

# 산불예방을 위한 감시시설 가시범위 분석에 관한 연구

## Analysis on Visibility Range of Forest Fire Detection Facilities for Forest Fire Prevention

이시영\* · 안상현\*\*

Si-Young Lee · Sang-Hyun An

### Abstract

This study analyzed on the area of Samcheok, Kangwondo about forest fire alarming area and enlargement of the area. Then, visible area by unattended watching camera and watchtower for forest fire which were run by Samcheok was cross-checked with geographic information system, and it could be whether effective on watching the area where the forest fire risk was high enough and also it could be expanded to larger forest fire.

The result of study, the visible area by watching facilities only holds for 13.4% of the whole forest fire alarming area, but the forest fire can be observed even though it is occurred in small valley because of smoke and all the forest fire have been occurred in daytime. Therefore, it can be determined that watching area will be extended around 50.3% while the observation radii of watching facilities raise by 4km. However, Samcheok has much greater area of mountain area in compared to any other cities or counties, watching facilities should be installed and run additionally for extinguishing the forest fire from the beginning.

**keyword** : Forest fire, Forest fire risk, Watching camera and watchtower, Watching facilities

## 1. 서론

산불을 효율적으로 방지하기 위해서는 산불발생위험을 판정할 수 있는 알고리즘 개발뿐만 아니라 관련인자의 DB 구축 및 시스템 개발이 필요한데 산불 방지에 있어서 선진국인 미국은 1914년부터 산불위험등급시스템 관련 연구를 시작하여 1972년 국가산불위험지수시스템(NFDRS)을 개발, 1978년부터 실용화하고 있으며 (Bradshaw et al., 1983), 캐나다도 1920년대부터 연구를 시작하여 1968년 캐나다산불위험지수시스템(CFFDRS)을 개발하여 현재 실용화하고 있다(Hirsch, 1996). 우리나라는 1986년에 이르러서 산불 연구를 시작하였으며, 산불발생위험예측에 대한 연구(정연하 등, 1989; 이시영, 1995)뿐만 아니라, GIS를 이용하여 산불을 효율적으로 관리하려는 연구에 이르기까지 다양하게 시도되고 있다(신영철 등, 2000; 조명희 등, 2001, 2002).

본 연구는 강원도 삼척시 지역을 대상으로 하여 산불발생 위험지역과 대형화 위험지역을 분석하고, 현재 삼척시에서 운영하고 있는 산불무인감시카메라 및 산불감시탑의 가시권역을 추출하여 GIS 중첩분석을 통하여 산불발생위험이 높으면서 산불이 대형 산불로 확대될 위험이 높은 지역을 효과적으로 감시하는지의 여부를 분석하였다.

## 2. 연구방법

### 2.1 산불발생위험지역 구분

본 연구에서는 경상북도 의성군지역의 1993~2003년 산불발생자료와 공간특성자료를 이용하여 각 지점별 산불발생확률모형을 개발한 기존연구(안상현 등, 2004)를 이용하였고 추정식은 다음과 같다.

\* 정회원 · 강원대학교 · 방재기술전문대학원 · 조교수 · E-mail : LSY925@kangwon.ac.kr

\*\* 충북대학교 정보산업공학과

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

산불발생확률모형 추정식은 의성군 지역을 대상으로 하여 개발되었기 때문에 삼척시에서도 적합한모형인지를 검증하기 위하여 이 지역에서 발생되었던 산불을 적용하여 분석하였다.

## 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. 삼척시의 임상 특성을 분석하기 위하여 국립산림과학원 1/25,000 수치임상도를 사용하였으며, 임상의 면적에 따라 산불대형화 위험지역을 구분하였다. 또한 산불발생위험지역과 산불대형화 위험지역을 중첩하여 산불발생 및 대형화 위험이 높은 지역을 추출하였다.

## 2.3 산불감시시설의 가시권 분석

삼척시에서는 산불발생시 초동진화가 가능하도록 조기에 감시하기 위하여 산불무인감시카메라와 및 산불감시탑을 설치하여 운영하고 있다. 이렇게 설치된 감시시설의 가시권을 ArcGIS9.0을 이용하여 분석하였으며, 이렇게 분석된 지역과 산불발생 및 대형화 위험지역을 중첩 분석하여 감시시설에서 산불위험지역을 효과적으로 감시할 수 있는지를 분석하였다.

