

A-07

의성지역 산불예방을 위한 상세산불위험지역 구분 및 위험지도작성

이시영, 안상현, 원명수, 김동현, 이명보
국립산림과학원 산불연구과

Detail Classification and Mapping of Forest Fire Hazard Regions to Prevent Forest Fires in Uiseong-gun

Si Young Lee, Sang-Hyun An, Myoung Soo Won, Dong-Hyun Kim, Myung Bo Lee
Korea Forest Research Institute Forest Fire Division

1. 서론

우리나라에서 발생하고 있는 산불의 대부분이 사람의 사소한 부주의에 의하여 발생하며, 산불발생의 원인은 논·밭두렁소각, 등산객, 성묘객, 군사훈련, 어린이 불장난 등에 의해 발생하고 있다. 우리나라 산림이 녹화되어 하층식생, 임목 등 산림 내 가연물질이 우거지고, 낙엽층이 잘 썩지 않아 축적된데다 '94년부터 지속된 극심한 가뭄과 지역적인 기상이변이 심화되어 산불이 발생할 경우 다발·대형화되는 것으로 나타나고 있다. 또한 과거 대형산불이 주로 건조한 지역인 동해안지역에서만 발생하였으나 최근에는 숲이 울창해지면서 과거 큰 산불 없었던 서해안까지 발생하여 전국화되는 경향이다. 이러한 산불로 인한 재해를 미연에 방지하고 피해를 저감하기 위해서는 산불발생위험지역을 사전에 파악하여 예방대책을 세울 필요가 있다.

따라서, 본 연구에서는 임황(임상, 밀도, 경급 영급 등), 지황(방위, 경사, 사면향 등), 사회적 접근성(농경지거리, 묘지거리, 등산로 접근성 등) 등과 같은 산불발생의 간접적인 인자와 산불발생조건과의 관계를 분석하여 산불발생위험지역을 구분하고자 하였다.

2. 자료 및 연구방법

2.1 산불발생관련 GIS자료구축

경상북도 의성군 지역을 대상으로 산불발생인자에 따른 산불발생위험지역을 구분하고자 1993~2003년에 발생한 산불피해지역에 대하여 임황(임상, 밀도, 경급, 영급), 지황(고도, 경사, 사면향), 사회적 접근성(농경지거리, 등산로, 묘지거리 등), 산불발생지점 등의 산불발생관련 자료를 구축하였다. 산불발생지점은 산불당시 진화에 참여한 담당자가

1/25,000 지도상에 지번도와 임야도를 기본으로 하여 표기하였으며, 부분적으로 현장조사를 실시하여 보정하였다. 임황은 국립산림과학원 1/25,000 임상도로부터 필요한 주제도를 추출하였으며, 지황과의 접근성 분석을 위하여 국립지리원 1/5,000과 1/25,000 수치지형도 및 환경부 1/25,000 토지피복지도를 가지고 구축하였다.

2.2 산불발생관련 주제도 선정

산불위험지역구분에 사용될 주제도 선정을 위하여 구축된 주제도를 10m그리드로 변환하여 산불발생지점을 분석하였다. 분석된 결과를 바탕으로 SAS 통계프로그램을 이용하여 인자 간 상관분석을 실시하여 산불발생과 관련 있는 독립된 인자를 선별하여 주제도를 선정하였다.

2.3 산불발생위험지역 구분

산불발생 관련 주제도를 각 속성들을 일정범위로 구분하여 산불발생확률을 구하였다. 산불발생지점은 분석범위를 100m로 설정하였으며, 1993~1998년자료에 대하여 산불발생확률을 구하고, 속성별로 산불발생확률값을 가지는 주제도를 독립적인 관계에서의 조건부 확률식을 이용하여 최종 산불발생확률을 구하였다.

