

RS와 GIS 기법을 활용한 산사태 위험지도 검증

Verification of Landslide Hazard Using RS and GIS Methods.

조남춘 · 최철웅 · 윤동진 · 박용범

Nam-Chun Cho , Chul-Uong Choi , Dung-Jin Yoon , Young-Bum Park

부경대학교 위성정보과학과

uniquespring@hanmail.net

요 약

2005년 5월 산림청에서 전국 산지를 대상으로 산사태 위험지도를 제작하였다. 본 연구는 2005년 8월 2~3일 전북지역에서 발생한 산사태 지역을 대상으로 위험지도의 정확성 검증을 위하여 부경대학교 위성정보과학과 PE&RS Lab에서 개발한 PKNU 3호 시스템으로 촬영하였다. PKNU 3호 영상을 이용 산사태 발생 지역을 추출한 후 산사태 위험지도와의 중첩을 통하여 산사태 발생 지역의 고도, 경사도, 경사방향, 하천장, 유하면적에 대한 특성을 분석하여 산사태 위험지도의 정확도를 검증하였다.

1. 서 론

국토의 64%가 산지인 우리나라는 하절기 집중호우로 인하여 매년 빈번하게 발생하고 있으며 최근 10년간 연평균 22명의 인명과 156억원의 재산피해가 발생하였다(산림청, 2001).

이러한 피해를 최소화하기 위하여 2005년 2월 산림청에서는 전국 산림지역의 지질 및 지형인자 7개를 분석하여 산사태 발생 위험 판정표를 제작 이를 바탕으로 지리정보시스템(GIS)을 이용하여 산사태 위험지도를 제작하였다.

본 연구는 산림청에서 제작된 산사태 위험지도의 검증을 위하여 2005년 8월 2~3일 전북지역에서 발생한 산사태 지역을 대상으로 부경대학교 위성정보과학과 PE&RS Lab에서 개발한 PKNU 3호 시스템으로 촬영하고 GIS 기법을 활용 산사태 발생 지역의 고도, 경사도, 경사방향, 하천

장, 유하면적에 대한 특성을 분석하여 산사태 위험지도의 정확도를 검증하였다.

2. 항공촬영

2005년 8월 2~3일 전국에 국지적인 폭우로 인하여 전국적으로 421ha의 산사태가 발생하였다. 이번 산사태 피해지역의 정확한 관측을 위해서 2005년 8월 19일 오전 9시 11분 전라북도 익산 항공 관리소에서 산림청 KAMOV 헬기에 부경대학교 위성정보과학과 PE&RS Lab에서 개발한 소형 다중분광 항공 촬영 시스템인 PKNU3호를 탑재하여 무주, 함양, 정읍지역에서 발생한 산사태 지역을 촬영하였다.

산사태 지역의 보다 명확한 구분을 위하여 식생지역을 판가름 할 수 있는 CIR영상 획득방법을 활용하여 2초 간격으로 2450장(17.12GB)의 영상을 획득하였다.

3. 영상의 정사보정 및 산사태 추출

(1) 정사보정

항공촬영에서 획득한 2450장의 영상 중 산사태 지역이라고 판단되는 총 618장의 영상을 선별하였다. 이 영상들 중 산사태 붕괴지를 포함하고 촬영위치 좌표값이 있는 153장의 영상을 선별하여 ERDAS 8.6 프로그램을 이용 정사보정 하였다.

(2) 산사태 추출

산사태를 토석류 조사야장(산림청)을 토대로 정사투영 된 항공영상을 Imagine Analyst 프로그램을 이용하여 붕괴지, 유하지, 퇴적지로 분류하여 Digitizing 하여 각 영역별 면적을 측정하고 각 붕괴지별 좌표값을 획득하였다.

