

산사태 취약지에서의 토지피복상태 변화 추적

A Trace of Landcover Change in a Landslide Vulnerable Area

천기선* · 박재국**

Chun, Ki Sun · Park, Jae Kook

要 旨

강원도 지역은 산지지형이 많고 여름철 장마나 이상기후에 의한 국지적인 집중호우에 의해서 산사태가 발생하기 쉬운 조건을 가지고 있으며, 최근 수년간 계속되고 있는 대형 산불들로 인하여 지표상태가 변화되어 강우사상에 의해 쉽게 산사태가 일어나고 있다. 또한 앞서 발표된 연구논문에 의하면 우리나라의 경우 강우조건을 제외하고는 토지피복상태가 산사태 취약성 평가에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다. 따라서 이 연구에서는 산사태 취약지를 선정하고 산사태 취약A등급지에 대해서 4개의 서로 다른 시기에 촬영된 인공위성 영상(Landsat ETM)으로부터 토지피복도를 추출하여 그 분포변화를 분석하였다. 또한 정규식생지수를 추출하고 식생활력도의 분포변화를 분석하여 지표상태의 변화가 산사태에 미치는 영향을 분석하고자 하였다. 그 결과 산사태 취약지에서 산림과 식생지수가 감소하고 있음을 알 수 있었다.

핵심용어 : 산사태, 토지피복, 식생지수

Abstract

Kangwondo area is mountainous and landslide is easily happened easily during the rainy period in summer time. Especially, when there is torrential downpour caused by the unusual weather change, there will be greater possibility to see landslide. Another reason behind landslide is the continuous forest fire in these several years. Since the surface of the earth has been changed by the fire, when rainfall comes, landslide just happens easily. Also, it is reported that landcover condition, excepted rainfall condition, is the most effect for determining landslide susceptibility area. In this study, it is determined a landslide vulnerable area and landcover information is extracted from four satellite image(Landsat TM), about the landslide vulnerable area, which is pictured for each year. And which distribution change is analyzed. also, NDVI picture is made and distribution change of vegetation vitality is analyzed to study that change of landcover have a effect on landslide. As a result, could know that forest and NDVI are decreasing in landslide vulnerable area.

Keywords : Landslide, Landcover, NDVI

1. 서 론

강원도 지역은 매년 여름철 장마나 태풍의 집중호우에 의해 산사태가 자주 발생하는 지리적 특성을 가지고 있다. 특히 산이 많고 경사가 급할 뿐 아니라 사면하단부에 시설물과 주거지 등이 밀집해 있어 산사태에 의한 피해는 매우 크다 할 수 있다.

산사태에 대한 연구의 대부분은 인공사면에서의 사면 붕괴 연구가 많았다. 이것은 자연상태의 사면에서보다 인공사면에서 산사태가 더 많이 발생하고 있고, 더욱이

인간의 활동에 대한 위험성 측면에서 볼 때 자연사면보다는 인공사면에서의 피해가 더욱 크기 때문이라 할 수 있다. 하지만 최근 들어 강우의 특성이 집중호우의 양상을 보이고 산림자원의 파괴가 증가하면서 자연사면에서의 산사태 발생빈도도 많아지고 있으며, 점점 대규모화 되고 있는 추세이다. 더욱이 산사태는 토사의 대규모 유출이라는 측면에서 볼 때 인간생활에 직접적인 피해를 주는 것 이외에도 유출된 토사들이 하천으로 유입되어 대규모 홍수를 일으키는 원인이 되기도 한다.

기 연구된 산사태 유발인자가 산사태 취약성에 미치는

2007년 8월 1일 접수, 2007년 9월 11일 채택

* 경동대학교 건설환경공학부 겸임교수 (chunkiss@hanmail.net)

** 교신저자·정회원·남서울대학교 지리정보공학과 겸임교수 (gisdata@nate.com)

영향을 분석해 보면, 산사태를 유발하는 원인들 중에서 식생상태와 같이 토지피복상태가 산사태에 매우 큰 영향을 끼친다는 것을 알 수 있다(김제천, 2001). 식생의 상태는 임상도로부터 추출하거나 인공위성 영상으로부터 확인할 수 있는데, 임상인자의 영향은 특히 식생의 종류나 분포정도를 나타내는 임상, 임상밀도, 임상경급 등의 정도에 따라 산사태에 미치는 영향을 정량적으로 분석하는 것이 가능하지만, 임상도의 제작시기를 고려해 볼 때 과거 산림을 조사할 당시의 상태를 나타내는 정적자료라 볼 수 있다. 즉 식생의 상태는 시간에 따라 변화하는 특성을 가지고 있는 자료이기 때문에 식생의 분포 변화에 따라 산사태 취약지의 분포가 달라질 수 있다. 이러한 임상도가 가지고 있는 정보의 한계를 해결할 수 있는 방법으로 인공위성 영상을 통해 지표상태를 분석하는 방법을 들 수 있다. 따라서 인공위성 영상으로부터 연도별 토지피복상태 및 식생활력상태를 분석하여 산사태 발생을 유발할 가능성이 있는 지표상에서의 이상변화를 추적할 필요가 있다. 이 연구에서는 산사태 발생에 영향을 끼치는 지표상태의 변화를 토지피복상태와 식생활력상태의 측면에서 접근하였으며, 토지피복도와 식생활력도를 추출하기 위해 Landsat 위성영상을 이용하였다.