분석된 산불발생확률을 면적비율로 20등급화하여 산불발생위험지수를 산정하고, 각 산정된 지수를 적용하여 산불발생위험지역을 구분하였다. 구분된 위험지역의 타당성을 검증하기 위하여 분석에 사용되지 않은 산불발생지점 1999~2003년 자료로 분석하고, 분석한 결과를 예측비곡선(prediction rates curve)으로 표현하여 적합성 검증을 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 산불발생관련 GIS자료구축

산불이 발생하였던 지점의 특성을 분석하기 위하여 산불발생과 관련이 있을 것으로 사료되는 임상, 밀도, 경급, 영급, 고도, 경사, 사면향, 포장도로·소로·수계·관청·묘지·주거지·농경지·산림으로부터의 거리 등 15개 인자에 대한 주제도를 구축하였다<그림 1>.

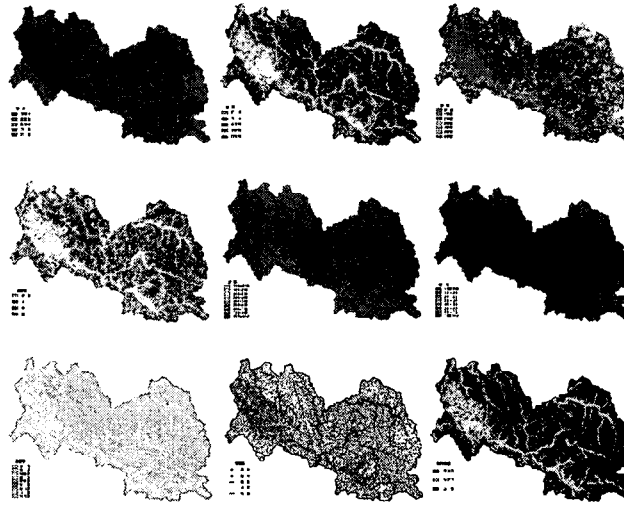


그림 1. 의성군 산불발생관련 GIS자료구축

3.2 산불발생관련 주제도 선정

산불발생과 관련 있는 주제도를 선정하기 위하여 1993~2003년 의성군의 산불발생지점에 대하여 산불발생과 관련이 있을 것으로 사료되는 임상, 밀도, 경급, 영급, 고도, 경사, 사면향, 관청·묘지·주거지·농경지·포장도로·소로·수계·산림으로부터의 거리 등에 대하여 분석을 실시하였다<표 1>.

표 1. 산불발생지점의 지형·임상·접근성 분석

No.	임상	밀도	경급	영급	고도	경사	사면향	관청	묘지	주거지	농경지	도로	소로	하천	산림 거리
1	1	2	2	2	79	6	189.7	570	30	73	10	22	54	108	0
2	2	2	2	2	70	17.7	160	2331	150	510	81	275	14	0	0
3	5	4	0	0	72	16.4	148.5	2213	258	499	0	150	108	51	20
4	1	1	2	2	164	14.3	181.9	5248	40	170	10	73	10	41	0
5	1	4	1	1	103	12.2	138.5	2670	153	89	0	41	54	50	0
6	5	4	0	0	175	22.9	90.3	2159	45	443	0	0	91	10	0
7	2	4	1	1	223	16.4	211.5	1839	92	489	165	184	40	150	0
8	5	4	0	0	121	20.1	313.4	2229	155	460	0	320	85	14	22
9	2	2	2	2	125	23	299	2647	130	643	60	237	70	22	0
10	5	4	0	0	65	36.9	190	4267	146	244	10	100	10	10	10
.															

