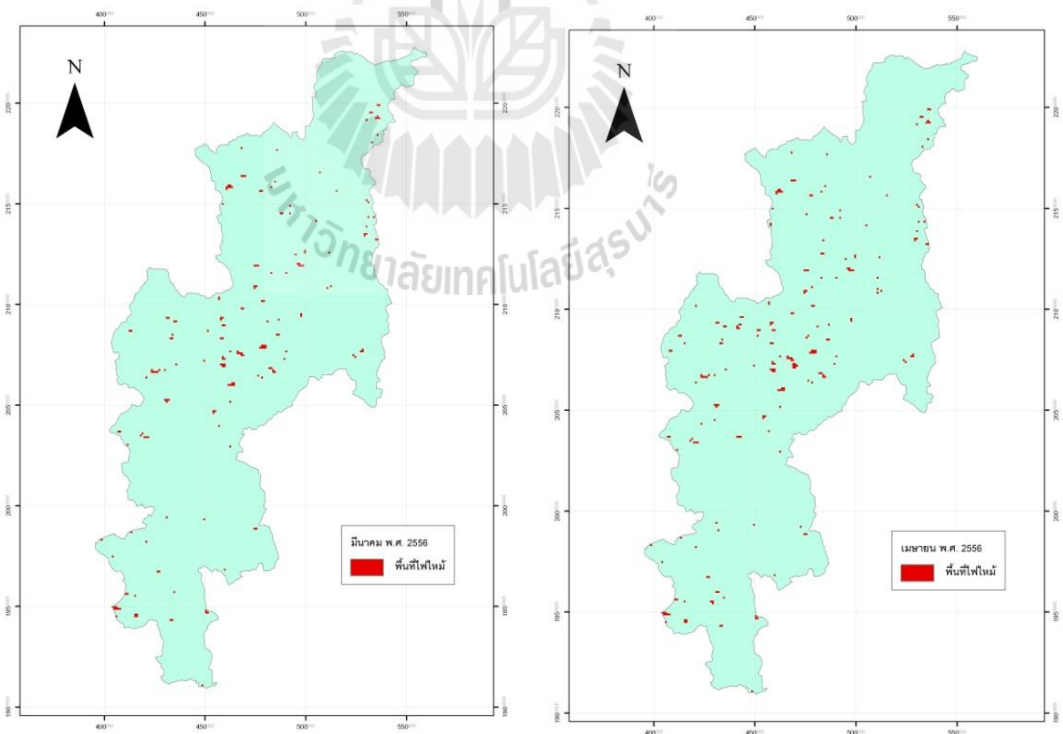
(4) เมษายน พ.ศ. 2555

รูปที่ 3.8d แผนที่พื้นที่ไฟไหม้ช่วงฤดูฟ้าของปี พ.ศ. 2555 (monthly map)



(1) มกราคม พ.ศ. 2556

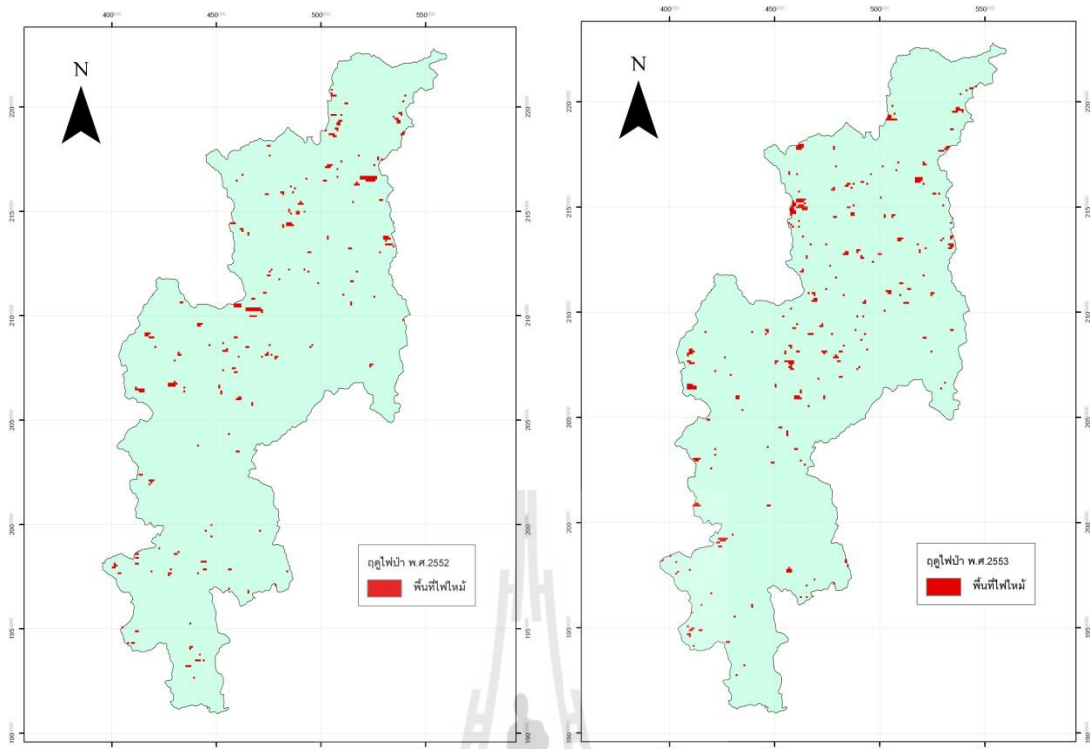
(2) กุมภาพันธ์ พ.ศ.2556



(3) มีนาคม พ.ศ. 2556

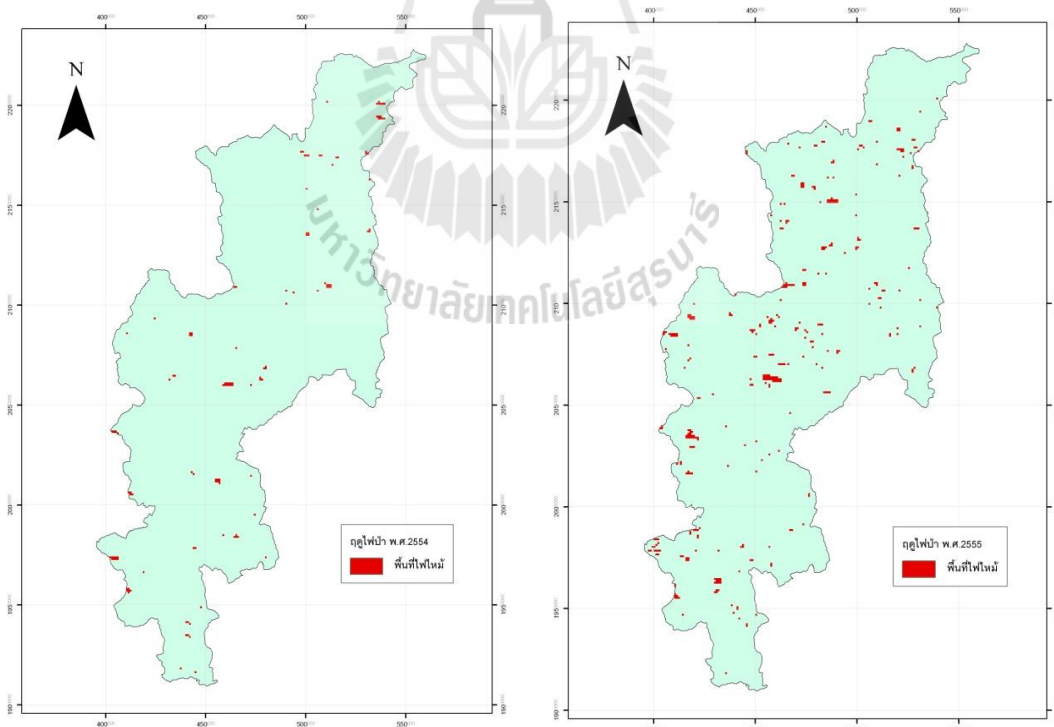
(4) เมษายน พ.ศ. 2556

รูปที่ 3.8e แผนที่พื้นที่ไฟไหม้ช่วงฤดูไฟฟ้าของปี พ.ศ. 2556 (monthly map)



(1) ฤดูไฟป่า พ.ศ. 2552

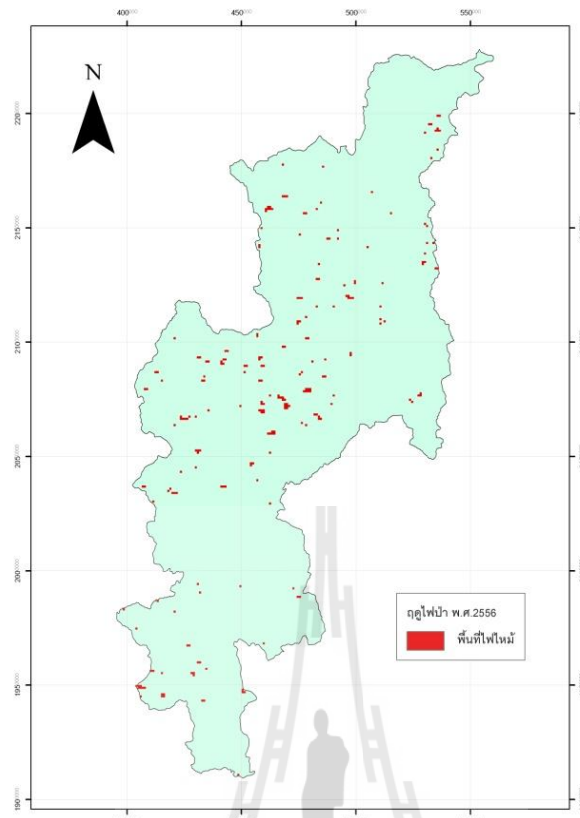
(2) ฤดูไฟป่า พ.ศ. 2553



(3) ฤดูไฟป่า พ.ศ. 2554

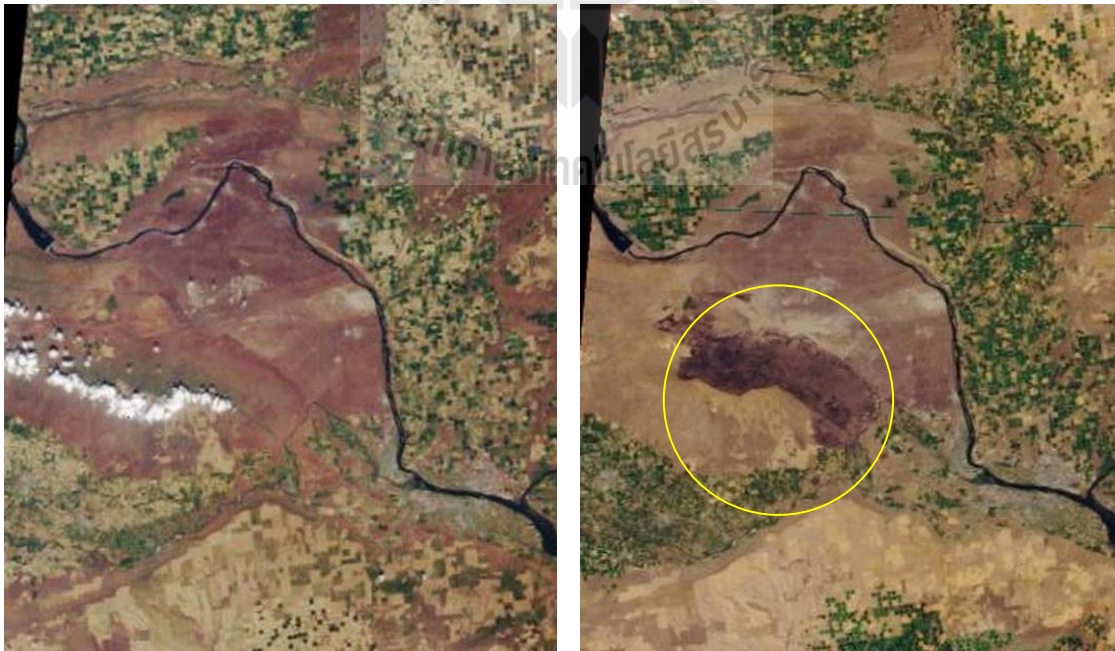
(4) ฤดูไฟป่า พ.ศ. 2555

รูปที่ 3.9 แผนที่พื้นที่ไฟไหม้จากฐานข้อมูล MODIS ฤดูไฟป่าปี พ.ศ. 2552-2556 (annual map)



(5) ฤดูไฟป่า พ.ศ. 2556

รูปที่ 3.9 แผนที่พื้นที่ไฟไหม้จากฐานข้อมูล MODIS ฤดูไฟป่าปี พ.ศ. 2552-2556 (ต่อ)