산사태 발생지를 분석하고 예측하기 위해 사용되는 자료들은 기존의 구축되어 있는 지도자료를 이용하여 수행할 수 있는데, 최근 인공위성 탐사기술의 발달과 자료의 제공으로 인공위성영상자료를 이용하여 지표정보를 얻는 방법이 유용하게 사용되고 있다. 이러한 인공위성 자료들로부터 자료를 지표정보를 취득하고 주제도를 제작함으로써 산사태 분야 및 지표분석 분야의 기초자료로 활용할 수 있다.

정봉훈(2002)은 산불로 인한 지형변화가 산사태에 미치는 정도를 분석하였다. 그는 산불특성에 따른 지반물성, 지형, 식생의 변화가 산지사면의 안정성에 미치는 영향을 분석하기 위하여 수치해석적 방법을 사용하였으며, 매개변수 연구를 통하여 산사태 가중요인을 정량화하는 방법을 제시하였다. 또한 사면해석 프로그램에 의해 수치해석을 수행하여 산불의 영향에 따른 사면안정성을 분석하고 사면안정성을 평가함으로써 현장에서의 활용가능성을 평가하기도 하였다.

신진수(2001)는 산사태 발생가능지를 분석하기 위해 DEM, 지질도, 토지피복도, 식생활력도 등을 이용하였다. 그는 토지피복도와 식생활력도를 추출하기 위해 JERS-1 OPS 위성영상의 VNIR 자료를 이용하였다. 토지피복도의 경우 삼림지, 농경지, 초지, 인공구조물, 수역 등으로 분류하고 이를 다시 3개의 등급으로 재분류하였으며, 식생활력지수를 추출하고 이를 다시 3개의 등급으로 재분

류하여 산사태 발생가능지 예측을 수행하였다.

이 연구에서는 산사태 취약지에서의 토지피복상태의 분포 변화 추적과 산사태 취약지에서 정규식생지수(NDVI)의 분포변화를 추적하여, 산사태 취약지에서의 지표상태 변화에 대한 연구를 수행하기 위해 다음과 같이 연구를 수행하였다.

고해상도 영상에 비해 비교적 가격이 저렴하고 자료획득이 용이한 Landsat 위성영상과 수치지형도를 이용하여 위성영상에 대한 기하보정을 실시하였고, 기하보정된 영상을 이용하여 토지피복에 대한 감속분류와 정규식생지수를 추출한 후 토지피복도와 정규식생지수분포도를 생성하였다. 다음으로 산사태 취약지에 대한 지표상태 변화를 분석하였다. 이때 사용된 산사태 취약지는 산사태 취약A등급지로, 강원도 남부지역을 대상으로 산사태 취약성 평가를 통해서 취약A등급지로 평가된 지역이다. 이러한 취약지의 평가는 산사태 유발인자들을 분석하고 AHP에 의해 각 유발인자들에 대한 경중률을 계산하여(Thomas L. Satty, 1980) GIS 데이터베이스를 구축한 다음 각 자료층들을 중첩·연산하여 산사태 취약지로 결정된다(천기선, 2005).

본 연구에서는 경사, 경사방향, 경사모양, 단층, 토양모암, 토양의 배수상태, 토양의 표토두께, 임상, 임상경급, 임상밀도 등 총 10개 항목의 산사태 유발인자를 AHP법에 의해 경중률을 부여한 후 GIS의 공간분석기능을 이용하여 산사태 취약지를 결정하였다.

그림 1은 연구수행과정을 설명한 것이다.