4. 산사태 위험지도와 영상의 비교 분석

(1) 산사태 위험지도

산사태 위험도는 산림청에서 전국 산지를 대상으로 산사태 발생에 관한 7가지 지질 및 지형인자(모암, 임상 및 경급, 경사도, 경사길이, 경사위치, 토심, 사면형태)를 분석하여 산사태 위험성이 높은 1,2등급과 위험성이 없는 3,4등급으로 4등급으로 분류되어 2005년 2월 제작하였다.

(2) 붕괴지의 위험 등급 선정

산사태 위험도의 정확성을 검증하기 위하여 항공영상에서 추출된 붕괴지역과 산사태 위험도를 중첩하여 붕괴지를 중심으로 주위의 9개 셀 중 최대 위험등급을 선택하는 방법(1)과 최소 위험 등급을 선택하는 방법(2)을 택하여 위험 등급을 선정하였다(Fig. 1). 그 결과 Table 1과 같다.

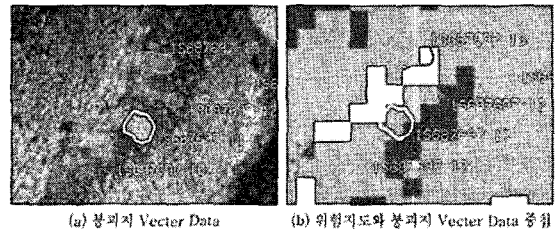


Fig. 1. 붕괴지 위험등급 선정

TABLE 1. 산사태 위험지도 적절성 평가

위험등급	1	2	3	4	총합계
방법1 (max)	58	152	30	0	240
방법2 (min)	20	125	87	8	240
방법1 (max:%)	24.2%	63.3%	12.5%	0.0%	100.0%
방법2 (min:%)	8.3%	52.1%	36.3%	3.3%	100.0%

5. GIS 기법을 활용한 산사태 위험도 등급별 분석

항공촬영 지역이 광범위하기 때문에 붕괴지 203곳(85%)이 집중되어있는 무주 지역을 연구지역(실거리 약 11km×8.8km)으로 선정하였다. 최대 위험등급을 선택하여 분류된 등급을 기준으로 203곳의 붕괴지의 특성을 분석하였다. 이 중 1등급 지역에서 발생된 붕괴지는 51곳(25.1%)이고 2등급 지역에서 발생된 붕괴지는 129곳(63.5%), 3등급 지역은 23곳(11.3%)에서 발생하였다. 이러한 등급별 데이터를 이용하여 각 인자별 특성에 대하여 분석하였다.

(1) 위험도 등급별 고도 분석

산사태 위험도 판정표에는 산사태 발생지의 고도에 대한 인자는 없지만 경사길이, 경사위치가 산사태 등급별 고도를 판별할 수 있는 근거가 된다.

연구지역의 1:5000 수치지도에서 생성된 2m 해상도의 DEM을 생성하고 PKNU 3호 영상에서 추출된 산사태 붕괴지역을 Polygon으로 형성하였다. DEM과 Polygon의 중첩을 통하여 붕괴지 고도 값을 확

특하고 각 Polygon 영역의 평균 고도 자료를 SPSS 13.0 통계 프로그램을 이용하여 분석 하였다. 산사태 위험도 등급별 고도 분석 결과는 Table 2와 같다.

Table 2. 위험지도 등급별 고도 분석표

고도(m)	1등급	2등급	3등급
	통계량	통계량	통계량
평균	587.78	565.64	550.30
평균의 95% 신뢰구간	573.92 (하한)	556.19 (하한)	532.42 (하한)
	601.73 (상한)	575.10 (상한)	568.14 (상한)
5% 절삭평균	587.94	565.80	552.75
중위수	594.46	568.23	560.70
분산	2459.84	2945.20	1706.02
표준편차	49.60	54.27	41.30
최소값	458.78	458.44	441.24
최대값	696.82	685.06	609.90
범위	238.04	226.62	168.66
사분위수 범위	64.42	83.44	57.02
왜도	-0.11	-0.11	-0.83
첨도	0.62	0.69	0.63

(2) 위험도 등급별 경사도 분석

산사태 위험도의 중요한 인자 중 하나인 경사도(Slope)는 수치지도에서 생성된 DEM을 토대로 ArcView 3.3 프로그램을 이용하여 Slope GRID를 생성하여 산사태 지역의 Polygon 중첩을 통하여 데이터(Table 3)를 획득 하였다.

