

การประเมินการสูญเสียมวลชีวภาพจากการเกิดไฟป่าในป่าผลัดใบ บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง โดยเทคนิคการสำรวจจากระยะไกล

Assessment of Biomass Losses from Forest Fire in Deciduous Forest at Huai Kha Khaeng Wildlife Sanctuary Using Remote Sensing Techniques

คำนำ

ไฟป่าในประเทศไทยนั้นเกิดขึ้นเป็นประจำเกือบทุกปี โดยเฉพาะในฤดูแล้ง ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงพฤษภาคม ซึ่งสาเหตุของการเกิดไฟป่านั้นสามารถกล่าวได้ว่าเกิดจากการกระทำของมนุษย์เกือบทั้งสิ้น จากการเก็บสถิติไฟป่าในประเทศไทย ตั้งแต่ปี 2528-2545 มีไฟป่าเกิดขึ้นทั้งสิ้น 105,169 ครั้ง ปรากฏว่า มีเพียง 4 ครั้งเท่านั้นที่มีหลักฐานยืนยันว่าสาเหตุของไฟป่าเกิดจากธรรมชาติ คือ ไฟผ่า ที่เหลือเกิดจากการกระทำของมนุษย์ทั้งสิ้น ซึ่งไฟป่าที่เกิดจากมนุษย์ส่วนใหญ่เกิดขึ้นทั้งด้วยความตั้งใจและความรู้เท่าไม่ถึงการณ์ ได้แก่ การเก็บหาของป่า เผาไร่ กลั่นแกล้ง ความประมาท ล่าสัตว์ เลี้ยงปศุสัตว์ และ ความลึกลับของ (ศิริ, 2546) นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอีกหลายประการทั้งทางชีวภาพ กายภาพที่มีผลต่อการเกิดไฟป่า

จากสาเหตุดังกล่าวข้างต้น เป็นต้นเหตุให้เกิดไฟป่าเป็นประจำทุกปี โดยเฉพาะในพื้นที่ป่าผลัดใบ คือ ป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ ซึ่งถูกไฟเผาทำลายได้ง่าย ผลของไฟป่าดังกล่าว ทำให้สภาพหรือพื้นที่ป่าไม่เปลี่ยนแปลงไป คือ มวลชีวภาพของสิ่งปกคลุมดินบนพื้นป่าสูญเสียไป ทำให้สภาพแวดล้อมของป่าเปลี่ยนแปลง และถือว่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) สู่บรรยากาศ ที่ส่งผลกระทบทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศได้ ดังนั้นการได้ทราบถึงข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินหรือปริมาณการสูญเสียมวลชีวภาพของสิ่งปกคลุมดินบนพื้นป่าดังกล่าว จากการเกิดไฟป่า จะช่วยให้มีข้อมูลสำหรับการวางแผนเพื่อดำเนินการควบคุมไฟป่าได้อย่างเหมาะสมยิ่งขึ้น และยังทำให้มีข้อมูลที่ชัดเจนสำหรับประชาสัมพันธ์ให้ประชาชนทราบถึงบทบาทของไฟป่า เพื่อเป็นการกระตุ้นจิตสำนึกให้มากขึ้นในการร่วมกันแก้ปัญหาไฟป่า

ปัจจุบันได้มีการนำวิทยาการด้านการสำรวจจากระยะไกล (remote sensing) มาประยุกต์ใช้ในหลาย ๆ ด้านด้วยกัน เช่น ด้านป่าไม้ อุทกศาสตร์ การเกษตร ธรณีวิทยา สมุทรศาสตร์ เป็นต้น ซึ่ง

ข้อมูลจากการสำรวจจากระยะไกลสามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้ทันต่อเหตุการณ์ ครอบคลุมพื้นที่บริเวณกว้าง สะดวกรวดเร็ว และมีความถูกต้องแม่นยำสูง ตัวอย่างเช่น การนำข้อมูลจากภาพถ่ายทางอากาศ ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม มาใช้ในการสำรวจหาข้อมูล เพื่อจัดทำแผนที่แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดิน หรือการติดตามการเปลี่ยนแปลงของทรัพยากรป่าไม้และการใช้ประโยชน์ที่ดินในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งจะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการวางแผนการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ การศึกษาครั้งนี้เป็นการนำเทคนิคการสำรวจจากระยะไกลมาประยุกต์ใช้ในการประเมินการสูญเสียมวลชีวภาพจากการเกิดไฟป่าในป่าผลัดใบ คือ ป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ ซึ่งจะทำให้ทราบถึงปริมาณการเปลี่ยนแปลงมวลชีวภาพเหนือพื้นดินจากการเกิดไฟป่าในป่า ทั้งสองประเภทนี้ได้รวดเร็วขึ้น และช่วยให้มีข้อมูลสำหรับการวางแผนเพื่อดำเนินการควบคุมไฟป่าได้อย่างเหมาะสมรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์

เพื่อประยุกต์ใช้เทคนิคการสำรวจจากระยะไกลในการประเมินการสูญเสียมวลชีวภาพที่ผิวดินจากการเกิดไฟป่าในป่าผลัดใบ บริเวณพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง

ขอบเขตการศึกษา

ในการประเมินการสูญเสียมวลชีวภาพที่ผิวดินจากการเกิดไฟป่า โดยเทคนิคการสำรวจจากระยะไกลนั้น ได้ทำการศึกษาในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง เฉพาะพื้นที่ป่าผลัดใบ ซึ่งมี 2 ชนิด คือ ป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ

กรอบแนวคิด

1. ปริมาณมวลชีวภาพที่ผิวดินในรูป ปริมาณเชื้อเพลิงที่เป็นใบ สามารถหาได้จากการคำนวณปริมาณมวลชีวภาพของใบโดยสมการความสัมพันธ์ต่างมิติ (allometry equation) จากการวัดขนาดความโต และความสูงของต้นไม้ที่ได้จากภาคสนาม ซึ่งมีวิธีการเก็บข้อมูลที่ยุ่งยากซับซ้อน น้อยกว่าการหาปริมาณเชื้อเพลิงที่เป็นใบโดยตรง และเมื่อต้องการการประเมินแบบเร่งด่วน (rapid assessment) สามารถประมาณได้จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมวลชีวภาพของใบโดยสมการความสัมพันธ์ต่างมิติกับค่าดัชนีพืชพรรณต่าง ๆ ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม

Landsat 5 TM ซึ่งผลที่ได้สามารถแสดงในเชิงพื้นที่ได้ทั่วพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง และสามารถประเมินหาปริมาณการสูญเสียมวลชีวภาพที่ผิวดินในรูป ปริมาณเชื้อเพลิงที่เป็นใบ จากการเกิดไฟป่าได้ในเชิงพื้นที่

2. ปริมาณมวลชีวภาพที่ผิวดินในรูป ปริมาณเชื้อเพลิงที่เป็นใบ สามารถหาได้จากการนำมาหาความสัมพันธ์ กับค่าดัชนีพืชพรรณต่าง ๆ ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในช่วงก่อนฤดูผลัดใบ และช่วงฤดูหลังผลัดใบ โดยสามารถนำไปสู่การประเมินหาปริมาณเชื้อเพลิงที่เป็นใบในเชิงพื้นที่ได้ และสามารถประเมินหาปริมาณการสูญเสียมวลชีวภาพที่ผิวดินในรูป ปริมาณเชื้อเพลิงที่เป็นใบ จากการเกิดไฟป่าได้ในเชิงพื้นที่ที่รวดเร็วกว่าวิธีตามแนวคิดแรก ซึ่งจะ เป็นประโยชน์ในทางการจัดการที่ต้องการข้อมูลที่แม่นยำ และรวดเร็วเพื่อใช้ในการจัดการไฟป่า เมื่อให้เวลาเป็นปัจจัยที่สำคัญสูง

สมมุติฐานการศึกษา

การสูญเสียมวลชีวภาพจากการเกิดไฟป่า สามารถประมาณได้จากการหาปริมาณมวลชีวภาพที่ผิวดินในรูป ปริมาณเชื้อเพลิงที่เป็นใบ ซึ่งมีความสัมพันธ์กันกับค่ามวลชีวภาพของใบ และค่าดัชนีพืชพรรณต่าง ๆ ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM เมื่อนำมาคำนวณกับเปอร์เซ็นต์การสูญเสียปริมาณเชื้อเพลิงที่เป็นใบจากการเกิดไฟป่าในพื้นที่ ก็จะได้ปริมาณการสูญเสียมวลชีวภาพที่ผิวดินในรูป ปริมาณเชื้อเพลิงที่เป็นใบ จากการเกิดไฟป่าในพื้นที่ศึกษา

การตรวจเอกสาร

ในการศึกษาการประเมินการสูญเสียมวลชีวภาพจากการเกิดไฟป่าในป่าผลัดใบ คือ ป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง โดยเทคนิคการสำรวจจากระยะไกล ได้มีการตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ครอบคลุมตามประเด็นต่าง ๆ โดยแบ่งออกเป็น 5 ส่วน ดังนี้

- ส่วนที่ 1. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับไฟป่า
 - ส่วนที่ 2. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับมวลชีวภาพ
 - ส่วนที่ 3. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการสำรวจจากระยะไกล
 - ส่วนที่ 4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - ส่วนที่ 5. ข้อมูลเกี่ยวกับเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง
- โดยมีรายละเอียดดังนี้

แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับไฟป่า

ความหมายของไฟป่า

ไฟป่า (forest fire หรือ wild fire) ได้มีผู้ให้ความหมายไว้หลายท่าน ซึ่งแต่ละความหมายก็จะใกล้เคียงกัน เช่น

ไฟป่า หมายถึง ไฟที่เผาไหม้เชื้อเพลิงตามธรรมชาติในป่าแล้วลุกลามอย่างเสรีไม่มีการควบคุม เชื้อเพลิงตามธรรมชาติที่ถูกเผาไหม้ ได้แก่ อินทรีวัตถุที่กำลังสลายตัว เศษไม้ ปลายไม้ และใบไม้ที่ร่วงหล่นลงสู่พื้นป่า (litter) หญ้า กิ่งไม้แห้ง ท่อนไม้ คอไม้ ไม้พุ่มและไม้ยืนต้นบางส่วน (U.S. Forest Service, 1956)

Brown and Davis (1973) ได้ให้ความหมายของไฟป่าว่า ไฟที่ไหม้อย่างไม่มีขอบเขตจำกัด และแผ่ขยายอย่างอิสระพร้อมกับการเผาไหม้เชื้อเพลิงตามธรรมชาติของไฟป่า เช่น เศษไม้ ปลายไม้ ที่ร่วงหล่นลงสู่ดิน หญ้า วัชพืช ไม้พื้นล่างและต้นไม้

อธินันท์ และคณะ (2536) ระบุว่า ไฟป่า หมายถึง ไฟที่เกิดขึ้นจากสาเหตุใดก็ตาม ในป่าธรรมชาติ ทุ่งหญ้า หรือสวนป่า แล้วลุกลามไปอย่างเสรีโดยปราศจากการควบคุม ทั้งนี้รวมถึงไฟป่าที่เกิดจากธรรมชาติและคนจุดด้วย

ลักษณะสำคัญที่แยกแยะไฟป่าออกจากไฟที่เผาตามกำหนด (prescribed burning) คือ ไฟป่ามีการลุกลามอย่างอิสระ ปราศจากการควบคุม ในขณะที่ไฟที่เกิดจากการเผาตามกำหนดจะมีการควบคุมการลุกลามให้อยู่ในขอบเขตที่กำหนดเอาไว้เท่านั้น

สำหรับประเทศไทย เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพปัญหาและขอบเขตการจัดการไฟป่า จึงกำหนดคำนิยามของไฟป่าว่า “ไฟที่เกิดจากสาเหตุใดก็ตาม แล้วลุกลามไปได้โดยอิสระปราศจากการควบคุม ทั้งนี้ไม่ว่าไฟนั้นจะเกิดขึ้นในป่าธรรมชาติหรือสวนป่า”

องค์ประกอบของไฟป่า

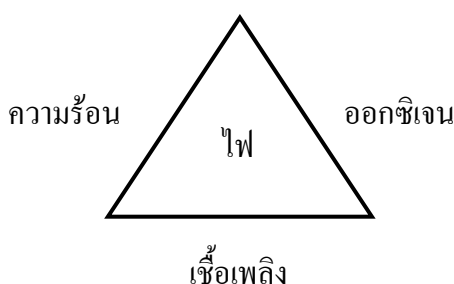
ไฟป่าเกิดจากการเผาไหม้ ซึ่งมีองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ประการ คือ เชื้อเพลิง ออกซิเจน และความร้อน (สันต์, 2526)

1. เชื้อเพลิง เชื้อเพลิงที่ก่อให้เกิดไฟป่า ได้แก่ อินทรียสารทุกชนิดที่ติดไฟได้ เช่น ต้นไม้ ไม้พุ่ม กิ่งไม้ ก้านไม้ ดอกไม้ กอไม้ กอไผ่ ลูกไม้เล็ก ๆ หญ้า และวัชพืชอื่น ๆ รวมไปถึงอินทรีวัตถุ และชั้นถ่านหินที่อยู่ใต้ผิวดิน

2. ออกซิเจน ออกซิเจนเป็นก๊าซที่เป็นองค์ประกอบหลักของอากาศโดยทั่วไป ในป่าจึงมีออกซิเจนกระจายอยู่อย่างสม่ำเสมอ อย่างไรก็ตาม ปริมาณและสัดส่วนของออกซิเจนในอากาศในป่า ณ จุดหนึ่ง ๆ อาจผันแปรได้บ้างตามการผันแปรของความเร็วและทิศทางลม

3. ความร้อน แหล่งความร้อนที่ทำให้เกิดไฟป่าแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ แหล่งความร้อนตามธรรมชาติ เช่น ไฟผ่าหรือการเสียดสีของกิ่งไม้ และแหล่งความร้อนจากมนุษย์ซึ่งจุดไฟด้วยสาเหตุต่าง ๆ กัน

ไฟป่าจะเกิดขึ้นได้ต้องมีองค์ประกอบทั้ง 3 อย่างนี้ครบ กล่าวคือ จะต้องมีความเชื่อเพลิง
 แห่งขนาดเล็กพอเพียง มีปริมาณออกซิเจนพอเหมาะ และมีความร้อนมากพอถึงจุดติดไฟ ถ้าขาด
 องค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่งไฟก็จะไม่สามารถเกิดขึ้นได้ หรือไฟป่าที่เกิดขึ้นแล้วและกำลัง
 ลุกลามอยู่ก็จะดับลง และสามารถเขียนสัญลักษณ์เป็นสามเหลี่ยมไฟ ดังแสดงในภาพที่ 1 (สันต์,
 2541)



ภาพที่ 1 สามเหลี่ยมไฟ (fire triangle or combustion triangle)

ที่มา: สันต์ (2541)

ชนิดของไฟป่า

การแบ่งชนิดของไฟป่าที่ได้รับการยอมรับและใช้กันมาช้านานนั้น ถือเอาการไหม้
 เชื้อเพลิงในระดับต่าง ๆ ในแนวตั้ง ตั้งแต่ระดับชั้นดินขึ้นไปจนถึงระดับยอดไม้ เป็นเกณฑ์ การแบ่ง
 ชนิดไฟป่าตามเกณฑ์ดังกล่าวทำให้แบ่งไฟป่าออกเป็น 3 ชนิด คือ ไฟใต้ดิน ไฟผิวดิน และไฟเรือน
 ยอด (Brown and Davis, 1973)

1. ไฟใต้ดิน (ground fire) คือ ไฟที่ไหม้อินทรีย์วัตถุที่อยู่ใต้ชั้นผิวของพื้นป่า เกิดขึ้นในป่า
 บางประเภท โดยเฉพาะอย่างยิ่งป่าในเขตอบอุ่นที่มีระดับความสูงมาก ๆ ซึ่งอากาศหนาวเย็นทำให้
 อัตราการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุต่ำจึงมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสะสมอยู่บนหน้าดินแท้ (mineral soil) ใน
 ปริมาณมากและเป็นชั้นหนาโดยอินทรีย์วัตถุดังกล่าวอาจจะอยู่ในรูปใบไม้กิ่งไม้ที่หล่นลงทับถมกัน
 บนดินและกำลังสลายตัว (duff) ชั้นของดินซึ่งมีส่วนผสมของซากพืชไม่ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์
 (muck or peat) ในบริเวณที่ชั้นอินทรีย์วัตถุหนามาก ไฟชนิดนี้อาจไหม้แทรกลงไปใต้ผิวดิน
 (surface litter) ได้หลายฟุตและลุกลามไปเรื่อย ๆ ใต้ผิวดินในลักษณะการครุกรุ่นอย่างช้า ๆ ไม่มี
 เปลวไฟ และมีควันน้อยมาก จึงเป็นไฟที่ตรวจพบหรือสังเกตพบได้ยากที่สุดและเป็นไฟที่มีอัตรา

การลุกลามช้าที่สุด แต่เป็นไฟที่สร้างความเสียหายให้แก่พื้นที่ป่าไม่มากที่สุด เพราะไฟจะไหม้ทำลายรากไม้ ทำให้ต้นไม้ใหญ่ค่อยๆ ตายในเวลาต่อมา ยิ่งไปกว่านั้นยังเป็นไฟที่ควบคุมได้ยากที่สุดอีกด้วย

นอกจากนี้ ศิริ (2543) ได้แบ่งไฟใต้ดินออกเป็น 2 ชนิดย่อย เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ชัดเจนไม่สับสน ซึ่งไฟใต้ดินโดยทั่วไปมักจะเกิดจากไฟผิวดินก่อนแล้วลุกลามลงใต้ผิวดินป่า คือ

1.1 ไฟใต้ดินสมบูรณ์แบบ (true ground fire) คือ ไฟที่ไหม้อินทรีวัตถุอยู่ใต้ผิวดินป่าจริง ๆ ดังนั้นเมื่อยืนอยู่บนพื้นป่าจึงไม่สามารถตรวจพบไฟได้ ต้องใช้เครื่องมือพิเศษ เช่น เครื่องตรวจจับความร้อน เพื่อตรวจหาไฟชนิดนี้ ตัวอย่างที่เห็นได้อย่างชัดเจนของไฟใต้ดินสมบูรณ์แบบคือ ไฟที่ไหม้ชั้นถ่านหินใต้ดิน (coal seam fire) บนเกาะกาลิมันตันของประเทศอินโดนีเซีย ซึ่งเกิดขึ้นตั้งแต่ช่วงการเกิดปรากฏการณ์ เอล นินโญ ในปี ค.ศ. 1982 ไฟถ่านหินดังกล่าวครุกรุ่นกินพื้นที่ขยายกว้างออกไปเรื่อย ๆ สร้างความยากลำบากในการตรวจหาขอบเขตของไฟ ในบางพื้นที่กว่าจะทราบว่ามีไฟดังกล่าวไหม้ผ่านก็ต่อเมื่อไฟไหม้ผ่านไปแล้วเกือบสองปีและต้นไม้ที่ถูกไฟไหม้ทำลายระบบรากเริ่มยืนแห้งตายพร้อมกันทั้งป่า สำหรับประเทศไทยยังไม่เคยพบไฟใต้ดินสมบูรณ์แบบเช่นนี้มาก่อน

1.2 ไฟกึ่งใต้ดิน (semi-ground fire) ได้แก่ ไฟที่ไหม้ในสองมิติ คือส่วนหนึ่งไหม้ไปในแนวระนาบไปตามผิวดินป่าเช่นเดียวกับไฟผิวดิน ในขณะที่อีกส่วนหนึ่งจะไหม้ในแนวตั้งลึกลงไปชั้นอินทรีวัตถุใต้ผิวดิน ซึ่งอาจไหม้ลึกลงไปได้หลายฟุต ไฟดังกล่าวสามารถตรวจพบได้โดยง่ายเช่นเดียวกับไฟผิวดินทั่ว ๆ ไป แต่การดับไฟจะต้องใช้เทคนิคการดับไฟผิวดินผสมผสานกับเทคนิคการดับไฟใต้ดิน จึงจะสามารถควบคุมไฟได้ ตัวอย่างของไฟชนิดนี้ได้แก่ ไฟที่ไหม้ป่าพรุในเกาะสุมาตรา และเกาะกาลิมันตัน ของประเทศอินโดนีเซีย และไฟที่ไหม้ป่าพรุโต๊ะแดง และป่าพรุบาเจาะ ในจังหวัดนราธิวาส ของประเทศไทย

2. ไฟผิวดิน (surface fire) คือ ไฟที่ไหม้ลุกลามไปตามผิวดิน โดยเผาไหม้เชื้อเพลิงบนพื้นป่า อันได้แก่ ใบไม้ กิ่งก้านไม้แห้งที่ตกสะสมอยู่บนพื้นป่า หญ้า ไม้เล็กๆ ไม้พื้นล่าง กอไผ่ ไม้พุ่ม ไฟชนิดนี้เป็นไฟที่พบมากที่สุดและพบโดยทั่วไปในแทบทุกภูมิภาคของโลก ความรุนแรงของไฟจะขึ้นอยู่กับชนิดและประเภทของเชื้อเพลิง โดยทั่วไปไฟชนิดนี้จะไม่ทำอันตรายต้นไม้ใหญ่ถึงตาย แต่จะทำให้เกิดรอยแผลไฟไหม้ ซึ่งมีผลให้อัตราการเจริญเติบโตของต้นไม้ลดลง คุณภาพของ

เนื้อไม้ลดลง ไม่มีรอยดำหนิ และทำให้ต้นไม้อ่อนแอจนโรคและแมลงสามารถเข้าทำอันตรายต้นไม้ได้โดยง่าย

สำหรับประเทศไทย ไฟป่าส่วนใหญ่จะเป็นไฟชนิดนี้ โดยจะมีความสูงเปลวไฟ ตั้งแต่ 0.5-3 เมตร ในป่าเต็งรัง จนถึงความสูงเปลวไฟ 5-6 เมตร ในป่าผสมผลัดใบที่มีกอไผ่หนาแน่น ไฟป่าชนิดนี้หากสามารถตรวจพบได้ในขณะเพิ่งเกิด และส่งกำลังเข้าไปควบคุมอย่างรวดเร็ว ก็จะควบคุมไฟได้โดยไม่ยากลำบากนัก แต่หากทอดเวลาให้ยืดยาวออกไปจนไฟสามารถแผ่ขยายออกเป็นวงกว้างมากเท่าไร การควบคุมก็จะยากขึ้นมากเท่านั้น (ศิริ, 2543)

3. ไฟเรือนยอด (crown fire) คือ ไฟที่ไหม้ลุกลามจากยอดของต้นไม้หรือไม้พุ่มต้นหนึ่งไปยังยอดของต้นไม้หรือไม้พุ่มอีกต้นหนึ่ง ส่วนใหญ่เกิดในป่าสนในเขตอบอุ่น ไฟชนิดนี้มีอัตราการลุกลามที่รวดเร็วมาก และเป็นอันตรายอย่างยิ่งสำหรับพนักงานดับไฟป่า ทั้งนี้เนื่องจากไฟมีความรุนแรงมากและมีความสูงของเปลวไฟประมาณ 10-30 เมตร แต่ในบางกรณีไฟอาจมีความสูงถึง 40-50 เมตร โดยเท่าที่ผ่านมามีปรากฏว่ามีพนักงานดับไฟป่า จำนวนไม่น้อยถูกไฟชนิดนี้ล้อมจนหมดทางหนีและถูกไฟรอกตายในที่สุด ไฟเรือนยอดโดยทั่วไปอาจต้องอาศัยไฟผิวดินเป็นสื่อไม่มากนักน้อย

นอกจากนี้ ศิริ (2543) ได้แบ่งไฟเรือนยอดออกเป็น 2 ชนิดย่อย เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ชัดเจนไม่สับสน ซึ่งไฟเรือนยอดโดยทั่วไปอาจต้องอาศัยไฟผิวดินเป็นสื่อไม่มากนักน้อย คือ

3.1 ไฟเรือนยอดที่ต้องอาศัยไฟผิวดินเป็นสื่อ (dependent crown fire) คือ ไฟเรือนยอดที่ต้องอาศัยไฟที่ลุกลามไปตามผิวดินเป็นตัวนำเปลวไฟขึ้นไปสู่เรือนยอดของต้นไม้อื่นที่อยู่ใกล้เคียง ไฟชนิดนี้มักเกิดในป่าที่ต้นไม้ไม่หนาแน่น เรือนยอดของต้นไม้จึงอยู่ห่างกัน แต่บนพื้นป่ามีเชื้อเพลิงอยู่หนาแน่นและต่อเนื่อง การลุกลามของไฟจากยอดไม้ต้นหนึ่งไปยังอีกต้นหนึ่งต้องอาศัยไฟที่ลุกลามไปตามผิวดินเป็นตัวนำเปลวไฟไปยังต้นไม้ จนต้นไม้ที่ไฟผิวดินลุกลามไปถึงแห้งและร้อนจนถึงจุดติดไฟ ลักษณะของไฟชนิดนี้ จะเห็นไฟผิวดินลุกลามไปก่อนแล้วตามด้วยไฟเรือนยอด

3.2 ไฟเรือนยอดที่ไม่ต้องอาศัยไฟผิวดิน (running crown fire) เกิดในป่าที่มีต้นไม้ที่ติดไฟได้ง่ายและมีเรือนยอดแน่นทึบติดต่อกัน เช่น ในป่าสนเขตอบอุ่น การลุกลามจะเป็นไปอย่าง

รวดเร็วและรุนแรงจากเรือนยอดหนึ่งไปสู่อีกเรือนยอดหนึ่งที่อยู่ข้างเคียงได้โดยตรง จึงเกิดการลุกลามไปตามเรือนยอดอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่เดียวกัน ลูกไฟจากเรือนยอดจะตกลงบนพื้นป่าก่อให้เกิดไฟผิวดินไปพร้อม ๆ กันด้วย ทำให้ป่าถูกเผาผลาญอย่างราบพนาสูญ การดับไฟทำได้ยากมาก จำเป็นต้องใช้เครื่องจักรกลหนัก และการดับไฟทางอากาศเข้าช่วย

สำหรับประเทศไทย โอกาสเกิดไฟเรือนยอดเป็นไปได้ยาก ทั้งนี้เนื่องจากสภาพภูมิอากาศที่มีความชื้นค่อนข้างสูง ประกอบกับชนิดไม้ป่าส่วนใหญ่ลำต้นไม่มีน้ำมันหรือยาง ซึ่งจะทำให้ติดไฟได้ง่ายเหมือนไม้สนในเขตบอร์เนียว อย่างไรก็ตาม ในภาคเหนือของประเทศไทย ซึ่งมีการปลูกสวนป่าสนสามใบอย่างกว้างขวางมาเป็นเวลานาน จนในปัจจุบันต้นสนเจริญเติบโตจนเรือนยอดแผ่ขยายมาชิดติดกัน ดังนั้นหากเกิดไฟไหม้ในสวนป่าดังกล่าวในช่วงที่อากาศแห้งแล้งอย่างรุนแรง โอกาสที่จะเกิดเป็นไฟเรือนยอด ก็มีความเป็นไปได้สูง

สาเหตุของการเกิดไฟป่า

1. สาเหตุจากธรรมชาติ ไฟป่าที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุ เช่น ไฟผ่าภูเขาไฟระเบิด กิ่งไม้เสียดสีกัน ก้อนหินกระทบกัน แสงแดดตกกระทบผลึกหิน การลุกไหม้ในตัวเองของสิ่งมีชีวิต (spontaneous combustion) แต่สาเหตุที่สำคัญ ๆ ได้แก่

1.1 ไฟผ่า เป็นสาเหตุที่สำคัญของการเกิดไฟป่าสาเหตุหนึ่งในประเทศเขตอบอุ่น ไฟผ่าที่ทำให้เกิดไฟป่ามีอยู่ 2 ชนิด คือ ไฟผ่าเปียก และไฟผ่าแห้ง

1.1.1 ไฟผ่าเปียก (wet or blue lightning) คือ ไฟผ่าในขณะที่ฝนเริ่มจะตกหรือกำลังตกอยู่ แสงฟ้าจะมีสีน้ำเงิน ดังนั้นถึงแม้ว่าจะเกิดไฟไหม้ก็จะเกิดการไหม้เฉพาะส่วน ไม่สามารถลุกลามต่อไป

1.1.2 ไฟผ่าแห้ง (dry or red lightning) คือ ไฟผ่าที่เกิดขึ้นในขณะที่ไม่มีฝนตก มักเกิดในช่วงฤดูแล้ง สายฟ้าจะเป็นสีแดง เกิดจากเมฆที่เรียกว่าเมฆฟ้าผ่า โดยเมฆชนิดนี้จะมีแนวการเคลื่อนตัวที่แน่นอนเป็นประจำทุกปี เมื่อเคลื่อนผ่านในแนวหนึ่งก็จะผ่าเป็นระยะไปตลอด ถ้าถูกเชื้อเพลิงก็จะลุกเป็นไฟขึ้นมา

ไฟฟ้าที่เกิดจากฟ้าผ่าในประเทศไทย จากการเก็บสถิติไฟฟ้าตั้งแต่ปี 2528-2545 ซึ่งมีสถิติไฟฟ้าทั้งสิ้น 105,169 ครั้ง ปรากฏว่า มีเพียง 4 ครั้งเท่านั้นที่มีหลักฐานยืนยันว่าสาเหตุของไฟฟ้าเกิดจากฟ้าผ่า ที่เหลือเกิดจากการกระทำของมนุษย์ ทั้งสิ้น จึงสรุปได้อย่างชัดเจนในทางสถิติว่า ไฟฟ้าในประเทศไทยมีสาเหตุมาจากมนุษย์ ทั้ง 100% โดยไฟฟ้าที่เกิดจากฟ้าผ่า จำนวน 4 ครั้ง ในรอบ 16 ปี ที่ผ่านมานี้ เกิดที่ภูกระดึง จังหวัดเลย ที่ห้วยน้ำดัง จังหวัดเชียงใหม่ ที่เขาใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา และที่ อำเภอนาทม จังหวัดอุดรธานี แห่งละ 1 ครั้ง และการเกิดไฟฟ้าจากธรรมชาติดังกล่าว ทุกครั้งจะเกิดในช่วงต้นฤดูฝน ซึ่งอากาศและเชื้อเพลิงเริ่มมีความชื้นสูงขึ้น เมื่อเกิดฟ้าผ่าลงมายังต้นไม้แห้งที่ยืนตายและเกิดไฟไหม้ต้นไม้แห้งดังกล่าวไปแล้ว ไฟก็ไม่อาจลุกลามต่อไปได้ เนื่องจากเงื่อนไขลักษณะอากาศ และความชื้นของเชื้อเพลิงในพื้นที่รอบข้างไม่อำนวย (ศิริ, 2546)

1.2 กิ่งไม้เสียดสีกัน (friction) อาจเกิดขึ้นได้ในพื้นที่ที่มีป่าไม้หนาแน่นและสภาพอากาศแห้งจัด เมื่อกิ่งไม้ เช่น ไม้ และสน เสียดสีกันจะทำให้เกิดความร้อนและเปลวไฟลุกลามต่อไปได้ แต่ในประเทศไทยอากาศมีความชื้นสูงและเชื้อเพลิงแตกต่างจากเขตอบอุ่นที่มีไม้ตระกูลสนที่ลำต้นมีน้ำมันหรือยาง ทำให้ในประเทศไทยไม่ค่อยมีไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากสาเหตุดังกล่าว

1.3 แสงสะท้อนจากดวงอาทิตย์ (reflection of sun's rays) ซึ่งอาจจะเกิดจากแสงอาทิตย์สะท้อนกับผลึกของหินเขียวหनुมาน เกิดการหักเหของแสงไปรวมกันที่จุด ๆ หนึ่งซึ่งมีเชื้อเพลิงอยู่ ทำให้เกิดความร้อนและเปลวไฟขึ้น

2. สาเหตุจากมนุษย์ ไฟฟ้าที่เกิดจากมนุษย์ส่วนใหญ่เกิดขึ้นทั้งด้วยความตั้งใจ และความรู้เท่าไม่ถึงการณ์ โดยมีสัดส่วนความถี่ของการเกิดไฟฟ้า และสัดส่วนพื้นที่ที่ถูกไฟไหม้ ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งมีสาเหตุของการเกิดไฟฟ้า ดังนี้

2.1 เก็บหาของป่า เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดไฟป่ามากที่สุด การเก็บหาของป่าส่วนใหญ่ ได้แก่ ไข่มดแดง เห็ด ใบตองตึง ไม้ไผ่ น้ำผึ้ง ผักหวาน และไม้พิน การจุดไฟส่วนใหญ่เพื่อให้พื้นป่าโล่งเดินสะดวก หรือให้แสงสว่างในระหว่างการเดินทางผ่านป่าในเวลากลางคืน หรือจุดเพื่อกระตุ้นการงอกของเห็ด หรือกระตุ้นการแตกใบใหม่ของผักหวาน และใบตองตึง หรือจุดเพื่อไล่ตัวมดแดงออกจากรัง รมควันไล่ผึ้ง หรือไล่แมลงต่าง ๆ ในขณะที่อยู่ในป่า

2.2 เผาไร่ เป็นสาเหตุที่สำคัญรองลงมา การเผาไร่ก็เพื่อกำจัดวัชพืชหรือเศษซากพืชที่เหลืออยู่ภายหลังการเก็บเกี่ยว ทั้งนี้เพื่อเตรียมพื้นที่เพาะปลูกในรอบต่อไป ทั้งนี้โดยปราศจากการทำแนวกันไฟ และปราศจากการควบคุม ไฟจึงลามเข้าป่าที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียง

2.3 กลั่นแกล้ง ในกรณีที่ประชาชนในพื้นที่ที่มีปัญหาความขัดแย้งกับหน่วยงานของรัฐในพื้นที่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาเรื่องที่ทำกินหรือถูกจับกุมจากการกระทำผิดในเรื่องป่าไม้ ก็มักจะหาทางแก้แค้นเจ้าหน้าที่ด้วยการเผาป่า

2.4 ความประมาท เกิดจากการเข้าไปพักผ่อนในป่าของนักท่องเที่ยว ก่อกองไฟแล้วล้มดับ หรือทิ้งก้นบุหรี่ลงบนพื้นป่า เป็นต้น

2.5 ล่าสัตว์ คือ การจุดไฟเพื่อให้สัตว์หนีไฟออกจากที่ซ่อนเพื่อความสะดวกในการล่า หรือในกรณีพรานล่านกจะจุดไฟเผาป่าเพื่อให้แมลงที่อยู่บนพื้นป่าบินหนีไฟขึ้นสู่อากาศ นกจะพากันมาจับแมลงกิน พรานจะยิงนกอีกทอดหนึ่ง หรือจุดไฟเผาทุ่งหญ้า เพื่อให้หญ้าไหม้แตกกระบัดเหมาะสำหรับเป็นแหล่งอาหาร ล่อให้สัตว์ชนิดต่างๆ เช่น กระต่าย กวาง กระต่าย มากินหญ้า แล้วคล้องยิงสัตว์นั้น ๆ

2.6 เลี้ยงปศุสัตว์ ประชาชนที่เลี้ยงปศุสัตว์แบบปล่อยให้หากินเองตามธรรมชาติ มักลักลอบจุดไฟเผาป่าให้โล่งมีสภาพเป็นทุ่งหญ้าเพื่อเป็นแหล่งอาหารสัตว์

2.7 ความคึกคะนอง บางครั้งการจุดไฟเผาป่าเกิดจากความคึกคะนองของผู้จุด โดยไม่มีวัตถุประสงค์ใด ๆ แต่จุดเล่นเพื่อความสนุกสนาน เท่านั้น

สำหรับไฟป่าที่เกิดจากมนุษย์นั้น ส่วนใหญ่เกิดจากการกระทำของประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ใกล้ป่า หรือพื้นที่เกษตรกรรมอยู่ติดป่า โดยจุดไฟเพื่อวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน แต่ส่วนใหญ่แล้วจะจุดไฟเพื่อเก็บหาของป่า ล่าสัตว์ และเผาทำลายวัชพืชในพื้นที่เกษตรกรรมหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งไฟป่าจากสาเหตุดังกล่าวสร้างความเสียหายให้แก่พื้นที่ป่าในสัดส่วนที่มากที่สุดด้วยเช่นกัน

จากสถิติและข้อมูลต่าง ๆ จะพบว่าสาเหตุการเกิดไฟป่าในประเทศไทยส่วนใหญ่เกิดขึ้น

จากมนุษย์ โดยมีสาเหตุต่าง ๆ กันไปในแต่ละพื้นที่ เช่น ในพื้นที่ซึ่งมีนักท่องเที่ยวเข้าไปจำนวนมาก ก็อาจจะมีสาเหตุมาจากการตั้งแคมป์ของนักท่องเที่ยว เป็นต้น ส่วนในพื้นที่ซึ่งมีประชาชนเข้าไปมีกิจกรรมในพื้นที่ก็อาจจะมีสาเหตุมาจากการหาของป่า การล่าสัตว์ เป็นต้น ซึ่งสาเหตุการเกิดไฟฟ้าในประเทศไทย มาจากการหาของป่ามากที่สุด คือ ร้อยละ 35.10 รองลงมาได้แก่ ล่าสัตว์ ร้อยละ 21.70 เผาไร่ ร้อยละ 17.50 ไม่ทราบสาเหตุ ร้อยละ 10.30 ความขัดแย้ง (ก่อกวนเกล่ง) ร้อยละ 7.50 ลักลอบทำไม้ ร้อยละ 3.10 เลี้ยงปศุสัตว์ ร้อยละ 3.00 อุบัติเหตุ, ประมาทเลนเล่อ ร้อยละ 1.30 และนักท่องเที่ยว ร้อยละ 0.60 ตามลำดับ โดยไฟฟ้าที่สาเหตุเกิดจากการหาของป่า ก่อให้เกิดพื้นที่ที่ถูกไฟไหม้มากที่สุด คือ ร้อยละ 26 รองลงมาได้แก่ ล่าสัตว์ ร้อยละ 24.80 ไม่ทราบสาเหตุ ร้อยละ 16.60 เผาไร่ 15.70 ความขัดแย้ง (ก่อกวนเกล่ง) 9.20 เลี้ยงปศุสัตว์ 3.00 อุบัติเหตุ, ประมาทเลนเล่อ 2.30 ลักลอบทำไม้ 1.90 และนักท่องเที่ยว 0.50 ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สัดส่วนความถี่ของการเกิดไฟฟ้า และสัดส่วนพื้นที่ที่ถูกไฟไหม้จากแต่ละสาเหตุของไฟฟ้าที่เกิดจากมนุษย์ (สถิติเฉลี่ย 6 ปี ระหว่าง ปี 2541-2546)

สาเหตุของไฟฟ้า	ความถี่ของการเกิดไฟฟ้า (%)	สัดส่วนพื้นที่ที่ถูกไฟไหม้ (%)
หาของป่า	35.10	26.00
ล่าสัตว์	21.70	24.80
เผาไร่	17.50	15.70
ความขัดแย้ง (ก่อกวนเกล่ง)	7.50	9.20
ลักลอบทำไม้	3.10	1.90
เลี้ยงปศุสัตว์	3.00	3.00
อุบัติเหตุ, ประมาทเลนเล่อ	1.30	2.30
นักท่องเที่ยว	0.60	0.50
ไม่ทราบสาเหตุ	10.30	16.60
รวม	100.00	100.00

ที่มา: ศิริ (2546)

พฤติกรรมของไฟป่า

พฤติกรรมไฟ หมายถึง ไฟที่เกิดขึ้นแล้วลุกลามเร็วขนาดไหน พลังงานที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงถูกปลดปล่อยออกมาเท่าไร อัตราเร็วของการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงแต่ละชนิดเป็นอย่างไร และถ้าปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ เช่น ความเร็วลม ความลาดชันของพื้นที่ช่วยส่งเสริมด้วย พฤติกรรมของไฟเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร เป็นต้น ไฟ และสิ่งแวดล้อมของไฟ เป็นตัวควบคุม พฤติกรรมของไฟ (สันต์, 2526)

ลักษณะที่บ่งถึงพฤติกรรมของไฟประกอบด้วย อัตราการลุกลามของไฟ ความรุนแรงของไฟ และความยาวของเปลวไฟ

1. อัตราการลุกลามของไฟ (rate of fire spread) หมายถึง ความเร็วที่ไฟลุกลาม ด้านหัว ด้านข้าง และด้านหลังของไฟ จะมีอัตราการลุกลามที่ต่างกัน ดังนั้นในการเปรียบเทียบต้องระบุว่า เป็นอัตราการลุกลามของไฟส่วนไหนด้วย อัตราการลุกลามของไฟอาจวัดได้หลายอย่าง ได้แก่ อัตราการลุกลามในลักษณะรูปเส้นรอบวง (rate of perimeter of fire) อัตราการลุกลามเป็นพื้นที่ต่อหน่วยเวลา (rate of area growth) เช่น ไร่/นาฬิกา, เฮกแตร์/ชั่วโมง และอัตราการลุกลามเป็นระยะทางต่อหน่วยเวลา (rate of line advance) เช่น เมตร/นาฬิกา, ฟุต/วินาที อัตราการลุกลามเป็นระยะทางต่อหน่วยเวลา เป็นแบบที่นิยมกันมากที่สุด (สันต์, 2526) ซึ่งอัตราการลุกลามของไฟจะขึ้นกับลักษณะของเชื้อเพลิง และความเร็วลม

2. ความรุนแรงของไฟ (fire intensity) เป็นการวัดอัตราพลังงานที่ปลดปล่อยของเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้ในไฟหนึ่ง ๆ ที่นิยมวัดกันในปัจจุบัน ได้แก่ การวัดความรุนแรงของไฟต่อหน่วยระยะทาง (fire lineal intensity) (Byram, 1959) และการวัดความรุนแรงของไฟต่อหน่วยพื้นที่ (fire reaction intensity) (Rothermel, 1972)

2.1 การวัดความรุนแรงของไฟต่อหน่วยระยะทาง หมายถึง อัตราพลังงานที่ถูกปลดปล่อยต่อหน่วยระยะทางของการลุกลามของหัวไฟ มีหน่วยเป็น บีทียู/ฟุต/วินาที หรือ กิโลวัตต์/เมตร

2.2 การวัดความรุนแรงของไฟต่อหน่วยพื้นที่ หมายถึง อัตราพลังงานที่ถูกปลดปล่อยต่อหน่วยเนื้อที่ที่ถูกไฟไหม้ มีหน่วยเป็น บีทียู/ตารางฟุต/วินาที หรือ กิโลจูล/ตารางเมตร/นาฬิกา

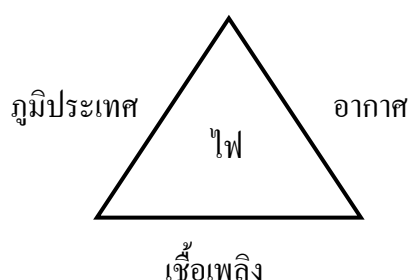
ซึ่งความรุนแรงของไฟจะผันแปรไปตามลักษณะของเชื้อเพลิง ความชื้นและโครงสร้างของเชื้อเพลิง ความรุนแรงของไฟสามารถวัดได้โดยการสังเกตอิทธิพลของไฟที่มีต่อพืช หรือดิน และการวัดอุณหภูมิของอากาศ

3. ความยาวของเปลวไฟ (flame length) คือ ระยะจากยอดของเปลวไฟถึงกึ่งกลางฐานของเปลวไฟ ซึ่งติดต่อกับผิวของเชื้อเพลิง มีหน่วยเป็นฟุต หรือเมตร (สันต์, 2526) และความยาวของเปลวไฟสามารถใช้เป็นดัชนีอย่างหยาบ ๆ ในการที่จะประมาณความกว้างของแนวกันไฟที่จะสกัดกั้นไฟที่มีความรุนแรงระดับใดระดับหนึ่งได้ (Brown and Davis, 1973)

พฤติกรรมของไฟ มีประโยชน์ในการที่จะบอกระดับ ลักษณะและความรุนแรงของเปลวไฟที่เกิดขึ้นเพื่อประโยชน์ในการควบคุมไฟ พฤติกรรมของไฟจะผันแปรไปตามสภาวะแวดล้อมของไฟ ดังนั้น จึงไม่มีไฟใด ๆ ที่มีพฤติกรรมคงที่ตลอดตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งสิ้นสุด

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการติดไฟ และพฤติกรรมไฟ

เมื่อไฟเกิดขึ้นแล้ว พฤติกรรมของไฟจะเป็นอย่างไรนั้นขึ้นอยู่กับไฟเอง และสิ่งแวดล้อมของไฟ สิ่งแวดล้อมของไฟ (fire environment) หมายถึง สภาพการณ์รอบ ๆ บริเวณที่เกิดไฟซึ่งมีผลต่อพฤติกรรมไฟ ซึ่งประกอบด้วย ปัจจัยเกี่ยวกับเชื้อเพลิง ปัจจัยเกี่ยวกับอากาศ และปัจจัยเกี่ยวกับภูมิประเทศ ซึ่งเขียนเป็นสามเหลี่ยมพฤติกรรมของไฟ (fire behavior triangle) ดังแสดงในภาพที่ 2 (สันต์, 2541)



ภาพที่ 2 สามเหลี่ยมพฤติกรรมไฟ

ที่มา: สันต์ (2541)

ในด้านของไฟฟ้า ภูมิประเทศจะไม่ค่อยเปลี่ยนไปตามเวลาแต่จะเปลี่ยนไปตามท้องที่ ส่วนปริมาณเชื้อเพลิงจะเปลี่ยนไปตามเวลาและท้องที่ แต่อย่างไรก็ตามลักษณะของเชื้อเพลิงจะไม่เปลี่ยนแปลงมาก สำหรับอากาศนั้นจะแปรผันมากที่สุด และเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วทั้งกาลเวลา และสถานที่ (สันต์, 2526) รายละเอียดของสามเหลี่ยมพฤติกรรมไฟมีดังนี้

1. ปัจจัยเกี่ยวกับเชื้อเพลิง (fuel) คุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่แตกต่างกันจะมีผลทำให้ พฤติกรรมของไฟแตกต่างกันไปด้วย ซึ่งประกอบไปด้วย สมบัติของอนุภาคเชื้อเพลิง สมบัติของ แหล่งเชื้อเพลิง และความชื้นของเชื้อเพลิง

1.1 สมบัติของอนุภาคเชื้อเพลิง (particles properties of fuel)

1.1.1 ขนาดของอนุภาค (particle size) จะมีผลเกี่ยวกับปริมาณความร้อนที่อนุภาค ได้รับ ความเร็วช้าของการถ่ายเทความร้อน ดังนั้น ขนาดของอนุภาคยิ่งเล็กก็จะยิ่งติดไฟง่าย และ ลูกกลมได้เร็วกว่าเชื้อเพลิงที่มีอนุภาคขนาดใหญ่ แต่อนุภาคขนาดใหญ่เมื่อติดไฟแล้ว จะมีความ รุนแรง และเผาไหม้ได้นานกว่า

1.1.2 ความหนาแน่นอนุภาค (particle density) หมายถึงมวลต่อปริมาตรของ เชื้อเพลิง เชื้อเพลิงที่มีความหนาแน่นมากจะต้องการความร้อนในการติดไฟมากกว่าเชื้อเพลิงที่มี ความหนาแน่นน้อย

1.1.3 ปริมาณความร้อน (heat content) คือ ปริมาณความร้อนของอนุภาคเชื้อเพลิง ที่ปลดปล่อยออกมาในขณะเผาไหม้ จะผันแปรไปตามส่วนประกอบของเชื้อเพลิง ปริมาณความ ร้อนนี้มีส่วนช่วยในการประมาณค่าความรุนแรงของไฟและอัตราการลูกกลม

1.1.4 ส่วนประกอบทางเคมี (chemical composition) จะแบ่งออกได้เป็น 2 พวกคือ พวกที่มีซิลิกา และพวกที่ไม่มีซิลิกา เพราะแร่ธาตุที่มีซิลิกาจะช่วยให้การลุกไหม้ของไฟ ไม่แทรก แสงกระบวนกาเผาไหม้ แต่ถ้าเป็นแร่ธาตุอื่น เช่น โปแตสเซียม แคลเซียม และฟอสฟอรัส จะเข้าไปแทรกแซงกระบวนการเผาไหม้

1.1.5 ส่วนประกอบที่เป็นสารสกัดพวกน้ำมัน (composition extractives) ได้แก่

พวกสารประกอบของอีเทอร์ เช่น ขี้ผึ้ง (waxes) น้ำมันยาง (resins) ไขมัน (fats) และน้ำมัน (oils) ซึ่งง่ายต่อการติดไฟเนื่องจากสารเหล่านี้มีปริมาณความร้อน (heat content) สูงทำให้ใช้เวลาในการติดไฟเร็ว

1.2 สมบัติของแหล่งเชื้อเพลิง (properties of fuelbeds) ในแต่ละแหล่งเชื้อเพลิงจะประกอบไปด้วยอนุภาคเชื้อเพลิงหลาย ๆ ชนิดประกอบกัน ซึ่งแต่ละชนิดจะมีลักษณะเฉพาะตัว ซึ่งมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมไฟเช่นกัน ส่วนประกอบที่สำคัญที่ใช้ในการพิจารณาพฤติกรรมไฟ ได้แก่ (สันต์, 2526)

1.2.1 น้ำหนักของเชื้อเพลิงต่อหน่วยพื้นที่ (fuel loading) จะมีผลต่อความรุนแรงและการลุกลามของไฟ โดยถ้าให้อัตราการลุกลามของไฟและความร้อนสุทธิคงที่ ความรุนแรงของไฟจะแปรผันตรงกับปริมาณเชื้อเพลิงที่ถูกเผา ถ้าปริมาณเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น 2 เท่า อัตราการลุกลามของไฟจะเพิ่มขึ้น 2 เท่าและความรุนแรงของไฟจะเพิ่มขึ้น 4 เท่า

1.2.2 ความลึกของแหล่งเชื้อเพลิง (fuel bed depth) จะมีผลต่อความยาวของเปลวไฟ โดยความลึกของแหล่งเชื้อเพลิงจะแปรผันโดยตรงกับความยาวของเปลวไฟ

1.2.3 ความต่อเนื่องและการเรียงตัวของเชื้อเพลิง (fuel continuity and arrangement) ประกอบด้วย

ก. ความต่อเนื่องของเชื้อเพลิง อธิบายได้ทั้งในแนวราบ และแนวตั้งของเชื้อเพลิง ในแนวราบ ก็คือ การที่เชื้อเพลิงมีการกระจายทั่วพื้นที่เป็นผืนใหญ่ เช่น ในทุ่งหญ้า หรือในแนวตั้ง เช่น การเรียงตัวของซากพืช ใบไม้ต่อไปกับไม้พื้นล่าง และต่อเนื่องไปจนถึงเรือนยอดของต้นไม้ หรือการมีเถาวัลย์พาดพันไปตามต้นไม้

ข. การเรียงตัวของเชื้อเพลิง เป็นสิ่งสำคัญอันหนึ่ง หากเชื้อเพลิงกองรวมกันอยู่ อาจจะไหม้หมด แต่ถ้าเป็นไม้ตายยืนต้นเดี่ยว ๆ ไฟอาจจะไหม้เพียงผิว เพราะเชื้อเพลิงขนาดใหญ่จะคายความร้อนได้เร็วกว่ารับความร้อน ดังนั้น หากเชื้อเพลิงขนาดใหญ่อยู่ห่างกันและไม่สามารถรับความร้อนจากอนุภาคข้างเคียงได้ เชื้อเพลิงจะดับในเวลาอันสั้นหลังจากที่ติดไฟ

1.2.4 ความอัดแน่นของแหล่งเชื้อเพลิง (fuel bed compactness) ถ้าเชื้อเพลิงอัดแน่นกันมากเกินไปอากาศที่ถูกพัดเข้าไปก็จะถูกจำกัด และขาดออกซิเจน การเผาไหม้ก็จะเกิดขึ้นช้า

1.2.5 ความชื้นของเชื้อเพลิง (fuel moisture) จะมีอิทธิพลต่อการติดไฟและการลุกลามของไฟ เมื่อเชื้อเพลิงมีความชื้นมากจะติดไฟยาก และเผาไหม้ไม่ดี เพราะการที่จะทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1°F จะต้องใช้ความร้อนมากเป็น 4 เท่า ของความร้อนที่จะทำให้ไม่มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 1°F เชื้อเพลิงจะมีความชื้นน้อยในช่วงฤดูแล้งและจะมีความชื้นมากที่สุดในช่วงฤดูการเติบโต (ฤดูฝน) ปกติเชื้อเพลิงที่มีชีวิต (live fuel) จะมีความชื้นประมาณร้อยละ 30-35 และในเชื้อเพลิงที่ตายแล้ว (dead fuel) จะมีความชื้นประมาณร้อยละ 1.5-30 โดยเชื้อเพลิงขนาดเล็กที่ตายแล้วจะติดไฟดีเมื่อมีความชื้นประมาณร้อยละ 15-20 ส่วนเชื้อเพลิงขนาดใหญ่จะติดไฟดีเมื่อมีความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 20

อย่างไรก็ตาม Heikkila *et al.* (1993) พบว่าถ้าความชื้นของเชื้อเพลิงต่ำกว่า 5 % ไฟที่ไหม้เชื้อเพลิงนั้นไม่ว่าจะเป็นเชื้อเพลิงขนาดใหญ่ หรือขนาดเล็กก็จะมีอัตราการลุกลามเท่ากัน แต่ถ้าเชื้อเพลิงมีความชื้นอยู่ระหว่าง 5 –15 % ไฟที่ไหม้เชื้อเพลิงนั้นที่มีขนาดเล็กจะมีอัตราการลุกลามรวดเร็วกว่าเชื้อเพลิงขนาดใหญ่ สำหรับที่ระดับความชื้นของเชื้อเพลิงมากกว่า 15 % ไฟที่ไหม้เชื้อเพลิงขนาดใหญ่จะยังคงลุกไหม้และลุกลามต่อไปได้ ในขณะที่ไฟที่ไหม้เชื้อเพลิงขนาดเล็กจะดับลงด้วยตัวเอง

ความชื้นในเชื้อเพลิงโดยทั่วไปจะผันแปรไปตามสภาพแวดล้อม อันได้แก่ ฤดูกาล ปริมาณน้ำฝน ลม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ช่วงเวลากลางวัน และสภาพภูมิประเทศ เป็นต้น

จากการศึกษาเกี่ยวกับไฟป่าในพื้นที่ต่าง ๆ ของประเทศไทย พบว่า องค์ประกอบ และโครงสร้างของเชื้อเพลิง จะมีความแตกต่างกันไปตามชนิดของป่า และปัจจัยเกี่ยวกับเชื้อเพลิงจะมีผลต่อความรุนแรงของไฟ โดยชนิดของเชื้อเพลิงที่แตกต่างกันจะทำให้ค่าความรุนแรงของไฟที่ได้แตกต่างกันออกไป โดยในพื้นที่ที่เป็นทุ่งหญ้า ความรุนแรงของไฟจะมีค่ามากกว่าในพื้นที่ป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบมีค่าความรุนแรงของไฟน้อยที่สุด

2. ปัจจัยเกี่ยวกับอากาศ (weather) อากาศเป็นปัจจัยที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาและมีอิทธิพล

ต่อพฤติกรรมของไฟซึ่ง ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม (สันต์, 2526)

2.1 อุณหภูมิของอากาศ (air temperature) เป็นตัวแปรที่สำคัญมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมของไฟ คือ ถ้าอุณหภูมิยิ่งเพิ่มสูงขึ้นเท่าใดจะทำให้เชื้อเพลิงติดไฟง่ายอัตราการเผาไหม้ก็จะเพิ่มตามไปด้วย จากการศึกษาของ Fons (1946) พบว่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 28°C อัตราการลุกไหม้จะเพิ่มขึ้นเป็น 30 % แสงอาทิตย์มีผลต่ออุณหภูมิของเชื้อเพลิง แหล่งเชื้อเพลิงที่ได้รับแสงจากดวงอาทิตย์เชื้อเพลิงก็จะมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศข้างเคียง ในช่วงสายจนถึงช่วงบ่ายของวัน ความร้อนที่ผิวดินจะสูง ในเวลานี้เชื้อเพลิงขนาดเล็กจะติดไฟได้ดีที่สุด ส่วนในช่วงอื่น ๆ เชื้อเพลิงจะมีความชื้นมากขึ้น ซึ่งจะทำให้อัตราการลุกไหม้และความรุนแรงของไฟลดลง

2.2 ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) คือ ปริมาณไอน้ำในอากาศ เพราะฉะนั้น ถ้าหากความชื้นสัมพัทธ์สูง เชื้อเพลิงก็จะติดไฟยาก นอกจากนี้ ความชื้นสัมพัทธ์ยังเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิของอากาศ คือ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความชื้นสัมพัทธ์จะลดลง

Heikkila *et al.* (1993) กำหนด Rules of Thumb ในเรื่องความชื้นสัมพัทธ์นี้ว่า เมื่ออุณหภูมิลดลงทุก ๆ 20 องศาฟาเรนไฮต์ ความชื้นสัมพัทธ์จะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าตัว เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นทุก ๆ 20 องศาฟาเรนไฮต์ ความชื้นสัมพัทธ์จะลดลงครึ่งหนึ่ง ที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 30 % ถือเป็นจุดอันตรายของไฟป่า และความชื้นสัมพัทธ์ผันแปรไปตามช่วงเวลาของวัน ความชื้นสัมพัทธ์จะสูงสุดในช่วงเช้ามืด และต่ำสุดในช่วงบ่าย

2.3 ลม (wind) คือ อากาศที่เคลื่อนที่ ลมมีความสำคัญ 2 ประการ คือ ประการแรกเป็นการเพิ่มออกซิเจนให้แก่เชื้อเพลิงที่กำลังเผาไหม้โดยตรง และประการที่สอง คือ ลมที่พัดแรงจะทำให้อัตราการลุกไหม้เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ ลมยังสามารถเปลี่ยนทิศทางการลุกลามของไฟ ทำให้ไฟมีพฤติกรรมไม่แน่นอน

3. ปัจจัยเกี่ยวกับภูมิประเทศ (topography) ภูมิประเทศ เป็นปัจจัยที่สำคัญปัจจัยหนึ่งในการกำหนดพฤติกรรมของไฟ โดยเฉพาะทิศทาง และอัตราการลุกลามของไฟ ลักษณะภูมิประเทศที่สำคัญ และมีผลโดยตรงต่อพฤติกรรมของไฟ ได้แก่ ความลาดชัน ทิศด้านลาด และความสูงของพื้นที่ (สันต์ และคณะ, 2534)

3.1 ความลาดชัน (slope) จะมีผลต่ออัตราการลุกลามของไฟ ในเวลากลางวันไฟจะไหม้ลุกลามไปทางขึ้นเขาเสมอเนื่องจากอิทธิพลของระบบลมหุบเขา ซึ่งจะพัดขึ้นหุบเขาในเวลากลางวัน และพัดลงหุบเขาในเวลากลางคืน ส่วนในที่ลาดชันไฟจะลุกลามเร็วกว่าในที่ราบ เพราะเปลวไฟจะพุ่งไปก่อนทำให้เชื้อเพลิงแห้งจึงลุกลไหม้ได้อย่างรวดเร็ว

จากการศึกษาของศิริ (2532) พบว่า ที่ความลาดชัน 15-17 % ถ้าความลาดชันเพิ่มขึ้นทุก ๆ 10 % อัตราการลุกลามของไฟจะเพิ่มขึ้นอีก 1 เท่าตัวของอัตราการลุกลามที่ความลาดชัน 15-17 % นั้น ส่วน Countryman (1964) พบว่า อัตราการลุกลามของไฟจะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า เมื่อความลาดชันเพิ่มขึ้นทุก ๆ 15 องศา

3.2 ทิศด้านลาด (aspect) คือ การบอกทิศทางของพื้นที่ที่มีความลาดชันนั้น ๆ ว่าหันไปทางทิศใด ซึ่งทิศด้านลาดที่หันทางทิศตะวันตกเฉียงใต้จะรับแสงอาทิตย์ในเวลากลางวันมากกว่าด้านอื่น ๆ ทำให้พื้นที่ที่มีความแห้งแล้งกว่าพื้นที่ในทิศด้านลาดอื่น ๆ เชื้อเพลิงจึงแห้ง ติดไฟง่ายและไฟลุกลามได้รวดเร็วกว่าทิศด้านลาดอื่น ๆ

3.3 ความสูงของพื้นที่ (elevation) คือ ความสูงของพื้นที่จากระดับน้ำทะเล เนื่องจากความสูงของพื้นที่จะมีอิทธิพลต่อ อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน ชนิดของพืชพรรณหรือพรรณไม้และความยาวนานของฤดูไฟป่า นอกจากนี้ ไฟที่เกิดในที่สูง การแผ่รังสีความร้อนจะน้อยกว่า เนื่องจากในที่สูงอากาศจะเจือจาง ความกดอากาศจึงต่ำ ดังนั้น ประสิทธิภาพของการแผ่รังสีความร้อนของเปลวไฟจึงลดลง

นอกจากนี้ ปัจจัยเกี่ยวกับดินจะมีอิทธิพลต่อไฟป่าเช่นเดียวกัน กล่าวคือ ในแต่ละสภาพป่า ลักษณะความชื้นของดินจะแตกต่างกัน และถ้าความชื้นของดินมากจะส่งผลกระทบต่อความชื้นของเชื้อเพลิง และยังช่วยชลอความรุนแรงของไฟป่าอีกด้วย

ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยดังกล่าวมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน รวมทั้งปัจจัยของไฟเองเป็นตัวกำหนดพฤติกรรมและลักษณะของไฟในแต่ละท้องที่และกาลเวลา เนื่องจากสิ่งแวดล้อมของไฟเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาและท้องที่ ดังนั้น พฤติกรรมของไฟจึงเปลี่ยนแปลงไปด้วย แต่อย่างไรก็ตาม ทั้งพฤติกรรมของไฟและสิ่งแวดล้อมของไฟเป็นปรากฏการณ์เฉพาะและคล้ายคลึงกันในสภาพการณ์ที่คล้ายคลึงกัน ดังนั้น จึงสามารถคาดการณ์ล่วงหน้าเกี่ยวกับพฤติกรรมของไฟได้เพื่อประโยชน์ในการวางแผนจัดการไฟป่า

แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับมวลชีวภาพ

มวลชีวภาพ (Biomass)

Demoll (1927) ได้ให้ความหมายของมวลชีวภาพไว้ว่า หมายถึง ปริมาณของสิ่งมีชีวิตทั้งหมดที่ปรากฏอยู่ในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งของสถานการณ์ใด ๆ โดยเฉพาะ ซึ่งมวลชีวภาพอาจวัดได้ในรูปของน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง น้ำหนักอินทรีย์สารที่ไม่รวมน้ำหนักจีเถ้า (ash-free dry weight) น้ำหนักคาร์บอน แคลอรี หรือหน่วยอื่น ๆ ที่อาจเป็นประโยชน์สำหรับวัตถุประสงค์ของการเปรียบเทียบโดยอาจมีหน่วยเป็น กรัมต่อตารางเมตร กิโลกรัมต่อเฮกเตอร์ หรือหาในรูปของพลังงานซึ่งมีหน่วยเป็นแคลอรี (Odum, 1963)

โดยปกติมวลชีวภาพจะรวมทั้งของพืชและสัตว์ แต่ในที่นี้จะเน้นกล่าวถึงเฉพาะมวลชีวภาพของพืชพรรณที่เป็นป่าไม้เท่านั้น ซึ่งสามารถแยกมวลชีวภาพของพืชพรรณป่าไม้ออกเป็นมวลชีวภาพที่อยู่เหนือพื้นดิน และใต้พื้นดิน โดยทั่วไปข้อมูลของมวลชีวภาพที่อยู่เหนือพื้นดิน จะมีข้อมูลจัดพิมพ์ออกมามากกว่ามวลชีวภาพที่อยู่ใต้พื้นดินที่มีขีดจำกัดต่าง ๆ มากมาย (Satoo and Madgwick, 1982)

วิธีการหามวลชีวภาพที่อยู่เหนือพื้นดินของพื้นที่ป่ามีอยู่หลายวิธีด้วยกัน พงษ์ศักดิ์ (2538) กล่าวว่า นักนิเวศวิทยาชาวญี่ปุ่น ส่วนใหญ่จะนิยมใช้ความสัมพันธ์ต่างมิติ (allometry method) ระหว่างมิติ (dimension) ต่าง ๆ ของต้นไม้ กับอีกวิธีหนึ่งที่เรียกว่า Stratified clip technique แม้ว่านักนิเวศวิทยาทางซีกโลกตะวันตกนำเอาวิธีการนี้ไปใช้อยู่บ้าง แต่ไม่ละเอียดลออ เท่ากับนักนิเวศวิทยาชาวญี่ปุ่น

วิธีการ Stratified clip technique ถูกเสนอขึ้นมารั้งแรกโดย (Monsi and Saeki, 1953) เป็นเทคนิคง่าย ๆ ในการตัดฟันส่วนของพืชที่อยู่เหนือพื้นดินที่เป็นแปลงตัวอย่างออกเป็นชั้น ๆ ในแนวราบ โดยใช้ช่วงความหนาแน่นของชั้นเท่า ๆ กัน การใช้เทคนิคนี้กับสังคมพืชพรรณป่าไม้ต้องใช้แรงงานมาก หรือเป็นเทคนิคที่ยุ่งยาก แต่มีประโยชน์มากเนื่องจากคุณสมบัติทั้งทางสัณฐานวิทยาและทางสรีรวิทยาของใบไม้ และของเนื้อไม้ นั้น จะแตกต่างกันไปตามตำแหน่งที่อยู่ภายในที่ว่างในป่า (forest space)

ส่วนวิธีการความสัมพันธ์ต่างมิติ (allometry method) ถูกนำมาใช้ศึกษานิเวศวิทยาของป่าไม้เป็นครั้งแรก โดย Kittredge (1944) อยู่ในรูปสมการ ดังนี้

$$\log W_L = b \log D - a \quad (1)$$

โดยใช้ประมาณหามวลชีวภาพของใบไม้ต่อต้น (leaf dry weight; W_L) จากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นที่ระดับความสูงเพียงอก (DBH หรือ D) ตามกฎความสัมพันธ์ต่างมิติ (law of allometry) ทำให้ได้สมการความสัมพันธ์ต่างมิติ (allometry equation) ของต้นไม้สองมิติ คือ ความสัมพันธ์ทาง X และ Y อยู่ในรูปสมการ ดังนี้

$$Y = aX^h \text{ หรือ } \log Y = h \log X + \log a \quad (2)$$

เมื่อ Y และ X เป็นตัวแปรที่วัดได้จากตัวอย่าง โดยค่า Y จะเป็นน้ำหนักของลำต้น กิ่ง หรือ ใบ สำหรับ X เป็นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นที่ระดับความสูงเพียงอก ส่วนค่า a และ h เป็นค่าคงที่ การใช้สมการนี้ ถ้ามิติใดมิติหนึ่งในสองมิติของสมการนี้วัดได้ยาก และสามารถจะวัดมิติใดมิติหนึ่งได้ง่าย ก็สามารถประมาณหาอีกมิติหนึ่งได้โดยไม่ยากนัก ในกรณีที่เริ่มต้นไม้ค่า DBH เป็นมิติที่วัดได้ง่าย และในการประมาณหาปริมาณมวลชีวภาพก็ใช้ค่านี้บ่อย ๆ

กรณีที่มวลชีวภาพเป็นน้ำหนักของลำต้นไม้ต่อต้น (stem dry weight; W_s) (ในการใช้สัญลักษณ์ W นิยมใช้แทนปริมาณของต้นไม้ 1 ต้น แต่ Y ใช้แทนมวลชีวภาพของต้นไม้ต่อกลุ่ม ต่อ หมู่ไม้ (stand) หรือต่อหน่วยพื้นที่ดิน) สมการดังกล่าว (พงษ์ศักดิ์, 2538) จะอยู่ในรูปสมการ ดังนี้

$$W_s = aD^h \quad (3)$$

อย่างไรก็ตาม ค่าคงที่ a และ h ในสมการข้างบนนี้จะแตกต่างกันไปแล้วแต่กลุ่มหรือหมู่ไม้ของป่า สาเหตุจากความแตกต่างของอายุของหมู่ไม้ (stand age) ความหนาแน่นของหมู่ไม้ (stand density) และสภาวะสิ่งแวดล้อม (environmental conditions) สามารถแก้ไขให้หมดไปได้โดยใช้ตัวแปรอิสระ (X) ในสมการ 2 ตัว โดยสมการนิยมให้ค่า X เป็นค่าร่วมกันระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอก (D) และความสูง (H) เพื่อลดความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นจากการวัดข้อมูล (Ogawa and Kira, 1977) อยู่ในรูปสมการ ดังนี้

$$W_s = a(D^2H)^h \quad (4)$$

การหามวลชีวภาพของกิ่ง (branch dry weight; W_B) ต่อดันก็สามารถจะประมาณออกมาได้เช่นเดียวกันกับลำต้น หากทราบความสัมพันธ์ต่างมิติ (allometry method) ระหว่าง W_B กับ D หรือ W_B กับ D^2H แต่เมื่อใช้ความสัมพันธ์ต่างมิติ (allometry method) ระหว่าง W_s กับ D^2H แล้วมักจะนิยมประมาณมวลชีวภาพของกิ่ง จากสมการ ดังนี้

$$W_B = aW_s^h \quad (5)$$

ในการประมาณมวลชีวภาพของใบไม้ Ogawa *et al.* (1965) พบว่า มวลชีวภาพของใบไม้ ต่อดัน (W_L) โดยอาศัยน้ำหนักของลำต้นต่อดัน (W_s) ใช้ประมาณมวลชีวภาพของใบไม้ได้ดี อาจประมาณได้จากสมการ ดังนี้

$$\frac{1}{W_L} = \frac{1}{aW_L^h} + \frac{1}{b} \quad (6)$$

เมื่อ a , h และ b เป็นค่าคงที่ของสมการ

การประมาณหาพื้นที่ผิวของใบไม้ จะอาศัยความสัมพันธ์ต่างมิติ (allometry method) ระหว่างพื้นที่ผิวใบทั้งหมดของต้นไม้อันหนึ่ง (U) กับน้ำหนักของใบไม้ต่อดัน (W_L) จะอยู่ในรูปสมการ ดังต่อไปนี้

$$U = aW_L^h \quad (7)$$

ในการศึกษาของ Ogawa *et al.* (1961) ได้ใช้ความสัมพันธ์ต่างมิติ (allometry method) นี้ ทำการศึกษาพื้นที่ผิวใบทั้งหมดของต้นไม้อันหนึ่งต้นในประเทศไทย โดยทำการวัดต้นไม้ จำนวน 11 ต้น ของหมู่ไม้ (stand) ที่แตกต่างกัน 2 ประเภท แล้วทำการทดสอบสมการที่ได้กับหมู่ไม้ต่าง ๆ ได้ค่าใกล้เคียงกับค่าพื้นที่ผิวใบที่แท้จริง จากสมการ ดังนี้

$$U = 9.632W_L^{0.949} \quad (8)$$

พื้นที่ผิวใบจะมีความสัมพันธ์ต่างมิติ (allometry method) กับค่า D อยู่ในรูปสมการ ดังนี้

$$U = 0.6013D^{1.724} \quad (9)$$

แต่อย่างไรก็ตาม การใช้ค่า D เป็นตัวแปรอิสระเพียงค่าเดียว อาจทำให้การประมาณค่าพื้นที่ผิวใบมีค่ามากกว่าความเป็นจริง เมื่อจำนวนของลำต้นโดยรวมในหมู่ไม้ (stand) มีขนาดใหญ่มาก ดังนั้น การใช้ค่า D^2H จึงมีความเหมาะสมกว่าใช้ค่า D เพียงค่าเดียวทำให้ความสัมพันธ์ต่างมิติ (allometry method) ของน้ำหนักของใบต่อต้น หรือพื้นที่ผิวใบทั้งหมดของต้นใดต้นหนึ่ง กับค่า D^2H อยู่ในรูปสมการ ดังนี้

$$W_L = 0.04518 (D^2H)^{0.6230} \quad (10)$$

$$\text{หรือ} \quad U = 0.5101(D^2H)^{0.5912} \quad (11)$$

จากค่าพื้นที่ผิวใบทั้งหมดของต้นไม้หนึ่งต้นที่ได้ สามารถนำไปใช้ในการประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf Area Index – LAI) และมวลชีวภาพของต้นไม้ในแต่ละส่วน (ลำต้น ใบ กิ่ง) หรือทั้งต้น ทั้งกลุ่มทั้งหมดไม้ (stand) หรือของทั้งแปลงทั้งป่าได้

สำหรับมวลชีวภาพที่อยู่เหนือพื้นดิน ที่มีการศึกษาในประเทศไทย ประมาณโดยใช้สมการความสัมพันธ์ต่างมิติ (allometry equation) ตามสภาพป่าต่าง ๆ ไว้ แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สมการความสัมพันธ์ต่างมิติ (allometry equation) ที่ใช้คำนวณค่ามวลชีวภาพที่อยู่เหนือพื้นดินของป่าชนิดต่าง ๆ

ชนิดป่า	สมการความสัมพันธ์ต่างมิติ	หมายเหตุ
ป่าเต็งรัง	$\log W_s = 0.902\log(D^2H) + 2.2764$	D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอก (ม.)
	$\log W_B = 1.204\log(W_s) - 0.904$	H = ความสูงของต้นไม้ (ม.)
		W_s = มวลชีวภาพของลำต้น (กก.)
		W_B = มวลชีวภาพของกิ่ง (กก.)
	$\frac{1}{W_L} = \frac{11.4}{W_s^{0.9}} + 0.172$	W_L = มวลชีวภาพของใบ (กก.)
		มวลชีวภาพที่อยู่เหนือพื้นดินของต้นไม้ทั้งต้น (W_T) = $W_s + W_B + W_L$

