การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 25
19-21 ตุลาคม 2554 จังหวัดกระบี่

การใช้แบบจำลองไฟป่าศึกษาผลของการจัดการเชื้อเพลิงที่มีต่อพฤติกรรมของไฟในป่าเต็งรัง

(The Effects of Fuel Management on Simulated Fire Behavior in Dry Deciduous Dipterocarp Forest)

ณัฐพล อัตตาธนากร[1] และ วัชรพงษ์ ธัชยพงษ์*

[1]ห้องวิจัยระบบอัตโนมัติและการประยุกต์ใช้แบบจำลอง
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200
*ติดต่อ: โทรศัพท์: 053-944-146, โทรสาร: 053-944-145
E-mail: wtacha@dome.eng.cmu.ac.th

บทคัดย่อ

การจัดการไฟป่าโดยการกำจัดไฟให้หมดสิ้นในศตวรรษที่ 20 ได้ทำให้ป่าที่มีระบบนิเวศที่พึ่งพาไฟหลายแห่งในโลกรวมถึงป่าผลัดใบในประเทศไทยก็ได้รับผลกระทบ โดยเกิดการสะสมเชื้อเพลิงในป่าเพิ่มขึ้นการกระจายตัวของชั้นอายุพืชลดลงและมีพืชไม่ทนไฟขึ้นทดแทน ทำให้พฤติกรรมการเกิดไฟของป่าเปลี่ยนแปลงไป โดยจำนวนไฟป่าลดลงแต่ความร้อนแรงของไฟที่เกิดขึ้นแต่ละครั้งสูงขึ้นทำให้เกิดอันตรายจากไฟป่ามากขึ้นและมีแนวโน้มของการเกิดไฟทำลายล้างป่าในอนาคต การจัดการเชื้อเพลิงจึงถูกนำมาใช้เพื่อลดปริมาณเชื้อเพลิงสะสมและปรับโครงสร้างของป่าให้เกิดการกระจายตัวของปริมาณเชื้อเพลิงเพื่อลดอันตรายจากไฟป่าลง ในการศึกษานี้จึงได้นำแบบจำลองไฟป่า FARSITE (Fire Area Simulator) มาจำลองรูปแบบการเกิดไฟในป่าผลัดใบในช่วงระยะเวลา 10 ปีข้างหน้าโดยมีเงื่อนไขการเกิดไฟสามแบบคือ (1) การเกิดไฟป่าในพื้นที่ซึ่งมีการจัดการไฟป่าโดยการควบคุมไม่ให้เกิดไฟขึ้นเลย (2) การเกิดไฟป่าในพื้นที่ซึ่งมีการจัดการไฟป่าโดยการกำจัดเชื้อเพลิงปีละ 5% ของพื้นที่ทั้งหมด (3) การเกิดไฟป่าในพื้นที่ซึ่งมีการจัดการไฟป่าโดยการกำจัดเชื้อเพลิงปีละ 15% ของพื้นที่ทั้งหมด และ (4) การเกิดไฟป่าในพื้นที่ซึ่งมีการจัดการไฟป่าโดยการกำจัดเชื้อเพลิงปีละ 30% ของพื้นที่ทั้งหมด โดยผลการจำลองแสดงให้เห็นว่า การกำจัดเชื้อเพลิงปีละ 15% ของพื้นที่ทั้งหมดมีความคุ้มค่ามากที่สุดเนื่องจากการกำจัดเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นจาก 0 เป็น 15% มีผลทำให้อัตราการลุกลาม ความร้อนแรงของไฟและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นลดลงอย่างมาก ในขณะที่การกำจัดเชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้นหลังจาก 15% มีผลน้อยมาก

คำหลัก: แบบจำลองไฟป่า, การกำจัดเชื้อเพลิง, ป่าเต็งรัง

Abstract

Fire suppression during the 20th century has been found to dramatically affect fire-dependent ecosystems worldwide, including dry deciduous dipterocarp forest in Thailand. Lack of fire led to accumulation of forest fuels, depletion of a mosaic of age classes, and alteration of forest composition

and species abundance. After the long term of fire exclusion, fire regimes were inevitably changed i.e. fire occurrence decreased while intensity and fire extent increased. This increased fire hazards substantially as a result from high intensity fires. Thus, fire has been re-introduced as a tool to abate forest fuel accumulation and create a mosaic of age classes which will reduce the risk of catastrophic fire occurrences. In this study, forest fire modeling, namely FARSITE (Fire Area Simulator), was used to simulate the effects of fire managements on fuel loading in dry deciduous dipterocarp forests during a 100 year simulation period for three fire management scenarios i.e. (1) fire suppression (2) prescribed fire by burning 5% of forest area per year (3) prescribed fire by burning 15% of forest area per year and (4) prescribed fire by burning 30% of forest area per year. The simulating results show that prescribed burning for 15% of forest area per year is the most suitable for the forest area used in this study. This is because of increasing prescribed area from 0 to 15% of forest area results in a steep decrease of the rate of spread, fire line intensity and operational cost. While increasing prescribed area above 15% of forest area shows a slight incline decreasing.