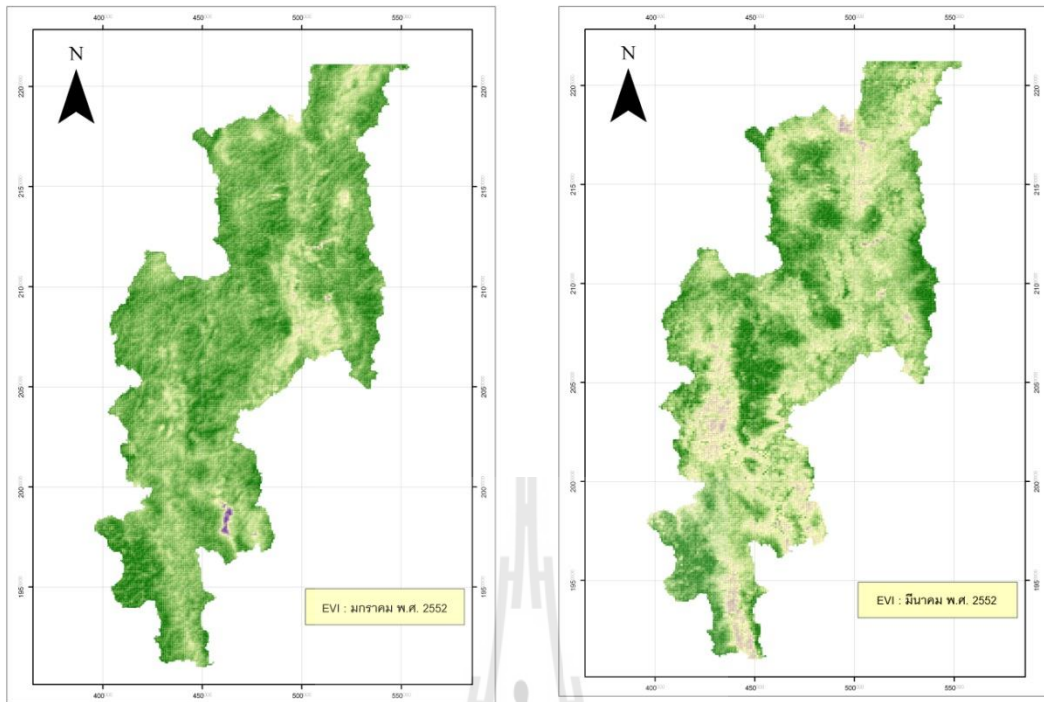


(ก)

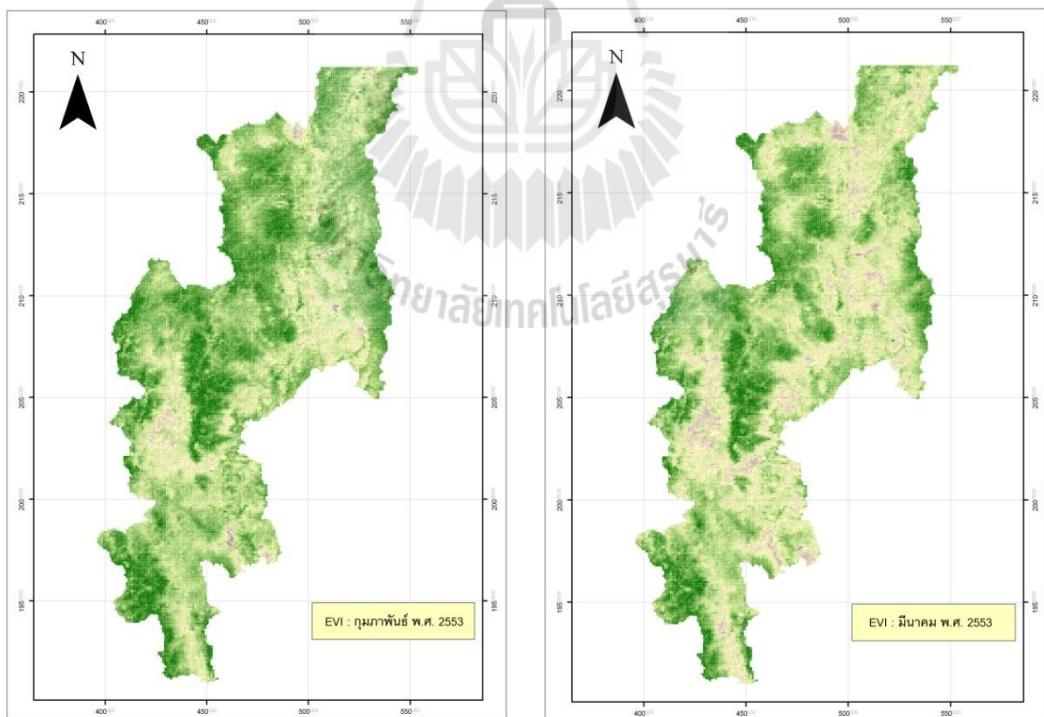
(ข)

รูปที่ 3.10 ตัวอย่างรูปพื้นที่ป่าไม้ก่อน (ก) และหลัง (ข) การถูกเผาไหม้ ที่พบจากภาพความละเอียดสูง



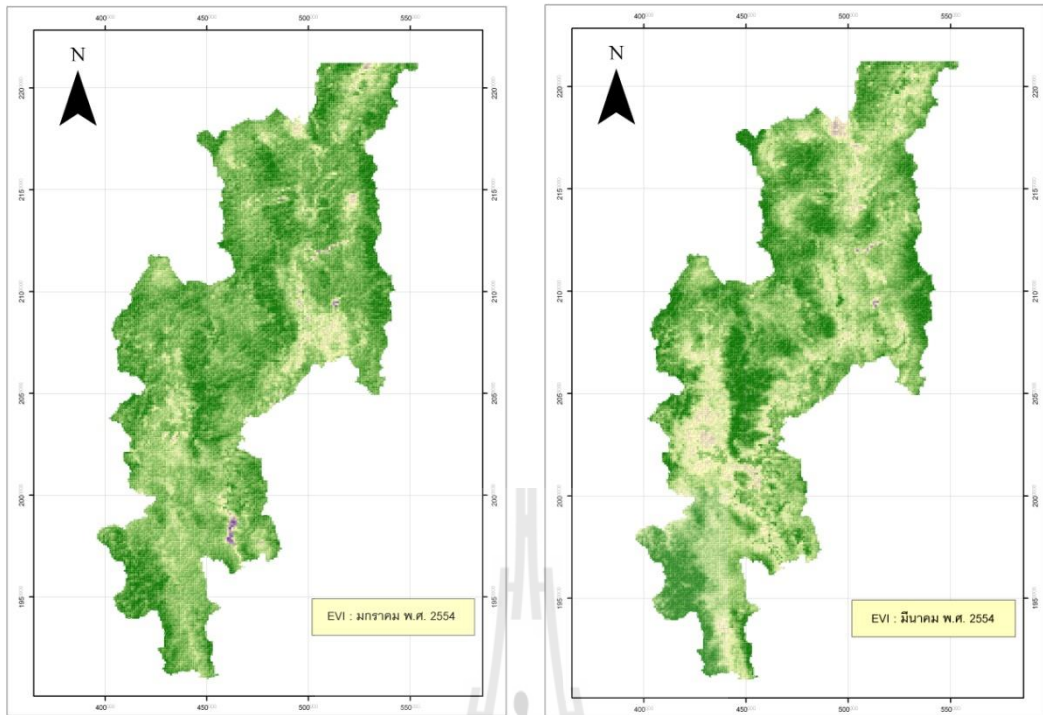


(ก) ก่อนและหลังฤดูไฟป่า พ.ศ. 2552

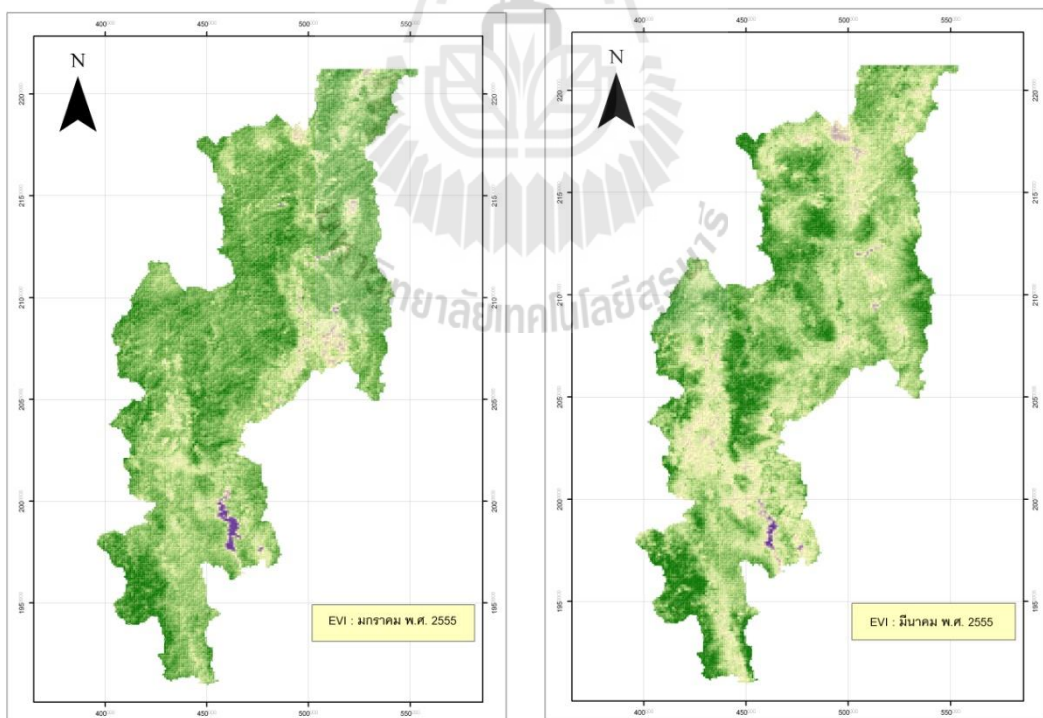


(ข) ก่อนและหลังฤดูไฟป่า พ.ศ. 2553

รูปที่ 3.11 แผนที่ดัชนีพืชพรรณ EVI ก่อน/หลังช่วงฤดูไฟป่า พ.ศ. 2552-2556 จากข้อมูล MODIS

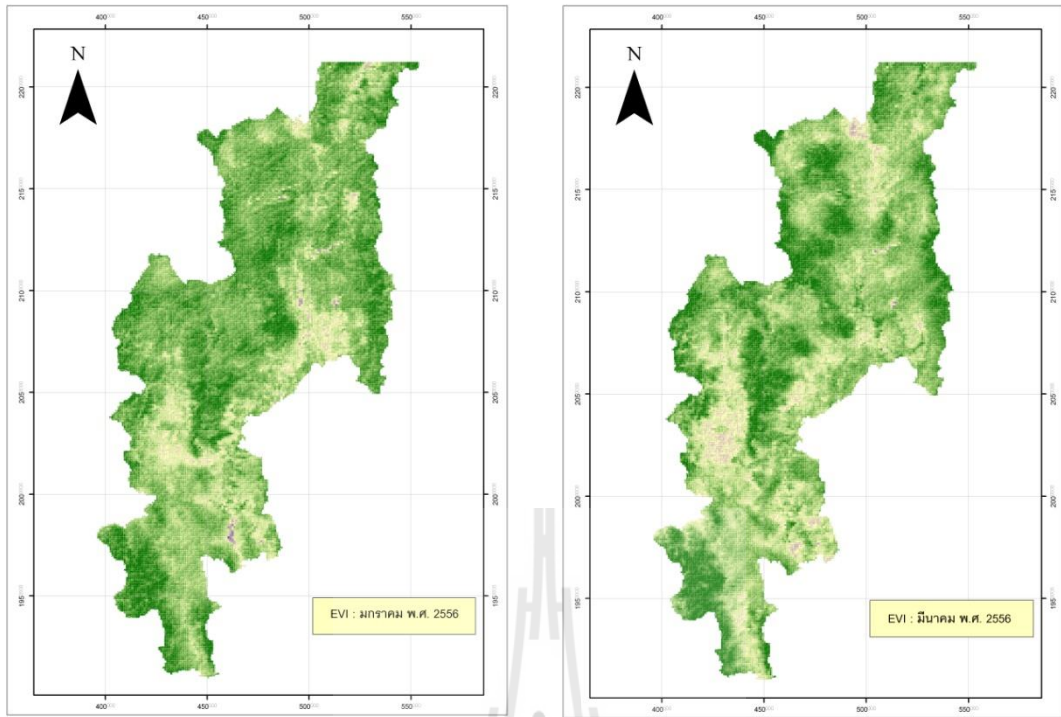


(ก) ก่อนและหลังฤดูไฟป่า พ.ศ. 2554



(ข) ก่อนและหลังฤดูไฟป่า พ.ศ. 2555

รูปที่ 3.11 แผนที่ดัชนีพืชพรรณ EVI ก่อน/หลังฤดูไฟป่า พ.ศ. 2552-2556 จากข้อมูล MODIS (ต่อ)



