

การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และการสำรวจระยะไกล ประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดไฟป่า ในหน่วยจัดการแม่หวดของป่าสาธิตแม่งาว อำเภอแม่งาว จังหวัดลำปาง

Application of Geographic Information System and Remote Sensing for Fire Risk Area Assessment in Mae-Huad Sector of Mae-Ngao Demonstration Forest, Amphoe Ngao, Changwat Lampang

คำนำ

ไฟป่านั้นเป็นสาเหตุที่สำคัญประการหนึ่งที่ทำให้เกิดความเสียหายกับทรัพยากรป่าไม้ในประเทศไทยสาเหตุของการเกิดไฟป่าเกิดจากการกระทำของมนุษย์เกือบทั้งสิ้น จากรายงานการควบคุมไฟป่าของกรมป่าไม้พบว่าสาเหตุที่สำคัญของการเกิดไฟป่ามาจากการใช้ไฟในระหว่างการเก็บหาของป่า การเผาไร่ ทั้งนี้การเกิดไฟป่าอาจมาจากกิจกรรมในการล่าสัตว์ กิจกรรมการเลี้ยงสัตว์ พฤติกรรมของนักท่องเที่ยว การทิ้งก้นบุหรี่ และการจงใจจุดไฟเพื่อแก่งหน่วยงานราชการที่ดูแลควบคุมไฟป่า นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอีกหลายประการทั้งปัจจัยทางด้านชีวภาพ และกายภาพที่มีผลต่อการเกิดไฟป่า ดังนั้นการประเมินพื้นที่ที่เสี่ยงต่อการเกิดไฟป่าจึงมีความสำคัญในการวางแผนการจัดการ และควบคุมไฟป่าได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ปัจจุบันระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System : GIS) และการสำรวจระยะไกล (remote sensing) ได้มีบทบาทอย่างมากในการวางแผนการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ เนื่องจากสามารถที่จะวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ได้หลายๆ ประเภทพร้อมกัน และสามารถจัดเก็บข้อมูลได้อย่างมีระบบ นับได้ว่าเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพอย่างมากในการนำมาใช้ในการประเมินความเสี่ยงในการเกิดไฟป่า (forest fire risk assessment)

การศึกษานี้ได้ทำการประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดไฟป่าโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และทำการสำรวจระยะไกลในการวิเคราะห์หาค่าความเสี่ยงจากปัจจัยต่างๆ ทางกายภาพ คือ (1) ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (2) ทิศด้านลาด (3) ความลาดชัน (4) ระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม (5) ระยะห่างจากแม่น้ำ (6) ระยะห่างจากหมู่บ้าน (7) ระยะห่างจากพื้นที่เกษตรกรรม (8) ค่าดัชนีความแตกต่างของความเป็นพรรณพืช (Normalized Difference Vegetation Index : NDVI) (9) ค่าดัชนีความเป็นสีเขียวของพืชพรรณ (Green Vegetation Index : GVI)

(10) ค่าอัตราส่วนระหว่างแบนด์ (band ratioing) (11) ปริมาณเชื้อเพลิงเพื่อกำหนดพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดไฟฟ้าเพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนป้องกันและควบคุมไฟฟ้าในพื้นที่ศึกษาหน่วยจัดการแม่หวดของป่าสาธิตแม่หวด อำเภอองาว จังหวัดลำปาง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยแวดล้อมที่มีผลต่อการเกิดไฟฟ้าในพื้นที่หน่วยจัดการแม่หวดของป่าสาธิตแม่หวด อำเภอองาว จังหวัดลำปาง
2. เพื่อประเมินหาพื้นที่เสี่ยงในการเกิดไฟฟ้าและจัดทำแผนที่ระดับความเสี่ยงของการเกิดไฟฟ้าในพื้นที่หน่วยจัดการแม่หวดของป่าสาธิตแม่หวด อำเภอองาว จังหวัดลำปาง

ตรวจเอกสาร

1. การแนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับการสำรวจระยะไกล

1.1. ความหมาย

การสำรวจระยะไกล (remote sensing) เป็นวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ของการรับข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุ พื้นที่และปรากฏการณ์ แล้วนำมาวิเคราะห์ข้อมูล โดยในการรับข้อมูลไม่ต้องสัมผัสกับวัตถุพื้นที่ หรือปรากฏการณ์นั้น (Lillesand *et al.*, 2004) ข้อมูลระยะไกลได้จากการใช้เครื่องบินที่กพื้นทีในรูปแบบต่าง ๆ ได้แก่ ข้อมูลจากการบันทึกเป็นภาพ ข้อมูลที่บันทึกลงในคอมพิวเตอร์ เป็นต้น ข้อมูลที่ใช้ในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินมักจะใช้ค่าการสะท้อนแสงที่บันทึกเป็นภาพ ซึ่งได้ทั้งจากภาพถ่ายดาวเทียม และภาพถ่ายจากเครื่องบิน ภาพถ่ายจากดาวเทียมเป็นการบันทึกแบบ scanning และบันทึกหลายช่วงคลื่น (multi-bands) จึงให้รายละเอียดมากขึ้นน้อยต่างกันตามคุณสมบัติการสะท้อนของวัตถุ (สถิตย์, 2514)

ประสงค์ (2528) กล่าวว่า องค์ประกอบของการสำรวจระยะไกลประกอบด้วย

- 1) แหล่งพลังงาน (energy source)
- 2) วัตถุเป้าหมาย (object)
- 3) ระบบบันทึกข้อมูล (sensor system)
- 4) การส่งผ่านของพลังงาน (energy transmission)
- 5) กระบวนการรับและจัดเรียงข้อมูล (data processing and interpretation)

1.2 การสำรวจข้อมูลจากระยะไกลประกอบด้วย 2 กระบวนการคือ

1.2.1 การได้มาซึ่งข้อมูล (data acquisition) การได้รับข้อมูลในกระบวนการสำรวจระยะไกลเป็นกระบวนการต่างๆ ที่ให้ได้มาซึ่งข้อมูลโดยเริ่มต้นตั้งแต่ดาวเทียม หรือยานสำรวจ (platform) ถูกส่งออกสู่วงโคจรในตำแหน่งที่จะทำการบันทึกข้อมูลจนถึงขั้นการส่งข้อมูลหรือสัญญาณการสะท้อนพลังงานมาสู่สถานีรับภาคพื้นดิน (receiving station) และผลิตข้อมูลออกมาในรูปแบบของข้อมูลเชิงอนุমান (analog data) หรือข้อมูลเชิงตัวเลข (digital data) (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2545) ประกอบด้วย แหล่งพลังงาน (energy source) การเคลื่อนที่ของพลังงาน

(propagation of energy) ปฏิสัมพันธ์ของพลังงานกับลักษณะพื้นผิวโลก (interaction with the target) ระบบการบันทึกข้อมูล (sensor system) และข้อมูลที่ได้รับ (สุรชัย, 2536)

1.2.2 การแปลตีความหมาย และการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม (image interpretation and analysis) มีการดำเนินการได้ 2 วิธีการ คือการแปลตีความหมายด้วยสายตา (visual interpretation) ข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ (qualitative) ซึ่งสามารถวัดออกมาเป็นค่าได้แน่นอนซึ่งอาจออกมาในรูปของ ดี เลว หรือเปอร์เซ็นต์ กล่าวคือการแปลภาพถ่ายดาวเทียมด้วยสายตาไม่สามารถวัดออกมาเป็นเชิงปริมาณได้ทันที และการวิเคราะห์และประเมินผลเชิงตัวเลข (digital analysis and processing) โดยข้อมูลที่ได้จะอยู่ในรูปข้อมูลเชิงปริมาณ (quantitative) (สุพรรณ, 2536)

1) การแปลตีความหมายข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมด้วยสายตา (visual interpretation) หรือการแปลตีความหมายจากภาพถ่ายดาวเทียม (photographic interpretation) หมายถึง การวินิจฉัย (identification) ว่าสิ่งที่เห็นควรเป็นสิ่งใด หรือน่าจะเป็นอะไร ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาวิเคราะห์ (analyze) อย่างมีระบบเพื่อจะนำข้อมูล (data) และสารสนเทศ (information) จากหลายด้านมาประกอบกันเพื่อช่วยระบุว่าสิ่งที่เห็นในภาพนั้นน่าจะเป็นอะไรในพื้นที่จริง (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2545) การแปลภาพถ่ายดาวเทียมจะอาศัยลักษณะที่ปรากฏบนภาพถ่ายดาวเทียม คือ รูปร่าง (shape) รูปแบบการจัดเรียง (pattern) สี (color) ที่ตั้ง (site) และสิ่งแวดล้อมข้างเคียง (site and environment) เป็นปัจจัยสำคัญในการแปลตีความ (สุวิทย์ และคณะ, 2544) นักแปลภาพที่ดีควรมีคุณสมบัติ ความรู้ภูมิหลัง (background) ความสามารถของสายตา (visual acuity) ความสามารถของจิตใจ (mental acuity) และประสบการณ์ในงานแปลตีความ (experience) (ประสพชัย, 2536)

2) การวิเคราะห์ และประมวลผลเชิงตัวเลข (digital analysis and processing) เป็นการนำเครื่องคอมพิวเตอร์มาช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ค่าทางสถิติ หรือทฤษฎีทางสถิติเป็นข้อตัดสินใจ กระบวนการวิเคราะห์ และประมวลผลข้อมูลดาวเทียม สามารถแยกออกดังนี้

การวิเคราะห์ข้อมูลก่อนทำการวิเคราะห์ (preprocessing) ประกอบด้วย กระบวนการปรับแก้ความผิดพลาดทางคลื่น (radiometric correction) การแก้ไขความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิต (geometric correction) ของภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องตรงกับข้อเท็จจริงบนผิวโลก

การเน้นภาพ หรือการปรับปรุงคุณภาพข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม (image enhancement) จะประกอบด้วยกระบวนการ ปรับแก้ระดับสีเทา (stretching) การกรองข้อมูล (spatial filtering) เพื่อความชัดเจนของข้อมูล

การแปลงค่าของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม (image transformation) เป็นการรวบรวมข้อมูลจากหลายช่วงคลื่นด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ต้องการ เช่น การหาอัตราส่วนระหว่างแบนด์ (spectral or band ratioing) และการวิเคราะห์ส่วนประกอบที่สำคัญ (principal components analysis) (Canada Centre for Remote Sensing, 2001)

การจำแนกประเภทข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม (image classification) การจำแนกประเภทข้อมูลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์เป็นกระบวนการที่อาศัยค่าสถิติช่วยในการจัดกลุ่มและจำแนกประเภทข้อมูล อาทิเช่น ค่าเฉลี่ย (mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ค่าความแตกต่างระหว่างค่าสูงสุดและต่ำสุดของกลุ่ม (variance) การจำแนกประเภทข้อมูลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยทั่วไปมี 2 วิธีการได้แก่

1) การจำแนกข้อมูลแบบกำกับดูแล (supervised classification) การจำแนกประเภทข้อมูลด้วยวิธีนี้ ผู้วิเคราะห์ข้อมูลจะต้องมีความรู้เกี่ยวกับพื้นที่ที่ทำการศึกษาคือพอที่จะบอกได้ว่า พื้นที่ที่ทำการศึกษามีการใช้ที่ดินประเภทใดบ้าง ทั้งนี้เนื่องจากผู้วิเคราะห์ต้องเป็นผู้ทำการกำหนดกลุ่มข้อมูลตัวอย่าง (training area) ให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อให้เครื่องคอมพิวเตอร์คำนวณค่าสถิติของกลุ่มข้อมูลตัวอย่างและใช้เป็นดัชนีในการจำแนกหรือจัดข้อมูลที่ ไม่ทราบ (unknown pixel) ให้อยู่ในกลุ่มข้อมูลตัวอย่าง โดยอาศัยหลักการทางคณิตศาสตร์เข้ามาช่วยในการตัดสินใจ (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2540)

2) การจำแนกประเภทข้อมูลแบบไม่กำกับดูแล (unsupervised classification) การจำแนกประเภทข้อมูลด้วยวิธีนี้ผู้วิเคราะห์ข้อมูลอาจไม่จำเป็นต้องมีความรู้หรือความคุ้นเคยกับพื้นที่ที่ทำการศึกษาก่อนที่จะทำการจำแนกประเภทข้อมูล ทั้งนี้เนื่องจากผู้วิเคราะห์ไม่จำเป็นต้องกำหนดพื้นที่ตัวอย่างของแต่ละประเภทข้อมูลให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์เพียงแต่กำหนดพื้นที่ข้อมูลตัวอย่างรวมซึ่งมีค่าการสะท้อนกลับของคลื่นหลากหลายและครอบคลุมทุกกลุ่มข้อมูล แต่หลังจากการวิเคราะห์ข้อมูลแล้วต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลแต่ละประเภท และต้องให้คำจำกัดความหรือความหมายของข้อมูลแต่ละประเภท ดังนั้นผู้วิเคราะห์จำเป็นต้องออก

สำรวจข้อมูลภาคสนามบริเวณพื้นที่ศึกษาหรืออาจสอบถามจากผู้ที่มีความรู้เกี่ยวกับพื้นที่ศึกษาก็ได้ (รัศมี, 2530)

สิ่งที่จะต้องคำนึงถึงเป็นอย่างมากก่อนทำการแปล วิเคราะห์ หรือจำแนกประเภทข้อมูล คือ การเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา (multitemporal approach) เนื่องจากวัตถุแต่ละชนิดอาจมีการเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล หรือช่วงเวลา ดังนั้นการวิเคราะห์ จำแนกประเภทข้อมูลหรือติดตามการเปลี่ยนแปลง (monitoring) จำเป็นจะต้องใช้ข้อมูลจากหลายช่วงเวลามาใช้ในการเปรียบเทียบเพื่อความถูกต้อง และชัดเจนมากยิ่งขึ้น การเปลี่ยนแปลงตามช่วงคลื่น (multispectral approach) เนื่องจากวัตถุแต่ละชนิดจะมีการสะท้อน หรือดูดซับพลังงานแตกต่างกัน การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ข้อมูลช่วงคลื่นเดียวอาจจำแนกประเภทข้อมูลได้ไม่ดีนัก จำเป็นต้องใช้ข้อมูลหลายช่วงคลื่นมาวิเคราะห์หรือมาผสมกันเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ชัดเจนมากขึ้นระดับความละเอียดของข้อมูล เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากการสำรวจระยะไกลมีระดับความละเอียดแตกต่างกัน เช่นข้อมูลที่ได้จากดาวเทียม LANDSAT TM5 มีความละเอียด 30x30 เมตร ข้อมูลดาวเทียม SPOT มีความละเอียด 20x20 เมตร ดังนั้น ในการวิเคราะห์หรือจำแนกข้อมูลควรมีระดับที่เหมาะสมกับข้อมูลซึ่งทั้งการแปลภาพถ่ายจากดาวเทียมด้วยสายตา และวิเคราะห์เทปบันทึกข้อมูลจากดาวเทียมด้วยคอมพิวเตอร์ มีขั้นตอนที่เหมือนกันยกเว้นวิธีการแปล และวัสดุที่ใช้แตกต่างกัน ขั้นตอนต่างๆ สรุปได้ดังนี้ (สุพรรณ, 2536)

- 1) ตรวจสอบข้อมูล และรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน
- 2) เก็บข้อมูลภาคพื้นดิน
- 3) แปลและวิเคราะห์ข้อมูลจากดาวเทียมด้วยสายตา หรือเครื่องคอมพิวเตอร์
- 4) จัดทำแผนที่
- 5) ตรวจสอบความถูกต้องทางภาคพื้นดิน

2. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System : GIS)

2.1 ความหมาย

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หมายถึง ขบวนการของการใช้คอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ (hardware) ซอฟต์แวร์ (software) ข้อมูลทางภูมิศาสตร์ (geographic data) และการออกแบบ (personal design) ในการเสริมสร้างประสิทธิภาพของการจัดเก็บข้อมูล การปรับปรุงข้อมูลการ

คำนวณและการวิเคราะห์ข้อมูล ให้แสดงผลในรูปแบบข้อมูลที่สามารถอ้างอิงได้ในทางภูมิศาสตร์ หรือหมายถึง การใช้สมรรถนะของคอมพิวเตอร์ในการจัดเก็บและการใช้ข้อมูล เพื่ออธิบายสภาพต่างๆ บนพื้นผิวโลกโดยอาศัยลักษณะทางภูมิศาสตร์ เป็นตัวเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลต่างๆ นั้นเอง (สุระ, 2546)

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ คือ ระบบสำหรับการนำเข้า การเก็บ การเปลี่ยนแปลง การวิเคราะห์ และการแสดงผลข้อมูลทางภูมิศาสตร์ หรือข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial data) โดยข้อมูลเหล่านี้จะแสดงในลักษณะของจุด เส้น และพื้นที่รูปเปิด ที่ควบคู่ไปกับข้อมูลอรรถาธิบาย (attribute data) ซึ่งแสดงลักษณะเฉพาะตัวของข้อมูลแต่ละรูปแบบ (สุวิทย์, 2542)

2.2 องค์ประกอบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ มีองค์ประกอบที่สำคัญหลายอย่าง แต่ละอย่างล้วนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญทั้งสิ้น แต่ที่สำคัญประกอบด้วย 4 ส่วน คือ ข้อมูลและสารสนเทศ เครื่องคอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์ต่างๆ โปรแกรม และบุคลากร

2.2.1 ข้อมูลและสารสนเทศ (data and information) ข้อมูลที่จะนำเข้าสู่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ควรเป็นความรู้เฉพาะเรื่อง (theme) และเป็นข้อมูลที่สามารถนำมาใช้ในการตอบคำถามต่างๆ ได้ตามวัตถุประสงค์ เป็นข้อมูลที่มีความถูกต้องและเชื่อถือได้ และเป็นปัจจุบันมากที่สุด (โครงการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2541) ข้อมูลหรือสารสนเทศสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1) ข้อมูลที่มีลักษณะเชิงพื้นที่ (spatial data) หรือข้อมูลภูมิศาสตร์ เป็นข้อมูลที่แสดงสภาพภูมิประเทศของพื้นที่ ด้วยตำแหน่งพิกัดทางภูมิศาสตร์ ซึ่งมีโครงสร้างข้อมูล 2 รูปแบบ คือ (1) รูปแบบข้อมูลเวกเตอร์ (vector format) เป็นข้อมูลที่แสดงทิศทาง และตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ในลักษณะของจุด (point) หรือโดยการเชื่อมจุด หลากๆ จุด เพื่อแสดงรูปแบบเส้น (area or line) เช่นถนน แม่น้ำ เป็นต้น และปลายของเส้นหลายๆ เส้นที่ต่อกันจนเกิดเป็นรูปขอบเขตของพื้นที่เรียกว่า โพลีกอน (polygons) ดังนั้นรูปแบบของข้อมูลเชิงเส้น จะอาศัยค่าพิกัดที่ต่อเนื่องของจุดในการกำหนดขอบเขตของวัตถุที่เราสนใจ (2) รูปแบบข้อมูลราสเตอร์ (raster format) โครงสร้างของข้อมูลจะแสดงในรูปของสี่เหลี่ยม หรือจุดภาพ (grids or pixels) ที่มีการอ้างอิงกับระบบพิกัดรายละเอียดของข้อมูลเชิงพื้นที่ที่เก็บบันทึกในรูปแบบนี้จะผันแปร โคนตรงกับขนาดของกริด

2) ข้อมูลอรรถาธิบาย (non-spatial data or attribute data) เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะของพื้นที่นั้น อาจเป็นค่าเชิงปริมาณ หรือตารางเพื่ออธิบายถึงสภาพพื้นที่ได้เด่นชัด เพื่อการจัดการทรัพยากรต่างๆ เช่น ข้อมูลประชากรในพื้นที่ป่า ข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยา คุณภาพของน้ำและสิ่งแวดล้อม เป็นต้น การป้อนข้อมูลชนิดนี้มักนิยามกำหนดเป็นรหัส และจัดเก็บไว้ในแฟ้มข้อมูลที่เรียกว่า topology file (จรัญธร, 2541)

2.2.2 เครื่องคอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์ต่างๆ เครื่องในคอมพิวเตอร์รวมเรียกว่า hardware จะประกอบไปด้วย หน่วยประมวลผลกลาง (central processing unit : CPU) อุปกรณ์การนำเข้า (input devices) เช่น digitizer และ scanner อุปกรณ์อ่านข้อมูล อุปกรณ์เก็บรักษาข้อมูล (disk drive storage unit) และแสดงผลข้อมูล (output devices) เช่น printer และ plotter เป็นต้น ซึ่งอุปกรณ์แต่ละชนิดจะมีหน้าที่และคุณภาพแตกต่างกันออกไป

2.2.3 โปรแกรม หรือระบบซอฟต์แวร์ (software) หมายถึงโปรแกรมที่ใช้ในการจัดการระบบ และคำสั่งงานต่างๆ เพื่อให้ระบบฮาร์ดแวร์ทำงาน หรือเรียกใช้ข้อมูลที่จัดเก็บในระบบฐานข้อมูลทำงานตามวัตถุประสงค์ โดยทั่วไปชุดคำสั่ง หรือ โปรแกรมของสารสนเทศภูมิศาสตร์จะประกอบไปด้วย หน่วยนำเข้าข้อมูล หน่วยจัดเก็บข้อมูล การจัดการข้อมูล หน่วยวิเคราะห์ แสดงผล หน่วยแปลงข้อมูล และหน่วยตอบโต้กับผู้ใช้

2.2.4 บุคลากร ประกอบไปด้วยผู้ใช้ระบบ (analyst) และผู้ใช้สารสนเทศ (user) ผู้ใช้ระบบหรือผู้ชำนาญการ GIS ต้องมีความชำนาญในหน้าที่ และได้รับการฝึกฝนมาแล้วเป็นอย่างดี พร้อมทั้งจะทำงานได้เต็มความสามารถ โดยทั่วไปผู้ใช้ระบบจะเป็นผู้เลือกระบบฮาร์ดแวร์ และระบบซอฟต์แวร์เพื่อให้ตรงตามวัตถุประสงค์ และตอบสนองความต้องการของหน่วยงานส่วนผู้ใช้สารสนเทศ คือนักวางแผน หรือผู้มีอำนาจตัดสินใจเพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการแก้ไขปัญหาต่างๆ

นอกจากองค์ประกอบที่สำคัญทั้ง 4 ส่วนแล้วองค์กรที่รองรับ (organization) ก็นับว่ามีความสำคัญต่อการดำเนินงานระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ทั้งนี้เพราะองค์กรที่เหมาะสม และมีวัตถุประสงค์ที่สอดคล้องกับระบบงานสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถรองรับ และให้การสนับสนุนการนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เข้ามาใช้ในแผนงานขององค์กรได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยได้รับการสนับสนุนงบประมาณ อุปกรณ์ ละบุคลากรที่เหมาะสมกับหน้าที่

2.3 ระบบการทำงานของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS operation system)

ระบบการทำงานของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก คือ การวิเคราะห์ปัญหาหรือการกำหนดวัตถุประสงค์ การจัดเตรียมฐานข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการแสดงผลข้อมูลซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

2.3.1 การกำหนดวัตถุประสงค์ (objective determination) เป็นขั้นตอนแรกและสำคัญที่สุดในการดำเนินการที่เกี่ยวข้องกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ทั้งนี้นักวิเคราะห์ GIS ต้องทราบวัตถุประสงค์ที่ชัดเจนก่อนการดำเนินการในขั้นตอนต่างๆ ว่าต้องการแก้ปัญหาอะไร ปัญหาดังกล่าวสามารถตอบได้โดย GIS หรือไม่ ผลที่คาดว่าจะได้รับการวิเคราะห์คืออะไร และใครจะเป็นผู้นำผลการวิเคราะห์ไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

2.3.2 การจัดเตรียมฐานข้อมูล (database preparation) ประกอบไปด้วย

1) การนำเข้าข้อมูล (data input) สามารถแบ่งได้ออกเป็น 2 ประเภท คือ การนำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial data) และข้อมูลทั่วไป การนำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่ เป็นการแปลงข้อมูลเชิงพื้นที่ให้เป็นข้อมูลเชิงตัวเลข (digital data) ซึ่งสามารถนำเข้าได้หลายวิธี เช่น digitizing table คีย์บอร์ด (computer keyboard) สแกนเนอร์ (scanner) นำเข้าข้อมูลจากแผ่น (film importation) และแปลงค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์ที่จัดเก็บจากเครื่อง global positioning system (GPS)

2) การจัดเก็บข้อมูลพื้นที่ในระบบ GPS (cartographic representation) ข้อมูลเชิงพื้นที่จะถูกจัดเก็บโดยอ้างอิงจากค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์ ทั้งนี้รหัสของข้อมูลอาจเรียงตามลำดับของการนำเข้า หรือเรียงตามค่ารหัสที่ถูกกำหนดโดยผู้ใช้ระบบ (user ID)

3) ความสัมพันธ์ทางพื้นที่ (spatial topology) ข้อมูลพื้นที่โดยทั่วไปจะมีระบบการจัดเก็บข้อมูลเฉพาะของข้อมูลแต่ละลักษณะ (each graphic object) ซึ่งลักษณะความสัมพันธ์ของข้อมูลพื้นที่ และระบบการจัดเก็บนี้เรียกว่า ความสัมพันธ์ทางพื้นที่ (spatial topology) หลังจากสร้าง topology เรียบร้อยแล้ว ข้อมูลต่างๆ สามารถนำมาวิเคราะห์เชิงพื้นที่ได้

4) การจัดเก็บและเรียกค้นตารางข้อมูล (database) ฐานข้อมูลที่ใช้อธิบายข้อมูลพื้นที่ หรือข้อมูลอรรถาธิบาย (attribute) จะถูกจัดเก็บในรูปแบบที่สัมพันธ์กับข้อมูลเชิงพื้นที่เป็นข้อมูลที่ถูกต้อง และง่ายต่อการปรับแก้ และเรียกใช้

2.3.3 การแสดงผล (data display) ผลที่ได้รับจากการวิเคราะห์ข้อมูล สามารถนำเสนอหรือแสดงผลได้ทั้งบนจอคอมพิวเตอร์ (monitor) ผลิต้ออกเป็นเอกสาร (แผนที่และตาราง) โดยใช้เครื่องพิมพ์ หรือ plotter หรือสามารถแปลงข้อมูลเหล่านั้นไปสู่ระบบการทำงานในโปรแกรมอื่นๆ ในรูปแบบของแผนที่ (map) แผนภูมิ (chart) หรือตาราง (table) (โครงการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2541)

3. ไฟป่า

ไฟมีทั้งประโยชน์ และโทษ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ที่จะใช้และการควบคุมถ้าสามารถควบคุมไฟได้ ความรุนแรงน้อย ความสูงเปลวไฟต่ำ จะมีประโยชน์ กล่าวคือ ช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน ช่วยเพิ่มการงอกของเมล็ดที่มีเปลือกหุ้มแข็ง ช่วยลดการสะสมของเชื้อเพลิงบนพื้นที่ป่า ช่วยรักษาสภาพป่าบางชนิดช่วยปรับปรุงที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่าช่วยเพิ่มความหลากหลายของชนิดพันธุ์พืชและสัตว์ป่า นอกจากนี้ไฟที่สามารถควบคุมได้จะมีประโยชน์ในการเตรียมพื้นที่สำหรับการปลูกสร้างสวนป่า และช่วยกำจัดวัชพืชในสวนป่า ส่วนไฟที่มีความรุนแรงมาก เปลวไฟสูง ควบคุมไม่ได้จะมีโทษ กล่าวคือ เผาผลาญลูกไม้ตายหมด ต้นไม้เติบโตช้าลง ต้นไม้เกิดรอยแผลไฟไหม้ เกิดโรค และแมลงซ้่าเติม ในที่สุดต้นไม้จะตายลง พื้นที่ปราศจากพืชปกคลุม ดินสูญเสียความชื้น ปริมาณน้ำในลำธารจะแห้ง ส่วนในฤดูฝนจะเกิดน้ำหลากหรือน้ำท่วม ดินสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ ทำลายถิ่นที่อยู่อาศัยและชีวิตของสัตว์ป่า ไฟทำให้เกิดควันอันเป็นภาวะมลพิษในอากาศ ไฟจะเผาผลาญสิ่งต่างๆทำลายความสวยงามของพื้นที่ ตลอดจนทำลายทรัพย์สินและชีวิตของมนุษย์ (ชนะชัย, 2538)

3.1 ความหมายของไฟป่า

Brown and Davis (1973) ได้ให้คำจำกัดความของไฟป่าที่ใช้กันอย่างแพร่หลายว่า “ไฟที่ปราศจากการควบคุม ลุกลามไปอย่างอิสระ แล้วเผาผลาญเชื้อเพลิงธรรมชาติในป่า ได้แก่ อินทรียว้ดฤที่สลายตัวแล้วและอินทรียว้ดฤที่กำลังสลายตัว ใบไม้แห้ง หญ้า กิ่งก้านไม้แห้ง ท่อนไม้ ตอไม้ วัชพืช ไม้พุ่ม ใบไม้สด และในระดับหนึ่งสามารถเผาผลาญต้นไม้ที่ยังมีชีวิตอยู่”

