

# 산불 발생 분포와 지형, 지리, 기상 인자간의 관계 분석

## The Analysis of Relationship between Forest Fire Distribution and Topographic, Geographic, and Climatic Factors

곽한빈\*, 이우균, 이시영, 원명수, 이명보, 구교상  
Han-bin Kwak\*, Woo-kyun Lee, Si-young Lee, Myoung-soo Won,  
Myoung-bo Lee, Kyo-sang Koo.

고려대학교 환경생태공학과  
{nextsunday\*, leewk}@korea.ac.kr

### 요약

우리나라는 산림은 단순림이 많고 밀도가 높기 때문에 산불이 한번 발생하면 대형 산불로 확산될 우려가 크다. 이 때문에 산불 발생을 미리 예측하여 대응할 필요가 있다. 산불 발생 예측을 위해서는 산불 발생에 영향을 미치는 인자와 산불 발생의 관계를 파악하는 것이 중요하다.

본 연구는 1997년부터 2006년까지 발생한 전국에서 발생한 산불의 point data를 이용하였다. 산불 발생 지점의 지형인자와 지리인자, 그리고 산불 발생 당시의 기상인자로 DB를 구축하고 산불 발생과의 관계를 구명하였다.

지형인자 분석은 고도, 방위, 경사에 따른 산불 발생 빈도를 분석하였고, 그 상관관계를 분석하였다. 지리인자 분석에서는 인구밀도, 산불 발생지역의 접근성(도로에 따른 접근성, 대도시와의 거리에 따른 접근성)에 대한 산불 발생의 상관관계를 분석하였다. 기상인자와 산불 발생의 관계는 전국 76개소에서 관측된 온습도 데이터를 보간한 자료와 산불 발생과의 관계를 분석하였다. 기상인자 분석은 산불이 가장 빈번하게 발생하는 3월 하순, 4월 초순, 4월 중순 자료를 평균하여 산불 발생 빈도와와의 상관관계를 분석하고 산불 발생 위험지역을 도출하였다.

본 연구를 통해서 각 인자와 산불 발생의 관계를 분석해보았다. 하지만 각 인자간의 관계를 분석하지 못한 것이 한계점이라고 할 수 있다. 차후 연구에서는 각 인자간의 관련성을 분석하고 산불 발생의 원인과 인자간의 구체적인 인과관계를 밝히는 것도 필요할 것으로 보인다.

중심어 : 산불, 공간 분포, 지형인자, 지리인자, 기상인자

### 서론

산불은 임상, 연료의 종류, 연료의 배열 및 밀도와 같은 연료의 조건과 습도, 기온, 풍속과 같은 기상요인, 그리고 방위나 경사도와 같은 지형적 영향에 의하여 복합적으로 발생한다.(Davis 등, 1959, 안상현, 이시영, et al. 2004, 원명수, 구교상, et al. 2006)). 특히 우리나라의 산불은 대

부분 인간에 의해서 일어난다. 산불의 원인은 대부분 입산자의 부주의에 의한 실화가 가장 많다. 이렇듯 산불 발생과 인간의 접근성과의 관계는 밀접하다. 자연 현상에 의한 발화는 지난 30년간 한 건도 보고된 적이 없다(Lee, B., P. S. Park, et al. 2006).

이와 같은 우리나라 산불 발생의 특성에 따라 본 연구에서는 산불이 발생하는

지형적인 원인과 인간의 접근성을 뜻하는 지리인자, 그리고 마지막으로 산불 발생에 유의한 영향을 미치는 기상인자의 분석을 통해 산불 발생과의 관계를 파악하고 수식으로 도출하여 산불발생 위험지도를 제작하였다.

## 본문

### 1. 연구자료

산림청 산불정보시스템에서 제공하는 산불 발생 데이터를 Point DATA로 변환하고 발생 시기와 원인, 수종, 면적 등을 공간 DB로 구축하였다. 1991년부터 2006년까지의 산불발생 데이터를 사용하였다.

