สำนักหอสมุด

ดัชนีไฟเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ป่าเต็งรัง
กรณีศึกษา : อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่

FIRE INDEX FOR ENVIRONMENTAL MANAGEMENT IN THE DRY DIPTEROCARP FOREST : A CASE STUDY OF DOI SUTHEP-PUI NATIONAL PARK, CHIANGMAI.

ชนะชัย เลิศสุชาตวนิช

ได้รับการถ่ายโอน
จาก
บัณฑิตวิทยาลัย มหิดล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล
พ.ศ. 2538

กฟ
ช142ด
2538

Copyright by Mahidol University

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ดัชนีไฟเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อมในป่าเต็งรัง

กรณีศึกษา : อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่

ชนะชัย เลิศสุชาตวนิช

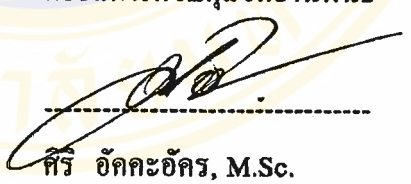
ผู้วิจัย

อรพินท์ เอี่ยมศิริ, Ph.D.

ประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

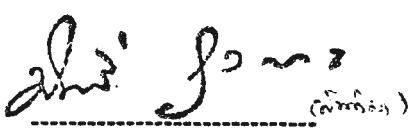
สิทธิพงษ์ ดิลกวณิช, M.Sc.

กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์



ศิริ อัคคะอัคร, M.Sc.

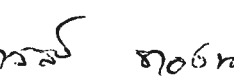
กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์



มันตรี จุลสมัย, พ.บ., Ph.D.

คณบดี

บัณฑิตวิทยาลัย



ลัดดาวัลย์ ทองนพ, M.P.H.

ประธานคณะกรรมการประจำหลักสูตร

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์

Copyright by Mahidol University

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ดัชนีไฟเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อมในป่าเต็งรัง

กรณีศึกษา : อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่

ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม

วันที่ 11 ตุลาคม 2538

ชนะชัย เลิศสุชาตวนิช

ผู้วิจัย

เทพนม เมืองแมน,B.A.,M.D.,M.P.H.,Dr.P.H.

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

อรพินท์ เอี่ยมศิริ, Ph.D.

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ศิริ อัคคะอัคร, M.Sc.

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

สิทธิพงษ์ ดิลกวณิช, M.Sc.

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

มันตรี จุลสมัย, พ.บ., Ph.D.

คณบดี

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยมหิดล

รุ่งจรัส หุตะเจริญ, วท.ม.

คณบดี

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์

มหาวิทยาลัยมหิดล

Copyright by Mahidol University

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นายชนะชัย เลิศสุชาตวนิช
วัน เดือน ปีเกิด	12 กันยายน 2508
สถานที่เกิด	จังหวัดราชบุรี
ประวัติการศึกษา	โรงเรียนป่าไม้ จังหวัดแพร่, พ.ศ. 2526 - 2528 : ประกาศนียบัตรวิชาการป่าไม้
	มหาวิทยาลัยรามคำแหง, พ.ศ. 2528 - 2532 : นิติศาสตรบัณฑิต
	มหาวิทยาลัยมหิดล, พ.ศ. 2536 - 2538 : วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม
ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน	
	พ.ศ. 2528 - ปัจจุบัน : ส่วนจัดการไฟป่าและภัยธรรมชาติ สำนักป้องกันและปราบปราม กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
	ตำแหน่ง : เจ้าพนักงานป่าไม้ 4

Copyright by Mahidol University

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบรำลึกถึงคุณของมารดาผู้ล่วงลับ และบิดาผู้ให้กำเนิดพร้อมกับชีวิตที่ดี ขอขอบคุณญาติ ๆ รวมทั้งน้อง ๆ ที่ให้กำลังใจอยู่เบื้องหลัง ซึ่งทำให้ผู้วิจัยพบกับความสำเร็จในที่สุด

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจากหลายท่าน ซึ่งผู้วิจัยขอขอบคุณอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ ดังนี้คือ

ผอ.แก้ว หล่อพัฒนเกษม ผู้อำนวยการส่วนจัดการไฟป่าและภัยธรรมชาติ กรมป่าไม้ ที่กรุณาอนุมัติให้ลาศึกษาต่อ และให้คำแนะนำเกี่ยวกับการวิจัย

ศ.ดร.เทพนม เมืองแมน ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.อรพินท์ เอี่ยมศิริ ประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ อาจารย์สิทธิพงษ์ ดิลกวณิช และคุณศิริ อัคคะอัคร กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ อาจารย์สุระ พัฒนเกียรติ ตลอดจนอาจารย์ของคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ทุกท่าน ที่กรุณาควบคุมช่วยเหลือและให้คำแนะนำในการจัดทำ ตลอดจนแก้ไขเนื้อหาของงานวิจัยฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์

คุณนพดล ทรงพร หัวหน้าโครงการควบคุมไฟป่าภูพิงค์ จังหวัดเชียงใหม่ ที่กรุณาอนุเคราะห์สถานที่พักในการเก็บข้อมูล ความช่วยเหลือต่าง ๆ ตลอดจนคำแนะนำในการทำวิจัยครั้งนี้ และผู้เชี่ยวชาญด้านไฟป่าทั้ง 8 ท่าน ที่กรุณาให้ความคิดเห็นในการจัดทำดัชนีไฟ

คุณดุสิต เสรเมธากุล คุณมาลี ภานุนำภา คุณอุษณี คังวารจิตต์ คุณรุ่งฤดี ศรีสวัสดิ์ คุณกัลยา มะโนนึก คุณเอมอร พิทยายน คุณลักขณา บำรุงชูเกียรติ คุณพรชัย วิสุทธาจารย์ คุณวรัญญา ตันบุรินทร์ทิพย์ เจ้าหน้าที่ของโครงการควบคุมไฟป่าภูพิงค์ จังหวัดเชียงใหม่ เจ้าหน้าที่ของส่วนจัดการไฟป่าและภัยธรรมชาติ กรมป่าไม้ เพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม รุ่นที่ 20 รุ่นที่ 21 และเจ้าหน้าที่ประจำห้องสมุดของคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ตลอดจนผู้ที่ไม่ได้ออกนามทุกท่านที่ให้การช่วยเหลือในการเก็บวิเคราะห์ข้อมูลและให้กำลังใจกับผู้วิจัยตลอดมา

สุดท้าย หากแม้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีประโยชน์ต่อสังคมส่วนรวมอยู่บ้าง ผู้วิจัยขออุทิศความดีทั้งหมดให้แก่บุพการีและครูบาอาจารย์ที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้ทุก ๆ ท่าน สำหรับข้อผิดพลาดทั้งหมดผู้วิจัยขอรับไว้แต่เพียงผู้เดียว

ชนะชัย เลิศสุชาตวนิช

Copyright by Mahidol University

ชื่อวิทยานิพนธ์ ดัชนีไฟเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ป่าเต็งรัง
กรณีศึกษา : อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ - ปุย จังหวัดเชียงใหม่

ผู้วิจัย ชนะชัย เลิศสุชาตวนิช

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม)

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์
อรพินท์ เอี่ยมศิริ, Ph.D.
สิทธิพงษ์ ดิลกวณิช, M.Sc.
ศิริ อัคคะอัคร, M.Sc.

วันที่สำเร็จการศึกษา 11 ตุลาคม พ.ศ. 2538

บทคัดย่อ

การศึกษาเรื่องดัชนีไฟเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ป่าเต็งรัง ได้ทำการเก็บข้อมูล ณ อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงปัจจัยต่าง ๆ ทางด้านสภาพแวดล้อมเกี่ยวกับลักษณะอากาศและเชื้อเพลิง ที่มีผลต่อความรุนแรงของไฟ เพื่อกำหนดระดับชั้นอันตรายของไฟสำหรับจัดทำเป็นดัชนีไฟ และเพื่อหามาตรการควบคุมไฟป่าในการจัดการสิ่งแวดล้อมของป่าเต็งรังในพื้นที่ศึกษา ในการศึกษาได้ทำการทดลอง โดยวางแปลงทดลองขนาด 10x10 เมตร^2 จำนวน 30 แปลง ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2537 จนถึงเดือนพฤษภาคม 2538 ซึ่งพื้นที่ตัวแทนป่าเต็งรังมีความลาดชันร้อยละ 25-30 และทิศด้านลาดอยู่ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ โดยก่อนทำการทดลองเผา ได้มีการวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และเก็บตัวอย่างเชื้อเพลิงเพื่อนำมาคำนวณหาความชื้นของเชื้อเพลิง ปริมาณของเชื้อเพลิง ค่าความร้อนที่ใช้ในการเผาไหม้เชื้อเพลิง หลังจากนั้นจะทำการทดลองเผาในช่วงเวลาที่เลือกไว้ โดยระหว่างการเผาแต่ละครั้งจะทำการวัดอัตราการลุกลามของไฟ และคำนวณหาความรุนแรงของแนวไฟตามสูตรของ Byram (1959)

ผลการศึกษาปรากฏว่า ฤดูไฟป่าในพื้นที่ศึกษาเริ่มตั้งแต่ เดือนมกราคมถึงพฤษภาคม โดยตลอดช่วงฤดูไฟป่า มีอัตราการลุกลามของไฟเฉลี่ย 1.26 เมตร/นาที ความรุนแรงของไฟเฉลี่ย 225.33 กิโลวัตต์/เมตร โดยอุณหภูมิของอากาศเป็นปัจจัยสิ่งแวดล้อมเดียวที่มีอิทธิพลต่อความรุนแรงของไฟอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งช่วงอุณหภูมินี้จะใช้เป็นเกณฑ์ในการจัด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University

ระดับชั้นอันตรายของไฟเพื่อจัดทำเป็นดัชนีไฟป่า โดยดัชนีไฟสามารถแบ่งอันตรายของไฟออกเป็น 3 ระดับ คือ ระดับอันตรายสูงจะอยู่ในช่วงอุณหภูมิที่สูงกว่า 32 องศาเซลเซียส ระดับอันตรายปานกลางอยู่ในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 29-32 องศาเซลเซียส และระดับอันตรายต่ำอยู่ในช่วงอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 29 องศาเซลเซียส โดยมาตรการในการควบคุมไฟป่าซึ่งได้จากดัชนีไฟของการศึกษาครั้งนี้จะเกิดประโยชน์ในการใช้เป็นแนวทางสำหรับวางแผนการควบคุมไฟป่าในป่าแต้งรังของพื้นที่ศึกษา ต่อไป

Copyright by Mahidol University

Thesis Title Fire Index for Environmental Management in the Dry Dipterocarp Forest : A Case Study of Doi Suthep-Pui National Park, Chiangmai.

Name Chanachai Lertsuchatavanich

Degree Master of Science
(Technology of Environmental Management)

Thesis Supervisory Committee
Aurapin Eamsiri, Ph.D.
Sittipong Dilokwanich, M.Sc.
Siri Akaakara, M.Sc.

Date of Graduation 11 October B.E. 2538 (1995)

ABSTRACT

A fire index for environmental management in the dry dipterocarp forest was conducted at Doi Suthep-Pui National Park, Chiangmai. The objective of this work was to study environmental factors especially weather and fuel conditions affecting fire intensity. Then a fire danger rating, fire index and forest fire control measures were set for the study area. Thirty sample plots (10x10 m^2) were laid out on 25-30 % slope terrain and southeastern aspect in the dry dipterocarp forest during the period November 1994- May 1995. The data collected from these plots before each burning were temperature, relative humidity, wind velocity, fuel moisture, loading of available fuel and heat yield. Afterwards the plots were lit in time sequence, during which the rate of fire spread was recorded. Fireline intensity was calculated using Byram's formula (1959).

The result indicated that the fire season in this area occurs between January to May. The average rate of fire spread was 1.26 m/min, while the average fireline intensity was 225.33 kw/m. Statistically, temperature was the only significant environmental factor affecting fireline intensity (at 0.05 confidential interval). Temperature was used as a major criterion for the classification of fire danger in order to establish a fire index. The proper fire index was

Copyright© by Mahidol University

composed of 3 fire danger levels : high fire danger when the temperature is higher than 32°C, moderate fire danger when the temperature is between 29-32°C and low fire danger when the temperature is lower than 29°C. This fire index could be used as guideline for forest fire control planning in the dry dipterocarp forest of Doi Suthep-Pui National Park.

Copyright by Mahidol University

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ซ
บทที่ 1 บทนำ	
1. ความสำคัญของปัญหา	1
2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา	4
3. ขอบเขตของการศึกษา	4
4. ผลที่คาดว่าจะได้รับ	5
5. ระยะเวลาในการศึกษา	7
บทที่ 2 การตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
1. ความหมายและชนิดของไฟป่า	9
2. สาเหตุของไฟป่า	10
3. พฤติกรรมของไฟป่า	13
4. ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมของไฟ	18
5. การจัดระดับอันตรายของไฟและดัชนีไฟ	25
6. ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษา	34
บทที่ 3 วิธีดำเนินการศึกษา	
1. การศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของปัจจัยสิ่งแวดล้อม กับความรุนแรงของไฟ	37
2. การศึกษาเกี่ยวกับดัชนีไฟ	47

Copyright by Mahidol University

หน้า

บทที่ 4 ผลการศึกษา

1. อัตราการลุกลามของไฟ 49
2. ความรุนแรงของไฟ 53
3. ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่ศึกษากับความรุนแรงของไฟ 56
4. ดัชนีไฟ 59

บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

1. สรุปผลการศึกษา 64
2. อภิปรายผล 66
3. ข้อเสนอแนะ 68

บรรณานุกรม 70

ภาคผนวก ก 75

ภาคผนวก ข 84

ภาคผนวก ค 93

Copyright by Mahidol University

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	พื้นที่ความเสียหายจากไฟป่าในภาคต่าง ๆ โดยคิดเทียบจากพื้นที่ป่าทั้งประเทศ ในปี พ.ศ. 2534	2
2	พื้นที่ไฟไหม้ในป่าชนิดต่าง ๆ โดยเทียบกับพื้นที่ป่าจริงทั้งประเทศ ในปี พ.ศ. 2534	3
3	ความสัมพันธ์ส่วนกลับของปริมาณความชื้นกับดัชนีอันตรายของไฟป่า	28
4	ความหมายของพฤติกรรมไฟในด้านการควบคุมไฟป่า	33
5	ข้อมูลแปลงวิจัยดัชนีไฟเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อมในป่าเต็งรัง พื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2537 - พฤษภาคม 2538	50
6	ค่าความรุนแรงของไฟในพื้นที่ป่าเต็งรัง อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ ปี พ.ศ. 2538	53
7	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความรุนแรงของไฟกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่ศึกษา	57
8	ค่าสถิติการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอนของความรุนแรงของไฟป่ากับปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่ศึกษา	58
9	การเลือกดัชนีไฟของผู้เชี่ยวชาญด้านไฟป่า ในปี พ.ศ. 2538	60
10	ดัชนีไฟของพื้นที่ศึกษา ในป่าเต็งรังอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่	61
11	ผลความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเรื่องมาตรการควบคุมไฟป่าจากดัชนีไฟ	61
12	มาตรการควบคุมไฟป่าในป่าเต็งรังจากดัชนีไฟ พื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่	63
13	ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเฉพาะอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลมของสถานีวิจัยการเกษตรเขตชลประทาน ปี พ.ศ. 2537 และ 2538	94

Copyright by Mahidol University

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1	แผนที่แสดงแนวเขตอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ - ปุย บริเวณจุดศึกษา	6
2	สามเหลี่ยมไฟ	14
3	สภาพพื้นที่ป่าแต่งรังที่ศึกษา	38
4	การวางและรูปแบบแปลงทดลองในพื้นที่ศึกษา	40
5	การเก็บข้อมูลก่อนเผาแปลงทดลอง	41
6	เครื่อง Bomb Calorimeter 1241 และ เครื่อง Calorimeter Controller 1720	43
7	การเผาแปลงทดลอง	44
8	การวัดระยะแนวหัวไฟ	45
9	กราฟแสดงอัตราการลุกลามของไฟในแต่ละช่วงเวลา ปี พ.ศ. 2538	52
10	กราฟแสดงความรุนแรงของไฟในแต่ละช่วงเวลา ปี พ.ศ. 2538	55

Copyright by Mahidol University

บทที่ 1
บทนำ

1. ความสำคัญของปัญหา

ในบรรดาสิ่งมีชีวิตบนพื้นดิน ต้นไม้หรือพืชมีปริมาณมากที่สุด มวลชีวภาพของโลกเรานี้ ประมาณว่าเป็นมวลของพืชถึงร้อยละ 99 และเป็นมวลของสัตว์เพียงร้อยละ 1 ดังนั้น ระบบนิเวศที่เด่นที่สุด สมบูรณ์ที่สุด ได้สมดุลที่สุด ก็คือ ระบบนิเวศของป่าไม้ ทั่วโลกมีป่าไม้ชนิดต่าง ๆ ครอบคลุมพื้นที่ราวร้อยละ 30 ของพื้นดินทั้งหมด ป่าไม้เป็นระบบนิเวศที่มีต้นไม้เป็นหลัก และเป็นระบบนิเวศที่ได้มีการพัฒนาสูงสุดถึงจุดสมดุล ดังนั้น ป่าไม้จึงเป็นระบบนิเวศที่รวมมวลชีวภาพไว้ได้มากมายหลากหลายที่สุด และเป็นแหล่งที่ผลิตพันธุ์พืชพันธุ์สัตว์ชนิดใหม่ ๆ ได้เร็ว และมีความหลากหลายสูงสุดด้วย

ป่ามีบทบาทสำคัญต่อระบบนิเวศของโลก โดยเป็นตัวการสำคัญในการสร้างวัฏจักรคาร์บอน ไนโตรเจน และออกซิเจน เป็นผู้สร้างอินทรียวัตถุ (humus) ให้แก่ดิน เป็นตัวช่วยรักษาระดับอุณหภูมิของโลก ปริมาณน้ำฝน เป็นผู้กำหนดลักษณะภูมิอากาศ และเป็นประโยชน์อย่างยิ่งโดยเฉพาะต่อสิ่งมีชีวิต เช่น มนุษย์และสัตว์ ป่าไม้เป็นแหล่งผลิตอาหาร เครื่องนุ่งห่ม ที่อยู่อาศัย และยารักษาโรค ซึ่งเป็นปัจจัยสี่ที่สำคัญต่อมนุษยชาติ มนุษย์ได้รู้จักใช้ประโยชน์จากป่าไม้มาเป็นเวลาช้านาน ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน และในอนาคตก็มีความจำเป็นที่จะต้องใช้ต่อไปอย่างไม่มีที่สิ้นสุด จึงนับได้ว่าป่าไม้มีคุณต่อมนุษย์อย่างมหาศาล ในอดีตป่าไม้มีปริมาณเพียงพอกับจำนวนประชากรของโลก แต่ในปัจจุบันประชากรได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จึงมีการบุกรุกทำลายพื้นที่ป่าไม้เพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การใช้ไฟป่าเป็นเครื่องมือในการทำลาย ดังที่กรมป่าไม้ (2537) ได้กล่าวอ้างนโยบายขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agriculture Organization : F.A.O.) ในปี ค.ศ. 1951 ไว้ว่า

" ทุก ๆ ประเทศจะต้องตระเตรียมทรัพยากรไว้ให้เพียงพอสำหรับประชากรโลกที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จะได้ประโยชน์ที่สุดหากสามารถป้องกันอันตรายให้แก่ทรัพยากรที่มีอยู่แล้ว เช่น

Copyright by Mahidol University

ป่าไม้มิให้ถูกทำลายพร้อม ๆ กับนำเอาผลิตผลจากป่ามาใช้ประโยชน์อย่างฉลาด ซึ่งในการป้องกันนี้จะต้องต่อสู้อย่างจริงจังกับตัวทำลายป่าทุกชนิด คือ ไฟป่า แมลง โรคพืช และคน "

สำหรับในประเทศไทยมีไฟป่าเกิดขึ้นเป็นประจำทุกปี โดยเฉพาะในฤดูแล้งตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนจนถึงพฤษภาคม ซึ่งจากรายงานผลการบินสำรวจข้อมูลไฟป่า กรมป่าไม้ ในปี 2537 พบว่า ทรัพยากรป่าไม้ถูกไฟป่าเผาทำลายไปประมาณ 4,772,800 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 6 ของพื้นที่ป่าทั้งประเทศ โดยในภาคเหนือมีพื้นที่ไฟไหม้มากที่สุด คือ 2,339,933 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 49 ของพื้นที่ที่ถูกไฟไหม้ทั้งประเทศ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 พื้นที่ความเสียหายจากไฟป่าในภาคต่าง ๆ โดยคิดเทียบจากพื้นที่ป่าทั้งประเทศในปี พ.ศ. 2534

ภาค	พื้นที่ป่าทั้งประเทศ	พื้นที่ไฟไหม้ (ร้อยละ)	พื้นที่ไฟไหม้ทั้งประเทศ (ไร่)
เหนือ	48,214,357	49	2,339,933
ตะวันออกเฉียงเหนือ	13,624,192	19	901,023
กลาง,ตะวันออก,ตะวันตก	15,192,145	23	1,088,795
ใต้	8,405,590	9	442,989
รวม	85,436,284	100	4,772,800

ที่มา : กรมป่าไม้ (2537)

จากการศึกษาของ Neal ในปี ค.ศ. 1967 (อ้างในสุรเด่น, 2532) กล่าวว่า ป่าเต็งรังเป็นป่าที่มีลักษณะเป็นป่าโปร่ง และอยู่ในท้องที่ซึ่งมีสภาพลมฟ้าอากาศที่มีฤดูกาลชัดเจน ฤดูแล้งยาวนาน 5-6 เดือน และมีปริมาณน้ำฝนประมาณ 1,000- 1,500 มิลลิเมตร/ปี ป่าเต็งรังเป็นป่าที่มีอยู่เฉพาะในเอเชียอาคเนย์เท่านั้น กล่าวคือ มีในภาคตะวันออกของอินเดีย บังคลาเทศ พม่า ลาว ไทย เขมร และเวียดนาม สำหรับประเทศไทยป่าเต็งรังมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจและสังคมเป็นอย่างมาก เพราะป่าชนิดนี้มีถึงร้อยละ 46 ของพื้นที่ป่าทั้งหมด

ป่าเต็งรังของประเทศไทยส่วนใหญ่อยู่ในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประชาชนได้อาศัยประโยชน์จากป่าเต็งรังตลอดมา โดยใช้ไม้เพื่อการก่อสร้าง ทำเชื้อเพลิง เป็นแหล่งอาหาร และพืชสมุนไพรรักษาโรค ในฤดูแล้งมักจะเกิดไฟไหม้เป็นประจำทุกปี โดยจาก

Chulalongkorn University

รายงานผลการบินสำรวจข้อมูลไฟป่า กรมป่าไม้ ในปี พ.ศ..2537 พบว่า ป่าเต็งรังมีพื้นที่ไฟไหม้ 1,636,980 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 25 (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 พื้นที่ไฟไหม้ในป่าชนิดต่าง ๆ โดยเทียบกับพื้นที่ป่าจริงทั้งประเทศ ในปี พ.ศ. 2534

ชนิดป่า	พื้นที่ไฟไหม้ (ร้อยละ)	พื้นที่ไฟไหม้ทั้งประเทศ (ไร่)
ป่าเต็งรัง	25	1,185,957
ป่าเบญจพรรณ	34	1,636,980
ป่าดงดิบ	15	713,338
ป่าสนเขา	5	241,650
ทุ่งหญ้าและอื่น ๆ	21	994,875
รวม	100	4,772,800

ที่มา : กรมป่าไม้ (2537)

ในทางนิเวศวิทยา ไฟเป็นปัจจัยตามธรรมชาติอย่างหนึ่งของสังคมพืช ไฟมีบทบาทสำคัญต่อการทดแทนของสังคมพืชและก่อให้เกิดสังคมพืชรูปแบบต่าง ๆ โดยมีไม้ในสังคมที่ปรับตัวให้เข้ากับไฟป่าในระดับต่าง ๆ กัน และเป็นปัจจัยสำคัญที่รักษาสภาพของสังคมพืชในป่าเต็งรังให้คงอยู่ เนื่องจากพันธุ์ไม้ที่ขึ้นในป่าเต็งรังสามารถปรับตัวให้เข้ากับความเป็นไปของไฟป่าได้ (fire stable community) แต่การเกิดไฟไหม้ซ้ำบ่อย ๆ อาจเป็นสาเหตุอีกอย่างหนึ่งทำให้ป่าเต็งรังมีสภาพเสื่อมโทรมลง ซึ่งจะเห็นได้ว่าสภาพป่าเต็งรังส่วนใหญ่ในปัจจุบันมักมีต้นไม้แคระแกร็น พื้นที่ป่าเต็มไปด้วยหญ้า ลูกไม้และไม้วัยรุ่นมีน้อย ผลผลิตที่ได้รับจากป่าเต็งรังก็ลดลงมาก เมื่อเกิดไฟป่าขึ้น ไฟจะเผาผลาญทำลายทุกสิ่งทุกอย่างที่อยู่หน้าไฟ ทั้งต้นไม้เล็ก ต้นไม้ใหญ่ สัตว์ป่า และสิ่งปกคลุมผิวดิน ผลจากไฟป่าย่อมกระทบกระเทือนต่อป่าไม้และสภาพแวดล้อม

อนึ่ง เมื่อเกิดไฟป่าขึ้นมาแล้วหนทางหนึ่งในการที่จะแก้ไขปัญหาดังกล่าว ก็คือ ให้มีการศึกษาวิจัยเรื่องไฟป่าในด้านต่าง ๆ เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการกำหนดแผนการควบคุมไฟป่า อันได้แก่ การป้องกันและดับไฟป่า ให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ การศึกษาวิจัยเรื่องดัชนีไฟเป็นการศึกษาประการหนึ่งซึ่งจะก่อให้เกิดประโยชน์ในด้านการจัดการไฟป่า โดยสามารถใช้เป็นเครื่องชี้ทำนายอันตรายอันเกิดจากไฟป่า และช่วยในการตัดสินใจเตรียมความพร้อมในการควบคุม

Copyright by Mahidol University

ไฟป่า หรือช่วยในการชิงเผาเชื้อเพลิง อันเป็นการใช้วิทยาศาสตร์ทางด้านไฟป่า เข้ามาช่วยจัดการสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ป่าให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย เป็นอุทยานแห่งชาติที่สำคัญแห่งหนึ่งในภาคเหนือ และเป็นอุทยานแห่งชาติแห่งเดียวในประเทศไทยที่อยู่ใกล้แหล่งชุมชนมากที่สุด คือ อยู่ห่างจากตัวเมืองเชียงใหม่เพียง 5 กิโลเมตร มีสภาพธรรมชาติประกอบไปด้วยป่าไม้ สัตว์ป่า และทิวทัศน์ที่สวยงาม รวมทั้งเป็นที่ตั้งสถานที่สำคัญทางศาสนาและประวัติศาสตร์ อันเป็นที่รู้จักดีของชาวไทยและชาวต่างประเทศ คือ วัดพระบรมธาตุดอยสุเทพวรวิหาร อีกทั้งเป็นที่ตั้งของพระตำหนักภูพิงค์ราชนิเวศน์ มีเนื้อที่ประมาณ 262 ตารางกิโลเมตร ซึ่งในช่วงฤดูแล้งของทุกปีจะมีไฟป่าเกิดขึ้นเป็นประจำ จากรายงานผลการปฏิบัติงานประจำปี ของโครงการควบคุมไฟป่าภูพิงค์ กรมป่าไม้ พบว่า ในปี พ.ศ. 2537 มีไฟไหม้เกิดขึ้นรวม 216 ครั้ง พื้นที่ที่ถูกไฟไหม้ประมาณ 3,992 ไร่

ดังนั้น การศึกษาเรื่องดัชนีไฟเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อมในป่าเต็งรัง ของอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ จึงมีความสำคัญในการบริหารและจัดการสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ป่าอันเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญ ที่ทุกคนจะต้องช่วยกันดูแลรักษาให้คงอยู่สืบต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

2.1 เพื่อศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางด้านลักษณะอากาศและเชื้อเพลิง ที่มีผลต่อความรุนแรงของไฟป่า

2.2 เพื่อกำหนดระดับชั้นอันตรายของไฟและจัดทำดัชนีไฟป่าในพื้นที่ศึกษา

2.3 เพื่อหามาตรการควบคุมไฟป่าเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อมในป่าเต็งรัง