สำหรับในประเทศไทยนั้น เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพปัญหาและขอบเขตการจัดการ ไฟป่าจึงกำหนดคำนิยามของไฟป่าว่า “ไฟที่เกิดสาเหตุใดก็ตาม แล้วลุกลามไปได้โดยอิสระ ปราศจากการควบคุม ทั้งนี้ไม่ว่าไฟนั้นจะเกิดขึ้นในป่าธรรมชาติหรือสวนป่า” (ศิริ, 2543)

3.2 องค์ประกอบของไฟป่า

ไฟป่าเกิดขึ้นจากการเผาไหม้ ซึ่งมีองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ประการ คือความร้อน เชื้อเพลิง และก๊าซออกซิเจน (สันต์, 2526) ดังนี้

1) เชื้อเพลิง เชื้อเพลิงที่ก่อให้เกิดไฟป่า ได้แก่ อินทรียสารทุกชนิดที่ติดไฟได้ เช่น ต้นไม้ ไม้พุ่ม กิ่งไม้ ก้านไม้ ดอกไม้ กอไผ่ ลูกไม้เล็กๆ หญ้า และวัชพืชอื่นๆ รวมไปถึงคัพพี ฮิวมัส และชั้นถ่านหินที่อยู่ใต้ดิน

2) ออกซิเจน ออกซิเจนเป็นก๊าซที่เป็นองค์ประกอบหลักของอากาศโดยทั่วไปในป่าจึงมีออกซิเจนกระจายอยู่อย่างสม่ำเสมอ อย่างไรก็ตาม ปริมาณและสัดส่วนของออกซิเจนในอากาศในป่า ณ จุดๆ หนึ่ง อาจแปรผันได้บ้างตามการแปรผันของความเร็วและทิศทางลม

3) ความร้อน แหล่งความร้อนที่ทำให้เกิดไฟป่าแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ แหล่งความร้อนตามธรรมชาติ เช่น ไฟผ่าหรือการเสียดสีของกิ่งไม้ และแหล่งความร้อนจากมนุษย์ซึ่งจุดไฟด้วยสาเหตุต่างๆ กัน

ศิริ (2543) ได้กล่าวว่าองค์ประกอบทั้ง 3 ประการ เรียกว่า สามเหลี่ยมไฟ หากขาดองค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่งไป ไฟป่าจะไม่เกิดขึ้นหรือไฟป่าที่เกิดขึ้นแล้วและกำลังลุกลามอยู่ก็จะดับลง ความรู้เรื่องสามเหลี่ยมไฟในข้อนี้มีความสำคัญยิ่ง เพราะเป็นความรู้พื้นฐานที่ต้องนำมาใช้ในการวางแผนปฏิบัติงานควบคุมไฟป่าทั้งวงจร

3.3 ชนิดของไฟป่า

Brown and Davis (1973) ได้ทำการจำแนกชนิดของไฟป่า ตามลักษณะการไหม้เชื้อเพลิงในระดับต่างๆ ในแนวตั้ง ตั้งแต่ระดับชั้นดินไปจนถึงระดับยอดไม้เป็นเกณฑ์ ทำให้แบ่งไฟป่าออกเป็น 3 ชนิด ดังนี้

1) ไฟใต้ดิน (ground fire) คือไฟที่ไหม้พวกอินทรีย์วัตถุที่สลายตัวแล้ว และที่กำลังสลายตัวอยู่ภายใต้เศษซากพืช บางครั้งไฟนี้ลามไหม้พวกรากไม้ด้วย มักเกิดในประเทศแถบอบอุ่นหรือที่สูงจากระดับน้ำทะเลมากๆ ซึ่งอากาศหนาวเย็นทำให้อัตราการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุค่อนข้างต่ำ ทำให้มีการสะสมของอินทรีย์วัตถุเป็นชั้นหนาแน่นอยู่บนหน้าดิน ไฟชนิดนี้จะลุกลามไปช้าๆ ใต้ผิวดินในบางครั้งยากที่จะสังเกตเห็นได้ เพราะเปลวไฟหรือแสงสว่างไม่โผล่ขึ้นมาบนดิน และควันก็มีน้อยมาก ไฟชนิดนี้อาจเป็นสาเหตุของไฟชนิดอื่นต่อไปได้ และยากต่อการดำเนินการดับไฟ

2) ไฟผิวดิน (surface fire) คือไฟที่เผาไหม้ซากพืชที่ร่วงลงสู่พื้นป่า (litter) รวมทั้งพืชชั้นล่าง ได้แก่ หญ้า เศษใบไม้ กิ่งไม้ เกรือเถา ไม้พุ่ม และลูกไม้ ไฟชนิดนี้อาจมีการลุกลามอย่างรวดเร็ว และอาจก่อให้เกิดไฟชนิดอื่นขึ้นได้ สำหรับความรุนแรงนั้นขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของพื้นป่า และลักษณะเชื้อเพลิง

3) ไฟเรือนยอด (crown fire) คือไฟที่ไหม้เรือนยอด และลุกลามจากเรือนยอดหนึ่งไปสู่อีกเรือนยอดหนึ่ง โดยเฉพาะในป่าสนของเขตอบอุ่น ซึ่งไม้จำพวกนี้มีช่วยในการลุกไหม้ได้ดี ไฟเรือนยอดมักจะรุนแรงมากยากต่อการดำเนินการดับไฟ และสามารถสร้างความเสียหายให้แก่ป่าอย่างมาก

3.4 พฤติกรรมของไฟป่า

พฤติกรรมของไฟป่า (forest fire behavior) เป็นคำที่ใช้พรรณาลักษณะการลุกลามและขยายตัวของไฟป่าหลังจากการเผาไหม้ซึ่งเป็นไปตามสภาวะแวดล้อมในขณะนั้น ทำให้ไฟป่าที่เกิดขึ้นแต่ละครั้งแสดงพฤติกรรมที่แตกต่างกันไปตามสภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกัน โดยพฤติกรรมไฟป่าที่สำคัญ ได้แก่ อัตราการลุกลามของไฟ (rate of fire spread) ความรุนแรงของไฟ (fire intensity) และความยาวเปลวไฟ (flame length) (ศิริ, 2543) โดยปัจจัยหลักที่มีผลต่อพฤติกรรมของไฟป่า มีอยู่ 3 ปัจจัย ได้แก่ ลักษณะเชื้อเพลิง ลักษณะอากาศ และลักษณะภูมิประเทศ ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

3.4.1 เชื้อเพลิง ลักษณะของเชื้อเพลิงที่แตกต่างกันจะมีผลให้พฤติกรรมของไฟป่าแตกต่างกันด้วย ทั้งนี้สามารถแยกลักษณะของเชื้อเพลิงที่มีผลต่อพฤติกรรมของไฟได้ 4 ลักษณะ คือ

1) ความชื้นของเชื้อเพลิง หากเชื้อเพลิงมีความชื้นสูง ย่อมยากต่อการติดไฟ และการลุกกลามก็เป็นไปได้ช้า ในทางตรงกันข้าม เชื้อเพลิงที่มีความชื้นต่ำ หรือเชื้อเพลิงแห้งย่อมติดไฟได้ง่ายลุกกลามรวดเร็ว และให้ความร้อนสูง

2) ขนาดของเชื้อเพลิง เชื้อเพลิงขนาดเล็ก เช่น กิ่งไม้เล็ก ใบไม้ หญ้าแห้งสามารถไหม้และลุกกลามได้รวดเร็วกว่าเชื้อเพลิงขนาดใหญ่ เช่น กิ่งไม้ขนาดใหญ่ ท่อนไม้ ไม้ยืนต้นตาย แต่มีความร้อนแรงน้อยกว่า

3) ปริมาณเชื้อเพลิง หากมีเชื้อเพลิงมาก ไฟย่อมมีความรุนแรง มีความร้อนสูง อันตรายมีมาก

4) ความต่อเนื่องของเชื้อเพลิง เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ไฟลุกกลามได้เร็วหรือช้า หากระยะห่างระหว่างเชื้อเพลิงกลุ่มหนึ่งไปยังอีกกลุ่มหนึ่งห่างกันมาก ไฟก็ยากที่จะลุกกลามข้ามไปได้ แต่หากระยะห่างระหว่างเชื้อเพลิงอยู่ชิดติดกันอย่างต่อเนื่อง ไฟก็สามารถลุกกลามไปได้รวดเร็ว และต่อเนื่องด้วยเช่นกัน

3.4.2 ลักษณะอากาศ ลักษณะอากาศที่สำคัญ และมีผลต่อพฤติกรรมของไฟไปได้แก่

1) อุณหภูมิ มีผลต่อความช้าเร็ว ในการแห้งของเชื้อเพลิง อุณหภูมิสูงเชื้อเพลิงย่อมแห้งได้เร็วกว่าอุณหภูมิต่ำ เชื้อเพลิงแห้งย่อมง่ายต่อการติดไฟ และลุกกลามได้เร็ว

2) ความชื้นสัมพัทธ์ ถ้าอากาศมีความชื้นสูง ย่อมทำให้เชื้อเพลิงมีความชื้นสูงตามไปด้วยจึงยากต่อการติดไฟ และการลุกกลามเป็นไปได้ช้ากว่าในกรณีที่อากาศมีความชื้นต่ำ

3) ลม เป็นปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้พฤติกรรมของไฟเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัด ทั้งทิศทาง และอัตราความเร็วของไฟขึ้นอยู่กับทิศทางและความเร็วของลม นอกจากนี้ลมยังเป็นตัวช่วยเพิ่ม และลดออกซิเจนให้แก่กองไฟ ทำให้การลุกไหม้รุนแรงแตกต่างกันไปได้ ไฟที่จวนจะดับอยู่แล้ว อาจลุกไหม้ขึ้นมาได้อีกหากมีลมช่วย

3.4.3 ภูมิประเทศ ลักษณะภูมิประเทศที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมของไฟได้แก่

1) ความลาดชัน เป็นตัวกำหนดอัตราความเร็ว และทิศทางของไฟ โดยปกติไฟจะลุกลามขึ้นไปตามความลาดชันเขาอยู่เสมอ และการลุกลามเป็นไปได้รวดเร็วกว่าไหม้ลงเขาหรือไหม้ตามที่ราบ ทั้งนี้เพราะยอดของเปลวไฟจะพุ่งขึ้นไปก่อน ทำให้เชื้อเพลิงด้านบนแห้ง คัดไฟได้ง่าย

2) ทิศด้านลาด ด้านลาดชันของภูเขาซึ่งรับแสงได้มากกว่า เชื้อเพลิงจะแห้งมากกว่า และลุกไหม้ได้เร็วกว่า โดยเฉพาะหากเป็นด้านรับลมด้วยแล้วการลุกลามของไฟจะเร็วมาก (อภิสิทธิ์ และคณะ, 2535)

3.5 สาเหตุของไฟป่า

ไฟป่าที่เกิดขึ้นในประเทศไทย มีสาเหตุจากคนจุดไฟโดยเจตนา และประมาท รวมทั้งการจัดการป่าไม้ของชาติล้มเหลว เพราะไม่ปฏิบัติตามหลักวิชาการ (สันต์, 2541) จากรายงานการควบคุมไฟป่าของสำนักป้องกันและควบคุมไฟป่า ระหว่างปี 2541-2546 ปรากฏว่า การเกิดไฟป่ามีสาเหตุมากที่สุดจากการหาของป่า (35.1%) รองลงมาได้แก่ การล่าสัตว์ (21.7%) และการเผาไร่ (17.5%) และมีสาเหตุเล็กน้อยจากความขัดแย้ง (ถล่มแก๊ง) (7.5%) การลักลอบทำไม้ (3.1%) เลี้ยงปศุสัตว์ (3.0%) อุบัติเหตุ ประมาทเดินเลื้อย (1.3%) นักท่องเที่ยว (0.6%) และสาเหตุอื่นๆ (10.3%) (ศิริ, 2546) โดยสาเหตุที่ทำให้คนจุดไฟเผาป่าแยกออกได้เป็น 2 สาเหตุใหญ่ๆ ตาม ชนะชัย (2538) ดังนี้

3.5.1 จุดไฟเผาโดยมีวัตถุประสงค์อย่างใดอย่างหนึ่ง

1) เผาไร่ เพื่อกำจัดวัชพืช และเตรียมพื้นที่เพาะปลูกโดยปราศจากการควบคุมทำให้ไฟลุกลามเข้าป่า เกิดเป็นไฟป่าขึ้น

2) ล่าสัตว์ จุดไฟเพื่อให้สัตว์หนีไฟออกจากที่ซ่อนเพื่อสะดวกในการล่าสำหรับพรานล่านกจะจุดไฟเผาป่าเพื่อให้แมลงที่อยู่บนพื้นป่าบินหนีไฟขึ้นสู่อากาศ นกจะพาจับแมลงกิน พรานจะยิงนกอีกทอดหนึ่งเหล่านี้เป็นต้น

3) เก็บหาของป่า เช่น น้ำผึ้ง ไช้ผดแดง เห็ด ใบตองตึง ฟิน เป็นต้น

4) เพื่อความสะดวกในการเดินผ่านป่า จุดไฟเผาให้ป่าโล่งง่ายต่อการเดินผ่าน คนที่เดินผ่านป่าในเวลากลางวันมักจะจุดไฟเผาป่าเพื่อให้แสงสว่างง่ายต่อการเดินทาง

5) เลี้ยงสัตว์ มักเกิดในบริเวณเขตป่าที่ติดต่อกับหมู่บ้าน ชาวบ้านจะจุดไฟเผาป่า เพื่อให้หญ้าแตกใบอ่อน เป็นอาหารสัตว์เลี้ยง เช่น วัว ควาย

6) ไฟที่จุดโดยคนที่เข้าไปพักแรมในป่า เช่น หุงต้มอาหาร ให้แสงสว่าง ให้ความอบอุ่น หรือไฟจากก้นบุหรี่ ที่ผู้จุดมีความประมาท เลินเล่อ จนทำให้เกิดการลุกลามกลายเป็นไฟป่า

7) จุดเพื่อกลั่นแกล้ง เช่น ในกรณีที่ชาวบ้านเกิดการขัดแย้งกับหน่วยงานของทางราชการในท้องที่ เช่น สวนป่า อุทยานแห่งชาติ ก็มักแกล้งโดยการจุดไฟเผาป่า

3.5.2 การจุดไฟเผาโดยความคึกคะนอง ปราศจากเหตุผลใดๆ

4. การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และการสำรวจระยะไกลเกี่ยวกับไฟป่า

ในแผนพัฒนาเศรษฐกิจ และสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 9 รัฐบาลได้เห็นถึงความสำคัญของการบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม โดยกำหนดแนวทางยุทธศาสตร์การบริหารจัดการให้มีการพัฒนาและจัดทำฐานข้อมูลทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม โดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อเสริมสร้างประสิทธิภาพในการติดตามตรวจสอบ และจัดการทรัพยากรธรรมชาติได้อย่าง ทันท่วงทีให้มีการศึกษาวิจัยเพื่อสร้างภูมิคุ้มกัน และมีการติดตามข้อมูลผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อม โลก เพื่อวางแผนเตรียมพร้อมรับปัญหา (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2545)

สำนักควบคุมไฟป่า โดยความร่วมมือกับส่วนวิเคราะห์ทรัพยากรป่าไม้ สำนักวิชาการป่าไม้ ได้ทำการวิเคราะห์ประเมินพื้นที่ป่าที่ถูกไฟไหม้ โดยการสำรวจข้อมูลระยะไกล และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ในปี 2542-2544 โดยการนำเอาข้อมูลดาวเทียม LANDSAT5-TM มาผลิตเป็นภาพถ่ายดาวเทียมแบบสีธรรมชาติจากแถบช่วงคลื่น 7 4 2 มาตราส่วน 1 : 50,000 และทำการแปลตีความหมายภาพถ่ายจากดาวเทียมพื้นที่ป่าที่ถูกไฟไหม้ พร้อมทั้งทำการประเมินพื้นที่ป่าไม้ที่ถูกไฟไหม้ในแต่ละปี พบว่าฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ได้รับสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการวางแผนการจัดการและควบคุมไฟป่าของประเทศไทยได้อย่างดี (สุวิทย์ และคณะ, 2544)

Amy *et al.* (1994) ได้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการประเมินหาพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดไฟป่าในเขตอุทยานแห่งชาติ Crowders Mountain ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยการใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยพิจารณาจากปัจจัยทางกายภาพซึ่งเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดไฟ ได้แก่ ลักษณะภูมิประเทศ ความลาดชัน ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน ชนิดดิน และชนิดพรรณพืช ทำการวิเคราะห์เชิงพื้นที่โดยใช้หลักการซ้อนทับข้อมูล ร่วมกับระบบผู้เชี่ยวชาญ (expert system) เพื่อนำไปสู่ผลสรุปหรือคำตอบของปัญหา และเสนอแนวทางการจัดการที่เหมาะสมกับพื้นที่

Vibulsresth *et al.* (1994) ได้ทำการศึกษาภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT 5 TM ติดตามการเกิดไฟป่าบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งในปี พ.ศ. 2531-2537 พบว่า (1) การเกิดไฟไหม้ในปี 1994 มีความรุนแรงมากที่สุด และโดยเฉพาะในป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรังพบว่า มีพื้นที่ไม่เป็นที่ราบ (2) พื้นที่ที่ได้รับความเสียหายที่ประเมินจากภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 5 TM ที่ถ่ายทำในวันที่ 6 มีนาคม และ 7 เมษายน 2537 มีประมาณ 1.144 ตร.กม. และ (3) การใช้ภาพถ่ายดาวเทียมสีผสมแบนด์ 4 5 7 (แดง เขียว น้ำเงิน) สามารถแสดงให้เห็นเปลวไฟ เป็นสีเหลืองอ่อนในภาพ พื้นที่ในป่าผลัดใบที่ถูกไฟไหม้แล้วเป็นสีเหลืองปนเขียว ส่วนในป่าดิบเป็นสีน้ำเงิน

กรกนก (2542) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการเกิดไฟป่าบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง เพื่อกำหนดขอบเขตพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดไฟป่าในระดับต่างๆ และ จัดการทำแผนที่แสดงระดับความเสี่ยง โดยกำหนดปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการเกิดไฟป่าทั้งหมด 7 ปัจจัย ประกอบด้วยปัจจัยด้านกายภาพและชีวภาพบางประการ รวมถึงปัจจัยด้านภูมิอากาศ ได้แก่ ระดับความสูงของพื้นที่ ความลาดชัน ทิศด้านลาด ความชื้นของเชื้อเพลิง ความชื้นของดิน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ โดยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน พบว่า อุณหภูมิ ความลาดชัน และทิศด้านลาด เป็นปัจจัยที่มีผลกระทบทางบวกต่อเปอร์เซ็นต์การเกิดไฟ ขณะที่ระดับความสูงของพื้นที่ ความชื้นของเชื้อเพลิง และความชื้นของดินเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบทางลบต่อเปอร์เซ็นต์การเกิดไฟ โดยที่อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลสูงสุดต่อเปอร์เซ็นต์การเกิดไฟป่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ณัฐวุฒิ (2545) ได้ทำการประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดไฟฟ้าโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และการสำรวจระยะไกล วิเคราะห์หาปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการเกิดไฟฟ้า เพื่อประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดไฟฟ้า เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการวางแผนจัดการ และควบคุมไฟฟ้า ปัจจัยที่นำมาพิจารณา ได้แก่ ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ทิศด้านลาด ความลาดชัน ระยะห่างจากแม่น้ำ ระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม ระยะห่างจากหมู่บ้าน ระยะห่างจากพื้นที่เกษตรกรรม ดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณ (NDVI) ดัชนีความเปียก (wetness index) และปริมาณเชื้อเพลิง โดยการนำข้อมูลปัจจัยแวดล้อมแต่ละประเภทมาซ้อนทับกับข้อมูลพื้นที่ที่เคยเกิดไฟฟ้า ในช่วงระยะเวลา 5 ปี (พ.ศ. 2539 -2543) พบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดไฟในระดับสูง ได้แก่ ทิศด้านลาด ความลาดชัน ระดับความสูง ปริมาณเชื้อเพลิง และความห่างจากแม่น้ำ ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดไฟในระดับปานกลาง ได้แก่ ค่าดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณ และดัชนีความเปียกของพื้นที่ ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดไฟฟ้าในระดับต่ำ ได้แก่ ความห่างจากพื้นที่เกษตรกรรม ความห่างจากหมู่บ้าน และความห่างจากเส้นทางคมนาคม และความสามารถแบ่งระดับความเสี่ยงของการเกิดไฟในพื้นที่ศึกษาออกเป็น 3 ระดับ โดยพื้นที่ที่มีระดับความเสี่ยงในการเกิดไฟต่ำมีพื้นที่ประมาณ 184.48 ตร.กม. หรือร้อยละ 39.55 โดยพื้นที่ที่มีระดับความเสี่ยงในการเกิดไฟปานกลางมีพื้นที่ประมาณ 239.77 ตร.กม. หรือร้อยละ 51.40 และพื้นที่ที่มีระดับความเสี่ยงในการเกิดไฟสูงมีพื้นที่ประมาณ 42.21 ตร.กม. หรือร้อยละ 9.05 ของพื้นที่ทั้งหมด

Plangsiri (2002) ได้นำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการสำรวจระยะไกลเพื่อทำการประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดไฟฟ้า ในอุทยานแห่งชาตินาแห้ว จังหวัดเลย โดยมีปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดไฟฟ้า 2 กลุ่มคือ ปัจจัยทางด้านชีวภาพ และปัจจัยทางด้านกายภาพ กลุ่มของปัจจัยทางด้านกายภาพ ได้แก่ ทิศด้านลาด ความลาดชัน ระดับความสูง และชนิดป่า ส่วนปัจจัยจากมนุษย์ ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม ไร่เลื่อนลอย หมู่บ้านและถนน ซึ่งจากการศึกษาพบว่า ป่าเบญจพรรณมีการเกิดไฟป่ามากกว่าชนิดอื่น โดยมีค่ามัธยฐานของพื้นที่ไฟไหม้ 568 เฮกเตอร์ หรือ 4 % ของพื้นที่ป่าเบญจพรรณ ไฟไหม้มากทางทิศด้านลาดชันทางทิศเหนือ และระดับความสูง 800-900 เมตร ส่วนพื้นที่ป่าที่มีความลาดชันน้อยมีพื้นที่ไฟไหม้มากกว่าพื้นที่ป่าที่มีความลาดชันสูง อีกทั้งพื้นที่ป่าบริเวณใกล้เคียงกับพื้นที่ทำการเกษตรและไร่เลื่อนลอยจะมีพื้นที่ไฟไหม้มากกว่าเมื่อเทียบกับพื้นที่ป่าที่ห่างออกไป แต่อย่างไรก็ตามพบว่าหมู่บ้าน ไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับการเกิดไฟป่า และพบว่า ถนนไม่ใช่ปัจจัยที่ก่อให้เกิดไฟป่าขึ้นในพื้นที่ศึกษาแห่งนี้

จากที่กล่าวข้างต้นจะพบว่าระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และการสำรวจระยะไกลที่นำมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาการเกิดไฟป่าได้เป็นอย่างดี และในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยแวดล้อมที่มีผลต่อการเกิดไฟป่า และหาพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดไฟป่า บริเวณพื้นที่ศึกษาหน่วยจัดการแม่หวดของป่าสาธิตแม่หวด โดยพิจารณาจากปัจจัยแวดล้อมของไฟ และปัจจัยต่างๆที่มีอิทธิพลต่อการเกิดไฟ ที่สามารถรวบรวมและจัดเก็บให้อยู่ในรูปแบบข้อมูลเชิงพื้นที่ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้ ได้แก่ (1) ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (2) ทิศด้านลาด (3) ความลาดชัน (4) ระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม (5) ระยะห่างจากแม่น้ำ (6) ระยะห่างจากหมู่บ้าน (7) ระยะห่างจากพื้นที่เกษตรกรรม (8) ค่าดัชนีความแตกต่างของความเป็นพรรณพืช (Normalized Difference Vegetation Index : NDVI) (9) ค่าดัชนีความเป็นสีเขียวของพืชพรรณ (Green Vegetation Index : GVI) (10) ค่าอัตราส่วนระหว่างแบนด์ (band ratioing) (11) ค่าปริมาณเชื้อเพลิง

สถานที่ทำการศึกษา

ป่าสาธิตแม่จาวหน่วยจัดการแม่หวด อำเภอจาง จังหวัดลำปาง ซึ่งเป็นหน่วยจัดการ (sector) หนึ่งในจำนวน 4 หน่วยจัดการของป่าสาธิตแม่จาว อำเภอจางจังหวัดลำปาง มีข้อมูลต่างๆ ดังนี้

1. ตำแหน่งและที่ตั้ง

ป่าสาธิตหน่วยจัดการแม่หวด อยู่บริเวณสองด้านของถนนทางหลวงหมายเลข 1 หรือถนนพหลโยธิน ช่วงระหว่างจังหวัดพะเยา-ลำปาง ในท้องที่ตำบลบ้านหวด อำเภอจาง จังหวัดลำปาง อยู่ระหว่างเส้นละติจูดที่ 18 องศา 30 ลิปดา ถึง 18 องศา 54 ลิปดา เหนือ และเส้นลองจิจูดที่ 99 องศา 50 ลิปดา ถึง 100 องศา ตะวันออก มีพื้นที่รวมทั้งหมด 407.71 ตารางกิโลเมตร ซึ่งมีอาณาเขตติดต่อ ดังนี้

ทิศเหนือ	จรด ป่าสาธิตหน่วยจัดการแม่จาว
ทิศใต้	จรด อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง
ทิศตะวันออก	จรด ป่าสาธิตหน่วยจัดการแม่ตีบ
ทิศตะวันตก	จรด เขตอำเภอแจ้ห่ม จังหวัดลำปาง

2. ประวัติการจัดตั้ง

จากการที่กรมป่าไม้มีนโยบายที่จะปรับปรุงป่าโครงการชั่วคราวให้เป็นป่าโครงการถาวร จึงมอบให้ Harry Champion ผู้เชี่ยวชาญจาก FAO เป็นผู้สำรวจข้อมูลเบื้องต้นและจัดวางแผนการดำเนินงานระยะเวลา 10 ปี (2504-2514) ซึ่งต่อมาได้มีการแก้ไข ปรับปรุง ให้สอดคล้องกับแนวนโยบายของกรมป่าไม้มากยิ่งขึ้น โดยความร่วมมือระหว่าง กรมป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ และองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ เสนอโครงการต่อกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และได้รับอนุมัติเมื่อวันที่ 12 กุมภาพันธ์ 2507 ให้เป็นป่าโครงการเพื่อการสาธิตได้ การดำเนินงานได้แบ่งพื้นที่ดำเนินการเป็น 4 หน่วยจัดการ (sector) คือ (1) หน่วยจัดการป่าสาธิตแม่หวด (2) หน่วยจัดการป่าสาธิตแม่แหง (3) หน่วยจัดการป่าสาธิตแม่ตีบ (4) หน่วยจัดการป่าสาธิตแม่จาว ซึ่งการดำเนินงานจะยึดหลักของ Harry Champion ในการจัดการให้ป่ามีผลผลิตสม่ำเสมอตลอดไป (sustained yield management) โดยแบ่งแผนการดำเนินการเป็นหน่วยโครงการไม้สัก (teak working circle) และหน่วยโครงการไม้กระยาเลย (non-teak working circle) ซึ่งใช้วนวัฏจักรวิธี

ระบบเลือกตัด (selection system) ควบคู่กับการตัดไม้บำรุงป่า (improvement felling) ซึ่งเรียกว่าวิธี selection cum improvement felling

หน่วยจัดการป่าสาธิตแม่หวด เป็นหน่วยจัดการที่นักวิจัยได้ให้ความสนใจในการค้นคว้าวิจัยมาก เนื่องจากเป็นหน่วยจัดการที่มีการคมนาคมสะดวก ประกอบด้วยชนิดพืชพรรณ และการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่มีความหลากหลายเหมาะแก่การศึกษา อีกทั้งยังมีหน่วยงานราชการต่างๆ ในพื้นที่อีกมาก เช่น ศูนย์เพาะชำกล้าไม้ภาคเหนือ สวนสัตว์รัฐบาลแม่หวด ศูนย์บำรุงพันธุ์ไม้ดัด ศูนย์ปราบศัตรูพืชป่าไม้ สำนักงานหน่วยจัดการป่าสาธิตแม่หวดของกรมป่าไม้ หน่วยทำไม้ด้วยเครื่องจักรกลและโครงการทำไม้ด้วยสายเคเบิลขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ และสถานีฝักนิสิต คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เป็นต้น

