

## 산사태 공간 정보시스템 개발 및 산사태 공간 정보의 활용

이사로\* · 김윤중\*\* · 민경덕\*\*\*

### Development of Spatial Landslide Information System and Application of Spatial Landslide Information

Saro Lee\* · Youn Jong Kim\*\* · Kyung Duck Min\*\*\*

#### 요 약

본 연구는 지리정보시스템(GIS)을 이용하여 공간정보를 중심으로 한 산사태 공간 정보 시스템을 개발하고 활용하는 것을 목적으로 하였다. 항공사진 판독 및 현장조사로 산사태 위치를 탐지하고, 지형도, 토양도, 임상도, 지질도 등이 연구지역인 용인지역에 대해 수집되고 GIS를 이용하여 공간 데이터베이스로 구축되었다. 산사태 발생 요인인 지형의 경사, 경사방향, 곡률 등은 지형 데이터베이스로부터 계산되었고, 토질, 토양모재, 배수, 유효토심 등은 토양 데이터베이스로부터 추출되었고, 임상, 영급, 경급, 밀도 등은 임상 데이터베이스로부터 추출되었다. 그리고 역시 산사태 발생 요인인 암상은 지질 데이터베이스로부터 추출되었고, 토지이용은 Landsat TM 영상을 이용하여 추출되었다. 여기에 빌딩, 도로, 철도, 각종 시설물 등 산사태로 인해 피해를 받을 수 있는 요소에 대해서도 지형데이터베이스로부터 추출되었다. 산사태 취약성은 이러한 산사태 발생 요인을 이용하여 확률, 로지스틱 회귀모델, 인공신경망 기법을 적용하여 분석되었다. 이러한 산사태 발생 요인 및 취약성 분석 결과를 검색하기 위해 산사태 공간 정보시스템이 개발되었다. 이 시스템은 ArcView의 스크립트 언어인 Avenue를 이용하여 개발되었고 풀다운 메뉴 및 아이콘 메뉴방식을 사용하여 사용하기 쉽게 개발되었다. 그리고 구축된 산사태 발생 요인 및 취약성 분석 결과를 인터넷 GIS 기술을 이용하여 인터넷 WWW 환경에서 검색할 수 있게 하였다.

주요어 : GIS, 산사태, 산사태 정보시스템, 취약성

**ABSTRACT** : The purpose of this study is to develop and apply spatial landslide information system using Geographic information system (GIS) in concerned with spatial data. Landslide locations detected from interpretation of aerial photo and field survey, and topographic, soil, forest, and geological maps of the study area, Yongin were collected and constructed into spatial database using GIS. As landslide occurrence factors, slope, aspect and curvature of topography were calculated from the topographic database. Texture, material, drainage and effective thickness of soil were extracted from the soil database, and type, age, diameter and density

of wood were extracted from the forest database. Lithology was extracted from the geological database, and land use was classified from the Landsat TM satellite image. In addition, landslide damageable objects such as building, road, rail and other facility were extracted from the topographic database. Landslide susceptibility was analyzed using the landslide occurrence factors by probability, logistic regression and neural network methods. The spatial landslide information system was developed to retrieve the constructed GIS database and landslide susceptibility. The system was developed using ArcView script language (Avenue), and consisted of pull-down and icon menus for easy use. Also, the constructed database can be retrieved through Internet World Wide Web (WWW) using Internet GIS technology.

**Key words** : GIS, landslide, landslide information system, susceptibility

## 1. 서 론

우리나라는 여름에 집중호우로 인한 산사태로 그 피해가 매년 반복적으로 발생하고 있으나 그 대책은 발생 이후의 피해 복구에만 급급한 실정이다. 그러나 산사태의 과학적인 분석을 통해 사전에 산사태 발생 가능성을 미리 평가 및 예측하고 이에 대해 적절한 대책을 세운다면 산사태로 인한 피해를 많이 줄일 수 있고, 그렇게 하기 위해서는 산사태 정보 및 관련 데이터베이스를 활용할 수 있는 정보시스템이 개발되어야 한다. 그러므로 본 연구에서는 산사태 관련 정보를 검색 및 분석 결과를 검색할 수 있는 정보시스템 개발 및 이의 활용을 목적으로 하였다. 따라서 본 연구에서는 연구지역인 용인지역에 대해 GIS 데이터베이스를 구축하고 이를 이용하여 산사태 취약성 분석을 하였고 이를 검색할 수 있는 산사태 공간 정보시스템 개발 및 인터넷 GIS를 이용한 산사태 정보의 활용을 구현하였다.

