

Raster 모델을 이용한 재해위험지 예측기법

The Prediction of Hazard Area Using Raster Model

강 인 준* 최 철 응** 정 창 식***
Kang, In Joon Choi, Chul Ung Cheong, chang sik

要 旨

GIS(Geo-Spatial Information System)는 재해 위험지역 결정에 필요한 재해 위험지역 해석에 매우 유용하므로 지도나 항공사진상에서 자료를 디지털화 또는 스캐닝을 통하여 지형자료를 입력하고 조사된 재해인자에 대하여 분석할 경우 광범위한 지역에 대해서 위험지역을 예측할 수 있다. 본 연구에서는 부산시 동래구 일원을 대상으로 기존의 지도, 항공사진, 인공위성영상, 토양도를 GIS기법과 RS기법을 이용하여 산사태 발생 가능성을 레스터방식으로 분석하였다. 산사태 발생의 원인분석, 원인규명 및 산사태의 인자확인을 하였으며, 레스터자료는 사분트리구조를 이용하여 생성하고 벡터자료는 위상벡터 모델을 사용하여 두 모델의 자료를 중첩처리하여, 결과를 사분트리구조로 얻었다. 그 결과 정확한 중첩결과를 얻을 수 있었고, 통합 데이터베이스를 구축하여 필요한 정보를 획득할 수 있었으며, 위험지역을 항공사진상에 표현하여 산사태 위험지도를 작성하였다.

ABSTRACT

GIS(geo-spatial information system), particularly when utilized in hazard management decision, is one of hazard analysis tool. Data of GIS input from digitizing or scanning of map or aerial photos. This paper focuses upon the hazard prediction in GIS and RS analysis to assess map, aerialphotos, satellite imagery and soil map. This study found computation of hazard area analysis. The results is formed as raster data model of quadtree. Authors knew more accurate results of overlay. This paper shows building up integrated data base as well as search of hazard area in aerial photographs.

1. 서 론

부산 지역은 태백산맥의 남쪽꼬리부분으로 험준한

산세가 많다. 강수량은 최근 10년간 연간 최저 901.5mm에서 최고 2167.1mm로 많은 변화가 있었고 1991년의 경우 1월에서 12월까지 월최저 2.7mm에서

* 부산대학교 토목공학과 부교수

*** 수산대학교 해양공학과 교수

** 부산대학교 토목공학과 석사과정

월최고 699.8mm의 월간 변화를 보였다. 인구증가는 연간 약 2~3%이며 임야면적은 1988년부터 1991년까지 226,718,141.9m²에서 223,948,290.5m²으로 감소하였고 대지는 75,263,227m²에서 78,105,808m²으로 증가하였다¹⁾. 이러한 개발과 산사태 발생은 증가하는 추세이다. 산사태 피해는 인적, 물적 피해뿐만 아니라, 자연 환경 파괴를 동시에 수반한다. 그러나 산사태 위험지역에 대한 정확한 판단기준이 없으며 해빙기에 주기적으로 각급 관청에서 파견한 소수 실무자를 중심으로 안전진단만을 편성하여 현지답사로 위험등급을 육안판독한다. 산사태가 예상되는 지역에서의 재산권 보호 및 건축인·허가 등을 위한 보다 과학적인 판단자료는 자연재해로 인한 피해를 줄여줄 것이다. 기존의 위험지역 관리는 각급 기관별 정확한 분석이 없고 위험지역이 지번별로 서류화 되어 있어 정확한 위치를 알기가 어렵다.

1.1 연구동향

국내의 경우 청주지역에서 대해서 지리정보시스템을 이용한 광역적 산사태분석연구가 있었고²⁾, 부산 및 서울지역에서는 지질학적 측면에서 산사태 예상지역에 대한 광역적 산사태 분석이있었다³⁾. 항공사진측량에 의한 산사태 분석에서 사진측척 1:6,000의 흑백 항공사진을 이용하여 산사태 지역에 있는 소나무, 잡목, 나대지, 그리고 도로의 판독기법이 소개되었다⁴⁾. 표고 데이터 베이스에 의한 산사태 지역의 경사도와 산사태 길이등의 빈도해석에 의한 산사태 위험평가와 항공사진의 식생판독과 그 특성에 의한 산사태 예측이 있었으며⁵⁾, 항공사진측량을 이용한 지형변화의 산정과 수치지형모델의 오차점검에서 경사도에 대한 지형특성을 수치화 하는데 관한 발표가 있었다. 산사태가 발생한 지역에서 강우-산사태 관계를 통계적으로 계산하여 산사태 지역의 특성을 해석 하였다.⁶⁾ 그리고 저고도 항공사진측량으로 판독효과를 높이고자 무인 항공사진에 의한 연구가 활발히 진행중이며, 공간자료의 처리를 위해서 사분트리에 기반한 래스터자료와 벡터자료의 통합GIS모델에 관한 연구가 있었다⁷⁾. 해