3. ลักษณะภูมิประเทศ

สภาพภูมิประเทศของบริเวณป่าสาธิตหน่วยจัดการแม่หวด เป็นภูเขาสูงสลับที่ราบบริเวณสองฟากถนนพหลโยธินตั้งแต่บ้านหวด หมู่ที่ 2 ตำบลบ้านหวด ถึงอำเภองาวเป็นที่ราบ มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางเฉลี่ยประมาณ 300-400 เมตร ความลาดชันโดยเฉลี่ยน้อยกว่า 16 เปอร์เซ็นต์ ไกลออกไปจากถนนพหลโยธินทางทิศตะวันออก และทิศตะวันตกจะเป็นภูเขาสูงชันขึ้นเรื่อยๆ โดยทางทิศตะวันตกมีความลาดชัน และความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางเฉลี่ยสูงกว่าทางทิศตะวันออก กล่าวคือทางทิศตะวันตกมีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางเฉลี่ยอยู่ในช่วง 400-1,200 เมตร มีความลาดชันประมาณ 16-80 เปอร์เซ็นต์ ส่วนทางทิศตะวันออกมีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางเฉลี่ยอยู่ในช่วง 400-700 เมตร และมีความลาดชันประมาณ 16-60 เปอร์เซ็นต์

4. ลักษณะภูมิอากาศ

4.1 ลักษณะอุณหภูมิ มีลักษณะภูมิอากาศแบบเขตร้อนชื้นลักษณะพื้นที่เป็นพื้นที่ราบระหว่างเทือกเขาจึงทำให้มีอากาศร้อนอบอ้าวในฤดูร้อน และอากาศหนาวจัดในฤดูหนาวโดยฤดูกาล แบ่งออกเป็น 3 ฤดู ดังนี้

ฤดูร้อน ได้รับอิทธิพลจากลมที่พัดมาจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ จะมีอากาศร้อนในเวลากลางวัน อุณหภูมิอยู่ในช่วง 30-41.6 องศาเซลเซียส ระยะเวลาเริ่มตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ ถึงกลางเดือนพฤษภาคม

ฤดูฝน มีฝนตกสม่ำเสมอ เนื่องมาจากร่องความกดอากาศต่ำ โดยได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ อุณหภูมิในเวลากลางวันเฉลี่ยประมาณ 31-33 องศาเซลเซียส ระยะเวลาเริ่มตั้งแต่เดือนมิถุนายน ถึง เดือนตุลาคม

ฤดูหนาว ได้รับอิทธิพลจากลมที่พัดมาจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้มีสภาพอากาศหนาวเย็น อุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 8-10 องศาเซลเซียส ระยะเวลาเริ่มตั้งแต่ เดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนกุมภาพันธ์ และจะเย็นจัดในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์

4.2 ลม ในช่วงเดือนมกราคม ถึงเดือนมีนาคม ลมพัดไม่รุนแรง มีการพัดจากทุกทิศทาง ไม่แตกต่างกันมากนัก ลมสงบอยู่ในเกณฑ์ 50 เปอร์เซ็นต์ของลมทั้งหมด ช่วงเดือนเมษายน ถึงเดือนสิงหาคม ลมพัดมาจากทิศใต้และตะวันตกเฉียงใต้มากกว่าทิศอื่น ลมสงบอยู่ในเกณฑ์ 60 เปอร์เซ็นต์ของลมทั้งหมด

4.3 ปริมาณน้ำฝน จากข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยา สถานีอำเภอจาง จังหวัดลำปาง ในรอบ 10 ปี (พ.ศ. 2538-2547) มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี 1,225.43 มิลลิเมตร โดยช่วงเดือนกรกฎาคม ถึงเดือนกันยายน จะมีฝนตกชุก และจะตกมากที่สุดในเดือนสิงหาคม โดยมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน 257.32 มิลลิเมตร สำหรับช่วงเดือนธันวาคม ถึงเดือนกุมภาพันธ์ จะเป็นช่วงที่แห้งแล้งที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเดือนกุมภาพันธ์ มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน 3.57 มิลลิเมตร

5. ลักษณะทางธรณี

5.1 ธรณีสัณฐานและวัตถุดินกำเนิดดินของบริเวณป่าสาธิตหน่วยจัดการแม่หวด สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ

5.1.1 สภาพธรณีสัณฐานที่เกิดจากการทับถมของตะกอนลำน้ำเก่า (old alluvial terrace) ซึ่งมีลักษณะของพื้นที่เป็นแบบลูกคลื่นลอนลาด ถึงคลื่นลดชัน เกิดจากการทับถมของตะกอนลำน้ำที่มีอายุเก่าแก่กว่าตะกอนลำน้ำปัจจุบัน วัตถุที่ถูกพัดพามาทับถมไว้ในยุคนี้ ประกอบด้วยก้อนกรวด หินมนใหญ่ ปะปนภายในชั้นดิน

5.1.2 สภาพธรณีสัณฐานที่เกิดจากพื้นที่ผิวที่เหลื่อมตัก้างจากการกัดกร่อนบน หินดินดาน หินทรายแป้ง หินทราย หินกรวดมน และหินปูน ซึ่งมีลักษณะพื้นที่เป็นแบบลูกคลื่นลอนลาดจนถึงสภาพภูมิประเทศที่เป็นเทือกเขา ลักษณะของธรณีสัณฐานนี้พบมากที่สุด ในจังหวัดลำปาง ดินที่เกิดอยู่บนสภาพภูมิประเทศที่เหลื่อมตัก้างจากการกัดกร่อนของหินดินดาน หินทรายแป้ง และหินปูน จะมีเนื้อดินเป็นดินเหนียว ส่วนดินที่เกิดจากหินทราย ส่วนใหญ่จะมีเนื้อดินเป็นดินทราย ความลึกของดินเหล่านี้มักสัมพันธ์กับสภาพพื้นที่ที่ดินเกิดอยู่บริเวณที่มีความลาดชันสูง ดินส่วนใหญ่เป็นดินตื้นเงิน และบริเวณที่มีความลาดชันต่ำ ดินที่พบส่วนใหญ่จะเป็นดินลึก

5.2 ลักษณะดิน จากรายงานการสำรวจดินของกรมพัฒนาที่ดิน บริเวณป่าสาธิตแม่หวด ประกอบไปด้วยชุดดินดังต่อไปนี้

5.2.1 หน่วยผสมของดินตะกอนหลายชนิด (alluvial complex)

5.2.2 ดินชุดแม่สาย (Mae Sai series)

5.2.3 ดินชุดหางดง (Hang Dong series)

5.2.4 ดินชุดกำแพงแสน (Kumphaeng Saen series)

5.2.5 ดินชุดห้างฉัตร (Hang Chat series)

2.2.6 ดินชุดแม่ริม (Mae Rim series)

2.2.7 ดินชุดสะตึก

2.2.8 ดินชุดมวกเหล็ก (Muak Lek series)

2.2.9 ดินชุดงาว (Ngao series)

2.2.10 ดินชุดท่ายาง (Tha Yang series)

2.2.11 พื้นดินหิน โส้ล และพื้นดินก้อนหิน โส้ล (rock land and stony land)

2.2.12 หน่วยผสมของพื้นที่ที่มีความลาดชันซับซ้อน (slope complex)

6. ลักษณะพืชพรรณ

ลักษณะพืชพรรณในพื้นที่ป่าสาธิตหน่วยจัดการแม่หวด แบ่งออกได้ดังนี้ คือ ป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรัง และป่าดิบแล้ง โดยมีสวนสัตว์บาลกระจายอยู่ทั่วพื้นที่

6.1 ป่าเบญจพรรณ (mixed deciduous forest) ที่พบเป็นป่าเบญจพรรณที่มีไม้สักซึ่งพบโดยรอบ ในพื้นที่ราบ และตามเทือกเขาตอนกลางของพื้นที่ บริเวณความสูงเหนือระดับน้ำทะเล ตั้งแต่ 250 เมตร ถึง 800 เมตร พบไม้ไผ่ชนิดต่างๆ ขึ้นอยู่มาก ลักษณะดินมีความอุดมสมบูรณ์ ปานกลาง ดินระบายน้ำได้ปานกลาง และมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ปานกลาง ดินบนหนา ประมาณ 50 เซนติเมตร เป็นดินร่วนหรือดินร่วนปนทราย สีน้ำตาลเข้มหรือสีน้ำตาลปนแดงเข้ม พันธุ์ไม้ที่สำคัญ ได้แก่ สัก (*Tectona grandis.*) แดง (*Xylocarpus xylocarpa.*) ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus.*) รกฟ้า (*Terminalia alata*) มะค่าโมง (*Azelia xylocarpa.*) เก็ดดำ (*Dalbergia caltrata.*) เก็ดแดง (*Dalbergia dongnaiensis.*) เสลา (*Lagerstroemia macrocarpa.*) กระบาก (*Irvingia malayana.*) มะเกลือ (*Diospyros mollis.*) เป็นต้น

6.2 ป่าเต็งรัง (dry dipterocarp forest) พบอยู่บนพื้นที่ลาดเขาสูงชันและบนสันเขาในระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลระหว่าง 450-800 เมตร โดยลักษณะดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ดินชั้นไม่อุ้มน้ำ เก็บความชื้นได้น้อย ดินชั้นบนมีการเปลี่ยนแปลงจากดินปนทราย ดินลูกรังไปจนถึงหน้าดินที่ประกอบด้วยกรวดและหิน ซึ่งในบริเวณที่มีกรวดและหิน มีเนื้อดินน้อย รากของพืชแทงลึกลงดินไปได้ไม่เกิน 30 เซนติเมตร ป่าเต็งรังบริเวณนี้จะมีสภาพเป็นป่าเต็งรังแคระ พันธุ์ไม้ที่สำคัญ ได้แก่ เต็ง (*Shorea obtusa.*) รัง (*Shorea siamensis.*) พลวง (*Dipterocarpus tuberculatus.*) พะยอม (*Shorea floribunda.*) ยางเหียง (*Dipterocarpus obtusifolius.*) ก้อนก (*Lithocarpus polystachyus.*) แสลงใจ (*Strychnos nux-vomica.*) แดง (*Xylocarpus xylocarpa.*) ยางพลวง (*Dipterocarpus tuberculatus.*) ตะคร้อ (*Schleichera oleosa.*) เป็นต้น

6.3 ป่าดิบแล้ง (dry evergreen forest) มักพบอยู่ตามหุบห้วยบริเวณความสูงเหนือระดับน้ำทะเลประมาณ 500 เมตร พันธุ์ไม้สำคัญที่พบได้แก่ ตะเคียนหิน (*Hopea ferrea.*) กระบาก (*Anisoptera costata.*) หมี่เหม็น (*Litsea glutinosa.*) กะเบาหลัก (*Hydnocarpus ilicifolia.*) ตะเคียนหิน (*Hopea ferrea.*) ตะเคียนทอง (*Hopea odorata.*) หว้า (*Syzygium cumini.*) ยมหอม (*Cedrela toona.*) เป็นต้น

6.4 สวนป่าสัก เป็นพื้นที่ที่มีการปลูกสักอย่างเป็นแถวเป็นแนว และมีระยะห่างระหว่างต้น และแถวสม่ำเสมอ ลักษณะการจัดการจะมีเทคนิคทางวนวัฒนวิธีเข้ามาเกี่ยวข้องและหวังผลประโยชน์ในรูปผลผลิตทางเศรษฐกิจมากกว่าที่จะปล่อยให้เป็นป่าธรรมชาติ

6.5 พื้นที่เกษตรกรรม การใช้ประโยชน์เป็นไปในลักษณะของการปลูกพืช เช่น ข้าว ข้าวโพด ยาสูบ ฟักทอง เป็นต้น โดยพื้นที่เกษตรดังกล่าวเป็นการจัดสรรการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยไม่มีกรออกเอกสารสิทธิ์ให้ นอกจากนี้บางแห่งยังเป็นสวน เช่น สวนกล้วย มะม่วง ลิ้นจี่ เป็นต้น

6.6 ไร่ร้าง เป็นพื้นที่ที่ได้รับการแผ้วถางเพื่อใช้ทำการเกษตร แต่ปัจจุบันถูกปล่อยไว้โล่ง โดยไม่ได้ใช้ประโยชน์แต่อย่างใด ทำให้พืชพวกหญ้า เช่น สาบเสือ หญ้าคอมมิวนิสต์ ขึ้นปกคลุม

6.7 ไร่ พบในพื้นที่ป่าเบญจพรรณขึ้น มีหลากหลายชนิดด้วยกัน ได้แก่ ไร่ไร่ ไร่รวก ไร่บง ไร่ชางนวล ไร่เอี้ยะ ไร่ป่า และไร่ข้าวหลามโดยไร่เหล่านี้เป็นประโยชน์ต่อชาวบ้านมาก ทั้งด้านที่เป็นอาหาร และเพิ่มรายได้ให้แก่ชาวบ้าน

6.8 บริเวณรอยต่อระหว่างป่าสองชนิด (ecotone) บริเวณนี้มีพันธุ์ไม้ของป่าทั้งสองชนิดขึ้นปะปนกันเห็นได้ชัดบริเวณป่าเบญจพรรณผสมเต็งรังที่ไม่ถูกไฟไหม้ติดต่อกันเป็นระยะเวลาหลายปี ป่านี้ก็จะกลายเป็นป่าเบญจพรรณในเวลาต่อมา

7. สัตว์ป่า

ป่าสาธิตหน่วยจัดการแม่หวดมีลักษณะเป็นภูเขาสูงมีป่าไม้ปกคลุมทั่วไปเป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่าหลายชนิด แต่ในปัจจุบันป่าในพื้นที่นี้ถูกรายถูกรื้อถอนไล่ล่าจนลดจำนวนลงอย่างมาก บางชนิดไม่พบเห็นอีกเลย เช่น วัวแดง กระทิง ลิง ชะนี เป็นต้น เท่าที่พบได้ในปัจจุบัน เช่นกระทอก บ่าง กระแต หนู กระต่าย ตุ่น ค้างคาว หมูป่า กิ้งก่า ไก่ป่า งู นกอีกหลายชนิด โดยเฉพาะนกหัวขวาน นกแซงแซว ที่พบได้ง่าย เป็นต้น อาจกล่าวได้ว่าปัจจุบันสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมขนาดใหญ่ของป่าแห่งนี้ได้หมดสิ้นแล้ว

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์สำนักงาน

- 1.1 ข้อมูลแผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศ มาตรฐาน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร ระวัง 4945I 4946I และ 4946II
- 1.2 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม SPOT 5 – HRG (Level 2A) ปี พ.ศ. 2547 และ 2548
- 1.3 ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ มาตรฐาน 1:15,000
- 1.4 คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล
- 1.5 เครื่อง พิมพ์และเครื่อง Plotter ชนิดสี
- 1.6 กระดาษและอุปกรณ์เครื่องเขียน
- 1.7 โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
- 1.8 โปรแกรมประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม
- 1.9 โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

2. อุปกรณ์ภาคสนาม

- 2.1 เครื่องบอกพิกัดภูมิศาสตร์ (Global Positioning System : GPS)
- 2.2 ตาชั่ง
- 2.3 คู่มือ
- 2.4. ถุงใส่ตัวอย่างเชื้อเพลิง
- 2.5 เทปวัดระยะทาง
- 2.6 กระดาษและอุปกรณ์เครื่องเขียน
- 2.7 แบบบันทึกข้อมูล

วิธีการ

ในการประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการถูกไฟไหม้โดยการใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และการสำรวจระยะไกลประกอบด้วยส่วนสำคัญหลัก 3 ส่วนคือ (1) การวิเคราะห์ และจำแนกพื้นที่ที่เกิดไฟป่า (2) การจัดทำฐานข้อมูลภูมิศาสตร์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดไฟป่า (3) การจำแนกพื้นที่ที่เสี่ยงต่อการเกิดไฟป่า

1. การวิเคราะห์และการจำแนกพื้นที่เกิดไฟป่า

โดยใช้การสำรวจจากระยะไกลประกอบด้วยขั้นตอนและวิธีการดังนี้

1.1 การจัดเตรียมข้อมูล (data preparation)

ข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม SPOT 5-HRG Level 2A ในรูปแบบข้อมูลราสเตอร์ 8 บิต (Raster format) ในช่วงเหตุการณ์เกิดไฟ (มีนาคม-เมษายน) พ.ศ. 2547 และ พ.ศ. 2548

1.2 การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิต (geometric correction)

ทำการปรับแก้ความผิดพลาดทางเรขาคณิตข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแบบแผนที่สู่ภาพ (map to image correction) โดยการกำหนดจุดควบคุมทางภาคพื้นดิน (ground control point) ให้กับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจากแผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1 : 50,000 โดยใช้พิกัดอ้างอิง UTM (Universal Transverse Mercator) และมีจุดควบคุมภาคพื้นดินกระจายทั่วทั้งภาพซึ่งเป็นจุดเดียวกันทั้งจากภาพถ่ายดาวเทียมและแผนที่ภูมิประเทศ จากนั้นอ่านค่าพิกัดตำแหน่งที่เลือกลงในคอมพิวเตอร์ เพื่อนำไปคำนวณและปรับแก้จุดต่างๆ บนข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมให้ถูกต้องตามแผนที่ในการปรับแก้ความผิดพลาดทางเรขาคณิตอาศัยสูตรคำนวณการปรับแก้ทางเรขาคณิตแบบ second order polynomial ที่กำหนดค่าความผิดพลาดเฉลี่ย RMSE (Root Mean Square Error) ไม่เกิน 1 จุดภาพ และปรับแก้จุดภาพใหม่แบบ nearest neighbor ทำการอ้างอิงกับตำแหน่งบนพื้นที่โลกด้วยระบบแผนที่ทางภูมิศาสตร์แบบ UTM (Universal Transverse Mercator) ที่มีหน่วยของระยะทางเป็นเมตร กำหนดขนาดของจุดภาพใหม่เท่ากับ 10x10 เมตร

1.3 การแปลตีความหมาย และการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม (image interpretation and analysis)

ทำการแปลตีความ โดยทำการจำแนกชนิดป่า และทำการแปลตีความพื้นที่ที่เกิดไฟไหม้ในแต่ละปี จากภาพถ่ายดาวเทียม SPOT 5-HRG 4 3 2 (แดง เขียว น้ำเงิน) ปี พ.ศ. 2547 และ พ.ศ. 2548 ด้วยโปรแกรมประมวลผลภาพถ่ายดาวเทียม ขั้นตอนหลักในการศึกษาครั้งนี้ใช้การจำแนกแบบไม่กำกับดูแล (unsupervised classification) เป็นวิธีการหลักและใช้การจำแนกแบบกำกับดูแล (supervised classification) เป็นวิธีการเสริมสำหรับการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินบางประเภท

ทำการเลือกประเภทข้อมูลตัวอย่าง (training area) เป็นการจำแนกแบบกำกับดูแล (supervised classification) โดยกำหนดพื้นที่ตัวอย่างของแต่ละประเภทให้กับการทำงานในการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมของคอมพิวเตอร์ โดยการนำเอาข้อมูลแต่ละแบนด์มาพิจารณาประกอบกับภาพถ่ายทางอากาศ ขาว-ดำ มาตรฐานส่วน 1: 15,000

1.4 การทำแผนที่พื้นที่ที่เกิดไฟป่า (forest fire mapping)

จัดทำแผนที่เชิงกริดของการเกิดไฟ ที่มีรายละเอียด 10x10 เมตร เพื่อจัดทำแผนที่พื้นที่ที่เคยเกิดไฟป่า

2. การจัดทำฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดไฟป่า

ดำเนินการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบราสเตอร์ หรือรูปแบบของกริดที่มีรายละเอียดต่อกริด 10x10 เมตร ซึ่งประกอบไปด้วยปัจจัยที่นำมาใช้ดังต่อไปนี้

2.1 ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (elevation) โดยการนำเข้าข้อมูลเส้นระดับความสูง (contour line) ด้วยวิธีการ conversion จากแผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศมาตรฐาน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร ด้วยโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ สร้างแผนที่ข้อมูล Digital Elevation Model (DEM) ในรูปของข้อมูลราสเตอร์ หรือข้อมูลเชิงกริด ขนาด 10x10 เมตร จากข้อมูลระบบเส้นระดับความสูงเพื่อการคำนวณหาค่า ระดับความสูง (elevation) ในพื้นที่ศึกษา ด้วยโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ แล้วแบ่งชั้นข้อมูลออกเป็น 5 ชั้น คือ พื้นที่ที่มีระดับความสูง

น้อยกว่า 400 เมตร พื้นที่ที่มีความสูง 400-600 เมตร พื้นที่ที่มีความสูง 600-800 เมตร พื้นที่ที่มีความสูง 800-1,000 เมตร และพื้นที่ที่มีความสูงตั้งแต่ 1,000 เมตร ขึ้นไป

2.2 ความลาดชัน (slope) โดยการนำเข้าข้อมูลเส้นระดับความสูง (contour line) ด้วยวิธีการ conversion จากแผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร ด้วยโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ สร้างแผนที่ข้อมูล Digital Elevation Model (DEM) ในรูปของข้อมูลราสเตอร์ หรือข้อมูลเชิงกริด ขนาด 10x10 เมตร จากข้อมูลระบบเส้นระดับความสูงเพื่อการคำนวณหาค่า ความลาดชัน (slope) ในพื้นที่ศึกษาด้วยโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ แล้วแบ่งชั้นข้อมูลออกเป็น 4 ชั้นคือ พื้นที่ที่มีความลาดชันน้อยกว่า 8 เปอร์เซ็นต์ พื้นที่ที่มีความลาดชัน 8-16 เปอร์เซ็นต์ พื้นที่ที่มีความลาดชัน 16-35 เปอร์เซ็นต์ และพื้นที่ที่มีความลาดชันมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์

2.3 ทิศทางด้านลาด (aspect) โดยการนำเข้าข้อมูลเส้นระดับความสูง (contour line) ด้วยวิธีการ conversion จากแผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร ด้วยโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ สร้างแผนที่ข้อมูล Digital Elevation Model (DEM) ในรูปของข้อมูลราสเตอร์ หรือข้อมูลเชิงกริด ขนาด 10x10 เมตร จากข้อมูลระบบเส้นระดับความสูงเพื่อการคำนวณหาค่า ทิศทางด้านลาด (aspect) ในพื้นที่ศึกษาด้วยโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ แล้วแบ่งชั้นข้อมูลออกเป็น 8 ชั้น คือ พื้นที่ที่มีทิศด้านลาดไปทางทิศเหนือ พื้นที่ที่มีทิศด้านลาดไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ พื้นที่ที่มีทิศด้านลาดไปทางทิศตะวันออก พื้นที่ที่มีทิศด้านลาดไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ พื้นที่ที่มีทิศด้านลาดไปทางทิศใต้ พื้นที่ที่มีทิศด้านลาดไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ พื้นที่ที่มีทิศด้านลาดไปทางทิศตะวันตก และพื้นที่ที่มีทิศด้านลาดทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ

2.4 ระยะห่างจากแม่น้ำ โดยการนำเข้าข้อมูลเส้นแม่น้ำ ด้วยวิธีการ conversion จากแผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหารด้วยโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ แล้วคำนวณหาค่าระยะห่างจากแม่น้ำโดยวิธีการทำ buffering ออกไปจากข้อมูลเส้นแม่น้ำที่ได้นำเข้าไว้แล้ว จัดเก็บในรูปของข้อมูลเชิงกริด ขนาด 10x10 เมตร แบ่งชั้นข้อมูลออกเป็น 7 ชั้น คือ พื้นที่ที่มีระยะห่างจากแม่น้ำน้อยกว่า 50 เมตร พื้นที่ที่มีระยะห่างจากแม่น้ำน้อยกว่า 50 เมตร พื้นที่ที่มีระยะห่างจากแม่น้ำ 50-100 เมตร พื้นที่ที่มีระยะห่างจากแม่น้ำ 100-200 เมตร พื้นที่ที่มีระยะห่างจากแม่น้ำ 200-300 เมตร พื้นที่ที่มีระยะห่างจากแม่น้ำ 300-500 เมตร พื้นที่ที่มีระยะห่างจากแม่น้ำ 500-700 เมตร และพื้นที่ที่มีระยะห่างจากแม่น้ำมากกว่า 700 เมตร

2.5 ระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม โดยการนำเข้าข้อมูลเส้นทางคมนาคม ด้วยวิธีการ conversion จากแผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศมาตราส่วน 1: 50,000 ของกรมแผนที่ทหารด้วยโปรแกรม ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ แล้วคำนวณหาค่าระยะห่างจากเส้นทางคมนาคมโดยวิธีการทำ buffering ออกไปจากข้อมูลเส้นทางคมนาคมที่ได้นำเข้าไว้แล้ว แล้วจัดเก็บในรูปแบบของข้อมูลเชิงกริด ขนาด 10x10 เมตร แบ่งชั้นข้อมูลออกเป็น 5 ชั้น คือพื้นที่ที่มีระยะห่างจากเส้นทางคมนาคมน้อยกว่า 500 เมตร พื้นที่ที่มีระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม 500-1,000 เมตร พื้นที่ที่มีระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม 1,000-1,500 เมตร พื้นที่ที่มีระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม 1,500-2,000 เมตร และพื้นที่ที่มีระยะห่างจากเส้นทางคมนาคมมากกว่า 2,000 เมตร

2.6 ระยะห่างจากหมู่บ้าน โดยการนำเข้าข้อมูลหมู่บ้าน โดยการนำเข้าข้อมูลหมู่บ้านด้วยวิธีการ conversion จากแผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหารด้วยโปรแกรม ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ แล้วคำนวณหาค่าระยะห่างจากหมู่บ้านโดยวิธีการทำ buffering ออกไปจากข้อมูลตำแหน่งหมู่บ้านที่ได้นำเข้าไว้แล้ว จัดเก็บในรูปแบบข้อมูลเชิงกริดขนาด 10x10 เมตร แบ่งชั้นข้อมูลออกเป็น 8 ชั้น คือ พื้นที่ที่มีระยะห่างจากหมู่บ้านน้อยกว่า 500 เมตร พื้นที่ที่มีระยะห่างจากหมู่บ้าน 500-1,000 เมตร พื้นที่ที่มีระยะห่างจากหมู่บ้าน 1,000-1,500 เมตร พื้นที่ที่มีระยะห่างจากหมู่บ้าน 1,500-2,000 เมตร พื้นที่ที่มีระยะห่างจากหมู่บ้าน 2,000-2,500 เมตร พื้นที่ที่มีระยะห่างจากหมู่บ้าน 2,500-3,000 เมตร พื้นที่ที่มีระยะห่างจากหมู่บ้าน 3,000-4,000 เมตร พื้นที่ที่มีระยะห่างจากหมู่บ้าน 4,000-5,000 เมตร และพื้นที่ที่มีระยะห่างจากหมู่บ้าน มากกว่า 5,000 เมตรขึ้นไป

2.7 ระยะห่างจากพื้นที่เกษตรกรรม โดยการแปลตีความพื้นที่ทำการเกษตรจากภาพถ่ายดาวเทียม SPOT 5-HRG Level 2A ในปี พ.ศ. 2547 ด้วยสายตา ด้วยโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และทำการคำนวณหาระยะห่างจากพื้นที่ทำการเกษตร โดยวิธีการทำ buffering ออกไปจากข้อมูลพื้นที่ทำการเกษตรกรรมที่ได้นำเข้าไว้แล้ว จัดเก็บในรูปแบบของข้อมูลเชิงกริด ขนาด 10x10 เมตร แบ่งชั้นข้อมูลออกเป็น 6 ชั้น คือ พื้นที่ที่มีระยะห่างจากพื้นที่เกษตรกรรมน้อยกว่า 500 เมตร พื้นที่ที่มีระยะห่างจากพื้นที่เกษตรกรรม 500-1,000 เมตร พื้นที่ที่มีระยะห่างจากพื้นที่เกษตรกรรม 1,000-1,500 เมตร พื้นที่ที่มีระยะห่างจากพื้นที่เกษตรกรรม 1,500-2,000 เมตร พื้นที่ที่มีระยะห่างจากพื้นที่เกษตรกรรม 2,000-3,000 เมตร พื้นที่ที่มีระยะห่างจากพื้นที่เกษตรกรรมมากกว่า 3,000 เมตรขึ้นไป

2.8 คำนวณค่าดัชนีความแตกต่างของความเป็นพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index : NDVI) โดยการคำนวณค่าดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณในพื้นที่ศึกษาจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม SPOT 5-HRG ด้วยโปรแกรมประมวลผลภาพถ่ายดาวเทียม ตามรูปสมการในตารางที่ 1 จากนั้นหาค่าเฉลี่ยของค่าดัชนีพืชพรรณจากทั้ง 2 ปี จัดเก็บในรูปแบบของข้อมูลเชิงกริด ขนาด 10x10 เมตร