***Keywords**:* Forest Fire Modeling, Prescribed Burning, Dry Deciduous Dipterocarp Forest

1. บทนำ

ป่าเต็งรังซึ่งเป็นป่าผลัดใบจะมีใบไม้จะร่วงหล่นและทับถมที่พื้นเป็นปริมาณมากในฤดูแล้งทำให้ไฟป่าซึ่งมักจะเกิดในช่วงฤดูแล้งมีความร้อนแรงมาก สามารถสร้างความเสียหายให้กับต้นไม้ขนาดใหญ่ แต่หากไฟป่าเกิดในตอนต้นฤดูซึ่งอากาศยังเย็นและใบไม้แห้งที่พื้นมีปริมาณน้อยจะไม่สร้างความเสียหายมาก ในทางตรงข้ามกลับช่วยกำจัดเศษใบไม้ ลดความร้อนแรงของไฟป่า ช่วยย่อยสลายเศษใบไม้ให้หมุนเวียนกลายเป็นธาตุอาหารให้ต้นไม้ทำให้หญ้าแตกใบใหม่เป็นอาหารของสัตว์ป่าและเพิ่มปริมาณแบคทีเรียที่หมุนเวียนธาตุไนโตรเจนในดิน [1]

วิธีการลดอันตรายจากไฟป่าด้วยการชิงเผา (Early burning) เพื่อเลียนแบบไฟป่าที่เกิดในช่วงต้นฤดูแล้งจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ เพราะเป็นการลดเชื้อเพลิงสะสมและลดความต่อเนื่องของเชื้อเพลิง การชิงเผาจำเป็นต้องมีการควบคุมอย่างดีโดยสร้างทำแนวกันไฟล้อมรอบบริเวณที่ชิงเผาเพื่อป้องกันไม่ใช้ไฟลุกลามออกนอกพื้นที่ และจะทำในช่วงต้นฤดูแล้งโดยจุดไฟเผาในตอนเช้าตรู่ซึ่งยังมีน้ำค้างอยู่ตามต้นหญ้า ใบไม้หรือเผาในตอนกลางคืนซึ่งมีอุณหภูมิต่ำ โดยไฟควรลามย้อนทิศทางลมและเป็นทิศทางลงจากภูเขาเพื่อให้ไฟมีความรุนแรงต่ำ

เนื่องจากในปัจจุบันการจัดการไฟป่าในหลายพื้นที่ยังเป็นแบบควบคุมไม่ให้เกิดไฟขึ้นเลย ซึ่งจะมีข้อเสียคือเกิดการสะสมของใบไม้แห้งที่พื้น ต้นไม้จะโตช้าแบคทีเรียในดินมีปริมาณน้อยและต้นไม้ขึ้นหนาแน่นจนแย่งอาหารกันอีกทั้งทำให้การกระจายตัวของกลุ่มพืช (Mosaic of age classes) ลดลงส่งผลให้ไฟป่าที่เกิดแต่ละครั้งมีความร้อนแรงสูงและกินพื้นที่กว้าง การกระจายตัวของกลุ่มพืชดังกล่าวจะช่วยลดความต่อเนื่องของเชื้อเพลิงและลดความร้อนแรงของไฟป่าลงได้ [2]

การศึกษานี้จึงได้ใช้แบบจำลองไฟป่า FARSITE เป็นเครื่องมือเพื่อการศึกษาการจัดการไฟป่าในรูปแบบต่างๆ โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการชิงเผาด้วยขนาดพื้นที่ต่างๆกับความร้อนแรงและอัตราการลุกลามของไฟป่าที่เกิดขึ้น โดยผลที่ได้จะเป็นประโยชน์ในการวางแผนจัดการไฟป่าที่มีประสิทธิภาพ

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

แบบจำลอง FARSITE ซึ่งเป็นโปรแกรมกึ่งฟิสิกส์ที่ใช้คำนวณพฤติกรรมของไฟป่าแสดงผลออกมาเป็นข้อมูลสองมิติ [3] การคำนวณรูปแบบการลุกลามของไฟเป็นไปตามสมการของ Huygens ซึ่งจะสมมุติให้ไฟลุกลามขยายออกเป็นรูปวงรี [4, 5] โดยการลุกลามของไฟผิวดินใน FARSITE จะคำนวณโดยสมการของ Rothermel [6, 7] การเกิดไฟเรือนยอดจะคำนวณโดยสมการของ Van Wagner [8, 9] และการเกิดสะเก็ดไฟจะคำนวณโดยสมการของ Albini [10] ซึ่งในบทความนี้จะให้ความสำคัญกับไฟผิวดินซึ่งใช้สมการในการคำนวณดังนี้

$$R = \frac{I_R \xi \left(1 + \Phi_w + \Phi_s\right)}{\rho_b \varepsilon Q_{ig}}$$