รูปที่ 3.11 แผนที่ดัชนีพืชพรรณ EVI ก่อน/หลังเหตุไฟฟ้า พ.ศ. 2552-2556 จากข้อมูล MODIS (ต่อ)





### 3.3 การประเมินระดับมลภาวะทางอากาศเนื่องจากเขม่าควันจากไฟฟ้าในเขตจังหวัดเชียงใหม่

งานในส่วนนี้เริ่มต้นจากการรวบรวมข้อมูลสารปนเปื้อนพวก PM10 ในเขตจังหวัดเชียงใหม่จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ 2 จุดคือที่บริเวณศาลากลางจังหวัดและที่โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย เพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับประเมินความถูกต้องของข้อมูลค่า PM10 ซึ่งคำนวณได้จากภาพ MODIS ตามดัชนีคุณภาพอากาศที่สร้างขึ้นในช่วงฤดูไฟป่า (เดือนมกราคม-เมษายน)

จากข้อมูลในรูปที่ 3.12 จะเห็นได้ว่าปัญหามลภาวะทางอากาศของตัวเมือง จ. เชียงใหม่ (ดูจากค่า PM10 เฉลี่ยช่วงฤดูไฟป่า) มักเกิดขึ้นอยู่เป็นประจำ โดยค่าสูงสุดในช่วง พ.ศ. 2539-2557 เกิดในปี พ.ศ. 2547 ส่วนช่วงระยะประมาณ 10 ปีที่ผ่านมา ค่าสูงสุดเกิดช่วงปี พ.ศ. 2550 ส่วนค่าต่ำสุดเกิดช่วงปี พ.ศ. 2554 โดยข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลที่ได้มาจากการตรวจวัดภาคพื้นดินในสถานการณ์จริง ทำให้มีระดับความน่าเชื่อถือสูง อย่างไรก็ตาม เนื่องมาจากข้อมูลดังกล่าวมีอยู่อย่างจำกัด (เพียง 2-3 จุดในเขตเมือง) ทำให้ไม่สามารถที่จะนำมาจัดทำเป็นแผนที่เพื่อแสดงคุณภาพอากาศในระดับจังหวัดได้ ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงได้ทำการพัฒนาดัชนีคุณภาพอากาศซึ่งสร้างมาจากข้อมูลที่ได้รับจากเครื่องวัด MODIS เพื่อนำมาใช้ในการสร้างแผนที่ดังกล่าวขึ้นมาแทน มีชื่อว่าดัชนี NDAI (Normalized Difference Aerosol Index) ซึ่งนิยามมาจากความสัมพันธ์ดังนี้

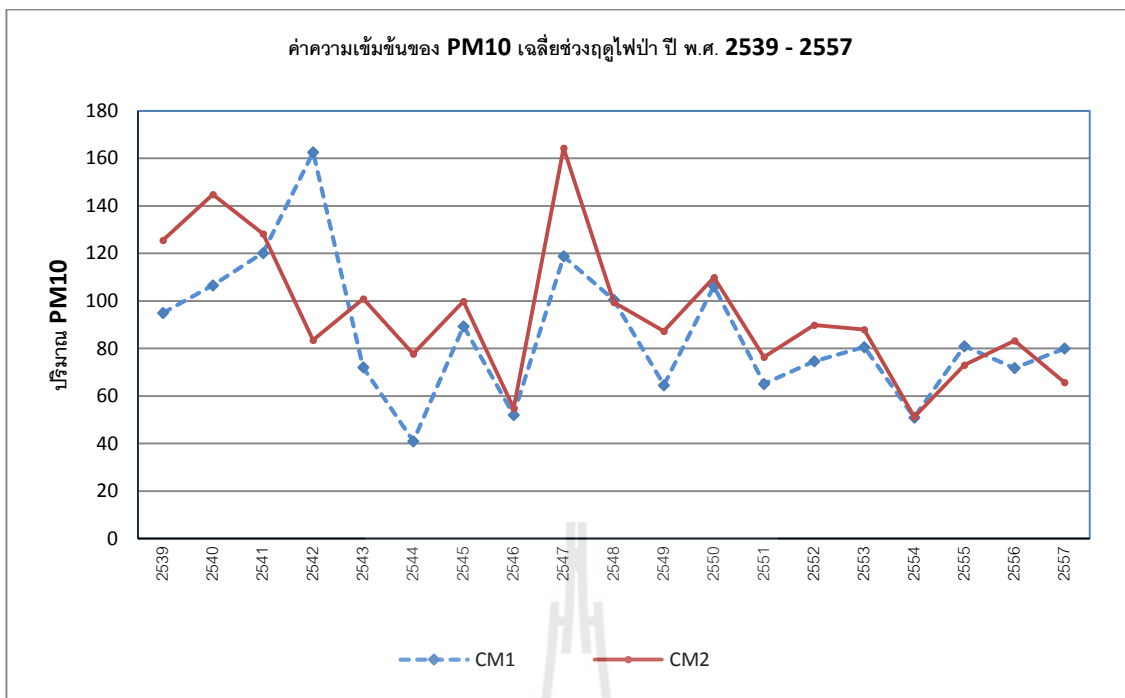
$$\text{NDAI} = \frac{\text{Blue} - 0.25\text{MIR}}{\text{Blue} + 0.25\text{MIR}} \quad (3.2)$$

โดยที่ Blue และ MIR คือค่ารังสีที่เครื่องตรวจวัดได้ในแบนด์สีน้ำเงิน (แบนด์ 3) และแบนด์อินฟราเรดกลาง (แบนด์ 7) ตามลำดับ ส่วนค่า 0.25 ที่เห็นเป็นค่าคงที่ใส่ไว้เพื่อให้การประมาณค่า PM10 จากค่า NDAI มีค่าความถูกต้องมากขึ้นในช่วงที่มีค่า PM10 ต่ำ ๆ ( $\text{PM}_{10} \approx 0$ ) ซึ่งตามนิยามข้างต้น จะส่งผลให้ค่า NDAI ที่เป็นไปได้จะอยู่ในช่วง 0-1 เท่านั้น

ทั้งนี้ จากการทดสอบพบว่าดัชนี NDAI ที่สร้างขึ้นตามสมการ 3.2 มีความสัมพันธ์กับค่า PM10 จริงเป็นเชิงเส้นตรง ตามสมการ

$$\text{PM}_{10} = 300.6 \cdot \text{NDAI} + 4.527 \quad (3.3)$$

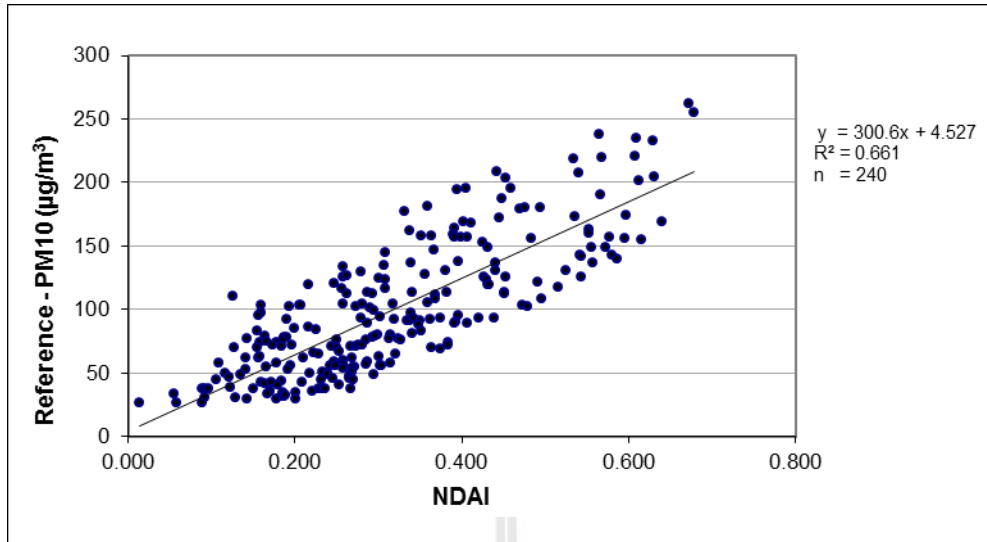
โดยมีค่าความสัมพันธ์กันของค่า PM10 และ NDAI อยู่ในเกณฑ์ดีตามที่เห็นในรูปที่ 3.14 ( $R^2 = 0.661$ ) ซึ่งเมื่อนำความสัมพันธ์ที่ได้ดังกล่าว ไปใช้ในการประมาณค่า PM10 ตัวอย่าง (จำนวน 70 ชุดข้อมูล) พบว่ามีระดับความน่าเชื่อถือของการใช้งานอยู่ในเกณฑ์ที่ดี โดยมีระดับความสัมพันธ์ของค่า PM10 จริงและค่าคาดหมายจากดัชนีดังกล่าว ( $R^2$ ) อยู่ที่ 0.678 (รูปที่ 3.14) และมีระดับความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (Mean absolute error: MAE) อยู่ที่ 17.59% (รูปที่ 3.15) สำหรับข้อมูลค่า PM10 ที่ได้จากการแปลงค่า NDAI ดังกล่าว สามารถนำมาสร้างเป็นแผนที่ PM10 รายวันระดับจังหวัด และการจัดทำแผนที่ AQI ที่สอดคล้องกันได้ (ตามสมการที่ 2.1) ตามที่เห็นในรูปที่ 3.18



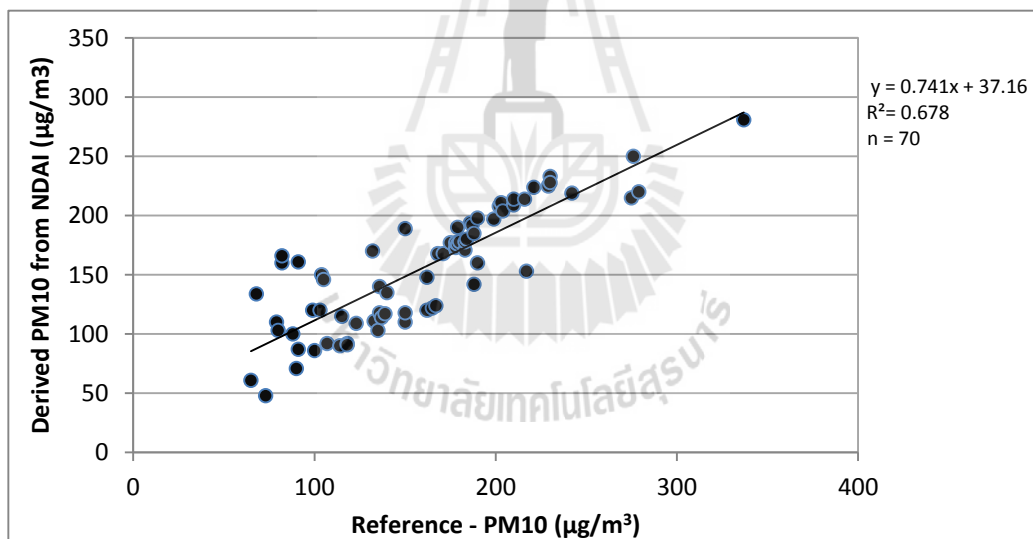
รูปที่ 3.12 การผันแปรของค่า PM10 เฉลี่ยช่วงฤดูไฟป่าระหว่างปี พ.ศ. 2539-2557 ณ สถานีตรวจวัดที่ 2 จุด คือที่ศาลากลางจังหวัด (CM1) และที่โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย (CM2)

ตารางที่ 3.4 ข้อมูลค่าความเข้มข้นของสารปนเปื้อน PM10 เฉลี่ยช่วงฤดูไฟป่าปี พ.ศ. 2539-2557 ณ สถานีตรวจวัดที่ศาลากลางจังหวัด (CM1) และที่โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย (CM2) (รูปที่ 3.12)