3. ขอบเขตของการศึกษา

3.1 ขอบเขตของพื้นที่ศึกษา

Copyright by Mahidol University

พื้นที่ศึกษา คือ บริเวณป่าเต็งรังในเขตอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ ที่ตั้งอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 18 องศา 43 ลิบดา ถึง 18 องศา 54 ลิบดาเหนือ และเส้นแวงที่ 101 องศา 05 ลิบดา ถึง 101 องศา 50 ลิบดาตะวันออก อยู่ห่างจากตัวเมืองเชียงใหม่ไปทางทิศตะวันตกประมาณ 5 กิโลเมตร มีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 262.50 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 164,062.50 ไร่ ครอบคลุมบริเวณพื้นที่ 4 อำเภอ คือ อำเภอเมือง อำเภอหางดง อำเภอแม่ริม และอำเภอแม่แตง โดยในการศึกษาครั้งนี้จะดำเนินการในพื้นที่อุทยานฯ ที่อยู่ในเขตอำเภอเมือง (รูปที่ 1)

3.2 ขอบเขตของวิธีการศึกษา

ศึกษาข้อมูลพื้นฐาน และปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อความรุนแรงของไฟป่า เช่น ปัจจัยทางด้านสภาพอากาศ ภูมิประเทศ และเชื้อเพลิงในพื้นที่ศึกษา โดยปัจจัยเกี่ยวกับภูมิประเทศจะกำหนดให้เป็นปัจจัยคงที่ ได้แก่ ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล ความลาดชัน และทิศด้านลาด ส่วนปัจจัยด้านสภาพอากาศได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และปัจจัยที่เกี่ยวกับลักษณะเชื้อเพลิง ได้แก่ ความชื้นของเชื้อเพลิง โดยปัจจัยทั้งสองชนิดนี้กำหนดให้เป็นปัจจัยที่ผันแปร ข้อมูลของปัจจัยต่าง ๆ ได้จากข้อมูลทุติยภูมิที่เกี่ยวข้องและการทดลองในพื้นที่ศึกษา โดยที่ค่าความรุนแรงของไฟที่ได้จากการศึกษา จะนำไปจัดทำเป็นดัชนีไฟสำหรับพื้นที่ศึกษาต่อไป

4. ผลที่คาดว่าจะได้รับ

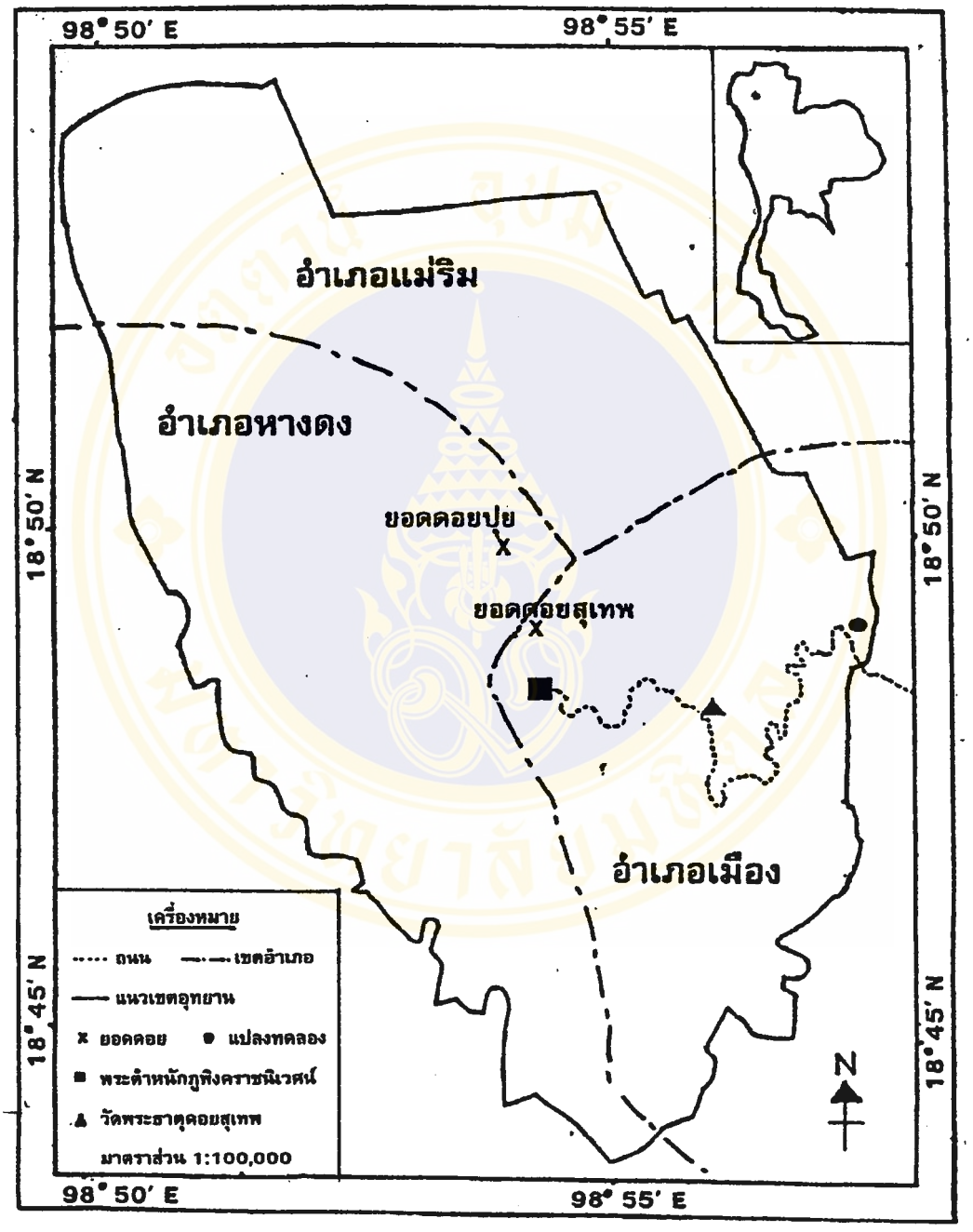
จากการศึกษาดังกล่าว คาดว่าจะได้รับผลดังนี้ คือ

4.1 ทำให้ทราบถึงปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางด้านลักษณะอากาศและเชื้อเพลิงที่มีผลต่อความรุนแรงของไฟป่า

4.2 ทำให้สามารถกำหนดระดับชั้นอันตรายของไฟและจัดทำดัชนีไฟป่าในพื้นที่ศึกษา

4.3 ทำให้สามารถหามาตรการควบคุมไฟป่าเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อมในป่าเต็งรัง

Copyright by Mahidol University



รูปที่ 1 แผนที่แสดงแนวเขตอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย บริเวณจุดศึกษา

ที่มา : Siri (1985)

Copyright by Mahidol University

5. ระยะเวลาในการศึกษา

พฤศจิกายน 2537 - พฤษภาคม 2538

Copyright by Mahidol University

บทที่ 2
การตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ไฟมีทั้งประโยชน์และโทษ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ที่จะใช้และการควบคุม ถ้าสามารถควบคุมไฟได้ ความรุนแรงน้อย ความสูงเปลวไฟต่ำ จะมีประโยชน์ กล่าวคือ ช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน ช่วยเพิ่มการงอกของเมล็ดที่มีเปลือกหุ้มแข็ง ช่วยเตรียมพื้นที่ในการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติของพันธุ์ไม้บางชนิด ช่วยลดการสะสมของเชื้อเพลิงบนพื้นที่ป่า ช่วยรักษาสภาพป่าบางชนิด ช่วยปรับปรุงที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่า ช่วยเพิ่มความหลากหลายของชนิดพืชและสัตว์ป่า นอกจากนี้ ไฟที่สามารถควบคุมได้จะมีประโยชน์ในการเตรียมพื้นที่สำหรับการปลูกสร้างสวนป่า และช่วยกำจัดวัชพืชในสวนป่า ส่วนไฟที่มีความรุนแรงมาก เปลวไฟสูง ควบคุมไม่ได้ จะมีโทษ กล่าวคือ จะเผาผลาญลูกไม้ตายหมด ต้นไม้เจริญเติบโตช้าลง ต้นไม้เกิดรอยแผลไหม้ เกิดโรคและแมลงซ้ำเติม ในที่สุดต้นไม้นั้นจะตาย พื้นที่ปราศจากพืชปกคลุม ดินสูญเสียความชื้น ปริมาณน้ำในลำธารลดลง ผิวหน้าดินถูกน้ำกัดเซาะ เกิดตะกอนในแม่น้ำลำธาร ดินพังทลาย ในฤดูแล้งน้ำในลำธารจะแห้ง ส่วนในฤดูฝนจะเกิดน้ำหลากหรือน้ำท่วม ดินสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ ทำลายถิ่นที่อยู่อาศัยและชีวิตของสัตว์ป่า ไฟทำให้เกิดควันเป็นภาวะมลพิษในอากาศ ไฟจะเผาผลาญสิ่งต่าง ๆ ทำลายความสวยงามของพื้นที่ ทำลายสิ่งก่อสร้างที่อยู่ใกล้ป่า ตลอดจนทำลายทรัพย์สินและชีวิตมนุษย์

เนื่องจากคุณและโทษของไฟป่าขึ้นกับพฤติกรรมของไฟ และความเสียหายที่เกิดจากไฟป่าอาจลดลงได้ หากเราเรียนรู้เทคนิคของการควบคุมไฟป่า โดยมีดัชนีไฟป่าเป็นเครื่องชี้แนะในการหามาตรการในการควบคุม ดังนั้น เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงความหมายและชนิดของไฟป่า สาเหตุของไฟป่า พฤติกรรมของไฟป่า ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อพฤติกรรมไฟ การจัดระดับอันตรายของไฟ ดัชนีไฟ และลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

Copyright by Mahidol University

1. ความหมายและชนิดของไฟป่า (Definition and Types of Forest Fire)

1.1 ความหมายของไฟป่า

ในเรื่องความหมายของไฟป่านี้ได้มีผู้ให้คำนิยามไว้หลายท่าน แต่ทั้งหมดก็มีความหมายคล้ายคลึงกัน กล่าวคือ U.S. Forest Service (อ้างในมนูญศักดิ์, 2530) ได้ให้คำจำกัดความไว้ในปี ค.ศ. 1956 ว่า ไฟป่า (forest fire หรือ wild fire) หมายถึง ไฟที่เผาไหม้เชื้อเพลิงธรรมชาติโดยมิได้มีการควบคุม แล้วลุกลามต่อไปอย่างเสรี เชื้อเพลิงธรรมชาติที่ถูกเผาผลาญ ได้แก่ เศษไม้ ใบไม้ ลูกไม้ หญ้า ไม้ท่อน เศษซากพืช ตอไม้ ไม้พุ่ม และต้นไม้ ในขณะที่อภินันท์และคณะ (2536) ได้ให้ความหมายไว้ว่า ไฟป่า หมายถึง ไฟที่เกิดขึ้นจากสาเหตุอันใดก็ตามในป่าธรรมชาติหรือทุ่งหญ้า หรือสวนป่า แล้วลุกลามไปอย่างเสรีโดยปราศจากการควบคุม ทั้งนี้รวมถึงไฟป่าที่เกิดจากธรรมชาติและคนจุดด้วย

1.2 ชนิดของไฟป่า

Brown และ Davis (1973) ได้จำแนกไฟป่าออกเป็น 3 ชนิดใหญ่ตามลักษณะที่เกิดของไฟตั้งแต่ผิวดินจนถึงเรือนยอดไม้ คือ

1) ไฟใต้ดิน (ground fire) คือ ไฟที่ไหม้พวกอินทรียวัตถุที่สลายตัวแล้วและที่กำลังจะสลายตัวอยู่ภายใต้เศษซากพืช บางครั้งไฟนี้ลามไหม้พวกรากไม้ด้วย มักเกิดในประเทศแถบอบอุ่น หรือที่สูงจากระดับน้ำทะเลมาก ๆ ซึ่งอากาศหนาวเย็นทำให้อัตราการย่อยสลายของอินทรียวัตถุค่อนข้างต่ำ ทำให้มีการสะสมตัวของอินทรียวัตถุเป็นชั้นหนาอยู่บนหน้าดิน ไฟชนิดนี้จะลุกลามไปช้า ๆ ใต้ผิวดินในบางครั้งยากที่จะสังเกตเห็นได้ เพราะเปลวไฟหรือแสงสว่างไม่โผล่ขึ้นมาบนดินและควันก็มีน้อยมาก ไฟชนิดนี้อาจเป็นสาเหตุของไฟชนิดอื่นต่อไปได้ และยากต่อการดำเนินการดับไฟ

2) ไฟผิวดิน (surface fire) คือ ไฟที่เผาไหม้ซากพืชที่ร่วงลงสู่พื้นป่า (litter) รวมทั้งพืชชั้นล่าง ได้แก่ เครือเถา ไม้พุ่ม และลูกไม้ ไฟชนิดนี้อาจมีการลุกลามอย่างรวดเร็วและอาจก่อให้เกิดไฟชนิดอื่นขึ้นได้ สำหรับความรุนแรงนั้น ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของพื้นป่าและลักษณะของเชื้อเพลิง

Copyright by Mahidol University

3) ไฟเรือนยอด (crown fire) คือ ไฟที่ไหม้เรือนยอดและลุกลามจากเรือนยอดหนึ่งไปสู่อีกเรือนยอดหนึ่ง โดยเฉพาะในป่าสนของเขตอบอุ่น ซึ่งไม้จำพวกนี้มียางช่วยในการลุกไหม้ได้ดี ไฟเรือนยอดมักจะรุนแรงมากยากต่อการดำเนินการดับไฟ และสามารถสร้างความเสียหายให้แก่ป่าอย่างมาก

นอกจากนี้อภินันท์และคณะ (2536) ยังได้แบ่งไฟเรือนยอดออกเป็นอีก 2 ชนิดคือ

3.1) ไฟเรือนยอดที่ต้องอาศัยไฟผิวดินเป็นสื่อ คือ ไฟป่าที่ลุกลามไปตามเรือนยอดของไม้ชั้นบน แต่ต้องอาศัยไฟที่ลุกลามไปตามพื้นป่าเป็นตัวนำเชื้อเพลิงไปสู่เรือนยอดต้นอื่นที่อยู่ใกล้เคียง ไฟชนิดนี้มักเกิดในป่าที่ต้นไม้มีเรือนยอดอยู่ห่างกัน และพื้นป่าประกอบด้วยหญ้าหรือวัชพืชอื่น ๆ ที่เป็นเชื้อเพลิงได้ดี การลุกลามจากยอดไม้ต้นหนึ่งไปสู่ยอดไม้อีกต้นหนึ่งจะต้องอาศัยการลุกลามของหญ้าหรือเชื้อเพลิงอื่นบนพื้นป่า เป็นตัวนำเปลวไฟและให้ความร้อนจนต้นไม้ที่ไฟผิวดินลุกลามไปถึงแห้งและร้อนจนถึงจุดลุกไหม้ ลักษณะไฟป่าประเภทนี้จะเห็นไฟผิวดินลุกลามไปก่อนและตามด้วยไฟเรือนยอด

3.2) ไฟเรือนยอดที่ไม่ต้องอาศัยไฟผิวดิน เกิดในป่าที่มีต้นไม้ยืนต้นที่ติดไฟได้ง่าย และมีเรือนยอดแน่นทึบติดต่อกัน เช่น ป่าสนในเขตอบอุ่น การลุกไหม้จะเป็นไปอย่างรุนแรง เรือนยอดของต้นไม้จะให้ความร้อนและจุดเพลิงให้แก่ต้นข้างเคียง ซึ่งก่อให้เกิดลุกลามไปเรื่อย ๆ ลูกไฟจากเรือนยอดจะตกลงบนพื้นดิน และลุกไหม้พื้นป่าตามไปด้วย ทำให้ป่าถูกเผาไหม้ การดับไฟทำได้โดยยากและอันตรายมาก

สำหรับในประเทศไทยไฟที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มักเป็นไฟผิวดิน ส่วนไฟใต้ดินเกิดขึ้นเป็นบางครั้งในป่าพรุทางภาคใต้ (อภินันท์และคณะ, 2536)

2. สาเหตุของไฟป่า (Causes of Forest Fire)

สาเหตุที่ทำให้เกิดไฟป่านั้น โดยทั่วไปมีอยู่ 2 สาเหตุ คือ

Copyright by Mahidol University

2.1 สาเหตุจากธรรมชาติ ไฟป่าที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติอาจเกิดได้หลายสาเหตุ เช่น จากภูเขาไฟระเบิด และจากการลุกไหม้ในตัวเองของสิ่งมีชีวิต (spontaneous combustion) (Kimmins, 1987) แต่ที่สำคัญได้แก่

1) ฟ้าผ่า (lightning) เป็นสาเหตุสำคัญในประเทศเขตอบอุ่น ซึ่งส่วนมากจะมีฟ้าผ่าลงมาในฤดูหนาวหรือฤดูแล้ง ทำให้เกิดไฟป่าไหม้ลุกลามได้

2) กิ่งไม้เสียดสีกัน (friction) อาจเกิดขึ้นได้ในป่าที่มีไม้หนาแน่นและสภาพอากาศแห้งจัด เช่น การเสียดสีกันของต้นไผ่ ฯลฯ

3) แสงสะท้อนจากดวงอาทิตย์ (reflection of sun's rays) ซึ่งอาจสะท้อนกับผลึกหินเขี้ยวหนุมานแล้วเกิดการหักเหของแสงไปรวมกันที่จุด ๆ หนึ่งของเชื้อเพลิงซึ่งอยู่ในป่า ทำให้เกิดความร้อนลุกไหม้เป็นไฟได้

2.2 สาเหตุจากคน

สาเหตุจากคน ได้แก่ คนที่เข้าไปทำกิจกรรมต่าง ๆ ในป่า หรือไปใช้เครื่องจักรกลในป่า เช่น หัวรถจักร รถแทรกเตอร์ เลื่อยยนต์ที่ใช้ในการตัดไม้ ฯลฯ ซึ่งประกายไฟ (spark) ที่เกิดจากการใช้ เมื่อไปถูกเชื้อเพลิงที่มีอยู่มากในป่า อาจทำให้กลายเป็นไฟลุกไหม้ได้

ปัจจุบันในประเทศไทย ไม่พบไฟป่าที่เกิดจากสาเหตุธรรมชาติ เช่น กิ่งไม้เสียดสีหรือฟ้าผ่า ดังนั้น ไฟป่าที่เกิดขึ้นทุกครั้งจึงเกิดจากการกระทำของคน (อภินันท์และคณะ, 2536) ทั้งทางตรงและทางอ้อม ทั้งโดยเจตนาและรู้เท่าไม่ถึงการณ์ ซึ่งสามารถแยกออกได้เป็น 3 สาเหตุใหญ่ ๆ ได้ดังนี้คือ

1) จุดโดยมีวัตถุประสงค์อย่างใดอย่างหนึ่ง

1.1) เผาไร่ เพื่อกำจัดวัชพืชและเตรียมพื้นที่เพาะปลูก โดยปราศจากการควบคุม ทำให้ไฟลุกลามเข้าป่าเกิดเป็นไฟขึ้น

Copyright by Mahidol University

1.2) ล่าสัตว์ จุดไฟให้สัตว์หนีไฟออกจากที่ซ่อนเพื่อสะดวกในการล่า สำหรับพรานล่านกจะจุดไฟเผาป่าเพื่อให้แมลงที่อยู่ในพื้นที่บินหนีไฟขึ้นสู่อากาศ นกจะพากันมาจับแมลงกิน พรานจะยิงนกอีกทอดหนึ่ง เหล่านี้เป็นต้น

1.3) เก็บหาของป่า เช่น ไข่มดแดง เห็ด ใบตองตึง ฟืน เป็นต้น

1.4) เพื่อสะดวกในการเดินผ่านป่า จุดไฟให้ป่าโล่งง่ายต่อการเดินผ่าน คนที่เดินผ่านในเวลากลางคืน มักจุดไฟเผาป่าเพื่อให้แสงสว่างง่ายต่อการเดินทาง

1.5) เลี้ยงสัตว์ มักเกิดในบริเวณเขตป่าที่ติดต่อกับหมู่บ้าน ชาวบ้านจะจุดไฟเผาป่าเพื่อให้หญ้าแตกใบอ่อน เป็นอาหารสัตว์เลี้ยง เช่น วัว ควาย เป็นต้น

1.6) ไฟที่จุดโดยคนที่เข้าไปพักแรมในป่า เช่น หุงต้มอาหาร ให้ความอบอุ่น ให้แสงสว่าง หรือไฟจากก้นบุหรี่ที่ผู้จุดปล่อยปละละเลยไม่ได้ดับเสียให้สนิท จนทำให้เกิดการลุกลามกลายเป็นไฟป่า

1.7) จุดเพื่อกลั่นแกล้ง เช่น ในกรณีชาวบ้านในพื้นที่เกิดความขัดแย้งกับหน่วยงานของราชการในท้องที่ เช่น สวนป่า อุทยานแห่งชาติ เป็นต้น ก็มักแกล้งโดยการจุดไฟเผาป่า

2) จุดโดยความคึกคะนอง

3) จุดโดยปราศจากเหตุผลใด ๆ

จากรายงานการสรุปผลการปฏิบัติงานควบคุมไฟป่า ประจำปี พ.ศ. 2537 ของส่วนจัดการไฟป่าและภัยธรรมชาติ สำนักป้องกันและปราบปราม กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ปรากฏว่า จากไฟป่าที่เกิดขึ้นทั่วประเทศทั้งหมด 4,365 ครั้ง พื้นที่เสียหาย 191,804 ไร่ ทั้งนี้โดยมีสาเหตุต่าง ๆ เรียงตามลำดับได้ดังนี้ คือ

1)	หาของป่า	1,311	ครั้ง พื้นที่เสียหาย	20,956	ไร่
2)	เผาไร่	734	ครั้ง พื้นที่เสียหาย	91,211	ไร่
3)	ล่าสัตว์	715	ครั้ง พื้นที่เสียหาย	26,218	ไร่
4)	แกล้งจุด	704	ครั้ง พื้นที่เสียหาย	26,427	ไร่
5)	ไม่ทราบสาเหตุ	204	ครั้ง พื้นที่เสียหาย	11,654	ไร่
6)	ทำไม้	190	ครั้ง พื้นที่เสียหาย	3,071	ไร่

Copyright by Mahidol University

7) เลี้ยงสัตว์	189	ครั้ง	พื้นที่เสียหาย	4,567	ไร่
8) นักท่องเที่ยว	65	ครั้ง	พื้นที่เสียหาย	1,770	ไร่
9) หน่วยราชการ	58	ครั้ง	พื้นที่เสียหาย	524	ไร่
10) บุหรี่	42	ครั้ง	พื้นที่เสียหาย	519	ไร่
11) จุดเล่น	42	ครั้ง	พื้นที่เสียหาย	477	ไร่
12) อื่น ๆ	111	ครั้ง	พื้นที่เสียหาย	4,410	ไร่

เนื่องจากสาเหตุของการเกิดไฟในประเทศไทยนั้น ส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากคนทั้งสิ้น ดังนั้น แนวทางแก้ไขปัญหาไฟป่าที่ดีที่สุด ก็คือการป้องกันไม่ให้คนไปจุดไฟเผาป่า ซึ่งในทางปฏิบัติเป็นเรื่องที่ยากมาก จึงจำเป็นจะต้องมีการดำเนินการป้องกันอย่างจริงจังและต่อเนื่องทั้งทางด้านการประชาสัมพันธ์ในรูปแบบต่าง ๆ การให้การศึกษาแก่เยาวชนและชี้แจงให้ประชาชนทั่วไป เกิดความเข้าใจและตระหนักถึงความเสียหายอันเกิดจากไฟป่า ซึ่งอาจจะส่งผลในระยะยาว แต่ทั้งนี้เมื่อเกิดไฟป่าขึ้นก็จำเป็นต้องมีการเข้าไปดับ เพื่อไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อทรัพยากรป่าไม้และสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ มากขึ้น การศึกษาวิจัยเรื่องไฟป่าในด้านต่าง ๆ เช่น อิทธิพลของไฟป่า พฤติกรรมของไฟป่า การจัดทำดัชนีไฟป่า ทัศนคติของประชาชนต่อปัญหาไฟป่า ฯลฯ จึงเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการนำข้อมูลเหล่านี้มากำหนด และปรับปรุงแผนงานควบคุมไฟป่าให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

3. พฤติกรรมของไฟ (Fire Behavior)

ไฟ (fire) เป็นปรากฏการณ์ทางพิสิกส์ซึ่งเกิดจากการรวมตัวของออกซิเจนกับสสารอย่างรวดเร็ว และมีความร้อน แสง และมีเปลวไฟ (flame) ให้เห็น ธรรมชาติของไฟป่าเป็นขบวนการทางเคมี มีปฏิกิริยากลับกันกับขบวนการสังเคราะห์แสง (photosynthesis process) ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการทางเคมี ได้ดังนี้คือ

Photosynthesis (การสังเคราะห์แสง)

$$CO_2 + H_2O + \text{solar energy} \longrightarrow (C_6H_{10}O_5)_n + 0$$

Copyright by Mahidol University

Combustion (การเผาไหม้หรือการสันดาป)

$(C_6H_{10}O_5)_n + O + \text{kindling temperature} \longrightarrow CO_2 + H_2O + \text{heat}$

ในขบวนการสังเคราะห์แสงมีการสะสมพลังงานเป็นไปอย่างช้า ๆ ส่วนการเผาไหม้พลังงานจะถูกปลดปล่อยอย่างรวดเร็ว

ดังนั้น การเกิดไฟสามารถเขียนสัญลักษณ์เป็นสามเหลี่ยมไฟได้ดังรูปที่ 2 ถ้าขาดด้านใดด้านหนึ่งไฟก็จะไม่เกิดขึ้น ซึ่งความรู้นี้สามารถนำไปกำหนดวิธีการป้องกันไฟ และการดับไฟต่อไป

รูปที่ 2 สามเหลี่ยมไฟ
ที่มา: สันต์, 2535

เมื่อเกิดไฟขึ้นในที่หนึ่ง ๆ อัตราการลุกลามของไฟจะเร็วที่สุด ส่งเปลวไฟยาวที่สุด และความรุนแรงของไฟจะมากที่สุดในทิศทางที่ลมพัด ส่วนของไฟด้านเหนือลม เรียกว่า หัวไฟ (head) และลุกลามอย่างรวดเร็วไปตามทิศทางลม เรียกว่าไฟลามด้านหัว (heading fire) ในขณะเดียวกันส่วนที่ลุกลามอย่างช้า ๆ เรียกว่า ไฟลามด้านหาง (backing fire) และตรงขอบของ backing fire เรียกว่า หางไฟ (back) เปลวของไฟลามด้านหางจะต่ำกว่าของไฟลามด้านหัว ส่วนด้านข้างของไฟ เรียกว่า ข้างไฟ (flank) ไฟที่ลุกลามด้านข้างเรียกว่า ไฟลามข้าง (flanking fire) ในที่ลาดชันพฤติกรรมของไฟจะมีลักษณะเหมือนพฤติกรรมของไฟในที่มีลมพัด คล่าวคือ หัวไฟจะอยู่ที่ลาดชันด้านบน หางไฟจะอยู่ที่ลาดชันด้านล่าง ส่วนข้างไฟจะลุกลามไปตามแนวขอบเขา (contour line)

Copyright by Mahidol University

ส่วนสิ่งแวดล้อมของไฟ (fire environmental) ประกอบด้วย ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับเชื้อเพลิง (fuel) สภาพภูมิประเทศ (topography) และอากาศ (weather) ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีอิทธิพลต่อการติดไฟ (ignition) การขยายการลุกลามของไฟ (growth) และพฤติกรรมของไฟ ความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันระหว่างปัจจัยดังคล่าว รวมทั้งปัจจัยของไฟเองเป็นตัวกำหนดพฤติกรรมและลักษณะของไฟในแต่ละพื้นที่และเวลา

สำหรับพฤติกรรมของไฟนั้น หมายถึง เมื่อไฟเกิดขึ้นแล้วมีอัตราการลุกลาม (rate of fire spread) เร็วขนาดไหน พลังงานความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงถูกปลดปล่อยออกมาเท่าไร หรือที่เรียกว่า มีความรุนแรงของไฟ (fire intensity) มากน้อยเท่าใด และมีความยาวของเปลวไฟ (flame length) ขนาดไหน และถ้ามีปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ เช่น ความเร็วลม ความลาดชันของพื้นที่ช่วยส่งเสริมด้วย พฤติกรรมของไฟจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร เป็นต้น (สันต์, 2535) ซึ่งไฟและสิ่งแวดล้อมของไฟจะเป็นตัวควบคุมพฤติกรรมของไฟ