※ 임상(1 침엽수, 2 혼효림, 3 활엽수, 4 기타, 5 없음), 경급(0 없음, 1 치수, 2 소경목, 3 중경목, 4 대경목) 영급(0 없음, 1 1영급, 2 2영급, 3 3영급, 4 4영급, 5 5영급), 소밀도(1 소밀도-소, 2 소밀도-중, 3 소밀도-밀, 4 없음), 경사·사면향(°), 고도·관청·묘지·주거지·농경지·주거지·포장도로·소로·하천·산림으로부터의 거리(m)

분석된 인자들간의 독립성 여부를 판별하기 위하여 통계프로그램인 SAS를 이용하여 상관분석을 실시하였다. 분석결과 <표 2>와 같이 그룹1(임상, 경급, 영급, 소밀도), 그룹2

(고도, 주거지·농경지·하천거리), 그룹3(경사, 사면향), 그룹4(관청거리), 그룹5(묘지거리), 그룹6(소로), 그룹7(산림거리)로 구분되었다.

독립변수로 인정되는 관청·묘지·소로·산림거리는 산불발생위험지역을 구분하는데 직접적으로 이용하고, 그룹1, 그룹2, 그룹3에 포함되는 인자들은 각 그룹별로 하나의 독립된 변수를 선택하기 위하여 산불발생원인과 교차표(cross table)를 작성하여 분석하거나 기존 연구사례를 통하여 산불발생과 더 밀접한 관련이 있을 것으로 사료되는 임상, 농경지거리, 경사를 선택하였다. 결과적으로 산불위험지역을 구분하는데 사용되는 주제도는 각 독립변수를 나타내는 임상, 경사, 농경지·관청·묘지·소로·산림거리 등을 포함하는 7개로 선정하였다.

3.3 산불발생위험지역 구분

산불발생관련 주제도를 가지고 산불발생위험지역을 구분하기 위하여 주제도별로 가지고 있는 속성들을 <표 3>과 같이 일반화하였는데, 임상은 침엽수, 혼효림, 활엽수, 기타, 없음과 같이 5개로 구분하고, 농경지·산림·소로·묘지거리는 50m간격, 관청거리는 500m 간격, 경사는 5° 간격으로 범위를 설정하여 분류하였다.

표 2. 산불발생관련인자의 상관분석

	경급	영급	밀도	임상	고도	주거지	도로	농경지	하천	경사	사면향	관청거리	묘지거리	소로	산림거리
경급	1 0														
영급	0.9561 <0.0001	1 0													
밀도	-0.8754 <0.0001	-0.8392 <0.0001	1 0												
임상	-0.9084 <0.0001	-0.8525 <0.0001	0.7121 <0.0001	1 0											
고도	0.1783 0.0107	0.1878 0.0072	-0.1062 0.1307	-0.2270 0.0011	1 0										
주거지	0.1633 0.0196	0.1677 0.0165	-0.1794 0.0103	-0.1547 0.0272	0.3778 <0.0001	1 0									
도로	0.2532 0.0003	0.2228 0.0014	-0.2645 0.0001	-0.2267 0.0011	0.3291 <0.0001	0.4486 <0.0001	1 0								
농경지	0.2553 0.0002	0.2533 0.0003	-0.2167 0.0019	-0.2589 0.0002	0.3901 <0.0001	0.4121 <0.0001	0.5564 <0.0001	1 0							
하천	0.1628 0.0200	0.1242 0.0767	-0.1098 0.1181	-0.1573 0.0246	0.0891 0.2049	-0.0276 0.6952	0.2851 <0.0001	0.3991 <0.0001	1 0						
경사	0.2647 0.0001	0.2530 0.0003	-0.2206 0.0015	-0.2458 0.0004	0.2167 0.0018	0.1327 0.0585	0.1849 0.0081	0.2055 0.0032	0.1228 0.0803						
사면향	0.1057 0.1324	0.0902 0.1995	-0.0896 0.2027	-0.1091 0.1205	0.0610 0.3860	0.1312 0.0615	0.1137 0.1055	0.0999 0.1549	0.1619 0.0207						
관청	0.2169 0.0018	0.1866 0.0075	-0.1832 0.0087	-0.1690 0.0157	0.2892 <0.0001	0.1163 0.0977	0.1710 0.0145	0.2373 0.0006	0.1997 0.0042	0.1489 0.0336	0.0201 0.4766	1 0			
묘지	-0.1979 0.0046	-0.1927 0.0058	0.1755 0.012	0.2031 0.0036	-0.0288 0.6831	-0.0194 0.7835	-0.0046 0.9845	0.0414 0.5563	-0.0099 0.8877	-0.0450 0.5228	0.0694 0.3239	-0.1459 0.0373	1 0		
소로	0.0151 0.8302	0.0466 0.5084	0.0262 0.7102	0.0047 0.9465	-0.0291 0.6792	-0.0619 0.3789	-0.1805 0.0098	-0.0229 0.7451	-0.0266 0.7058	0.0525 0.4557	0.0863 0.2199	0.0381 0.5886	0.0017 0.9810	1 0	
산림거리	-0.2128 0.0022	-0.1999 0.0041	0.1699 0.0152	0.2309 0.0009	-0.1735 0.0131	-0.1576 0.0244	-0.1171 0.0953	-0.0848 0.2277	-0.0077 0.9134	-0.1916 0.0060	-0.1522 0.0298	-0.1827 0.0089	-0.0239 0.7349	0.0916 0.1926	1 0