지형자료는 전국 수치지형도에서 추출한 1:25,000 축척의 등고선을 통해 1km×1km 공간해상도의 DTM(Digital Terrain Model)을 형성하여 그 속성을 사용하였다. 고도, 경사, 방위로 구축된 자료 중, 고도는 미터 단위, 경사는 °(Degree)단위로 되어 있고, 방위는 360°의 자료를 방위지수(Angle Index : AI)를 이용하여 환산하였다. 방위지수(AI)는 0~360°의 값을 0에서 2사이의 값으로 변환한 값이다. 0이 정남향, 2가 정북향을 의미한다. 0에서 2로 갈수록 북향에 가까워짐을 의미한다(항보영 2003).

$$AI = 2 \left| 1 - \frac{(Aspect)}{180} \right|$$

지리자료는 수치지형도에서 추출한 도로망도를 사용하였다. 본 연구에서 사용된 도로망의 유형은 수치지형도 표준코드의 3111번, 3112번에 해당하는 일반국도와 고속국도만을 활용하였다. 너무 세밀한 도로망을 사용하면 국토 전체에서 도로사이의 간격이 5km이상 나는 곳이 거의 없어지기 때문에 오히려 접근성을 분석하는데 오히려 작용하므로 2개의 도로망 Layer만을 사용하였다.

도시와의 거리는 도시 중심점에서 산불 발생지까지의 거리를 Euclidian distance 방법을 사용해 1km×1km의 격자로 만들어 사용하였다.

인구밀도 자료는 통계청에서 제공하는

전국인구통계를 사용하였고 산불 발생 데이터와 일치하도록 1991년부터 2006년까지 인구밀도의 평균값을 사용하였다. 각 인구밀도 값은 시군구단위의 행정구역도의 Centroid에 대하여 거리역산가중(Inverse distance weighting, IDW)법을 통해 보간한 자료를 사용하였다.

기후 분석에서는 기상청 76개 자점에서 측정된 산불 발생자료와 일치하는 전체년도 평균 순별 온습도자료 IDSW보간하여 사용하였다. 기온은 DEM을 이용하여 기온감률이 적용된 자료(박용하, 전성우, et al, 2002)를 사용하였다. 기온감률 적용된 보간식은 아래와 같다.

$$T = \frac{\sum \frac{T_i}{d_i^2}}{\sum \frac{1}{d_i^2}} + \left[ z - \frac{\sum \frac{z_i}{d_i^2}}{\sum \frac{1}{d_i^2}} \right] \Gamma$$

단,  $T_i$ 는 관측소  $i$ 의 실측 기온값,  $\Gamma$ 는 기온감률,  $z$ 는 임의의 점의 고도

습도는 단순 IDSW보간법을 사용하였다. IDWS보간은 IDW보간법과 유사한데 거리값의 제곱을 분모로 하는 것이 다르다. IDW보간법 보다 거리 값의 영향이 줄어드는 방법이다.

### 2. 연구방법

산불 Point 데이터를 GRID화 시키기 위한 방법으로 Arcgis 9.2의 Point density Tool을 사용하였다. 점 데이터를 효율적으로 Raster화 시키는 방법 중에서 군집형태의 데이터를 Raster로 표현하는 방법 중 가장 일반적인 Point density를 사용하였다. 그리고 산불이 빈번하게 발생하는 장소의 특징을 더욱 분명하게 드러내기 위해서 Point density의 값을 Tinning하였다. 그 방법으로 Natural break method(jenks)를 사용하여 3단계로 구분한 후 가장 낮은 마지막 Class의 값을 제외시켰다.

지형과 지리, 기후가 산불 발생에 미치는 영향은 각 인자별로 회귀식을 추정하여 도출하고 세 종류의 인자로 도출된 산

불 발생 위험 확률을 결합하여 산불 발생 위험 지도를 작성하였다. 기상인자 분석은 특히 산불발생이 잦은 3월 하순, 4월 상순, 중순의 기상자료와 산불 발생자료를 이용하였다.

### 3. 결론 및 고찰

#### 지형분석

지형과 산불발생과의 관계는 고도, 경사, 방위지수에 대하여 산불발생과의 관계를 알아보기 위해서 SPSS 통계패키지를 사용하여 가장 적합한 곡선추정을 하였다 (Fig 1). 먼저 고도와 산불 발생과의 관계를 살펴보면 고도가 낮은 곳에서 가장 많은 산불이 발생하고 고도가 높아짐에 따라 감소하는 경향을 보인다. 이러한 추세는 회귀식

$y = -2.0E^{-16}x^3 + 3.4E^{-13}x^2 + 2.0E^{-10}x + 9.8E^{-8}$ 로 추정되었고 R-square값은 0.059로 나타났다.

경사와 산불발생과의 관계를 살펴보면 20°까지는 큰 변화를 보이지 않다가 25°가 넘어가면서 급격한 감소가 일어난다. 추세식은

$y = -4.3E^{-9}x^3 + 2.2E^{-10}x^2 - 3.8E^{-12}x + 1.0E^{-7}$  R-square값은 0.0418로 유의성이 나타나지 않았다.