โดยที่ R = อัตราการลุกลาม

I_R = ความรุนแรงของปฏิกิริยา

ξ = ฟลักซ์ของการลุกลาม

Φ_w = สัมประสิทธิ์ลม

Φ_s = สัมประสิทธิ์ความชัน

ρ_b = ความหนาแน่นของเชื้อเพลิง

ε = ประสิทธิผลการให้ความร้อน

Q_{ig} = ความร้อนในการจุดไฟ

ความร้อนแรงของไฟหมายถึงอัตราการปลดปล่อยพลังงานต่อหนึ่งหน่วยความยาวของหน้าไฟดังนี้ [11]

$$I = hwR / 60$$

I_b = ความร้อนแรงของไฟ

h = ค่าความร้อนของใบไม้

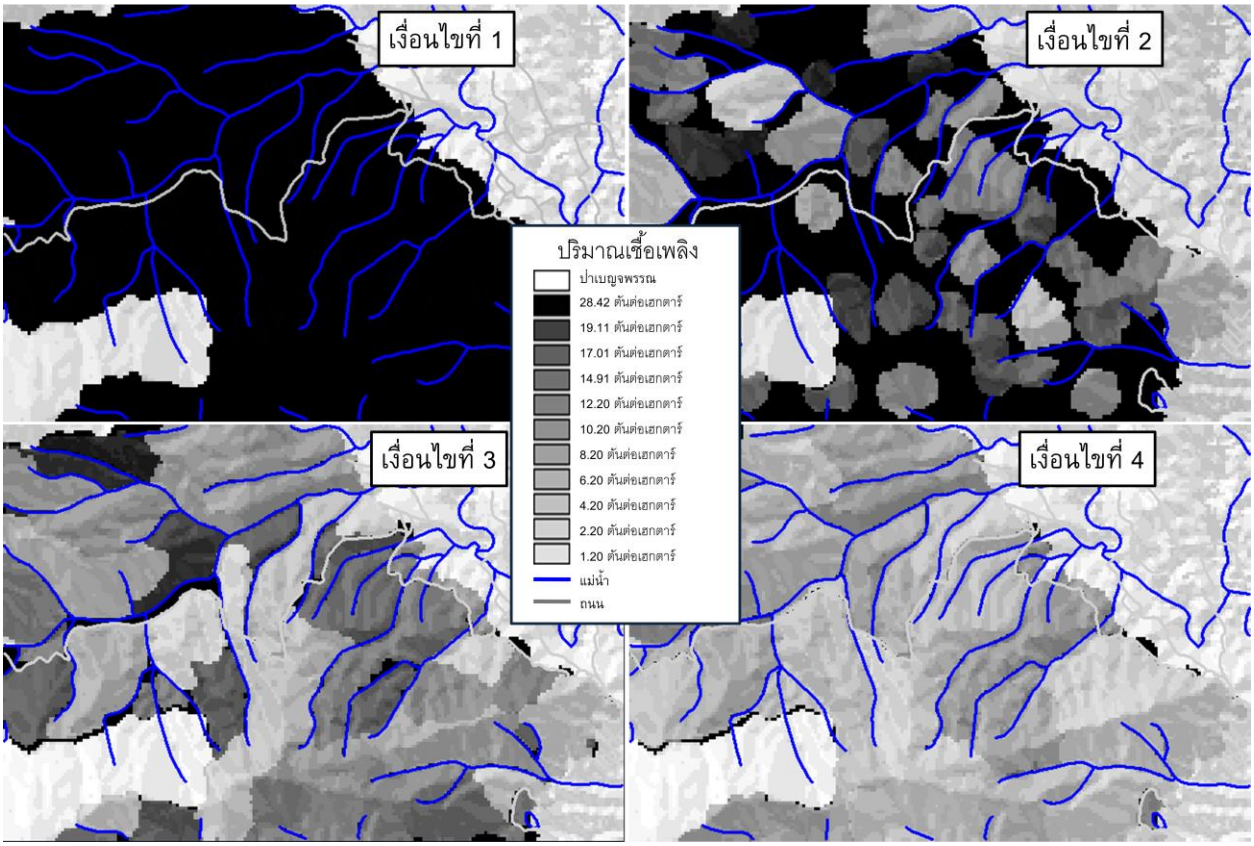
w = น้ำหนักเชื้อเพลิงต่อพื้นที่

การสร้างแบบจำลอง FARSITE ต้องมีข้อมูลราสเตอร์ (Raster Data) ไม่น้อยกว่า 5 ชั้น คือ ความสูง มุมรับแสงแดด ความชัน ลักษณะเชื้อเพลิง และความหนาแน่นเรือนยอด ซึ่งไฟล์ภูมิประเทศเช่น ความสูง มุมรับแสงแดดและความชันสามารถสร้างได้จาก Digital Elevation Model (DEM) ขนาดกริด 30 เมตร × 30 เมตร ส่วนข้อมูลลมและสภาพอากาศเป็นข้อมูลที่สำคัญจะอยู่ในรูปของ Text files [12]

