

# GIS와 원격탐사를 이용한 산사태 영향인자 분석†

## Factors Analysis of Landslide using GIS and Remote Sensing

권혜진\* · 김교원

Hye-Jin Kwon\* · Gyo-Won Kim

경북대학교 공간정보학과 석사과정\* · 경북대학교 지질학과 교수  
gpwls999@hanmail.net\* · gyokim@knu.ac.kr(교신저자)

### 요 약

이상기후에 의한 집중호우나 태풍의 영향으로 예전에는 기록이 없었던 백두대간과 전국 국립공원의 자연사면에서 산사태가 많이 발생하고 있으며 특히 지형이 험준하고 고도가 높은 지리산의 경우, 다른 국립공원에 비해서 그 발생빈도가 높게 나타난다. 본 연구에서는 지리산 북쪽지역으로 경상남도 함양군 마천면과 전라북도 남원시 산내면에 걸쳐서 발생한 산사태를 중심으로 산사태를 발생시키는 영향인자를 GIS와 원격탐사를 이용하여 분석하였다. 먼저 산사태 발생 지역의 지형특성을 분석하였고 산사태 발생과 산사태 발생에 영향을 끼친 인자들의 상관관계를 알아보기 위해서 빈도비를 사용하였으며 가중치를 도출하기 위해서 다중 회귀분석을 실시하였다.

## 1. 서론

### 1.1 연구목적

지리산 천왕봉과 중봉, 제석봉과 세석평전 일대를 중심으로 자연사면 산사태가 대규모로 발생하고 있으며 이는 다른 국립공원에 비해서 높은 발생빈도를 보인다. 2002년 8월 31일과 9월 1일 사이에 태풍 ‘루사’의 영향으로 인하여 경남 함양군 마천면 일대를 중심으로 지리산 북쪽지역에 대규모 산사태가 발생하였고 특히, 가흥리 금대산 남서쪽에서 발생한 산사태로 인하여 마천중학교 건물이 파손되고 학교 건물을 폐쇄하기도 하였다(김원영, 2009). 또한 이 일대에 발생한 산사태의 경우에는 Figure 1.1과 같이 큰 규모의 암괴에 의한 산사태가 발생하였다.



Figure 1.1 Rock blocks by landslide

본 연구지역에 걸쳐 나타나는 편마암류가 분포하는 장흥지역의 산사태를 살펴보면 사면고도는 90% 이상일 때 산사태 발생빈도가 가장 높고 그 다음이 80~90%, 70~80% 순으로 사면고도가 낮아질수록 발생빈도가 감소하며 70% 미만일 경우, 산사태 발생빈도가 현저하게 낮아진다. 또한 사면경사는 26~30° 일 때 가장 높은 산사태 발생 빈도를 나타냈으며 20°

† 이 논문은 공간정보 특성화대학원 지원사업에 의하여 연구되었음.

미만의 경우에는 산사태가 거의 발생하지 않은 것으로 조사되었다(김경수, 2007). 많은 연구 결과, 이상기후로 인한 집중강우가 가장 주요한 원인으로 해석되고 있지만 집중강우와 같은 기후적 요소이외에도 지질학적 요소, 지형학적 요소가 산사태를 일으키는데 영향을 끼치며 김경수의 연구를 살펴본 바와 같이 사면고도나 경사, 방향과 같은 지형 특성은 산사태 연구에 있어서 필수적으로 고려되어야 할 요소이다.

따라서 본 연구에서는 원격탐사와 GIS를 이용하여 연구지역의 산사태 발생 지역을 추출하고 산사태가 발생한 지역의 지형 특성을 분석한 다음, 산사태와 영향인자간의 상관관계를 도출하고 최종적으로 산사태 발생에 영향을 미친 지형인자의 가중치를 도출하였다.

## 1.2 연구지역

연구지역은 지리산 북쪽 지역으로 경상남도 함양군 마천면과 전라북도 남원시 산내면을 포함하며 면적은 가로 5.7km, 세로 4.6km로 약 26.2km<sup>2</sup>이다. Figure 1.2과 1.3에서 볼 수 있듯이 연구지역은 크게 세 개의 봉우리를 가지고 하나의 하천이 흐르고 있다. 이 지역의 고도는 가장 낮은 지역이 약 230m, 가장 높은 지역의 고도가 약 1030m로 경사 매우 급하고 그 지형이 험준한 것을 볼 수 있으며 발생된 산사태의 사태물질이 연구지역의 남쪽에 위치한 마을 가까이까지 내려온다.