외의 경우 원격탐사 데이터를 이용하여 사면안정해석 방법으로 산사태 지도를 작성하므로써 실제 산사태가 발생한 지역과 비교한 경우가 있었으며⁸⁾ 사진측량학적 방법을 이용하여 산사태 지역에 대한 지반의 3차원 변위 벡터의 해석으로 산사태에 의한 재해감소방법과 지하 비탈면의 기하학적 현상을 추정하여 지하 비탈면에 대규모 슬라이딩의 특성을 나타낸 연구가 있었다⁹⁾. 또한 산사태 지역의 분포에 관한 정보구축을 위하여 Arc/Info GIS를 이용한 사면 경사각 데이터 지형 데이터 및 사면 활동데이터의 상관관계와 빈도 해석으로 산사태 지도의 제작이 있으며¹⁰⁾ 식생과 토양의 깊이에 따른 다중스펙트럴 데이터의 스펙트럴 관측으로 산사태 지역의 발견에 대한 연구가 있었다.¹¹⁾ 산림지역의 사진판독으로 경사도에 따른 수종분류로 그분포에 대한 연구와 vector-based GIS에서 slope line의 발견으로 산사태 지역위치를 발견하기 위해 지형변화를 벡터방법으로 해석하여 slope line발견에 대한 연구가 있었다¹²⁾. 기존의 지도와 위성영상자료를 지형정보시스템을 이용하여 산사태 발생가능성을 분석하므로써 체계적으로 이루어지지 않고 있는 기존의 피해복구 위주의 연구에서 광범위한 지역의 자연재해 예측 및 관리를 하는데 연구목적이 있다.

1.2 연구방법

본 연구에서는 항공사진과 인공위성영상을 활용하여 토지이용 및 식생분류를 하였으며 등고선 데이터를 이용하여 경사방향 및 경사도를 지형모델링기법으로 획득하였다. 토양도 및 지질도를 활용하여 토양과 지질정보를 획득하였으며, 실제 좌표계인 TM좌표계로 전환하여 활용하였다. 벡터자료와 래스터자료의 이용문제는 서로 구별된 독립시스템 단계와 완전한 통합시스템 단계로 구분하여 실시하였으며, 래스터자료와 벡터자료를 서로 교환하는 방식을 이용하였다. 위상자료 벡터모델과 사분트리 래스터모델로 처리하였다. 이러한 산사태 분석시 고려된 요인들을 GIS를 활용하여 데이터베이스화하여 각 산사태 발생인자별로 통계적 처리를 한 후 모든 발생지역에 맞는 인자

들간의 통계값을 얻었다. 이를 grid방식으로 최적화시켜 산사태 발생지역과 미발생지역간을 비교분석하여 산사태 발생 예상지도도를 작성하였다.

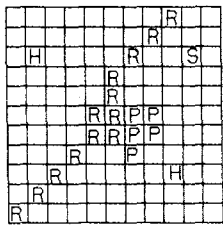
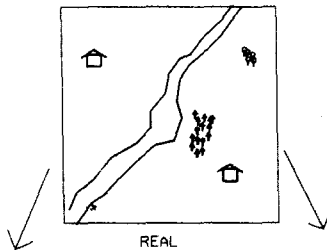
2. 지형정보 레이어 작성

지형정보시스템에서 사용되는 자료는 공간자료(spatial data)와 속성자료(attributes data)로 나누어지는데 공간자료는 지형, 지질, 수계, 도로 등과 같은 각종 특성을 나타내고, 속성자료는 이들 공간자료와 관련된 위치의 명칭, 크기 및 인문적, 사회적 특성을 나타내는 것이다.¹⁵⁾

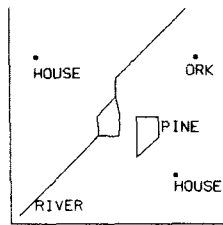
이런 공간자료를 표현하는 기술적 방법은 그림21과 같으며 grid방식, vector방식, tin방식이 있다. grid 방식은 지형적 특성이 좌표에 의해 위치가 결정된 셀(cell)들의 집합으로 표현되고, 각 셀은 하나의 특성을 가지고 독립적으로 저장된다. vector 방식은 지형특성에 대한 세계의 주지형 요소인 점, 선, 면으로서 표현된다. 숲과 같은 면자료는 다수의 X,Y좌표로 정의되

며 그들 각각에 대하여 속성자료인 집, 강, 숲을 포함한다.tin방식은 지형자료를 벡터형태로 나타내는 자료 모델이며, 지형표면을 서로 연결된 삼각형의 면의 집합으로 나타낸다. 세 꼭지점 각각에 대한 X,Y좌표와 Z좌표값이 기록되고, 각각의 삼각형에 대해 속성자료가 연결되어 있다. 본 연구에서는 지형경사와 지형방위를 구하기 위해 주로 grid방식과 tin방식을 이용하였는데 각셀은 행과 열의 값으로 참조되며, 지도화되는 속성값이나 유형을 나타내는 수치를 가지고 있으며 자료구조상 행과 열의 배열을 쉽게 저장하고 조작하여 표현할 수 있으므로 2차원 자료공간을 연속적인 정보획득에 용이 하였다. 획득한 자료를 2차원 배열에서 각 셀은 하나의 값을 가질 수 있으므로, 서로 다른 속성의 분포는 각각의 레이어로 정의하고 이를 지형적 속성을 여러장의 레이어또는 배열로 정리하여 중첩하였다.