โดยทั่วไปสิ่งที่ใช้แสดงถึงพฤติกรรมของไฟที่นิยมมากที่สุด คือ อัตราการลุกลามของไฟ ความรุนแรงของไฟ และความยาวของเปลวไฟ อัตราการลุกลามของไฟ คือ ความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าของไฟ ซึ่งบริเวณหัวไฟ หลังไฟ และข้างไฟ จะมีความเร็วแตกต่างกัน ดังนั้นในการคาดคะเนอัตราการลุกลามของไฟจำเป็นจะต้องบอกด้วยว่าเป็นของส่วนใด อัตราการลุกลามของไฟนี้สามารถวัดได้เป็นระยะทางต่อเวลา (rate of lineal advance) และเป็นพื้นที่ต่อหน่วยเวลา (rate of area growth) อัตราการลุกลามของไฟจะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของเชื้อเพลิง ซึ่งมีผลต่อความชื้นของเชื้อเพลิง ไฟที่เผาไหม้ทุ่งหญ้าจะมีอัตราการลุกลามของไฟมากกว่าในป่าที่มีพืชอยู่อย่างหนาแน่นภายใต้สภาพการณ์เดียวกัน แต่ไฟในป่าจะกินเวลานานกว่า เพราะเป็นการยากที่ไฟจะไหม้ผ่านพวกไม้หรือเศษพืชที่หนาแน่นได้

ความรุนแรงของไฟ เป็นการวัดอัตราการปลดปล่อยพลังงานของเชื้อเพลิงที่ถูกไฟไหม้ ความรุนแรงของไฟหนึ่ง ๆ จะผันแปรไปตามปริมาณเชื้อเพลิง ความชื้น และโครงสร้างของเชื้อเพลิง ในสังคมพืชใดที่มีชั้นไม้แยกห่างกันมาก ไฟอาจไหม้เฉพาะที่ผิวดิน แต่ถ้าหากมีเชื้อเพลิงต่อเนื่องกันในแนวดิ่ง ไฟที่เกิดขึ้นอาจมีความรุนแรงกว่า ในการที่จะบอกว่าไฟที่เกิดขึ้นครั้งหนึ่ง ๆ มีความรุนแรงเท่าใดสามารถทราบได้หลายวิธี ได้แก่ โดยการสังเกตอิทธิพลของไฟที่มีต่อพืชหรือดิน การวัดอุณหภูมิของอากาศ และการคำนวณค่าความรุนแรงของไฟจากสูตรสำเร็จของ Byram ในปี ค.ศ. 1959 หรือ Rothermel ในปี ค.ศ. 1972 แต่ที่นิยมวัดกันมาก ได้แก่ ความ

Copyright by Mahidol University

รุนแรงของแนวไฟ (fireline intensity) Byram ปี ค.ศ. 1959 ซึ่งเป็นการวัดอัตราการปลดปล่อยพลังงานต่อหน่วยระยะทางของการลุกลามของหัวไฟ (Btu/ft/sec หรือ kw/m) และความรุนแรงของปฏิกิริยาย้อนกลับของไฟ (fire reaction intensity) Rothermel ปี ค.ศ. 1972 เป็นอัตราพลังงานที่ถูกปลดปล่อยต่อหน่วยพื้นที่ที่ถูกไฟไหม้ (Btu /ft^2/sec or kj/m^2/min) (สันต์, 2535)

ส่วนความยาวของเปลวไฟ คือ ระยะจากยอดของเปลวไฟถึงกึ่งกลางฐานของเปลวไฟซึ่งติดกับผิวของเชื้อเพลิง มีหน่วยเป็นฟุตหรือเมตร ความยาวของเปลวไฟสามารถใช้เป็นดัชนีอย่างหยาบ ในการประมาณความกว้างของแนวกันไฟที่จะสกัดกั้นไฟที่มีความรุนแรงระดับหนึ่งระดับใดได้ (Brown and Davis, 1973)

การศึกษาเรื่องพฤติกรรมไฟนั้น ในต่างประเทศในปี ค.ศ. 1968 Wagner ได้มีการศึกษาไฟในสวนป่าสน red pine ในแคนาดา พบว่า ไฟจะลุกลามในอัตรา 0.4-0.6 ซม./วินาที และมีความรุนแรงอยู่ในช่วง 87.8-22,472 กิโลวัตต์/เมตร ของหน้าไฟ ส่วนในปี ค.ศ. 1974 Norum ได้พบความสัมพันธ์ระหว่างความรุนแรงของแนวไฟกับความสูงของควันซึ่งมีความสำคัญสามารถนำไปใช้ในการควบคุมควันและมลภาวะที่เกิดจากการเผาตามกำหนด (มนูญศักดิ์, 2530)

สำหรับการศึกษาเรื่องพฤติกรรมไฟป่าในประเทศไทย ได้มีการดำเนินการไปแล้วในหลายพื้นที่ ทั้งนี้เนื่องจากไฟป่าที่เกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่ แต่ละสภาพป่าจะแสดงพฤติกรรมที่แตกต่างกันออกไป จากการศึกษาในพื้นที่ทุ่งหญ้าของดอยอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า อัตราการลุกลามของไฟมีค่าเท่ากับ 6.67 เมตร/วินาที ความรุนแรงของไฟมีค่าเท่ากับ 38,627.83 กิโลวัตต์/เมตร และความยาวของเปลวไฟประมาณ 10 เมตร (สิริรัตน์, 2528) ส่วนการศึกษาของสุระ (2529) เกี่ยวกับพฤติกรรมของไฟในทุ่งหญ้า อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา พบว่า มีอัตราการลุกลามของไฟเฉลี่ยเท่ากับ 0.16 เมตร/วินาที ความรุนแรงของไฟเท่ากับ 5,258.16 กิโลวัตต์/เมตร และความยาวของเปลวไฟประมาณ 3.9 เมตร นอกจากนี้ ศิริ (2534) ยังได้ศึกษาพฤติกรรมของไฟในทุ่งหญ้า จังหวัดสระบุรี พบว่า มีอัตราการลุกลามของไฟเฉลี่ยเท่ากับ 8.29 เมตร/นาที ความรุนแรงของไฟเฉลี่ยเท่ากับ 2,165.8 กิโลวัตต์/เมตร และความยาวของเปลวไฟประมาณ 5.7 เมตร ซึ่งจะเห็นได้ว่าไฟป่าในทุ่งหญ้าที่ดอยอ่างขาง มีความรุนแรงกว่าที่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่และที่จังหวัดสระบุรีมาก ทั้งนี้เนื่องมาจาก สภาพภูมิประเทศของดอยอ่างขางเป็นที่ลาดชันกว่า และปริมาณความหนาแน่นของเชื้อเพลิงมีมากกว่า ตลอดจนมีปริมาณความชื้นของเชื้อเพลิงน้อยกว่า

Copyright by Mahidol University

ในกรณีของป่าธรรมชาติ ได้มีการศึกษาพฤติกรรมไฟเกี่ยวกับรูปแบบและอัตราการลุกลามของไฟในอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ไฟในป่าเบญจพรรณจะมีอัตราการลุกลามของแนวหัวไฟเฉลี่ยตลอดฤดูไฟป่าเท่ากับ 3.41 เมตร/นาที นอกจากนี้ยังพบว่าแนวหัวไฟจะมีอัตราการลุกลามรวดเร็วกว่าปีกไฟ และหางไฟมาก คือ หัวไฟมีอัตราการลุกลามเป็น 7.45 เท่าและ 8.72 เท่าของแนวปีกไฟและหางไฟตามลำดับ ส่วนแนวปีกไฟจะมีอัตราการลุกลามรวดเร็วกว่าหางไฟเพียงเล็กน้อย คือ มีอัตราการลุกลามเป็น 1.25 เท่าของหางไฟ (ศิริ, 2531) สำหรับการศึกษาในป่าเต็งรังในพื้นที่เดียวกันนี้ พบว่า อัตราการลุกลามเฉลี่ยของหัวไฟตลอดฤดูไฟป่าเท่ากับ 2.81 เมตร/นาที และยังพบอีกว่า แนวหัวไฟจะมีอัตราการลุกลามรวดเร็วกว่าปีกไฟ 4.9 เท่า และ รวดเร็วกว่าหางไฟ 7.5 เท่า ส่วนแนวปีกไฟจะมีอัตราการลุกลามรวดเร็วกว่าหางไฟเพียงเล็กน้อยคือ เป็น 1.5 เท่าของหางไฟ (ศิริ, 2532) ซึ่งพอสรุปได้ว่า ความรุนแรงของไฟในป่าเต็งรังและป่าเบญจพรรณในอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุยนั้นใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ ไฟในสภาพป่าทั้งสองอย่างนี้ยังแสดงพฤติกรรมที่คล้ายคลึงกันอีกด้วย กล่าวคือ อัตราการลุกลามของไฟจะมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อย ๆ จากเดือนมกราคม และถึงจุดสูงสุดในเดือนมีนาคม จากนั้นอัตราการลุกลามจะเริ่มลดลงในเดือนเมษายน โดยอัตราการลุกลามของไฟจะเพิ่มขึ้นเมื่อความลาดชันของพื้นที่เพิ่มขึ้น

ส่วนการศึกษาพฤติกรรมของไฟในป่าเต็งรังสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา ของมนูญศักดิ์ (2530) พบว่า มีอัตราการลุกลามของไฟเท่ากับ 4.46 เมตร/นาที ความยาวของเปลวไฟเท่ากับ 2.47 เมตร ความรุนแรงของไฟเท่ากับ 194.13 กิโลวัตต์/เมตร และยังพบอีกว่าผลการคาดคะเนอัตราการลุกลามของไฟและความรุนแรงของไฟตามวิธีของ Rothermel มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการทดลองเผาตามวิธีของ Byram ส่วนการศึกษาในพื้นที่เดียวกันของสุรเด่น (2532) พบว่าความรุนแรงของไฟมีค่าเท่ากับ 266.03 กิโลวัตต์/เมตร

นอกจากนี้ การศึกษาพฤติกรรมของไฟในเรื่องเกี่ยวกับรูปแบบและอัตราการลุกลามของไฟในป่าเต็งรังยังได้มีการดำเนินการไปแล้วในอีกหลายพื้นที่ สุรพจน์ และพิชิต (2531) พบว่าพฤติกรรมของไฟในป่าเต็งรังของอำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงรายนั้นคล้ายคลึงกับที่เชียงใหม่ คือ มีอัตราการลุกลามเฉลี่ยตลอดฤดูไฟป่าเท่ากับ 3.05 เมตร/นาที ส่วนในป่าเต็งรังของอำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี ก็ได้อัตราการลุกลามของไฟใกล้เคียงกัน คือ 3.09 เมตร/นาที (ณรงค์ชัย, 2531)

Copyright by Mahidol University

4. ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมของไฟ

(Environmental Factors Affecting Fire Behavior)

การศึกษาพฤติกรรมของไฟในสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติเริ่มเมื่อประมาณ 60 ปีมาแล้ว และมีการศึกษาอย่างต่อเนื่องตลอดมาโดย Curry และ Fons ในปี ค.ศ. 1940 นักวิจัยทางด้านไฟป่าทั้งหลายพยายามที่จะหาตัวแปรต่างๆ ที่สามารถวัดได้ที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมของไฟ เพื่อปรับปรุงการควบคุมไฟ ต่อมาในปี ค.ศ. 1946 Fons ได้ศึกษาไฟโดยการสร้างแหล่งเชื้อเพลิง (fuel bed) ขึ้นมาภายใต้การควบคุมสภาพแวดล้อม เพื่อที่จะหาปัจจัยทางกายภาพที่มีผลต่อพฤติกรรมของไฟ โดยแหล่งเชื้อเพลิงแบบจำลอง (model) ที่สร้างขึ้นคำนึงถึงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการลุกลามกับตัวแปรพื้นฐานที่สามารถวัดได้ เช่น ความเร็วลม ปริมาณความชื้น เวลา และความลาดชัน นอกจากนี้ ยังคำนึงถึงความสำคัญของความอัดแน่นของแหล่งเชื้อเพลิง (fuel compactness) ขนาดของอนุภาคเชื้อเพลิง (fuel particle size) ความหนาแน่น (density) และอุณหภูมิของเชื้อเพลิง (fuel temperature) โดยจากผลการศึกษาของ Anderson ในปี ค.ศ. 1964 และ Anderson and Rothermel ในปี ค.ศ. 1965 กล่าวว่า อัตราการลุกลามของไฟจะผันแปรโดยตรงกับความเร็วลม (wind velocity) และปริมาณเชื้อเพลิง (fuel loading) ในทางตรงกันข้ามจะแปรผันกลับกับความชื้นของเชื้อเพลิง ขนาดอนุภาคเชื้อเพลิง และความหนาแน่นรวมของแหล่งเชื้อเพลิง (มนูญศักดิ์, 2530)

แบบจำลองพฤติกรรมของไฟ (fire behavior model) ที่สำคัญ แบบแรกใช้สูตรทางคณิตศาสตร์เพื่อคำนวณหาอัตราการลุกลามของไฟในป่าคือ แบบจำลองของ Fons ในปี ค.ศ. 1964 ซึ่งอธิบายการเกิดเปลวไฟว่า เป็นผลจากการติดไฟอย่างต่อเนื่องของเชื้อเพลิง ระยะเวลาที่อนุภาคของเชื้อเพลิง และระยะห่างระหว่างเชื้อเพลิงจะควบคุมอัตราการลุกลามของไฟ ต่อมาในปี ค.ศ. 1966 Byram และคณะ ได้สร้างฟังค์ชั่นของความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมของไฟกับตัวแปรของสภาพแวดล้อมของไฟ และรายงานว่าไฟที่เผาไหม้ตามลม การแผ่รังสีของเปลวไฟไปสู่เชื้อเพลิงจะน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับการที่เปลวไฟได้สัมผัสโดยตรง และการแผ่รังสีของเปลวไฟจะเพิ่มขึ้นเมื่อความรุนแรงของไฟมากขึ้น (มนูญศักดิ์, 2530)

Copyright by Mahidol University

4.1 คุณสมบัติของเชื้อเพลิง (Fuel Properties)

จากการศึกษาของสุระ (2529) กล่าวว่า คุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่มีผลต่อพฤติกรรมของไฟประกอบด้วย

1) คุณสมบัติของอนุภาคเชื้อเพลิง (properties of fuel particles)

1.1) ขนาดของอนุภาค (particle size) ขนาดของอนุภาคจะมีผลเกี่ยวกับปริมาณความร้อนที่อนุภาคได้รับ ความเร็วช้าของการถ่ายเทความร้อน ขนาดของอนุภาคนั้นเกี่ยวข้องกับอัตราการลุกลามของไฟและความรุนแรงของไฟ

1.2) ความหนาแน่นของอนุภาค (particle density) คือ มวลต่อปริมาตรซึ่งอุณหภูมิหนึ่ง ๆ ความร้อนจะถ่ายเทจากอนุภาคที่มีความหนาแน่นมากกว่าไปยังอนุภาคที่มีความหนาแน่นน้อยกว่า และการศึกษาของ Fons ในปี ค.ศ. 1946 พบว่า อัตราการลุกลามจะเป็นสัดส่วนกลับกับความหนาแน่นของอนุภาค

1.3) การนำความร้อน (thermal conductivity) คือ ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทต่อหน่วยเวลา และต่ออุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง ซึ่งในปี ค.ศ. 1925 Byram et al. และปี ค.ศ. 1962 Fons et al. พบว่า การนำความร้อนจะสัมพันธ์เป็นส่วนกลับกับความถ่วงจำเพาะ โดยเมื่อความถ่วงจำเพาะของเชื้อเพลิงลดลง อัตราการลุกลามของไฟจะเร็วขึ้น

1.4) ส่วนประกอบทางเคมี (chemical composition) ที่สำคัญ คือ สารสกัดอีเธอร์ ซึ่งจะมีผลต่อเวลาที่ใช้ในการติดไฟและการเผาไหม้

1.5) ปริมาณความร้อน (heat value) นั้น Byram et al. กล่าวในปี ค.ศ. 1952 ว่าหมายถึง ปริมาณความร้อนที่ถูกปลดปล่อยออกมาเมื่อไม้ถูกเผาไหม้ในบรรยากาศของออกซิเจนที่มีอุณหภูมิสูง ๆ และจากการศึกษาของ Philpot ในปี ค.ศ. 1969 พบว่า ปริมาณความร้อนของเชื้อเพลิงจะผันแปรขึ้นกับส่วนประกอบของเชื้อเพลิง ปริมาณความร้อนจะมีส่วนช่วยในการประมาณความรุนแรงของการเผาไหม้และอัตราการลุกลาม

2) คุณสมบัติของแหล่งเชื้อเพลิง (properties of fuel beds)

แหล่งเชื้อเพลิงประกอบด้วยอนุภาคของเชื้อเพลิงหลาย ๆ อย่างรวมกัน แต่ละอย่างจะมีลักษณะเฉพาะตัว ซึ่งใช้ในการประเมินพฤติกรรมการเผาไหม้ของแหล่งเชื้อเพลิงทั้งหมด ซึ่งส่วนสำคัญของแหล่งเชื้อเพลิงที่ใช้ในการพิจารณาพฤติกรรมของไฟ คือ

Copyright by Mahidol University

2.1) น้ำหนักเชื้อเพลิงต่อหน่วยพื้นที่ (fuel loading) จะมีผลต่อความรุนแรงของไฟและอัตราการลุกลามของไฟ ถ้าให้อัตราการลุกลามของไฟและความร้อนสุทธิคงที่ ความรุนแรงของไฟป่าจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณของเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้ (Brown and Davis, 1973) และในทุ่งหญ้าธรรมชาติเมื่อน้ำหนักเชื้อเพลิงต่อหน่วยพื้นที่ลดลง จะทำให้อัตราการลุกลามของไฟ และความยาวของเปลวไฟลดลงด้วย เชื้อเพลิงที่มีขนาดเล็กจะลุกไหม้อย่างรวดเร็ว และเชื้อเพลิงที่มีขนาดใหญ่กว่าจะเกิดการเผาไหม้นานกว่าและมีความรุนแรงมากกว่า

2.2) ความสูงของเชื้อเพลิง (fuel bed depth) จะมีอิทธิพลต่อความหนาแน่นของเชื้อเพลิง (fuel compactness) การเพิ่มความสูงของเชื้อเพลิงจะเกี่ยวข้องกับการเพิ่มของน้ำหนักเชื้อเพลิงต่อหน่วยเนื้อที่ ฉะนั้น ความสูงของเชื้อเพลิง ความหนาแน่นรวมของแหล่งเชื้อเพลิง และอัตราการลุกลามสามารถใช้ประมาณความยาวของเปลวไฟได้

2.3) ความต่อเนื่องของเชื้อเพลิง (fuel continuity) ใช้ในการอธิบายการกระจายของเชื้อเพลิงในแนวนอนและแนวดิ่ง และขึ้นกับขอบเขตการลุกไหม้ของไฟเอง

3) ความชื้นของเชื้อเพลิง (fuel moisture) มีอิทธิพลต่อการติดไฟและการลุกลามของไฟ เมื่อเชื้อเพลิงมีปริมาณความชื้นมากจะติดไฟยากและเผาไหม้ไม่ดี จากการศึกษาของ Rothermel ในปี ค.ศ. 1972 พบว่า ในที่แห้งแล้งเชื้อเพลิงจะมีความชื้นระหว่างร้อยละ 1.5-30 ความชื้นที่ทำให้ไม่ติดไฟของเชื้อเพลิงที่ตายแล้ว เป็นปัจจัยสำคัญในการใช้เป็นตัวแปรในการประเมินพฤติกรรมของไฟ แต่ค่าความชื้นดังกล่าวมักไม่เกินร้อยละ 30 ของน้ำหนักเชื้อเพลิงแห้ง

เชื้อเพลิงแห้งขนาดเล็กจะติดไฟง่ายและลุกลามเร็ว ส่วนเชื้อเพลิงสดจะติดไฟยากเนื่องจากน้ำมีความจุความร้อนสูง (high heat capacity) การทำให้น้ำมีอุณหภูมิขึ้น 1 องศาฟาเรนไฮต์ จะต้องใช้ความร้อนมากเป็น 4 เท่า ของความร้อนที่ทำให้ไม้มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาฟาเรนไฮต์ เชื้อเพลิงจะมีความชื้นน้อยในช่วงฤดูแล้ง และจะมีความชื้นมากที่สุด ในช่วงฤดูการเจริญเติบโต (ฤดูฝน) เชื้อเพลิงขนาดเล็กที่ตายแล้วจะติดไฟเมื่อความชื้นประมาณร้อยละ 15-20 ส่วนเชื้อเพลิงขนาดใหญ่จะติดไฟดีเมื่อมีความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 20 อย่างไรก็ตาม ต้นไม้ที่มีชีวิตอยู่จะมีน้ำมากภายในเนื้อเยื่อ ดังนั้น ความชื้นของเชื้อเพลิงอาจสูงถึงร้อยละ 150-300 พรรณไม้เหล่านี้ก็ยังคงติดไฟได้ภายใต้สภาวะอากาศที่เหมาะสม และใบไม้บางชนิดจะติดไฟดีถึงแม้ความชื้นจะเกินร้อยละ 100

Copyright by Mahidol University

ตามกฎของพฤติกรรมไฟเกี่ยวกับความชื้นของเชื้อเพลิง ได้ระบุไว้ว่า ถ้าความชื้นของเชื้อเพลิงน้อยกว่าร้อยละ 5 การลุกลามของไฟในเชื้อเพลิงขนาดเล็กและขนาดใหญ่จะมีอัตราการลุกลามเท่ากัน ถ้าความชื้นของเชื้อเพลิงอยู่ระหว่างร้อยละ 5-10 อัตราการลุกลามของไฟในเชื้อเพลิงขนาดเล็กจะเร็วกว่าในเชื้อเพลิงขนาดใหญ่ ส่วนความชื้นของเชื้อเพลิงระหว่างร้อยละ 10-15 ไฟในเชื้อเพลิงขนาดเล็กและขนาดใหญ่จะมีอัตราการลุกลามเท่ากัน ถ้าความชื้นของเชื้อเพลิงเกินร้อยละ 15 เชื้อเพลิงขนาดเล็กจะถูกเผาไหม้หมดไปก่อน

จากการศึกษาของ ศิริ และสานิตย์ (2535) เรื่องลักษณะเชื้อเพลิงในป่าเต็งรัง พื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ ในระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงพฤษภาคม อันเป็นช่วงฤดูไฟป่า พบว่า ปริมาณเชื้อเพลิงเฉลี่ยตลอดฤดูไฟป่าเท่ากับ 5,190 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ เมื่อแยกตามประเภทของเชื้อเพลิง ปรากฏว่า ใบไม้มีปริมาณมากที่สุด คือ 1,980 กิโลกรัม ถัดลงมาได้แก่ หญ้า ไม้พื้นล่าง และกิ่งก้านไม้แห้ง ซึ่งมีปริมาณ 1,480 , 1,070 และ 660 กิโลกรัม ตามลำดับ ทั้งนี้มีปริมาณการสะสมของเชื้อเพลิงมากที่สุดในช่วงเดือนมีนาคมถึงเมษายน และปริมาณเชื้อเพลิงแต่ละประเภทจะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดช่วงฤดูไฟป่า ยกเว้น เชื้อเพลิงประเภทกิ่งก้านไม้แห้งจะมีปริมาณค่อนข้างคงที่ตลอดฤดูไฟป่า

ความต่อเนื่องของเชื้อเพลิง เชื้อเพลิงมีความต่อเนื่องโดยเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 89 ของพื้นที่ เมื่อแยกตามประเภทของเชื้อเพลิง ปรากฏว่า ใบไม้มีความต่อเนื่องเชื้อเพลิงมากที่สุด คือ ร้อยละ 43 ถัดลงมา ได้แก่ หญ้า ไม้พื้นล่าง และกิ่งก้านไม้แห้ง ซึ่งมีความต่อเนื่องร้อยละ 31, 23 และ 8 ตามลำดับ ทั้งนี้ เชื้อเพลิงจะมีความต่อเนื่องเต็มพื้นที่ในช่วงเดือนมีนาคมถึงเมษายน และความต่อเนื่องของเชื้อเพลิงแต่ละประเภท จะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดช่วงฤดูไฟป่า ยกเว้นเชื้อเพลิงประเภทกิ่งก้านไม้แห้ง ซึ่งร้อยละของการต่อเนื่องไม่มีการเปลี่ยนแปลงในช่วงฤดูไฟป่า

ความชื้นของเชื้อเพลิง และความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของเชื้อเพลิงกับความชื้นสัมพัทธ์ เชื้อเพลิงมีความชื้นเฉลี่ยตลอดฤดูไฟป่าเท่ากับร้อยละ 19 โดยจะมีความชื้นต่ำสุด คือ ร้อยละ 5 ในช่วงเดือนเมษายน และจะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดฤดูไฟป่า โดยมีความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของเชื้อเพลิง โดยมีอิทธิพลต่อความชื้นของเชื้อเพลิงถึงร้อยละ 54

Copyright by Mahidol University

4.2 อากาศ (Weather)

อากาศเป็นปัจจัยที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา และเป็นตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อพฤติกรรมของไฟ ซึ่งก็ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม

1) อุณหภูมิของอากาศ (air temperature) เป็นตัวแปรที่สำคัญมีผลต่อพฤติกรรมของไฟ กล่าวคือ ทำให้เชื้อเพลิงติดไฟง่ายและเพิ่มอัตราการเผาไหม้ โดยการศึกษาของ Fonsใน ค.ศ. 1946 (อ้างในสันต์และคณะ, 2534) พบว่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นทุก 28 องศาเซลเซียส อัตราการลุกลามของไฟจะเพิ่มขึ้นร้อยละ 30

แสงอาทิตย์มีผลต่ออุณหภูมิของเชื้อเพลิง แหล่งเชื้อเพลิงที่ได้รับแสงร้อนแรงมากจากดวงอาทิตย์ เชื้อเพลิงจะมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศข้างเคียง ในช่วงสายจนถึงช่วงบ่ายของวัน ความร้อนที่ผิวดินจะสูง ในเวลานี้เชื้อเพลิงขนาดเล็กจะติดไฟได้ดีที่สุด ส่วนในช่วงอื่น ๆ เชื้อเพลิงมีความชื้นมากขึ้น จะทำให้อัตราการลุกลามและความรุนแรงของไฟลดลง

2) ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) คือ ปริมาณไอน้ำในอากาศจริง ๆ ต่อปริมาณน้ำในอากาศที่อิ่มตัว ณ อุณหภูมิและความดันขณะนั้น มีหน่วยเป็นร้อยละ ความชื้นสัมพัทธ์มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ปริมาณไอน้ำในอากาศจะเพิ่มขึ้นและความชื้นสัมพัทธ์จะลดลง ความชื้นสัมพัทธ์จะเพิ่มขึ้นหรือลดลง 2 เท่า เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงทุก 11 องศาเซลเซียส กล่าวคือ ความชื้นสัมพัทธ์จะเพิ่มขึ้น 2 เท่าของความชื้นสัมพัทธ์เดิม เมื่ออุณหภูมิลดลง 1 องศาเซลเซียส (Brown and David, 1973) ถ้าอุณหภูมิสูง ความชื้นสัมพัทธ์จะลดลง เป็นผลให้เชื้อเพลิงสูญเสียความชื้น และเมื่อเชื้อเพลิงแห้งจะติดไฟได้ง่าย ไฟจะลุกลามอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เชื้อเพลิงแห้งขนาดเล็กจะมีความชื้นเปลี่ยนแปลงไปตามความชื้นสัมพัทธ์ ความชื้นสัมพัทธ์จะสูงสุดในเวลาเช้าก่อนดวงอาทิตย์ขึ้นเล็กน้อย (ประมาณ 6.00 น.) และจะมีค่าต่ำสุดในเวลาบ่าย (ประมาณ 14.00 น.) เมื่อความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับร้อยละ 100 ฝนจะตกทำให้เชื้อเพลิงทุกขนาดมีความชื้นเพิ่มขึ้นซึ่งยากแก่การติดไฟ

