

# 의성군지역 산불발생 및 대형화 위험지역 구분

안상현<sup>1\*</sup> · 원명수<sup>1</sup> · 김동현<sup>1</sup> · 강영호<sup>1</sup> · 이명보<sup>1</sup> · 이시영<sup>2</sup>

## Classification of Forest Fire Risk and Hazard Regions in Uiseong-Gun

Sang-Hyun AN<sup>1\*</sup> · Myoung Soo WON<sup>1</sup> · Dong-Hyun KIM<sup>1</sup>  
· Young-Ho KANG<sup>1</sup> · Myung-Bo LEE<sup>1</sup> · Si Young LEE<sup>2</sup>

### 요 약

산불관리에 있어서 산불발생위험이 높은 지역을 사전에 예측하여 효율적인 예방대책을 수립하는 것도 중요하지만 산불이 발생한 다음 대형화되기 쉬운 지역을 미리 예측하여 진화자원을 효율적으로 운용하여 초동진화를 한다면 산불로 인한 피해를 저감할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 산불관리의 효율성을 증대하기 위하여 GIS를 이용하여 기존에 지형, 임상 특성 등을 이용한 산불발생위험지역을 예측한 것과 임상특성을 고려하여 산불이 대형화되는 지역을 구분한 결과를 바탕으로 산불 발생 및 대형화 위험성이 높은 지역을 구분하였다. 구분한 결과 전체면적 중 4%가 산불 발생 및 대형화 위험지역으로 구분되었다.

주요어 : 산불, 산불위험지역, 지리정보시스템

### ABSTRACT

In order to decrease the area damaged by forest fires and to prevent the occurrence of forest fires, we are making an effort to improve prevention measures for forest fires. This study was conducted to forecast risk regions where forest fires occur based on the factors of forest type and topographic characteristics and predict hazard regions where forest fires is expanded to large-scale forest fire based on the forest type characteristics in Uiseong-Gun. The results of classification of forest fire risk and hazard regions using GIS indicate 4% of the total areas in Uiseong-Gun.

KEYWORDS: Forest Fire, Forest Fire Risk and Hazard Regions, GIS

### 1. 서론

우리나라에서 발생하고 있는 산불은 대부분

인위적 원인에 의해 발생하는 것으로 매년 증가 추세에 있다. 또한 산림이 녹화되어 하층식생, 임목 등 산림 내 가연성물질이 증가되고, 낙엽 등

2005년 4월 25일 접수 Recieved on April 25, 2005 / 2005년 6월 28일 심사완료 Accepted on June 28, 2005

1 국립산림과학원 Korea Forest Research Institute

2 삼척대학교 Samcheok National University

\* 연락처자 E-mail : shan508@hanmail.net

이 축적되어 산불이 발생할 경우 대형화되는 경향을 보이고 있다. 이러한 가운데 1996년 강원도 고성산불(3,762ha), 2000년에는 고성, 동해, 강릉, 삼척, 울진 산불이 동해안 지역을 따라 동시다발적으로 발생하여 최대의 산불피해(23,794ha)를 주었으며, 대부분 동해안에서 발생하던 산불이 2002년에는 청양, 익산, 김제, 군산, 정읍, 나주 등 서해안 지역에서 대형산불이 발생하였다.

이러한 산불재해를 미연에 방지하고 피해를 저감하기 위해서는 산불예방이나 초동진화에 대한 노력이 절실하고, 산불에 대한 발화, 확산 및 진화 등에 관한 체계적인 연구가 요구된다.

임업선진국인 미국, 캐나다, 호주 등에서는 산불재해에 적극 대처하기 위한 노력으로 기상, 지형, 임상 등 제반 산불관련 인자들과 연계하여 유기적인 해석을 하기 위한 노력으로 종합적인 산불관리시스템이 개발되고 있다(Rothermel, 1972; Bradshaw 등, 1983; Hirsch, 1996; Andrews와 Queen, 2001).