연구지역은 행정구역상 용인시 남사면, 이동

면 및 화성군 동탄면 일부 지역으로 위도 37.14° 에서 37.19° 경도 127.11° 에서 127.23° 사이에 위치한다. 이 지역은 1991년 집중호우로 산사태가 집중적으로 발생하여 많은 피해를 낸 지역이어서 연구지역으로 선택하였다. 본 연구는 먼저 산사태 발생 위치 파악을 위해 연구지역인 용인 지역의 항공사진 및 현지 조사 등을 하였고 이를 통해 파악된 산사태 발생 위치를 데이터베이스로 구축하였다. 그리고 GIS 프로그램을 이용하여 산사태와 관련이 있는 1:5,000 지형도, 1:25,000 정밀토양도, 1:25,000 임상도, 1:50,000 지질도를 ARC/INFO의 커버리지 형태의 데이터베이스로 구축하였다. 이러한 국내에서 구할 수 있는 공간자료로 산사태 발생과 관련이 있는 요인들이다.(이사로, 1998, Turner 1996). 지형의 경우 지형분석을 통해 고도, 경사, 경사방향, 곡률 등의 분포를 데이터베이스로 구축하였고, 또한 인명, 가옥, 도로, 철도 및 기타 시설물 등 산사태에 피해를 받을 수 있는 요소를 GIS 데이터베이스로 구축하였다. 토양의 경우 토양도에 있는 토질, 모재, 배수, 유효토심, 지형 등을 데이터베이스로 구축하였고, 임상의

\* 한국자원연구소 국가지질자원정보센터(National Geoscience Information Center, Korea Institute of Geology, Mining and Materials, 30, Kajeongdong, Taejeon, 305-350, Korea)

\*\* 서울시정개발연구원(Center for GIS, Seoul Development Institute; San 4-5, Yejang-Dong, Jung-Gu, Seoul, 100-200, Korea)

\*\*\* 연세대학교 지구시스템과학과(Department of Earth System Science, Yonsei University, 134, Shinchondong, Seoul 120-749, Korea)

경우도 임상도에 있는 임상, 경급, 영급, 밀도 등을 데이터베이스로 구축하였다. 지질의 경우는 암상에 대해서 데이터베이스로 구축하였다.

이렇게 구축된 데이터베이스는 우선 10m × 10m 간격의 격자(ARC/INFO GRID 형태)로 변환하였고, 이를 확률 및 통계 분석을 위해 용인 지역에 대해 구축된 데이터베이스를 아스키 파일로 변환하여 통계프로그램으로 읽어들이고, 이 프로그램의 단변량 분석을 통해 산사태와 지형, 토양, 임상, 지질에 관련된 각 요인들과의 관계를 분석하였고, 로지스틱 회귀 분석을 이용하여 산사태와 구축된 모든 요인들과의 관계를 종합적으로 분석하는 다변량 분석을 실시하였다. 또한 이렇게 분석된 결과를 다시 GIS 프로그램을 이용하여 격자 형태로 데이터베이스화했으며 이를 도면화하였다. 인공 신경망 분석의 경우 역시 용인지역의 구축된 데이터베이스를 인공 신경망 프로그램으로 읽어들이고, 이 프로그램을 이용하여 인공 신경망 분석을 실시하여 산사태 취약성 값을 분석하였다. 이렇게 분석된 취약성 값은 다시 GIS 프로그램을 이용하여 데이터베이스화했으며 이를 역시 도면화하였다.

그리고 이렇게 산사태 및 관련 데이터베이스 및 분석결과를 쉽게 검색할 수 있는 산사태 공간 정보시스템을 개발하였다. 개발된 정보시스템은 GIS 프로그램인 ArcView 환경에서 ArcView에 포함된 언어인 Avenue를 이용하여 개발되었다. 이러한 산사태 정보 시스템은 사용자가 편리하게 사용할 수 있도록 Window 환경에서 그래픽 사용자 인터페이스 방식을 채택하여 풀다운 메뉴 및 아이콘 메뉴로 구성되어 있다. 본 정보시스템에서는 본 연구에서 구축된 데이터베이스를 검색 및 출력할 수 있으며 산사태 분석 결과도 역시 검색 및 출력할 수 있다. 또한 인터넷 GIS를 이용하여 홈페이지를 통해 구축된 데이터베이스를 검색할 수 있도록 홈페이지를 만들고 인터넷을 통한 GIS 데이터베이스 검색을 구현하였다.

