

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการลุกลามของไฟในการชิงเผาป่าเต็งรัง (Examination of Factors Affecting Early Burning Fire Spread Rate in Dry Deciduous Dipterocarp Forest)

พงษ์ธร วิจิตรกุล¹ ณัฐพล อัตตารนากร¹ และ วัชรพงษ์ รัชชยพงษ์*

¹ห้องวิจัยระบบอัตโนมัติและการประยุกต์ใช้แบบจำลอง
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

*ติดต่อ: โทรศัพท์: 053-944-146, โทรสาร: 053-944-145

E-mail: wtacha@dome.eng.cmu.ac.th

บทคัดย่อ

การชิงเผาเป็นการจัดการเชื้อเพลิงเพื่อลดความรุนแรงและโอกาสการเกิดไฟป่า โดยเฉพาะป่าเต็งรังซึ่งกำลังเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นเป็นประจำทุกปีในภาคเหนือของประเทศไทย การชิงเผา (Early burning) จำเป็นต้องมี การประเมิน พฤติกรรมไฟ เช่น ความรุนแรง อัตราการลุกลาม และความสูงเปลวไฟ แล้วจึงกำหนดวิธีการเผา ที่ผ่านมาระดับความสูง ของพื้นที่จากระดับน้ำทะเลถือว่าเป็นปัจจัยส่งผลกระทบต่ออัตราการลุกลามของไฟชิงเผาของป่าเต็งรังมาก การศึกษานี้จึงใช้การทดลองเก็บ ข้อมูลในพื้นที่จริงและแบบจำลองไฟป่าเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูงของพื้นที่รวมถึงปัจจัยอื่นๆ กับอัตราการ ลุกลามของไฟชิงเผาในป่าเต็งรัง และวิเคราะห์หาปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการตัดสินใจชิงเผาป่าเต็งรัง โดยการทดลองได้ทำ การเก็บข้อมูลทั้งข้อมูลภูมิประเทศ ภูมิอากาศ และลักษณะเชื้อเพลิง จากนั้น ได้ทำการนำข้อมูลมาวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อ อัตราการลุกลามของไฟในป่าเต็งรัง แล้วจึงใช้โปรแกรม FARSITE เพื่อการจำลองการลุกลามของไฟในป่าเต็งรังอีกครั้ง โดยผลการเก็บข้อมูลและแบบจำลองให้ผลในทิศทางเดียวกัน โดยจากการทดลองเก็บข้อมูลการชิงเผาพบว่า ตัวแปรที่มีผล ต่ออัตราการลุกลามของไฟในป่าเต็งรังมากที่สุดคือ ความหนาของเชื้อเพลิงจากผิวดิน ปริมาณเชื้อเพลิง อัตราส่วนความชื้น ความลาดชัน อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม และระดับความสูงของพื้นที่ ตามลำดับ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ของตัวแปร ตามลำดับดังนี้ 0.869, 0.764, 0.314, 0.076, 0.075 และ 0.035 ส่วนในการจำลองโดยโปรแกรม FARSITE พบว่าตัวแปร ที่มีผลต่ออัตราการลุกลามของไฟในป่าเต็งรังมากที่สุดคือ ความหนาของเชื้อเพลิงจากผิวดิน ปริมาณเชื้อเพลิง อัตราส่วน ความชื้น ความลาดชัน ความสูงจากระดับน้ำทะเล และอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ตามลำดับ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ ของตัวแปรตามลำดับดังนี้ 0.998, 0.734, 0.215, 0.102, 0.059 และ 0.045 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ลักษณะเชื้อเพลิงมีผลต่อ อัตราการลุกลามของไฟมากกว่าลักษณะภูมิประเทศและอากาศ

คำหลัก: อัตราการลุกลามของไฟ, ความรุนแรงของไฟ, ป่าเต็งรัง

Abstract

Early burning is the management of combustible materials to reduce the severity and chance of forest fire in dry dipterocarp forest which is currently a problem that occurs every year in the northern part of Thailand. An evaluation of forest fire behavior in terms of severity, rate of spread and flame height is required first, the burning method is then determined. In the past, elevation is an important factor affecting the decision making to early burning of dry dipterocarp forest.

This study was conducted to obtain the significant factors affecting early burning decision, by means of field study to find the correlation between elevation along with other factors and the rate of spread of surface fire in dry dipterocarp forest. The measured data were topography, climate, and fuel characteristics. FARSITE program was used to analyze the significant factors affecting fire spread rate. The results from field study and simulation are in the same trend. It was found the important factors affecting the rate of spread rate of surface fire are the thickness of surface combustible materials, quantity of combustible material, humidity ratio, gradient, surrounding temperature; respectively, by the value estimation of variables are 0.998, 0.734, 0.215, 0.102, 0.059 and 0.045. Therefore, the characteristics of combustible materials were more significant to the rate of spread than the topography and climate in this study.

Keywords: rate of spread, fire severity, dry dipterocarp forest

1. บทนำ

ไฟป่าเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นเป็นประจำทุกปีในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทยโดยเฉพาะในฤดูแล้งช่วงเดือนมีนาคม-เมษายน โดยไฟป่าส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในป่าเต็งรังซึ่งเป็นสังคมป่าผลัดใบตั้งอยู่ในระดับความสูง 400-800 เมตรจากระดับน้ำทะเล อากาศร้อน แห้งแล้ง และอยู่ใกล้กับชุมชน ทำให้มีโอกาสเกิดไฟป่าขึ้นได้สูงโดยลักษณะทั่วไปของป่าเต็งรังเป็นป่าโปร่ง ต้นไม้มักมีขนาดเล็ก ลำต้นแคระแกร็น และคงอ อยู่กระจัดกระจายทั่วไปในพื้นที่ไม่รกทึบในหน้าฝนสภาพป่าดูเขียวชอุ่มทั้งไม้ชั้นบนและไม้พื้นล่าง แต่ตอนปลายฤดูหนาวต่อต้นฤดูร้อนจะเกิดไฟป่าขึ้นเป็นปรากฏการณ์ปกติ โดยไฟป่าที่เกิดขึ้นจะเป็นไฟผิวดินที่ลุกลามเผาไหม้เชื้อเพลิงบนผิวดินเป็นหลัก โดยเชื้อเพลิงที่มีมากที่สุดในปีชนิดนี้คือ ใบไม้ รong ลงมา ได้แก่ หญ้า ไม้พื้นล่าง และกิ่งก้านไม้แห้งตามลำดับพฤติกรรมของไฟโดยธรรมชาติมีความรุนแรงต่ำถึงปานกลางและไม่สร้างความเสียหายซึ่งจัดอยู่ในระบบการเกิดไฟใต้ชั้นเรือนยอด (Understory fire regime) และป่าเต็งรังมีระบบการเกิดไฟ (Fire regime) ที่เป็นกลไกในการรักษาความอุดมสมบูรณ์ของป่า โดยไฟจะทำหน้าที่เป็นตัว