방위지수가 0에 가까울수록 산불발생이 많은 것을 알 수 있다. 이것은 남사면의 수분 증발량이 많아 습도가 상대적으로 낮아서 발화 가능성이 높기 때문인 것으로 추정된다. 또한 우리나라에는 대부분 묘지가 남향을 하고 있어 산불 발생이 많은 것으로 보인다. 방위지수에 대한 산불 발생의 회귀식은 다음과 같다.

$y = -2.4E^{-9}x^3 + 1.8E^{-8}x^2 + 2.5E^{-10} + 7.4E^{-8}$ 으로 나타났다. R-square값은 0.028로 낮게 나타났다.

#### 지리분석

지리(접근성)와 산불 발생을 분석해 본 결과 인구밀도, 도로로부터의 거리, 주요 도시에서의 거리와 밀접한 관련이 있는 것으로 나타났다.

인구밀도와 산불발생의 관계를 알아보

면 인구가 많은 곳일수록 산불발생이 많아지는 것으로 나타났다. 회귀식은

$y = 7.9E^{-12}x^3 + 3.5E^{-16}x^2 - 1.4E^{-20} + 5.6E^{-8}$ 로 도출되었고 R-square값은 0.571이었다.

도로 인접성과 산불발생의 관계를 알아본 결과 도로에서 멀어질수록 산불 발생이 지속적으로 감소하는 경향을 띄지만 회귀식을 추정했을 때,

$y = -4.7E^{-12}x^3 + 4.7E^{-16}x^2 - 2.2E^{-20}x + 8.5E^{-8}$ 로 도출되었고 R-square값은 0.16으로 제대로 현상을 제대로 설명한다고 할 수 없다.

대도시와의 인접성은 40km까지 많은 산불 발생이 보이다가 다시 150km이상 벗어나는 순간부터 발생이 증가한다. 이것은 대도시에서 멀리 떨어진 중소도시 중 산불 발생이 많은 지역 때문에 나타난 결과로 보인다. 회귀식은

$y = -4.28E^{-12}x^3 + 4.4E^{-17}x^2 - 1.4E^{-22}x + 1.75E^{-7}$ 이고 R-square 값은 0.491로 나타났다.

#### 기상분석

기상과 산불발생과의 관계는 산불이 많이 발생하는 3월 하순, 4월 초순, 중순의 순별 온습도를 평균하여 산불 발생 지점과의 분석을 실시하였다. 온도와 산불발생의 관계를 분석한 결과 0도에서 가장 많은 산불 발생이 있었다. 회귀분석을 하여 곡선을 추정해본 결과

$y = -6.4E^{-12}x^3 - 4.4E^{-12}x^2 + 1.8E^{-13}x + 3.7E^{-8}$ 로 도출되었고 R-square는 0.018로 나타났다.

습도와 산불 발생의 관계는 다음과 같다. 습도가 160~180%정도 되는 시점에 산불이 발생할 확률이 가장 높았다. 회귀 분석을 통한 식으로 도출되었으며 R-Square값이 0.0469로 나타났다.

회귀식은 아래와 같다

$y = 1.59E^{-12}x^3 - 2.12E^{-15}x^2 + 1.66E^{-9}$

#### 산불발생 위험지도 작성

회귀식을 도출 할 때 유의성이 있다고 판단되는 식을 이용하여 산불 발생 위험도를 도출하였고, 도출된 두 위험지도를 중첩하여 하나의 지도로 만들었다(Fig 2).