반상변질질편마암, 화강편마암과 거정질편마암으로 구분되며 반려암과 회장암에 의해서 포획되거나 관입된다. 중생대 화성암류는 마천반려암과 엽리가 잘 발달된 엽리상화강암류, 그리고 엽리의 발달이 미약한 섬장암과 섬록암류로 구성된다(강상원, 1994). 연구지역은 Figure 1.4와 같이 반상 화강암이 주를 이루고 있으며 야외조사 결과, Figure 1.5에서와 같이 절리가 다수 발달하고 있고 절리뿐만 아

니라 Figure 1.6와 같이 약 50cm의 규모로 화성암이 관입한 것을 볼 수 있는데 이와 같은 절리, 단층, 관입 또는 편마암에 나타나는 엽리 등의 불연속면은 산사태 발생에 영향을 끼칠 수 있다.



Figure 1.2 Satellite picture (Google Earth)

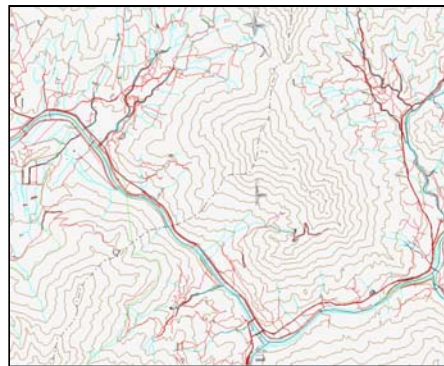


Figure 1.3 Topographic map(NGII)



Figure 1.4 Geological map(KIGAM)



Figure 1.5 Joints



Figure 1.6 Dyke

### 1.3 연구수행절차

본 연구는 먼저 구글어스 영상과 ERDAS IMAGINE 8.6의 프로그램을 이용하여 산사태가 발생한 지역을 추출한 다음, 프로그램 ARC GIS 9.0을 사용하여 고도, 사면경사, 사면방향, hillshade, 하천과의 거리, 도로와의 거리에 대한 주제도를 작성하였다. 추출한 산사태 발생 지역과 각 주제도를 중첩하여 영향인자에 대한 특성을 분석하였고 영향인자와 산사태와의 상관관계를 알아보기 위해서 빈도비를 이용하였으며 마지막으로 SPSS 12.0을 사용하여 산사태 발생 영향인자의 가중치를 도출하였다. 다음 Table 1.1은 연구수행절차를 간단히 나타낸 Flow chart이며 Table 1.2는 구글어스 영상과 각 주제도에 사용한 좌표계이다. 구글어스 영상을 얻는데 있어서 영상 자체에 좌표체계가 설정되어 있지 않기 때문에 좌표계를 설정할 필요성이 있어 주제도에 설정된 좌표

계를 이용하여 좌표계를 설정하였다.

Table 1.1 Flow chart

Extract landslide area	: ERDAS IMAGINE 8.6
↓	
Prepare maps	: ARC GIS 9.0
↓	
Analyse feature of factors	: ERDAS IMAGINE 8.6
↓	
Analyse correlation of factors	: Frequency ratio
↓	
Draw weight of factors	: SPSS 12.0

Table 1.2 Coordinate system(Transverse Mercator)

Spheroid name	Bessel
Datum name	Tokyo (Korea)
Scale factor at central meridian	1.000000
Longitude of central meridian	127:00:10.405000 E
Latitude of origin of projection	38:00:00.000000 N
False easting	200000.000000 meters
False northing	500000.000000 meters

## 2. 산사태 발생 지역

산사태가 발생한 지역은 Figure 2.1과 같이 무감독 분류를 이용하여 추출하였다. 육안으로 작업할 때 발생할 수 있는 오차를 줄이기 위해서 구글어스 영상을 획득하는 과정에서 구글어스 영상 12장을 모자이크하여 연구지역을 포함하는 구글어스 영상을 확대하였을 때 식별이 더욱 용이하도록 하였으며 구별이 쉽지 않은 지역은 현장조사를 통해서 확인하였다. 이를 통하여 Figure 2.2와 같은 산사태 발생 지역을 추출하였고 산사태 발생 지역은

산사태가 발생한 지점과 산사태에 의해 만들어진 사태물질이 덮고 있는 모든 지역을 고려하여 polygon 형태로 지정하였다.