ย่อยสลาย (Decomposer) เพื่อหมุนเวียนและย่อยสลายธาตุอาหารลงสู่ผิวดิน แต่เนื่องจากกระแสการอนุรักษ์ในช่วงเวลาที่ผ่านมามีไฟป่าที่มีความรุนแรงต่ำและเกิดขึ้นเป็นประจำนี้ถูกควบคุมไม่ให้เกิดขึ้น ระบบการเกิดไฟของป่าเต็งรังเปลี่ยนไป โดยระบบนิเวศของป่าเต็งรังขาดความอุดมสมบูรณ์ การหมุนเวียนธาตุอาหารไม่ดี เกิดความแห้งแล้ง ปัญหาแมลง และโรคพืชขึ้น ทำให้ในปัจจุบันไฟป่าเกิดขึ้นถี่และมีความรุนแรงสูงขึ้นกว่าในอดีตมากและเกิดปัญหาต่อเนื่องคือ ไฟป่าที่รุนแรงนี้ได้ลุกลามสู่พื้นที่ป่าที่อยู่ระดับสูงขึ้นไปซึ่งก็คือ ป่าผสม (ป่าดงดิบแล้ง) ที่ระดับความสูงตั้งแต่ 700 เมตรขึ้นไป โดยไฟที่เกิดขึ้นในป่าดิบแล้งจะเป็นไฟเรือนยอดและไฟใต้ดิน ซึ่งดับได้ยากสร้างความเสียหายมากและใช้ระยะเวลาในการฟื้นตัวนาน ทำให้ชุมชนและเจ้าหน้าที่ไฟป่ามีความตื่นตัวกับปัญหาดังกล่าวและได้ร่วมมือกันแก้ปัญหาโดยนำการชิงเผา (Early burning) ซึ่งเป็นการจัดการเชื้อเพลิงเพื่อคืนความอุดมสมบูรณ์ให้ป่าเต็งรัง (Fuel treatment) โดยเพิ่มการหมุนเวียนธาตุอาหารในดิน ลดความรุนแรงและโอกาสการเกิดไฟในป่าเต็งรังลง

การชิงเผา (Early burning) จำเป็นต้องมีการจัดการที่ดีโดยเริ่มจากการหาพื้นที่ที่เหมาะสมศึกษา

ลักษณะภูมิประเทศ ลักษณะเชื้อเพลิง และลักษณะอากาศ เพื่อประเมินพฤติกรรมไฟ เช่น ความรุนแรง อัตราการลุกลาม และความสูงเปลวไฟ โดยจะใช้ชิงเผาในช่วงที่ไฟลุกลามได้ดีในเงื่อนไขที่เชื้อเพลิงติดไฟได้ยากหรือ Marginal burning condition แล้วจึงกำหนดวิธีการเผา หลังจากการชิงเผาจำเป็นต้องมีการเก็บข้อมูลและตรวจสอบปัจจัยต่างๆ เพื่อทำการปรับปรุงวิธีการและช่วงเวลาในการเผาให้เหมาะสมในครั้งต่อไป

ที่ผ่านมาพบว่า ความชื้นของเชื้อเพลิงถือเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการลุกลามของไฟ เนื่องจากความชื้นสูงๆ ทำให้ไฟลุกลามได้ยาก [1] โดยระดับความสูงของพื้นที่ (ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล) ถือเป็นปัจจัยที่ส่งผลโดยตรงต่อความชื้น เนื่องจากพื้นที่ที่อยู่ต่ำจะเข้าสู่ฤดูแล้งเร็วกว่าทำให้เชื้อเพลิงแห้งเร็วกว่าและต้นไม้ผลัดใบเร็วกว่า จึงทำให้ปริมาณเชื้อเพลิงมีมากเพียงพอต่อการลุกลามของไฟก่อน อีกทั้ง ชนิดของดิน ชนิดของต้นไม้และอัตราการย่อยสลายของใบไม้แห้งบนที่สูงจะมากกว่า ทำให้ปริมาณการสะสมของเชื้อเพลิงมีน้อย การชิงเผาจึงได้ไฟที่มีความรุนแรงน้อยกว่าป่าในพื้นที่ที่ต่ำกว่า [2] ในปัจจุบันการชิงเผาจึงใช้ระดับความสูงของพื้นที่เป็นเกณฑ์กำหนดพื้นที่และวันที่ทำการชิงเผา โดยการเรียงลำดับพื้นที่และวันโดยไล่ระดับความสูงของพื้นที่จากล่างขึ้นบนซึ่งโดยทั่วไปจะเริ่มชิงเผาช่วงปลายเดือนมกราคมและเสร็จสิ้นในช่วงต้นเดือนกุมภาพันธ์ในช่วงที่ใบไม้ร่วงหล่นลงมาประมาณ 50% ของเรือนยอด

เนื่องจากพฤติกรรมของไฟชิงเผาในป่าเต็งรังต่างจากไฟป่าจริงมาก โดยการชิงเผาจะทำก่อนฤดูไฟป่า ในช่วงที่เชื้อเพลิงมีปริมาณน้อยและมีความชื้นค่อนข้างสูง ซึ่งเป็นช่วงที่ติดไฟได้ค่อนข้างยาก ในขณะที่ไฟป่าจริงจะเกิดในฤดูแล้งซึ่งเชื้อเพลิงมีปริมาณมากและมีความชื้นต่ำ ทำให้ปัจจัยที่ส่งผลต่อความรุนแรงและอัตราการลุกลามของไฟชิงเผาจึงแตกต่างจากไฟป่าจริงๆ โดยในปัจจุบันมีการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่ามีหลายปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการลุกลามของไฟป่า [3] เช่น ความเร็วลม ความชื้นของพื้นที่ แต่ยังไม่มีการศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมไฟชิงเผาในป่าเต็งรังในสภาพที่เชื้อเพลิงติดไฟได้ยากดังกล่าว