# 3. 결과 및 고찰

## 3.1 산불발생 위험지역 구분

### 3.1.1 산불발생 확률모형에 의한 산불발생 확률값 산출 및 지수화

기 개발된 산불발생 확률모형을 통하여 지점별 산불발생 확률을 계산하였으며, 계산된 확률값을 이용하여 산불발생 위험지수를 설정하였다. 위험지수의 설정은 지점별 공간특성자료를 확률모형에 대입하여 얻어진 확률들의 총예측치를 이용하였으며, 5% 구간별 백분위수를 추정하고 해당 확률구간을 지수화하여 설정하였다. 산불발생 확률값은 1이 100%을 나타내므로 구한 결과값에 100을 곱하여 표기하였으며, 지수는 산불발생확률이 높 지역을 1로 낮은 지역을 20으로 선정하여 나타낸 결과 표 1과 같이 나타났다.

표 1. 산불발생확률에 따른 산불발생위험지수

위험지수	확률값(%)	비율(%)	위험지수	확률값(%)	비율(%)
1	0.438196이상	5	11	4.4700E8-2.8227E7	5
2	0.225507-0.438196	5	12	5.7172E9-4.4700E8	5
3	0.094265-0.225507	5	13	5.735E10-5.7172E9	5
4	0.033113-0.094265	5	14	3.976E11-5.735E10	5
5	0.010440-0.033113	5	15	1.623E12-3.976E11	5
6	0.002929-0.010440	5	16	3.471E14-1.623E12	5
7	0.000293-0.002929	5	17	3.257E16-3.471E14	5
8	0.000071-0.000293	5	18	5.405E23-3.257E16	5
9	0.000015-0.000071	5	19	4.704E30-5.405E23	5
10	2.8227E7-0.000015	5	20	4.704E30이하	5

### 3.1.2 산불발생 및 대형화 위험지역 구분

산불발생 위험지역을 구분하기위한 위험지수의 적합성 검증을 위하여 과거 삼척시에서 발생(1990~2006년)하였던 산불발생 지점에 대한 위험지수를 산출한 결과, 좌상곡선을 나타냈으며, 위험지수 5등급까지 전체 산불발생 건수의 48%, 10등급까지 77%가 발생하였다. 이러한 결과로 볼 때 산불발생 위험지역을 구분하기 위한 산불발생 위험지수는 적합성이 있는 것으로 판단된다.

따라서 산불발생 위험지수가 적합성이 있는 것으로 나타났기 때문에 이것을 이용하여 삼척시 산불발생 위험지역을 구분하였으며, 사용자가 산불발생 위험지역을 효율적으로 관리할 수 있도록 20등급으로 되어 있는 지수를 크게 5단계로 구분하여 산불발생 위험지역을 구분하였다. 위험지역을 구분하기 위한 5단계 구분은 표2와 같이 위험지수를 이용하여 분류하였다.

**표 2. 산불발생 위험지역 구분을 위한 위험지수 분류**

구분	아주높음	높음	보통	낮음	아주낮음
위험지수등급	1~4	5~8	9~12	13~16	17~20
면적비율(%)	20	20	20	20	20
산불발생비율(%)	35.4	31.2	12.5	13~16	17~20

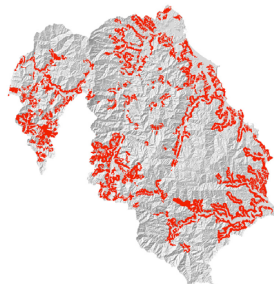
또한, 임상에 따른 산불대형화 위험지역을 구분하기 위해서 국립산림과학원 1:25,000 수치임상도를 기본 주제도로 하여 여러 임상으로 되어있는 속성자료를 크게 침엽수, 활엽수, 혼효림으로 통합하여 분석하였다. 임상현황을 분석한 결과 표2와 같이 침엽수가 전체의 48.4%로 가장 많이 분포하며, 침·활 혼효림이 34.3%, 활엽수림은 14.2%를 차지하고 있었다.

**표 3. 강원도 삼척시 임상분류 현황**

구분	면적(ha)	비율(%)
침엽수림	51,433	48.39
활엽수림	15,118	14.22
혼효림	36,451	34.29
기타	3,298	3.10
합계	106,300	100

우리나라는 산림법 102조에 산불의 규모를 5ha미만, 5~30ha, 30ha이상으로 규정하고 규모에 따라 산불진화체계를 구축하고 있다. 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 구분하였다. 구분한 결과 전체 면적 지역 중 대형화 위험지역이 39%로 나타났다.