Figure 2.1 Unsupervised classification

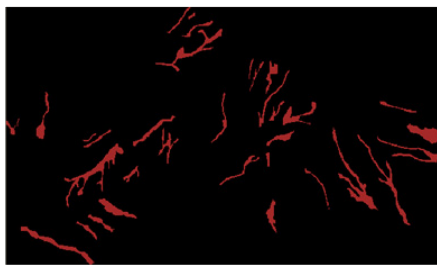


Figure 2.2 Landslide area

### 3. 영향인자 특성

산사태 발생에 영향을 주는 요인은 크게 지질요인, 지형요인, 기후적요인으로 나눌 수 있다(이부경, 2003). 본 연구에서는 특히 지형요인을 중심으로 하여 총 6개의 영향인자를 분석하였으며 상관관계 분석 및 가중치 도출을 용이하게 하기 위해서 각 주제도를 등급을 4개로 재분류하였다. 또한 하천과의 거리는 하천에서 100m거리로 400m까지, 도로와의 거리는 20m거리로 80m까지 multiple ring buffer를 실시하였으며 Figure 3.1에서 3.6까지는 산사태 발생 지역과 각 인자를 고려하여 제작한 지도를 중첩한 주제도로 Table 3.1은 그 결과이다. 결과 값은 각 주제도의 픽셀 수로 도출되었으며 픽셀 수를 통

해서 전체 연구지역에서 발생한 산사태의 지형특성을 total(%)로, 산사태가 발생한 지역에서의 지형특성은 landslide(%)로 나타났다.

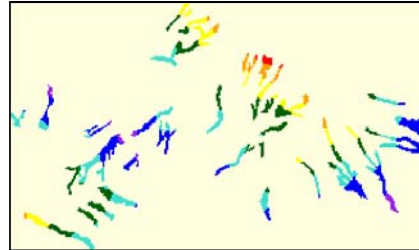


Figure 3.1 Elevation on the landslide

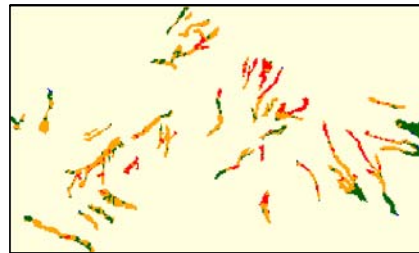


Figure 3.2 Slope on the landslide

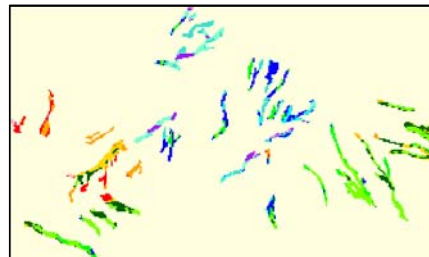


Figure 3.3 Aspect on the landslide

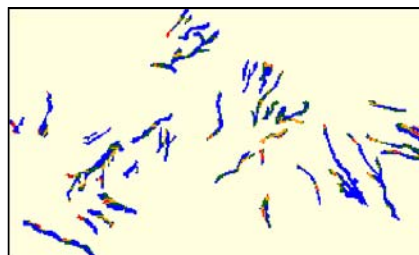


Figure 3.4 Hillshade on the landslide

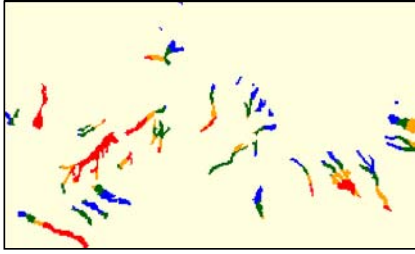


Figure 3.5 Stream on the landslide

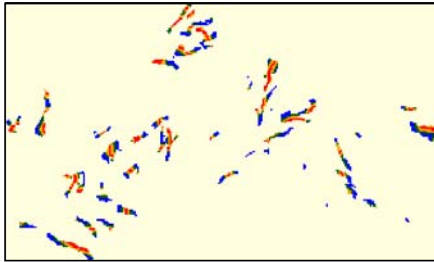


Figure 3.6 Road on the landslide

Table 3.1 Matrix results

	classification	pixel (unit)	total (%)	landslide (%)
elevation (m)	230~430	906	1.94	28.40
	431~630	1679	3.59	52.63
	631~830	562	1.20	17.62
	830~	43	0.09	1.35
slope (degree)	0~10	17	0.04	0.53
	11~20	685	1.46	21.47
	21~30	1917	4.10	60.09
	31~	571	1.22	17.90
aspect (degree)	1~90	597	1.28	18.71
	91~180	1431	3.06	44.86
	181~270	1006	2.15	31.54
	271~360	156	0.33	4.89
hillshade	1	127	0.27	3.98
	2	376	0.80	1.79
	3	731	1.56	22.92
	4	1956	4.18	61.32
stream (m)	100	664	1.42	27.62
	200	491	1.05	20.42
	300	692	1.48	28.79
	400	557	1.19	23.17
road (m)	20	336	0.72	18.18
	40	455	0.97	24.62
	60	417	0.89	22.56
	80	640	1.37	24.63