2.9 ค่าอัตราส่วนระหว่างแบนด์ (band ratioing) โดยการคำนวณหาอัตราส่วนระหว่างแบนด์ ในพื้นที่ศึกษาจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม SPOT 5-HRG ด้วยโปรแกรมประมวลผลภาพถ่ายดาวเทียม ตามรูปสมการในตารางที่ 1 จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ยค่าอัตราส่วนระหว่างแบนด์ จากทั้ง 2 ปี จัดเก็บในรูปแบบของข้อมูลเชิงกริด ขนาด 10x10 เมตร

2.10 Green Vegetation Index (GVI) โดยการคำนวณค่าดัชนีความเป็นสีเขียวของพืชพรรณในพื้นที่ศึกษาจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม SPOT 5-HRG ด้วยโปรแกรมประมวลผลภาพถ่ายดาวเทียม ตามสมการในตารางที่ 1 จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ยของความเป็นสีเขียวของพืชพรรณจากทั้ง 2 ปี จัดเก็บในรูปแบบของข้อมูลเชิงกริด ขนาด 10x10 เมตร

ตารางที่ 1 รูปแบบสมการของค่าดัชนีพืชพรรณที่นำมาใช้ในการศึกษาพืชพรรณต่อปัจจัยการเกิดไฟ

ค่าดัชนีพืชพรรณ	รูปแบบสมการ
ค่าอัตราส่วนระหว่างแบนด์ (Simple division, IRR)	IR/R
ค่าดัชนีความแตกต่างของความเป็นพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index : NDVI)	$\frac{IR-R}{IR+R}$
ค่าดัชนีสีเขียว (Green Vegetation Index : GVI)	$0.29(G)-0.56(R)+0.60(IR)+0.49(IR)$

หมายเหตุ G = แบนด์ 2 (เขียว), R = แบนด์ 3 (แดง), IR = แบนด์ 4 (อินฟราเรดใกล้)

ที่มา: Barrett and Curtis (1992)

2.11 ปริมาณเชื้อเพลิง โดยข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงจากการเก็บข้อมูลภาคสนามในพื้นที่ช่วงฤดูกาลเกิดไฟ โดยได้ทำการวางแผนแปลงตัวอย่างโดยทำการสุ่มเลือกวางแผนตัวอย่างจำนวน 5 compartment โดยในแต่ละ compartment ทำการวางแผนตัวอย่างในพื้นที่ป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรัง และป่าดิบแล้ง โดยใช้แปลงตัวอย่างขนาด ขนาด 30x30 เมตร จำนวน 30 แปลง และมีการแบ่งการเก็บข้อมูลเป็น 2 ส่วนคือ

2.11.1 การเก็บข้อมูลเกี่ยวกับมวลชีวภาพ โดยแปลงตัวอย่างขนาด 30x30 เมตร ทำการเก็บข้อมูลมวลชีวภาพ โดยทำการวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (DBH) ของต้นไม้ที่มีขนาดตั้งแต่ 4.5 เซนติเมตรขึ้นไป โดยใช้เทปวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของต้นไม้ (diameter tape) แล้วทำการบันทึกลงในแบบบันทึกและวัดความสูงของต้นไม้ โดยใช้เครื่องมือวัดความสูงของต้นไม้ (haga hypsometer) แล้วทำการบันทึกลงในแบบบันทึก

การคำนวณหามวลชีวภาพของใบ ใช้สมการแอลโลเมตรีของ Ogino *et al* (1967) มาคำนวณค่ามวลชีวภาพของใบพื้นที่ศึกษาได้ต่อไปนี้ คือ

$$\text{มวลชีวภาพของใบ : } \frac{1}{W_L} = \frac{11.4+0.172}{W_S^{0.9}}$$

$$\text{โดย } W_S = 189(D^2H)^{0.902}$$

เมื่อ W_S = มวลชีวภาพของลำต้น (กิโลกรัม)

W_L = มวลชีวภาพของใบ (กิโลกรัม)

D = เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นที่ระดับความสูงเพียงอก (เมตร)

H = ความสูง (เมตร)

2.11.2 การเก็บตัวอย่างปริมาณเชื้อเพลิง โดยทำการเก็บตัวอย่างปริมาณเชื้อเพลิง ภายในแปลงตัวอย่าง 30x30 เมตร มีการวางแปลงย่อยขนาด 1x1 เมตร กึ่งกลางแปลง โดยการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงนั้นในการศึกษาครั้งนี้จะทำการหาปริมาณเชื้อเพลิงในพื้นที่ศึกษา โดยวิธีการดังนี้ คือ ปริมาณเชื้อเพลิงหาได้จากสูตร

$$\text{ปริมาณเชื้อเพลิง (กิโลกรัม/เฮกเตอร์)} = \frac{\text{น้ำหนักสดของเชื้อเพลิง (กิโลกรัม)} \times 100 \times 10,000}{(100 + \text{ความชื้นเชื้อเพลิง}) \times \text{พ.ท.แปลงตัวอย่าง (ตารางเมตร)}}$$

โดยความชื้นของเชื้อเพลิงนั้นหาได้จากการนำเชื้อเพลิงที่เก็บในพื้นที่แปลงตัวอย่างบรรจุในถุงกระดาษซึ่งน้ำหนักสดแล้วนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 48 ชั่วโมง แล้วนำมาชั่งน้ำหนักแห้งเพื่อคำนวณหาความชื้นจากสูตร

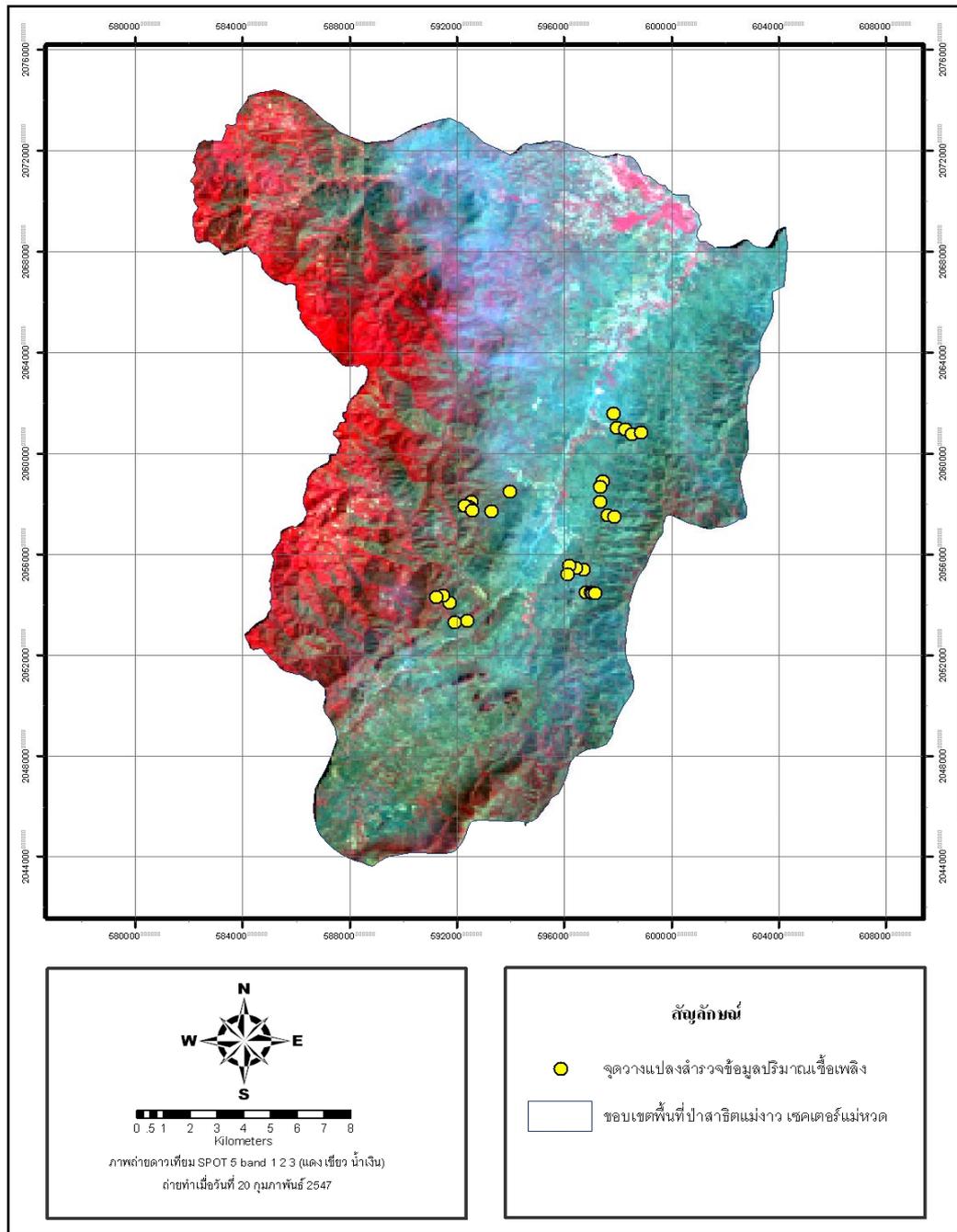
$$\text{ความชื้นของเชื้อเพลิง} = \frac{\text{น้ำหนักสด (กรัม)} - \text{น้ำหนักแห้ง (กรัม)}}{\text{น้ำหนักแห้ง (กรัม)}} \times 100$$

หาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลจากภาคสนาม ได้แก่ ค่ามวลชีวภาพของใบ (Y_1) และค่าปริมาณเชื้อเพลิง (Y_2) กับค่าดัชนีพืชพรรณ ได้แก่ ค่า NDVI (X_1) ค่า band ratioing (X_2) และค่า GVI (X_3) ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม นำมาหาความสัมพันธ์กันโดยวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน โดยทำการคัดเลือกตัวแปรอิสระ คือ ค่าดัชนีพืชพรรณที่มีความสัมพันธ์สูงสุดกับตัวแปรตาม คือ ปริมาณเชื้อเพลิง เข้าไปในสมการเป็นขั้นๆ ทีละตัว เพื่อหาสมการความสัมพันธ์ที่เหมาะสมในการพยากรณ์ปริมาณเชื้อเพลิงในพื้นที่ศึกษา โดยมีรูปแบบสมการดังนี้

$$Y_i = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3$$

เมื่อ	Y_i	=	ปริมาณเชื้อเพลิง ได้แก่ ค่ามวลชีวภาพของใบ (Y_1) และค่าปริมาณเชื้อเพลิง (Y_2)
	X_1	=	ค่า NDVI
	X_2	=	ค่า band ratioing
	X_3	=	ค่า GVI
	a	=	ค่าคงที่ ซึ่งได้แก่ Y-interception
	b_1 b_2 b_3	=	ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย

จากนั้นทำการหาสมการรูปแบบอื่นเพื่อนำไปใช้ในการประมาณหาปริมาณเชื้อเพลิง โดยทำการกำหนดรูปแบบสมการที่มีความสัมพันธ์ในรูปแบบอื่น ได้แก่ แบบลอการิทึม แบบยกกำลัง และแบบเอ็กโพเนนเชียล ซึ่งเป็นรูปแบบของสมการถดถอยเส้นโค้ง และเมื่อได้สมการที่ดีที่สุด ซึ่งพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสมการ นำสมการที่ได้มาประมาณหาปริมาณเชื้อเพลิง ในพื้นที่ศึกษาทั้งหมด นำข้อมูลมาจัดเก็บในรูปแบบเชิงกริดที่มีขนาด 10x10 เมตร ตำแหน่งในการวางแปลงตัวอย่างตามภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ตำแหน่งวางแปลงในการเก็บข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงในบริเวณพื้นที่ศึกษา

3. การจำแนกพื้นที่ที่เสี่ยงต่อการเกิดไฟฟ้า

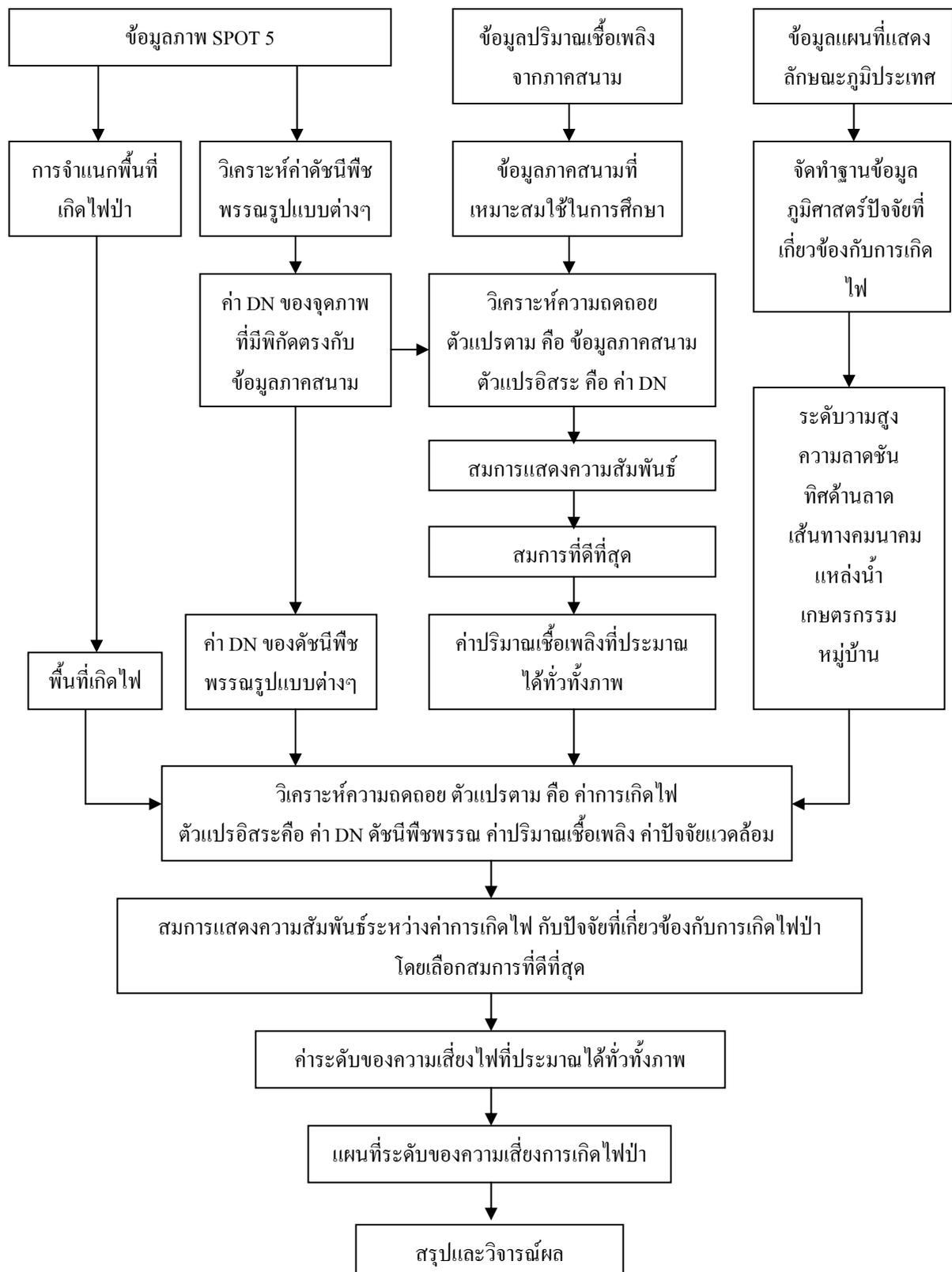
3.1 ทำการซ้อนทับชั้นข้อมูลแผนที่พื้นที่ที่ถูกไฟไหม้ในระหว่างปี 2547 และ 2548 กับข้อมูลปัจจัยพื้นฐานต่างๆ ที่นำมาใช้ ผลที่ได้แสดงพื้นที่ที่เกิดไฟในปัจจัยพื้นฐานในแต่ละชั้น นำผลที่ได้วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าของการเกิดไฟฟ้า กับค่าปัจจัยการเกิดไฟฟ้า ได้แก่ ค่าระดับความสูง ทิศด้านลาด ความลาดชัน ระยะห่างจากแหล่งน้ำ ระยะห่างจากถนน ระยะห่างจากหมู่บ้าน ระยะห่างจากพื้นที่เกษตรกรรม ความแตกต่างของความเป็นพืชพรรณ ค่าอัตราส่วนระหว่างแบนด์ ค่าดัชนีสีเขียวของพืชพรรณ และปริมาณเชื้อเพลิง นำมาหาความสัมพันธ์กัน โดยการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (stepwise multiple regression analysis) โดยทำการคัดเลือกตัวแปรอิสระคือ ค่าปัจจัยการเกิดไฟฟ้าในแต่ละชั้นข้อมูลที่มีความสัมพันธ์สูงสุดกับตัวแปรตาม คือ อัตราการเกิดไฟ เข้าไปในสมการเป็นขั้นๆ ทีละตัว เพื่อหาสมการความสัมพันธ์ที่เหมาะสมในการพยากรณ์การเกิดไฟในพื้นที่ศึกษา โดยมีรูปแบบสมการดังนี้

$$Y_i = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + \dots + b_nX_n$$

เมื่อ	Y_i	=	ค่าการเกิดไฟ
	X_i	=	ค่าปัจจัยการเกิดไฟฟ้าในแต่ละชั้นข้อมูล
	a	=	ค่าคงที่ ซึ่งได้แก่ Y-interception
	b_i	=	ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย

นอกจากนั้นทำการหาสมการรูปแบบอื่นเพื่อนำไปใช้ในการประมาณหาปริมาณเชื้อเพลิง โดยทำการกำหนดรูปแบบสมการที่มีความสัมพันธ์ในรูปแบบอื่น ได้แก่ แบบลอการิทึม แบบยกกำลัง และแบบเอ็กโพเนนเชียล ซึ่งเป็นรูปแบบของสมการถดถอยเส้นโค้ง

3.2 ประเมินหาระดับความเสี่ยงของการเกิดไฟฟ้าในพื้นที่ศึกษาโดยนำสมการที่ดีที่สุดทำการวิเคราะห์ในโปรแกรมประมวลผลภาพถ่ายดาวเทียม ด้วยวิธีการสร้าง spatial modeler ตามรูปแบบสมการความสัมพันธ์ของค่าของการเกิดไฟฟ้ากับค่าปัจจัยการเกิดไฟ โดยนำข้อมูลปัจจัยการเกิดไฟแต่ละชั้นข้อมูลที่มีความสัมพันธ์ และจัดเก็บในรูปกริดเซลล์นำเข้าสู่สมการ ค่าผลลัพธ์ที่ได้นำมาจัดระดับชั้นเพื่อประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดไฟ



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลและวิจารณ์

1. การวิเคราะห์ และจำแนกพื้นที่ที่เกิดไฟฟ้า

1.1 การเลือกข้อมูลดาวเทียมและการปรับแก้ความผิดพลาดของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

ในการเลือกใช้ข้อมูลดาวเทียม SPOT 5-HRG Level 2A เพื่อประเมินพื้นที่เสี่ยงไฟฟ้า ในครั้งนี้ ได้กำหนดที่จะใช้ข้อมูลที่บันทึกวันที่ 16 กุมภาพันธ์ 2547 และ วันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2548 เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่ได้ทำการเก็บข้อมูลภาคสนาม โดยข้อมูลภาพปรากฏว่าข้อมูลมีคุณภาพดี (ปราศจากเมฆและสัญญาณรบกวน)

ผลการปรับแก้ความผิดพลาดทางเรขาคณิตของข้อมูลภาพที่เลือก โดยใช้สมการปรับแก้ข้อมูลภาพแบบโพลีโนเมียล ดีกรี 2 ใช้จุดควบคุม 91 จุด สมการที่ปรับแก้ที่เหมาะสมให้ค่าความถูกต้องเฉลี่ยในการปรับแก้คิดเป็นค่า RMSE (Root Mean Square Error) ได้เท่ากับ 0.1466 และใช้การ resampling แบบ nearest neighbor โดยทำการอ้างอิงกับตำแหน่งบนพื้นโลกด้วยระบบแผนที่ทางภูมิศาสตร์แบบ UTM เพื่อให้ได้ระยะทางเป็นเมตร ทำให้ได้ขนาดจุดภาพใหม่เป็น 10x10 เมตร นำข้อมูลเวกเตอร์ขอบเขตพื้นที่ป่าสาธิตแม่จาง หน่วยจัดการแม่หวด ซ้อนทับลงบนภาพที่ได้รับการปรับแก้แล้วพบว่าข้อมูลซ้อนทับกันได้และครอบคลุมพื้นที่ศึกษา

1.2 การแปลตีความหมาย และการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

ทำการหาพื้นที่เกิดไฟฟ้าในปี 2547-2548 ได้จากผลจากการแปลตีความภาพถ่ายดาวเทียม SPOT 5-HRG แบนด์ 4 3 2 ด้วยคอมพิวเตอร์ โดยใช้วิธีการจำแนกแบบไม่กำกับดูแล (unsupervised classification) เป็นวิธีการหลักและใช้การจำแนกแบบกำกับดูแล (supervised classification) เป็นวิธีการเสริม โดยทำการเลือกประเภทข้อมูลตัวอย่าง (training area) เป็นการจำแนกแบบกำกับดูแล (supervised classification) โดยกำหนดพื้นที่ตัวอย่างของแต่ละประเภทให้กับคอมพิวเตอร์ โดยนำเอาข้อมูลแต่ละแบนด์มาพิจารณาประกอบกับภาพถ่ายทางอากาศ ขาว-ดำ มาตราส่วน 1: 15,000

โดยในพื้นที่ศึกษาป่าสาธิตแม่เงาว หน่วยจัดการแม่หอด ทั้งหมด 407.71 ตารางกิโลเมตร พบว่า ปี 2547 มีพื้นที่เกิดไฟไหม้ 17.56 ตารางกิโลเมตร ปี พ.ศ.2548 มีพื้นที่เกิดไฟไหม้ 14.30 ตารางกิโลเมตร และเมื่อนำข้อมูลพื้นที่เกิดไฟไหม้ทั้ง 2 ปี มาทำการซ้อนทับกัน (overlay) จะได้พื้นที่ที่เกิดไฟป่า 1 ครั้ง มีพื้นที่ 22.63 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ที่เกิดไฟ 2 ครั้ง มีพื้นที่ 5.42 ตารางกิโลเมตร รวมมีพื้นที่ที่เคยเกิดไฟไหม้ในช่วงระยะเวลา 2 ปี (ปี พ.ศ.2547 ถึง ปี พ.ศ.2548) 28.05 ตารางกิโลเมตร หรือ ประมาณ 6.88 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ทั้งหมด และจากการตรวจสอบค่าความถูกต้องของผลการแปลตีความพื้นที่เกิดไฟ ในปี พ.ศ.2547 และ พ.ศ.2548 พบว่า มีค่าความถูกต้องรวม (overall accuracy) เท่ากับ 77.50 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 2 ถึงตารางที่ 3 และภาพที่ 3 ถึงภาพที่ 5 ตามลำดับ

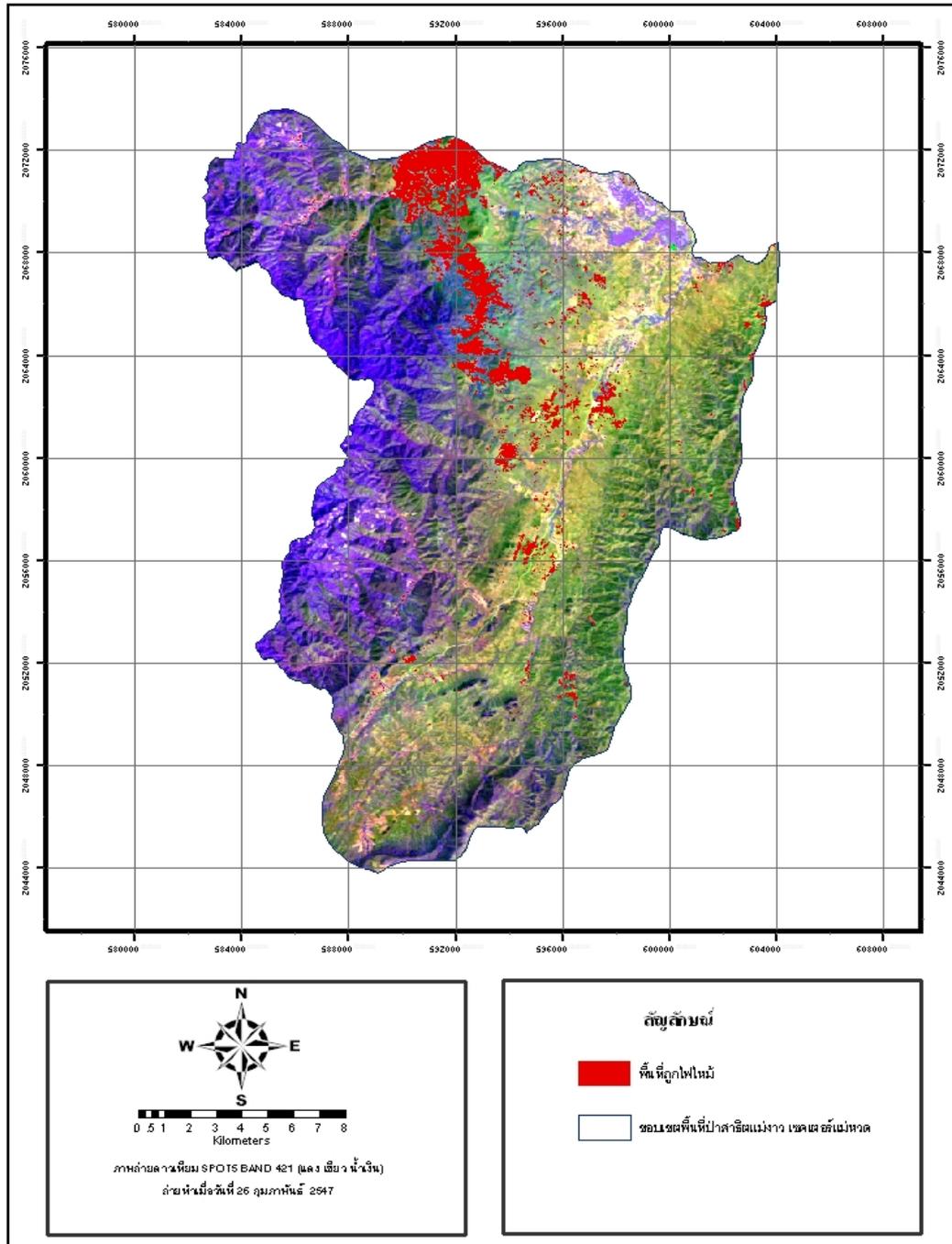
ตารางที่ 2 พื้นที่ไฟไหม้และความถี่การเกิดไฟจากผลการแปลตีความปี 2547-2548

ปี/ ความถี่	พื้นที่ไฟไหม้		
	จำนวนกริด	พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละ
ปีที่เกิดไฟ			
2547	495422	49.54	12.15
2548	306609	30.66	7.52
ความถี่ที่เกิดไฟ			
1	573618	57.36	14.07
2	161521	16.15	3.96

