

# 삼척지역 산불위험지 구분에 따른 감시시설의 위치 적합성에 관한 연구

## Analysis on a Location Compatibility of Forest Fire Detection Facilities according to Classification of Forest Fire Hazard Regions Types in Samcheok Area

이시영 · 안상현\*<sup>†</sup>

Si-Young Lee · Sang-Hyun An\*<sup>†</sup>

강원대학교 방재기술전문대학원, \*충북대학교 정보산업공학과  
(2008. 3. 11. 접수/2008. 9. 11. 채택)

### 요 약

본 연구는 강원도 삼척시 지역을 대상으로 산불발생 위험지역과 대형화 위험지역을 분석하고, 현재 삼척시에서 운영하고 있는 산불무인감시카메라 및 산불감시탑의 가시권역을 GIS 중첩분석을 통하여 산불발생위험이 높으면서도 대형 산불로 확대될 위험이 높은 지역을 효과적으로 감시하는지의 여부를 분석하였다. 연구결과 산불위험지역 중 가시권 범위에 들어오는 지역은 13.4% 정도밖에 되지 않았지만, 산불이 주로 낮에 발생하고, 연기가 나기 때문에 조그만 계곡부에서 발생하더라도 감시할 수 있으므로 감시시설 반경을 4 km까지 포함하면 전체면적 중 약 50.3%를 감시할 수 있을 것으로 판단되었다. 그러나 삼척시는 다른 시, 군에 비해 넓은 면적의 산림을 가지고 있어 초동진화를 위해서는 감시시설을 추가적으로 설치 운영할 필요가 있다.

### 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 4 km. 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.

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

## 1. 서 론

산불이 발생하면 직접적으로 산불피해를 입은 국가나 지역의 토지피복, 토지이용, 생물종 다양성, 기후변화와 산림생태계를 포함한 제반 환경이 많은 영향을 받을 뿐만 아니라, 산불의 영향을 받은 인접 국가들의 사회, 경제, 인간 건강에도 지대한 영향을 미친다. 과

거 자연 현상의 하나로 받아들여지던 산불이 이제는 인위적 실화로 발생하고 있으며, 산림자원의 축적으로 산림연료를 관리하지 않을 경우 산불의 위험성은 계속 높아질 전망이다.<sup>1-2)</sup> 최근 10년간('97~'06) 연평균으로 우리나라의 산불피해 상황을 보면 건수 495건, 피해면적 3,924 ha의 산불이 발생하여 94억원의 피해액이 발생되었으며, 특히 봄철 산불은 초기에 진화하지 못하면 강한 바람을 타고 큰 산불로 번지는 것이 특징으로서 산림녹화와 가뭄, 지역적인 기상 이변으로 대형화

<sup>†</sup>E-mail: shan508@hanmail.net

되고 있다.<sup>3)</sup> 이러한 대형산불은 과거에는 주로 건조한 지역인 동해안 지역에서만 발생하였으나 최근에는 숲이 울창해지면서 과거 큰 산불이 없었던 서해안까지 발생하여 전국화 되는 경향이다. 따라서 산불로 인한 재해를 미연에 방지하고 피해를 저감하기 위해서는 산불을 효율적으로 관리할 과학적인방법과 수단이 필요하다.

산불을 효율적으로 방지하기 위해서는 산불발생위험을 판정할 수 있는 알고리즘 개발뿐만 아니라 관련인자의 DB 구축 및 시스템 개발이 필요한데 산불방지에 있어서 선진국인 미국은 1914년부터 산불위험등급시스템 관련 연구를 시작하여 1972년 국가산불위험지수시스템(NFDRS)을 개발, 1978년부터 실용화하고 있으며,<sup>4)</sup> 캐나다도 1920년대부터 연구를 시작하여 1968년 캐나다산불위험지수시스템(CFFDRS)을 개발하였고, 시스템 모듈인 산불행태예측시스템을 연구하여 현재 실용화하고 있다.<sup>5)</sup> 우리나라는 1986년에 이르러서 산불 연구를 시작하였으며, 산불발생위험예측에 대한 연구뿐만 아니라, 최근 들어 GIS를 이용하여 산불을 효율적으로 관리하려는 연구에 이르기까지 다양하게 시도되고 있다.<sup>6-9)</sup>

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

지금까지 우리나라에서 발생된 대형산불을 보면 Figure 1과 같이 대부분이 동해안 지역을 중심으로 발생하였으며, 2000년 동해안산불은 전체 23,794 ha의 산림이 손실되는 피해를 입었으며, 특히 삼척에서 발생한 산불피해면적은 17,097 ha로 단일 건으로는 가장 피해가 큰 산불로 기록 된 바 있다. 따라서 본 연구에서는 강원도 삼척시 지역을 연구 대상으로 선정하였다.