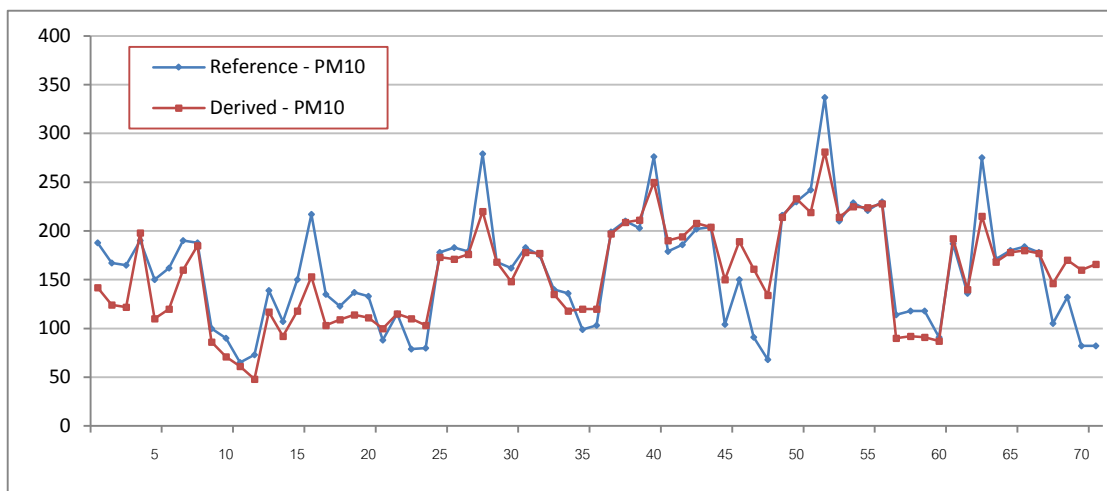
สถานี	ค่าความเข้มข้นของสารปนเปื้อน PM10 เฉลี่ยรายปีช่วงฤดูไฟป่า (ไมโครกรัม/ลบ.ม.)									
	2539	2540	2541	2542	2543	2544	2545	2546	2547	2548
CM1	95	106.6	120.2	162.6	72.1	41	89.4	52.1	118.8	100.5
CM2	125.6	144.8	128.3	83.6	100.9	77.7	99.8	54.8	164.4	99.4
สถานี	2549	2550	2551	2552	2553	2554	2555	2556	2557	
CM1	64.6	106.2	65.1	74.6	80.6	51	81	71.8	80	
CM2	87.3	110	76.4	89.9	88	51.2	73	83.3	65.8	



รูปที่ 3.13 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า NDAI และค่า PM10 อ้างอิงที่ใช้ในการศึกษา (จำนวน 240 จุด) ซึ่งได้ค่า  $R^2 = 0.661$



รูปที่ 3.14 ความสัมพันธ์ระหว่าง PM10 ที่คำนวณได้จากค่า NDAI (ตามสมการที่ 3.1) และค่า PM10 อ้างอิงที่ใช้ในการศึกษา (จำนวน 70 จุด) ซึ่งได้ค่า  $R^2 = 0.678$

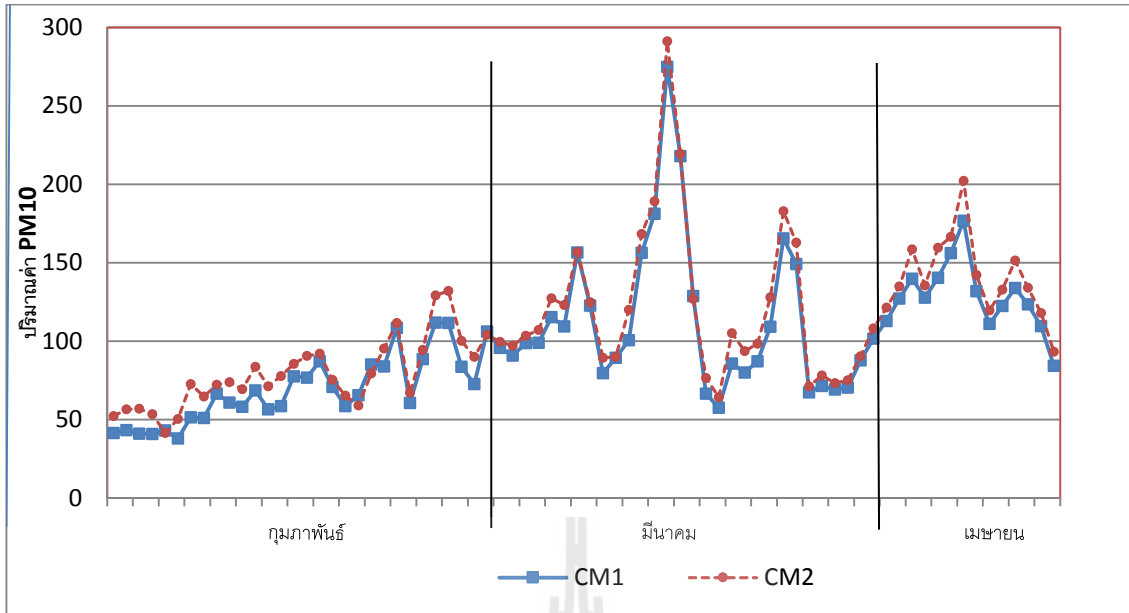


รูปที่ 3.15 การเปรียบเทียบค่าสารปนเปื้อน PM10 ที่คำนวณได้จากค่า NDAI และค่า PM10 อ้างอิง ซึ่งได้ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (MAE) อยู่ที่ 17.59%

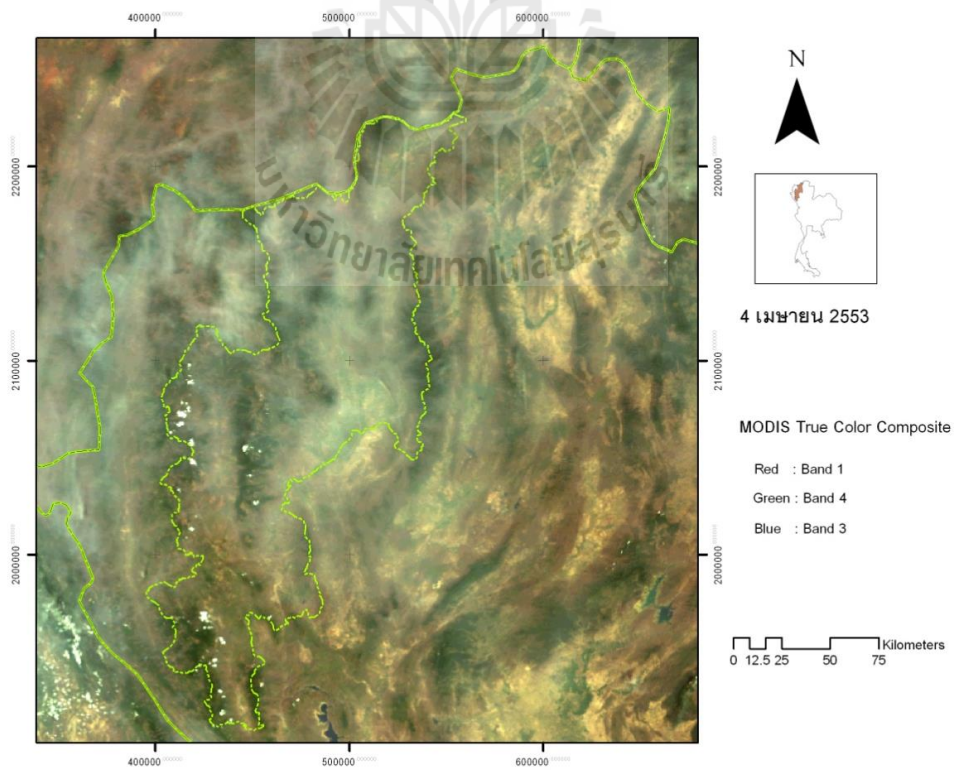
#### การจัดทำแผนที่ปริมาณ PM10 และแผนที่คุณภาพอากาศ

สำหรับการจัดทำแผนที่คุณภาพอากาศ (AQI map) จะเริ่มจากการสร้างแผนที่ปริมาณ PM10 ในเขตจังหวัดเชียงใหม่ก่อน จากภาพถ่ายดาวเทียม MODIS ที่ได้มา (ตามสมการที่ 3.3) โดยช่วงเวลาที่เลือกศึกษาคือช่วงวันที่ 4-9 เมษายน 2553 ซึ่งเป็นช่วงที่มีระดับของมลภาวะสูงของปีดังกล่าว (รูปที่ 3.16) อย่างไรก็ตาม ช่วงที่มีระดับมลภาวะทางอากาศสูงสุดของปี 2553 คือประมาณกลางเดือนมีนาคม แต่ไม่สามารถนำภาพ MODIS มาใช้ศึกษาได้เนื่องจากคุณภาพของภาพไม่สมบูรณ์มากพอเพราะปรากฏว่ามีเมฆจำนวนมากปกคลุมพื้นที่อยู่ จึงทำให้ไม่สามารถตรวจสอบข้อมูลมลพิษในอากาศได้ชัดเจนน่าพอใจ เมื่อเทียบกับช่วงต้นเดือนเมษายนที่เลือกมา ซึ่งประสบปัญหาเรื่องเมฆน้อยกว่ามาก

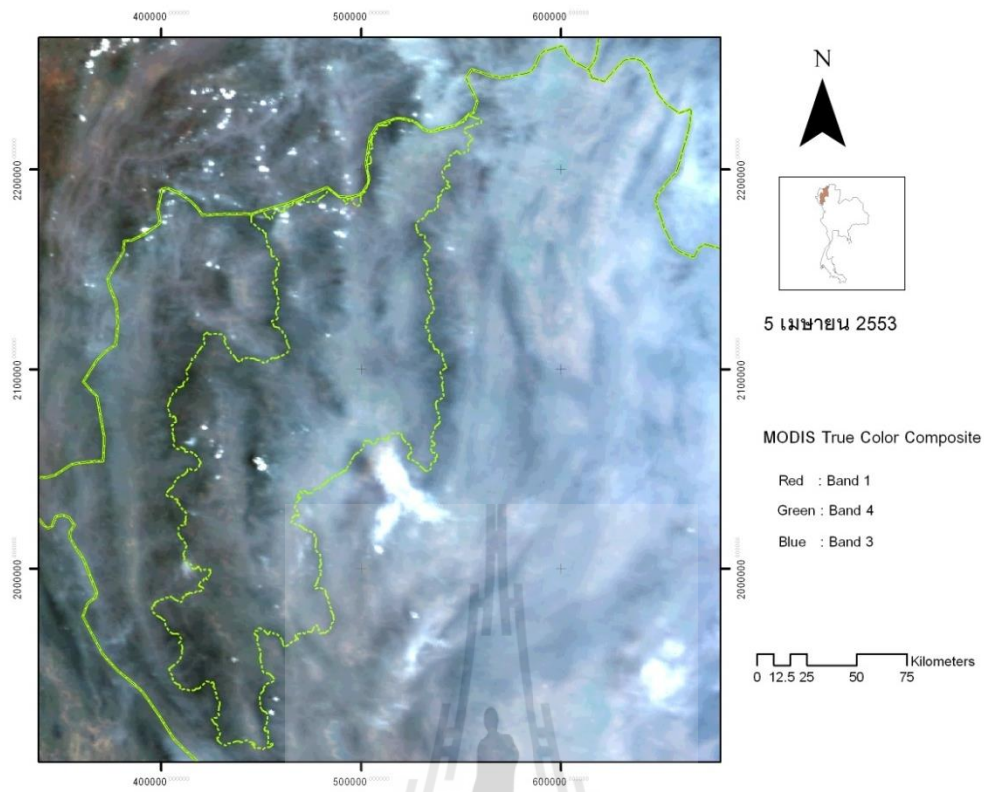
ทั้งนี้ หากดูข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม MODIS ตั้งต้น ซึ่งเป็นภาพสีผสมเหมือนจริง (true color) ที่แสดงในรูปที่ 3.17a-f จะสังเกตเห็นชั้นของเขม่าควันสีขาวลอยปกคลุมอยู่เหนือตัวจังหวัดอย่างชัดเจน รวมถึงในบริเวณอื่นของเขตภาคเหนือด้วย มีเฉพาะทางตอนล่างสุดของตัวจังหวัดที่ไม่ประสบกับปัญหาดังกล่าวมากนัก ผลที่เห็นสอดคล้องกับแผนที่ค่า PM10 รายวัน (ทำจากค่า NDAI) และค่า AQI ที่แสดงในรูปที่ 3.18a-f ซึ่งบ่งชี้ว่าในช่วงเวลาดังกล่าวพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดเชียงใหม่ (ยกเว้นส่วนล่างสุด) ประสบกับปัญหามลภาวะทางอากาศรุนแรงเกือบทั้งหมดโดยมีระดับความเข้มข้นของค่า PM10 สูงเกินค่าวิกฤติที่  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ที่กำหนดโดยกรมควบคุมมลพิษเป็นอย่างมาก โดยบางพื้นที่ปริมาณของ PM10 มีค่าสูงถึงกว่า  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ส่งผลกระทบอย่างสำคัญต่อการดำรงชีวิตและสุขภาพของประชาชนที่ตกอยู่ใต้อิทธิพลของมลพิษในอากาศดังกล่าวอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน จะเห็นได้ว่าแผนที่ลักษณะดังกล่าวมีประโยชน์อย่างมากต่อการประเมินคุณภาพอากาศระดับจังหวัดที่ศึกษา และยังสามารถขยายขอบเขตการศึกษาเป็นระดับภาคหรือระดับประเทศได้โดยง่าย จึงควรได้รับการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นสำหรับการใช้งานที่หลากหลายตามต้องการในอนาคต