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ชนิดป่า	สมการความสัมพันธ์ต่างมิติ	หมายเหตุ
² ป่าผสมผลัดใบ	$\log W_S = 0.9326 \log(D^2 H) - 1.402$	D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับ ความสูงเพียงอก (ชม.)
	$\log W_B = 1.027 \log(D^2 H) - 2.458$	H = ความสูงของต้นไม้ (ม.) W_S = มวลชีวภาพของลำต้น (กก.)
	$\frac{1}{W_L} = \frac{22.5}{W_S} + 0.025$	W_B = มวลชีวภาพของกิ่ง (กก.) W_L = มวลชีวภาพของใบ (กก.) มวลชีวภาพที่อยู่เหนือพื้นดินของ ต้นไม้ทั้งต้น (W_T) = $W_S + W_B + W_L$
³ ป่าดิบแล้ง	$\log W_S = 0.95063 \log(D^2 H) - 1.415$	D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับ ความสูงเพียงอก (ชม.)
	$\log W_B = 1.07061 \log(D^2 H) - 2.433$	H = ความสูงของต้นไม้ (ม.) W_S = มวลชีวภาพของลำต้น (กก.)
	$\frac{1}{W_L} = \frac{510.138}{(D^2 H)^{0.95063}} + 0.02083$	W_B = มวลชีวภาพของกิ่ง (กก.) W_L = มวลชีวภาพของใบ (กก.) มวลชีวภาพที่อยู่เหนือพื้นดินของ ต้นไม้ทั้งต้น (W_T) = $W_S + W_B + W_L$
⁴ ป่าดิบเขา และ ป่าสนเขา	$U = 9.632 W_L^{0.949}$	D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับ ความสูงเพียงอก (ชม.)
	$W_L = 0.04518 D^2 H^{0.6230}$	H = ความสูงของต้นไม้ (ม.) U = พื้นที่ผิวใบทั้งหมดของต้นไม้ หนึ่งต้น (ม. ²)
	$W_C = 0.06851 D^2 H^{0.8396}$	W_L = มวลชีวภาพของใบ (กก.) W_C = มวลชีวภาพของลำต้นกับกิ่ง (กก.) มวลชีวภาพที่อยู่เหนือพื้นดินของ ต้นไม้ทั้งต้น (W_T) = $W_L + W_C$

ที่มา: ¹Ogino *et al.* (1967)³มณฑล (1965)²Ogawa *et al.* (1965)⁴Ogawa *et al.* (1961)

ป่าไม้เป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่สำคัญ โดยคาร์บอนจะถูกเก็บสะสมไว้ในรูปของมวลชีวภาพของป่าแต่ละประเภท ซึ่งจะมีการผันแปรอย่างมากระหว่างป่าแต่ละประเภท หรือแม้แต่ภายในป่าประเภทเดียวกันแต่ต่างบริเวณกัน ปริมาณมวลชีวภาพก็จะแตกต่างกันจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง Puangchit (2000) ได้นำเสนอว่า Boonpragob (1996) ได้รวบรวมผลการศึกษานี้ ปริมาณคาร์บอน และปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของป่าประเภทต่าง ๆ ไว้ แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน มวลชีวภาพของต้นไม้ และปริมาณคาร์บอนของป่าประเภทต่าง ๆ ในประเทศไทย

รายการ	ประเภทป่า				
	ป่าดิบ	ป่าผสมผลัดใบ	ป่าเต็งรัง	ป่าสน	ป่าชายหาด
มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (ตัน/เฮกแตร์)	337	226	126	160	200
มวลชีวภาพของต้นไม้ (ตัน/เฮกแตร์)*	229	149	88	102	162
ปริมาณคาร์บอนชนิด พันธุ์ไม้เด่น (ร้อยละ)	54	52	49	48	55

หมายเหตุ * ค่าประมาณการ โดยใช้ค่าสัดส่วนระหว่างมวลชีวภาพต้นไม้ต่อมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน

ที่มา: Boonpragob (1996)

แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการสำรวจจากระยะไกล

ความหมายของการสำรวจจากระยะไกล

การสำรวจข้อมูลจากระยะไกลเป็นวิทยาศาสตร์ และศิลปะของการได้มาซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุ พื้นทีหรือปรากฏการณ์จากเครื่องมือบันทึกข้อมูลโดยปราศจากการเข้าไปสัมผัสวัตถุเป้าหมาย ทั้งนี้อาศัยคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นสื่อในการได้มาของข้อมูลใน 3 ลักษณะ คือ ช่วง

คลื่น (spectral) รูปทรงพื้นฐานของวัตถุบนพื้นผิวโลก (spatial) และการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา (temporal) (สุรัชย์, 2536)

การสำรวจจากระยะไกล หรือรีโมตเซนซิง (remote sensing) เป็นวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแขนงหนึ่ง ที่ใช้ในการบ่งบอก จำแนก หรือวิเคราะห์คุณลักษณะของวัตถุต่าง ๆ โดยปราศจากการสัมผัสโดยตรง (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ , 2540)

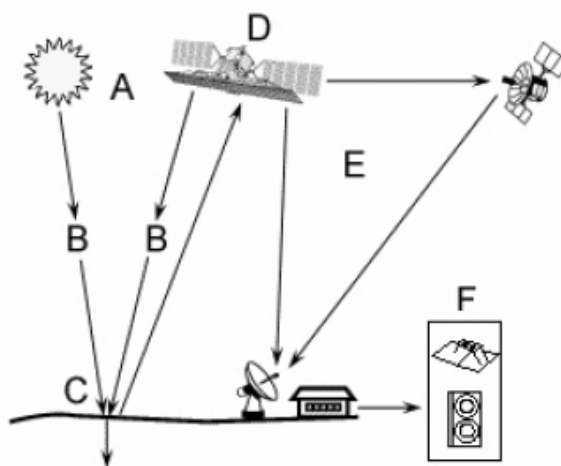
การสำรวจจากระยะไกล เป็นวิทยาศาสตร์ และศิลปศาสตร์ ของการได้มาซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุบนพื้นผิวโลก โดยปราศจากการสัมผัส เป็นการรับรู้ การบันทึกการสะท้อน หรือส่งผ่านพลังงาน การวิเคราะห์ และการประยุกต์ใช้ข้อมูลนั้น (Canada Centre for Remote Sensing, 2001)

องค์ประกอบที่สำคัญของการสำรวจข้อมูลระยะไกล คือ คลื่นแสงซึ่งเป็นพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติไม่จำเป็นต้องเป็นพลังงานที่ได้จากดวงอาทิตย์ หรือเป็นพลังงานจากตัวเอง ซึ่งระบบการสำรวจข้อมูลระยะไกลโดยอาศัยพลังงานแสงธรรมชาติ เรียกว่า passive remote sensing ส่วนระบบบันทึกที่มีแหล่งพลังงานที่สร้างขึ้น และส่งไปยังวัตถุเป้าหมาย เรียกว่า active remote sensing พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic wave) ที่สะท้อนหรือแผ่ออกจากวัตถุหรือพื้นผิวโลกมักเป็นต้นกำเนิดของข้อมูลที่สำรวจจากระยะไกล เครื่องมือที่ใช้วัดค่าพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนหรือแผ่ออกจากวัตถุ เรียกว่า เครื่องวัดจากระยะไกล (remote sensor) หรือเครื่องวัด (sensor) ตัวอย่างเช่น กล้องถ่ายภาพ หรือเครื่องสแกนเนอร์ (scanner) และยานพาหนะที่ใช้ติดตั้งเครื่องวัด เรียกว่า ยานสำรวจ (platform) ได้แก่ เครื่องบิน หรือ ดาวเทียม (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2545)

การสำรวจข้อมูลจากระยะไกลประกอบด้วย 2 กระบวนการ คือ

1. การได้มาซึ่งข้อมูล (data acquisition) การได้รับข้อมูลในกระบวนการสำรวจข้อมูลจากระยะไกลเป็นกระบวนการต่าง ๆ ที่ทำให้ได้มาซึ่งข้อมูลโดยเริ่มตั้งแต่ดาวเทียม หรือยานสำรวจ (platform) ถูกส่งออกสู่วงโคจรในตำแหน่งที่จะทำการบันทึกข้อมูลจนถึงขั้นการส่งข้อมูล หรือสัญญาณการสะท้อนพลังงานมาสู่สถานีรับภาคพื้นดิน (receiving station) และผลิตข้อมูลออกมาในรูปแบบของข้อมูลเชิงอนุมาณ (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)



ภาพที่ 3 กระบวนการได้มาซึ่งข้อมูล [A. แหล่งพลังงาน (energy source) B. การแผ่รังสี (radiation) C. ปฏิสัมพันธ์ของพลังงานและพื้นผิวโลก (interaction with the target) D. ระบบการบันทึกข้อมูล (sensor system) E. การส่งผ่านพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (transmission) และ F. ข้อมูลที่ได้รับ (data)]

ที่มา: Canada Centre for Remote Sensing (2001)

2. การแปลตีความ และการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม (image interpretation and analysis) มีการดำเนินการได้ 2 วิธีการ คือ การแปลตีความด้วยสายตา (visual interpretation) ข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ (qualitative) ซึ่งอาจจะวัดออกมาในรูปของ ดี เลว หรือ เปอร์เซ็นต์ กล่าวคือ การแปลภาพถ่ายจากดาวเทียมด้วยสายตาไม่สามารถวัดออกมาเป็นเชิงปริมาณได้ทันที และการวิเคราะห์ และประเมินผลเชิงตัวเลข (digital analysis and processing) ข้อมูลที่ได้จะอยู่ในรูปข้อมูลเชิงปริมาณ (quantitative) (สุพรรณ, 2536)

2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมด้วยสายตา (visual interpretation) หรือการแปลตีความหมาย (photographic interpretation) หมายถึง การวินิจฉัย (identification) ว่าสิ่งที่เห็นควรเป็นอะไร หรือน่าจะเป็นอะไร ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาวิเคราะห์ (analyze) อย่างมีระบบ

เพื่อนำข้อมูล (data) และสารสนเทศ (information) จากหลายด้านมาประกอบกันเพื่อช่วยระบุว่าสิ่งที่เห็นในภาพนั้นน่าจะเป็นอะไรในพื้นที่จริง (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2545) การแปลภาพถ่ายจากดาวเทียมจะอาศัยลักษณะที่ปรากฏบนภาพถ่ายจากดาวเทียม คือ รูปร่าง (shape) รูปแบบการจัดเรียง (pattern) สี (color) ที่ตั้ง (site) และถิ่นที่ตั้ง และสิ่งแวดล้อมข้างเคียง (site and environment) เป็นปัจจัยสำคัญในการแปลตีความ (สุวิทย์ และคณะ, 2542) นักแปลภาพที่ดีควรมีคุณสมบัติความรู้ภูมิหลัง (background) ความสามารถของสายตา (visual acuity) ความสามารถของจิตใจ (mental acuity) และประสบการณ์ (experience) (ประสพชัย, 2536)

2.2 การวิเคราะห์ และประมวลผลเชิงตัวเลข (digital analysis and processing) จะเป็นการนำเครื่องคอมพิวเตอร์มาช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลโดยจะใช้ค่าทางสถิติ หรือทฤษฎีทางสถิติเป็นตัวตัดสินใจ กระบวนการวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูลดาวเทียม สามารถแยกออกได้ดังนี้

2.2.1 การเตรียมข้อมูลก่อนทำการวิเคราะห์ (preprocessing) ประกอบด้วย กระบวนการปรับแก้ความผิดพลาดทางคลื่น (radiometric correction) การแก้ไขความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิต (geometric correction) ของภาพถ่ายจากดาวเทียมเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องตรงกับข้อเท็จจริงบนพื้นผิวโลก

2.2.2 การเน้นหรือการปรับปรุงคุณภาพข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม (image enhancement) จะประกอบด้วยกระบวนการ ปรับแก้ระดับสีเทา (contrast stretching) การกรองข้อมูล (spatial filtering) เพื่อความชัดเจนของข้อมูล

2.2.3 การแปลงค่าของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม (image transformation) เป็นการรวมข้อมูลจากหลายช่วงคลื่นด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้ได้ข้อมูลใหม่ที่ต้องการ เช่น การหาอัตราส่วนระหว่างแบนด์ (spectral or band ratio) และ Principal Components Analysis (Canada Centre for Remote Sensing, 2001)

2.2.4 การจำแนกประเภทข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม (image classification) โดยทั่วไปการจำแนกข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์มี 2 วิธี คือ การจำแนกประเภทข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมแบบกำกับดูแล (supervised classification) เป็นวิธีที่ผู้วิเคราะห์จะต้องกำหนดพื้นที่ข้อมูลตัวอย่าง (training area) ของข้อมูลแต่ละประเภทให้กับคอมพิวเตอร์ เพื่อคำนวณค่าสถิติ (mean ,

standard deviation) และค่าสถิติดังกล่าวจะเป็นตัวแทนสำหรับจำแนกประเภทข้อมูลของพื้นที่ทั้งหมด และการจำแนกประเภทข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมแบบไม่กำกับดูแล (unsupervised classification) เป็นวิธีที่ผู้วิเคราะห์ไม่ต้องกำหนดพื้นที่ข้อมูลตัวอย่าง (training area) ของแต่ละประเภทข้อมูลให้กับคอมพิวเตอร์ (กันยา และคณะ, 2536)

สิ่งที่ต้องคำนึงถึงเป็นอย่างมากก่อนทำการแปล วิเคราะห์ หรือจำแนกประเภทข้อมูล คือ การเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา (multitemporal approach) ดังนั้นการวิเคราะห์จำแนกประเภทข้อมูล หรือติดตามการเปลี่ยนแปลง (monitoring) จำเป็นต้องใช้ข้อมูลจากหลายช่วงเวลามาใช้ในการเปรียบเทียบเพื่อความถูกต้อง และชัดเจนมากขึ้น การเปลี่ยนแปลงตามช่วงคลื่น (multispectral approach) เนื่องจากวัตถุแต่ละชนิดจะมีการสะท้อน หรือดูดซึมพลังงานแตกต่างกัน การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ข้อมูลช่วงคลื่นเดียวอาจจะจำแนกประเภทข้อมูลได้ไม่ดีนัก จำเป็นต้องใช้ข้อมูลหลายช่วงคลื่นมาวิเคราะห์ หรือมาผสมกัน เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ชัดเจนมากขึ้น ระดับความหยابละเอียดของข้อมูล (multilevel or multistage approach) เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากการสำรวจระยะไกลมีระดับความหยابละเอียดแตกต่างกัน เช่น ข้อมูลที่ได้จากดาวเทียม Landsat TM 5 มีความละเอียด (resolution) 30 x 30 เมตร ข้อมูลจากดาวเทียม Spot มีความละเอียด 20 x 20 เมตร ดังนั้นในการวิเคราะห์ หรือจำแนกข้อมูลควรจะมีระดับที่เหมาะสมกับข้อมูล ซึ่งทั้งการแปลภาพถ่ายจากดาวเทียมด้วยสายตา และวิเคราะห์เทปบันทึกข้อมูลจากดาวเทียมด้วยคอมพิวเตอร์ มีขั้นตอนที่เหมือนกัน ยกเว้นวิธีการแปล และวัสดุที่ใช้แตกต่างกัน ขั้นตอนต่าง ๆ สรุปได้ดังนี้ (สุพรรณ , 2536)

ก. ตรวจสอบข้อมูล และรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน

ข. เก็บข้อมูลภาคพื้นดิน

ค. แปล และวิเคราะห์ข้อมูลจากดาวเทียมด้วยสายตา หรือเครื่องคอมพิวเตอร์

ง. จัดทำแผนที่

จ. ตรวจสอบความถูกต้องทางภาคพื้นดิน (mapping accuracy)

การปฏิบัติระหว่างช่วงคลื่นในการให้ข้อมูลเกี่ยวกับพืชพรรณ

การหาช่วงคลื่นที่เหมาะสมในการให้ข้อมูลเกี่ยวกับพืชพรรณต่าง ๆ มักนำช่วงคลื่นที่สายตามนุษย์มองเห็น (visible) กับช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (near-infrared; NIR) ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามาใช้ประโยชน์ โดยที่ใบของพืชพรรณจะสะท้อนลดลงในความยาวช่วงคลื่นที่สายตามนุษย์มองเห็น แต่จะสะท้อนแสงมากในความยาวช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Swain and David, 1978; LO, 1986; Barrett and Curtis, 1992; Clevers, 1993; Lillesand and Kiefer, 1994; Rees, 1996)

การปฏิบัติการระหว่างช่วงคลื่น (band operation) เป็นวิธีการหนึ่งที่ถูกนิยมนำมาใช้กันมากในการแสดงภาพเพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับพืชพรรณ ดังแสดงในตารางที่ 4 และภาพดังกล่าวสามารถสร้างขึ้นโดยการคำนวณ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. การหาอัตราส่วนระหว่างแบนด์ (band to band ratio) เป็นการจำแนกความแตกต่างของข้อมูลโดยการนำเอาความเข้มของแต่ละแบนด์ที่มีจุดภาพตรงกันมาหารกัน ผลที่ได้จากอัตราส่วนนี้จะช่วยลดรายละเอียดที่เหมือนกันของภาพ แต่ในขณะเดียวกันก็จะช่วยเน้นรายละเอียดที่มีความแตกต่างกันในภาพให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น การทำอัตราส่วนระหว่างแบนด์จะมีประโยชน์มากในภูมิประเทศที่เป็นภูเขา เพราะจะช่วยลดความแตกต่างของความเข้มข้นของข้อมูลหน้าเขา (ส่วนที่รับแสง) และหลังเขา (เงา) ได้

2. การนำช่วงคลื่นมาลบกัน (subtraction) ทำให้ได้ผลลัพธ์ที่สามารถนำมาใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลง ข้อที่ควรระวังในการใช้เทคนิคนี้คือ ภาพที่ใช้จะต้องมีการแก้ไขทางเรขาคณิตก่อนโดยให้มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด เช่น ครึ่งหนึ่งของจุดภาพระบบบันทึกข้อมูลนั้น เพื่อสามารถนำผลมาเทียบกับแผนที่ดินฉบับได้ถูกต้องที่สุด วิธีนี้สามารถใช้ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงทั้งในระยะสั้นและระยะยาวได้ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงระยะสั้น ได้แก่ น้ำท่วม ไฟป่าและการเคลื่อนที่ของเมฆ และการเปลี่ยนแปลงระยะยาว ได้แก่ การพัฒนาเมือง การเปลี่ยนแปลงสภาพป่า เป็นต้น

3. การนำช่วงคลื่นมาทำสัดส่วนกันและลบกัน (normalized differencing) วิธีนี้เป็นที่นิยมมากในการแก้ไขปัญหาการปฏิบัติการกับข้อมูลภาพที่ได้รับอิทธิพลจากมุมของดวงอาทิตย์และ

ลักษณะภูมิประเทศ เช่น การคำนวณค่าดัชนีความแตกต่างของความเป็นพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index; NDVI)

ค่า NDVI จะมีค่าสูงสำหรับบริเวณที่มีพืชพรรณขึ้นหนาแน่นกว่า ซึ่งในขณะที่พื้นที่ทะเลทราย หรือบริเวณพื้นที่ที่ไม่มีพืชพรรณจะมีค่า NDVI ต่ำมาก

ตารางที่ 4 การปฏิบัติระหว่างช่วงคลื่นของดาวเทียม Landsat TM ที่นิยมนำมาใช้ประโยชน์ในการศึกษาพืชพรรณ

รูปแบบ	สมการ
การลบแบบง่าย (simple subtraction)	$NIR - R = band4 - band3$
การหารแบบง่าย (simple division)	$\frac{NIR}{R} = \frac{band4}{band3}$
การหารแบบซับซ้อน (complex division)	$\frac{NIR}{R + otherband} = \frac{band4}{band3 + otherband}$
Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)	$\frac{NIR - R}{NIR + R} = \frac{band4 - band3}{band4 + band3}$
Transformed Vegetation Index (TVI)	$\left[\frac{NIR - R}{NIR + R} + 0.5 \right]^{0.5} = \left[\frac{band4 - band3}{band4 + band3} + 0.5 \right]^{0.5}$
Green Vegetation Index (GVI)	$0.29(G) - 0.56(R) + 0.60(NIR) + 0.49(NIR)$

หมายเหตุ เมื่อ G = band 2 (เขียว), R = band 3 (แดง) และ NIR = band 4 (อินฟราเรดใกล้)

ที่มา: Barett and Curtus (1992)

นอกจากนี้แล้วยังมีการใช้วิธีการเน้นภาพที่เรียกว่า Tasseled - Cap Component เป็นการแปลงค่าของจุดภาพในรูปแบบผลบวกเชิงเส้น ตัวอย่างสมการคณิตศาสตร์ในการเน้นภาพด้วยวิธีนี้แสดงดังตารางที่ 5 ซึ่งมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาพืชพรรณเช่นเดียวกัน โดยมีรายละเอียดดังนี้ คือ

3.1 ค่าความสว่าง (brightness) เป็นรูปแบบผลบวกเชิงเส้นที่กำหนดทิศทางความแปรปรวนหลักสำหรับการสะท้อนของดิน (soil refrection)

3.2 ค่าความเขียว (greenness) ซึ่งจะมีทิศทางของการสะท้อนในช่วงคลื่นแสงสว่างตรงกันข้ามกับคลื่นอินฟราเรดใกล้ จะให้ภาพของพืชสีเขียวชัดขึ้น เป็นการแสดงความต่างระดับระหว่าง NIR (near-infrared) กับ VI (vegetation index) ซึ่งสัมพันธ์กับพืชพรรณ

3.3 ค่าความชื้น (wetness) เป็นความสัมพันธ์ของความหนาแน่นของเรือนยอดพืชกับความชื้น

ตารางที่ 5 ตัวอย่างสมการคณิตศาสตร์ในการเน้นภาพด้วยวิธี Tasseled - Cap Component

Images Layers	Tasseled Cap with Coefficients (Mathematical Equations)	
Layer 1 Brightness	$0.2909(\text{TM Band 1}) + 0.2493(\text{TM Band 2}) + 0.4806(\text{TM Band 3}) + 0.5568(\text{TM Band 4}) + 0.4438(\text{TM Band 5}) + 0.1706(\text{TM Band 7})$	
Layer 2 Greenness	$-0.2728(\text{TM Band 1}) - 0.24174(\text{TM Band 2}) - 0.5508(\text{TM Band 3}) + 0.7221(\text{TM Band 4}) + 0.0733(\text{TM Band 5}) - 0.1648(\text{TM Band 7})$	
Layer 3 Wetness	$0.1446(\text{TM Band 1}) + 0.1761(\text{TM Band 2}) + 0.3322(\text{TM Band 3}) + 0.3396(\text{TM Band 4}) + 0.6210(\text{TM Band 5}) - 0.4186(\text{TM Band 7})$	

หมายเหตุ เมื่อ TM Band = Thematic Mapper Band

ที่มา: Kauth and Thomas (1976)

ค่าสัดส่วนของสิ่งปกคลุมพืชสีเขียว (fractional green vegetation cover; fc)

ค่าสัดส่วนของสิ่งปกคลุมพืชสีเขียว (fc) ใช้ในการชี้วัดความหนาแน่นของป่าไม้ คือ เป็นค่าสัดส่วนของพื้นที่ที่ปกคลุมโดยต้นไม้ต่อหน่วยเนื้อที่ สำหรับป่าที่เจริญเติบโตเต็มที่ค่าสัดส่วนของสิ่งปกคลุมพืชสีเขียว (fc) จะมีค่าเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ป่าที่มีการตัดไม้มีค่าสัดส่วนของสิ่งปกคลุมพืชสีเขียว (fc) จะมีค่าเท่ากับ 0 เปอร์เซ็นต์ โดยทั่วไปค่าสัดส่วนของสิ่งปกคลุมพืชสีเขียว (fc) จะไม่เหมือนกับเทคนิคการจำแนกพืชพรรณแบบเดิมที่มีการจำแนกค่าจุดภาพว่าเป็นป่าหรือไม่ใช่ป่า เนื่องจากค่าสัดส่วนของสิ่งปกคลุมพืชสีเขียว (fc) เป็นค่าคงที่ซึ่งบอกจำนวนของป่า

หรือต้นไม้ “เท่าไร” ดังนั้นสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับพื้นที่ที่จะหาจำนวนที่ถูกครอบครองโดยป่า หรือเพื่อประยุกต์ใช้กับจุดภาพเพื่อชี้วัดเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ที่ถูกครอบครองโดยต้นไม้ ตัวชี้วัดเหล่านี้จะระบุพื้นที่ที่ถูกครอบครองด้วยต้นไม้ หรือป่า ดังนั้น ค่าสัดส่วนของสิ่งปกคลุมพืชสีเขียว (fc) จะเป็นตัวชี้วัดทั่วไปของการกระจายกิ่งก้านของต้นไม้ทางแนวดิ่ง นอกจากนี้เพื่อกำหนดตัวชี้วัดความหนาแน่นของป่าไม้ ค่าสัดส่วนของสิ่งปกคลุมพืชสีเขียว (fc) สามารถนำมาใช้ในหลายกรณีในฐานะที่เป็นตัวชี้วัดความสมบูรณ์ของป่าไม้

การประเมินค่าสัดส่วนของสิ่งปกคลุมพืชสีเขียว (fc) จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมมักสัมพันธ์กับการคำนวณค่าดัชนีความเป็นพืชพรรณ และความสัมพันธ์ของค่าสัดส่วนของสิ่งปกคลุมพืชสีเขียว (fc) กับค่าดัชนีความเป็นพืชพรรณ จะมีการใช้แบบจำลองเชิงเส้น

การตั้งสมมุติฐานว่าสัญลักษณ์ของจุดภาพประกอบด้วยองค์ประกอบ 2 องค์ประกอบ คือ ดิน และพืช ดังนั้น ค่า Fraction soil covers จะเท่ากับ 1- fc ผลจากสัญลักษณ์เหล่านี้ (S) จะถูกสังเกตโดยตัวรับสัญญาณ ดังสมการ

$$S = [fc \times S_v] + [(1 - fc) \times S_s] \quad (12)$$

เมื่อ S_v เป็นการกระจายของสัญญาณจากองค์ประกอบของพืชสีเขียว และ S_s เป็นองค์ประกอบของดิน ทั้งนี้จุดภาพจะประกอบด้วยองค์ประกอบมากกว่า 2 องค์ประกอบ โดยสมการที่ (12) ต้องการการแก้ไข การวิเคราะห์เหล่านี้สามารถสมมุติ ได้ว่าจุดภาพประกอบด้วยพืชและดินเพียงอย่างเดียว สมการ (12) สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับข้อมูลในส่วนของการสะท้อนกลับ (Maas, 1998) ในช่วงคลื่นที่แสดงค่าของดัชนีความเป็นพืชพรรณ Zeng *et al.* (1999) เมื่อประยุกต์ใช้กับดัชนีความเป็นพืชพรรณ เช่น NDVI ดังนั้นสมการ (13) อาจจะประมาณโดย

$$NDVI = [fc \times NDVI_{veg}] + [(1 - fc) \times NDVI_{soil}] \quad (13)$$

$$\text{หรือ} \quad fc = \frac{NDVI - NDVI_{soil}}{NDVI_{veg} - NDVI_{soil}} \quad (14)$$

เมื่อ $NDVI_{soil}$ เป็นค่า NDVI ของพื้นที่ที่มีการเปิดหน้าดินหรือพื้นที่ที่ไม่มีพืชพรรณ และ $NDVI_{veg}$ เป็นค่าจุดภาพของพืชพรรณ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Guo *et al.* (2000) ได้ทำการศึกษาประเมินความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางชีววิทยาของทุ่งหญ้าทางด้านตะวันออกของรัฐ Kansas กับค่าการสะท้อนของช่วงคลื่นที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat ระบบ TM และค่าดัชนีพืชพรรณแบบต่าง ๆ ได้แก่ ค่า NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) ค่า Brightness ค่า Vegetation greenness และ ค่า Wetness พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพเหนือพื้นดินกับค่าความชื้นของพืชมีความสัมพันธ์กันสูง ($r = 0.76$) และการปกคลุมของพืชพรรณทั้งหมดมีความสัมพันธ์กับค่าการสะท้อนของช่วงคลื่น ($r < 0.55$)

วิญญู (2544) ได้ทำการประยุกต์ใช้การสำรวจจากระยะไกล เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีพื้นที่ใบ (leaf area index; LAI) และมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของพื้นที่ป่าชนิดต่าง ๆ ที่อยู่ในบริเวณอุทยานแห่งชาติภูกระดึง จังหวัดเลย กับค่าสะท้อนแบบสองทิศทาง (bidirectional reflectance; BDR) และ BDR Ratios ในรูปแบบ ค่าการลบอย่างง่าย ค่าการหารอย่างง่าย ค่า NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) ค่า TVI (Transformed Vegetation Index) และ ค่า GVI (Green Vegetation Index) ที่วิเคราะห์จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat ระบบ TM โดยการวิเคราะห์การถดถอย เมื่อกำหนดให้ค่าที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม เป็นตัวแปรอิสระ และค่าดัชนีพื้นที่ใบ กับมวลชีวภาพเหนือพื้นดินที่ได้จากภาคสนาม เป็นตัวแปรตาม พบว่า จากรูปแบบสมการที่ดีที่สุดของป่าแต่ละชนิดดังนี้ ป่าดิบเขา มีค่าดัชนีพื้นที่ใบโดยเฉลี่ยมากที่สุด คือ 9.252 รองลงมา ได้แก่ ป่าดิบแล้ง ป่าผสมผลัดใบ ป่าเต็งรัง และป่าสนเขา มีค่า 6.614, 4.846, 3.129 และ 1.009 ตามลำดับ ขณะที่มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ของป่าดิบแล้ง มีค่าโดยเฉลี่ยมากที่สุด คือ 373,837.49 กิโลกรัมต่อเฮกเตอร์ รองลงมา ได้แก่ ป่าดิบเขา ป่าผสมผลัดใบ ป่าเต็งรัง และป่าสนเขา มีค่า 195,701.57, 174,258.44, 70,653.92 และ 19,663.85 กิโลกรัมต่อเฮกเตอร์ ตามลำดับ

ละดาญ (2548) ได้ทำการประยุกต์ใช้การสำรวจจากระยะไกลในการประมาณหาปริมาณเชื้อเพลิงในป่าเต็งรัง บริเวณอุทยานแห่งชาติแม่ปิง จังหวัดลำพูน โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพของใบ ค่าการปกคลุมเรือนยอด และค่าปริมาณเชื้อเพลิง กับค่าสัดส่วนปกคลุมพืชสีเขียว (fc) และค่าดัชนีพืชพรรณต่าง ๆ ได้แก่ ค่าการหารอย่างง่าย (simple division) ค่า NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) ค่าความเขียว (greenness) และค่าความชื้น (wetness) ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat ระบบ TM โดยการวิเคราะห์การถดถอย พบว่า เมื่อนำสมการที่ดีที่สุดมาคำนวณค่าปริมาณเชื้อเพลิง ได้ค่าปริมาณเชื้อเพลิงเฉลี่ยเท่ากับ 277.45 กิโลกรัมต่อจุดภาพ หรือ 3 ตันต่อเฮกเตอร์

ข้อมูลเกี่ยวกับเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง

คณะวนศาสตร์ (2532) ศูนย์วิจัยป่าไม้ (2540) และ Western Forest Complex [WEFCOM] (2004) ได้ทำการศึกษาข้อมูลของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งไว้ แสดงรายละเอียดดังนี้

ประวัติการจัดตั้ง

"ป่าห้วยขาแข้ง" ได้รับการสำรวจครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2506 เนื่องจากเป็นป่าที่ยังคงความอุดมสมบูรณ์ทั้งทรัพยากรป่าไม้และสัตว์ป่า และสำคัญที่สุด คือ มีความเป็นไปได้ว่าป่าแห่งนี้จะเป็นถิ่นอาศัยสุดท้ายของควายป่า ซึ่งเคยเชื่อว่าสูญพันธุ์ไปจากประเทศไทยแล้ว แต่ในขณะนั้นห้วยขาแข้งก็ยังไม่ได้รับการประกาศเป็นเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า จนกระทั่งปี พ.ศ. 2515 กรมป่าไม้ได้เสนอเรื่องเข้าที่ประชุมคณะกรรมการสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่าอีกครั้ง แต่กรมทรัพยากรธรณีไม่เห็นชอบ เนื่องจากทำให้ไม่สามารถเข้าไปทำเหมืองแร่ได้อีกในปีเดียวกันนั้นกรมป่าไม้ได้เก็บภาพฝูงควายป่าออกมาเป็นหลักฐานยืนยันต่อคณะกรรมการฯ พื้นที่ป่าห้วยขาแข้งถูกประกาศให้เป็นเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า เมื่อปี พ.ศ. 2515 ตามประกาศคณะปฏิวัติ ฉบับที่ 201 และได้รับการประกาศในพระราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 89 ตอนที่ 132 ลงวันที่ 26 สิงหาคม 2515 ซึ่งเป็นเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าแห่งที่ 5 ของประเทศไทย เมื่อแรกประกาศนั้นมีพื้นที่ประมาณ 1,019,379 ไร่ (1,631 ตารางกิโลเมตร) โดยพื้นที่ส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในเขตท้องที่ อำเภอลานสัก และอำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี และมีพื้นที่บางส่วนครอบคลุมท้องที่ของอำเภออุ้มผาง จังหวัดตาก ต่อมากรมป่าไม้เห็นว่ายังคงมีป่าสงวนแห่งชาติภายนอกพื้นที่บริเวณตอนใต้ของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งยังเป็นพื้นที่ซึ่งคงความอุดมสมบูรณ์อยู่มาก ประกอบกันเป็นแหล่งพันธุกรรมที่สำคัญของควายป่า สัตว์ป่าสงวนชนิดหนึ่งของประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2529 จึงได้ทำการผนวกพื้นที่บริเวณนั้นเพิ่มเติมอีก 589,775 ไร่ (943.64 ตารางกิโลเมตร) และประกาศขยายพื้นที่เพิ่มเติมอีกเป็นครั้งที่สองในปี พ.ศ. 2535 จำนวน 128,437 ไร่ ในปัจจุบันเขตฯ ห้วยขาแข้งมีพื้นที่รวม 1,737,595 ไร่ หรือประมาณ 2,780 ตารางกิโลเมตร ความหลากหลาย และความสมบูรณ์ของพื้นที่แห่งนี้ส่งผลให้ทางองค์การยูเนสโกประกาศให้เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งและทุ่งใหญ่นเรศวรเป็นมรดกทางธรรมชาติของโลก โดยความเห็นชอบของคณะกรรมการมรดกโลก ในการประชุมครั้งที่ 15 ณ เมืองคาร์เธจ ประเทศตูนิเซีย

เหตุผลสำคัญที่ได้รับการประกาศให้เป็นมรดกโลกทางธรรมชาติ เนื่องจากเข้าหลักเกณฑ์ 4 ประการ คือ

1. เป็นพื้นที่ที่แสดงถึงพัฒนาการของพื้นผิวโลกรวมทั้งวิวัฒนาการของชีวิตอย่างชัดเจน
2. เป็นพื้นที่ที่แสดงถึงพัฒนาการของระบบนิเวศและกระบวนการทางชีววิทยาหรือพัฒนาการทางภูมิศาสตร์อันสัมพันธ์กับสังคมพืช และสัตว์
3. เป็นพื้นที่ที่แสดงถึงปรากฏการณ์ทางธรรมชาติซึ่งพิเศษและมีความสวยงาม
4. เป็นพื้นที่อันรวมไว้ซึ่งความหลากหลายทางธรรมชาติ และเป็นถิ่นที่อยู่อาศัยของพืชและสัตว์ป่าหายาก

ตำแหน่งที่ตั้งและอาณาเขตติดต่อ

เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง ตั้งอยู่ในพื้นที่ภาคตะวันตกของประเทศไทย ระหว่างละติจูด ที่ 15 องศา ถึง 15 องศา 50 ลิปดาเหนือ และลองจิจูด ที่ 99 องศา ถึง 99 องศา 19 ลิปดาตะวันออก พื้นที่ของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง มีลักษณะค่อนข้างยาวจากเหนือถึงใต้ ตลอดพื้นที่ลุ่มน้ำของลำห้วยขาแข้งครอบคลุมพื้นที่ ตำบลระบำ ตำบลป่าอ้อ อำเภอลานสัก ตำบลทองหลาง อำเภอห้วยคต ตำบลคอกควาย ตำบลแก่นมะกรูด อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี และบางส่วนของจังหวัดตาก ในท้องที่ตำบลแม่ละมุ้ง อำเภออุ้มผาง จังหวัดตาก มีแนวเขตติดกับแนวเขตจังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดสุพรรณบุรี และจังหวัดกาญจนบุรี ดังภาพที่ 4 ซึ่งมีอาณาเขตติดต่อ ดังนี้ คือ

ทิศเหนือ	ติดต่อกับ ป่าสงวนแห่งชาติห้วยทับเสลาและป่าห้วยคอกควาย เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าอุ้มผาง และอุทยานแห่งชาติแม่วงก์
ทิศตะวันออก	ติดต่อกับ ป่าสงวนแห่งชาติป่าห้วยทับเสลาและป่าห้วยคอกควาย ป่าปลายห้วยกระเสียว ป่าห้วยท่ากาย และป่าห้วยกระเวน และป่าห้วยขาแข้ง
ทิศใต้	ติดต่อกับ อุทยานแห่งชาติเขื่อนศรีนครินทร์ และอุทยานแห่งชาติพุเตย
ทิศตะวันตก	ติดต่อกับ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าทุ่งใหญ่นเรศวร และป่าสงวนแห่งชาติเขาน้ำโจน



ภาพที่ 4 แผนที่แสดงที่ตั้ง และอาณาเขตติดต่อของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง

ลักษณะภูมิประเทศ

เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งโดยทั่วไปประกอบไปด้วยเทือกเขาสูงสลับซับซ้อนซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของเทือกเขาถนนธงชัย โดยเฉพาะทางตอนเหนือของพื้นที่ที่สภาพภูมิประเทศลาดเทไปทางตอนใต้ และมีที่ราบไม่กว้างขวางมากนัก ยอดเขาที่สำคัญได้แก่ ยอดเขาปลายห้วยขาแข้งซึ่งเป็นยอดเขาที่สูงที่สุดซึ่งอยู่ทางตอนเหนือของพื้นที่ที่มีความสูงประมาณ 1,687 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง เป็นต้นกำเนิดของลำห้วยขาแข้ง ลำห้วยสายหลักของพื้นที่ และเป็นที่มาของชื่อเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าแห่งนี้ด้วย นอกจากนี้ยังมียอดเขาต่าง ๆ ที่สำคัญคือ ยอดเขาใหญ่ (มีความสูงประมาณ 1,554 เมตร) ยอดเขาน้ำเย็น (มีความสูงประมาณ 1,530 เมตร) ยอดเขาเขียว (มีความสูงประมาณ 1,347 เมตร) ยอดเขาปลายห้วยขาแข้งห้วยน้ำเย็น (มีความสูงประมาณ 1,224 เมตร) ยอดเขาปลายห้วยไทรใหญ่ (มีความสูงประมาณ 1,253 เมตร) ทางตอนใต้ของพื้นที่มียอดเขาที่สำคัญได้แก่ เขาองเอียง (มีความสูงประมาณ 1,105 เมตร) เขากะเรีย (มีความสูงประมาณ 867 เมตร) เขาองทั้ง (มีความสูงประมาณ 898 เมตร) เขากริงไกร (มีความสูงประมาณ 882 เมตร) และเขabanใจ (มีความสูงประมาณ 729 เมตร) ส่วนทางทิศตะวันตก ได้แก่ เขาช่องลม ยอดเขาเหล่านี้อยู่บนทิวเขาสองเทือกเขาที่ขนานกันไปจากเหนือลงใต้โดยมีลำห้วยขาแข้งเป็นแนวแบ่งตรงกลางพื้นที่ ทิวเขาดังกล่าวก่อให้เกิดลำห้วยลำธารมากมายหลายสายขึ้นในพื้นที่ และมีอิทธิพลต่อการเกิดฝนเพราะเป็นทิวเขาที่ขวางกั้นทิศทางของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

สภาพภูมิประเทศของพื้นที่แนวกันชน ประกอบด้วยพื้นที่ที่มีความลาดชันมากจนถึงที่ราบ มีความสูงจากระดับทะเลปานกลางตั้งแต่ 170-230 เมตร เป็นป่าเขาที่ถูกทำลายสภาพธรรมชาติไปจนเกือบหมด รูปร่างพื้นที่เป็นที่ราบเชิงเขาสลับกับพื้นที่เนินเขา พื้นที่ซึ่งมีความลาดชันมาก (ตั้งแต่ 35% ขึ้นไป) มีอยู่ไม่น้อยกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่แนวกันชนทั้งหมด ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ติดกับเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง พื้นที่ส่วนนี้ง่ายต่อการกร่อนของดินพื้นที่บางส่วนที่ยังคงสภาพป่าอยู่ พบว่าเป็นป่าไผ่ ป่าผสมผลัดใบ ซึ่งกระจุกกระจายเป็นหย่อมเล็กหย่อมน้อยท่ามกลางป่าเสื่อมโทรม

ลำห้วยที่สำคัญ ได้แก่ ลำห้วยขาแข้งมีลักษณะเป็นแนวยาวพาดจากทิศเหนือลงมาทางทิศใต้ความยาวประมาณ 100 กิโลเมตร มีน้ำไหลผ่านตลอดทั้งปี ประกอบด้วย ห้วยแยกใหญ่น้อยมากมาย เช่น ห้วยแม่ดี ห้วยไธ้เยาะ และห้วยกระดัง นอกจากลำห้วยขาแข้งแล้วยังมีลำห้วยน้อยใหญ่อีกมากมาย และมีหลายสาขาที่ไหลออกไปเป็นประโยชน์แก่พื้นที่เกษตรกรรมภายนอก เช่น

ลำห้วยทับเสลาไหลลงแม่น้ำสะแกกรัง และแม่น้ำเจ้าพระยา ตามลำดับ มีความยาวในส่วนที่ติดกับพื้นที่ประมาณ 40 กิโลเมตร ไหลหล่อเลี้ยงพื้นที่เกษตรกรรมในท้องที่ อำเภอลานสัก อำเภอหนองฉาง และ อำเภอหนองขาหย่าง จังหวัดอุทัยธานี และไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์ จังหวัดกาญจนบุรี นอกจากห้วยหลักดังกล่าวแล้ว ยังมีห้วยแยกขนาดเล็กอีกมากมาย แยกขึ้นรับน้ำจากทุกส่วนของพื้นที่หลายสายทำให้มีน้ำไหลตลอดปี ลักษณะลุ่มน้ำแบ่งออกเป็น 6 ส่วนด้วยกันคือ ลุ่มน้ำห้วยขาแข้ง ลุ่มน้ำห้วยทับเสลา ลุ่มน้ำห้วยสองทาง ลุ่มน้ำห้วยของทั้ง ลุ่มน้ำห้วยระบำ และลุ่มน้ำห้วยวัง

ลักษณะทางธรณี และปฐพีวิทยา

พื้นที่บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง ส่วนใหญ่เป็นหินอัคนี (igneous rock) เกิดในยุคคาร์บอนิเฟอรัส ซึ่งประกอบด้วยหินแกรนิตเป็นส่วนใหญ่พบเห็นได้ทั่วไปในพื้นที่ท้องห้วย ยอดเขา และที่ที่ถูกกัดชะแทบทุกแห่ง สำหรับดินในพื้นที่นั้นค่อนข้างจะมีความแปรผันมาก ส่วนใหญ่เป็นดินที่เกิดในที่สูงชันอันเป็นผลมาจากการสลายตัวของหินในกลุ่มอินเทอมีเดียท หรือ หินกรด (intermediate or acid rocks) ดินที่พบโดยส่วนใหญ่ได้แก่ ดินเรด-เยลโล โปดโซลิก (Red-Yellow Podzolic soils) เป็นดินค่อนข้างดื่น การก่อกำเนิดดินไม่ค่อยสมบูรณ์ ในบางตอน มีหินที่เป็นต้นกำเนิดของดินโผล่หรือผสมอยู่ค่อนข้างมาก ดังนั้นจึงกล่าวโดยสรุปได้ว่าดินในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งไม่เหมาะที่จะเป็นดินเพื่อการเกษตรกรรม ทั้งนี้เพราะดินโดยทั่วไปมีธาตุอาหารสำหรับพืชต่ำเก็บความชื้นได้ไม่ดี เมื่อมีการทำลายป่าลงผิวดินจะถูกกัดชะอย่างรวดเร็ว และแผ่นดินเคลื่อนเกิดขึ้นได้ง่ายจึงควรเก็บไว้เป็นป่าและแหล่งอนุรักษ์สัตว์ป่า

ลักษณะภูมิอากาศ

ลักษณะภูมิอากาศของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง อยู่ในแนวต่อเชื่อมระหว่างภูมิอากาศในแถบร้อน (tropical climate) กับภูมิอากาศในแถบกึ่งร้อน (subtropical climate) ทำให้ช่วงฤดูหนาวมีช่วงระยะเวลาสั้นซึ่งอยู่ในช่วงเดือนธันวาคมถึงเดือนมกราคม จึงจัดให้ช่วงฤดูหนาวกับช่วงฤดูร้อนเป็นช่วงฤดูเดียวกัน คือ ช่วงฤดูแห้งแล้ง ทำให้สามารถแบ่งภูมิอากาศภายในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง ออกเป็น 2 ฤดูกาล คือ ฤดูฝน เริ่มจากเดือนพฤษภาคมถึงปลายเดือนตุลาคม และฤดูแห้งแล้ง เริ่มจากเดือนพฤศจิกายนจนถึงเดือนเมษายน

จากข้อมูลสภาพอากาศเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศของสถานีวิจัยสัตว์ป่าเขานางรำ ซึ่งตั้งอยู่ตอนกลางของพื้นที่ ระหว่าง พ.ศ. 2538-2547 พบว่า บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งมีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดทั้งปี 24.30 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด 34.95 องศาเซลเซียส ในเดือนเมษายน อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด 12.54 องศาเซลเซียส ในเดือนมกราคม ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 57.05 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยตลอดทั้งปี 1,359.98 มิลลิเมตร ปริมาณน้ำฝนมากที่สุดในเดือนกันยายน 281.80 มิลลิเมตร และน้อยที่สุดในเดือนธันวาคม 4.28 มิลลิเมตร ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 สภาพภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง ระหว่าง พ.ศ. 2538-2547

เดือน	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			ความชื้นสัมพัทธ์ (ร้อยละ)			ปริมาณ น้ำฝนเฉลี่ย (มม.)
	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	
	สูงสุด	ต่ำสุด		ต่ำสุด	สูงสุด		
มกราคม	26.50	12.54	19.52	28.93	69.56	49.25	5.73
กุมภาพันธ์	28.99	13.25	21.12	23.04	69.88	46.46	20.18
มีนาคม	30.09	16.47	23.28	24.54	68.79	46.66	69.23
เมษายน	34.95	20.57	27.76	31.11	76.61	53.86	98.29
พฤษภาคม	32.36	21.84	27.10	41.78	76.17	58.97	136.12
มิถุนายน	30.94	21.64	26.30	43.48	74.75	59.11	118.44
กรกฎาคม	30.16	21.43	25.80	45.13	75.12	60.13	112.10
สิงหาคม	30.22	22.87	26.55	46.64	75.37	61.01	160.18
กันยายน	30.26	21.79	26.02	48.69	76.38	62.53	281.80
ตุลาคม	29.43	20.71	25.07	51.01	77.58	64.30	266.16
พฤศจิกายน	28.16	18.21	23.19	46.12	78.74	62.43	87.47
ธันวาคม	25.11	14.69	19.90	40.46	79.34	59.90	4.28
เฉลี่ย	29.76	18.83	24.30	39.24	74.86	57.05	113.33

ที่มา: สถานีวิจัยสัตว์ป่าเขานางรำ (2548)

ลักษณะพืชพรรณ

จากปริมาณความชื้นในอากาศ ปริมาณน้ำฝน ลักษณะภูมิประเทศ ระดับความสูงของพื้นที่ ความอุดมสมบูรณ์ของแร่ธาตุในดิน และความลึกของผิวดินที่มีความแตกต่างกันในพื้นที่ของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง ทำให้สังคมพืชในพื้นที่แห่งนี้แบ่งออกได้เป็น 5 ประเภท ดังนี้

1. ป่าดิบแล้ง (dry evergreen forest) พบกระจายในระดับเดียวกับป่าดิบชื้น แต่ขึ้นอยู่ในดินที่มีความชื้นน้อยกว่า เช่น บนสันเขาหรือหุบเขาแห้งที่มีน้ำเฉพาะฤดูฝน ดินค่อนข้างลึกเป็นดินร่วนปนทราย ซึ่งจะพบในระดับที่ต่ำกว่า 1,000 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง (ประมาณ 400-1000 เมตร) ทางเทือกเขาด้านตะวันออก ด้านเหนือ และทางตะวันตกของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง อาจมีไฟป่ารุกกล้าในปีที่แห้งแล้งแต่ไม่บ่อยนัก

ไม้ดัชนีของสังคมพืชนี้ได้แก่ ยางแดง (*Dipterocarpus turbinatus* C.F.Gaertn) สะเดา ปัก (*Vatica harmandiana* Pierre) ยางโตน (*Polyalthia viridis* Craib) บางพื้นที่อาจพบยางนา (*Dipterocarpus alatus* Roxb.ex G.Don) และตะเคียนทอง (*Hopea odorata* Roxb.) ขึ้นผสมอยู่ด้วย ไม้ชั้นรอง ได้แก่ ค้างคาว (*Aglaia pilifera* (Roxb.) Wall.) กัดลิ้น (*Walsura trichostemon* Miq.) ลำไยป่า (*Paranephelium xestophyllum* Miq.) และคอแลน (*Nephelium hypoleucum* Kurz)

บริเวณที่โล่งอันเนื่องจากไม้ล้มลุกจะปกคลุมป่าขึ้นหนาแน่น ผสมกับหญ้าและเฟิร์น โดยเฉพาะ หญ้าขยายเถา (*Lygodium flexuosum* (L.) Sw.) ริมห้วยพบผักกูด (*Dryopteris amboinensis* Kuntze) ผักหนาม (*Lasia spinosa* (L.) Thwaites) และเป็นที่รวมของกล้วยไม้หลายชนิดโดยเฉพาะในสกุล *Dendrobium*, *Kingidium*, *Aerides*, *Vandopsis*, *Vanda*, *Ascocentrum*, *Rhychostylis* และ *Paphiopedilum* เป็นต้น ป่าดิบแล้งในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งพบในบริเวณหน่วยพิทักษ์ป่าไซเบอร์ ซึ่งอยู่ทางตะวันออกของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง

2. ป่าดิบเขา (hill evergreen forest) เป็นสังคมพืชที่พบกระจายในระดับสูงในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ พบกระจายในระดับความสูง 1,000-1,554 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง พบในบริเวณยอดเขาปลายห้วยขาแข้ง บริเวณเทือกเขาเขียว เทือกเขาใหญ่ และเทือกเขาเย็น มีปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดสังคมพืช (limiting factor) ได้แก่ ความหนาวเย็น และความชื้นอันเนื่องมาจากความสูง อุณหภูมิจึงค่อนข้างต่ำตลอดปี

ไม้เด่นของสังคมประกอบด้วยไม้วงศ์ก่อ (Fagaceae) ใน 3 สกุล คือ *Quercus*, *Castanopsis* และ *Lithocarpus* พันธุ์ไม้ในเรือนยอดชั้นบนสุดได้แก่วงศ์ไม้ก่อ เช่น ก่อใบเลื่อม (*Castanopsis tribuloides* (Sm.) A.DC.) ก่อเคียว (*Castanopsis acuminatissima* (Blume) A. DC.) ก่อลิ้ม (*Castanopsis indica* (Roxb.) A.DC.) เป็นต้น พันธุ์ไม้ชั้นรอง ได้แก่ มะนาวควาย (*Citrus medica* L. var. *medica*) พลองคง (*Terenna* sp.) เหมือดเขา (*Symplocos* sp.) ปอจีแฮด (*Miliusa lineate* (Craib)) Alston) และไม้สกุล *Polyosma*, *Eurya*, *Diospyros* และ *Terminalia* อีกหลายชนิด พันธุ์ ส่วนพื้นป่าก่อนข้างรกทึบด้วยลูกไม้ หนุ่ย เฟิร์น พืชล้มลุก และพืชสกุลข่า

3. ป่าผสมผลัดใบ (mixed deciduous forest) พบอยู่ที่ระดับความสูงประมาณ 400-950 เมตรจากระดับทะเลปานกลาง ปัจจัยกำหนดได้แก่ ความลึกของดิน ช่วงความแห้งแล้ง และความสูงจากระดับน้ำทะเล พันธุ์ไม้เกือบทุกชนิดจะผลัดใบทั้งในช่วงเดือนธันวาคม และออกไปใหม่ในเดือนเมษายน มักมีไม้ไผ่ขึ้นผสมอยู่ด้วย เนื่องจากความแห้งแล้ง และใบไม้ที่ร่วงลงมาเป็นเชื้อเพลิงอย่างดี ป่าชนิดนี้จึงมักจะถูกไฟป่าเผาไหม้ทุกปี

ไม้เด่นในชั้นเรือนยอดจะไม่มีไม้ผลัดใบในวงศ์ไม้ยาง (Dipterocarpaceae) ปรากฏอยู่ ไม้สำคัญในเรือนยอดบนสุดแปรผัน ได้หลายแบบตามสภาพของปัจจัยแวดล้อม เฉพาะในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งไม้เด่นที่สำคัญ ได้แก่ มะค่าโมง (*Azelia xylocarpa* (Kurz) Craib) สมพง (*Tetrameles nudiflora* R.Br.) เกลา (*Lagerstroemia tomentosa* C.Presl) และตะแบกเปลือกบาง (*Lagerstroemia dupperreana* Pierre ex Gagnep.) ก้านเหลือง (*Nauclea orientalis* (L.) L.) เป็นไม้ในชั้นรองและชนิดสำคัญอื่นๆ อีกหลายชนิดโดยมีไม้ไผ่ขึ้นผสมหลายชนิด เช่น ไม้ไผ่ (*Bambusa bambos* (L.) Voss) ไม้ไผ่ใหญ่ (*Dendrocalamus brandisii* (Munro) Kurz) ไม้ไผ่ชางนวล (*Dendrocalamus strictus* (Roxb.)) ไม้รวก (*Thyrsostachys siamensis* Gamble) ในฤดูฝนพื้นที่ป่าจะหนาแน่นไปด้วยลูกไม้ผสมไม้ล้มลุกและพุ่มไม้ ป่าผสมผลัดใบพบในบริเวณ สำนักงานเขตฯ ทางเดินศึกษาธรรมชาติเขาหินแดง บางส่วนของทางเดินศึกษาธรรมชาติไซเบอร์ และทางเดินศึกษาธรรมชาติห้วยแม่ดี

4. ป่าเต็งรัง (dry deciduous forest) พบในพื้นที่แห้งแล้ง ดินเก็บความชื้นได้ไม่นาน ดินตื้น และมีหินผสมอยู่มาก ปรากฏในระดับความสูงตั้งแต่ 200-600 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง

ไม้ดัดชนิดนี้คือไม้ในวงศ์ยาง (*Dipterocarpaceae*) ที่มีการผลัดใบในฤดูแล้ง ไม้เด่นในสังคม ได้แก่ เต็ง (*Shorea obtusa* Wall.ex Blume) รัง (*Shorea siamensis* Miq.) ยางเหียง (*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm. ex Miq.) และยางพลวง (*Dipterocarpus tuberculatus* Roxb.) ไม้ชั้นรองที่เป็นไม้ดัดชนิดเช่น พุดป่า (*Kailarsenia hygrophila* (Kurz) Tirveng.) ผักหวาน (*Millentha suavis* Pierre) นอกจากนี้อาจพบ ประดู่ (Cycas siamensis Miq.) และเป้งคอย (*Phoenix humilis* Royle) ขึ้นเป็นไม้พื้นล่างของป่าในบางแห่งของสังคม ป่าเต็งรังสามารถพบได้ทั่วไปภายในทางเดินศึกษาธรรมชาติเขาหินแดง สำนักงานเขตฯ และทางเดินศึกษาธรรมชาติของหน่วยพิทักษ์ป่าห้วยแม่ดี

5. ป่าดิบชื้น (moist evergreen forest) เป็นสังคมที่พบในบริเวณที่มีความชื้นสูง ปัจจัยกำหนด คือ ความชื้นในดินและอุณหภูมิที่ค่อนข้างร้อน พบในระดับความสูงจากระดับทะเลปานกลางไม่เกิน 1,000 เมตร พบในหุบห้วยแถบเทือกเขาด้านตะวันออก และด้านเหนือของพื้นที่

ไม้สำคัญที่เป็นไม้ดัดชนิดของสังคม ได้แก่ ยางนา (*Dipterocarpus alatus* Roxb.ex G.Don) ยางกล่อง (*Dipterocarpus dyeri* Pierre) ตะเคียนทอง (*Hopea odorata* Roxb.) มะหาดข่อย (*Artocarpus nitidus* Trecul. subsp. lingnanensis Jarret) กระบาก (*Anisoptera costata* Korth.) และมีพวกปาล์มด้วย ไม้ชั้นรองส่วนใหญ่คล้ายกับไม้ชั้นรองในสังคมป่าดิบแล้ง ได้แก่ ข้าวสารหลวง (*Maesa ramentacea* (Roxb.) A.DC.) หนามไข่ปู (*Rubus rugosus* Sm.) ส้มกุ่ม (*Embelia ribes* Burm. f.) มะไฟ (*Baccaurea ramiflora* Lour.) บนกิ่งไม้มีพืชเกาะติดอยู่หลายชนิด กล้วยไม้ที่สำคัญได้แก่ กล้วยไม้ในสกุลหวาย (*Dendrobium*) สกุลกุหลาบ (*Rosa*) และเฟิร์นชนิดต่าง ๆ พืชดินปกคลุมด้วยซากพืชหนาที่บ

นอกจากสังคมป่าหลักทั้ง 5 ประเภทแล้วในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งยังคงมีสังคมพืชที่น่าสนใจอีกหลายประเภท เช่น สังคมพืชไร่ร้าง สังคมพืชบนดอนทรายริมลำห้วย เป็นต้น

สัตว์ป่า

เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งตั้งอยู่ในภูมิภาคที่เหมาะสมเป็นศูนย์รวมการกระจายพันธุ์ของสัตว์ป่าและพันธุ์พืชจาก 4 ภูมิภาคของเอเชีย คือ ภูมิภาค ชีโน-हिมาลายัน อินโด-เบอร์มิส อินโด-จีน และซุนดาอิก ประกอบกับความหลากหลายของสภาพป่าและสภาพภูมิประเทศทำให้เขต

รักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งเป็นแหล่งรวมสัตว์ป่าในเขตร้อนของเอเชียไม่ต่ำกว่า 773 ชนิด ซึ่งยังไม่รวมถึงแมลงต่าง ๆ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งนับว่ามีจำนวนชนิดของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมมากกว่าพื้นที่อนุรักษ์แห่งอื่น ๆ ของประเทศไทย คือ 60 เปอร์เซ็นต์ ของจำนวนชนิดสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่พบในประเทศไทย และจำนวนชนิดนกซึ่งใกล้เคียงกับจำนวนชนิดนกในทวีปยุโรปทั้งทวีป สัตว์ป่าหลายชนิดในพื้นที่แห่งนี้เป็นสัตว์ป่าที่หายากในพื้นที่แห่งอื่น ๆ และมีสถานภาพที่ใกล้สูญพันธุ์ เช่น ควายป่า แมวลายหินอ่อน นากใหญ่ธรรมดา ค้างคาวหน้ายักษ์มูกปุ่ม นกยูง นกเงือก รามช้างปากเรียบ นกเงือกสีน้ำตาล ฯลฯ ซึ่งประเภทของสัตว์ป่าในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งแบ่งได้ดังนี้

1. สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม พบว่า เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งนี้มีสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมอยู่ถึง 130 ชนิดพันธุ์ ซึ่งในจำนวนนี้จัดเป็นสัตว์ป่าสงวนตามพระราชบัญญัติสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ศ.2535 อยู่ถึง 6 ชนิด ได้แก่ ควายป่า (*Bubalus bubalis* Linnaeus, 1758) ละอง ละมั่ง (*Cervus eldii* McClelland 1842) เลียงผา (*Naemorhedus sumatraensis* (Bechstein) 1799) สมเสร็จ (*Tapirus indicus* Desmarest 1819) เก้งหม้อ (*Muntiacus feae* (Thomas & Doria) 1889) และแมวลายหินอ่อน (*Pardofelis marmorata* (Martin) 1837)

นอกจากนี้ยังมีสัตว์ที่สำคัญในพื้นที่อยู่หลายชนิดด้วยกัน เช่น วัวแดง (*Bos javanicus* D'Alton 1823) กระทิง (*Bos gaurus* Smith 1827) เสือโคร่ง (*Panthera tigris* (Linnaeus) 1758) ลิงอ้ายเงี้ยว (*Macaca assamensis* McClelland 1839) ลิงวอก (*Macaca mulatta* (Zimmermann) 1780) หมาใน (*Cuon alpinus* (Pallas) 1811) ชะมดแผงสันหางดำ (*Viverra megaspila* Blyth 1862) เสือลายเมฆ (*Pardofelis nebulosa* (Griffith) 1821) เสือดาว (*Panthera pardus* (Linnaeus) 1758) ช้างป่า (*Elephas maximus* Linnaeus 1758) และลิ่น (*Manis javanica* Desmarest 1822) ที่จัดเป็นสัตว์ป่าที่ถูกคุกคามจนใกล้สูญพันธุ์

2. สัตว์ปีกหรือนก จัดได้ว่าเป็นแหล่งที่พบนกมากแห่งหนึ่งทางภาคพื้นเอเชีย จากการสำรวจและรวบรวมเอกสารพบว่า มีอยู่ถึง 360 ชนิดพันธุ์ ซึ่งมากกว่าหนึ่งในสามของนกทั้งหมดที่ค้นพบแล้วในประเทศไทย ในจำนวนนกที่ปรากฏในบัญชีรายชื่อของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าแห่งนี้ มีนกหลายชนิดจัดได้ว่าเป็นนกที่ถูกบีบคั้นจากมนุษย์จนกลายเป็นนกที่กำลังจะสูญพันธุ์ เช่น นกอ้ายจั่ว (*Anastomus ositans* (Boddaert) 1783.) เหยี่ยวนกเขาขีด (Accipiter badius (Gmelin) 1788.) เหยี่ยวนกเขาพันธุ์ญี่ปุ่น (Accipiter gularia (Temminck and Schlegel) 1844.) เหยี่ยวกิ้งก่าสี

ดำ (*Avicida leuphotes* (Dumont) 1820.) เหยี่ยวรุ้ง (*Spilornis cheela* (Latham) 1790.) เหยี่ยวทุ่ง (*Circus aeruginosus* (Linnaeus) 1758.) พญาแร้ง (*Sarcogyps calvus* (Scopoli) 1786.) อีแร้งเทาหลังขาว (*Gyps bengalensis* (Gmelin) 1788.) เหยี่ยวแมลงปอขาวแดง (*Microhierax caerulescens* (Linnaeus) 1758.) นกยูง (*Pavo muticus* Linnaeus, 1766.) นกเงือกกรามช้าง (*Aceros undulatus* (Shaw) 1811.) นกกก (*Buceros bicornis* Linnaeus, 1758.) และนกหัวขวานใหญ่สีเทา (*Mulleripicus pulverulentus* (Temminck) 1826.) เป็นต้น พื้นที่นี้ยังเป็นแหล่งพักของนกที่อพยพย้ายถิ่นหลายชนิด ในช่วงเขตอบอุ่นและเขตกึ่งเขตร้อนในซีกโลกเหนือเป็นฤดูหนาว นกเล็ก ๆ หลายชนิดได้อพยพย้ายถิ่นลงมาหากินในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าแห่งนี้ เช่น นกอีวาบตั๊กแตน (*Cacomantis merulinus* (Scopoli) 1786.) นกอุ้มบาตร (*Motacilla alba* Linnaeus, 1758.) นกเค้าลมชนิดต่างๆ (*Motacilla* sp.) นกเค้าดิน (*Actitis hypoleucos* (Linnaeus) 1758.) เป็นต้น

3. สัตว์เลื้อยคลาน จัดได้ว่าเป็นแหล่งรวมของสัตว์เลื้อยคลานมากมายหลายชนิด เนื่องจากมีพื้นที่กว้างใหญ่ มีอาณาเขตติดต่อกับพื้นที่อนุรักษ์อื่นๆ โดยรอบ และสภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศหลากหลาย จากการสำรวจพบว่ามีสัตว์เลื้อยคลาน 81 ชนิด เป็นสัตว์เลื้อยคลานชนิดที่ไม่เคยพบในประเทศไทยมาก่อน 3 ชนิด ได้แก่ เต่าหัวดำ (*Melanochelys trijuga deniana* (Schweigger) 1814) ตุ๊กแกทะวาย (*Cyrtodactylus consobrinoides* (Peters) 1871) และจิ้งเหลนภูเขินเดีย (*Sphenomorphus indicuszebratus* (Gray) 1853) และมีสัตว์เลื้อยคลานที่หายากและใกล้สูญพันธุ์ ได้แก่ เต่าหก (*Manouria emys* (Schlegel & S. Muller)) เต่าเคียว (*Manouria impressa* (Gunther) 1882) กิ้งก่าเขานามยาว (*Acanthosaura armata* (Hardwicke & Gray) 1827) เป็นต้น และยังมีงูอีกหลายชนิด เช่น งูเห่ล้อม (*Phython reticulatus* (Schnider) 1801) งูทางมะพร้าว (*Elaphe radiata* (Schlegel) 1837) สัตว์ป่าเหล่านี้จัดเป็นสัตว์ป่าคุ้มครองตามพระราชบัญญัติ สงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ศ. 2535

4. สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก เนื่องจากในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งมีลำห้วยลำธารต่างๆ มากมายหลากหลาย และยังมีหนองน้ำ กระจายทั่วพื้นที่ ประกอบกับภูมิอากาศที่ไม่ร้อนและไม่หนาวจนเกินไป จึงเป็นแหล่งรวมสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกหลายชนิด จากการสำรวจและรวบรวม พบว่ามีสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกจำนวน 37 ชนิด ซึ่งมีหลายชนิดกำลังถูกทำลายจนกลายเป็นสัตว์ป่าที่ถูกคุกคาม ได้แก่ จงโคร่ง (*Bufo asper* Gravenhorst 1829) และกบทูต (*Rana blythii* Boulenger 1920) นอกจากนี้ยังมีชนิดที่สำคัญเป็นสัตว์ป่าคุ้มครองตาม พระราชบัญญัติ

สงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ศ. 2535 อีกสองชนิด ได้แก่ คางคกแคระ (*Bufo parvus* Boulenger 1887) และคางคกหัวเรียบ (*Bufo macrotis* Boulenger 1887)

5. ปลาน้ำจืด จากการสำรวจปรากฏว่าพื้นที่แห่งนี้มีปลาน้ำจืด อยู่ถึง 105 ชนิด โดยมีชนิดที่ยังไม่มีรายงานพบในประเทศไทยอยู่ 9 ชนิด ปลาหลายชนิดจัดเป็นปลาที่หายากในแหล่งธรรมชาติ เช่น ปลาเค้า (*Wallagnia* sp.) ปลาเลียหิน (*Garra* sp.) จากการสำรวจมีชนิดพันธุ์ปลาอย่างน้อย 8 ชนิด เป็นปลาชนิดใหม่ในกลุ่มน้ำแม่กลอง ได้แก่ ปลาในสกุล *Acantopsis* 1 ชนิด สกุล *Cavasius* อีก 1 ชนิด

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. แผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร หมายเลข
ระวาง 4739I 4739II 4740II 4838I 4838IV 4839I 4839II 4839III 4839IV 4840I 4840II
4840III 4840IV 4939III และ 4939IV
2. ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM บริเวณพื้นที่ทำการศึกษา ใน 2 ช่วงเวลา คือ
ช่วงก่อนฤดูใบไม้ผลิฤดูใบไม้ร่วง บันทึกรายวันที่ 27 ตุลาคม พ.ศ. 2547 (ใช้ในการหาปริมาณมวล
ชีวภาพที่ผิวดิน) และช่วงฤดูไฟป่า บันทึกรายวันที่ 30 ธันวาคม พ.ศ. 2547 วันที่ 31 มกราคม พ.ศ.
2548 วันที่ 16 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2548 และวันที่ 20 มีนาคม พ.ศ. 2548 (ใช้ในการแปลตีความพื้นที่ที่
เกิดไฟป่า)
3. ตาชั่ง
4. คู่มือ
5. ถุงพลาสติก
6. เทปวัดระยะ
7. เทปวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้ (diameter tape)
8. เครื่องมือวัดความสูงของต้นไม้ (haga altimeter)
9. เข็มทิศ
10. กล้องถ่ายรูป

11. คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล
12. อุปกรณ์เครื่องเขียนและแบบบันทึกข้อมูล
13. โปรแกรมประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม
14. โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
15. เครื่องบอกพิกัดด้วยดาวเทียม (Global Positioning System; GPS)

วิธีการ

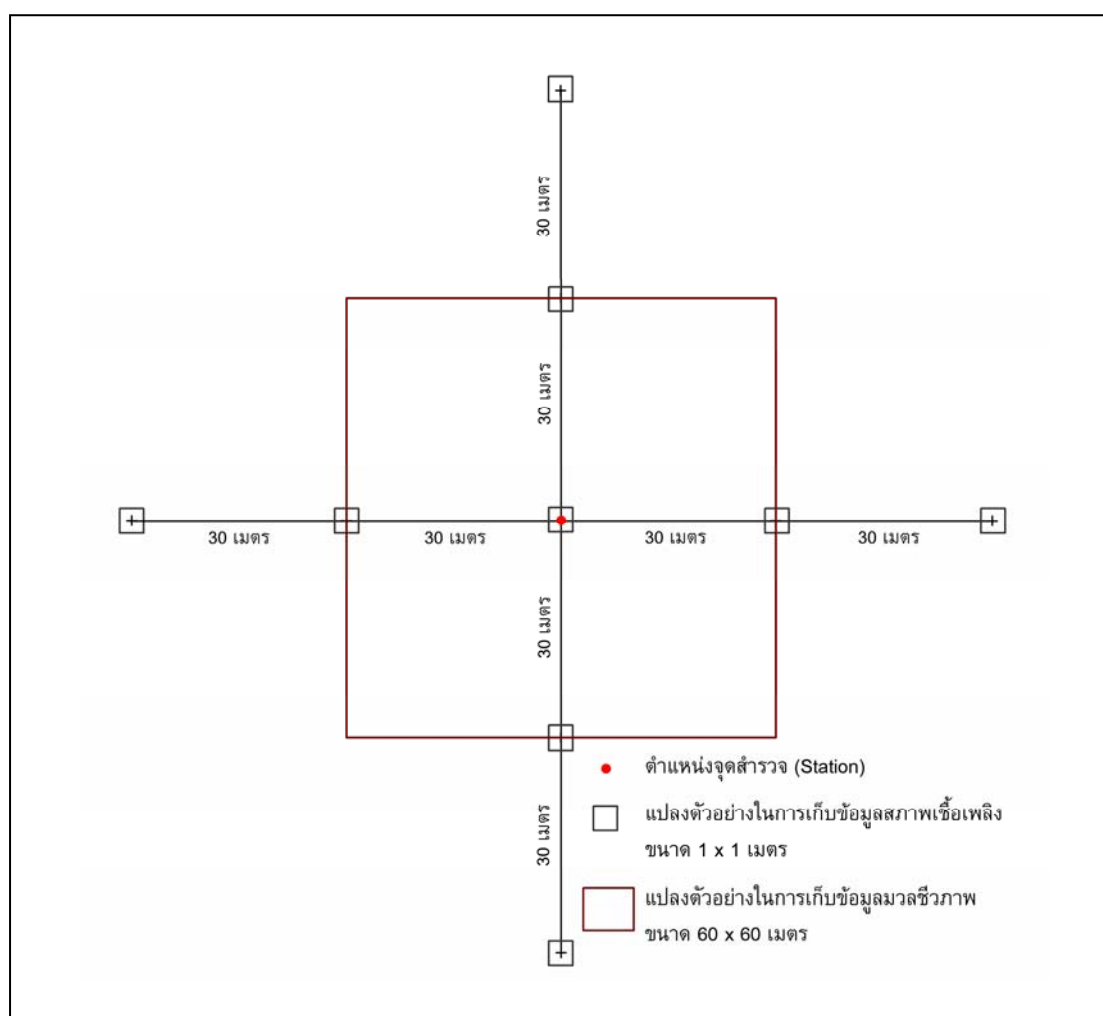
ในการประเมินการสูญเสียมวลชีวภาพจากการเกิดไฟป่าในป่าผลัดใบ คือ ป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง โดยเทคนิคการสำรวจจากระยะไกล สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. การเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อมูลที่เกี่ยวข้องสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท หลัก ๆ คือ ข้อมูลปฐมภูมิ (primary data) และข้อมูลทุติยภูมิ (secondary data) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.1 ข้อมูลปฐมภูมิ เป็นข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม คือ

1.1.1 ข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิง ทำการสุ่มเลือกจุดสำรวจ ในป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง ในพื้นที่ที่ไม่ถูกไฟไหม้ คือ พื้นที่ที่ไม่พบร่องรอยการเกิดไฟป่าในปีที่ทำการเก็บข้อมูล และพื้นที่ที่ถูกไฟไหม้ คือ พื้นที่ที่พบร่องรอยการเกิดไฟป่าในปีที่ผ่านมา เนื่องจากพื้นที่ทำการคัดเลือกโดยเน้นบริบทว่าพื้นที่ที่ไม่ถูกไฟไหม้ และพื้นที่ที่ถูกไฟไหม้ เนื่องจากว่าในสภาพพื้นที่ลักษณะนี้ ก็คือ การเกิดไฟป่าในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งเกิดขึ้นเป็นประจำทุกปี แต่ไม่ได้เกิดทั้ง 100 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ที่เป็นป่าผลัดใบ เนื่องจากในพื้นที่นี้อาจจะมีปัจจัยอื่น ๆ ที่จะทำให้ไฟป่าไม่สามารถเกิดขึ้นได้ อย่างเช่น ปริมาณความชื้น และเหตุผลทางด้านการจัดการ ก็คือ มีหน่วยงานควบคุมไฟป่า เพราะฉะนั้นด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องแยกเก็บข้อมูลออก เพื่อที่จะให้ได้ตัวแทนที่ดี ใน 2 พื้นที่ที่สามารถยืนยันได้ว่ามีข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงที่ยัง