우리나라는 1986년 산불연구를 시작으로 산불발생위험예측에 대한 연구(정연하 등, 1989; 이시영, 1995)뿐만 아니라, GIS를 이용하여 산불을 효율적으로 관리하려는 연구가 다양하게 시도되었다(조명희 등, 2001; 조명희 등, 2002, 이시영 등, 2004, 안상현 등, 2004). 또한 화두의 연소행태에 따라 확산형태나 피해 정도가 결정되기 때문에 산불의 효율적 진화를 위하여 산불의 확산예측에 관한 많은 연구(정주상 등, 2001; 이병두 등, 2002)가 이루어지고 있다. 그러나 산불확산예측은 산불이 발생한 후에 산불의 진로를 예측하는 것으로 산불이 발생하기 전에 진화 자원의 효율적 배치 및 감시를 위해서는 산불발생 시 대형산불로 확대될 확률이 높은 지역을 미리 예측하는 것이 중요하다.

따라서, 본 연구에서는 산불발생위험이 높으면서 산불이 대형산불로 확대될 위험이 높은 지역을 구분하고자 하였으며, 그러한 결과를 바탕으로 산불관리의 효율성을 증대하고자 하였다.

## 2. 연구자료 및 방법

### 2.1 산불발생위험지역 구분

본 연구에서는 경상북도 의성군지역의 1993~2003년 산불발생자료와 공간특성자료(100×100m)를 이용하여 각 지점별 산불발생확률모형을 개발한 기존연구(안상현 등, 2004)를 이용하였다. 산불발생에 영향을 주는 공간특성으로는 농경지, 관청, 경급, 도로, 산림지, 사면향으로 이것을 이용하여 각 지점별 산불발생확률을 계산하는 산불발생확률모형 추정식은 다음과 같다.

$$\text{산불발생확률} = [1 + \exp\{-(-4.8081 - (0.00702 \cdot \text{농경지}) - (0.00011 \cdot \text{관청}) - (0.2453 \cdot \text{경급}) - (0.0018 \cdot \text{도로}) - (0.0158 \cdot \text{산림지}) + (0.6608 \cdot \text{남동사면}) + (0.7943 \cdot \text{남사면}) + (0.507 \cdot \text{남서사면})\})]^{-1}$$

산불발생확률 모형식을 이용하여 각 지점별 산불발생확률을 계산하였다. 산불발생확률이 높은 지역은 이웃하는 지점의 산불발생확률에도 영향을 주므로 neighborhood 분석을 통하여 확률을 재분석하여 산불발생위험이 높은 지역을 추출하였다.

### 2.2 산불대형화위험지역 구분

산불이 발생되어 대형화되는 요인으로 기상, 지형, 임상 등 여러 환경인자들이 있으며, 이러한 인자들이 복합적으로 산불연소행태에 작용하여 피해 정도가 결정된다. 그러나 본 연구에서는 여러 환경인자들 중에서 임상의 특성만을 고려하였다. 그 이유로는 여러 인자를 가지고 산불대형화 위험지역을 구분하려면 많은 어려움이 따르기 때문에 우선적으로 개략적인 산불대형화 위험지역을 구분하여 산불관리에 효율성을 제공하고자 하였다. 의성군 지역의 임상특성을 분석하기 위하여 국립산림과학원 1:25,000 수치지상도를 사용하였으며, 임상의 면적에 따라 산불대형화 위험지역을 구분하였다. 또한 산불발생위