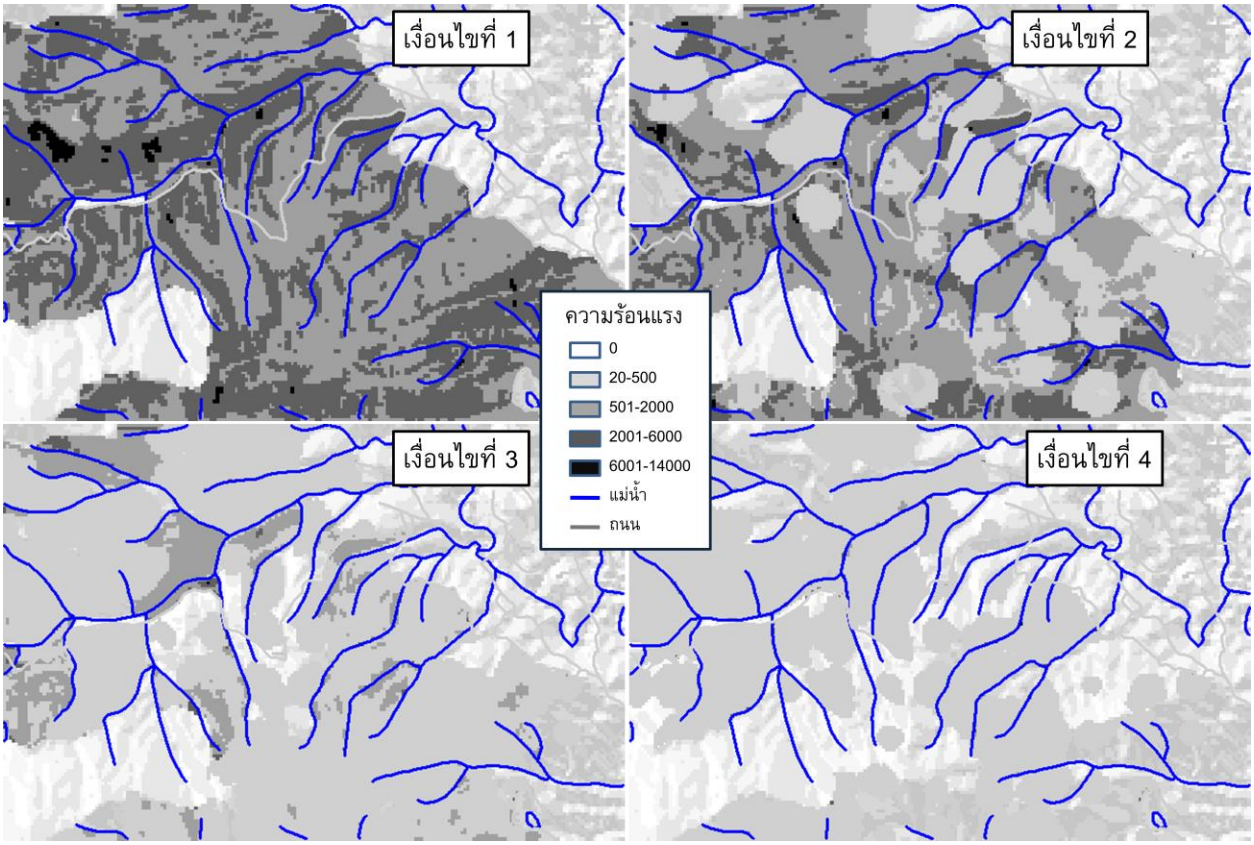
3. ขั้นตอนการจำลอง

การจำลองใช้ข้อมูลของพื้นที่ป่าเต็งรังขนาด 10,786 ไร่ ที่ละติจูด 18 ลองจิจูดที่ 98 บริเวณอำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ สภาพป่าที่ใช้ในการคำนวณมีเรือนยอดปกคลุมประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ความสูงของเรือนยอด 10 เมตร ความสูงของฐานเรือนยอดประมาณ 4 เมตร เชื้อเพลิงผิวดินมีปริมาณ 7.4 ตันต่อเฮกตาร์ความสูง 10 เซนติเมตร อัตราการสะสมของเชื้อเพลิง 158.74 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี [13] สภาพอากาศที่ใช้ในการคำนวณคือ อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด 32.0 องศาเซลเซียสและ 16.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสูงสุดและต่ำสุด 86 เปอร์เซ็นต์และ 31 เปอร์เซ็นต์ทิศทางลม 180 องศา ปริมาณน้ำฝน 0 มิลลิเมตร [14] ส่วนไฟล์ภูมิประเทศที่ใช้ในการคำนวณมีความละเอียด 30 เมตร × 30 เมตร เช่นเดียวกับ DEM และประเมินค่าใช้จ่ายทั้งหมด 4 ประเภท คือ (1) ค่าใช้จ่ายในการชิงเผา 12 บาทต่อไร่ (2) ค่าใช้จ่ายในการลาดตะเวน คนละ 200 บาทต่อวัน (3) ค่าใช้จ่ายในการดับไฟ หนึ่งคนดับได้ 50 กิโลวัตต์ต่อเมตร (4) ค่าใช้จ่ายในการทำแนวกันไฟกว้าง 8-10 เมตร กิโลเมตรละ 3,060 บาท