ไม่เคยถูกไฟไหม้เมื่อหนึ่งปี หรือ 2 ปีที่ผ่านมา กับข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงซึ่งมีการไหม้ไปแล้ว เพราะฉะนั้นข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงที่ถูกไฟไหม้แล้ว ก็จะหมายถึงว่าปริมาณเชื้อเพลิงค้างปีจะลดน้อยลงไป หรือเทียบไม่มีเลย ส่วนข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงที่ไม่ถูกไฟไหม้ ก็อาจจะมีปริมาณเชื้อเพลิงค้างปีปะปนอยู่ด้วย โดยกำหนดจุดสำรวจ พื้นที่ละ 30 จุดสำรวจ ดังนั้นได้จุดสำรวจทั้งหมด ชนิดป่าละ 60 จุดสำรวจ แต่ละจุดสำรวจ ทำการวางแผนสำรวจออกไปด้านละ 60 เมตร แล้วทำการแบ่งครึ่งที่ระยะ 30 เมตร ทั้ง 4 ด้าน จากนั้นทำการวางแผนแปลงตัวอย่างขนาด 1 X 1 เมตร ที่จุดกึ่งกลางจุดสำรวจ และที่ระยะ 30 เมตร ของแต่ละด้าน รวมได้แปลงตัวอย่างเก็บข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงทั้งหมด 9 แปลง ในแต่ละจุดสำรวจ ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 การวางแผนแปลงตัวอย่างในการเก็บข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงขนาด 1 X 1 เมตร และแปลงตัวอย่างในการเก็บข้อมูลมวลชีวภาพของใบขนาด 60 X 60 เมตร ในแต่ละจุดสำรวจ

เหตุผลที่วางแปลงตัวอย่างแบบนี้ก็เพื่อที่จะได้หาความสัมพันธ์กันระหว่างข้อมูลสำรวจเกี่ยวกับปริมาณเชื้อเพลิง และมวลชีวภาพของใบ กับข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ซึ่งต้องอิงกับค่าจุดภาพของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ซึ่ง 1 จุดภาพมีขนาด 30 X 30 เมตร ซึ่งในที่นี้จะใช้ GPS ในการจับพิกัดของจุดกึ่งกลางของจุดสำรวจ เพื่อให้สอดคล้องกับค่าจุดภาพของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ซึ่ง GPS มีความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งโดยประมาณ อยู่ตั้งแต่ 0-20 เมตร เพราะฉะนั้นเพื่อที่จะให้ได้ข้อมูลที่เป็นตัวแทนที่ดีจึงวางแนวสำรวจออกไปด้านละ 60 เมตร จากบริเวณกึ่งกลางจุดสำรวจ ที่เป็นพิกัดที่น่าจะเป็นตัวแทนของจุดภาพของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ได้ เพื่อที่จะให้ได้ค่าออกมาเพื่อประเมินในท้ายที่สุดเป็นค่าของปริมาณเชื้อเพลิง และมวลชีวภาพของใบที่ขนาดพื้นที่ 1 จุดภาพคือ ขนาด 30 X 30 เมตร

ศิริ (2546) ได้กล่าวว่า พื้นที่ที่ประสบปัญหาไฟป่าเป็นประจำในประเทศไทยคือ ป่าผลัดใบ ซึ่งได้แก่ ป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ โดยไฟป่าจะเกิดในช่วงฤดูแล้งของแต่ละปี ซึ่งเชื้อเพลิงหลักในการเกิดไฟป่า ในป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ คือ ใบไม้แห้ง กิ่งไม้แห้งที่ตกสะสมอยู่บนพื้นป่า ประกอบกับวัชพืชจำพวกหญ้า ลูกไม้ และไม้ล้มลุกอื่น ๆ ที่ขึ้นอยู่บนพื้นป่า รวมถึงเศษซากพืชที่ยังเหลือค้างปีที่กำลังย่อยสลาย ดังนั้น ไฟป่าที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่จะเป็นไฟผิวดิน (surface fire) ซึ่งความสูงของเปลวไฟอยู่ระหว่าง 0.5-5 เมตร มีอัตราการลุกลามและความรุนแรงไม่มากนัก ดังนั้นในการเก็บข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงจึงได้ยึดถือเอาข้อมูลเชื้อเพลิงหลักในการเกิดไฟป่าในป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ ดังกล่าวข้างต้น ซึ่งจะเก็บใน 2 พื้นที่ ในบริเวณป่าทั้ง 2 ชนิด ดังกล่าว คือ พื้นที่ที่ไม่ถูกไฟไหม้ กับพื้นที่ที่ถูกไฟไหม้

ข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิง (ในพื้นที่ที่ไม่ถูกไฟไหม้ และพื้นที่ที่ถูกไฟไหม้ ของป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ รวมชนิดป่าละ 60 จุดสำรวจ) ในแต่ละแปลงตัวอย่าง ขนาด 1 X 1 เมตร แสดงตามขั้นตอนดังภาพที่ 6 และทำการเก็บข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิง ดังนี้ คือ

ก. เก็บวัดข้อมูลวัชพืช ได้แก่ หญ้า ไม้ล้มลุกอื่น ๆ รวมถึงกล้าไม้ ลูกไม้ ขนาดเล็กทุกชนิดที่ยังมีชีวิตอยู่บริเวณผิวดินในแปลง โดยสุ่มวัดความสูงจำนวน 3 จุด แล้วตัดชิดติดดิน แล้วทำการชั่งน้ำหนักทั้งหมด แล้วคลุกเคล้ากันก่อนนำตัวอย่างบางส่วนประมาณ 100-200 กรัม ไปอบในตู้อบที่ห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมง เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น และนำค่าความชื้นไปคำนวณหาน้ำหนักแห้งของตัวอย่างเชื้อเพลิง และหาปริมาณทั้งหมดในรูปน้ำหนักแห้งต่อไป

ข. เก็บวัดข้อมูลซากพืชในแปลง โดยสุ่มวัดความหนาของซากพืช อันได้แก่ เศษใบไม้ กิ่งไม้ที่ร่วงหล่นอยู่บนพื้นป่า จำนวน 3 จุด แล้วเก็บซากพืชมาชั่งน้ำหนักทั้งหมด แล้วคลุกเคล้ากันก่อนนำตัวอย่างบางส่วนประมาณ 100-200 กรัม ไปอบในตู้อบที่ห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมง เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น และนำค่าความชื้นไปคำนวณหาน้ำหนักแห้งของตัวอย่างเชื้อเพลิง และหาปริมาณทั้งหมดในรูปน้ำหนักแห้งต่อไป

ค. เก็บวัดข้อมูลดฟฟ์ (duff) หรือซากพืชที่ถูกย่อยสลายจนไม่สามารถจำแนกองค์ประกอบเดิมได้ในแปลง โดยสุ่มวัดความหนาของดฟฟ์ดังกล่าว จำนวน 3 จุด จากนั้นทำการเก็บรวบรวมดฟฟ์ทั้งหมดมาชั่งน้ำหนักทั้งหมด แล้วคลุกเคล้ากันก่อนนำตัวอย่างบางส่วนประมาณ 100-200 กรัม ไปอบในตู้อบที่ห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมง เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น และนำค่าความชื้นไปคำนวณหาน้ำหนักแห้งของตัวอย่างเชื้อเพลิง และหาปริมาณทั้งหมดในรูปน้ำหนักแห้งต่อไป

นำค่าปริมาณเชื้อเพลิงในรูปน้ำหนักแห้งในพื้นที่ที่ไม่ถูกไฟไหม้ และพื้นที่ที่ถูกไฟไหม้ของป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ ที่คำนวณได้ดังกล่าว ในแต่ละจุดสำรวจ มาทำการเทียบค่าให้เท่ากับขนาดจุดภาพของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ซึ่งมีขนาดจุดภาพเท่ากับ 30 X 30 เมตร

1.1.2 ข้อมูลมวลชีวภาพของใบ ทำการวางแปลงตัวอย่างขนาด 60 X 60 เมตร บริเวณกึ่งกลางของจุดสำรวจ ในแต่ละจุดสำรวจที่ทำการเก็บข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงดังกล่าวแล้วในข้อ 1.1.1 บริเวณป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ ในพื้นที่ที่ไม่ถูกไฟไหม้ และพื้นที่ที่ถูกไฟไหม้ รวมทั้งหมดชนิดป่าละ 60 จุดสำรวจ เช่นกัน ดังภาพที่ 5 แล้วทำการบันทึกชนิดของต้นไม้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) ของต้นไม้ที่มีขนาดตั้งแต่ 4.5 เซนติเมตรขึ้นไป โดยใช้เทปวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้ และความสูงของต้นไม้ (H) โดยใช้เครื่องมือ Haga altimeter

ทำการคำนวณหามวลชีวภาพ (biomass) เหนือพื้นดินของต้นไม้ในแต่ละส่วน (ลำต้น กิ่ง ใบ) ในพื้นที่ป่าทั้ง 2 ชนิดโดยใช้สมการความสัมพันธ์ต่างมิติ

ป่าเต็งรัง ใช้สมการความสัมพันธ์ต่างมิติ ของ Ogino *et al.* (1967) มาคำนวณปริมาณมวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง และใบ ได้ดังนี้ คือ

$$\text{มวลชีวภาพของลำต้น (W}_s\text{)} : \log W_s = 0.902\log((\text{DBH})^2H) + 2.2764$$

$$\text{หรือ } W_s = 189(\text{DBH})^2 H^{0.902}$$

$$\text{มวลชีวภาพของกิ่ง (} W_B \text{)} : \log W_B = 1.204 \log(W_s) - 0.904$$

$$\text{หรือ } W_B = 0.125(W_s)^{1.204}$$

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

$$\text{มวลชีวภาพที่อยู่เหนือพื้นดินของต้นไม้ทั้งต้น (} W_T \text{)} = W_s + W_B + W_L$$

เมื่อ W_s คือ มวลชีวภาพของลำต้น (กิโลกรัม) W_B คือ มวลชีวภาพของกิ่ง (กิโลกรัม) W_L คือ มวลชีวภาพของใบ (กิโลกรัม) W_T คือ มวลชีวภาพที่อยู่เหนือพื้นดินของต้นไม้ทั้งต้น (กิโลกรัม) DBH คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพิกอกของต้นไม้ (เมตร) และ H คือ ความสูงของต้นไม้ (เมตร)

ป่าผสมผลัดใบ ใช้สมการความสัมพันธ์ต่างมิติ ของ Ogawa *et al.* (1965) มาคำนวณปริมาณมวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง และใบ ได้ดังนี้ คือ

$$\text{มวลชีวภาพของลำต้น (} W_s \text{)} : \log W_s = 0.9326 \log(D^2 H) - 1.402$$

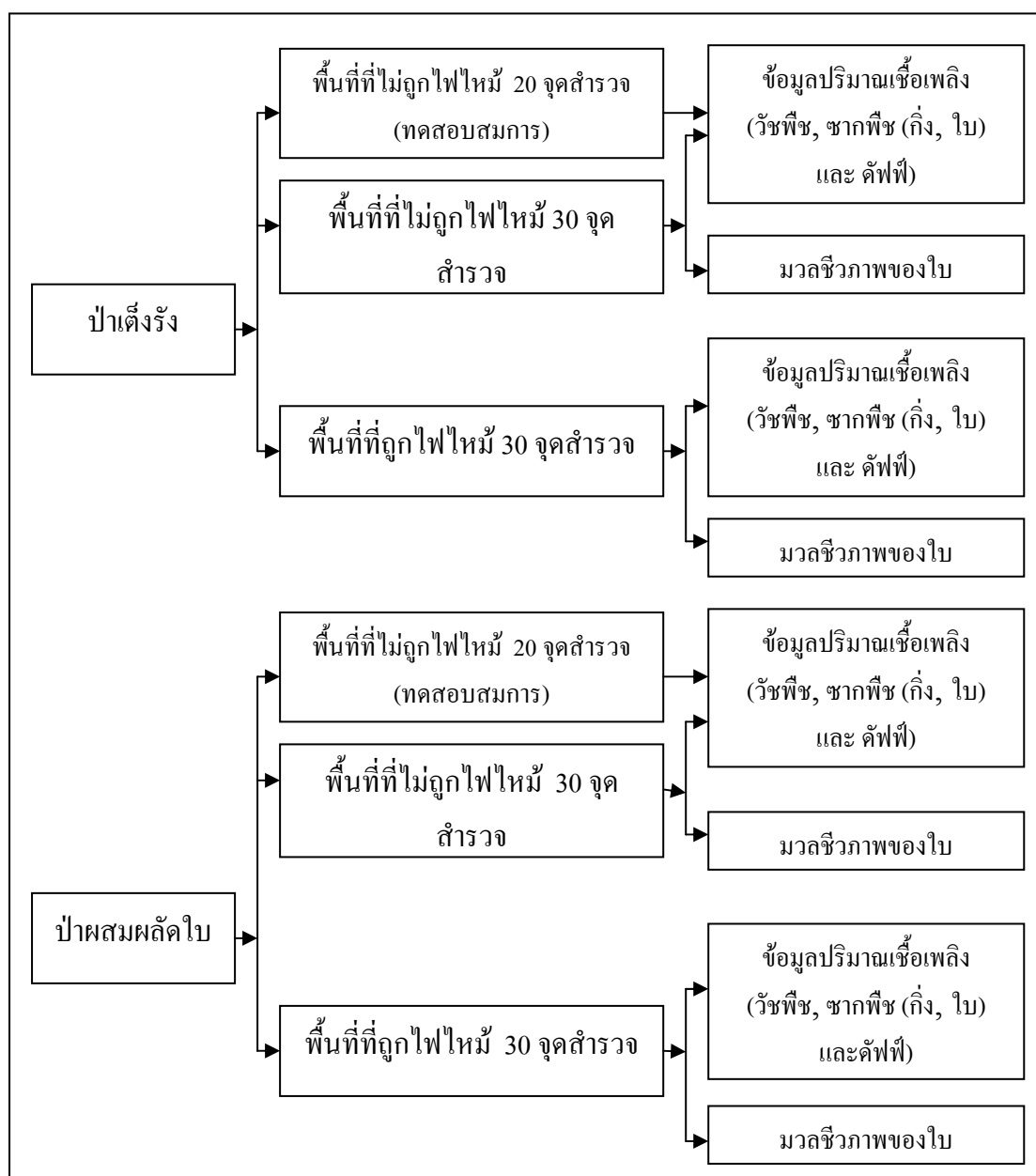
$$\text{มวลชีวภาพของกิ่ง (} W_B \text{)} : \log W_B = 1.027 \log(D^2 H) - 2.458$$

$$\text{มวลชีวภาพของใบ (} W_L \text{)} : \frac{1}{W_L} = \frac{22.5}{W_s} + 0.025$$

$$\text{มวลชีวภาพที่อยู่เหนือพื้นดินของต้นไม้ทั้งต้น (} W_T \text{)} = W_s + W_B + W_L$$

เมื่อ W_s คือ มวลชีวภาพของลำต้น (กิโลกรัม) W_B คือ มวลชีวภาพของกิ่ง (กิโลกรัม) W_L คือ มวลชีวภาพของใบ (กิโลกรัม) W_T คือ มวลชีวภาพที่อยู่เหนือพื้นดินของต้นไม้ทั้งต้น (กิโลกรัม) DBH คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพิกอกของต้นไม้ (เซนติเมตร) และ H คือ ความสูงของต้นไม้ (เมตร)

นำค่ามวลชีวภาพ (biomass) เหนือพื้นดินของต้นไม้ในแต่ละส่วน (ลำต้น กิ่ง ใบ) ในพื้นที่ที่ไม่ถูกไฟไหม้ และพื้นที่ที่ถูกไฟไหม้ของป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ ที่คำนวณได้จากสมการความสัมพันธ์ต่างมิติ ดังกล่าว ในแต่ละจุดสำรวจ มาทำการเทียบค่าให้เท่ากับขนาดจุดภาพของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ซึ่งมีขนาดจุดภาพเท่ากับ 30 X 30 เมตร



ภาพที่ 6 ขั้นตอนการเก็บข้อมูลภาคสนามในป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ บริเวณพื้นที่ศึกษา

1.2 ข้อมูลทุติยภูมิ เป็นการรวบรวมข้อมูลที่มีอยู่แล้ว เพื่อนำมาพิจารณาใช้ในการศึกษา โดยนำข้อมูลมาจากแหล่งต่าง ๆ ได้แก่ ข้อมูลสถิติการเกิดไฟฟ้า และพื้นที่ที่เกิดไฟฟ้าในพื้นที่ทำการการศึกษา จากศูนย์ปฏิบัติการไฟฟ้า และสถานีควบคุมไฟฟ้าที่รับผิดชอบในพื้นที่ทำการการศึกษา

2. การวิเคราะห์ข้อมูล แสดงตามขั้นตอนดังภาพที่ 16 ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

2.1 การวิเคราะห์จำแนกชนิดป่า จำแนกหาพื้นที่ที่เกิดไฟฟ้า และหาค่าสัดส่วนของสิ่งปกคลุมพืชสีเขียว (fractional green vegetation cover; fc) กับค่าดัชนีพืชพรรณแบบต่าง ๆ โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM บริเวณพื้นที่ศึกษา แสดงตามขั้นตอนดังภาพที่ 7 ซึ่งประกอบด้วยรายละเอียด ดังนี้

2.1.1 การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต (geometric correction) ของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM โดยทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ด้วยสูตรคำนวณการปรับแก้ทางเรขาคณิตแบบ Second Order Polynomials โดยใช้หลักการแบบแผนที่สู่ภาพ (map to image registration) โดยอาศัยจุดควบคุมทางภาคพื้นดิน (ground control point) จากแผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร ซึ่งมีพิกัดอ้างอิงแบบ UTM (universal transverse mercator) โดยกำหนดค่าความผิดพลาดเฉลี่ยรวมไม่เกิน 1 จุดภาพ แล้วดำเนินการแปลงข้อมูลจุดภาพใหม่ (rectification) ด้วยวิธี Nearest Neighbor กำหนดขนาดของจุดภาพใหม่เท่ากับ 30x30 เมตร ด้วยโปรแกรมประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม แล้วทำการตัดภาพให้เหลือเฉพาะบริเวณที่ทำการการศึกษา

2.1.2 การแปลตีความ และการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM (image interpretation and analysis) เพื่อการจำแนกชนิดป่า ขั้นตอนหลักในการศึกษา คือ ใช้หลักการจำแนกแบบไม่กำกับดูแล (unsupervised classification) ด้วยโปรแกรมประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม เป็นวิธีการหลักและใช้การจำแนกแบบกำกับดูแล (supervised classification) เป็นวิธีการเสริม โดยใช้ตัวจัดชั้นแบบ Maximum Likelihood บริเวณพื้นที่ทำการการศึกษาโดยกำหนดจำนวนชนิดของพื้นที่ที่เป็นตัวแทนในการจำแนก 7 ชนิด ได้แก่ ป่าดิบแล้ง, ป่าผสมผลัดใบ (พื้นที่ศึกษา), ป่าเต็งรัง (พื้นที่ศึกษา), ป่าไผ่, ทุ่งหญ้า, พื้นที่เกษตรกรรม และแหล่งน้ำ พื้นที่ทำการจำแนกมีพิกัดแผนที่อยู่ระหว่าง 498500 E, 1749220 N กับ 551330 E, 1656340 N

2.1.3 การแปลตีความ และการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM เพื่อจำแนก และหาพื้นที่ที่เกิดไฟป่าในป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ โดยใช้การแปลด้วยสายตาบนหน้าจอคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยอาศัยลักษณะที่ปรากฏบนภาพถ่ายจากดาวเทียม คือ รูปร่าง (shape) รูปแบบการจัดเรียง (pattern) สี (color) ที่ตั้ง (site) และสิ่งแวดล้อมข้างเคียง (association) เป็นปัจจัยสำคัญในการแปลตีความ ดังตารางผนวกที่ 1

2.1.4 การหาค่าสัดส่วนของสิ่งปกคลุมพืชสีเขียว (fc) และค่าดัชนีพืชพรรณแบบต่าง ๆ โดยใช้ค่า Digital Number (DN) ของจุดภาพของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM (ในช่วงก่อนฤดูผลัดใบ และหลังฤดูผลัดใบ) ซึ่งบันทึกภาพวันที่ 27 ตุลาคม พ.ศ. 2547 และวันที่ 16 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2548 ตามลำดับ (ยังไม่ทำการจำแนกชนิดของพื้นที่) ที่มีตำแหน่งพิกัดเดียวกันกับตำแหน่งพิกัดจุดสำรวจที่ได้จากภาคสนาม บริเวณพื้นที่ป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ ในพื้นที่ที่ไม่ถูกไฟไหม้ จากสมการ ดังตารางที่ 7

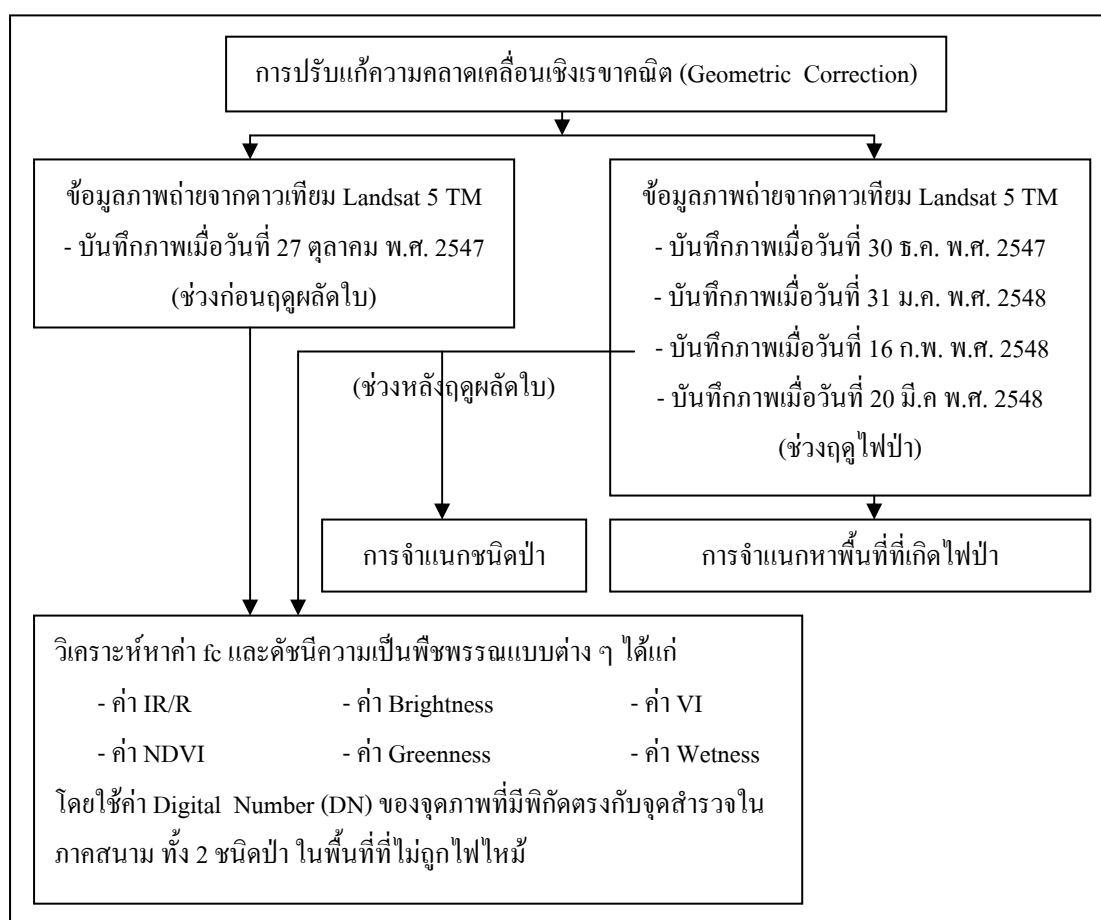
ตารางที่ 7 การวิเคราะห์หาค่าดัชนีพืชพรรณแบบต่าง ๆ

รูปแบบ	สมการ
¹ ค่าสัดส่วนของสิ่งปกคลุมพืชสีเขียว (fractional green vegetation cover; fc)	$\frac{NDVI - NDVI_{soil}}{NDVI_{veg} - NDVI_{soil}}$
² การหารแบบง่าย (simple division; IRR)	$\frac{NIR}{R} = \frac{(band4)}{(band3)}$
² ดัชนีความเป็นพืชพรรณ (Vegetation Index; VI)	$NIR - R = band4 - band3$
² ดัชนีความแตกต่างของความเป็นพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index; NDVI)	$\frac{NIR - R}{NIR + R} = \frac{band4 - band3}{band4 + band3}$
³ ดัชนีความสว่าง (brightness)	$0.2909(TM \text{ Band } 1) + 0.2493(TM \text{ Band } 2) + 0.4806(TM \text{ Band } 3) + 0.5568(TM \text{ Band } 4) + 0.4438(TM \text{ Band } 5) + 0.1706(TM \text{ Band } 7)$

ตารางที่ 7 (ต่อ)

รูปแบบ	สมการ
³ ดัชนีความเขียว (greenness)	$-0.2728(\text{TM Band 1}) - 0.24174(\text{TM Band 2}) - 0.5508(\text{TM Band 3}) + 0.7221(\text{TM Band 4}) + 0.0733(\text{TM Band 5}) - 0.1648(\text{TM Band 7})$
³ ดัชนีความเปียก (wetness)	$0.1446(\text{TM Band 1}) + 0.1761(\text{TM Band 2}) + 0.3322(\text{TM Band 3}) + 0.3396(\text{TM Band 4}) + 0.6210(\text{TM Band 5}) - 0.4186(\text{TM Band 7})$

ที่มา: ¹Zeng *et al.* (1999), ²Barett and Curtus (1992) และ ³Kauth and Thomas (1976)



ภาพที่ 7 ขั้นตอนการจำแนกชนิดป่า จำแนกหาพื้นที่ที่เกิดไฟป่า และหาค่าสัดส่วนของสิ่งปกคลุมพืชสีเขียว (fc) กับค่าดัชนีพืชพรรณแบบต่าง ๆ บริเวณพื้นที่ศึกษา

2.2 การวิเคราะห์ประเมินปริมาณมวลชีวภาพที่ผิวดินที่สูญเสียไปจากการเกิดไฟฟ้า ในป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ บริเวณพื้นที่ศึกษา โดย

2.2.1 การหาปริมาณมวลชีวภาพที่ผิวดินในรูป ปริมาณเชื้อเพลิงใบ จากการประมาณค่ามวลชีวภาพของใบ ในป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ บริเวณพื้นที่ศึกษา

2.2.1.1 การหาปริมาณเชื้อเพลิงใบ จากการประมาณค่ามวลชีวภาพของใบ ที่ได้จากการเก็บข้อมูลภาคสนามโดยตรงโดยสมการความสัมพันธ์ต่างมิติ

นำค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ กับค่ามวลชีวภาพของใบโดยสมการความสัมพันธ์ต่างมิติ ในป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ บริเวณพื้นที่ที่ไม่ถูกไฟไหม้ (ชนิดป่าละ 30 จุดสำรวจ) ที่คำนวณได้จากข้อมูลภาคสนาม มาหาความสัมพันธ์กันโดยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (regression analysis) โดยกำหนดให้ ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ ในป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ เป็นตัวแปรตาม และค่ามวลชีวภาพของใบโดยสมการความสัมพันธ์ต่างมิติ ในป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ เป็นตัวแปรอิสระ แสดงตามขั้นตอนดังภาพที่ 8 ซึ่งมีรูปแบบสมการพื้นฐาน ดังนี้

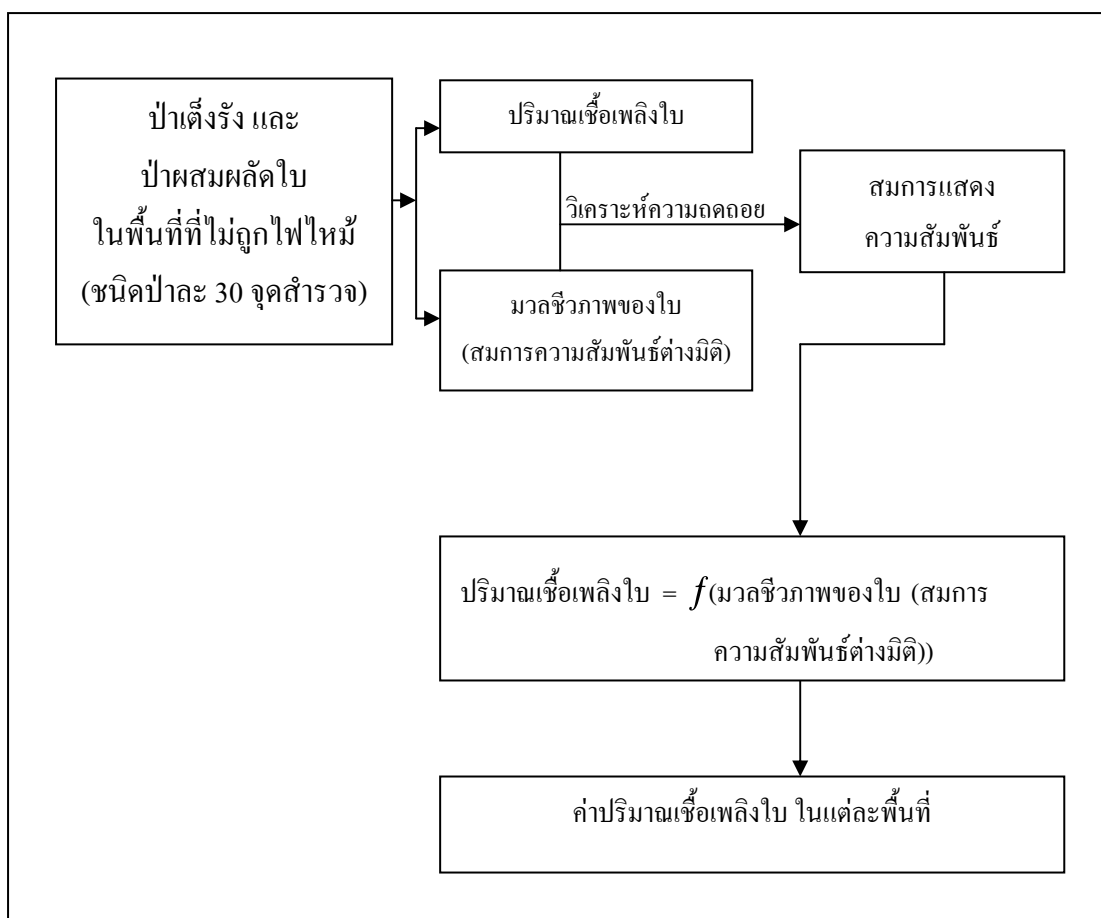
$$Y_{nd} = f(\text{มวลชีวภาพของใบโดยสมการความสัมพันธ์ต่างมิติ (เต็งรัง)})$$

$$Y_{nm} = f(\text{มวลชีวภาพของใบโดยสมการความสัมพันธ์ต่างมิติ (ผสมผลัดใบ)})$$

$$\text{เมื่อ } Y_{nd} = \text{ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ ในป่าเต็งรัง}$$

$$Y_{nm} = \text{ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ ในป่าผสมผลัดใบ}$$

ทำการหาสมการที่ดีที่สุดเพื่อนำไปใช้ในการประมาณค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ ในป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ โดยกำหนดรูปแบบสมการที่มีความสัมพันธ์ในรูปแบบอื่น ๆ ได้แก่ แบบลอการิทึม แบบยกกำลัง และแบบเอ็กโพเนนเชียล ซึ่งเป็นรูปแบบของสมการเส้นโค้ง



ภาพที่ 8 ขั้นตอนการสร้างสมการประมาณค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบในป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ บริเวณพื้นที่ศึกษา จากการประมาณค่ามวลชีวภาพของใบโดยสมการความสัมพันธ์ต่างมิติ (allometry equation)

2.2.1.2 การหาค่ามวลชีวภาพของใบ จากค่าดัชนีต่าง ๆ ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในช่วงก่อนฤดูผลัดใบ (วันที่ 27 ต.ค. 47) ซึ่งได้แก่ ค่า fc ค่า IR/R ค่า $NDVI$ ค่า VI ค่า $Brightness$ ค่า $Greenness$ และค่า $Wetness$

นำค่ามวลชีวภาพของใบโดยสมการความสัมพันธ์ต่างมิติ กับค่าสัดส่วนของสิ่งปกคลุมพืชสีเขียว (fc) และค่าดัชนีพืชพรรณแบบต่าง ๆ ได้แก่ ค่า IR/R ค่า $NDVI$ ค่า VI ค่า $Brightness$ ค่า $Greenness$ และค่า $Wetness$ ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM (ช่วงก่อนฤดูผลัดใบ) ในป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ บริเวณพื้นที่ที่ไม่ถูกไฟไหม้ (ชนิดป่าละ 30 จุดสำรวจ) ที่คำนวณได้มาหาความสัมพันธ์กัน โดยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน

(stepwise multiple regression analysis) โดยกำหนดให้ค่ามวลชีวภาพของใบโดยสมการความสัมพันธ์ต่างมิติในป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ เป็นตัวแปรตาม และค่าสัดส่วนของสิ่งปกคลุมพืชสีเขียว (fc) และค่าดัชนีพืชพรรณแบบต่าง ๆ ได้แก่ ค่า IR/R ค่า NDVI ค่า VI ค่า Brightness ค่า Greenness และค่า Wetness ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM (ช่วงก่อนฤดูผลัดใบ) ในป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ เป็นตัวแปรอิสระ โดยในขั้นแรกทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรดังกล่าวทั้งหมดโดยใช้การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Pearson (Pearson's correlation) เพื่อใช้ดูความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแต่ละตัว ซึ่งได้แก่ ความสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระแต่ละตัว รวมทั้งความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระแต่ละตัว เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจในการเลือกตัวแปรอิสระที่เหมาะสมในการสร้างสมการ แสดงตามขั้นตอนดังภาพที่ 9 ซึ่งมีรูปแบบสมการพื้นฐาน ดังนี้

$$Y_{ld} = f(fc, IR/R, NDVI, VI, Brightness, Greenness, Wetness (เต็งรัง))$$

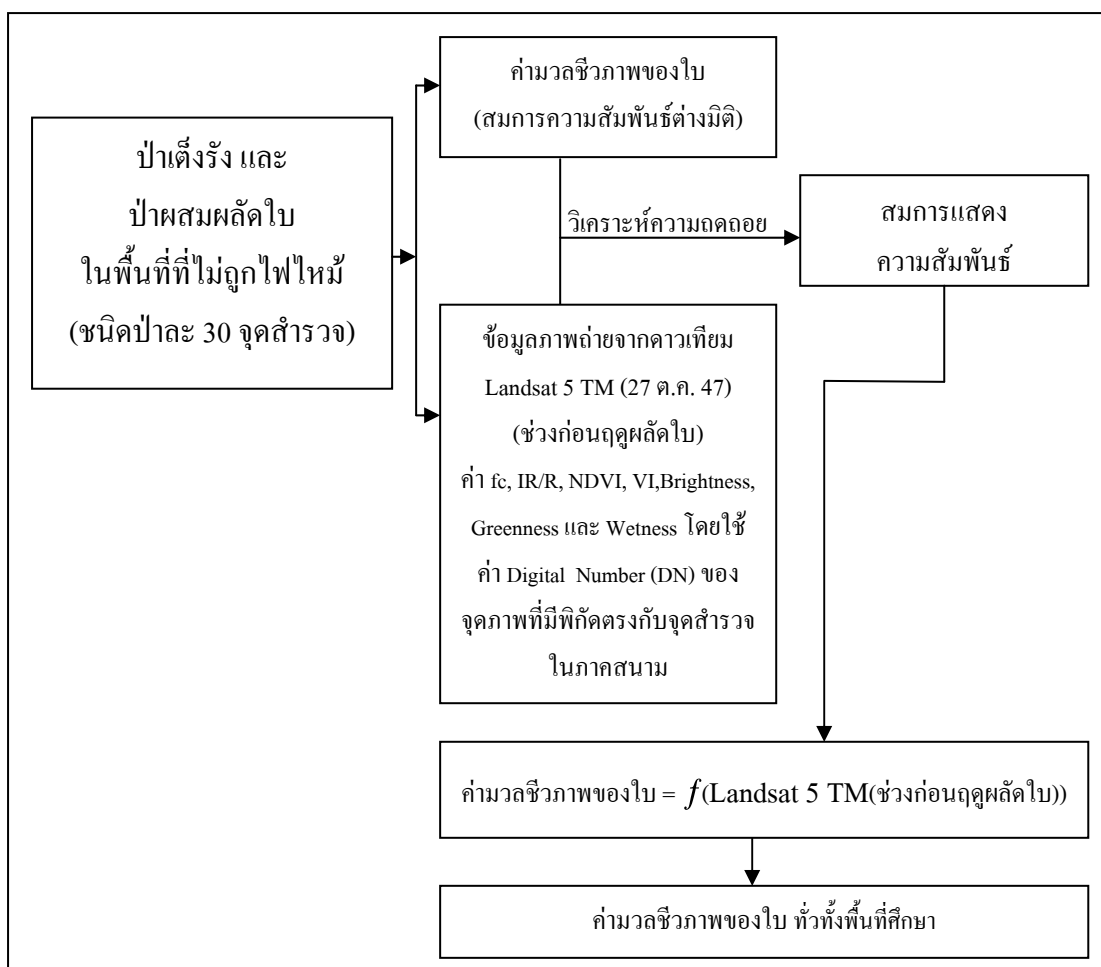
$$Y_{lm} = f(fc, IR/R, NDVI, VI, Brightness, Greenness, Wetness (ผสมผลัดใบ))$$

เมื่อ Y_{ld} = ค่ามวลชีวภาพของใบ ในป่าเต็งรัง

Y_{lm} = ค่ามวลชีวภาพของใบ ในป่าผสมผลัดใบ

fc, IR/R, NDVI, VI, Brightness, Greenness, Wetness คือ ตัวแปรอิสระที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM (ช่วงก่อนฤดูผลัดใบ) ในป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ ตามลำดับ

ทำการหาสมการที่ดีที่สุดเพื่อนำไปใช้ในการประมาณค่ามวลชีวภาพของใบในป่าเต็งรังและป่าผสมผลัดใบ โดยกำหนดรูปแบบสมการที่มีความสัมพันธ์ในรูปแบบอื่น ๆ ได้แก่ แบบลอการิทึม แบบยกกำลัง และแบบเอ็กโพเนนเชียล ซึ่งเป็นรูปแบบของสมการเส้นโค้ง



ภาพที่ 9 ขั้นตอนการสร้างสมการประมาณค่ามวลชีวภาพของใบในป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ บริเวณพื้นที่ศึกษา จากค่าดัชนีต่าง ๆ ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในช่วงก่อนฤดูผลัดใบ ซึ่งได้แก่ ค่า fc , IR/R , $NDVI$, VI , $Brightness$, $Greenness$ และ $Wetness$

2.2.1.3 การหาปริมาณเชื้อเพลิงใบ จากการแทนค่ามวลชีวภาพของใบ ที่ได้ จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในช่วงก่อนฤดูผลัดใบ (วันที่ 27 ต.ค. 47) ที่ได้จาก ข้อ 2.2.1.2 ลงในสมการข้อ 2.2.1.1 ก็จะได้ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ ทั้งพื้นที่ศึกษา

นำค่ามวลชีวภาพของใบในป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ ที่ได้จาก ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในแต่ละจุดภาพไปแทนในสมการประมาณค่าปริมาณ เชื้อเพลิงใบ จากข้อ 2.2.1.1 ก็จะได้ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ ในป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ ทั้งพื้นที่ศึกษา

2.2.2 การหาปริมาณมวลชีวภาพที่ผิวดินในรูป ปริมาณเชื้อเพลิงใบ จากการประมาณค่าจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ

2.2.2.1 การหาปริมาณเชื้อเพลิงใบ จากค่าดัชนีต่าง ๆ ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในช่วงก่อนฤดูผลัดใบ (วันที่ 27 ต.ค. 47) ซึ่งได้แก่ ค่า fc ค่า IR/R ค่า NDVI ค่า VI ค่า Brightness ค่า Greenness และค่า Wetness

นำค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ กับค่าสัดส่วนของสิ่งปกคลุมพืชสีเขียว (fc) และค่าดัชนีพืชพรรณแบบต่าง ๆ ได้แก่ ค่า IR/R ค่า NDVI ค่า VI ค่า Brightness ค่า Greenness และค่า Wetness ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM (ช่วงก่อนฤดูผลัดใบ) ในป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ บริเวณพื้นที่ที่ไม่ถูกไฟไหม้ (ชนิดป่าละ 30 จุดสำรวจ) ที่คำนวณได้ มาหาความสัมพันธ์กัน โดยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (stepwise multiple regression analysis) โดยกำหนดให้ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบในป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ เป็นตัวแปรตาม และค่าสัดส่วนของสิ่งปกคลุมพืชสีเขียว (fc) และค่าดัชนีพืชพรรณแบบต่าง ๆ ได้แก่ ค่า IR/R ค่า NDVI ค่า VI ค่า Brightness ค่า Greenness และค่า Wetness ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM (ช่วงก่อนฤดูผลัดใบ) ในป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ เป็นตัวแปรอิสระ โดยในขั้นแรกทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรดังกล่าวทั้งหมดโดยใช้การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Pearson (Pearson's correlation) เพื่อใช้ดูความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแต่ละตัว ซึ่งได้แก่ ความสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระแต่ละตัว รวมทั้งความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระแต่ละตัวเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจในการเลือกตัวแปรอิสระที่เหมาะสมในการสร้างสมการ แสดงตามขั้นตอนดังภาพที่ 10 ซึ่งมีรูปแบบสมการพื้นฐาน ดังนี้

$$Y_{nd} = f(fc, IR/R, NDVI, VI, Brightness, Greenness, Wetness (เต็งรัง))$$

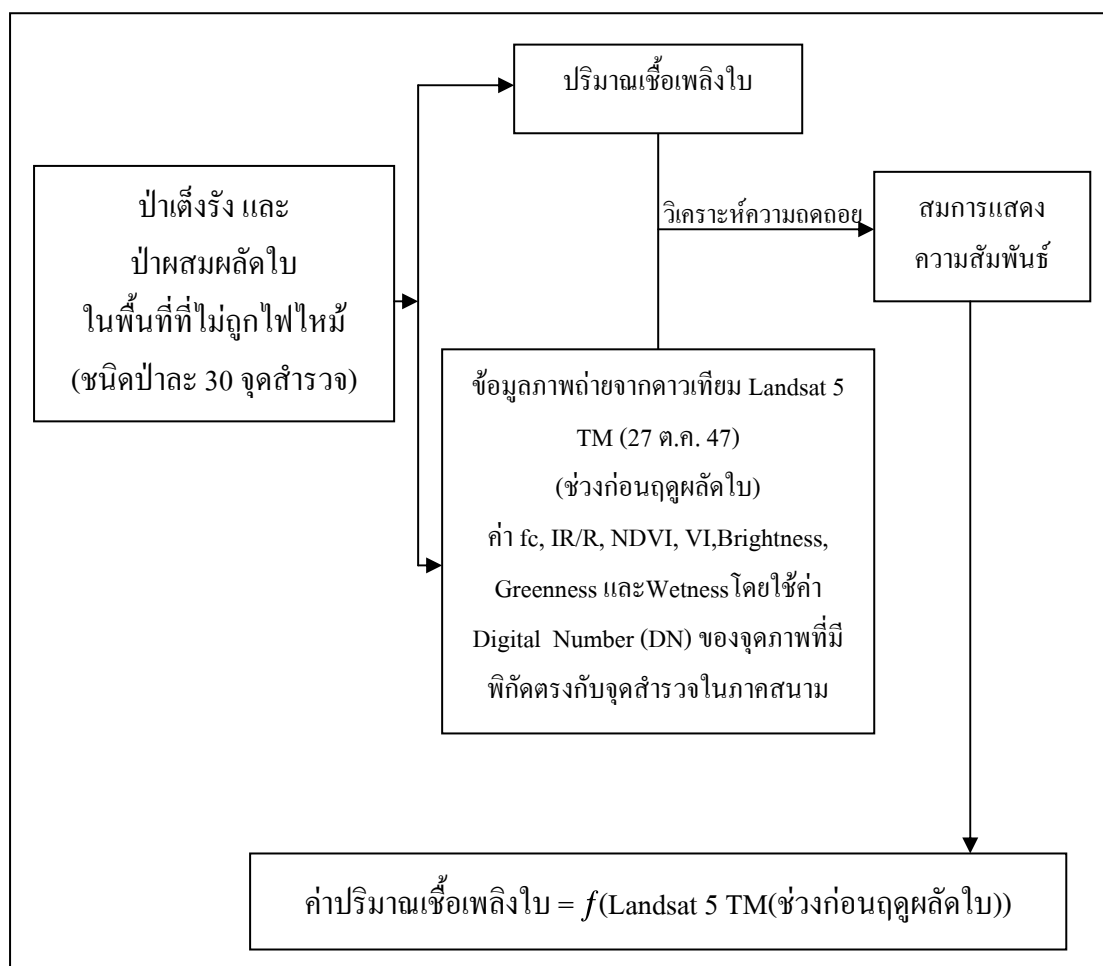
$$Y_{nm} = f(fc, IR/R, NDVI, VI, Brightness, Greenness, Wetness (ผสมผลัดใบ))$$

$$\text{เมื่อ } Y_{nd} = \text{ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ ในป่าเต็งรัง}$$

$$Y_{nm} = \text{ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ ในป่าผสมผลัดใบ}$$

f_c , IR/R, NDVI, VI, Brightness, Greenness, Wetness คือ ตัวแปรอิสระที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM (ช่วงก่อนฤดูผลัดใบ) ในป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ ตามลำดับ

ทำการหาสมการที่ดีที่สุดเพื่อนำไปใช้ในการประมาณค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบในป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ โดยกำหนดรูปแบบสมการที่มีความสัมพันธ์ในรูปแบบอื่น ๆ ได้แก่ แบบลอการิทึม แบบยกกำลัง และแบบเอ็กโพเนนเชียล ซึ่งเป็นรูปแบบของสมการเส้นโค้ง



ภาพที่ 10 ขั้นตอนการสร้างสมการประมาณค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบในป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ บริเวณพื้นที่ศึกษา จากค่าดัชนีต่าง ๆ ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในช่วงก่อนฤดูผลัดใบ ซึ่งได้แก่ ค่า f_c , IR/R, NDVI, VI, Brightness, Greenness และ Wetness

2.2.2.2 การหาปริมาณเชื้อเพลิงใบ จากค่าดัชนีต่าง ๆ ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในช่วงหลังฤดูผลัดใบ (วันที่ 16 ก.พ. 48) ซึ่งได้แก่ ค่า fc ค่า IR/R ค่า NDVI ค่า VI ค่า Brightness ค่า Greenness และค่า Wetness

นำค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ กับค่าสัดส่วนของสิ่งปกคลุมพืชสีเขียว (fc) และค่าดัชนีพืชพรรณแบบต่าง ๆ ได้แก่ ค่า IR/R ค่า NDVI ค่า VI ค่า Brightness ค่า Greenness และค่า Wetness ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM (ช่วงหลังฤดูผลัดใบ) ในป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ บริเวณพื้นที่ที่ไม่ถูกไฟไหม้ (ชนิดป่าละ 30 จุดสำรวจ) ที่คำนวณได้ มาหาความสัมพันธ์กันโดยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (stepwise multiple regression analysis) โดยกำหนดให้ค่าปริมาณของเชื้อเพลิงใบในป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ เป็นตัวแปรตาม และค่าสัดส่วนของสิ่งปกคลุมพืชสีเขียว (fc) และค่าดัชนีพืชพรรณแบบต่าง ๆ ได้แก่ ค่า IR/R ค่า NDVI ค่า VI ค่า Brightness ค่า Greenness และค่า Wetness ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM (ช่วงหลังฤดูผลัดใบ) ในป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ เป็นตัวแปรอิสระ โดยในขั้นแรกทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรดังกล่าวทั้งหมดโดยใช้การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Pearson (Pearson's correlation) เพื่อใช้ดูความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแต่ละตัว ซึ่งได้แก่ ความสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระแต่ละตัว รวมทั้งความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระแต่ละตัวเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจในการเลือกตัวแปรอิสระที่เหมาะสมในการสร้างสมการ แสดงตามขั้นตอนดังภาพที่ 11 ซึ่งมีรูปแบบสมการพื้นฐาน ดังนี้

$$Y_{nd} = f(fc, IR/R, NDVI, VI, Brightness, Greenness, Wetness (เต็งรัง))$$

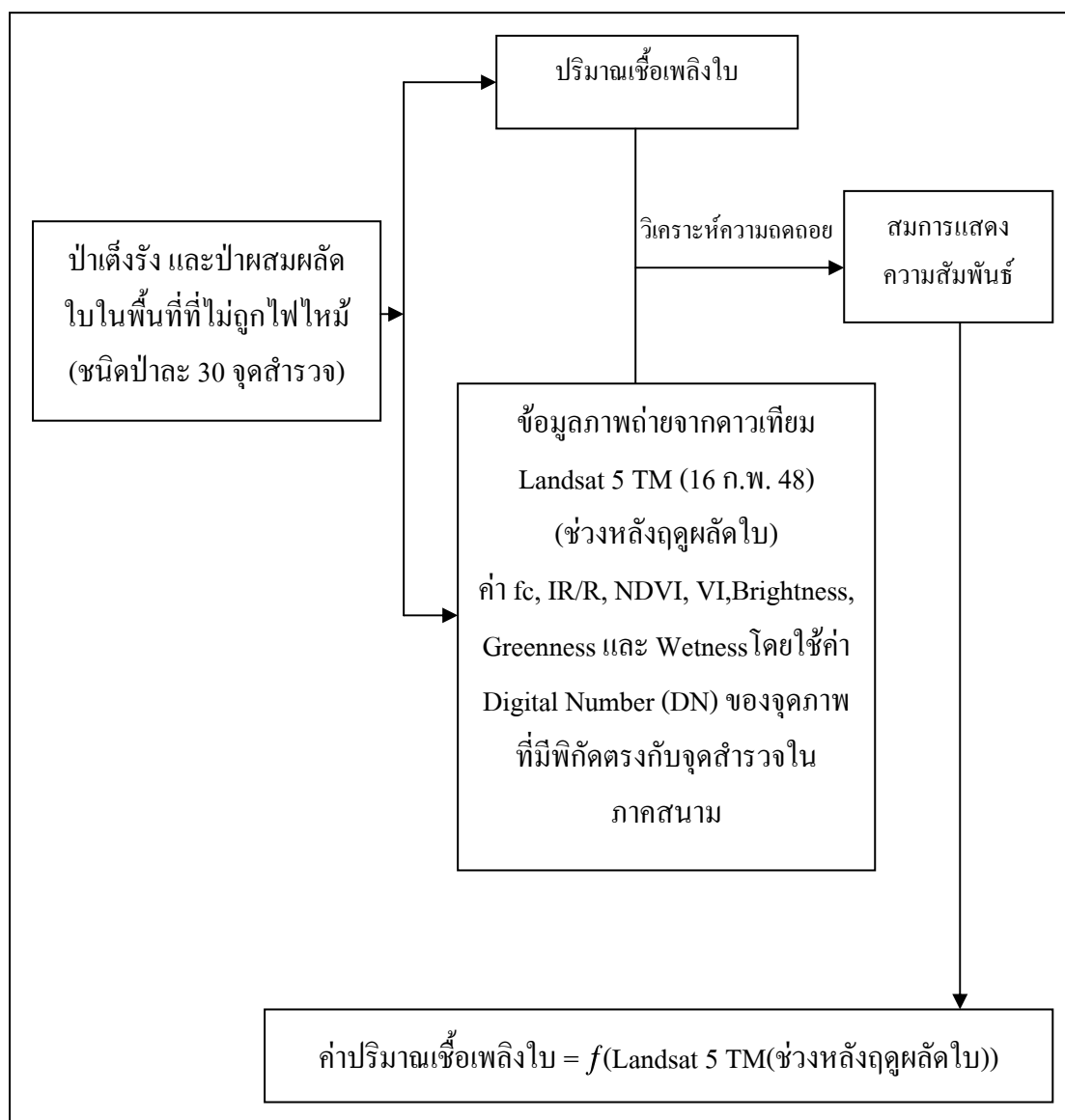
$$Y_{nm} = f(fc, IR/R, NDVI, VI, Brightness, Greenness, Wetness (ผสมผลัดใบ))$$

เมื่อ Y_{nd} = ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ ในป่าเต็งรัง

Y_{nm} = ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ ในป่าผสมผลัดใบ

fc, IR/R, NDVI, VI, Brightness, Greenness, Wetness คือ ตัวแปรอิสระที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM (ช่วงหลังฤดูผลัดใบ) ในป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ ตามลำดับ

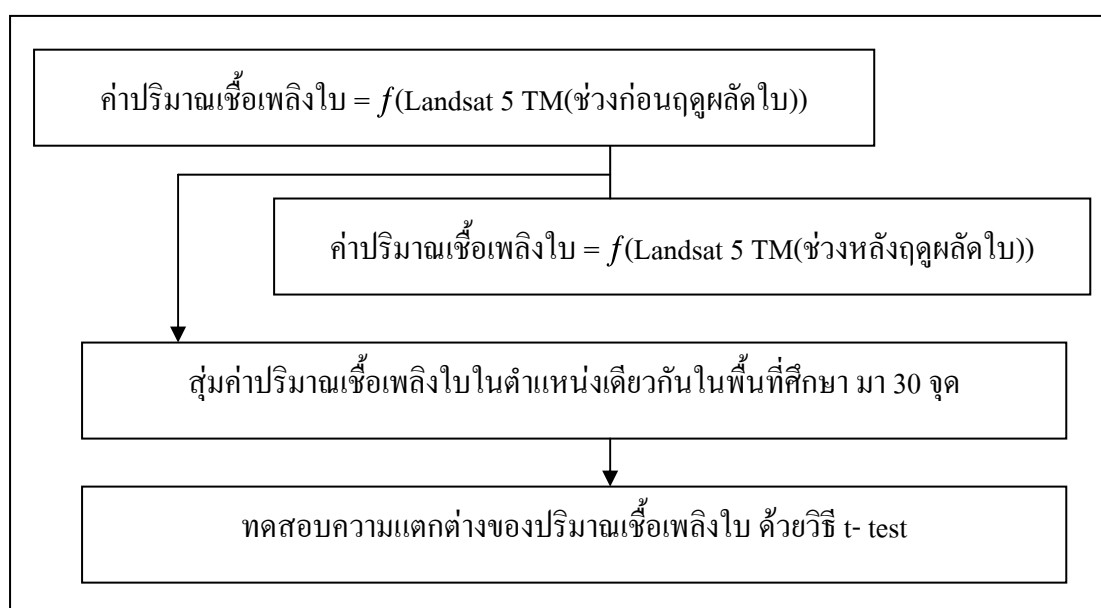
ทำการหาสมการที่ดีที่สุดเพื่อนำไปใช้ในการประมาณค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบในป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ โดยกำหนดรูปแบบสมการที่มีความสัมพันธ์ในรูปแบบอื่น ๆ ได้แก่ แบบลอการิทึม แบบยกกำลัง และแบบเอ็กโพเนนเชียล ซึ่งเป็นรูปแบบของสมการเส้นโค้ง



ภาพที่ 11 ขั้นตอนการสร้างสมการประมาณค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบในป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ บริเวณพื้นที่ศึกษา จากค่าดัชนีต่าง ๆ ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในช่วงหลังฤดูผลัดใบ ซึ่งได้แก่ ค่า fc, IR/R, NDVI, VI, Brightness, Greenness และ Wetness

2.2.2.3 ทำการทดสอบค่าสมการปริมาณเชื้อเพลิงใบ จากค่าดัชนีต่างๆ ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในช่วงก่อนฤดูผลัดใบ (วันที่ 27 ต.ค. 47) และ ช่วงหลังฤดูผลัดใบ (วันที่ 16 ก.พ. 48)

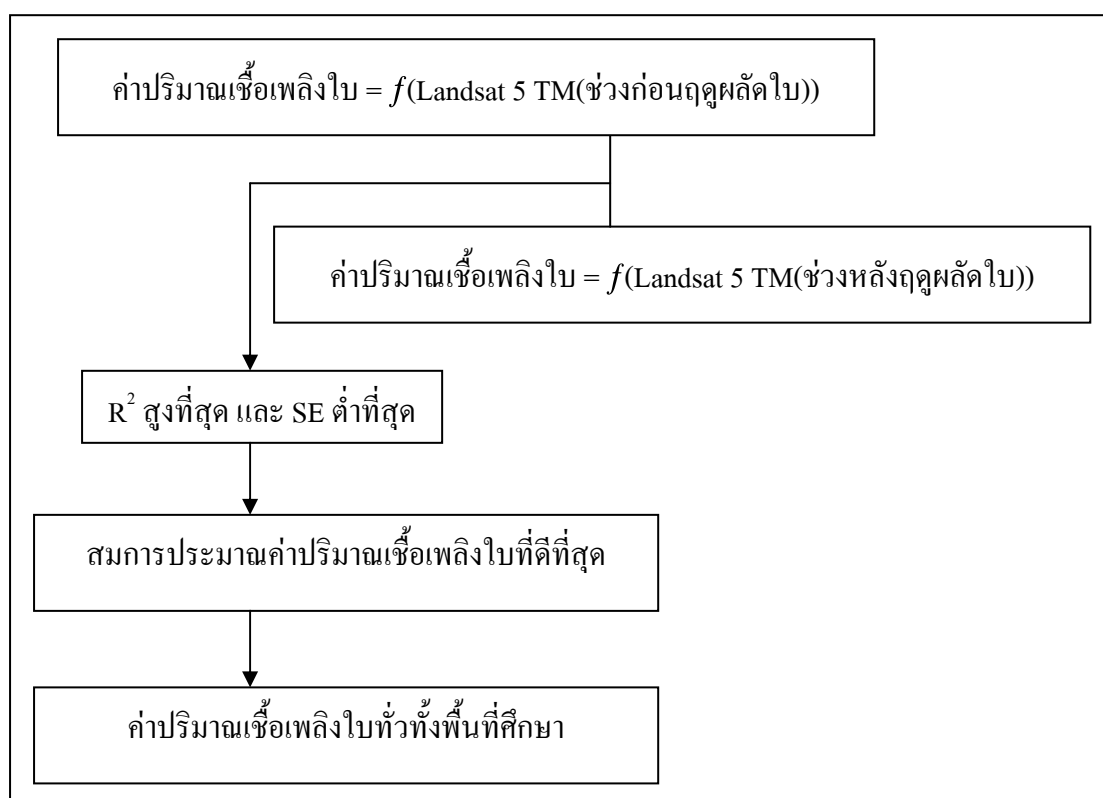
นำค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบในป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ ที่คำนวณได้จากสมการปริมาณเชื้อเพลิงใบจากค่าดัชนีต่าง ๆ ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในช่วงก่อนฤดูผลัดใบ และช่วงหลังฤดูผลัดใบ มาทำการทดสอบความแตกต่างของข้อมูลว่า ข้อมูลมีความแตกต่างกันหรือไม่ เพื่อดูว่าสมการปริมาณเชื้อเพลิงใบที่ได้จากค่าดัชนีต่าง ๆ จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในช่วงก่อนฤดูผลัดใบ และช่วงหลังฤดูผลัดใบ ว่าสามารถใช้แทนกันได้หรือไม่ โดยทำการสุ่มข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงใบที่คำนวณได้จากทั้งสองสมการ มาชนิดป่าละ 30 จุด (ตำแหน่งเดียวกัน) และใช้วิธีการทดสอบแบบ t-test แสดงตามขั้นตอนดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 ขั้นตอนการทดสอบค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบในป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ บริเวณพื้นที่ศึกษา จากค่าดัชนีต่าง ๆ ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในช่วงก่อนฤดูผลัดใบ และช่วงหลังฤดูผลัดใบ

2.2.2.4 ทำการเลือกสมการที่ดีที่สุดในการประมาณค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ จากค่าดัชนีต่าง ๆ ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM

ทำการเลือกสมการที่ดีที่สุดในการประมาณค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ
ในป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ บริเวณพื้นที่ศึกษา โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) เป็น
เงื่อนไขในการตัดสินใจซึ่งสมการที่ดีที่สุดที่ใช้ในการประมาณค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ ในป่าเต็งรัง
และป่าผสมผลัดใบ บริเวณพื้นที่ศึกษา คือ สมการที่มีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) มากที่สุด
แสดงตามขั้นตอนดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 ขั้นตอนการเลือกสมการที่ดีที่สุดในการประมาณค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบในป่าเต็งรัง
และป่าผสมผลัดใบ บริเวณพื้นที่ศึกษา จากค่าดัชนีต่าง ๆ ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจาก
ดาวเทียม Landsat 5 TM

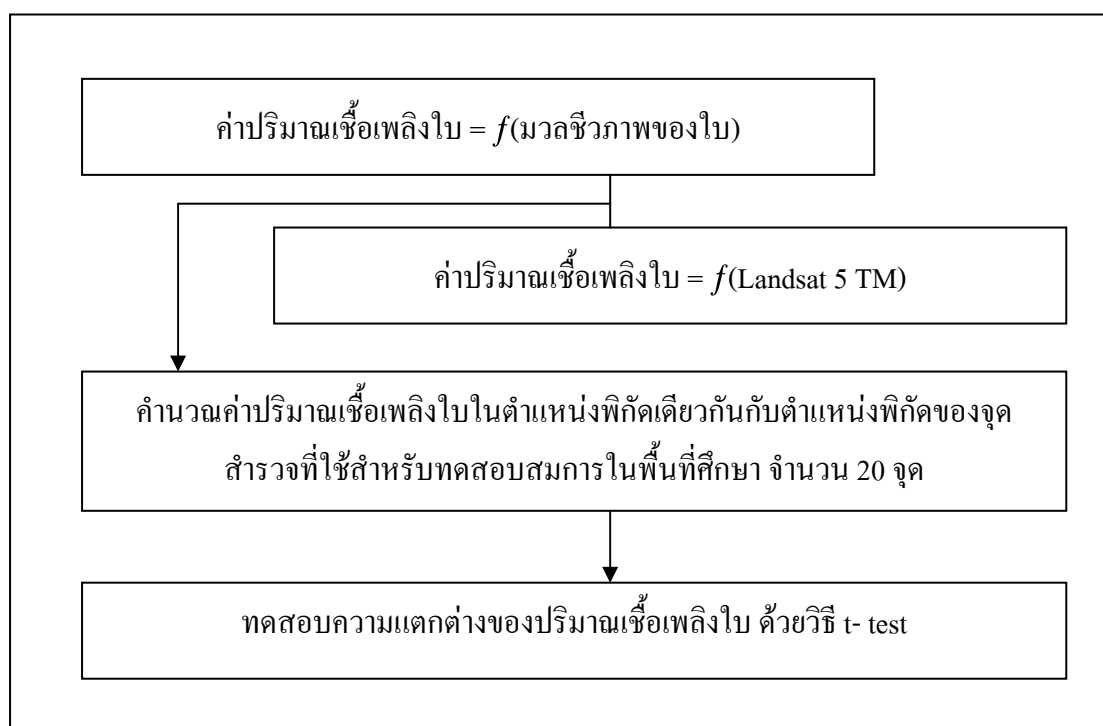
2.2.3 การเปรียบเทียบค่าปริมาณมวลชีวภาพที่ผิวดินในรูป ปริมาณเชื้อเพลิงใบ
ที่ได้จากการประมาณค่ามวลชีวภาพของใบ และจากการประมาณค่าจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาว
เทียม Landsat 5 TM ในพื้นที่ศึกษา

นำสมการปริมาณเชื้อเพลิงใบ ที่ได้จากค่ามวลชีวภาพของใบ และจากค่าดัชนี
ต่าง ๆ จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM (ช่วงก่อน และหลังฤดูผลัดใบ) ที่ได้ทำการ

ทดสอบแล้วว่าเป็นสมการที่ดีที่สุด มาคำนวณค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบในตำแหน่งพิกัดเดียวกัน (โดยใช้ตำแหน่งพิกัดเดียวกันกับตำแหน่งพิกัดของจุดสำรวจที่ใช้สำหรับทดสอบค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบจากข้อมูลจริงที่ได้จากภาคสนาม จำนวน 20 จุด)

นำค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบทั้ง 2 แบบดังกล่าว มาตรวจสอบว่าข้อมูลทั้งสองมีความแตกต่างกันหรือไม่ โดยใช้วิธีการทดสอบ t- test แสดงตามขั้นตอนดังภาพที่ 14

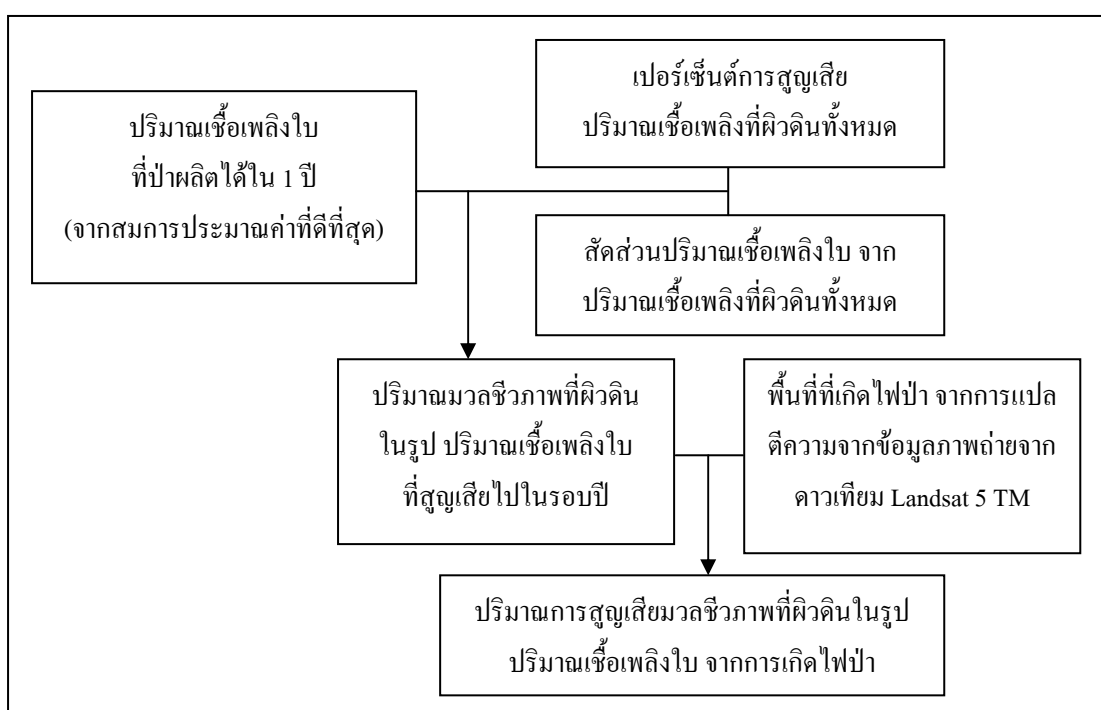
ทำการเปรียบเทียบค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ ที่ได้จากการประมาณค่ามวลชีวภาพของใบ และจากการประมาณค่าจากค่าดัชนีต่าง ๆ ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM (ช่วงก่อน และหลังฤดูผลัดใบ) ที่ได้ทำการทดสอบแล้วว่าเป็นสมการที่ดีที่สุดดังกล่าว กับค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบที่เก็บวัดได้จริงจากพื้นที่ โดยเปรียบเทียบจากเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างกัน



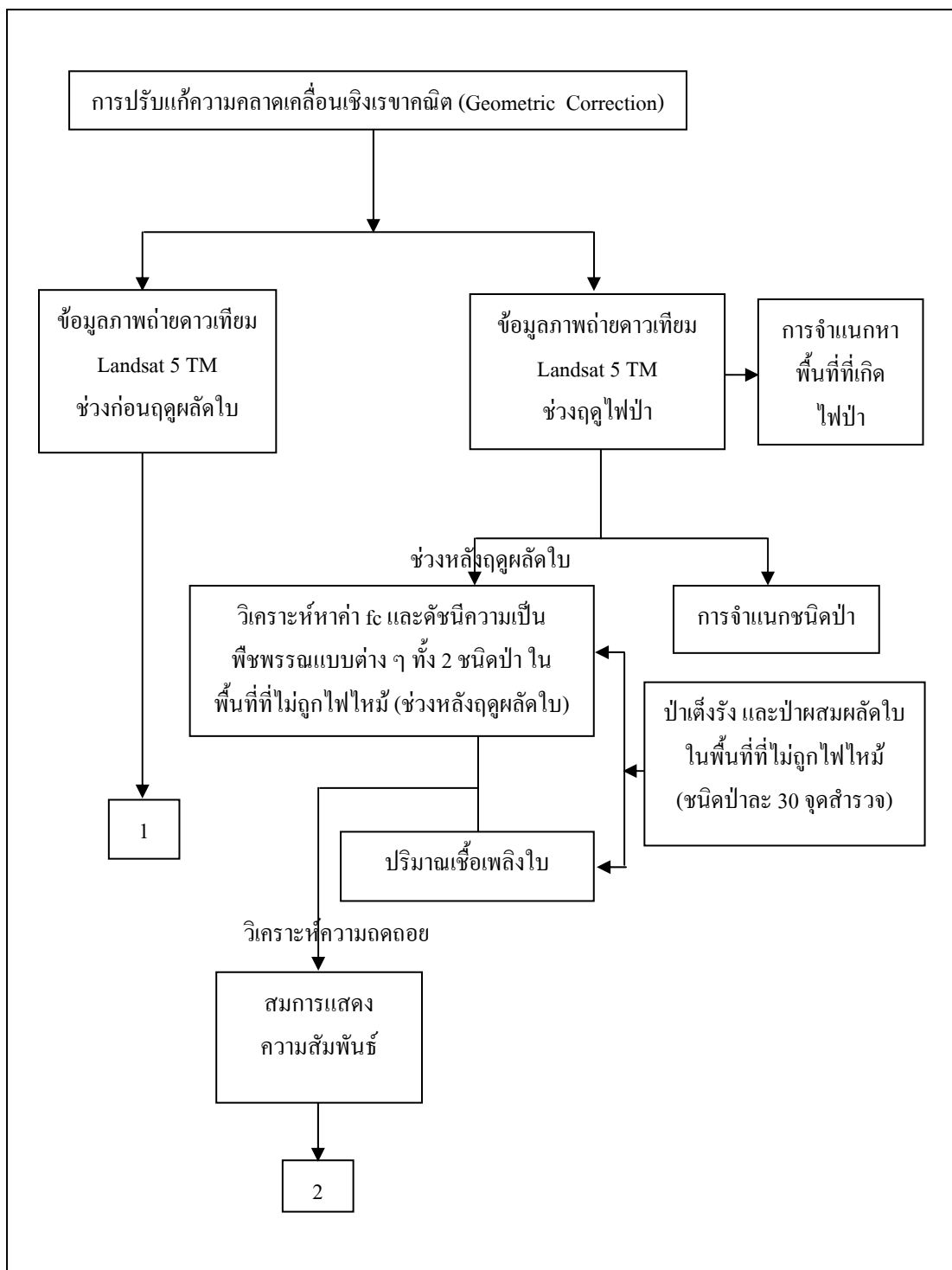
ภาพที่ 14 ขั้นตอนการเปรียบเทียบค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบจากการประมาณค่ามวลชีวภาพของใบ และจากการประมาณค่าจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ

2.2.4 การประเมินหาปริมาณมวลชีวภาพที่ผิวดินในรูป ปริมาณเชื้อเพลิงใบ ที่สูญเสียไปจากการเกิดไฟป่า