경사도와 사면방향은 지형을 설명하고 비교할때 정성적이고 반 계량적인 방법인 Evans의 방법을 이용하였는데 등고선 자료를 tin으로 변환시키는 여러 과정을 통해 지형자료를 지도화 시킬수 있었다. 경사는 수평면에 접하는 면으로 정의할 수 있으며, 경사는 고도의 변화율인 기울기와 최대 고도변화율이 일어나는 방향의 두가지 요소를 가지고 있으며 고도 변화면이나 측고선을 미분하여 얻는 1차 도함수이다. 기울기는 식 (2.1)을 이용하였으며 경사방향은 식 (2.2)을 이용하였다.



GRID



VECTOR

그림21 grid, vector 및 tin방식

$$\tan G = [(\delta Z / \delta X)^2 + (\delta Z / \delta Y)^2]^{1/2} \quad (2.1)$$

$$\tan \left(-\frac{\delta Z / \delta Y}{\delta Z / \delta X} \right) \quad (-\pi < A < \pi) \quad (2.2)$$

여기서 Z는 고도이고 X,Y는 좌표축이다. 수계망분석으로 능선을 찾아내기 위해서는 불룩한 지점, 하천유로를 탐지하기 위해서는 오목한 지점을 모두 찾아내야 하며 그림 2.2 방법을 이용하였다.

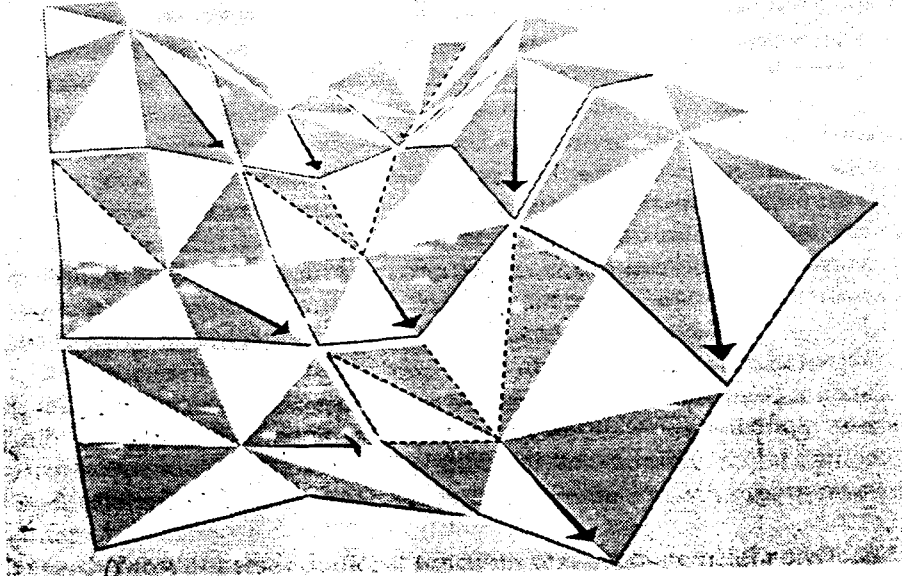


그림 22 수계망 분석도

유로의 방향을 8개로 정의하고 각 방향에 번호를 부여하고 수계망의 출구와 유로가 시작되는 격자의 위치를 지정한 후 출구는 0으로 나타낸다. 출구를 나타내는 격자를 제외하고 각 격자의 고도중 3 × 3 격자내에 있는 8개의 격자 고도와 비교하여, 가장 낮은 높이를 가지는 격자의 방향이 표시되게 하계망을 작성한다.¹⁰⁾ 유량은 유로가 지나가는 격자의 수와 면적으로 추정하였고 실제 물의 흐름은 유량이 적으면 유로를 형성하지 못하기 때문에 지면유출(overland flow)의 형태로 흘러 어떤 임계값을 넘어설때 유로를 형성한다고 간주하였다. 이를 유하면적과의 관계를 이용해 7단계로 분류하여 사용하였다. 하계단계별 표시는 각 하계가 같은 등급으로 1회 만나면 다음등급으로 증가하는 방식을 채택하여 7단계로 분류하였다. 토지이용은 인공위성(Landsat TM5 1,2,3band)을 이용 RGB(red-green-blue)을 형성하여 IHS (Intensity - hue - saturation)을 식(2.3)으로 전환하여 사용하였다.