### 2.1 산불발생위험지역 구분

본 연구에서는 경상북도 의성군지역의 1993~2003년 산불발생자료와 공간특성자료를 이용하여 각 지점별 산불발생확률모형을 개발한 기존연구를 이용하였고, 이 모형에 사용된 변수로는 산불발생에 영향을 주는 농경지, 관청, 경급, 도로, 산림지, 사면향이 아래와 같이 추

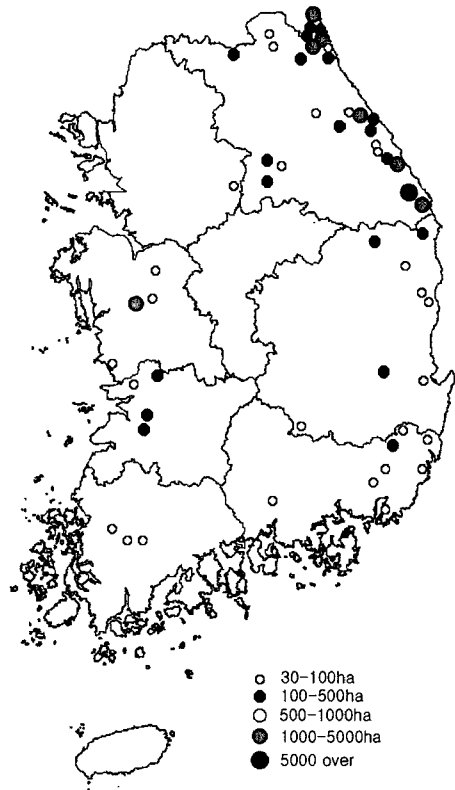


Figure 1. Forest fire burned area over 30 ha in Korea (1997~2004).

정식의 변수로 사용되었다.<sup>10-11)</sup> 특히 공간특성 변수인 농경지, 관청, 도로, 산림지의 적용방법은 이 변수와 산불발생 지점까지의 거리를 적용한 것이고, 사면은 8방위로 나뉘어 적용되었다.

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

또한, 산불발생확률모형 추정식은 의성군 지역을 대상으로 하여 개발되었기 때문에 삼척시에서도 적합한 모형인지를 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. 이시영 등은 대형산불과 소형산불피해지역 특

성 분석에서 대형산불에 영향을 주는 인자로는 사면장, 풍속, 경사, 산불발생지입상, 임상연속성이 관련 있는 것으로 구명하였으며, 사면장이 길고 바람이 강하며, 경사가 급하고, 임상이 침엽수일 때 산불이 대형화된다고 하였다.<sup>12)</sup> 그러나 본 연구에서는 여러 환경인자들 중에서 임상의 특성만을 고려하였다. 그 이유로는 여러 인자를 가지고 산불대형화 위험지역을 구분하려면 인자간의 가중치 부여 등 많은 어려움이 따르기 때문에 우선적으로 임상특성만을 고려한 산불대형화 위험지역을 구분하여 산불관리에 효율성을 제공하고자 하였다. 따라서 삼척시의 임상 특성을 분석하기 위하여 국립산림과학원 1/25,000 수치임상도를 사용하였으며, 임상의 면적에 따라 산불대형화 위험지역을 구분하였다. 또한, 산불대형화 위험지역이라고 할지라도 산불발생위험이 낮으면 대형산불이 발생할 위험도 낮기 때문에 감시지역을 효율적으로 관리하기 위해서는 산불발생 시 대형산불로 확대될 확률이 높은 지역을 예측하는 것이 필요하다. 따라서 이러한 지역을 추출하기 위하여 산불발생 위험지역과 산불대형화 위험지역을 중첩하여 산불발생 및 대형화 위험이 높은 지역을 추출하였다. 분석 순서는 Figure 2와 같이 수행하였다.