การศึกษานี้จึงใช้การทดลองเก็บข้อมูลในพื้นที่จริง และแบบจำลองไฟป่า หาความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูงของพื้นที่ รวมถึงปัจจัยอื่นๆ กับอัตราการลุกลามของ

ไฟชิงเผาในป่าเต็งรัง เพื่อวิเคราะห์หาปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการตัดสินใจชิงเผาป่าเต็งรัง

2. หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การลุกลามของไฟเกิดจากกระบวนการถ่ายเทความร้อนระหว่างไฟ (แหล่งให้พลังงานความร้อน) กับเชื้อเพลิง (แหล่งรับพลังงานความร้อน) โดยปัจจัยที่มีผลโดยตรงต่อการการถ่ายเทความร้อน คือ สภาพภูมิประเทศ สภาพอากาศ และลักษณะเชื้อเพลิง โดยความชื้นจะเป็นปัจจัยที่ส่งผลโดยตรงต่อขนาดของแหล่งรับพลังงานความร้อน ถ้าหากความชื้นมากจะทำให้แหล่งรับพลังงานความร้อนมีขนาดใหญ่และต้องการพลังงานความร้อนปริมาณมากในการติดไฟ แต่ถ้าหากพิจารณาแหล่งให้พลังงานความร้อนจะพบว่า มีปัจจัยอื่น เช่น ปริมาณเชื้อเพลิง จะมีผลโดยตรงต่อพลังงานความร้อนที่ปล่อยออกมาจากไฟ พลังงานความร้อนที่มากขึ้นก็ทำให้โอกาสในการไฟติดไฟสูงขึ้นเช่นกัน นอกจากนั้น หากพิจารณาการถ่ายเทความร้อนจะพบว่า มีปัจจัยอีกมาก เช่น ความลาดชันของพื้นที่ ความเร็วลม และขนาดอนุภาคเชื้อเพลิง ซึ่งมีผลโดยตรงต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนและทำให้การถ่ายเทพลังงานความร้อนสูงสุกขึ้นได้

เนื่องจากกระบวนการถ่ายเทความร้อนนี้ถือเป็นกลไกหนึ่งของปฏิสัมพันธ์ระหว่างไฟกับเชื้อเพลิง (Fire-fuel interaction) ซึ่งมีการศึกษาสมดุลระหว่างการถ่ายเทความร้อนกับปริมาณก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิส (Pyrolysis) ทำให้ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อกระบวนการถ่ายเทความร้อนไม่เป็นอิสระต่อกัน เช่น ความชื้นที่เพิ่มขึ้นก็อาจจะทำให้ไฟลุกลามเร็วขึ้นได้ หากปริมาณเชื้อเพลิงมีมากเพียงพอที่จะทำให้ไฟให้พลังงานความร้อนได้เพียงพอต่อการระเหยความชื้นจากเชื้อเพลิง หรือหากความลาดชันมากพอที่จะทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนสูงพอที่จะทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนเพียงพอที่จะระเหยความชื้นได้ ซึ่งทั้งสองกรณีจะทำให้ปฏิสัมพันธ์ระหว่างไฟกับเชื้อเพลิงเกิดขึ้นได้ โดยสมดุลของการถ่ายเทความร้อนจะเกิดขึ้นได้เมื่อไฟแรงเพียงพอ หรือความชื้นก็มีโอกาสที่จะทำให้ไฟแรงขึ้นได้

จากความซับซ้อนและไม่เป็นอิสระต่อกันของปัจจัยต่างๆ ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (r^2) ซึ่งเป็นค่าที่บอกสัดส่วนหรือเปอร์เซ็นต์ ที่สามารถอธิบายความผันแปรในสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตาม

ในสมการถดถอย [4] สามารถใช้ชี้ว่าปัจจัยใดมีผลต่ออัตราการลุกลามของไฟในป่าเต็งรังมากที่สุดได้ดังนี้

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

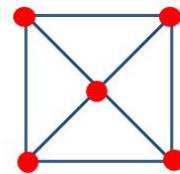
ทั้งนี้ เนื่องจากข้อมูลจากการทดลองในพื้นที่จริง อาจมีความคลาดเคลื่อนสูง จากการวัดข้อมูลและจากการที่ไม่สามารถควบคุมตัวแปรอื่นๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องได้ การวิเคราะห์ข้อมูลจึงจำเป็นต้องอาศัยการจำลองพฤติกรรมไฟจากแบบจำลองไฟป่าที่สามารถควบคุมปัจจัยที่ไม่เกี่ยวข้องได้ง่ายควบคุมกัน ซึ่งจะช่วยให้ผลการวิเคราะห์ใกล้เคียงความเป็นจริงมากขึ้นได้

3. ขั้นตอนการศึกษา

การวิเคราะห์ผลข้อมูลจะอาศัยผลข้อมูลจาก 2 ส่วน คือ การเก็บข้อมูลพฤติกรรมไฟในพื้นที่จริง และการจำลองพฤติกรรมไฟจากแบบจำลองไฟป่า โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.1 ขั้นตอนการเก็บข้อมูลพฤติกรรมไฟ

การเก็บข้อมูลพฤติกรรมไฟจำเป็นต้องเก็บข้อมูล 3 ประเภท คือ ภูมิประเทศ ลักษณะเชื้อเพลิง และสภาพอากาศ [5] โดยข้อมูลทั้งหมดจะได้มาจากการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียมของหน่วยงานรัฐ ยกเว้นข้อมูลเชื้อเพลิงที่ยังไม่สามารถวิเคราะห์ได้ จึงต้องมีการเก็บภาคสนามซึ่งประกอบด้วย ความหนา ปริมาณ และความชื้น แต่เนื่องจากการเก็บข้อมูลเหล่านี้ทำได้ยากเนื่องจากความยากในการเข้าถึงพื้นที่ป่าทั้งหมดและระยะเวลาที่ค่อนข้างจำกัดในช่วงของการชิงเผา ทำให้จำเป็นต้องลดจำนวนตำแหน่งเก็บข้อมูลลง โดยข้อมูลดังกล่าวยังสามารถใช้เป็นตัวแทนพื้นที่ได้ อย่างในการศึกษานี้จึงแบ่งพื้นที่ป่าออกเป็นแปลงเรียกว่า แปลงป่า แต่ละแปลงประกอบด้วย 5 แปลงย่อย แต่ละแปลงย่อยประกอบด้วย 5 ตำแหน่ง ที่ใช้เก็บข้อมูลจริง ดังแสดงในภาพที่ 1