본 연구는 도면을 이용한 공간자료를 중심으로 산사태 공간 정보시스템을 구성하였고, 개별 산사태의 발생시간, 종류, 길이, 폭, 깊이, 피해현황 등 산사태의 구체적인 속성정보에 대해서는 데이터베이스로 구축하지 못하였다. 그리고 연구지역의 산사태 발생에 가장 중요한 요인인 강우는 연구지역이 협소하고 또한 이에 따른 강우량 측정 자료 부족으로 연구지역 내에서 강우량의 공간적 분류가 불가능하여 본 연구에서는 고려하지 못했다.

## 2. GIS 데이터베이스 구축

본 연구를 위해 연구지역인 용인 지역의 산사태 분석에 필요한 관련 자료를 수집하였다. 수집된 자료의 형태는 지도, 보고서, CAD 자료, GIS 자료 등 다양하였다. 본 연구를 위해 수집된 자료는 산사태 위치 파악을 위해 항공사진 및 1:5,000 수치지형도를 수집하였으며, 산사태 발생 요인 분석을 위해 1:5,000 지형도, 1:25,000 정밀토양도, 1:25,000 임상도, 1:50,000 지질도, 기상자료, 토지이용 등을 수집하였다. 이렇게 수집된 자료를 GIS 프로그램인 ARC/INFO 프로그램을 이용하여 입력, 편집, 좌표변환, 속성값 입력, 접합, 추출 등의 과정을 통해 공간 데이터베이스로 구축하였다. 본 연구에서 구축된 연구지역에 대한 GIS 데이터베이스의 종류, 형태 및 입력자료 축적은 Table 1과 같고 자세한 설명은 다음과 같다.

### 2.1 산사태 데이터베이스

산사태 데이터베이스의 경우 발생위치 정보를 1991년에 집중호우로 인해 산사태가 많이 발생한 용인지역에 대해 항공사진 분석결과를 데이터베이스로 구축하였다. 이러한 산사태 데이터베이스는 면 속성을 가지는 ARC/INFO 커버리지 형태로 되어있다.

Table 1. Data layer of study area.

Classification	Sub-Classification	Data Type	Scale
Geological Hazard	Landslide	Polygon coverage	1:5,000
Damageable Object	Rail, Road, Building, Facility	Line coverage	1:5,000
Basic Map	Topographic Map	Line and point coverage	1:5,000
	Geological Map	Polygon and line coverage	1:50,000
	Soil Map	Polygon coverage	1:25,000
	Forest Map	Polygon coverage	1:25,000
	Land Use	GRID	30mx30m

## 2.2 산사태 피해대상자료

산사태 피해대상은 철도, 도로, 각종 건물 및 시설물 등이 있으며, 인명 피해의 경우 주로 사람이 건물 및 시설물에 거주하므로 따로 분류하지 않았다. 이러한 산사태 피해대상은 1:5,000 수치지형도에서 산사태 피해요소로 고려되는 도로, 철도, 시설물, 건물 부분을 추출하여 이용하였다. 이러한 산사태 피해대상 데이터베이스는 선 속성을 가지는 ARC/INFO 커버리지 형태로 되어있다.

## 2.3 지형도 데이터베이스

지형도 데이터베이스는 국립지리원의 1:5,000 지형도 수치자료를 GIS 자료로 변환하여 구축하였다. 지형 데이터베이스는 선 및 점 속성을 가지는 ARC/INFO 커버리지로 되어있다. 이러한 지형도 데이터베이스 중 등고선 및 수준점, 삼각점 등 고도를 표시하는 항목만을 추출하여 이를 변환하여 DEM을 만든 후, 이 DEM을 이용하여 고도, 경사, 경사방향, 곡률, 음영기복 데이터베이스 등을 추출하는데 사용하였다.

## 2.4 지질 데이터베이스

지질도는 암상, 단층 등의 정보를 가지고 있으며 1:50,000 축척의 지질도 수원 (오인섭, 윤운영, 1972) 및 오산도폭(오인섭, 박석환, 1973) 일부 지역으로, 이러한 자료를 데이터베이스로 구축하였다. 지질 데이터베이스 암상 및 지질구조로 나뉘며 암상은 면 속성을 가지는 ARC/INFO 커버리지로 되어있다. 지질구조는 선 속성을 가지는 ARC/INFO 커버리지로 되어있다.