ArcGIS의 Spatial Analyst로 각 주제도를 산불발생지점도와 중첩분석하여 속성별로 산불이 발생된 면적을 계산하여 산불발생확률을 구하였다. 주제도에 하나의 속성을 A, 산불발생지점을 B로 가정한다면 속성 A에서의 산불발생확률 P_A 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\text{속성별 산불발생확률}(P_A) = \frac{(A \cap B) \text{ 면적}}{A \text{ 면적}}$$

분석에 사용된 산불발생지점은 분석범위를 100m로 설정하였으며, 1993~1998년 자료에 대하여 산불발생확률을 구하였다<표 3>. 각 주제도별로 구하여진 산불발생확률을 조건부확률에 따라 모든 주제도를 계산하여 최종적인 산불발생확률을 구하였다. 주제도를 각각 A, B로 가정하였을때 A와 B 사이에 독립적인 관계가 성립되었을 경우에 있어서 조건부확률 $P(B | A)$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$P(A \cap B) = P(A) \times P(B)$$

표 3. 1993~1998년 산불발생지점을 이용한 속성별 산불발생확률

구분	농경지거리	산림거리	소로거리	관청거리	묘지거리	임상	경사
1	0.46845	0.35915	0.38616	0.15564	0.43741	0.29498	0.29870
2	0.42829	0.40017	0.37372	0.39720	0.35604	0.28897	0.53370
3	0.18948	0.12396	0.33876	0.39937	0.28991	0.17788	0.59332
4	0.13902	0.08747	0.29491	0.55329	0.31789	0.65525	0.42517
5	0.16865	0.04813	0.22364	0.45811	0.24997	0.36922	0.31885
6	0.11987	0.02651	0.14530	0.23567	0.17650	-	0.23801
7	0.01437	-	0.09825	0.27516	0.16912	-	0.17381
8	-	-	0.08120	0.22595	0.16063	-	0.12685
9	0.01400	-	0.03450	0.33657	0.17809	-	0.16165
10	0.06160	-	-	0.32251	0.19776	-	0.20023
11	0.07142	-	0.19602	0.16289	0.16478	-	0.19516
12	0.06341	-	0.48983	0.16334	0.10758	-	0.28159
13	0.01001	-	0.13675	0.17699	-	-	0.07452
14	-	-	-	0.16586	0.02268	-	1.9444
15	-	-	-	0.15500	0.57501	-	-
16	-	-	-	1.66416	1.20246	-	-
17	-	-	-	0.01427	0.19062	-	-

※ 임상(1 침엽수, 2 혼효림, 3 활엽수, 4 기타, 5 없음), 경사(5°간격),
농경지·산림·소로·묘지거리(50m간격), 관청거리(500m간격)

구한 산불발생확률을 면적비율로 20등급화하여 산불발생위험지수를 산정하고, 각 산정된 지수를 적용하여 산불발생위험지역을 구분하였다. 구분된 산불발생위험지역의 적합도 검증은 위하여 산불발생지점 1998~2003년 자료를 위험등급별로 적용하여 예측비곡선으로 표현한 결과 <그림 2>과 같이 좌상곡선을 나타내어 실효성이 있는 것으로 나타났다.