รูปที่ 1 แสดงแปลงย่อย 5 แปลงย่อย ซึ่งแต่ละแปลงย่อยจะแบ่งได้อีก 5 ตำแหน่ง

ซึ่งส่วนสำคัญอยู่ที่การกำหนดขอบเขตของแปลงป่าให้ครอบคลุมกับข้อมูลชนิดเดียวกันและมีภูมิประเทศที่ใกล้เคียงกัน รวมถึงการกำหนดพิกัดโดยประมาณของแปลงย่อยให้อยู่ในพื้นที่ที่เหมาะสมเพื่อเก็บข้อมูลเชื้อเพลิง

การเก็บข้อมูลเชื้อเพลิงและพฤติกรรมไฟได้ทำในพื้นที่ของอุทยานแห่งชาติออบหลวงในช่วงวันที่ 21 มกราคม พ.ศ. 2555 ถึง วันที่ 8 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2555 ซึ่งเป็นช่วงต้นฤดูไฟป่าโดยการเก็บข้อมูลพฤติกรรมไฟ

การเก็บข้อมูลเชื้อเพลิงจะมีหลายอย่างด้วยกัน คือ

1) ความหนา ใช้ไม้บรรทัดวัดความหนาของเชื้อเพลิงที่อยู่ภายในกรอบเก็บตัวอย่างขนาด 1 เมตร × 1 เมตร

2) ปริมาณ เก็บเชื้อเพลิงที่อยู่ภายในกรอบเก็บตัวอย่างขนาด 1 เมตร × 1 เมตรใส่ถุงพลาสติกแล้วนำมาชั่งน้ำหนักเพื่อหาน้ำหนักสดโดยแยกตามขนาด

3) ความชื้น นำตัวอย่างเชื้อเพลิงชั่งน้ำหนัก แล้วนำไปอบในตู้อบ ด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วนำมาชั่งน้ำหนักแห้ง เพื่อนำไปคำนวณหาความชื้นของเชื้อเพลิงจากสมการที่ 2

4) อัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อปริมาตรคำนวณได้จากสมการที่ 3 โดยที่ D เป็นความหนาของใบไม้หน่วยเป็นเซนติเมตร

5) ค่าความร้อนสูง ใช้ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงในป่าเต็งรังในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง 4,457.23 แคลอรีต่อกรัม

$$\text{ความชื้นของเชื้อเพลิง (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักรวม (กรัม)} - \text{น้ำหนักแห้ง (กรัม)}}{\text{น้ำหนักแห้ง (กรัม)}} \quad (2)$$

$$S/V = 2\pi r^2 / \pi r^2 D = 2/D \quad (3)$$

การเก็บข้อมูลพฤติกรรมไฟจะมีวิธีการดังนี้

1) จุดไฟเป็นแนวยาวไม่ต่ำกว่า 10 เมตร ตั้งฉากกับทิศทางการลามของไฟ โดยต้องเริ่มจุดให้ลามพร้อมกันทั้งแนว ในช่วงแรกไฟยังลามด้วยอัตราที่ไม่คงที่ ยังไม่สามารถเก็บข้อมูลได้

2) เมื่อไฟลามไปด้วยอัตราคงที่จึงจะเก็บข้อมูลได้สังเกตจากความรุนแรงไฟที่ลดลง ซึ่งจะลามไปไม่ต่ำกว่า 10 เมตร

3) เก็บข้อมูลระยะทางการลามของไฟและเวลาที่ใช้ซึ่งจะนำไปหาอัตราการลุกลามจริงด้วยสมการที่ 4

$$R = \frac{\text{ระยะทางการลามของไฟ}}{\text{เวลาในการลาม}} \quad (4)$$

3.2 ขั้นตอนการจำลองพฤติกรรมไฟ

ในการศึกษานี้ได้ใช้โปรแกรม FARSITE (Fire Area Simulator) ซึ่งเป็นแบบจำลองพฤติกรรมของไฟป่าที่มีรูปแบบจำเพาะแตกต่างกัน การคำนวณรูปแบบพฤติกรรมของไฟจะแยกออกเป็นไฟผิวดิน ไฟเรือนยอด และการเกิด Spotting [6,7] ในที่นี้จะคำนึงถึงไฟผิวดินเป็นส่วนใหญ่ สาเหตุมาจากลักษณะไฟที่เกิดในป่าเต็งรังส่วนใหญ่จะเป็นไฟผิวดิน

สมการที่ใช้ในการคำนวณอัตราการลุกลามของไฟจะอาศัยสมการของ Rothermel (1972)[8] คือ

$$R = \frac{I_R \xi (1 + \Phi_w + \Phi_s)}{\rho_b \varepsilon Q_{ig}} \quad (5)$$

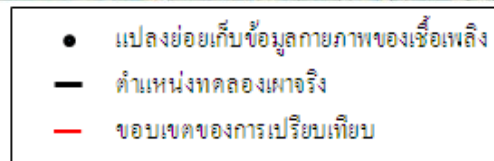
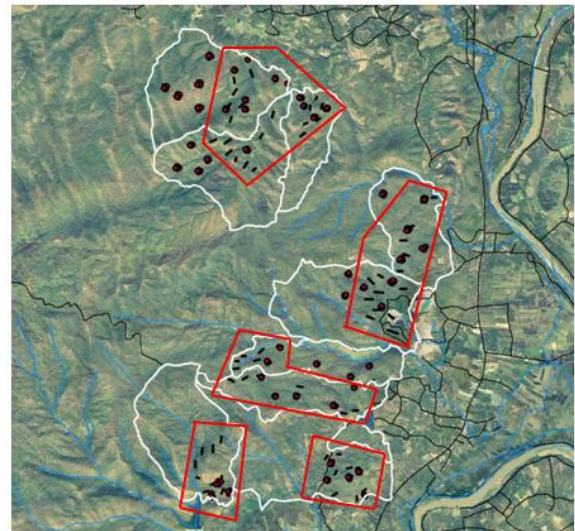
โดยที่ R , ξ , Φ_w , Φ_s , ρ_b , ε และ Q_{ig} หมายถึง อัตราการลุกลาม I_R คือ ความรุนแรงของปฏิกิริยาคือพลักซ์ของการลุกลาม สัมประสิทธิ์ลม สัมประสิทธิ์ความชื้น ความหนาแน่นของเชื้อเพลิง ประสิทธิภาพการให้ความร้อน และความร้อนในการจุดไฟ