## 2.5 토양도 데이터베이스

토양도는 토질, 모재, 배수, 유효토심, 지형 등의 정보를 가지고 있으며 이러한 토양도는 데이터베이스로 구축한 토양도 데이터베이스는 면 속성을 가지는 ARC/INFO 커버리지로 되어있다. 본 연구에서 사용된 토양도 데이터베이스는 농업진흥청에서 제공받은 1:25,000의 축척의 토양도 중 수원시 및 화성군편(농업진흥청 농업기술연구소, 1973) 및 용인군편(농업진흥청 농업기술연구소, 1990) 일부이다. 토양도 데이터베이스는 면 속성을 가지는 ARC/INFO 커버리지로 되어있다. 토양도는 토질, 모재, 배수, 지형, 유효토

심 등의 속성을 가지고 있다. 토질은 토양 입자 크기에 의해 분류된 것이며, 모재는 토양이 어떤 암상으로부터 형성되었는가를, 배수는 물이 얼마나 잘 배수되는가를, 유효토심은 토양의 유효 두께를, 지형은 토양이 분포한 지역의 지형을 각각 나타내준다.

## 2.6 임상도 데이터베이스

임상도는 임상, 경급, 영급, 임상 밀도 등의 산림정보를 가지며, 1:25,000 축척으로 되어있다. 이러한 임상도를 데이터베이스로 구축한 임상 데이터베이스는 임업연구원에서 제공받았으며, 면 속성을 가지는 ARC/INFO 커버리지로 되어있다. 임상구분은 나무의 수종 및 임상 등을 구분한 것으로 크게 임목지, 무림목지, 제지, 임간나지로 구분된다. 경급은 나무의 흉고 직경을, 영급은 나무의 나이, 소밀도 구분은 나무의 분포 밀도 등을 나타낸다(임업연구원, 1998).

## 2.7 기상 데이터베이스

기상자료는 군 단위별 농촌진흥청 자료 및 기상관측소별 기상대 자료를 구축하였으며, 점 속성을 가지는 ARC/INFO 커버리지로 되어있다. 구축된 데이터베이스는 관측소 위치, 강수량, 증발산량, 기온, 습도, 일사량, 일조시간, 운량, 풍향 등에 대한 정보를 가지며 면 및 점 속성을 가진다.

## 2.8 토지이용 데이터베이스

토지이용 데이터베이스는 위성영상인 LANDSAT 영상을 기하학적으로 보정한 후 영상 처리를 통해 구축하였다. 추출된 토지이용도는 ARC/INFO의 GRID 형태로 변환하여 데이터베이스로 구축하였다. 격자 크기는 30m×30m로 하였다.

## 3. 산사태 취약성 분석

용인 지역을 대상으로 구축된 데이터베이스를 이용하여, 확률, 통계기법 및 인공 신경망 기법을 적용하여 취약성을 분석하였다. 본 연구에서는 정확히 파악된 산사태 위치를 이용하여 산사태와 지형, 지질, 토양, 임상 등 산사태 발생에 관련되는 요소들과의 관계를 확률, 통계 기법 및 인공 신경망 기법을 이용하여 분석하였다. 그리고 이러한 결과를 이용하여 산사태 취약성을 평가하고 그 결과를 이용하여 취약성도를 작성하였다. 산사태 취약성은 강우, 지진 등 산사태를 직접적으로 유발시키는 요인이 생겼을 때 그 지역이 얼마나 산사태 발생에 취약한가를 분석한 것이다.

### 3.1 확률 기법

본 연구에서 사용된 분석방법은 단변량 분석 방법으로, 산사태에 기여하는 각 요인 중 종류별 중요성, 즉 등급값은 산사태 발생과 그에 기여하는 요인과의 상관관계 분석에 의해 계산된다. 본 확률분석에서는 연구지역을 10m × 10m 크기의 격자로 나누어 분석하였다. 따라서 연구지역인 용인지역의 구축된 데이터베이스를 10m × 10m 크기의 GRID 형태로 변환한 후 이를 다시 아스키 파일로 변환하여 통계 프로그램에서 사용할 수 있게 하였다. 용인지역의 전체 격자 개수는 658,790개이며 이중 산사태 발생 격자 수는 11,735개이다. 본 연구에서 고려된 요인은 지형도에서 경사, 경사방향, 곡률, 토양도에서 토질, 모재, 배수, 유효심도, 지형, 임상도에서 임상, 영급, 경급, 밀도, 지질도에서 암상 등이다. 상관관계 분석은 각 요인의 등급별 산사태 발생 면적 비율을 각 요인 등급이 전체 면적에서 차지하는 비율로 나눈 것으로 이 값이 1이면 평균을 의미하며 1보다 클수록 산사태 발생과