3) ลม (wind) คือ อากาศที่เคลื่อนที่ ผลของลมที่มีต่อพฤติกรรมของไฟขึ้นอยู่กับความเร็วและทิศทาง เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้นการลุกลามของไฟด้านหน้าก็เพิ่มขึ้น ความรุนแรงของไฟจะเพิ่มขึ้น เมื่อความเร็วลมพัดไปในทิศทางเดียวกันกับการลุกลามของไฟ แต่จะได้รับ

Copyright by Mahidol University

อิทธิพลน้อยหากลมพัดสวนทิศทางการลุกลาม การเคลื่อนที่ของลมมีความสำคัญ 2 ประการ คือ ประการแรก เป็นการเพิ่มปริมาณออกซิเจนให้แก่เชื้อเพลิงที่กำลังเผาไหม้โดยตรง และประการที่สอง ลมที่พัดแรงจะทำให้อัตราการลุกลามเพิ่มขึ้น เนื่องจาก เปลวไฟจะถูกพัดเข้าใกล้เชื้อเพลิงใหม่มากขึ้น นอกจากนี้ ลมยังเปลี่ยนทิศทางการลุกลามของไฟ ทำให้ไฟมีพฤติกรรมที่ไม่แน่นอน โดยเฉพาะลมหมุน (eddies) และลมปั่นป่วน (turbulence) ที่พัดแปรปรวนในหุบเขาและใกล้สันเขา ถ้าลมเกิดจากการเคลื่อนที่ของลิ่มอากาศ จะทำให้ทิศทางการลุกลามของไฟเปลี่ยนไป 120 องศา

ตามกฎพฤติกรรมของไฟเกี่ยวกับลมระบุว่า ถ้าไฟไหม้ในแหล่งเชื้อเพลิงที่เป็นซากพืชที่ร่วงหล่นจัดเรียงตัวอย่างไม่อัดแน่น อัตราการลุกลามของไฟจะเพิ่มขึ้น 2 เท่าทุกความเร็วลมที่เพิ่มขึ้น 4 เมตรต่อวินาที แต่อัตราการลุกลามของไฟจะเพิ่มขึ้นมากกว่านี้ ถ้าแหล่งเชื้อเพลิงนั้นเป็นพวกหญ้าแห้งและลมพัดแรง

จากการศึกษาของศิริ (2534) เกี่ยวกับพฤติกรรมของไฟในทุ่งหญ้า จังหวัดสระบุรี พบว่า ความชื้นสัมพัทธ์และความชื้นของเชื้อเพลิง มีอิทธิพลต่อความรุนแรงของไฟถึงร้อยละ 97 ส่วนการศึกษาของศุภรัตน์ (2535) เกี่ยวกับความสัมพันธ์ของความชื้นในเชื้อเพลิงกับสภาพอากาศในท้องถิ่น บริเวณป่าแต้งรัง อุทยานแห่งชาติภูพาน จังหวัดสกลนคร พบว่า ปัจจัยสภาพอากาศที่มีอิทธิพลมากที่สุด และมีความสัมพันธ์ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งต่อปริมาณความชื้นในเชื้อเพลิง คือความชื้นสัมพัทธ์ โดยมีอิทธิพลต่อปริมาณความชื้นในเชื้อเพลิงรวม ซึ่งได้แก่หญ้า เศษไม้ ใบไม้ และไม้พื้นล่าง เท่ากับร้อยละ 89, 63, 44 และ 28 ตามลำดับ

4.3 สภาพภูมิประเทศ (Topography)

สภาพภูมิประเทศเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งในการกำหนดพฤติกรรมของไฟ โดยเฉพาะทิศทางและอัตราการลุกลามของไฟ ลักษณะภูมิประเทศที่สำคัญและมีผลโดยตรงต่อพฤติกรรมของไฟ ได้แก่ ความลาดชัน (slope) ทิศด้านลาด (aspect) และความสูงของพื้นที่ (elevation)

ความลาดชันของภูเขามีผลต่ออัตราการลุกลามของไฟ ในเวลากลางวันไฟจะไหม้ลุกลามไปทางขึ้นเขาเสมอ เปลวไฟจะพุ่งขึ้นไปก่อน ทำให้เชื้อเพลิงด้านบนแห้งและลุกไหม้

Copyright by Mahidol University

อย่างรวดเร็ว จากการศึกษาของ Countryman (1964) พบว่า อัตราการลุกลามของไฟจะเพิ่มอย่างเห็นได้ชัดเมื่อความลาดชันเกิน 20 องศา อัตราการลุกลามของไฟจะเพิ่มขึ้น 2 เท่า ส่วนในเวลากลางคืนไฟจะลุกลามลงเขา เนื่องจากอิทธิพลของระบบลมหุบเขา ซึ่งลมพัดลงหุบเขาในเวลากลางคืน และลมจะพัดขึ้นหุบเขาในเวลากลางวัน และในที่ลาดชันไฟจะลุกลามเร็วกว่าในที่ราบ นอกจากนี้การศึกษาของ Mc Arthur (1962) ระบุว่า อัตราการลุกลามของไฟจะเพิ่มขึ้น 2 เท่าทุก ๆ ความลาดชันที่เพิ่มขึ้น 10 องศา ส่วนการศึกษาของ Chandler (1963) พบว่า อัตราการลุกลามของไฟจะเพิ่มขึ้น 2 เท่าทุก ๆ ความลาดชันที่เพิ่มขึ้น 15 องศา จนถึงความลาดชัน 30 องศา ในส่วนที่ความลาดชันเกิน 30 องศา อัตราการลุกลามของไฟจะเพิ่มขึ้น 2 เท่าทุก ๆ ความลาดชันที่เพิ่มขึ้น 10 องศา และจากการศึกษาของ Chandler และคณะ (1983) ยังพบอีกว่า อัตราการลุกลามของไฟจะเพิ่มขึ้น 10 เท่าเมื่อความลาดชันเกิน 35 องศา (อ้างในสันต์และคณะ, 2534)

ทิศด้านลาด คือทิศทางของความลาดชัน ทิศด้านลาดที่รับแสงจากดวงอาทิตย์ในตอนบ่ายและรับลม เชื้อเพลิงจะแห้งกว่าและไฟลุกลามเร็วกว่าทิศด้านลาดที่รับแสงจากดวงอาทิตย์ในช่วงเวลาเช้า (สันต์และคณะ, 2534)

ความสูงของพื้นที่ ความสูงของพื้นที่จากระดับน้ำทะเลมีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำฝน ชนิดของเชื้อเพลิงหรือชนิดของพรรณไม้ ความยาวนานของฤดูไฟป่า ไฟที่เกิดในที่สูงการแผ่รังสีความร้อนจะน้อยกว่าไฟที่เกิดในที่ต่ำกว่า เนื่องจากในที่สูงความกดอากาศจะลดลง ดังนั้นประสิทธิภาพของการแผ่รังสีความร้อนของเปลวไฟจะลดลง ความสูงของพื้นที่จึงมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมของไฟ (สันต์และคณะ, 2534)

สำหรับการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยสภาพภูมิประเทศที่ควบคุมพฤติกรรมของไฟป่าในประเทศไทยนั้น จากการศึกษาของศิริ (2532) เรื่องรูปแบบและอัตราการลุกลามของไฟป่าในป่าเต็งรัง พื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า อัตราการลุกลามของหัวไฟสูงสุดเท่ากับ 6.96 เมตร/นาที บนพื้นที่ความลาดชันร้อยละ 50-52 ในช่วงกลางเดือนมีนาคม ส่วนอัตราการลุกลามต่ำสุดเท่ากับ 0.50 เมตร/นาที บนพื้นที่ความลาดชันร้อยละ 15-17 ในเดือนมกราคม โดยมีอัตราการลุกลามของหัวไฟเฉลี่ยตลอดฤดูไฟป่าเท่ากับ 2.81 เมตร/นาที

อัตราการลุกลามของหัวไฟมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อย ๆ จากเดือนมกราคม และถึงจุดสูงสุดในเดือนมีนาคม จากนั้นอัตราการลุกลามดังกล่าวจะเริ่มลดลงในเดือนเมษายน นอกจากนี้

Copyright by Mahidol University

อัตราการลุกลามจะเพิ่มขึ้น ทำให้สรุปได้ว่า ความชื้นของเชื้อเพลิง ปริมาณของเชื้อเพลิง และความลาดชันของพื้นที่ เป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดขนาดความรุนแรงของไฟในพื้นที่ สำหรับลักษณะของอากาศ คือ อุณหภูมิ ความเร็วลม และความชื้นสัมพัทธ์ ไม่มีแนวโน้มว่ามีความสัมพันธ์กับความรุนแรงของไฟ ยกเว้นในกรณีที่ลักษณะอากาศมีความผันแปรอย่างมากจะสามารถแสดงอิทธิพลต่ออัตราการลุกลามของไฟได้มากกว่าลักษณะความลาดชันของพื้นที่

ในส่วนของรูปแบบของการลุกลามของไฟ จะมีทิศทางการลุกลามของแนวหัวไฟขึ้นไปตามความลาดชันของพื้นที่ การแพร่ขยายตัวของไฟเป็นรูปวงรี โดยวงรีจะมีลักษณะเข้าใกล้วงกลมเมื่อไฟไหม้บนพื้นที่ที่มีความลาดชันน้อย และวงรีจะมีลักษณะเรียวยาวเมื่อไฟไหม้บนพื้นที่ที่มีความลาดชันมาก ในกรณีที่มีความรุนแรงมาก ระยะห่างระหว่างวงรีแต่ละวงที่ซ้อน ๆ กันอยู่ในรูปแบบการลุกลามของไฟจะกว้างมาก แต่ถ้าไฟมีความรุนแรงน้อย ระยะห่างระหว่างวงรีจะแคบเข้า

ในเรื่องสิ่งแวดล้อมของไฟ สภาพภูมิประเทศจะไม่ค่อยเปลี่ยนไปตามเวลา แต่จะเปลี่ยนแปลงไปตามพื้นที่ ส่วนปริมาณของเชื้อเพลิงจะเปลี่ยนไปตามเวลาและพื้นที่ อย่างไรก็ตามลักษณะของเชื้อเพลิงจะไม่เปลี่ยนแปลงไปมากสำหรับไฟหนึ่ง ๆ สำหรับมวลอากาศนั้นจะผันแปรมากที่สุด และเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วทั้งกาลเวลาและสถานที่ (สันต์, 2526) ประกอบกับปัจจัยที่เกี่ยวกับอนุภาคของเชื้อเพลิงและแหล่งเชื้อเพลิง มักไม่เปลี่ยนแปลงเร็วมากนัก แต่ปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อมอื่น เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และความชื้นของเชื้อเพลิงจะมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างคงที่ตลอดเวลา ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีความสำคัญในการกำหนดพฤติกรรมของไฟ (มนูญศักดิ์, 2530) ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้จึงเลือกศึกษาถึงปัจจัยสิ่งแวดล้อม อันได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และความชื้นของเชื้อเพลิง ที่มีผลต่อความรุนแรงของไฟ เพื่อนำมากำหนดระดับอันตรายของไฟ สำหรับจัดทำเป็นดัชนีไฟป่าในพื้นที่ต่อไป

5. การจัดระดับอันตรายของไฟและดัชนีไฟ (Fire Danger Rating and Fire Index)

ในการจัดระดับอันตรายของไฟนั้น ต้องทราบถึงอันตรายของไฟ โดยดูว่ามีปัจจัยสิ่งแวดล้อมใดที่มีอิทธิพลต่อการเกิดไฟ แล้วจึงนำมาหาความสัมพันธ์เพื่อจัดทำเป็นดัชนีไฟ การ

Copyright by Mahidol University

จัดระดับอันตรายของไฟจึงควรทราบความหมายของอันตรายของไฟและดัชนีไฟด้วย ดังนี้คือ

อันตรายของไฟ (fire danger) หมายถึง รูปแบบทั่วไปที่ใช้แสดงการประเมินจากปัจจัยคงที่และผันแปรของสิ่งแวดล้อมของไฟซึ่งใช้ตัดสินใจสำหรับความสะดวกในการจุดเผา อัตราการลุกลาม ความยากง่ายในการควบคุม และผลกระทบของไฟ โดยสังเกตจากอันตรายอันเกิดจากไฟ ความเสี่ยงของการเกิดไฟ และเงื่อนไขในการเผาไหม้ (National Research Council Canada, 1987) หรือหมายถึง อันตรายจากไฟที่เกิดจากปัจจัยที่คงที่และปัจจัยที่ผันแปรซึ่งมีผลกระทบต่อการเกิดไฟ การลุกลามของไฟ และความยากง่ายในการควบคุมไฟ ตลอดจนความเสียหายที่เกิดจากไฟด้วย (สันต์, 2534) หรือกล่าวโดยสรุปหมายถึง ผลลัพธ์อันเกิดจากปัจจัยต่าง ๆ ที่มีต่ออัตราการลุกลามของไฟและความยากง่ายในการควบคุมไฟป่า ตลอดจนความเสียหายอันเกิดจากไฟป่านั้นด้วย อันตรายจากไฟป่าจะมีน้อยหรือมากแตกต่างกันไปในช่วงเวลาของฤดูไฟป่า ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความผันแปรของปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพล อันได้แก่ ลักษณะอากาศ ลักษณะเชื้อเพลิง

Brown และ Davis (1973) กล่าวไว้ว่า ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่ออันตรายของไฟสามารถแยกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ ปัจจัยที่คงที่และปัจจัยที่ผันแปร โดยปัจจัยที่คงที่ ได้แก่ ภูมิอากาศ (climate) ระดับความสำคัญของพื้นที่หรือคุณค่าของพื้นที่ที่จะเกิดไฟ (value at stake) สภาพภูมิประเทศ (topography) และการแผ่รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์ (solar radiation) ส่วนปัจจัยที่ผันแปรได้แก่ ความชื้นของเชื้อเพลิง (fuel moisture) ลม (wind) อุณหภูมิของอากาศ (air temperature) ความกดอากาศ (barometric pressure) สภาพอากาศเบื้องบน (upper air conditions) หยาดน้ำฟ้า (precipitation) ระดับน้ำใต้ดิน (ground water level) ความชื้นสัมพัทธ์และจุดน้ำค้าง (ralative humidity and dew point) สภาพของพืช (condition of vegetation) ความเสี่ยงของการติดไฟ (fire risk or ignition sources) และทัศนวิสัย (visibility)

ส่วนดัชนีไฟ หรือดัชนีอันตรายของไฟ (fire index or fire danger index) หมายถึงเครื่องชี้หรือแสดงปริมาณของด้านใดด้านหนึ่งหรือมากกว่านั้นของอันตรายไฟ ซึ่งแสดงได้ทั้งเหตุผลที่สัมพันธ์กันหรือการวัดค่าสุทธิ ซึ่งบ่อยครั้งถูกใช้เป็นการชี้แนะประเภทต่าง ๆ ของกิจกรรมในการจัดการไฟ เช่น เพื่อช่วยตัดสินใจในการเตรียมความพร้อมของแต่ละวันและการเข้าไปดับไฟ ซึ่งคือหลักสำคัญของการจัดเตรียมข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับอันตรายไฟ เพื่อบุคคลทั่วไปในการป้องกันไฟ หรือคือการช่วยในการชิงเผาเชื้อเพลิง (National Research Council Canada, 1987)

Copyright by Mahidol University

ดังนั้น การจัดระดับอันตรายของไฟ (fire danger rating) หมายถึง ขั้นตอนในการประเมินค่าอย่างเป็นระบบและการผสมผสานของหนึ่งปัจจัยหรือหลายปัจจัยรวมกัน ที่มีอิทธิพลต่ออันตรายของไฟ โดยแสดงในรูปของดัชนีอันตรายไฟ (National Research Council Canada, 1987) หรือหมายถึงการประเมินอันตรายของไฟ ซึ่งได้จากการรวมอิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ ที่ได้เลือกไว้แล้วเข้าด้วยกันเป็นดัชนีเพื่อบอกระดับอันตรายของไฟ ทั้งนี้ เพื่อประโยชน์ในการป้องกันไฟ เช่น ในการวางแผน การเตรียมกำลังคน และการเตรียมอุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นต้น (สันต์, 2534) ซึ่งโดยสรุปหมายถึง การจัดชั้นอันตรายของไฟซึ่งได้จากการรวมปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่ออันตรายของไฟ ซึ่งได้เลือกไว้แล้วเข้าด้วยกัน เป็นดัชนีเพื่อบอกระดับอันตรายของไฟ สำหรับใช้ในการป้องกันไฟ ในการจัดระดับชั้นอันตรายของไฟว่าสูงต่ำแค่ไหนมีหลักสำคัญ 6 ประการ ได้แก่ วัดปัจจัยอะไร วัดเมื่อใด วัดที่ไหน วัดอย่างไร การรวมปัจจัยต่าง ๆ เพื่อจัดระดับชั้นอันตรายของไฟ และการนำผลไปใช้

5.1 ดัชนีไฟ (Fire Index)

การทำดัชนีเพื่อบอกระดับอันตรายไฟสามารถกระทำได้ 2 แบบ คือ แบบเชิงคุณภาพ (qualitative) และแบบเชิงปริมาณ (quantitative) (สันต์, 2534)

1) แบบคุณภาพ หมายถึง การจัดระดับชั้นอันตรายจากไฟ โดยการทำมาตรวัดอันตรายไฟ (fire danger meter) (เช่น ของ H.T. Gisborne) ซึ่งเป็นแบบบรรทัดเลื่อน (slide-rule) ทำด้วยกระดาษแข็ง โดยใช้ความสัมพันธ์ของตัวแปร 5 อย่าง คือ ความชื้นของเชื้อเพลิง ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ วันที่ในฤดูไฟป่า ตัวแทนที่ทำให้เกิดไฟ และระยะที่เห็นได้ แต่ละระดับอันตรายไฟได้บรรยายพฤติกรรมของไฟ และเสนอแนวทางการควบคุมไฟ เช่น ระดับที่ 1 ไฟรุนแรงน้อยที่สุด และระดับที่ 7 ไฟจะรุนแรงมากที่สุด ต่อมาได้มีการปรับปรุงและกำหนดอัตราส่วนตั้งแต่ 0-100 และแบ่งระดับอันตรายเป็น 5 ระดับ ได้แก่ ระดับต่ำ (0-1) ระดับปานกลาง (2-5) ระดับสูง (6-17) ระดับสูงมาก (18-49) และระดับสูงสุด (50-100) สำหรับการพัฒนาเรื่องดัชนีไฟในทวีปเอเชีย ประเทศเกาหลีใต้ได้มีการพัฒนารูปแบบระบบของดัชนีไฟ เพื่อบอกระดับอันตรายของไฟป่า โดยใช้ความชื้นของเชื้อเพลิงเป็นตัวกำหนดระดับความรุนแรงของไฟ ซึ่งสามารถวัดได้โดยใช้ไม้วัดค่าความชื้นของเชื้อเพลิง (fuel moisture stick) (ตารางที่ 3)

Copyright by Mahidol University

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ส่วนกลับของปริมาณความชื้นกับดัชนีระดับอันตรายของไฟป่า

ปริมาณความชื้นของเชื้อเพลิง (ร้อยละ)	ดัชนีระดับอันตรายของไฟป่า	ความรุนแรงของเปลวไฟ
10 - 12	81 - 100	สูงมาก
12 - 14	61 - 81	สูง
14 - 16	41 - 61	ปานกลาง
> 16	0 - 41	ต่ำ

ที่มา: Lee (1994)

2) แบบปริมาณ หมายถึงการจัดระดับชั้นอันตรายไฟ โดยใช้สูตรคณิตศาสตร์มาคำนวณค่าพฤติกรรมของไฟ ซึ่งได้แก่ อัตราการลุกลามของไฟ ความรุนแรงของไฟ และความยาวของเปลวไฟ ซึ่งแบบปริมาณนี้ในสหรัฐอเมริกาและแคนาดาได้ใช้กัน 3 รูปแบบ ได้แก่ สูตรคณิตศาสตร์ของ Byram (1959) สูตรคณิตศาสตร์ของ Rothermel (1972) และ Nomographs ของ Albini (1976) (สันต์และคณะ, 2534)

2.1) สูตรคณิตศาสตร์ของ Byram สูตรนี้ G.M. Byram คิดขึ้นในปี ค.ศ. 1959 โดยใช้ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ระหว่างความรุนแรงของไฟ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง น้ำหนักของเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้ และอัตราการลุกลามของไฟ เพื่อคำนวณหาค่าความรุนแรงของไฟ ดังนี้

$$I_B = H.W_a.r$$

I_B = ความรุนแรงของแนวไฟ (บีทียู/ปอนด์/วินาที)
fireline intensity (Btu/lb/sec)

H = ค่าความร้อนสุทธิที่ใช้ในการเผาไหม้เชื้อเพลิง (บีทียู/ปอนด์)
heat yield (Btu/lb)

W_a = ปริมาณเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้ (ปอนด์/ฟุต^2)
loading of available fuel (lb/ft^2)

Copyright by Mahidol University

r = อัตราการลุกลามของไฟ (ฟุต/วินาที)
rate of fire spread (ft/sec)

นอกจากนี้ ความรุนแรงของไฟยังสัมพันธ์กับความยาวของเปลวไฟดังนี้

$$L = 0.45\ I_B^{0.46}$$

L = ความยาวของเปลวไฟ (ฟุต)
flame length (ft)

I_B = ความรุนแรงของแนวไฟ (บีทียู/ปอนด์/วินาที)
fireline intensity (Btu/ft/sec)

และความรุนแรงของไฟยังมีความสัมพันธ์ กับความสูงของรอยไหม้บนยอดไม้ ดังนี้คือ

$$I_B = 5.66\ h_S^{2.174}$$

I_B = ความรุนแรงของแนวไฟ (บีทียู/ปอนด์/วินาที)
fireline intensity (Btu/ft/sec)

h_S = ความสูงของรอยไหม้บนยอดไม้ (ฟุต)
crown scorch height (ft)

จากสูตรคณิตศาสตร์ของ Byram ที่แสดงไว้ข้างต้นนี้ เป็นสูตรที่สามารถใช้หาความรุนแรงของไฟในสภาพป่าชนิดต่าง ๆ ซึ่งจำเป็นต้องมีการทดลองเผาแปลงทดลองในภาคสนาม เพื่อวัดอัตราการลุกลามของไฟ สำหรับนำมาคำนวณหาค่าความรุนแรงของไฟที่เกิดทั้งบริเวณเรือนยอดและผิวดิน นอกจากนี้ สูตรนี้จึงเหมาะสำหรับประยุกต์ใช้กับสภาพเชื้อเพลิงโดยทั่วไป

2.2) สูตรคณิตศาสตร์ของ Rothermel สูตรนี้ R.C. Rothermel เป็นผู้คิดขึ้นในปี ค.ศ. 1972 และนิยมไปประยุกต์ใช้กันแพร่หลายในสหรัฐอเมริกาและแคนาดาในปัจจุบัน

Copyright by Mahidol University

และประยุกต์ใช้กับการหาดัชนีของไฟ จนถึงปริมาณพฤติกรรมของไฟในขณะที่เกิดขึ้นในป่าจริง สูตรนี้มีหลักการประมาณการลุกลามของไฟเป็นฟังก์ชั่นกับอัตราส่วนระหว่างแหล่งให้ความร้อนกับแหล่งสะสมความร้อน ดังนี้

$$R = \frac{I_R \xi (1 + \varnothing_w + \varnothing_s)}{pb \sum Q_{ig}}$$

R = อัตราการลุกลามของไฟ (เมตร/นาที)
rate of fire spread (m/min)

I_R = ความรุนแรงของไฟ (กิโลจูล/เมตร^2/นาที)
reaction intensity (kj/m^2/min)

ξ = สัดส่วนการไหลแพร่ของความร้อน
the propagation heat flux ratio

$\varnothing_w$ = ปัจจัยเกี่ยวกับลม wind factor

$\varnothing_s$ = ปัจจัยเกี่ยวกับความลาดชัน slope factor

Q_{ig} = ค่าความร้อนก่อนไฟติด (ความร้อนที่นำไปใช้ในการติดไฟของเชื้อเพลิงในหนึ่งหน่วยน้ำหนัก) (แคลอรี่/กรัม)
heat of preignition (heat required to bring a unit weight of fuel to ignition), (Cal/g)

pb = ความหนาแน่นของแหล่งเชื้อเพลิง (กรัม/ซม^3)
density of fuel bed (g/cm^3)

$\sum$ = สัดส่วนของเชื้อเพลิงที่ต้องถูกเผาไหม้เพื่อคงขบวนการกลั่นทำลาย effective heating number

ส่วนชุดข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณตามสูตรของ Rothermel เรียกว่า แบบจำลองเชื้อเพลิง (fuel model) ประกอบด้วยปัจจัยต่าง ๆ 11 ชนิด ได้แก่ ปริมาณความร้อนของเชื้อเพลิง (กิโลจูล/กิโลกรัม) ความหนาแน่นอนุภาคของเชื้อเพลิง (กิโลกรัม/เมตร^3) ปริมาณแร่ธาตุอาหารทั้งหมด (กรัม/กรัม) ปริมาณแร่ธาตุอาหารที่ไม่รวมซิลิกา (กรัม/กรัม) อัตราส่วน

Copyright by Mahidol University

พื้นที่ผิวต่อหน่วยปริมาตรของเชื้อเพลิง (ซม-1) ปริมาณความชื้นของเชื้อเพลิง (กรัม/กรัม) ปริมาณความชื้นของเชื้อเพลิงที่ไฟไหม้ลุกลาม (กรัม/กรัม) ปริมาณเชื้อเพลิงต่อหน่วยพื้นที่ (กิโลกรัม/เมตร2) ความสูงของเชื้อเพลิง (เมตร) ความลาดชันของพื้นที่ (องศา) และความเร็วลม (เมตร/นาที) สำหรับการคำนวณข้อมูลดังกล่าว ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ภาษาฟอร์ทรานโฟร์ ชื่อ FIREMOD ซึ่งเขียนโดย F.A. Albini ในปี ค.ศ. 1976

สำหรับข้อจำกัดของสูตรคณิตศาสตร์ของ Rothermel คือ สามารถใช้คาดคะเนความรุนแรงของไฟ และอัตราการลุกลามของไฟได้ดี เฉพาะในป่าไม้พุ่มและทุ่งหญ้า สูตรนี้จึงเหมาะสำหรับใช้กับเชื้อเพลิงที่ต่อเนื่องและอยู่ชิดติดกับพื้นดิน แต่ไม่เหมาะสำหรับใช้กับไฟเรือนยอดและไฟปะทุ (spot fire)

2.3) Nomographs ของ Albini

F.A. Albini เป็นผู้คิดค้น Nomographs ขึ้นในปี ค.ศ. 1976 โดยเป็นกราฟแสดงพฤติกรรมไฟทั้งหมด 13 รูปแบบสำหรับประมาณค่าอัตราการลุกลามของไฟ ความรุนแรงของไฟ และความยาวของเปลวไฟ ของแบบจำลองเชื้อเพลิง (Stylized fuel model) ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในสหรัฐอเมริกา ซึ่งไม่ครอบคลุมถึงแบบจำลองเชื้อเพลิงในป่าเขตร้อน โดยวิธีนี้ใช้การวัดค่าความชื้นของเชื้อเพลิงขนาดเล็ก ความเร็วลม และความลาดชันในพื้นที่แต่ละแห่ง อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดของวิธี Nomographs นี้ คล้ายกับข้อกำจัดแบบการใช้สูตรคณิตศาสตร์ของ Rothermel คือเป็นการคาดคะเนและประเมินพฤติกรรมของไฟในรูปแบบจำลองเชื้อเพลิง

สำหรับวิธีการวัดพฤติกรรมของไฟที่นิยมในปัจจุบันนั้น ได้แก่ สูตรคณิตศาสตร์ของ Byram และ Rothermel แต่สูตรของ Rothermel เหมาะที่จะใช้กับสภาพพื้นที่ที่มีเชื้อเพลิงชนิดเดียวกันที่เกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ ต่อเนื่องกัน และอยู่ชิดกับดิน ซึ่งได้แก่ สภาพเชื้อเพลิงที่ขึ้นอยู่ในป่าหญ้า ส่วนในป่าเต็งรัง สภาพของเชื้อเพลิงมีความหลากชนิดกว่า ขึ้นไม่สม่ำเสมอและต่อเนื่องเหมือนป่าหญ้า ประกอบกับสูตรของ Rothermel เป็นการคาดคะเนพฤติ-กรรมของไฟโดยใช้ปัจจัยในเรื่องลมมาเกี่ยวข้องในสูตรการคำนวณ ซึ่งสภาพของป่าเต็งรัง ค่าของลมที่วัดได้อาจไม่มีค่ามากพอหรือมีอิทธิพลโดยตรงเหมือนป่าหญ้า เนื่องจาก ต้นไม้ที่ขึ้นอยู่ในป่าเต็งรังจะเป็นตัวกั้นและชะลอความเร็วของลม ไม่เหมือนกับป่าหญ้าซึ่งมีลักษณะเป็นที่โล่งมากกว่า จากเหตุผลที่กล่าวมาแล้วทั้งหมด สามารถสรุปได้ว่า สูตรของ Byram เหมาะสมที่จะใช้กับพื้นที่

