

GIS를 이용한 산불피해지역 특성분석

이시영¹ · 강용석² · 안상현¹ · 오정수¹

Characteristic Analysis of Forest Fire Burned Area using GIS

Si-Young LEE¹ · Yong-Seok KANG² · Sang-Hyun AN¹ ·
Jeong-Soo OH¹

요 약

전국토의 65%가 산림지역인 우리 나라의 경우 1990년대에 들어와서 산불발생건수 및 피해면적이 지속적으로 증가하고 있다. 본 연구에서는 산불을 효율적으로 관리할 수 있도록 GIS(지리정보시스템)를 이용하여 산불피해지역의 지형을 분석하였고, 기상자료와 임상자료를 포함하여 소형산불과 대형산불의 인자간 상호 비교 분석을 실시하였다. 그 결과 대형산불에 영향을 주는 인자는 사면장, 사면경사, 풍속, 수종, 수종연속성이 산불의 대형화와 관련이 있는 것으로 나타났다.

주요어: 산불, 통계분석, 지리정보시스템, 산불특성

ABSTRACT

The forest fire occurrences and burned area are increasing every year since 1990 in Korea, of which 65% is covered by forest. This study attempts to analyze topographic characteristics of forest fire burned area using GIS, and we also applied the statistical analysis based on the fire characteristics such as weather, forest as fuels and topography in small and large forest fire burned areas. The result of the statistical analysis shows that the size of forest fire was related to the slope length, slope degree, wind speed, forest type, and forest continuity.

KEYWORDS: Forest Fire, GIS, Statistical Analysis, Fire Characteristics

서 론

1940년대부터 연구가 시작되어 1972년 National Fire-Danger Rating System(NFDRS)을 개발하고, 현재도 계속적인 실험과 분석을 통해 시스템을 보완하고 있는 미국(Deeming 등, 1997)이나, 1920년대

2002년 2월 25일 접수 Received on February 25, 2002

¹ 임업연구원 (LSY925@chollian.net, shan508@hanmail.net, jsch@foa.go.kr) Korea Forest Research Institute

² 충북대학교 정보산업공학과 (accabar@hanmail.net) Dept. of Information Industrial Engineering, Chungbuk National Univ.

부터 기상, 연료, 산불 연소형태 등의 상호 연관성을 연구하기 시작하여 산불위험지수체계(Fire Weather Index System: FWI), 산불행태예측체계(Fire Behavior Prediction System: FBP), 산불발생예측체계(Fire Occurrence Prediction System: FOP) 등의 시스템을 개발하고 있는 캐나다와는 달리 우리나라에서는 GIS를 이용한 산불확산 시뮬레이션 알고리즘개발(김응식 등, 1995), GIS를 이용한 저수탱크 적지분석(이기철 등, 1998), GIS를 이용한 산불방재방안(신영철과 안상현, 2000) 등의 연구가 실행되었지만 아직 연구가 미흡한 실정이다. 그러나 2000년 동시 다발적으로 발생한 동해안 일대(23,448ha)의 대형산불로 산불에 대한 인식이 높아진 후, 입산통제 기준 및 등산로 관리체계, 산불위험지수 예보, 산불확산 예측 등 산불예방과 예측에 대한 연구가 과학기술부의 지원으로 활발히 진행되고 있다.

이에 본 연구에서는 산불의 대형화에 영향을 미치는 인자를 구명하기 위하여 GIS를 이용한 산불의 지형적 특성과 임상적 특성을 분석하고, 기상인자를 포함한 여러 인자들과 어떠한 상관관계가 있는지를 분석하여 산불의 효율적 관리를 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

본 연구는 우선 최근 5년(1997~2001)간 발생한 산불현황을 살펴보기 위하여 산림청에 보고된 통계자료를 이용하여 산불발생 건수 및 피해면적, 원인별 산불발생현황을 분석하였다. 또한, 산불피해지역의 특성을 분석하기 위하여 충북 음성군의 석인, 문암, 동음, 오선, 월정 지역, 충북 청원군의 가좌, 외천, 등곡, 오산, 성산, 유리 지역, 강원도 삼척시의 미로, 근덕 지역과 동해시의 이노 및 강릉시 사천 지역에 대한 현지조사를 통해 임상, 지형 등에 관한 자료를 수집하였으며, GIS 분석을 실시하기 위하여 국립지리원의 1:25,000 수치지형