높은 상관관계를, 1보다 작을수록 산사태 발생과 낮은 상관관계를 나타낸다. 이렇게 계산된 비율값을 각 요인의 등급값으로 하였다. 산사태 취약성 지수(LIS: Landslide susceptibility index)는 이렇게 계산된 각 요인에 등급값을 식 (1)과 같이 각 요인에 대해 가중치를 1로 같이 주고 모두 더한 값이다(이사로, 2000).

$$LSI = \sum Fir \text{ (Fir : 각 요인의 종류별 등급값) (1)}$$

이러한 취약성 지수값을 이용하여 산사태 취약성도를 작성하였다.

### 3.2 로지스틱 회귀공식 기법

본 연구에서 사용된 통계 방법은 다변량 통계 분석을 실시하였는데 로지스틱 회귀분석 방법을 사용하였다. 통계 분석은 통계 프로그램인 SPSS를 이용하여 분석을 실시하여 산사태와 각 요인들간의 상관관계를 로지스틱 회귀 분석 방법을 사용하여 구하였다. 다음에 이 요인들 중 상관관계가 낮은 것을 제외하고 다시 로지스틱 회귀 분석 방법을 적용해 보았다. 이러한 결과는 범주형 자료의 계수 및 식 (2)와 같은 산사태 취약성 공식을 유도해냈다. 이러한 공식을 이용하여 산사태 발생 확률값을 구하고 이를 이용하여 취약성도를 작성하였다. 본 통계분석은 앞장의 확률 분석에서와 같이 연구지역인 용인지역을 10m × 10m 크기의 격자로 나누어 분석하였다. 따라서 연구지역의 구축된 데이터베이스를 10m × 10m 크기의 GRID 형태로 변환한 후 이를 다시 아스키 파일로 변환하여 통계 프로그램에서 사용할 수 있게 하였다. 용인지역의 전체 격자 개수는 658,790개이며 이중 산사태 발생 격자 수는 11,735개이다(이사로, 2000).

$$z = (0.0262 \times SLOPE) + (-0.0245 \times CURVA) + STOPOw + SDRAINw + STHICKw +$$

$$SMATERIALw + SNAMEw + FMILDOW + FSANGw + GEOLw + LANDUSEw - 21.2296$$

(SLOPE : 경사, CURVA : 곡률, STOPOw : 지형, SDRAINw : 토양배수, STHICKw : 유효토심, SMATERIALw : 토양 모재, SNAMEw : 토질, FMILDOW : 토양 침식도, FSANGw : 임상, GEOLw : 지질, LANDUSEw : 토지이용) (2)  
 $p = \exp(z) / (1 + \exp(z))$  (p : 산사태 발생 확률) (3)

### 3.3 인공신경망 기법

인공 신경망을 이용한 산사태 취약성 분석을 위해 산사태 발생 여부와 확률 및 통계 방법에서 각 도면별 대표성 및 관련성이 높은 요인, 경사, 토질, 지형, 지질 등 4개를 선정하여 이를 인공 신경망 프로그램에 적용하여 분류를 실시하여 취약성도를 작성하였다. 본 인공 신경망 프로그램은 MATLAB을 이용하여 작성하였다. 본 인공 신경망 분석에서는 연구지역인 용인지역을 10m × 10m 크기의 격자로 나누어 분석하였다. 따라서 연구지역의 구축된 데이터베이스를 10m × 10m 크기의 GRID 형태로 변환한 후 이를 다시 아스키 파일로 변환하여 인공 신경망 프로그램에서 사용할 수 있게 하였다. 인공 신경망 프로그램 실행시 인공 신경망의 단점의 하나인 시스템에 부하가 많이 걸려 산사태가 많이 발생한 2km × 2km 지역으로 연구지역을 조정하여 분석하였다. 따라서 연구지역의 전체 격자 개수는 40,000개이며 이중 산사태 발생 격자 수는 2,677개이다(이사로, 2000).