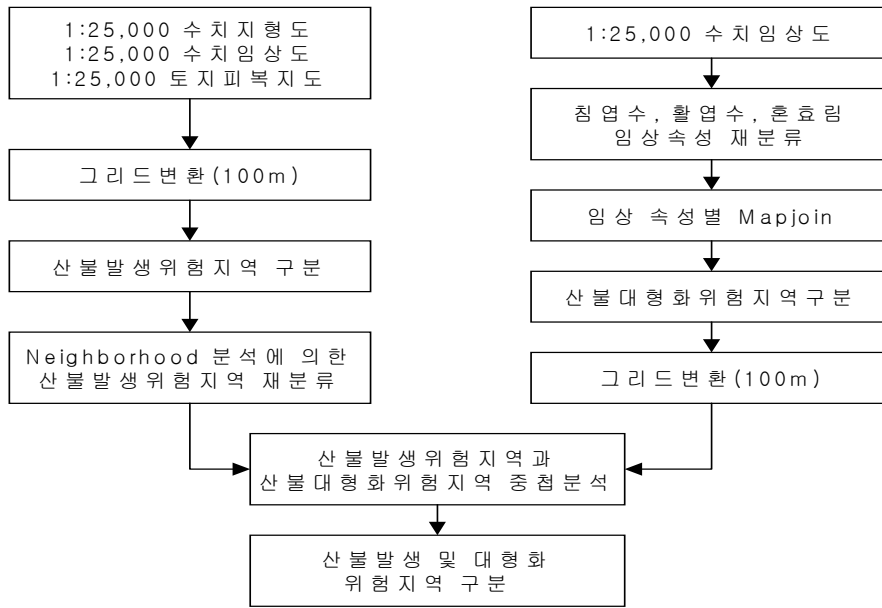


FIGURE 1. 산불발생 및 대형화 위험지역 구분을 위한 작업흐름도

험지역과 산불대형화 위험지역을 중첩하여 산불 발생 및 대형화 위험이 높은 지역을 추출하였다. 연구순서는 그림 1과 같이 수행하였다.

의성군지역의 최근 11년간(1993~2003년) 산 불발생현황을 살펴보면 그림 1과 같이 연평균 산불발생은 19건으로 1995년과 2002년에 많이 발생하였고, 피해면적은 연평균 12.3ha로 1997년에 가장 크게 나타났다.