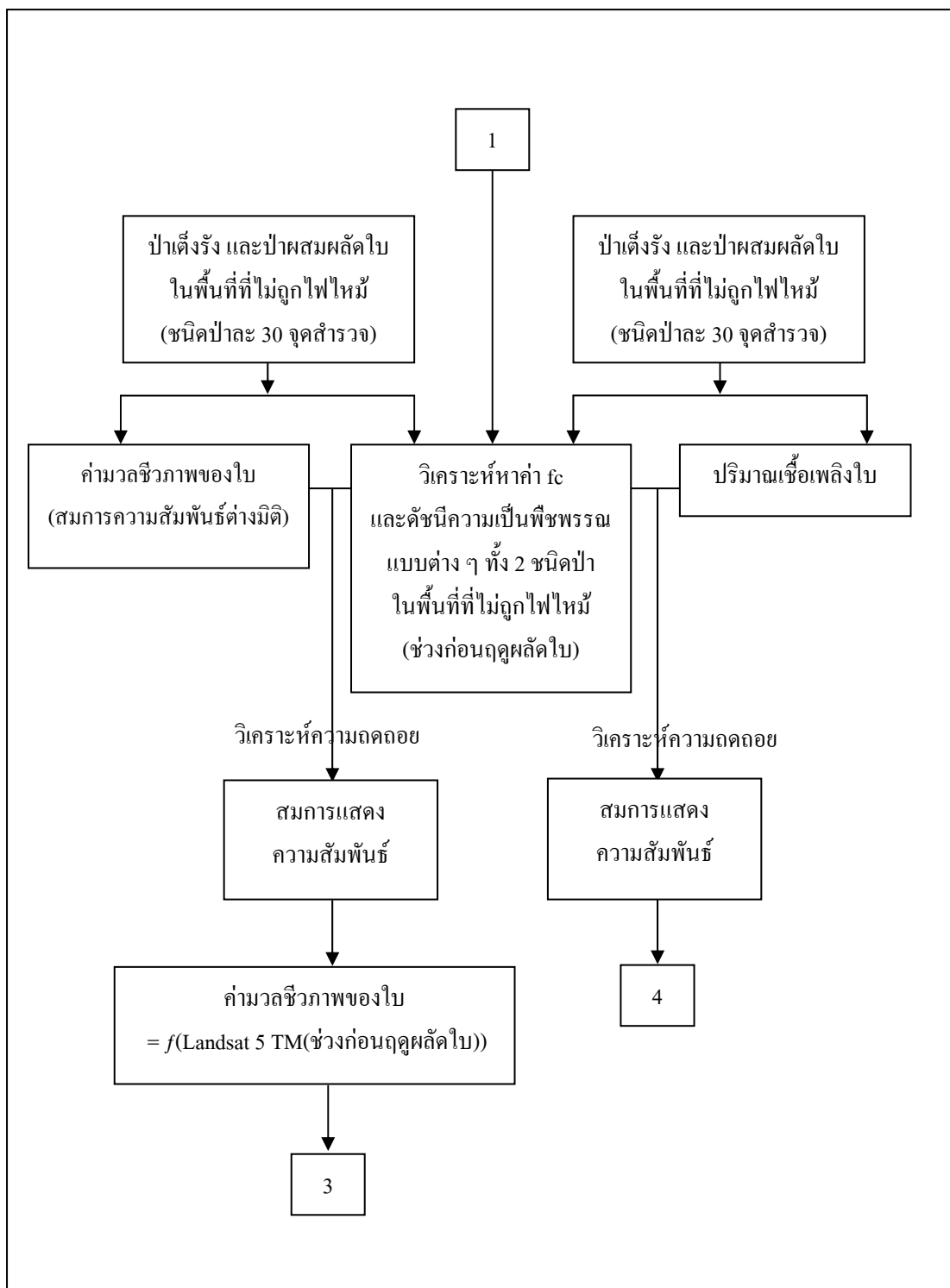
จากการเก็บข้อมูลปริมาณมวลชีวภาพที่ผิวดินในรูป ปริมาณเชื้อเพลิงที่ผิวดินในป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ บริเวณพื้นที่ที่ไม่ถูกไฟไหม้ และบริเวณพื้นที่ที่ถูกไฟไหม้บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง นำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียปริมาณเชื้อเพลิงที่ผิวดินจากการเกิดไฟป่าในป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ บริเวณพื้นที่ศึกษา และเมื่อนำเปอร์เซ็นต์การสูญเสียปริมาณเชื้อเพลิงที่ผิวดินทั้งหมดมาคูณกับอัตราส่วนของปริมาณเชื้อเพลิงใบ จากปริมาณเชื้อเพลิงที่ผิวดินทั้งหมด ก็จะได้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียปริมาณเชื้อเพลิงใบ เมื่อนำมาคูณกับค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ ที่ป่าผลิตได้ใน 1 ปี ในป่าทั้ง 2 ชนิดดังกล่าว (จากสมการประมาณค่าที่ดีที่สุด) ก็จะได้ปริมาณเชื้อเพลิงใบที่สูญเสียไปในรอบปีจากการเกิดไฟป่า บริเวณพื้นที่ศึกษา จากนั้นนำมาคำนวณหาเฉพาะในพื้นที่ที่เกิดไฟป่า ในป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ บริเวณพื้นที่ศึกษา ที่ได้จากการแปลตีความจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในปี 2548 ก็จะได้ปริมาณเชื้อเพลิงใบ ที่สูญเสียไปในรอบปีจากการเกิดไฟป่า ในปี 2548 ในป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ บริเวณพื้นที่ศึกษา แสดงตามขั้นตอนดังภาพที่ 15



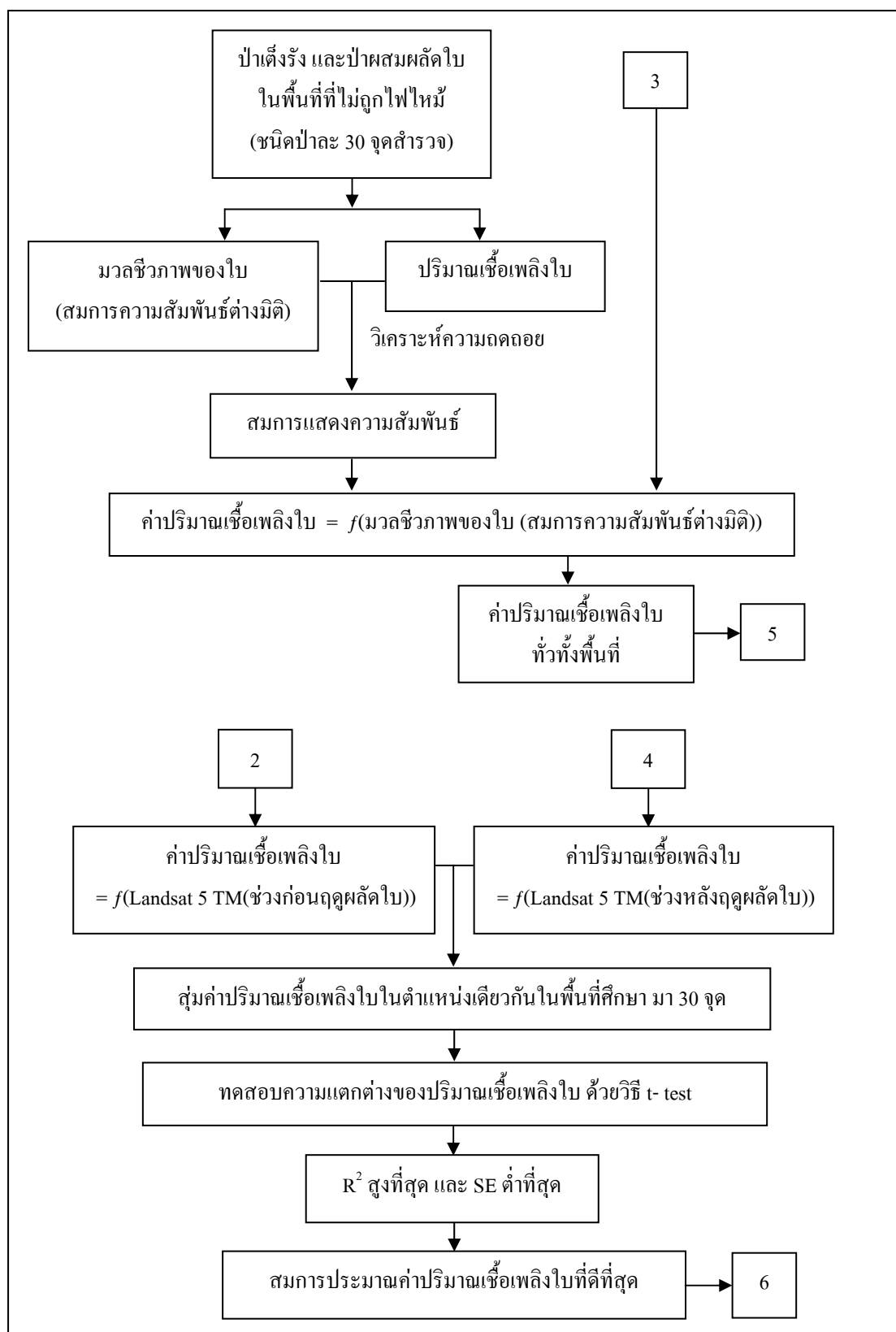
ภาพที่ 15 ขั้นตอนการประเมินการสูญเสียปริมาณมวลชีวภาพที่ผิวดินในรูป ปริมาณเชื้อเพลิงใบที่สูญเสียไปจากการเกิดไฟป่าในป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ บริเวณพื้นที่ศึกษา



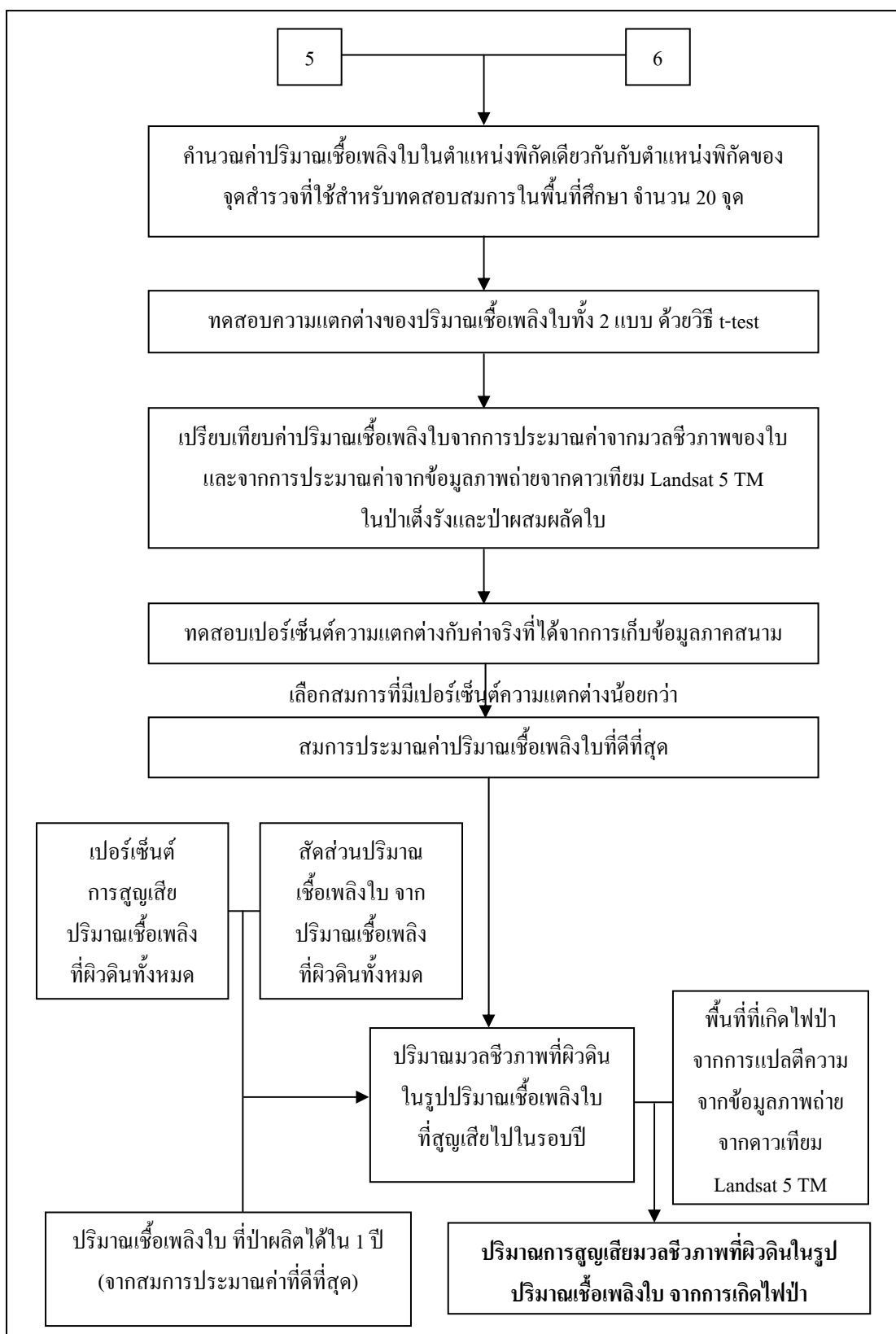
ภาพที่ 16 สรุปขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล



ภาพที่ 16 (ต่อ)



ภาพที่ 16 (ต่อ)



ภาพที่ 16 (ต่อ)

ผลและวิจารณ์

1. การวิเคราะห์จำแนกชนิดป่า จำแนกหาพื้นที่ที่เกิดไฟป่า และการหาค่าสัดส่วนของสิ่งปกคลุมพืชสีเขียว (fc) กับค่าดัชนีพืชพรรณแบบต่าง ๆ โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ประกอบด้วย

1.1 การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต (geometric correction) ของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ที่ใช้ทั้งหมด ได้ใช้จุดควบคุมภาคพื้นดิน (ground control point; GCP) จำนวน 25 จุด เท่ากันทุกภาพ สมการปรับแก้ที่เหมาะสมให้ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยรวม (total root mean square error; RMSe) ได้เท่ากับ 0.042, 0.018, 0.165, 0.052 และ 0.017 แสดงรายละเอียดของการปรับแก้ ดังตารางผนวกที่ 2, 3, 4, 5 และ 6 ตามลำดับ และตัวอย่างข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ที่ได้รับการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตแล้ว แสดงดังภาพที่ 17 ซึ่งได้ซ้อนทับกับแนวเขตของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งที่เป็นพื้นที่ศึกษาไว้ด้วย

1.2 การแปลตีความ และการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM (image interpretation and analysis) เพื่อการจำแนกชนิดป่า ผลจากการแปลตีความได้ข้อมูลขนาดของพื้นที่ที่กำหนดเป็นตัวแทนในการจำแนก ทั้ง 7 ชนิด ได้แก่ ป่าดิบแล้ง, ป่าผสมผลัดใบ (พื้นที่ศึกษา), ป่าเต็งรัง (พื้นที่ศึกษา), ป่าไผ่, หุบหญ้า, พื้นที่เกษตรกรรม และแหล่งน้ำ แสดงดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 รายละเอียดการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง

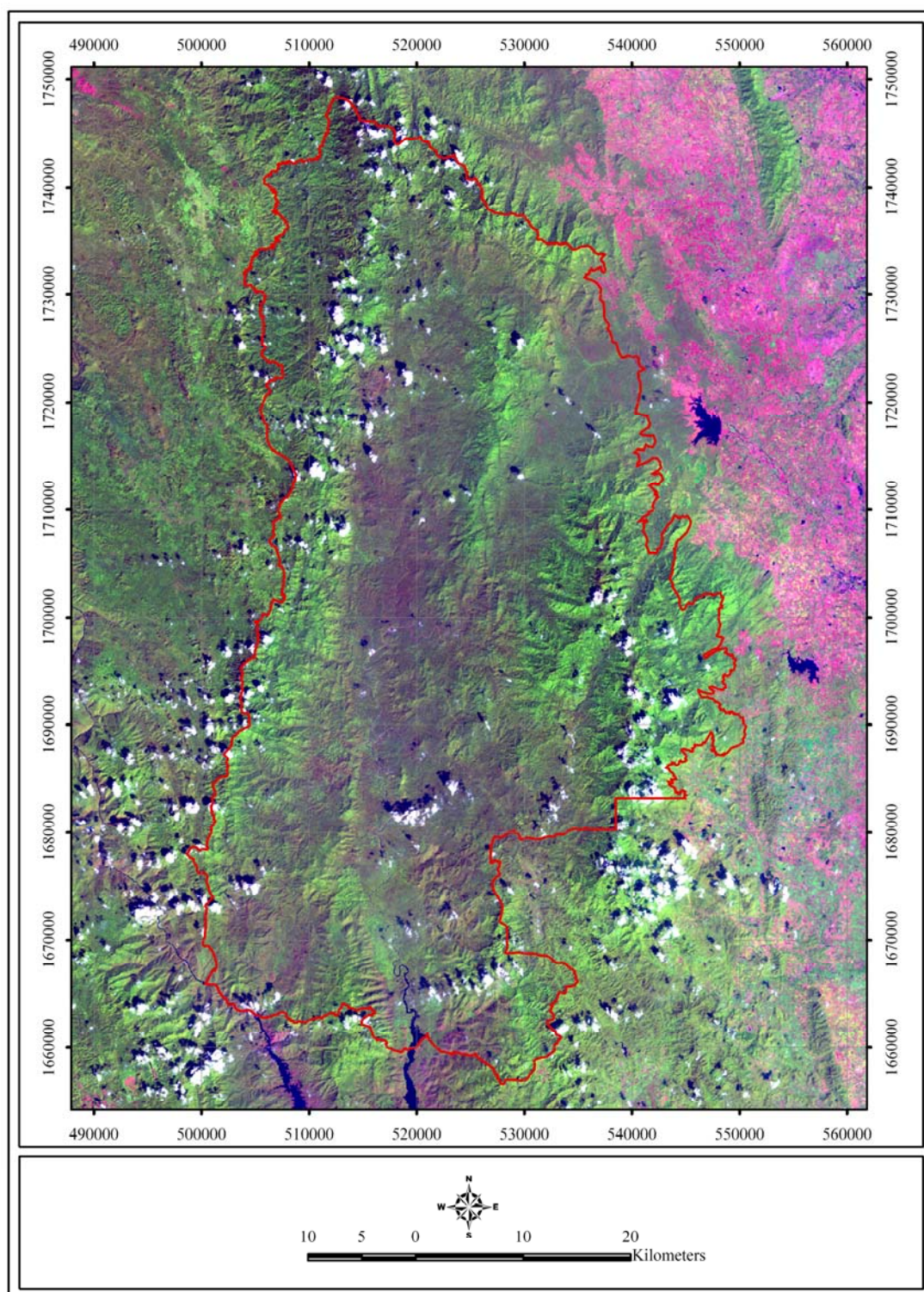
ชนิดของพื้นที่	ขนาดของพื้นที่		
	ตารางกิโลเมตร	ไร่	ร้อยละ
ป่าผสมผลัดใบ	1,683.137	1,051,960.513	59.93
ป่าดิบแล้ง	917.319	537,324.293	32.66
ป่าเต็งรัง	197.311	123,319.297	7.03
ป่าไผ่	5.407	3,379.237	0.19
หุบหญ้า	0.866	541.379	0.03
พื้นที่เกษตรกรรม	0.471	294.428	0.02
แหล่งน้ำ	4.130	2,581.395	0.15
รวม	2,808.640	1,755,400.540	100.00

1.3 การแปลตีความ และการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM (image interpretation and analysis) เพื่อจำแนก และหาพื้นที่ที่เกิดไฟป่า ได้ผลการวิเคราะห์พื้นที่ที่เกิดไฟป่าในพื้นที่ต่าง ๆ บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง แสดงดังตารางที่ 9 และรายละเอียดการจำแนกพื้นที่ที่เกิดไฟป่า แสดงดังภาพที่ 18

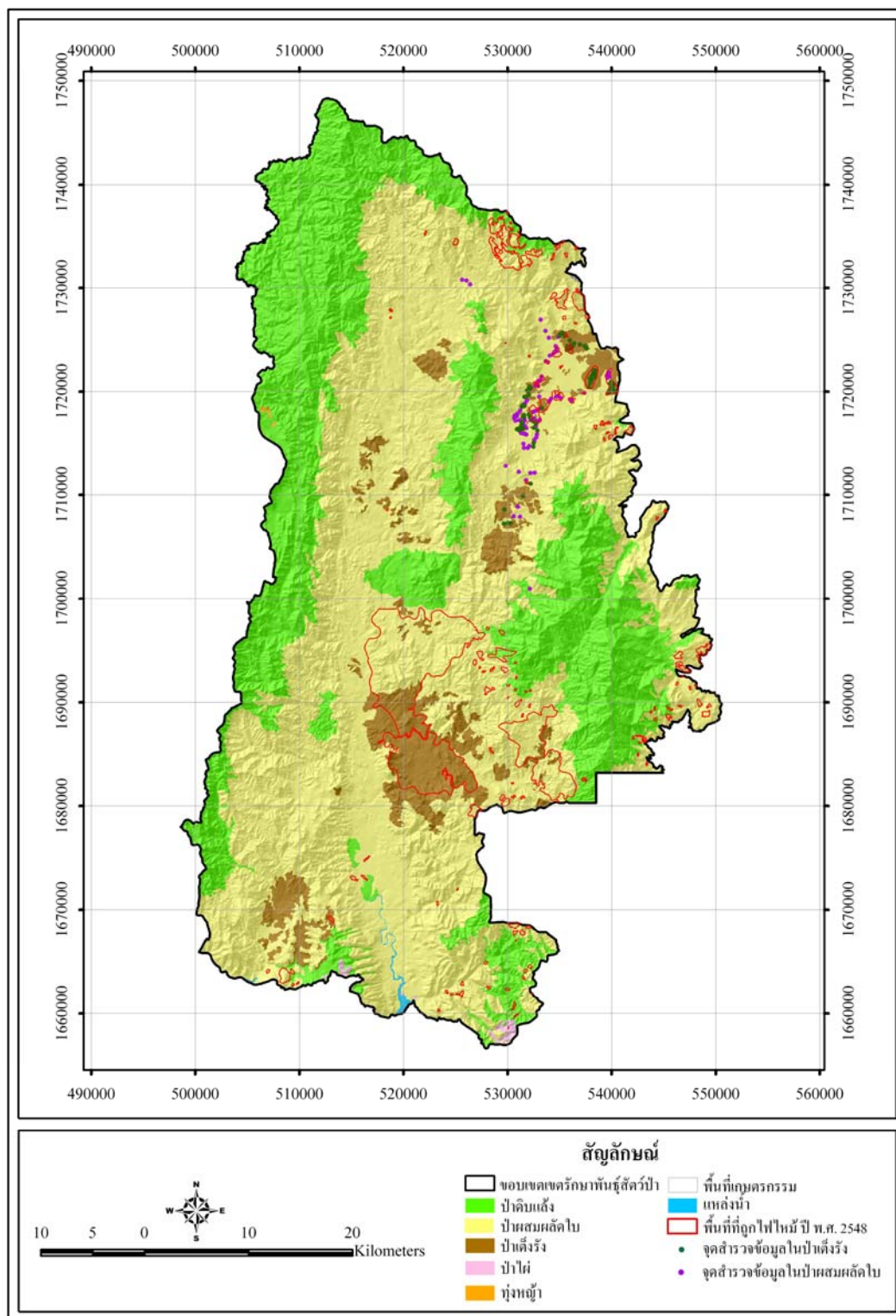
ตารางที่ 9 พื้นที่ที่เกิดไฟป่า บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง ในปี พ.ศ. 2548

ชนิดของพื้นที่	ขนาดของพื้นที่ที่เกิดไฟป่า		
	ตารางกิโลเมตร	ไร่	ร้อยละ
ป่าผสมผลัดใบ	107.915	67,447.003	63.989
ป่าดิบแล้ง	3.107	1,942.142	1.843
ป่าเต็งรัง	57.609	36,005.848	34.160
ป่าไผ่	0.015	9.227	0.009
ทุ่งหญ้า	-	-	-
พื้นที่เกษตรกรรม	0.001	0.495	0.000
แหล่งน้ำ	-	-	-
รวม	168.648	105,404.716	100.000

1.4 การหาค่าสัดส่วนของสิ่งปกคลุมพืชสีเขียว (fc) และค่าดัชนีพืชพรรณแบบต่าง ๆ ได้แก่ ค่า IR/R ค่า NDVI ค่า VI ค่า Brightness ค่า Greenness และค่า Wetness โดยใช้ค่า Digital Number (DN) ของจุดภาพของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในช่วงก่อนฤดูผลัดใบ (วันที่ 27 ต.ค. 47) และช่วงหลังฤดูผลัดใบ (วันที่ 16 ก.พ. 48) ที่มีตำแหน่งพิกัดเดียวกันกับตำแหน่งพิกัดของจุดสำรวจที่ได้จากภาคสนาม ของพื้นที่ป่าเต็งรัง และพื้นที่ป่าผสมผลัดใบ บริเวณพื้นที่ที่ไม่ถูกไฟไหม้ ได้ผลดังตารางที่ 10 11, 12, และ 13 ตามลำดับ



ภาพที่ 17 ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ที่ได้รับการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตแล้ว ซ้อนทับกับแนวเขตของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง ที่เป็นพื้นที่ศึกษา บันทึกภาพวันที่ 27 ตุลาคม พ.ศ. 2547 (ภาพสีผสมแบบค 543 RGB)



ภาพที่ 18 ชนิดของพื้นที่จากการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM พร้อมด้วยบริเวณพื้นที่ที่เกิดไฟป่า และจุดสำรวจข้อมูลภาคสนาม ในบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง

ตารางที่ 10 ค่า fc ค่าดัชนีพืชพรรณในรูปแบบต่าง ๆ ที่คำนวณได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM (ช่วงก่อนฤดูผลัดใบ) ตามตำแหน่งพิกัดของแปลงตัวอย่างในป่าเต็งรัง บริเวณพื้นที่ที่ไม่ถูกไฟไหม้ (รวม 30 จุดสำรวจ)

: ต่อเนื้อที่แปลง 900 ม²

แปลงที่	ตำแหน่งพิกัดกลางแปลง ระบบ UTM (ตะวันออก, เหนือ)	IR/R	NDVI	VI	Brightness	Greenness	Wetness	fc
1	531525, 1716402	2.963	0.445	53.000	132.000	14.000	2.000	0.608
2	531630, 1719491	3.033	0.454	61.000	142.000	20.000	3.000	0.620
3	531903, 1720114	2.467	0.373	44.000	135.000	7.000	-5.000	0.504
4	532065, 1720148	3.036	0.454	57.000	136.000	17.000	2.000	0.621
5	532225, 1720341	2.828	0.427	53.000	133.000	14.000	5.000	0.582
6	531749, 1719460	2.867	0.433	56.000	141.000	16.000	2.000	0.590
7	532177, 1720320	3.000	0.450	56.000	137.000	15.000	3.000	0.614
8	532139, 1720490	2.893	0.436	53.000	134.000	13.000	4.000	0.595
9	531154, 1716236	2.852	0.431	50.000	130.000	13.000	-1.000	0.587
10	530916, 1716355	2.964	0.445	55.000	130.000	16.000	9.000	0.608
11	531096, 1716360	2.852	0.431	50.000	131.000	12.000	0.000	0.587
12	531418, 1716433	2.600	0.394	48.000	138.000	11.000	-7.000	0.535
13	531276, 1716501	2.821	0.427	51.000	131.000	14.000	0.000	0.581
14	531416, 1716716	2.786	0.422	50.000	131.000	12.000	0.000	0.574
15	531384, 1717015	2.517	0.381	44.000	131.000	8.000	-2.000	0.516

ตารางที่ 10 (ต่อ)

: ต่อเนื้อที่แปลง 900 ม²

แปลงที่	ตำแหน่งพิกัดกลางแปลง ระบบ UTM (ตะวันออก, เหนือ)	IR/R	NDVI	VI	Brightness	Greenness	Wetness	fc
16	531549, 1717491	2.533	0.384	46.000	135.000	8.000	-1.000	0.520
17	531614, 1717654	2.182	0.321	39.000	138.000	2.000	-5.000	0.431
18	531388, 1718506	2.600	0.394	48.000	136.000	11.000	-3.000	0.535
19	531647, 1718551	2.452	0.371	45.000	141.000	8.000	-10.000	0.501
20	531488, 1718683	2.700	0.409	51.000	138.000	12.000	-1.000	0.556
21	532077, 1719694	2.667	0.405	45.000	123.000	8.000	5.000	0.549
22	536248, 1724419	2.533	0.384	46.000	141.000	8.000	-9.000	0.520
23	536118, 1724434	2.586	0.392	46.000	133.000	8.000	0.000	0.532
24	536309, 1724525	2.355	0.354	42.000	137.000	6.000	-9.000	0.477
25	536025, 1724299	2.433	0.367	43.000	136.000	6.000	-6.000	0.496
26	535916, 1724271	2.533	0.384	46.000	135.000	8.000	-1.000	0.520
27	535761, 1724405	2.724	0.413	50.000	134.000	11.000	3.000	0.561
28	535259, 1725645	2.724	0.413	50.000	135.000	12.000	-1.000	0.561
29	535532, 1725571	2.655	0.403	48.000	133.000	10.000	2.000	0.547
30	535513, 1725376	2.600	0.394	48.000	133.000	10.000	2.000	0.535

ตารางที่ 11 ค่า fc ค่าดัชนีพืชพรรณในรูปแบบต่าง ๆ ที่คำนวณได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM (ช่วงหลังฤดูผลัดใบ) ตามตำแหน่งพิกัดของแปลงตัวอย่างในป่าเต็งรัง บริเวณพื้นที่ที่ไม่ถูกไฟไหม้ (รวม 30 จุดสำรวจ)

: ต่อเนื้อที่แปลง 900 ม²

แปลงที่	ตำแหน่งพิกัดกลางแปลง ระบบ UTM (ตะวันออก, เหนือ)	IR/R	NDVI	VI	Brightness	Greenness	Wetness	fc
1	531525, 1716402	2.323	0.398	41.000	144.000	12.000	-38.000	0.540
2	531630, 1719491	2.206	0.376	41.000	152.000	12.000	-40.000	0.509
3	531903, 1720114	1.743	0.271	26.000	146.000	2.000	-51.000	0.358
4	532065, 1720148	2.207	0.376	35.000	129.000	8.000	-28.000	0.509
5	532225, 1720341	2.484	0.426	46.000	145.000	15.000	-31.000	0.580
6	531749, 1719460	2.536	0.434	43.000	134.000	13.000	-27.000	0.592
7	532177, 1720320	1.857	0.300	30.000	152.000	3.000	-53.000	0.400
8	532139, 1720490	2.125	0.360	36.000	147.000	7.000	-44.000	0.486
9	531154, 1716236	1.971	0.327	33.000	148.000	5.000	-45.000	0.438
10	530916, 1716355	2.323	0.398	41.000	142.000	11.000	-33.000	0.540
11	531096, 1716360	2.344	0.402	43.000	144.000	14.000	-33.000	0.546
12	531418, 1716433	1.914	0.314	32.000	153.000	4.000	-49.000	0.420
13	531276, 1716501	2.091	0.353	36.000	148.000	8.000	-44.000	0.476
14	531416, 1716716	1.867	0.302	26.000	130.000	0.000	-35.000	0.403
15	531384, 1717015	2.310	0.396	38.000	133.000	9.000	-29.000	0.537

ตารางที่ 11 (ต่อ)

: ต่อเนื้อที่แปลง 900 ม²

แปลงที่	ตำแหน่งพิกัดกลางแปลง ระบบ UTM (ตะวันออก, เหนือ)	IR/R	NDVI	VI	Brightness	Greenness	Wetness	fc
16	531549, 1717491	2.857	0.481	52.000	141.000	19.000	-26.000	0.659
17	531614, 1717654	1.774	0.279	24.000	134.000	-2.000	-41.000	0.370
18	531388, 1718506	1.765	0.277	26.000	150.000	0.000	-55.000	0.367
19	531647, 1718551	1.906	0.312	29.000	139.000	3.000	-41.000	0.417
20	531488, 1718683	1.758	0.275	25.000	144.000	-1.000	-50.000	0.364
21	532077, 1719694	2.483	0.426	43.000	137.000	14.000	-28.000	0.580
22	536248, 1724419	2.188	0.373	38.000	143.000	10.000	-35.000	0.504
23	536118, 1724434	1.600	0.231	21.000	148.000	-4.000	-54.000	0.301
24	536309, 1724525	1.412	0.171	14.000	141.000	-10.000	-56.000	0.215
25	536025, 1724299	1.788	0.283	26.000	146.000	0.000	-53.000	0.375
26	535916, 1724271	1.727	0.267	24.000	145.000	-1.000	-55.000	0.352
27	535761, 1724405	1.962	0.325	25.000	115.000	-1.000	-23.000	0.435
28	535259, 1725645	1.706	0.261	24.000	146.000	-1.000	-53.000	0.344
29	535532, 1725571	2.567	0.439	47.000	143.000	17.000	-30.000	0.599
30	535513, 1725376	2.059	0.346	36.000	151.000	7.000	-45.000	0.466

ตารางที่ 12 ค่า fc ค่าดัชนีพืชพรรณในรูปแบบต่าง ๆ ที่คำนวณได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM (ช่วงก่อนฤดูผลัดใบ) ตามตำแหน่งพิกัดของแปลงตัวอย่างในป่าผสมผลัดใบ บริเวณพื้นที่ที่ไม่ถูกไฟไหม้ (รวม 30 จุดสำรวจ)

: ต่อเนื้อที่แปลง 900 ม²

แปลงที่	ตำแหน่งพิกัดกลางแปลง ระบบ UTM (ตะวันออก, เหนือ)	IR/R	NDVI	VI	Brightness	Greenness	Wetness	fc
1	531308, 1715962	2.793	0.423	52.000	134.000	14.000	3.000	0.575
2	531664, 1717179	2.857	0.431	52.000	131.000	14.000	5.000	0.588
3	531653, 1717381	2.621	0.398	47.000	129.000	9.000	5.000	0.539
4	531223, 1718114	2.600	0.394	48.000	132.000	11.000	4.000	0.535
5	531710, 1718818	2.964	0.445	55.000	134.000	16.000	4.000	0.608
6	531965, 1714550	3.143	0.467	60.000	135.000	19.000	8.000	0.639
7	532107, 1714746	2.897	0.437	55.000	133.000	17.000	6.000	0.595
8	532593, 1715324	2.964	0.445	55.000	134.000	16.000	3.000	0.608
9	532863, 1715861	2.857	0.431	52.000	130.000	14.000	5.000	0.588
10	532775, 1715561	2.964	0.445	55.000	131.000	16.000	6.000	0.608
11	532726, 1716595	2.963	0.445	53.000	131.000	14.000	5.000	0.608
12	532809, 1716972	2.633	0.400	49.000	132.000	12.000	4.000	0.542
13	532252, 1717232	2.897	0.437	55.000	135.000	15.000	6.000	0.595
14	531899, 1719118	2.964	0.445	55.000	133.000	15.000	8.000	0.608
15	531603, 1714558	3.000	0.450	56.000	132.000	16.000	8.000	0.614

ตารางที่ 12 (ต่อ)

: ต่อเนื้อที่แปลง 900 ม²

แปลงที่	ตำแหน่งพิกัดกลางแปลง ระบบ UTM (ตะวันออก, เหนือ)	IR/R	NDVI	VI	Brightness	Greenness	Wetness	fc
16	531550, 1714942	2.926	0.441	52.000	129.000	14.000	4.000	0.601
17	531833, 1715823	2.962	0.445	51.000	126.000	13.000	4.000	0.607
18	531603, 1715904	3.000	0.450	52.000	126.000	14.000	4.000	0.614
19	531147, 1717194	2.857	0.431	52.000	131.000	12.000	8.000	0.588
20	530720, 1717627	2.966	0.446	57.000	138.000	18.000	2.000	0.608
21	530658, 1717412	3.036	0.454	57.000	134.000	17.000	6.000	0.621
22	530781, 1717153	2.933	0.442	58.000	143.000	17.000	1.000	0.602
23	534634, 1724402	2.833	0.428	55.000	140.000	15.000	2.000	0.583
24	531499, 1716935	3.000	0.450	52.000	129.000	15.000	2.000	0.614
25	531681, 1716642	2.926	0.441	52.000	129.000	14.000	5.000	0.601
26	531826, 1716464	3.071	0.459	58.000	135.000	18.000	6.000	0.627
27	532701, 1720587	3.000	0.450	58.000	138.000	17.000	5.000	0.614
28	534079, 1723486	3.074	0.459	56.000	133.000	15.000	6.000	0.627
29	534580, 1723884	2.700	0.409	51.000	134.000	12.000	6.000	0.556
30	533663, 1725835	3.000	0.450	54.000	132.000	15.000	4.000	0.614

ตารางที่ 13 ค่า fc ค่าดัชนีพืชพรรณในรูปแบบต่าง ๆ ที่คำนวณได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM (ช่วงหลังฤดูผลัดใบ) ตามตำแหน่งพิกัดของแปลงตัวอย่างในป่าผสมผลัดใบ บริเวณพื้นที่ที่ไม่ถูกไฟไหม้ (รวม 30 จุดสำรวจ)

: ต่อเนื้อที่แปลง 900 ม²

แปลงที่	ตำแหน่งพิกัดกลางแปลง ระบบ UTM (ตะวันออก, เหนือ)	IR/R	NDVI	VI	Brightness	Greenness	Wetness	fc
1	531308, 1715962	1.563	0.220	18.000	128.000	-6.000	-36.000	0.285
2	531664, 1717179	1.844	0.297	27.000	140.000	2.000	-47.000	0.395
3	531653, 1717381	1.625	0.238	20.000	135.000	-5.000	-45.000	0.312
4	531223, 1718114	1.964	0.325	27.000	127.000	1.000	-35.000	0.436
5	531710, 1718818	2.333	0.400	32.000	114.000	5.000	-20.000	0.553
6	531965, 1714550	2.296	0.393	35.000	122.000	7.000	-22.000	0.533
7	532107, 1714746	1.821	0.291	23.000	124.000	-3.000	-34.000	0.387
8	532593, 1715324	2.107	0.356	31.000	130.000	4.000	-34.000	0.480
9	532863, 1715861	1.765	0.277	26.000	142.000	-1.000	-43.000	0.367
10	532775, 1715561	2.308	0.395	34.000	120.000	6.000	-21.000	0.536
11	532726, 1716595	2.034	0.341	30.000	126.000	3.000	-26.000	0.458
12	532809, 1716972	1.486	0.195	17.000	130.000	-7.000	-31.000	0.251
13	532252, 1717232	2.615	0.447	42.000	125.000	12.000	-18.000	0.610
14	531899, 1719118	1.656	0.247	21.000	127.000	-3.000	-32.000	0.324
15	531603, 1714558	2.250	0.385	35.000	126.000	7.000	-23.000	0.521

ตารางที่ 13 (ต่อ)

: ต่อเนื้อที่แปลง 900 ม²

แปลงที่	ตำแหน่งพิกัดกลางแปลง ระบบ UTM (ตะวันออก, เหนือ)	IR/R	NDVI	VI	Brightness	Greenness	Wetness	fc
16	531550, 1714942	2.739	0.465	40.000	115.000	12.000	-14.000	0.636
17	531833, 1715823	1.926	0.316	25.000	119.000	-1.000	-28.000	0.424
18	531603, 1715904	2.462	0.422	38.000	118.000	10.000	-15.000	0.595
19	531147, 1717194	2.071	0.349	30.000	121.000	3.000	-23.000	0.470
20	530720, 1717627	2.125	0.360	36.000	140.000	8.000	-34.000	0.486
21	530658, 1717412	2.107	0.356	31.000	125.000	5.000	-26.000	0.480
22	530781, 1717153	2.033	0.341	31.000	133.000	4.000	-33.000	0.458
23	534634, 1724402	1.967	0.326	29.000	131.000	2.000	-31.000	0.437
24	531499, 1716935	2.097	0.354	34.000	137.000	6.000	-34.000	0.477
25	531681, 1716642	2.179	0.371	33.000	124.000	6.000	-23.000	0.501
26	531826, 1716464	2.207	0.376	35.000	133.000	7.000	-32.000	0.509
27	532701, 1720587	2.414	0.414	41.000	133.000	11.000	-24.000	0.583
28	534079, 1723486	2.909	0.488	42.000	117.000	11.000	-16.000	0.669
29	534580, 1723884	1.583	0.226	21.000	146.000	-5.000	-48.000	0.294
30	533663, 1725835	1.862	0.301	25.000	125.000	0.000	-31.000	0.402

2. การวิเคราะห์ประเมินปริมาณมวลชีวภาพที่ผิวดินที่สูญเสียไปจากการเกิดไฟป่าในป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง

2.1 ป่าเต็งรัง

พื้นที่ป่าเต็งรังที่ได้ทำการจำแนกจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM เมื่อเกิดเฉพาะในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง มีพื้นที่เท่ากับ 197.311 ตารางกิโลเมตร หรือ 123,319.297 ไร่ และเมื่อเข้าไปเก็บข้อมูลในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง ตามตำแหน่งพิกัดต่างๆ บริเวณพื้นที่ที่ไม่ถูกไฟไหม้ (30 จุดสำรวจ) และบริเวณพื้นที่ที่ถูกไฟไหม้ (30 จุดสำรวจ) ได้คำนวณมวลชีวภาพของใบที่คำนวณได้จากสมการความสัมพันธ์ต่างมิติ (allometry equation) และค่าปริมาณเชื้อเพลิงที่ผิวดินในรูปน้ำหนักแห้งในป่าเต็งรัง ที่คำนวณได้ในแต่ละจุดสำรวจ ที่ทำการเทียบค่าให้เท่ากับขนาดจุดภาพของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM คือ เท่ากับ 30 X 30 เมตร แสดงดังตารางที่ 14, 15, 16 และ 17 ตามลำดับ

ตารางที่ 14 คำนวณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินที่คำนวณได้จากสมการความสัมพันธ์ต่างมิติ ตามตำแหน่งพิกัดของแปลงตัวอย่างในป่าเต็งรัง บริเวณพื้นที่ที่ไม่ถูกไฟไหม้ (รวม 30 จุดสำรวจ)

: ต่อเนื้อที่แปลง 900 ม²

แปลง ที่	ตำแหน่งพิกัดกลางแปลง ระบบ UTM (ตะวันออก, เหนือ)	คำนวณมวลชีวภาพที่อยู่เหนือพื้นดินในรูปน้ำหนักแห้ง (กก.)			
		ลำต้น	กิ่ง	ใบ	ทั้งหมด
1	531525, 1716402	4,439.307	7,158.609	140.238	11,738.154
2	531630, 1719491	5,587.642	2,012.492	130.867	7,731.001
3	531903, 1720114	3,268.031	1,084.408	89.192	4,441.631
4	532065, 1720148	4,766.060	1,613.337	133.038	6,512.434
5	532225, 1720341	5,445.716	2,100.862	102.465	7,649.043
6	531749, 1719460	5,113.154	2,012.043	91.358	7,216.555
7	532177, 1720320	5,120.806	1,726.958	137.224	6,984.987
8	532139, 1720490	8,989.606	3,646.778	169.319	12,805.703
9	531154, 1716236	5,292.622	1,933.324	115.223	7,341.169

ตารางที่ 14 (ต่อ)

: ต่อเนื้อที่แปลง 900 ม²

แปลง ที่	ตำแหน่งพิกัดกลางแปลง ระบบ UTM (ตะวันออก, เหนือ)	ค่ามวลชีวภาพที่อยู่เหนือพื้นดินในรูปน้ำหนักแห้ง (กก.)			
		ลำต้น	กิ่ง	ใบ	ทั้งหมด
10	530916, 1716355	7,117.022	2,599.757	191.629	9,908.408
11	531096, 1716360	4,145.840	1,435.716	103.728	5,685.284
12	531418, 1716433	3,759.738	1,361.385	86.557	5,207.680
13	531276, 1716501	11,577.045	1,482.266	125.375	13,184.686
14	531416, 1716716	4,163.747	1,322.957	128.697	5,615.400
15	531384, 1717015	4,099.418	1,402.621	112.751	5,614.790
16	531549, 1717491	2,934.922	996.820	80.019	4,011.762
17	531614, 1717654	7,246.963	5,588.754	57.040	12,892.757
18	531388, 1718506	3,327.091	1,182.350	86.951	4,596.392
19	531647, 1718551	4,115.524	1,433.489	104.054	5,653.067
20	531488, 1718683	4,449.511	1,573.934	102.510	6,125.955
21	532077, 1719694	4,306.762	1,424.399	122.660	5,853.820
22	536248, 1724419	3,736.025	1,232.434	106.738	5,075.197
23	536118, 1724434	2,625.074	846.377	80.949	3,552.400
24	536309, 1724525	2,640.955	863.359	76.754	3,581.068
25	536025, 1724299	5,320.302	2,358.577	65.966	7,744.846
26	535916, 1724271	3,279.031	1,275.292	65.895	4,620.218
27	535761, 1724405	4,569.908	1,564.921	118.004	6,252.833
28	535259, 1725645	4,319.017	1,439.357	116.865	5,875.239
29	535532, 1725571	2,336.235	805.661	63.888	3,205.783
30	535513, 1725376	3,965.242	1,504.409	90.952	5,560.603

ตารางที่ 15 ค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินที่คำนวณได้จากสมการความสัมพันธ์ต่างมิติ ตามตำแหน่ง
พิกัดของแปลงตัวอย่างในป่าเต็งรัง บริเวณพื้นที่ที่ถูกไฟไหม้ (รวม 30 จุดสำรวจ)

: ต่อเนื้อที่แปลง 900 ม²

แปลง ที่	ตำแหน่งพิกัดกลางแปลง ระบบ UTM (ตะวันออก, เหนือ)	ค่ามวลชีวภาพที่อยู่เหนือพื้นดินในรูปน้ำหนักแห้ง (กก.)			
		ลำต้น	กิ่ง	ใบ	ทั้งหมด
1	536151, 1724240	5,150.321	1,772.129	132.470	7,054.919
2	535926, 1724144	4,522.229	1,569.232	111.021	6,202.482
3	535739, 1724212	4,659.258	1,610.342	122.827	6,392.427
4	539705, 1719906	3,371.229	1,061.747	108.944	4,541.920
5	539791, 1720083	3,091.596	983.105	98.270	4,172.972
6	539885, 1719954	3,156.340	1,037.504	93.987	4,287.831
7	540031, 1720124	4,421.275	1,568.550	111.225	6,101.050
8	540219, 1720103	3,315.789	1,092.053	99.535	4,507.377
9	540442, 1720010	4,655.733	1,603.279	120.400	6,379.412
10	539967, 1720947	4,194.770	1,501.829	109.312	5,805.911
11	539874, 1720800	5,215.615	1,893.336	120.079	7,229.031
12	540210, 1720735	2,496.378	787.638	80.055	3,364.071
13	540123, 1720558	4,008.735	1,283.105	124.411	5,416.252
14	540152, 1720412	3,924.179	1,245.289	121.520	5,290.988
15	539914, 1720292	3,809.280	1,294.862	102.879	5,207.020
16	539901, 1720142	4,395.813	1,492.050	115.529	6,003.391
17	538425, 1721754	3,182.945	1,080.320	88.032	4,351.297
18	538252, 1721739	2,849.963	900.015	91.434	3,841.412
19	538432, 1722056	3,550.168	1,239.291	89.701	4,879.160
20	538255, 1722050	3,594.606	1,186.327	102.254	4,883.187
21	538384, 1721558	3,786.771	1,283.322	99.595	5,169.688
22	538167, 1721539	4,124.376	1,399.488	109.437	5,633.302
23	538155, 1721429	5,489.474	2,397.830	100.966	7,988.271

ตารางที่ 15 (ต่อ)

: ต่อเนื้อที่แปลง 900 ม²

แปลง ที่	ตำแหน่งพิกัดกลางแปลง ระบบ UTM (ตะวันออก, เหนือ)	ค่ามวลชีวภาพที่อยู่เหนือพื้นดินในรูปน้ำหนักแห้ง (กก.)			
		ลำต้น	กิ่ง	ใบ	ทั้งหมด
24	538304, 1721315	5,021.183	1,722.734	130.626	6,874.543
25	537926, 1721286	4,244.989	1,428.415	115.456	5,788.859
26	538034, 1721023	2,902.131	876.375	100.863	3,879.368
27	537979, 1720817	6,557.489	2,987.433	126.552	9,671.474
28	537827, 1720417	4,801.220	1,675.478	117.208	6,593.905
29	533316, 1718374	3,865.718	1,173.820	132.476	5,172.013
30	535725, 1724031	5,378.673	1,855.400	143.227	7,377.300

ตารางที่ 16 ค่าปริมาณเชื้อเพลิงที่ผิวดินในรูปน้ำหนักแห้งที่คำนวณได้จากข้อมูลภาคสนาม ตามตำแหน่งพิกัดของแปลงตัวอย่างในป่าเต็งรัง บริเวณพื้นที่ที่ไม่ถูกไฟไหม้ (รวม 30 จุดสำรวจ)

: ต่อเนื้อที่แปลง 900 ม²

แปลง ที่	ตำแหน่งพิกัดกลางแปลงระบบ UTM (ตะวันออก, เหนือ)	ค่าปริมาณเชื้อเพลิงที่ผิวดินในรูปน้ำหนักแห้ง (กก.)					ร้อยละ				
		วัชพืช	ใบ	กิ่ง	ดฟไฟ	รวม	วัชพืช	ใบ	กิ่ง	ดฟไฟ	รวม
1	531525, 1716402	91.69	375.57	33.45	28.92	529.63	17.31	70.91	6.32	5.46	100.00
2	531630, 1719491	63.83	354.24	30.86	86.29	535.22	11.93	66.19	5.77	16.12	100.00
3	531903, 1720114	42.12	216.78	44.45	19.74	323.09	13.04	67.10	13.76	6.11	100.00
4	532065, 1720148	109.36	378.33	57.09	27.60	572.39	19.11	66.10	9.97	4.82	100.00
5	532225, 1720341	57.47	384.96	30.49	38.04	510.96	11.25	75.34	5.97	7.44	100.00
6	531749, 1719460	90.99	245.33	47.46	35.33	419.11	21.71	58.54	11.32	8.43	100.00
7	532177, 1720320	112.48	362.67	40.50	39.00	554.65	20.28	65.39	7.30	7.03	100.00
8	532139, 1720490	86.04	360.74	40.16	13.63	500.57	17.19	72.07	8.02	2.72	100.00
9	531154, 1716236	75.46	356.84	43.95	47.51	523.75	14.41	68.13	8.39	9.07	100.00
10	530916, 1716355	73.57	431.48	10.41	29.76	545.22	13.49	79.14	1.91	5.46	100.00
11	531096, 1716360	100.31	357.87	31.43	35.05	524.67	19.12	68.21	5.99	6.68	100.00
12	531418, 1716433	88.25	288.71	53.24	25.67	455.88	19.36	63.33	11.68	5.63	100.00
13	531276, 1716501	58.32	375.80	28.37	29.62	492.11	11.85	76.36	5.77	6.02	100.00
14	531416, 1716716	54.23	236.67	45.26	57.43	393.59	13.78	60.13	11.50	14.59	100.00
15	531384, 1717015	55.61	355.28	34.44	112.51	557.84	9.97	63.69	6.17	20.17	100.00

ตารางที่ 16 (ต่อ)

: ต่อเนื้อที่แปลง 900 ม²

แปลง ที่	ตำแหน่งพิกัดกลางแปลงระบบ UTM (ตะวันออก, เหนือ)	ค่าปริมาณเชื้อเพลิงที่ผิวดินในรูปน้ำหนักแห้ง (กก.)					ร้อยละ				
		วัชพืช	ใบ	กิ่ง	ดักฟี่	รวม	วัชพืช	ใบ	กิ่ง	ดักฟี่	รวม
16	531549, 1717491	101.04	242.85	29.05	18.03	390.98	25.84	62.11	7.43	4.61	100.00
17	531614, 1717654	41.40	216.46	17.51	74.00	349.37	11.85	61.96	5.01	21.18	100.00
18	531388, 1718506	40.21	260.39	28.93	19.17	348.69	11.53	74.68	8.30	5.50	100.00
19	531647, 1718551	97.09	238.76	32.96	16.79	385.61	25.18	61.92	8.55	4.35	100.00
20	531488, 1718683	66.96	310.64	21.09	8.33	407.01	16.45	76.32	5.18	2.05	100.00
21	532077, 1719694	42.78	348.75	32.16	99.15	522.84	8.18	66.70	6.15	18.96	100.00
22	536248, 1724419	111.12	204.02	51.25	29.76	396.17	28.05	51.50	12.94	7.51	100.00
23	536118, 1724434	49.99	199.29	20.42	17.32	287.03	17.42	69.43	7.11	6.04	100.00
24	536309, 1724525	52.88	75.90	25.94	11.04	165.76	31.90	45.79	15.65	6.66	100.00
25	536025, 1724299	43.59	181.27	6.33	66.42	297.61	14.65	60.91	2.13	22.32	100.00
26	535916, 1724271	64.88	201.76	12.50	33.97	313.11	20.72	64.44	3.99	10.85	100.00
27	535761, 1724405	48.62	312.38	33.89	16.77	411.66	11.81	75.88	8.23	4.07	100.00
28	535259, 1725645	36.25	276.54	17.12	38.73	368.64	9.83	75.02	4.64	10.51	100.00
29	535532, 1725571	60.74	380.91	7.15	47.73	496.53	12.23	76.71	1.44	9.61	100.00
30	535513, 1725376	86.82	286.62	21.87	54.11	449.42	19.32	63.77	4.87	12.04	100.00
เฉลี่ย		70.14	293.93	30.99	39.25	434.30	16.63	66.93	7.38	9.07	100.00

ตารางที่ 17 ค่าปริมาณเชื้อเพลิงที่ผิวดินในรูปน้ำหนักแห้งที่คำนวณได้จากข้อมูลภาคสนาม ตามตำแหน่งพิกัดของแปลงตัวอย่างในป่าเต็งรัง บริเวณพื้นที่ที่ถูกไฟไหม้ (รวม 30 จุดสำรวจ)

: คำนวณที่แปลง 900 ม²

แปลง ที่	ตำแหน่งพิกัดกลางแปลงระบบ UTM (ตะวันออก, เหนือ)	ค่าปริมาณเชื้อเพลิงที่ผิวดินในรูปน้ำหนักแห้ง (กก.)					ร้อยละ				
		วัชพืช	ใบ	กิ่ง	ดักไฟ	รวม	วัชพืช	ใบ	กิ่ง	ดักไฟ	รวม
1	531525, 1716402	28.24	239.23	26.45	12.84	306.76	9.20	77.99	8.62	4.19	100.00
2	531630, 1719491	17.02	226.32	21.03	10.87	275.24	6.18	82.23	7.64	3.95	100.00
3	531903, 1720114	31.12	225.91	8.20	14.08	279.32	11.14	80.88	2.94	5.04	100.00
4	532065, 1720148	18.97	231.01	3.35	7.12	260.45	7.28	88.70	1.29	2.73	100.00
5	532225, 1720341	17.04	246.18	20.43	16.30	299.96	5.68	82.07	6.81	5.43	100.00
6	531749, 1719460	31.46	217.58	25.17	27.48	301.69	10.43	72.12	8.34	9.11	100.00
7	532177, 1720320	30.10	231.21	50.16	20.88	332.35	9.06	69.57	15.09	6.28	100.00
8	532139, 1720490	35.50	232.53	29.47	17.75	315.25	11.26	73.76	9.35	5.63	100.00
9	531154, 1716236	43.14	230.51	29.69	12.92	316.26	13.64	72.89	9.39	4.09	100.00
10	530916, 1716355	21.33	224.54	41.27	8.74	295.88	7.21	75.89	13.95	2.95	100.00
11	531096, 1716360	22.08	227.88	21.35	18.60	289.91	7.62	78.60	7.36	6.42	100.00
12	531418, 1716433	33.74	228.92	9.39	10.25	282.29	11.95	81.09	3.33	3.63	100.00
13	531276, 1716501	40.22	225.18	21.71	25.52	312.62	12.86	72.03	6.94	8.16	100.00
14	531416, 1716716	31.81	227.35	38.48	13.71	311.35	10.22	73.02	12.36	4.40	100.00
15	531384, 1717015	15.46	230.80	26.64	10.58	283.49	5.45	81.41	9.40	3.73	100.00

ตารางที่ 17 (ต่อ)

: ต่อเนื้อที่แปลง 900 ม²

แปลง ที่	ตำแหน่งพิกัดกลางแปลงระบบ UTM (ตะวันออก, เหนือ)	ค่าปริมาณเชื้อเพลิงที่ผิวดินในรูปน้ำหนักแห้ง (กก.)					ร้อยละ				
		วัชพืช	ใบ	กิ่ง	ดักฟี่	รวม	วัชพืช	ใบ	กิ่ง	ดักฟี่	รวม
16	531549, 1717491	39.68	226.69	39.48	19.53	325.38	12.19	69.67	12.13	6.00	100.00
17	531614, 1717654	23.97	240.45	19.29	11.33	295.04	8.13	81.50	6.54	3.84	100.00
18	531388, 1718506	27.78	234.63	16.19	22.39	300.98	9.23	77.96	5.38	7.44	100.00
19	531647, 1718551	19.28	226.67	11.67	25.78	283.41	6.80	79.98	4.12	9.10	100.00
20	531488, 1718683	27.99	221.59	50.03	4.35	303.97	9.21	72.90	16.46	1.43	100.00
21	532077, 1719694	36.61	225.48	17.27	20.28	299.64	12.22	75.25	5.76	6.77	100.00
22	536248, 1724419	26.22	238.16	40.31	24.75	329.44	7.96	72.29	12.24	7.51	100.00
23	536118, 1724434	26.35	229.59	33.04	18.96	307.94	8.56	74.56	10.73	6.16	100.00
24	536309, 1724525	24.76	225.77	8.69	3.58	262.79	9.42	85.91	3.31	1.36	100.00
25	536025, 1724299	33.18	238.53	27.61	23.95	323.27	10.26	73.79	8.54	7.41	100.00
26	535916, 1724271	25.94	229.27	38.61	25.61	319.43	8.12	71.77	12.09	8.02	100.00
27	535761, 1724405	28.70	230.50	14.11	24.56	297.88	9.64	77.38	4.74	8.25	100.00
28	535259, 1725645	14.23	221.77	37.86	21.17	295.03	4.82	75.17	12.83	7.17	100.00
29	535532, 1725571	16.07	254.63	26.41	9.81	306.91	5.24	82.96	8.60	3.19	100.00
30	535513, 1725376	15.40	219.86	11.94	13.88	261.08	5.90	84.21	4.58	5.31	100.00
	เฉลี่ย	26.78	230.29	25.51	16.59	299.17	8.90	77.25	8.36	5.49	100.00

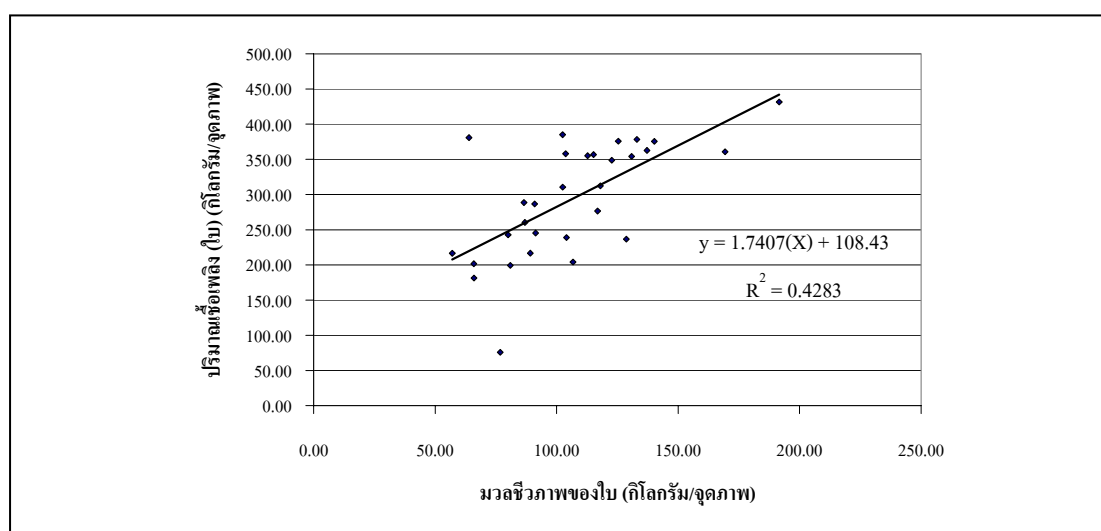
ข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงที่ผิวดินในป่าเต็งรัง ที่เก็บจากภาคสนาม จากตารางที่ 16 พบว่า มีปริมาณเชื้อเพลิงที่ผิวดิน ซึ่งแบ่งออกเป็น วัชพืช ใบ กิ่งและดักฟ้า อยู่ในสัดส่วนเฉลี่ย 16.63 : 66.93 : 7.38 : 9.07 ซึ่งจะเห็นได้ว่า มีค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบเฉลี่ย ในสัดส่วนถึง 66.93 เปอร์เซ็นต์ จากปริมาณเชื้อเพลิงที่ผิวดินทั้งหมด

2.1.1 การหาปริมาณมวลชีวภาพที่ผิวดินในรูป ปริมาณเชื้อเพลิงใบ จากการประมาณค่ามวลชีวภาพของใบ ในพื้นที่ศึกษา

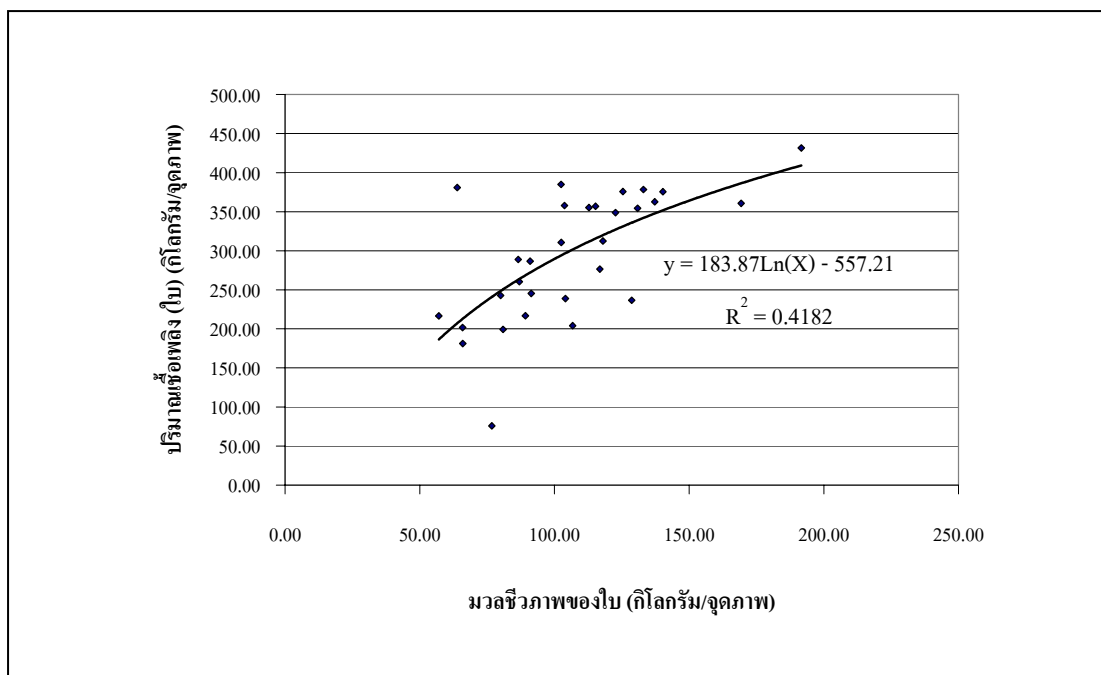
2.1.1.1 การหาปริมาณเชื้อเพลิงใบ จากการประมาณค่ามวลชีวภาพของใบ ที่ได้จากการเก็บข้อมูลภาคสนามโดยตรงโดยสมการความสัมพันธ์ต่างมิติ (allometry equation)

จากการนำค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบในป่าเต็งรัง บริเวณพื้นที่ที่ไม่ถูกไฟไหม้ที่คำนวณได้จากตารางที่ 16 เมื่อนำมาหาความสัมพันธ์กับค่ามวลชีวภาพของใบโดยสมการความสัมพันธ์ต่างมิติในป่าเต็งรัง บริเวณพื้นที่ที่ไม่ถูกไฟไหม้ ที่คำนวณได้จากตารางที่ 14 โดยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (regression analysis) โดยกำหนดให้ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบในป่าเต็งรัง เป็นตัวแปรตาม และค่ามวลชีวภาพของใบโดยสมการความสัมพันธ์ต่างมิติในป่าเต็งรัง เป็นตัวแปรอิสระ

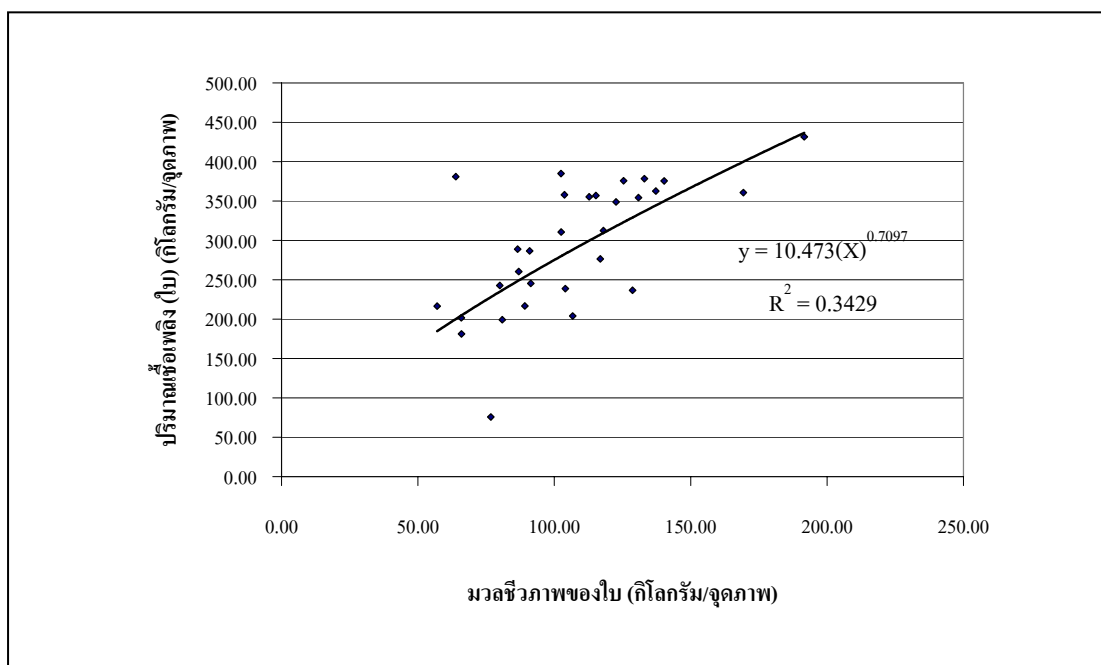
จากการพล็อตกราฟดูว่ามีความสัมพันธ์อยู่ในรูปแบบใด จะได้ข้อมูลแสดงตามภาพที่ 19 (ก)



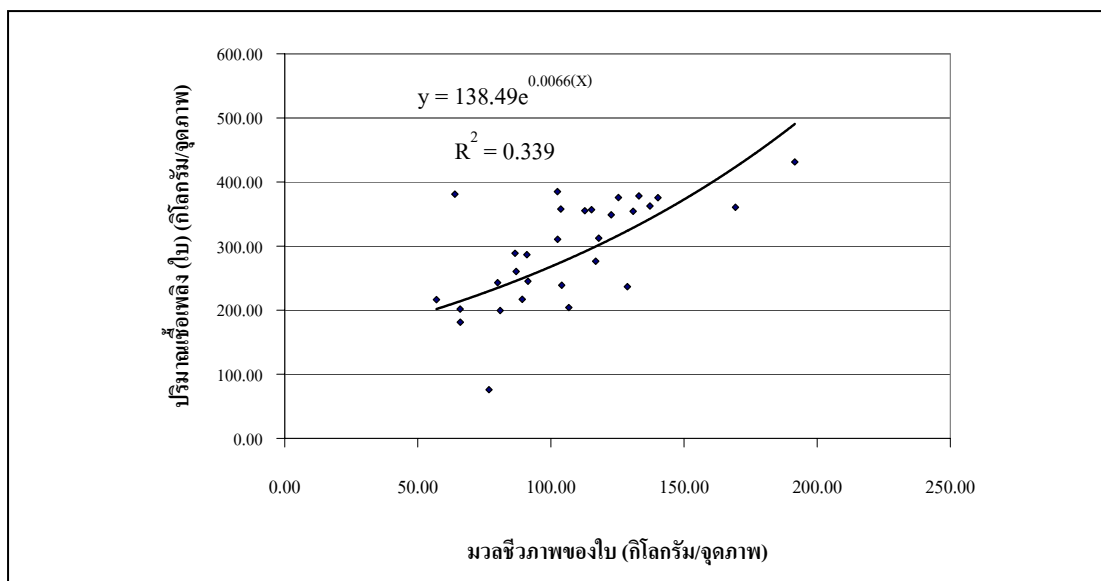
(ก)



(บ)



(ค)



(ง)

ภาพที่ 19 Scatter Plot และสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ กับค่ามวลชีวภาพของใบโดยสมการความสัมพันธ์ต่างมิติในป่าเต็งรัง ในรูปแบบ (ก) ความสัมพันธ์แบบเส้นตรง (ข) ความสัมพันธ์แบบลอการิทึม (ค) ความสัมพันธ์แบบยกกำลัง (ง) ความสัมพันธ์แบบเอ็กโพเนนเชียล

เมื่อทราบความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ กับค่ามวลชีวภาพของใบโดยสมการความสัมพันธ์ต่างมิติในป่าเต็งรังแล้ว ใช้การวิเคราะห์การถดถอย (regression analysis) เพื่อกำหนดรูปแบบสมการที่มีความสัมพันธ์ในรูปแบบอื่น ๆ ที่เหมาะสมนอกเหนือจากสมการเส้นตรง ได้แก่ แบบลอการิทึม แบบยกกำลัง และแบบเอ็กโพเนนเชียล ซึ่งเป็นรูปแบบของสมการเส้นโค้ง แสดงเป็น Scatter Plot และรูปแบบของสมการดังกล่าว ได้ดังภาพที่ 19 (ข) (ค) และ (ง)

จากภาพที่ 19 เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) ของสมการในรูปแบบต่าง ๆ ดังกล่าว เพื่อเลือกรูปแบบสมการที่ดีที่สุด พบว่า สมการรูปแบบเส้นตรง มีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) มากที่สุด เท่ากับ 0.4283 หมายความว่า ตัวแปรอิสระ คือ ค่ามวลชีวภาพของใบโดยสมการความสัมพันธ์ต่างมิติ สามารถใช้พยากรณ์ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ ได้ร้อยละ 42.83 จึงได้สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบในป่าเต็งรัง กับค่ามวลชีวภาพของใบโดยสมการความสัมพันธ์ต่างมิติ ในรูปแบบสมการแบบเส้นตรง เป็นสมการที่ดีที่สุด โดยมีสมการความสัมพันธ์ ดังนี้

$$\text{ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ} = 1.7407(X) + 108.43 \quad (R^2 = 0.4283)$$

เมื่อ X คือ ค่ามวลชีวภาพของใบโดยสมการความสัมพันธ์ต่างมิติ

เมื่อนำค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ กับค่ามวลชีวภาพของใบโดยสมการความสัมพันธ์ต่างมิติในป่าเต็งรัง มาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อหาค่าความมีนัยสำคัญทางสถิติของสมการที่ได้ การทดสอบสมมติฐานโดยการทดสอบอย่างง่ายจากตัวทดสอบสถิติแบบ F ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยมีสมมติฐานดังนี้

$H_0 : \beta_1 = 0$ คือ ปริมาณเชื้อเพลิงใบ (Y_{nd}) ไม่มีความสัมพันธ์กับมวลชีวภาพของใบที่ได้จากสมการความสัมพันธ์ต่างมิติ (X) ในรูปแบบสมการเชิงเส้น

$H_1 : \beta_1 \neq 0$ คือ ปริมาณเชื้อเพลิงใบ (Y_{nd}) มีความสัมพันธ์กับมวลชีวภาพของใบที่ได้จากสมการความสัมพันธ์ต่างมิติ (X) ในรูปแบบสมการเชิงเส้น

สำหรับการทดสอบ $H_0 : \beta_1 = 0$ ด้วยการทดสอบแบบ F แสดงดังตารางที่ 18 และภาพผนวกที่ 4 ที่แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการประมาณค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ ให้ค่าของตัวทดสอบสถิติ $F = 20.977$ พบว่า มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($\alpha = 0.05$) มีช่วงวิกฤติ $CR : F \geq F_{0.05}(1, 28) = 4.20$ ซึ่งค่าทดสอบสถิติมีค่ามากกว่าค่าที่ช่วงวิกฤติ ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 และยอมรับ H_1 นั่นคือ ความผันแปรของปริมาณเชื้อเพลิงใบ (Y_{nd}) เกิดจากอิทธิพลของมวลชีวภาพของใบที่ได้จากสมการความสัมพันธ์ต่างมิติ (X) ตามรูปแบบสมการ $Y_{nd} = 1.7407(X) + 108.43$

อย่างไรก็ตามสมการความสัมพันธ์ที่ได้ดังกล่าว มีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) = 0.4283 เนื่องจากการหาปริมาณมวลชีวภาพของใบในป่าเต็งรัง ได้ใช้สมการความสัมพันธ์ต่างมิติ (allometry equation) ของ Ogino *et al.* (1967) ซึ่งเป็นการคำนวณหาปริมาณมวลชีวภาพของใบของต้นไม้ทุกชนิดในป่าประเภทนี้ อาจทำให้ค่าที่ได้คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง ซึ่งต้นไม้แต่ละชนิดในป่าดังกล่าวนี้ ย่อมจะมีค่าปริมาณมวลชีวภาพของใบแตกต่างกัน ดังนั้นในการศึกษาต่อไปควรพิจารณาในเรื่องนี้ด้วย

ตารางที่ 18 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อหาค่าความมีนัยสำคัญทางสถิติของ
สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ กับค่ามวลชีวภาพของ
ใบโดยสมการความสัมพันธ์ต่างมิติ ในป่าเต็งรัง

Sources of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Regression	83110.63	1	83110.628	20.977
Residual	110933.80	28	3961.920	
Total	194044.40	29		

หมายเหตุ $F_{0.05}(1, 28) = 4.20$

2.1.1.2 การหาค่ามวลชีวภาพของใบ จากค่าดัชนีต่าง ๆ ที่ได้จากข้อมูลภาพ
ถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในช่วงก่อนฤดูผลัดใบ (วันที่ 27 ต.ค. 47) ซึ่งได้แก่ ค่า fc ค่า IR/R
ค่า NDVI ค่า VI ค่า Brightness ค่า Greenness และค่า Wetness

จากการนำค่ามวลชีวภาพของใบโดยสมการความสัมพันธ์ต่างมิติใน
ป่าเต็งรัง บริเวณพื้นที่ที่ไม่ถูกไฟไหม้ (ตัวแปรตาม) ที่คำนวณได้จากตารางที่ 14 กับค่าสัดส่วนของ
สิ่งปกคลุมพืชสีเขียว (fc) และค่าดัชนีพืชพรรณแบบต่าง ๆ ได้แก่ ค่า IR/R ค่า NDVI ค่า VI ค่า
Brightness ค่า Greenness และค่า Wetness ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM
ในช่วงก่อนฤดูผลัดใบ ในป่าเต็งรัง บริเวณพื้นที่ที่ไม่ถูกไฟไหม้ (ตัวแปรอิสระ) ที่คำนวณได้จาก
ตารางที่ 10 มาวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Pearson เพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม
และตัวแปรอิสระ รวมทั้งดูความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระด้วยกัน เพื่อเป็นข้อมูลในการตัดสินใจ
ในการเลือกตัวแปรอิสระที่เหมาะสมในการสร้างสมการ ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ดัง
ตารางที่ 19