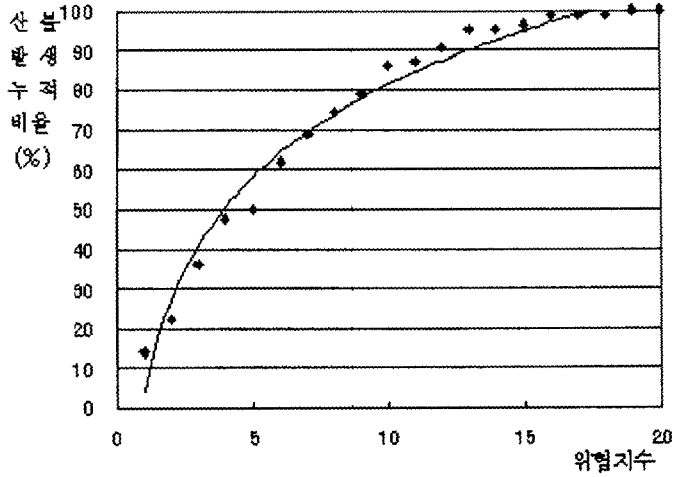


그림 2. 산불위험지역구분에 의한 타당성 검증을 위한 예측비곡선(1999~2003년 자료적용)

위험지역을 구분함에 있어 산불발생위험지수의 안정성을 추구하기 위하여 1993~2003년의 자료를 가지고 분석하였으며, 사용자가 산불발생위험지역을 효율적으로 관리할 수 있도록 20등급으로 되어 있는 지수를 크게 5단계로 구분하여 위험지도를 작성하였다. 위험지도를 작성하기 위한 5단계 구분은 <표 4>와 같이 등간척도를 이용하거나 산불발생비율을 이용하여 크게 두 가지로 분류하였다. <그림 3>은 지수를 등간척도를 이용하여 구분한 결과로서 산불발생위험지역이 다른 지역과 동일한 면적비를 갖게 되므로 실질적인 산불관리에 있어서 효율성이 떨어진다. 따라서 상대적으로 산불발생 위험이 높은 지역을 선별할 수 있도록 산불발생비율을 고려하여 위험지역을 <그림 4>와 같이 구분하였다.