$$I_{(ihs)} = \frac{R+G+B}{3}$$

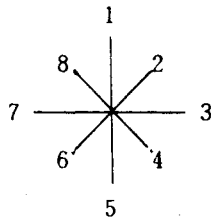
$$H_{(ihs)} = \arctan \frac{2R-G-B}{\sqrt{3}(G-B)} + C \quad (2.3)$$

$$S_{(ihs)} = \frac{\sqrt{6}}{3} \sqrt{R^2+G^2+B^2-RG-RB-GB}$$

여기서 $G \geq B$ 일때, $C=0$ 이고 $G < B$ 일때 $C=\pi$ 이다. R,G,B는 3개의 입력되는 빨간, 녹색, 파란색밴드의 밝기값이고 I,H,S출력되는 채도,명도,색도값이다. 입력되는 R,G,B에 대한 I,H,S에 식(2.3)을 역산하여 R,G,B를 구할수 있으며, 역식에 I,H,S에서 사진영상의 I'로 대치하여 해상도를 개선한 R'G'B'를 구하였다. 배수는 유로의 방향을 8개로 정의하고 각 방향에 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128로 하여 전체유로방향의 합을 256이 되도록 한 후 이들 격자점에서 합을 비교하였으며 다음 그림23 과 같다.

10	9	11	12
8	7	6	7
5	4	3	4
5	0	1	5

(a) 고도행렬

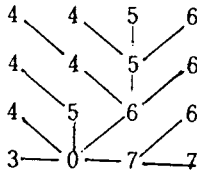


(b) 8 방향

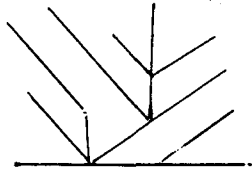
8방향을 기초로 얻은 유로방향

4	4	5	6
4	4	5	6
4	5	6	6
3	0	7	7

(c) 유로방향



(d) 유로방향



(e) 하계 망

그림 23 배수도

3. 발생인자 획득 및 분석

모델지역은 부산시 동래구 일부 지역으로 축척 1:1,200의 항공사진측량 현황도 30장과 항공사진 6장으로 구성되었다. 규모는 3*4km이고 지역중에서 산악부 및 인접부근은 현지조사와 도상조사를 하였다. 지형자료입력은 축척 1:1,200 항공도 중 산악부에 해당하는 15장을 디지털화하였고 최소 등고선 간격은 5m로 하였으며 tin모델을 형성한 후 이를 DTM모델로 형성하고 경사도, 경사방향, 유역면적, 유하유무, 배수정도, 토지이용, 토양을 분석하여 이를 grid방식과

vector 방식으로 각각 데이터 베이스화 하였는데 이 중 에서 grid방식에 의한 해석을 실시하였다.

3.1 발생인자 획득

10개지역을 도상확인 및 현장방문으로 산사태 발생에 영향을 끼치는 요인인 지형, 모암질, 토양, 지질학적 구조, 식생, 강우, 침식, 지표수, 토지이용과 인위공사에 의한 요인등에 대하여조사하였다. 이를 통계적 방법 및 사진측량학적 방법으로 분석하였는데 인위적 공사에 의한 요인보다는 자연상태의 산사태에 중점을 두었다.

3.1.1 지형적요인

경사, 경사방향, 표고로 나눌 수 있으며 부산지역의 산사태 발생지역 10개소 현장조사를 통하여 경사도의 요소가 아주 중요한 인자로 확인되었고 이를 확인하기 위하여 현장측량 및 축척 1:1,200 지형도를 지형분석하였으며 각 지역사고 단면에 대한 분석을 실시하였다. 그 결과 조사지역에 있어서 경사도는 약 20-35도 사이에서 발생하였고 경사방향은 조사지역 전부 남향인 경우 발생하였다. 이것은 일조시간 차이에 의한 식생의 생육차이, 기반암의 풍화정도가 다른 이유인것으로 생각된다. 표고는 50m이하지역은 발생한 적이 없으며 이는 대부분 기존의 주거지가 완만한 산의 저면부에 형성되어 있기때문이라고 생각된다.

3.1.2 토양 및 지질

토양학적 분류는 충분히 통일분류법이나 AASHTO분류법에 담을 내용을 포함할뿐 아니라 모암의 특성이나 형성방식 형성장소에 화학적 물리적 성질을 담고 있어 토질 분류에 매우 유용하였다. 조사지역에 있어서 석토-안륙-우곡-지곡-수암-백산-장원 토양군에 속하는 경우 발생하였으며 이들의 특징은 산록경사지나 계곡주변에 분포한 배수가 양호내지 약

간 양호한자갈지역이거나 식양질내지 사양질의 붕적층 토양이었다. 그중에서도 석토층이 가장 많은 발생빈도를 보였는데 석토층은 붕적층을 모재로 한 토양이며 산록경사지에 분포되며 배수등급은 매우 양호하며 토층의 형상은 타 토층에 비교하여 얇다. 지질학적 분포는 제4계와 경상계 맥암류, 마산암류와 불국사 화강암류가 분포하고 있으며 실제 1개의 지형면적이 수 백km 이상이 되는 경우가 많았다. 동력자원부 보고서³⁾에 따르면 부산지역의 지질과 산사태간에 연관성이 적다고 되어 있고 지질구선에 따른 파쇄대, 단층들도 산사태의 영향을 줄 수 있으나 조사결과 별다른 연관성을 찾을 수 없어 고려하지 않았다.