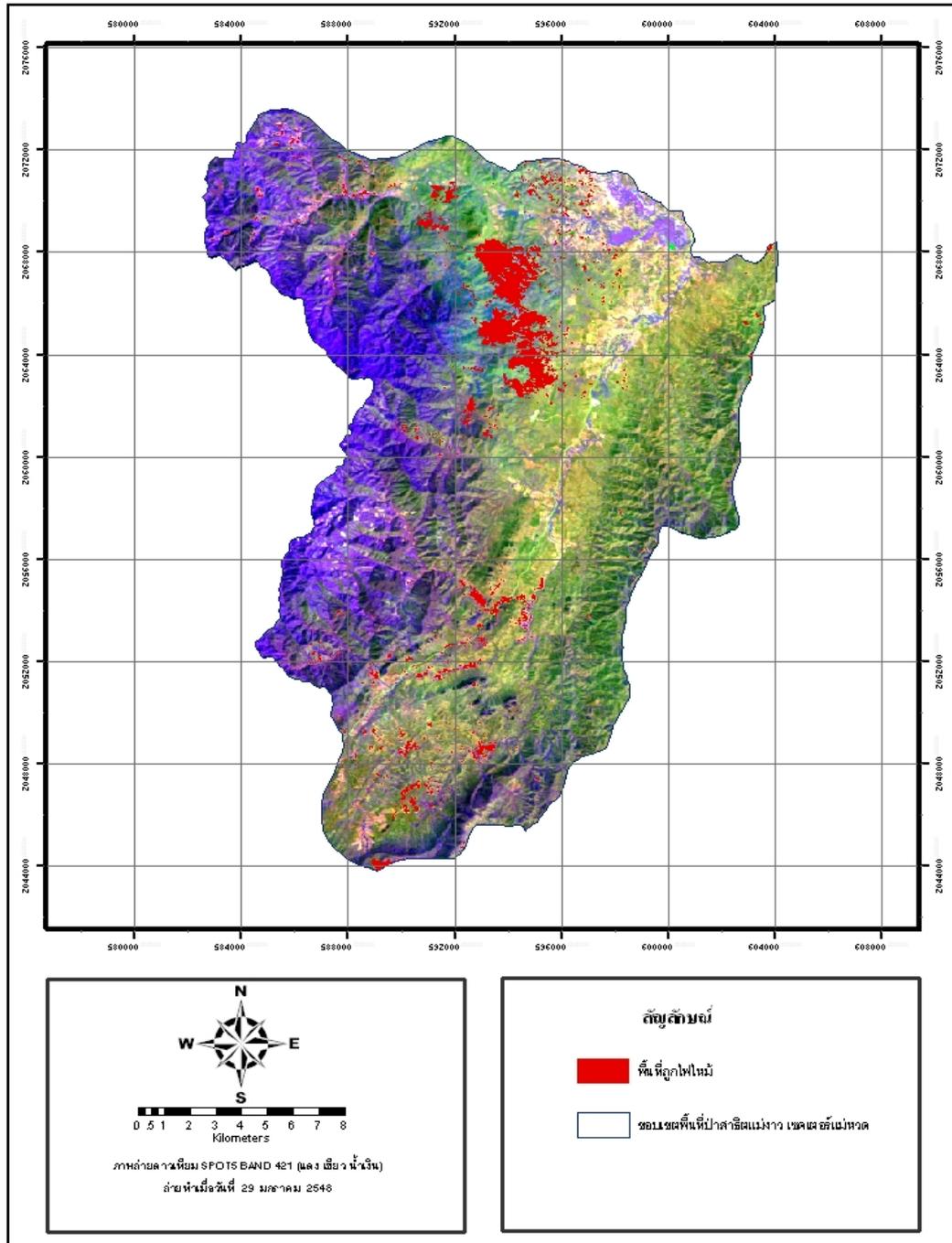
ตารางที่ 3 เมตริกความผิดพลาดการประเมินค่าความถูกต้องผลการแปลตีความพื้นที่เกิดไฟจากภาพถ่ายดาวเทียม ปี พ.ศ.2547 และพ.ศ.2548 ป่าสาธิตแม่เงาว หน่วยจัดการแม่หอด

		ความผิดพลาดที่เกิดจากการแปลเกินขึ้นมา			
		พื้นที่เกิดไฟ	พื้นที่ไม่เกิดไฟ	ผลรวม	User's Accuracy (%)
ความผิดพลาดที่เกิดจากการขาด	พื้นที่เกิดไฟ	11	7	18	61.11
	พื้นที่ไม่เกิดไฟ	2	20	22	90.91
	ผลรวม	13	27	40	
Producer's Accuracy (%)		84.62	74.07		

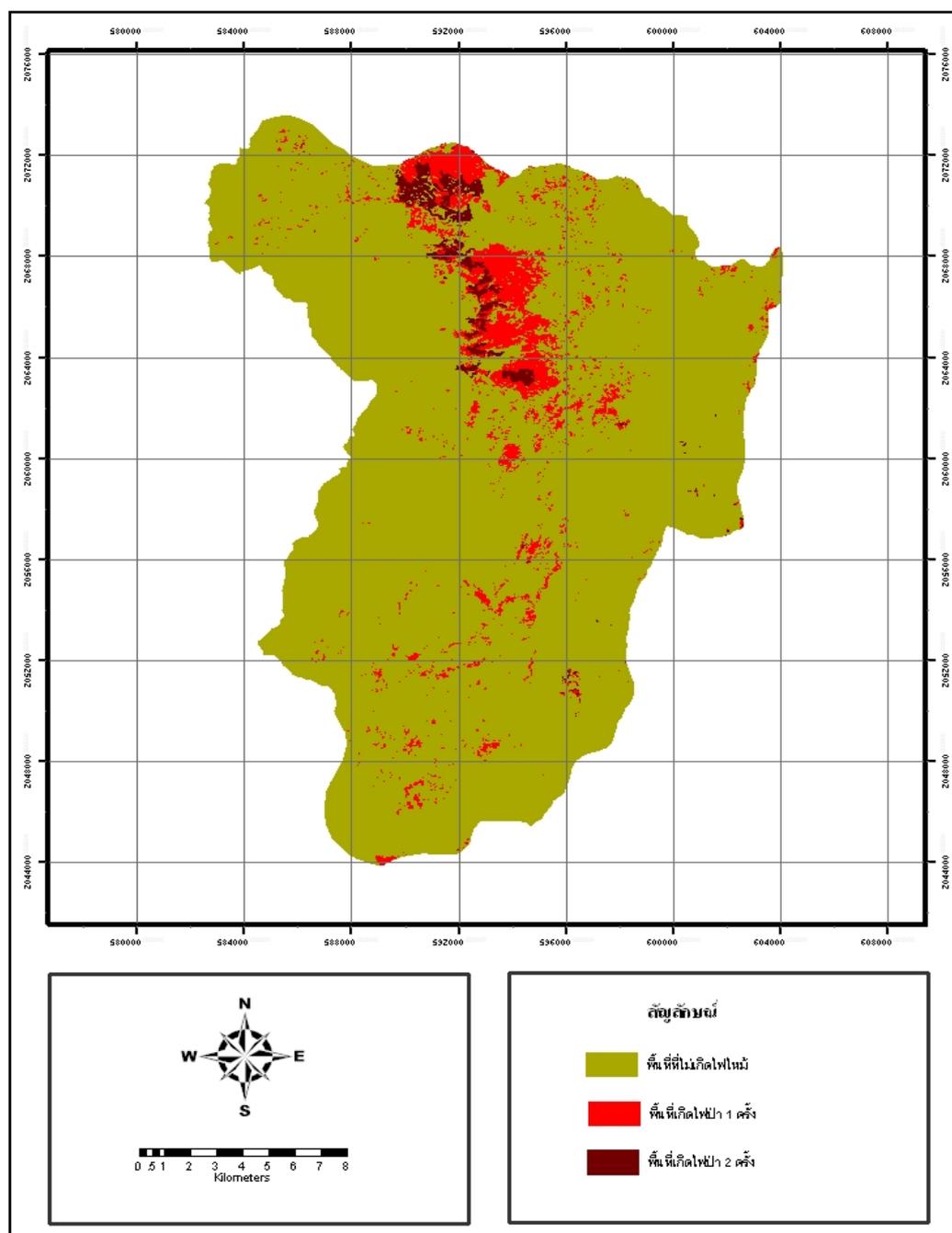
ค่าความถูกต้องรวม (overall accuracy) = 77.50 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 3 ผลการแปลตีความพื้นที่ไฟไหม้ในพื้นที่ป่าสาธิตแมงงาว หน่วยจัดการแม่หวด ปี 2547



ภาพที่ 4 ผลการแปลตีความพื้นที่ไฟไหม้ในพื้นที่ป่าสาธิตแมงาว หน่วยจัดการแม่หวด ปี 2548



ภาพที่ 5 ผลการแปลตีความพื้นที่ไฟไหม้ทั้ง 2 ปีในพื้นที่ป่าสาธิตแม่งาว หน่วยจัดการแม่หวด

2. ผลการจัดทำฐานข้อมูลภูมิศาสตร์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดไฟฟ้า

2.1 สภาพความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (elevation) ในพื้นที่ศึกษาจากแผนที่ข้อมูล Digital Elevation Model (DEM) แบ่งออกเป็น 5 ชั้น คือ พื้นที่ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง น้อยกว่า 400 เมตร 400-600 เมตร 600-800 เมตร 800-1,000 เมตร และสูงกว่า 1,000 เมตร ซึ่งพบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่มีระดับความสูง 400-600 เมตร มีพื้นที่ 172.41 ตร.กม. รองลงมาคือ ระดับความสูงต่ำกว่า 400 เมตร มีพื้นที่ 120.66 ตร.กม. ระดับความสูง 600-800 เมตร มีพื้นที่ 92.33 ตร.กม. ระดับความสูง 800-1,000 เมตร มีพื้นที่ 21.34 ตร.กม. และระดับความสูงสูงกว่า 1,000 เมตร มีพื้นที่ 0.96 ตร.กม. ตามลำดับ นำข้อมูลที่ได้จัดเก็บในรูปแบบข้อมูลเชิงกริดขนาด 10x10 เมตร

ผลการซ้อนทับข้อมูลพื้นที่เกิดไฟกับข้อมูลปัจจัยสภาพความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางพบว่าพื้นที่ที่เกิดไฟส่วนใหญ่อยู่ในระดับความสูงต่ำกว่า 400 เมตร มีพื้นที่เกิดไฟ 34.59 ตร.กม. รองลงมาคือ พื้นที่ที่มีระดับความสูง 400-600 เมตร มีพื้นที่เกิดไฟ 33.70 ตร.กม. ระดับความสูง 600-800 เมตร มีพื้นที่เกิดไฟ 2.15 ตร.กม. ระดับความสูง 800-1,000 เมตร มีพื้นที่เกิดไฟ 0.07 ตร.กม. และระดับความสูงสูงกว่า 1,000 เมตร ไม่พบพื้นที่เกิดไฟ ตามลำดับ

2.2 ความลาดชัน (slope) ในพื้นที่ศึกษาที่คำนวณได้จากการนำเข้าสู่เส้นระดับความสูงจากแผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหาร วิเคราะห์ด้วยโปรแกรมทางสารสนเทศภูมิศาสตร์ แบ่งออกเป็น 5 ชั้น คือ พื้นที่ที่มีความลาดชันน้อยกว่า 8 เปอร์เซ็นต์ 8-16 เปอร์เซ็นต์ 16-35 เปอร์เซ็นต์ และมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่มีความลาดชันน้อยกว่า 8 เปอร์เซ็นต์ มีพื้นที่ 317.17 ตร.กม. รองลงมาคือ พื้นที่ที่มีความลาดชัน 16-35 เปอร์เซ็นต์ มีพื้นที่ 67.19 ตร.กม. พื้นที่ที่มีความลาดชัน 8-16 เปอร์เซ็นต์ มีพื้นที่ 23.35 ตร.กม. และพื้นที่ที่มีความลาดชันมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ มีพื้นที่ 0.0009 ตร.กม. ตามลำดับ นำข้อมูลที่ได้จัดเก็บในรูปแบบข้อมูลเชิงกริดขนาด 10x10 เมตร

ผลการซ้อนทับข้อมูลพื้นที่เกิดไฟกับข้อมูลความลาดชัน พบว่าพื้นที่ที่เกิดไฟส่วนใหญ่มีความลาดชันน้อยกว่า 8 เปอร์เซ็นต์ มีพื้นที่เกิดไฟ 65.68 ตร.กม. รองลงมาคือ พื้นที่ที่มีความลาดชัน 8-16 เปอร์เซ็นต์ มีพื้นที่เกิดไฟ 3.90 ตร.กม. พื้นที่ที่มีความลาดชัน 16-35 เปอร์เซ็นต์ มีพื้นที่เกิดไฟ 0.93 ตร.กม. และพื้นที่ที่มีความลาดชันมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ ไม่พบพื้นที่เกิดไฟ ตามลำดับ

2.3 ทิศด้านลาด (aspect) ในพื้นที่ศึกษาที่ได้จากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ แบ่งออกเป็น 8 ชั้นคือ ทิศเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออก ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ ทิศตะวันตก ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ซึ่งพบว่าพื้นที่ที่มีทิศด้านลาดส่วนใหญ่หันไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ มีพื้นที่ 64.95 ตร.กม. รองลงมาคือทิศตะวันออกเฉียงใต้ มีพื้นที่ 61.20 ตร.กม. ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ มีพื้นที่ 57.70 ตร.กม. ทิศตะวันออก มีพื้นที่ 54.75 ตร.กม. ทิศตะวันตกเฉียงใต้ มีพื้นที่ 50.25 ตร.กม. ทิศเหนือ มีพื้นที่ 43.66 ตร.กม. ทิศตะวันตก มีพื้นที่ 38.80 ตร.กม. และทิศใต้ มีพื้นที่ 36.40 ตร.กม. ตามลำดับ นำข้อมูลที่ได้จัดเก็บในรูปแบบข้อมูลเชิงกริดขนาด 10x10 เมตร

ผลการซ้อนทับข้อมูลพื้นที่เกิดไฟกับข้อมูลทิศด้านลาด พบว่าพื้นที่ที่เกิดไฟส่วนใหญ่หันไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ มีพื้นที่เกิดไฟ 10.00 ตร.กม. รองลงมาคือทิศตะวันออกเฉียงใต้ มีพื้นที่เกิดไฟ 9.09 ตร.กม. ทิศตะวันออก มีพื้นที่เกิดไฟ 9.04 ตร.กม. ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ มีพื้นที่เกิดไฟ 8.89 ตร.กม. ทิศเหนือ มีพื้นที่เกิดไฟ 8.64 ตร.กม. ทิศตะวันตกเฉียงใต้ มีพื้นที่เกิดไฟ 8.40 ตร.กม. ทิศตะวันตก มีพื้นที่เกิดไฟ 8.35 ตร.กม. และทิศใต้ มีพื้นที่เกิดไฟ 8.10 ตร.กม. ตามลำดับ

2.4 ระยะห่างจากแหล่งน้ำ คำนวณจากระยะทางที่ห่างจากเส้นของแหล่งน้ำที่นำเข้ามาจากแผนที่ภูมิประเทศ ของกรมแผนที่ทหาร ด้วยโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ แบ่งออกเป็น 7 ชั้น คือ พื้นที่ที่มีระยะห่างจากแหล่งน้ำ น้อยกว่า 50 เมตร 50-100 เมตร 100-200 เมตร 200-300 เมตร 300-500 เมตร 500-700 เมตร และมากกว่า 700 เมตร ซึ่งพบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่มีระยะห่างจากแหล่งน้ำ 100-200 เมตร มีพื้นที่ 115.87 ตร.กม. รองลงมาคือ ระยะห่างจากแหล่งน้ำน้อยกว่า 50 เมตร มีพื้นที่ 75.80 ตร.กม. 50-100 เมตร มีพื้นที่ 71.33 ตร.กม. 200-300 เมตร มีพื้นที่ 69.49 ตร.กม. 300-500 เมตร มีพื้นที่ 55.79 ตร.กม. 500-700 เมตร มีพื้นที่ 14.76 ตร.กม. และมากกว่า 700 เมตร มีพื้นที่ 4.68 ตร.กม. ตามลำดับ นำข้อมูลที่ได้จัดเก็บในรูปแบบข้อมูลเชิงกริดขนาด 10x10 เมตร

ผลการซ้อนทับข้อมูลพื้นที่เกิดไฟกับข้อมูลระยะห่างจากแหล่งน้ำ พบว่าพื้นที่ที่เกิดไฟส่วนใหญ่ มีระยะห่างจากแหล่งน้ำ 100-200 เมตร มีพื้นที่เกิดไฟ 19.78 ตร.กม. รองลงมาคือ ระยะห่างจากแหล่งน้ำ น้อยกว่า 50 เมตร มีพื้นที่เกิดไฟ 13.05 ตร.กม. 50-100 เมตร มีพื้นที่เกิดไฟ 12.60 ตร.กม. 200-300 เมตร มีพื้นที่เกิดไฟ 11.50 ตร.กม. 300-500 เมตร มีพื้นที่เกิดไฟ 9.11 ตร.กม. 500-700 เมตร มีพื้นที่เกิดไฟ 3.36 ตร.กม. และมากกว่า 700 เมตร มีพื้นที่เกิดไฟ 1.11 ตร.กม. ตามลำดับ

2.5 ระยะห่างจากหมู่บ้าน ได้จากการคำนวณหาค่าระยะทางที่ห่างจากหมู่บ้านที่ได้ทำการนำข้อมูลเข้าจากแผนที่ภูมิประเทศ ด้วยโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ แบ่งออกเป็น 9 ชั้น คือ พื้นที่ที่มีระยะห่างจากหมู่บ้านน้อยกว่า 500 เมตร 500-1,000 เมตร 1,000-1,500 เมตร 1,500-2,000 เมตร 2,000-2,500 เมตร 2,500-3,000 เมตร 3,000-4,000 เมตร 4,000-5,000 เมตร มากกว่า 5000 เมตร ซึ่งพบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่มีระยะห่างจากหมู่บ้าน น้อยกว่า 500 เมตร มีพื้นที่ 153.70 ตร.กม. และรองลงมาคือ ระยะห่าง 500-1,000 เมตร มีพื้นที่ 95.72 ตร.กม., 1,000-1,500 เมตร มีพื้นที่ 54.76 ตรกม. ตามลำดับ นำข้อมูลที่ได้จัดเก็บในรูปแบบข้อมูลเชิงกริดขนาด 10x10 เมตร

ผลการซ้อนทับข้อมูลพื้นที่เกิดไฟกับข้อมูลระยะห่างจากหมู่บ้าน พบว่าพื้นที่ที่เกิดไฟส่วนใหญ่มีระยะห่างจากหมู่บ้านน้อยกว่า 500 เมตร มีพื้นที่เกิดไฟ 23.24 ตร.กม. และรองลงมาคือ ระยะห่าง 500-1,000 เมตร มีพื้นที่ 18.52 ตร.กม., 1,000-1,500 เมตร มีพื้นที่เกิดไฟ 11.75 ตรกม. 1,500-2,000 เมตร มีพื้นที่เกิดไฟ 8.15 ตร.กม. 2,000-2,500 เมตร มีพื้นที่เกิดไฟ 4.92 ตร.กม. 2,500-3,000 เมตร มีพื้นที่เกิดไฟ 2.41 ตร.กม. 3,000-4,000 เมตร มีพื้นที่เกิดไฟ 1.35 ตร.กม. มากกว่า 5000 เมตร มีพื้นที่เกิดไฟ 0.11 ตร.กม. และ 4,000-5,000 เมตร มีพื้นที่เกิดไฟ 0.07 ตร.กม. ตามลำดับ

2.6 ระยะห่างจากถนน ได้จากการคำนวณหาค่าระยะทางที่ห่างจากถนนที่ได้ทำการนำข้อมูลจากแผนที่ภูมิประเทศ ของกรมแผนที่ทหาร ด้วยโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ แบ่งพื้นที่ออกเป็น 5 ชั้นคือ พื้นที่ที่มีระยะห่างจากถนน น้อยกว่า 500 เมตร 500-1,000 เมตร 1,000-1,500 เมตร 1,500-2,000 เมตร มากกว่า 2,000 เมตร ซึ่งพบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่มีระยะห่างจากถนนน้อยกว่า 500 เมตร มีพื้นที่ 154.68 ตร.กม. รองลงมาคือ พื้นที่ที่มีระยะห่างจากถนน 500-1,000 เมตร มีพื้นที่ 82.73 ตร.กม. มากกว่า 2,000 เมตร มีพื้นที่ 79.00 ตร.กม. 1,000-1,500 เมตร มีพื้นที่ 53.40 ตร.กม. และ 1,500-2,000 เมตร มีพื้นที่ 37.90 ตร.กม. ตามลำดับ นำข้อมูลที่ได้จัดเก็บในรูปแบบข้อมูลเชิงกริดขนาด 10x10 เมตร

ผลการซ้อนทับข้อมูลพื้นที่เกิดไฟกับข้อมูลระยะห่างจากถนน พบว่าพื้นที่ที่เกิดไฟส่วนใหญ่มีระยะห่างจากถนนน้อยกว่า 500 เมตร มีพื้นที่เกิดไฟ 22.01 ตร.กม. รองลงมาคือ พื้นที่ที่มีระยะห่างจากถนนมากกว่า 2,000 เมตร มีพื้นที่เกิดไฟ 21.42 ตร.กม. 500-1,000 เมตร มีพื้นที่เกิดไฟ 10.69 ตร.กม. 1,000-1,500 เมตร มีพื้นที่เกิดไฟ 8.41 ตร.กม. และ 1,500-2,000 เมตร มีพื้นที่เกิดไฟ 7.98 ตร.กม. ตามลำดับ

2.7 ระยะห่างจากพื้นที่เกษตรกรรม คำนวณได้จากผลการแปลตีความพื้นที่ทำการเกษตร จากภาพถ่ายดาวเทียม SPOT 5 HRV ด้วยสายตา และวิเคราะห์ความห่างจากพื้นที่เกษตรกรรมด้วย โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ แบ่งพื้นที่ออกเป็น 6 ชั้นคือ พื้นที่ที่มีระยะห่างจากพื้นที่เกษตรกรรม น้อยกว่า 500 เมตร 500-1,000 เมตร 1,000-1,500 เมตร 1500-2,000 เมตร 2,000-3,000 เมตร มากกว่า 3,000 เมตร ซึ่งพบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่มีระยะห่างจากพื้นที่เกษตรกรรม น้อยกว่า 500 เมตร มีพื้นที่ 191.94 ตร.กม. รองลงมาคือ 500-1,000 เมตร มีพื้นที่ 79.37 ตร.กม. 1,000-1,500 เมตร มีพื้นที่ 49.44 ตร.กม. 2,000-3,000 เมตร มีพื้นที่ 42.33 ตร.กม. 1,500-2,000 เมตร มีพื้นที่ 31.57 ตร.กม. และมากกว่า 3,000 เมตร มีพื้นที่ 13.06 ตร.กม. ตามลำดับ นำข้อมูลที่ได้จัดเก็บในรูปแบบข้อมูลเชิงกริดขนาด 10x10 เมตร

ผลการซ้อนทับข้อมูลพื้นที่เกิดไฟกับข้อมูลระยะห่างพื้นที่เกษตรกรรม พบว่าพื้นที่ที่เกิดไฟส่วนใหญ่ มีระยะห่างจากพื้นที่เกษตรกรรม น้อยกว่า 500 เมตร มีพื้นที่เกิดไฟ 29.78 ตร.กม. รองลงมาคือ 500-1,000 เมตร มีพื้นที่เกิดไฟ 12.66 ตร.กม. 2,000-3,000 เมตร มีพื้นที่เกิดไฟ 10.01 ตร.กม. 1,000-1,500 เมตร มีพื้นที่เกิดไฟ 8.78 ตร.กม. 1,500-2,000 เมตร มีพื้นที่เกิดไฟ 8.03 ตร.กม. และมากกว่า 3,000 เมตร มีพื้นที่เกิดไฟ 1.25 ตร.กม. ตามลำดับ

2.8 ดัชนีความแตกต่างของความชื้นพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index : NDVI) โดยการคำนวณค่าดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณในพื้นที่ศึกษาจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม SPOT 5-HRG ด้วยโปรแกรมประมวลผลภาพถ่ายดาวเทียม แบ่งพื้นที่ออกเป็น 8 ระดับชั้นคือ พื้นที่ที่มีค่าดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณน้อยกว่า -0.053, -0.053 - -0.013, -0.013 - 0.026, 0.026 - 0.066, 0.066 - 0.106, 0.106 - 0.145, 0.145 - 0.185 และมากกว่า 0.185 ซึ่งพบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่มีค่าดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณ 0.066 - 0.106 มีพื้นที่ 152.90 ตร.กม. รองลงมาคือ 0.026-0.066 มีพื้นที่ 114.89 ตร.กม. 0.106-0.145 มีพื้นที่ 85.54 ตร.กม. 0.145-0.185 มีพื้นที่ 37.58 ตร.กม. -0.013-0.026 มีพื้นที่ 13.30 ตร.กม. มากกว่า 0.185 มีพื้นที่ 2.80 ตร.กม. -0.053 - -0.013 มีพื้นที่ 0.66 ตร.กม. และน้อยกว่า -0.053 มีพื้นที่ 0.05 ตร.กม. ตามลำดับ จัดเก็บในรูปแบบของข้อมูลเชิงกริด ขนาด 10x10 เมตร

ผลการซ้อนทับข้อมูลพื้นที่เกิดไฟกับข้อมูลค่าดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณ พบว่าพื้นที่ที่เกิดไฟส่วนใหญ่มีค่าดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณ 0.066-0.106 มีพื้นที่เกิดไฟ 36.31 ตร.กม. รองลงมาคือ 0.106-0.145 มีพื้นที่เกิดไฟ 20.49 ตร.กม. 0.026-0.066 มีพื้นที่เกิดไฟ 9.20 ตร.กม. -0.013-0.026 มีพื้นที่เกิดไฟ 3.38 ตร.กม. 0.145-0.185 มีพื้นที่เกิดไฟ 0.80 ตร.กม. -0.053 - -0.013 มีพื้นที่เกิดไฟ 0.33 ตร.กม. น้อยกว่า -0.053 มีพื้นที่เกิดไฟ 0.01 ตร.กม. และมากกว่า 0.185 ไม่พบพื้นที่เกิดไฟ ตามลำดับ

2.9 ค่าอัตราส่วนระหว่างแบนด์ (band ratioing) โดยการคำนวณหาอัตราส่วนระหว่างแบนด์ ในพื้นที่ศึกษาจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม SPOT 5-HRG ด้วยโปรแกรมประมวลผลภาพถ่ายดาวเทียม แบ่งพื้นที่ออกเป็น 5 ระดับชั้นคือ พื้นที่ที่มีอัตราส่วนระหว่างแบนด์ 0.65-0.76, 0.76-0.87, 0.87-0.98, 0.98-1.09 และ 1.09-1.20 ซึ่งพบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่มีอัตราส่วนระหว่างแบนด์ 0.76-0.87 มีพื้นที่ 126.80 ตร.กม. รองลงมาคือ 0.87-0.98 มีพื้นที่ 118.56 ตร.กม. 1.09-1.20 มีพื้นที่ 86.46 ตร.กม. 0.98-1.09 มีพื้นที่ 74.17 ตร.กม. และ 0.65-0.76 มีพื้นที่ 1.72 ตร.กม. ตามลำดับ จัดเก็บในรูปแบบของข้อมูลเชิงกริด ขนาด 10x10 เมตร

ผลการซ้อนทับข้อมูลพื้นที่เกิดไฟกับข้อมูลค่าอัตราส่วนระหว่างแบนด์ พบว่าพื้นที่ที่เกิดไฟส่วนใหญ่มีค่าอัตราส่วนระหว่างแบนด์ 0.87-0.98 มีพื้นที่เกิดไฟ 44.20 ตร.กม. รองลงมาคือ 0.76-0.87 มีพื้นที่เกิดไฟ 11.98 ตร.กม. 1.09-1.20 มีพื้นที่เกิดไฟ 7.29 ตร.กม. 0.98-1.09 มีพื้นที่เกิดไฟ 6.21 ตร.กม. และ 0.65-0.76 มีพื้นที่เกิดไฟ 0.84 ตร.กม. ตามลำดับ

2.10 ค่าดัชนีความเป็นสีเขียวของพืชพรรณ (Green Vegetation Index : GVI) โดยการคำนวณค่าดัชนีความเป็นสีเขียวของพืชพรรณในพื้นที่ศึกษาจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม SPOT 5-HRG ด้วยโปรแกรมประมวลผลภาพถ่ายดาวเทียม แบ่งพื้นที่ออกเป็น 7 ระดับชั้นคือ พื้นที่ที่มีค่าดัชนีความเป็นสีเขียวของพืชพรรณ 39-49, 49-58, 58-68, 68-77, 77-87, 87-97 และ 97-106 ซึ่งพบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่มีค่าดัชนีความเป็นสีเขียวของพืชพรรณ 58-68 มีพื้นที่ 184.45 ตร.กม. รองลงมาคือ 49-58 มีพื้นที่ 161.85 ตร.กม. 68-77 มีพื้นที่ 58.61 ตร.กม., 77-87 มีพื้นที่ 5.60 ตร.กม. 39-49 มีพื้นที่ 3.00 ตร.กม. 87-97 มีพื้นที่ 1.13 ตร.กม. และ 97-106 มีพื้นที่ 0.07 ตร.กม. ตามลำดับ จัดเก็บในรูปแบบของข้อมูลเชิงกริด ขนาด 10x10 เมตร

ผลการซ้อนทับข้อมูลพื้นที่เกิดไฟกับข้อมูลค่าดัชนีความเป็นสีเขียวของพืชพรรณ พบว่าพื้นที่ที่เกิดไฟส่วนใหญ่มีค่าดัชนีความเป็นสีเขียวของพืชพรรณ 58-68 มีพื้นที่เกิดไฟ 35.43 ตร.กม. รองลงมาคือ 68-77 มีพื้นที่เกิดไฟ 27.86 ตร.กม. 49-58 มีพื้นที่เกิดไฟ 5.51 ตร.กม. 77-87 มีพื้นที่เกิดไฟ 1.56 ตร.กม. 39-49 มีพื้นที่เกิดไฟ 0.05 ตร.กม. 87-97 มีพื้นที่เกิดไฟ 0.01 ตร.กม. และ 97-106 ไม่พบพื้นที่เกิดไฟ ตามลำดับ