ในการคำนวณเพื่อแสดงผลโปรแกรม FARSITE ต้องการข้อมูล 3 ส่วนคือ ข้อมูลทางเชื้อเพลิง ข้อมูลภูมิประเทศ และข้อมูลสภาพอากาศ [9,10] เป็นข้อมูลราสเตอร์ (Raster Data) ไม่น้อยกว่า 5 ชั้น ประกอบด้วย

ความสูง มุมรับแสงแดด ความชัน ลักษณะเชื้อเพลิง และความหนาแน่นเรือนยอด [11]

สำหรับข้อมูลที่ป้อนให้กับโปรแกรมนั้นจะเลือกบางส่วนมาใช้ในการคำนวณเท่านั้น เพื่อให้ข้อมูลพฤติกรรมไฟที่ได้จากการคำนวณอยู่ในสถานการณ์เดียวกันกับข้อมูลพฤติกรรมไฟที่เกิดขึ้นจริงมากที่สุดจึงจะเปรียบเทียบกันได้ ซึ่งการจำลองได้ใช้ข้อมูลของพื้นที่ป่าเต็งรังขนาด 10,786 ไร่ที่ละติจูด 18 ลองจิจูดที่ 98 บริเวณอำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ โดยแสดงรายละเอียดไว้ดังนี้

1) ข้อมูลทางกายภาพของเชื้อเพลิงที่ได้เก็บมาแล้วนั้นจะไม่นำมาใช้ทุกตำแหน่ง แต่จะนำเฉพาะที่อยู่ในขอบเขตของการเปรียบเทียบ (รูปที่ 2) มาหาค่าเฉลี่ย แล้วใช้เป็นตัวแทนของแต่ละแปลงป่าเท่านั้น



รูปที่ 2 แสดงขอบเขตของข้อมูลลักษณะเชื้อเพลิงที่ใช้ในการคำนวณ

2) ข้อมูลภูมิประเทศแบ่งเป็น 3 ส่วนตามที่มาของข้อมูล คือ 2.1) ความสูงของพื้นที่ ความลาดชันของพื้นที่มุมรับแสงแดด นำมาจาก DEM ที่มีความละเอียด 30 เมตร ครอบคลุมพื้นที่ของ ตำบลสบเตี๊ยะ อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ 2.2) รูปแบบเชื้อเพลิงมาจากการเดินสำรวจภาคสนามไปตามขอบเขตการปกครองพื้นที่ป่าของแต่ละหมู่บ้าน ซึ่งในแต่ละหมู่บ้านจะมีพื้นที่ป่าในการปกครอง 1 แห่ง เรียกว่า 1 แปลงป่า และ 2.3) การปกคลุมเรือนยอด และ ความสูงของฐานเรือนยอด จะใช้การ

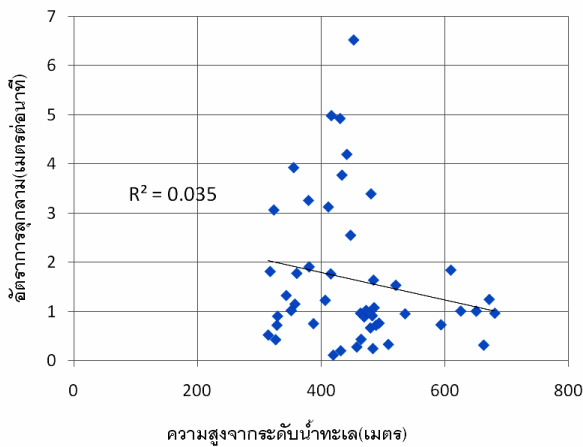
วัดโดยการประมาณ คือ 0 เปอร์เซ็นต์ และ 4 เมตร ตามลำดับ เนื่องจากเป็นข้อมูลที่ไม่มีผลกับไฟฟิวตินมากนัก

3) ข้อมูลสภาพอากาศ และลมเฉลี่ยรายวัน ประจำเดือนมกราคม และ กุมภาพันธ์ พ.ศ.2555 วัดที่ระดับความสูง 312 เมตรจากระดับน้ำทะเล ได้จากศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ [12]

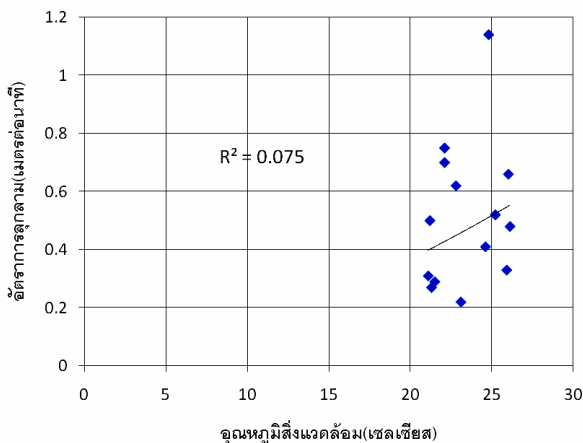
4. ผลของการศึกษา

จากการเก็บข้อมูลพื้นที่จริงในป่าเต็งรังในเขตอำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ โดยข้อมูลที่ทำการเก็บประกอบด้วย อัตราการลุกลามของไฟ ความลาดชัน ความสูงจากระดับน้ำทะเล อัตราส่วนความชื้นของอากาศ (Humidity Ratio) อุณหภูมิของอากาศ ปริมาณเชื้อเพลิง และความหนาของเชื้อเพลิง แล้วนำมาคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (r^2) ได้ผลดังนี้