Copyright© by Mahidol University

ป่าเต็งรังมากกว่าสูตรของ Rothermel ดังนั้น การวัดพฤติกรรมไฟเกี่ยวกับค่าความรุนแรงของไฟเพื่อนำมาจัดระดับอันตรายไฟในการศึกษาครั้งนี้ จึงใช้วิธีการทดลองเผาตามวิธีการของ Byram

ส่วนประโยชน์ของการจัดระดับอันตรายไฟนั้น สามารถเรียงลำดับตามความสำคัญได้ดังต่อไปนี้ คือ (Brown and Davis, 1973)

1) เพื่อเตรียมกำลังคนและเพื่อเป็นแนวทางปฏิบัติเฉพาะกิจ
2) เพื่อคำนวณกำลังต่อสู้กับไฟเบื้องต้น (initial attack)
3) เพื่อประมาณการเกิดไฟในพื้นที่ที่มีอันตรายมาก
4) เพื่อแจ้งอันตรายไฟแก่ประชาชน
5) เพื่อเป็นแนวทางในการปิดกิจการในป่าชั่วคราว
6) เพื่อวางแผนในการเผาตามกำหนด
7) เพื่อประเมินความเสียหายจากไฟ

เมื่อจัดระดับอันตรายของไฟได้แล้ว สามารถนำมาจัดทำเป็นดัชนีไฟ ซึ่งในเรื่องดัชนีไฟนั้น ในประเทศไทยยังไม่มีผู้ใดทำการศึกษามาก่อน การวิจัยครั้งนี้จึงเลือกทำการศึกษาในเรื่องดัชนีไฟเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ป่าเต็งรัง โดยมีการศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมเกี่ยวกับลักษณะอากาศ อันได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และลักษณะของเชื้อเพลิง ได้แก่ ความชื้นของเชื้อเพลิง มาหาความสัมพันธ์กับค่าความรุนแรงของไฟที่คำนวณได้จากสูตรคณิตศาสตร์ของ Byram เพื่อจัดทำเป็นดัชนีไฟในเชิงคุณภาพ พร้อมทั้งเสนอมาตรการในการควบคุมไฟป่าจากดัชนีไฟ สำหรับใช้เป็นแนวทางในการจัดการสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ป่าเต็งรัง

ในปี ค.ศ. 1980 จากการศึกษาของ Andrew ได้ให้ความหมายของพฤติกรรมไฟในแง่การควบคุมไฟป่า (ตารางที่ 4) ซึ่งเป็นที่นิยมนำมาใช้ในการประเมินระดับความรุนแรงของไฟ และมาตรการต่าง ๆ จากการแปลความหมาย ซึ่งจะนำไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมไฟป่า แต่สำหรับในประเทศไทยยังไม่เคยมีผู้ใดจัดทำมาก่อน การศึกษาครั้งนี้จึงนำไปสู่การหามาตรการในการควบคุมไฟป่า โดยใช้แบบอย่างของ Andrew ประยุกต์รวมกับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านไฟป่าในประเทศไทย สำหรับจัดทำเป็นดัชนีไฟและมาตรการควบคุมไฟป่าจากดัชนีไฟในพื้นที่ศึกษา ซึ่งจะเป็นส่วนหนึ่งของการจัดการไฟป่าในระบบนิเวศป่าไม้เพื่อการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ให้คงอยู่สืบต่อไป

Copyright by Mahidol University

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยมหิดล

ตารางที่ 4 ความหมายของพฤติกรรมของไฟในด้านการควบคุมไฟป่า

ความยาวของเปลวไฟ		ความรุนแรงของแนวไฟ		การแปลความหมาย
ฟุต	เมตร	บีทียู/ฟุต/วินาที	กิโลวัตต์/เมตร	
< 4	< 1.22	< 100	< 345.86	- ไฟด้านหัวและไฟด้านข้างสามารถควบคุมได้โดยใช้เครื่องมือธรรมดา - แนวกันไฟธรรมดาสามารถสะกัดกั้นไฟนี้ได้
4 - 8	1.22 - 2.44	100 - 500	345.86 - 1729.3	- พนักงานไม่สามารถสะกัดกั้นที่หัวไฟได้โดยใช้เครื่องมือธรรมดา - แนวกันไฟแบบธรรมดาไม่สามารถควบคุมไฟนี้ได้ - ไฟนี้ควบคุมได้โดยใช้รถแทรกเตอร์ เครื่องฉีดน้ำและใช้สารเคมีโปรยจากเครื่องบิน
8 - 11	2.44 - 3.35	500 - 1000	1729.3 - 3458.6	- ไฟเป็นแบบไฟลามต้นไม้แต่ละต้น(trooling out), ไฟลามยอดไม้ (crowning) และมีการปะทุของลูกไฟ (spoting) ยากแก่การควบคุม - วิธีควบคุมไฟชนิดนี้ควรใช้วิธีทางอ้อม - การควบคุมไฟชนิดนี้โดยวิธีตรงมีโอกาสน้อยมาก
> 11	> 3.35	> 1000	> 3458.6	- ไฟเป็นแบบไฟลามยอดไม้ มีการปะทุของลูกไฟ และไฟที่ลุกลามเร็ว (running fire) - ไม่ควรควบคุมไฟโดยวิธีทางตรงอย่างเด็ดขาด แม้จะใช้วิธีทางอ้อมก็ลำบากและต้องใช้เวลามาก

หมายเหตุ : 1 แคลอรี่/กรัม = 1.7999 บีทียู/ปอนด์
1 บีทียู/วินาที = 1.05418 กิโลวัตต์
1 บีทียู/ฟุต/วินาที = 3.4586 กิโลวัตต์/เมตร

ที่มา : สันต์ (2535)

Copyright by Mahidol University

37184

6.ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

จากรายงานฉบับสมบูรณ์เรื่องแผนแม่บทการจัดการอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย โดย คณะวนศาสตร์ (2531) กล่าวไว้ว่า

6.1 ลักษณะภูมิประเทศ

อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุยมีลักษณะเป็นภูเขาสลับซับซ้อนที่สูงชัน ยอดเขาสูงที่สำคัญได้แก่ ดอยปุย ซึ่งเป็นยอดเขาที่สูงที่สุดในเขตอุทยานฯ มีความสูง 1,685 เมตร ดอยสุเทพ บริเวณใกล้สันกู่มีความสูง 1,600 เมตร ดอยบวกห้าที่อยู่ใกล้พระตำหนักภูพิงค์ราชนิเวศน์มีความสูงประมาณ 1,400 เมตร และที่ทำการอุทยานฯ ใกล้วัดพระธาตุดอยสุเทพ มีความสูงประมาณ 1,130 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ภูเขาเหล่านี้เชื่อมเป็นพื้นที่ติดต่อกันโดยตลอด

6.2 ลักษณะทางธรณีและปฐพีวิทยา

ลักษณะทางธรณีวิทยาของบริเวณอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย มีโครงสร้างทางธรณีเช่นเดียวกับพื้นที่สูงภายในทวีปทั่วไป สภาพพื้นที่เป็นภูเขาสูงชันประกอบด้วยหินหลายชนิด หินที่พบในบริเวณนี้ ได้แก่ หินแกรนิต ควอทไซท์ โมกานีสท์ และหินทราย โดยเฉพาะหินแกรนิตพบอยู่ทั่วไปในเขตอุทยานฯ จัดเป็นหินที่อยู่ในยุค Triassic และ Late Cretacious และเป็นหินอัคนีที่โผล่ให้เห็นมากที่สุดในประเทศไทย หินแกรนิตประกอบด้วยแร่ธาตุต่าง ๆ อยู่มาก อาทิ มัสโคไวท์ ไบโอไทท์นีส โมกานีสท์ และเฟลสปาร์ เป็นต้น จากการตรวจสอบทางธรณีวิทยาโดย ดำเนิน สิทธิประศาสตร์ ในปี พ.ศ. 2502 พบว่า หินแกรนิตที่ปรากฏอยู่ในบริเวณนี้เป็นหินที่มีอายุเก่าแก่มากที่สุด โดยมีสีขาวและเนื้อละเอียด ส่วนหินทรายพบอยู่ตามบริเวณตอนบนของเทือกเขา นอกจากนี้ ยังพบหินไมกาซีสท์อยู่ทั่วไปในรูปแผ่นไมกาสีขาว ซึ่งมีลักษณะเป็นเกล็ดหรือเป็นแผ่นบาง ๆ ซ้อนกันอยู่ตามหน้าดิน หรือผสมปนอยู่กับหินแกรนิตหรือหินอัคนีประเภทอื่น ๆ

สำหรับลักษณะของดินในอุทยานฯ ส่วนใหญ่เป็นดินที่เกิดจากอิทธิพลของสิ่งมีชีวิตในดินและพืชชนิดต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนผิวดินและหินนั้น จัดเป็นดิน Reddish brown lateritic เป็นดินที่มีการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาทางด้านชั้นดิน (profile) ดีมาก คือ มีชั้นดินครบทุกชั้นดิน ดินทั้งหมดมีกำเนิดมาจากหินต้นกำเนิดพวกแกรนิต โมกานีสท์ และมีควอทไซท์

Copyright by Mahidol University

ปะปนอยู่บ้างตามบริเวณผิวดิน หินพวกนี้มีการสลายตัวดีมาก โดยเฉพาะ ในบริเวณที่เป็นป่าดิบเขาและดิบชื้น เนื่องจากมีความชื้นสูง สำหรับพื้นที่บริเวณที่เป็นป่าเต็งรัง ดินจะเป็นดินลูกรัง (lateritic soil) มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและมีปริมาณอินทรียวัตถุน้อย มีการเกาะตัวกันแน่นทำให้มีการระบายน้ำและอากาศได้น้อย และศิริ (2535) กล่าวว่า จากการสังเกตโดยทั่วไป มีการกัดเซาะของชั้นหน้าดินอย่างรุนแรงและต่อเนื่อง ในปัจจุบันถือว่าไม่มีชั้นหน้าดินที่สมบูรณ์เหลืออยู่เลย

6.3 ลักษณะป่าไม้และพืชพรรณ

พื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย ตั้งอยู่ที่ระดับความสูงแตกต่างกันระหว่าง 460 ถึง 1,685 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง ดังนั้นสภาพของสังคมพืชจึงแตกต่างกันไปตามระดับความสูง ในจำนวนพื้นที่อุทยานฯ 262.50 ตารางกิโลเมตร ขณะนี้มีพื้นที่ป่าเหลืออยู่ประมาณ 157.04 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 59.82 ของพื้นที่อุทยานฯ ทั้งหมด สำหรับป่าเต็งรังในเขตอุทยานฯ มีเนื้อที่ประมาณ 50.19 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 19.12 ของเนื้อที่อุทยานแห่งชาติทั้งหมด ป่าเต็งรังพบโดยทั่วไปในบริเวณที่ต่ำกว่า 800 เมตรจากระดับน้ำทะเล โดยทั่วไปจะปกคลุมเนินเขาเตี้ย ๆ และบริเวณเชิงเขา บริเวณที่พบป่าเต็งรัง ได้แก่ บริเวณดอยคำ สำนักงานเกษตรภาคเหนือ วัดผาลาด วัดศรีโสดา วังบัวบาน ห้วยแม่หยวก น้ำตกแม่สาตอนล่าง เป็นต้น

พันธุ์ไม้สำคัญที่พบได้แก่ เต็ง รัง เหียง พลวง รัก พันธุ์ไม้รองลงมา ได้แก่ ก่อทะโล้ หว้า เก็ดดำ เก็ดแดง พะยอม ยางปาย ตีนนก ติ้ว รกฟ้า ตะคร้อ แดง เป็นต้น โดยมีชนิดของพันธุ์ไม้ (ไม้ยืนต้น) ประมาณ 27 ชนิด ความหนาแน่นของต้นไม้ 217 ต้นต่อเฮกแตร์ การปกคลุมของเรือนยอด (crown cover) ประมาณร้อยละ 51-75 ปริมาณไม้ที่ใช้เป็นสินค้าได้ 49.20 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกแตร์ และมีมวลชีวภาพของต้นไม้เฉลี่ย 91.70 ตันต่อเฮกแตร์ โดยแยกเป็นมวลชีวภาพของส่วนที่เป็นลำต้น 63.60 ตันต่อเฮกแตร์ ของส่วนที่เป็นกิ่ง 25.93 ตันต่อเฮกแตร์ และส่วนที่เป็นใบ 2.17 ตันต่อเฮกแตร์ สำหรับไม้พื้นล่างนั้นได้แก่ ลูกไม้ของต้นไม้ยืนต้นและหญ้าชนิดต่าง ๆ เช่น หญ้าคา หญ้าพง และหญ้าคมบาง (ศิริ, 2535)

6.4 ลักษณะอากาศ

ลักษณะภูมิอากาศของอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย โดยเฉพาะในบริเวณที่สูงอากาศจะค่อนข้างเย็น อุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 20 องศาเซลเซียส ในเดือนธันวาคมมีอุณหภูมิ

Copyright by Mahidol University

ต่ำสุดประมาณ 4.5 องศาเซลเซียส เดือนมีนาคมมีอุณหภูมิสูงสุด 35.5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยประมาณร้อยละ 78 ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดร้อยละ 56 ในเดือนมีนาคม และสูงสุดร้อยละ 89 ในเดือนกันยายน โดยในช่วงฤดูฝนจะมีความชื้นในอากาศสูง ทำให้เกิดเมฆหมอกและละอองไอน้ำหนาทึบลอยต่ำปกคลุมบริเวณยอดเขา ความเร็วกระแสลมสูงสุดประมาณ 11 กิโลเมตรต่อชั่วโมงในเดือนมีนาคม และมีความเร็วกระแสลมเฉลี่ยประมาณ 7.7 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ปกติฝนจะตกหนักในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม เดือนกันยายนเป็นเดือนที่ฝนตกมากที่สุดถึง 385 มิลลิเมตร มีฝนตกเฉลี่ยปีละ 139 วัน ปริมาณน้ำฝนวัดได้ประมาณ 2,000 มิลลิเมตร นอกจากนี้ พื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย ในระดับต่ำลงมาที่เป็นป่าเต็งรังและป่าเบญจพรรณ มักจะเกิดไฟไหม้ป่าในฤดูแล้งทุกปี ทำให้เกิดหมอกควันปกคลุมทั่วบริเวณ

Copyright by Mahidol University

บทที่ 3
วิธีดำเนินการศึกษา

การศึกษาเรื่อง ดัชนีไฟเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อม ในพื้นที่ป่าเต็งรังของอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย ในครั้งนี้ แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 แบบ คือ การศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยสิ่งแวดล้อมกับความรุนแรงของไฟ และการศึกษาเกี่ยวกับดัชนีไฟ

1. การศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของปัจจัยสิ่งแวดล้อมกับความรุนแรงของไฟ

การศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของปัจจัยสิ่งแวดล้อมกับความรุนแรงของไฟ เป็นการศึกษาเพื่อหาปัจจัยเกี่ยวกับลักษณะของเชื้อเพลิง ได้แก่ ความชื้นของเชื้อเพลิง และปัจจัยเกี่ยวกับลักษณะอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม ที่มีผลต่อความรุนแรงของไฟ โดยวิธีดำเนินการศึกษาวิจัยประกอบด้วย การเลือกพื้นที่ การเก็บข้อมูล และการวิเคราะห์และนำเสนอข้อมูล ดังต่อไปนี้ คือ

1.1 การเลือกพื้นที่

ผู้วิจัยได้เลือกพื้นที่ป่าเต็งรังของอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย บริเวณที่มีความสม่ำเสมอทั้งทางด้านภูมิประเทศ และลักษณะเชื้อเพลิง เพื่อเป็นตัวแทนที่ถูกต้องของป่าเต็งรังที่ศึกษา ทั้งนี้ต้องเป็นพื้นที่ที่สามารถเข้าไปดำเนินการควบคุมไฟป่าได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว โดยในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกพื้นที่ป่าเต็งรังบริเวณวังบัวบานเป็นพื้นที่ตัวแทนที่ศึกษา (รูปที่ 3) ซึ่งมีปัจจัยจำกัดทางด้านภูมิประเทศ ดังนี้คือ

1) ความสูงของพื้นที่จากระดับน้ำทะเล (elevation) ระหว่าง 400-450 เมตร

2) ความลาดชัน (slope) อยู่ระหว่างร้อยละ 25-30

3) ทิศด้านลาด (aspect) อยู่ในทิศตะวันออกเฉียงใต้

Copyright by Mahidol University

รูปที่ 3 สภาพพื้นที่ป่าเต็งรังที่ศึกษา

Copyright by Mahidol University

1.2 วิธีการเก็บข้อมูล

ก่อนการเก็บข้อมูลได้มีวางแปลงตัวอย่าง (sample plots) ขนาด 10 x 10 เมตร^2 เรียงหน้ากระดานไปตามแนวเส้นลายขอบเขา (contour line) และระหว่างแต่ละแปลงจะทำแนวกันไฟขนาด 5 เมตร โดยรอบ (รูปที่ 4)

1) ช่วงเวลาในการเก็บข้อมูล

ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลในช่วงฤดูไฟป่า ระหว่างเดือนพฤศจิกายน - พฤษภาคม รวม 7 เดือน ทำการเผาแปลงทดลองสัปดาห์ละ 1 แปลง ทุกวันพุธ ในเวลา 12.00-14.00 น.ของวัน ซึ่งเป็นช่วงที่มีอันตรายจากไฟป่ามากที่สุด ยกเว้นในช่วงกลางฤดูไฟป่าซึ่งไฟมีความรุนแรงสูงขึ้น คือ ประมาณเดือนมีนาคมเป็นต้นไป จะทำการเก็บข้อมูลเป็นสัปดาห์ละ 2 แปลง เพื่อดูความเปลี่ยนแปลงของค่าความรุนแรงของไฟ และในช่วงปลายฤดูไฟป่า คือ ประมาณเดือนเมษายน จะเก็บข้อมูลในช่วงที่สามารถทำการวัดค่าอัตราการลุกลามของไฟจากการจุดเผาในแปลงทดลองได้

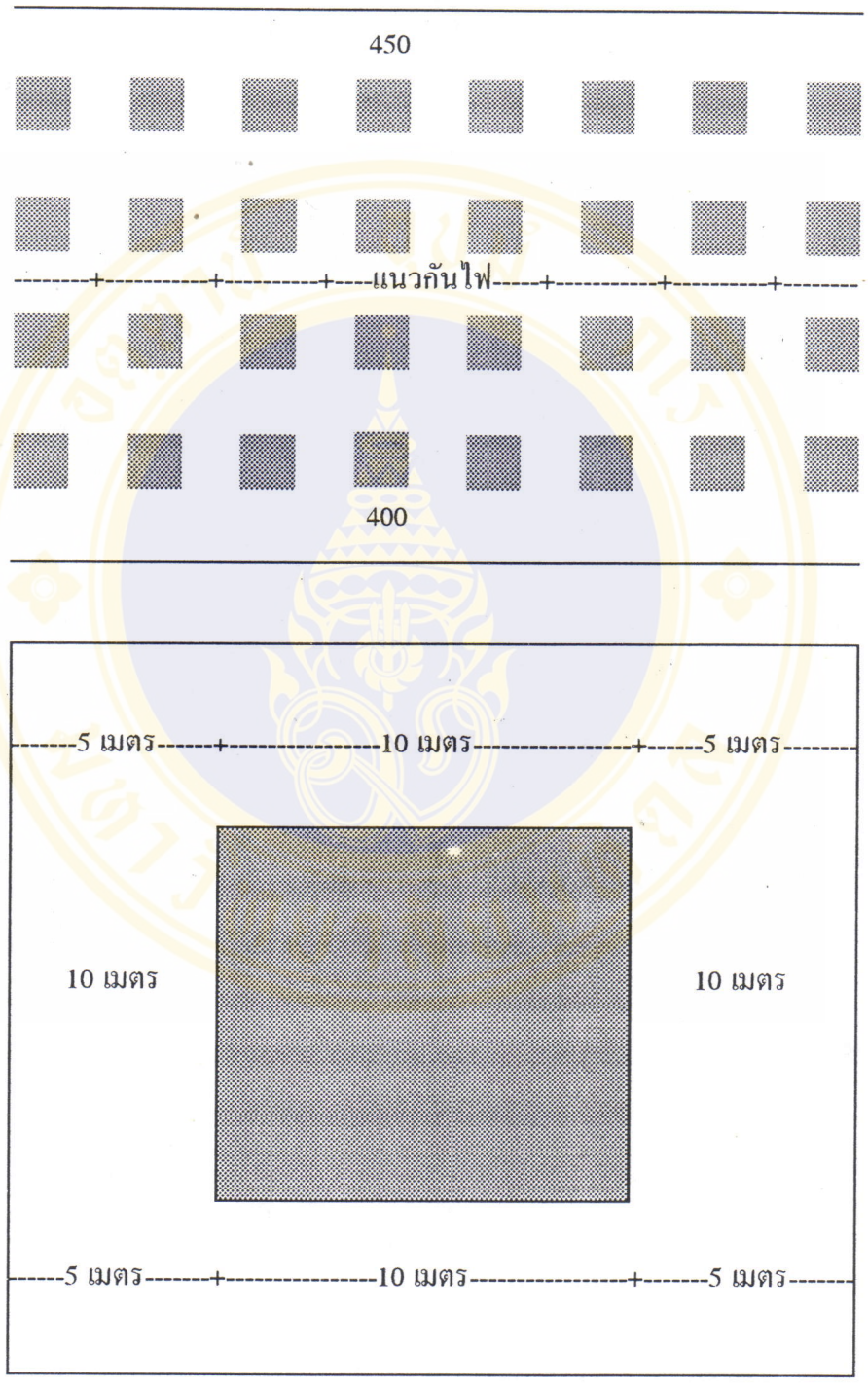
2) การเก็บข้อมูลจากแปลงตัวอย่างก่อนการเผาแปลงทดลอง (รูปที่ 5)

2.1) อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม ในขณะที่สุ่มเลือกเก็บเชื้อเพลิงรวมจากแปลงตัวอย่าง ทำการตรวจวัดและบันทึกข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลมในขณะนั้น โดยใช้เครื่องมือตรวจวัดอากาศแบบสนาม

2.2) ปริมาณเชื้อเพลิงต่อหน่วยเนื้อที่ ทำการเก็บตัวอย่างเชื้อเพลิงโดยการสุ่มตัวอย่างด้วยแปลงย่อยขนาด 1×1 เมตร^2 จำนวน 3 แปลง ชั่งน้ำหนักสดแต่ละแปลงแล้วหาค่าเฉลี่ย

2.3) ความชื้นของเชื้อเพลิง เก็บตัวอย่างเชื้อเพลิงจำนวน 100 กรัม (น้ำหนักสด) สำหรับนำไปวิเคราะห์ด้วยตู้อบเชื้อเพลิง ในห้องปฏิบัติการของภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษ์ศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ตามวิธีมาตรฐานของ American Society for Testing and Material (1974) โดยนำเชื้อเพลิงมาอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วชั่งน้ำหนักแห้ง คำนวณค่าร้อยละของความชื้นของเชื้อเพลิงจากสมการดังนี้คือ

Copyright by Mahidol University



รูปที่ 4 การวางและรูปแบบของแปลงทดลอง

Copyright by Mahidol University

รูปที่ 5 การเก็บข้อมูลก่อนการเผาแปลงทดลอง

Copyright by Mahidol University

$$\text{ค่าร้อยละของความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักสด - น้ำหนักแห้ง}}{\text{น้ำหนักแห้ง}} \times 100$$

2.4) ค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิง นำตัวอย่างพืชไปอบแห้ง แล้วบดให้ละเอียด นำมาอัดเป็นเม็ด เพื่อวิเคราะห์หาค่าความร้อนที่ใช้ในการเผาไหม้ตามวิธีการของ Brown และ Davis (1973) โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า Bomb Calorimeter 1241 ซึ่งควบคุมด้วยเครื่อง Calorimeter Controller 1720 ในห้องปฏิบัติการของกองวิจัยผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ (รูปที่ 6)

3) การเผาแปลงทดลองและเก็บข้อมูล

3.1) จุดไฟที่จุดกึ่งกลางของขอบแปลงทดลองด้านล่างของลาดเขา แล้วจับเวลาตั้งแต่ไฟเริ่มลุกลามออกไปอย่างอิสระ จนกระทั่ง แนวหัวไฟลุกลามไปถึงแนวขอบแปลงด้านใดด้านหนึ่งจากนั้นจึงดับไฟทันที (รูปที่ 7)

3.2) เมื่อดับไฟเรียบร้อยแล้ว วัดระยะทางของแนวหัวไฟ โดยวัดจากจุดที่เริ่มจุดไฟ ไปจนถึงจุดที่แนวหัวไฟชนแนวขอบแปลงทดลอง (รูปที่ 8)

4) อุปกรณ์และเครื่องมือที่จำเป็นต้องใช้ในการเก็บข้อมูลมีดังนี้คือ

4.1) เครื่องวัดอุณหภูมิของอากาศ (thermometer)
4.2) เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ (hygrometer)
4.3) เครื่องวัดความเร็วลม (wind meter)
4.4) เทปวัดระยะทาง (tape)
4.5) หมุดสำหรับปักแนวเขตแปลงทดลอง
4.6) กรรไกรตัดกิ่งไม้
4.7) ถุงเก็บเชื้อเพลิง
4.8) เครื่องชั่งน้ำหนัก
4.9) เชือก
4.10) เครื่องเขียนต่าง ๆ

Copyright by Mahidol University

รูปที่ 6 เครื่อง Bomb Calorimeter 1241 (ด้านขวา) และ
เครื่อง Calorimeter Controller 1720 (ด้านซ้าย)

Copyright by Mahidol University

รูปที่ 7 การเผาแปลงทดลอง

Copyright by Mahidol University

รูปที่ 8 การวัดระยะแนวหัวไฟ

Copyright by Mahidol University

1.3 การวิเคราะห์และนำเสนอข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากการศึกษา จะนำมาวิเคราะห์และนำเสนอดังนี้

1) อัตราการลุกลามของแนวหัวไฟ คำนวณตามสูตร ดังนี้ (สันต์และคณะ, 2534)

อัตราการลุกลามของแนวหัวไฟ = $\frac{\text{ระยะทางของแนวหัวไฟ}}{\text{เวลาที่ใช้ในการลุกลาม}}$ (เมตร/นาที)

2) คำนวณหาความรุนแรงของแนวไฟ (fireline intensity) จากสมการของ Byram (1959) (สันต์และคณะ, 2534)

$$I_B = H.W_a.r$$

I_B = ความรุนแรงของแนวไฟ (บีทียู/ฟุต/วินาที)
fireline intensity (Btu/ft/s)

H = ค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิง (บีทียู/ปอนด์)
heat yield (Btu/lb)

W_a = ปริมาณเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้ (ปอนด์/ฟุต^2)
loading of available fuel (lb/ft^2)

r = อัตราการลุกลามของไฟ (ฟุต/วินาที)
rate of fire spread (ft/s)

3) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความรุนแรงของไฟ กับปัจจัยลักษณะอากาศ (อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, ความเร็วลม) และปัจจัยลักษณะของเชื้อเพลิง (ความชื้นของเชื้อเพลิง) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์แบบ Microstat โดยใช้หลักทางสถิติ คือ การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ศึกษา ด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's Correlation) และการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (Stepwise Multiple Regression Analysis) เพื่อดูว่าปัจจัยแต่ละตัวมีผลมากน้อยต่อความรุนแรงของไฟอย่างไร

Copyright by Mahidol University

โดยกำหนดให้ตัวแปรตาม คือ ค่าความรุนแรงของไฟ (Y) และตัวแปรอิสระ คือ อุณหภูมิ (X_1) ความชื้นสัมพัทธ์ (X_2) ความเร็วลม (X_3) และความชื้นของเชื้อเพลิง (X_4)