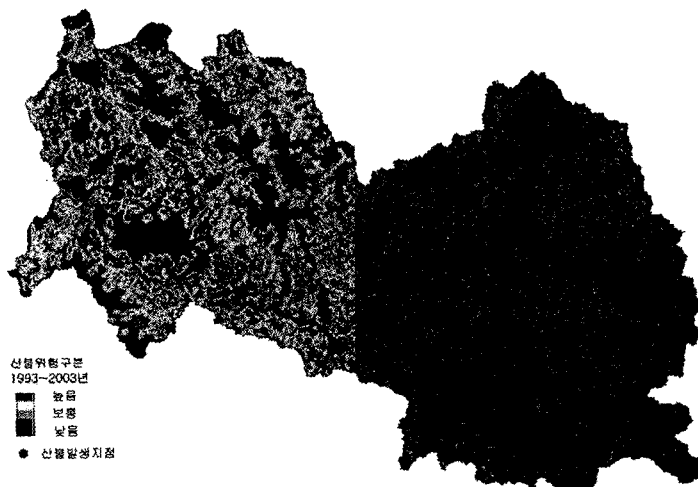


그림 3. 산불발생위험지수를 등간척도에 따라 5단계로 구분한 산불발생위험지도

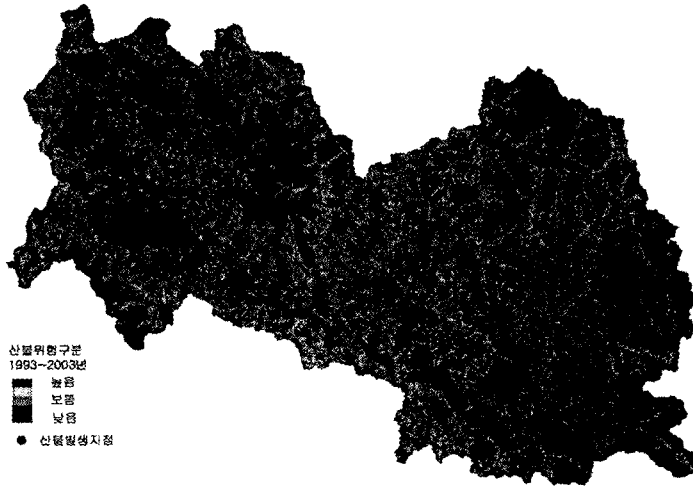


그림 4. 산불발생위험지수를 발생비율에 따라 5단계로 구분한 산불발생위험지도

표 4. 산불발생위험지도 작성을 위한 위험지수 분류

구분		높음	-	보통	-	낮음
등간척도	위험지수	1~4	5~8	9~12	13~16	17~20
	면적비율(%)	20	20	20	20	20
	발생비율(%)	49.5	30.4	14.7	4.9	0.5
발생비율	위험지수	1~2	3~4	5~7	8~12	13~20
	면적비율(%)	10	10	15	25	40
	발생비율(%)	24	26	25	20	5

4. 결론

산불발생위험지역을 구분하여 효율적인 예방대책을 수립하여 산불로 인한 재해를 미연에 방지하고 피해를 저감하고자 산불발생과 관련이 있는 임상, 경사, 농경지·관청·묘지·소로·산림으로부터 거리 등 7개를 선별하여 주제도를 선정하였으며, 선정된 주제도로 산불발생확률을 구한 후 산불발생위험지역을 면적비율에 따라 20등급으로 지수화하여 구분하고 지수의 적합도 검정을 위하여 예측비곡선을 이용하였다. 실시결과 적합도가 인정되는 좌상곡선을 나타냈으며, 산불발생위험지수의 안정성을 추구하기 위하여 1993~2003년의 자료를 가지고 분석하였다. 또한 산불발생위험지역 관리의 효율성을 증가시키기 위하여 위험지수를 크게 5단계로 구분하여 산불발생위험지도를 작성하였다. 본 연구에서는 임상과 지형을 가지고 분석을 실시하였지만 시기별로 산불발생원인이 다르게 나타나므로 시기별로 산불발생위험지역을 구분할 필요가 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

- 송문섭, 조신섭. SAS를 이용한 통계자료 분석. 자유아카데미. 341쪽. 2002.
- 신영철, 안상현. 지리정보시스템을 이용한 산불방재방안:청주시 우암산 지역을 중심으로. 한국지리정보학회지 3(1):23~34. 2000.
- 이시영. 산불발생 위험도 및 연소확대요인 분석에 관한 연구. 동국대학교 박사학위논문. 104쪽. 1995.
- 이시영, 강용석, 안상현, 오정수. GIS를 이용한 산불피해지역 특성분석. 한국지리정보학회지 5(1):20~26. 2002.
- Bradshaw, L.S, J.E. Deeming, R.E. Burgan, J.D. Cohen. The 1978 national fire-danger rating system : Technical Documentation. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. INT-169. 1983.
- Stephen J. Pyne, Patricia L. Andrews, Richard D. Laven. Introduction to Wildland Fire. John Wiley & Sons. pp.769. 1996.