TABLE 3. 위험등급별 경사도 분석표

경사도(°)	1등급	2등급	3등급
	통계량	통계량	통계량
평균	25.60	26.92	35.46
평균의 95% 신뢰구간	23.97 (하한)	25.63 (하한)	30.06 (하한)
	27.22 (상한)	28.20 (상한)	34.86 (상한)
5% 절삭평균	25.54	27.09	32.15
중위수	25.28	27.60	32.42
분산	33.51	54.69	30.72
표준편차	5.79	7.40	5.54
최소값	14.65	4.63	23.23
최대값	37.68	45.05	47.88
범위	23.03	40.42	24.65
사분위수 범위	8.53	9.92	4.43
왜도	0.22	-0.43	0.88
첨도	-0.53	0.25	1.51

(3) 위험도 등급별 경사방향 분석

경사방향은 산사태 위험도 판정표에 포함 되어 있지 않은 인자이다. 하지만 일조 시간에 따라 토양 수분상태, 식생 및 풍화 정도에 차이를 유발시켜 토양의 응집력과 안정성에 영향을 미치므로 산사태에 영향 하는 인자라 할 수 있다. 본 연구에서는 DEM을 ArcView 3.3 프로그램의 Hydro Extension을 이용하여 생성된 Direction GRID와 산사태 지역 Polygon을 중첩하여 각 지역의 경사 방향에 대한 데이터(Table 4)를 획득하였다.

TABLE 4. 위험등급별 경사방향 분석표

		산사태 위험도 등급			전체
		1등급	2등급	3등급	
1	Count	8	8	3	19
	% (Direction)	42.1%	42.1%	15.8%	100.0%
	% (Layer)	15.7%	6.2%	13.0%	9.4%
2	Count	3	24	5	32
	% (Direction)	9.4%	75%	15.6%	100.0%
	% (Layer)	5.9%	18.6%	21.7%	15.8%
4	Count	3	6	3	12
	% (Direction)	25.0%	50.0%	25.0%	100.0%
	% (Layer)	5.9%	4.7%	13.0%	5.9%
8	Count	7	17	4	28
	% (Direction)	25.0%	60.7%	14.3%	100.0%
	% (Layer)	13.7%	13.2%	17.4%	13.8%
16	Count	7	23	1	31
	% (Direction)	22.6%	74.2%	3.2%	100.0%
	% (Layer)	13.7%	17.8%	4.3%	15.3%
32	Count	10	17	3	30
	% (Direction)	33.3%	56.7%	10.0%	100.0%
	% (Layer)	19.6%	13.2%	13.0%	14.8%
64	Count	12	19	1	32
	% (Direction)	37.5%	59.4%	3.1%	100.0%
	% (Layer)	23.5%	14.7%	4.3%	15.8%
128	Count	1	15	3	19
	% (Direction)	5.3%	78.9%	15.8%	100.0%
	% (Layer)	2.0%	11.6%	13.0%	9.4%

(4) 위험도 등급별 하천장 분석

유수의 흐름 방향인 Direction을 토대로 ArcView 3.3 프로그램의 Hydro Extension을 이용하여 Flow Length (GRID)를 생성하여 산사태 지역 Polygon을 중첩 각 영역의 하천장에 대한 데이터를 획득하였다.(Table 5)