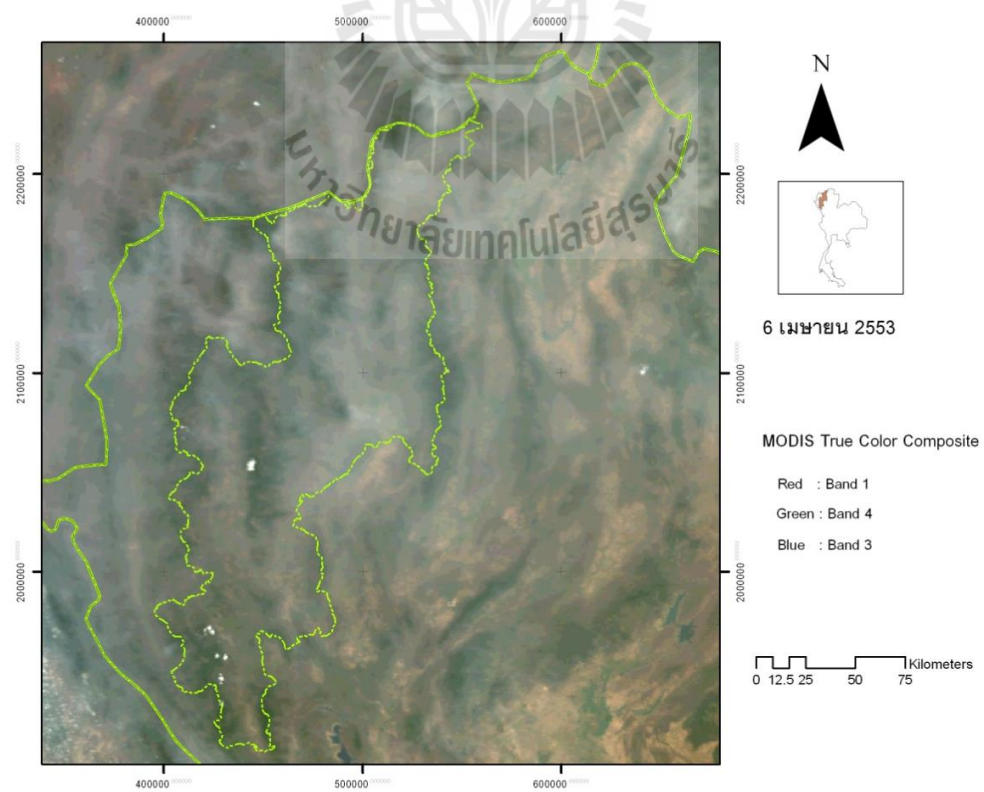
รูปที่ 3.16 การผันแปรของค่า PM10 เฉลี่ยรายวันช่วงฤดูไฟฟ้า พ.ศ. 2553 ณ สถานีตรวจวัดที่ 2 จุดคือที่ศาลากลางจังหวัด (CM1) และที่โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย (CM2)



รูปที่ 3.17a ภาพ MODIS แสดงชั้นหมอกควันปกคลุมพื้นที่ จ. เชียงใหม่ วันที่ 4 เมษายน พ.ศ. 2553

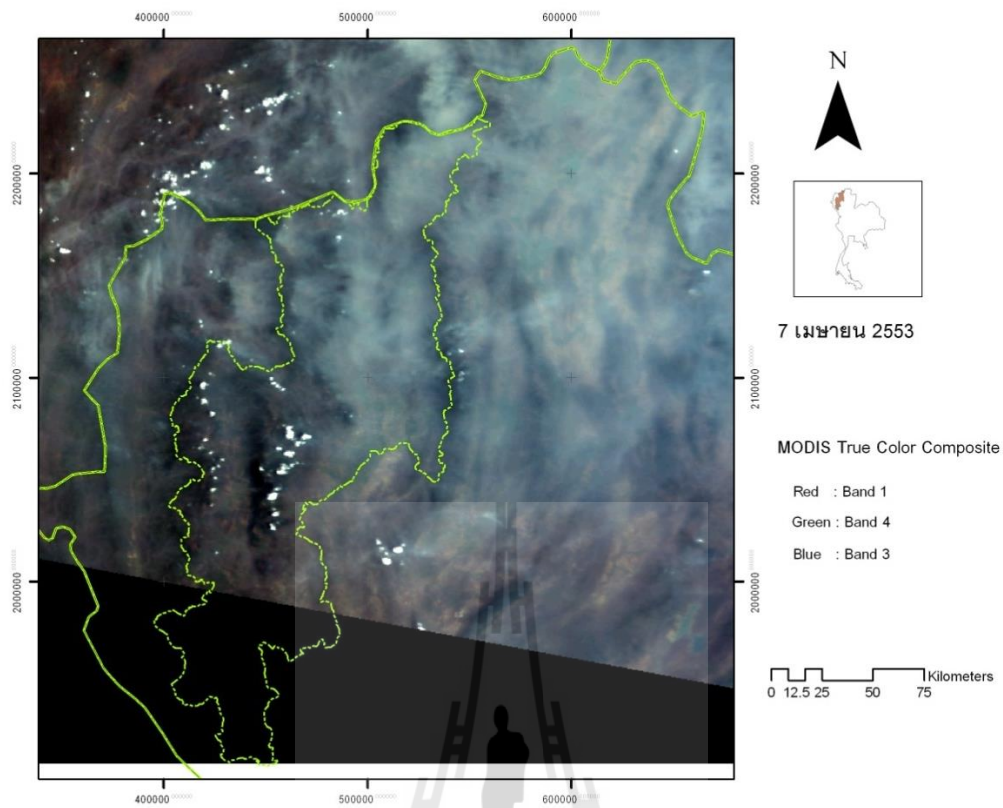


รูปที่ 3.17b ภาพ MODIS แสดงชั้นหมอกควันปกคลุมพื้นที่ จ. เชียงใหม่ วันที่ 5 เมษายน พ.ศ. 2553

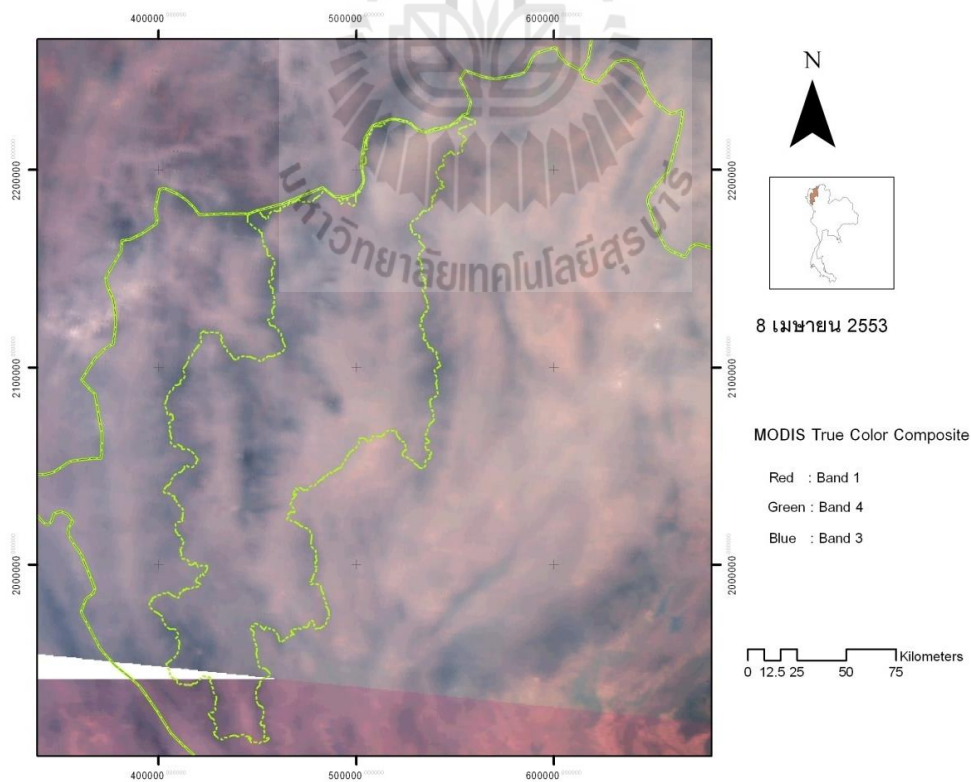


รูปที่ 3.17c ภาพ MODIS แสดงชั้นหมอกควันปกคลุมพื้นที่ จ. เชียงใหม่ วันที่ 6 เมษายน พ.ศ. 2553



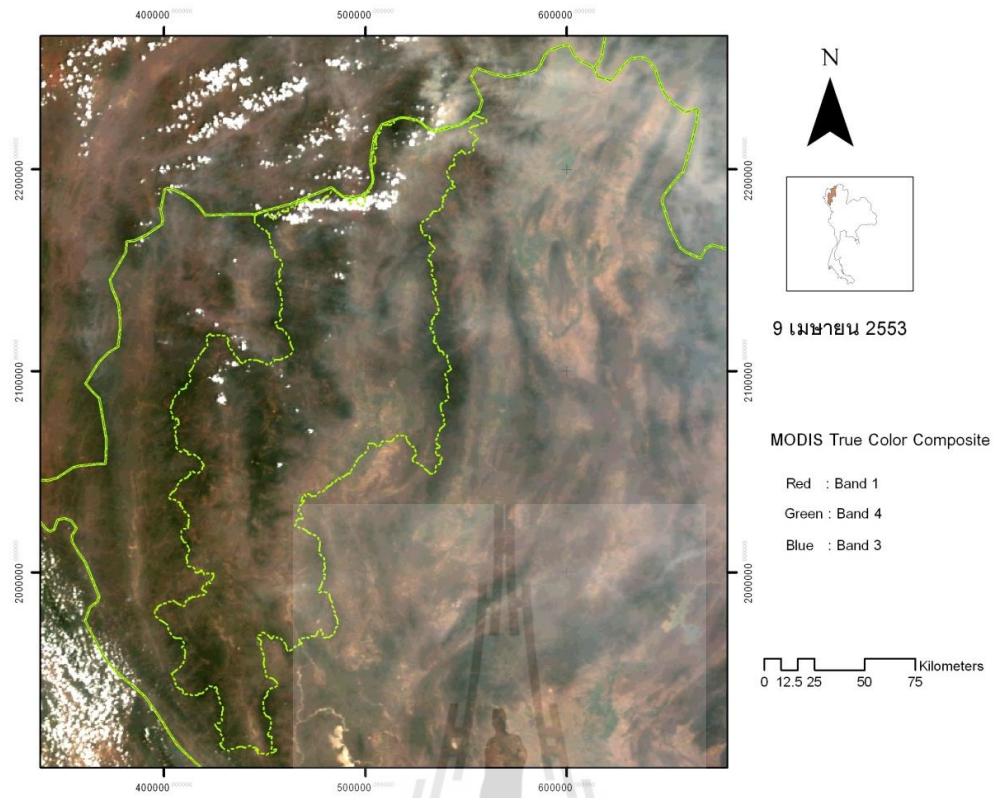


รูปที่ 3.17d ภาพ MODIS แสดงชั้นหมอกควันปกคลุมพื้นที่ จ. เชียงใหม่ วันที่ 7 เมษายน พ.ศ. 2553



