공간정보기술을 이용한 산사태 위험도 매핑

Landslide Danger Mapping using Spatial Information Technology

조명희* · 조윤원** · 김성재***

Jo, Myung Hee · Jo, Yun Won · Kim, Sung Jae

Abstract

최근 대규모 산림재해로 인한 산림환경 훼손 및 산림 농가의 피해는 물론 산림생태계에도 나쁜 영향을 미치고 있으며 이는 사회적으로 매우 민감한 환경문제로서 국민의 주요 관심사가 되고 있다. 본 연구에서는 울진군 전체를 대상으로 GIS 및 RS 기법을 이용하여 다양한 산사태 관련 인자들을 추출 하여 이를 기반으로 GIS 중첩 및 가중치 분석을 통하여 울진군의 산사태 발생 가능 위험지역의 분포도를 작성하고자 한다.

key words : GIS, RS, 산사태 중첩분석, 가중치분석

1. 서 론

산림은 경제적 물질생산 가치의 수십 배에 달하는 공익적인 가치를 제공하고 있다. 그러나 대규모 산림재해로 인한 산림환경 훼손 및 산림 농가의 피해는 산림생태계에도 나쁜 영향을 미칠 수 있으며, 이는 사회적으로 매우 민감한 환경문제로서 국민의 주요 관심사가 되고 있다. 특히 우리나라 전 국토의 65%를 차지하는 산림은 문화·휴양 공간으로서 중요한 국토 경관 자원이며 생태 및 관광 자원이다.

이런 산림자원을 효율적으로 유지 및 관리하고 산림의 공익적 기능에 대한 국민들의 기대에 부응하기위해서는 인공위성영상과 GIS등의 과학적인 의사결정 지원이 가능한 공간정보기술의 활용이 요구된다. 특히 최근 발생하고 있는 대규모 산사태, 산불, 산림병해충 등의 산림재해지역을 신속하고 정확하게 파악하고 피해를 예측하여 시기적절한 산림관련 전략 수립을 위해서는 지형공간분석 및 특성조사에 효율적인 위성영상의 활용은 매우 중요하다.

위성영상자료와 GIS 분석기법을 활용한 연구 동향을 살펴보면 국내에서는 조명희 (2001)는 Landsat TM 영상과 GIS 데이터를 이용하여 강원도 삼척지역을 대상으로 산불 위험정보 관리시스템을 개발하여 피해지의 지형 분석 및 산불 위험 인자를 간의 상관관계를 통계 처리한바 있으며 이진덕(2002)등은 구미시를 대상으로 GIS를 이용한 광역적인 산사태 분석지를 분석하고자 자연환경과 인문환경 인자들에 관련된 평가기준을 검토하고 이에 따른 다양한 관련 인자들을 추출하여 산사태 발생가능지 예측을 위한 GIS 적용 가능성을 마련하였다. 이밖에도 위성영상 자료와 GIS분석기법을 활용하여 국, 내외적으로 많은 연구가 수행 중에 있다.

본 연구에서는 울진군 전체를 대상으로 하였으며 우선 산사태 예측을 위한 자연환경과 인문환경 인자들에 대한 관련된 평가기준을 검토 한 후 기존 공간 및 환경자료들을 기반으로 GIS 및 원격탐사기법을 활용하여 산사태 발생 가능 위험지역의 분포도를 작성하였다. 이를 기반으로 가중치 분석 및 중첩분석을 수행하여 산사태 발생가능 위험지도를 제작하고자 한다.