การจำลองทำโดยสมมุติว่าเกิดไฟทั่วทั้งพื้นที่ป่าโดยให้แต่ละจุดมีระยะห่างกัน 500 เมตร x 500 เมตร ทั้งหมด 4 เงื่อนไข คือ (1) การเกิดไฟป่าในพื้นที่ซึ่งมีการจัดการไฟป่าโดยการควบคุมไม่ให้เกิดไฟเลย (2) การเกิดไฟป่าในพื้นที่ซึ่งมีการจัดการไฟป่าโดยกำจัดเชื้อเพลิงปีละ 5% ของพื้นที่ทั้งหมด หรือ 539 ไร่ต่อปี (3) การเกิดไฟป่าในพื้นที่ซึ่งมีการจัดการไฟป่าโดยกำจัดเชื้อเพลิงปีละ 15% ของพื้นที่ทั้งหมด หรือ 1,618 ไร่ต่อปี (4) การเกิดไฟป่าในพื้นที่ซึ่งมีการจัดการไฟป่าโดยกำจัดเชื้อเพลิงปีละ 30% ของพื้นที่ทั้งหมด หรือ 3,236 ไร่ต่อปีการกำจัดเชื้อเพลิงจะสุ่มกระจายไปทั่วพื้นที่ป่าทำให้เกิดการกระจายของปริมาณเชื้อเพลิงดังแสดงในรูปที่ 1 ความถูกต้องของโปรแกรมได้ทดสอบโดยเปรียบเทียบความสูงเปลวไฟและอัตราการลุกลามของจริงกับผลการคำนวณ ซึ่งพบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน



รูปที่ 1 แสดงปริมาณเชื้อเพลิงหลังการจัดการปีที่ 10



รูปที่ 2 แสดงความร้อนแรงของไฟ (kW/m) หลังการจำลองโดยสมมุติว่าเกิดไฟทั่วทั้งพื้นที่ป่า

4. ผลการจำลอง

ผลข้อมูลที่ได้จากการจำลองการเกิดไฟโดยใช้ปริมาณเชื้อเพลิงที่ได้แสดงในรูปที่ 1 เพื่อเปรียบเทียบ อัตราการลุกลามและความร้อนแรงไฟและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในปีที่ 10 ปีหลังจากเริ่มดำเนินการ