고려는 산사태 발생지역이 같은 조건상에서 강우강도를 받고 있다고 가정하여 제외 하였다. 사고발생전 후의 부산지역의 강우자료를 보면 강수량은 '82~'91의 경우 최저 901.5mm에서 최고 2167.1mm로 매년 많은 변화가 있으며 '91년의 경우 1월에서 12월까지 월최저 2.7mm에서 월최고 699.8mm로 월간 변화역시 많은 강우간의 차이를 가져오고 있었다. 사고발생전월인 6월~8월까지 강수량은 307.3mm, 590.2mm, 699.8mm로 평년의 1년 강수량인 약 1200mm능가하는 강우량이 있었으며 증발량은 91.2mm, 83.5mm, 122.9mm로 평년수준의 증발량으로 사고당시 토양내에 물이 충분히 포화된 상태였음을 알 수 있었다.

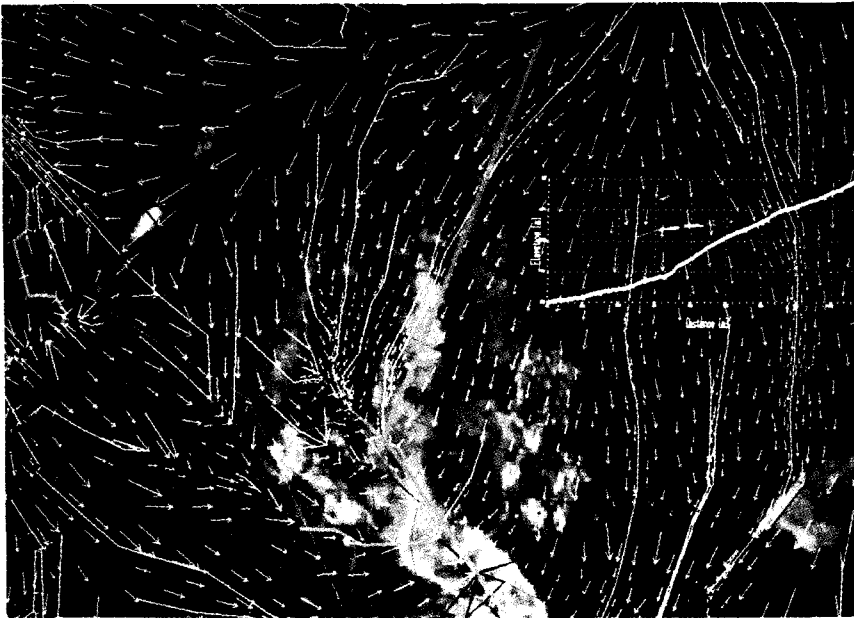


사진 3.1 현장조사지역의 분석결과

3.1.3 식생, 강우 및 강우에 따른 침식

식생은 일반적으로 식재 후 20년이 지난 소나무 밀생지역에 발생하였으며 수차에 걸쳐 발생지역을 방문하여 검토하여본 결과 식목후 20년생 정도의 소나무 밀생지역에서 발생함을 알 수 있었다. 강우에 대한

3.1.4 지하수, 지표수, 지표면유출, 유역면적

지표수를 7단계로 유역면적에 따른 분류와 유하선의 합치 단계별로 구분하여 고려하였으며 그 결과 유하선의 침단부에 속하는 1단계 유하선부에서 발생하였다. 대유하량으로 발생하는 것이 아니라 소유하량으

로 발생하는 것을 현장조사 및 지형분석으로 알 수 있었다. 지하수는 고려할만한 시추자료나 지층자료의 미비로 고려할 수 없었으며 지표면유출상태중 배수문제에 대하여서는 7단계로 분석 후 입력하였는데 대체로 2방향혹은 3방향유입이 있는 경우 발생하였는데 이는 2방향의 유입시 지향성흐름을 나타내고 있음을 알 수 있었다. 컴퓨터 조사결과 10지역에 있어서 유역모양이 실제로 산사태가 난 모양과 거의 유사한 경향을 나타냈었다. 사진 3.1은 서4동지역의 산사태발생지역대한 해석결과이고 이중에서 노란색은 물의 유하방향이고 흰색, 녹색과 빨간색은 유로를 나타내며 가는 녹색은 석토층의 경계이며 파란색은 유역면적을 나타내고 있다. 굵은 흰색의 사고단면도이다.

사고단면은 계단형 단면을 이루고 있었으며, 사고단면은 환경사에서 급경사로 변하는 부근에서 발생하였는데 이를 식(3.1)을 이용하여 해석하면

$$V = \frac{1}{n} R^{(2/3)} I^{(1/2)} \quad (3.1)$$

여기서 V는 유속이고, n 은 조도계수이며, R은 경심이고, I는 경사이다.