2.3 산불감시시설의 가시범위 분석

삼척시에서는 산불발생시 초동진화가 가능하도록 조기에 산불을 감시하기 위하여 산불무인감시카메라 10기

와 산불감시탑 6개소를 설치하여 운영하고 있다. 이렇게 설치된 감시시설의 가시권을 ArcGIS9.0을 이용하여 분석하였으며, 분석된 가시권 지역과 산불발생 및 대형화 위험지역을 중첩 분석하여 감시시설에서 산불위험지역을 얼마나 효과적으로 감시할 수 있는지를 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 산불발생 위험지역 구분

3.1.1 산불발생 확률모형에 의한 산불발생 확률 값 산출 및 지수화

기 개발된 산불발생 확률모형을 통하여 지점별 산불발생 확률을 계산하였으며, 계산된 확률 값을 이용하여 산불발생 위험지수를 설정하였다. 위험지수의 설정은 지점별 공간특성자료를 확률모형에 대입하여 얻어진 확률들의 총 예측치를 이용하였으며, 5% 구간별 백분위수를 추정하고 해당 확률구간을 지수화하여 설정하였다. 산불발생 확률 값은 1이 100%를 나타내므로 구한 결과 값에 100을 곱하여 표기하였으며, 지수는 산불발생확률이 높은 지역을 1로 낮은 지역을 20으로 설정하여 나타낸 결과 Table 1과 같이 나타났다.

3.1.2 산불발생 위험지역 구분

산불발생 위험지역을 구분하기위한 위험지수의 적합성 검증을 위하여 과거 삼척시에서 발생(1990~2006년)

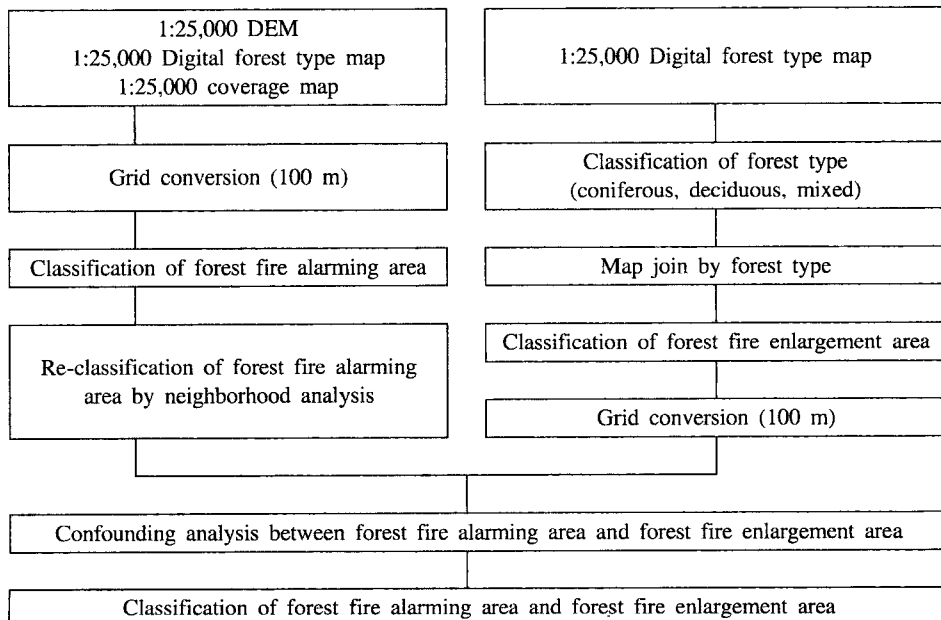
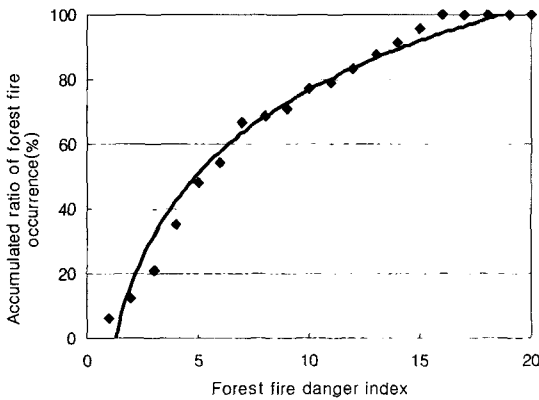


Figure 2. Flowchart for classification of forest fire alarming area and enlargement area.