도를 이용하여 고도, 경사, 사면향 등의 지형 분석을 실시하였다. 또한 기상인자는 기상청으로부터 산불이 발생한 지역의 기상자료를 획득하고, 산림청에서 30ha를 기준으로 구분한 대형 산불과 소형 산불의 두 그룹에 대한 유의성 검증을 위해 SAS 통계프로그램을 이용하여 분산분석을 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 산불발생현황

최근 5년(1997~2001)간 연평균 산불발생건수는 524건이며, 연평균 피해면적은 6,077ha이다. 시간대별 발생현황은 사람의 활동이 가장 많은 오후시간(14~18시)대가 268건(51%)으로 가장 많고, 정오시간(11~13시)대가 163건(31%), 야간(19~05시)이 65건(13%), 오전(6~10시)이 28건(5%)으로 발생하였다. 원인별 산불발생현황은 입산자 실화(40%)를 차지하며, 논밭두렁 소각(17%), 어린이 불량난(13%), 담배불·쓰레기 소각(12%), 성묘객 실화(3%), 기타(15%) 순으로 발생하였다. 계절별 발생현황은 봄철(3~5월)이 361건(69%)으로 가장 많고, 겨울철(12~2월)이 112건(21%), 가을철(9~11월)이 39건(8%), 여름철(6~8월)이 12건(2%) 발생하였다.

TABLE 1. General description of forest fire occurrence during 1997~2001

Year	1997	1998	1999	2000	2001	Mean
Fire occurrence	524	265	315	729	785	524
Burned area(ha)	2,330	1,014	473	25,607	963	6,077

2. 산불피해지 지형분석

산불피해지의 대형화요인을 조사하기 위하여 청원, 음성, 동해, 삼척, 강릉일대의 15개

TABLE 2. Frequency of forest fire occurrence by season(1997-2001)

Year \ Season	Total	Spring	Summer	Fall	Winter
Fire occurrence	524	361	12	39	112
Frequency(%)	100	69	2	8	21
1997	524	310	7	79	128
1998	265	171	1	14	79
1999	315	197	5	14	99
2000	729	503	17	30	179
2001	785	625	28	56	76

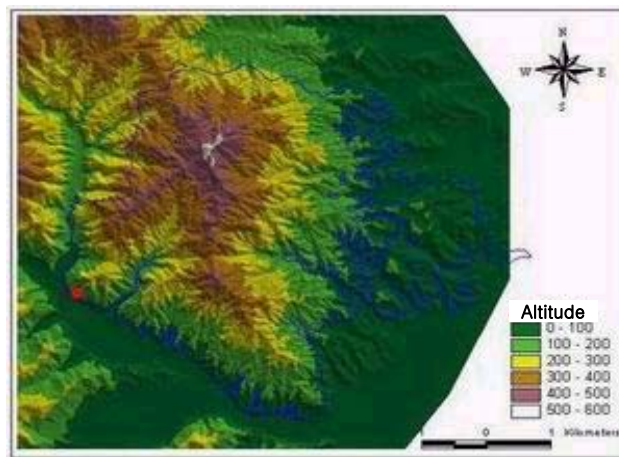


FIGURE 1. Altitude analysis of forest fire burned area

산불피해지역을 대상으로 발화점의 위치(DMS 좌표), 산불피해상황, 지형 및 임상조건과 산불 발생 시기의 기상조건, 사면장, 주화두방향, 연소상향방향, 경사, 수종연속성 등을 조사하였다.

산불피해 사례지의 지형 특성 분석을 위해 1:25,000 수치지형도를 이용하여 동해 이노의 산불피해 지역에 대해 고도분석을 실시한 결과 그림 1과 같이 산불피해 지역의 중앙부위 고도가 높았고, 산불경계 지역으로 갈수록 고도가 낮아지는 경향을 보였다. 이 지역의 면적 비율은 해발고도 0m에서 400m에 이르기까지 고른 면적비율을 보였으며, 경사가 20°~40°에 해당하는 지역이 60%를 차지하여 전체적

으로 지형이 험준하고 경사가 급하며 사면장이 긴 경향을 보였다.

또한 발화점을 기준으로 Euclidean Direction 함수와 Aspect 함수를 이용하여 상향과 하향 사면을 구분한 향분석 결과 그림 2와 같이 상향사면이 43.3%, 하향사면이 56.7%로 하향사면이 더 많은 면적을 차지하고 있었으나, 발화점에서 300m까지는 약 75% 이상이 상향사면이었으며, 반경 3km 범위 내에는 상향사면이 하향사면보다 많은 면적을 차지하였다. 따라서 동해 이노지역 산불의 경우 초기 확산이 매우 빠르게 진행한 것으로 나타났다.