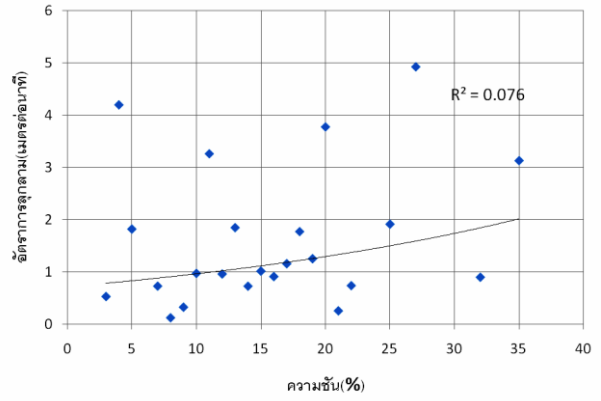
4.1 ผลการเก็บพฤติกรรมไฟจากการทดลอง



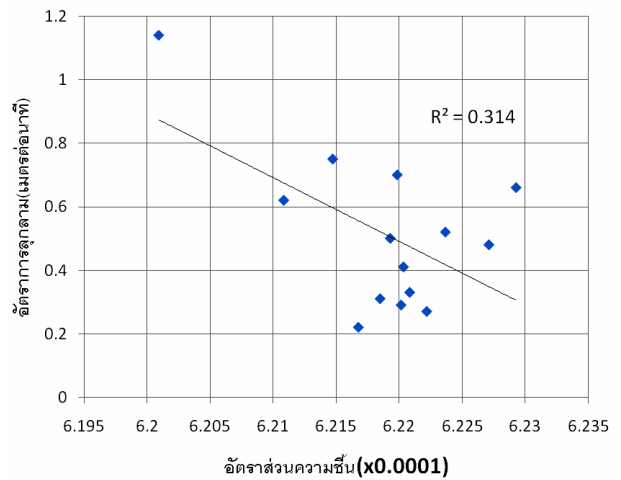
(น)



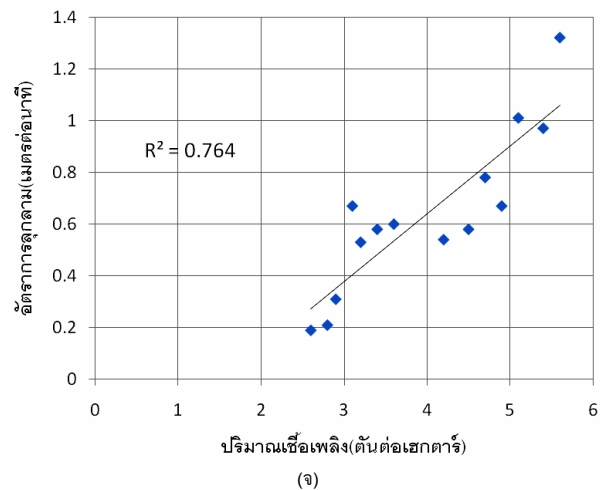
(ข)



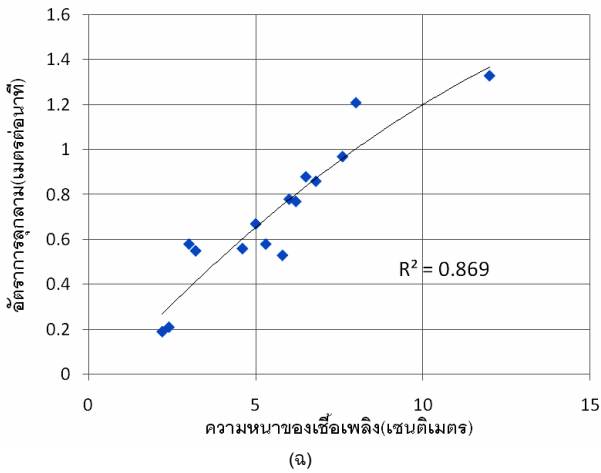
(ค)



(ง)



(จ)

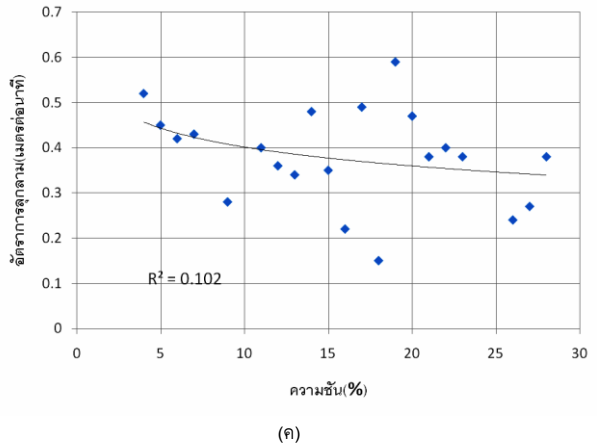
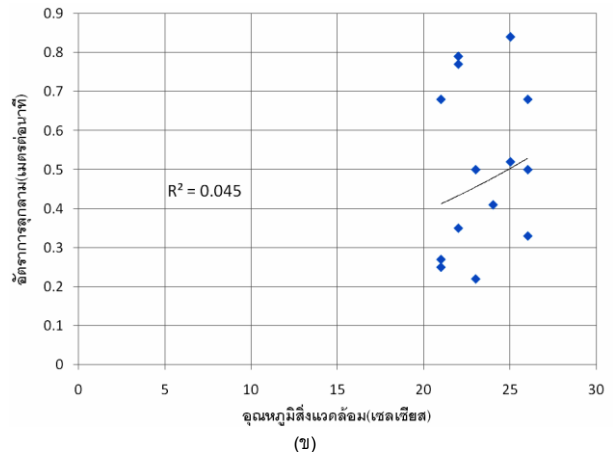
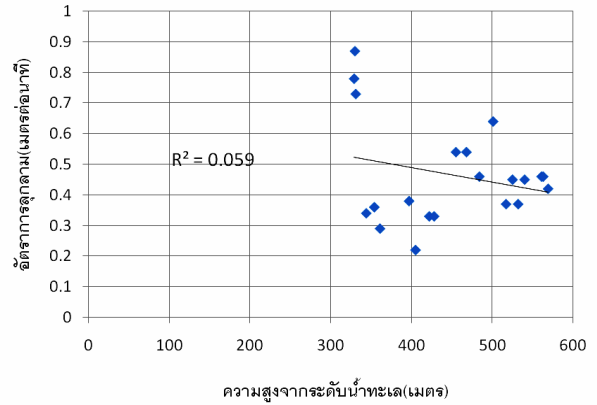