산불발생확률 모형식을 이용하여 각 지점별 산불발생확률을 계산하여 위험지역을 구분한 결

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 산불발생위험지역 구분

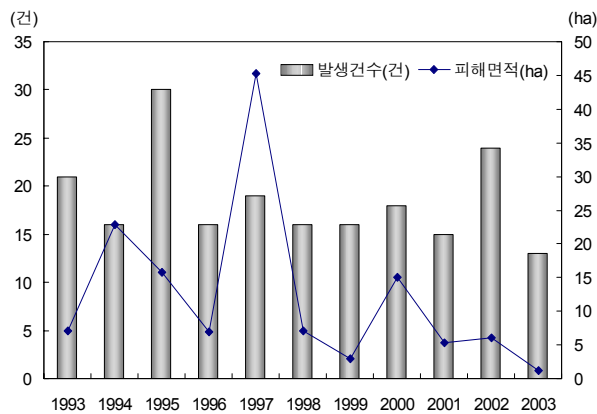


FIGURE 1. 의성군 산불발생 및 피해면적

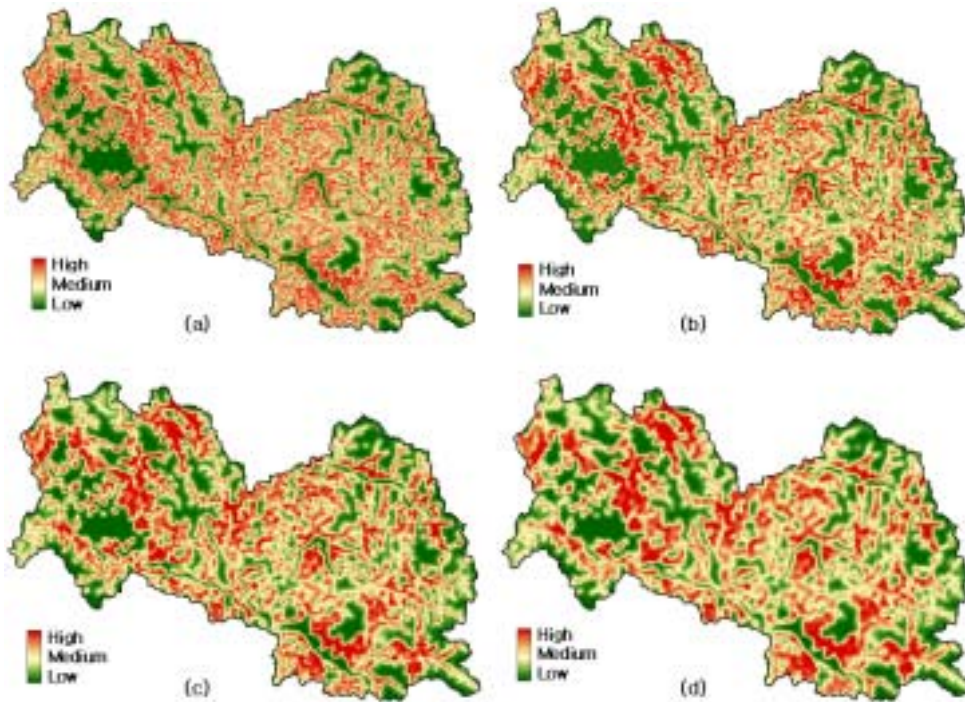


FIGURE 2. 로지스틱 산불발생 확률모형에 의한 산불발생위험도

(a) 원 자료, (b) Neighborhood 3×3, (c) Neighborhood 5×5, (d) Neighborhood 7×7

과 그림 2(a)와 같이 나타났다. 산불발생확률이 높은 지역은 이웃하는 지점의 산불발생확률에도 영향을 주므로 grid의 neighborhood 분석을 통하여 각 지점의 산불발생확률 값을 인접 3×3셀, 5×5셀, 7×7셀 평균값으로 확률을 재분류하여 산불발생위험이 높은 지역을 추출하였다(그림 2).

산불발생위험지역 구분의 정확도 검정을 위하여 과거 산불발생지점(1993~2003년)을 적용하여 분석한 결과 표 1과 같이 나타났다. neighborhood 분석을 사용하지 않은 산불발생위험도는 상위 20%의 면적으로 산불발생의 58%를 예측한데 반해 인접 3×3셀을 neighborhood한 산불발생위험도는 49%, 5×5는 44%, 7×7은 37%를 예측하였다. 또한 neighborhood 분석을 사용하지 않은 산불발생위험도에서 상위 40%의 면적으로 산불발생의 80%를 예측한데 반해 3×3은 77%, 5×5는 76%, 7×7은 67%를 예측하였다. 따

라서 neighborhood 분석에서 인접셀의 크기를 크게 할 수록 산불발생예측 능력은 떨어진다고 할 수 있지만, 위험지역이 산발적으로 분포하지 않고 집중됨으로서 오히려 관리자가 집중적으로 관리할 수 있는 곳을 선별하는데 더 효율적일 것으로 사료된다. 이러한 결과를 바탕으로 산불발생위험지역을 구분함에 있어서 neighborhood 7×7 분석을 사용하였으며, 산불발생예측을 50%까지 할 수 있는 위험지역을 선정하였다.

### 3.2 산불대형화위험지역 구분

최근 5년간(2000~2004년) 발생한 30ha이상 대형 산불의 월별현황을 보면 산불발생이 4월 78.4%, 3월 16.2%, 2월·11월 2.7%, 피해면적이 4월 95.6%, 3월 4.0%, 2월 0.2%, 11월 0.1%가 발생하여 대형산불위험은 시기적으로 4월이 가장 높은 것으로 나타났다.