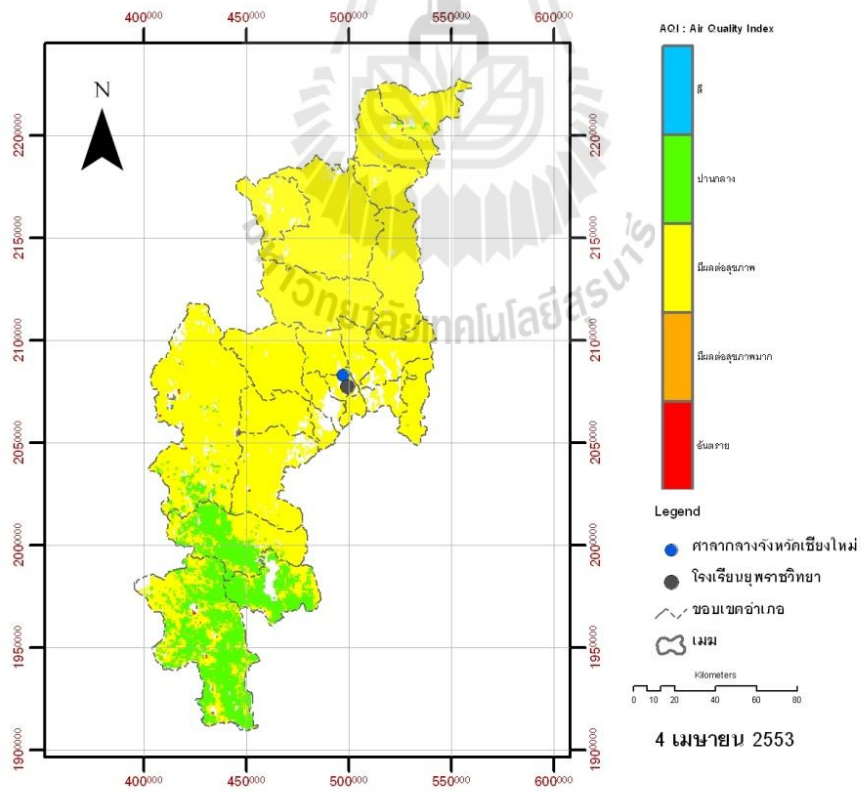
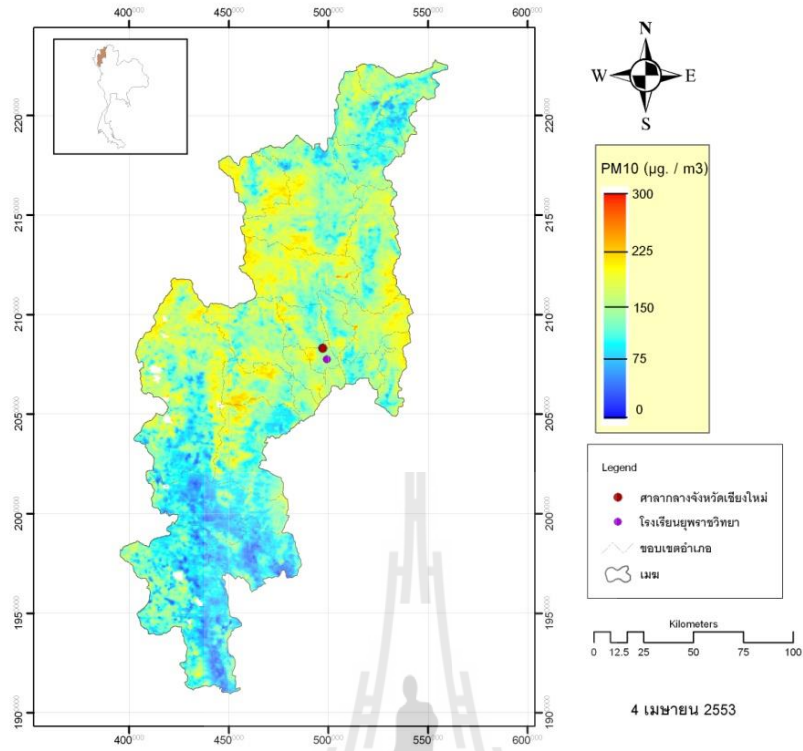
รูปที่ 3.17e ภาพ MODIS แสดงชั้นหมอกควันปกคลุมพื้นที่ จ. เชียงใหม่ วันที่ 8 เมษายน พ.ศ. 2553



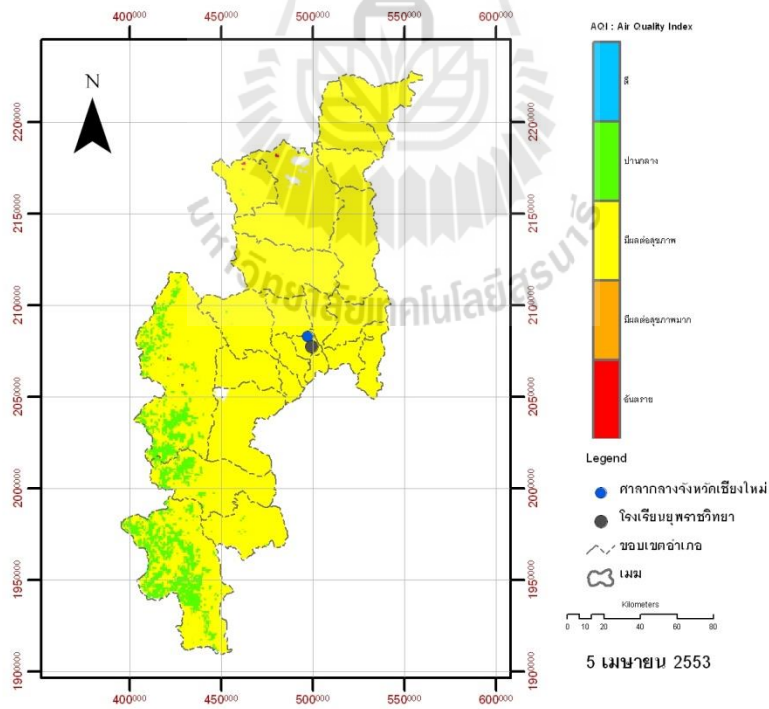
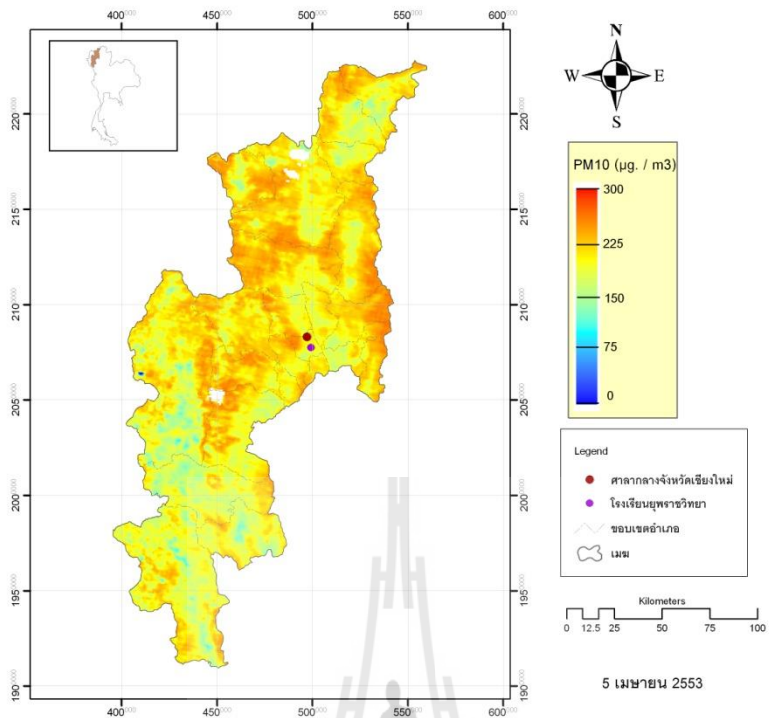


รูปที่ 3.17f ภาพ MODIS แสดงชั้นหมอกควันปกคลุมพื้นที่ จ. เชียงใหม่ วันที่ 9 เมษายน พ.ศ. 2553

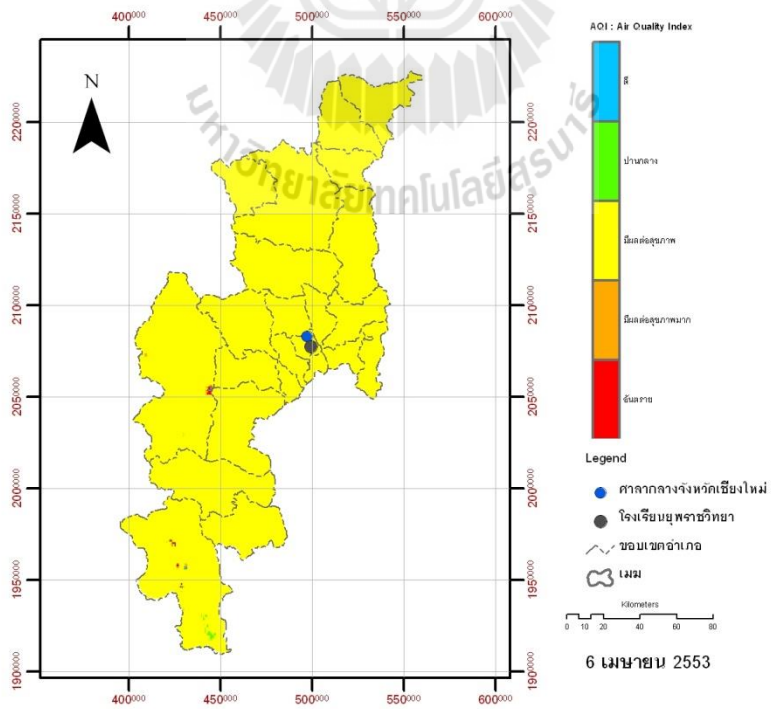
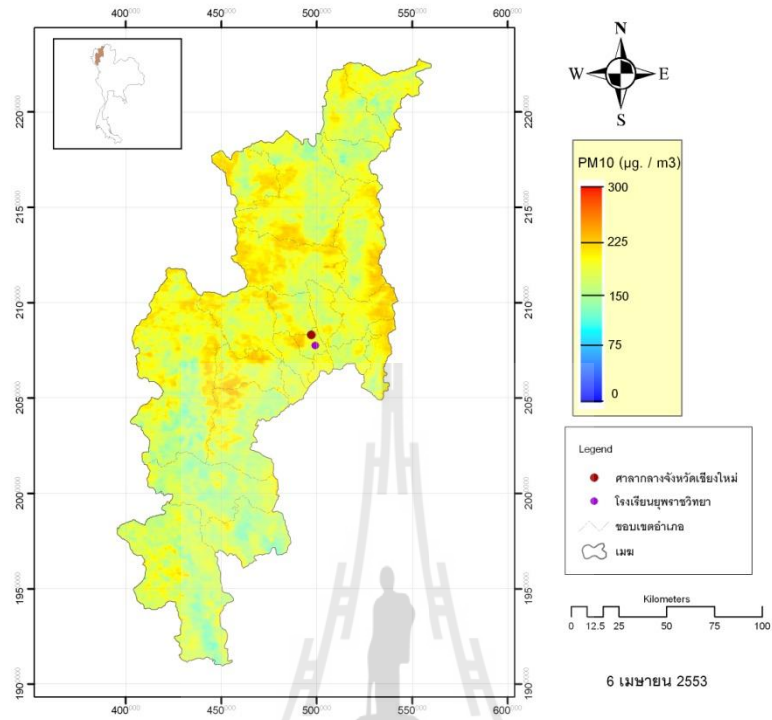




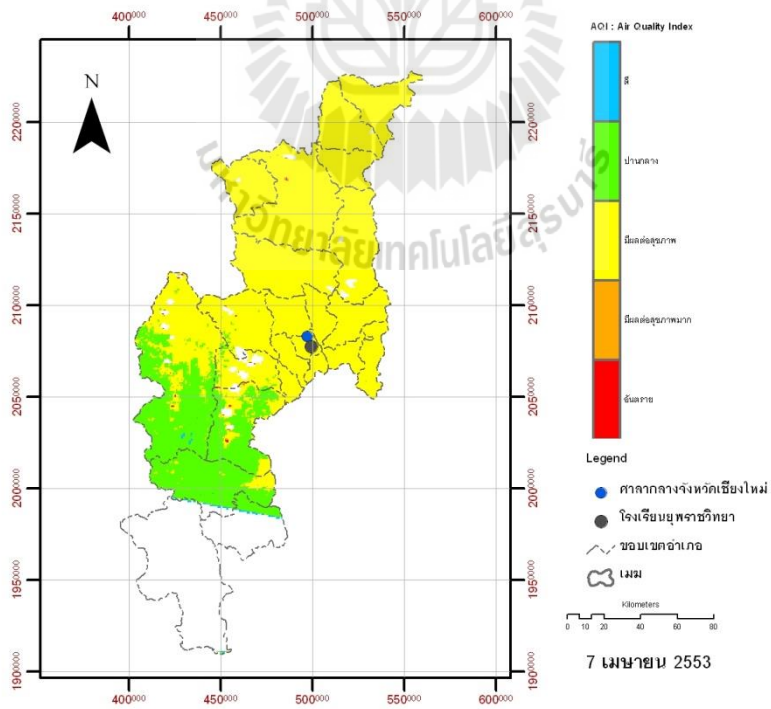
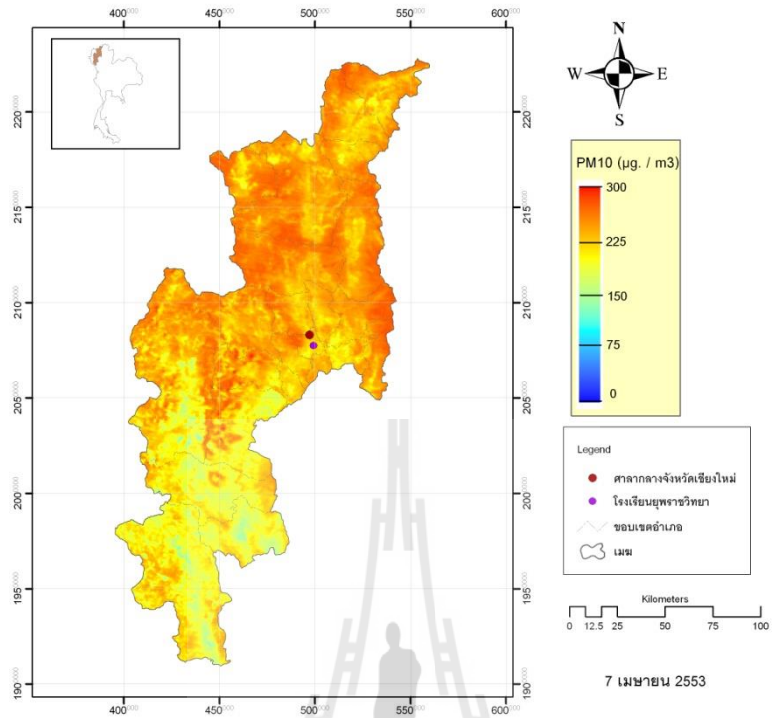
รูปที่ 3.18a แผนที่ค่า PM10 รายวัน (จากค่า NDAI) และค่า AQI ในวันที่ 4 เมษายน พ.ศ. 2553