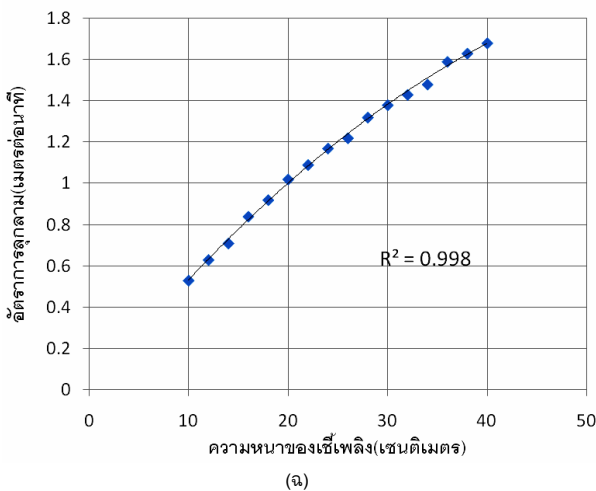
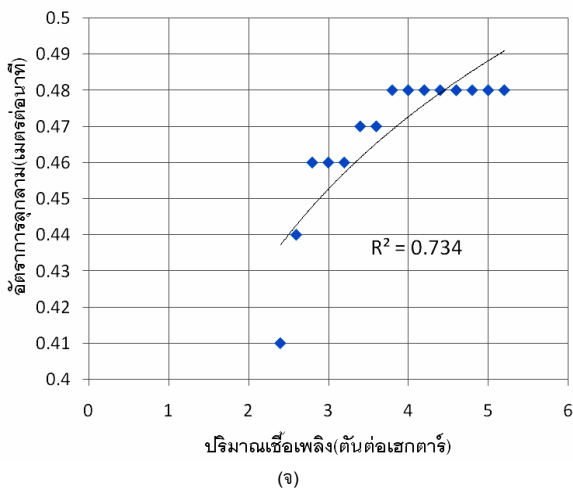
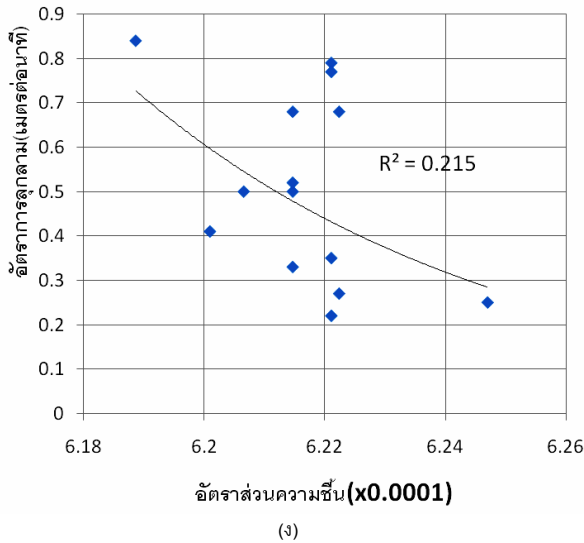
รูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการลุกลามกับ (ก) ความสูงจากระดับน้ำทะเล (ข) อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (ค) ความลาดชัน (ง) อัตราส่วนความชื้น (จ) ปริมาณเชื้อเพลิง (ฉ) ความหนาของเชื้อเพลิง

รูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการลุกลามของไฟกับตัวแปรต่างๆโดยมีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์เท่ากับไว้ในรูป และที่ค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ที่มีค่ามากกว่า 0.5 นั้น สามารถกล่าวได้ว่าตัวแปรนั้นๆ มีความสัมพันธ์กับอัตราการลุกลามของไฟ ในที่นี้ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับอัตราการลุกลามของไฟคือ ปริมาณเชื้อเพลิง และความหนาของเชื้อเพลิง โดยมีค่า 0.764 และ 0.869 ตามลำดับ ส่วนตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์มีค่าน้อยกว่า 0.5 สามารถกล่าวได้ว่าตัวแปรนั้นๆ ไม่มีความสัมพันธ์กับอัตราการลุกลามของไฟคือ ความสูงจากระดับน้ำทะเล อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม และความลาดชัน โดยมีค่า 0.035 0.075 และ 0.076 ตามลำดับ ส่วนอัตราส่วนความชื้นของอากาศ มีค่า 0.314 ซึ่งมีความห่างจากค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ของความสูงจากระดับน้ำทะเล อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม และความลาดชัน แต่มีค่าไม่เกิน 0.5 โดยอาจจะมีความสัมพันธ์กับอัตราการลุกลามของไฟเป็นส่วนน้อย ซึ่งถ้าเรียงตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับอัตราการลุกลามของไฟจากมากไปน้อยจะได้ ความหนาของเชื้อเพลิง ปริมาณเชื้อเพลิง อัตราส่วนความชื้นของอากาศ ความลาดชัน อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม และ ความสูงจากระดับน้ำทะเล ตามลำดับ ซึ่งจากการทดลองจะเห็นได้ว่าระดับความสูงของพื้นที่ไม่มีผลต่ออัตราการลุกลามของไฟเท่ากับปริมาณเชื้อเพลิง และความหนาของเชื้อเพลิง

4.2 ผลการจำลองพฤติกรรมไฟ

เมื่อนำสภาพอากาศ สภาพภูมิประเทศ และลักษณะเชื้อเพลิง มาทำการคำนวณโดยแบบจำลอง FARSITE เพื่อหาค่าความน่าเชื่อถือของสมการความสัมพันธ์ของอัตราการลุกลามกับปัจจัยต่างๆ ได้ผลดังนี้





รูปที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการลูกกลามกับ (ก) ความสูงจากระดับน้ำทะเล (ข) อุณหภูมิสิ่งแวดลอม (ค) ความลาดชัน (ง) อัตราส่วนความชื้น (จ) ปริมาณเชื้อเพลิง (ฉ) ความหนาของเชื้อเพลิง

รูปที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการลูกกลามของไฟกับตัวแปรต่างๆโดยมีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์กำกับไว้ในรูป และที่ค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ที่มีค่ามากกว่า 0.5 นั้น สามารถกล่าวได้ว่าตัวแปรนั้นๆ มี