**Table 1.** Comparison between forest fire danger index according to forest fire generation probability

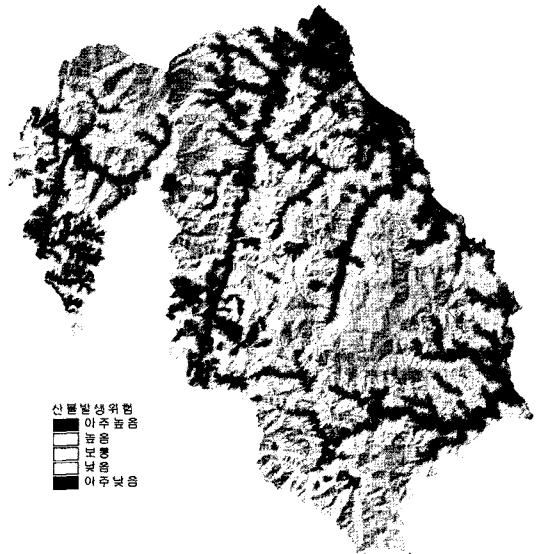
Danger index	Probability(%)	Percent(%)	Danger index	Probability(%)	Percent(%)
1	above 0.438196	5	11	4.4700E8-2.8227E7	5
2	0.225507-0.438196	5	12	5.7172E9-4.4700E8	5
3	0.094265-0.225507	5	13	5.735E10-5.7172E9	5
4	0.033113-0.094265	5	14	3.976E11-5.735E10	5
5	0.010440-0.033113	5	15	1.623E12-3.976E11	5
6	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	below 4.704E30	5



**Figure 3.** Prediction ratio curve for goodness-of-fit-test on forest fire occurrence probability by forest fire danger index.

하였던 산불발생 지점에 대한 위험지수를 산출한 결과, Figure 3과 같이 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 위험지역



**Figure 4.** Classification of forest fire alarming area on Samcheok.

을 효율적으로 관리할 수 있도록 20등급으로 되어 있는 지수를 크게 5단계로 구분하여 산불발생 위험지역을 구분하였다. 위험지역을 구분하기 위한 5단계 구분은 Table 2와 같이 위험지수를 이용하여 분류하였으며, 구분된 위험지역은 Figure 4와 같았다.

**Table 2.** Classification of danger index for forest fire alarming area

Variables	Very high	High	Normal	Low	Very low
Danger rating index	1~4	5~8	9~12	13~16	17~20
Area ratio(%)	20	20	20	20	20
Forest fire occurrence(%)	35.4	31.2	12.5	16.7	4.2

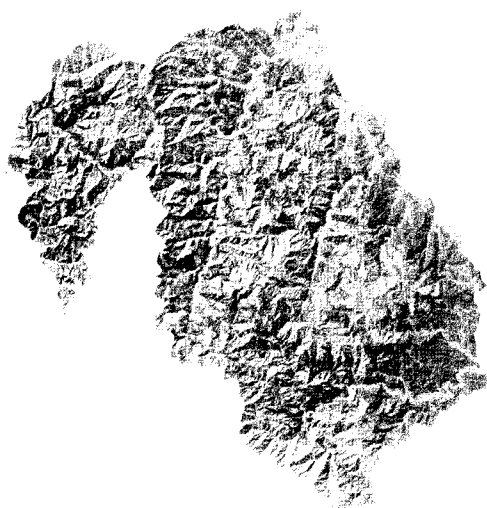
**Table 3.** Forest type on Samcheok

Classification	Area(ha)	Ratio(%)
Coniferous tree	51,433	48.39
Deciduous tree	15,118	14.22
Mixed	36,451	34.29
Others	3,298	3.10
Sum	106,300	100

**3.2 산불대형화 위험지역 구분**

임상에 따른 산불대형화 위험지역을 구분하기 위해서 국립산림과학원 1:25,000 수치임상도를 기본 주제로 하여 여러 임상으로 되어있는 속성자료를 크게 침엽수, 활엽수, 혼효림으로 통합하여 분석하였다. 임상현황을 분석한 결과 Table 3와 같이 침엽수가 전체의 48.4%로 가장 많이 분포하며, 침·활 혼효림이 34.3%, 활엽수림은 14.2%를 차지하고 있었다.