2. 연구자료 및 방법

본 연구에서는 산사태 발생 가능 위험지도 제작을 위한 중첩분석을 위하여 다양한 주제도를 제작하였다. 주제도 제작에 있어서 Arcview 3.2 및 ArcGIS 8.1 S/W 이용하여 수치지형도(1:25,000)의 등고선 레이어로부터 추출한 DEM자료를 기반으로 사면방향을 추출하고 정밀 수치 토양도(1:25,000)에서 경사도와 침식이 있

* 정회원 경일대학교 위성정보공학과 · 교수 mhjo@kiu.ac.kr
** 경일대학교 위성정보공학과 · 전임강사 sorabol00@hanmail.net
*** 경일대학교 도시정보측지지적공학과 박사과정 sjkim@geocni.com

는 지역과 침식이 없는 지역의 레이어를 추출하였다. 뿐만 아니라 수치 지질도(1:50,000)에서 상대적으로 산사태에 취약한 암석이 분포하고 있는 지역을 추출하였고 울진군 읍면별 강우량을 기반으로 강우량 분포도를 작성하였으며 ERDAS Imagine 8.6을 이용하여 Landsat ETM+(2002.1014) 근적외영상과 적외선영상을 기반으로 식생지수 분포도를 작성하였다. 작성된 분포도를 토대로 가중치 분석 및 중첩분석을 이용하여 산사태 발생 가능 위험지역 분포도를 제작하였다.

3. 연구수행 내용 및 결과

3.1 산사태 발생가능 위험지역 분포도 작성을 위한 GIS DB구축

3.1.1 사면방향 및 지질도

산사태 발생 위험지역 분포도 작성을 위한 인자들중 하나인 사면방향을 추출하기 위하여 1:25,000 수치지형도에서 등고선을 추출하여 TIN 모델을 생성한 후 그리드 형태의 수치고도모델(DEM)을 생성하였다. DEM 자료를 기반으로 사면방향을 추출하였으며 사면방향의 구분에 있어서는 주방향 8개로 구분 지었다[표1.참조].

[표 1] 방위각에 따른 사면방향 정의

방위각(A)	337.5<A ≧22.5	22.5<A ≧67.5	67.5<A ≧112.5	112.5<A ≧157.5	157.5<A ≧202.5	202.5<A ≧247.5	247.5<A ≧292.5	292.5<A ≧337.5
사면방향	북사면	북동사면	동사면	남동사면	남사면	남서사면	서사면	북서사면

암석을 구성하는 물질은 생성과정이나 지질시대를 거치는 동안에 변성작용 등에 의하여 서로 다른 토층과 풍화대를 가지게 되므로 산사테 발생조건이 동일한 지역일지라도 암석을 구성하는 지질조건이 다를 경우 산사태 특성도 다르게 나타난다.(한국지질자원연구원, 2003; Liu 등, 2004)

우리나라에 분포하는 암석은 변성암, 화성암, 그리고 한반도의 동남부에 분포하는 퇴적암 및 화산암으로 크게 분류할 수 있는데 퇴적암의 경우 단위면적당 산사태 발생빈도가 화성암이나 변성암에 비해 낮다. 이는 화성암과 변성암은 생성시기가 오래 될수록 풍화정도가 깊어 산사태 발생빈도가 높은 반면 퇴적암은 고화정도가 커서 산사태 발생빈도가 상대적으로 낮기 태문이다.

본 연구에서는 1:50,000 수치 지질도를 활용하여 울진군 전체의 암석을 분석해 본 결과 상대적으로 울진군에 분포하고 있는 암석의 종류 중 상대적으로 다른 암석에 비하여 산사태 발생 가능성이 높은 흙운모 화강편마암, 흙운모 화강암, 변성 퇴적암, 셰일등(지질자원 연구원, 채병곤, 2004)을 추출하였다.

3.1.2 토양도 및 식생활력

일반적으로 토양 침식에 의해 야기되는 토양유실은 상부토층의 안정성에 악영향을 미친다. 1:25,000 정밀토양도는 표토의 자갈함량, 표토의 토성, 표토의 침식정도, 경사, 심토의 석력함량, 심토의 토성, 유효토심, 배수등급, 지형, 토지이용 추천에 관한 항목으로 나누어져 있다. 산사태 발생 위험지역 분포도 적성을 위한 인자들중 사면경사와, 토양의 침식 유무에 대한 정보를 추출하기 위하여 정밀 토양도를 활용하였다.

식생의 활력도는 산사태와 밀접한 관련성이 있으며 식생활력도가 높으면 지면에 대한 강우의 충격이 완화되고 많은 뿌리는 토양의 전단강도를 증가시킨다(이진덕등,2002).