### 3.4 취약성 분석 기법의 비교

본 연구에서는 확률, 로지스틱 회귀공식, 인공신경망 기법이 적용되었는데, 분석된 취약성도를 다시 산사태 발생위치와 상관관계를 분석하여 검증 실시하였으나 그 결과 기법간에 큰

차이는 없었다. 확률 기법은 단순하지만 계산 과정 및 입력, 결과 값을 쉽게 이해할 수 있고 파악할 수 있어 산사태와 관련 요인의 중요성을 쉽게 파악할 수 있다는 장점이 있다. 또한 확률 값을 바로 등급값으로 하여 구축된 데이터베이스에 등급값만 적용해 주면 되므로 자료변환 등의 과정이 필요 없고 바로 계산되므로 기법 적용에 있어서도 편리하며 빠르게 할 수 있다. 그리고 아무리 방대한 자료라도 모든 계산이 GIS 프로그램 내에서 바로 이루어지므로 쉽고, 빠르게 처리할 수 있다. 로지스틱 회귀분석 기법은 자료의 양이 많을 경우 통계 프로그램이 제대로 소화해 내지 못하는 경향이 있다. 또한 GIS로 구축된 자료를 통계 프로그램이 읽어들이 수 있게 자료를 변환해야 하고, 산사태 발생 확률 공식 계산을 위해 범주형 자료의 경우 각 계수를 데이터베이스에 다시 입력해 주어야 한다는 단점이 있다. 그러나 산사태 발생 및 발생 요인 사이의 관계를 정량적으로 분석해 낼 수 있다는 장점이 있다. 인공 신경망 기법은 로지스틱 회귀공식과 같이 인공 신경망 프로그램이 읽어들이 수 있게 자료를 변환해야 하고, 그 결과도 다시 GIS 자료 형태로 변환해야 한다. 또 인공 신경망의 단점인 내부적인 계산 과정을 파악하기 힘들고, 계산량이 많아 실제 적용에 있어 시간 및 컴퓨터 용량을 너무 많이 필요로 한다. 그러나 인공 신경망이 가지는 장점이 많은 만큼 앞으로 프로그램 보완 및 컴퓨터 용량의 확대를 통해 본 기법의 적용은 계속 연구되어야 할 것이다.

#### 4. 산사태 공간 정보시스템 설계 및 개발

본 연구에서 산사태 공간 정보시스템 개발에 사용된 언어는 Avenue로 이 Avenue는 프로그램에 포함되어 있는 프로그래밍 언어이고, ArcView의 모든 기능을 바로 이용할 수 있는 개