2. 인공위성 영상자료의 취득 및 전처리

인공위성 영상자료를 이용하여 원격탐사 작업을 수행하는 경우 자료의 수집과정에서 여러 가지 요인에 의해

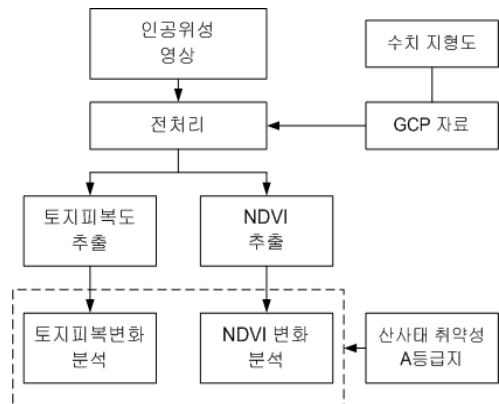


그림 1. 연구수행과정

자료의 훼손, 왜곡 등이 발생하게 된다. 이러한 왜곡은 수집된 자료의 처리나 분석과정에 여러 가지 오차 요인으로 작용하기 때문에 사전에 반드시 보정을 통한 자료의 수정작업이 필요하다. 이를 전처리라고 한다. 이러한 영상자료의 왜곡 중에서 원격탐사 영상 자료의 절대위치에 차이를 나타내는 기하학적 왜곡이 가장 큰 부분을 차지한다. 기하학적 왜곡은 원격탐사 영상 내 각 점의 위치 변동을 의미하며, 이렇게 왜곡된 원격탐사 영상을 평면 위에 존재하는 기존의 지형도와 중첩시키기 위해서는 원격탐사 영상에 나타나는 각 점의 위치를 지형도와 같은 크기와 투영값을 갖도록 변환해 주어야 한다. 이 연구에서는 사용자가 원격탐사 영상과 수치지형도에서 식별 가능한 지상기준점(GCP : Ground Control Point)을 선정하고 원격탐사 영상과 지도상의 위치관계를 나타내는 좌표 변환식을 유도한 후 변환식을 이용하여 영상을 재배열하는 보정 방법을 사용하였다.

표 1은 이 연구에서 사용한 인공위성 영상자료를 설명한 것이며, 표 2는 지상기준점의 위치와 주소와 좌표를 나타낸 것이다.

기하보정은 2003년 영상에 대해서 우선 Map to Image 방식으로 기하보정을 실시하고, 기타 3개의 영상들은 2003년 영상을 기준으로 Image to Image 방식을 이용하여 기하보정을 수행하였으며, 재배열 방법으로서 원래 자료의 화소값 변질을 줄일 수 있는 최근린내삽법을 이

용하여 화소크기 30m×30m로 재배열하였다. 기하보정에 사용된 좌표변환식은 Affine 변환 방정식을 이용하였다.

표 3은 기하보정 결과 계산된 RMSE 오차이다. 전체적으로 0.5화소 이내인 15m 이내로 조정된 것을 알 수 있다. 30m 해상도를 가진 Landsat TM 영상의 통상적인 RMSE 허용치는 약 15m 정도이므로 기하보정 결과는 이 허용치에 만족하는 결과이다.

3. 분석

3.1 토지피복 변화 분석

토지피복분류를 위해 이 연구에서는 분류항목을 산림, 농경지 및 초지, 수역, 도심지, 나대지 등 5개의 분류항목을 선정하였으며(표 4), 최대우도분류법을 이용하여 토지피복분류를 수행하였다. 이 때 분류항목별 트레이닝 표본의 선정은 수치지형도를 참조하여 각각의 위성영상을 모니터상에 출력한 후 Resion Growing 기법을 이용하여 분류항목별로 선정되는 화소가 300화소 이상이 되도록 하여 트레이닝 표본을 선정하였으며, 1999년, 2000년, 2001년, 2003년도 영상에 대한 토지피복분류 정확도는 93.68%~96.52%로 나타났다. 분류결과의 정확도 검증은 오차행렬(Error Matrix)을 이용하여 검증을 수행하였다.

그림 2는 영상분류 결과인 토지피복영상을 연구대상지역인 강원남부지역만 추출하고 GIS의 그리드 자료로 변환한 것이다.

표 5는 그림 2에서 추출한 토지피복항목별 화소(pixel) 수를 분석한 것이다. 1999년, 2000년, 2001년, 2003년 영

표 1. 연구에 사용된 Landsat 위성영상

관측 년월	위성 센서	보정처리
1999. 09. 27	Landsat-7/ETM	Bulk 보정
2000. 09. 29	Landsat-7/ETM	Bulk 보정
2001. 08. 31	Landsat-7/ETM	Bulk 보정
2003. 04. 15	Landsat-7/ETM	Bulk 보정

표 2. 연구대상지역의 지상기준점(GCP)

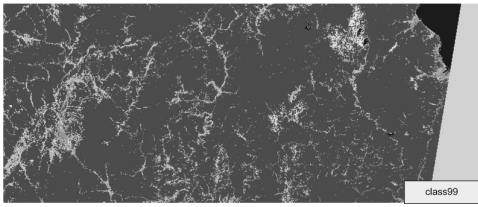
GCP	위치	평면직각좌표 (TM좌표 : m)	
1	춘천시 동면 소양2교	488964.385	263749.235
2	남양주시 조안면	447258.300	224296.238
3	여주군 강천면 남한강교	417508.039	260382.534
4	예천군 보문면 예천 IC	353263.742	337550.993
5	고성군 토성면 용촌육교	527553.582	337306.681
6	동해시 북평동 북평공단	444422.720	388424.425
7	평창군 평창읍 주진교	433530.099	323901.694
8	평택시 팽성읍	386623.198	206666.955