2.9 ปริมาณเชื้อเพลิง โดยปริมาณเชื้อเพลิงในพื้นที่ศึกษาประเมินได้จากการประมาณค่ามวลชีวภาพของใบ และปริมาณเชื้อเพลิงที่ทำการเก็บตัวอย่างในภาคสนาม โดยบริเวณที่ทำการเก็บข้อมูล เลือกพื้นที่ที่มีชนิดพันธุ์พืชขึ้นอยู่หนาแน่นในระดับปานกลาง และลักษณะภูมิประเทศที่ทำการวางแผนตัวอย่างเป็นพื้นที่ราบมีความลาดชันน้อย เพื่อให้สะดวกสำหรับการวางแผนตัวอย่างและทำให้การวางแผนเก็บข้อมูลมีความถูกต้องมากที่สุด

1) การหาปริมาณเชื้อเพลิงโดยอาศัยการประมาณค่ามวลชีวภาพของใบ

การเก็บข้อมูลภาคสนามเพื่อประมาณค่ามวลชีวภาพของใบนั้น ทำการวางแผนตัวอย่างในแต่ละชนิดป่า คือ ป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรัง และป่าดิบแล้ง ชนิดป่าอย่างละ 10 จุด ทั้งหมดรวม 30 จุด ทั้งนี้เพื่อให้จุดสำรวจครอบคลุมพื้นที่ชนิดป่าในป่าสาธิตแมงาว หน่วยจัดการแมหววด แต่ละจุดสำรวจวางแผนตัวอย่างขนาด 30x30 เมตร ข้อมูลที่ได้จากการเก็บภาคสนามนำมา ทำการคำนวณค่ามวลชีวภาพของใบ โดยใช้สมการแอลโลเมตรีและทำการวิเคราะห์หาค่าดัชนีพืชพรรณในรูปแบบต่างๆ ได้แก่ ค่าดัชนีความแตกต่างของความเป็นสีเขียว (NDVI) ค่าอัตราส่วนระหว่างแบนด์ (band ratioing) และค่าดัชนีสีเขียวของพืชพรรณ (GVI) ในตำแหน่งเดียวกันกับบริเวณที่ทำการเก็บข้อมูลภาคสนาม

พื้นที่ป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรัง และป่าดิบแล้ง ในพื้นที่ศึกษาเมื่อเข้าไปทำการเก็บข้อมูลภาคสนามตามตำแหน่งพิกัดต่างๆ 30 แปลงตัวอย่าง ทำการคำนวณค่ามวลชีวภาพของใบ โดยใช้สมการแอลโลเมตรี ซึ่งจากขนาดแปลงตัวอย่าง 30x30 เมตร ค่ามวลชีวภาพของใบที่คำนวณได้จะต้องทำการเฉลี่ยค่าให้เท่ากับขนาดของจุดภาพของดาวเทียม SPOT 5 คือเท่ากับ 10x10 เมตร และนำข้อมูลดาวเทียม ตำแหน่งพิกัดเดียวกับพื้นที่ที่ทำการเก็บข้อมูลภาคสนาม มาทำการวิเคราะห์หาค่าดัชนีพืชพรรณในรูปแบบต่างๆ ได้แก่ ค่าดัชนีความแตกต่างของความเป็นสีเขียว (NDVI) ค่าอัตราส่วนระหว่างแบนด์ (band ratioing) และค่าดัชนีสีเขียวของพืชพรรณ (GVI) จะได้ข้อมูลแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่ามวลชีวภาพของใบที่คำนวณได้จากสมการแอลโลเมตรีตามตำแหน่งพิกัดของแปลง ตัวอย่างและค่าดัชนีพืชพรรณในรูปแบบต่างๆ ที่มีตำแหน่งเดียวกัน

แปลง	ตำแหน่งพิกัดระบบ UTM		มวลชีวภาพลำต้น (กิโลกรัม)	มวลชีวภาพใบ (กิโลกรัม)	NDVI	Band ratioing	GVI
	ตะวันออก	เหนือ					
1	597448	2058895	3478.98	43.55	0.011	1.022	55
2	597348	2058679	3869.34	57.86	-0.018	0.965	58
3	597350	2058059	3579.09	54.59	0.011	1.022	56
4	597621	2057539	4835.67	73.58	-0.09	0.835	54
5	597861	2057496	4725.33	64.55	-0.057	0.892	52
6	596721	2055403	5869.35	85.43	-0.022	0.957	58
7	596450	2055451	5722.39	73.24	-0.017	0.966	56
8	596181	2055558	6124.26	84.84	-0.055	0.896	55
9	596137	2055208	5024.38	68.5	-0.029	0.943	55
10	596797	2054478	3722.24	53.48	0.067	1.143	54
11	596990	2054493	4426.97	69.23	-0.03	0.941	54
12	597058	2054454	4165.56	67.11	-0.053	0.9	51
13	597162	2054452	6010.18	81.24	-0.052	0.901	52
14	593964	2058472	5897.08	86.35	0.045	1.094	57
15	593554	2058085	4108.22	61.33	0.079	1.172	55
16	593294	2057696	4057.36	58.55	-0.051	0.904	62
17	592513	2057838	5432.28	82.9	0.088	1.193	54
18	592423	2057876	4408.36	59.34	0.07	1.151	61
19	592292	2057904	3548.16	48.93	0	1	58
20	592567	2057737	5006.29	72.53	0.034	1.071	59
21	597976	2061011	3328.69	36.32	0.006	1.011	59
22	597854	2061547	4409.39	66.61	-0.016	0.862	59
23	598270	2060926	4071.39	52.44	0.022	1.044	59
24	598531	2060736	4638.77	63.22	-0.006	0.989	56
25	598854	2060811	3729.98	52.69	0.056	1.12	56
26	592378	2053383	3826.77	54.59	0.07	1.151	57
27	591933	2053308	3827.55	44.87	0.04	1.083	58
28	591732	2054094	5129.87	68.59	0.114	1.258	56
29	591474	205437	3984.26	54.22	0.032	1.067	56
30	591236	2054295	3755.26	51.99	0.034	1.071	54

การหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลจากภาคสนาม ได้แก่ ค่ามวลชีวภาพของใบ (Y_1) กับค่าดัชนีพืชพรรณ ได้แก่ ค่า NDVI (X_1) ค่า band ratioing (X_2) และค่า GVI (X_3) ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม นำมาหาความสัมพันธ์กันโดยการวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (stepwise multiple regression analysis) โดยการทำการคัดเลือกตัวแปรอิสระ คือ ค่าดัชนีพืชพรรณที่มีความสัมพันธ์สูงสุดกับตัวแปรตาม คือ ค่ามวลชีวภาพของใบ เข้าไปในสมการ เพื่อหาสมการที่เหมาะสม โดยในขั้นแรกได้ทำการตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระก่อน เนื่องจากเป็นเงื่อนไขข้อหนึ่งในการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ คือตัวแปรอิสระทุกตัวต้องเป็นอิสระกัน ซึ่งในที่นี้ใช้ การตรวจสอบความสัมพันธ์ของตัวแปร โดยใช้สัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์ของ Pearson (Pearson Correlation) แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่ามวลชีวภาพของใบและค่าดัชนีพืชพรรณในรูปแบบต่างๆ

		Y_1	NDVI	band ratioing	GVI
Y_1	Pearson Correlation	1	-0.242	-0.22	-0.274
	Sig. (2-tailed)		0.198	0.242	0.143
	N	30	30	30	30
NDVI	Pearson Correlation	-0.242	1	.981**	0.209
	Sig. (2-tailed)	0.198		0	0.269
	N	30	30	30	30
IRR	Pearson Correlation	-0.22	.981**	1	0.147
	Sig. (2-tailed)	0.242	0		0.438
	N	30	30	30	30
GVI	Pearson Correlation	-0.274	0.209	0.147	1
	Sig. (2-tailed)	0.143	0.269	0.438	
	N	30	30	30	30

หมายเหตุ ** นัยสำคัญที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 5 การใช้ Pearson Correlation ทดสอบตัวแปร พบว่า มีเพียงตัวแปร ค่าดัชนี NDVI (X_1) และค่า band ratioing (X_2) เท่านั้นที่มีความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของค่ามวลชีวภาพของใบ (Y_1) กับค่าดัชนีพืชพรรณ ได้แก่ ค่า NDVI (X_1) ค่า band ratioing (X_2) และค่า GVI (X_3) พบว่า ค่ามวลชีวภาพของใบ (Y_1) มีความสัมพันธ์กับค่า GVI มากที่สุด โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ มีค่า เท่ากับ 0.274 และมีทิศทางความสัมพันธ์ในทางตรงกันข้าม รองลงมาได้แก่ ค่า NDVI และค่า band ratioing ตามลำดับ

จากลักษณะของความสัมพันธ์ดังแสดงในตารางที่ 5 พบความผิดปกติของความสัมพันธ์ของข้อมูลในขั้นต้น โดยสังเกตได้จากข้อมูลตารางที่ 4 ค่า NDVI ที่มีค่าน้อยกว่า 0 แสดงถึงพื้นที่ที่ไม่มีพืชพรรณ แต่ในแปลงตัวอย่างพบพันธุ์ไม้ที่สามารถบันทึกข้อมูลนำมาประมาณค่าเชื้อเพลิงได้ ซึ่งเป็นผลมาจากอิทธิพลของภาพถ่ายดาวเทียมในช่วงฤดูแล้ง (เดือนกุมภาพันธ์-มีนาคม) ที่พืชพรรณมีการผลัดใบ ทั้งนี้เพื่อความถูกต้องของข้อมูลขั้นต้นในการหาความสัมพันธ์ของข้อมูลในการประมาณค่าปริมาณเชื้อเพลิงจึงได้ทำการคัดเอาแปลงตัวอย่างที่มีค่า NDVI ที่มีค่าน้อยกว่า 0 ออก เพื่อความถูกต้องของข้อมูลในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลภาคสนาม และค่าดัชนีพืชพรรณ ซึ่งแสดงข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์ได้ ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่ามวลชีวภาพของใบและค่าดัชนีพืชพรรณในรูปแบบต่างๆ ที่ทำการปรับแก้ความสัมพันธ์ข้อมูลขั้นต้น ตามตำแหน่งพิกัดของแปลงตัวอย่างที่มีตำแหน่งเดียวกัน

แปลง	ตำแหน่งพิกัดระบบ UTM		มวลชีวภาพลำต้น (กิโลกรัม)	มวลชีวภาพใบ (กิโลกรัม)	NDVI	band ratioing	GVI
	ตะวันออก	เหนือ					
1	597448	2058895	3478.98	43.55	0.011	1.022	55
2	597350	2058059	3579.09	54.59	0.011	1.022	56
3	596797	2054478	3722.24	53.48	0.067	1.143	54
4	593964	2058472	5897.08	86.35	0.045	1.094	57
5	593554	2058085	4108.22	61.33	0.079	1.172	55
6	592513	2057838	5432.28	82.9	0.088	1.193	54
7	592423	2057876	4408.36	59.34	0.07	1.151	61
8	592292	2057904	3548.16	48.93	0	1	58
9	592567	2057737	5006.29	72.53	0.034	1.071	59
10	597976	2061011	3328.69	36.32	0.006	1.011	59
11	598270	2060926	4071.39	52.44	0.022	1.044	59
12	598854	2060811	3729.98	52.69	0.056	1.12	56
13	592378	2053383	3826.77	54.59	0.07	1.151	57
14	591933	2053308	3827.55	44.87	0.04	1.083	58
15	591732	2054094	5129.87	68.59	0.114	1.258	56
16	591474	205437	3984.26	54.22	0.032	1.067	56
17	591236	2054295	3755.26	51.99	0.034	1.071	54

การหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลจากภาคสนาม ได้แก่ ค่ามวลชีวภาพของใบ (Y_1) กับ ค่าดัชนีพืชพรรณ ได้แก่ ค่า NDVI (X_1) ค่า band ratioing (X_2) และค่า GVI (X_3) ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม และเป็นข้อมูลชุดใหม่ที่ได้ทำการคัดเอาแปลงตัวอย่างที่มีค่า NDVI ที่มีค่าน้อยกว่า 0 ออก นำมาหาความสัมพันธ์กันโดยการวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (stepwise multiple regression analysis) โดยการทำการคัดเลือกตัวแปรอิสระ คือ ค่าดัชนีพืชพรรณที่มีความสัมพันธ์สูงสุดกับตัวแปรตาม คือ ค่ามวลชีวภาพของใบ เข้าไปในสมการ เพื่อหาสมการที่เหมาะสม โดยในขั้นแรกได้ทำการตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระก่อน เนื่องจากเป็นเงื่อนไขข้อหนึ่งในการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ คือตัวแปรอิสระทุกตัวต้องเป็นอิสระกัน ซึ่งในที่นี้ใช้ การตรวจสอบความสัมพันธ์ของตัวแปร โดยใช้สัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์ของ Pearson (Pearson Correlation) แสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่ามวลชีวภาพของใบ และค่าดัชนีพืชพรรณในรูปแบบต่างๆ ที่ได้ทำการปรับแก้ข้อมูลค่า NDVI

		Y_1	NDVI	band ratioing	GVI
Y_1	Pearson Correlation	1	0.544**	0.541**	-0.145
	Sig. (2-tailed)		0.024	0.025	0.58
	N	17	17	17	17
NDVI	Pearson Correlation	0.544**	1	0.999**	-0.272
	Sig. (2-tailed)	0.024		0	0.29
	N	17	17	17	17
IRR	Pearson Correlation	0.541**	0.999**	1	-0.273
	Sig. (2-tailed)	0.025	0		0.289
	N	17	17	17	17
GVI	Pearson Correlation	-0.145	-0.272	-0.273	1
	Sig. (2-tailed)	0.58	0.29	0.289	
	N	17	17	17	17

หมายเหตุ ** นัยสำคัญที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 7 การใช้ Pearson Correlation ทดสอบตัวแปร พบว่า ตัวแปรค่ามวลชีวภาพของใบ (Y_1) ค่าดัชนี NDVI (X_1) และค่า band ratioing (X_2) มีความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และแสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของปริมาณเชื้อเพลิง (Y_1) และค่าดัชนีพืชพรรณในรูปแบบต่างๆ ได้แก่ ค่าดัชนี NDVI (X_1) ค่า band ratioing (X_2) และค่า GVI (X_3) พบว่าค่ามวลชีวภาพของใบ (Y_1) มีความสัมพันธ์กับค่า NDVI มากที่สุด โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่า เท่ากับ 0.544 รองลงมาได้แก่ ค่า band ratioing และค่า GVI ตามลำดับ

เมื่อนำตัวแปรอิสระซึ่งได้แก่ ค่าดัชนีความแตกต่างของความเป็นพืชพรรณ NDVI (X_1) ค่า band ratioing (X_2) และค่าดัชนีสีเขียวของพืชพรรณ GVI (X_3) มาวิเคราะห์หาสมการถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (stepwise multiple regression analysis) พบว่ามีค่าตัวแปรอิสระคือ ค่าดัชนีความแตกต่างของความเป็นพืชพรรณ NDVI ตัวแปรเดียวเท่านั้นที่ถูกเลือกเข้าสู่สมการ ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.01 โดยมีสมการความสัมพันธ์ ดังนี้

$$\text{ค่ามวลชีวภาพของใบ (Y}_1\text{)} = 47.195 + 22.435(\text{NDVI})$$

สมการดังกล่าวมีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) = 0.296 หมายความว่า ตัวแปรอิสระค่าดัชนีความแตกต่างของความเป็นพืชพรรณ (NDVI) สามารถใช้พยากรณ์มวลชีวภาพของใบ (Y_1) ได้ร้อยละ 29.6 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงซ้อน (R) จากสมการมีค่าเท่ากับ 0.54 หมายความว่า ค่ามวลชีวภาพของใบที่ได้จากการประมาณขึ้นอยู่กับอิทธิพลของค่า NDVI (X_1) ร้อยละ 54 ที่เหลืออีก ร้อยละ 46 เป็นผลมาจากอิทธิพลของปัจจัยอื่น เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อหาความมีนัยสำคัญทางสถิติของสมการที่ได้ พบว่า ค่ามวลชีวภาพของใบ (Y_1) ที่กำหนดให้เป็นค่าตัวแปรตามกับ ค่าดัชนีความแตกต่างของความเป็นพืชพรรณ (NDVI) ที่กำหนดให้เป็นตัวแปรอิสระ มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับ 0.01 ($F = 6.316$) ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน แสดงตามตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อหาค่าความมีนัยสำคัญทางสถิติของสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามวลชีวภาพของใบ กับค่า NDVI

	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Regression	842.542	1	842.542	6.316
Residual	2000.909	15	133.394	
Total	2843.451	16		

ทำการหาสมการรูปแบบอื่นเพื่อนำไปใช้ประมาณค่าตัวแปรตาม (ค่ามวลชีวภาพของใบ) ที่มีค่า NDVI ของข้อมูลภาพ SPOT 5 เป็นตัวแปรอิสระ ได้ทำการกำหนดรูปแบบสมการที่มีความสัมพันธ์ในรูปแบบอื่น ได้แก่ แบบลอการิทึม แบบยกกำลัง และแบบเอ็กโพเนนเชียล ซึ่งเป็นรูปแบบของสมการถดถอยเส้นโค้ง พบว่า สมการรูปแบบเส้นตรงของความสัมพันธ์ระหว่าง ค่ามวลชีวภาพของใบ (Y_1) กับ ปัจจัยค่า NDVI เป็นสมการที่ดีที่สุด

2) การหาปริมาณเชื้อเพลิงโดยอาศัยการประมาณค่าปริมาณเชื้อเพลิงจากภาคสนาม

การเก็บข้อมูลภาคสนามเพื่อประมาณค่าปริมาณเชื้อเพลิงนั้น ทำการวางแผนตัวอย่างในแต่ละชนิดป่า คือ ป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรัง และป่าดิบแล้ง ชนิดป่าอย่างละ 10 จุด ทั้งหมดรวม 30 จุด ทั้งนี้เพื่อให้จุดสำรวจครอบคลุมพื้นที่ชนิดป่าในป่าสาธิตแม่ลาว หน่วยจัดการแม่หวด แต่ละจุดสำรวจวางแผนตัวอย่างขนาด 1x1 เมตร ภายในกึ่งกลางแปลงตัวอย่าง ขนาด 30x30 เมตรของแปลง

เก็บข้อมูลมวลชีวภาพของใบ ข้อมูลที่ได้จากการเก็บจากภาคสนาม นำมาคำนวณค่าปริมาณเชื้อเพลิง ซึ่งค่าปริมาณเชื้อเพลิงจากขนาดแปลงตัวอย่าง 1x1 เมตร ที่คำนวณได้จะต้องทำการเฉลี่ยค่าให้เท่ากับขนาดจุดภาพของดาวเทียม SPOT 5 คือ เท่ากับ 10x10 เมตร และนำข้อมูลภาพดาวเทียมตำแหน่งพิกัดเดียวกับพื้นที่ทำการเก็บข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิง มาทำการวิเคราะห์หาค่าดัชนีพืชพรรณในรูปแบบต่างๆ ได้แก่ ค่าดัชนีความแตกต่างของความเป็นพืชพรรณ (NDVI) ค่าอัตราส่วนระหว่างแบนด์ (band ratioing) และค่าดัชนีสีเขียวของพืชพรรณ (GVI) จะได้ข้อมูลแสดงดังตารางที่ 9

การหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลจากภาคสนาม ได้แก่ ค่าปริมาณเชื้อเพลิง (Y_2) กับค่าดัชนีพืชพรรณ ได้แก่ ค่า NDVI (X_1) ค่า band ratioing (X_2) และค่า GVI (X_3) ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม นำมาหาความสัมพันธ์กันโดยการวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (stepwise multiple regression analysis) โดยการทำการคัดเลือกตัวแปรอิสระ คือ ค่าดัชนีพืชพรรณที่มีความสัมพันธ์สูงสุดกับตัวแปรตาม คือ ปริมาณเชื้อเพลิง เข้าไปในสมการ เพื่อหาสมการที่เหมาะสม โดยในขั้นแรกได้ทำการตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระก่อน เนื่องจากเป็นเงื่อนไขข้อหนึ่งในการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ คือตัวแปรอิสระทุกตัวต้องเป็นอิสระกัน ซึ่งในที่นี้ใช้ การตรวจสอบความสัมพันธ์ของตัวแปร โดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Pearson (Pearson Correlation) แสดงดังตารางที่ 10

ตารางที่ 9 ค่าปริมาณเชื้อเพลิงที่ได้และค่าดัชนีพืชพรรณในรูปแบบต่างๆ ที่มีตำแหน่งเดียวกันในพื้นที่ศึกษาป่าสาธิตแม่จาว หน่วยจัดการแม่หวด

แปลง	ตำแหน่งพิกัดระบบ UTM		ค่าปริมาณเชื้อเพลิง (กิโลกรัม)	NDVI	band ratioing	GVI
	ตะวันออก	เหนือ				
1	597448	2058895	59	0.011	1.022	55
2	597348	2058679	86.22	-0.018	0.965	58
3	597350	2058059	52.06	0.011	1.022	56
4	597621	2057539	122.4	-0.09	0.835	54
5	597861	2057496	102.45	-0.057	0.892	52
6	596721	2055403	105	-0.022	0.957	58
7	596450	2055451	85	-0.017	0.966	56
8	596181	2055558	114	-0.055	0.896	55
9	596137	2055208	87.5	-0.029	0.943	55
10	596797	2054478	67.26	0.067	1.143	54
11	596990	2054493	84.42	-0.03	0.941	54
12	597058	2054454	86.59	-0.053	0.9	51
13	597162	2054452	94	-0.052	0.901	52
14	593964	2058472	75	0.045	1.094	57
15	593554	2058085	84.23	0.079	1.172	55
16	593294	2057696	85.41	-0.051	0.904	62
17	592513	2057838	68	0.088	1.193	54
18	592423	2057876	66	0.07	1.151	61
19	592292	2057904	60	0	1	58
20	592567	2057737	72	0.034	1.071	59
21	597976	2061011	63.5	0.006	1.011	59
22	597854	2061547	78.72	-0.016	0.862	59
23	598270	2060926	66	0.022	1.044	59
24	598531	2060736	59.5	-0.006	0.989	56
25	598854	2060811	73	0.056	1.12	56
26	592378	2053383	79.5	0.07	1.151	57
27	591933	2053308	66.42	0.04	1.083	58
28	591732	2054094	94	0.114	1.258	56
29	591474	205437	71.5	0.032	1.067	56
30	591236	2054295	73	0.034	1.071	54

ตารางที่ 10 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่าปริมาณเชื้อเพลิง และค่าดัชนีพืชพรรณในรูปแบบต่างๆ

		Y_2	NDVI	band ratioing	GVI
Y_2	Pearson Correlation	1	-0.525**	-0.469**	-0.315
	Sig. (2-tailed)		0.003	0.009	0.09
	N	30	30	30	30
NDVI	Pearson Correlation	-0.525**	1	0.981**	0.209
	Sig. (2-tailed)	0.003		0	0.269
	N	30	30	30	30
IRR	Pearson Correlation	-0.469**	0.981**	1	0.147
	Sig. (2-tailed)	0.009	0		0.438
	N	30	30	30	30
GVI	Pearson Correlation	-0.315	0.209	0.147	1
	Sig. (2-tailed)	0.09	0.269	0.438	
	N	30	30	30	30

หมายเหตุ ** นัยสำคัญที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 10 การใช้ Pearson Correlation ทดสอบตัวแปร พบว่า ตัวแปรค่าปริมาณเชื้อเพลิง (Y_2) ค่าดัชนี NDVI (X_1) และค่า band ratioing (X_2) มีความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของค่าปริมาณเชื้อเพลิง (Y_2) กับค่าดัชนีพืชพรรณ ได้แก่ ค่า NDVI (X_1) ค่า band ratioing (X_2) และค่า GVI (X_3) พบว่า มีความสัมพันธ์กับค่า NDVI มากที่สุด โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ มีค่า เท่ากับ 0.525 และมีทิศทางความสัมพันธ์ในทางตรงกันข้าม รองลงมาได้แก่ ค่า band ratioing และค่า GVI ตามลำดับ

จากลักษณะของความสัมพันธ์ดังแสดงในตารางที่ 10 พบความผิดปกติของความสัมพันธ์ของข้อมูลในขั้นต้น โดยสังเกตได้จากข้อมูลตารางที่ 9 ค่า NDVI ที่มีค่าน้อยกว่า 0 แสดงถึงพื้นที่ที่ไม่มีพืชพรรณ แต่ในแปลงตัวอย่างพบข้อมูลที่น่ามาประมาณค่าเชื้อเพลิงได้ ซึ่งเป็นผลมาจากอิทธิพลของภาพถ่ายดาวเทียมในช่วงฤดูแล้ง (เดือนกุมภาพันธ์-มีนาคม) ที่พืชพรรณมีการผลัดใบ ทั้งนี้เพื่อความถูกต้องของข้อมูลขั้นต้นในการหาความสัมพันธ์ของข้อมูลในการประมาณค่าปริมาณเชื้อเพลิงจึงได้ทำการคัดเอาแปลงตัวอย่างที่มีค่า NDVI ที่มีค่าน้อยกว่า 0 ออก เพื่อความถูกต้องของข้อมูลในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลภาคสนาม และค่าดัชนีพืชพรรณ ซึ่งแสดงข้อมูลชุดใหม่ที่น่ามาวิเคราะห์ได้ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ค่าปริมาณเชื้อเพลิงและค่าดัชนีพืชพรรณในรูปแบบต่างๆ ที่ทำการปรับแก้ความสัมพันธ์ข้อมูลขั้นต้น ตามตำแหน่งพิกัดของแปลงตัวอย่างที่มีตำแหน่งเดียวกัน

แปลง	ตำแหน่งพิกัดระบบ UTM		ค่าปริมาณเชื้อเพลิง (กิโลกรัม)	NDVI	IR/R	GVI
	ตะวันออก	เหนือ				
1	597448	2058895	59	0.011	1.022	55
2	597350	2058059	52.06	0.011	1.022	56
3	596797	2054478	67.26	0.067	1.143	54
4	593964	2058472	75	0.045	1.094	57
5	593554	2058085	84.23	0.079	1.172	55
6	592513	2057838	68	0.088	1.193	54
7	592423	2057876	66	0.07	1.151	61
8	592292	2057904	60	0	1	58
9	592567	2057737	72	0.034	1.071	59
10	597976	2061011	63.5	0.006	1.011	59
11	598270	2060926	66	0.022	1.044	59
12	598854	2060811	73	0.056	1.12	56
13	592378	2053383	79.5	0.07	1.151	57
14	591933	2053308	66.42	0.04	1.083	58
15	591732	2054094	94	0.114	1.258	56
16	591474	205437	71.5	0.032	1.067	56
17	591236	2054295	73	0.034	1.071	54

การหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลจากภาคสนาม ได้แก่ ค่าปริมาณเชื้อเพลิง (Y_2) กับค่าดัชนีพืชพรรณ ได้แก่ ค่า NDVI (X_1) ค่า band ratioing (X_2) และค่า GVI (X_3) ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและเป็นข้อมูลที่ได้ทำการคัดเอาข้อมูลในแปลงตัวอย่างที่มีค่า NDVI น้อยกว่า 0 ออกจากนั้นนำมาหาความสัมพันธ์กัน โดยการวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (stepwise multiple regression analysis) โดยการทำการคัดเลือกตัวแปรอิสระ คือ ค่าดัชนีพืชพรรณ ที่มีความสัมพันธ์สูงสุดกับตัวแปรตาม คือ ปริมาณเชื้อเพลิง (Y_2) เข้าไปในสมการ เพื่อหาสมการที่เหมาะสม โดยในขั้นแรกได้ทำการตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระก่อน เนื่องจากเป็นเงื่อนไขข้อหนึ่งในการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ คือตัวแปรอิสระทุกตัวต้องเป็นอิสระกัน ซึ่งในที่นี้ใช้ การตรวจสอบความสัมพันธ์ของตัวแปร โดยใช้สัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์ของ Pearson (Pearson Correlation) แสดงดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่าปริมาณเชื้อเพลิง และค่าดัชนีพืชพรรณในรูปแบบต่างๆ ที่ได้ทำการปรับแก้ข้อมูลค่า NDVI

		Y ₂	NDVI	band ratioing	GVI
Y ₂	Pearson Correlation	1	0.856**	0.859**	-0.304
	Sig. (2-tailed)		0	0	0.235
	N	17	17	17	17
NDVI	Pearson Correlation	0.856**	1	0.999**	-0.272
	Sig. (2-tailed)	0		0	0.29
	N	17	17	17	17
band ratioing	Pearson Correlation	0.859**	0.999**	1	-0.273
	Sig. (2-tailed)	0	0		0.289
	N	17	17	17	17
GVI	Pearson Correlation	-0.304	-0.272	-0.273	1
	Sig. (2-tailed)	0.235	0.29	0.289	
	N	17	17	17	17