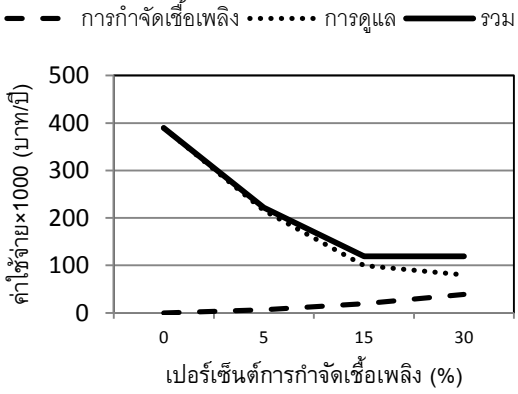
จากผลการจำลองในเงื่อนไขที่ 1 ที่ใช้การควบคุมไฟไม่ให้เกิดขึ้นพบว่าไฟจะสร้างความเสียหายให้กับพื้นที่ป่า 10,631 ไร่ ความร้อนแรงเฉลี่ย 1,853 กิโลวัตต์ต่อเมตร อัตราการลุกลามเฉลี่ย 1.46 เมตรต่อนาที และไฟที่เกิดส่วนใหญ่ที่มีความรุนแรงไฟที่มากกว่า 500 กิโลวัตต์ต่อเมตร ซึ่งถือว่ารุนแรงมากไม่สามารถนำคนเข้าไปดับได้โดยตรงและมีโอกาสเกิดไฟเรือนยอดสูง การจัดการแบบนี้มีค่าใช้จ่ายในการดูแลสูงสุดเพราะต้องใช้คนจำนวนมากในการดับไฟโดยมีค่าใช้จ่ายรวม คือ (1) การลาดตระเวนใช้คนวันละ 4 คน (กลางวันสองกลางคืนสอง) คิดเป็นค่าใช้จ่าย 292,000 บาทต่อปี (2) การดับไฟใช้คนดับ 38 คน สมมุติเกิดปีละ 10 ครั้งคิดเป็นค่าใช้จ่าย 76,000 บาทต่อปีและ (3) การทำแนวกันไฟกว้าง 8-10 เมตร ยาว 7 กิโลเมตร ใช้เงิน 3,060 บาทต่อกิโลเมตร คิดเป็นค่าใช้จ่าย 21,420 บาทต่อปี รวมทั้งหมด 389,420 บาทต่อปี

ในเงื่อนไขที่ 2 ที่กำจัดเชื้อเพลิงปีละ 5% ไฟจะสร้างความเสียหายให้กับพื้นที่ป่า 9,969 ไร่ ความร้อนแรงเฉลี่ย 1,178 กิโลวัตต์ต่อเมตร อัตราการลุกลามเฉลี่ย 1.10 เมตรต่อนาที มีค่าใช้จ่ายรวมคือ (1) การชิงเผา 539 ไร่ คิดเป็นค่าใช้จ่าย 6,468 บาทต่อปี (2) การลาดตระเวนใช้คนวันละ 2 คน (เฉพาะกลางวัน) คิดเป็นค่าใช้จ่าย 146,000 บาทต่อปี (3) การดับไฟใช้คนดับ 24 คน สมมุติเกิดปีละ 10 ครั้ง คิดเป็นค่าใช้จ่าย 48,000 บาทต่อปี และ (4) การทำแนวกันไฟกว้าง 8-10 เมตร ยาว 7 กิโลเมตร ใช้เงิน 3,060 บาทต่อกิโลเมตร คิดเป็นค่าใช้จ่าย 21,420 บาทต่อปี รวมทั้งหมด 221,888 บาทต่อปี

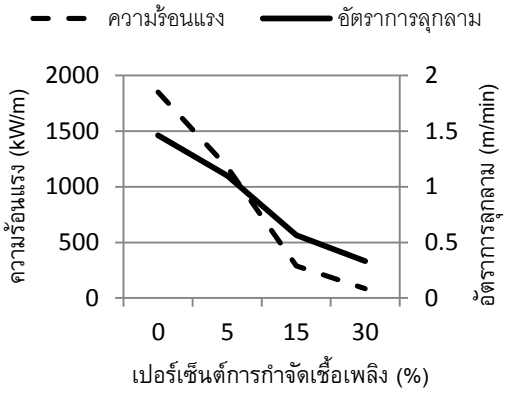
ในเงื่อนไขที่ 3 ซึ่งกำจัดเชื้อเพลิงปีละ 15% พบว่า ไฟจะสร้างความเสียหายให้กับพื้นที่ป่า 8,144 ไร่ ความร้อนแรงเฉลี่ย 288 กิโลวัตต์ต่อเมตร อัตราการลุกลามเฉลี่ย 0.56 เมตรต่อนาที โดยความร้อนแรงของไฟเฉลี่ยไม่เกิน 500 กิโลวัตต์ต่อเมตร ซึ่งเป็นไฟที่ไม่รุนแรงสามารถนำคนเข้าไปดับได้ ค่าใช้จ่ายรวมจะมี (1) การชิงเผา 1,618 ไร่ คิดเป็นค่าใช้จ่าย 19,416 บาทต่อปี (2) การลาดตระเวนอาทิตย์ละ 4 วัน ใช้คนวันละ 2 คน (เฉพาะกลางวัน) คิดเป็นค่าใช้จ่าย 76,800 บาทต่อปี (3) การดับไฟใช้คนดับ 6 คน สมมุติเกิดปีละ 10 ครั้ง คิดเป็นค่าใช้จ่าย 12,000 บาทต่อปี และ (4) การทำแนวกันไฟกว้าง 4 เมตรยาว 7 กิโลเมตร ใช้เงิน 1,530 บาทต่อกิโลเมตร คิดเป็นค่าใช้จ่าย 10,710 บาทต่อปีรวมทั้งหมด 118,926 บาทต่อปี