산불발생예측이 66.6%인 산불발생 아주높음, 높음 위험지역과 30ha이상 침엽수림으로 구성된 산불대형화 위험지역을 중첩하여 그림 1과 같이 산불발생 및 대형화 위험이 높은 지역을 추출하였다. 그 결과 전체면적 중 18.8%이고, 침엽수 대형화위험지역 중에서는 48.1%가 산불발생위험도 동시에 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 의성군지역이 전체 면적의 4%가 산불발생 및 대형화 위험지역인 것에 비하여 삼척시는 산불이 발생되었을 경우 신속히 초동진화를 못할 경우 대형산불로 될 가능성이 높다는 것을 나타낸다.



**그림 1. 삼척시 산불발생 및 대형화위험지역 구분**

### 3.2 산불감시시설의 가시범위 분석

삼척시에서 운영하고 있는 산불무인감시카메라와 및 산불감시탑의 가시권 분석 결과 그림 2의 좌측과 같이 나타났다. 그러나 무인감시카메라의 경우 초기 산불을 감별할 수 있는 거리가 4km정도이고, 감시탑에서도 망원경을 이용할 경우 4km정도이므로 감시시설에서 감시할 수 있는 가시권은 4km 이내로 제한하는 것이 합당할 것이다.

산불 감시시설의 가시권 지역이 산불발생 및 대형화 위험지역을 효율적으로 감시할 수 있는 지를 분석하기 위하여 중첩 분석하였다. 분석 결과 산불 위험지역 22,248ha 중 가시권 범위에 들어오는 지역은 2,978ha로



그림 2. 산불 감시시설 가시권 분석 및 산불 위험지역

13.4% 정도밖에 되지 않았다. 그러나 감시시설 반경 4km까지 포함하면 11,199ha로 50.3%를 차지한다. 그림 2의 우측은 산불 위험지역, 감시시설 가시권, 감시시설, 산불발생지점을 나타낸 것으로 삼척시 남부지역이 산불위험이 높지만 감시시설이 존재하지 않으므로 산불의 조기감시가 어려울 것으로 생각된다. 따라서 추가적으로 감시시설이 설치된다면 삼척시 전역에 대한 산불감시가 효율적으로 이루어 질것으로 사료된다.

#### 4. 결론 및 제안

본 연구에서는 강원도 삼척시 지역의 감시시설인 산불무인감시카메라와 산불감시탑이 산불위험지역을 효율적으로 감시할 수 있는지 가시권 분석을 실시하였다. 분석결과 산불 위험지역 중 가시권 범위에 들어오는 지역은 13.4% 정도밖에 되지 않았지만, 산불이 주로 낮에 발생하고, 연기가 나기 때문에 조그만 계곡부에서 발생하더라도 감시할 수 있으므로 감시시설 반경 4km까지 포함한다 하더라도 50.3%밖에 감시할 수가 없어 감시시설이 부족한 실정이었다.

결과적으로 삼척시는 산불이 발생되면 대형 산불로 확산될 가능성이 높은 지역으로 다른 시군보다 신속한 초동진화가 요구된다. 따라서 삼척시 지역에 감시시설을 추가적으로 설치 운영할 필요가 있으며, 이로 인해 삼척시 전역에 대한 산불감시가 효율적으로 이루어진다면 산불피해를 최소화시킬 것으로 판단된다.

#### 참고문헌

1. 산림청. 2005. 2004년 산불통계자료. 169쪽.
2. 신영철, 안상현. 2000. 지리정보시스템을 이용한 산불방재방안: 청주시 우암산 지역을 중심으로. 한국지리정보학회지 3(1):23~34.
3. 안상현, 원명수, 김동현, 강영호, 이명보, 이시영. 2005. 의성군지역 산불발생 및 대형화 위험지역 구분. 한국지리정보학회지 8(2):117-124.
4. 이기철, 김승환, 남정철, 박승범, 강영조, 옥진아. 1998. GIS를 이용한 산불 진화용 저수탱크 적지분석에 관한 연구. 한국지리정보학회지 1(2):1-13.
5. 이시영. 1990. 환경인자가 산불의 온도 및 진행속도에 미치는 영향. 동국대학교 석사학위논문. 44쪽.
6. 정주상, 이병두, 김형호. 2002. GIS와 판별분석에 의한 삼척산불지역의 소나무임분 피해도 추정. 한국임학회지 91(3):355-361.
7. 조명희, 오정수, 이시영, 조윤원, 백승렬. 2001. GIS를 이용한 산불정보관리시스템 개발. 한국지리정보학회지 4(3):51~50.
8. Bradshaw, L.S., J.E. Deeming, R.E. Burgan, J.D. Cohen. 1983. The 1978 National Fire-danger Rating System : Technical Documentation. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. INT-169. 44pp.