ความสัมพันธ์กับอัตราการลูกกลามของไฟ ในที่นี้ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับอัตราการลูกกลามของไฟคือ ปริมาณเชื้อเพลิงและความหนาของเชื้อเพลิง โดยมีค่าเท่ากับ 0.734 และ 0.998 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าความหนาของเชื้อเพลิงมีความสัมพันธ์กับอัตราการลูกกลามของไฟอย่างชัดเจน ส่วนตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์มีค่าน้อยกว่า 0.5 สามารถกล่าวได้ว่าตัวแปรนั้นๆ ไม่มีความสัมพันธ์กับอัตราการลูกกลามของไฟ คือ ความสูงจากระดับน้ำทะเล อุณหภูมิสิ่งแวดลอม ความลาดชัน และอัตราส่วนความชื้นของอากาศ โดยมีค่า 0.059, 0.045, 0.102 และ 0.215 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า ความสูงจากระดับน้ำทะเล และอุณหภูมิของสิ่งแวดลอม จะไม่มีผลกับอัตราการลูกกลามของไฟเลย ซึ่งถ้าเรียงตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับอัตราการลูกกลามของไฟจากมากไปน้อยจะได้ ความหนาของเชื้อเพลิง ปริมาณเชื้อเพลิง อัตราส่วนความชื้นของอากาศ ความลาดชัน อุณหภูมิสิ่งแวดลอม อุณหภูมิสิ่งแวดลอม และอุณหภูมิสิ่งแวดลอมตามลำดับ ซึ่งการจำลองก็ให้ผลในลักษณะเดียวกับการทดลอง คือระดับความสูงของพื้นที่และอุณหภูมิสิ่งแวดลอมไม่มีผลต่ออัตราการลูกกลามของไฟเท่ากับปริมาณเชื้อเพลิง และความหนาของเชื้อเพลิง

ดังนั้น ผลจากการทดลองและแบบจำลองแสดงให้เห็นว่า ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการลูกกลามของไฟในป่าเต็งรัง ความหนาของเชื้อเพลิงมีค่ามากที่สุด จากนั้นคือ ปริมาณเชื้อเพลิง รองลงมาคือ อัตราส่วนความชื้นของอากาศ ความลาดชัน ส่วนที่มีผลน้อยมากคือ อุณหภูมิอากาศแวดลอม และความสูงจากระดับน้ำทะเล ดังสรุปในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ในความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการลูกกลามกับปัจจัยต่างๆ

ปัจจัยต่ออัตราการลูกกลาม	สัมประสิทธิ์การพยากรณ์		ความแตกต่างของสัมประสิทธิ์การพยากรณ์
	การทดลอง	แบบจำลอง	
ความสูงจากระดับน้ำทะเล	0.035	0.059	0.024
อุณหภูมิอากาศ	0.075	0.045	0.030
ความลาดชัน	0.076	0.102	0.026

อัตราส่วน ความชื้นของ อากาศ	0.314	0.215	0.009
ปริมาณ เชื้อเพลิง	0.764	0.734	0.030
ความหนา ของเชื้อเพลิง	0.869	0.998	0.029

จากตารางที่ 1 พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ของความหนาของเชื้อเพลิง และปริมาณเชื้อเพลิงมีค่ามากกว่าจากการทดลอง และการจำลอง โดยสังเกตจากค่าความแตกต่างสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ของการทดลอง และการจำลองมีค่าน้อยมาก มีค่าไม่เกิน 0.030 โดยจะเห็นได้ว่าแบบจำลองที่ใช้มีค่าความผิดพลาดน้อย และสามารถเป็นการยืนยันข้อมูลจากการทดลองได้

5. สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า ค่าระดับความสูงของพื้นที่ไม่มีความสัมพันธ์ต่ออัตราการลุกลามของไฟ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ทั้งจากการทดลอง และการจำลองมีค่า 0.035 และ 0.059 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำมาก แต่ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับอัตราการลุกลามของไฟมากที่สุดคือ ความหนาของเชื้อเพลิงโดยมีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ทั้งจากการทดลอง และการจำลองมีค่า 0.869 และ 0.998 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงมาก

เพื่อเป็นการพัฒนาในการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป ควรมีการเก็บข้อมูลที่มีความละเอียด และมีจำนวนข้อมูลมากขึ้น เพื่อเป็นประโยชน์ในการนำข้อมูลมาวิเคราะห์ในภายหลัง

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สถาบันควบคุมไฟป่าลุ่มน้ำสาขาแม่ปิง มูลนิธิเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน (ภาคเหนือ) กองทุนสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และ ผศ.ดร. สุทธิณี ดนตรี ที่ให้การสนับสนุนการดำเนินงาน และข้อมูลที่เป็นประโยชน์สำหรับการศึกษานี้

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] 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.
- [2] Finney, M.A., 1994. Modeling the spread and behavior of prescribed natural fires. In: *Proceeding 12th Conference Fire and Forest Meteorology*, pp. 138-143.
- [3] Xiangyang Zhou, Shankar Mahalingam, David Weise, 20 July 2005, Modeling of marginal burning state of fire spread in live chaparral shrub fuel bed, *Combustion and Flame* 143 (2005) 183-198
- [4] ภิญญ วรณสุข. 2540. การประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกและการวิเคราะห์อิทธิพลในการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความคาดหวังในการศึกษาต่อของนักเรียนชั้นประถมศึกษาในเขตการศึกษา 11. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิจัยการศึกษจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [5] Richards, G.D. 1990. An elliptical growth model of forest fire fronts and its numerical solution. *Int. J. Numer. Meth. Eng.* 30: 1163-1179.
- [6] Albini, F.A. 1979. Spot fire distance from burning trees—a predictive model. *USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep.* INT-56.
- [7] Rothermel, R.C. 1972. A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels. *USDA For. Serv. Res. Pap.* INT-115.
- [8] Albini, F.A. 1976. Estimating wildfire behavior and effects. *USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep.* INT-30.
- [9] Van Wagner, C.E. 1977. Conditions for the start and spread of crownfire. *Can. J. For. Res.* 7:23-34.
- [10] Van Wagner, C.E. 1993. Prediction of crown fire behavior in two stands of jack pine. *Can. J. For. Res.* 23:442-449.
- [11] 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.

[12] รายงานข้อมูลอุตสาหกรรมวนวิทยา, ศูนย์อุตสาหกรรมวนวิทยา
ภาคเหนือ อ.เมือง จ.เชียงใหม่