ในเงื่อนไขที่ 4 ซึ่งกำจัดเชื้อเพลิงปีละ 30% พบว่าไฟจะสร้างความเสียหายให้กับพื้นที่ป่า 6,650 ไร่ ความร้อนแรงเฉลี่ย 84 กิโลวัตต์ต่อเมตร อัตราการลุกลามเฉลี่ย 0.33 เมตรต่อนาที ซึ่งต่ำกว่าในเงื่อนไขที่ 3 โดยค่าใช้จ่ายรวมคือ (1) การชิงเผา 3,236 ไร่ คิดเป็นค่าใช้จ่าย 38,832 บาทต่อปี (2) การลาดตระเวนอาทิตย์ละ 3 วัน ใช้คนวันละ 2 คน (เฉพาะกลางวัน) คิดเป็นค่าใช้จ่าย 57,600 บาทต่อปี (3) การดับไฟใช้คนดับ 6 คน สมมุติเกิดปีละ 10 ครั้ง คิดเป็นค่าใช้จ่าย 12,000 บาทต่อปี และ (4) การทำแนวกันไฟกว้าง 4 เมตร ยาว 7 กิโลเมตร ใช้เงิน 1,530 บาทต่อกิโลเมตร คิดเป็นค่าใช้จ่าย 10,710 บาทต่อปีรวมทั้งหมด 119,142 บาทต่อปี

รูปที่ 2 แสดงความร้อนแรงของไฟที่เกิดจากการจัดการโดยเงื่อนไขต่างๆ ซึ่งจะเห็นได้ชัดว่าเงื่อนที่ 3 และ 4 มีความร้อนแรงของไฟต่ำกว่าเงื่อนไขที่ 1 และ 2 มาก จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าแนวโน้มความร้อนแรงของไฟ อัตราการลุกลามและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นมีแนวโน้มเหมือนกันคือ ลดลงอย่างรวดเร็วประมาณ 84% 61% และ 69% ของการควบคุมไม่ให้เกิดไฟขึ้นเลยตามลำดับ เมื่อเพิ่มพื้นที่ชิงเผาในช่วง 0 ถึง 15% หลังจากนั้นแนวโน้มจะค่อยๆลดลง เหลือเพียง 11% 16% และ 2% ของการควบคุมไม่ให้เกิดไฟขึ้นเลยตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 3 และ 4 ดังนั้น



รูปที่ 3 แสดงค่าใช้จ่ายต่อปีหลังการจัดการปีที่ 10 ของแต่ละเงื่อนไข



รูปที่ 4 แสดงความร้อนแรงและอัตราการลุกลามเฉลี่ยของแต่ละเงื่อนไข

การชิงเผาที่ 15% ของพื้นที่ป่าต่อปีจึงมีความคุ้มค่าและเหมาะสมต่อการจัดการพื้นที่ที่ทำการศึกษาในครั้งนี้

การกำจัดเชื้อเพลิงปีละ 15% ในการศึกษาครั้งนี้ถือว่าต่ำกว่าตัวเลขในดำเนินการจริงในปัจจุบัน ซึ่งกำจัดเชื้อเพลิงสูงถึงปีละ 55% ของพื้นที่ทั้งหมด แต่ถือว่าเป็นตัวเลขที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาในประเทศอื่นๆ ซึ่งกำจัดเชื้อเพลิงปีละประมาณ 1-5% ของพื้นที่ทั้งหมด เช่น ที่อุทยานแห่งชาติเยลโลว์สโตน ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งทำการกำจัดเชื้อเพลิงปีละ 1.5% [15] ทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่ป่าเต็งรังของประเทศไทยเป็นป่าผลัดใบทำให้มีการสะสมเชื้อเพลิงมากกว่าป่าสนของสหรัฐอเมริกา ซึ่งไม่ผลัดใบทำให้เปอร์เซ็นต์การกำจัดเชื้อเพลิงในการศึกษาครั้งนี้สูงกว่า นอกจากนั้นยังสังเกตเห็นได้ว่าการกำจัดเชื้อเพลิงมีผลต่อความร้อนแรงของไฟโดยตรง ดังนั้นปัจจัยที่มีผลต่อความรุนแรงของไฟ เช่น ความลาดชันของพื้นที่หรือลมจะมีผลทำให้ความร้อนแรงของไฟในรูปที่ 4 เพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะทำให้จำเป็นต้องเพิ่มพื้นที่การกำจัดเชื้อเพลิงมากตามไปด้วย