4) จัดแบ่งระดับชั้นอันตรายของไฟป่า โดยนำปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่ได้จากการหาความสัมพันธ์ทางสถิติตามข้อ 3.3 มาดูการกระจายของข้อมูลแล้วแบ่งระดับชั้นโดยใช้ค่าพิสัย เพื่อนำมาจัดเป็นดัชนีไฟเชิงคุณภาพ โดยแบ่งระดับอันตรายของไฟออกเป็น 3 แบบ คือ 2, 3 และ 4 ระดับชั้น ซึ่งเป็นคำถามแบบปลายปิด (close-ended) พร้อมทั้งตั้งคำถามปลายเปิด (open-ended) เกี่ยวกับมาตรการควบคุมไฟป่าในดัชนีไฟและข้อเสนอแนะ แล้วจัดทำสรุปเป็นแบบสัมภาษณ์ (ภาคผนวก ก) สำหรับนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านไฟป่าเสนอความคิดเห็นต่อไป

2. การศึกษาเกี่ยวกับดัชนีไฟ

การศึกษาเพื่อจัดทำดัชนีไฟและหามาตรการควบคุมไฟป่าจากดัชนีไฟในครั้งนี้ จะได้ข้อมูลสนับสนุนจากการสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างหรือเป็นทางการ (structure interview or formal interview) โดยใช้แบบสัมภาษณ์ (สุภางค์, 2535) ซึ่งแบบสัมภาษณ์จะมีจุดสนใจเฉพาะคือเป็นเรื่องที่เกี่ยวกับดัชนีไฟและมาตรการควบคุมไฟป่า โดยการส่งแบบสัมภาษณ์แก่ผู้เชี่ยวชาญเพื่อตอบกลับทางไปรษณีย์ในกรณีที่อยู่ต่างจังหวัด หรือนำส่งให้ด้วยตนเองในกรณีที่สามารถจะนำส่งได้ ดังนั้น ข้อมูลที่ได้จะเป็นในเชิงคุณภาพมากกว่าเชิงปริมาณ และถึงแม้ว่าข้อมูลที่ได้จะไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ก็สามารถเสนอภาพสะท้อนในการแก้ไขปัญหาไฟป่าจากผู้เชี่ยวชาญได้บางประการในการเสริมข้อมูลจากการทดลองในส่วนแรก ซึ่งมีวิธีดำเนินการศึกษาประกอบด้วยการเลือกกลุ่มตัวอย่างประชากร การเก็บข้อมูล และการวิเคราะห์และนำเสนอข้อมูล ดังนี้คือ

2.1 การเลือกกลุ่มตัวอย่างประชากร

เลือกศึกษากลุ่มตัวอย่างประชากรจากผู้เชี่ยวชาญด้านไฟป่า ซึ่งอยู่ในกฎเกณฑ์ดังนี้คือ

1) เป็นเจ้าพนักงาน หรือ นักวิชาการที่มีประสบการณ์ทำงานด้านไฟป่าในภาคสนามมาไม่ต่ำกว่า 10 ปี และมีผลงานวิจัยด้านไฟป่า

Copyright by Mahidol University

2) เป็นผู้บริหารที่ทำหน้าที่หรือเคยทำหน้าที่ ในการกำหนดนโยบายและแผนงานด้านไฟป่าของประเทศไทย

3) เป็นนักวิชาการผู้สนใจและเคยทำงานวิจัยด้านไฟป่า

ในการศึกษาครั้งนี้สามารถเลือกผู้เชี่ยวชาญที่เคยมีประสบการณ์ หรือกำลังปฏิบัติงานด้านไฟป่าได้จำนวน 8 ท่าน โดยได้จากส่วนจัดการไฟป่าและภัยธรรมชาติ สำนักป้องกันและปราบปราม กรมป่าไม้ จำนวน 6 ท่าน จากกองบินเกษตร สำนักงานปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ จำนวน 1 ท่าน และจากคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล จำนวน 1 ท่าน (ภาคผนวก ข)

2.2 การเก็บข้อมูล

ทำการเก็บข้อมูลโดยการสอบถามความคิดเห็นจากแบบสัมภาษณ์ ด้วยวิธีการจัดส่งแบบสัมภาษณ์เพื่อกรอกข้อมูลทางไปรษณีย์หรือนำไปให้ด้วยตนเอง เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญวิเคราะห์และเสนอความคิดเห็น โดยมีการแจ้งวัตถุประสงค์และข้อจำกัดสำหรับการวิจัยในครั้งนี้ให้ผู้เชี่ยวชาญทราบก่อน ซึ่งจะแตกต่างจากการวิจัยเชิงคุณภาพโดยตรงที่ผู้สัมภาษณ์เป็นผู้ถามและกรอกข้อมูลแทนการให้ผู้ตอบอ่านและกรอกข้อมูลเอง (สุภางค์, 2535) และจากการศึกษาในครั้งนี้สามารถเก็บข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญได้ครบทั้ง 8 ท่าน

2.3 การวิเคราะห์และนำเสนอข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมนี้ จะเป็นข้อมูลสนับสนุนเรื่องการจัดการไฟป่า โดยนำข้อมูลมาหาความถี่ในเรื่องการเลือกระดับอันตรายของไฟในดัชนีไฟซึ่งเป็นคำถามแบบปลายปิดและหาความสัมพันธ์ในความคิดเห็นส่วนใหญ่ในเรื่องมาตรการควบคุมไฟป่าจากดัชนีไฟ ซึ่งเป็นคำถามแบบปลายเปิด แล้วนำมาวิเคราะห์โดยการเปรียบเทียบข้อมูล (constant comparison) จัดทำเป็นตารางหาความสัมพันธ์ (สุภางค์, 2535) เพื่อสรุปจัดทำเป็นดัชนีไฟและมาตรการควบคุมไฟป่าจากดัชนีไฟสำหรับพื้นที่ศึกษาต่อไป

Copyright by Mahidol University

บทที่ 4
ผลการศึกษา

การศึกษาเรื่อง ดัชนีไฟเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อมในป่าเต็งรัง กรณีศึกษา อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ ในครั้งนี้นั้น ได้ดำเนินการในระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2537 ถึงพฤษภาคม 2538 จากการศึกษาพบว่า ฤดูไฟป่าในพื้นที่ศึกษา อยู่ระหว่างเดือนมกราคมถึงพฤษภาคม 2538 รวม 5 เดือน โดยในช่วงฤดูไฟป่า อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 26-35 องศาเซลเซียส หรือเฉลี่ยเท่ากับ 30.98 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์มีค่าระหว่างร้อยละ 32-78 หรือเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 56.40 ความเร็วลมอยู่ระหว่าง 0-1.75 เมตร/วินาที หรือเฉลี่ยเท่ากับ 0.75 เมตร/วินาที ความชื้นของเชื้อเพลิงมีค่าระหว่างร้อยละ 5.26-68.06 หรือเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 22.57 น้ำหนักของเชื้อเพลิงต่อหน่วยเนื้อที่ อยู่ระหว่าง 290.97-802.38 กรัม/เมตร^2 หรือเฉลี่ยเท่ากับ 466.29 กรัม/เมตร^2 ดังรายละเอียดแสดงไว้ในตารางที่ 5

สำหรับการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลภาคสนาม พื้นที่ป่าเต็งรังบริเวณวังบัวบานของอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย ซึ่งเลือกเป็นตัวแทนพื้นที่ศึกษา โดยข้อมูลที่ได้จะนำมาวิเคราะห์และนำเสนอดังต่อไปนี้คือ

1. อัตราการลุกลามของไฟ
2. ความรุนแรงของไฟ
3. ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่ศึกษากับความรุนแรงของไฟ
4. ดัชนีไฟป่า

1. อัตราการลุกลามของไฟ (Rate of Fire Spread)

อัตราการลุกลามของไฟ จากการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการทดลองจุดไฟเผาเชื้อเพลิงที่อยู่ในแปลงทดลองเพื่อวัดอัตราการลุกลามของไฟ จากขอบแปลงด้านหนึ่งไปยังขอบแปลงอีกด้านหนึ่ง

Copyright by Mahidol University

ระยะทาง 10 เมตร ทำการจับเวลาเพื่อวัดความเร็วของแนวหัวไฟแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ซึ่งพบว่าเงื่อนไขสิ่งแวดล้อมทำให้เชื้อเพลิงเริ่มติดไฟ จนสามารถวัดอัตราการลุกลามของไฟได้ครั้งแรกในช่วงปลายเดือนมกราคม 2538 โดยตลอดช่วงฤดูไฟป่าอัตราการลุกลามของไฟจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นและเพิ่มขึ้นสูงสุดในช่วงกลางเดือนมีนาคม 2538 ซึ่งค่าอัตราการลุกลามของไฟสูงสุดเท่ากับ 3.57 เมตรต่อนาที หลังจากนั้นอัตราการลุกลามของไฟจะมีแนวโน้มลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งในช่วงกลางเดือนพฤษภาคม ซึ่งเป็นช่วงที่อัตราการลุกลามมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.28 เมตรต่อนาที และอัตราการลุกลามสิ้นสุดลงในช่วงปลายเดือนพฤษภาคม เนื่องจากไม่สามารถจุดไฟติดเพราะเชื้อเพลิงมีความชื้นสูง อันเป็นผลเนื่องมาจากเริ่มเข้าสู่ช่วงต้นฤดูฝน ทำให้มีฝนตกชุกขึ้น โดยในช่วงฤดูไฟป่าจะมีอัตราการลุกลามของไฟเฉลี่ยเท่ากับ 1.26 เมตรต่อนาที ดังแสดงไว้ในตารางที่ 5 และรูปที่ 9

ตารางที่ 5 ข้อมูลแปลงวิจัยดัชนีไฟเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อมในป่าเต็งรัง อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2537 - พฤษภาคม 2538

วัน เดือน ปี	สภาพอากาศ			เชื้อเพลิง		อัตราการลุกลาม
	อุณหภูมิ (°ซ)	ความชื้นสัมพัทธ์ (ร้อยละ)	ความเร็วลม (เมตร/วินาที)	ความชื้น * (ร้อยละ)	น้ำหนัก/พื้นที่ (กรัม/ม^2)	(เมตร/นาที)
2/11/37	25.00	80.00	1.00	74.00	343.26	0.00
9/11/37	26.50	78.00	0.50	54.41	313.83	0.00
16/11/37	27.00	82.00	0.50	56.32	429.65	0.00
23/11/37	28.00	82.00	0.50	43.54	471.30	0.00
30/11/37	28.00	76.00	0.50	102.60	303.06	0.00
7/12/37	24.00	82.00	0.00	98.65	325.86	0.00
14/12/37	24.50	82.00	0.50	71.01	269.97	0.00
21/12/37	24.00	80.00	0.50	93.40	233.71	0.00
28/12/37	24.50	80.00	0.50	80.92	296.63	0.00
4/1/38	23.00	79.50	0.50	78.64	265.34	0.00
11/1/38	27.00	76.00	0.50	95.14	174.23	0.00
18/1/38	25.00	79.00	0.50	66.51	249.64	0.00
(A) 25/1/38	27.50	76.00	1.50	68.06	290.97	0.81
1/2/38	28.00	78.00	1.00	29.04	382.83	0.46
8/2/38	26.00	70.00	0.50	28.87	475.15	0.85
15/2/38	29.00	69.00	0.50	31.61	688.15	0.86
22/2/38	31.00	66.00	0.50	31.88	377.94	0.87

Copyright by Mahidol University

ตารางที่ 5 (ต่อ)

วัน เดือน ปี	สภาพอากาศ อุณหภูมิ (°ซ)	สภาพอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ (ร้อยละ)	สภาพอากาศ ความเร็วลม (เมตร/วินาที)	เชื้อเพลิง ความชื้น * (ร้อยละ)	เชื้อเพลิง น้ำหนัก/พื้นที่ (กรัม/ม^2)	อัตราการลุกลาม (เมตร/นาที)
2/3/38	31.00	67.00	1.00	24.05	439.07	2.03
5/3/38	31.00	76.00	1.50	22.55	422.14	3.14
8/3/38	33.00	47.00	0.50	14.12	391.98	2.01
12/3/38	34.00	42.00	0.70	16.84	353.76	3.57
15/3/38	33.00	49.00	1.25	15.96	347.82	1.56
19/3/38	32.00	56.00	0.50	17.02	343.81	0.87
22/3/38	32.00	50.00	1.20	13.79	625.56	1.42
25/3/38	31.00	56.00	0.50	9.16	622.94	0.92
29/3/38	32.00	42.00	1.75	29.63	354.34	0.92
2/4/38	34.00	40.00	0.50	9.16	383.23	1.09
5/4/38	31.00	56.00	0.50	11.34	446.38	0.60
9/4/38	32.00	45.00	0.50	11.11	526.51	1.14
12/4/38	33.50	49.00	0.50	11.34	495.48	1.85
16/4/38	34.00	36.00	0.70	17.65	802.38	2.40
19/4/38	32.00	55.00	0.50	5.26	649.18	2.22
23/4/38	35.00	40.00	0.80	11.34	564.94	2.07
26/4/38	31.50	54.00	1.20	24.91	534.12	1.07
5/5/38	28.00	68.00	0.00	32.44	483.24	0.43
9/5/38	29.50	66.00	0.50	27.26	525.17	0.43
10/5/38	32.50	53.00	0.75	23.99	424.77	0.76
18/5/38	28.00	68.00	0.25	34.67	407.66	0.28
20/5/38	30.00	58.00	1.00	30.85	388.48	1.05
21/5/38	29.00	60.00	0.00	27.36	444.94	0.56
22/5/38	31.00	32.00	1.00	21.17	418.15	1.09
(B) 24/5/38	28.00	68.00	0.00	24.69	376.40	0.45
ค่าเฉลี่ย (A-B)	30.98	56.40	0.75	22.57	466.29	1.26

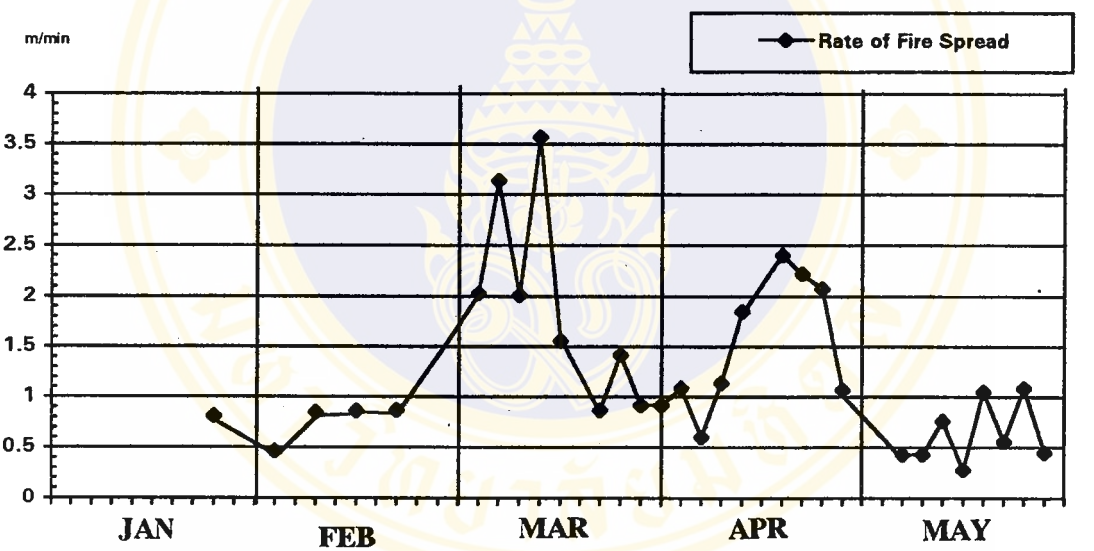
หมายเหตุ : * = วิเคราะห์ข้อมูลในห้องปฏิบัติการ

(A) = ต้นฤดูไฟป่า

(B) = ปลายฤดูไฟป่า

ที่มา : จากการเก็บข้อมูลภาคสนามและวิเคราะห์ข้อมูลในห้องปฏิบัติการ (2538)

Copyright by Mahidol University



รูปที่ 9 กราฟแสดงอัตราการลุกลามของไฟในแต่ละช่วงเวลา ปี พ.ศ. 2538

ที่มา: จากการเก็บข้อมูลภาคสนาม (2538)

Copyright by Mahidol University

2. ความรุนแรงของไฟ (Fire Intensity)

ค่าความรุนแรงของไฟจากการศึกษาครั้งนี้คำนวณได้จากสูตรของ Byram ปี ค.ศ. 1959 ซึ่งได้มาจากค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิง (Heat Yield) ซึ่งเป็นค่าคงที่ นำมาคูณกับค่าปริมาณเชื้อเพลิงต่อหน่วยพื้นที่ (Loading of Available Fuel) ที่เก็บได้จากแปลงทดลอง และค่าอัตราการลุกลามของไฟ (Rate of Fire Spread) ที่วัดได้จากการทดลองเผาในแต่ละครั้ง โดยหน่วยที่ได้จะเป็นระบบอังกฤษ (บีทียู/ฟุต/วินาที) และได้แปลงเป็นหน่วยในระบบเมตริก (กิโลวัตต์/เมตร)

จากการศึกษาพบว่า ความรุนแรงของไฟจะมีค่าสูงขึ้นเรื่อย ๆ ตั้งแต่ปลายเดือนมกราคมจนถึงเดือนเมษายนที่ค่าความรุนแรงของไฟขึ้นถึงจุดสูงสุด ซึ่งมีค่าความรุนแรงของไฟสูงสุดเท่ากับ 557.98 กิโลวัตต์/เมตร หรือ 161.33 บีทียู/ฟุต/ปอนด์ ทำให้สามารถประมาณการได้ว่าช่วงที่ไฟป่ามีอันตรายสูงสุดของปีนี้อยู่ในช่วงเดือนเมษายน หลังจากนั้นค่าความรุนแรงของไฟจะค่อย ๆ ลดต่ำลงเรื่อย ๆ โดยในช่วงกลางเดือนพฤษภาคมความรุนแรงของไฟมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 42.92 กิโลวัตต์/เมตร หรือ 12.41 บีทียู/ฟุต/ปอนด์ จนกระทั่งถึงช่วงปลายเดือนพฤษภาคมก็ไม่สามารถหาค่าความรุนแรงของไฟได้ เพราะในช่วงนั้นมีปริมาณฝนตกลงมาอย่างต่อเนื่องเหมือนช่วงเข้าสู่ฤดูฝน ทำให้เชื้อเพลิงมีความชื้นสูงจนไม่สามารถติดไฟได้ ซึ่งถือว่าเป็นการสิ้นสุดฤดูไฟป่า โดยตลอดช่วงฤดูไฟป่า ความรุนแรงของไฟมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 225.33 กิโลวัตต์/เมตร หรือ 65.15 บีทียู/ฟุต/ปอนด์ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 6 และรูปที่ 10

ตารางที่ 6 ค่าความรุนแรงของไฟในพื้นที่ป่าเต็งรัง อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ ปี พ.ศ. 2538

วัน เดือน ปี	ค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิง (H)		ปริมาณเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้ (W_a)		อัตราการลุกลาม (r)		ความรุนแรงของไฟ (I_b)	
	บีทียู/ปอนด์	แคลอรี/กรัม	ปอนด์/ฟุต^2	กรัม/เมตร^2	ฟุต/วินาที	เมตร/นาที	บีทียู/ฟุต/วินาที	กิโลวัตต์/ม
25/1/38	7,756.24	4,309.26	0.06	290.97	0.04	0.81	18.61	64.36
1/2/38	7,756.24	4,309.26	0.08	382.83	0.03	0.46	18.61	64.36
8/2/38	7,756.24	4,309.26	0.09	475.15	0.05	0.85	34.90	120.71
15/2/38	7,756.24	4,309.26	0.14	688.15	0.05	0.86	54.29	187.77
22/2/38	7,756.24	4,309.26	0.07	377.94	0.05	0.87	27.15	93.90

Copyright by Mahidol University

ตารางที่ 6 (ต่อ)

วัน เดือน ปี	ค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิง (H) บีทียู/ปอนด์	แคลอรี/กรัม	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้ (W_a) ปอนด์/ฟุต^2	กรัม/เมตร^2	อัตราการลุกลาม (r) ฟุต/วินาที	เมตร/นาที	ความรุนแรงของไฟ (I_b) บีทียู/ฟุต/วินาที	กิโลวัตต์/ม
2/3/38	7,756.24	4,309.26	0.09	438.75	0.12	2.03	83.77	289.73
5/3/38	7,756.24	4,309.26	0.08	422.14	0.18	3.14	111.69	386.29
8/3/38	7,756.24	4,309.26	0.08	393.40	0.11	2.01	68.25	236.05
12/3/38	7,756.24	4,309.26	0.07	353.76	0.20	3.57	108.59	375.57
15/3/38	7,756.24	4,309.26	0.07	347.82	0.09	1.56	48.86	168.99
19/3/38	7,756.24	4,309.26	0.07	343.81	0.05	0.87	27.15	93.90
22/3/38	7,756.24	4,309.26	0.12	625.56	0.08	1.42	74.46	257.53
25/3/38	7,756.24	4,309.26	0.12	622.94	0.05	0.92	46.54	160.98
29/3/38	7,756.24	4,309.26	0.07	354.34	0.05	0.92	27.15	93.90
2/4/38	7,756.24	4,309.26	0.08	383.23	0.06	1.09	37.23	128.76
5/4/38	7,756.24	4,309.26	0.09	446.38	0.03	0.60	20.94	72.42
9/5/38	7,756.24	4,309.26	0.10	526.51	0.06	1.14	46.54	160.96
12/4/38	7,756.24	4,309.26	0.10	495.48	0.10	1.85	77.56	268.25
16/4/38	7,756.24	4,309.26	0.16	802.38	0.13	2.40	161.33	557.98
19/4/38	7,756.24	4,309.26	0.13	649.18	0.12	2.22	121.00	418.49
23/4/38	7,756.24	4,309.26	0.11	564.94	0.11	2.07	93.85	324.59
26/4/38	7,756.24	4,309.26	0.11	534.12	0.06	1.07	51.19	177.05
5/5/38	7,756.24	4,309.26	0.10	483.24	0.02	0.43	15.51	53.64
9/5/38	7,756.24	4,309.26	0.10	525.17	0.02	0.43	15.51	53.64
10/5/38	7,756.24	4,309.26	0.09	424.77	0.04	0.76	27.92	96.56
18/5/38	7,756.24	4,309.26	0.08	407.66	0.02	0.28	12.41	42.92
20/5/38	7,756.24	4,309.26	0.08	388.48	0.06	1.05	37.23	128.76
21/5/38	7,756.24	4,309.26	0.09	444.94	0.03	0.56	20.94	72.42
22/5/38	7,756.24	4,309.26	0.08	418.15	0.06	1.09	37.23	128.76
24/5/38	7,756.24	4,309.26	0.07	376.40	0.02	0.45	10.86	37.56
ค่าเฉลี่ย	7,756.24	4,309.26	0.12	466.29	0.07	1.26	56.15	225.33

หมายเหตุ : 1 แคลอรี่ / กรัม = 1.7999 บีทียู / ปอนด์

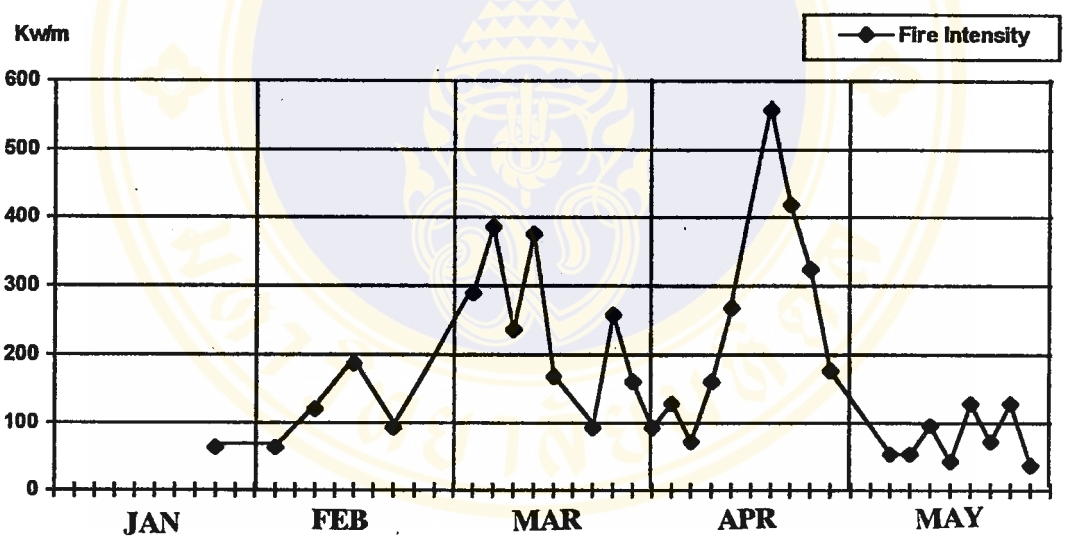
1 บีทียู / ฟุต / วินาที = 3.4586 กิโลวัตต์ / เมตร

1 กรัม = 0.0022 ปอนด์

1 เมตร = 3.29 ฟุต

ที่มา : จากการคำนวณข้อมูลตามสูตรคณิตศาสตร์ของ Byram (1959)

Copyright by Mahidol University



รูปที่ 10 กราฟแสดงความรุนแรงของไฟในแต่ละช่วงเวลา ปี พ.ศ. 2538

ที่มา : จากการคำนวณข้อมูลโดยสูตรของ Byram (1959)

Copyright by Mahidol University

4. ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่ศึกษากับความรุนแรงของไฟ

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมในครั้งนี้ เป็นการศึกษาปัจจัยเกี่ยวกับลักษณะอากาศ อันได้แก่ อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม กับปัจจัยเกี่ยวกับลักษณะเชื้อเพลิง ได้แก่ ความชื้นของเชื้อเพลิง ว่ามีความสัมพันธ์กับค่าความรุนแรงของไฟที่คำนวณได้อย่างไร โดยการทดสอบความสัมพันธ์ด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson's Correlation) เพื่อดูว่าปัจจัยสิ่งแวดล้อมใดมีความสัมพันธ์กับความรุนแรงของไฟอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แล้วนำปัจจัยที่ได้นั้นมาวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (Stepwise Multiple Regression Analysis) เพื่อหารูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่ศึกษากับความรุนแรงของไฟต่อไป โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติสำเร็จรูปแบบ Microstat

ผลการศึกษาพบว่า อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความชื้นของเชื้อเพลิง มีความสัมพันธ์กับความรุนแรงของไฟอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ที่ระดับ 0.01 และ 0.05) โดยอุณหภูมิมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกและมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.60 (P = 0.000) กล่าวคือ ถ้าอุณหภูมิสูง ค่าความรุนแรงของไฟจะสูงตามด้วย ในทางตรงกันข้าม ถ้าอุณหภูมิต่ำ ค่าความรุนแรงของไฟจะต่ำด้วย ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันหรือเป็นปฏิภาคตามกัน สำหรับความชื้นสัมพัทธ์และความชื้นของเชื้อเพลิงมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ 0.01 ในเชิงลบ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ -0.38 (P = 0.018) และ -0.45 (P = 0.007) ตามลำดับ กล่าวคือ ถ้าความชื้นสัมพัทธ์และความชื้นของเชื้อเพลิงสูง ความรุนแรงของไฟจะต่ำ ในทางตรงกันข้าม ถ้าความชื้นสัมพัทธ์และความชื้นของเชื้อเพลิงต่ำ ค่าความรุนแรงของไฟก็จะสูงขึ้น ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้าม หรือเป็นปฏิภาคผกผันกัน ส่วนความเร็วลมมีความสัมพันธ์กับความรุนแรงของไฟอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่ศึกษาในครั้งนี้ อุณหภูมิจะมีความสัมพันธ์กับค่าความรุนแรงของไฟมากที่สุด (r = 0.60) รองลงมาได้แก่ ความชื้นของเชื้อเพลิง (r = -0.45) และความชื้นสัมพัทธ์ (r = -0.38) ดังรายละเอียดแสดงไว้ในตารางที่ 7

Copyright by Mahidol University

ตารางที่ 7 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความรุนแรงของไฟกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่ศึกษา

ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่ศึกษา	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
อุณหภูมิ (X_1)	0.60 **
ความชื้นสัมพัทธ์ (X_2)	-0.38 *
ความเร็วลม (X_3)	0.21
ความชื้นของเชื้อเพลิง (X_4)	-0.45 **