TABLE 1. 산불발생확률모형의 neighborhood 분석에 의한 산불발생위험지역 구분에 따른 적합성검정(1993~2003년 산불발생자료)

면적비율 (%)	산불발생누적비율(%)			
	원 자료	3×3	5×5	7×7
5	21.2	18.2	14.3	13.8
10	32.0	30.5	24.1	22.2
15	46.8	39.4	33.5	30.0
20	<b>58.1</b>	49.3	44.3	36.9
25	67.0	<b>59.1</b>	<b>54.7</b>	48.8
30	73.9	64.5	60.6	<b>56.7</b>
35	77.8	71.4	67.5	60.1
40	<b>80.3</b>	76.8	75.9	66.5
45	84.2	<b>80.3</b>	<b>80.8</b>	74.4
50	84.7	84.7	83.3	<b>80.3</b>
55	89.7	89.2	86.7	83.3
60	92.1	91.6	90.6	88.2
65	95.1	93.6	93.6	91.1
70	96.1	97.0	95.6	96.1
75	98.0	97.5	97.0	97.0
80	98.5	98.5	98.5	98.5
85	99.0	98.5	99.0	99.0
90	99.0	99.5	99.5	99.5
95	99.5	100.0	99.5	99.5
100	100.0	100.0	100.0	100.0

임상에 따른 산불대형화 위험지역을 구분하기 위해서 국립산림과학원 1:25,000 수치임상도를 기본 주제도로 하여 여러 임상으로 되어있는 속성자료를 크게 침엽수, 활엽수, 혼효림으로 통합하여 분석을 실시하였다. 임상현황을 분석한 결과를 보면 표 2와 같이 침·활 혼효림이 전체의 43.7%로 가장 많이 분포하며, 소나무림이 37.3%를 차지하고 있다. 임상별 분포 면적은 혼효림이 전체 43.7%, 침엽수림 41.4%, 활엽수림은 10.8% 순으로 나타났다.

우리나라는 법규(산림법 102조)에 산불의 규모를 5ha미만, 5~30ha, 30ha이상으로 규정하고 규모에 따라 산불진화체계를 구축하고 있다. 이시영 등(2002)은 대형산불과 소형산불피해지역 특성을 분석하여 대형산불에 영향을 주는 인자로 사면장, 풍속, 경사, 산불발생지임상, 임상연속성

이 관련있는 것으로 규명하였으며, 사면장이 길고 바람이 강하며, 경사가 급하고, 임상이 침엽수일 때 산불이 대형화된다고 하였다. 산불발생시 침엽수에서는 수관화로 확대가 용이한 반면 활엽수에서는 대부분 지표화로 진행되기 때문에 임상이 침엽수이면서 연속성이 있을 때 대형산불로 확대될 위험성이 높다. 따라서 침엽수림이 연속해서 30ha이상 되는 지역을 추출하여 대형화위험지역으로 구분하였으며, 침엽수림이 연속해서 5~30ha인 지역을 침엽수 피해중지역으로 구분하였다. 혼효림은 침엽수림보다는 떨어지지만 침엽수의 수관 점유면적 또는 임목본수 비율이 각각 25%이상, 75%미만인 임상으로 활엽수 단순림보다는 위험하기 때문에 따로 구분하여 혼효림 피해중지역으로 구분하였다. 이때 5ha미만의 침엽수림은 주변이 활엽수림으로 구성되어 있어 혼

TABLE 2. 의성군지역 임상분류 현황

구분	임상코드	임상	면적(ha)	비율(%)	전체비율
침엽수림	D,PD	소나무림	29,487.75	37.3	41.4
	PK	잣나무림	553.44	0.7	
	PR	리기다소나무림	2,713.03	3.4	
활엽수림	Q	참나무림	108.72	0.1	10.8
	PH	활엽수인공림	213.35	0.3	
	PL	낙엽송림	1,646.93	2.1	
	H	활엽수림	6,543.59	8.3	
혼효림	M	침·활혼효림	34,542.22	43.7	43.7
무림목지	F	벌채지	7.32	0.0	2.4
	O	미임목지	263.18	0.3	
	E	황폐지	2.95	0.0	
	LP	초지(목장)	52.6	0.1	
	L	경작지	1,599.46	2.0	
기타	R	제지	1,372.57	1.7	1.7
	W	하천	1.28	0.0	
	-	기타	0.62	0.0	
전체			79,109.01	100	100

효림에 포함하였다. 활엽수림에서 발생하는 산불은 대부분 소형산불로 지표화만 일어나므로 그림 3과 같이 지표화지역으로 구분하였다. 구분한 결과, 전체면적 중 대형화위험지역이 23.4%, 침엽수 피해중지역이 5.4%, 혼효림 피해중지역이 30.8%, 지표화지역이 5.8%를 차지하였다.