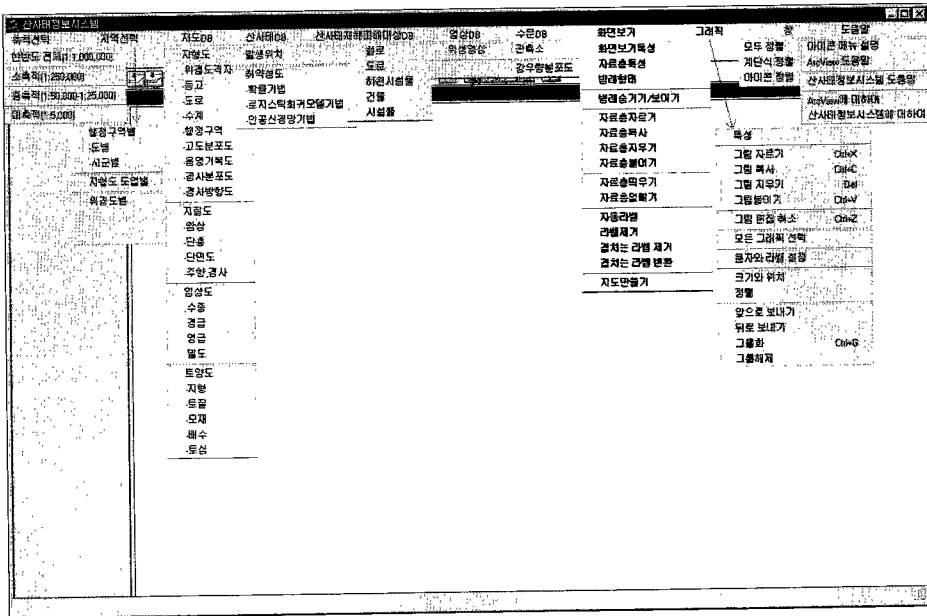
발 환경이다. 따라서 이러한 Avenue는 쉬운 개발 환경을 제공하고, 여러 용도로 사용될 수 있는데 작업을 자동화 할 수 있고, 특정 작업을 할 수 있게 설정할 수도 있으며, 그래픽 사용자 인터페이스를 사용하여 완전한 응용 프로그램을 개발할 수 있다. 그리고 Avenue는 scripting 언어로 ESRI® Arc Macro Language (AMLTM), Microsoft® Visual Basic®, and AutoLISP® by Autodesk®와 같은 다른 프로그래밍 언어와 통합될 수 있다. 본 정보시스템은 Windows 95/98 혹은 NT에서 개발되어 이러한 환경에서 운영된다. 그리고 Avenue는 ArcView가 있는 환경에서만 운영되므로 본 정보시스템 운영시 ArcView 프로그램이 필요하다. 본 정보시스템의 기능은 데이터베이스의 화면 출력 및 검색 등 기본 기능 외에 그림 편집, 도움말 등 여러 가지 기능이 있다. 본 정보시스템은 Fig. 1과 같은 풀다운 메뉴 및 Fig. 2와 같은 아이콘 메뉴로 구성되어 있어 초보자도 사용하기가 쉽게 개발되었으며, 풀다운 메뉴는 '축척 선택', '지역선택', '지도 DB', '산사태 DB', '산사태 피해대상 DB', '영상 DB', '수문 DB', '화면보기', '그림', '창', '도움말' 등 11개의 주 메뉴로 구성되어 있고 아이콘 메뉴는 화면확대, 축소 등 각종 기능을 하는 21개의 아이콘으로 구성되어 있고 풀다운 메뉴 하단에 위치한다. 각 주메뉴는 하부메뉴로 구성되며 각 하부메뉴는 사용자의 명령을 처리하게 된다. 주메뉴는 '축척 선택', '지역선택', '지도 DB', '산사태 DB', '산사태 피해대상 DB', '영상 DB', '수문 DB', '화면 보기', '그림', '창', '도움말' 등으로 구성되어 있고, 각각 하부메뉴를 갖는데 각 하부메뉴의 기능은 다음과 같다. 그리고 아이콘 메뉴는 21개의 각종 기능을 하는 아이콘으로 구성되며 그 기능은 다음과 같다.

##### 4.1 축척 및 지역 선택 메뉴

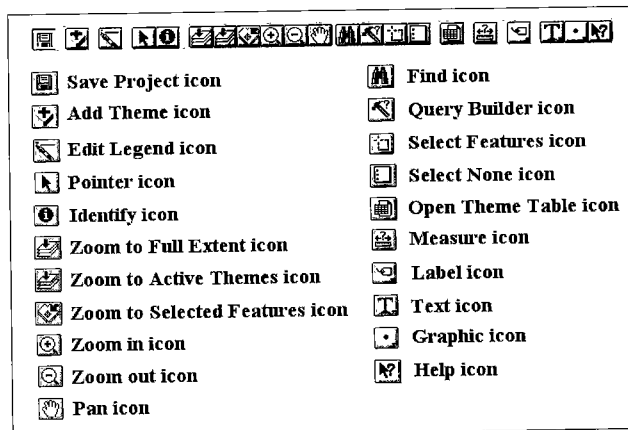
축척은 축척별로 자료를 선택하는 것으로 한 반도전체, 소축척 (1:250,000 이상), 중축적

(1:50,000 - 1:25,000), 대축적(1:5,000 이하) 등으로 구분되어 구축된 데이터베이스를 선택하는 기능을 한다. 본 연구에서는 주로 중축적 자료들만을 사용하였으며 여기서는 자동으로 본 메뉴만 선택되게 된다. 지역선택은 도별, 시군별

등 행정구역별 및 지형도 도엽별, 위경도별로 지역을 선택하게 하는 기능을 하며 본 연구에서는 연구지역이 따로 설정되어 있으므로 본 메뉴에서는 다른 지역이 선택하지 않고 용인지역이 선택되게 된다.



[Fig. 1] Main menu.



[Fig. 2] Icon menu.



## 4.2 지도 DB 메뉴

본 메뉴에서는 지형도, 지질도, 토양도, 임상도 등 각종 도면을 화면에 출력하거나 도면에 출력할 수 있다. 또한 각 도면의 속성값을 확인할 수 있다. 본 메뉴에서 지형도의 경우는 위경도격자, 등고, 도로, 수계, 행정구역, 고도분포도, 음영기복도, 경사분포도, 경사방향도 등을 검색할 수 있으며, 지질도의 경우 암상, 단층, 단면도, 주향, 경사 등을, 임상도에서는 수종, 경급, 영급, 밀도 등을, 토양도에서는 지형, 토질, 모재, 배수, 토심 등을 화면 출력할 수 있다.