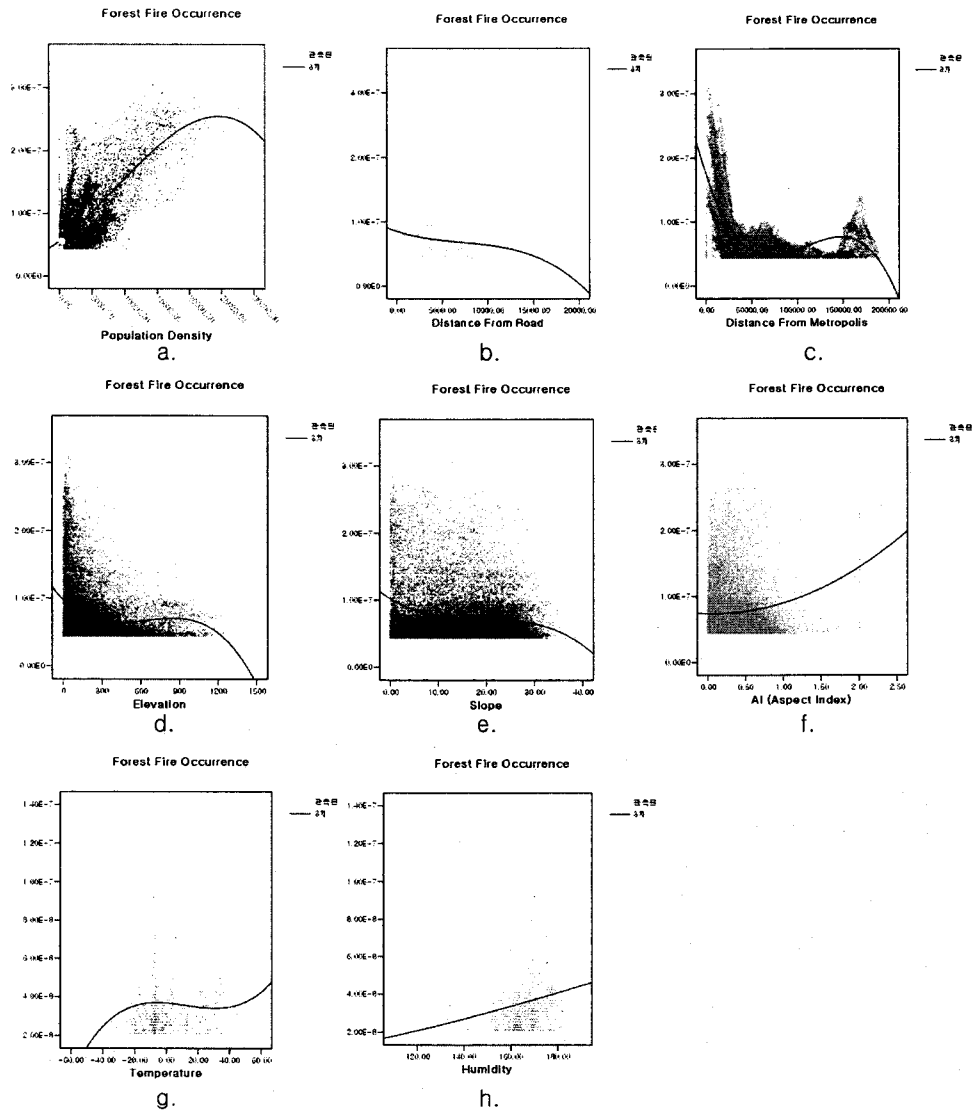


Fig 2. The simple regression analysis between forest fire occurrence and each factors (a. population density, b. distance from road, c. distance from metropolis, d. elevation, e. slope, f. aspect index, g. temperature, h. humidity )