연구지역 전체 픽셀 수는 46760개이며 산사태가 발생한 지역의 픽셀 수는 고도, 사면경사, 사면방향, hillshade의 경우에는 3190개이며 하천과의 거리의 경우는 2404개, 도로와의 거리의 경우는 1848개이다. 이와 같이 하천과 도로를 고려한 주제도는 산사태가 발생한 지역을 모두 고려하지 못하여 산사태 발생 지역의 픽셀 수가 다른 4개의 인자와 다르게 나타나는 것으로 판단된다.

고도, 사면경사, 사면방향, hillshade 인자에서는 등급에 따라 뚜렷하게 산사태가 많이 발생한 지역이 나타났지만 하천과 도로와의 거리 인자의 등급에 따른 산사태 발생 특성을 보면 그 비율이 각각 20~30%사이로 등급에 따른 산사태 발생 특성이 뚜렷한 차이를 보이지 않았다.

#### 4. 상관관계

각 영향인자와 산사태와의 상관관계를 분석하기 위해서 빈도비를 이용하였으며 빈도비는 각 요인의 등급별 산사태 발생 면적 비율에서 각 요인의 등급이 전체 면적에서 차지하는 비율로 나눈 값이다. 빈도비가 1이면 평균을 의미하고 빈도비가 1이상이면 산사태와 높은 상관관계, 빈도비가 1이하이면 산사태와 낮은 상관관계를 나타내며 이는 즉, 빈도비가 1이상이면 산사태가 발생할 확률이 높고 빈도비가 1이하이면 산사태가 발생할 확률이 낮은 것으로 해석할 수 있다(이명진, 2004). 빈도비 분석 결과는 Table 4.1과 같으며 domain은 각 인자의 등급별로 차지하는 비율을 나타냈으며 result는 분석을 통해 얻은 빈도비 결과이다.

Table 4.1 Frequency ratio results

	classification	land-slide (%)	domain (%)	result (ratio)
elevation (m)	230~430	28.40	50.84	0.56
	431~630	52.63	34.96	1.51
	631~830	17.61	12.97	1.36
	830~	1.35	1.23	1.10
slope (degree)	0~10	0.53	18.18	0.03
	11~20	21.47	36.07	0.60
	21~30	60.09	35.36	1.70
	31~	17.90	10.40	1.72
aspect (degree)	1~90	18.71	28.51	0.66
	91~180	44.86	24.81	1.81
	181~270	31.53	20.90	1.51
	271~360	4.89	25.78	0.19
hillshade	1	3.98	12.20	0.33
	2	11.79	14.36	0.82
	3	22.92	25.18	0.91
	4	61.32	48.26	1.27
stream (m)	100	27.62	43.43	0.64
	200	20.42	26.28	0.78
	300	28.79	17.46	1.65
	400	23.17	12.94	1.79
road (m)	20	18.18	24.26	0.75
	40	24.62	31.50	0.78
	60	22.56	25.01	0.90
	80	34.63	19.23	1.80

### 5. 영향인자 가중치

빈도비 분석을 통해서 얻은 값을 이용하여 다중 회귀분석을 실시하였다. 각 요인별 등급에 따른 가중치 결정에 있어서 보다 정량적인 값을 적용하기 위해서 산사태 발생 확률의 의미를 가지는 빈도비 값을 이용하여 분석하였으며 종속변수로 추출한 산사태 발생 지역을 선택하였고 독립변수로 총 6개의 지형인자를 고려하였다. 분석 결과는 Table 5.1과 같다.

Table 5.1 Coefficients

Model	Standardized Coefficients	t	Sig.
	Beta		
elevation	-.193	-8.101	.000
slope	.202	13.633	.000
aspect	.181	9.416	.000
hillshade	.340	15.950	.000
stream	.021	1.150	.250
road	-.076	-4.334	.000

### 6. 토의 및 결론

산사태가 발생한 지역을 추출하는 과정에 있어서 위성사진의 모자이크와 현장조사를 통해서 보다 정확하게 지역을 설정하였지만 취득할 수 있는 위성사진의 공간해상도 부족으로 상대적으로 작은 규모의 산사태 지역은 배제된 것으로 판단하였다. 이와 같은 문제는 보다 높은 공간해상도를 가지는 위성사진을 얻을 수 있다면 해결할 수 있을 것이다.