NDVI는 식물의 활력도와 녹지 피복에 따른 가시광선 및 근적외선 파장대 광선의 반사량 차이를 이용하여 지표 식생의 유무와 상태를 수치로 표현한 식생지수의 상대적인 값으로 최소 -1에서 최대 1까지의 범위 값을 가진다. 본 연구에서는 위성영상 자료인 Landsat ETM+(2002.1014)자료의 band 4와 band3을 활용하여 단순 연산식을 적용시켜 식생지수를 추출하였다.

3.1.3 강우량 자료

산사태는 발생 원인중 직접적인 원인인 연속 강우량 및 시간 당 강우량이 높은 집중호우가 있을 때 지하수위의 변화로 인하여 자주 발생한다. 산사태의 발생 요인 인자중 가장 중요한 인자인 강우량 자료를 활용하

기 위하여 울진군청에서 제공하는 읍면별 강우량 자료(2001년1월-2005년9월)를 기반으로 우선 집중오후가 발생하는 여름시기의 강우량 자료(6월, 7월, 8월, 9월)만 추출하였다.

본 연구에서는 읍면별 월별 강우량을 기준으로 가장 많은 강우량을 기록한 읍면에 가중치를 부여하는 방식으로 순차적으로 읍면별에 가중치 점수를 부여하였다[표 3-17]. 모든 가중치 점수를 합산하여 가장 높은 점수를 획득한 읍면이 상대적으로 산사태가 발생할 가장 읍면으로 선정하였다[표2. 참조].

[표 2] 울진군 강수량 자료 및 가중치 합산점수 **()가중치점수**

	울진읍	평해읍	북면	서면	근남면	원남면	기성면	온정면	죽변면	후포면
2001.6	78.5(1)	155.5(6.5)	118.5(3)	171.5(9)	158.5(8)	152(5)	155.5(6.5)	140.5(4)	100(2)	193(10)
2001.7	62.5(5)	56.5(2)	117(9)	140.5(10)	57.5(3)	51.5(1)	81.5(7)	68(6)	84(8)	60.5(4)
2001.8	22.5(2)	39.5(8)	33.5(6)	50.5(9)	32.5(5)	28(3)	30(4)	38(7)	19(1)	78(10)
2001.9	285(8)	206.5(2)	220(3)	229(4)	277.5(7)	297.5(9)	328.5(10)	229.5(5)	161(1)	275(6)
2002.6	28(7)	11(4)	37(10)	36(9)	11(4)	11(4)	7(2)	13.5(6)	30(8)	4(1)
2002.7	215.5(4)	176(1)	258(7)	240.5(5)	256(6)	259.5(8)	193(3)	278(9)	423(10)	192.5(2)
2002.8	563.5(7)	551.5(6)	549(5)	676(10)	621(9)	584(8)	517.5(3)	488(2)	478(1)	545.5(4)
2002.9	58.5(7)	39(1)	60(8)	53.5(5)	66(10)	53.5(5)	53.5(5)	41.5(2)	43(3)	63(9)
2003.6	177.5(1)	260(9)	188(3.5)	220.5(7)	194.5(5)	188(3.5)	218(6)	181.9(2)	365(10)	249(8)
2003.7	285(1)	425(10)	288(2.5)	411.2(9)	333(5)	324.5(4)	342.5(6)	288(2.5)	363.5(7)	384.5(8)
2003.8	351(9)	335(6)	303(3)	454(10)	349.5(8)	324.5(5)	339.5(7)	265(1)	293.5(2)	310(4)
2003.9	406.5(8)	343(5)	401(6)	575.5(10)	403.5(7)	335.5(4)	316(2)	324.5(3)	412(9)	276(1)
2004.6	252.5(2)	336(9)	282(6)	287(7)	260(3)	251.5(1)	316(8)	279(5)	264(4)	350.5(10)
2004.7	234.5(6)	195(2)	316(10)	294.5(9)	261(8)	246.5(7)	166(1)	210.5(4)	234(5)	201.5(3)
2004.8	414.5(4)	419.5(5)	390.5(2)	517(10)	442.5(8)	421.5(6)	429.5(7)	404.5(3)	467(9)	316.5(1)
2004.9	212(5)	233(9)	185.5(1.5)	226.5(6)	234(10)	231.5(8)	227.5(7)	201(3)	208.5(4)	185.5(1.5)
2005.6	105(7)	79(1.5)	81.5(3)	146(10)	108(8)	124.5(9)	79(1.5)	87(4)	102.5(6)	100(5)
2005.7	268.5(8)	254.5(5)	213.5(1)	266(6)	288.5(9)	291(10)	232(4)	267.5(7)	231.5(3)	229.5(2)
2005.8	177(2)	227.5(8)	180(4)	173.5(1)	206(5)	260.5(9)	218.5(6)	275(10)	179(3)	227(7)
2005.9	469(8)	408.5(4)	473.5(9)	377.5(2)	434(6)	413.5(5)	391(3)	449.5(7)	483(10)	303.5(1)
합산점수	102(4)	104(6)	102.5(5)	148(10)	134(9)	114.5(8)	99(3)	92.5(1)	106(7)	97.5(2)