표 3. 기하보정 결과

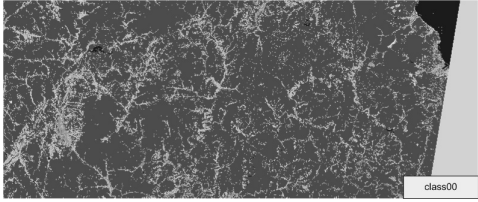
위성 영상	지상기준점수 (개)	재배열 방식	RMSE (화소)
1999. 09. 27	8	최근린내삽법	0.40
2000. 09. 29	8	최근린내삽법	0.39
2001. 08. 31	8	최근린내삽법	0.35
2003. 04. 15	8	최근린내삽법	0.48

표 4. 분류항목의 선정

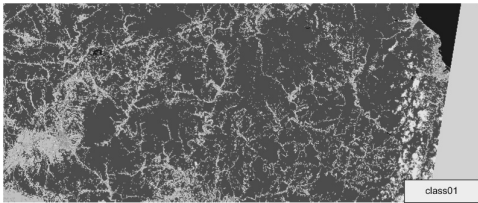
분류항목	분류코드	설명
Vegetation	1	산림
Fields	2	경작지, 초지
Water	3	수역
Urban Area	4	도심지
Bare Land	5	나대지 및 기타



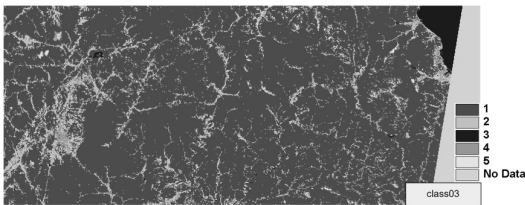
(a) 1999년 영상의 토지피복도



(b) 2000년 영상의 토지피복도



(c) 2001년 영상의 토지피복도



(d) 2003년 영상의 토지피복도

그림 2. 연구대상지의 토지피복분류

상에 대해 토지피복분류를 수행하여 분류항목별 화소수를 분석한 결과 2003년 봄영상을 제외하고는 전반적으로 산림의 면적이 감소하는 반면 농경지와 도심지의 면적은 증가하고 있음을 알 수 있다. 이러한 결과는 개발이나 자연재해 등의 영향으로 산림이 많이 훼손되고 있음을 알 수 있는 결과라 할 수 있다. 그림 2에서 알 수 있듯이, 2003년 영상에서 발견되는 분류항목들 간 화소(pixel)수의 분포는 1999년, 2000년, 2001년의 영상이 가을영상인데 비하여 2003년 영상은 봄 영상이므로 토지피복분류상 계절의 차이에서 발생한 결과라 할 수 있다.

그림 3은 표 5의 분석결과를 그래프로 나타낸 것이다. 범례의 '1'은 산림을 의미하는 것으로 화소수가 다른 항목보다 매우 많이 분포하고 있음을 알 수 있으며 2003년 영상을 제외하고는 일반적으로 산림부분의 화소수가 적어지고 있어 산림분포가 감소하고 있음을 보여주고 있다. 그 외에 '2'는 농경지를 의미하는데 농경지의 경우에는 산림지와 반대로 증가하다가 2003년 봄 영상에서는 감소하고 있음을 알 수 있다. 이것은 산림지역이 농경지로 변화되었음을 추측할 수 있는 자료가 된다.

그림 4는 산사태 취약성 평가에 의해 제작된 강원도 지

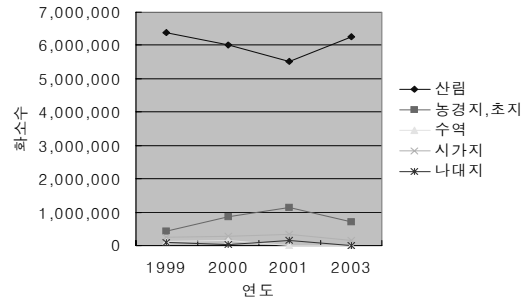


그림 3. 토지피복분류 항목별 화소수의 변화

표 5. 토지피복분류 항목별 화소수(개)

분류 항목	토 지 피 복 도			
	1999	2000	2001	2003
산림	6,397,401	6,001,011	5,519,356	6,247,255
경작지, 초지	433,311	855,144	1,149,708	701,116
수역	134,810	140,375	139,477	149,676
도심지	249,298	291,411	346,911	139,986
나대지	90,608	17,487	149,976	67,395
nodata	560,365	560,365	560,365	560,365
합계	7,865,793	7,865,793	7,865,793	7,865,793

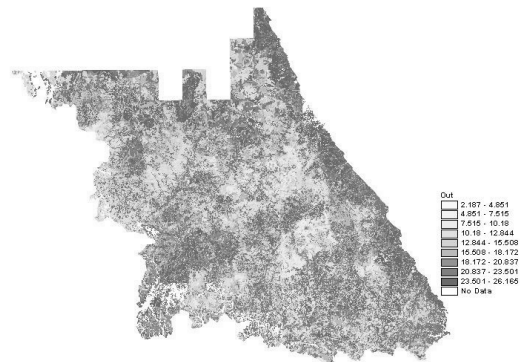


그림 4. 산사태 취약성도

역의 취약성도로서 색깔이 짙은 색일수록 산사태에 취약하다는 것을 보여준다.