หมายเหตุ ** นัยสำคัญที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 12 การใช้ Pearson Correlation ทดสอบตัวแปร พบว่า ตัวแปรค่าปริมาณเชื้อเพลิง (Y₂) ค่าดัชนี NDVI (X₁) และค่า band ratioing (X₂) มีความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของค่าปริมาณเชื้อเพลิง (Y₂) กับค่าดัชนีพืชพรรณ ได้แก่ ค่า NDVI (X₁) ค่า band ratioing (X₂) และค่า GVI (X₃) พบว่า ค่าปริมาณเชื้อเพลิง (Y₂) มีความสัมพันธ์กับค่า band ratioing มากที่สุด โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ มีค่าเท่ากับ 0.856 รองลงมาได้แก่ ค่า NDVI และค่า GVI ตามลำดับ

เมื่อนำตัวแปรอิสระซึ่งได้แก่ ค่าดัชนีความแตกต่างของความเป็นพืชพรรณ (NDVI) ค่าอัตราส่วนระหว่างแบนด์ (band ratioing) และค่าดัชนีสีเขียวของพืชพรรณ (GVI) มาวิเคราะห์หาสมการถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (Stepwise Multiple Regression Analysis) พบว่ามีค่าตัวแปรอิสระคือค่าอัตราส่วนระหว่างแบนด์ (band ratioing) ที่ถูกเลือกเข้าสู่สมการ ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.01 โดยมีสมการความสัมพันธ์ ดังนี้

$$\text{ค่าปริมาณเชื้อเพลิง (Y}_1\text{)} = -67.33 + 125.984(\text{band ratioing})$$

สมการดังกล่าวมีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) = 0.74 หมายความว่า ตัวแปรอิสระค่าอัตราส่วนระหว่างแบนด์ (band ratioing) สามารถใช้พยากรณ์ปริมาณเชื้อเพลิง (Y_2) ได้ ร้อยละ 74 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงซ้อน (R) จากสมการมีค่าเท่ากับ 0.86 หมายความว่า ค่าปริมาณเชื้อเพลิง (Y_2) ที่ได้จากการประมาณขึ้นอยู่กับอิทธิพลของค่า band ratioing (X_2) ร้อยละ 86 ที่เหลืออีก ร้อยละ 14 เป็นผลมาจากอิทธิพลของปัจจัยอื่น เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อหาความมีนัยสำคัญทางสถิติของสมการที่ได้ พบว่า ค่าปริมาณเชื้อเพลิง (Y_2) ที่กำหนดให้เป็นค่าตัวแปรตามกับค่าอัตราส่วนระหว่างแบนด์ (band ratioing) ที่กำหนดให้เป็นตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับ 0.01 ($F = 42.323$) ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงตามตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อหาค่าความมีนัยสำคัญทางสถิติของสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณเชื้อเพลิง กับค่า band ratioing

	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Regression	1309.846	1	1309.846	42.323
Residual	464.227	15	30.948	
Total	1774.073	16		

ทำการหาสมการรูปแบบอื่นเพื่อนำไปใช้ประมาณค่าตัวแปรตาม (ค่าปริมาณเชื้อเพลิง) ที่มีค่า band ratioing เป็นตัวแปรอิสระ ได้ทำการกำหนดรูปแบบสมการที่มีความสัมพันธ์ในรูปแบบอื่น ได้แก่ แบบลอการิทึม แบบยกกำลัง และแบบเอ็กโพเนนเชียล ซึ่งเป็นรูปแบบของสมการถดถอยเส้นโค้ง พบว่า สมการรูปแบบเส้นตรงของความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าปริมาณเชื้อเพลิง (Y_2) กับปัจจัยค่า band ratioing เป็นสมการที่ดีที่สุด

3) การเลือกสมการประมาณค่าปริมาณเชื้อเพลิงที่ดีที่สุด

การหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลภาคสนาม ได้แก่ ค่ามวลชีวภาพของใบ (Y_1) และค่าปริมาณเชื้อเพลิง (Y_2) กับค่าดัชนีพืชพรรณ ได้แก่ ค่า NDVI (X_1) ค่า band ratioing (X_2) และ ค่า GVI (X_3) ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ได้สมการแสดงความสัมพันธ์ทั้งหมด ดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลภาคสนามกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

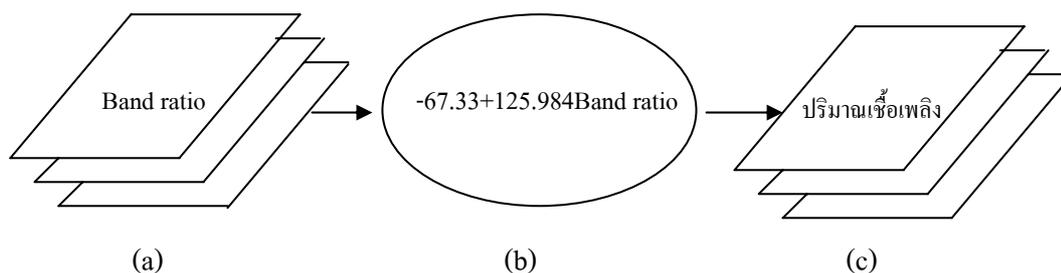
สมการ	R ²
$Y_1 = 47.195 + 22.435(\text{NDVI})$	0.30
$Y_2 = -67.33 + 125.984(\text{band ratioing})$	0.74

จากตารางที่ 14 สมการความสัมพันธ์ทั้งหมดที่ได้จากการศึกษา พบว่า สมการที่เป็นสมการความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าปริมาณเชื้อเพลิงจากภาคสนาม กับ ค่าอัตราส่วนระหว่างแบนด์ ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเป็นสมการที่ดีที่สุดที่เลือกมาเพื่อใช้พยากรณ์ปริมาณเชื้อเพลิงในพื้นที่ศึกษา เนื่องจากเป็นสมการความสัมพันธ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ตัวหนด (R²) มากที่สุด เท่ากับ 0.74 ซึ่งมีรูปแบบสมการดังนี้

$$Y_2 = -67.33 + 125.984(\text{band ratioing})$$

$$\begin{aligned} \text{เมื่อ } Y_2 &= \text{ค่าปริมาณเชื้อเพลิง (กิโลกรัม)} \\ \text{band ratioing} &= \text{ค่าอัตราส่วนระหว่างแบนด์} \end{aligned}$$

นำรูปแบบความสัมพันธ์ที่ได้ประเมินหาค่าปริมาณเชื้อเพลิง ในพื้นที่ศึกษาทำการวิเคราะห์ในโปรแกรมประมวลผลภาพถ่ายดาวเทียม ด้วยวิธีการสร้าง spatial modeler ตามรูปแบบสมการความสัมพันธ์ที่ได้ โดยนำชั้นข้อมูลค่า band ratioing ที่จัดเก็บในรูปแบบกริดเซลล์นำเข้าสู่สมการค่าผลลัพธ์ที่ได้เป็นค่าปริมาณเชื้อเพลิงทั้งพื้นที่ศึกษานำข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงมาจัดเก็บในรูปแบบเชิงกริดที่มีขนาด 10x10 เมตร โดยขั้นตอนแสดงการสร้าง spatial modeler เพื่อการประมาณค่าปริมาณเชื้อเพลิงทั่วพื้นที่ศึกษาดังภาพที่ 6



(a) ข้อมูลค่าอัตราส่วนระหว่างแบนด์ (band ratioing) ที่วิเคราะห์ได้จากภาพดาวเทียม และจัดเก็บไว้ในรูปกริดเซลล์

(b) กล่องเครื่องมือสำหรับกำหนดค่าการคำนวณตามรูปสมการความสัมพันธ์ให้กับข้อมูลเชิงกริด

(c) ข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงที่ได้ออกมาในรูปแบบข้อมูลเชิงกริด

ภาพที่ 6 ขั้นตอนการสร้าง Spatial Modeler เพื่อการประมาณค่าปริมาณเชื้อเพลิงทั่วพื้นที่ศึกษา

จากข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงทั่วพื้นที่ศึกษาที่ประมาณได้จากสมการ สามารถทำการแบ่งพื้นที่ออกเป็น 6 ชั้นคือ พื้นที่ที่มีค่าปริมาณเชื้อเพลิงน้อยกว่า 50 กิโลกรัม 50-100 กิโลกรัม 100-150 กิโลกรัม 150-200 กิโลกรัม 200-250 กิโลกรัม และ มากกว่า 250 กิโลกรัม ซึ่งพบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่มีค่าปริมาณเชื้อเพลิง 100-150 กิโลกรัม มีพื้นที่ 144.90 ตร.กม. รองลงมาคือ 200-250 กิโลกรัม มีพื้นที่ 129.90 ตร.กม. 150-200 กิโลกรัม มีพื้นที่ 85.54 ตร.กม. มากกว่า 250 กิโลกรัม มีพื้นที่ 34.44 ตร.กม. 50-100 กิโลกรัม มีพื้นที่ 10.83 ตร.กม. และน้อยกว่า 50 กิโลกรัม มีพื้นที่ 2.10 ตร.กม. ตามลำดับ

ผลการซ้อนทับข้อมูลพื้นที่ที่เกิดไฟกับข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงทั่วพื้นที่ศึกษา พบว่าพื้นที่ที่เกิดไฟส่วนใหญ่ มีค่าปริมาณเชื้อเพลิง 100-150 กิโลกรัม มีพื้นที่เกิดไฟ 28.23 ตร.กม. รองลงมาคือ 200-250 กิโลกรัม มีพื้นที่เกิดไฟ 18.41 ตร.กม. 150-200 กิโลกรัม มีพื้นที่เกิดไฟ 15.24 ตร.กม. มากกว่า 250 กิโลกรัม มีพื้นที่เกิดไฟ 7.22 ตร.กม. 50-100 กิโลกรัม มีพื้นที่เกิดไฟ 1.33 ตร.กม. และน้อยกว่า 50 กิโลกรัม มีพื้นที่เกิดไฟ 0.08 ตร.กม. ตามลำดับ

รายละเอียดเกี่ยวกับพื้นที่และการกระจายของพื้นที่ในแต่ละปีจัดพื้นฐานสรุปไว้ในตารางที่ 15 และ ภาพที่ 6 ถึง ภาพที่ 16

ตารางที่ 15 พื้นที่และร้อยละของปัจจัยพื้นฐานที่ใช้กำหนดค่าความเสี่ยงต่อการเกิดไฟฟ้า

ระดับชั้นปัจจัยพื้นฐาน	พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละ	พื้นที่เกิดไฟ(ตร.กม.)	ร้อยละ
ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง				
(เมตร)				
200-400	120.66	29.59	34.60	49.06
400-600	172.41	42.29	33.70	47.80
600-800	92.33	22.65	2.15	3.05
800-1000	21.34	5.24	0.07	0.09
1000-1200	0.96	0.24	0.00	0.00
รวม	407.71	100.00	70.51	100.00
ค่าความลาดชัน (เปอร์เซ็นต์)				
น้อยกว่า 8	317.17	77.79	65.68	93.14
8-16	23.35	5.73	3.90	5.53
16-35	67.19	16.48	0.93	1.32
มากกว่า 35	0.00	0.00	0.00	0.00
รวม	407.71	100.00	70.51	100.00
ค่าทิศทางลาด				
เหนือ	43.66	10.71	8.64	12.25
ตะวันออกเฉียงเหนือ	64.95	15.93	10.00	14.18
ตะวันออก	54.75	13.43	9.04	12.83
ตะวันออกเฉียงใต้	61.20	15.01	9.09	12.90
ใต้	36.40	8.93	8.10	11.49
ตะวันตกเฉียงใต้	50.25	12.32	8.40	11.92
ตะวันตก	38.80	9.52	8.35	11.84
ตะวันตกเฉียงเหนือ	57.70	14.15	8.89	12.60
รวม	407.71	100.00	70.51	100.00
ระยะห่างจากถนน (เมตร)				
0-500	154.69	37.94	22.01	31.22
500-1000	82.73	20.29	10.69	15.16
1000-1500	53.40	13.10	8.41	11.93
1500-2000	37.90	9.30	7.98	11.32
มากกว่า2000	79.00	19.38	21.42	30.38
รวม	407.71	100.00	70.51	100.00

ตารางที่ 15 (ต่อ)

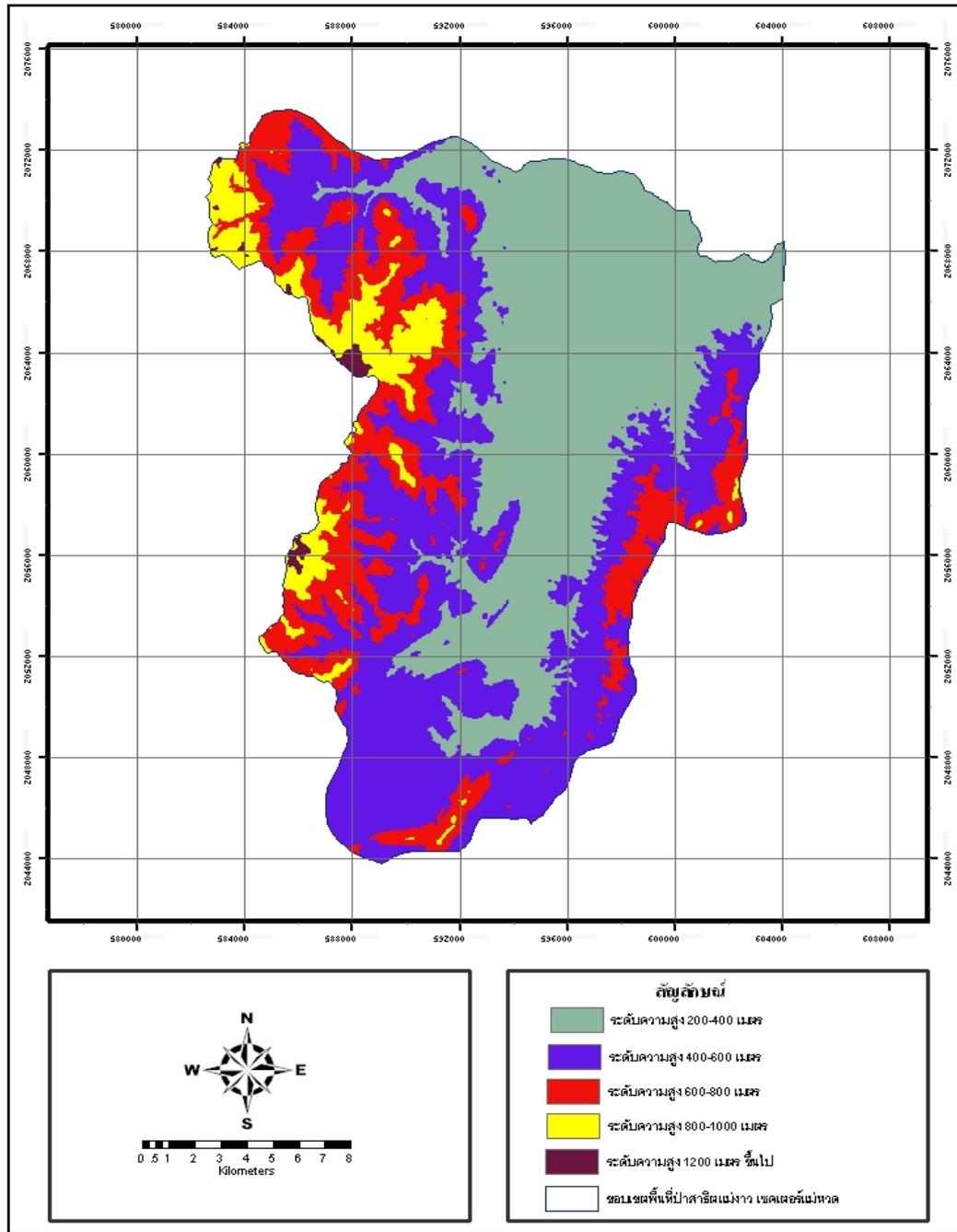
ระดับชั้นปัจจัยพื้นฐาน	พื้นที่(ตร.กม.)	ร้อยละ	พื้นที่เกิดไฟ(ตร.กม.)	ร้อยละ
ระยะห่างจากถนน (เมตร)				
0-500	154.69	37.94	22.01	31.22
500-1000	82.73	20.29	10.69	15.16
1000-1500	53.40	13.10	8.41	11.93
1500-2000	37.90	9.30	7.98	11.32
มากกว่า2000	79.00	19.38	21.42	30.38
รวม	407.71	100.00	70.51	100.00
ระยะห่างจากหมู่บ้าน (เมตร)				
0-500	153.70	37.70	23.24	32.96
500-1000	95.72	23.48	18.50	26.24
1000-1500	54.76	13.43	11.75	16.66
1500-2000	35.25	8.65	8.15	11.55
2000-2500	26.04	6.39	4.92	6.98
2500-3000	18.23	4.47	2.41	3.42
3000-4000	19.48	4.78	1.35	1.92
4000-5000	4.17	1.02	0.07	0.11
มากกว่า5000	0.37	0.09	0.11	0.16
รวม	407.71	100.00	70.51	100.00
ค่าความเป็นสีเขียวของพืช				
39-49	3.00	0.73	0.13	0.18
49-58	161.85	39.70	5.51	7.82
58-68	184.45	45.24	35.43	50.25
68-77	51.61	12.66	27.86	39.51
77-87	5.60	1.37	1.57	2.22
87-97	1.13	0.28	0.01	0.00
97-106	0.07	0.02	0.00	0.00
รวม	407.71	100.00	70.51	100.00

ตารางที่ 15 (ต่อ)

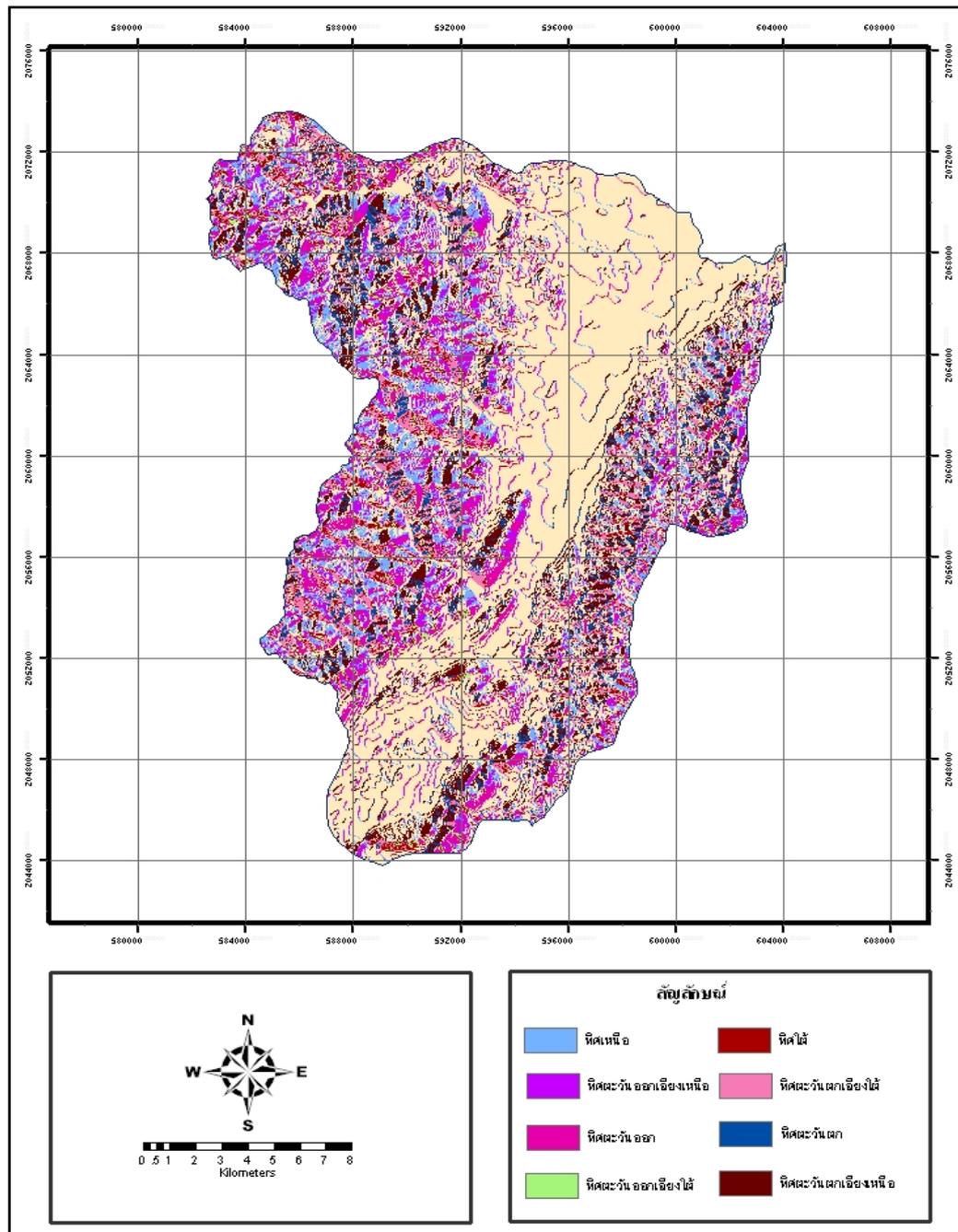
ระดับชั้นปัจจัยพื้นฐาน	พื้นที่(ตร.กม.)	ร้อยละ	พื้นที่เกิดไฟ(ตร.กม.)	ร้อยละ
ค่าความต่างของความเป็นพิษพรรณ				
น้อยกว่า -0.053	0.05	0.01	0.01	0.01
-0.053 - -0.013	0.67	0.16	0.33	0.47
-0.013 - 0.026	13.30	3.26	3.38	4.80
0.026 - 0.066	114.89	28.18	9.20	13.04
0.066 - 0.106	152.90	37.50	36.31	51.50
0.106 - 0.145	85.54	20.99	20.49	29.05
0.145 - 0.185	37.58	9.22	0.80	1.13
มากกว่า 0.185	2.80	0.69	0.00	0.00
รวม	407.71	100.00	70.51	100.00
ค่าอัตราส่วนระหว่างแบนด์				
0.65-0.76	1.72	0.42	0.84	1.19
0.76-0.87	126.80	31.10	11.98	16.99
0.87-0.98	118.56	29.08	44.20	62.68
0.98-1.09	74.17	18.19	7.29	10.33
1.09-1.20	86.46	21.21	6.21	8.81
รวม	407.71	100.00	70.51	100.00
ระยะห่างจากแม่น้ำ (เมตร)				
0-50	75.80	18.59	13.05	18.50
50-100	71.33	17.49	12.60	17.87
100-200	115.87	28.42	19.78	28.06
200-300	69.49	17.04	11.50	16.31
300-500	55.78	13.68	9.11	12.92
500-700	14.76	3.62	3.36	4.77
มากกว่า700	4.68	1.15	1.11	1.57
รวม	407.71	100.00	70.51	100.00

ตารางที่ 15 (ต่อ)

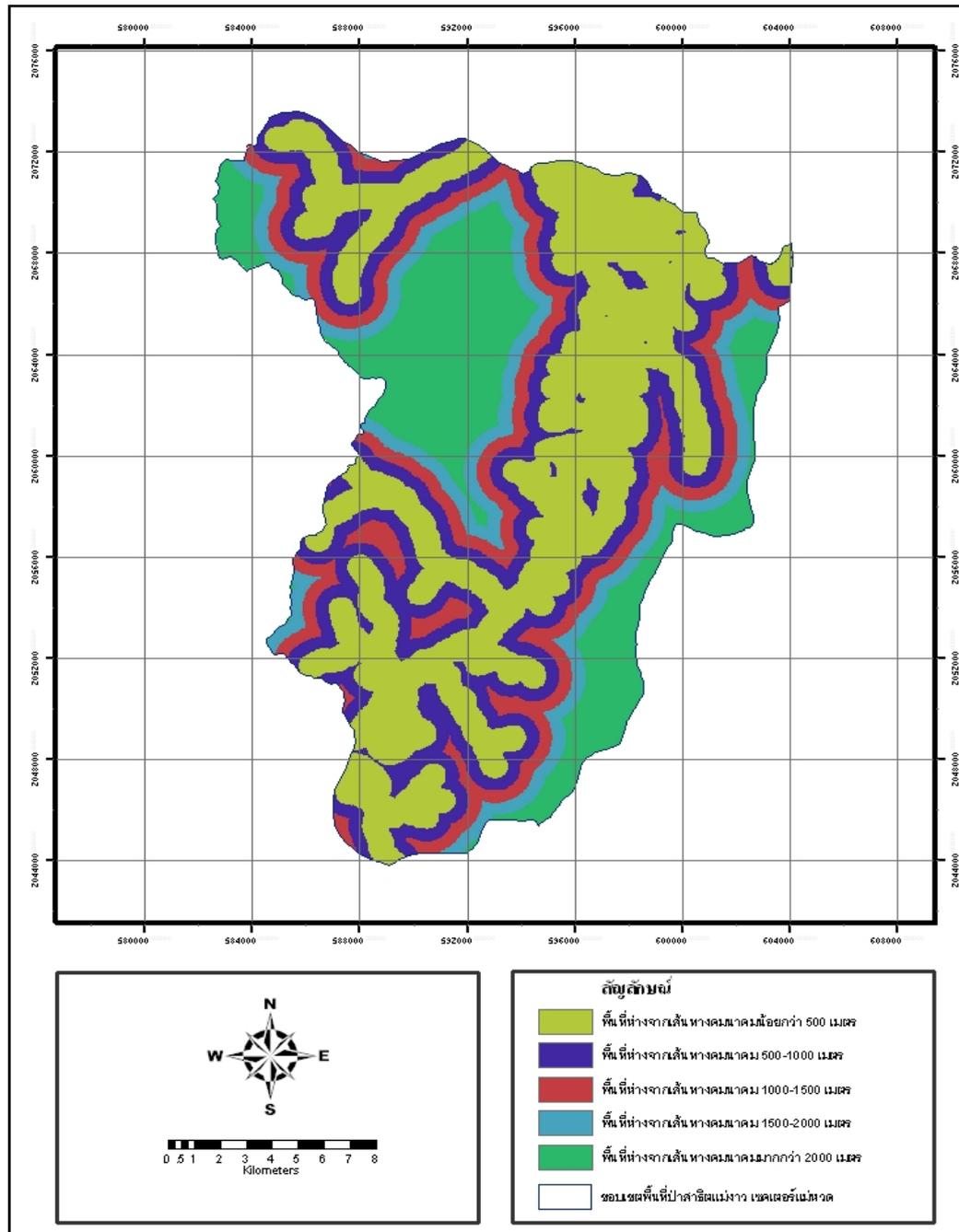
ปัจจัยพื้นฐาน	ระดับชั้น	พื้นที่(ตร.กม.)	พื้นที่เกิดไฟ(ตร.กม.)	ร้อยละ
ระยะห่างจากพื้นที่เกษตรกรรม				
(เมตร)				
0-500	191.94	47.08	29.78	42.23
500-1000	79.37	19.47	12.66	17.95
1000-1500	49.44	12.13	8.78	12.45
1500-2000	31.57	7.74	8.04	11.40
2000-3000	42.33	10.39	10.01	14.19
มากกว่า3000	13.06	3.20	1.25	1.78
รวม	407.71	100.00	70.51	100.00
ปริมาณเชื้อเพลิง (กิโลกรัม)				
0-50	2.10	1.25	0.08	0.11
50-100	10.83	1.92	1.33	1.88
100-150	144.90	35.54	28.23	40.04
150-200	85.54	20.98	15.24	21.61
200-250	129.90	31.86	18.41	26.11
250-300	34.44	8.45	7.22	10.24
รวม	407.71	100.00	70.51	100.00