5. สรุปและข้อเสนอแนะ

จากผลการจำลองการจัดการในรูปแบบต่างๆ พบว่า การกำจัดเชื้อเพลิงที่ 15% มีความคุ้มค่ามากที่สุดเนื่องจากการการกำจัดเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นจาก 0 เป็น 15% มีผลทำให้อัตราการลุกลามความร้อนแรงของไฟและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นลดลงอย่างมากโดยสามารถสรุปผลที่ได้ดังนี้

(1) การควบคุมไม่ให้เกิดไฟขึ้นเลยทำให้ความร้อนแรงของไฟป่าเฉลี่ย 1,853 กิโลวัตต์ต่อเมตร อัตราการลุกลาม 1.46 เมตรต่อนาที ค่าใช้จ่าย 389,420 บาท

(2) การกำจัดเชื้อเพลิงปีละ 5% ทำให้ไฟป่ามีความร้อนแรง 1,178 กิโลวัตต์ต่อเมตร อัตราการลุกลาม 1.10 เมตรต่อนาทีค่าใช้จ่าย 221,888 บาท

(3) การกำจัดเชื้อเพลิงปีละ 15% ทำให้ไฟป่ามีความร้อนแรง 288 กิโลวัตต์ต่อเมตร อัตราการลุกลาม 0.56 เมตรต่อนาทีค่าใช้จ่าย 118,926 บาท

(4) การกำจัดเชื้อเพลิงปีละ 30% ทำให้ไฟป่ามีความร้อนแรง 84 กิโลวัตต์ต่อเมตร อัตราการลุกลาม 0.33 เมตรต่อนาที ค่าใช้จ่าย 119,142 บาท

เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ยังอยู่ในระยะเริ่มต้นทำให้ผลที่ได้อาจมีความคลาดเคลื่อนจึงยังต้องมีทดสอบความถูกต้องในอนาคต ซึ่งต้องศึกษาและรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมอีกระยะเวลาหนึ่ง

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สถานีควบคุมไฟป่าดอยอินทนนท์ มูลนิธิเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน (ภาคเหนือ) และ ผศ.ดร.ศุทธินี ดนตรี ที่ให้การสนับสนุนข้อมูลที่เป็นประโยชน์สำหรับการศึกษานี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] การทบทวนวรรณกรรมไฟป่าและการเผาในพื้นที่การเกษตรและการจัดการ, ศูนย์วิจัยและจัดการคุณภาพอากาศ, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[2] Ryu, S., Chen, J., Zheng, D., Lacroix, J.J., 2007. Relating surface fire spread to landscape structure: An application of FARSITE in a managed forest landscape. Landscape and Urban Planning 83, 275-283.

[3] Finney, M.A., 1994. Modeling the spread and behavior of prescribed natural fires. In: Proceeding 12th Conference Fire and Forest Meteorology, pp. 138–143.

[4] Richards, G.D. 1990. An elliptical growth model of forest fire fronts and its numerical solution. Int. J. Numer. Meth. Eng. 30: 1163-1179.

[5] Richards, GD. 1995. A general mathematical framework for modeling two-dimensional wildland fire spread. Int. J. Wildl. Fire. 5(2): 63-72.

[6] Albini, F.A. 1976. Estimating wildfire behavior and effects. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. INT-30.

[7] Rothermel, R.C. 1972. A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels. USDA For. Serv. Res. Pap. INT-115.

[8] Van Wagner, C.E. 1977. Conditions for the start and spread of crownfire. Can. J. For. Res. 7: 23-34.

[9] Van Wagner, C.E. 1993. Prediction of crown fire behavior in twostands of jack pine. Can. J. For. Res. 23: 442-449.

[10] Albini, F.A. 1979. Spot fire distance from burning trees—a predictivemodel. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. INT-56.

[11] Byram, G.M. 1959. Chapter Three, Combustion of Forest Fuels. In: Davis, .K.P., Forest Fire: Control and Use. McGraw-Hill. New York.

[12] Phillips, R. J., Waldrop, T. A., Simon, D. M., 2006, “Assessment of the FARSITE model for predicting fire behavior in the Southern Appalachian Mountains”, Proceedings of the 13th biennial Southern Silvicultural Research Conference. Gen. Tech. Rep. SRS-92. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station: 521-525.

[13] ยุทธศาสตร์/มาตรการแก้ไขปัญหาไฟป่าและหมอกควันปี๒๕๕๔, กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธุ์พืช, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

[14] รายงานข้อมูลอุตุนิยมวิทยา, ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ อ.เมือง จ.เชียงใหม่

[15] Turner et al., 2003, Surprises and lessons from the 1988 Yellowstone fires. Front Ecol Environ 2003. 1(7): 351–358.