산불발생예측이 50%인 산불발생위험지역과 30ha이상 침엽수림으로 구성된 산불대형화 위

험지역을 중첩하여 그림 4와 같이 산불발생 및 대형화 위험이 높은 지역을 추출하였다. 그 결과 전체면적 중 4%, 침엽수 대형화위험지역 중에서는 17%가 산불발생위험도 동시에 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 산불대형화 위험 지역에서 산불발생확률이 높은 지역분포를 쉽게 알 수 있으므로 산불진화자원의 배치 및 감시체계에 많은 도움을 줄 수 있을 것으로 생각된다.

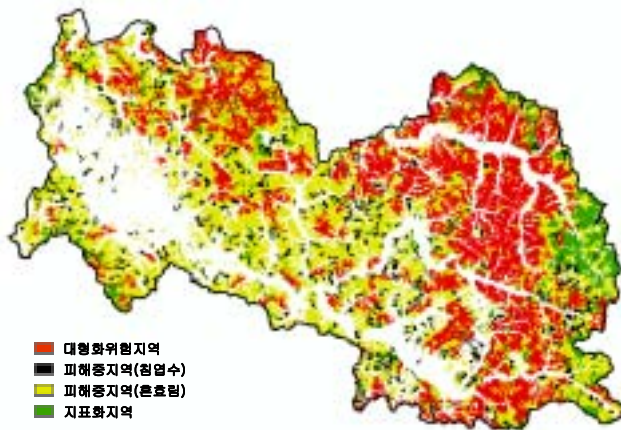


FIGURE 3. 임상특성에 따른 산불대형화위험도

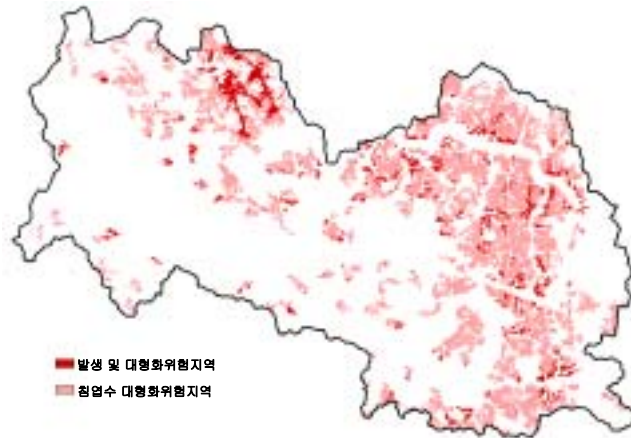


FIGURE 4. 의성군지역 산불발생 및 대형화위험지역 구분

#### 4. 결 론

최근 5년간(2000~2004년) 산불발생 중 30ha 이상의 대형산불은 전체 2,928건중 37건(1.26%)가 발생하였으며, 피해면적은 33,104ha 중 30,239.7ha(91.35%)가 발생하였다. 따라서 산불 관리에 있어서 산불발생위험이 높은 지역을 사전에 예측하여 효율적인 예방대책을 수립하는 것도 중요하지만 산불이 발생한 다음 대형화되기 쉬운 지역을 미리 예측하여 진화자원을 효율적으로 운용하여 초동진화를 한다면 산불로 인한 피해를 저감할 수 있을 것으로 사료된다. 따라서 본 연구에서는 산불 발생 및 대형화 위험성이 높은 지역을 구분한 결과 다음과 같다.

첫째, 산불발생위험지역을 구분함에 있어서 neighborhood 7×7 분석을 사용하였으며, 산불발생예측을 50%까지 할 수 있는 위험지역을 선정하였다.