산사태에 영향을 미칠 수 있는 지형인자들 중에서 하천과 도로와의 거리를 고려한 결과를 봤을 때, 먼저 하천은 Figure 6.1과 같이 산사태가 등급을 따라서 발생한 것을 볼 수 있으며 이는 산봉우리에서 하천으로 능선이 뻗어있어 산사태가 이와 같은 방향으로 발생한 것으로 판단된다. 그리고 도로는 Figure 6.2와 같이 산사태가 도로와 큰 상관성을 보이지 않고 발생한 것을 볼 수 있는데 이런 결과는 다중 회귀분석을 통해서도 확인되었는데 두 인자의 Standardized coefficients를 살펴보면 하천은 0.021, 도로는 -0.076으로 다른 인자들에 비해서 산사태에 많은 영향을 끼치지 않은 것을 확인하였다.

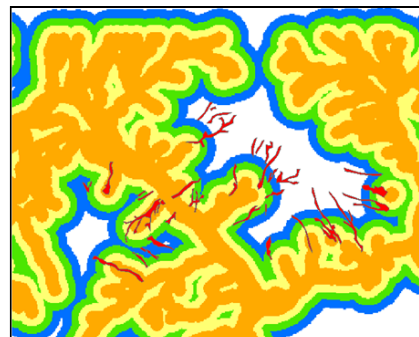


Figure 6.1 Landslide on the stream map

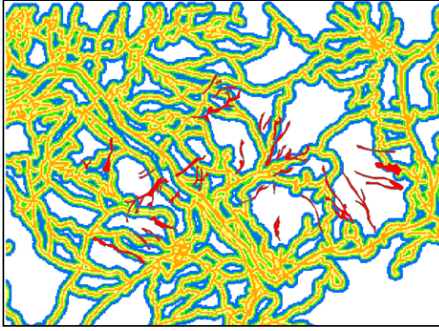


Figure 6.2 Landslide on the road map

그리고 산사태 발생에 가장 큰 영향을 끼친 hillshade는 등급별로 1에서 4로 갈수록 산사태가 일어날 확률이 높아지는 것을 볼 수 있는데 이와 같은 현상은 태양을 많이 받는 지역일수록 다른 지역에 비해서 암곡을 형성하는 절리와 같은 불연속면이나 토층이 많이 풍화되어 산사태가 많이 발생한 것으로 해석된다. 또한 사면방향을 봤을 때도 91~270도 방향의 사면으로 남쪽 사면에서 많은 산사태가 발생하였으며 hillshade와 같은 원인으로 설명할 수 있다.

최종적으로 도출된 가중치를 통해서 산사태 발생에 영향을 끼친 지형인자에 대해서 살펴보면 hillshade가 가장 높은 가중치를 보였으며 다음으로 slope, elevation, aspect 순으로 나타났으며 road와 stream은 산사태가 발생함에 큰 영향을 미치지 않은 것으로 분석되었다. 또한 elevation과 road는 특성 값들이 증가함에 따라 산사태가 발생할 확률이 낮아지는 것으로 해석할 수 있으며 그 외에 hillshade, slope, aspect, stream은 특성 값들이 증가함에 따라 산사태 발생 확률이 증가함을 볼 수 있었다.

#### 참고문헌

[1] 강상원, 유병욱, 유철, 김용준, “경남 함양-마천 지역에 분포하는 심성암류의 암석화학”, Korean Earth Science Society, 제15권 제2호, pp.100-114,

1994

- [2] 김경수, 송영석, 채병근, 조용찬, 이춘오, “지질조건에 따른 자연사면 산사태의 기하학적 특성”, 대한지질공학회지, 제17권 제1호, pp.75-87, 2007
- [3] 김원영, 채병근, “우리나라 자연사면 산사태지역의 강우, 지질 및 산사태 기하형상 고찰”, 대한지질공학회지, 제19권 제3호, pp.331-344, 2009
- [4] 이명진, 이사로, 원중선, “GIS와 원격탐사를 이용한 강릉지역 산사태 연구 (1)-산사태 발생 위치와 영향인자의 상관관계 분석”, 대한자원환경지질학회지, 제37권 제4호, pp.425-436, 2004
- [5] 이부경, 지질방재공학, 도서출판 대운, 2003