조도계수:n, 경심:R이 거의 유사하다고 가정시 경사:I가 증가함으로 해서 유속이 급격히 증가할수 있음을 나타내고 있다. 유속의 급격한 증가는 침식량의 증가한다고 추정할수 있었다. 사고진행방향은 유로의 방향과 일치하고 있고 사고후의 모양은 그의 유역면적선과 상사성이 있는 것을 알수 있다.

3.1.5 토지분류 및 토양

토지분류는 RGB(red,green,blue)를 IHS(intensity, hue, saturate) 변환을 하여 I요소에 항공사진으로 전환하여 해상도 증가를 가져올 수 있었으며 분석최소화소크기를 2m로 전환하여 분석하였다. 분석결과 주택지를 중심으로 200m이내지역에서 발생하였는데 이는 사면 저부에 해당하는 주택지의 형상으로 자연사면이 부분적으로 파괴되고 이로 인한 지표의 이동이

발생하는 것으로 생각된다. 인공위성 및 사진판독은 부산시 항공사진과 Landsat TM 인공위성영상을 실제 좌표인 TM좌표화하여 사용하였으며 밴드 1,2,3을 사용하여 RGB영상으로 분류도를 만들어 이를 데이터베이스화 하였다. 토양자료입력은 축척 1:25,000 농업진흥청 토양도를 이용하였다.

3.2 경중률 분석

산사태지역에 대하여 현장측량자료에 대한 분석으로 얻은 인자를 정리하면 표3.1와 같다.

표 3.1 산사태 발생인자

인자명	재해발생한 지역정도	인자명	재해발생한 지역정도
경사도	20-35도	유하유무	유하선점단부
경사방향	남향(주로 남서향)	토양	석토-안릉-우곡-지곡-수암-백산-장원토양군(석토통) 태화-봉산-추산-봉계-송정-하정-달천 토양군(봉산통)
표고	40m이상		
배수	2방향혹은 3방향유입		
식생	소나무 밀식지(약20년생정도)	토지이용	주거지에서 200m이내

4. 적용예

4.1 모델지역

부산직할시 동래구 복천동 일원지역을 약 3km×4km크기로 모델지역을 선정하였으며, 항공사진은 부산시 발행시 91년 1월 26일 촬영한 1126,1127,1128,1028,1027,1026번영상을 200dpi로 입력하였다. 축적 1:1,200 부산시 발행 항공사진축량도 30장과 인공위성영상은 Landsat TM5호영상을 사용하였다. 토양도는 농촌진흥청 영남작물 시험장 농업기술원

구소 발행 부산시 및 양산군 지역 축척 1:25,000 정밀 토양도를 사용하여 이를 grid방식으로 해석하였다.

재해위험도 작성내용은 그림 3.1과 같다.

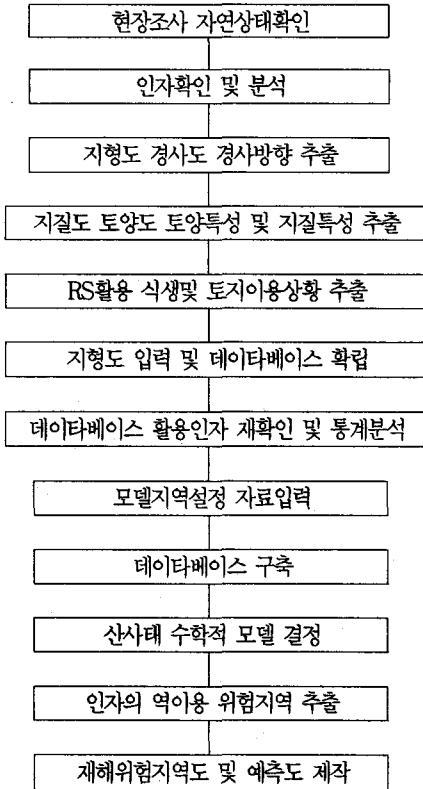


그림 3.1 재해위험도 작성

4.2 grid값 획득 및 방법

사용한 레이어는 고도, 경사도, 경사방향, 토지이용, 수계망, 토양, 배수레이어를 이용하였으며 높이 grid데이터는 등고선을 입력하여 tin방식으로 전환하여 DTM방식으로 전환하여 높이데이터를 2m×2m 크기의 grid로 elevation grid를 획득하였다. 경사도, 경사방향과 배수는 Dana tomlin의 이론으로 (4.1),(4.2),(4.3)식을 이용하였다.

$$\text{slope } 0 = \text{Incremental Gradient of elevation} \quad (4.1)$$

$$\text{slope} = \text{Local Arctangent of slope } 0$$

$$\text{aspect} = \text{Incremental aspect of elevation} \quad (4.2)$$

$$\text{drainage} = \text{Incremental drainage of elevation} \quad (4.3)$$

토지이용은 RS기법을 이용하여 인공위성 영상과 항공사진을 RGB를 IHS로 변환하여 I'HS로 변환하여 사용하였으며 토지이용도와 식생도를 작성하기 위하여 사용되었다. 본 연구에서 활용된 영상처리기법은 주로 분류작업을 하기 위한 기법들로 비감독방법과 Isodata방법으로 처리한 후 maxclass방법을 사용하였다. 수계망분석은 vector로 생성한 후 grid로 전환하여 사용하였고 토양분석은 토양도를 디지털화한 후 grid로 전환하여 사용하였으며 결과는 사진 4.1와 같다.