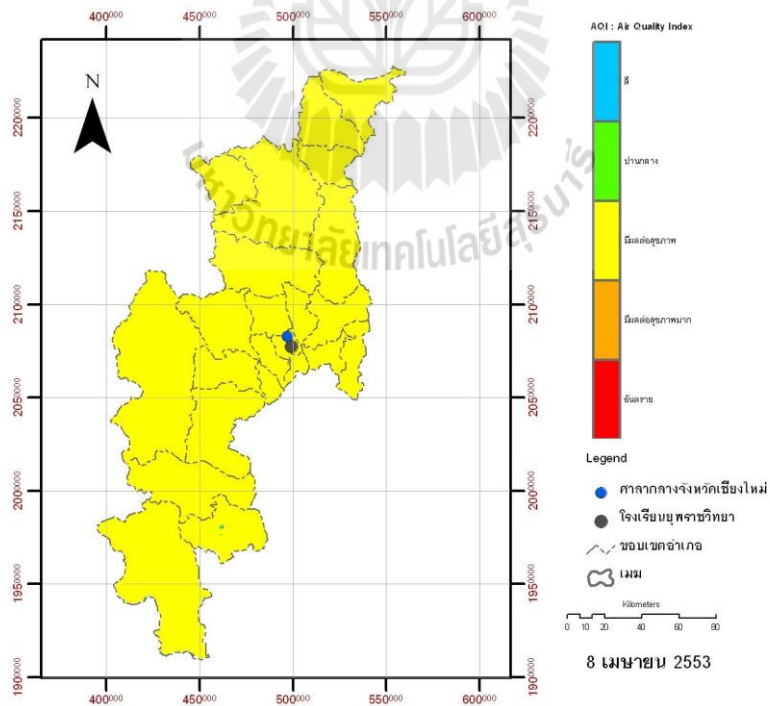
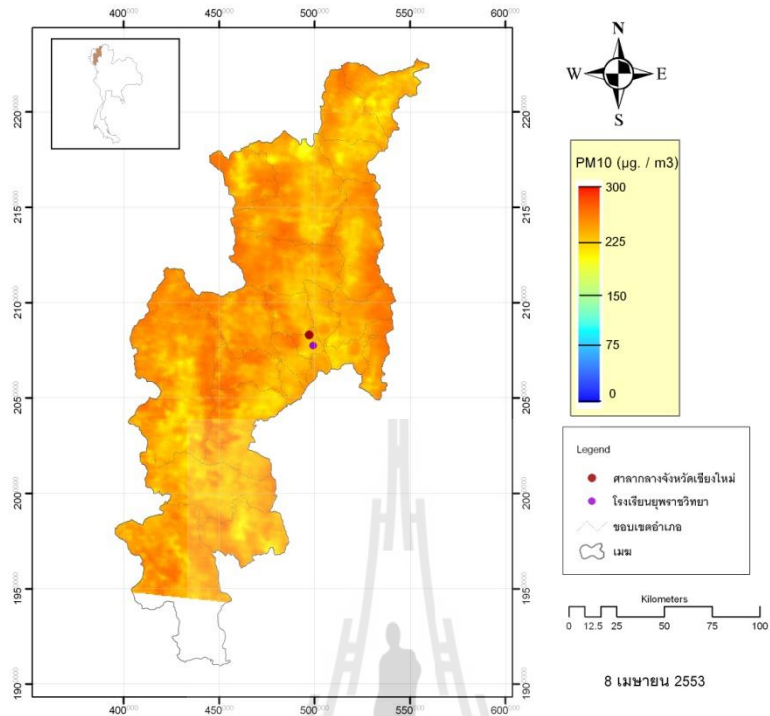
รูปที่ 3.18b แผนที่ค่า PM10 รายวัน (จากค่า NDAI) และค่า AQI ในวันที่ 5 เมษายน พ.ศ. 2553



รูปที่ 3.18c แผนที่ค่า PM10 รายวัน (จากค่า NDAI) และค่า AQI ในวันที่ 6 เมษายน พ.ศ. 2553

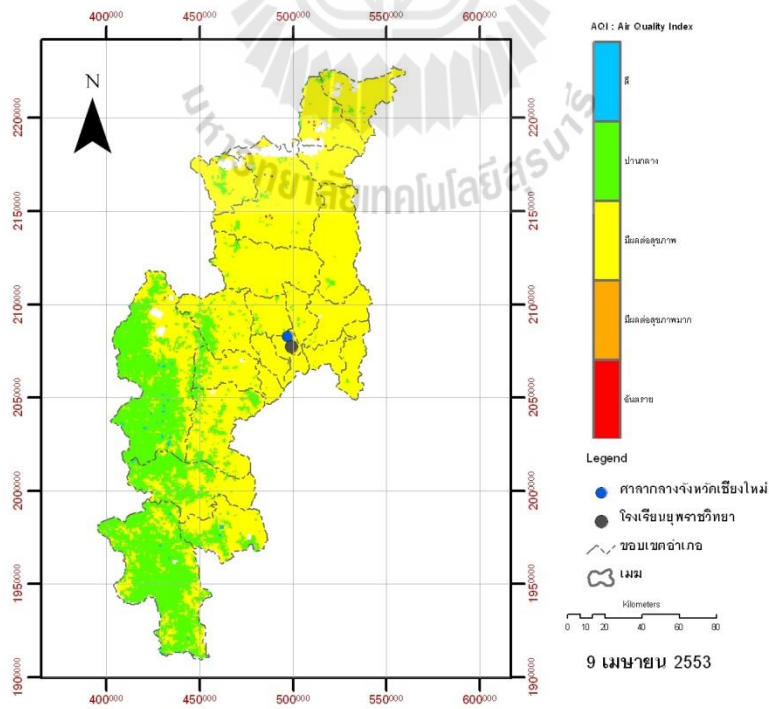
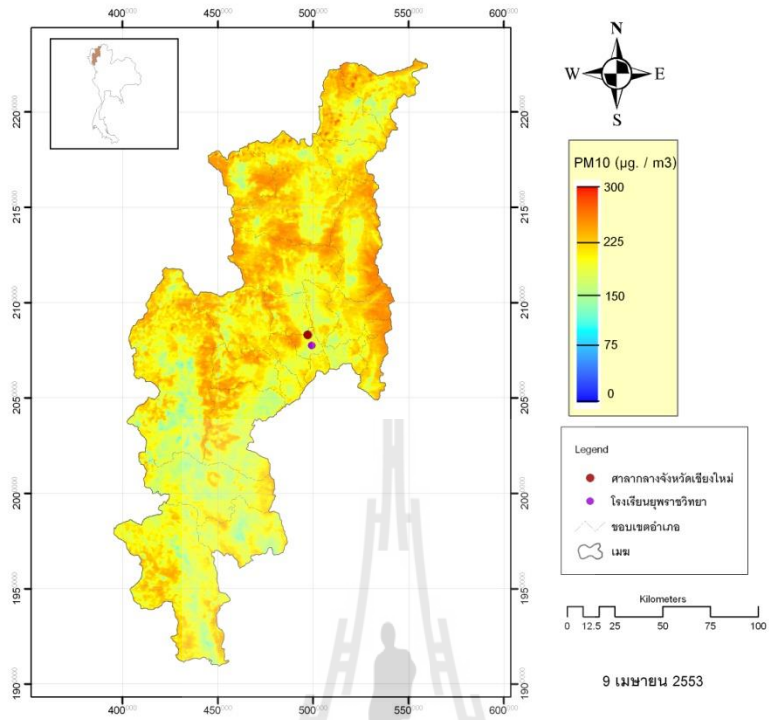


รูปที่ 3.18d แผนที่ค่า PM10 รายวัน (จากค่า NDAI) และค่า AQI ในวันที่ 7 เมษายน พ.ศ. 2553



รูปที่ 3.18e แผนที่ค่า PM10 รายวัน (จากค่า NDAI) และค่า AQI ในวันที่ 8 เมษายน พ.ศ. 2553





รูปที่ 3.18f แผนที่ค่า PM10 รายวัน (จากค่า NDAI) และค่า AQI ในวันที่ 9 เมษายน พ.ศ. 2553



## บทที่ 4

### บทสรุป

#### 4.1 สรุปผลการศึกษา

ผลการศึกษาตามโครงการแยกได้เป็น 3 ส่วนหลัก ตามกรอบการทำงานที่กล่าวในบทที่ 3 คือ (1) การวิเคราะห์ตำแหน่งจุดเกิดไฟป่าและความสัมพันธ์กับปัจจัยที่กำหนด (2) การประเมินผลกระทบของไฟป่าที่มีต่อพื้นที่ป่าไม้ในจังหวัดเชียงใหม่ และ (3) การประเมินระดับมลภาวะทางอากาศเนื่องจากเขม่าควันจากไฟป่าในเขตจังหวัดเชียงใหม่ โดยมีรายละเอียดโดยสรุป ดังนี้

จากแผนที่จุดไฟที่ตรวจพบจากเครื่อง MODIS พบว่าเกือบทุกปีในช่วงเวลาที่ศึกษาจะมีปริมาณของปริมาณจุดไฟค่อนข้างมาก (เกิน 200 จุด) ยกเว้นปี พ.ศ. 2554 ที่พบเพียง 74 จุด คาดว่าน่าจะเป็นผลจากอิทธิพลของปรากฏการณ์ลานินญา (La Nina) ในเขตมหาสมุทรแปซิฟิก โดยเดือนมีนาคมมักเป็นเดือนที่มีปริมาณจุดไฟปรากฏมากที่สุดของทุกปีที่ศึกษา โดยจุดไฟที่พบมักเกิดในเขตป่าเบญจพรรณมากที่สุด (53.9%) รองลงไปคือในเขตพื้นที่เกษตรกรรม (23.8%) และในเขตป่าไม้สมบูรณ์ (16.2%) แสดงให้เห็นว่าไฟป่าและไฟในเขตเกษตรกรรม น่าจะเป็นสาเหตุหลักของมลพิษทางอากาศเหนือพื้นที่ในช่วงนั้นด้วย นอกจากนี้จุดไฟที่พบมักตั้งอยู่ใกล้แนวถนนระยะไม่เกิน 1 กม. (71.0%) แสดงให้เห็นว่าจุดไฟส่วนใหญ่ที่พบน่าจะเกิดจากการกระทำของมนุษย์ โดยใช้ถนนเป็นเส้นทางในการเข้าถึงพื้นที่ นอกจากนี้จุดไฟที่พบในเขตที่สูงมาก (อาทิ > 1000 เมตร) ซึ่งอาจเกิดจากการทำไร่เลื่อนลอย ยังคงพบว่ามีปริมาณมากพอควร ซึ่งเป็นสิ่งที่ควรศึกษาในรายละเอียดมากขึ้นต่อไป

ผลกระทบของไฟที่เห็นได้ชัดประการหนึ่ง คือการเปลี่ยนของพื้นที่ปกติไปเป็นพื้นที่ถูกเผาไหม้ (burned area) ซึ่งพบว่าไม่ผันแปรโดยตรงกับจำนวนจุดไฟที่พบ แสดงว่าจำนวนจุดไฟเพียงอย่างเดียวอาจไม่สามารถใช้เป็นตัวชี้วัดระดับความรุนแรงของการเกิดไฟ ที่ได้มาจากภาพ MODIS ได้อย่างชัดเจน ทั้งนี้ที่ตั้งของเขตถูกเผาไหม้พบว่าอยู่ในเขตป่าเบญจพรรณมากที่สุด รองลงไปคือเขตป่าสมบูรณ์และเขตพื้นที่เกษตรกรรมในจำนวนพื้นที่ใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นว่าการเกิดของไฟในเขตป่าไม้ อาจส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเชิงนิเวศอย่างสำคัญของป่าขึ้นได้ หากว่าไฟมีความรุนแรงและกระจายตัวมากพอ ซึ่งเป็นสิ่งที่ควรศึกษาให้มากขึ้นต่อไปโดยใช้ภาพดัชนีพืชพรรณเช่น EVI ที่ได้จากดาวเทียม MODIS