จากตารางที่ 19 พบว่า ค่ามวลชีวภาพของใบโดยสมการความ
สัมพันธ์ต่างมิติในป่าเต็งรัง มีความสัมพันธ์ กับค่า IRR มากที่สุด โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
ของ Pearson เท่ากับ 0.749 รองลงมาได้แก่ ค่า fc ค่า NDVI ค่า Greenness ค่า VI ค่า Wetness และค่า
Brightness ตามลำดับ

ตารางที่ 19 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่ามวลชีวภาพของใบในป่าเต็งรัง กับค่าสัดส่วนของสิ่งปกคลุมพืชสีเขียว (fc) และค่าดัชนีพืชพรรณแบบต่าง ๆ ได้แก่ ค่า IR/R ค่า NDVI ค่า VI ค่า Brightness ค่า Greenness และค่า Wetness ที่ได้จากภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM (ก่อนฤดูผลัดใบ)

		ปริมาณมวลชีวภาพของใบ	IR/R	NDVI	VI	Brightness	Greenness	Wetness	fc
ปริมาณมวลชีวภาพของใบ	Pearson Correlation	1.000	.749**	.740**	.656**	-.284	.669**	.583**	.741**
	Sig. (2-tailed)	.	.000	.000	.000	.129	.000	.001	.000
	N	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
IR/R	Pearson Correlation	.749**	1.000	.997**	.947**	-.172	.950**	.730**	.998**
	Sig. (2-tailed)	.000	.	.000	.000	.363	.000	.000	.000
	N	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
NDVI	Pearson Correlation	.740**	.997**	1.000	.938**	-.194	.945**	.728*	1.000**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.	.000	.305	.000	.000	.000
	N	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
VI	Pearson Correlation	.656**	.947**	.938**	1.000	.105	.984**	.660**	.939**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.	.579	.000	.000	.000
	N	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
Brightness	Pearson Correlation	-.284	-.172	-.194	.105	1.000	.040	-.503**	-.192
	Sig. (2-tailed)	.129	.363	.305	.579	.	.836	.005	.310
	N	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000

ตารางที่ 19 (ต่อ)

		ปริมาณมวล ชีวภาพของใบ	IR/R	NDVI	VI	Brightness	Greenness	Wetness	fc
Greenness	Pearson Correlation	.669**	.950**	.945**	.984**	.040	1.000	.631**	.946**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.836	.	.000	.000
	N	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
Wetness	Pearson Correlation	.583**	.730**	.728**	.660**	-.503**	.631**	1.000	.729**
	Sig. (2-tailed)	.001	.000	.000	.000	.005	.000	.	.000
	N	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
fc	Pearson Correlation	.741**	.998**	1.000**	.939**	-.192	.946**	.729**	1.000
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.310	.000	.000	.
	N	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000

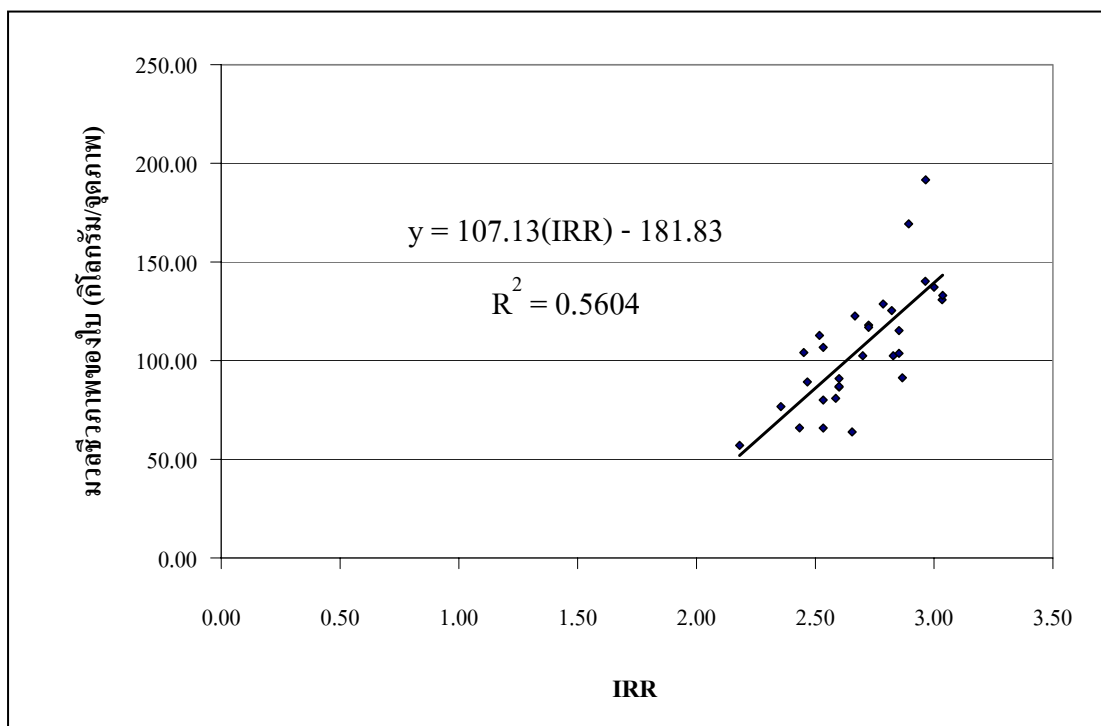
หมายเหตุ ** นัยสำคัญที่ระดับ 0.01

* นัยสำคัญที่ระดับ 0.05

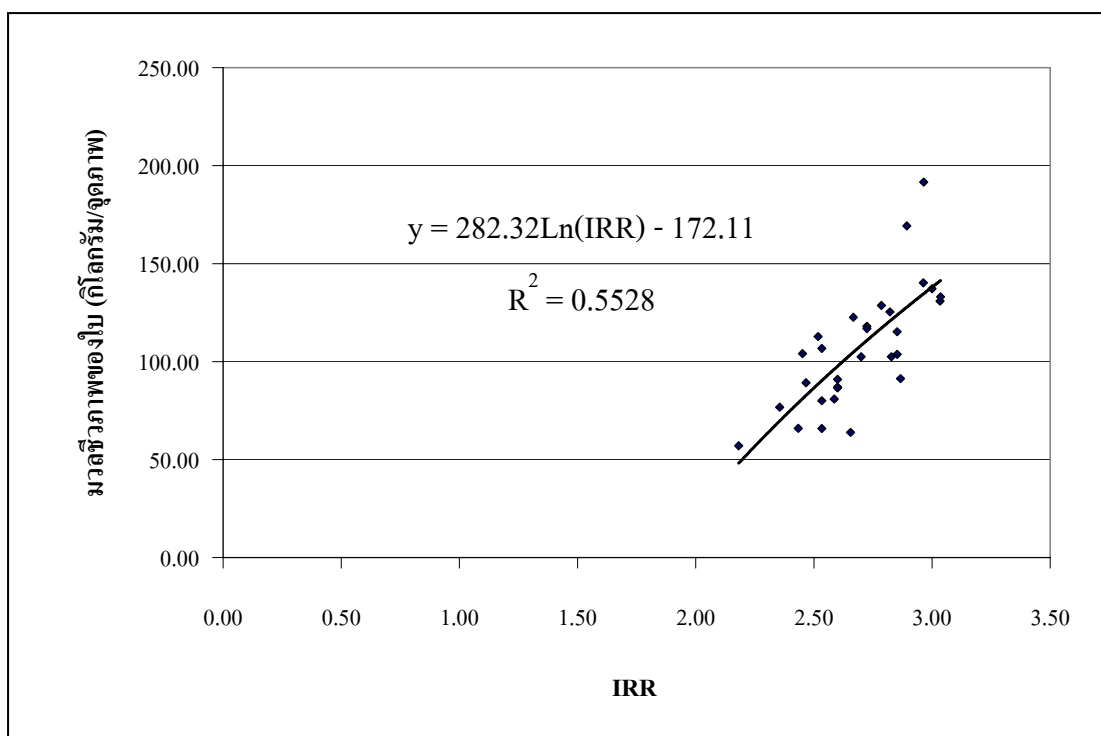
จากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Pearson ที่ได้ และจากการนำตัวแปรอิสระ ซึ่งได้แก่ ค่าสัดส่วนของสิ่งปกคลุมพืชสีเขียว (fc) และค่าดัชนีพืชพรรณแบบต่าง ๆ ได้แก่ ค่า IR/R ค่า NDVI ค่า VI ค่า Brightness ค่า Greenness และค่า Wetness กับตัวแปรตาม คือ ค่ามวลชีวภาพของใบในป่าเต็งรัง มาวิเคราะห์หาสมการความสัมพันธ์ที่เหมาะสม โดยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (stepwise multiple regression analysis) เพื่อคัดเลือกตัวแปรอิสระเข้าสู่สมการความสัมพันธ์ แสดงดังภาพผนวกที่ 5 พบว่า มีตัวแปรอิสระ คือ ค่า IRR เพียงตัวแปรเดียวเท่านั้นที่ถูกเลือกเข้าสู่สมการ ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 โดยมีสมการความสัมพันธ์ดังนี้

$$\text{ค่ามวลชีวภาพของใบ} = 107.130(\text{IRR}) - 181.816 \quad (R^2 = 0.560)$$

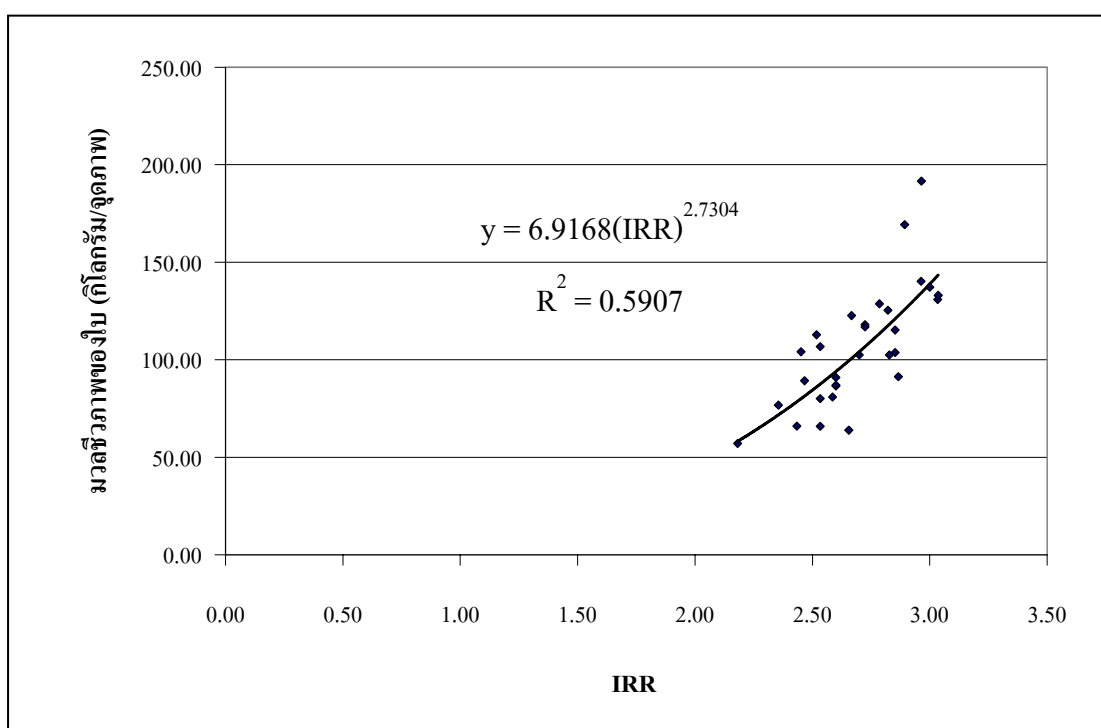
เมื่อทำการหาสมการที่ดีที่สุดเพื่อนำไปใช้ในการประมาณค่าตัวแปรตาม (ค่ามวลชีวภาพของใบ) ที่มีค่า IRR ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM เป็นตัวแปรอิสระ โดยกำหนดรูปแบบสมการที่มีความสัมพันธ์ในรูปแบบอื่น ๆ ได้แก่ แบบลอการิทึม แบบยกกำลัง และแบบเอ็กโพเนนเชียล ซึ่งเป็นรูปแบบของสมการเส้นโค้ง แสดงเป็น Scatter Plot และรูปแบบของสมการดังกล่าว ได้ดังภาพที่ 20 (ข) (ค) และ (ง)



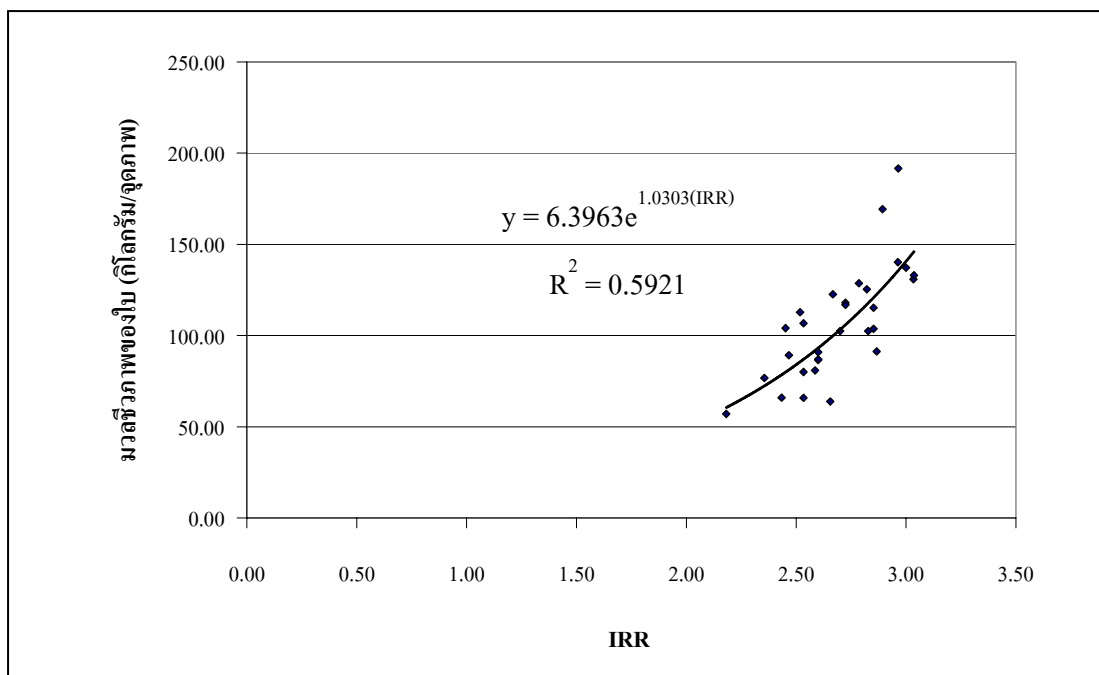
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

ภาพที่ 20 Scatter Plot และสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามูลค่าของใบในป่าเต็งรัง กับค่า IRR ในรูปแบบ (ก) ความสัมพันธ์แบบเส้นตรง (ข) ความสัมพันธ์แบบลอการิทึม (ค) ความสัมพันธ์แบบยกกำลัง (ง) ความสัมพันธ์แบบเอ็กโพเนนเชียล

จากภาพที่ 20 เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) ของสมการในรูปแบบต่าง ๆ ดังกล่าว เพื่อเลือกรูปแบบสมการที่ดีที่สุด พบว่า สมการรูปแบบเอ็กโพเนนเชียล มีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) มากที่สุด เท่ากับ 0.5921 หมายความว่า ตัวแปรอิสระ คือ ค่า IRR สามารถใช้พยากรณ์ค่ามูลค่าของใบได้ ร้อยละ 59.21 จึงได้สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามูลค่าของใบในป่าเต็งรัง กับค่า IRR ในรูปแบบสมการแบบเอ็กโพเนนเชียล เป็นสมการที่ดีที่สุด โดยมีสมการความสัมพันธ์ ดังนี้

$$\text{ค่ามูลค่าของใบ} = 6.3963 e^{1.0303(\text{IRR})} \quad (R^2 = 0.5921)$$

เมื่อนำค่ามูลค่าของใบ กับค่า IRR ในป่าเต็งรัง มาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อหาความมีนัยสำคัญทางสถิติของสมการที่ได้ การทดสอบสมมติฐานโดยการทดสอบอย่างง่ายจากตัวทดสอบสถิติแบบ F ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยมีสมมติฐานดังนี้

$H_0 : \beta_1 = 0$ คือ ค่ามวลชีวภาพของใบ (Y_{ld}) ไม่มีความสัมพันธ์กับค่า IRR ในรูปแบบสมการเชิงเส้น

$H_1 : \beta_1 \neq 0$ คือ ค่ามวลชีวภาพของใบ (Y_{ld}) มีความสัมพันธ์กับค่า IRR ในรูปแบบสมการเชิงเส้น

สำหรับการทดสอบ $H_0 : \beta_1 = 0$ ด้วยการทดสอบแบบ F แสดงดังตารางที่ 20 ที่แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการประมาณค่ามวลชีวภาพของใบ ให้ค่าของตัวทดสอบสถิติ $F = 40.664$ พบว่า มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($\alpha = 0.05$) มีช่วงวิกฤติ $CR: F \geq F_{0.05}(1, 28) = 4.20$ ซึ่งค่าทดสอบสถิติมีค่ามากกว่าค่าที่ช่วงวิกฤติ ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 และยอมรับ H_1 นั่นคือ ความผันแปรของค่ามวลชีวภาพของใบ (Y_{ld}) เกิดจากอิทธิพลของค่า IRR ตามรูปแบบสมการ $Y_{ld} = 6.3963e^{1.0303(IRR)}$

ตารางที่ 20 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อหาค่าความมีนัยสำคัญทางสถิติ ของสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามวลชีวภาพของใบในป่าเต็งรัง กับค่า IRR ในช่วงก่อนฤดูผลัดใบ

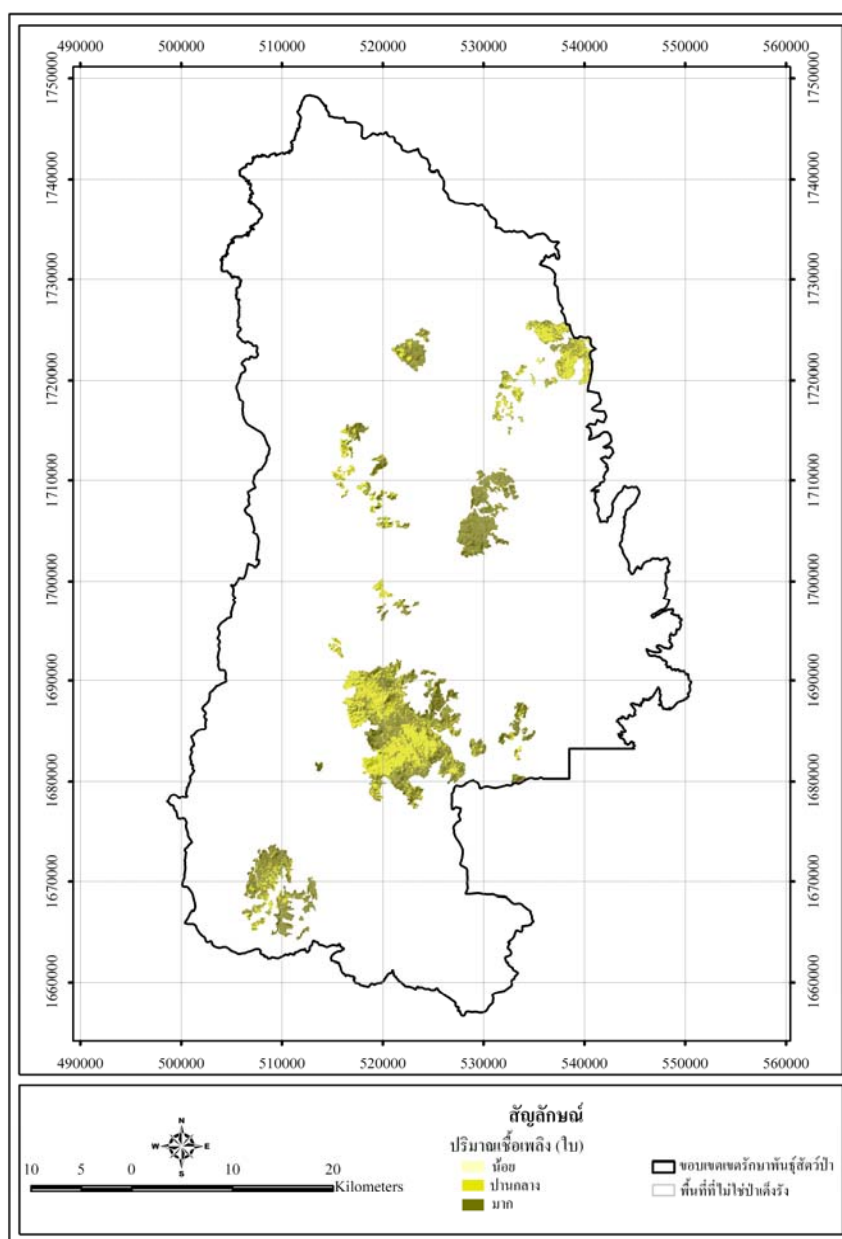
Sources of Variation	Sum of Squares	d.f.	Mean Square	F
Regression	1.4216570	1	1.4216570	40.66385
Residual	0.9789137	28	0.0349612	
Total	2.4005707	29		

หมายเหตุ $F_{0.05}(1, 28) = 4.20$

2.1.1.3 การหาปริมาณเชื้อเพลิงใบ โดยจากการแทนค่ามวลชีวภาพของใบ ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในช่วงก่อนฤดูผลัดใบ (วันที่ 27 ต.ค. 47) ลงในสมการประมาณค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ จากข้อ 2.1.1.1. ก็จะได้ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ ทุกพื้นที่ที่ศึกษา

นำค่ามวลชีวภาพของใบ ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในแต่ละจุดภาพไปแทนในสมการประมาณค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ ที่ได้จากข้อ

2.1.1.1 ก็จะได้ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ ทัวทั้งพื้นที่ศึกษาเฉพาะป่าเต็งรัง ซึ่งมีเนื้อที่ เท่ากับ 197.311 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 123,319.297 ไร่ ได้ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบเฉลี่ย เท่ากับ 274.23 กิโลกรัมต่อจุดภาพ หรือ 487.52 กิโลกรัมต่อไร่ แสดงดังภาพที่ 21 และหากคำนวณจากข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลภาคสนาม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 293.93 กิโลกรัมต่อจุดภาพ หรือ 522.54 กิโลกรัมต่อไร่



ภาพที่ 21 ปริมาณเชื้อเพลิงใบ จากการประมาณค่ามวลชีวภาพของใบ ในป่าเต็งรัง บริเวณเขต
รักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง

2.1.2 การหาปริมาณมวลชีวภาพที่ผิวดินในรูป ปริมาณเชื้อเพลิงใบ จากการประมาณค่าจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในพื้นที่ศึกษา

2.1.2.1 การหาปริมาณเชื้อเพลิงใบ จากค่าดัชนีต่าง ๆ ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในช่วงก่อนฤดูผลัดใบ (วันที่ 27 ต.ค. 47) ซึ่งได้แก่ ค่า f_c ค่า IR/R ค่า $NDVI$ ค่า VI ค่า $Brightness$ ค่า $Greenness$ และค่า $Wetness$

จากการนำค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ ในป่าเต็งรัง บริเวณพื้นที่ที่ไม่ถูกไฟไหม้ (ตัวแปรตาม) ที่คำนวณได้จากตารางที่ 16 กับค่าสัดส่วนของสิ่งปกคลุมพืชสีเขียว (f_c) และค่าดัชนีพืชพรรณแบบต่าง ๆ ได้แก่ ค่า IR/R ค่า $NDVI$ ค่า VI ค่า $Brightness$ ค่า $Greenness$ และค่า $Wetness$ ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในช่วงก่อนฤดูผลัดใบ ในป่าเต็งรัง บริเวณพื้นที่ที่ไม่ถูกไฟไหม้ (ตัวแปรอิสระ) ที่คำนวณได้จากตารางที่ 10 มาวิเคราะห์ความสัมพันธ์สหสัมพันธ์ของ Pearson เพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม และตัวแปรอิสระ รวมทั้งดูความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระด้วยกัน เพื่อเป็นข้อมูลในการตัดสินใจในการเลือกตัวแปรอิสระที่เหมาะสมในการสร้างสมการ ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ดังตารางที่ 21

จากตารางที่ 21 พบว่า ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบในป่าเต็งรัง มีความสัมพันธ์ กับค่า IR/R มากที่สุด โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Pearson เท่ากับ 0.749 รองลงมา ได้แก่ ค่า F_c ค่า $NDVI$ ค่า $Wetness$ ค่า $Greenness$ ค่า VI และค่า $Brightness$ ตามลำดับ

จากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Pearson ที่ได้ และจากการนำตัวแปรอิสระ ซึ่งได้แก่ ค่าสัดส่วนของสิ่งปกคลุมพืชสีเขียว (f_c) และค่าดัชนีพืชพรรณแบบต่าง ๆ ได้แก่ ค่า IR/R ค่า $NDVI$ ค่า VI ค่า $Brightness$ ค่า $Greenness$ และค่า $Wetness$ กับตัวแปรตาม คือ ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบในป่าเต็งรัง มาวิเคราะห์หาสมการความสัมพันธ์ที่เหมาะสม โดยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (stepwise multiple regression analysis) เพื่อคัดเลือกตัวแปรอิสระเข้าสู่สมการความสัมพันธ์ แสดงดังภาพผนวกที่ 6 พบว่า มีตัวแปรอิสระ คือ ค่า IRR เพียงตัวแปรเดียวเท่านั้นที่ถูกเลือกเข้าสู่สมการ ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 โดยมีสมการความสัมพันธ์ดังนี้

$$\text{ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ} = 285.256(IRR) - 473.943 \quad (R^2 = 0.5617)$$

ตารางที่ 21 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ ในป่าเต็งรัง กับค่าสัดส่วนของสิ่งปกคลุมพืชสีเขียว (fc) และค่าดัชนีพืชพรรณแบบต่าง ๆ ได้แก่ ค่า IR/R ค่า NDVI ค่า VI ค่า Brightness ค่า Greenness และค่า Wetness ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM (ก่อนฤดูผลัดใบ)

		ปริมาณเชื้อเพลิงใบ	IR/R	NDVI	VI	Brightness	Greenness	Wetness	fc
ปริมาณ เชื้อเพลิงใบ	Pearson Correlation	1.000	.749**	.746**	.647**	-.420	.673**	.738**	.747**
	Sig. (2-tailed)	.	.000	.000	.000	.021	.000	.000	.000
	N	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
IR/R	Pearson Correlation	.749**	1.000	.997**	.947**	-.172**	.950**	.730**	.998**
	Sig. (2-tailed)	.000	.	.000	.000	.363	.000	.000	.000
	N	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
NDVI	Pearson Correlation	.746**	.997**	1.000	.938**	-.194	.945**	.728**	1.000
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.	.000	.305	.000	.000	.000
	N	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
VI	Pearson Correlation	.647**	.947**	.938**	1.000	.105**	.984**	.660**	.939**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.	.579	.000	.000	.000
	N	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
Brightness	Pearson Correlation	-.420	-.172	-.194	.105	1.000	.040	-.503	-.192
	Sig. (2-tailed)	.021	.363	.305	.579	.	.836	.005	.310
	N	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000

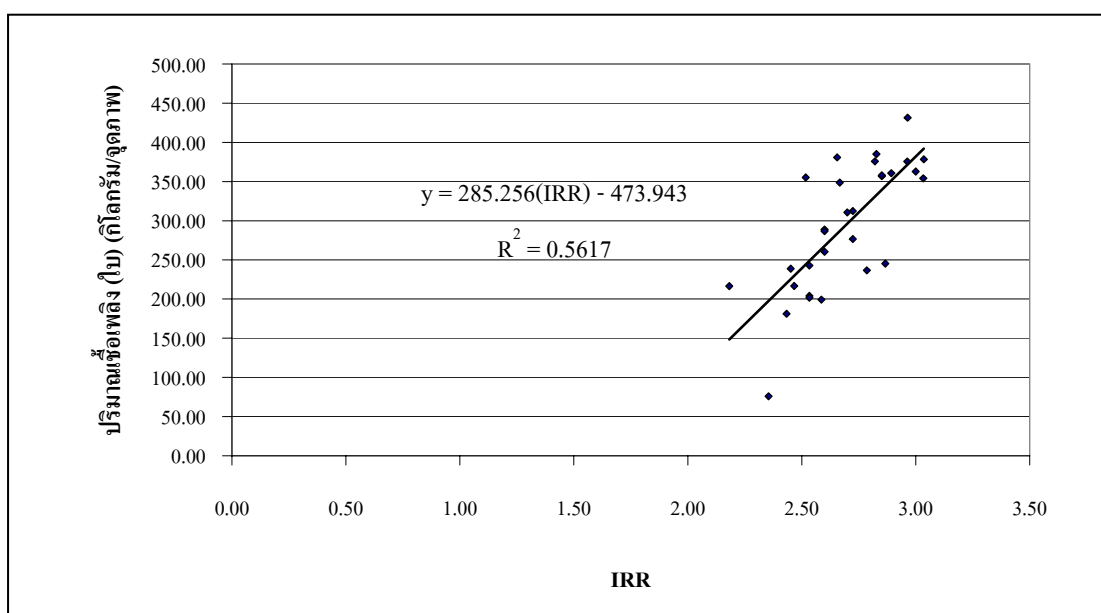
ตารางที่ 21 (ต่อ)

		ปริมาณเชื้อเพลิงใบ	IR/R	NDVI	VI	Brightness	Greenness	Wetness	fc
Greenness	Pearson Correlation	.673**	.950**	.945**	.984**	.040	1.000	.631**	.946**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.836	.	.000	.000
	N	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
Wetness	Pearson Correlation	.738**	.730**	.728**	.660**	-.503	.631**	1.000	.729**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.005	.000	.	.000
	N	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
fc	Pearson Correlation	.747**	.998**	1.000	.939**	-.192	.946**	.729**	1.000
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.310	.000	.000	.
	N	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000

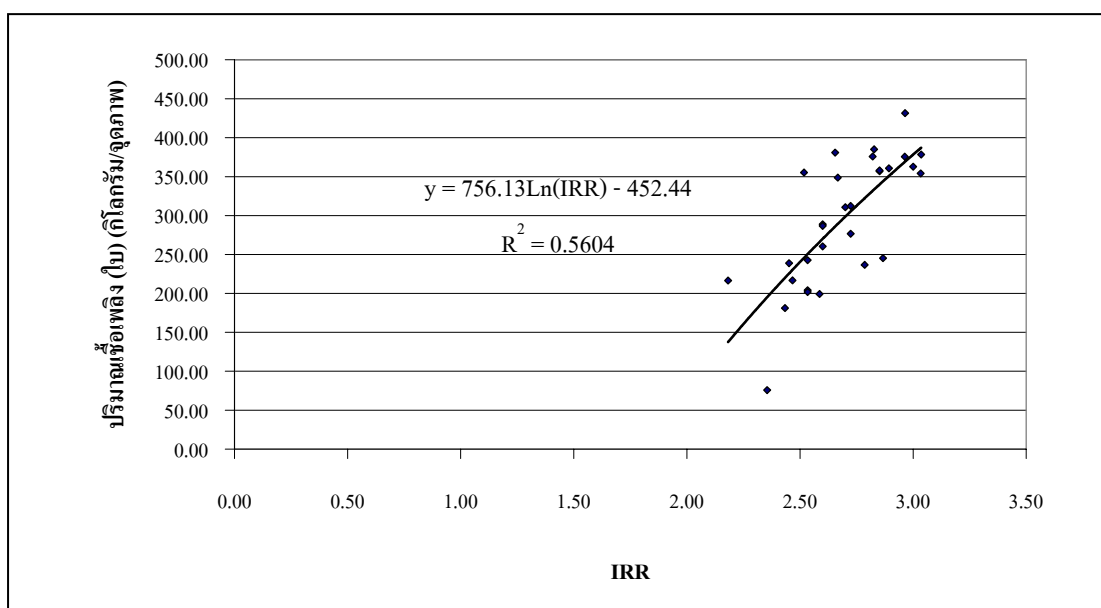
หมายเหตุ ** นัยสำคัญที่ระดับ 0.01

* นัยสำคัญที่ระดับ 0.05

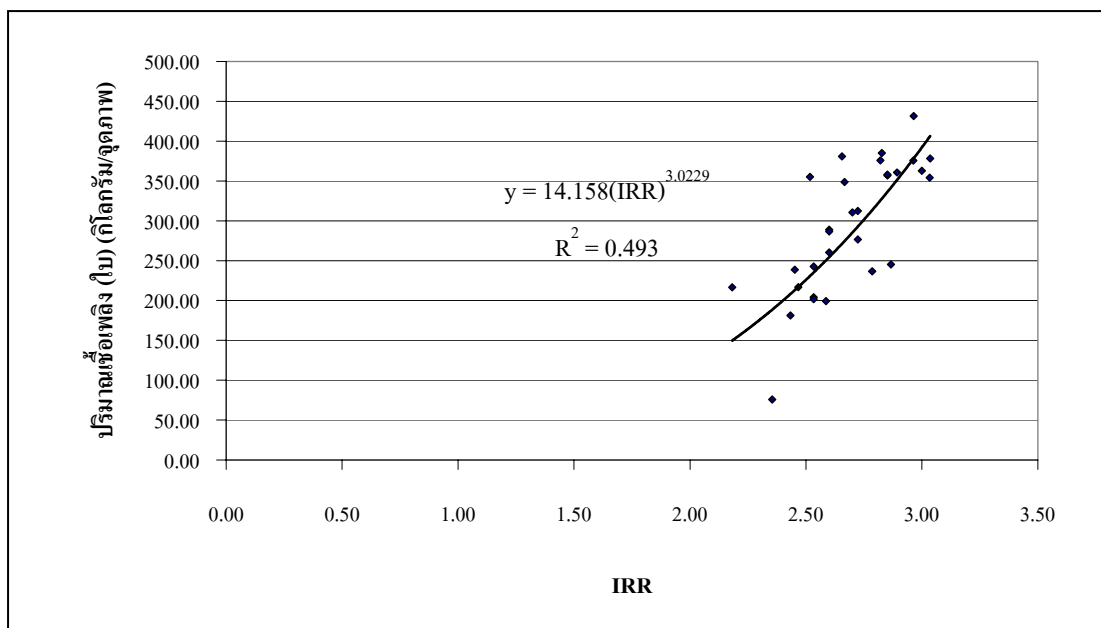
เมื่อทำการหาสมการที่ดีที่สุดเพื่อนำไปใช้ในการประมาณค่าตัวแปรตาม (ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ) ที่มีค่า IRR ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM เป็นตัวแปรอิสระ โดยกำหนดรูปแบบสมการที่มีความสัมพันธ์ในรูปแบบอื่น ๆ ได้แก่ แบบลอการิทึม แบบยกกำลัง และแบบเอ็กโพเนนเชียล ซึ่งเป็นรูปแบบของสมการเส้นโค้ง แสดงเป็น Scatter Plot และรูปแบบของสมการดังกล่าว ได้ดังภาพที่ 22 (ข) (ค) และ (ง)



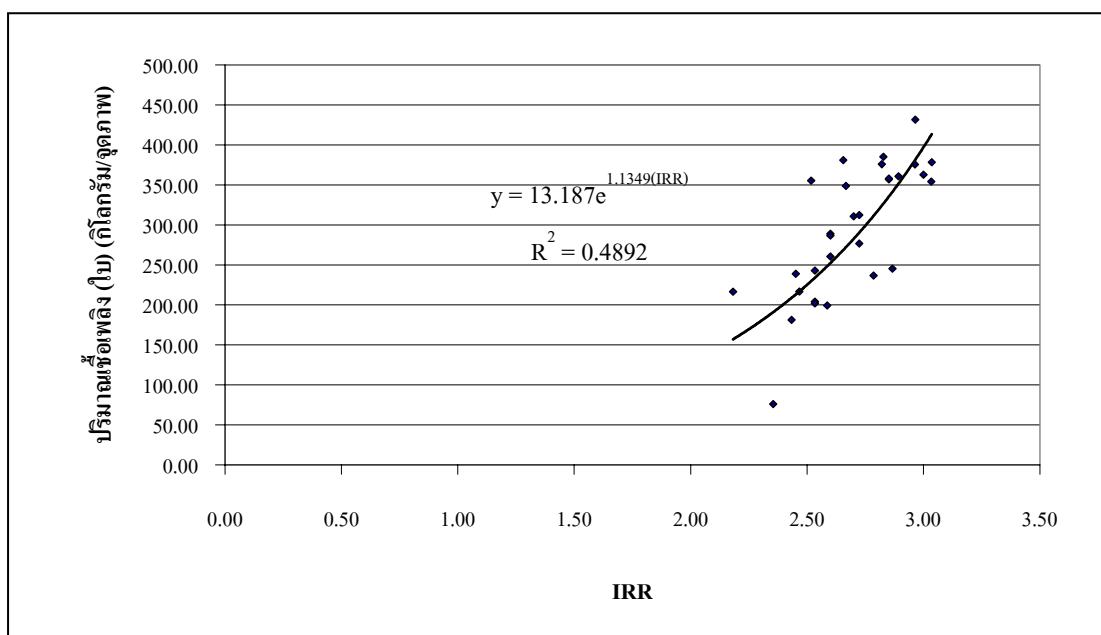
(ก)



(ข)



(ก)



(ง)

ภาพที่ 22 Scatter Plot และสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณเชื่อเพลิงไปในป่าเต็งรัง กับค่า IRR ในรูปแบบ (ก) ความสัมพันธ์แบบเส้นตรง (ข) ความสัมพันธ์แบบลอการิทึม (ค) ความสัมพันธ์แบบยกกำลัง (ง) ความสัมพันธ์แบบเอ็กโพเนนเชียล

จากภาพที่ 22 เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) ของสมการในรูปแบบต่าง ๆ ดังกล่าว เพื่อเลือกรูปแบบสมการที่ดีที่สุด พบว่า สมการรูปแบบเส้นตรง มีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) มากที่สุด เท่ากับ 0.5617 หมายความว่า ตัวแปรอิสระ คือ ค่า IRR สามารถใช้พยากรณ์ค่าปริมาณเชื้อเพลิงไบ ได้ ร้อยละ 56.17 จึงได้สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณเชื้อเพลิงไบในป่าเต็งรัง กับค่า IRR ในรูปแบบสมการแบบเส้นตรง เป็นสมการที่ดีที่สุด โดยมีสมการความสัมพันธ์ ดังนี้

$$\text{ค่าปริมาณเชื้อเพลิงไบ} = 285.256(\text{IRR}) - 473.943 \quad (R^2 = 0.5617)$$

เมื่อนำค่าปริมาณเชื้อเพลิงไบ กับค่า IRR ในป่าเต็งรัง มาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อหาค่าความมีนัยสำคัญทางสถิติของสมการที่ได้ การทดสอบสมมติฐานโดยการทดสอบอย่างง่ายจากตัวทดสอบสถิติแบบ F ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยมีสมมติฐานดังนี้

$H_0 : \beta_1 = 0$ คือ ค่าปริมาณเชื้อเพลิงไบ (Y_{nd}) ไม่มีความสัมพันธ์กับค่า IRR ในรูปแบบสมการเชิงเส้น

$H_1 : \beta_1 \neq 0$ คือ ค่าปริมาณเชื้อเพลิงไบ (Y_{nd}) มีความสัมพันธ์กับค่า IRR ในรูปแบบสมการเชิงเส้น

สำหรับการทดสอบ $H_0 : \beta_1 = 0$ ด้วยการทดสอบแบบ F แสดงดังตารางที่ 22 ที่แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการประมาณค่าปริมาณเชื้อเพลิงไบให้ค่าของตัวทดสอบสถิติ $F = 35.871$ พบว่า มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($\alpha = 0.05$) มีช่วงวิกฤติ $CR: F \geq F_{0.05}(1, 28) = 4.20$ ซึ่งค่าทดสอบสถิติมีค่ามากกว่าค่าที่ช่วงวิกฤติ ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 และยอมรับ H_1 นั่นคือ ความผันแปรของค่าปริมาณเชื้อเพลิงไบ (Y_{nd}) เกิดจากอิทธิพลของค่า IRR ตามรูปแบบสมการ $Y_{nd} = 285.256(\text{IRR}) - 473.943$

ตารางที่ 22 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อหาค่าความมีนัยสำคัญทางสถิติ ของ
สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบในป่าเต็งรัง กับค่า IRR
ในช่วงก่อนฤดูผลัดใบ

Sources of Variation	Sum of Squares	d.f.	Mean Square	F
Regression	108978.353	1	108978.353	35.871
Residual	85066.028	28	3038.072	
Total	194044.381	29		

หมายเหตุ $F_{0.05}(1, 28) = 4.20$

2.1.2.2 การหาปริมาณเชื้อเพลิงใบ จากค่าดัชนีต่าง ๆ ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในช่วงหลังฤดูผลัดใบ (วันที่ 16 ก.พ. 48) ซึ่งได้แก่ ค่า fc ค่า IR/R ค่า NDVI ค่า VI ค่า Brightness ค่า Greenness และค่า Wetness

จากการนำค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบในป่าเต็งรัง บริเวณพื้นที่ที่ไม่ถูกไฟไหม้ (ตัวแปรตาม) ที่คำนวณได้จากตารางที่ 16 กับค่าสัดส่วนของสิ่งปกคลุมพืชสีเขียว (fc) และค่าดัชนีพืชพรรณแบบต่าง ๆ ได้แก่ ค่า IR/R ค่า NDVI ค่า VI ค่า Brightness ค่า Greenness และค่า Wetness ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในช่วงหลังฤดูผลัดใบ ในป่าเต็งรัง บริเวณพื้นที่ที่ไม่ถูกไฟไหม้ (ตัวแปรอิสระ) ที่คำนวณได้จากตารางที่ 11 มาวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Pearson เพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม และตัวแปรอิสระ รวมทั้งดูความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระด้วยกัน เพื่อเป็นข้อมูลในการตัดสินใจในการเลือกตัวแปรอิสระที่เหมาะสมในการสร้างสมการ ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ดังตารางที่ 23

จากตารางที่ 23 พบว่า ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบในป่าเต็งรัง มีความสัมพันธ์ กับค่า Fc มากที่สุด โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Pearson เท่ากับ 0.631 รองลงมา ได้แก่ ค่า NDVI ค่า Greenness ค่า VI ค่า IR/R ค่า Wetness และค่า Brightness ตามลำดับ

ตารางที่ 23 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบในป่าเต็งรัง กับค่าสัดส่วนของสิ่งปกคลุมพืชสีเขียว (fc) และค่าดัชนีพืชพรรณ แบบต่าง ๆ ได้แก่ ค่า IR/R ค่า NDVI ค่า VI ค่า Brightness ค่า Greenness และค่า Wetness ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM (หลังฤดูผลัดใบ)

		ปริมาณเชื้อเพลิงใบ	IR/R	NDVI	VI	Brightness	Greenness	Wetness	fc
ปริมาณ เชื้อเพลิงใบ	Pearson Correlation	1.000	.568**	.630**	.626**	.038	.627**	.459**	.631**
	Sig. (2-tailed)	.	.001	.000	.000	.844	.000	.011	.000
	N	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
IR/R	Pearson Correlation	.568**	1.000	.992**	.974**	-.153	.967**	.821**	.992**
	Sig. (2-tailed)	.001	.	.000	.000	.420	.000	.000	.000
	N	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
NDVI	Pearson Correlation	.630**	.992**	1.000	.976**	-.150	.973**	.826**	1.000**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.	.000	.429	.000	.000	.000
	N	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
VI	Pearson Correlation	.626**	.974**	.976**	1.000	.050	.995**	.710**	.977**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.	.791	.000	.000	.000
	N	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
Brightness	Pearson Correlation	.038	-.153	-.150	.050	1.000	.046	-.650**	-.149
	Sig. (2-tailed)	.844	.420	.429	.791	.	.809	.000	.431
	N	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000

ตารางที่ 23 (ต่อ)

		ปริมาณเชื้อเพลิงใบ	IR/R	NDVI	VI	Brightness	Greenness	Wetness	fc
Greenness	Pearson Correlation	.627**	.967**	.973**	.995**	.046	1.000	.709**	.973**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.809	.	.000	.000
	N	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
Wetness	Pearson Correlation	.457**	.821**	.826**	.710**	-.650	.709**	1.000	.825**
	Sig. (2-tailed)	.011	.000	.000	.000	.000	.000	.	.000
	N	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
fc	Pearson Correlation	.631**	.992**	1.000	.977**	-.149	.973**	.825**	1.000
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.431	.000	.000	.
	N	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000

หมายเหตุ ** นัยสำคัญที่ระดับ 0.01

* นัยสำคัญที่ระดับ 0.05

จากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Pearson ที่ได้ และจากการนำตัวแปรอิสระซึ่ง ได้แก่ ค่าสัดส่วนของสิ่งปกคลุมพืชสีเขียว (fc) และค่าดัชนีพืชพรรณแบบต่าง ๆ ได้แก่ ค่า IR/R ค่า NDVI ค่า VI ค่า Brightness ค่า Greenness และค่า Wetness กับตัวแปรตาม คือ ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบในป่าเต็งรัง มาวิเคราะห์หาสมการความสัมพันธ์ที่เหมาะสม โดยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (stepwise multiple regression analysis) เพื่อคัดเลือกตัวแปรอิสระเข้าสู่สมการความสัมพันธ์ แสดงดังภาพผนวกที่ 7 พบว่า ได้สมการใน 2 รูปแบบ คือ สมการที่มีตัวแปรอิสระเพียงตัวแปรเดียวที่ถูกคัดเลือกเข้าสู่สมการ คือ ค่า Fc และสมการที่มีตัวแปรอิสระ 2 ตัว ที่ถูกคัดเลือกเข้าสู่สมการ คือ ค่า Fc กับค่า IRR ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 โดยมีสมการความสัมพันธ์ดังนี้

ตัวแบบสมการที่ 1

$$\text{ปริมาณเชื้อเพลิงใบ} = 503.891(\text{Fc}) + 64.119 \quad (R^2 = 0.398)$$

ตัวแบบสมการที่ 2

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณเชื้อเพลิงใบ} &= 3284.036(\text{Fc}) - 855.018(\text{IRR}) \\ &+ 559.036 \quad (R^2 = 0.598) \end{aligned}$$

ดังนั้นในการพิจารณาเลือกตัวแบบสมการที่เหมาะสม จะพิจารณาจากตัวแบบสมการที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) สูง และมีความคลาดเคลื่อนจากการประมาณต่ำ

เมื่อพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) ของตัวแบบสมการทั้ง 2 รูปแบบดังกล่าว เพื่อเลือกรูปแบบสมการที่ดีที่สุด พบว่า สมการที่มีตัวแปรอิสระ 2 ตัว ที่ถูกคัดเลือกเข้าสู่สมการ คือค่า Fc กับค่า IRR มีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) มากกว่า คือ มีค่าเท่ากับ 0.598 ดังนั้นจึงได้สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ กับค่า Fc และค่า IRR ในรูปแบบสมการแบบเส้นตรงเป็นสมการที่ดีที่สุดโดยมีสมการความสัมพันธ์ ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณเชื้อเพลิงใบ} &= 3284.036(\text{Fc}) - 855.018(\text{IRR}) \\ &+ 559.036 \quad (R^2 = 0.598) \end{aligned}$$

เมื่อนำค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ กับค่า Fc และค่า IRR ในป่าเต็งรัง มาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อหาค่าความมีนัยสำคัญทางสถิติของสมการที่ได้ การทดสอบสมมติฐานโดยการทดสอบอย่างง่ายจากตัวทดสอบสถิติแบบ F ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยมีสมมติฐานดังนี้

$H_0 : \beta_1 = 0$ คือ ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ (Y_{nd}) ไม่มีความสัมพันธ์กับค่า Fc และค่า IRR ในรูปแบบสมการเชิงเส้น

$H_1 : \beta_1 \neq 0$ คือ ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ (Y_{nd}) มีความสัมพันธ์กับค่า Fc และค่า IRR ในรูปแบบสมการเชิงเส้น

สำหรับการทดสอบ $H_0 : \beta_1 = 0$ ด้วยการทดสอบแบบ F แสดงดังตารางที่ 24 ที่แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการประมาณค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบให้ค่าของตัวทดสอบสถิติ 20.095 พบว่า มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($\alpha = 0.05$) มีช่วงวิกฤติ CR: $F \geq F_{0.05}(2, 27) = 3.35$ ซึ่งค่าทดสอบสถิติมีค่ามากกว่าค่าที่ช่วงวิกฤติ ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 และยอมรับ H_1 นั่นคือ ความผันแปรของค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ (Y_{nd}) เกิดจากอิทธิพลของค่า Fc และค่า IRR ตามรูปแบบสมการ $Y_{nd} = 3284.036(Fc) - 855.018(IRR) + 559.036$

ตารางที่ 24 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อหาค่าความมีนัยสำคัญทางสถิติ ของสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบในป่าเต็งรัง กับค่า fc และค่า IRR ในช่วงหลังฤดูผลัดใบ

Sources of Variation	Sum of Squares	d.f.	Mean Square	F
Regression	116068.053	2	58034.026	20.095
Residual	77977.098	27	2888.041	
Total	194045.150	29		

หมายเหตุ $F_{0.05}(2, 27) = 3.35$

2.1.2.3 การทดสอบค่าสมการปริมาณเชื้อเพลิงใบ ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในช่วงก่อนฤดูผลัดใบ (วันที่ 27 ต.ค. 47) และช่วงหลังฤดูผลัดใบ (วันที่ 16 ก.พ. 48)

เมื่อนำสมการปริมาณเชื้อเพลิงใบ ที่ได้จากค่าดัชนีต่าง ๆ จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในช่วงก่อนฤดูผลัดใบ และช่วงหลังฤดูผลัดใบ มาคำนวณค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบในตำแหน่งพิกัดเดียวกัน (จำนวน 30 จุด) แสดงดังตารางที่ 25

$$\text{ปริมาณเชื้อเพลิงใบ} = f(\text{Landsat 5 TM ช่วงก่อนฤดูผลัดใบ})$$

$$\text{ปริมาณเชื้อเพลิงใบ} = f(\text{Landsat 5 TM ช่วงหลังฤดูผลัดใบ})$$

ตารางที่ 25 ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบที่คำนวณได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในช่วงก่อนฤดูผลัดใบ และช่วงหลังฤดูผลัดใบ ในตำแหน่งพิกัดเดียวกัน ในป่าเต็งรัง

: ต่อเนื้อที่แปลง 900 ม²

แปลง ที่	ตำแหน่งพิกัดกลางแปลง ระบบ UTM (ตะวันออก, เหนือ)	ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ (กก.)	
		Landsat 5 TM (ก่อนฤดูผลัดใบ)	Landsat 5 TM (หลังฤดูผลัดใบ)
		(วันที่ 27 ต.ค. 47)	(วันที่ 16 ก.พ. 48)
1	531575, 1716477	320.70	262.39
2	531680, 1719566	391.66	308.00
3	531953, 1720189	352.32	345.47
4	532115, 1720223	361.45	333.62
5	532275, 1720416	324.77	336.70
6	531799, 1719535	353.30	340.86
7	532227, 1720395	352.32	346.84
8	532189, 1720565	312.97	341.56
9	531204, 1716311	371.26	325.47
10	530966, 1716430	413.52	330.31
11	531146, 1716435	279.95	254.72
12	531468, 1716508	273.62	346.86
13	531326, 1716576	371.64	306.33
14	531466, 1716791	329.00	339.41
15	531434, 1717090	371.26	342.50
16	531599, 1717566	293.30	319.00
17	531664, 1717729	188.86	260.04

ตารางที่ 25 (ต่อ)

: ต่อเนื้อที่แปลง 900 ม²

แปลง ที่	ตำแหน่งพิกัดกลางแปลง ระบบ UTM (ตะวันออก, เหนือ)	ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ (กก.)	
		Landsat 5 TM (ก่อนฤดูผลัดใบ)	Landsat 5 TM (หลังฤดูผลัดใบ)
		(วันที่ 27 ต.ค. 47)	(วันที่ 16 ก.พ. 48)
18	531438, 1718581	351.26	319.00
19	531697, 1718626	351.26	344.88
20	531538, 1718758	371.99	345.64
21	532127, 1719769	269.76	296.65
22	536298, 1724494	216.19	243.18
23	536168, 1724509	273.62	262.39
24	536359, 1724600	258.21	268.25
25	536075, 1724374	216.19	209.75
26	535966, 1724346	283.46	271.04
27	535811, 1724480	283.46	263.38
28	535309, 1725720	320.70	230.50
29	535582, 1725646	310.51	279.93
30	535563, 1725451	239.20	236.59

นำค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบทั้ง 2 แบบ คือ ในช่วงก่อนฤดูผลัดใบ และ ช่วงหลังฤดูผลัดใบดังกล่าว มาตรวจสอบว่าข้อมูลทั้งสองมีความแตกต่างกันหรือไม่ โดยใช้วิธีการทดสอบ t- test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยมีสมมติฐานดังนี้

$H_0 : \mu_{\text{ก่อนผลัดใบ}} - \mu_{\text{หลังผลัดใบ}} = 0$ คือ ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบเฉลี่ย ใน ช่วงก่อนฤดูผลัดใบ และช่วงหลังฤดูผลัดใบ ไม่แตกต่างกัน

$H_1 : \mu_{\text{ก่อนผลัดใบ}} - \mu_{\text{หลังผลัดใบ}} \neq 0$ คือ ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบเฉลี่ย ใน ช่วงก่อนฤดูผลัดใบ และช่วงหลังฤดูผลัดใบ แตกต่างกัน

สำหรับการทดสอบ $\mu_{\text{ก่อนผลัดใบ}} - \mu_{\text{หลังผลัดใบ}} = 0$ ด้วยการทดสอบแบบ t- test แสดงดังภาพผนวกที่ 8 ซึ่งให้ค่าตัวทดสอบสถิติ $t = 1.813$ และ $P\text{-value} = 0.080$ พบว่า ค่า

ปริมาณเชื้อเพลิงใบทั้ง 2 แบบ คือ ในช่วงก่อนฤดูผลัดใบ และช่วงหลังฤดูผลัดใบไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($\alpha = 0.05$) มีช่วงวิกฤติ CR: $t \geq F_{(0.025, 29)} = 2.045$ ซึ่งค่าทดสอบสถิติมีค่าน้อยกว่าค่าที่ช่วงวิกฤติ ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_1 และยอมรับ H_0 และค่า P-value = 0.080 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 ดังนั้น จึงยอมรับ H_0 นั่นคือ $\mu_{\text{ก่อนผลัดใบ}} - \mu_{\text{หลังผลัดใบ}} = 0$ ด้วยเหตุนี้จึงสรุปได้ว่า สมการปริมาณเชื้อเพลิงใบในป่าเต็งรังที่ได้จากค่าดัชนีต่าง ๆ จากข้อมูล ภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในช่วงก่อนฤดูผลัดใบ และช่วงหลังฤดูผลัดใบ สามารถใช้แทน กันได้

2.1.2.4 ทำการเลือกสมการที่ดีที่สุดในการประมาณค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ จากค่าดัชนีต่าง ๆ ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในพื้นที่ศึกษา

จากการสร้างสมการประมาณค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ ที่ได้จากข้อมูล ภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในช่วงก่อนฤดูผลัดใบ และช่วงหลังฤดูผลัดใบ ซึ่งมีรูปแบบ ความสัมพันธ์ดังนี้

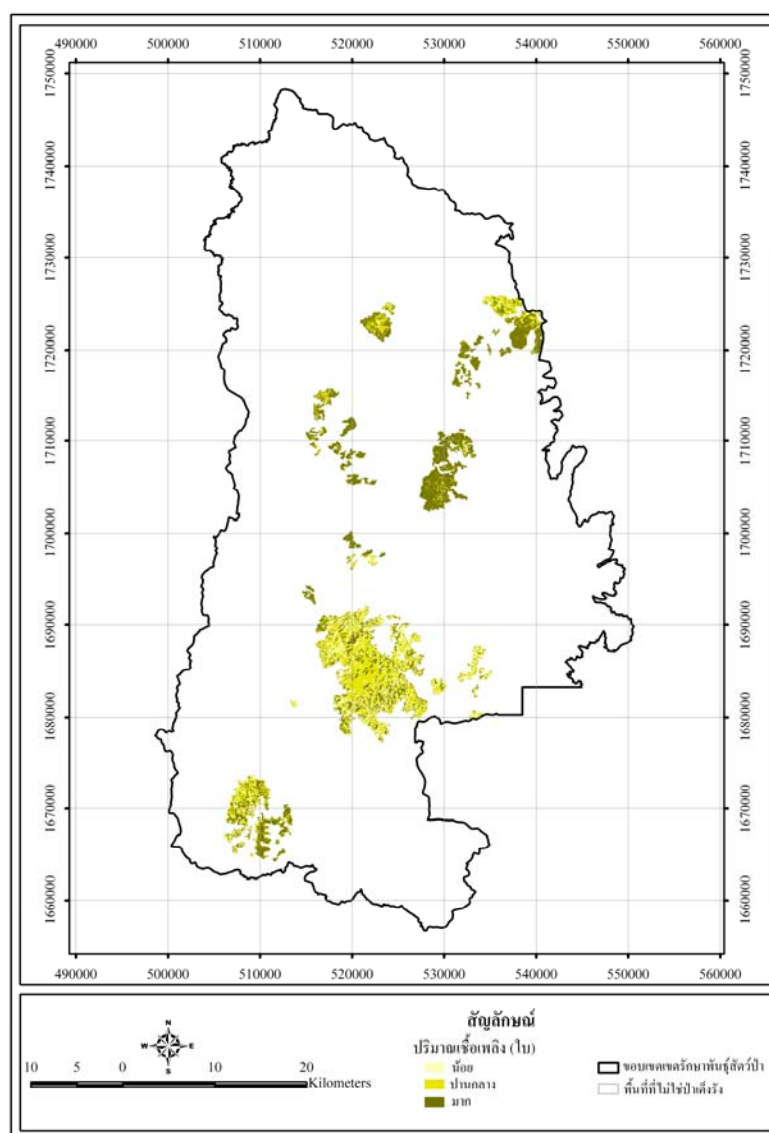
$$\begin{aligned} \text{ปริมาณเชื้อเพลิงใบ} &= f(\text{Landsat 5 TM ช่วงก่อนฤดูผลัดใบ}) \quad (R^2 = 0.5617) \\ &= 285.256(\text{IRR}) - 473.943 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณเชื้อเพลิงใบ} &= f(\text{Landsat 5 TM ช่วงหลังฤดูผลัดใบ}) \quad (R^2 = 0.598) \\ &= 3284.036(\text{Fc}) - 855.018(\text{IRR}) + 559.036 \end{aligned}$$

จากสมการความสัมพันธ์ดังกล่าวที่ได้จากการศึกษา พบว่า สมการ ปริมาณเชื้อเพลิงใบ = $f(\text{Landsat 5 TM ช่วงหลังฤดูผลัดใบ})$ ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ เชื้อเพลิงใบ กับค่า Fc และ IRR ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ช่วงหลังฤดู ผลัดใบ เป็นสมการที่ดีที่สุดที่เลือกมาใช้ในการพยากรณ์ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบในพื้นที่ศึกษาเนื่อง จากเป็นสมการความสัมพันธ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) มากที่สุด เท่ากับ 0.598 ซึ่งมี รูปแบบความสัมพันธ์ดังนี้

$$\text{ปริมาณเชื้อเพลิงใบ} = 3284.036(\text{Fc}) - 855.018(\text{IRR}) + 559.036$$

เมื่อนำสมการที่ดีที่สุดมาคำนวณค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบในป่าเต็งรัง จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM โดยใช้ค่าสัดส่วนปกคลุมพืชสีเขียว (fc) และค่า IRR เป็นตัวแปรอิสระ คิดเฉพาะพื้นที่ป่าเต็งรังที่อยู่ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง ซึ่งมีเนื้อที่ เท่ากับ 197,311 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 123,319.297 ไร่ ได้ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบเฉลี่ยเท่ากับ 281.15 กิโลกรัมต่อจุดภาพ หรือ 499.82 กิโลกรัมต่อไร่ แสดงดังภาพที่ 23 และหากคำนวณจาก ข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลภาคสนาม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 293.93 กิโลกรัมต่อจุดภาพ หรือ 522.54 กิโลกรัมต่อไร่



ภาพที่ 23 ปริมาณเชื้อเพลิงใบ จากการประมาณค่าจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในป่าเต็งรัง บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง

2.1.3 การเปรียบเทียบค่าปริมาณมวลชีวภาพที่ผิวดินในรูป ปริมาณเชื้อเพลิงใบ ที่ได้จากการประมาณค่ามวลชีวภาพของใบ และจากการประมาณค่าจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในพื้นที่ศึกษา

เมื่อนำสมการปริมาณเชื้อเพลิงใบ ที่ได้จากค่ามวลชีวภาพของใบ และจากค่าดัชนีต่าง ๆ จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM (ช่วงก่อน และหลังฤดูผลัดใบ) ที่ได้ทำการทดสอบแล้วว่าเป็นสมการที่ดีที่สุด มาคำนวณค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบในตำแหน่งพิกัดเดียวกัน (โดยใช้ตำแหน่งพิกัดเดียวกันกับตำแหน่งพิกัดของจุดสำรวจที่ใช้สำหรับทดสอบค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบจากข้อมูลจริงที่ได้จากภาคสนาม จำนวน 20 จุดสำรวจ) แสดงดังตารางที่ 26

$$\text{ปริมาณเชื้อเพลิงใบ} = f(\text{มวลชีวภาพของใบ})$$

$$\text{ปริมาณเชื้อเพลิงใบ} = f(\text{Landsat 5 TM (ช่วงหลังฤดูผลัดใบ)})$$

นำค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบทั้ง 2 แบบดังกล่าว มาตรวจสอบว่าข้อมูลทั้งสองมีความแตกต่างกันหรือไม่ โดยใช้วิธีการทดสอบ t- test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยมีสมมติฐานดังนี้

$H_0 : \mu_{\text{มวลชีวภาพของใบ}} - \mu_{\text{Landsat 5 TM}} = 0$ คือ ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบเฉลี่ยที่ได้จากค่ามวลชีวภาพของใบ และจากค่าดัชนีต่าง ๆ จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM (ช่วงหลังฤดูผลัดใบ) ไม่แตกต่างกัน

$H_1 : \mu_{\text{มวลชีวภาพของใบ}} - \mu_{\text{Landsat 5 TM}} \neq 0$ คือ ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบเฉลี่ยที่ได้จากค่ามวลชีวภาพของใบ และจากค่าดัชนีต่าง ๆ จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM (ช่วงหลังฤดูผลัดใบ) แตกต่างกัน

ตารางที่ 26 ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบที่คำนวณได้จากค่ามวลชีวภาพของใบ และจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในตำแหน่งพิกัดเดียวกัน (โดยใช้ตำแหน่งพิกัดเดียวกันกับตำแหน่งพิกัดของจุดสำรวจที่ใช้สำหรับทดสอบค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบจากข้อมูลจริงที่ได้จากภาคสนาม จำนวน 20 จุดสำรวจ) ในป่าเต็งรัง

: ต่อเนื้อที่แปลง 900 ม²

แปลง ที่	ตำแหน่งพิกัดกลางแปลง ระบบ UTM (ตะวันออก, เหนือ)	ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ (กก.)		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง (%)		
		จากข้อมูลภาคสนาม	ประมาณจากค่ามวลชีวภาพของใบ	ประมาณจาก Landsat 5 TM (หลังฤดูผลัดใบ)	ประมาณจากค่ามวลชีวภาพของใบ กับจากข้อมูลภาคสนาม	ประมาณจาก Landsat 5 TM (หลังฤดูผลัดใบ) กับจากข้อมูลภาคสนาม
1	532250, 1711074	218.69	177.90	193.23	18.65	11.64
2	529710, 1708613	225.11	195.84	247.54	13.00	-9.96
3	529668, 1707258	157.86	179.56	169.28	-13.75	-7.23
4	530033, 1707322	200.49	175.72	229.33	12.36	-14.38
5	530319, 1707308	158.58	178.75	138.34	-12.72	12.76
6	531497, 1709905	231.32	267.31	259.57	-15.56	-12.21
7	532065, 1717732	244.09	252.33	200.87	-3.38	17.71
8	532174, 1717470	407.87	340.66	362.77	16.48	11.06
9	532472, 1717112	299.57	253.19	256.04	15.48	14.53
10	532742, 1716875	359.42	321.91	397.50	10.44	-10.59
11	532558, 1716480	353.33	312.03	365.58	11.69	-3.47

ตารางที่ 26 (ต่อ)

: ต่อเนื้อที่แปลง 900 ม²

แปลง ที่	ตำแหน่งพิกัดกลางแปลง ระบบ UTM (ตะวันออก, เหนือ)	ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ (กก.)		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง (%)		
		จากข้อมูลภาคสนาม	ประมาณจากค่ามวล ชีวภาพของใบ	ประมาณจาก Landsat 5 TM (หลังฤดูผลัดใบ)	ประมาณจากค่า มวลชีวภาพของใบ กับจากข้อมูล ภาคสนาม	ประมาณจาก Landsat 5 TM (หลังฤดูผลัดใบ) กับจากข้อมูลภาคสนาม
12	532895, 1716211	404.93	354.00	348.26	12.58	13.99
13	532520, 1715019	406.49	342.20	362.23	15.82	10.89
14	532510, 1714671	206.08	234.02	255.05	-13.56	-23.76
15	537629, 1724196	473.16	413.85	383.59	12.53	18.93
16	537439, 1724431	298.83	249.80	277.17	16.40	7.25
17	536972, 1724552	393.97	343.12	346.02	12.91	12.17
18	536407, 1724668	529.74	435.44	477.88	17.80	9.79
19	536002, 1724955	369.60	409.39	374.68	-10.76	-1.37
20	535026, 1725438	437.67	353.34	481.59	19.27	-10.03
	เฉลี่ย	318.84	289.52	306.33	6.78	2.38

สำหรับการทดสอบ $\mu_{\text{มวลชีวภาพของใบ}} - \mu_{\text{Landsat 5 TM}} = 0$ ด้วยการทดสอบแบบ t-test แสดงดังภาพผนวกที่ 9 ซึ่งให้ค่าตัวทดสอบสถิติ $t = -1.735$ และ $P\text{-value} = 0.099$ พบว่า ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบทั้ง 2 แบบ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($\alpha = 0.05$) มีช่วงวิกฤติ CR: $t \geq F_{(0.025, 19)} = 2.093$ ซึ่งค่าทดสอบสถิติมีค่าน้อยกว่าค่าที่ช่วงวิกฤติ ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_1 และยอมรับ H_0 และค่า $P\text{-value} = 0.099$ ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 ดังนั้นจึงยอมรับ H_0 นั่นคือ $\mu_{\text{มวลชีวภาพของใบ}} - \mu_{\text{Landsat 5 TM}} = 0$ ด้วยเหตุนี้จึงสรุปได้ว่า สมการปริมาณเชื้อเพลิงใบในป่าเต็งรังที่ได้จากค่ามวลชีวภาพของใบ และจากค่าดัชนีต่าง ๆ จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM (ช่วงหลังฤดูผลัดใบ) สามารถใช้แทนกันได้

เมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างกันระหว่างค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ ที่ได้จากการประมาณค่ามวลชีวภาพของใบ และจากการประมาณค่าจากค่าดัชนีต่าง ๆ จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM (ช่วงหลังฤดูผลัดใบ) ดังกล่าว กับค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบที่เก็บวัดได้จริงจากพื้นที่ โดยเปรียบเทียบจากเปอร์เซ็นต์ค่าความแตกต่าง ดังตารางที่ 26 พบว่า ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบที่ได้จากการประมาณค่าจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM (ช่วงหลังฤดูผลัดใบ) มีค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง น้อยกว่าค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบที่ได้จากการประมาณค่ามวลชีวภาพของใบ ซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างเฉลี่ยรวมเท่ากับ 2.38 เปอร์เซนต์ หมายความว่า ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบที่ได้จากการประมาณค่าจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM (ช่วงหลังฤดูผลัดใบ) มีค่าความถูกต้องใกล้เคียงกันกับค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบที่เก็บวัดได้จริงจากพื้นที่ มากกว่าค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบที่ได้จากการประมาณค่ามวลชีวภาพของใบ ซึ่งเป็นไปในทิศทาง under estimate (ค่าที่ได้จากการประมาณน้อยกว่าค่าจริง) เพราะฉะนั้นจึงได้ใช้สมการประมาณค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM (ช่วงหลังฤดูผลัดใบ) ในการประมาณหาปริมาณมวลชีวภาพที่ผิวดินในรูปปริมาณเชื้อเพลิงใบ ในพื้นที่ศึกษา ซึ่งมีความถูกต้อง และรวดเร็วกว่า และนำไปประเมินการสูญเสียมวลชีวภาพที่ผิวดินในรูป ปริมาณเชื้อเพลิงใบ จากการเกิดไฟป่าต่อไป

2.1.4 การประเมินหาปริมาณเชื้อเพลิงใบที่สูญเสียไปจากการเกิดไฟป่า ในพื้นที่ศึกษา

จากการเก็บข้อมูลปริมาณมวลชีวภาพที่ผิวดินในรูป ปริมาณเชื้อเพลิงที่ผิวดินในป่าเต็งรัง บริเวณพื้นที่ที่ไม่ถูกไฟไหม้ และบริเวณพื้นที่ที่ถูกไฟไหม้ (พื้นที่ละ 30 จุดสำรวจ) บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง เมื่อนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียปริมาณเชื้อเพลิง

ที่ผิวดินจากการเกิดไฟป่าในป่าเต็งรัง บริเวณพื้นที่ศึกษา โดยทำการเฉลี่ยค่าปริมาณมวลชีวภาพที่ผิวดินในรูป ปริมาณเชื้อเพลิงที่ผิวดินในป่าเต็งรัง บริเวณพื้นที่ที่ไม่ถูกไฟไหม้ และบริเวณพื้นที่ที่ถูกไฟไหม้ทั้งพื้นที่ ได้ดังนี้ คือ

ปริมาณเชื้อเพลิงที่ผิวดินในป่าเต็งรัง บริเวณพื้นที่ที่ไม่ถูกไฟไหม้ เฉลี่ยทั้งพื้นที่ = 772.10 กิโลกรัม/ไร่

ปริมาณเชื้อเพลิงที่ผิวดินในป่าเต็งรัง บริเวณพื้นที่ที่ถูกไฟไหม้ เฉลี่ยทั้งพื้นที่ = 364.44 กิโลกรัม/ไร่

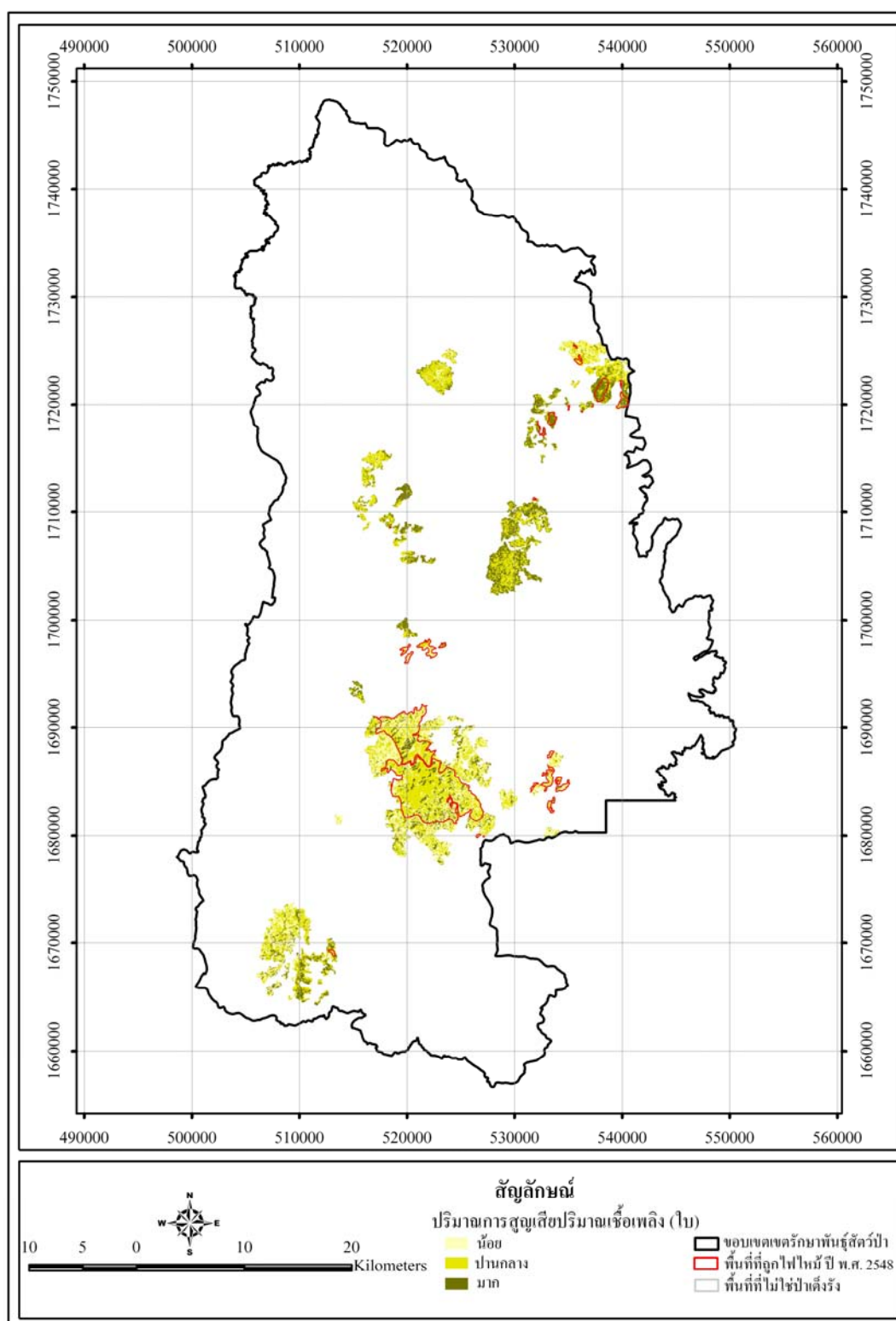
ดังนั้น ปริมาณเชื้อเพลิงที่ผิวดินที่สูญเสียไปจากการเกิดไฟป่าในป่าเต็งรัง เฉลี่ยทั้งพื้นที่ เท่ากับ $772.10 - 364.44 = 407.65$ กิโลกรัม/ไร่