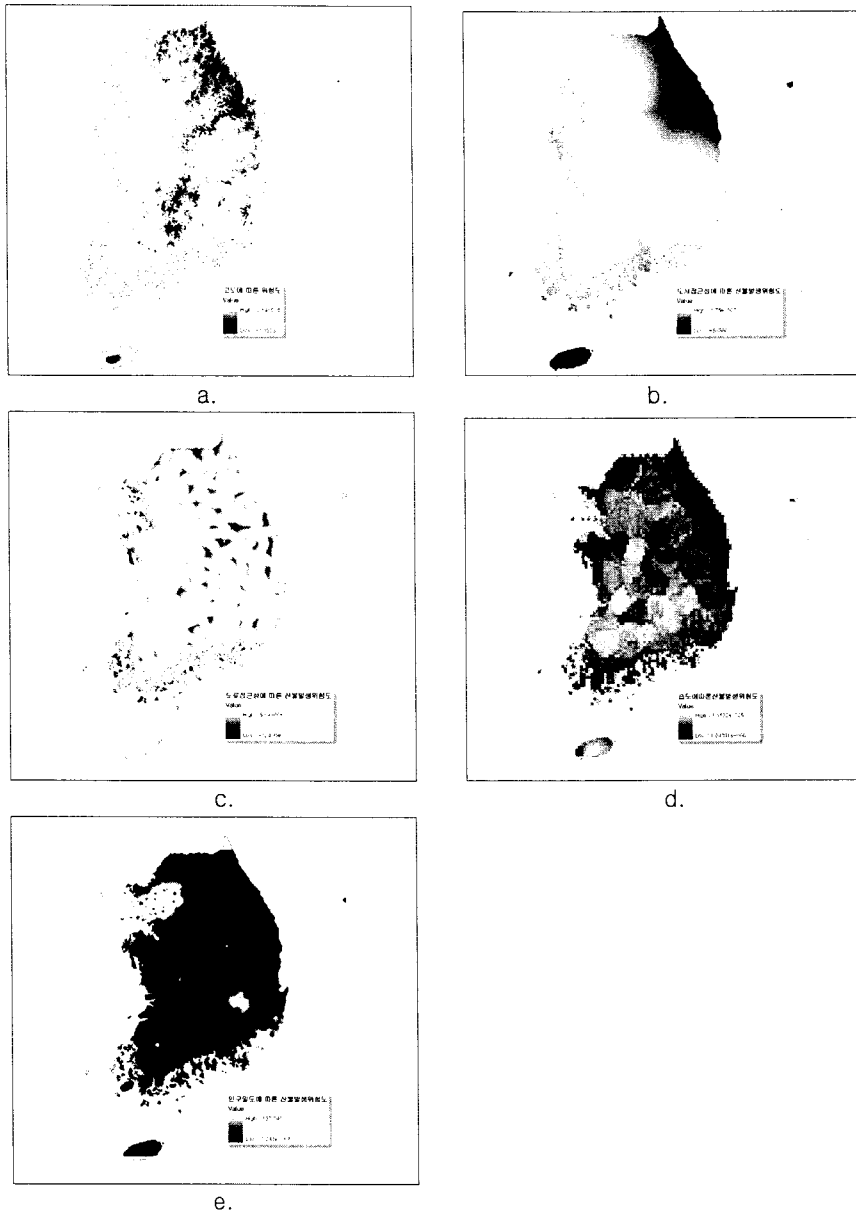


Fig 3 The map of forest fire occurrence hazards by each factors (a. elevation, b. accessibility from metropolis, c. accessibility from road, d. humidity, e. population density)

#### 고찰

산불 발생 Point Data를 이용해 회귀분석을 하려고 하였으나, 의도한 대로 좋은

결과가 나오지는 않았다. Point data를 Raster data로 전환하는 과정에서 산불 발생이 적은 지역에 대한 Thinning을 더 강하게 해줄 경우 산불 다발지역에 대한 더

욱 정확한 결과를 도출할 수 있을 것이라고 사료된다.

산불 발생은 지형, 지리, 기상 인자의 포괄적인 접근으로는 유의한 식을 도출하는 것이 쉽지가 않았다. 우리나라 산불이 대부분 인간에 의해 발생하는 것이고 인간의 행동은 지형이나 지리, 기상 자료만으로는 판단할 수 없는 의외성이 많기 때문에 더욱 복잡한 문제가 된다.

본 연구는 전국에서 발생한 산불에 대한 큰 틀에서의 분석을 해 보았다. Point data에 대한 다양한 접근을 통하여 군집 형태의 산불 발생 분포 자료를 다각도로 파악하기 위한 연구를 추가로 해야 할 것이다. 또한 통계적 예측을 뒷받침 할 수 있는 산불 발생의 구체적인 인과관계를 밝히는 연구도 동시에 이루어져야 할 것이다.

#### 4. 사사(謝辭)

본 연구는 산림청 '산림과학기술개발사업(과제번호:S120707L0901101)에 의하여 이루어진 것입니다.

#### 5. 참고문헌

Lee, B., P. S. Park, et al. (2006). "Temporal and spatial characteristics of forest fires in South Korea between 1970 and 2003." INTERNATIONAL JOURNAL OF WILDLAND FIRE 15(3): 389.

안상현, 이시영, et al. (2004). "논문: 공간분석에 의한 산불발생확률모형 개발 및 위험지도 작성." 한국지리정보학회지 7(4): 57-64.

Davis, K.P. and A.A. Brown. 1959. Fire in the Forests. In: Forest fire control and use. Second edition. McGraw-Hill. : 3-259.

원명수, 구교상, et al. (2006). "우리나라의 봄철 순평년 온습도 변화에 따른 산불 발생위험성 분석." 한국농림기상학회지 8

(4): 250-259.

함보영 (2003). IKONOS 영상과 GIS 를 이용한 참나무류의 공간분포 및 출현확률 추정: 경기도 양평지역에 대한 사례 연구, 고려대학교 대학원.

박용하, 전성우, et al. "기후변화에 따른 생태계 영향 평가 및 대응방안 | 산림생태계 부문을 중심으로."(2002)