1번영상은 인공위성만을 양선형보간을 하여 토지이용도를 만든 영상이며, 2번영상은 인공위성영상과 사진영상을 IHS변환을 이용하여 정밀토지이용도를 만든 영상이다. 3번영상은 토양레이어이고 4번영상은 수계망이며 Vector에서 Raster방식으로 전환하여 사용한 데이터이다

4.3. 위험지역 추출

재해 위험지역 추출을 위한 표3.1을 사용하였으며 사용한 경중율은 표4.1과 같다.

표 4.1에 나타낸 것과 같은 경중율을 사용하여 식 (4.4)에 대입하여 얻은 결과는 사진 4.2와 같다

$$V_{ij} = \sum W_{ij} \quad (4.4)$$

V_{ij} 는 산사태 위험지수이며, W_{ij} 는 각 요소의 경중율 식(4.1)을 이용하여 기존의 산사태발생지역과 비교분석하여 표 4.2와 같다.

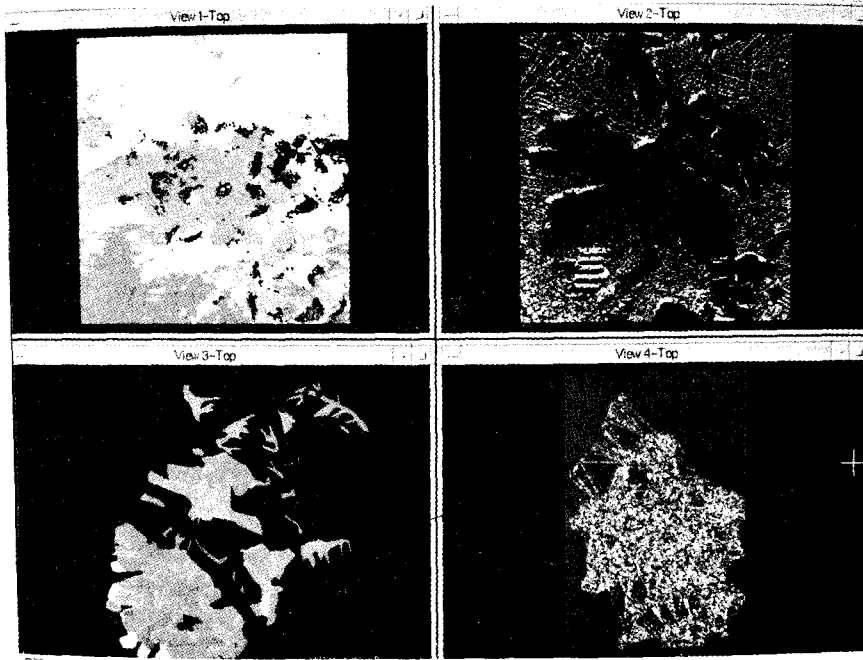


사진 41 토양, 토지이용, 배수레이어

표 41 산사태 경증율

재해요소	1	2	3	4
표고		50m 이하	200m 이상	50m-200m
경사도	17도 이하	35도 이상	17-25도	25- 5도
경사방향	315-45도	45-90, 270-315도	90-180도	180-270도
토지이용	시가지	시가지주변	저밀도 나무군	고밀도 나무군
수계망		5-6 단계	3-4 단계	1-2 단계
토양			봉산층	석토층
배수		4-6방향	0-1 방향	2-3 방향

표 42 V_{ij} 계수에 대한 해석

(면적 : M^2)

위험지수	해당면적	누적면적	누적면적 백분율	백분율	발생건수
0-19	210780	865224	45%	68%	4건
20	202824	654444	34%	71%	4건
21	98433	451620	23%	75%	4건
22	102456	353187	18%	79%	4건
23	202824	250731	13%	82%	4건
24	17793	47907	2.5%	86%	4건
25	16767	30114	1.6%	89%	3건
26	11295	13347	0.7%	93%	3건
27	2052	2052	0.1%	96%	2건

V_{ij} 계수는 식(4.1)에 의하여 얻었으며 해당면적은 각 V_{ij} 값별 해당면적을 나타내고 있다. 누적면적은 V_{ij} 값 27부터 역으로 합산하여 얻은 결과이며 누적면적백분율은 전체모델지역의 면적 $1904400M^2$ 을 누적면적으로 나눈값이며 백분율값은 위험지수를 최고위험지수인 28로 나눈값이며, 발생건수 각 구청과 동사무소에 보고된 발생지역에 대한 답사와 현장답사과정에서 찾은 산사태 발생지역 4건에 대하여 예측한 결과와 서로 비교하기 위한 것이다.