ผลกระทบสำคัญของไฟที่เกิดในเขตป่าไม้และในภาคเกษตรที่พบเป็นประจำทุกปี คือการปล่อยเขม่าควันพิษจำนวนมากออกมาสู่อากาศ ทำให้เกิดเป็นมลภาวะทางอากาศอย่างรุนแรงเป็นบริเวณกว้าง ซึ่งเหตุการณ์นี้สามารถตรวจสอบและติดตามได้ จากตัวแผนที่ความเข้มข้นของสารปนเปื้อนพวก PM10 ที่สร้างมาจากดัชนีคุณภาพอากาศ NDAI โดยใช้ข้อมูลรังสีที่ได้จากเครื่อง MODIS ทำให้สามารถสร้างแผนที่ PM10 ดังกล่าวได้ครอบคลุมทั้งจังหวัดได้โดยง่ายและมีค่าความถูกต้องในระดับสูง (ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยประมาณ 18%) และสามารถนำแผนที่ดังกล่าวมาสร้างแผนที่คุณภาพอากาศ (AQI map) สำหรับการเตือนภัยเชิงสุขภาพให้กับประชาชนในจังหวัดได้ทราบอย่างรวดเร็วและเป็นปัจจุบัน

## 4.2 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะจากการศึกษาครั้งนี้แยกออกได้เป็น 2 ส่วน ดังนี้

### 1. ข้อเสนอแนะจากผลการศึกษา

1.1 ข้อมูลการกระจายตัวของจุดไฟที่ได้ สามารถนำไปศึกษาร่วมกับข้อมูลของการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่เพื่อวิเคราะห์ถึงสาเหตุและที่มาของการเกิดปัญหาที่แท้จริงในแต่ละปี เพื่อนำไปสู่การวางมาตรการแก้ไขหรือบรรเทาปัญหาที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นในอนาคต (โดยเฉพาะการจุดไฟในที่โล่ง)

1.2 แผนที่จุดไฟและพื้นที่ถูกเผาไหม้ สามารถนำไปใช้เพื่อประเมินผลกระทบเชิงนิเวศที่สำคัญของพื้นที่เขตป่าไม้ได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะการศึกษาถึงพื้นที่เสียหายจากไฟและการคืนสภาพของพื้นที่หลังจากเกิดเหตุการณ์แล้ว โดยอาจนำดัชนีพืชพรรณอื่น (นอกจาก NDVI) เช่น EVI มาใช้งานด้วย

1.3 แผนที่คุณภาพอากาศ (AQI map) ที่สร้างมาจากภาพ MODIS มีความน่าเชื่อถือสูงและครอบคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้าง จึงเป็นประโยชน์มากสำหรับการประเมินระดับความรุนแรงของปัญหามลพิษทางอากาศเหนือพื้นที่รายวัน รวมถึงในการเตือนภัยเชิงสุขภาพล่วงหน้าให้กับประชาชนในจังหวัดได้ทราบอย่างรวดเร็ว กว้างขวาง และเป็นปัจจุบันมากกว่าที่พบในปัจจุบัน

### 2. ข้อเสนอแนะเพื่อการศึกษาต่อเนื่องในอนาคต

2.1 ข้อมูลจากจุดตรวจวัดภาคพื้นดินที่ใช้อยู่อาจยังมีจำนวนน้อยเกินไป ดังนั้น การขยายพื้นที่ศึกษาออกไปในระดับภาคหรือประเทศ อาจให้ผลในภาพรวมที่ดูน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

2.2 การศึกษาถึงอิทธิพลของปัจจัยอื่น ซึ่งอาจมีผลต่อการเกิดหรือเติบโตของไฟตามธรรมชาติ เช่น ปรากฏการณ์ เอลนีโญหรือลานีญา อาจทำให้เข้าใจถึงธรรมชาติของการเกิดไฟในพื้นที่มากยิ่งขึ้น

2.3 อิทธิพลของกระแสอากาศที่เป็นมลพิษซึ่งเคลื่อนที่มาจากประเทศเพื่อนบ้าน เช่น พม่าหรือลาว ยังไม่ได้รับการตรวจสอบอย่างถ่องแท้ในงานนี้ แต่อาจเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาในอนาคต

2.4 ดัชนีที่ใช้ในการประมาณค่า PM10 เหนือพื้นดินในงานชิ้นนี้ ยังคงมีเพียงตัวเดียวคือ NDAI แต่อาจยังมีดัชนีอื่นที่มีประสิทธิภาพในการทำงานมากกว่า ซึ่งจำเป็นต้องมีการศึกษามากขึ้นต่อไป

2.5 ผลสัมฤทธิ์ของนโยบายหรือมาตรการการแก้ไขหรือบรรเทาปัญหามลพิษทางอากาศของรัฐที่กำหนดขึ้น ยังไม่ได้รับการประเมินอย่างเป็นระบบในงานชิ้นนี้ ซึ่งสมควรได้รับการศึกษามากขึ้นต่อไป

## บรรณานุกรม

### ภาษาไทย

- ส่วนควบคุมไฟป่า (2553). เว็บไซต์ <http://www.dnp.go.th/forestfire>
- มงคล ราชนาคร (2553). **หมอกควันและมลพิษทางอากาศในจังหวัดเชียงใหม่ (Haze and Air Pollution in Chiang Mai)**. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส).
- วิจารณ์ สิมฉายา (2554). **มลพิษจากหมอกควันในพื้นที่ภาคเหนือ: ปัญหาและแนวทาง**. เว็บไซต์ [http://infofile.pcd.go.th/air/Smoke\\_North.pdf](http://infofile.pcd.go.th/air/Smoke_North.pdf)
- เจียมใจ เครือสุวรรณ, ภาคภูมิ รัตนจิรานุกูล, ชาคกริต โชติอมรศักดิ์ และอรพรรณ วิรัชท์เวชยันต์ (2551) รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์: “โครงการการวิเคราะห์สภาพอากาศและการเฝ้าระวังการเกิด **มลภาวะอากาศ**”. เว็บไซต์: [http://elibrary.trf.or.th/project\\_content.asp?PJID=RDG5130002](http://elibrary.trf.or.th/project_content.asp?PJID=RDG5130002)
- กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธุ์พืช (2558). **ยุทธศาสตร์/มาตรการแก้ไขปัญหาไฟป่าและหมอกควัน ปี2558**. เว็บไซต์: <http://www.dnp.go.th/forestfire/2558>

### ภาษาอังกฤษ

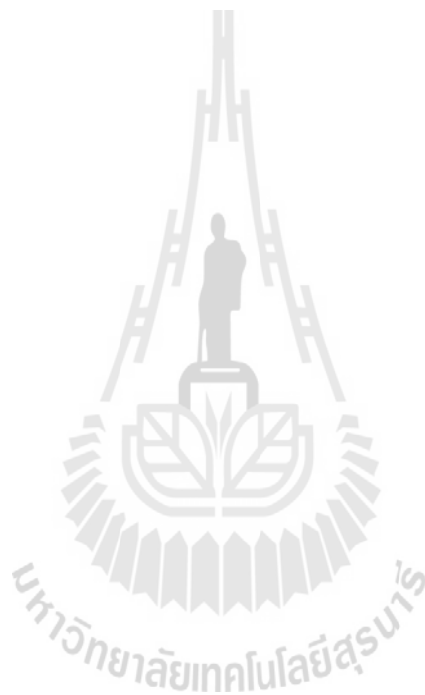
- Cahoon, D.R., B.J. Stocks, M.E. Alexander, B.A. Baum, J.G. Goldammer (2000). Wildland fire detection from space: Theory and application. **Advance in Global Change Research series**: 151-169
- Chongo, D., R. Nagasawa, A.O.C. Ahd, M.F. Perveen (2007). Fire monitoring in savanna ecosystems using MODIS data: a case study of Kruger National Park, South Africa. **Landscape Ecol Eng.** 3: 79-88
- Hernandez-Leal, P.A., M. Arbelo, A. Gonzalez-Calvo (2006). Fire risk assessment using satellite data. **Advanced in Space Research.** 37: 741-746
- Jaiswal, R.K., S. Mukherjee, K.D. Raju, R. Saxena (2002). Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS. **International J. of Applied earth Observation and Geoinformation.** 4: 1-10
- Jeong, J.I., R.J. Park, D. Youn (2008). Effects of Siberian forest fires on air quality in East Asia during May 2003 and its climate implication. **Atmospheric Environment.** 42: 8910-8922
- Jesus San-Miguel-Ayanz, Nicolas Ravail, Vaino Kelha and Anibal Ollero (2005). Active fire detection for fire emergency management: potential and limitations for the operational use of remote sensing. **Natural Hazards.** 35: 361-376

- Liu, Y., R.A. Kahn, A. Chaloulakou, P. Koutrakis (2009). Analysis of the impact of the forest fires in August 2007 on air quality of Athens using multi-sensor aerosol remote sensing data, meteorology, and surface observations. **Atmospheric Environment**. 43: 3310-3318
- Maeda, E.E., G.F.B. Arcoverde, P.K.E. Pellikka, Y.E. Shimabukuro (2010). Fire risk assessment in the Brazillian Amazon using MODIS imagery and change vector analysis. **Applied Geography**. :1-9
- Oanh N.T.K., Leelasakultum K. (2011). Analysis of meteorology and emission in haze Episode prevalence over mountain-bounded region for early warning. **Science of the Total Environment**, 409(11): 2261-2271.
- San-Miguel-Ayanz, J., Ravail, N., Kelha, V. and Ollero, A. (2005). Active fire detection for fire emergency management: Potential and limitations for the operational use of remote sensing. **Natural hazards**, 35, 361-376.
- Schroeder, W., E. Prins, L. Giglio, I. Csizar, C. Schmidt, J. Morisette, D. Morton (2008). Validation of GOES and MODIS active fire detection products using ASTER and ETM+ data. **Remote Sensing of Environment**. 112: 2711-2726
- Siljander, M. (2009). Predictive fire occurrence modeling to improve burned area estimation at a regional scale: A case study in East Caprivi, Namibia. **International J. of Applied earth Observation and Geoinformation**. 11: 380-3923
- Takahata, C., R. Amin, P. Sarma, G. Banerjee, W. Oliver, J.E. Fa (2010). Remotely-sensed active fire data for protected area management: Eight-year patterns in the Manas National Park, India. **Environmental Management**. 45: 414-423
- Teerachai Amnauylawjarurn, Jiemjai Kreasuwan, Sripen Towta, Kingkeo Siriwitayakorn (2010). Dispersion of particulate matter (PM10) from forest fires in Chiang Mai Province, Thailand. **Chiang Mai J. Sci**. 37(1): 39-47
- Veerachai Tanpipat, Kiyoshi Honda, and Prayoonyong Nuchaiya (2009). MODIS hotspot validation over Thailand. **Remote Sensing**, 1: 1043-1054
- Wang, L., J.J. Qu and X. Hao (2008). Forest fire detection using normalized multi-band drought index (NMDI) with satellite measurements. **Agricultural and Forest Meteorology** 148: 1767-1776

Wang W., J.J. Qu, X. Hao, Y. Liu and W.T. Sommers (2007). An improve algorithm for small and cool fire detection using MODIS data: A preliminary study in the southeastern United States. **Remote Sensing of Environment**. 108:163-170

Urbanski, S.P., J.M. Salmon, B.L. Nordgren, W.M. Hao (2009). A MODIS direct broadcast algorithm for mapping wildfire burned area in the western United States.

**Remote Sensing of Environment**. 113: 2511-2526



## ภาคผนวก 1

### ประวัติคณะวิจัย

#### หัวหน้าโครงการ

1. ชื่อ (ภาษาไทย) นายพงศ์เทพ สุวรรณวารี  
(ภาษาอังกฤษ) Mr. Pongthep Suwanwaree
2. ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์
3. หน่วยงาน  
สาขาวิชาชีววิทยา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี  
อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000  
โทรศัพท์ 044 - 224633, โทรสาร 044 - 224633  
E-mail : pongthep@sut.ac.th, ptsuwan@hotmail.com

#### 4. ประวัติการศึกษา

- 2546 Ph.D. (Crop and Soil Science) Michigan State University, U.S.A.  
2537 วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
2534 วิทยาศาสตร์บัณฑิต (พฤกษศาสตร์) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

#### 5. ผลงานวิชาการ

- Strine, C., I. Silva, B. Nadolski, M. Crane, C. Barnes, T. Artchawakom, J. Hill and P. Suwanwaree. 2015. Sexual dimorphism of tropical Green Pit Viper *Trimeresurus (Cryptelytrops) macrops* in Northeast Thailand. *Amphibia-Reptilia*. 36: 327-338.
- Strine, C.T., C. Barnes, I. Silva, B. Nadolski, T. Artchawakom, J.G. Hill and P. Suwanwaree. 2015. The first record of ritualized male combat in wild Malayan pit viper (*Calloselasma rhodostoma*). *Asian Herpetological Research*. 6(3): 237-239.
- Pitakpong, A., E. Kraichak, K. B. Paping, N. Muangsan, P. Suwanwaree, H. T. Lumbsch and R. Lücking. 2015. New species and records of the lichens genus *Graphis* (Graphidaceae, Ascomycota) from Thailand, with a key to currently known species. *The Lichenologist*. 47(5): 335-342.
- Coudrat, C.N.Z., C. Nanthavong, D. Ngoprasert, P. Suwanwaree and T. Savini. 2015. Singing behavior of white-cheeked gibbons in the Annamite mountains of Laos. *International Journal of Primatology*. 36: 691-706.