TABLE 5. 위험등급별 하천장 분석표

하천장(m)	1등급	2등급	3등급
	통계량	통계량	통계량
평균	46.34	51.09	44.60
평균의 95% 신뢰구간	35.92 (하한)	43.76 (하한)	34.55 (하한)
	56.76 (상한)	58.42 (상한)	54.64 (상한)
5% 절삭평균	42.28	45.60	42.98
중위수	32.83	40.28	39.60
분산	1373.06	1770.19	539.57
표준편차	37.06	42.07	23.23
최소값	6	4	20
최대값	208	285	99
범위	202	281	79
사분위수 범위	35	38	28
왜도	2.17	2.71	0.98
첨도	6.46	10.28	0.03

(5) 위험도 등급별 유하면적 분석

경사방향(Flow Direction) GRID를 바탕으로 ArcView 3.3 프로그램의 Map Calculator을 이용하여 누가흐름도(Flow accumulation)를 생성하였다. 유하면적은 누가흐름도(Flow accumulation), X(셀의 X축 방향간격:2m), Y(셀의 Y축 간격:2m)를 곱하여 산정된다(최철용, 1999). 따라서 누가흐름도로 유역 면적을 나타내었다.

TABLE 6. 위험등급별 유하면적 분석표

유하면적	1등급	2등급	3등급
	통계량	통계량	통계량
평균	50.94	97.78	45.35
평균의 95% 신뢰구간	31.51 (하한)	25.26 (하한)	24.91 (하한)
	70.37 (상한)	170.29 (상한)	65.78 (상한)
5% 절삭평균	42.06	43.45	41.02
중위수	19.00	27.00	24.00
분산	4772.06	173280.16	2233.06
표준편차	69.08	413.27	4.26
최소값	3	3	9
최대값	286	4547	162
범위	283	4544	153
사분위수 범위	35	38	44
왜도	2.01	9.86	1.53
첨도	3.22	104.23	1.16

6. 결 론

PKNU 3호 영상에서 추출된 산사태 발생지와 산사태 위험도를 비교하여 붕괴지

의 위험도를 판독하였다. 1등급 지역은 2.4%~8.3%, 2등급 지역은 63.3%~52.1%, 3등급 지역은 36.3%~12.5%, 4등급은 3.3~0%로 판독되었고 그 중 산사태 위험도가 상대적으로 높은 1~2등급인 지역이 60.4%~87.5%였다. 그러나 연구지역 누가 1, 2등급 63.6%을 고려할 때 상관성이 다소 낮게 볼 수 있으므로 향후 기존 사용하는 산사태 위험지도 작성항목에 대한 수정·보완과 등급별 단위 %량의 조정이 필요하다고 사료 된다.

또한 산사태 위험지 판정표를 기준으로 산사태 위험도와 산사태 붕괴지의 특성을 비교·분석한 결과 현재 제작된 위험지도는 산사태 위험 인자 중 경사길이에 대한 가중치가 제대로 적용되지 않은 것으로 사료되며, 경사도는 산사태 위험성이 높은 등급의 경사도가 평균 25.30°~26.92°에서 발생 하였으나 판정표의 가중치는 0°~25°에 최고 가중치가 부여된다. 따라서 판정표의 경사도에 대한 가중치 수정이 필요할 것으로 사료된다. 그리고 경사 방향, 하천장, 유하면적은 발생 빈도에 따른 특성을 가지므로 향후 수문학적 산사태 위험요인으로 추가하여 산사태 위험지도의 정확성을 높을 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

이사로, 김윤중, 민경덕, 2000, 산사태 공간 정보시스템 개발 및 산사태 공간 정보의 활용, 한국GIS학회지 8(1).
 이천용, 최경, 이종학, 이창우, 2002, GIS를 이용한 산사태 위험지도 작성기법 개발, 산림과학논문집, 65, 1-10.
 지광훈, 신진수, 박노옥, 2001, 예측비율곡선을 이용한 GIS 기반 산사태 예측 모델의 정량적 비교, 대한원격탐사학회지, 17(3), 199-210.
 최경, 1986. 한국의 산사태 발생요인과 예지에 관한 연구. 강원대 박사학위논문.