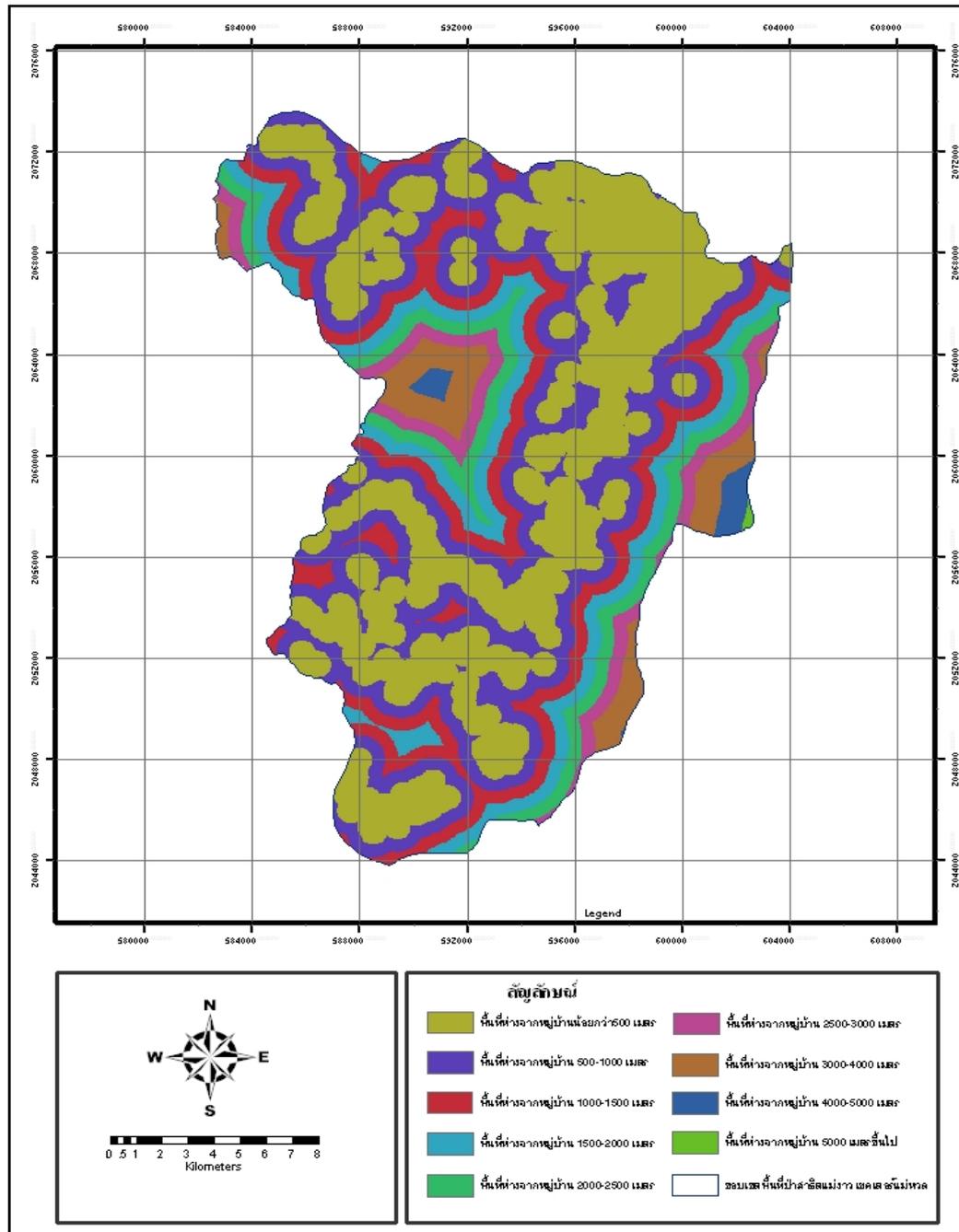
ภาพที่ 7 ระดับความสูงของพื้นที่ศึกษาในแต่ละระดับชั้นความสูง



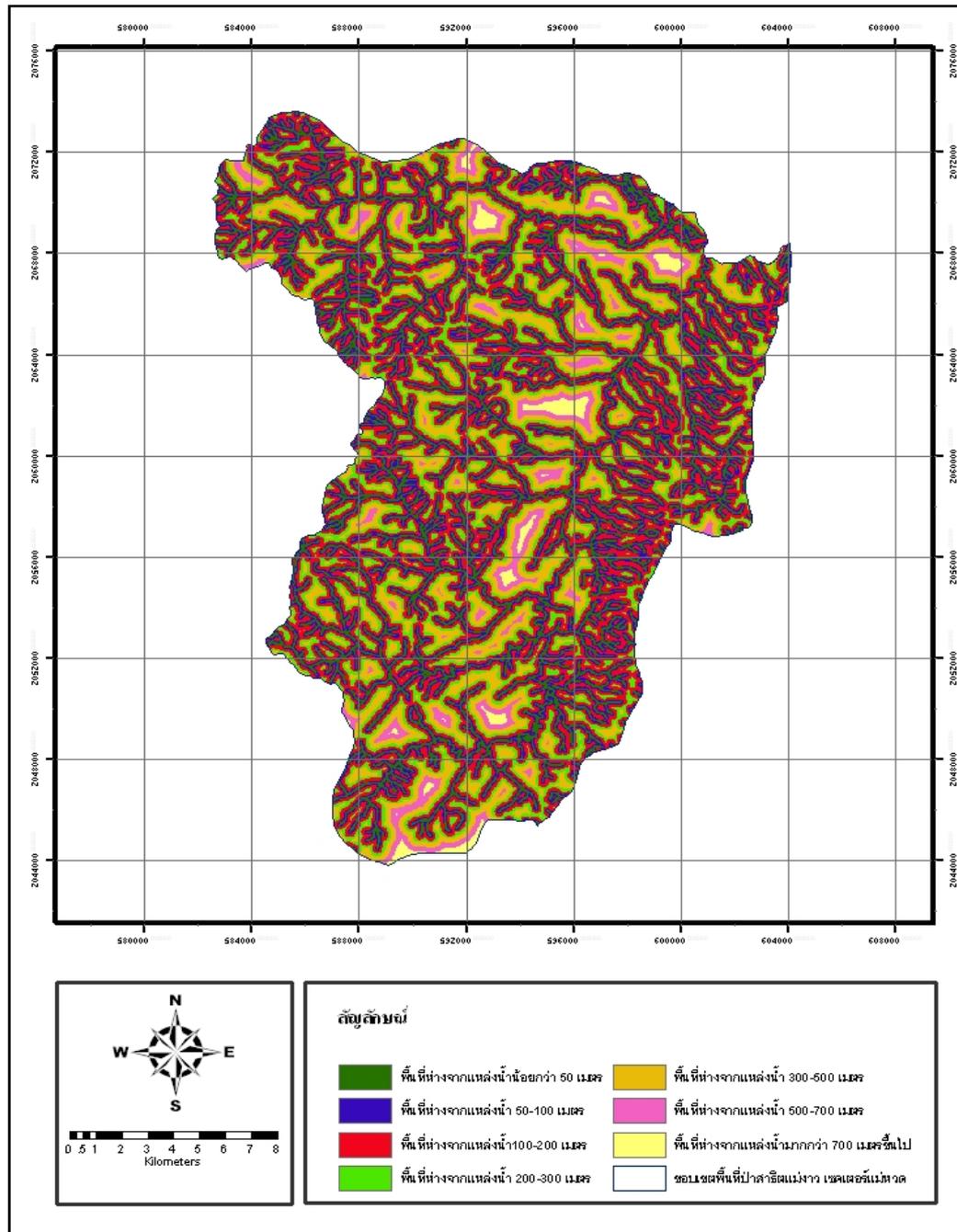
ภาพที่ 8 ที่ส่ด้านลาดของพื้นที่ศึกษาในแต่ละระดับชั้น



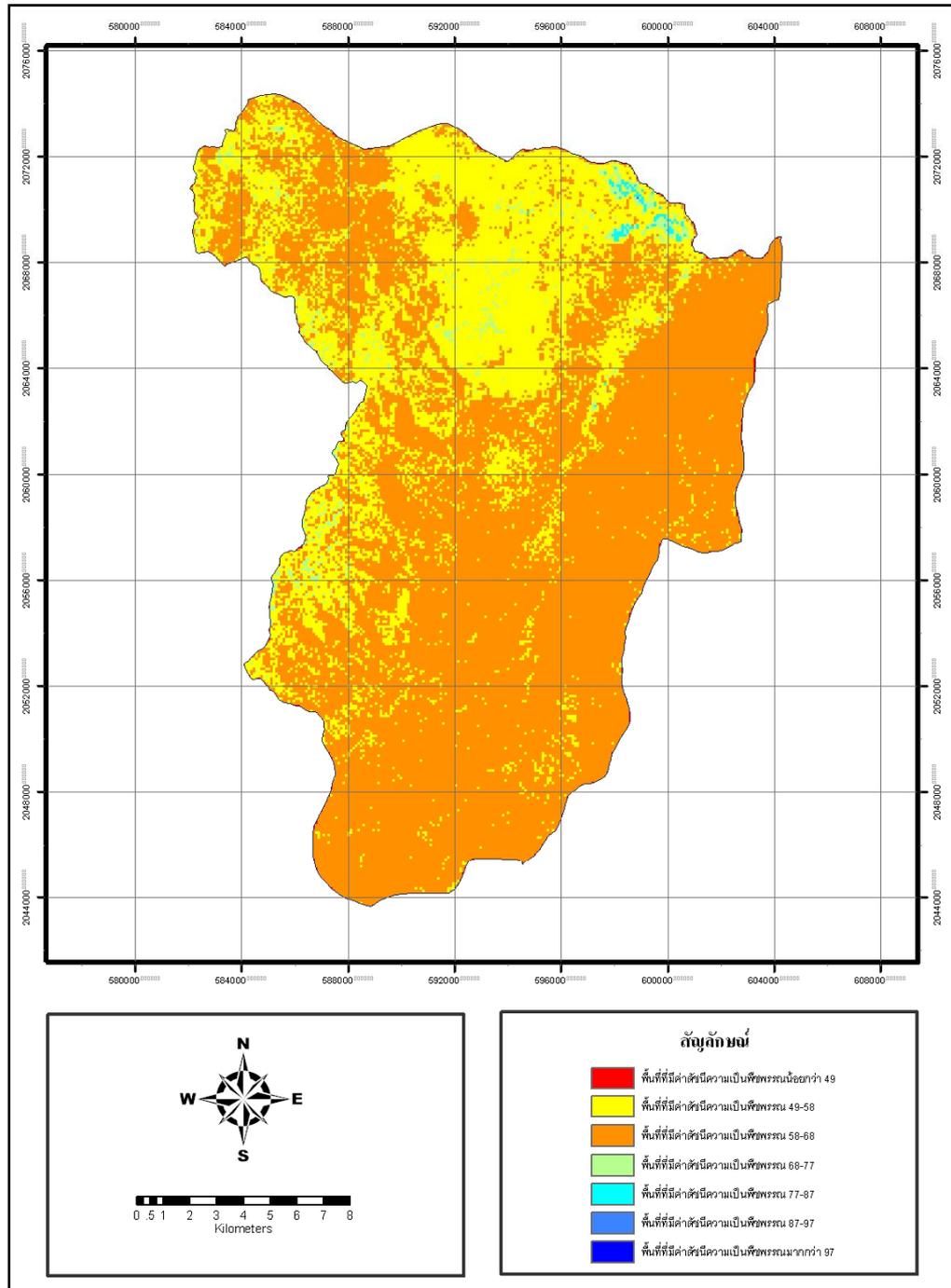
ภาพที่ 9 ความห่างจากเส้นทางคมนาคมของพื้นที่ศึกษาในแต่ละระดับชั้น



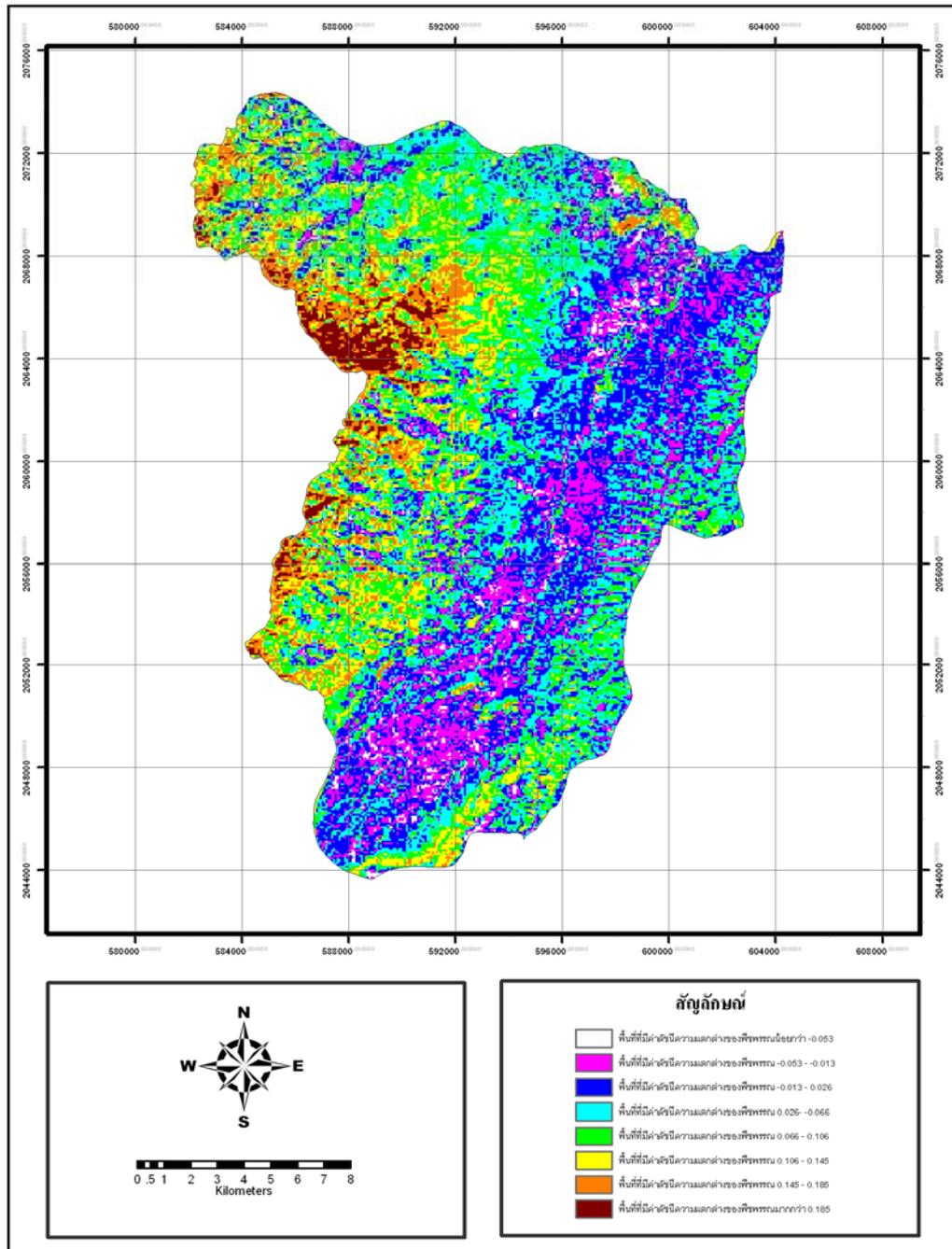
ภาพที่ 10 ความห่างจากหมู่บ้านของพื้นที่ศึกษาในแต่ละระดับชั้น



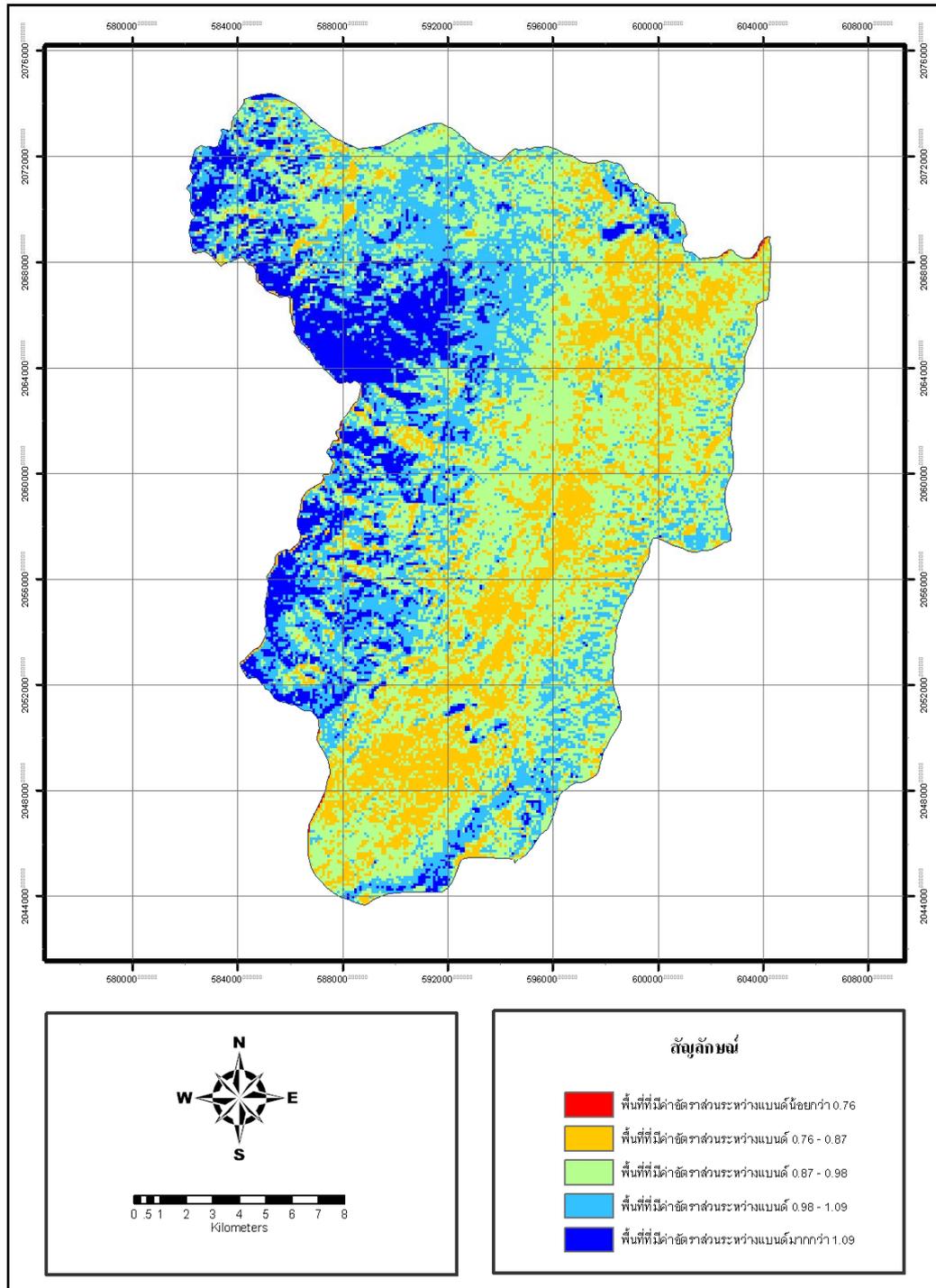
ภาพที่ 11 ความห่างจากแหล่งน้ำของพื้นที่ศึกษาในแต่ละระดับชั้น



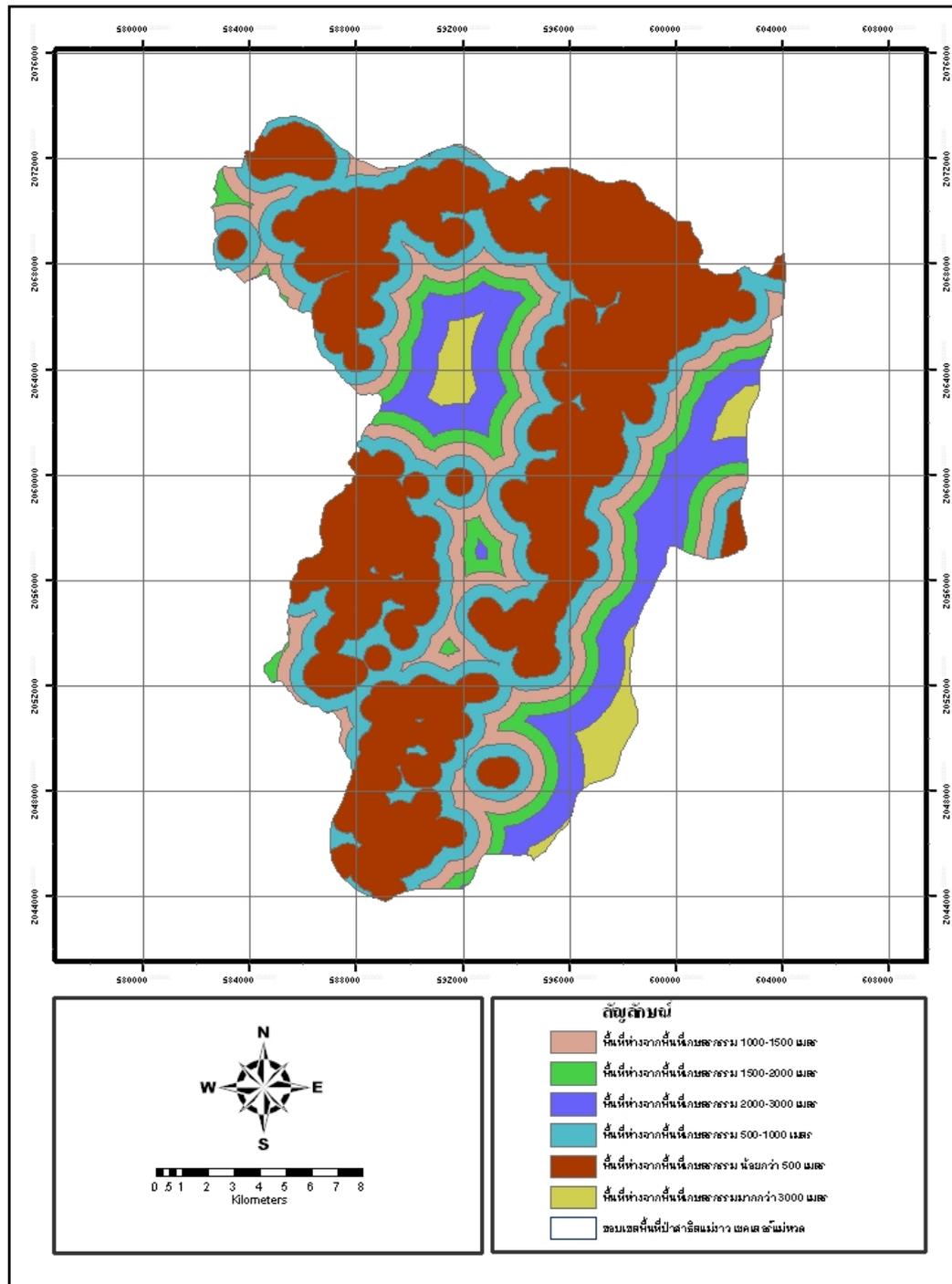
ภาพที่ 12 ค่าดัชนีความเป็นสีเขียวของพืชพรรณ (GVI) ของพื้นที่ศึกษา



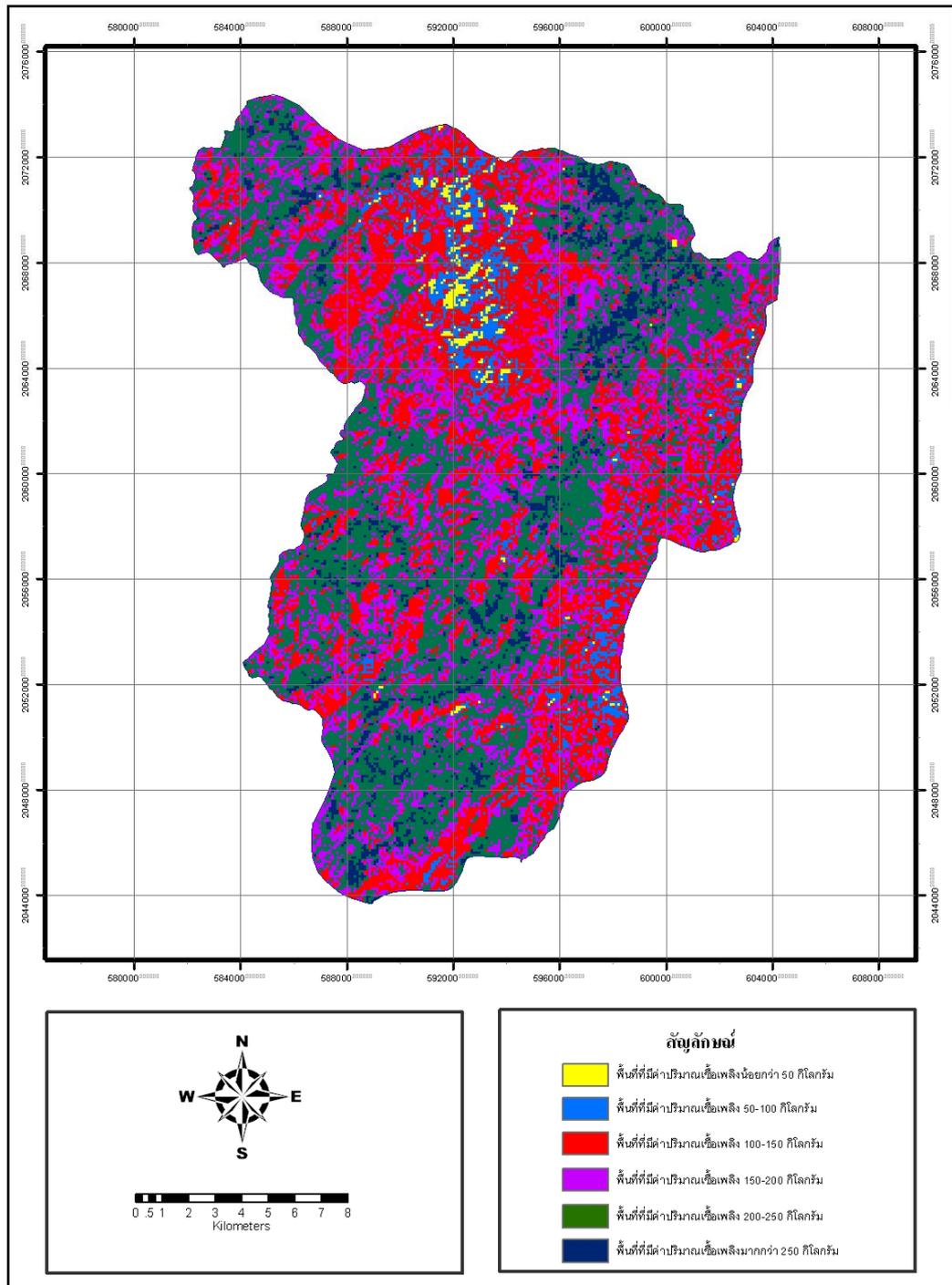
ภาพที่ 13 ค่าดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณ (NDVI) ของพื้นที่ศึกษา



ภาพที่ 14 ค่าอัตราส่วนระหว่างแบนด์ (band ratioing) ของพื้นที่ศึกษา



ภาพที่ 15 ค่าความห่างจากพื้นที่เกษตรกรรมของพื้นที่ศึกษาในแต่ละระดับชั้น



ภาพที่ 16 ปริมาณเชื้อเพลิงในพื้นที่ศึกษา

3. ผลการวิเคราะห์หาพื้นที่เสี่ยงในการเกิดไฟ

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์พยากรณ์การเกิดไฟป่าในพื้นที่ศึกษา โดยสร้างสมการที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยแวดล้อมต่างๆ และความถี่ในการเกิดไฟเพื่อจุดประสงค์ในการพยากรณ์พื้นที่เสี่ยงในการเกิดไฟ โดยทำการซ้อนทับชั้นข้อมูลแผนที่พื้นที่ที่ถูกไฟไหม้ในระหว่างปี 2547 และ 2548 กับข้อมูลปัจจัยพื้นฐานต่างๆที่นำมาใช้ ผลที่ได้จะแสดงพื้นที่ที่เกิดไฟในปัจจัยพื้นฐานในแต่ละชั้น นำผลที่ได้วิเคราะห์หาความสัมพันธ์โดยกำหนดให้ตัวแปรตามคือ การเกิดไฟป่า (Y) และตัวแปรอิสระคือ ค่าระดับความสูง (X_1) ทิศด้านลาด (X_2) ความลาดชัน (X_3) ระยะห่างจากแม่น้ำ (X_4) ระยะห่างจากถนน (X_5) ระยะห่างจากหมู่บ้าน (X_6) ระยะห่างจากพื้นที่เกษตรกรรม (X_7) ความแตกต่างของความเป็นพืชพรรณ (X_8) ค่าอัตราส่วนระหว่างแบนด์ (X_9) ค่าดัชนีสีเขียวของพืชพรรณ (X_{10}) ปริมาณเชื้อเพลิง (X_{11}) โดยการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (stepwise multiple regression analysis) โดยทำการคัดเลือกตัวแปรอิสระคือ ค่าปัจจัยการเกิดไฟป่าในแต่ละชั้นข้อมูลที่มีความสัมพันธ์สูงสุดกับตัวแปรตาม คือ การเกิดไฟ เข้าไปในสมการเป็นขั้นๆทีละตัว เพื่อหาสมการความสัมพันธ์ที่เหมาะสมในการพยากรณ์การเกิดไฟในพื้นที่ศึกษา โดยในขั้นแรกได้ทำการตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระก่อน เนื่องจากเป็นเงื่อนไขข้อหนึ่งในการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ คือตัวแปรอิสระทุกตัวต้องเป็นอิสระกัน ซึ่งในที่นี้ใช้การตรวจสอบความสัมพันธ์ของตัวแปร โดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Pearson (Pearson Correlation) แสดงดังตารางที่ 16