4.4 비교고찰

표4.2를 보면 최고 V_{ij} 값인 28값은 없었으며 V_{ij} 값이 24일때 기존에 발생한 4군데에 대하여 확인이 가능하며 그이상의 값에 대하여서는 산사태가 발생할 수 있는 정밀한 위치의 선정은 가능하나 정확한 위치의 선정이 어려웠으며 그이하로 할때에는 너무 많은 지역이 포함되었다. 사진 4.2는 V_{ij} 값 24이상인 경우에 대한 사진이다.

노란색은 위험지역으로 예상되는 지역을 나타낸 것이고 빨간색은 기존에 산사태가 발생한 지역이다. 배경영상은 축척 1:6,000의 부산시발생 항공사진이다. 위험지역과 항공사진과 영상접합은 노란색 위험지역만을 데이터를 입력받도록 하였고, 이를 자동적으로 처리하여 항공사진과 Raster영상이 접합하도록 하였다.

5. 결론

Raster모델을 이용하여 재해위험지 예측에 관하여 연구한 결과는 다음과 같다.

- 첫째, 산사태는 표고 50m-200m, 경사도 25-35도, 경사방향 남서방향(180-270도), 20년생전후 고밀도 나무군지역, 수계망 수계첨단부, 토양 석토층과 배수 2-3방향에서 집중시 발생하였다.
- 둘째, Raster방식으로 중첩하여 모델지역에 산사태 예측에 적용한 결과 위험지수 24이상에서 백분율



사진 4.2 산사태 위험지역

85%이었고 누적면적 백분율은 2.5% 이었으며 기존의 산사태 발생지역과 거의 일치하는 결과를 얻었다.

셋째, 수학적 모델로 산사태 위험지역을 만들었으므로 기존의 육안 결정이 아닌 과학적 방법으로 산사태 위험지역의 선정 및 예측이 가능함을 알 수 있었다.

그리고, 산사태 발생인자의 중요성에 비추어 지속적인 통계적 분석이 진행되어야 하며, 이를 이용한 지역적 특성과 함께 재해예방이 가능하리라 생각된다.

참고문헌

1. 부산시청, "부산시 통계연감", 1992, pp.294-300
2. 이사로, "지리정보시스템 (GIS)을 이용한 청주지역의 광역적 산사태 분석 연구", 1992, pp.29-40
3. 한국자원연구소, "도로와 가옥주변의 절취면 붕괴 위험평가 및 보강대책 연구(2)", 과학기술처, 1993, pp.55-60
4. 강인준,곽재하,정재형, "항공사진판독에 의한 자연 재해예측을 위한 기초적 연구", 한국측지학회, 제10권, 제2호, 1992, pp.57-60
5. 강인준,이홍우,곽재하,정재형, "항공사진의 식생판독에 의한 재해예측기법", 한국측지학회, 제11권, 제1호, 1993, pp.29-35
6. 김영수, "사면안정의 확률적 해석", 대한토목학회 논문집, 제8권, 제3호, 1988, pp.85-95
7. 강신봉,이태승,최희재,최윤철, "공간자료의 처리를 위한 사분트리에 기반한 래스터자료와 벡터자료의 통합GIS모델", 한국지형공간정보학회, 제2권, 제1호, 1994, pp.99-106
8. Masataka TAKAGI, Shunji MURAI, Takashi ALIYAMA, "Generation of Land Disaster Risk Map from LANDSAT TM and DTM data", ISPRS, 1992, pp.754-759
9. Norikazu Yoshizawa, "Landsliding Monitoring for Presumption of Undergroud Slide Surface", ISPRS, 1992, pp.478-485
10. Peter A. Kingsbury, Wayne J. Hastie & Andrew J. Harrington, "Regional Landslip hazard assessment using a Geographic Information system" Landslides, 1991, p.995
11. Willam D.Hudson, "photo interpretation of montane Forest in the Dominican Republic", PE&RS, Vol.57, No.1, 1991, pp.79-84
12. Yue Hong Chou, "Slope-lime Detection in a Vector-Based GIS", PE&RS, Vol.58, No2, 1992, pp.115-118
13. Ann. L. Maclean, Thomas P.D'Avello, Stephen G.Shetron, "The Use of Variability Diagram to improve the interpretation of Digital Soil Maps in a GIS" PE&RS, Vol.LIX, No.2, 1993, pp.223-228
14. Mary E.Dillworth, Jerry L.,Whistler, James W.Merchant, "Measuring Landscape Structure Using Geographic and Geometric Windows", PE&RS, Vol.LX, No.10, 1994, pp.1215-1224
15. P.A.Burrough, "Principles of Geographical information system for land Resources assessment", CLARENDON PRESS OXFORD, 1986, pp.16-30
16. C.Dana Tomlin, "Geographic information systems and Cartographic modeling", Prentice hall, 1990, pp.96-100