그림 3에서는 발화점에서 3개의 주화두방향을 선정하여 표고단면도를 작성한 결과 반

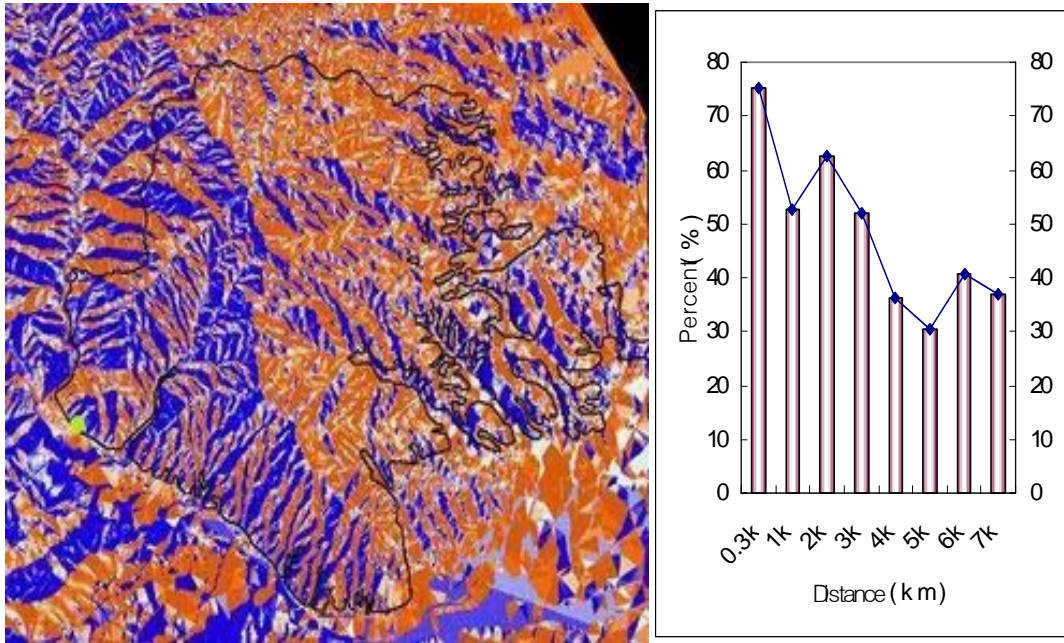


FIGURE 2. Percentage of upslope area from fire occurrence point

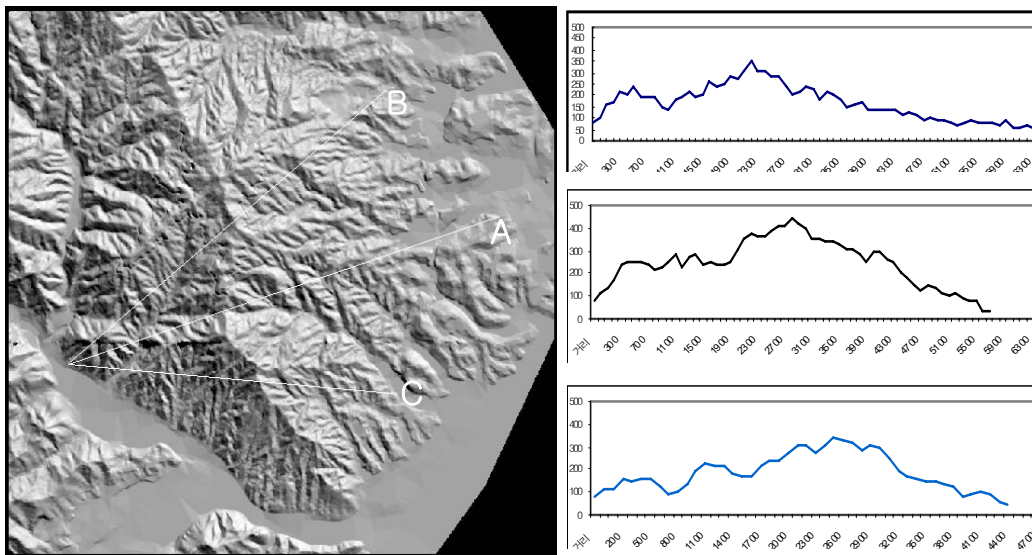


FIGURE 3. Altitude profile of forest fire burned area

경 약 500m까지는 고도가 급격히 상승하였으며, 전체적으로는 약 3km까지 고도가 상승하는 경향을 나타냈다. 따라서 고도분포도를 보아도

이 지역의 연소속도는 초기에 매우 빠르게 진행하였으며 이러한 지형형태는 우리나라의 일반적인 연소형태를 보여주고 있다.