그림 5는 강원도 지역의 산사태 취약지 중 연구대상지역인 강원 남부지역에 대한 산사태 발생 취약A등급지만을 추출한 것으로서 그리드의 격자자료로 이루어져 있다. 산사태 발생 취약A등급지의 결정은 이미 발표된 논문을 통하여 소개하였다(천기선, 2005). 이 연구에서는 그리드 연산과정을 용이하게 하기 위해서 화소값의 처리를 산사태 취약지의 경우는 1, 기타는 Nodata로 처리하였는데, 산사태 발생취약 A등급지에 포함되어 있는 그리드 화소

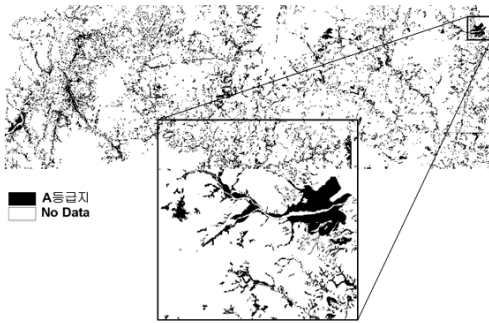


그림 5. 산사태 취약 A등급지

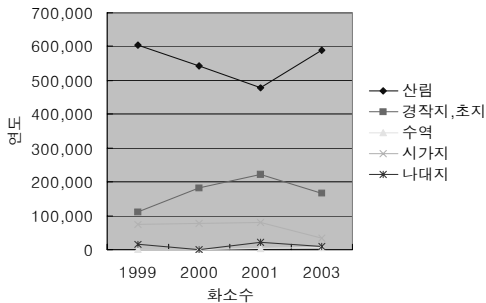


그림 6. 산사태 취약A지역에서의 토지피복상태의 변화

표 6. 산사태 취약A지역에서의 토지피복상태 (화소수 : 개)

분류항목	1999	2000	2001	2003
산림	605,711	541,993	478,013	588,524
경작지, 초지	109,533	180,676	222,131	166,094
수역	2,079	3,575	3,321	6,578
도심지	73,359	76,304	80,686	34,439
나대지	14,638	2,772	21,169	9,685
Nodata	57,505	57,505	57,505	57,505
합	862,825	862,825	862,825	862,825

수는 총 862,825개였다. 이것은 화소크기가 30m이므로 그 면적은 약 776.5km²에 해당한다.

표 6은 그림 4의 산사태 취약 A등급지를 이용하여 산사태 A등급지내의 토지피복도의 화소값을 조사하여 나타낸 것이다.

그림 6은 표 6에 대하여 연도별로 토지피복변화의 추이를 살펴보기 위해 그래프로 나타낸 것이다. 산사태 취약 A지역내에서 산림의 분포가 1999년부터 2001년까지 급격하게 감소하였다는 것을 알 수 있다. 즉 이러한 산림의 감소는 산사태를 유발하는 직접적인 원인이 될 수 있다. 여기서 2003년도 영상의 산림분포가 증가한 것은 이 영상의 촬영시기가 4월에 촬영한 영상이기 때문으로 판단된다.

3.2 토지피복변화 추적을 통한 산사태 이상변화탐지

원격탐사 영상을 이용한 변화탐지를 위해 주로 사용하는 변화탐지기법은 영상대차법, 비연산법, 영상중첩법, 주 성분분석법, 선분류 후비교법 등 여러 가지 방법들이 사용되고 있으며 이러한 기법은 광범위한 지역의 정보획득과 변화탐지를 용이하게 해준다(Jensen, 1996). 이 연구에서는 이러한 원격탐사 변화탐지 기법과 이용목적에 따라 변화정보를 효율적으로 검색, 분석할 수 있도록 GIS기법을 연계하여 광범위한 지역에 대한 변화탐지를 수행하였다.