둘째, 임상특성에 따른 대형화 위험지역을 구분한 결과 대형화위험지역이 23.4%, 침엽수 피해중지역이 5.4%, 혼효림 피해중지역이 30.8%, 지표화지역이 5.8%를 차지하였다.

셋째, 산불발생예측이 50%인 산불발생위험지역과 30ha이상 침엽수림으로 구성된 산불대형화 위험지역을 중첩하여 산불발생 및 대형화

위험이 높은 지역을 추출하였더니 전체면적 중 4%를 차지하였다.

이러한 결과는 산불위험이 특히 높은 지역을 집중적으로 예측함으로써 효율적인 감시체계운영을 위한 기초 자료로서 활용될 수 있을 것으로 생각된다. 그러나 본 연구에서 대형화 위험지역 구분을 임상만을 고려하여 구분하였기 때문에 정확성이 떨어질 것으로 사료된다. 따라서 차후에는 산림의 구조 및 지형 등을 고려한 종합적인 위험지역 구분이 이루어 질 수 있도록 체계적인 접근 노력이 요구된다. **KACRE**

#### 참고문헌

과기부. 2003. 산불위험지수예보시스템개발(산불예측 및 감시기술 개발, 29-114쪽). 과학기술부 연구보고서. 368쪽.

신영철, 안상현. 2000. 지리정보시스템을 이용한 산불방재방안: 청주시 우암산 지역을 중심으로. 한국지리정보학회지 3(1):23-34.

안상현, 이시영, 원명수, 이명보, 신영철. 2004. 공간분석에 의한 산불발생확률모형 개발 및 위험지도 작성. 한국지리정보학회지 7(4):57-64.

이병두, 정주상, 이시영. 2002. GIS 응용을 위한

- 산불확산예측 알고리즘의 개발. 한국임학회 91(6):812-819.
- 이시영. 1995. 산불발생 위험도 및 연소확대요인 분석에 관한 연구. 동국대학교 박사학위논문. 104쪽
- 이시영, 강용석, 안상현, 오정수. 2002. GIS를 이용한 산불피해지역 특성분석. 한국지리정보학회지 5(1):20-26.
- 이시영, 안상현, 원명수, 이명보, 임태규, 신영철. 2004. GIS를 이용한 산불발생위험지역 구분. 한국지리정보학회지 7(2):37-46.
- 정연하, 이시영, 염육철, 여운홍. 1989. 산화위험을 예측에 관한 연구. 임업연구원 연구보고 38:117-123.
- 정주상, 이병두, 김형호, 이시영. 2001. GIS 응용에 의한 2000년 삼척 산불의 확산속도 분석. 한국임학회 90(6):781-787.
- 조명희, 김준범, 김현식, 조운원. 2002. 웹 지리정보시스템 기술을 이용한 산불 현황정보 관리시스템 개발. 한국지리정보학회지 5(4):93-105.
- 조명희, 오정수, 이시영, 조운원, 백승렬. 2001. GIS를 이용한 산불정보관리시스템 개발. 한국지리정보학회지 4(3):51-50.
- Andrews, P.L. and L.P. Queen. 2001. Fire modeling and information system technology, International Journal of Wildland Fire, 10:343-352.
- Bradshaw, L.S, J.E. Deeming, R.E. Burgan and J.D. Cohen. 1983. The 1978 national fire-danger rating system : Technical Documentation. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. INT-169. 44pp.
- Hirsch, K.G. 1996. Canadian Forest Fire Behavior Prediction(FBP) System: user's guide. Canadian Forest Service. 121pp.
- Lee, S.Y., J.H. Lim and J.S. Oh. 1999. Analysis of Spread Rate and Pattern of Forest Fire in Kosung, Korea. Proceedings of the 3rd International Conference on Long-Term Ecological Research in the East Asia-Pacific Region. pp160-167.
- Rothermel, R.C. 1972. A mathematical model for prediction fire spread in wildland fuels. Research Paper INT-115(Ogden, UT: USDA Forest Service, Intermountain Research Station). 40pp. 