FIGURE 4. Spread type of forest fire by forest continuity

임상의 연속성에 의한 산불확산 경향은 피해 지역의 임상이 침엽수이고 점유면적이 넓을수록 피해면적이 커지는 경향이 있으며, 연속된 임상이 활엽수이거나 혼효림일 경우 더 이상 확산되지 못하는 경향이 많았다. 그림 4에서 좌측 사진은 발화 후 침엽수가 분포한 지역만을 연소시키고 혼효림인 주변 산림까지 확산되지 못한 산불이며, 우측 사진은 침엽수의 분포면적과 비율이 높은 지역으로 짧은 시간동안 넓게 확산·연소된 산불피해지역을 나타낸 것이다.

산불의 확산은 사면장의 길이에 의해서도 많은 영향을 받는다. 그림 5와 같이 초기 발화지점으로부터 능선까지의 거리가 짧은 곳은 화세가 충분히 커지기 전에 능선에 도달하게 됨으로써 더 이상 산불이 확산되지 못하고 8~9능

선부분에서 대부분 진화되었다. 하지만 사면장의 길이가 길어 초기 산불의 화세가 커질 수 있는 지형적 조건을 갖추고 있는 곳은 능선에 도달하였다하더라도 비산화 같은 방법으로 다른 능선으로 확산되었으며 이로 인해 대형산불로 진행되는 경향을 보였다. 더불어 초기 발화지점에서 능선까지의 사면경사와 풍속 또한 대형산불에 영향을 주는 중요 요인으로 나타났다. 경사가 급할수록, 풍속이 강할수록 산불의 확산속도가 빨라 진화에 어려움이 많은 것으로 나타났다.

표 3은 15개 산불피해지역에 대해 현장조사와 실내분석을 통해 획득한 결과로서 상향각은 북을 기준으로 발화점과 능선까지 최단거리 연장선이 이루는 방향을 나타내며, 화두각은 산불의 주 화두방향각, 상향화두는 상향각과 화두각



FIGURE 5. Spread type of forest fire by aspect length

이 이루는 각이며, 화두풍향은 화두각과 풍향이 이루는 각을 나타낸다. 임상은 산불피해지역의 주된 임상조건이며, 임상연속성은 산불피해지역과 인접한 지역의 임상조건을 조사한 내용이다.

표 3의 자료를 이용하여 대형산불과 소형산불의 기상, 지형, 임상 인자간 분산분석을

실시한 결과 표 4와 같이 나타났는데, 대형산불에 영향을 주는 인자로 사면장, 풍속, 경사, 임상, 임상연속성이 1% 수준에서 유의성이 있는 것으로 나타났다. 이것은 사면장이 길고 바람이 강하며 경사가 급할수록, 임상이 침엽수이며 연속된 임상 역시 침엽수일 때 대형화로

TABLE 3. Fire characteristics of forest fire burned area.

District	Burned area (ha)	Slope length (m)	Upslope degree (°)	Firehead degree (°)	Wind direction (°)	Wind speed (0.1m/s)	UF (°)	FW (°)	UW (°)	Slope degree (°)	Altitude (m)	Forest type	Forest continuity	Temperature (0.1°C)	Humidity (%)
Umsung Seokin	13.22	480	10	20	200	7	10	180	170	25	143	C	M	188	27
Munam	1.22	140	75	90	140	70	15	50	65	15	113	M	M	135	33
Donggeum	2.56	350	300	315	70	14	15	115	130	35	195	B	B	125	32
Oseon	5.13	100	110	110	110	44	0	0	0	10	105	C	M	211	24
Woljeong	29.76	700	30	90	230	48	60	140	160	30	277	M	M	275	68
Chongwon Gajwa	2.19	190	75	35	160	22	40	125	85	15	95	B	B	229	33
Oecheon	0.38	90	330	30	50	20	60	20	80	15	108	B	B	62	29
Deunggeuk	0.42	80	45	55	70	25	10	15	25	23	52	M	M	294	30
Osan	0.26	70	15	20	50	18	5	30	35	25	72	M	M	171	17
Seongsan	8.12	140	10	70	140	90	60	70	130	15	159	M	M	127	18
Yuri	0.7	120	0	0	50	7	0	50	50	20	71	M	M	179	12
Samcheok Miro	4,054	850	70	100	90	11.7	30	10	20	35	210	C	C	14.3	18
Geundeok	12,997	1,600	225	130	70	7.3	95	60	155	30	60	C	C	13.4	20
Donghae Ino	2,243.9	630	45	90	70	6.3	45	20	25	40	103	C	C	17.5	21
Gangneung Sacheon	1,296	540	50	50	50	11.5	0	0	0	35	95	C	C	11.5	37