이 연구에서는 원격탐사 기법에 의해 수행된 분류영상만을 제작하고 이를 다시 GIS의 그리드 자료로 변환한 다음 그리드의 연산기능을 이용하여 그리드의 화소값을 재배열하였다. 이후 서로 다른 시기의 그리드 자료(분류영상이 변환된 자료)를 통합하여 변화탐지를 실시하였다. 그림 7은 GIS를 이용한 원격탐사 영상의 변화탐지 방법

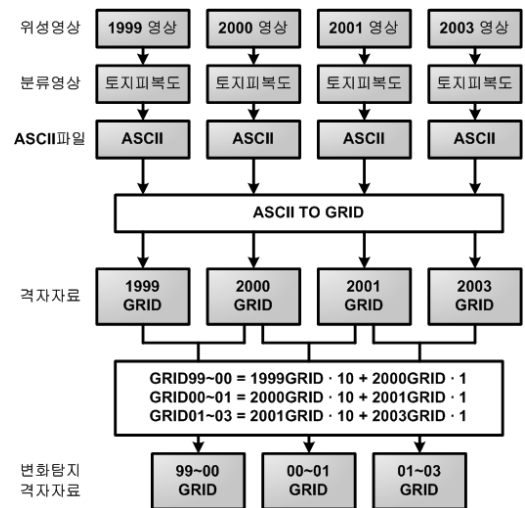


그림 7. 변화탐지 흐름도

을 설명한 것으로서, 그림 7에서 설명한 것처럼 간단한 알고리즘을 작성하여 연구대상지역에서의 피복분포 변화를 분석하였다.

그림 8, 그림 9, 그림 10은 각각 1999년과 2000년, 2000년과 2001년, 2001년과 2003년에 대한 변화탐지 결과를

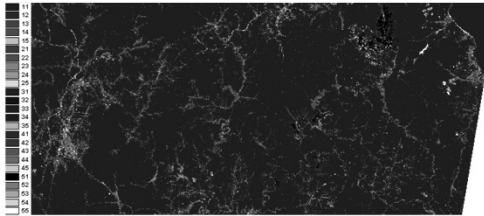


그림 8. 토지피복변화(1999년→2000년)

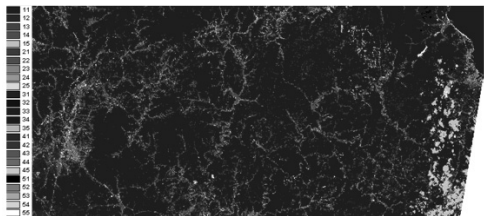


그림 9. 토지피복변화(2000년→2001년)

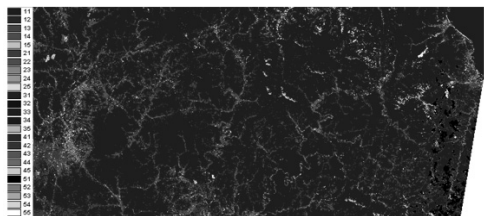


그림 10. 토지피복변화(2001년→2003년)

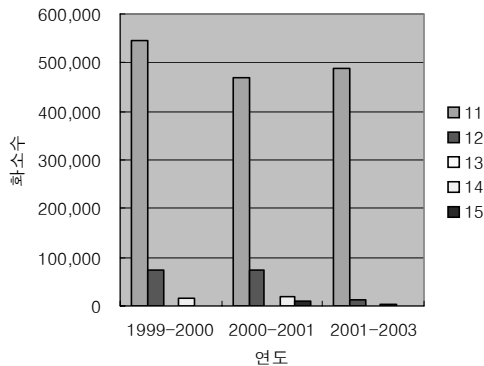


그림 11. 취약A등급지에서의 산림지 변화 추적

나타낸 그림이다. 각 연도별로 토지피복 분류항목이 산림지역(1), 경작지 및 초지(2), 수역(3), 도심지(4), 기타(5) 등 5개 항목이었던 것이 변화탐지결과 11, 12, 13, 14, 15, 21, 22, 23, 24, 25, 31, 32, 33, 34, 35, 41, 42, 43, 44, 45, 51, 52, 53, 54, 55 등 총 25개의 항목으로 재분류하였다. 여기서 11이란 산림지역(1)이 다음의 영상에서도 산림(1)에 해당하는 지역이라는 것을 의미하며, 12라는 것은 산림지역(1)이 다음의 영상에서는 농경지 및 초지(2)로 변화되었음을 의미한다.

표 7은 위 그림 8, 그림 9, 그림 10에서 산사태 취약A등급지에 포함되는 부분만을 추출하여 그 화소수를 나타낸

표 7. A등급지에서의 토지피복변화탐지 현황 (화소수 : 개)

화소값	1999-2000	2000-2001	2001-2003
0	63753	63753	63753
11	544515	468351	486766
12	74479	74301	13866
13	1157	796	1533
14	16050	18602	2600
15	208	9073	706
21	11925	25893	96837
22	86125	126426	113463
23	150	82	639
24	11895	25670	9944
25	293	4648	3956
31	449	894	764
32	10	126	95
33	1319	1904	2313
34	298	631	298
35	6	198	22
41	12432	10239	24309
42	18419	23561	33161
43	1056	669	1884
44	41335	35731	19551
45	567	6679	2561
51	1802	94	9690
52	3686	425	7089
53	71	41	373
54	7301	832	2431
55	1692	1374	2389
합	900993	900993	900993

것이다.