เปอร์เซ็นต์การสูญเสียปริมาณเชื้อเพลิงที่ผิวดินจากการเกิดไฟป่าในป่าเต็งรัง เท่ากับ 52.8 เปอร์เซ็นต์

เมื่อนำเปอร์เซ็นต์การสูญเสียปริมาณเชื้อเพลิงที่ผิวดินทั้งหมด มาคูณสัดส่วนของปริมาณเชื้อเพลิงใบ จากปริมาณเชื้อเพลิงที่ผิวดินทั้งหมดซึ่งมีค่าเท่ากับ 66.93 ก็จะได้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียปริมาณเชื้อเพลิงใบ เท่ากับ 35.34 เปอร์เซ็นต์

เมื่อนำเปอร์เซ็นต์การสูญเสียปริมาณเชื้อเพลิงใบ จากการเกิดไฟป่าในป่าเต็งรัง มาคูณกับค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ ที่ป่าผลิตได้ใน 1 ปี (จากสมการประมาณค่าที่ดีที่สุด) จะได้ปริมาณเชื้อเพลิงใบที่สูญเสียไปในรอบปีของพื้นที่ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 99.36 กิโลกรัมต่อจุดภาพ หรือ 176.64 กิโลกรัมต่อไร่ แสดงดังภาพที่ 24

จากการคำนวณปริมาณการสูญเสียปริมาณเชื้อเพลิงใบ จากการเกิดไฟป่า บริเวณพื้นที่ที่เกิดไฟป่าในป่าเต็งรัง บริเวณพื้นที่ศึกษา ที่ได้จากการแปลตีความจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในปี 2548 ซึ่งมีพื้นที่ที่เกิดไฟป่า เท่ากับ 57.609 ตารางกิโลเมตร หรือ 36,005.848 ไร่ ได้ปริมาณเชื้อเพลิงใบ ที่สูญเสียไปในรอบปีจากการเกิดไฟป่าในปี 2548 ในป่าเต็งรัง บริเวณพื้นที่ศึกษา เท่ากับ 6,359,971.21 กิโลกรัม หรือ 6,359.97 ตัน



ภาพที่ 24 ปริมาณเชื้อเพลิงไฟที่สูญเสียไปในรอบปีจากการเกิดไฟฟ้า ในปี 2548 ในป่าเต็งรัง และบริเวณพื้นที่ที่เกิดไฟฟ้า บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง

2.2 ป่าผสมผลัดใบ

พื้นที่ป่าผสมผลัดใบที่ได้ทำการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM เมื่อคิดเฉพาะในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง มีพื้นที่เท่ากับ 1,683.137 ตารางกิโลเมตร หรือ ประมาณ 1,051,960.513 ไร่ และเมื่อเข้าไปเก็บข้อมูลในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง ตามตำแหน่งพิกัดต่าง ๆ บริเวณพื้นที่ที่ไม่ถูกไฟไหม้ (30 จุดสำรวจ) และบริเวณพื้นที่ที่ถูกไฟไหม้ (30 จุดสำรวจ) ได้คำนวณชีวภาพของใบที่คำนวณได้จากสมการความสัมพันธ์ต่างมิติ (allometry equation) และค่าปริมาณเชื้อเพลิงที่ผิวดินในรูปน้ำหนักแห้งในป่าผสมผลัดใบ ที่คำนวณได้ในแต่ละจุดสำรวจ ที่ทำการเทียบค่าให้เท่ากับขนาดจุดภาพของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM คือ เท่ากับ 30 X 30 เมตร แสดงดังตารางที่ 27, 28, 29 และ 30 ตามลำดับ

ตารางที่ 27 ค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินที่คำนวณได้จากสมการความสัมพันธ์ต่างมิติ ตามตำแหน่ง พิกัดของแปลงตัวอย่างในป่าผสมผลัดใบ บริเวณพื้นที่ที่ไม่ถูกไฟไหม้ (รวม 30 จุดสำรวจ)

: ต่อเนื้อที่แปลง 900 ม²

แปลง ที่	ตำแหน่งพิกัดกลางแปลง ระบบ UTM (ตะวันออก, เหนือ)	ค่ามวลชีวภาพที่อยู่เหนือพื้นดินในรูปน้ำหนักแห้ง (กก.)			
		ลำต้น	กิ่ง	ใบ	ทั้งหมด
1	531308, 1715962	7,460.951	1,246.794	213.414	8,921.159
2	531664, 1717179	7,630.418	1,626.345	191.837	9,448.600
3	531653, 1717381	6,260.478	1,051.982	193.446	7,505.906
4	531223, 1718114	7,407.809	1,416.138	201.999	9,025.946
5	531710, 1718818	10,806.287	1,960.517	299.376	13,066.180
6	531965, 1714550	16,883.231	5,089.793	277.100	22,250.125
7	532107, 1714746	12,985.394	3,620.610	249.205	16,855.210
8	532593, 1715324	8,929.337	1,720.256	230.995	10,880.587
9	532863, 1715861	6,414.440	819.549	209.040	7,443.028
10	532775, 1715561	11,053.002	2,281.898	286.869	13,621.768
11	532726, 1716595	13,126.888	2,983.335	289.932	16,400.155

ตารางที่ 27 (ต่อ)

: ต่อเนื้อที่แปลง 900 ม²

แปลง ที่	ตำแหน่งพิกัดกลางแปลง ระบบ UTM (ตะวันออก, เหนือ)	คำนวณชีวภาพที่อยู่เหนือพื้นดินในรูปน้ำหนักแห้ง (กก.)			
		ลำต้น	กิ่ง	ใบ	ทั้งหมด
12	532809, 1716972	6,926.976	1,282.211	191.352	8,400.539
13	532252, 1717232	14,824.135	9,468.216	227.398	24,519.748
14	531899, 1719118	13,592.874	2,578.692	250.661	16,422.227
15	531603, 1714558	14,141.055	3,761.578	283.307	18,185.940
16	531550, 1714942	12,154.752	2,232.652	331.512	14,718.915
17	531833, 1715823	8,641.823	1,260.109	271.638	10,173.571
18	531603, 1715904	14,307.312	3,659.863	310.437	18,277.613
19	531147, 1717194	7,194.055	1,414.641	193.639	8,802.334
20	530720, 1717627	10,047.145	2,207.627	240.270	12,495.042
21	530658, 1717412	13,356.191	3,046.684	290.636	16,693.510
22	530781, 1717153	8,405.777	1,693.605	216.007	10,315.388
23	534634, 1724402	9,716.094	2,115.617	233.224	12,064.935
24	531499, 1716935	7,727.233	1,324.084	221.995	9,273.312
25	531681, 1716642	9,051.441	1,491.999	263.482	10,806.922
26	531826, 1716464	17,308.390	5,299.926	277.189	22,885.505
27	532701, 1720587	17,202.484	4,274.516	331.278	21,808.278
28	534079, 1723486	14,123.580	2,649.053	377.520	17,150.152
29	534580, 1723884	6,065.044	1,191.619	169.022	7,425.686
30	533663, 1725835	17,511.887	5,567.285	276.007	23,355.179

ตารางที่ 28 ค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินที่คำนวณได้จากสมการความสัมพันธ์ต่างมิติ ตามตำแหน่ง
พิกัดของแปลงตัวอย่างในป่าผสมผลัดใบ บริเวณพื้นที่ที่ถูกไฟไหม้ (รวม 30 จุดสำรวจ)

: ต่อเนื้อที่แปลง 900 ม²

แปลง ที่	ตำแหน่งพิกัดกลางแปลง ระบบ UTM (ตะวันออก, เหนือ)	ค่ามวลชีวภาพที่อยู่เหนือพื้นดินในรูปน้ำหนักแห้ง (กก.)			
		ลำต้น	กิ่ง	ใบ	ทั้งหมด
1	534743, 1724229	9,061.435	1,845.959	232.762	11,140.156
2	534742, 1723916	12,386.134	3,365.176	232.313	15,983.622
3	534443, 1723695	9,654.704	2,557.279	220.065	12,432.048
4	537399, 1719891	7,408.461	1,215.073	224.694	8,848.228
5	536142, 1719252	7,445.793	1,286.754	213.520	8,946.068
6	536115, 1719075	9,183.059	2,064.242	223.249	11,470.550
7	535137, 1719390	10,520.624	1,922.925	245.358	12,688.907
8	534834, 1719546	11,885.820	2,632.771	284.038	14,802.629
9	534662, 1719497	6,652.126	1,154.268	190.159	7,996.553
10	533987, 1718977	11,270.454	2,198.907	283.278	13,752.639
11	539719, 1721899	9,617.428	2,459.565	213.279	12,290.271
12	539635, 1721685	5,181.701	713.273	173.602	6,068.576
13	539558, 1721513	8,352.523	1,789.861	206.688	10,349.072
14	539807, 1721485	12,235.939	2,376.848	275.904	14,888.691
15	539630, 1721336	9,259.771	1,967.151	235.674	11,462.596
16	533681, 1722958	10,837.438	2,005.432	291.029	13,133.899
17	533904, 1722850	4,504.961	844.115	129.374	5,478.451
18	533302, 1721468	6,156.927	1,029.118	174.290	7,360.335
19	533234, 1721156	6,329.661	1,435.891	164.195	7,929.747
20	532865, 1720848	9,149.057	2,343.169	213.130	11,705.356
21	532973, 1720533	9,738.304	2,142.084	231.721	12,112.109
22	532814, 1720615	7,798.096	1,442.815	218.371	9,459.282
23	532831, 1717062	8,386.020	1,445.522	239.950	10,071.491

ตารางที่ 28 (ต่อ)

: ต่อเนื้อที่แปลง 900 ม²

แปลง ที่	ตำแหน่งพิกัดกลางแปลง ระบบ UTM (ตะวันออก, เหนือ)	ค่ามวลชีวภาพที่อยู่เหนือพื้นดินในรูปน้ำหนักแห้ง (กก.)			
		ลำต้น	กิ่ง	ใบ	ทั้งหมด
24	533101, 1717240	8,707.949	2,035.529	207.896	10,951.374
25	532385, 1717274	5,061.661	791.070	163.566	6,016.297
26	532527, 1717395	11,476.805	3,014.506	225.900	14,717.211
27	532478, 1717996	10,310.524	2,052.544	256.115	12,619.183
28	532695, 1718087	15,324.529	4,498.703	262.934	20,086.166
29	533007, 1718258	11,756.822	3,155.113	236.720	15,148.654
30	532969, 1721013	11,854.123	2,727.481	270.799	14,852.403

ตารางที่ 29 ค่าปริมาณเชื้อเพลิงที่ผิวดินในรูปน้ำหนักแห้งที่คำนวณได้จากข้อมูลภาคสนาม ตามตำแหน่งพิกัดของแปลงตัวอย่างในป่าผสมผลัดใบ บริเวณพื้นที่ที่ไม่ถูกไฟไหม้ (รวม 30 จุดสำรวจ)

: ต่อเนื้อที่แปลง 900 ม²

แปลง ที่	ตำแหน่งพิกัดกลางแปลงระบบ UTM (ตะวันออก, เหนือ)	ค่าปริมาณเชื้อเพลิงที่ผิวดินในรูปน้ำหนักแห้ง (กก.)					ร้อยละ				
		วัชพืช	ใบ	กิ่ง	ดฟไฟ	รวม	วัชพืช	ใบ	กิ่ง	ดฟไฟ	รวม
1	531308, 1715962	52.18	251.38	39.52	53.56	396.63	13.16	63.38	9.96	13.50	100.00
2	531664, 1717179	66.96	269.58	29.49	63.16	429.19	15.60	62.81	6.87	14.72	100.00
3	531653, 1717381	81.04	246.07	29.76	49.90	406.77	19.92	60.49	7.32	12.27	100.00
4	531223, 1718114	81.56	287.36	14.60	63.30	446.82	18.25	64.31	3.27	14.17	100.00
5	531710, 1718818	81.07	399.98	35.79	85.17	602.01	13.47	66.44	5.95	14.15	100.00
6	531965, 1714550	53.52	487.11	34.69	70.81	646.13	8.28	75.39	5.37	10.96	100.00
7	532107, 1714746	50.44	288.54	45.72	45.58	430.28	11.72	67.06	10.63	10.59	100.00
8	532593, 1715324	42.63	300.44	61.10	65.62	469.79	9.07	63.95	13.01	13.97	100.00
9	532863, 1715861	66.52	278.07	46.72	52.21	443.52	15.00	62.70	10.53	11.77	100.00
10	532775, 1715561	85.60	401.71	57.66	61.88	606.85	14.11	66.20	9.50	10.20	100.00
11	532726, 1716595	84.97	289.58	56.47	50.34	481.35	17.65	60.16	11.73	10.46	100.00
12	532809, 1716972	60.24	173.08	37.68	66.59	337.58	17.84	51.27	11.16	19.72	100.00
13	532252, 1717232	51.04	299.63	26.21	53.99	430.87	11.85	69.54	6.08	12.53	100.00
14	531899, 1719118	67.55	379.74	41.66	53.70	542.66	12.45	69.98	7.68	9.90	100.00
15	531603, 1714558	86.45	388.85	44.74	62.28	582.32	14.85	66.78	7.68	10.69	100.00

ตารางที่ 29 (ต่อ)

: ต่อเนื้อที่แปลง 900 ม²

แปลง ที่	ตำแหน่งพิกัดกลางแปลงระบบ UTM (ตะวันออก, เหนือ)	ค่าปริมาณเชื้อเพลิงที่วัดดินในรูปน้ำหนักแห้ง (กก.)					ร้อยละ				
		วัชพืช	ใบ	กิ่ง	ตฟฟ	รวม	วัชพืช	ใบ	กิ่ง	ตฟฟ	รวม
16	531550, 1714942	90.81	386.42	50.42	56.55	584.20	15.54	66.14	8.63	9.68	100.00
17	531833, 1715823	98.18	237.31	99.90	55.75	491.13	19.99	48.32	20.34	11.35	100.00
18	531603, 1715904	64.72	459.74	30.70	54.80	609.96	10.61	75.37	5.03	8.98	100.00
19	531147, 1717194	85.15	263.56	39.08	44.95	432.74	19.68	60.90	9.03	10.39	100.00
20	530720, 1717627	71.22	309.56	53.12	60.49	494.40	14.41	62.61	10.75	12.23	100.00
21	530658, 1717412	69.46	379.32	52.08	54.08	554.94	12.52	68.35	9.38	9.75	100.00
22	530781, 1717153	96.98	303.03	15.62	52.57	468.19	20.71	64.72	3.34	11.23	100.00
23	534634, 1724402	61.04	287.90	41.61	60.92	451.46	13.52	63.77	9.22	13.49	100.00
24	531499, 1716935	46.77	356.74	19.52	54.49	477.53	9.80	74.71	4.09	11.41	100.00
25	531681, 1716642	65.88	358.97	15.48	53.93	494.26	13.33	72.63	3.13	10.91	100.00
26	531826, 1716464	88.04	316.12	86.76	67.08	558.01	15.78	56.65	15.55	12.02	100.00
27	532701, 1720587	83.48	474.79	37.49	60.49	656.25	12.72	72.35	5.71	9.22	100.00
28	534079, 1723486	65.34	500.81	32.59	68.91	667.66	9.79	75.01	4.88	10.32	100.00
29	534580, 1723884	68.83	260.41	16.27	47.93	393.45	17.49	66.19	4.14	12.18	100.00
30	533663, 1725835	56.50	284.10	39.61	50.16	430.38	13.13	66.01	9.20	11.66	100.00
	เฉลี่ย	70.81	330.66	41.07	58.04	500.58	14.41	65.47	8.31	11.81	100.00

ตารางที่ 30 ค่าปริมาณเชื้อเพลิงที่ผิวดินในรูปน้ำหนักแห้งที่คำนวณได้จากข้อมูลภาคสนาม ตามตำแหน่งพิกัดของแปลงตัวอย่างในป่าผสมผลัดใบ บริเวณพื้นที่ที่
ถูกไฟไหม้ (รวม 30 จุดสำรวจ)

: ต่อเนื้อที่แปลง 900 ม²

แปลง ที่	ตำแหน่งพิกัดกลางแปลงระบบ UTM (ตะวันออก, เหนือ)	ค่าปริมาณเชื้อเพลิงที่ผิวดินในรูปน้ำหนักแห้ง (กก.)					ร้อยละ				
		วัชพืช	ใบ	กิ่ง	ดัดฟี้	รวม	วัชพืช	ใบ	กิ่ง	ดัดฟี้	รวม
1	534743, 1724229	32.17	185.22	18.29	18.48	254.15	12.66	72.88	7.20	7.27	100.00
2	534742, 1723916	37.63	205.99	14.87	21.18	279.67	13.45	73.65	5.32	7.57	100.00
3	534443, 1723695	34.12	188.18	13.14	20.27	255.71	13.34	73.59	5.14	7.93	100.00
4	537399, 1719891	45.48	179.19	23.79	21.93	270.39	16.82	66.27	8.80	8.11	100.00
5	536142, 1719252	39.11	185.92	16.33	23.02	264.39	14.79	70.32	6.18	8.71	100.00
6	536115, 1719075	42.01	207.99	13.62	20.41	284.04	14.79	73.23	4.80	7.19	100.00
7	535137, 1719390	43.66	202.03	32.91	16.26	294.85	14.81	68.52	11.16	5.51	100.00
8	534834, 1719546	57.71	200.57	34.13	16.81	309.21	18.66	64.86	11.04	5.44	100.00
9	534662, 1719497	21.29	244.31	20.33	24.37	310.30	6.86	78.73	6.55	7.85	100.00
10	533987, 1718977	72.40	204.27	10.10	32.13	318.91	22.70	64.05	3.17	10.08	100.00
11	539719, 1721899	38.12	182.55	13.04	24.01	257.72	14.79	70.83	5.06	9.32	100.00
12	539635, 1721685	27.06	190.62	34.82	20.41	272.91	9.92	69.85	12.76	7.48	100.00
13	539558, 1721513	33.52	188.14	9.20	19.21	250.07	13.40	75.23	3.68	7.68	100.00
14	539807, 1721485	32.55	183.50	10.92	23.92	250.89	12.97	73.14	4.35	9.53	100.00
15	539630, 1721336	55.39	181.50	13.27	15.91	266.06	20.82	68.22	4.99	5.98	100.00

ตารางที่ 30 (ต่อ)

: ต่อเนื้อที่แปลง 900 ม²

แปลง ที่	ตำแหน่งพิกัดกลางแปลงระบบ UTM (ตะวันออก, เหนือ)	ค่าปริมาณเชื้อเพลิงที่ผิวดินในรูปน้ำหนักแห้ง (กก.)					ร้อยละ				
		วัชพืช	ใบ	กิ่ง	ดัดฟี่	รวม	วัชพืช	ใบ	กิ่ง	ดัดฟี่	รวม
16	533681, 1722958	26.37	239.67	19.90	26.35	312.29	8.44	76.75	6.37	8.44	100.00
17	533904, 1722850	25.42	191.36	24.67	23.29	264.74	9.60	72.28	9.32	8.80	100.00
18	533302, 1721468	41.38	183.66	14.17	23.63	262.83	15.74	69.88	5.39	8.99	100.00
19	533234, 1721156	36.21	239.85	11.67	25.48	313.21	11.56	76.58	3.73	8.13	100.00
20	532865, 1720848	38.32	170.30	15.11	20.09	243.82	15.72	69.85	6.20	8.24	100.00
21	532973, 1720533	48.61	206.39	19.90	23.72	298.63	16.28	69.11	6.66	7.94	100.00
22	532814, 1720615	35.03	190.41	18.12	19.33	262.89	13.32	72.43	6.89	7.35	100.00
23	532831, 1717062	63.51	189.63	11.24	14.16	278.54	22.80	68.08	4.03	5.08	100.00
24	533101, 1717240	15.26	242.71	6.22	34.25	298.45	5.11	81.33	2.08	11.48	100.00
25	532385, 1717274	35.65	242.29	36.13	26.44	340.51	10.47	71.15	10.61	7.77	100.00
26	532527, 1717395	31.44	239.76	15.66	25.72	312.57	10.06	76.70	5.01	8.23	100.00
27	532478, 1717996	49.28	184.66	19.97	14.59	268.51	18.35	68.77	7.44	5.44	100.00
28	532695, 1718087	57.20	166.34	22.57	31.46	277.57	20.61	59.93	8.13	11.33	100.00
29	533007, 1718258	54.74	204.35	15.78	28.82	303.68	18.03	67.29	5.20	9.49	100.00
30	532969, 1721013	30.27	181.24	16.59	18.41	246.51	12.28	73.52	6.73	7.47	100.00
เฉลี่ย		40.03	200.09	18.22	22.47	280.80	14.31	71.23	6.47	7.99	100.00

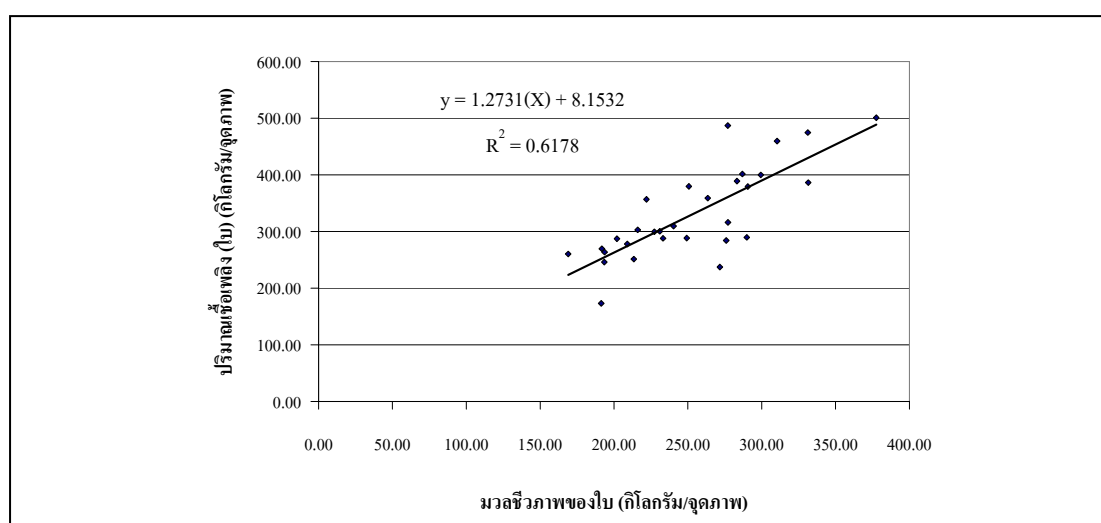
ข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงที่ผิวดินในป่าผสมผลัดใบ ที่เก็บจากภาคสนาม จากตารางที่ 29 พบว่า มีปริมาณเชื้อเพลิงที่ผิวดินซึ่งแบ่งออกเป็น วัชพืช ใบ กิ่ง และดักฟ้า อยู่ในสัดส่วนเฉลี่ย 14.41 : 65.47 : 8.31 : 11.81 ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ เฉลี่ยในสัดส่วนถึง 65.47 เปอร์เซ็นต์ จากปริมาณเชื้อเพลิงที่ผิวดินทั้งหมด

2.2.1 การหาปริมาณมวลชีวภาพที่ผิวดินในรูป ปริมาณเชื้อเพลิงใบ จากการประมาณค่ามวลชีวภาพของใบ ในพื้นที่ศึกษา

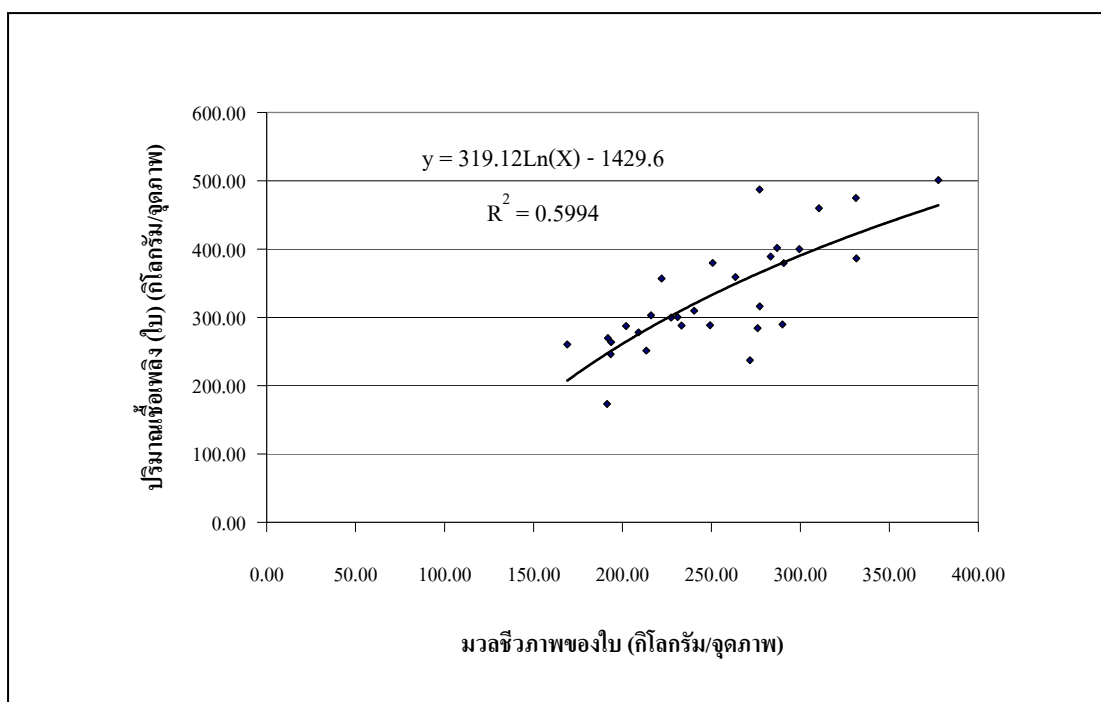
2.2.1.1 การหาปริมาณเชื้อเพลิงใบ จากการประมาณค่ามวลชีวภาพของใบ ที่ได้จากการเก็บข้อมูลภาคสนามโดยตรงโดยสมการความสัมพันธ์ต่างมิติ

จากการนำค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบในป่าผสมผลัดใบ บริเวณพื้นที่ที่ไม่ถูกไฟไหม้ที่คำนวณได้จากตารางที่ 29 เมื่อนำมาหาความสัมพันธ์กับค่ามวลชีวภาพของใบโดยสมการความสัมพันธ์ต่างมิติในป่าผสมผลัดใบ บริเวณพื้นที่ที่ไม่ถูกไฟไหม้ ที่คำนวณได้จากตารางที่ 27 โดยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (regression analysis) โดยกำหนดให้ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบในป่าผสมผลัดใบ เป็นตัวแปรตาม และค่ามวลชีวภาพของใบโดยสมการความสัมพันธ์ต่างมิติในป่าผสมผลัดใบ เป็นตัวแปรอิสระ

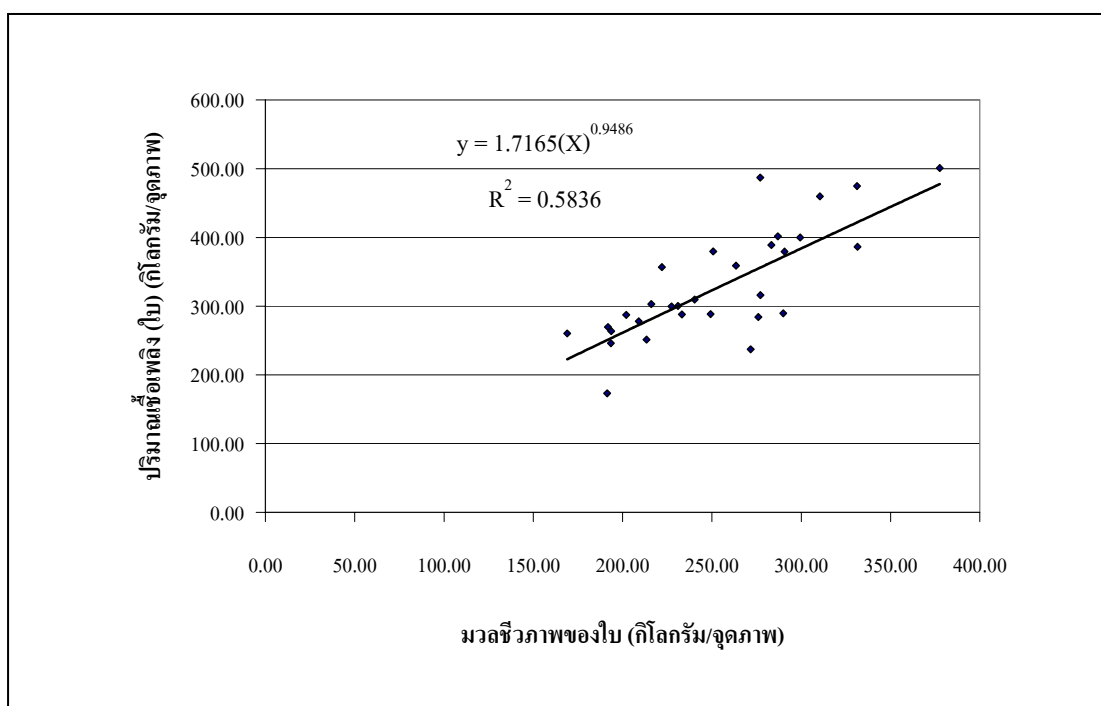
จากการพล็อตกราฟดูว่ามีความสัมพันธ์อยู่ในรูปแบบใด จะได้ข้อมูลแสดงตามภาพที่ 25 (ก)



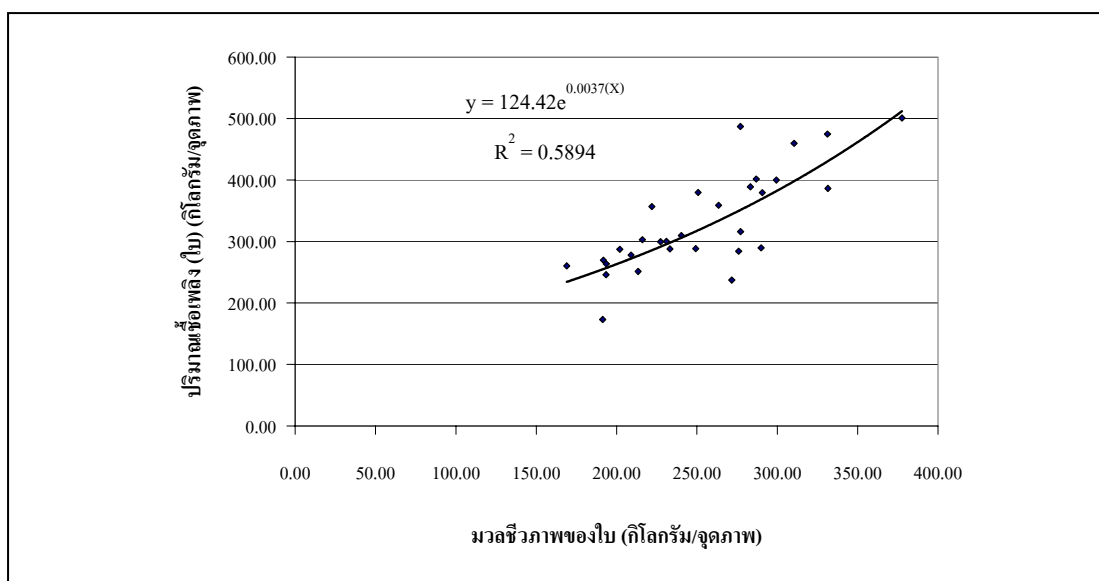
(ก)



(จ)



(ค)



(ง)

ภาพที่ 25 Scatter Plot และสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ กับค่า
มวลชีวภาพของใบโดยสมการความสัมพันธ์ต่างมิติในป่าผสมผลัดใบ ในรูปแบบ (ก)
ความสัมพันธ์แบบเส้นตรง (ข) ความสัมพันธ์แบบลอการิทึม (ค) ความสัมพันธ์แบบยก
กำลัง (ง) ความสัมพันธ์แบบเอ็กโพเนนเชียล

เมื่อทราบความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ กับค่า
มวลชีวภาพของใบโดยสมการความสัมพันธ์ต่างมิติในป่าผสมผลัดใบแล้ว ใช้การวิเคราะห์
การถดถอย (regression analysis) เพื่อกำหนดรูปแบบสมการที่มีความสัมพันธ์ในรูปแบบอื่น ๆ ที่
เหมาะสมนอกเหนือจากสมการเส้นตรง ได้แก่ แบบลอการิทึม แบบยกกำลัง และแบบเอ็กโพเนน
เชียล ซึ่งเป็นรูปแบบของสมการเส้นโค้ง แสดงเป็น Scatter Plot และรูปแบบของสมการดังกล่าว
ได้ดังภาพที่ 25 (ข) (ค) และ (ง)

จากภาพที่ 25 เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) ของ
สมการในรูปแบบต่าง ๆ ดังกล่าว เพื่อเลือกรูปแบบสมการที่ดีที่สุด พบว่า สมการรูปแบบเส้นตรง มี
ค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) มากที่สุด เท่ากับ 0.6178 หมายความว่า ตัวแปรอิสระ คือ ค่ามวล
ชีวภาพของใบโดยสมการความสัมพันธ์ต่างมิติ สามารถใช้พยากรณ์ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ ได้ร้อย
ละ 61.78 จึงได้สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบในป่าผสมผลัดใบ กับค่า
มวลชีวภาพของใบโดยสมการความสัมพันธ์ต่างมิติ ในรูปแบบสมการแบบเส้นตรง เป็นสมการที่ดี
ที่สุด โดยมีสมการความสัมพันธ์ ดังนี้

$$\text{ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ} = 1.2731(X) + 8.1532 \quad (R^2 = 0.6178)$$

เมื่อ X คือ ค่ามวลชีวภาพของใบโดยสมการความสัมพันธ์ต่างมิติ

เมื่อนำค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ กับค่ามวลชีวภาพของใบโดยสมการความสัมพันธ์ต่างมิติในป่าผสมผลัดใบ มาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อหาความมีนัยสำคัญทางสถิติของสมการที่ได้ การทดสอบสมมติฐานโดยการทดสอบอย่างง่ายจากตัวทดสอบสถิติแบบ F ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยมีสมมติฐานดังนี้

$H_0 : \beta_1 = 0$ คือ ปริมาณเชื้อเพลิงใบ (Y_{nm}) ไม่มีความสัมพันธ์กับมวลชีวภาพของใบที่ได้จากสมการความสัมพันธ์ต่างมิติ (X) ในรูปแบบสมการเชิงเส้น

$H_1 : \beta_1 \neq 0$ คือ ปริมาณเชื้อเพลิงใบ (Y_{nm}) มีความสัมพันธ์กับมวลชีวภาพของใบที่ได้จากสมการความสัมพันธ์ต่างมิติ (X) ในรูปแบบสมการเชิงเส้น

สำหรับการทดสอบ $H_0 : \beta_1 = 0$ ด้วยการทดสอบแบบ F แสดงดังตารางที่ 31 และภาพผนวกที่ 10 ที่แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการประมาณค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ ให้ค่าของตัวทดสอบสถิติ $F = 45.260$ พบว่า มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($\alpha = 0.05$) มีช่วงวิกฤติ $CR : F \geq F_{0.05}(1, 28) = 4.20$ ซึ่งค่าทดสอบสถิติมีค่ามากกว่าค่าที่ช่วงวิกฤติ ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 และยอมรับ H_1 นั่นคือ ความผันแปรของปริมาณเชื้อเพลิงใบ (Y_{nm}) เกิดจากอิทธิพลของมวลชีวภาพของใบที่ได้จากสมการความสัมพันธ์ต่างมิติ (X) ตามรูปแบบสมการ $Y_{nm} = 1.2731(X) + 8.1532$

อย่างไรก็ตาม สมการความสัมพันธ์ที่ได้ดังกล่าว มีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด $R^2 = 0.6178$ เนื่องมาจากการหาปริมาณมวลชีวภาพของใบในป่าผสมผลัดใบ ได้ใช้สมการความสัมพันธ์ต่างมิติ (allometry equation) ของ Ogawa *et al.* (1965) ซึ่งเป็นการคำนวณหาปริมาณมวลชีวภาพของใบของต้นไม้ทุกชนิดในป่าประเภทนี้ อาจทำให้ค่าที่ได้คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง ซึ่งต้นไม้แต่ละชนิดในป่าดังกล่าวนี้ ย่อมจะมีค่าปริมาณมวลชีวภาพของใบแตกต่างกัน ดังนั้นในการศึกษาต่อไปควรพิจารณาในเรื่องนี้ด้วย

ตารางที่ 31 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อหาค่าความมีนัยสำคัญทางสถิติของสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ กับค่ามวลชีวภาพของใบ โดยสมการความสัมพันธ์ต่างมิติในป่าผสมผลัดใบ

Sources of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Regression	116776.1	1	11677.089	45.260
Residual	72242.88	28	2580.103	
Total	189019.0	29		

หมายเหตุ $F_{0.05}(1, 28) = 4.20$

2.2.1.2 การหาค่ามวลชีวภาพของใบ จากค่าดัชนีต่าง ๆ ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในช่วงก่อนฤดูผลัดใบ (วันที่ 27 ต.ค. 47) ซึ่งได้แก่ ค่า fc ค่า IR/R ค่า $NDVI$ ค่า VI ค่า $Brightness$ ค่า $Greenness$ และค่า $Wetness$

จากการนำค่ามวลชีวภาพของใบโดยสมการความสัมพันธ์ต่างมิติในป่าผสมผลัดใบ บริเวณพื้นที่ที่ไม่ถูกไฟไหม้ (ตัวแปรตาม) ที่คำนวณได้จากตารางที่ 27 กับค่าสัดส่วนของสิ่งปกคลุมพืชสีเขียว (fc) และค่าดัชนีพืชพรรณแบบต่าง ๆ ได้แก่ ค่า IR/R ค่า $NDVI$ ค่า VI ค่า $Brightness$ ค่า $Greenness$ และค่า $Wetness$ ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในช่วงก่อนฤดูผลัดใบ ในป่าผสมผลัดใบ บริเวณพื้นที่ที่ไม่ถูกไฟไหม้ (ตัวแปรอิสระ) ที่คำนวณได้จากตารางที่ 12 มาวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Pearson เพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ รวมทั้งดูความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระด้วยกัน เพื่อเป็นข้อมูลในการตัดสินใจในการเลือกตัวแปรอิสระที่เหมาะสมในการสร้างสมการ ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ดังตารางที่ 32

จากตารางที่ 32 พบว่า ค่ามวลชีวภาพของใบโดยสมการความสัมพันธ์ต่างมิติในป่าผสมผลัดใบ มีความสัมพันธ์ กับค่า IRR มากที่สุด โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Pearson เท่ากับ 0.716 รองลงมาได้แก่ ค่า $NDVI$ ค่า fc ค่า VI ค่า $Greenness$ ค่า $Wetness$ และค่า $Brightness$ ตามลำดับ

ตารางที่ 32 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่ามวลชีวภาพของใบในป่าผสมผลัดใบ กับค่าสัดส่วนของสิ่งปกคลุมพืชสีเขียว (fc) และค่าดัชนีพืชพรรณแบบต่าง ๆ ได้แก่ ค่า IR/R ค่า NDVI ค่า VI ค่า Brightness ค่า Greenness และค่า Wetness ที่ได้จากภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM (ก่อนฤดูผลัดใบ)

		ปริมาณมวลชีวภาพของใบ	IR/R	NDVI	VI	Brightness	Greenness	Wetness	fc
ปริมาณมวลชีวภาพของใบ	Pearson Correlation	1.000	.716**	.711**	.485**	-.080	.459**	.163**	.709**
	Sig. (2-tailed)	.	.000	.000	.007	.676	.011	.390	.000
	N	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
IR/R	Pearson Correlation	.716**	1.000	.999**	.797**	.094**	.800**	.191	.999**
	Sig. (2-tailed)	.000	.	.000	.000	.622	.000	.312	.000
	N	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
NDVI	Pearson Correlation	.711**	.999**	1.000	.796**	.097**	.801**	.175**	1.000**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.	.000	.609	.000	.356	.000
	N	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
VI	Pearson Correlation	.485**	.797**	.796**	1.000	.635**	.945**	.156**	.795**
	Sig. (2-tailed)	.007	.000	.000	.	.000	.000	.410	.000
	N	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
Brightness	Pearson Correlation	-.080	.094**	.097**	.635**	1.000	.530**	-.239	.094
	Sig. (2-tailed)	.676	.622	.609	.000	.	.003	.203	.620
	N	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000

ตารางที่ 32 (ต่อ)

		ปริมาณมวล ชีวภาพของใบ	IR/R	NDVI	VI	Brightness	Greenness	Wetness	fc
Greenness	Pearson Correlation	.459**	.800**	.801**	.945**	.530**	1.000	.025**	.800**
	Sig. (2-tailed)	.011	.000	.000	.000	.003	.	.895	.000
	N	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
Wetness	Pearson Correlation	.163	.191	.175	.156	-.239	.025	1.000	.183
	Sig. (2-tailed)	.390	.312	.356	.410	.203	.895	.	.334
	N	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
fc	Pearson Correlation	.709**	.999**	1.000	.795**	.094	.800	.183	1.000
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.620	.000	.334	.
	N	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000

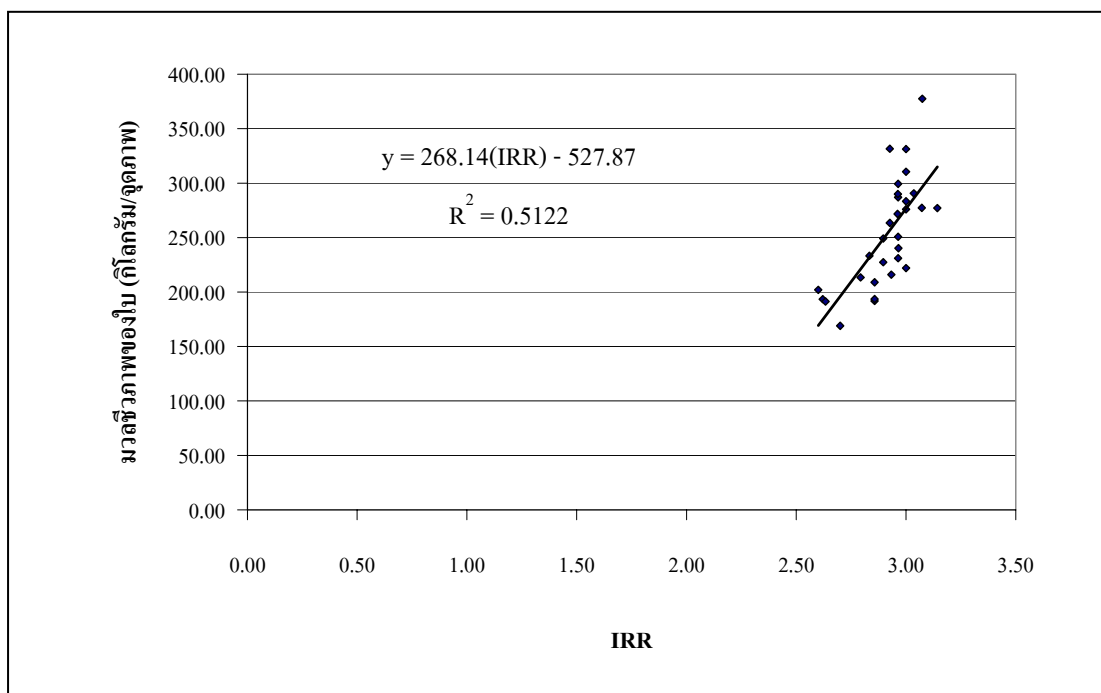
หมายเหตุ ** นัยสำคัญที่ระดับ 0.01

* นัยสำคัญที่ระดับ 0.05

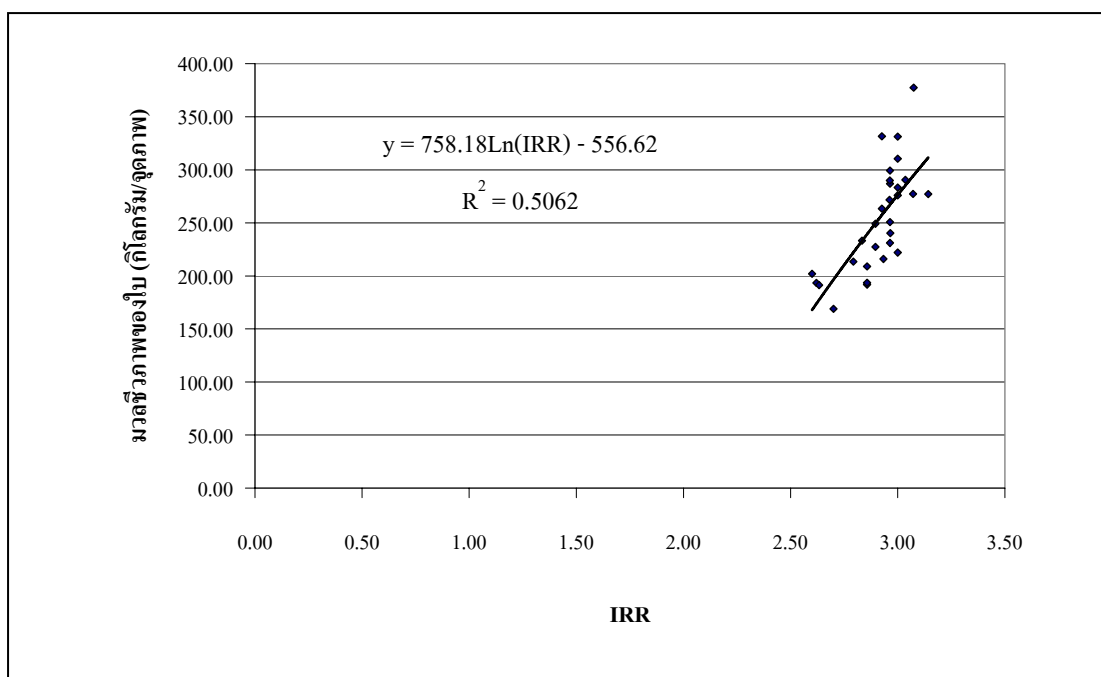
จากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Pearson ที่ได้ และจากการนำตัวแปรอิสระ ซึ่งได้แก่ ค่าสัดส่วนของสิ่งปกคลุมพืชสีเขียว (fc) และค่าดัชนีพืชพรรณแบบต่าง ๆ ได้แก่ ค่า IR/R ค่า NDVI ค่า VI ค่า Brightness ค่า Greenness และค่า Wetness กับตัวแปรตาม คือ ค่ามวลชีวภาพของใบในป่าผสมผลัดใบ มาวิเคราะห์หาสมการความสัมพันธ์ที่เหมาะสม โดยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (stepwise multiple regression analysis) เพื่อคัดเลือกตัวแปรอิสระเข้าสู่สมการความสัมพันธ์ แสดงดังภาพผนวกที่ 11 พบว่า มีตัวแปรอิสระ คือ ค่า IRR เพียงตัวแปรเดียวเท่านั้นที่ถูกเลือกเข้าสู่สมการ ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 โดยมีสมการความสัมพันธ์ดังนี้

$$\text{ค่ามวลชีวภาพของใบ} = 268.162(\text{IRR}) - 527.927 \quad (R^2 = 0.512)$$

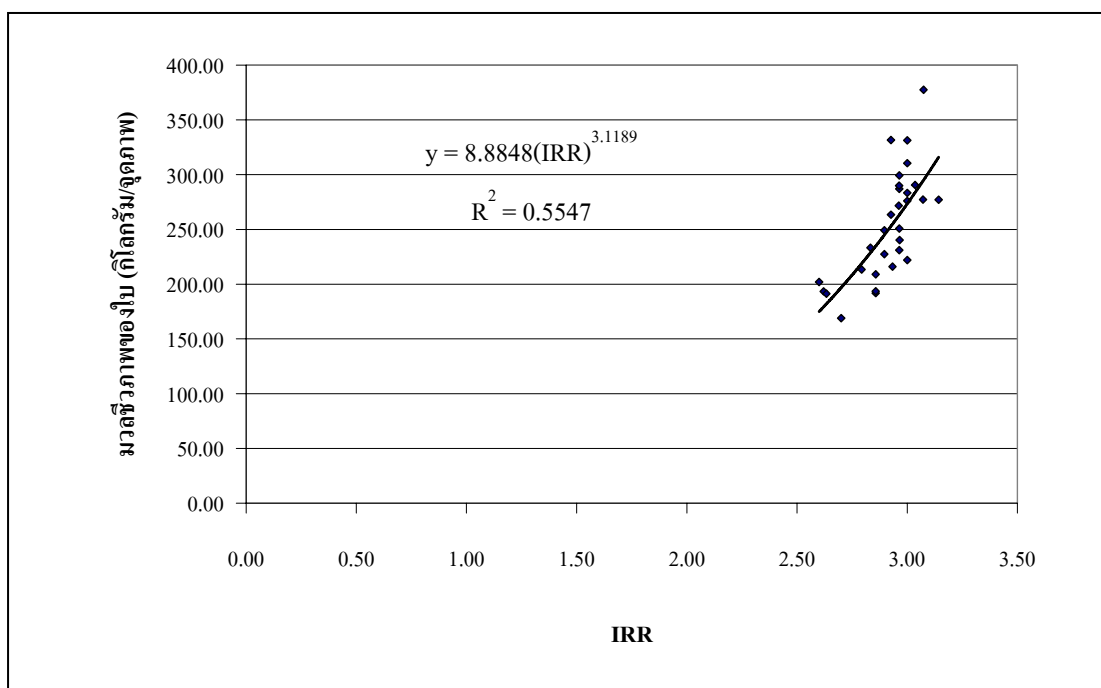
เมื่อทำการหาสมการที่ดีที่สุดเพื่อนำไปใช้ในการประมาณค่าตัวแปรตาม (ค่ามวลชีวภาพของใบ) ที่มีค่า IRR ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM เป็นตัวแปรอิสระ โดยกำหนดรูปแบบสมการที่มีความสัมพันธ์ในรูปแบบอื่น ๆ ได้แก่ แบบลอการิทึม แบบยกกำลัง และแบบเอ็กโพเนนเชียล ซึ่งเป็นรูปแบบของสมการเส้นโค้ง แสดงเป็น Scatter Plot และรูปแบบของสมการดังกล่าว ได้ดังภาพที่ 26 (ข) (ค) และ (ง)



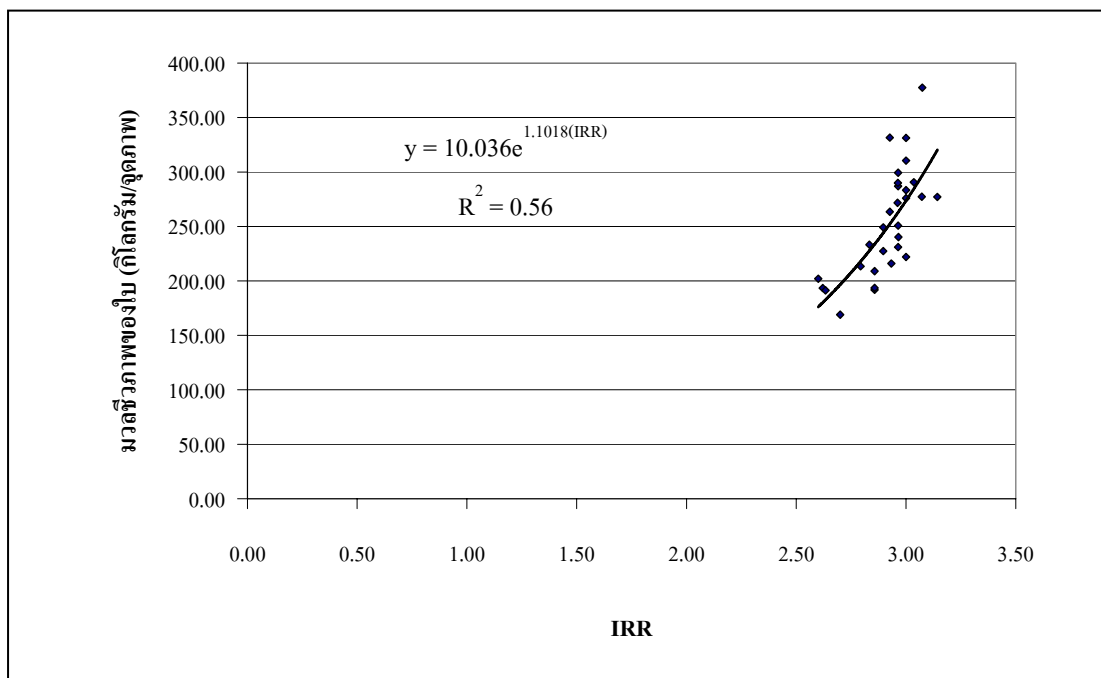
(ก)



(จ)



(ค)



(ง)

ภาพที่ 26 Scatter Plot และสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามูลค่าชีพภาพของใบในป่าผสมผลัดใบ กับค่า IRR ในรูปแบบ (ก) ความสัมพันธ์แบบเส้นตรง (ข) ความสัมพันธ์แบบลอการิทึม (ค) ความสัมพันธ์แบบยกกำลัง (ง) ความสัมพันธ์แบบเอ็กโพเนนเชียล

จากภาพที่ 26 เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) ของสมการในรูปแบบต่าง ๆ ดังกล่าว เพื่อเลือกรูปแบบสมการที่ดีที่สุด พบว่า สมการรูปแบบเอ็กโพเนนเชียล มีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) มากที่สุด เท่ากับ 0.56 หมายความว่า ตัวแปรอิสระ คือ ค่า IRR สามารถใช้พยากรณ์ค่ามูลค่าชีพภาพของใบได้ ร้อยละ 56.0 จึงได้สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามูลค่าชีพภาพของใบในป่าผสมผลัดใบ กับค่า IRR ในรูปแบบสมการแบบเอ็กโพเนนเชียล เป็นสมการที่ดีที่สุด โดยมีสมการความสัมพันธ์ ดังนี้

$$\text{ค่ามูลค่าชีพภาพของใบ} = 10.036e^{1.1018(IRR)} \quad (R^2 = 0.56)$$

เมื่อนำค่ามูลค่าชีพภาพของใบ กับค่า IRR ในป่าผสมผลัดใบ มาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อหาค่าความมีนัยสำคัญทางสถิติของสมการที่ได้ การทดสอบสมมติฐานโดยการทดสอบอย่างง่ายจากตัวทดสอบสถิติแบบ F ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยมีสมมติฐานดังนี้

$H_0 : \beta_1 = 0$ คือ ค่ามวลชีวภาพของใบ (Y_{lm}) ไม่มีความสัมพันธ์กับค่า IRR ในรูปแบบสมการเชิงเส้น

$H_1 : \beta_1 \neq 0$ คือ ค่ามวลชีวภาพของใบ (Y_{lm}) มีความสัมพันธ์กับค่า IRR ในรูปแบบสมการเชิงเส้น

สำหรับการทดสอบ $H_0 : \beta_1 = 0$ ด้วยการทดสอบแบบ F แสดงดังตารางที่ 33 ที่แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการประมาณค่ามวลชีวภาพของใบ ให้ค่าของตัวทดสอบสถิติ $F = 35.659$ พบว่า มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($\alpha = 0.05$) มีช่วงวิกฤติ CR: $F \geq F_{0.05}(1, 28) = 4.20$ ซึ่งค่าทดสอบสถิติมีค่ามากกว่าค่าที่ช่วงวิกฤติ ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 และยอมรับ H_1 นั่นคือ ความผันแปรของมวลชีวภาพของใบ (Y_{lm}) เกิดจากอิทธิพลของค่า IRR ตามรูปแบบสมการ $Y_{lm} = 10.03e^{1.1018(IRR)}$

ตารางที่ 33 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อหาค่าความมีนัยสำคัญทางสถิติ ของสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามวลชีวภาพของใบในป่าผสมผลัดใบ กับค่า IRR ในช่วงก่อนฤดูผลัดใบ

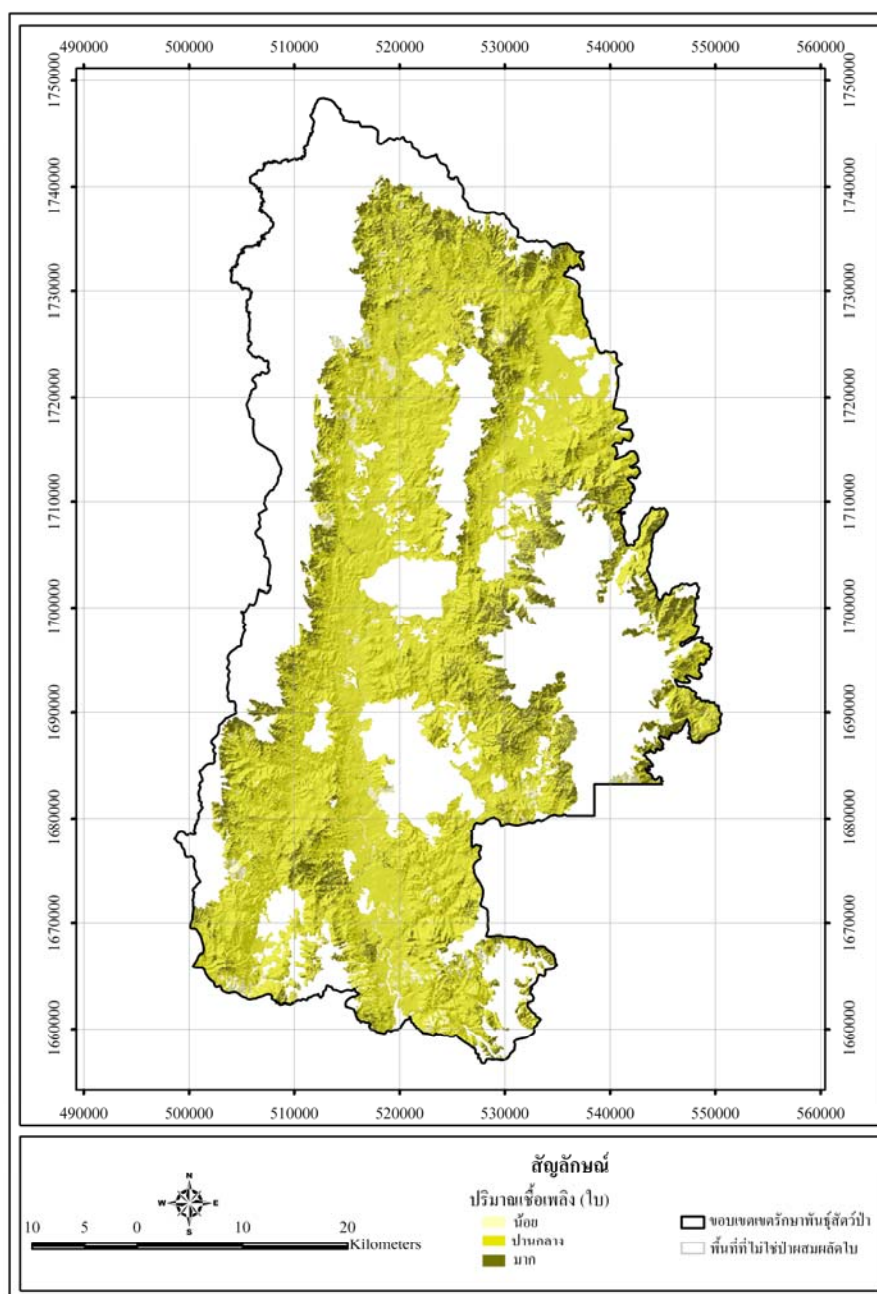
Sources of Variation	Sum of Squares	d.f.	Mean Square	F
Regression	0.62327300	1	0.62327300	35.659
Residual	0.48939032	28	0.01747823	
Total	1.11266332	29		

หมายเหตุ $F_{0.05}(1, 28) = 4.20$

2.2.1.3 การหาปริมาณเชื้อเพลิงใบ โดยจากการแทนค่ามวลชีวภาพของใบ ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในช่วงก่อนฤดูผลัดใบ (วันที่ 27 ต.ค. 47) ลงในสมการประมาณค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ จากข้อ 2.2.1.1 ก็จะได้ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ ทั่วทั้งพื้นที่ศึกษา

นำค่ามวลชีวภาพของใบ ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในแต่ละจุดภาพไปแทนในสมการประมาณค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ ที่ได้จากข้อ 2.2.1.1 ก็จะได้ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ ทั่วทั้งพื้นที่ศึกษา เฉพาะป่าผสมผลัดใบ ซึ่งมีเนื้อที่ เท่ากับ

1,683.137 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 1,051,960.513 ไร่ ได้ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบเฉลี่ยเท่ากับ 303.03 กิโลกรัมต่อจุดภาพ หรือ 538.72 กิโลกรัมต่อไร่ แสดงดังภาพที่ 27 และหากคำนวณจาก ข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลภาคสนาม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 330.664 กิโลกรัมต่อจุดภาพ หรือ 587.85 กิโลกรัมต่อไร่



ภาพที่ 27 ปริมาณเชื้อเพลิงใบ จากการประมาณค่ามวลชีวภาพของใบ ในป่าผสมผลัดใบ บริเวณ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง

2.2.2 การหาปริมาณเชื้อเพลิงใบ จากการประมาณค่าจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในพื้นที่ศึกษา

2.2.2.1 การหาปริมาณเชื้อเพลิงใบ จากค่าดัชนีต่าง ๆ ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในช่วงก่อนฤดูผลัดใบ (วันที่ 27 ต.ค. 47) ซึ่งได้แก่ ค่า f_c ค่า IR/R ค่า $NDVI$ ค่า VI ค่า $Brightness$ ค่า $Greenness$ และค่า $Wetness$

จากการนำค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบในป่าผสมผลัดใบ บริเวณพื้นที่ที่ไม่ถูกไฟไหม้ (ตัวแปรตาม) ที่คำนวณได้จากตารางที่ 29 กับค่าสัดส่วนของสิ่งปกคลุมพืชสีเขียว (f_c) และค่าดัชนีพืชพรรณแบบต่าง ๆ ได้แก่ ค่า IR/R ค่า $NDVI$ ค่า VI ค่า $Brightness$ ค่า $Greenness$ และค่า $Wetness$ ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในช่วงก่อนฤดูผลัดใบ ในป่าผสมผลัดใบ บริเวณพื้นที่ที่ไม่ถูกไฟไหม้ (ตัวแปรอิสระ) ที่คำนวณได้จากตารางที่ 12 มาวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Pearson เพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม และตัวแปรอิสระ รวมทั้งดูความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระด้วยกัน เพื่อเป็นข้อมูลในการตัดสินใจในการเลือกตัวแปรอิสระที่เหมาะสมในการสร้างสมการ ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ดังตารางที่ 34

จากตารางที่ 34 พบว่า ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบในป่าผสมผลัดใบ มีความสัมพันธ์ กับค่า IR/R มากที่สุด โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Pearson เท่ากับ 0.695 รองลงมาได้แก่ ค่า F_c ค่า $NDVI$ ค่า VI ค่า $Greenness$ ค่า $Wetness$ และค่า $Brightness$ ตามลำดับ

จากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Pearson ที่ได้ และจากการนำตัวแปรอิสระ ซึ่งได้แก่ ค่าสัดส่วนของสิ่งปกคลุมพืชสีเขียว (f_c) และค่าดัชนีพืชพรรณแบบต่าง ๆ ได้แก่ ค่า IR/R ค่า $NDVI$ ค่า VI ค่า $Brightness$ ค่า $Greenness$ และค่า $Wetness$ กับตัวแปรตาม คือ ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบในป่าผสมผลัดใบ มาวิเคราะห์หาสมการความสัมพันธ์ที่เหมาะสม โดยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (stepwise multiple regression analysis) เพื่อคัดเลือกตัวแปรอิสระเข้าสู่สมการความสัมพันธ์ แสดงดังภาพผนวกที่ 12 พบว่า มีตัวแปรอิสระ คือ ค่า IRR เพียงตัวแปรเดียวเท่านั้นที่ถูกเลือกเข้าสู่สมการ ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 โดยมีสมการความสัมพันธ์ดังนี้

$$\text{ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ} = 421.946(IRR) - 898.619 \quad (R^2 = 0.4836)$$

ตารางที่ 34 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบในป่าผสมผลัดใบ กับค่าสัดส่วนของสิ่งปกคลุมพืชสีเขียว (fc) และค่าดัชนีพืชพรรณแบบต่าง ๆ ได้แก่ ค่า IR/R ค่า NDVI ค่า VI ค่า Brightness ค่า Greenness และค่า Wetness ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM (ก่อนฤดูผลัดใบ)

		ปริมาณเชื้อเพลิงใบ	IR/R	NDVI	VI	Brightness	Greenness	Wetness	fc
ปริมาณ เชื้อเพลิงใบ	Pearson Correlation	1.000	.695**	.682**	.573**	.045	.521**	.288**	.683**
	Sig. (2-tailed)	.	.000	.000	.000	.815	.002	.123	.000
	N	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
IR/R	Pearson Correlation	.695**	1.000	.999**	.797**	.094	.800**	.191	.999**
	Sig. (2-tailed)	.000	.	.000	.000	.622	.000	.312	.000
	N	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
NDVI	Pearson Correlation	.682**	.999**	1.000	.796**	.097	.801**	.175**	1.000
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.	.000	.609	.000	.356	.000
	N	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
VI	Pearson Correlation	.573**	.797**	.796**	1.000	.635**	.945**	.156	.795**
	Sig. (2-tailed)	.001	.000	.000	.	.000	.000	.410	.000
	N	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
Brightness	Pearson Correlation	.045**	.094**	.097	.635**	1.000	.530**	-.239	.094**
	Sig. (2-tailed)	.815	.622	.609	.000	.	.003	.203	.620
	N	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000

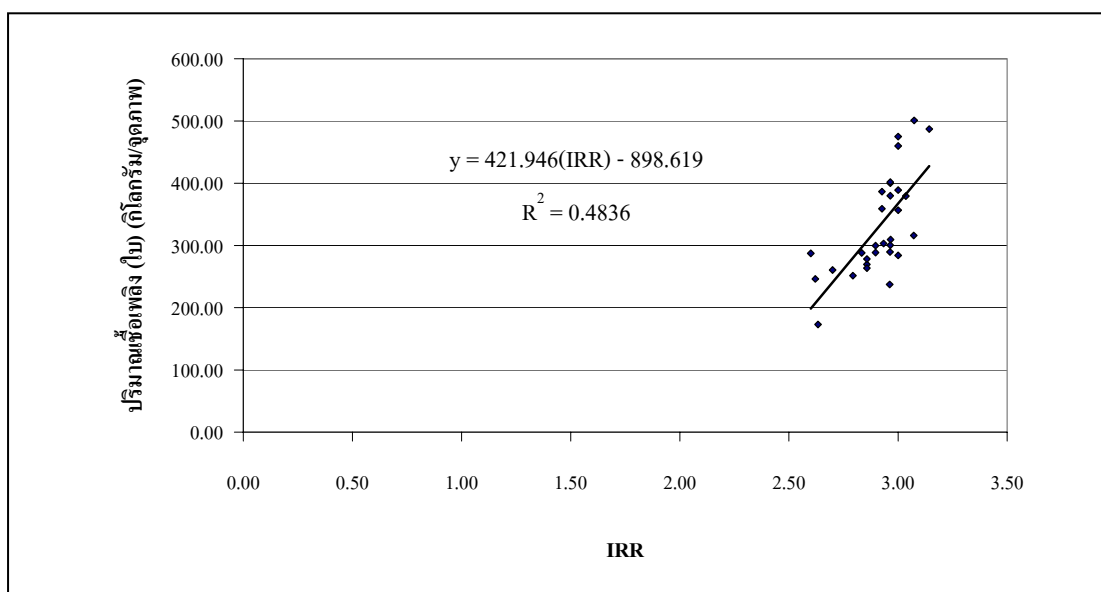
ตารางที่ 34 (ต่อ)

		ปริมาณเชื้อเพลิงใบ	IR/R	NDVI	VI	Brightness	Greenness	Wetness	fc
Greenness	Pearson Correlation	.521**	.800**	.801**	.945**	.530**	1.000	.025*	.800**
	Sig. (2-tailed)	.003	.000	.000	.000	.003	.	.895	.000
	N	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
Wetness	Pearson Correlation	.288*	.191	.175	.156**	-.239	.025	1.000	.183**
	Sig. (2-tailed)	.123	.312	.356	.410	.203	.895	.	.334
	N	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
fc	Pearson Correlation	.683**	.999*	1.000	.795**	.094*	.800*	.183	1.000
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.620	.000	.334	.
	N	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000

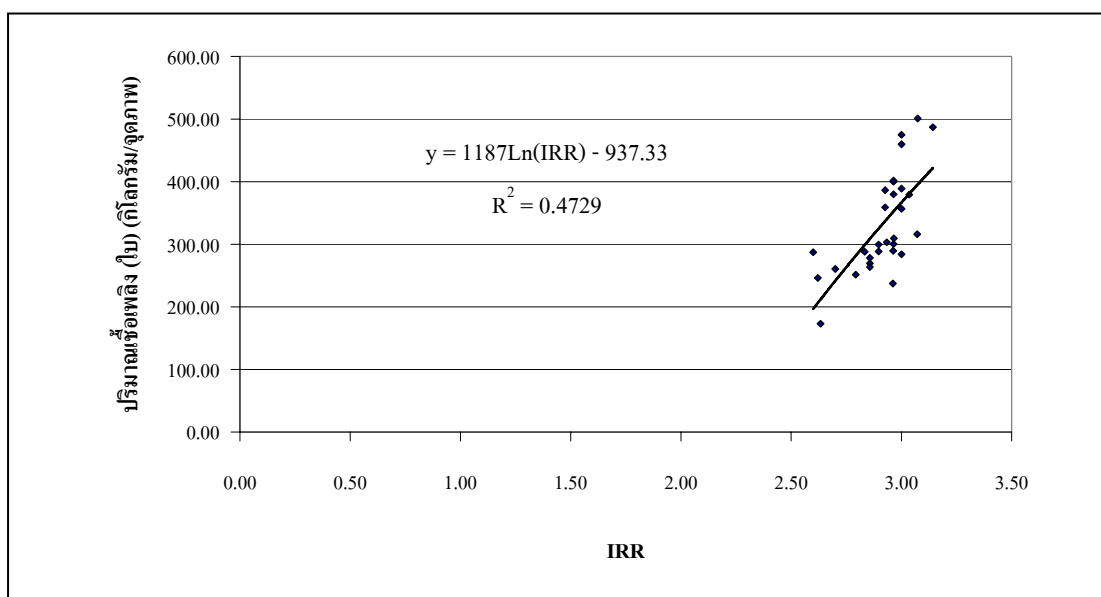
หมายเหตุ ** นัยสำคัญที่ระดับ 0.01

* นัยสำคัญที่ระดับ 0.05

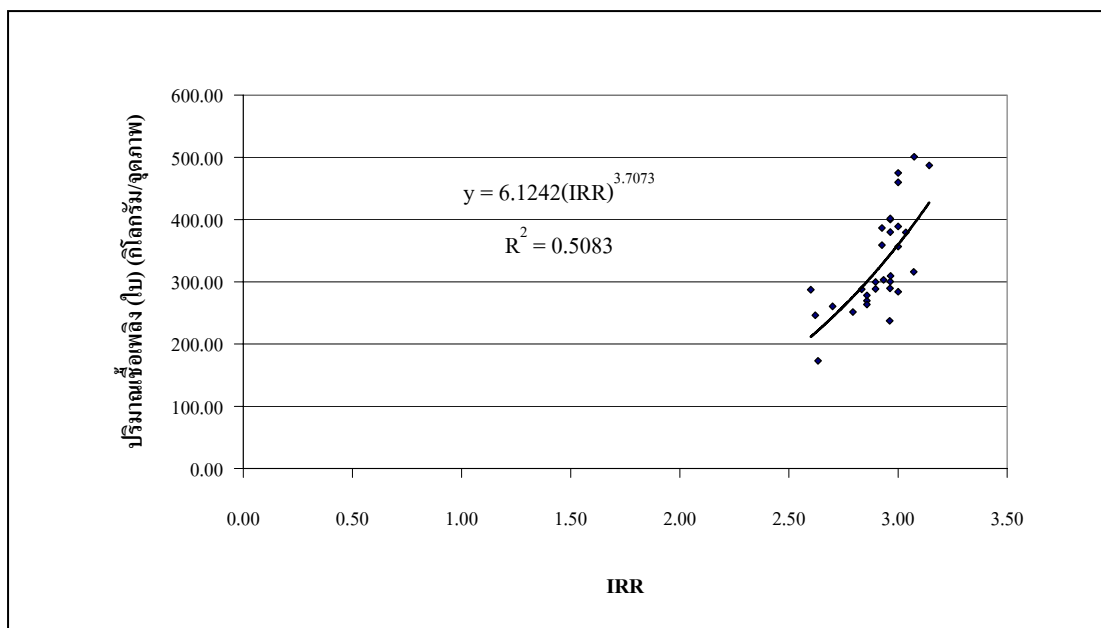
เมื่อทำการหาสมการที่ดีที่สุดเพื่อนำไปใช้ในการประมาณค่าตัวแปรตาม (ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ) ที่มีค่า IRR ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM เป็นตัวแปรอิสระ โดยกำหนดรูปแบบสมการที่มีความสัมพันธ์ในรูปแบบอื่น ๆ ได้แก่ แบบลอการิทึม แบบยกกำลัง และแบบเอ็กโพเนนเชียล ซึ่งเป็นรูปแบบของสมการเส้นโค้ง แสดงเป็น Scatter Plot และรูปแบบของสมการดังกล่าว ได้ดังภาพที่ 28 (ข) (ค) และ (ง)