우리나라는 산림법 102조에 산불의 규모를 5 ha미만, 5~30 ha, 30 ha이상으로 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 30 ha이상 되는 지역을 추출하여 대형화위험지역으로 구분하였다. 구분한 결과 전체 면적 지역 중 대형화 위험지역이 39%로 Figure 5와 같이 나타났다.



**Figure 5.** Classification of forest fire enlargement area for forest type.



**Figure 6.** Classification of forest fire alarming area and enlargement area.

따라서 Table 2에서 산불발생예측이 66.6%인 산불 발생 아주높음, 높음 위험지역과 Figure 5의 30 ha이상 침엽수림으로 구성된 산불대형화 위험지역을 중첩하여 Figure 6과 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 의성 군지역이 전체 면적의 4%가 산불발생 및 대형화 위험 지역인 것에 비하여 삼척시는 산불이 발생되었을 때 신속히 초동진화를 못할 경우 대형 산불로 될 가능성이 높다는 것을 나타낸다.

**3.3 산불감시시설의 가시범위 분석**

삼척시에서 운영하고 있는 산불무인감시카메라와 및 산불감시탑의 가시권 분석 결과 Figure 7의 좌측(a) 그림과 같이 나타났다. 그러나 무인감시카메라의 경우 초기 산불을 감시할 수 있는 거리가 4 km정도이고, 감시탑에서도 망원경을 이용할 경우도 4 km정도이므로 감시시설에서 감시할 수 있는 가시권은 4 km 이내로 제한하는 것이 합당할 것이다.

따라서 산불 감시시설의 가시권 지역이 산불발생 및 대형화 위험지역을 효율적으로 감시할 수 있는 지를 분석하기 위하여 중첩 분석하였다. 분석 결과 산불 위험지역 22,248 ha 중 가시권 범위에 들어오는 지역은 2,978 ha로 13.4% 정도밖에 되지 않았다. 그러나 감시시설 반경 4 km까지 포함하면 11,199 ha로 50.3%를 차지한다. Figure 8은 산불 위험지역, 감시시설 가시권, 감시

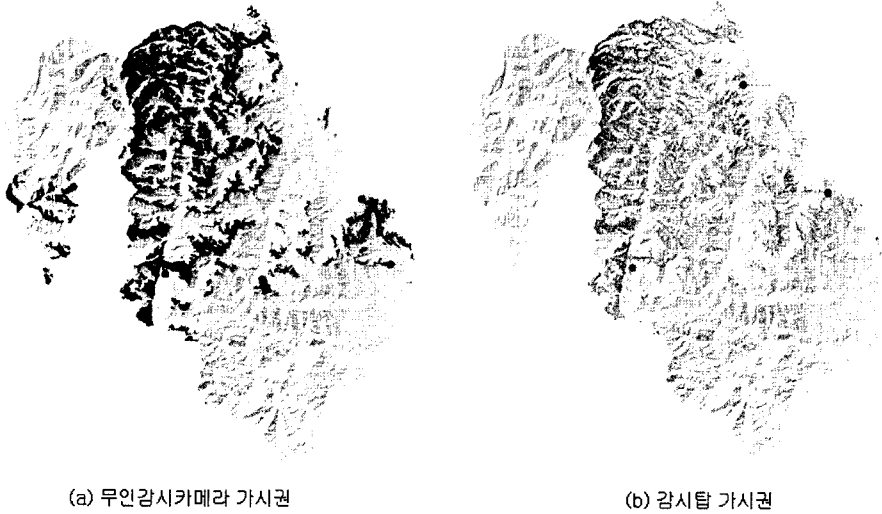


Figure 7. Analysis on visible range of forest fire detection facilities.