3.2 GIS와 RS 분석기법을 이용한 산사태 발생 가능 위험지역 분포도 작성

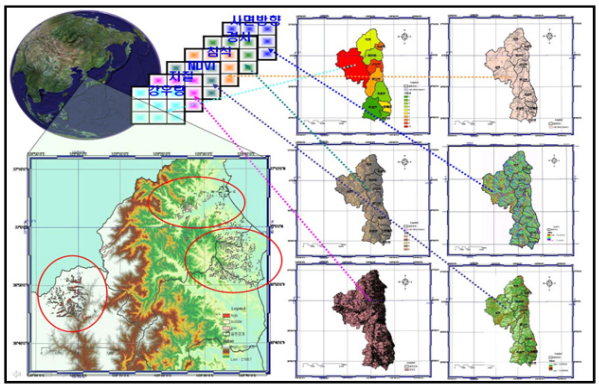
대부분의 산사태는 집중호우에 의하여 발생하며, 그 밖에 지진, 천둥·폭발 등과 같은 소음에 의한 진동, 화산에 의해 발생하는 경우도 있다. 지진이나 화산폭발에 의한 사태는 발생빈도는 적지만 그 규모가 크다. 산사태는 30° 이상의 경사를 이루는 사면에서는 어디서나 일어날 수 있으며, 지형학적·지질학적으로 지하수가 모여 있는 곳에서 일어나기 쉽다.

화강암이나 집괴암처럼 풍화되기 쉬운 암석은 지표에서 깊은 곳까지 풍화되어 암석 입자의 고결도가 작아짐과 동시에 풍화토가 두껍게 생성되며, 빗물이 다량으로 침투하면 풍화층과 그 아래의 새로운 암석면 사이에 경계가 생겨 안정을 잃고 그 상부가 갑자기 무너지게 된다.

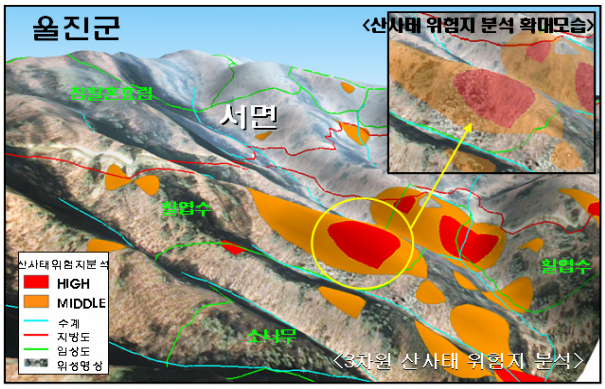
본 연구에서는 GIS와 RS 분석기법을 이용하여 본 연구에서는 산사태 발생 가능 위험지역 분포도를 작성하고자 구축된 GIS DB에서 상대적으로 산사태에 약한 인자들을 추출하여 가중치 및 중첩분석을 수행하여 산사태 발생가능 높은지역을 3개의 Class(high, middle, low)로 구분 지었다[표 3].