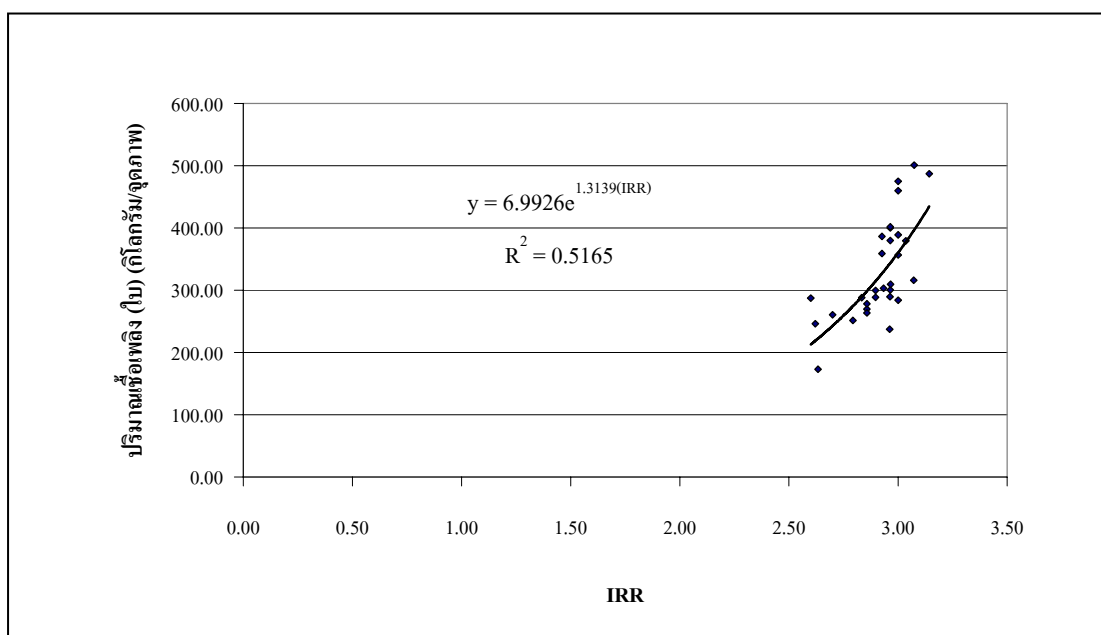
(ก)



(ข)



(ก)



(ง)

ภาพที่ 28 Scatter Plot และสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณเชื้อเพลิงไปในป่าผสม
ผลัดใบ กับค่า IRR ในรูปแบบ (ก) ความสัมพันธ์แบบเส้นตรง (ข) ความสัมพันธ์แบบ
ลอการิทึม (ค) ความสัมพันธ์แบบยกกำลัง (ง) ความสัมพันธ์แบบเอ็กโพเนนเชียล

จากภาพที่ 28 เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) ของสมการในรูปแบบต่าง ๆ ดังกล่าว เพื่อเลือกรูปแบบสมการที่ดีที่สุด พบว่า สมการรูปแบบเอ็กโพเนนเชียล มีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) มากที่สุด เท่ากับ 0.5165 หมายความว่า ตัวแปรอิสระ คือ ค่า IRR สามารถใช้พยากรณ์ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ ได้ร้อยละ 51.65 จึงได้สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบในป่าผสมผลัดใบ กับค่า IRR ในรูปแบบสมการแบบเอ็กโพเนนเชียลเป็นสมการที่ดีที่สุด โดยมีสมการความสัมพันธ์ ดังนี้

$$\text{ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ} = 6.9926e^{1.3139(IRR)} \quad (R^2 = 0.5165)$$

เมื่อนำค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ กับค่า IR/R ในป่าผสมผลัดใบ มาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อหาค่าความมีนัยสำคัญทางสถิติของสมการที่ได้ การทดสอบสมมติฐานโดยการทดสอบอย่างง่ายจากตัวทดสอบสถิติแบบ F ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยมีสมมติฐานดังนี้

$H_0 : \beta_1 = 0$ คือ ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ (Y_{nm}) ไม่มีความสัมพันธ์ กับค่า IR/R ในรูปแบบสมการเชิงเส้น

$H_1 : \beta_1 \neq 0$ คือ ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ (Y_{nm}) มีความสัมพันธ์ กับค่า IR/R ในรูปแบบสมการเชิงเส้น

สำหรับการทดสอบ $H_0 : \beta_1 = 0$ ด้วยการทดสอบแบบ F แสดงดังตารางที่ 35 ที่แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการประมาณค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ ให้ค่าของตัวทดสอบสถิติ $F = 26.806$ พบว่า มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($\alpha = 0.05$) มีช่วงวิกฤติ CR: $F \geq F_{0.05}(1, 28) = 4.20$ ซึ่งค่าทดสอบสถิติมีค่ามากกว่าค่าที่ช่วงวิกฤติ ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 และยอมรับ H_1 นั่นคือ ความผันแปรของปริมาณเชื้อเพลิงใบ (Y_{nm}) เกิดจากอิทธิพลของค่า IR/R ตามรูปแบบสมการ $Y_{\text{nm}} = 6.9926e^{1.3139(IRR)}$

ตารางที่ 35 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อหาค่าความมีนัยสำคัญทางสถิติ ของ
สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบในป่าผสมผลัดใบ กับ
ค่า IR/R ในช่วงก่อนฤดูผลัดใบ

Sources of Variation	Sum of Squares	d.f.	Mean Square	F
Regression	1.7245300	1	1.7245300	26.80552
Residual	1.8013766	28	0.0643349	
Total	3.5259066	29		

หมายเหตุ $F_{0.05}(1, 28) = 4.20$

2.2.2.2 การหาปริมาณเชื้อเพลิงใบ จากค่าดัชนีต่าง ๆ ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่าย
จากดาวเทียม Landsat 5 TM ในช่วงหลังฤดูผลัดใบ (วันที่ 16 ก.พ. 48) ซึ่งได้แก่ ค่า fc ค่า IR/R
ค่า NDVI ค่า VI ค่า Brightness ค่า Greenness และค่า Wetness

จากการนำค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบในป่าผสมผลัดใบ บริเวณพื้นที่ที่ไม่ถูกไฟไหม้ (ตัวแปรตาม) ที่คำนวณได้จากตารางที่ 29 กับค่าสัดส่วนของสิ่งปกคลุมพืชสีเขียว (fc) และค่าดัชนีพืชพรรณแบบต่าง ๆ ได้แก่ ค่า IR/R ค่า NDVI ค่า VI ค่า Brightness ค่า Greenness และค่า Wetness ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในช่วงหลังฤดูผลัดใบ ในป่าผสมผลัดใบ บริเวณพื้นที่ที่ไม่ถูกไฟไหม้ (ตัวแปรอิสระ) ที่คำนวณได้จากตารางที่ 13 มาวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Pearson เพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม และตัวแปรอิสระ รวมทั้งดูความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระด้วยกัน เพื่อเป็นข้อมูลในการตัดสินใจในการเลือกตัวแปรอิสระที่เหมาะสมในการสร้างสมการ ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ดังตารางที่ 36

จากตารางที่ 36 พบว่า ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบในป่าผสมผลัดใบ มีความสัมพันธ์ กับค่า Fc มากที่สุด โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Pearson เท่ากับ 0.754 รองลงมาได้แก่ ค่า IR/R ค่า NDVI ค่า Greenness ค่า VI ค่า Wetness และค่า Brightness ตามลำดับ

ตารางที่ 36 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบในป่าผสมผลัดใบ กับค่าสัดส่วนของสิ่งปกคลุมพืชสีเขียว (fc) และค่าดัชนีพืชพรรณแบบต่างๆ ได้แก่ ค่า IR/R ค่า NDVI ค่า VI ค่า Brightness ค่า Greenness และค่า Wetness ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM (หลังฤดูผลัดใบ)

		ปริมาณเชื้อเพลิงใบ	IR/R	NDVI	VI	Brightness	Greenness	Wetness	fc
ปริมาณ เชื้อเพลิงใบ	Pearson Correlation	1.000	.747**	.742**	.721**	-.436	.723**	.642**	.754**
	Sig. (2-tailed)	.	.000	.000	.000	.016	.000	.000	.000
	N	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
IR/R	Pearson Correlation	.747**	1.000	.990**	.952**	-.552	.946**	.808**	.989**
	Sig. (2-tailed)	.000	.	.000	.000	.002	.000	.000	.000
	N	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
NDVI	Pearson Correlation	.742**	.990**	1.000	.966**	-.536	.964**	.794**	.999**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.	.000	.002	.000	.000	.000
	N	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
VI	Pearson Correlation	.721**	.952**	.966**	1.000	-.331**	.993**	.701**	.966**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.	.074	.000	.000	.000
	N	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
Brightness	Pearson Correlation	-.436**	-.552**	-.536**	-.331	1.000	-.357	-.842**	-.537**
	Sig. (2-tailed)	.016	.002	.002	.074	.	.053	.000	.002
	N	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000

ตารางที่ 36 (ต่อ)

		ปริมาณเชื้อเพลิงใบ	IR/R	NDVI	VI	Brightness	Greenness	Wetness	fc
Greenness	Pearson Correlation	.723**	.946**	.964**	.993**	-.357	1.000	.713**	.965**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.053	.	.000	.000
	N	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
Wetness	Pearson Correlation	.642**	.808**	.794**	.701**	-.842**	.713**	1.000	.799**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.	.000
	N	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
fc	Pearson Correlation	.754**	.989**	0.999**	.966**	-.537**	.965**	.799**	1.000
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.002	.000	.000	.
	N	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000

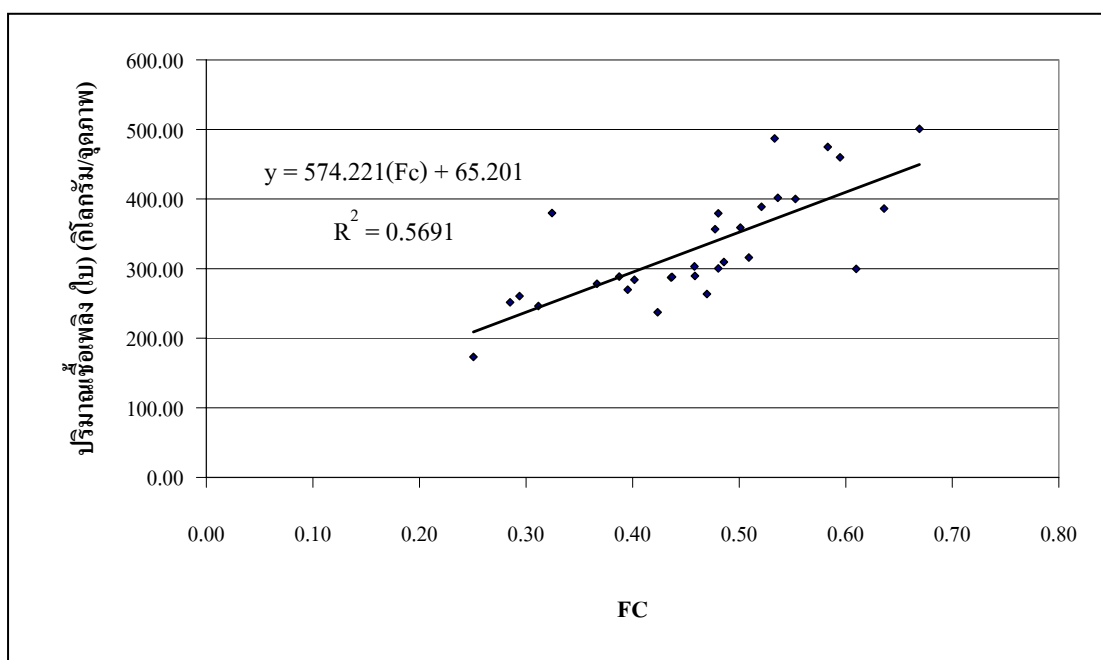
หมายเหตุ ** นัยสำคัญที่ระดับ 0.01

* นัยสำคัญที่ระดับ 0.05

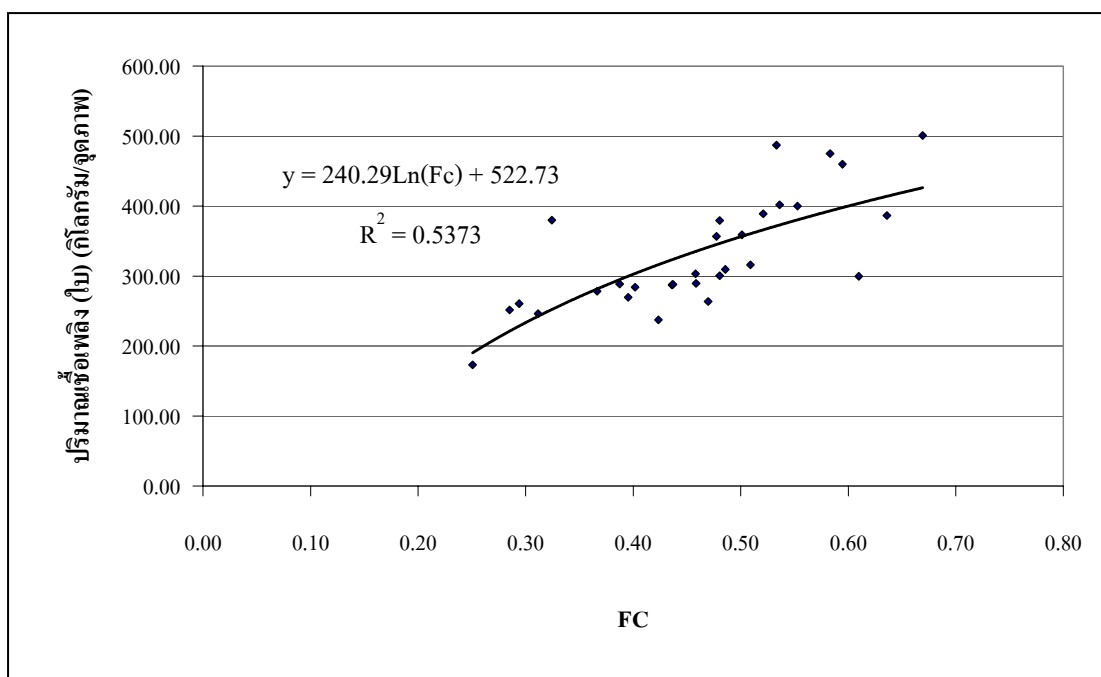
จากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Pearson ที่ได้ และจากการนำตัวแปรอิสระ ซึ่งได้แก่ ค่าสัดส่วนของสิ่งปกคลุมพืชสีเขียว (fc) และค่าดัชนีพืชพรรณแบบต่าง ๆ ได้แก่ ค่า IR/R ค่า NDVI ค่า VI ค่า Brightness ค่า Greenness และค่า Wetness กับตัวแปรตาม คือ ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบในป่าผสมผลัดใบ มาวิเคราะห์หาสมการความสัมพันธ์ที่เหมาะสม โดยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (stepwise multiple regression analysis) เพื่อคัดเลือกตัวแปรอิสระเข้าสู่สมการความสัมพันธ์ แสดงดังภาพผนวกที่ 13 พบว่า มีตัวแปรอิสระ คือ ค่า Fc เพียงตัวแปรเดียวเท่านั้นที่ถูกเลือกเข้าสู่สมการ ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 โดยมีสมการความสัมพันธ์ดังนี้

$$\text{ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ} = 574.221(\text{Fc}) + 65.201 \quad (R^2 = 0.569)$$

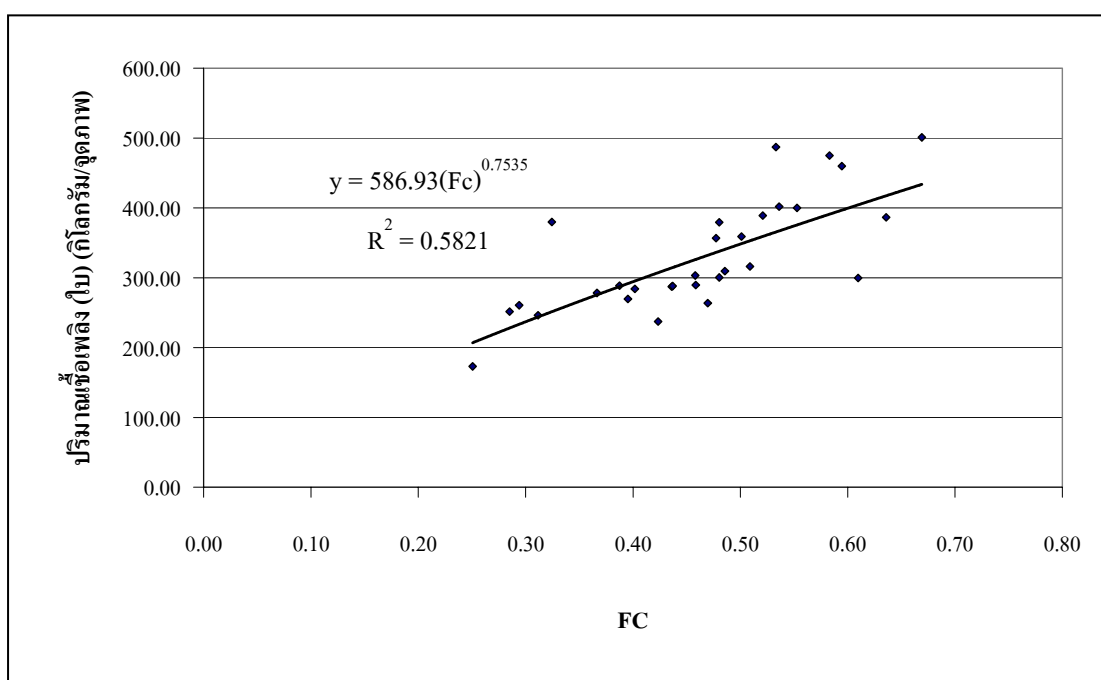
เมื่อทำการหาสมการที่ดีที่สุดเพื่อนำไปใช้ในการประมาณค่าตัวแปรตาม (ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ) ที่มีค่า Fc ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM เป็นตัวแปรอิสระ โดยกำหนดรูปแบบสมการที่มีความสัมพันธ์ในรูปแบบอื่น ๆ ได้แก่ แบบลอการิทึม แบบยกกำลัง และแบบเอ็กโพเนนเชียล ซึ่งเป็นรูปแบบของสมการเส้นโค้ง แสดงเป็น Scatter Plot และรูปแบบของสมการดังกล่าว ได้ดังภาพที่ 29 (ข) (ค) และ (ง)



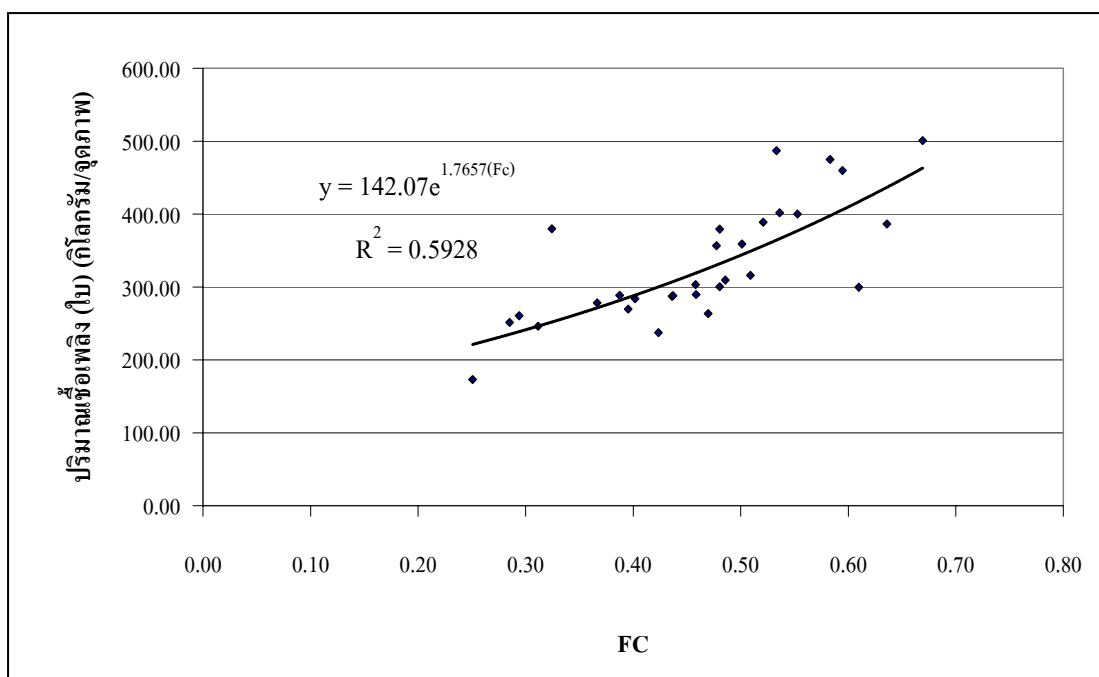
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

ภาพที่ 29 Scatter Plot และสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบในป่าผสมผลัดใบ กับค่า Fc ในรูปแบบ (ก) ความสัมพันธ์แบบเส้นตรง (ข) ความสัมพันธ์แบบลอการิทึม (ค) ความสัมพันธ์แบบยกกำลัง (ง) ความสัมพันธ์แบบเอ็กโพเนนเชียล

จากภาพที่ 29 เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) ของสมการในรูปแบบต่าง ๆ ดังกล่าว เพื่อเลือกรูปแบบสมการที่ดีที่สุด พบว่า สมการรูปแบบเอ็กโพเนนเชียล มีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) มากที่สุด เท่ากับ 0.5928 หมายความว่า ตัวแปรอิสระ คือค่า Fc สามารถใช้พยากรณ์ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ ได้ร้อยละ 59.28 จึงได้สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบในป่าผสมผลัดใบ กับค่า Fc ในรูปแบบสมการแบบเอ็กโพเนนเชียล เป็นสมการที่ดีที่สุด โดยมีสมการความสัมพันธ์ ดังนี้

$$\text{ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ} = 142.07e^{1.7657(FC)} \quad (R^2 = 0.5928)$$

เมื่อนำค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ กับค่า Fc ในป่าผสมผลัดใบ มาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อหาค่าความมีนัยสำคัญทางสถิติของสมการที่ได้ การ

ทดสอบสมมติฐานโดยการทดสอบอย่างง่ายจากตัวทดสอบสถิติแบบ F ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยมีสมมติฐานดังนี้

$H_0 : \beta_1 = 0$ คือ ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ (Y_{lm}) ไม่มีความสัมพันธ์ กับค่า F_c ในรูปแบบสมการเชิงเส้น

$H_1 : \beta_1 \neq 0$ คือ ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ (Y_{lm}) มีความสัมพันธ์ กับค่า F_c ในรูปแบบสมการเชิงเส้น

สำหรับการทดสอบ $H_0 : \beta_1 = 0$ ด้วยการทดสอบแบบ F แสดงดังตารางที่ 37 ที่แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการประมาณค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ ให้ค่าของตัวทดสอบสถิติ $F = 40.560$ พบว่า มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($\alpha = 0.05$) มีช่วงวิกฤติ $CR: F \geq F_{0.05}(1, 28) = 4.20$ ซึ่งค่าทดสอบสถิติมีค่ามากกว่าค่าที่ช่วงวิกฤติ ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 และยอมรับ H_1 นั่นคือ ความผันแปรของปริมาณเชื้อเพลิงใบ (Y_{lm}) เกิดจากอิทธิพลของค่า F_c ตามรูปแบบสมการ $Y_{\text{lm}} = 142.07e^{1.7657(F_c)}$

ตารางที่ 37 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อหาค่าความมีนัยสำคัญทางสถิติของสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบในป่าผสมผลัดใบ กับค่า F_c ในช่วงหลังฤดูผลัดใบ

Sources of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Regression	1.0149030	1	1.0149030	40.5602
Residual	0.7006144	28	0.0250219	
Total	0.7155174	29		

หมายเหตุ $F_{0.05}(1, 28) = 4.20$

2.2.2.3 ทำการทดสอบสมการปริมาณเชื้อเพลิงใบ ที่ได้จากค่าดัชนีต่าง ๆ จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในช่วงก่อนฤดูผลัดใบ (วันที่ 27 ต.ค. 47) และช่วงหลังฤดูผลัดใบ (วันที่ 16 ก.พ. 48)

เมื่อนำสมการปริมาณเชื้อเพลิงใบ ได้จากค่าดัชนีต่าง ๆ จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในช่วงก่อนฤดูผลัดใบ และช่วงหลังฤดูผลัดใบ มาคำนวณค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ ในตำแหน่งพิกัดเดียวกัน (จำนวน 30 จุด) แสดงตามตารางที่ 38

$$\text{ปริมาณเชื้อเพลิงใบ} = f(\text{Landsat 5 TM ช่วงก่อนฤดูผลัดใบ})$$

$$\text{ปริมาณเชื้อเพลิงใบ} = f(\text{Landsat 5 TM ช่วงหลังฤดูผลัดใบ})$$

ตารางที่ 38 ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบที่คำนวณได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในช่วงก่อน และช่วงหลังฤดูผลัดใบ ในตำแหน่งพิกัดเดียวกัน ในป่าผสมผลัดใบ

: ต่อเนื้อที่แปลง 900 ม²

แปลง ที่	ตำแหน่งพิกัดกลางแปลง ระบบ UTM (ตะวันออก, เหนือ)	ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ (กก.)	
		Landsat 5 TM (ก่อนฤดูผลัดใบ)	Landsat 5 TM (หลังฤดูผลัดใบ)
		(วันที่ 27 ต.ค. 47)	(วันที่ 16 ก.พ. 48)
1	531358, 1716062	272.12	300.19
2	531714, 1717279	297.75	319.89
3	531703, 1717481	246.99	253.78
4	531273, 1718214	298.52	301.41
5	531760, 1718918	326.75	325.64
6	532015, 1714650	331.07	393.07
7	532157, 1714846	337.26	404.47
8	532643, 1715424	396.98	379.09
9	532913, 1715961	342.41	325.64
10	532825, 1715661	326.76	345.31
11	532776, 1716695	271.78	294.24
12	532859, 1717072	343.05	331.20
13	532302, 1717332	248.40	313.15
14	531949, 1719218	287.15	279.94
15	531653, 1714658	402.81	361.49
16	531600, 1715042	356.80	370.50
17	531883, 1715923	327.90	313.15

ตารางที่ 38 (ต่อ)

: ต่อเนื้อที่แปลง 900 ม²

แปลง ที่	ตำแหน่งพิกัดกลางแปลง ระบบ UTM (ตะวันออก, เหนือ)	ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ (กก.)	
		Landsat 5 TM (ก่อนฤดูผลัดใบ) (วันที่ 27 ต.ค. 47)	Landsat 5 TM (หลังฤดูผลัดใบ) (วันที่ 16 ก.พ. 48)
18	531653, 1716004	325.54	265.77
19	531197, 1717294	327.90	362.46
20	530770, 1717727	344.21	331.20
21	530708, 1717512	327.90	372.43
22	530831, 1717253	442.76	581.86
23	534684, 1724502	312.87	268.76
24	531549, 1717035	335.37	368.25
25	531731, 1716742	307.05	313.15
26	531876, 1716564	312.87	333.27
27	532751, 1720687	269.75	288.77
28	534129, 1723586	328.96	273.09
29	534630, 1723984	241.74	237.39
30	533713, 1725935	250.66	239.64

นำค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบทั้ง 2 แบบ คือ ในช่วงก่อนฤดูผลัดใบ และ ช่วงหลังฤดูผลัดใบดังกล่าว มาตรวจสอบว่าข้อมูลทั้งสองมีความแตกต่างกันหรือไม่ โดยใช้วิธีการทดสอบ t- test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยมีสมมติฐานดังนี้

$H_0 : \mu_{\text{ก่อนผลัดใบ}} - \mu_{\text{หลังผลัดใบ}} = 0$ คือ ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบเฉลี่ย ในช่วงก่อนฤดูผลัดใบ และช่วงหลังฤดูผลัดใบ ไม่แตกต่างกัน

$H_1 : \mu_{\text{ก่อนผลัดใบ}} - \mu_{\text{หลังผลัดใบ}} \neq 0$ คือ ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบเฉลี่ย ในช่วงก่อนฤดูผลัดใบ และช่วงหลังฤดูผลัดใบ แตกต่างกัน

สำหรับการทดสอบ $\mu_{\text{ก่อนผลัดใบ}} - \mu_{\text{หลังผลัดใบ}} = 0$ ด้วยการทดสอบแบบ t- test แสดงดังภาพผนวกที่ 14 ซึ่งให้ค่าตัวทดสอบสถิติ $t = -1.375$ และ $P\text{-value} = 0.180$ พบว่า ค่า

ปริมาณเชื้อเพลิงใบทั้ง 2 แบบ คือ ในช่วงก่อนฤดูผลัดใบ และช่วงหลังฤดูผลัดใบไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($\alpha = 0.05$) มีช่วงวิกฤติ $CR:t \geq t_{(0.025, 29)} = 2.045$ ซึ่งค่าทดสอบสถิติมีค่าน้อยกว่าค่าที่ช่วงวิกฤติ ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_1 และยอมรับ H_0 และค่า $P\text{-value} = 0.180$ ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 ดังนั้น จึงยอมรับ H_0 นั่นคือ $\mu_{\text{ก่อนผลัดใบ}} - \mu_{\text{หลังผลัดใบ}} = 0$ ด้วย เหตุนี้จึงสรุปได้ว่า สมการปริมาณเชื้อเพลิงใบในป่าผสมผลัดใบที่ได้จากค่าดัชนีต่าง ๆ จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในช่วงก่อนฤดูผลัดใบ และช่วงหลังฤดูผลัดใบ สามารถใช้แทนกันได้

2.2.2.4 ทำการเลือกสมการที่ดีที่สุดในการประมาณปริมาณเชื้อเพลิงใบจากค่าดัชนีต่าง ๆ ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในพื้นที่ศึกษา

จากการสร้างสมการประมาณค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในช่วงก่อนฤดูผลัดใบ และช่วงหลังฤดูผลัดใบ ซึ่งมีรูปแบบความสัมพันธ์ดังนี้

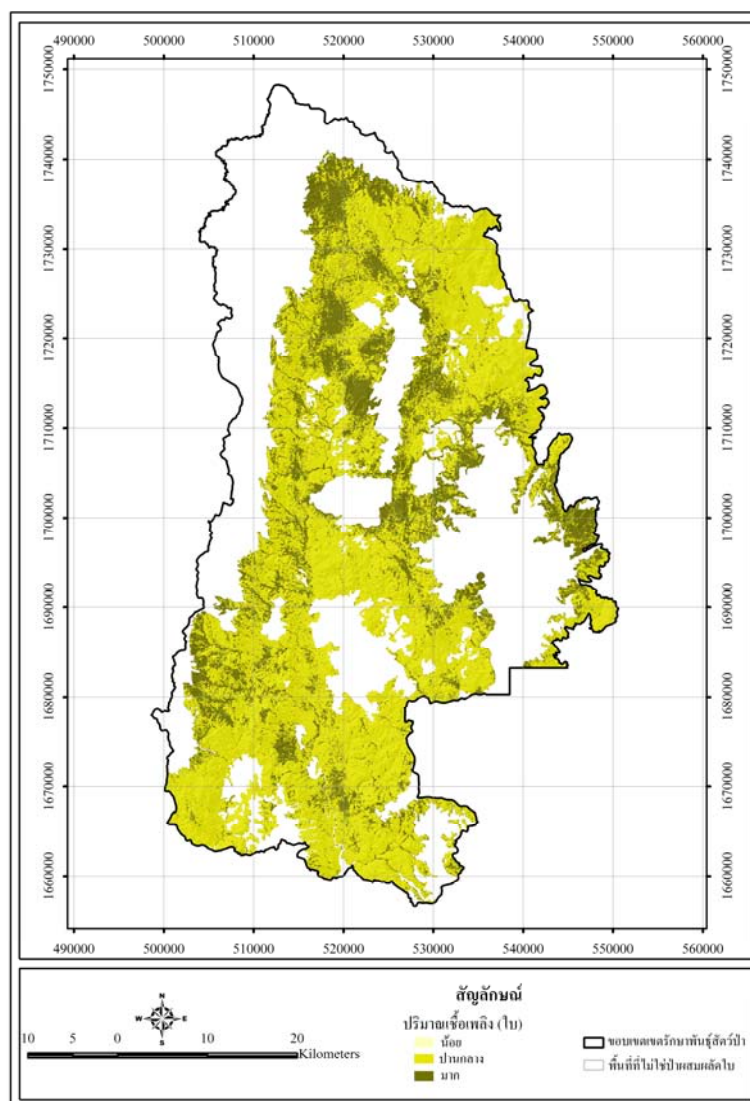
$$\begin{aligned} \text{ปริมาณเชื้อเพลิงใบ} &= f(\text{Landsat 5 TM ช่วงก่อนฤดูผลัดใบ}) \\ &= 6.9926e^{1.3139(\text{IRR})} \quad (R^2 = 0.5165) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณเชื้อเพลิงใบ} &= f(\text{Landsat 5 TM ช่วงหลังฤดูผลัดใบ}) \\ &= 142.07e^{1.7657(\text{Fc})} \quad (R^2 = 0.5928) \end{aligned}$$

จากสมการความสัมพันธ์ดังกล่าว ที่ได้จากการศึกษา พบว่า สมการปริมาณเชื้อเพลิงใบ = $f(\text{Landsat 5 TM ช่วงหลังฤดูผลัดใบ})$ ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเชื้อเพลิงใบ กับค่า F_c ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในช่วงหลังฤดูผลัดใบ เป็นสมการที่ดีที่สุดที่เลือกมาใช้ในการพยากรณ์ปริมาณเชื้อเพลิงใบในพื้นที่ศึกษาเนื่องจากเป็นสมการความสัมพันธ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) มากที่สุด เท่ากับ 0.5928 ซึ่งมีรูปแบบความสัมพันธ์ดังนี้

$$\text{ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ} = 142.07e^{1.7657(Fc)} \quad (R^2 = 0.5928)$$

เมื่อนำสมการที่ดีที่สุดมาคำนวณค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบในป่าผสมผลัดใบจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM โดยใช้ค่า Fc เป็นตัวแปรอิสระ คิดเฉพาะพื้นที่ป่าผสมผลัดใบที่อยู่ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง ซึ่งมีเนื้อที่เท่ากับ 1,683.137 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 1,051,960.513 ไร่ ได้ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบเฉลี่ยเท่ากับ 316.12 กิโลกรัมต่อจุดภาพ หรือ 561.99 กิโลกรัมต่อไร่ แสดงดังภาพที่ 30 และหากคำนวณจากข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลภาคสนาม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 330.66 กิโลกรัมต่อจุดภาพ หรือ 587.85 กิโลกรัมต่อไร่



ภาพที่ 30 ปริมาณเชื้อเพลิงใบ จากการประมาณค่าจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในป่าผสมผลัดใบ บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง

2.2.3 การเปรียบเทียบค่าปริมาณมวลชีวภาพที่ผิวดินในรูป ปริมาณเชื้อเพลิงใบ
ที่ได้จากการประมาณค่ามวลชีวภาพของใบ และจากการประมาณค่าจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาว
เทียม Landsat 5 TM ในพื้นที่ศึกษา

เมื่อนำสมการปริมาณเชื้อเพลิงใบ ที่ได้จากค่ามวลชีวภาพของใบ และจากค่า
ดัชนีต่าง ๆ จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM (ช่วงก่อน และหลังฤดูผลัดใบ) ที่ได้ทำ
การทดสอบแล้วว่าเป็นสมการที่ดีที่สุด มาคำนวณค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบในตำแหน่งพิกัดเดียวกัน
(โดยใช้ตำแหน่งพิกัดเดียวกันกับตำแหน่งพิกัดของจุดสำรวจที่ใช้สำหรับทดสอบค่าปริมาณ
เชื้อเพลิงใบจากข้อมูลจริงที่ได้จากภาคสนาม) แสดงดังตารางที่ 39

$$\text{ปริมาณเชื้อเพลิงใบ} = f(\text{มวลชีวภาพของใบ})$$

$$\text{ปริมาณเชื้อเพลิงใบ} = f(\text{Landsat 5 TM (ช่วงหลังฤดูผลัดใบ)})$$

นำค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ ทั้ง 2 แบบดังกล่าว มาตรวจสอบว่าข้อมูลทั้งสองมี
ความแตกต่างกันหรือไม่ โดยใช้วิธีการทดสอบ t- test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยมี
สมมติฐานดังนี้

$H_0 : \mu_{\text{มวลชีวภาพของใบ}} - \mu_{\text{Landsat 5 TM}} = 0$ คือ ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบเฉลี่ยที่ได้
จากค่ามวลชีวภาพของใบ และจากค่าดัชนีต่าง ๆ จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM
(ช่วงหลังฤดูผลัดใบ) ไม่แตกต่างกัน

$H_1 : \mu_{\text{มวลชีวภาพของใบ}} - \mu_{\text{Landsat 5 TM}} \neq 0$ คือ ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบเฉลี่ยที่ได้
จากค่ามวลชีวภาพของใบ และจากค่าดัชนีต่าง ๆ จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM
(ช่วงหลังฤดูผลัดใบ) แตกต่างกัน

สำหรับการทดสอบ $\mu_{\text{มวลชีวภาพของใบ}} - \mu_{\text{Landsat 5 TM}} = 0$ ด้วยการทดสอบแบบ
t- test แสดงดังภาพผนวกที่ 15 ซึ่งให้ค่าตัวทดสอบสถิติ $t = 0.525$ และ $P\text{-value} = 0.605$ พบว่า ค่า
ปริมาณเชื้อเพลิงใบทั้ง 2 แบบ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95
เปอร์เซนต์ ($\alpha = 0.05$) มีช่วงวิกฤติ $CR: t \geq F_{(0.025, 19)} = 2.093$ ซึ่งค่าทดสอบสถิติมีค่าน้อยกว่าค่าที่
ช่วงวิกฤติ ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_1 และยอมรับ H_0 และค่า $P\text{-value} = 0.605$ ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 ดังนั้น

จึงยอมรับ H_0 นั่นคือ $\mu_{\text{มวลชีวภาพของใบ}} - \mu_{\text{Landsat 5 TM}} = 0$ ด้วยเหตุนี้จึงสรุปได้ว่า สมการปริมาณเชื้อเพลิงใบในป่าผสมผลัดใบ ที่ได้จากค่ามวลชีวภาพของใบ และจากค่าดัชนีต่าง ๆ จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM (ช่วงหลังฤดูผลัดใบ) สามารถใช้แทนกันได้

เมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างกันระหว่างค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ ที่ได้จากการประมาณค่ามวลชีวภาพของใบ และจากการประมาณค่าจากค่าดัชนีต่าง ๆ จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM (ช่วงหลังฤดูผลัดใบ) ดังกล่าว กับค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบที่เก็บวัดได้จริงจากพื้นที่ โดยเปรียบเทียบจากเปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง ดังตารางที่ 39 พบว่า ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบที่ได้จากการประมาณค่าจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM (ช่วงหลังฤดูผลัดใบ) มีค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง น้อยกว่าค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบที่ได้จากการประมาณค่ามวลชีวภาพของใบ ซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างเฉลี่ยรวมเท่ากับ 2.10 เปอร์เซ็นต์ หมายความว่า ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบที่ได้จากการประมาณค่าจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM (ช่วงหลังฤดูผลัดใบ) มีความถูกต้องใกล้เคียงกันกับค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบที่เก็บวัดได้จริงจากพื้นที่ มากกว่าค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบที่ได้จากการประมาณค่ามวลชีวภาพของใบ ซึ่งเป็นไปในทิศทาง under estimate (ค่าที่ได้จากการประมาณน้อยกว่าค่าจริง) เพราะฉะนั้นจึงได้ใช้สมการประมาณค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM (ช่วงหลังฤดูผลัดใบ) ในการประมาณหาปริมาณมวลชีวภาพที่ผิวดินในรูป ปริมาณเชื้อเพลิงใบ ในพื้นที่ศึกษา ซึ่งมีความถูกต้อง และรวดเร็วกว่า และนำไปประเมินการสูญเสียมวลชีวภาพที่ผิวดินในรูป ปริมาณเชื้อเพลิงใบ จากการเกิดไฟป่าต่อไป

ตารางที่ 39 ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบที่คำนวณได้จากค่ามวลชีวภาพของใบ และจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในตำแหน่งพิกัดเดียวกัน (โดยใช้ตำแหน่งพิกัดเดียวกันกับตำแหน่งพิกัดของจุดสำรวจที่ใช้สำหรับทดสอบค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบจากข้อมูลจริงที่ได้จากภาคสนาม จำนวน 20 จุดสำรวจ) ในป่าผสมผลัดใบ

: ต่อเนื้อที่แปลง 900 ม²

แปลง ที่	ตำแหน่งพิกัดกลางแปลง ระบบ UTM (ตะวันออก, เหนือ)	ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ (กก.)		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง (%)		
		จากข้อมูลภาคสนาม	ประมาณจากค่ามวลชีวภาพของใบ	ประมาณจาก Landsat 5 TM (หลังฤดูผลัดใบ)	ประมาณจากค่ามวลชีวภาพของใบ กับจากข้อมูลภาคสนาม	ประมาณจาก Landsat 5 TM (หลังฤดูผลัดใบ) กับจากข้อมูลภาคสนาม
1	534919, 1725318	237.29	206.83	193.23	12.84	14.63
2	531004, 1708871	170.79	137.39	247.54	19.56	-30.86
3	531231, 1707924	276.77	352.27	169.28	-27.28	4.29
4	530621, 1707953	175.12	156.01	229.33	10.91	-36.45
5	531803, 1711404	232.65	284.22	138.34	-22.17	-23.21
6	531105, 1712220	393.94	304.48	259.57	22.71	16.97
7	529855, 1712811	207.52	156.02	200.87	24.82	-14.40
8	532146, 1700974	325.32	376.14	362.77	-15.62	-13.85
9	532234, 1712106	358.53	290.37	256.04	19.01	13.14
10	532630, 1712130	245.92	313.56	397.50	-27.50	-18.23
11	530970, 1717840	354.03	305.26	365.58	13.78	9.40

ตารางที่ 39 (ต่อ)

: ต่อเนื้อที่แปลง 900 ม²

แปลง ที่	ตำแหน่งพิกัดกลางแปลง ระบบ UTM (ตะวันออก, เหนือ)	ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ (กก.)		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง (%)		
		จากข้อมูลภาคสนาม	ประมาณจากค่ามวล ชีวภาพของใบ	ประมาณจาก Landsat 5 TM (หลังฤดูผลัดใบ)	ประมาณจากค่า มวลชีวภาพขอใบ กับจากข้อมูลภาคสนาม	ประมาณจาก Landsat 5 TM (หลังฤดูผลัดใบ) กับจากข้อมูลภาคสนาม
12	530927, 1717595	348.68	284.22	348.26	18.49	14.15
13	526071, 1730738	444.23	392.36	362.23	11.68	17.15
14	525646, 1730792	408.37	514.20	255.05	-25.91	11.70
15	526433, 1730364	500.28	359.94	383.59	28.05	19.54
16	533205, 1726949	444.93	349.58	277.17	21.43	14.26
17	534000, 1725223	426.79	471.69	346.02	-10.52	12.37
18	534221, 1719328	504.45	437.11	477.88	13.35	19.68
19	533065, 1719517	444.32	338.51	374.68	23.81	18.51
20	534098, 1719097	297.73	339.00	481.59	-13.86	-6.70
		339.88	318.46	306.33	4.88	2.10

2.1.4 การประเมินหาปริมาณเชื้อเพลิงไบโอสถูญเสียไปจากการเกิดไฟฟ้า ในพื้นที่ ศึกษา

จากการเก็บข้อมูลปริมาณมวลชีวภาพที่ผิวดินในรูป ปริมาณเชื้อเพลิงที่ผิวดิน
ในป่าผสมผลัดใบ บริเวณพื้นที่ที่ไม่ถูกไฟไหม้ และบริเวณพื้นที่ที่ถูกไฟไหม้ (พื้นที่ละ 30 จุด
สำรวจ) บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง เมื่อนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียปริมาณ
เชื้อเพลิงที่ผิวดินจากการเกิดไฟฟ้าในป่าผสมผลัดใบ บริเวณพื้นที่ศึกษา โดยทำการเฉลี่ยค่าปริมาณ
มวลชีวภาพที่ผิวดินในรูป ปริมาณของเชื้อเพลิงที่ผิวดินของป่าผสมผลัดใบ บริเวณพื้นที่ที่ไม่ถูกไฟ
ไหม้ และบริเวณพื้นที่ที่ถูกไฟไหม้ ทั้งพื้นที่ ได้ดังนี้ คือ

ปริมาณของเชื้อเพลิงที่ผิวดินในป่าผสมผลัดใบ บริเวณพื้นที่ที่ไม่ถูกไฟไหม้
เฉลี่ยทั้งพื้นที่ = 889.92 กิโลกรัม/ไร่

ปริมาณของเชื้อเพลิงที่ผิวดินในป่าผสมผลัดใบ บริเวณพื้นที่ที่ถูกไฟไหม้
เฉลี่ยทั้งพื้นที่ = 412.89 กิโลกรัม/ไร่

ดังนั้น ปริมาณของเชื้อเพลิงที่ผิวดินที่สูญเสียไปจากการเกิดไฟฟ้าใน
ป่าผสมผลัดใบเฉลี่ยทั้งพื้นที่ เท่ากับ $889.92 - 412.89 = 477.03$ กิโลกรัม/ไร่

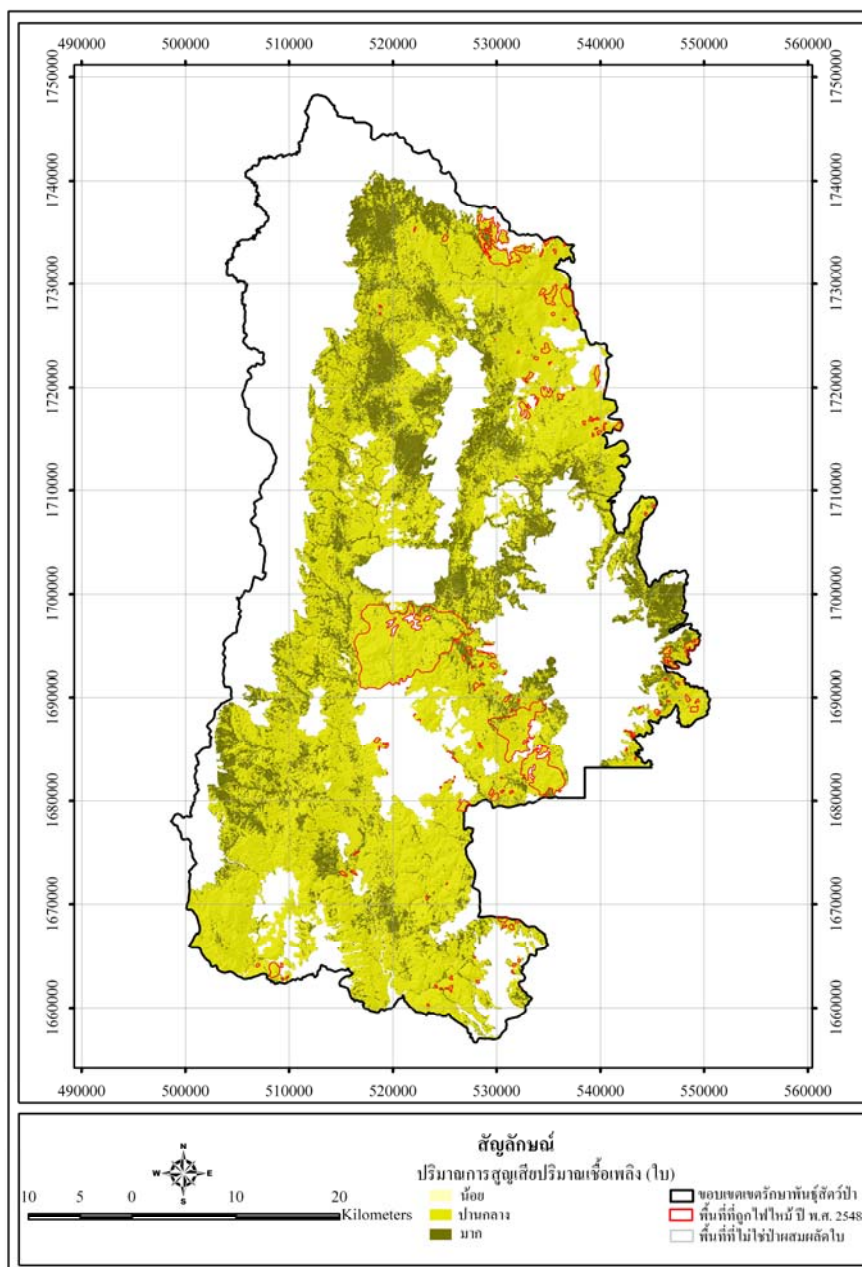
เปอร์เซ็นต์การสูญเสียปริมาณของเชื้อเพลิงที่ผิวดินจากการเกิดไฟฟ้า
ในป่าผสมผลัดใบ เท่ากับ 53.60 เปอร์เซ็นต์

เมื่อนำเปอร์เซ็นต์การสูญเสียปริมาณเชื้อเพลิงที่ผิวดินทั้งหมดมาคูณสัดส่วน
ของปริมาณเชื้อเพลิงไบโอสถูญเสียไป จากปริมาณเชื้อเพลิงที่ผิวดินทั้งหมด ซึ่งได้เท่ากับ 65.47 ก็จะได้
เปอร์เซ็นต์การสูญเสียปริมาณเชื้อเพลิงไบโอสถูญเสียไป เท่ากับ 35.09 เปอร์เซ็นต์

เมื่อนำเปอร์เซ็นต์การสูญเสียปริมาณเชื้อเพลิงไบโอสถูญเสียไปจากการเกิดไฟฟ้า ในป่า
ผสมผลัดใบ มาคูณกับค่าปริมาณเชื้อเพลิงไบโอสถูญเสียไป ที่ป่าผลิตได้ใน 1 ปี (จากสมการประมาณค่าที่ดีที่สุด)
จะได้ปริมาณเชื้อเพลิงไบโอสถูญเสียไปในรอบปี ของพื้นที่ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 110.93 กิโลกรัมต่อ
จุดภาพ หรือ 197.20 กิโลกรัมต่อไร่ แสดงดังภาพที่ 31

จากการคำนวณปริมาณการสูญเสียปริมาณเชื้อเพลิงไบโอสถูญเสียไป จากการเกิดไฟฟ้า

บริเวณพื้นที่ที่เกิดไฟฟ้าในป่าผสมผลัดใบ บริเวณพื้นที่ศึกษา ที่ได้จากการแปลตีความจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในปี 2548 ซึ่งพบว่า มีพื้นที่ที่เกิดไฟฟ้า เท่ากับ 107.915 ตารางกิโลเมตร หรือ 67,447.003 ไร่ ได้ปริมาณเชื้อเพลิงใบที่สูญเสียไปในรอบปี จากการเกิดไฟฟ้าในปี 2548 ในป่าผสมผลัดใบ บริเวณพื้นที่ศึกษา เท่ากับ 13,300,721.60 กิโลกรัม หรือ 13,300.72 ตัน



ภาพที่ 31 ปริมาณเชื้อเพลิงใบที่สูญเสียไปในรอบปีจากการเกิดไฟฟ้าในปี 2548 ในป่าผสมผลัดใบ และบริเวณพื้นที่ที่เกิดไฟฟ้า บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การใช้เทคนิคการสำรวจจากระยะไกลเพื่อประเมินการสูญเสียมวลชีวภาพจากการเกิดไฟป่าในพื้นที่ป่าผลัดใบ อันได้แก่ ป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง นั้นได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมวลชีวภาพที่ผิวดินในรูป ปริมาณเชื้อเพลิงใบที่กำหนดให้เป็นตัวแปรตาม กับค่ามวลชีวภาพของใบโดยสมการความสัมพันธ์ต่างมิติ (allometry equation) โดยตรง และค่ามวลชีวภาพของใบที่ได้จากค่าสัดส่วนของสิ่งปกคลุมพืชสีเขียว (fc) และค่าดัชนีพืชพรรณแบบต่าง ๆ อันได้แก่ ค่า IR/R ค่า NDVI ค่า VI ค่า Brightness ค่า Greenness และค่า Wetness จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ที่กำหนดให้เป็นตัวแปรอิสระ นอกจากนี้ได้ศึกษาเพื่อประเมินแบบรวดเร็วโดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเชื้อเพลิงใบ (Y) กับค่าสัดส่วนของสิ่งปกคลุมพืชสีเขียว และค่าดัชนีพืชพรรณแบบต่าง ๆ อันได้แก่ ค่า IR/R ค่า NDVI ค่า VI ค่า Brightness ค่า Greenness และ ค่า Wetness ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ทั้งช่วงก่อน และหลังฤดูผลัดใบ (X) ซึ่งจากทั้ง 2 กรณี ทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรโดยใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอย เพื่อหาสมการความสัมพันธ์ที่เหมาะสมในการประมาณค่าปริมาณมวลชีวภาพที่ผิวดินในรูป ปริมาณเชื้อเพลิงใบ ในพื้นที่ศึกษา เพื่อนำมาใช้ในการประเมินการสูญเสียมวลชีวภาพที่ผิวดินในรูป ปริมาณเชื้อเพลิงใบจากการเกิดไฟป่า บริเวณพื้นที่ศึกษา โดยพบว่า

1. ป่าเต็งรัง ในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง ที่มีเนื้อที่เท่ากับ 197,311 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 123,319,297 ไร่ จากการศึกษาได้ผลดังนี้

1.1 การหาปริมาณมวลชีวภาพที่ผิวดินในรูปปริมาณเชื้อเพลิงใบ จากการประมาณค่ามวลชีวภาพของใบ

การประมาณค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ จากค่ามวลชีวภาพของใบโดยสมการความสัมพันธ์ต่างมิติ (allometry equation) ได้สมการความสัมพันธ์ในรูปแบบเส้นตรง เป็นสมการที่ดีที่สุด โดยมีสมการความสัมพันธ์ ดังนี้

$$\text{ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ} = 1.7407(\text{ค่ามวลชีวภาพของใบ}) + 108.43 \quad (R^2 = 0.4283)$$

การประมาณค่ามวลชีวภาพของใบที่ได้จากค่าดัชนีต่าง ๆ จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ได้สมการความสัมพันธ์แบบเอ็กโพเนนเชียล กับค่า IRR เป็นสมการที่ดีที่สุดโดยมีสมการความสัมพันธ์ ดังนี้

$$\text{ค่ามวลชีวภาพของใบ} = 6.3963e^{1.0303(IRR)} \quad (R^2 = 0.5921)$$

เมื่อนำค่ามวลชีวภาพของใบ ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในแต่ละจุดภาพไปแทนในสมการประมาณค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบที่ได้ ได้ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบทั่วทั้งพื้นที่ศึกษา เฉพาะป่าเต็งรัง เฉลี่ยเท่ากับ 487.52 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งเป็นค่าประมาณที่ต่ำกว่าค่าที่คำนวณจากข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลภาคสนาม ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 522.54 กิโลกรัมต่อไร่

1.2 การหาปริมาณมวลชีวภาพที่ผิวดินในรูปปริมาณเชื้อเพลิงใบ จากการประมาณค่าจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM

การประมาณค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ ที่ได้จากค่าดัชนีต่าง ๆ จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ได้สมการความสัมพันธ์แบบเส้นตรง กับค่า Fc และ ค่า IRR ในช่วงหลังฤดูผลัดใบ เป็นสมการที่ดีที่สุด โดยมีสมการความสัมพันธ์ ดังนี้

$$\text{ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ} = 3284.036(Fc) - 855.018(IRR) + 559.036 \quad (R^2 = 0.598)$$

ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบในป่าเต็งรัง จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM โดยใช้ค่าสัดส่วนปกคลุมพืชสีเขียว (fc) และค่า IRR เป็นตัวแปรอิสระ คำนวณเฉพาะพื้นที่ป่าเต็งรัง ได้ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบเฉลี่ยเท่ากับ 499.82 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งเป็นค่าประมาณที่ต่ำกว่าค่าที่คำนวณจากข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลภาคสนาม ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 522.54 กิโลกรัมต่อไร่

1.3 การเปรียบเทียบค่าปริมาณมวลชีวภาพที่ผิวดินในรูปปริมาณเชื้อเพลิงใบ ที่ได้จากการประมาณค่ามวลชีวภาพของใบ และจากการประมาณค่าจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM

จากการตรวจสอบว่าค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบที่ได้ทั้งสองแบบ ว่าเป็นความแตกต่างกันหรือไม่ โดยใช้วิธีการทดสอบ t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบทั้ง 2 แบบ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($t = -1.735$ และ $P\text{-value} = 0.099$) ด้วยเหตุนี้

จึงสรุปได้ว่า สมการประมาณเชื้อเพลิงใบในป่าเต็งรังที่ได้จากค่ามวลชีวภาพของใบ และจากค่าดัชนีต่าง ๆ จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM (ช่วงหลังฤดูผลัดใบ) สามารถใช้แทนกันได้

จากการเปรียบเทียบความแตกต่างกันระหว่างค่าประมาณเชื้อเพลิงใบ ที่ได้จากการประมาณค่ามวลชีวภาพของใบ และจากการประมาณค่าจากค่าดัชนีต่าง ๆ จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM (ช่วงหลังฤดูผลัดใบ) ดังกล่าว กับค่าประมาณเชื้อเพลิงใบที่เก็บวัดได้จริงจากพื้นที่ โดยเปรียบเทียบจากเปอร์เซ็นต์ค่าความแตกต่าง พบว่า ค่าประมาณเชื้อเพลิงใบที่ได้จากการประมาณค่าจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM (ช่วงหลังฤดูผลัดใบ) มีค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างน้อยกว่าค่าประมาณเชื้อเพลิงใบที่ได้จากการประมาณค่ามวลชีวภาพของใบ ซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างเฉลี่ยรวมเท่ากับ 2.38 เปอร์เซ็นต์ เพราะฉะนั้นจึงได้ใช้สมการประมาณค่าประมาณเชื้อเพลิงใบ ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM (ช่วงหลังฤดูผลัดใบ) ในการประมาณค่าปริมาณมวลชีวภาพที่ผิวดินในรูปปริมาณเชื้อเพลิงใบ ในพื้นที่ศึกษา ซึ่งมีความถูกต้อง และรวดเร็วกว่า และนำไปประเมินการสูญเสียมวลชีวภาพที่ผิวดินในรูปปริมาณเชื้อเพลิงใบ จากการเกิดไฟป่า

1.4 การประเมินหาปริมาณมวลชีวภาพที่ผิวดินในรูป ปริมาณเชื้อเพลิงใบที่สูญเสียไปจากการเกิดไฟป่า

จากการศึกษาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียปริมาณเชื้อเพลิงใบ ในพื้นที่ศึกษา เพื่อใช้ในการประเมินการสูญเสียปริมาณเชื้อเพลิงใบ จากการเกิดไฟป่า พบว่ามี การสูญเสียปริมาณเชื้อเพลิงใบ เท่ากับ 35.34 เปอร์เซ็นต์ เมื่อปริมาณการสูญเสียปริมาณเชื้อเพลิงใบในรอบปี จากการเกิดไฟป่าในป่าเต็งรัง ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 176.64 กิโลกรัมต่อไร่ และได้ปริมาณการสูญเสียปริมาณเชื้อเพลิงใบจากการเกิดไฟป่า บริเวณพื้นที่ที่เกิดไฟป่าในป่าเต็งรัง บริเวณพื้นที่ศึกษา ที่ได้จากการแปลตีความจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในปี 2548 ซึ่งมีพื้นที่ที่เกิดไฟป่า เท่ากับ 57.609 ตารางกิโลเมตร หรือ 36,005.848 ไร่ ได้ปริมาณเชื้อเพลิงใบที่สูญเสียไปในรอบปี จากการเกิดไฟป่าในปี 2548 ในป่าเต็งรัง ของพื้นที่ศึกษา คิดเป็นน้ำหนักแห้ง เท่ากับ 6,359,971.21 กิโลกรัม หรือ 6,359.97 ตัน

2. ป่าผสมผลัดใบ ในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง ที่มีเนื้อที่เท่ากับ 1,683.137 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 1,051,960.513 ไร่ จากการศึกษได้ผลดังนี้

2.1 การหาปริมาณมวลชีวภาพที่ผิวดินในรูปปริมาณเชื้อเพลิงใบ จากการประมาณค่ามวลชีวภาพของใบ

การประมาณค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ จากค่ามวลชีวภาพของใบโดยสมการความสัมพันธ์ต่างมิติ (allometry equation) ได้สมการความสัมพันธ์ในรูปแบบเส้นตรง เป็นสมการที่ดีที่สุด โดยมีสมการความสัมพันธ์ ดังนี้

$$\text{ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ} = 1.2731(\text{ค่ามวลชีวภาพของใบ}) + 8.1532 \quad (R^2 = 0.6178)$$

การประมาณค่ามวลชีวภาพของใบที่ได้จากค่าดัชนีต่าง ๆ จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ได้สมการความสัมพันธ์แบบเอ็กโพเนนเชียล กับค่า IRR เป็นสมการที่ดีที่สุด โดยมีสมการความสัมพันธ์ ดังนี้

$$\text{ค่ามวลชีวภาพของใบ} = 10.03e^{1.1018(IRR)} \quad (R^2 = 0.561)$$

เมื่อนำค่ามวลชีวภาพของใบ ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในแต่ละจุดภาพไปแทนในสมการประมาณค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบที่ได้ ได้ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ ทุกพื้นที่ที่ศึกษาเฉพาะป่าผสมผลัดใบ เฉลี่ยเท่ากับ 538.72 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งเป็นค่าประมาณที่ต่ำกว่าค่าที่คำนวณจากข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลภาคสนาม ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 587.85 กิโลกรัมต่อไร่

2.2 การหาปริมาณมวลชีวภาพที่ผิวดินในรูปปริมาณเชื้อเพลิงใบ จากการประมาณค่าจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM

การประมาณค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ ที่ได้จากค่าดัชนีต่าง ๆ จากข้อมูลดาวเทียม Landsat 5 TM ได้สมการความสัมพันธ์แบบเอ็กโพเนนเชียล กับค่า Fc ในช่วงหลังฤดูผลัดใบ เป็นสมการที่ดีที่สุด โดยมีสมการความสัมพันธ์ ดังนี้

$$\text{ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ} = 142.07e^{1.7657(Fc)} \quad (R^2 = 0.5928)$$

ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบในป่าผสมผลัดใบ จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM โดยใช้ค่า Fc เป็นตัวแปรอิสระ คิดเฉพาะพื้นที่ป่าผสมผลัดใบ ได้ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบเฉลี่ย

เท่ากับ 561.99 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งเป็นค่าประมาณที่ต่ำกว่าค่าที่คำนวณจากข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลภาคสนาม ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 587.85 กิโลกรัมต่อไร่

2.3 การเปรียบเทียบค่าปริมาณมวลชีวภาพที่ผิวดินในรูปปริมาณเชื้อเพลิงใบ ที่ได้จากการประมาณค่ามวลชีวภาพของใบ และจากการประมาณค่าจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM

จากการตรวจสอบว่าค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบที่ได้ทั้งสองแบบ ว่าจะมีความแตกต่างกันหรือไม่ โดยใช้วิธีการทดสอบ t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบทั้ง 2 แบบ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($t = 0.525$ และ $P\text{-value} = 0.605$) ด้วยเหตุนี้จึงสรุปได้ว่า สมการปริมาณเชื้อเพลิงใบในป่าผสมผลัดใบที่ได้จากค่ามวลชีวภาพของใบ และจากค่าดัชนีต่าง ๆ จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM (ช่วงหลังฤดูผลัดใบ) สามารถใช้แทนกันได้

จากการเปรียบเทียบความแตกต่างกันระหว่างค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ ที่ได้จากการประมาณค่ามวลชีวภาพของใบ และจากการประมาณค่าจากค่าดัชนีต่าง ๆ จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM (ช่วงหลังฤดูผลัดใบ) ดังกล่าว กับค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบที่เก็บวัดได้จริงจากพื้นที่ โดยเปรียบเทียบจากเปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง พบว่า ค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบที่ได้จากการประมาณค่าจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM (ช่วงหลังฤดูผลัดใบ) มีค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างน้อยกว่าค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบที่ได้จากการประมาณค่ามวลชีวภาพของใบ ซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างเฉลี่ยรวมเท่ากับ 2.10 เปอร์เซ็นต์ เพราะฉะนั้นจึงได้ใช้สมการประมาณค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM (ช่วงหลังฤดูผลัดใบ) ในการประมาณหาปริมาณมวลชีวภาพที่ผิวดินในรูปปริมาณเชื้อเพลิงใบ ในพื้นที่ศึกษา ซึ่งมีความถูกต้อง และรวดเร็วกว่า และนำไปประเมินการสูญเสียมวลชีวภาพที่ผิวดินในรูปปริมาณเชื้อเพลิงใบ จากการเกิดไฟป่า

2.4 การประเมินหาปริมาณมวลชีวภาพที่ผิวดินในรูป ปริมาณเชื้อเพลิงใบที่สูญเสียไปจากการเกิดไฟป่า

จากการศึกษาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียปริมาณเชื้อเพลิงใบ ในพื้นที่ศึกษา เพื่อใช้ในการประเมินการสูญเสียปริมาณเชื้อเพลิงใบจากการเกิดไฟป่า พบว่ามี การสูญเสียปริมาณเชื้อ

เพลิงไหม้ เท่ากับ 35.09 เปอร์เซ็นต์ เมื่อประมาณการสูญเสียปริมาณเชื้อเพลิงไหม้ในรอบปี จากการเกิด ไฟป่าในป่าผสมผลัดใบ ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 197.20 กิโลกรัมต่อไร่ และได้ประมาณการสูญเสียปริมาณ เชื้อเพลิงไหม้จากการเกิดไฟป่า บริเวณพื้นที่ที่เกิดไฟป่าในป่าผสมผลัดใบ บริเวณพื้นที่ศึกษา ที่ได้ จากการแปลตีความจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในปี 2548 ซึ่งมีพื้นที่ที่เกิดไฟป่า เท่ากับ 107.915 ตารางกิโลเมตร หรือ 67,447.003 ไร่ ได้ปริมาณเชื้อเพลิงไหม้ที่สูญเสียไปในรอบปี จากการเกิดไฟป่าในปี 2548 ในป่าผสมผลัดใบ ของพื้นที่ศึกษา คิดเป็นน้ำหนักแห้ง เท่ากับ 13,300,721.60 กิโลกรัม หรือ 13,300.72 ตัน

ข้อเสนอแนะ

โดยการศึกษาครั้งนี้ ได้แยกข้อเสนอแนะออกเป็น 2 ส่วน

1. ข้อเสนอแนะจากการนำผล และเทคนิควิธีการไปประยุกต์ใช้

1.1 สมการประมาณค่าที่ได้จากการศึกษาเป็นสมการที่ใช้ประมาณค่าปริมาณมวลชีวภาพที่ผิวดินในรูปปริมาณเชื้อเพลิงไหม้ เฉพาะพื้นที่ป่าเต็งรัง และพื้นที่ป่าผสมผลัดใบ ในบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง แต่เมื่อต้องการนำสมการที่ได้ไปใช้กับพื้นที่อื่น ๆ หรือ ชนิดป่าอื่น ๆ ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในพื้นที่นั้น ๆ

1.2 ในการศึกษาครั้งนี้มีข้อจำกัดด้านงบประมาณและระยะเวลาในการศึกษาทำให้ไม่สามารถวางแผนสำรวจได้กระจายทั่วทั้งพื้นที่ จึงทำให้ไม่สามารถวางแผนตัวอย่างที่เหมาะสม และช่วงเวลาเก็บข้อมูล ไม่ตรงกับช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุด หากมีการศึกษาลักษณะนี้ต้องคำนึงถึงปัจจัยนี้ด้วย

1.3 จากผลการศึกษาได้ค่าปริมาณเชื้อเพลิงไหม้ในป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ ที่ได้จากการประมาณค่าจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม และที่ได้จากการเก็บข้อมูลภาคสนาม ก่อนข้างมีความแตกต่างพอสมควร แต่ในทางด้านการจัดการเชิงพื้นที่ นั้นต้องการข้อมูลที่มีความรวดเร็ว ทันต่อเหตุการณ์ ดังนั้นจึงได้ใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมมาประมาณค่าปริมาณเชื้อเพลิงไหม้ ดังกล่าว และเพื่อความถูกต้องของข้อมูลที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม ในการศึกษาต่อไป ควรที่จะทำการปรับแก้สมการที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม โดยใช้ค่าคงที่ที่ได้จากค่าความผิดพลาดจากการประมาณจากข้อมูลภาคสนามจริง กับที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม ไปคูณกับค่าสมการที่ได้ ก็จะได้อัตราประมาณที่มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

1.4 ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ใช้ในการศึกษารั้วนี้บันทึกภาพวันที่ 27 ตุลาคม พ.ศ. 2547 ซึ่งเป็นช่วงปลายฤดูฝน เป็นช่วงที่ใบยังไม่ผลัดใบ แต่มีข้อจำกัดด้านเมฆพอสมควร อาจทำให้ข้อมูลมีความคลาดเคลื่อน ในการศึกษาต่อไปควรพิจารณาในเรื่องนี้ด้วย

2. ข้อเสนอแนะต่อการกำหนดนโยบาย มาตรการ และแนวทางในการจัดการหรือแก้ไขปัญหาไฟป่า จากผลการศึกษาครั้งนี้

2.1 จากผลการศึกษาทำให้ทราบถึงปริมาณของเชื้อเพลิงใบ ในบริเวณต่าง ๆ ของพื้นที่ป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ ในพื้นที่ศึกษา ว่ามีปริมาณมากน้อยเพียงใด อยู่บริเวณใดบ้าง ทำให้สามารถวางแผนจัดการควบคุมไฟป่า ได้รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งในการจัดการเชิงพื้นที่ อาจจะกระทำโดยการชิงเผาก่อนในบริเวณที่มีปริมาณเชื้อเพลิงสะสมค่อนข้างมาก เพื่อลดปริมาณเชื้อเพลิงให้น้อยลง เพื่อไม่ให้เกิดไฟป่าที่รุนแรงมาก หรือทำแนวกันไฟ

2.2 จากผลการศึกษาทำให้ทราบถึงข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดิน หรือปริมาณการสูญเสียมวลชีวภาพของสิ่งปกคลุมดินจากการเกิดไฟป่า ในพื้นที่ป่าเต็งรังและป่าผสมผลัดใบ จะช่วยให้มีข้อมูลสำหรับการวางแผนเพื่อดำเนินการควบคุมไฟป่าได้อย่างเหมาะสมยิ่งขึ้น และยังทำให้มีข้อมูลที่ชัดเจนสำหรับประชาสัมพันธ์ให้ประชาชนทราบถึงบทบาทของไฟป่า เพื่อเป็นการกระตุ้นจิตสำนึกให้มากขึ้นในการร่วมกันแก้ปัญหาไฟป่า

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2545. การสำรวจข้อมูลจากระยะไกล. แหล่งที่มา:

http://www.deqp.go.th/Remote_Sensing/index.html, 5 เมษายน 2548.

กันยา ทิศากร, ถนอมศรี รังสิกรรพุม และ จตุพร พรประเสริฐชัย. 2536. การประมวลผลข้อมูลดาวเทียมด้วยคอมพิวเตอร์, น. 159–182. ใน เอกสารการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม. กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

คณะวนศาสตร์. 2532. แผนแม่บทการจัดการเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี และจังหวัดตาก (รายงานฉบับสมบูรณ์) (พ.ศ. 2533-2537). คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชนะชัย เลิศสุชาตวนิช. 2538. ดัชนีไฟเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ป่าเต็งรัง กรณีศึกษาอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยมหิดล.

บุญส่ง สมเพาะ. 2541. แหล่งเชื้อเพลิงในป่าเต็งรังและป่าผสมผลัดใบ ณ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประสพชัย นามาทูธา. 2536. การแปลตีความข้อมูลภาพจากดาวเทียมด้วยสายตา, น. 113–126. ใน เอกสารการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม. กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

พงษ์ศักดิ์ สหุณาฟู. 2538. ผลผลิตและการหมุนเวียนของธาตุอาหารในระบบนิเวศป่าไม้. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____ และ มณฑล จำเริญพุทฺธย์. 2523. ผลผลิตและการหมุนเวียนของธาตุอาหารของป่าเต็งรังในประเทศไทย. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

- ละดาญ วงศ์สถาน. 2548. การประมาณหาปริมาณเชื้อเพลิงในป่าเต็งรัง บริเวณอุทยานแห่งชาติแมปิง จังหวัดลำพูน ด้วยเทคนิคการสำรวจระยะไกล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วิษณุ ดำรงสัจจิตติ. 2544. การประยุกต์การใช้การสำรวจจากระยะไกลเพื่อการประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบและมวลชีวภาพของป่าที่อยู่เหนือพื้นดิน บริเวณอุทยานแห่งชาติภูกระดึง จังหวัดเลย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศิริ อัคระอัคร. 2532. การศึกษารูปแบบและอัตราการลุกลามของไฟในป่าเต็งรัง จังหวัดเชียงใหม่. รายงานการวิจัยโครงการควบคุมไฟป่าภูผิงค์ ลำดับที่ 1 ฝ่ายควบคุมไฟป่า กองจัดการไฟป่า กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- _____. 2534. พฤติกรรมของไฟป่าในทุ่งหญ้า จังหวัดสระบุรี. รายงานการวิจัยลำดับที่ 2 สถานีควบคุมไฟป่าภาคกลางที่ 2 ฝ่ายควบคุมไฟป่า กองจัดการไฟป่า กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- _____. 2543. การควบคุมไฟป่าสำหรับประเทศไทย. สำนักควบคุมไฟป่า กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- _____. 2546. สถานการณ์และการจัดการไฟป่าโลก. ส่วนวิชาการด้านไฟป่า สำนักป้องกันและควบคุมไฟป่า กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.
- ศุภรัตน์ ตำราญ. 2535. ความสัมพันธ์ของความชื้นในเชื้อเพลิงกับสภาพอากาศในท้องถิ่น บริเวณป่าเต็งรัง อุทยานแห่งชาติภูพาน จังหวัดสกลนคร. ฝ่ายวิชาการและแผน สำนักงานช่วยเหลือผู้ประสบภัยธรรมชาติ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- ศุภชัยวิชัยป่าไม้. 2540. การประยุกต์ใช้ข้อมูลจากการสำรวจระยะไกล และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อสำรวจตรวจสอบความเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าไม้ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สถานีวิจัยสัตว์ป่าเขานางรำ. 2548. ข้อมูลภูมิอากาศ และปริมาณน้ำฝน ปี พ.ศ. 2538 – 2547. เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง, อุทัยธานี.