หมายเหตุ : ** $P < 0.01$ * $P < 0.05$

ที่มา: จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (2538)

อนึ่ง มีข้อน่าสังเกตจากการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่า ความเร็วลมมีความสัมพันธ์กับความรุนแรงของไฟอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งตามหลักพฤติกรรมไฟแล้ว ลมมีความสัมพันธ์กับอัตราการลุกลามและความรุนแรงของไฟ ดังนั้น ลมจึงน่าจะมีความสัมพันธ์กับความรุนแรงของไฟอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติด้วย แต่จากการศึกษาครั้งนี้ ค่าความเร็วลมที่วัดได้ค่อนข้างสม่ำเสมอไม่แตกต่างกันมากนัก คือ ความเร็วลมอยู่ระหว่าง 0-1.75 เมตร/วินาที หรือเฉลี่ยเท่ากับ 0.75 เมตร/วินาที ทั้งนี้เนื่องจาก ไฟป่าที่เกิดขึ้นในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นไฟผิวดิน ซึ่งอิทธิพลของลมที่มีผลต่อความรุนแรงของไฟก็จะเป็นลมที่พัดอยู่ในบริเวณป่า และโดยตามสภาพธรรมชาติของป่า ต้นไม้ที่ขึ้นอยู่จะทำหน้าที่เสมือนแนวกั้นลม ช่วยลดแรงปะทะจากลมและลดความเร็วของลมจากภายนอกที่พัดเข้าสู่ป่า จึงเป็นผลให้ลมที่พัดอยู่ภายในบริเวณป่า มีค่าค่อนข้างสม่ำเสมอไม่แตกต่างกันมากนัก อันเป็นประโยชน์ของป่าไม้ในทางอ้อม ซึ่งแตกต่างจากในประเทศแถบเขตอบอุ่น ไฟป่าที่เกิดขึ้นส่วนมากจะเป็นไฟเรือนยอด ลมที่มีอิทธิพลต่อไฟป่าจะเป็นลมเบื้องบนที่พัดอยู่เหนือยอดไม้ ประกอบกับช่วงเวลาและฤดูกาลที่เก็บข้อมูลอยู่ในช่วงลมสงบหรือมีความรุนแรงน้อย ด้วยสาเหตุต่าง ๆ ที่กล่าวมาทั้งหมด จึงส่งผลให้ความเร็วลมที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ มีความแปรปรวนของข้อมูลน้อย ทำให้ค่าความสัมพันธ์ของปัจจัยสิ่งแวดล้อมกับความรุนแรงของไฟที่ได้จากการศึกษามีความสัมพันธ์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

Copyright by Mahidol University

จากการทดสอบความสัมพันธ์ข้างต้น จะพบว่าปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีความสัมพันธ์ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นของเชื้อเพลิง และความชื้นสัมพัทธ์ เมื่อนำมาวิเคราะห์หารูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่ศึกษา ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความชื้นของเชื้อเพลิง ซึ่งกำหนดให้เป็นตัวแปรอิสระ กับค่าความรุนแรงของไฟที่คำนวณได้จากสูตรของ Byram (1959) (อ้างในสันต์และคณะ, 2534) กำหนดให้เป็นตัวแปรตามโดยใช้การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ผลของตัวแปรอิสระว่ามีความสามารถหรือประมาณค่าตัวแปรตามได้มากน้อยเพียงใด แสดงให้เห็นผลถึงอิทธิพลของตัวแปรที่ถูกนำเข้าในแบบจำลองความสัมพันธ์ในแต่ละขั้นตอน โดยในขั้นแรกจะหาตัวแปรอิสระหนึ่งตัวที่สามารถอธิบายการผันแปรของตัวแปรตาม หรือมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามมากที่สุดมาสร้างสมการถดถอยสมการแรก ในขั้นที่สองจะหาตัวแปรที่สองนำมารวมกับตัวแปรแรก แล้วสามารถอธิบายความผันแปรของตัวแปรตามได้มากขึ้น ต่อมาก็หาตัวแปรอิสระอื่น ๆ ที่ยังคงเหลืออยู่เข้าสมการต่อ ๆ ไปตามลำดับความสามารถในการอธิบายการผันแปรของตัวแปรตาม

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอนของปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความรุนแรงของไฟในพื้นที่ศึกษาจากข้อมูลจำนวน 30 ครั้ง ซึ่งเป็นข้อมูลที่สามารถวัดค่าความรุนแรงของไฟได้ จากจำนวนข้อมูลทั้งหมด 42 ครั้งที่ทำการศึกษา ดังรายละเอียดที่แสดงไว้ในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ค่าสถิติการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอนของความรุนแรงของไฟป่ากับปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่ศึกษา

ลำดับที่ของปัจจัยที่เข้าสมการในการวิเคราะห์	B	Beta	R	R^2	R^2 Change	SEE	F	Sig.F
1.อุณหภูมิ (Temp)	35.57	0.60	0.60	0.36	0.36	105.95	15.89	0.00

หมายเหตุ : F = 15.89 ค่าคงที่ = -893.79

ที่มา : จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (2538)

Copyright by Mahidol University

จากการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอนในตารางที่ 8 พบว่ามีตัวแปรอิสระหรือปัจจัยที่มีนัยสำคัญหรือมีประสิทธิภาพสูงในการอธิบายหรือประมาณค่าความรุนแรงของไฟได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ที่ 0.05) เพียง 1 ตัวแปร ซึ่งสามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้คือ

ตัวแปรอิสระที่มีผลต่อความรุนแรงของไฟมากที่สุดคือ อุณหภูมิ (X_1) กล่าวคือ เป็นตัวแปรแรกที่ถูกคัดเลือกเข้าไปในแบบจำลอง โดยมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับความรุนแรงของไฟ (Beta = 0.60) หมายความว่า ถ้าอุณหภูมิมีค่าสูงขึ้น ความรุนแรงของไฟจะมีค่าสูงขึ้นไปด้วย ถ้าอุณหภูมิต่ำลง ความรุนแรงของไฟจะมีค่าต่ำลงไปด้วย เป็นความสัมพันธ์ตามกัน โดยอุณหภูมิสามารถอธิบายความผันแปรของความรุนแรงของไฟได้ประมาณร้อยละ 36 ($R^2 = 0.36$)

อีกร้อยละ 64 (100 - 36) ของค่าความรุนแรงของไฟมีผลมาจากสาเหตุอื่น การใช้ตัวแปรทั้งหมดดังกล่าวมาประมาณค่าความรุนแรงของไฟมีค่าความคลาดเคลื่อน 105.95 และสามารถเขียนเป็นรูปสมการได้ดังนี้คือ

$$Y = -893.79 + 34.57 (X_1)$$

4. ดัชนีไฟ (Fire Index)

การจัดทำดัชนีไฟในการศึกษาครั้งนี้นั้น ใช้วิธีการหาค่าความรุนแรงของไฟตามสูตรของ Byram ปีค.ศ. 1959 และจัดทำเป็นดัชนีไฟเชิงคุณภาพโดยใช้เปรียบเทียบกับแบบอย่างดัชนีไฟของ Lee (1994) ซึ่งใช้ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่ศึกษากับความรุนแรงของไฟ ว่ามีปัจจัยใดบ้างที่มีอิทธิพลและสามารถนำมาประมาณค่าความรุนแรงของไฟได้ โดยดูจากสมการการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอนที่คำนวณได้ แล้วดูการกระจายของข้อมูล และค่าเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์ของปัจจัยที่มีความสัมพันธ์นั้น เพื่อนำมาจัดระดับชั้นโดยใช้ค่าพิสัย แล้วนำไปประมวลผลรวมกับความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญด้านไฟป่าที่มีประสบการณ์ด้านไฟป่าไม่ต่ำกว่า 10 ปี และมีผลงานวิจัยด้านไฟป่า ของส่วนจัดการไฟป่าและภัยธรรมชาติ สำนักป้องกันและปราบปรามกรมป่าไม้ ของส่วนการบิน สำนักปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และของมหาวิทยาลัยมหิดล ซึ่งคัดเลือกมาจำนวน 8 ท่านเสนอความคิดเห็นในแบบสัมภาษณ์ (ภาคผนวก ก)

Copyright by Mahidol University

จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า อุณหภูมิเป็นปัจจัยสิ่งแวดล้อมเดียวที่มีอิทธิพลต่อความรุนแรงของไฟในพื้นที่ศึกษา โดยอุณหภูมิที่วัดได้กระจายอยู่ในช่วงตั้งแต่ 26-35 องศาเซลเซียส มีค่าเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์เท่ากับ 30.98 เมื่อนำมาจัดระดับชั้นอันตรายของไฟโดยใช้ค่าพิสัย แบ่งดัชนีไฟออกเป็น 2, 3 และ 4 ระดับ แล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านไฟป่าเสนอความคิดเห็นตามแบบสัมภาษณ์ ผลปรากฏว่า ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 6 ใน 8 ท่าน ลงความเห็นให้แบ่งดัชนีไฟออกเป็น 3 ระดับ ส่วนอีก 2 ท่าน ลงความเห็นให้แบ่งดัชนีไฟ 2 ระดับ และ 4 ระดับ ดังรายละเอียดที่แสดงไว้ในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 การเลือกระดับของดัชนีไฟจากผู้เชี่ยวชาญด้านไฟป่า ในปี พ.ศ. 2538

ผู้เชี่ยวชาญ	ดัชนีไฟ		
	2 ระดับ	3 ระดับ	4 ระดับ
(1)		/	
(2)			/
(3)		/	
(4)		/	
(5)		/	
(6)	/		
(7)		/	
(8)		/	

ที่มา : จากการสัมภาษณ์ (2538)

ซึ่งสาเหตุที่ผู้เชี่ยวชาญลงความเห็นให้แบ่งดัชนีไฟออกเป็น 3 ระดับ ก็เนื่องมาจากมีความสะดวกและเหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์ใช้ปฏิบัติจริงในการควบคุมไฟป่า และเป็นการประเมินสถานการณ์อันตรายของไฟในขั้นต้นสำหรับผู้ที่มีหน้าที่จัดการไฟป่า ประกอบกับความรุนแรงของไฟในป่าเต็งรังที่คำนวณได้จากการศึกษาในครั้งนี้มีค่าไม่สูงมากเหมือนของต่างประเทศ ดังนั้นดัชนีไฟสำหรับพื้นที่ศึกษา ซึ่งเป็นตัวแทนพื้นที่ป่าเต็งรังของอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย อันมีปัจจัยทางด้านภูมิประเทศ คือ ความสูงของพื้นที่จากระดับน้ำทะเลอยู่ในช่วง 400-450 เมตร ความลาดชันอยู่ในช่วงร้อยละ 25-30 และทิศด้านลาดอยู่ในทิศตะวันออกเฉียงใต้ จึงสามารถแบ่งดัชนีไฟออกได้เป็น 3 ระดับ คือ ระดับต่ำ ปานกลาง และสูง โดยมีอุณหภูมิเป็นเครื่องชี้ระดับอันตรายของไฟ ดังรายละเอียดแสดงไว้ในตารางที่ 10

Copyright by Mahidol University

ตารางที่ 10 ดัชนีไฟของพื้นที่ศึกษา ในป่าแต้งรังอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่

อุณหภูมิ ($^{\circ}$ ซ)	ระดับอันตรายของไฟ
< 29	ต่ำ
29 - 32	ปานกลาง
> 32	สูง

ที่มา: จากการวิเคราะห์ข้อมูลและสัมภาษณ์ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (2538)

อนึ่ง เมื่อแบ่งดัชนีไฟได้เป็น 3 ระดับแล้ว และเพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายของการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อม จึงสามารถนำมาเสนอการแปลผลพฤติกรรมของไฟในแง่การควบคุมตามแบบของ Andrew (1980) (อ้างในสันต์และคณะ, 2534) ประกอบกับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านไฟป่า ซึ่งจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 6 ท่านที่เลือกดัชนีไฟเป็น 3 ระดับอันตราย ผู้เชี่ยวชาญลำดับที่ (1) (4) (5) (7) และ (8) ได้เสนอมาตรการควบคุมไฟป่าจากดัชนีไฟ เกี่ยวกับรูปแบบ เครื่องมือ และวิธีการในการควบคุมไฟป่าได้ตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 11 ดังนี้คือ

ตารางที่ 11 ผลความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเรื่องมาตรการควบคุมไฟป่าจากดัชนีไฟ

ผู้เชี่ยวชาญ	มาตรการควบคุมไฟป่า		
	ระดับอันตรายต่ำ	ระดับอันตรายปานกลาง	ระดับอันตรายสูง
(1)	-ใช้วิธีดับไฟทางตรง -ใช้กำลังคนภาคพื้นดินพร้อมเครื่องมือดับไฟ	-ใช้เครื่องมือฉีดน้ำ Slip on Tank เข้าช่วยสนับสนุน -ใช้กำลังคนภาคพื้นดินพร้อมเครื่องมือดับไฟ	-อาจใช้วิธีเผากลับหรือทำแนวกันไฟสกัด -ใช้อุปกรณ์ทุกชนิดที่มีอยู่เข้าควบคุม หรือใช้อากาศยานเข้าสนับสนุนตามความรุนแรง
(4)	-ใช้วิธีดับทางตรง -ใช้เครื่องมือดับไฟธรรมดา -ใช้อัตรากำลังภาคพื้นดิน	-ใช้วิธีดับทางอ้อม -ใช้เครื่องมือดับไฟธรรมดา (ในกรณีห่างไกลถนน) กรณีห่างถนนไม่มาก ให้ใช้รถดับเพลิงขนาดเล็กเข้าช่วย	-ใช้วิธีดับไฟทางอ้อมหรือเผากลับ -ใช้เครื่องมือทุกอย่างที่มีอยู่หรือใช้เครื่องบินสนับสนุนทิ้งน้ำดับทางอากาศ

Copyright by Mahidol University

ตารางที่ 11 (ต่อ)

ผู้เชี่ยวชาญ	มาตรการควบคุมไฟป่า		
	ระดับอันตรายต่ำ	ระดับอันตรายปานกลาง	ระดับอันตรายสูง
(5)	-ใช้วิธีดับทางตรงหรือดับทันที -ใช้เครื่องมือดับไฟธรรมดา เช่น ไม้ตบไฟ ถังฉีดน้ำ	-ใช้วิธีดับทางตรงและทางอ้อม (ทำแนวกันไฟ) -ใช้เครื่องมือดับไฟธรรมดา	-ใช้วิธีการดับไฟทุกวิธี รวมถึงการเผากลับในกรณีจำเป็น -ใช้อุปกรณ์ดับไฟธรรมดารวมทั้งการสนับสนุนจากเครื่องบินทางอากาศ
(7)	-ใช้วิธีดับทางตรงที่หัวไฟ -ใช้เครื่องมือดับไฟธรรมดา	-ใช้วิธีดับทางตรง -ใช้เครื่องมือดับไฟธรรมดา หรือใช้พลั่วในกรณีป่าไผ่	-ใช้วิธีดับทางอ้อม (ทำแนวกันไฟ) ผสมกับวิธีดับทางตรง -ใช้เครื่องมือทุกอย่างที่มี รวมถึงรถดับเพลิง ในบางครั้งอาจใช้อากาศยานเข้าสนับสนุน
(8)	-ใช้วิธีดับทางตรงที่หัวไฟ -ใช้เครื่องมือดับไฟธรรมดา	-ใช้วิธีดับทางตรง -ใช้เครื่องมือดับไฟธรรมดา	-ใช้วิธีดับทางอ้อม (ทำแนวกันไฟ) ผสมกับวิธีดับทางตรง -ใช้เครื่องมือทุกอย่างที่มี ในบางครั้งอาจใช้อากาศยานเข้าสนับสนุน

ที่มา : จากแบบสัมภาษณ์ (2538)

Copyright by Mahidol University

เมื่อนำมาตรการต่าง ๆ ที่ผู้เชี่ยวชาญให้ความคิดเห็น สามารถนำมาประมวลสรุปรวมกันเป็นมาตรการควบคุมไฟป่าจากดัชนีไฟ สำหรับใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ได้ดังนี้คือ (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 12 มาตรการควบคุมไฟป่าในป่าเต็งรังจากดัชนีไฟ พื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่

ระดับอันตราย	พฤติกรรมของไฟ				มาตรการควบคุม
	ความยาวของเปลวไฟ		ความรุนแรงของไฟ		
	ฟุต	เมตร	บีทียู/ฟุต/วินาที	กิโลวัตต์/เมตร	
ต่ำ	< 2.20	< 0.67	< 31.44	< 108.74	- ใช้วิธีดับทันทีที่ไฟ หรือดับทางตรงที่บริเวณหัวไฟ - ควบคุมไฟโดยใช้เครื่องมือธรรมดาเช่นไม้ตบไฟ ถังฉีดน้ำ
ปานกลาง	2.20-2.99	0.67-0.91	31.44-61.43	108.74-212.45	- ใช้วิธีการดับทางตรง หรือดับทางอ้อมโดยการทำแนวกันไฟ - ควบคุมไฟโดยใช้เครื่องมือธรรมดาในกรณีที่อยู่ไกลถนน หรือใช้เครื่องฉีดน้ำ (Slip on Tank)หรือรถดับเพลิงขนาดเล็ก
สูง	> 2.99	> 0.91	> 61.43	> 212.45	- ใช้วิธีดับไฟทางอ้อม (ทำแนวกันไฟ) หรือเผาคลับ - ควบคุมไฟโดยใช้เครื่องมือทุกอย่างที่มีอยู่ ถ้าไม่สามารถควบคุมได้ ให้ใช้อากาศยานสนับสนุน

ที่มา: จากการวิเคราะห์ข้อมูลและสัมภาษณ์ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (2538)

Copyright by Mahidol University

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยเรื่อง ดัชนีไฟเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อมในป่าเต็งรัง ของอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ ในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมเกี่ยวกับลักษณะอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม กับลักษณะของเชื้อเพลิง ได้แก่ ความชื้นของเชื้อเพลิง ที่มีอิทธิพลต่อความรุนแรงของไฟ มาจัดทำเป็นดัชนีไฟสำหรับพื้นที่ศึกษา โดยทำการเก็บข้อมูลและการทดลองในภาคสนาม การวิเคราะห์ข้อมูลจะนำข้อมูลที่เก็บได้ไปวิเคราะห์ในห้องทดลองแล้วนำมาคำนวณหาค่าทางคณิตศาสตร์ ประกอบกับการวิเคราะห์ทางสถิติ ได้แก่ การหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson's Correlation) และการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (Stepwise Multiple Regression Analysis) รวมถึงการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านไฟป่า เพื่อนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาจัดทำเป็นดัชนีไฟสำหรับพื้นที่ศึกษา อันจะเป็นประโยชน์ต่อการประเมินสภาพสิ่งแวดล้อม เพื่อหามาตรการในการควบคุมไฟป่า โดยผลการศึกษาสามารถสรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ได้ดังนี้คือ

1. สรุปผลการศึกษา

1.1 อัตราการลุกลามของไฟ

อัตราการลุกลามของไฟ โดยเฉลี่ยจากการศึกษา ในช่วงฤดูไฟป่าเท่ากับ 1.26 เมตร/นาที ในระบบเมตริก หรือ 0.07 ฟุต/วินาที ในระบบอังกฤษ

1.2 ความรุนแรงของไฟ

ความรุนแรงของไฟตลอดช่วงฤดูไฟป่า จากการศึกษาพบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 225.33 กิโลวัตต์/เมตร ในระบบเมตริก หรือ 65.15 บีทียู/ฟุต/วินาที ในระบบอังกฤษ

Copyright by Mahidol University

1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมที่ศึกษากับความรุนแรงของไฟ

1) การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่ศึกษา (อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, ความเร็วลม และความชื้นของเชื้อเพลิง) กับความรุนแรงของไฟ โดยวิธีหาค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน พบว่า ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมากที่สุดได้แก่ อุณหภูมิ โดยมีความสัมพันธ์ในเชิงบวก และมีค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.60 รองลงมาได้แก่ ความชื้นของเชื้อเพลิง และความชื้นสัมพัทธ์ โดยมีความสัมพันธ์ในเชิงลบ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ -0.45 และ -0.38 ตามลำดับ ส่วนความเร็วลมมีความสัมพันธ์กับความรุนแรงของไฟอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเป็นความสัมพันธ์ในเชิงบวก และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.21

2) การวิเคราะห์หารูปแบบความสัมพันธ์ ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่ศึกษากับความรุนแรงของไฟ เมื่อนำปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตามค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน อันได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นของเชื้อเพลิง และความชื้นสัมพัทธ์ มาวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน พบว่า ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์มากที่สุดต่อความรุนแรงของไฟ และเป็นปัจจัยเดียว คือ อุณหภูมิ (X_1) โดยสามารถอธิบายความผันแปรของความรุนแรงของไฟได้ร้อยละ 36 และเขียนเป็นสมการความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$Y = -893.79 + 34.57 (X_1)$$

1.4 ดัชนีไฟ

เมื่อนำปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีความสัมพันธ์กับความรุนแรงของไฟ อันได้แก่ อุณหภูมิ มาจัดทำเป็นดัชนีไฟ สามารถจัดแบ่งดัชนีไฟได้เป็น 3 ระดับชั้น คือ ระดับอันตรายต่ำ อยู่ในช่วงอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 29 องศาเซลเซียส ระดับอันตรายปานกลาง อยู่ในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 29-32 องศาเซลเซียส และระดับอันตรายสูง อยู่ในช่วงอุณหภูมิที่สูงกว่า 32 องศาเซลเซียส ซึ่งในการแปลความหมายของดัชนีไฟเพื่อใช้ในการควบคุมไฟป่า เกี่ยวกับรูปแบบ วิธีการ ตลอดจนเครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในการดับไฟ สามารถสรุปได้ดังนี้คือ

Copyright by Mahidol University

ระดับอันตรายต่ำ

- ใช้วิธีการดับทันที หรือดับทางตรง (ดับบริเวณหัวไฟ)
- ควบคุมไฟโดยใช้เครื่องมือธรรมดา เช่น ไม้ตบไฟ ถังฉีดน้ำ

ระดับอันตรายปานกลาง

- ใช้วิธีการดับทางตรง หรือดับทางอ้อม (ทำแนวกันไฟ)
- ควบคุมไฟโดยใช้เครื่องมือธรรมดา เครื่องฉีดน้ำ หรือรถดับเพลิงขนาดเล็ก

ระดับอันตรายสูง

- ใช้วิธีการดับทางอ้อม หรือเผากลับ
- ควบคุมไฟโดยใช้เครื่องมือทุกอย่างที่มีอยู่ หรือใช้อากาศยานสนับสนุน

2. อภิปรายผล

2.1 อัตราการลุกลามของไฟ

จากผลการเก็บข้อมูลในภาคสนาม พบว่า อัตราการลุกลามของไฟในป่าเต็งรังของอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ โดยเฉลี่ยตลอดฤดูไฟป่าเท่ากับ 1.26 เมตร/นาที ซึ่งต่างจากการศึกษาในพื้นที่เดียวกันของศิริ (2532) ที่อัตราการลุกลามของไฟโดยเฉลี่ยตลอดฤดูไฟป่ามีค่าเท่ากับ 2.81 เมตร/นาที ทั้งนี้ เนื่องมาจากบริเวณความลาดชันที่เก็บข้อมูลมีความแตกต่างกัน โดยในการศึกษาครั้งนี้จำกัดความลาดชันของพื้นที่ศึกษาไว้ที่ร้อยละ 25-30 หรือเฉลี่ยร้อยละ 27.50 ส่วนการศึกษาของศิริ (2532) ทำการศึกษาที่ระดับความลาดชันร้อยละ 50-52 35-37 25-27 และ 15-17 หรือเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 32.25 ทำให้อัตราการลุกลามของไฟมีค่าสูงกว่า ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีพฤติกรรมของไฟ ที่กล่าวว่า อัตราการลุกลามของไฟจะเพิ่มขึ้นเมื่อความลาดชันของพื้นที่เพิ่มขึ้น โดยความลาดชันของภูเขามีผลต่ออัตราการลุกลามของไฟ ในเวลากลางวันไฟจะไหม้ลุกลามไปทางขึ้นเขาเสมอ เปลวไฟจะพุ่งขึ้นไปก่อน ทำให้เชื้อเพลิงแห้งและลุกไหม้อย่างรวดเร็ว ทั้งนี้ เนื่องจากอิทธิพลของระบบลมหุบเขา ทำให้ลมพัดขึ้นหุบเขาในเวลากลางวัน และพัดลงหุบเขาในเวลากลางคืน (สันต์และคณะ, 2534) ประกอบกับความลาดชันมีอิทธิพลโดยตรงต่ออัตราการลุกลามของไฟ เพราะพื้นที่ยิ่งชันเปลวไฟก็ยิ่งใกล้กับเชื้อเพลิงที่อยู่

Copyright by Mahidol University

ด้านบนของความลาดชัน การ preheating เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและไฟจะมีอัตราการลุกลามเร็วขึ้นเมื่อความลาดชันเพิ่มขึ้น (สันต์, 2526) ซึ่งการ preheating ในที่นี้หมายถึง การที่ความร้อนถูกพา (convection) ไปโดยอากาศเมื่อเกิดไฟป่า ไปกระทบกับเชื้อเพลิงที่อยู่ด้านบนของความลาดชัน จึงเป็นผลทำให้เชื้อเพลิงแห้งและง่ายต่อการติดไฟมากกว่าในที่ราบ

2.2 ความรุนแรงของไฟ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลตามสูตรของ Byram (1959) พบว่า ความรุนแรงของไฟในป่าเต็งรังของอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ โดยเฉลี่ยตลอดฤดูไฟป่ามีค่าเท่ากับ 65.15 บีทียู/ฟุต/วินาทีหรือ 225.33 กิโลวัตต์/เมตร ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาของมนูญศักดิ์ (2530) และของสุรเด่น (2532) ในป่าเต็งรังบริเวณพื้นที่สะแกราช จังหวัดนครราชสีมา ที่มีค่าความรุนแรงของไฟเท่ากับ 194.13 และ 266.03 กิโลวัตต์ต่อเมตรตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องมาจากสภาพพื้นที่เป็นป่าเต็งรังเหมือนกัน จึงทำให้ความรุนแรงของไฟซึ่งถือว่าเป็นพฤติกรรมไฟอย่างหนึ่งให้ผลใกล้เคียงกัน

2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่ศึกษากับความรุนแรงของไฟ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า อุณหภูมิเป็นปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่ศึกษาประการเดียวที่มีความสัมพันธ์กับความรุนแรงของไฟอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ที่ระดับ 0.05) โดยมีความสัมพันธ์ประมาณร้อยละ 36 ทั้งนี้อุณหภูมิของอากาศในพื้นที่ศึกษาเป็นตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อพฤติกรรมของไฟ คือ อุณหภูมิของอากาศจะมีผลทำให้ความชื้นของเชื้อเพลิงลดน้อยลง จึงส่งผลให้เชื้อเพลิงติดไฟได้ง่ายขึ้น ประกอบกับตามหลักทฤษฎีเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิบนผิวโลก กล่าวว่า อุณหภูมิที่จุดต่าง ๆ บนผิวโลกแตกต่างกันเพราะว่าที่จุดต่าง ๆ ได้รับปริมาณรังสีความร้อนแตกต่างกัน ความแตกต่างของอุณหภูมิดังกล่าวตอบสนองต่ออากาศและสำคัญต่อพฤติกรรมของไฟ และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของฤดูกาลมีผลต่อเวลาและความรุนแรงของไฟป่าในที่ต่าง ๆ (สันต์, 2526) จึงทำให้ค่าความสัมพันธ์ที่ได้มีนัยสำคัญทางสถิติ

Copyright by Mahidol University

2.4 ดัชนีไฟ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลตามข้อ 2.3 ซึ่งได้ปัจจัยสิ่งแวดล้อมเกี่ยวกับลักษณะอากาศ คือ อุณหภูมิ นำมากำหนดระดับชั้นอันตรายของไฟ โดยการจัดระดับชั้นทางคณิตศาสตร์ สามารถแบ่งดัชนีไฟในพื้นที่ศึกษาออกเป็น 3 ระดับชั้น ซึ่งแตกต่างจากดัชนีไฟของ Lee (1994) ในประเทศเกาหลีที่แบ่งออกเป็น 4 ระดับชั้น โดยใช้ความชื้นของเชื้อเพลิงเป็นปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่นำมากำหนดระดับชั้นอันตรายของไฟ ทั้งนี้ เนื่องมาจากสภาพเชื้อเพลิง สภาพภูมิอากาศ และความรุนแรงของไฟของประเทศไทยและประเทศเกาหลีมีความแตกต่างกัน จึงทำให้ปัจจัยสิ่งแวดล้อมและระดับชั้นอันตรายของไฟที่นำมาจัดทำเป็นดัชนีไฟ มีความเหมาะสมสำหรับการควบคุมไฟป่าในแต่ละพื้นที่แตกต่างกัน

สำหรับการแปลผลดัชนีไฟในแง่การควบคุม เมื่อเปรียบเทียบกับของ Andrew (อ้างในสันต์และคณะ, 2534) ที่ให้ความหมายของพฤติกรรมไฟในด้านการควบคุมไฟป่าเมื่อปี ค.ศ. 1980 พบว่า ระดับอันตรายของไฟของพื้นที่ศึกษาในครั้งนี้ จะอยู่ในช่วงระดับต่ำถึงปานกลาง การควบคุมไฟจะดำเนินการได้โดยตรงโดยใช้แนวกันไฟ หรือเครื่องมือธรรมดา เช่น ถังฉีดน้ำ หรือเครื่องมือทนไฟในระดับอันตรายต่ำ จนถึงการควบคุมโดยทางอ้อม ซึ่งต้องใช้เครื่องมือที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น ใช้รถแทรกเตอร์ เครื่องฉีดน้ำ หรือใช้สารเคมีโปรยลงมาจากเครื่องบินในระดับอันตรายปานกลาง

3. ข้อเสนอแนะ

3.1 ควรมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อความรุนแรงของไฟ เป็นระยะเวลาต่อเนื่องมากกว่า 1 ปี เพื่อนำมาจัดทำเป็นดัชนีไฟสำหรับพื้นที่ศึกษาได้อย่างถูกต้องยิ่งขึ้น เนื่องจากผลการศึกษาเพียงปีเดียว ยังไม่อาจบอกถึงปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่ถูกต้องได้อย่างสมบูรณ์

3.2 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่นำมาศึกษา ควรจะพิจารณาปัจจัยอื่นเพิ่มขึ้น เช่น ความลาดชัน ทิศด้านลาด เป็นต้น เนื่องจากตัวแปรเหล่านี้อาจมีอิทธิพลต่อความรุนแรงของไฟในพื้นที่

Copyright by Mahidol University

3.3 ควรจะมีการทำวิจัยเรื่องดัชนีไฟในสภาพป่าชนิดอื่น ๆ อีก เช่น ป่าเบญจพรรณ หรือป่าทุ่งหญ้า เป็นต้น

3.4 ควรมีการศึกษาพฤติกรรมของไฟในแง่การควบคุม เช่น การทดลองดับไฟในระดับความรุนแรงของไฟต่าง ๆ เพื่อหามาตรการที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ ทั้งรูปแบบ วิธีการ ตลอดจนอุปกรณ์และเครื่องมือดับไฟป่าในแต่ละระดับความรุนแรง

3.5 ควรจะขยายการทำวิจัยเรื่องดัชนีไฟ ไปยังพื้นที่ในภูมิภาคอื่น ๆ เพื่อสรุปจัดทำเป็นดัชนีไฟในระดับจังหวัด ภูมิภาค และระดับประเทศ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการบริหารงานและการวางแผนสำหรับการควบคุมไฟป่าต่อไป

Copyright by Mahidol University

บรรณานุกรม

กรมป่าไม้. สำนักป้องกันและปราบปราม. **คู่มือการปฏิบัติงานการป้องกันรักษาป่า พ.ศ. 2537.** กรุงเทพ ฯ, 2537.