[표 3] 산사태발생가능 위험지 추출을 위한 조건부여

구 분	NDVI DN	강우량	지질	경사	침식	사면방향
high	0.477초과	10점	흙운모화강암, 흙운모화강편마암, 변성퇴적암, 셰일	30도이상	침식이 있는지역	남,남동사면
middle	0.374초과	7점이상	흙운모화강암, 흙운모화강편마암, 변성퇴적암, 셰일	30도이상	침식이 있는지역	남,남동사면
low	0.323초과	5점이상	흙운모화강암, 흙운모화강편마암, 변성퇴적암, 셰일	15도이상	침식이 있는지역	남,남동사면



[그림 1] 산사태발생 위험지역 분포도 작성



[그림 2] 산사태발생 위험지역 결과 및 검증

3.3 결과 검증 및 분석

본 연구에서 도출된 결과물을 고해상 위성영상 자료(IKONOS 2000.12..19)와 중첩시켜 결과 검증을 수행하였다. 정확한 위치 검증을 위하여 위성의 자세, 대기 기상, 지표면의 형상등에 의해 발생되는 각종 왜곡을 제거하기 위하여 정사보정을 수행하였다.

DEM 자료와 산사태 피해지가 촬영된 위성영상자료, 산사태 발생 위험지역 분포도를 중첩시켜 검증을 수행해본 결과 그림2에서 보는 바와 같이 산사태가 발생한 지역과 산사태 발생 위험지역 분포도에서 산사태 발생 위험 가능지역으로 나타내고 있는 부문이 일치하는 것을 알 수가 있었다.

4. 결론 및 향후계획

본 논문의 결과로서는 산사태 관련 방재분야에 국한하지 않고 최근 발생하고 있는 대규모 산불, 산림병해충 등의 다른 산림재해도 GIS 및 위성영상자료를 이용하면 피해규모를 신속하고 정확하게 파악할 수 있으며 방재가 가능할 것으로 사료된다. 또한, 산사태 발생 위험지역의 집중호우가 어디에 발생하는지를 정확한 위치를 알기에는 집중호우가 국지적인 성격을 띠고 있으므로 집중호우가 발생할 위치를 예측하기에는 불가능함으로 정확한 위치정보 획득이 어려웠으며 본 연구에서 사용된 산사태 발생요인 인자이외의 중요 인자들을 향후에는 고려하여 보다 정확한 연구가 수행되어져야 할 것으로 판단된다.

아울러 GIS 및 RS를 이용한 산림재해의 공간적 분석과 산사태 발생가능 위험지도 작성을 통하여 향후 우리나라 방재 정보 구축 연구에 있어 GIS 및 위성영상기반 기술 확충을 가져다 줄 것으로 예상되며 현재 운영 중인 KOMPSAT MSC 위성영상의 활용도를 높여다 줄 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 강인준, 최철웅, 장용구, 1994, 지형데이타 해석에 따른 산사태 위험지역 선정 기법, 한국측지학회지, 12(2), pp.211-218.
2. 김경태, 정성관, 박경훈, 오정학, 2005, GIS 및 RS기법을 활용한 산사태 취약성 평가, 한국지리정보학회지, 8(1), pp.75-87.
3. 이진덕, 연상호등, 산사태의 발생가능지 예측을 위한 GIS의 적용, 한국지리정보학회지, 5(1), pp.38-47.
4. 조명희, 김성재, 이명보, 임주훈, 김준범, 2004, GIS를 이용한 산불복구 정보시스템 개발 한국지리정보학회 2004 춘계 학술 대회 발표집, pp.122-129.
5. Myung-Hee Jo, Yun-Won Jo, Jeong-soo Oh, Myung-Bo Lee, Joon- Bum Kim, 2002, A Landscaped ecological approach for restoration of forest fire damaged area using satellite images and GIS, Korea long-term ecological research, Proceedings of An International Symposium, 2002.6, pp.53.