สมพร สง่าวงศ์. 2543. **รีโมทเซนซิงเบื้องต้นและกรณีศึกษารีโมทเซนซิง**. นพบุรีการพิมพ์, เชียงใหม่.

สันต์ เกตุปราณีต. 2526. **ไฟฟ้าและการควบคุม**. ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2535. การป้องกันไฟในสวนป่า, น. 206-224. ใน เอกสารประกอบการฝึกอบรมโครงการฝึกอบรมเพื่อพัฒนาป่าไม้ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ: การพัฒนาทรัพยากรป่าไม้. ศูนย์วิจัยป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2541. บทบาทไฟฟ้าในประเทศไทย, น. 21-44. ใน รายงานการสัมมนาวิชาการ ไฟฟ้ากับการมีส่วนร่วมของชุมชน วันที่ 23 มกราคม 2541 ณ ศูนย์ฝึกอบรมวนศาสตร์ชุมชนแห่งภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____, นิพนธ์ ตั้งธรรม, สุวิทย์ แสงทองพราว, ปรีชา ธรรมานนท์, นริศ ภูมิภาคพันธ์ และ ศิริ อัคระอัคร. 2534. **ไฟฟ้าและผลกระทบต่อระบบป่าไม้ในประเทศไทย**. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 2540. **คำบรรยายเรื่องการสำรวจจากระยะไกล**. กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

สุพรรณ กาณจนสุธรรม. 2536. หลักการวิเคราะห์ข้อมูลจากดาวเทียมด้านการเกษตร, น. 271-294. ใน เอกสารการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม. กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

สุรัชย์ รัตนเสริมพงศ์. 2536. หลักการเบื้องต้นของเทคโนโลยีการสำรวจข้อมูลระยะไกล, น. 89-112. ใน เอกสารการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม. กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

สุรัชย์ รัตนเสริมพงศ์ และ รัศมี วีระกำธร. 2537. การศึกษาไฟป่าบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า
ห้วยขาแข้ง. กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม สำนักงานคณะกรรมการวิจัย
แห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

สุวิทย์ อ่องสมหวัง. 2542. การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ทางด้านป่าไม้. ส่วน
วิเคราะห์ทรัพยากรป่าไม้ สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

_____, ศิริ อักกะอัคร, สมเดช ชุนถนอม, ชญานี จันทระประภา, นฤมล นุชเปลี่ยน, อนุสรณ์ รังสี
พานิช, และ อนุชิต รัตนสุวรรณ. 2542. การประเมินพื้นที่ป่าไม้ที่ถูกไฟไหม้ในปี พ.ศ. 2542
โดยการสำรวจข้อมูลจากระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. ส่วนวิเคราะห์ทรัพยากร
ป่าไม้ สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

อภิรักษ์ พลอดเปลี่ยน, ศิริ อักกะอัคร, บพิตร มณีรัตน์, วันชัย ปานนาคะพิทักษ์ และ นพดล ทรง
พร. 2536. แนวทางการควบคุมไฟป่าในประเทศไทย. ฝ่ายวิชาการและแผน สำนักงาน
ช่วยเหลือผู้ประสบภัยธรรมชาติ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

Barrett, E.C. and L.F. Curtis. 1992. **Introduction to Environmental Remote Sensing.**
Chapman & Hall, London.

Boonpragob, K. 1996. Land Use Change and Forestry. **Draft Final Report: Thailand's
National Greenhouse Gas Inventory 1990.** Office of Environmental Policy and Planning.
7-1-7-19

Brown, A.A. and K.P. Davis. 1973. **Forest Fire: Control and Use.** McGraw-Hill, New York.

Byram, G.M. 1959. Combustion of Forest Fuels. Chapter 3, pp. 61-69. In K.P. Davis.
1959. **Forest Fire: control and use.** McGraw-Hill, New York.

Canada Centre for Remote Sensing. 2001. **Fundamentals of Remote Sensing.** Available
Source: <http://www.ccrs.nrcan.gc.ca>, April 5, 2548.

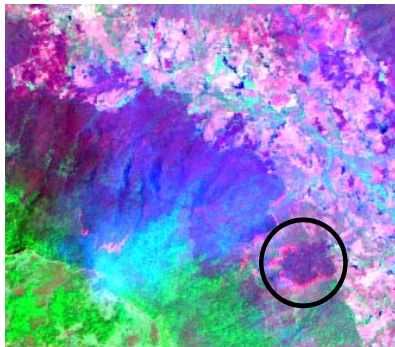
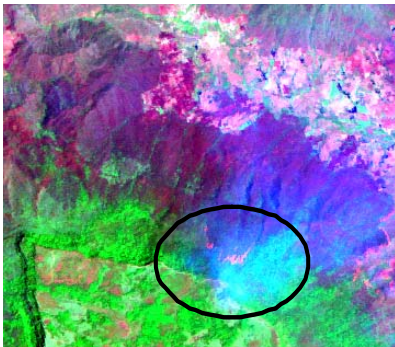
- Clever, J.G. P.W. 1993. Spectral Signature and Modeling in the Reflective Optical Window, pp. 177–201. *In* H.J. Buiten and J.G.P.W. Clever (eds.). **Land Observation by Remote Sensing: Theory and Applications**. Gordon and Breach Sci. Publ., Amsterdam.
- Countryman, C.M. 1964. Mass Fire and Fire Behavior. **USDA For. Serv. Res. Pep. PSW-19**. Pacific Southwest For. And Range Exp. Sta. Berkley, California.
- Demoll, R. 1927. Betrachtungen uber Productions Berechnungen. **Arch. F. Hydrobiol.** 18: 460–463. Cited by L.R. Dice. **Natural Communities**. Univ. of Michigan Press, Michigan.
- Fons, W.L. 1946. Analysis of fire spread in light forest fuels. **Jour. Agri. Res.** 72(3) : 92-121.
- Gou, X., K.P. Price and J.M. Stiles. 2000. **Modeling Biophysical Factors for Grassland in Eastern Kansas Using Landsat TM data**. The Transaction of Kansas Academy of Science.
- Heikkila, T.V., R. Gronqvist and M. Jurvelius. 1993. Handbook on Forest Control. **Forest Training Programme Publication 21**. Helsinki, Finland.
- Kauth, R. J., G. S. Thomas. 1976. **Tasseled Cap – a graphic description of the spectral-temporal development of agricultural crops as seen by Landsat**. Proceeding from Remotely Sensed Data Symposium, Purdue University, West Lafayette, Indiana, USA. p. 4b41-4b51.
- Kira, T., and T. Shidei. 1967. Primary product and turn over of organic matter in different ecosystem of the western Pacific. **Jap. Jour. Ecol.** 17 : 70-87.
- Kittredge, J. 1944. Estimation of the Foliage of Tree and Stands. **J. For.** 42 : 905–912.

- Lillesand, T.M. and R.W. Kiefer. 1994. **Remote Sensing and Image Interpretation.**, New York.
- Lo, C.P. 1986. **Applied Remote Sensing.** Longman Sci. & Tech., New York.
- Maas, S. 1998. Estimating Cotton Canopy Ground Cover from Remotely Sensed Scene Reflectance. **Agron. J.** 90: 384–388.
- Monsi, M. and T. Sacki. 1953. Über den Lichtfaktor in den Pflanzengesellschaften und seine Bedeutung für die Stoffproduktion. **Jap. J. Bot.** 14: 22–52.
- Odum, E.P. 1963. **Ecology.** Holt, Reinhart & Winston Inc., New York.
- Ogawa, H. and T. Kira. 1977. Method of Estimating Forest Biomass, pp. 15 – 25. In T. Shidei and T. Kira (eds.). Productivity of Japanese Forests. **JIBP Synthesis Vol.** 16. Univ. of Tokyo Press, Tokyo.
- _____, K. Yoda and T. Kira. 1961. A Preliminary Survey on the Vegetation of Thailand. **Nat. Life in Southeast Asia.** 1: 20–158.
- _____, _____ and _____. 1965. Comparative Ecological Studies on Three Main Types of Forest Vegetation in Thailand. **II. Plant biomass. Nat. Life in Southeast Asia.** 4 : 20 – 158
- Ogino, K., D. Ratanawang, T. Tsustumi, and T. Shidei. 1967. The Primary Product of Tropical Forest in Thailand. **The Southeast Asia studies: Vol. V.** No. 1. Kyoto, Japan.
- Puangchit, L. 2000. **Greenhouse Gas Emission Inventory: Forestry Gas Inventory, 1994.** Office of Environmental Policy and Planning. 5-1-5-29

- Qi, J., D.V. Skole, R.B. Walker and W.T. Chomentowski. 1999. **GOFC Data And Information for Tropical Forest Assessment and Managrment**. Michigan University Press, Michigan.
- Rees, W.G. 1996. **Physical Principles of Remote Sensing**. Cambridge University Press, New York.
- Rothermel, R.C. 1972. **A Mathematical Model for Predicting Fire Spread in Wild Fuels**. U.S. Department of Agriculture. Ogden, Utah.
- Satoo, T. and H.A. Madgwick. 1982. **Forest Biomass**. Martinus Nijhoff/Dr W. Junk Publ., The Hague, Netherlands.
- Swain, P.H. and S.M. Davis. 1978. **Remote Sensing: The Quantitative Approach**. McGraw - Hill, Inc., New York.
- U.S. Forest Service. 1956. Glossary of Terms Used in Forest Fire Control. **U.S. Dept. Agri. Handbook 104**.
- WEFCOM. 2004. **GIS Database and Its Applications for Ecosystem Management**. National Park, Wildlife and Plant Conservation Department.
- Zeng, X., R.E. Dickinson, A. Walker, M. Shaikh, R.S. DeFries, and J. Qi. 1999. Derivation and Evaluation of Global 1- km Fractional Vegetation Cover Data for Land Modeling. **Journal of Applied Meteodology** (forthcoming).

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 รูปลักษณะของพื้นที่ป่าไม้ที่ถูกไฟไหม้ที่ปรากฏบนภาพถ่ายจากดาวเทียม

ลักษณะการเกิดไฟไหม้	ลักษณะที่ปรากฏในภาพถ่ายดาวเทียม	ปัจจัยที่ใช้ในการแปลตีความ
พื้นที่ป่าไม้ที่กำลังถูกไฟไหม้		รูปร่าง (shape) รูปแบบการจัดเรียง (pattern) สี (color)
พื้นที่ป่าไม้ที่ถูกไฟไหม้		รูปร่าง (shape) รูปแบบการจัดเรียง (pattern) สี (color) ที่ตั้ง (site) สิ่งแวดล้อมข้างเคียง (association)
พื้นที่ทุ่งหญ้าที่ถูกไฟไหม้		รูปร่าง (shape) รูปแบบการจัดเรียง (pattern) สี (color) ที่ตั้ง (site) และสิ่งแวดล้อมข้างเคียง (association) เป็นปัจจัยสำคัญที่ใช้ในการแปลตีความ

ที่มา: สุวิทย์ และคณะ (2542)

ตารางผนวกที่ 2 ค่าพิกัดภาพ และค่าพิกัดแผนที่ระบบ UTM ที่ใช้ในการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิต ของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ที่บันทึกภาพวันที่ 27 ตุลาคม พ.ศ. 2547

จุดควบคุม (ID)	ค่าพิกัดภาพ		ค่าพิกัดแผนที่ระบบ UTM		ค่าความคลาดเคลื่อน		
	แนวราบ	แนวตั้ง	แนวราบ	แนวตั้ง	แนวราบ	แนวตั้ง	รวม
	(X)	(Y)	(X)	(Y)	(X)	(Y)	
1	487642.955	1752967.950	487816.992	1755704.220	0.042	-0.006	0.042
2	552072.887	1756776.561	552096.940	1759387.325	-0.035	-0.036	0.050
3	550130.623	1650264.357	550123.905	1652827.170	-0.023	-0.009	0.025
4	488200.108	1651141.541	488313.894	1653862.917	-0.032	0.008	0.033
5	555752.124	1705501.098	555756.572	1708124.077	0.099	-0.016	0.100
6	488242.908	1706567.413	488393.832	1709331.540	0.018	0.039	0.043
7	524656.727	1646717.902	524699.356	1649320.065	0.023	0.026	0.034
8	523048.689	1704373.965	523126.027	1707041.977	-0.077	-0.024	0.080
9	527581.370	1753374.627	527664.700	1756015.217	0.011	0.011	0.015
10	528756.003	1728052.360	528829.727	1730708.839	0.047	-0.009	0.048
11	527834.824	1669942.352	527885.117	1672574.071	-0.009	-0.019	0.021
12	488256.063	1728374.630	488418.188	1731132.120	-0.049	-0.020	0.053
13	559080.977	1725930.465	559082.665	1728554.861	-0.022	0.019	0.029
14	552757.061	1669200.395	552754.230	1671792.106	-0.048	-0.006	0.048
15	492675.196	1673243.815	492796.904	1675976.580	0.021	-0.010	0.024
16	544387.012	1739635.482	544427.159	1742265.846	0.015	0.042	0.045
17	506267.479	1739669.155	506395.646	1742366.204	-0.037	0.037	0.052
18	540283.428	1658299.112	540301.618	1660890.783	-0.006	-0.008	0.010
19	506506.664	1659890.746	506593.067	1662563.014	0.015	0.010	0.018
20	541008.359	1686647.288	541039.022	1689273.825	0.015	0.015	0.021
21	505502.713	1687499.827	505608.247	1690203.300	-0.007	-0.025	0.026
22	505004.106	1754655.762	505140.159	1757340.662	0.011	-0.020	0.022
23	541570.393	1755904.000	541620.421	1758523.918	-0.008	0.002	0.009
24	504000.363	1648341.932	504083.374	1651003.796	0.028	-0.021	0.035
25	539989.012	1647305.597	540001.515	1649877.844	0.009	0.019	0.021

หมายเหตุ ค่าความคลาดเคลื่อน : แนวราบ (X) = 0.0359 แนวตั้ง (Y) = 0.0213

ค่าความคลาดเคลื่อนโดยรวม = 0.0417

ตารางผนวกที่ 3 ค่าพิกัดภาพ และค่าพิกัดแผนที่ระบบ UTM ที่ใช้ในการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิต ของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ที่บันทึกภาพวันที่ 30 ธันวาคม พ.ศ. 2547

จุดควบคุม (ID)	ค่าพิกัดภาพ		ค่าพิกัดแผนที่ระบบ UTM		ค่าความคลาดเคลื่อน		รวม
	แนวราบ (X)	แนวตั้ง (Y)	แนวราบ (X)	แนวตั้ง (Y)	แนวราบ (X)	แนวตั้ง (Y)	
1	487886.432	1754412.732	487756.409	1755697.579	0.000	0.011	0.011
2	555253.912	1753263.679	555022.057	1754447.462	0.001	-0.001	0.002
3	488049.498	1724751.230	487946.371	1726038.801	0.001	0.005	0.005
4	547573.965	1725550.700	547370.037	1726760.915	-0.021	0.021	0.030
5	489350.146	1664522.371	489238.053	1665750.290	-0.010	-0.008	0.013
6	557904.242	1657059.655	557649.479	1658210.123	-0.011	-0.015	0.019
7	554824.523	1687378.188	554603.673	1688565.901	0.005	0.000	0.005
8	490641.823	1689298.885	490539.834	1690560.242	0.006	-0.011	0.013
9	517099.246	1725782.819	516944.360	1727036.795	0.001	-0.037	0.037
10	520651.639	1756185.431	520466.742	1757424.681	-0.001	-0.011	0.011
11	524381.563	1658666.093	524192.208	1659856.022	-0.005	0.008	0.010
12	536933.968	1738221.367	536740.262	1739445.120	-0.002	0.006	0.007
13	502425.953	1740322.922	502286.202	1741594.543	-0.003	0.008	0.008
14	548085.877	1704897.508	547882.752	1706104.516	0.012	-0.005	0.013
15	522124.347	1704701.121	521965.301	1705942.759	0.025	0.030	0.039
16	502630.393	1706064.827	502506.543	1707329.226	-0.022	0.002	0.022
17	519238.097	1680068.721	519076.657	1681293.161	0.000	0.003	0.003
18	502447.353	1670966.156	502312.950	1672194.446	-0.005	-0.010	0.011
19	544223.727	1670398.671	544008.610	1671583.743	0.018	0.024	0.030
20	544075.917	1648816.110	543835.846	1649969.593	0.001	-0.004	0.004
21	493287.952	1648824.471	493152.029	1650020.610	0.022	0.008	0.024
22	509400.648	1647101.226	509228.076	1648283.041	-0.013	0.006	0.015
23	537275.573	1760750.092	537061.002	1761958.976	0.002	-0.005	0.005
24	496625.152	1760025.636	496473.347	1761296.395	0.006	-0.001	0.006
25	534992.958	1686858.312	534806.200	1688071.720	-0.007	-0.023	0.024

หมายเหตุ ค่าความคลาดเคลื่อน : แนวราบ (X) = 0.0111 แนวตั้ง (Y) = 0.0142

ค่าความคลาดเคลื่อนโดยรวม = 0.0180

ตารางผนวกที่ 4 ค่าพิกัดภาพ และค่าพิกัดแผนที่ระบบ UTM ที่ใช้ในการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิต ของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ที่บันทึกภาพวันที่ 31 มกราคม พ.ศ. 2548

จุดควบคุม (ID)	ค่าพิกัดภาพ		ค่าพิกัดแผนที่ระบบ UTM		ค่าความคลาดเคลื่อน		รวม
	แนวราบ (X)	แนวตั้ง (Y)	แนวราบ (X)	แนวตั้ง (Y)	แนวราบ (X)	แนวตั้ง (Y)	
1	487886.432	1754412.732	487756.417	1755697.534	0.005	-0.016	0.017
2	555253.912	1753263.679	555022.057	1754447.462	0.002	0.000	0.002
3	488049.498	1724751.230	487946.371	1726038.801	-0.001	0.013	0.013
4	547573.965	1725550.700	547370.037	1726760.915	-0.020	0.017	0.026
5	489350.146	1664522.371	489238.053	1665750.290	-0.010	-0.005	0.012
6	557904.242	1657059.655	557649.479	1658210.123	-0.012	-0.006	0.013
7	554824.523	1687378.188	554603.673	1688565.901	0.005	0.001	0.005
8	490641.823	1689298.885	490539.834	1690560.242	0.005	-0.009	0.010
9	517099.246	1725782.819	516944.364	1727036.837	0.004	-0.002	0.005
10	520651.639	1756185.431	520466.742	1757424.681	-0.002	-0.011	0.011
11	524381.563	1658666.093	524192.208	1659856.022	-0.005	0.003	0.006
12	536933.968	1738221.367	536740.262	1739445.120	-0.002	0.001	0.002
13	502425.953	1740322.922	502286.202	1741594.543	-0.005	0.011	0.012
14	548085.877	1704897.508	547882.752	1706104.516	0.012	-0.010	0.016
15	522124.347	1704701.121	521965.301	1705942.759	0.025	0.022	0.033
16	502630.393	1706064.827	502506.543	1707329.226	-0.022	-0.001	0.022
17	519238.097	1680068.721	519076.657	1681293.161	0.000	-0.005	0.005
18	502447.353	1670966.156	502312.950	1672194.446	-0.005	-0.014	0.015
19	544223.727	1670398.671	544008.610	1671583.743	0.018	0.022	0.028
20	544075.917	1648816.110	543835.846	1649969.593	0.000	-0.001	0.001
21	493287.952	1648824.471	493152.029	1650020.610	0.022	0.011	0.025
22	509400.648	1647101.226	509228.076	1648283.041	-0.013	0.004	0.014
23	537275.573	1760750.092	537061.002	1761958.976	0.001	-0.006	0.006
24	496625.152	1760025.636	496473.347	1761296.395	0.003	0.011	0.012
25	534992.958	1686858.312	534806.200	1688071.720	-0.006	-0.031	0.031

หมายเหตุ ค่าความคลาดเคลื่อน : แนวราบ (X) = 0.0112 แนวตั้ง (Y) = 0.0120

ค่าความคลาดเคลื่อนโดยรวม = 0.0165

ตารางผนวกที่ 5 ค่าพิกัดภาพ และค่าพิกัดแผนที่ระบบ UTM ที่ใช้ในการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิต ของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ที่บันทึกภาพวันที่ 16 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2548

จุดควบคุม (ID)	ค่าพิกัดภาพ		ค่าพิกัดแผนที่ระบบ UTM		ค่าความคลาดเคลื่อน		รวม
	แนวราบ (X)	แนวตั้ง (Y)	แนวราบ (X)	แนวตั้ง (Y)	แนวราบ (X)	แนวตั้ง (Y)	
1	487379.136	1755050.799	487293.967	1756461.823	-0.012	-0.006	0.013
2	550972.749	1757660.990	550769.410	1758950.498	0.017	0.043	0.046
3	553612.457	1707963.717	553386.161	1709224.925	-0.025	-0.057	0.063
4	487586.026	1707986.902	487479.287	1709352.730	0.002	-0.051	0.051
5	559248.007	1650373.419	558989.241	1651602.764	0.036	-0.023	0.043
6	489688.046	1651912.325	489550.970	1653236.780	0.047	0.019	0.050
7	523908.723	1707289.744	523737.236	1708645.324	0.033	-0.048	0.058
8	522681.057	1757496.117	522531.869	1758884.836	-0.025	-0.043	0.050
9	524648.058	1648967.504	524450.193	1650296.606	-0.001	0.025	0.025
10	526088.279	1732239.499	525922.872	1733604.337	0.018	-0.055	0.058
11	525412.611	1678897.207	525226.469	1680236.585	0.015	-0.024	0.028
12	487836.317	1733302.357	487740.731	1734692.092	0.033	0.042	0.053
13	559825.837	1731650.171	559596.199	1732886.616	-0.027	-0.055	0.062
14	490120.175	1679081.366	489995.400	1680426.583	-0.093	0.018	0.095
15	553295.939	1678108.018	553058.937	1679365.067	0.020	0.056	0.059
16	540764.676	1662565.751	540544.146	1663864.300	-0.063	0.010	0.064
17	504960.474	1662714.682	504802.797	1664060.985	0.001	0.004	0.004
18	537503.555	1745736.708	537321.824	1747076.086	-0.035	0.047	0.059
19	503051.465	1744268.055	502933.328	1745672.728	0.011	-0.007	0.013
20	543032.332	1719776.964	542830.474	1721085.173	0.055	0.065	0.085
21	504802.327	1720526.934	504670.884	1721911.981	0.010	0.046	0.047
22	546278.564	1692594.985	546060.158	1693882.562	0.017	0.026	0.032
23	505682.831	1693552.399	505537.933	1694918.005	-0.025	0.018	0.031
24	542892.564	1648359.715	542662.328	1649649.291	-0.039	-0.002	0.039
25	503330.233	1647984.496	503168.425	1649321.757	0.029	-0.049	0.057

หมายเหตุ ค่าความคลาดเคลื่อน : แนวราบ (X) = 0.0343 แนวตั้ง (Y) = 0.0387

ค่าความคลาดเคลื่อนโดยรวม = 0.0517

ตารางผนวกที่ 6 ค่าพิกัดภาพ และค่าพิกัดแผนที่ระบบ UTM ที่ใช้ในการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิต ของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ที่บันทึกภาพวันที่ 20 มีนาคม พ.ศ. 2548

จุดควบคุม (ID)	ค่าพิกัดภาพ		ค่าพิกัดแผนที่ระบบ UTM		ค่าความคลาดเคลื่อน		รวม
	แนวราบ (X)	แนวตั้ง (Y)	แนวราบ (X)	แนวตั้ง (Y)	แนวราบ (X)	แนวตั้ง (Y)	
1	488136.942	1754783.782	487808.500	1755717.959	-0.009	0.035	0.036
2	552612.917	1758488.277	552157.150	1759323.781	0.021	-0.021	0.029
3	560359.490	1655076.324	559868.083	1655881.111	0.006	-0.013	0.014
4	490204.083	1655100.250	489859.966	1655965.036	-0.009	0.028	0.029
5	558199.985	1708924.744	557722.180	1709745.352	-0.048	0.047	0.067
6	489597.697	1713728.658	489263.181	1714640.531	0.031	-0.040	0.050
7	525145.721	1648480.407	524748.312	1649345.229	0.003	0.007	0.008
8	520809.641	1758300.059	520434.684	1759213.891	-0.002	-0.020	0.020
9	527571.966	1713446.980	527178.378	1714340.646	0.029	-0.010	0.031
10	526729.235	1734234.841	526339.681	1735135.091	-0.006	-0.009	0.011
11	526844.092	1681207.655	526447.989	1682089.685	-0.010	0.011	0.015
12	488071.059	1733789.639	487740.365	1734713.035	-0.002	-0.006	0.006
13	560298.217	1732488.801	559815.760	1733301.531	0.010	0.000	0.010
14	559535.713	1678403.879	559050.137	1679216.815	0.019	-0.019	0.027
15	489960.070	1679909.441	489620.299	1680796.305	-0.005	-0.019	0.020
16	526700.020	1745860.152	526311.643	1746762.438	0.004	0.008	0.009
17	526876.636	1661021.657	526477.525	1661892.822	-0.005	-0.012	0.013
18	527829.952	1696237.942	527433.704	1697125.292	0.011	0.032	0.034
19	530093.025	1723281.432	529694.801	1724173.549	-0.009	-0.007	0.011
20	542392.512	1746053.048	541965.503	1746920.419	-0.010	0.011	0.015
21	503141.745	1744662.111	502795.356	1745590.672	-0.011	0.007	0.013
22	542424.934	1663029.557	541988.416	1663879.331	-0.002	-0.001	0.002
23	509252.118	1663366.119	508886.089	1664248.029	0.002	-0.008	0.008
24	544618.219	1723036.076	544182.973	1723896.668	-0.004	-0.006	0.007
25	512588.696	1722604.532	512225.372	1723518.773	-0.002	0.002	0.003

หมายเหตุ ค่าความคลาดเคลื่อน : แนวราบ (X) = 0.0152 แนวตั้ง (Y) = 0.0112

ค่าความคลาดเคลื่อนโดยรวม = 0.0165

ตารางผนวกที่ 7 รายชื่อพันธุ์ไม้ในป่าเต็งรัง บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง

ชื่อสามัญ	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อวงศ์
กระโดน	<i>Careya sphaerica</i> Roxb.	LECYTHIDACEAE
กระทุ่มบก	<i>Anthocephalus chinensis</i> (Lam.) A. Rich. ex Walp.	RUBIACEAE
กระพี้เขาคาย	<i>Dalbergia cultrata</i> Graham ex Benth.	LEGUMINOSAE
กระพี้จั่น	<i>Millettia brandisiana</i> Kurz	LEGUMINOSAE
กระเมย	<i>Gardenia obtusifolia</i> Roxb. ex Kurz	RUBIACEAE
กะบก	<i>Irvingia malayana</i> Oliv. ex A.W. Benn.	IRVINGIACEAE
กางจืด	<i>Albizia odoratissima</i> (L.f.) Benth.	LEGUMINOSAE
กาสำปีก	<i>Vitex peduncularis</i> Wall. ex Schauer	LABIATAE
กุ่ม	<i>Lannea coromandelica</i> (Houtt.) Merr.	ANACARDIACEAE
กุ่มบก	<i>Crateva adansonii</i> DC. subsp. <i>trifoliata</i> (Roxb.) Jacobs	CAPPARACEAE
ขี้วัว	<i>Haldina cordifolia</i> (Roxb.) Ridsdale	RUBIACEAE
จืด	<i>Terminalia triptera</i> Stapf	COMBRETACEAE
ไผ่น้ำ	<i>Vitex glabrata</i> R.Br.	LABIATAE
คอแลน	<i>Nephelium hypoleucum</i> Kurz	SAPINDACEAE
คำมอกหลวง	<i>Gardenia sootepensis</i> Hutch.	RUBIACEAE
แคทราย	<i>Stereospermum neuranthum</i> Kurz	BIGNONIACEAE
ชงโค	<i>Bauhinia purpurea</i> L.	LEGUMINOSAE
ชัยพฤกษ์	<i>Cassia javanica</i> L. subsp. <i>renigera</i> (Wall. Ex Benth.) K.Larsen	LEGUMINOSAE
ช้าน้ำ	<i>Gomphia serrata</i> (Gaertn.) Kanis	OCHNACEAE
ชิงชัน	<i>Dalbergia oliveri</i> Gamble	LEGUMINOSAE
แดง	<i>Xylocarpus</i> (Roxb.) Taub. var. <i>kerri</i> (Craib & Hutch.) I.C.Nielsen	LEGUMINOSAE
ตะขบป่า	<i>Flacourtia indica</i> (Burm.f.) Merr.	FLACOURTIACEAE
ตะคร้อ	<i>Schleichera oleosa</i> (Lour.) oken	SAPINDACEAE
ตะคร้ำ	<i>Garuga pinnata</i> Roxb.	BURSERACEAE
ตะแบกแดง	<i>Lagerstroemia ovalifolia</i> Teijsm. & Binn.	LYTHRACEAE
ตะแบกแดง	<i>Lagerstroemia calyculata</i> Kurz	LYTHRACEAE
เครือตาปลา	<i>Derris thorelii</i> Craib	LEGUMINOSAE
ตีนเกลี้ยง	<i>Cratogeomys cochinchinense</i> (Lour.) Blume	GUTTIFERAE

ตารางผนวกที่ 7 (ต่อ)

ชื่อสามัญ	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อวงศ์
เต็ง	<i>Shorea obtusa</i> Wall.ex Blume	DIPTEROCARPACEAE
เต็งหนาม	<i>Bridelia retusa</i> (L.) A. Juss.	EUPHORBIACEAE
ประดู่ป่า	<i>Pterocarpus macrocarpus</i> Kurz	LEGUMINOSAE
เปล้าใหญ่	<i>Croton roxburghii</i> N.P. Balakr.	EUPHORBIACEAE
ผักหวานป่า	<i>Champereia manillana</i> (Blume) Merr.	OPILIACEAE
พญาสัต	<i>Albizia lebbek</i> (L.) Benth.	LEGUMINOSAE
พลวง	<i>Dipterocarpus tuberculatus</i> Roxb.	DIPTEROCARPACEAE
พะยอม	<i>Shorea roxburghii</i> G. Don	DIPTEROCARPACEAE
มะกอกเกลื้อน	<i>Canarium subulatum</i> Guillaumin	BURSERACEAE
มะกอกป่า	<i>Spondias pinnata</i> (L.f.) Kurz	ANACARDIACEAE
มะขามป้อม	<i>Phyllanthus emblica</i> L.	EUPHORBIACEAE
มะค่าแต้	<i>Sindora siamensis</i> Teijsm. & Miq.	LEGUMINOSAE
มะเฟืองช้าง	<i>Lepisanthes tetraphylla</i> (Vahl) Radlk.	SAPINDACEAE
มะม่วงป่า	<i>Mangifera caloneura</i> Kurz	ANACARDIACEAE
มะม่วงหาวแมงวัน	<i>Buchanania lanzan</i> Spreng.	ANACARDIACEAE
มะเฒ่า	<i>Antidesma montanum</i> Blume	EUPHORBIACEAE
โมกมัน	<i>Wrightia arborea</i> (Dennst.) Mabb.	APOCYNACEAE
ข่อยป่า	<i>Morinda coreia</i> Ham.	RUBIACEAE
รกฟ้า	<i>Terminalia alata</i> Heyne ex Roth	COMBRETACEAE
รักป่า	<i>Semecarpus curtisii</i> King	ANACARDIACEAE
รักใหญ่	<i>Gluta usitata</i> (Wall.) Ding Hou	ANACARDIACEAE
รัง	<i>Shorea siamensis</i> Miq.	DIPTEROCARPACEAE
ราชพฤกษ์	<i>Cassia fistula</i> L.	LEGUMINOSAE
เล็บเหยี่ยว	<i>Ziziphus oenoplia</i> (L.) Mill. var. oenoplia	RHAMNACEAE
เลียงมัน	<i>Berrya cordifolia</i> (Willd.) Burret	TILIACEAE
เลื้อยควาง	<i>Knema linifolia</i> (Roxb.) Warb.	MYRISTICACEAE
ส้มกบ	<i>Hymenodictyon orixense</i> (Roxb.) Mabb.	RUBIACEAE
สมอไทย	<i>Terminalia chebula</i> Retz. var. chebula	COMBRETACEAE

ตารางผนวกที่ 7 (ต่อ)

ชื่อสามัญ	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อวงศ์
สมอพิเภก	<i>Terminalia bellirica</i> (Gaertn.) Roxb.	COMBRETACEAE
สะเดาช้าง	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i> Wight ex Arn.	LEGUMINOSAE
สาธร	<i>Millettia leucantha</i> Kurz var. <i>buteoides</i> (Gagnep.) P.K.Loc	LEGUMINOSAE
सानใหญ่	<i>Dillenia obovata</i> (Blume) Hoogland	DILLENiaceae
สารภีป่า	<i>Anneslea fragrans</i> Wall.	THEACEAE
เสี้ยวป่า	<i>Bauhinia saccocalyx</i> Pierre	LEGUMINOSAE
แสมสาร	<i>Senna garrettiana</i> (Craib) Irwin & Barneby	LEGUMINOSAE
แสลงใจ	<i>Strychnos nux-vomica</i> L.	STRYCHNACEAE
หมีเหม็น	<i>Litsea glutinosa</i> (Lour.) C.B. Rob.	LAURACEAE
หว้าป่า	<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels	MYRTACEAE
เหมือดขน	<i>Aporosa ficifolia</i> Baill.	EUPHORBIACEAE
เหมือดจี่	<i>Memecylon scutellatum</i> Naudin	MELASTOMACEAE
เหมือดโสด	<i>Polyosma elongata</i> Geddes	GROSSULARIACEAE
เหียง	<i>Dipterocarpus obtusifolius</i> Teijsm. ex Miq.	DIPTEROCARPACEAE

ตารางผนวกที่ 8 รายชื่อพันธุ์ไม้ในป่าผสมผลัดใบ บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง

ชื่อสามัญ	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อวงศ์
กระดุกไก่อ	<i>Euonymus javanicus</i> Blume	CELASTRACEAE
กระโดน	<i>Careya sphaerica</i> Roxb.	LECYTHIDACEAE
กระทุ่มบก	<i>Anthocephalus chinensis</i> (Lam.) A. Rich. ex Walp.	RUBIACEAE
กระพี้เขาควาย	<i>Dalbergia cultrata</i> Graham ex Benth.	LEGUMINOSAE
กระพี้จั่น	<i>Millettia brandisiana</i> Kurz	LEGUMINOSAE
กระมอบ	<i>Gardenia obtusifolia</i> Roxb.ex Kurz	RUBIACEAE
กะบก	<i>Irvingia malayana</i> Oliv. ex A.W. Benn.	IRVINGIACEAE
กางจี่มอด	<i>Albizia odoratissima</i> (L.f.) Benth.	LEGUMINOSAE
ก้ามปู	<i>Viscum orientale</i> Willd.	VISCACEAE
กาสามปึก	<i>Vitex peduncularis</i> Wall. ex Schauer	LABIATAE
กุก	<i>Lannea coromandelica</i> (Houtt.) Merr.	ANACARDIACEAE
กุ่มบก	<i>Crateva adansonii</i> DC. subsp. trifoliata (Roxb.) Jacobs	CAPPARACEAE
ขวัว	<i>Haldina cordifolia</i> (Roxb.) Ridsdale	RUBIACEAE
จี่อ้าย	<i>Terminalia triptera</i> Stapf	COMBRETACEAE
จี่หนอน	<i>Zollingeria dongnaiensis</i> Pierre	SAPINDACEAE
เจ้มดง	<i>Greenia corymbosa</i> (Jack.) K.Schum.	RUBIACEAE
ไข่น้ำ	<i>Vitex glabrata</i> R.Br.	LABIATAE
คอแลน	<i>Nephelium hypoleucum</i> Kurz	SAPINDACEAE
คำมอกหลวง	<i>Gardenia sootepensis</i> Hutch.	RUBIACEAE
แคทราย	<i>Stereospermum neuranthum</i> Kurz	BIGNONIACEAE
แคฝอย	<i>Stereospermum cylindricum</i> Pierre ex Dop.	BIGNONIACEAE
จิวป่า	<i>Bombax anceps</i> Pierre var. anceps	BOMBACACEAE
ชงโค	<i>Bauhinia purpurea</i> L.	LEGUMINOSAE
ช้าน้ำ	<i>Gomphia serrata</i> (Gaertn.) Kanis	OCHNACEAE
ชิงชัน	<i>Dalbergia oliveri</i> Gamble	LEGUMINOSAE
ช่อ	<i>Gmelina arborea</i> Roxb.	LABIATAE
เคี่ยมไก่อ	<i>Madhuca kerrii</i> H.R.Fletcher	SAPOTACEAE
แดง	<i>Xylocarpus xylocarpa</i> (Roxb.) Taub. var. kerrii (Craib & Hutch.) I.C.Nielsen	LEGUMINOSAE

ตารางผนวกที่ 8 (ต่อ)

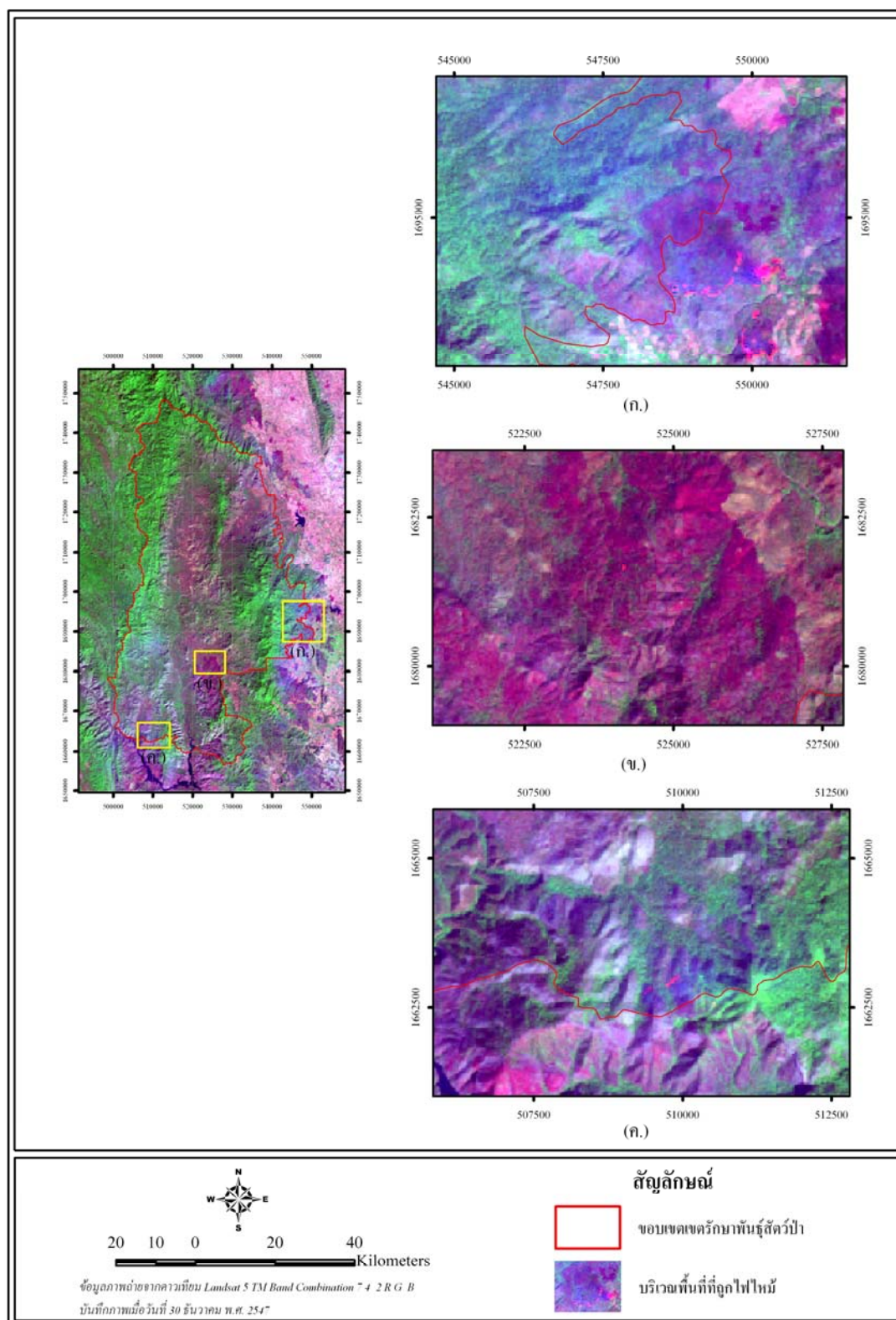
ชื่อสามัญ	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อวงศ์
ตะคร้อ	<i>Schleichera oleosa</i> (Lour.) oken	SAPINDACEAE
ตะขบป่า	<i>Flacourtia indica</i> (Burm.f.) Merr.	FLACOURTIACEAE
ตะคร้า	<i>Garuga pinnata</i> Roxb.	BURSERACEAE
ตะเคียนทอง	<i>Hopea odorata</i> Roxb.	DIPTEROCARPACEAE
ตะเคียนหนู	<i>Anogeissus acuminata</i> (Roxb. ex DC.) Guill. & Perr. var. lanceolata C.B.Clarke	COMBRETACEAE
ตะแบกแดง	<i>Lagerstroemia ovalifolia</i> Teijsm. & Binn.	LYTHRACEAE
ตะแบกแดง	<i>Lagerstroemia calyculata</i> Kurz	LYTHRACEAE
ดัดแดง	<i>Diospyros ehretioides</i> Wall. ex G.Don	EBENACEAE
ดีงี่	<i>Cratoxylum cochinchinense</i> (Lour.) Blume	GUTTIFERAE
ดีงี่	<i>Cratoxylum formosum</i> (Jack) Dyer subsp. pruniflorum (Kurz) Gogel.	GUTTIFERAE
เต็ง	<i>Shorea obtusa</i> Wall.ex Blume	DIPTEROCARPACEAE
เต็งหนาม	<i>Bridelia retusa</i> (L.) A. Juss.	EUPHORBIACEAE
ทองหลวงป่า	<i>Erythrina subumbrans</i> (Hassk.) Merr.	LEGUMINOSAE
ไทร	<i>Ficus annulata</i> Blume	MORACEAE
ไทรใหญ่	<i>Ficus consociata</i> Blume var. murtonii King	MORACEAE
นุ่นป่า	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	BOMBACACEAE
ประดู่ป่า	<i>Pterocarpus macrocarpus</i> Kurz	LEGUMINOSAE
ปรง	<i>Alangium salviifolium</i> (L.f.) Wangerin subsp. hexapetalum Wangerin	ALANGIACEAE
ปอแดง	<i>Sterculia guttata</i> Roxb.	STERCULIACEAE
ปอพาน	<i>Wikstroemia ridleyi</i> Gamble	THYMELAEACEAE
ปอเลียงฝ้าย	<i>Eriolaena candollei</i> Wall.	STERCULIACEAE
เปล้าใหญ่	<i>Croton roxburghii</i> N.P. Balakr.	EUPHORBIACEAE
ไผ่รวก	<i>Thyrsostachys siamensis</i> Gamble	GRAMINEAE
สัตบรรณ	<i>Alstonia scholaris</i> (L.) R.Br.	APOCYNACEAE
พูกยี่	<i>Albizia lebbeck</i> (L.) Benth.	LEGUMINOSAE
พะยอม	<i>Shorea roxburghii</i> G. Don	DIPTEROCARPACEAE
เพกา	<i>Oroxylum indicum</i> (L.) Kurz	BIGNONIACEAE
มณฑา	<i>Magnolia Liliifera</i> (L.) Baill.	MAGNOLIACEAE

ตารางผนวกที่ 8 (ต่อ)

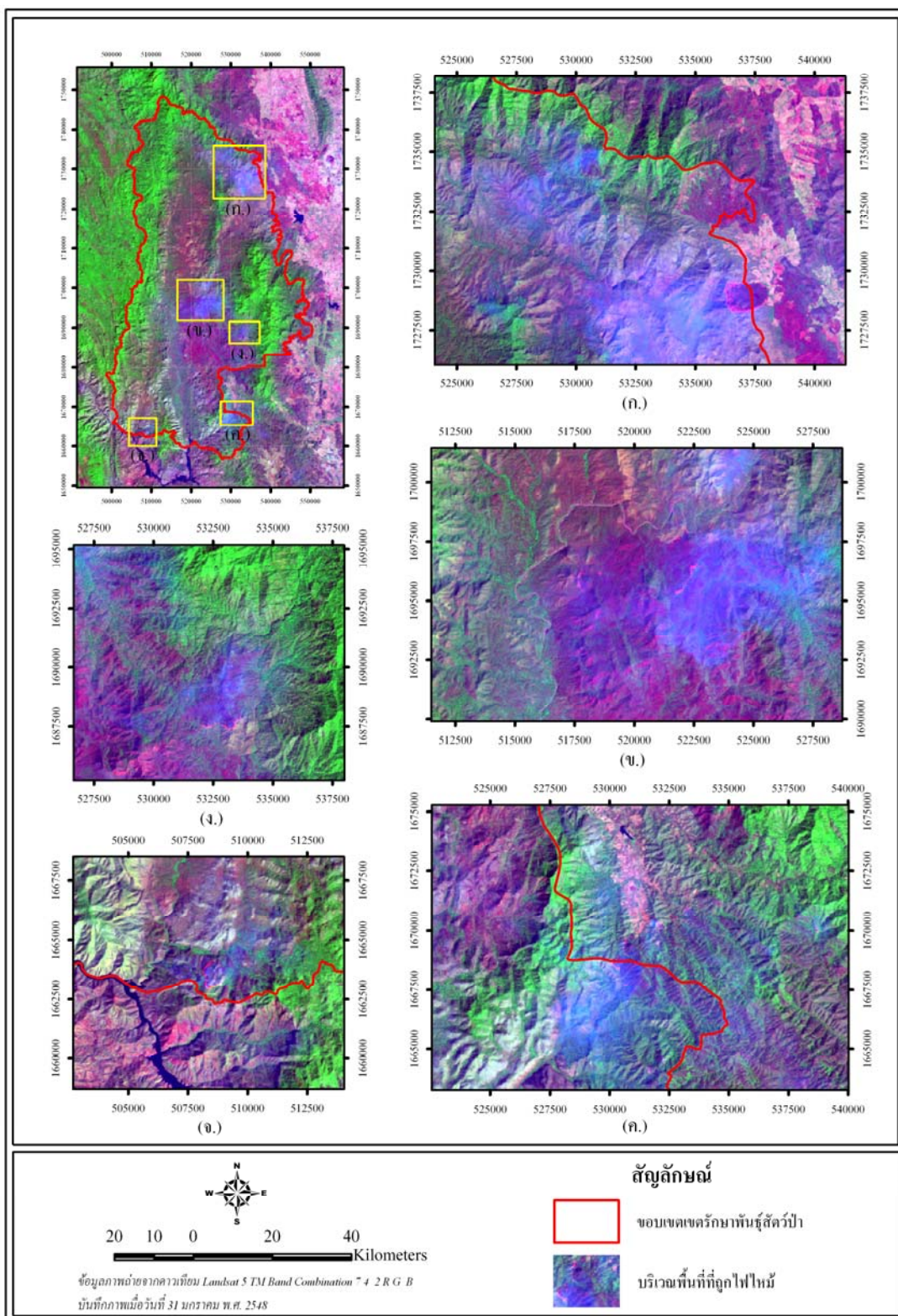
ชื่อสามัญ	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อวงศ์
มะกอกเกล็ดน	<i>Canarium subulatum</i> Guillaumin	BURSERACEAE
มะกอกป่า	<i>Spondias pinnata</i> (L.f.) Kurz	ANACARDIACEAE
มะขามป้อม	<i>Phyllanthus emblica</i> L.	EUPHORBIACEAE
มะค่าแต้	<i>Sindora siamensis</i> Teijsm. & Miq.	LEGUMINOSAE
มะค่าโมง	<i>Azelia xylocarpa</i> (Kurz) Craib	LEGUMINOSAE
มะตูมป่า	<i>Aegle marmelos</i> (L.) Correa ex Roxb.	RUTACEAE
มะนาวผี	<i>Atalantia monophylla</i> (DC.) Correa	RUTACEAE
มะเฟืองช้าง	<i>Lepisanthes tetraphylla</i> (Vahl) Radlk.	SAPINDACEAE
มะเฟืองป่า	<i>Averrhoa carambola</i> L.	OXALIDACEAE
มะไฟป่า	<i>Baccaurea ramiflora</i> Lour.	EUPHORBIACEAE
มะม่วงป่า	<i>Mangifera caloneura</i> Kurz	ANACARDIACEAE
มะม่วงหาวแมงวัน	<i>Buchanania lanzan</i> Spreng.	ANACARDIACEAE
มะเฒ่า	<i>Antidesma montanum</i> Blume	EUPHORBIACEAE
มะยมหิน	<i>Meliosma pinnata</i> Walp.	SABIACEAE
มันปู	<i>Glochidion wallichianum</i> Mull. Arg.	EUPHORBIACEAE
โมกมัน	<i>Wrightia arborea</i> (Dennst.) Mabb.	APOCYNACEAE
โมกหลวง	<i>Holarrhena pubescens</i> Wall.ex G.Don	APOCYNACEAE
ขอป่า	<i>Morinda coreia</i> Ham.	RUBIACEAE
ยางโคน	<i>Polyalthia asteriella</i> Ridl.	ANNONACEAE
ยางโอน	<i>Polyalthia viridis</i> Craib	ANNONACEAE
รกฟ้า	<i>Terminalia alata</i> Heyne ex Roth	COMBRETACEAE
รักป่า	<i>Semecarpus curtisii</i> King	ANACARDIACEAE
รัง	<i>Shorea siamensis</i> Miq.	DIPTEROCARPACEAE
ราชพฤกษ์	<i>Cassia fistula</i> L.	LEGUMINOSAE
ลำไยป่า	<i>Paranephelium xestophyllum</i> Miq.	SAPINDACEAE
เล็บเหยี่ยว	<i>Ziziphus oenoplia</i> (L.) Mill. var. oenoplia	RHAMNACEAE
เลียงมัน	<i>Berrya cordifolia</i> (Willd.) Burret	TILIACEAE
เลือดขวาง	<i>Knema linifolia</i> (Roxb.) Warb.	MYRISTICACEAE

ตารางผนวกที่ 8 (ต่อ)

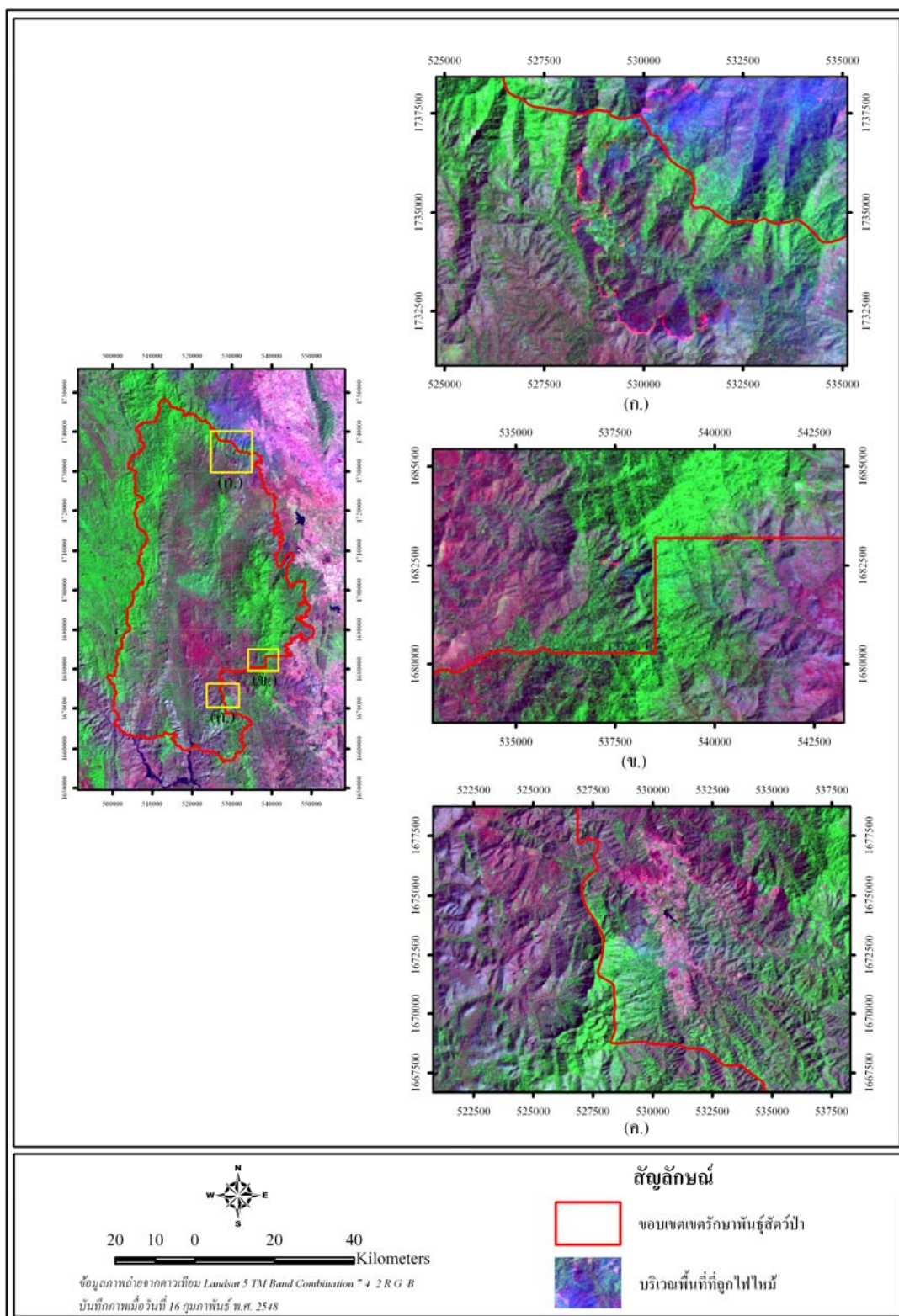
ชื่อสามัญ	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อวงศ์
ฉนวน	<i>Dalbergia nigrescens</i> Kurz	LEGUMINOSAE
ส้มกบ	<i>Hymenodictyon orixense</i> (Roxb.) Mabb.	RUBIACEAE
ส้มป่อย	<i>Acacia concinna</i> (Willd.) DC.	LEGUMINOSAE
ส้มเสี้ยวเถา	<i>Bauhinia lakhonensis</i> Gagnep.	LEGUMINOSAE
สมอไทย	<i>Terminalia chebula</i> Retz. var. <i>chebula</i>	COMBRETACEAE
สมอพิเภก	<i>Terminalia bellirica</i> (Gaertn.) Roxb.	COMBRETACEAE
สะแกแสง	<i>Cananga latifolia</i> (Hook.f. & Thomson) Finet & Gagnep.	ANNONACEAE
สะเดาช้าง	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i> Wight ex Arn.	LEGUMINOSAE
สาธร	<i>Millettia leucantha</i> Kurz var. <i>buteoides</i> (Gagnep.) P.K.Loc	LEGUMINOSAE
सानใหญ่	<i>Dillenia obovata</i> (Blume) Hoogland	DILLENIACEAE
สารภีป่า	<i>Anneslea fragrans</i> Wall.	THEACEAE
ลำโรง	<i>Sterculia foetida</i> L.	STERCULIACEAE
เสลาเปลือกบาง	<i>Lagerstroemia venusta</i> Wall.	LYTHRACEAE
แสมสาร	<i>Senna garrettiana</i> (Craib) Irwin & Barneby	LEGUMINOSAE
แสลงใจ	<i>Strychnos nux-vomica</i> L.	STRYCHNACEAE
หมีเหม็น	<i>Litsea glutinosa</i> (Lour.) C.B. Rob.	LAURACEAE
หว่าป่า	<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels	MYRTACEAE
เหมือดคน	<i>Aporosa ficifolia</i> Baill.	EUPHORBIACEAE
เหมือดจี่	<i>Memecylon scutellatum</i> Naudin	MELASTOMATACEAE
เหมือดโสด	<i>Polyosma elongata</i> Geddes	GROSSULARIACEAE
เหียง	<i>Dipterocarpus obtusifolius</i> Teijsm. ex Miq.	DIPTEROCARPACEAE
แห่น	<i>Lemna perpusilla</i> Torr.	LEMNACEAE
อินทนิลบก	<i>Lagerstroemia macrocarpa</i> Wall.	LYTHRACEAE



ภาพผนวกที่ 1 ภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM แสดงบริเวณพื้นที่ที่ถูกลไฟไหม้ บริเวณ
เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง บันทึกภาพเมื่อวันที่ 30 ธันวาคม พ.ศ. 2547



ภาพผนวกที่ 2 ภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM แสดงบริเวณพื้นที่ที่ถูกไฟไหม้ บริเวณ
เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง บันทึกภาพเมื่อวันที่ 31 มกราคม พ.ศ. 2548



ภาพผนวกที่ 3 ภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM แสดงบริเวณพื้นที่ที่ถูกไฟไหม้ บริเวณ
เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง บันทึกภาพเมื่อวันที่ 16 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2548

Variables Entered/Removed^b

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	มวลชีวภาพของใบ ^a	.	Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: ปริมาณเชื้อเพลิง (ใบ)

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.654 ^a	.428	.408	62.943782

a. Predictors: (Constant), มวลชีวภาพของใบ

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	83110.628	1	83110.628	20.977	.000 ^a
	Residual	110933.753	28	3961.920		
	Total	194044.381	29			

a. Predictors: (Constant), มวลชีวภาพของใบ

b. Dependent Variable: ปริมาณเชื้อเพลิง (ใบ)

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	108.427	42.100		2.575	.016
	มวลชีวภาพของใบ	1.741	.380	.654	4.580	.000

a. Dependent Variable: ปริมาณเชื้อเพลิง (ใบ)

ภาพผนวกที่ 4 ผลการวิเคราะห์หาสมการความสัมพันธ์ที่เหมาะสมระหว่างค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ
ในป่าเต็งรัง กับค่ามวลชีวภาพของใบที่ได้จากสมการความสัมพันธ์ต่างมิติ โดย
วิธีการวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis)

Regression

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	IRR	.	Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter ≤ .050, Probability-of-F-to-remove ≥ .100).

a. Dependent Variable: ปริมาณมวลชีวภาพของใบ

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.749 ^a	.560	.545	20.750888

a. Predictors: (Constant), IRR

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	15370.73	1	15370.728	35.696	.000 ^a
	Residual	12056.78	28	430.599		
	Total	27427.51	29			

a. Predictors: (Constant), IRR

b. Dependent Variable: ปริมาณมวลชีวภาพของใบ

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-181.816	48.416		-3.755	.001
	IRR	107.130	17.931	.749	5.975	.000

a. Dependent Variable: ปริมาณมวลชีวภาพของใบ

Excluded Variables^b

Model		Beta In	t	Sig.	Partial Correlation	Collinearity Statistics
						Tolerance
1	NDVI	-1.165 ^a	-.684	.500	-.130	5.514E-03
	VI	-.501 ^a	-1.307	.202	-.244	.104
	BN	-.160 ^a	-1.270	.215	-.237	.970
	GN	-.428 ^a	-1.074	.292	-.202	9.842E-02
	WN	.077 ^a	.414	.682	.079	.467
	FC	-1.286 ^a	-.708	.485	-.135	4.848E-03

a. Predictors in the Model: (Constant), IRR

b. Dependent Variable: ปริมาณมวลชีวภาพของใบ

ภาพผนวกที่ 5 ผลการวิเคราะห์หาสมการความสัมพันธ์ที่เหมาะสมระหว่างค่ามวลชีวภาพของใบในป่าเต็งรัง กับตัวแปรอิสระต่าง ๆ ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM (ช่วงก่อนฤดูผลัดใบ) โดยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (Stepwise Multiple Regression Analysis)

Regression**Variables Entered/Removed^a**

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	IRR	.	Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter <= .050, Probability-of-F-to-remove >= .100).

a. Dependent Variable: ปริมาณเชื้อเพลิง (ใน)

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.749 ^a	.562	.546	55.118712

a. Predictors: (Constant), IRR

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	108978.353	1	108978.353	35.9	.000 ^a
	Residual	85066.028	28	3038.072		
	Total	194044.381	29			

a. Predictors: (Constant), IRR

b. Dependent Variable: ปริมาณเชื้อเพลิง (ใน)

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-473.943	128.603		-3.685	.001
	IRR	285.256	47.628	.749	5.989	.000

a. Dependent Variable: ปริมาณเชื้อเพลิง (ใน)

Excluded Variables^b

Model		Beta In	t	Sig.	Partial Correlation	Collinearity Statistics Tolerance
1	NDVI	-.214 ^a	-.125	.902	-.024	5.514E-03
	VI	-.599 ^a	-1.587	.124	-.292	.104
	BN	-.300 ^a	-2.593	.015	-.446	.970
	GN	-.390 ^a	-.977	.337	-.185	9.842E-02
	WN	.408 ^a	2.410	.023	.421	.467
	FC	-.037 ^a	-.020	.984	-.004	4.848E-03

a. Predictors in the Model: (Constant), IRR

b. Dependent Variable: ปริมาณเชื้อเพลิง (ใน)

ภาพผนวกที่ 6 ผลการวิเคราะห์หาสมการความสัมพันธ์ที่เหมาะสมระหว่างค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบในป่าเต็งรัง กับตัวแปรอิสระต่าง ๆ ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM (ช่วงก่อนฤดูผลัดใบ) โดยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (Stepwise Multiple Regression Analysis)

Regression

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	FC	.	Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter <= .050, Probability-of-F-to-remove >= .100).
2	IRR	.	Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter <= .050, Probability-of-F-to-remove >= .100).

a. Dependent Variable: ปริมาณเชื้อเพลิง (ใน)

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.631 ^a	.398	.376	64.606742
2	.773 ^b	.598	.568	53.740494

a. Predictors: (Constant), FC

b. Predictors: (Constant), FC, IRR

ANOVA^c

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	77172.280	1	77172.280	18.489	.000 ^a
	Residual	116872.870	28	4174.031		
	Total	194045.150	29			
2	Regression	116068.053	2	58034.026	20.095	.000 ^b
	Residual	77977.098	27	2888.041		
	Total	194045.150	29			

a. Predictors: (Constant), FC

b. Predictors: (Constant), FC, IRR

c. Dependent Variable: ปริมาณเชื้อเพลิง (ใน)

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	64.119	54.732		1.17	.251
	FC	503.891	117.188	.631	4.30	.000
2	(Constant)	559.036	142.337		3.93	.001
	FC	3284.036	763.807	4.110	4.30	.000
	IRR	-855.018	232.984	-3.508	-3.7	.001

a. Dependent Variable: ปริมาณเชื้อเพลิง (ใน)

Excluded Variables^a

Model		Beta In	t	Sig.	Partial Correlation	Collinearity Statistics
						Tolerance
1	IRR	-3.508 ^a	-3.670	.001	-.577	1.629E-02
	NDVI	-.33.717 ^a	-.641	.527	-.122	7.948E-06
	VI	.212 ^a	.306	.762	.059	4.629E-02
	BN	.135 ^a	.905	.374	.172	.978
	GN	.256 ^a	.400	.692	.077	5.401E-02
	WN	-.201 ^a	-.767	.450	-.146	.319
2	NDVI	-24.742 ^b	-.564	.578	-.110	7.923E-06
	VI	.639 ^b	1.110	.277	.213	4.455E-02
	BN	.117 ^b	.950	.351	.183	.976
	GN	.407 ^b	.767	.450	.149	5.369E-02
	WN	-.174 ^b	-.798	.432	-.155	.318

a. Predictors in the Model: (Constant), FC

b. Predictors in the Model: (Constant), FC, IRR

c. Dependent Variable: ปริมาณเชื้อเพลิง (ใน)

ภาพผนวกที่ 7 ผลการวิเคราะห์หาสมการความสัมพันธ์ที่เหมาะสมระหว่างค่าปริมาณเชื้อเพลิงในป่าเต็งรัง กับตัวแปรอิสระต่าง ๆ ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM (ช่วงหลังฤดูผลัดใบ) โดยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (Stepwise Multiple Regression Analysis)

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 ค่าที่ได้จาก TM ก่อนฤดูผลัดใบ	313.5903	30	56.10922	10.24409
ค่าที่จาก TM หลังฤดูผลัดใบ	300.3753	30	42.53995	7.76670

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 ค่าที่ได้จาก TM ก่อนฤดูผลัดใบ & ค่าที่จาก TM หลังฤดูผลัดใบ	30	.705	.000

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 ค่าที่ได้จาก TM ก่อนฤดูผลัดใบ - ค่าที่จาก TM หลังฤดูผลัดใบ	13.215	39.91641	7.28771	-1.6900	28.1200	1.813	29	.080

ภาพผนวกที่ 8 ผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจสอบค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในช่วงก่อนฤดูผลัดใบ และช่วงหลังฤดูผลัดใบ ในป่าเต็งรัง ด้วยวิธี t-test

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 ค่าที่ได้จากมวลชีวภาพของใบ	289.5180	20	84.47052	18.88818
ค่าที่ได้จาก Landsat 5 TM (หลังฤดูผลัดใบ)	306.3260	20	97.53544	21.80959

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 ค่าที่ได้จากมวลชีวภาพของใบ & ค่าที่ได้จาก Landsat 5 TM (หลังฤดูผลัดใบ)	20	.896	.000

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 ค่าที่ได้จากมวลชีวภาพของใบ - ค่าที่ได้จาก Landsat 5 TM (หลังฤดูผลัดใบ)	-16.8080	43.32282	9.68728	-37.0837	3.4677	-1.735	19	.099

ภาพผนวกที่ 9 ผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจสอบค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ ที่ได้จากค่ามวลชีวภาพของใบ กับค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในช่วงหลังฤดูผลัดใบ ในป่าเต็งรัง ด้วยวิธี t-test

Variables Entered/Removed^b

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	มวลชีวภาพของใบ ^a	.	Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: ปริมาณเชื้อเพลิง (ใบ)

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.786 ^a	.618	.604	50.794714

a. Predictors: (Constant), มวลชีวภาพของใบ

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	116776.1	1	116776.089	45.260	.000 ^a
	Residual	72242.88	28	2580.103		
	Total	189019.0	29			

a. Predictors: (Constant), มวลชีวภาพของใบ

b. Dependent Variable: ปริมาณเชื้อเพลิง (ใบ)

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	8.154	48.827		.167	.869
	มวลชีวภาพของใบ	1.273	.189	.786	6.728	.000

a. Dependent Variable: ปริมาณเชื้อเพลิง (ใบ)

ภาพผนวกที่ 10 ผลการวิเคราะห์หาสมการความสัมพันธ์ที่เหมาะสมระหว่างค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบในป่าผสมผลัดใบ กับค่ามวลชีวภาพของใบที่ได้จากสมการความสัมพันธ์ต่างมิติ โดยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis)

Regression

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	IRR	.	Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter ≤ .050, Probability-of-F-to-remove ≥ .100).

a. Dependent Variable: ปริมาณมวลชีวภาพของใบ

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.716 ^a	.512	.495	35.423602

a. Predictors: (Constant), ปริมาณมวลชีวภาพของใบ

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	36913.853	1	36913.853	29.42	.000 ^a
	Residual	35135.284	28	1254.832		
	Total	72049.137	29			

a. Predictors: (Constant), IRR

b. Dependent Variable: ปริมาณมวลชีวภาพของใบ

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-527.927	144.187		-3.661	.001
	IRR	268.162	49.442	.716	5.424	.000

a. Dependent Variable: ปริมาณมวลชีวภาพของใบ

Excluded Variables^b

Model		Beta In	t	Sig.	Partial Correlation	Collinearity Statistics
						Tolerance
1	NDVI	-1.912 ^a	-.646	.523	-.123	2.034E-03
	VI	-.233 ^a	-1.070	.294	-.202	.365
	BN	-.148 ^a	-1.121	.272	-.211	.991
	GN	-.314 ^a	-1.459	.156	-.270	.361
	WN	.027 ^a	.197	.846	.038	.964
	FC	-3.467 ^a	-1.129	.269	-.212	1.829E-03

a. Predictors in the Model: (Constant), IRR

b. Dependent Variable: ปริมาณมวลชีวภาพของใบ

ภาพผนวกที่ 11 ผลการวิเคราะห์หาสมการความสัมพันธ์ที่เหมาะสมระหว่างค่ามวลชีวภาพของใบในป่าผสมผลัดใบ กับตัวแปรอิสระต่าง ๆ ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM (ช่วงก่อนฤดูผลัดใบ) โดยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (Stepwise Multiple Regression Analysis)

Regression

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	IRR	.	Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter <= .050, Probability-of-F-to-remove >= .100).

a. Dependent Variable: ปริมาณเชื้อเพลิง (ใน)

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.695 ^a	.484	.465	59.048075

a. Predictors: (Constant), IRR

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	91392.070	1	91392.070	26.212	.000 ^a
	Residual	97626.903	28	3486.675		
	Total	189018.973	29			

a. Predictors: (Constant), IRR

b. Dependent Variable: ปริมาณเชื้อเพลิง (ใน)

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-898.619	240.348		-3.739	.001
	IRR	421.946	82.415	.695	5.120	.000

a. Dependent Variable: ปริมาณเชื้อเพลิง (ใน)

Excluded Variables^b

Model		Beta In	t	Sig.	Partial Correlation	Collinearity Statistics
						Tolerance
1	NDVI	-.6127 ^a	-2.164	.0391	-.384	2.034E-03
	VI	.051 ^a	.223	.825	.043	.365
	BN	-.021 ^a	-.149	.883	-.029	.970
	GN	-.097 ^a	-.423	.676	-.081	.991
	WN	.161 ^a	1.168	.253	.219	.964
	FC	-.6199 ^a	-2.062	.049	-.369	1.829E-03

a. Predictors in the Model: (Constant), IRR

b. Dependent Variable: ปริมาณเชื้อเพลิง (ใน)

ภาพผนวกที่ 12 ผลการวิเคราะห์หาสมการความสัมพันธ์ที่เหมาะสมระหว่างค่าปริมาณเชื้อเพลิง
ใบในป่าผสมผลัดใบ กับตัวแปรอิสระต่าง ๆ ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม
Landsat 5 TM (ช่วงก่อนฤดูผลัดใบ) โดยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบ
ขั้นตอน (Stepwise Multiple Regression Analysis)

Regression

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	FC	.	Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter ≤ .050, Probability-of-F-to-remove ≥ .100).

a. Dependent Variable: ปริมาณเชื้อเพลิง (ใบ)

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.754 ^a	.569	.553	53.958638

a. Predictors: (Constant), FC

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	107496.004	1	107496.004	36.921	.000 ^a
	Residual	81522.970	28	2911.535		
	Total	189018.973	29			

a. Predictors: (Constant), FC

b. Dependent Variable: ปริมาณเชื้อเพลิง (ใบ)

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	65.201	44.786		1.456	.016
	FC	574.221	94.503	.754	6.076	.000

a. Dependent Variable: ปริมาณเชื้อเพลิง (ใบ)

Excluded Variables^b

Model		Beta In	t	Sig.	Partial Correlation	Collinearity Statistics
						Tolerance
1	IRR	.030 ^a	.035	.973	.007	2.115E-02
	NDVI	-4.604 ^a	-1.875	.072	-.339	2.345E-03
	VI	-.091 ^a	-.184	.855	-.035	6.592E-02
	BN	-.043 ^a	-.290	.774	-.056	.711
	GN	-.062 ^a	-.130	.898	-.025	6.933E-02
	WN	.111 ^a	.530	.600	.101	.362

a. Predictors in the Model: (Constant), FC

b. Dependent Variable: ปริมาณเชื้อเพลิง (ใบ)

ภาพผนวกที่ 13 ผลการวิเคราะห์หาสมการความสัมพันธ์ที่เหมาะสมระหว่างค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ
ในป่าผสมผลัดใบ กับตัวแปรอิสระต่าง ๆ ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม
Landsat 5 TM (ช่วงหลังฤดูผลัดใบ) โดยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบ
ขั้นตอน (Stepwise Multiple Regression Analysis)

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 ค่าที่ได้จาก TM ก่อนฤดูผลัดใบ	318.0693	30	46.46059	8.48250
ค่าที่ได้จาก TM หลังฤดูผลัดใบ	328.2733	30	65.47509	11.95406

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 ค่าที่ได้จาก TM ก่อนฤดูผลัดใบ & ค่าที่ได้จาก TM หลังฤดูผลัดใบ	30	.788	.000

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 ค่าที่ได้จาก TM ก่อนฤดูผลัดใบ - ค่าที่ได้จาก TM หลังฤดูผลัดใบ	-10.2040	40.63730	7.41932	-25.38	4.9702	-1.375	29	.180

ภาพผนวกที่ 14 ผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจสอบค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในช่วงก่อนฤดูผลัดใบ และช่วงหลังฤดูผลัดใบ ในป่าผสมผลัดใบ ด้วย วิธี t-test

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 ค่าที่ได้จากมวลชีวภาพของใบ	318.4580	20	100.22803	22.41167
ค่าที่ได้จาก Landsat 5 TM (หลังฤดูผลัดใบ)	306.3260	20	97.53544	21.80959

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 ค่าที่ได้จากมวลชีวภาพของใบ & ค่าที่ได้จาก Landsat 5 TM (หลังฤดูผลัดใบ)	20	.455	.044

Paired Samples Test

	Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower				Upper
Pair 1 ค่าที่ได้จากมวลชีวภาพของใบ - ค่าที่ได้จาก Landsat 5 TM (หลังฤดูผลัดใบ)	12.1320	103.27584	23.09318	-36.2026	60.4666	.525	19	.605

ภาพผนวกที่ 15 ผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจสอบค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบ ที่ได้จากค่ามวลชีวภาพของใบกับค่าปริมาณเชื้อเพลิงใบที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ในช่วงหลังฤดูผลัดใบ ในป่าผสมผลัดใบ ด้วยวิธี t-test