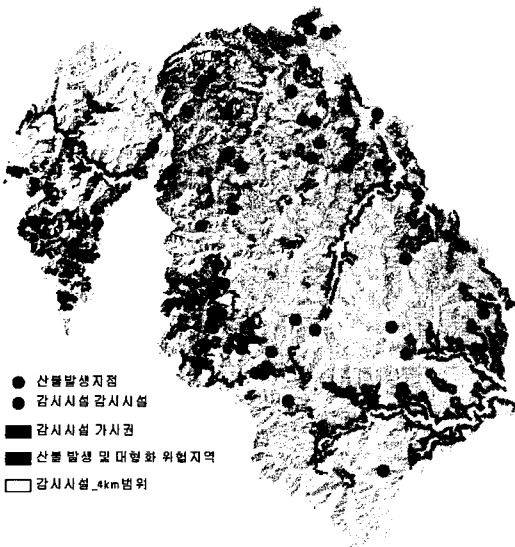


Figure 8. Analysis on forest fire detection facilities and forest fire alarming area.

시설, 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. 결 론

본 연구에서는 강원도 삼척시 지역의 산불발생 및

대형화위험지역 구분과 감시시설인 산불무인감시카메라와 산불감시탑이 산불위험지역을 얼마나 효율적으로 감시할 수 있는지 가시권 분석을 실시하여 아래와 같은 결과를 얻었다.

1. 삼척시의 경우 산불발생 및 대형화 위험이 높은 지역은 전체 산림면적 중 18.8%이고, 침엽수 대형화 위험지역 중에서는 48.1%가 해당되었다.

2. 위 산불위험지역 중 감시탑 가시권 범위에 들어오는 지역은 13.4% 정도밖에 되지 않았지만, 산불이 주로 낮에 발생하고, 연기가 나기 때문에 조그만 계곡부에서 발생하더라도 감시할 수 있으므로 무인감시카메라 감시시설 반경을 4km까지 포함한다면 50.3%정도 감시할 수 있을 것으로 판단된다.

3. 그러나 삼척시의 경우 보다 정밀한 산불감시를 위해서는 광활한 산림면적으로 볼 때 감시시설을 추가하거나, 보다 상세한 산불발생 및 대형화 위험지역을 구분하여 인력, 감시탑 및 감시카메라에 의한 집중감시가 필요할 것으로 판단된다.

#### 감사의 글

본 연구는 2006년 강원대학교 신진교수 자체학술연구비 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. 류장혁, 이광원, “산불의 실태와 대책, 한국농촌경제연구원”, 211pp(1996).

2. 이시영, 이명욱, “숲가꾸기 실행 및 미실행지의 임분 특성에 따른 산불위험성 비교분석”, 한국화재소방학회논문지, Vol.21, No.4, pp.52-58(2007).
3. 산림청, “2006년 산불통계자료”, 194pp(2007).
4. 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. 44pp(1983).
5. Hirsch, K.G., “Canadian Forest Fire Behavior Prediction(FBP) System: user's guide. Canadian Forest Service”, 121pp(1996).
6. 정연하, 이시영, 염육철, 여운홍, “산화위험을예측에 관한 연구”, 임업연구원연구보고, Vol.38, pp.117-123(1989).
7. 신영철, 안상현, “지리정보시스템을 이용한 산불방재 방안: 청주시 우암산 지역을 중심으로”, 한국지리정보학회지, Vol.3, No.1, pp.23-34(2000).
8. 조명희, 오정수, 이시영, 조윤원, 백승렬, “GIS를 이용한 산불정보관리시스템 개발”. 한국지리정보학회지, Vol.4, No.3, pp.51-50(2001).
9. 조명희, 김준범, 김현식, 조윤원, “웹 지리정보시스템 기술을 이용한 산불 현황정보 관리시스템 개발”, 한국지리정보학회지, Vol.5, No.4, pp.93-105(2002).
10. 안상현, 원명수, 김동현, 강영호, 이명보, 이시영. “의성군지역 산불발생 및 대형화 위험지역 구분”, 한국지리정보학회지, Vol.8, No.2, pp.117-124(2005).
11. 이시영, 정일웅, 김상국, “산불방지를 위한 산악기상 관측시스템 구축방안”, 한국농림기상학회지, Vol.8, No.1, pp.36-44(2006).
12. 이시영, 강용석, 안상현, 오정수, “GIS를 이용한 산불 피해지역 특성분석”, 한국지리정보학회지, Vol.5, No.1, pp.20-26(2002).