UF : The degree of upslope and firehead

FW : The degree of firehead and wind direction

UW : The degree of upslope and wind direction

C : Coniferous forest B : Broad-leaved forest M : Mixed forest

TABLE 4. Results of ANOVA test for fire characteristics in small and large forest fire burned areas.

Size of burned area	Slope length (m)	Upslope degree (°)	Firehead degree (°)	Wind direction (°)	Wind speed (0.1m/s)	UF (°)	FW (°)	UW (°)	Slope degree (°)	Altitude (m)	Forest type	Forest continuity	Temperature (0.1°C)	Humidity (%)
< 30ha	224	90.9	75.9	115	33	25	72	85	21	126	2.1	2.4	181	29
> 30ha	905	97.5	92.5	70	92	43	23	50	35	117	1.0	1.0	142	24
F-Value	<i>17.23</i>	0.01	0.14	2.06	<i>14.78</i>	1.15	2.76	1.04	<i>13.32</i>	0.07	<i>9.96</i>	<i>30</i>	1.32	0.05

* Number written in italic mode means significant at the 1% level.

UF : The degree of upslope and firehead

FW : The degree of firehead and wind direction

UW : The degree of upslope and wind direction

확산되는 것으로 나타났다.

하지만 이러한 결과는 15개 지역이라는 한정된 지역의 조사를 바탕으로 분석하였기 때문에 우리나라 산불에 있어서 산불대형화에 미치는 인자를 구명하기에는 다소 무리가 있을 것으로 사료된다. 따라서 우리나라 전반에 걸쳐 지속적 인 연구가 수행되어야 할 것으로 사료된다.

적 요

본 연구에서는 산불을 효율적으로 관리할 수 있는 기초 자료를 제공하기 위하여 강원도 삼척 지역을 포함한 15개 지역의 산불피해지를 대상으로 GIS를 이용하여 산불피해지역의 지형적 분석을 실시하였고, 기상자료와 임상자료를 포함하여 소형산불과 대형산불의 인자간 상호 비교 분석을 실시하였다. 그 결과 대형산불은 사면장, 풍속, 경사, 임상, 임상연속성과 밀접한 관계가 있는 것으로 나타났다. **KAGIS**

참고문헌

과학기술부. 2001. 산불예측 및 감시기술 개발. 139쪽.
 동해시. 2000. 4.12산불의 교훈. 301쪽.

산림청. 2002. 2001 산불통계자료. 190쪽.

산림청. 2001. 동해안산불백서 I · II. 871쪽.

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

이기철, 김승환, 남정철, 박승범, 강영조, 옥진아. 1998. GIS를 이용한 산불 진화용 저수탱크 적지 분석에 관한 연구. 한국지리정보학회지 1(2):1-13.

이시영. 1995. 산불발생 위험도 및 연소확대 요인 분석에 관한 연구. 동국대학교 박사학위논문. 104쪽.

이시영, 한상열, 안상현, 오정수, 조명희, 김명수. 2001. 강원도 지역 산불발생인자의 지역별 유형화. 한국농림기상학회지 3(3):135-142.

원상호. 2001. 우리나라 산불방제 행정체계의 개선방안에 관한 연구. 한남대학교 석사학위논문.

윤재준. 1999. 지리정보체계. 대영사. 629쪽.

Deeming, J.E., R.E. Burgan and J.D. Cohen. 1997. The national fire-danger rating system. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. INT 39. 63pp.

Pyne, S.J., L. Andrews, and R.D. Laven. 1996. Introduction to Wildland Fire. 769pp. **KAGIS**