그림 11은 표 7의 내용 중에서 산사태 취약 A등급지에서의 산림지의 변화부분을 그래프로 나타낸 것이다. 앞서 언급했듯이 03년도 영상은 4월인 봄에 촬영된 영상이고 2001년은 8월 31일 여름 영상인데 반하여 1999년, 2000년은 9월의 가을영상인데, 각 연도별로 원격탐사 영상의 촬영시기가 다르다는 것을 감안하더라도 A등급지에서의 산림지의 변화폭이 다른 것들에 비해서 매우 크다는 것을 알 수 있다. 즉 산림지가 농경지나 내대지등 다른 부분으로 많이 바뀌었음을 알 수 있다. 따라서 이러한 산림의 분포변화는 산사태를 유발하는 가장 큰 원인이 된다는 사실을 파악할 수 있는 자료가 될 수 있다.

4. 정규식생지수(NDVI) 변화 분석

정규식생지수(NDVI : Normalized Difference Vegetation Index)는 가장 일반적으로 사용되어지는 식생지수로서, 가시광선과 근적외선대의 두 영상으로부터 분광차이를 구하여 식생의 반사 특성을 강조하고, 이를 두 영상의 합으로 나누어 일반화한 것이다. Landsat ETM 영상자료의 경우 정규식생지수는 식 (1)을 이용하여 계산할 수 있다. 가시광선이 근적외선보다 반사값이 크기 때문에 정규식생지수는 음수가 되며, 암석, 마른 토양 등은 두 파장대에서 반사특성이 거의 같기 때문에 정규식생지수는 0에 가깝게 나타난다. 녹색 식물인 경우에는 가시광선 영역의 반사율이 근적외선 영역보다 적으므로 정규식생지수는 양수가 된다.

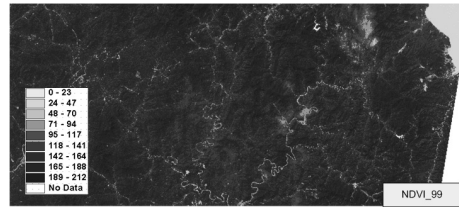
$$NDVI = \frac{TM_4 - TM_3}{TM_4 + TM_3} \quad (1)$$

$$NDVI = \left(\frac{TM_4 - TM_3}{TM_4 + TM_3} + 1 \right) \cdot 128 \quad (2)$$

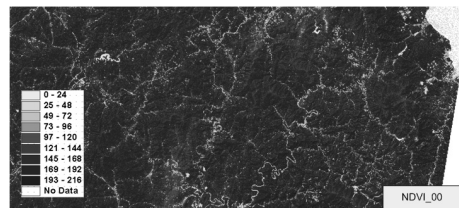
여기서, NDVI는 식생활력도를 나타내는 지수, TM₄는 Landsat ETM영상의 4밴드 영상, TM₃은 Landsat ETM영상의 3밴드 영상에 해당한다. 식 (2)는 식 (1)을 수정하여 계산되는 정규식생지수의 범위를 일반화한 것이다. 즉, 식 (1)에서 계산된 정규식생지수는 -1과 +1사이의 값을 가지게 되는데, 식 (2)를 이용하면 정규식생지수 영상내 화소값의 분포가 0과 255 사이의 값을 부여할 수 있으며, 시각적으로 전자보다 식별이 용이하도록 할 수 있는 장점이 있다. 그림 12는 식 (2)를 사용하여 Landsat 위성영상으로부터 연도별 정규식생지수 영상을 추출하고 연구대상지역인 강원남부지역만을 나타낸 것이다.

표 8은 그림 12에서 산사태 취약A등급지에 포함되는 부분에 대한 정규식생지수 영상내 화소값의 분포를 나타

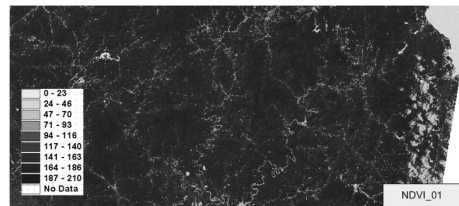
낸 것이다. 정규식생지수의 영상내 화소값의 변화에 대하여 사용된 인공위성 영상의 촬영시기가 계절적으로 일치하지 않기 때문에 같은 조건에서 식생활력도의 변화를



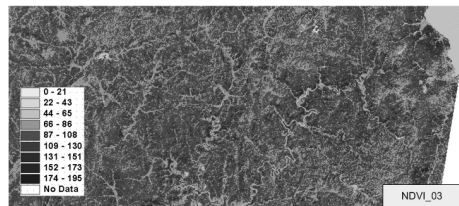
(a) 1999년 정규식생지수



(b) 2000년 영상의 정규식생지수



(c) 2001년 영상의 정규식생지수



(d) 2003년 영상의 정규식생지수

그림 12. 연구대상지의 정규식생지수 영상

표 8. A등급지에서의 시기별 정규식생지수 분석 (화소값)

연도	1999	2000	2001	2003
최소	0.000	0.000	0.000	0.000
최대	208.000	212.000	209.000	195.000
평균	130.745	126.476	132.685	86.545
표준편차	42.694	46.696	47.180	29.662