_____. สำนักป้องกันและปราบปราม ส่วนจัดการไฟป่าและภัยธรรมชาติ. **รายงานผลการบินสำรวจข้อมูลไฟป่า ประจำปี 2537.** กรุงเทพ ฯ, 2537.

_____. สำนักป้องกันและปราบปราม ส่วนจัดการไฟป่าและภัยธรรมชาติ. **สรุปผลการปฏิบัติงานควบคุมไฟป่า ประจำปี 2537.** กรุงเทพ ฯ, 2537

_____. สำนักป้องกันและปราบปราม ส่วนจัดการไฟป่าและภัยธรรมชาติ โครงการควบคุมไฟป่าภูพิงค์. **รายงานผลการปฏิบัติงาน ประจำปี 2537.** เชียงใหม่, 2537.

ชาย โพธิสิตา. " การวิจัยเชิงคุณภาพ : ข้อพิจารณาทางทฤษฎี " ใน **การศึกษาเชิงคุณภาพ : เทคนิคการวิจัยภาคสนาม.** บรรณาธิการโดย เบญจา ยอดดำเนิน-แอ๊ดติกจ์, บุปผา ศิริรัศมี, วาทินี บุญชลักษี. นครปฐม : โครงการเผยแพร่ข่าวสารและการศึกษาด้านประชากร สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล, 2533 : 32-59.

นาท ตัณฑวิรุฬห์ และพูลทรัพย์ สมุทรสาคร. **วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมและการบริหารทรัพยากร.** กรุงเทพ ฯ : ไทยวัฒนาพานิช, 2528.

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะวนศาสตร์. **แผนแม่บทการจัดการอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ : รายงานฉบับสมบูรณ์.** กรุงเทพ ฯ, 2532.

Copyright by Mahidol University

มนูญศักดิ์ สถิรศิลปิน. **พฤติกรรมของไฟในป่าเต็งรังสะแกราช อำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วนศาสตร์). ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2530.

มูลนิธิโลกสีเขียว. **ดินและป่าไม้.** หนังสือชุดโลกสีเขียว. กรุงเทพ ฯ : อัมรินทร์พริ้นติ้งกรุ๊พ, 2535.

ศิริ อัคคะอัคร. **การศึกษารูปแบบและอัตราการลุกลามของไฟป่าในป่าบญจพรรณมีไม้สักจังหวัดเชียงใหม่ : รายงานการวิจัยโครงการควบคุมไฟป่าภูพิงค์ ลำดับที่ 1.** กรุงเทพ ฯ : ฝ่ายควบคุมไฟป่า กองจัดการป่าไม้ กรมป่าไม้, 2531.

_____. **การศึกษารูปแบบและอัตราการลุกลามของไฟป่าในป่าเต็งรัง จังหวัดเชียงใหม่ : รายงานการวิจัยโครงการควบคุมไฟป่าภูพิงค์ ลำดับที่ 2.** กรุงเทพ ฯ : ฝ่ายควบคุมไฟป่า กองจัดการป่าไม้ กรมป่าไม้, 2532.

_____. **พฤติกรรมของไฟป่าในทุ่งหญ้า จังหวัดสระบุรี (Grassland's Fire Behaviors in Saraburi Province) : รายงานการวิจัยลำดับที่ 2 สถานีควบคุมไฟป่าภาคกลางที่ 2 (สระบุรี).** กรุงเทพ ฯ : ฝ่ายควบคุมไฟป่า กองจัดการป่าไม้ กรมป่าไม้, 2534.

ศิริ อัคคะอัคร และสานิตย์ กิตติสัทโธ. **ลักษณะของเชื้อเพลิงในป่าเต็งรัง จังหวัดเชียงใหม่.** กรุงเทพ ฯ : สำนักงานช่วยเหลือผู้ประสบภัยธรรมชาติ (ส.ป.ธ.) กรมป่าไม้, 2535.

ศิริชัย พงษ์วิชัย. **การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยคอมพิวเตอร์.** พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพ ฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537.

ศุภรัตน์ สำราญ. **ความสัมพันธ์ของความชื้นในเชื้อเพลิงกับสภาพอากาศในท้องถิ่นบริเวณป่าเต็งรัง อุทยานแห่งชาติภูพาน จ.สกลนคร.** กรุงเทพ ฯ : สำนักงานช่วยเหลือผู้ประสบภัยธรรมชาติ (ส.ป.ธ.) กรมป่าไม้, 2535.

Copyright by Mahidol University

สิริรัตน์ บุญเปลี่ยน. **พฤติกรรมของไฟ ณ ดอยอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วนศาสตร์). ภาควิชาวนวัฒวิทยา คณะวนศาสตร์. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2528.

สีฟ้า เชวงนิรันดร์. **รายงานสัมมนาเรื่อง ไฟป่ากับปัญหาสิ่งแวดล้อม.** กรุงเทพ ฯ : คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2522.

สุระ พัฒนเกียรติ. **พฤติกรรมของไฟป่าในทุ่งหญ้า ณ อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่.** ปัญหาพิเศษปริญญาโท. กรุงเทพ ฯ : ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2529.

สุรเด่น สัญญอาจ. **ผลกระทบของไฟต่อพืชพรรณและดินในป่าเต็งรังสะแกราช นครราชสีมา.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วนศาสตร์). ภาควิชาวนวัฒวิทยา คณะวนศาสตร์. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2532.

สุรพจน์ กาญจนสิงห์ และพิชิต ปิยะโชติ. **การศึกษารูปแบบและอัตราการลุกลามของไฟในป่าเต็งรัง อ.แม่สรวย จ.เชียงราย : รายงานการวิจัยสถานีควบคุมไฟป่าภาคเหนือ ที่ 3 (เชียงราย) ลำดับที่ 1.** กรุงเทพ ฯ : ศูนย์ควบคุมไฟป่าภาคเหนือ ฝ่ายควบคุมไฟป่า กองจัดการป่าไม้ กรมป่าไม้, 2531.

สุรางค์ จันทวาณิช. **วิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ.** กรุงเทพ ฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535.

สันต์ เกตุปราณีต. " เรื่องการป้องกันไฟในสวนป่า " ใน **เอกสารประกอบการฝึกอบรมโครงการฝึกอบรมเพื่อพัฒนาป่าไม้ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ : การพัฒนาทรัพยากรป่าไม้.** กรุงเทพ ฯ : ศูนย์วิจัยป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2535 : 206-224.

_____. **นิเวศนวิทยาไฟป่า.** กรุงเทพ ฯ : ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2530.

Copyright by Mahidol University

_____. **ไฟป่าและการควบคุม.** กรุงเทพ ฯ : ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2526.

สันต์ เกตุปราณีต และคณะ. **ไฟป่าและผลกระทบต่อระบบป่าไม้ในประเทศไทย.** กรุงเทพ ฯ : คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2534.

ณรงค์ชัย วรวิทย์พินิต. **การศึกษารูปแบบอัตราการลุกลามของไฟป่าในป่าแต้งรัง อ.ชะอำ จ.เพชรบุรี : รายงานการวิจัยโครงการควบคุมไฟหุบกะพง.** กรุงเทพฯ : ฝ่ายควบคุมไฟป่า กองจัดการป่าไม้ กรมป่าไม้, 2532.

อภินันท์ ปลอดเปลี่ยว และคณะ. **แนวทางการควบคุมไฟป่าในประเทศไทย.** กรุงเทพ ฯ : ฝ่ายวิชาการและแผน สำนักงานช่วยเหลือผู้ประสบภัยธรรมชาติ กรมป่าไม้, 2536.

American Society for Testing and Materials. **Manual on the Use of Thermocouples in Temperature Measurement.** Philadelphia. USA, 1974.

Apinun Ploadpiew, Supharat Samran. **Forest Fire Control Manual.** Bangkok : Forest Fire Control Sub-Division, Royal Forest Department, 1992.

Brown AA, David KP. **Forest Fire : Control and Use.** New York : McGraw-Hill, 1973.

Heikkila TV, GronqvistR, Jurvelius M. **Handbook on forest fire control : Forest Trainning Programme Publication 21.** Helsinki, Finland : National Broad of Education of The Government of Finland, 1993.

Kimmins JP. **Forest Ecology.** New York : Macmillan, 1987.

Copyright by Mahidol University

Lee Si-Young. **Expert Consultation : Seminar on Forest fire Control In Finland, 25 July-5 Aug, 1994.** Country Report Forest Research Institute. Republic of Korea : Forestry Administration, 1994.

Merrill DF, Alexander ME. **Glossary of Forest Management Terms.** 4 th ed . Ottawa : Canadian Committee on Forest Fire Management, National Research Council Canada, 1987.

Ministry of Natural Resources. **Forest Fire Management in Ontario.** Canada : Queen's Printer for Ontario, 1990.

Sanga Sabhasri, et al. **Primary Production in Dry Dipterocarp Forest at Sakaerat, Amphur Pak Thong Chai, Nakhon Ratchasrima : In Estimation of Biomass and Distribution Among Various Organs.** Bangkok : ASRCT, 1968. (Mimeographed)

Saranarat Kanjanavanit. **Aspects of The Temporal Pattern of Dry Season Fires in The Dry Dipterocarp Forests of Thailand.** Thesis submitted for The Degree of Ph.D., Department of Geography of Oriental and African Studies, University of London, 1992.

Siri Akaakara. **Ecological Comparison of Vegetation Structure and Avifauna on Burned and Unburned Areas of Mixed Deciduous Forest at Doi Suthep-Pui, National Park, Chiengmai, Thailand.** Master Thesis. University of the Philippines. Los Banos, 1985.

Copyright by Mahidol University

ภาคผนวก ก

แบบสัมภาษณ์

Copyright by Mahidol University

แบบสัมภาษณ์

ประกอบวิทยานิพนธ์ เรื่อง

ดัชนีไฟเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อมในป่าเต็งรัง

พื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จ. เชียงใหม่

1. ชื่อ - นามสกุล .....

2. อายุราชการ ..... ปี

3. ตำแหน่งปัจจุบัน .....

4. คุณวุฒิ .....
.....
.....

5. ประสบการณ์ด้านไฟป่า (เช่น การฝึกอบรม, การสัมมนา, ประชุม หรือหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง)
.....
.....
.....
.....
.....

6. สถานที่ทำงานปัจจุบัน .....
.....

7. จากข้อมูลที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษามาในครั้งนี้นั้น พบว่า อุณหภูมิเป็นปัจจัยสิ่งแวดล้อมในการศึกษาประการเดียวต่อความรุนแรงของไฟอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยใช้การทดสอบหาค่าความสัมพันธ์ทางสถิติ ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (Stepwise Multiple Regression Analysis) และได้สมการแสดงความสัมพันธ์ดังนี้ คือ

Copyright by Mahidol University

$$Y = -893.79 + 34.57\ X_1$$

โดยที่ Y = ความรุนแรงของไฟ

X_1 = อุณหภูมิ

โดยในการศึกษาครั้งนี้ สภาพภูมิประเทศถูกกำหนดให้เป็นปัจจัยจำกัด ดังนี้คือ

1. ความสูงของพื้นที่อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลระหว่าง 400-450 เมตร
2. ความลาดชันอยู่ระหว่างร้อยละ 25-30
3. ทิศด้านลาดอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้

ซึ่งเมื่อนำข้อมูลที่ได้มาจัดชั้นเป็นดัชนีไฟ และแบ่งข้อมูลที่ได้ตามค่าพิสัย (range) ท่านคิดว่าสมควรจะแบ่งชั้นของดัชนีไฟเป็นกี่ระดับ (เลือกตอบเพียงแบบเดียว)

( ) ถ้าเป็น 2 ระดับชั้น

อุณหภูมิ ($^{\circ}$C)	ระดับอันตรายของไฟ
< 31	ต่ำ
≥ 31	สูง

หมายเหตุ : ระดับอันตรายต่ำ หมายถึง มีความยาวของเปลวไฟต่ำกว่า 0.84 เมตร
ความรุนแรงของไฟต่ำกว่า 179 กิโลวัตต์/เมตร
ระดับอันตรายสูง หมายถึง มีความยาวของเปลวไฟมากกว่าหรือเท่ากับ 0.84 เมตร
ความรุนแรงของไฟมากกว่าหรือเท่ากับ 179 กิโลวัตต์/เมตร

- กรณีที่เลือกการแบ่งดัชนีไฟออกเป็น 2 ระดับ ท่านคิดว่าจะมีมาตรการเกี่ยวกับวิธีการ รูปแบบตลอดจนอุปกรณ์เครื่องมือในการควบคุมไฟป่าอย่างไร

Copyright by Mahidol University

ความยาวของเปลวไฟ (เมตร)	มาตรการในการควบคุมไฟ
< 0.84	.....
≥ 0.84	.....

( ) ถ้าเป็น 3 ระดับชั้น

อุณหภูมิ ($^{\circ}$C)	ระดับอันตรายของไฟ
< 29	ต่ำ
29 - 32	ปานกลาง
> 33	สูง

Copyright by Mahidol University

หมายเหตุ : ระดับอันตรายต่ำ หมายถึง มีความยาวของเปลวไฟต่ำกว่า 0.67 เมตร
ความรุนแรงของไฟต่ำกว่า 109 กิโลวัตต์/เมตร
ระดับอันตรายปานกลาง หมายถึง มีความยาวของเปลวไฟประมาณ 0.67-091 เมตร
ความรุนแรงของไฟประมาณ 109 - 214กิโลวัตต์/เมตร
ระดับอันตรายสูง หมายถึง มีความยาวของเปลวไฟมากกว่า 0.91 เมตร
ความรุนแรงของเปลวไฟมากกว่า 214 กิโลวัตต์/เมตร

- กรณีที่เลือกการแบ่งดัชนีไฟออกเป็น 3 ระดับ ท่านคิดว่าจะมีมาตรการเกี่ยวกับวิธีการ รูปแบบ ตลอดจนอุปกรณ์เครื่องมือในการควบคุมไฟป่าอย่างไร

ความยาวของเปลวไฟ (เมตร)	มาตรการในการควบคุมไฟ
< 0.67	.....
0.67 - 0.91	.....

Copyright by Mahidol University

ความยาวของเปลวไฟ (เมตร)	มาตรการในการควบคุมไฟ
> 0.91	.....

( ) ถ้าเป็น 4 ระดับชั้น

อุณหภูมิ ($^{\circ}$C)	ระดับอันตรายของไฟ
< 28	ต่ำ
28 - 30	ปานกลาง
30 - 32	สูง
> 32	สูงมาก

หมายเหตุ : ระดับอันตรายต่ำ หมายถึง มีความยาวของเปลวไฟต่ำกว่า 0.56 เมตร
ความรุนแรงของไฟต่ำกว่า 73 กิโลวัตต์/เมตร
ระดับอันตรายปานกลางหมายถึงมีความยาวของเปลวไฟประมาณ 0.56-0.76 เมตร
ความรุนแรงของไฟประมาณ 73 - 144 กิโลวัตต์/เมตร
ระดับอันตรายสูง หมายถึง มีความยาวของเปลวไฟประมาณ 0.76 - 0.91 เมตร
ความรุนแรงของไฟประมาณ 144 - 214 กิโลวัตต์/เมตร
ระดับอันตรายสูงมาก หมายถึง มีความยาวของเปลวไฟมากกว่า 0.91 เมตร
ความรุนแรงของไฟมากกว่า 214 กิโลวัตต์/เมตร

Copyright by Mahidol University

- กรณีที่เลือกการแบ่งดัชนีไฟออกเป็น 4 ระดับ ท่านคิดว่าจะมีมาตรการเกี่ยวกับวิธีการ รูปแบบ ตลอดจนอุปกรณ์เครื่องมือในการควบคุมไฟป่าอย่างไร

ความยาวของเปลวไฟ (เมตร)	มาตรการในการควบคุมไฟ
< 0.56	.....
0.56 - 0.76	.....
0.76 - 0.91	.....

Copyright by Mahidol University

ความยาวของเปลวไฟ (เมตร)	มาตรการในการควบคุมไฟ
> 0.91	.....

8. ท่านคิดว่าจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ สมควรจะมีการศึกษาวิจัยในด้านใดต่อไปอีก

.....

Copyright by Mahidol University

9. ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

Copyright by Mahidol University

ภาคผนวก ข
ประวัติผู้เชี่ยวชาญด้านไฟป่า

Copyright by Mahidol University

(1)

ชื่อ - นามสกุล แก้ว หล่อพัฒนเกษม

อายุราชการ 28 ปี (ณ เวลาสัมภาษณ์)

ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้อำนวยการส่วนจัดการไฟป่าและภัยธรรมชาติ

คุณวุฒิ วนศาสตรบัณฑิต

ประสบการณ์ - ทำงานด้านไฟป่า 2 ปี ตำแหน่งผู้อำนวยการส่วนจัดการไฟป่าและภัยธรรมชาติ
- สัมมนาหลักสูตร Expert Consultation on Forest Fire Control จัดโดย FTP International Finland

สถานที่ทำงานปัจจุบัน ส่วนจัดการไฟป่าและภัยธรรมชาติ สำนักป้องกันและปราบปราม กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

Copyright by Mahidol University

(2)

ชื่อ - นามสกุล อภินันท์ ปลอดเปลี่ยว

อายุราชการ 43 ปี (ณ เวลาสัมภาษณ์)

ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้อำนวยการส่วนการบิน

คุณวุฒิ
- M.F. (Forest Fire Control)
- วนศาสตรบัณฑิต (สาขาการจัดการป่าไม้)

ประสบการณ์
- หัวหน้าส่วนจัดการไฟป่าและภัยธรรมชาติ 17 ปี
- ที่ปรึกษาองค์การสหประชาชาติ ด้านการควบคุมไฟป่า 2 ครั้ง
- วิทยากรประจำองค์การ FINIDA ด้านการควบคุมไฟป่า 5 ปี
- ศึกษาและดูงานด้านการจัดการไฟป่า ประเทศ U.S.A., MEXICO, ค.ศ. 1987
- ประชุมผู้เชี่ยวชาญไฟป่าโลก ค.ศ. 1993

สถานที่ทำงานปัจจุบัน ส่วนการบิน สำนักปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์

Copyright by Mahidol University

(3)

ชื่อ - นามสกุล	สุระ พัฒนเกียรติ
อายุราชการ	10 ปี (ณ เวลาสัมภาษณ์)
ตำแหน่งปัจจุบัน	อาจารย์ระดับ 6
คุณวุฒิ	- วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วนศาสตร์) - วิทยาศาสตรบัณฑิต (วนศาสตร์)
ประสบการณ์	การศึกษาโครงสร้างของไฟป่าบริเวณทุ่งหญ้าเขาใหญ่
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

Copyright by Mahidol University

(4)

ชื่อ - นามสกุล	บพิตร มณีรัตน์
อายุราชการ	23 ปี (ณ เวลาสัมภาษณ์)
ตำแหน่งปัจจุบัน	เจ้าหน้าที่บริหารงานป่าไม้ 7 หัวหน้าฝ่ายควบคุมไฟป่า
คุณวุฒิ	- วิทยาศาสตรบัณฑิต (วนศาสตร์)
ประสบการณ์	- ฝึกอบรมการควบคุมไฟป่า (สหรัฐอเมริกา, แคนาดา, เกาหลี) - ฝึกอบรมการประชาสัมพันธ์ไฟป่า (สหรัฐอเมริกา) - ศึกษาดูงานการควบคุมไฟป่า (ออสเตรเลีย, เกาหลี)
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	ส่วนจัดการไฟป่าและภัยธรรมชาติ สำนักป้องกันและปราบปราม กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

Copyright by Mahidol University

(5)

ชื่อ - นามสกุล นพดล ทรงพร

อายุราชการ 15 ปี (ณ เวลาสัมภาษณ์)

ตำแหน่งปัจจุบัน นักวิชาการป่าไม้ 5 สำนักป้องกันและปราบปราม กรมป่าไม้

คุณวุฒิ - วิทยาศาสตรบัณฑิต (วนศาสตร์)

ประสบการณ์ - ฝึกอบรมการควบคุมไฟป่า ณ ประเทศฟิลิปปินส์
- ศึกษาดูงานการควบคุมไฟป่า ณ ประเทศออสเตรเลีย
- อบรมการควบคุมไฟป่าระดับสูงของกรมป่าไม้
- สัมมนาการควบคุมไฟป่าของกรมป่าไม้
- รับผิดชอบด้านการควบคุมไฟป่าเป็นเวลา 15 ปี

สถานที่ทำงานปัจจุบัน โครงการควบคุมไฟป่าภูพิงค์ จังหวัดเชียงใหม่
สังกัดส่วนจัดการไฟป่าและภัยธรรมชาติ
สำนักป้องกันและปราบปราม กรมป่าไม้
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

Copyright by Mahidol University

(6)

ชื่อ - นามสกุล ศุภรัตน์ สำราญ

อายุราชการ 14 ปี (ณ เวลาสัมภาษณ์)

ตำแหน่งปัจจุบัน นักวิชาการป่าไม้ 5 สำนักป้องกันและปราบปราม กรมป่าไม้

คุณวุฒิ
- M.Sc. (Forest Science)
- วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วนศาสตร์)
- วิทยาศาสตรบัณฑิต (วนศาสตร์)

ประสบการณ์
- หัวหน้างานสถิติและข้อมูล ส่วนจัดการไฟป่าและภัยธรรมชาติ
- วิทยากรอบรมด้านการควบคุมไฟป่า
- ร่วมประชุมปัญหามลพิษข้ามเขตแดนอันเนื่องมาจากไฟป่า ณ ประเทศมาเลเซีย

สถานที่ทำงานปัจจุบัน โครงการควบคุมไฟป่าคลองสองสลึง จังหวัดระยอง
สังกัดส่วนจัดการไฟป่าและภัยธรรมชาติ
สำนักป้องกันและปราบปราม กรมป่าไม้
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

Copyright by Mahidol University

(7)

ชื่อ - นามสกุล	ศิวจักร ชื่นสังข์
อายุราชการ	14 ปี (ณ เวลาสัมภาษณ์)
ตำแหน่งปัจจุบัน	นักวิชาการป่าไม้ 6 สำนักป้องกันและปราบปราม กรมป่าไม้
คุณวุฒิ	-วิทยาศาสตรบัณฑิต (วนศาสตร์)
ประสบการณ์	-สัมมนาไฟป่าที่ประเทศอินโดนีเซีย -วิทยากรฝึกอบรมเกี่ยวกับการควบคุมไฟป่าในท้องที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โครงการควบคุมไฟป่าภูพาน จังหวัดสกลนคร สังกัดส่วนจัดการไฟป่าและภัยธรรมชาติ สำนักป้องกันและปราบปราม กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

Copyright by Mahidol University

(8)

ชื่อ - นามสกุล พิชิต ปิยะโชติ

อายุราชการ 10 ปี (ณ เวลาสัมภาษณ์)

ตำแหน่งปัจจุบัน เจ้าพนักงานป่าไม้ 5

คุณวุฒิ - ประกาศนียบัตรวิชาการป่าไม้
- ส่งเสริมการเกษตรและสหกรณ์บัณฑิต (ส่งเสริมการป่าไม้)

ประสบการณ์ - วิทยากรด้านการควบคุมไฟป่า และการประชาสัมพันธ์
- อบรมการผลิตสื่อประชาสัมพันธ์
- สัมมนาแผนแม่บทการป่าไม้

สถานที่ทำงานปัจจุบัน โครงการควบคุมไฟป่าปางตอง-ท่าโป่งแดง จังหวัดแม่ฮ่องสอน
สังกัดส่วนจัดการไฟป่าและภัยธรรมชาติ
สำนักป้องกันและปราบปราม กรมป่าไม้
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

Copyright by Mahidol University

ภาคผนวก ค

ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา

Copyright by Mahidol University

ตารางที่ 11 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเฉพาะอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม ของสถานีวิจัยการเกษตรเขตชลประทาน ปี พ.ศ. 2537 และ 2538

ปี / เดือน	อุณหภูมิ (°ซ) ต่ำสุด	อุณหภูมิ (°ซ) เฉลี่ย	ความชื้นสัมพัทธ์ (ร้อยละ) สูงสุด	ความชื้นสัมพัทธ์ (ร้อยละ) ต่ำสุด	ความชื้นสัมพัทธ์ (ร้อยละ) เฉลี่ย	ความเร็วลม (กม./วัน)
2537						
พ.ย.	17.6	23.4	91.9	50.8	71.1	59.2
ธ.ค.	16.4	22.0	94.5	55.6	75.1	54.6
2538						
ม.ค.	14.7	21.7	92.5	45.5	69.0	58.6
ก.พ.	14.8	22.4	82.7	32.9	57.8	79.1
มี.ค.	20.1	27.2	76.2	34.9	56.2	90.5
เม.ย.	22.5	29.2	77.1	38.0	57.4	85.8
พ.ค.	23.3	28.2	85.6	56.4	70.7	76.5

ที่มา : ภาคปฐพีศาสตร์และอนุรักษ์ศาสตร์
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (2538)

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยมหิดล อุตตมะ อุยม กาเร

Copyright by Mahidol University

37184