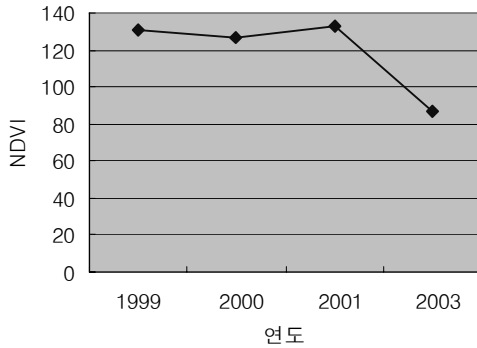


그림 13. A등급지에서의 정규식생지수의 변화

추적할 수는 없었으나, 표 8과 그림 12에서 알 수 있듯이 전반적으로 정규식생지수가 감소하고 있음을 알 수 있다. 즉, 정규식생지수의 감소는 식생의 활력도가 낮아진다는 것을 의미한다. 2000년 4월에는 강원도 삼척지역에 대규모 산불이 발생하여 산림이 훼손되었는데, 2000년도의 영상자료에서의 정규식생지수의 감소는 이러한 산림자원의 훼손과 매우 밀접한 관련이 있다고 판단된다. 특히 2001년의 정규식생지수의 일시적 증가는 1999년 및 2000년 영상이 가을 영상에서 추출한 정규식생지수인데 비하여 2001년 영상은 8월에 촬영된 여름 영상으로서 식물의 활력상태가 가을보다 여름철에 더 좋기 때문에서 오는 계절적 영향일 것으로 판단되며, 2000년 발생한 대형 산불 이후 피해지역 및 주변의 복구로 인한 결과인 것으로 판단된다. 2003년도의 식생활력도를 살펴보면 다른 시기에 비해 크게 감소한 것으로 나타나고 있는데 이는 4월에 촬영된 봄 영상으로 계절적 차이에 의한 결과로 판단된다.

6. 결 론

산사태 취약지를 선정하기 위해 산사태를 유발하는 인자를 분류하고 AHP에 의해 각 유발인자들에 대한 경중률을 계산하였으며, GIS DB를 구축하여 산사태 취약지를 결정하였다. 또한 인공위성 영상(Landsat ETM)을 이용하여 토지피복도와 정규식생지수를 추출하고 앞서 구축한 산사태 취약지에서의 토지피복변화와 정규식생지

수의 변화를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 토지피복상태는 2003년 4월 영상을 제외하고는 산사태 취약지에서 산림의 분포가 많이 감소하고 있음을 알 수 있었고, 변화폭 또한 산림지역이 가장 많았으며, 특히 산림지에서 경작지나 초지로 변화된 지역이 가장 많은 것으로 분석되었다. 이러한 산림지역의 감소로 인한 토지상태의 변화는 산사태가 발생할 가능성이 점점 증가하고 있다는 것을 의미한다.

둘째, 산사태 취약지에서의 정규식생지수를 분석한 결과 정규식생지수가 전반적으로 감소하고 있음을 알 수 있었다. 그러나 2001년 위성영상의 정규식생지수는 증가한 현상을 발견할 수 있었다. 이는 1999년과 2000년에 촬영된 위성영상이 가을철 식생의 식생활력도인데 반하여 2001년에 촬영한 위성영상은 여름철 식생의 식생활력도로서, 계절적 차이에 의한 것으로 판단되며, 향후 같은 계절의 위성영상 획득으로 이러한 문제점은 해결될 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부 지역기술혁신 사업(강원권역)의 연구비지원(05지역특성 B02-01)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- 강신해, 2001, *산사태 발생지 예측을 위한 GIS의 활용*, 석사학위논문, 금오공과대학교 산업대학원.
- 강희도, 2003, *산사태의 원인과 종류 및 국내 발생유형 연구*, 석사학위논문, 인하대학교 교육대학원.
- 김제천, 2001, *GIS와 AHP법을 이용한 산사태 발생지역 예측*, 석사학위논문, 강원대학교 산업대학원.
- 심홍근, 1997, *우리나라의 산사태발생 현황과 특성*, 석사학위논문, 단국대학교 산업기술대학원.
- 신진수, 2001, *다목적 실용위성과 공간정보를 이용한 산사태 예측 기법 비교 연구*, 석사학위논문, 고려대학교 대학원.
- 정봉훈, 2002, *산불의 영향을 고려한 산지사면의 안정성 평가*, 석사학위논문, 세종대학교 대학원.
- 천기선, 2005, *GIS를 이용한 산사태 취약지 결정 기법*, 박사학위논문, 강원대학교 대학원.
- Jensen, J. R., 1996, *Introductory Digital Image Processing 2 Edition*, Prentice Hall, pp. 257-279.
- Thomas L. S., 1980, *The analytic hierarchy process planning*.