## 4.3 산사태 DB 메뉴 및 산사태 피해요소 DB 메뉴

산사태 DB 메뉴에서는 산사태 발생위치 및 산사태 취약성 분석 결과를 화면 출력하거나 검색해 볼 수 있다. 그리고 산사태 피해요소 DB 메뉴에서는 산사태 피해요소가 철도, 하천시설물, 도로, 시설물, 건물 등으로 나뉘어지며 각각은 산사태로 인해 피해 받을 수 있는 요소로 이들 요소들을 화면에 출력하거나 검색해 볼 수 있다.

## 4.4 영상 DB 메뉴 및 수문 DB 메뉴

영상 DB 메뉴에서는 위성영상 같은 영상 자료를 화면에 출력할 수 있다. 그리고 수문 DB 메뉴에서는 관측소 위치 및 강수량 분포 등을 화면에 출력할 수 있다.

## 4.5 화면보기 메뉴

본 메뉴는 화면 보기와 관련된 여러 기능을 제공한다. '화면보기 특성'은 이름, 날짜, 도면 단위 등 화면보기 전체의 특성을 설정해주고, '자료층 특성'은 이름, 자료위치 등 자료층의 특성

을 설정해 준다. '범례형태'는 범례의 크기 및 모양 등을 설정해주고, '범례숨기기/보이기'는 화면에 범례를 숨기거나 보이게 하는 것을 설정해 준다. '자료층 짜르기', '자료층 보기', '자료층 지우기', '자료층 붙이기'는 자료층을 짜르거나, 보거나, 지우거나, 붙이는 등 편집하는 기능을 한다. '자료층 띄우기'와 '자료층 없애기'는 자료층을 화면에 띄우거나 없앤다. '자동라벨' 및 '라벨 제거'는 속성값을 화면에 띄우거나 없앤다. '지도 만들기'는 화면에 뜬 지도를 도면으로 작성하기 위한 layout 환경으로 변환시킨다.

## 4.6 그림 메뉴

그림 메뉴는 점, 선, 면, 문자 등 그림 요소들을 설정하거나 편집하는 기능을 제공하는 메뉴이다. '특성'은 그래픽의 크기, 형태, 색깔 등을 설정해 준다. '그림 짜르기', '그림 복사', '그림 지우기' 및 '그림 붙이기'는 각각 점, 선, 면 같은 그림 요소를 짜르거나, 복사하거나, 지우거나, 붙이는 기능을 한다. '그림 편집 취소'는 그림을 편집한 것을 취소하여 원래상태로 만들고, '모든 그림 선택'은 화면상에 있는 모든 점, 선, 면 그림 요소를 선택한다. '문자와 라벨 설정'은 문자 및 화면에 표시될 속성값의 형태, 크기, 폰트, 색 등을 설정하고, '크기와 위치'는 그림 요소의 크기 및 위치를 위치값을 입력하여 설정한다. '정렬'은 그림 요소들을 기준선을 중심으로 정렬시킨다. '앞으로 보내기' 및 '뒤로 보내기'는 겹치는 그림 요소를 앞 혹은 뒤로 보내고, '그룹화' 및 '그룹해제'는 그림 요소들을 서로 묶거나 분리시킬 수 있게 한다.

## 4.7 창 메뉴

창 메뉴는 화면에 있는 창들을 정리해 주는 기능을 한다. '모두 정렬'은 모든 창들을 화면상에 타일식으로 나타내 주고, '계단식 정렬'은 모

든 창들을 화면상에 겹치게 계단식으로 정렬해 준다. '아이콘 정렬'은 아이콘을 정렬해 준다.

#### 4.8 도움말 메뉴

본 메뉴는 각종 도움말을 제공하는 기능을 한다. '아이콘 메뉴 설명'은 아이콘 메뉴 설명법을, 'ArcView 도움말'은 ArcView 프로그램 설명법을, '산사태 공간 정보시스템 도움말'은 본 정보시스템 설명법을 각각 제공한다. 'About ArcView' 및 '산사태 공간 정보시스템에 대하여'는 각각 ArcView 및 본 정보시스템의 버전 정보 및 간략한 설명을 제공한다.

#### 4.9 아이콘 메뉴

아이콘 메뉴는 총 21개 아이콘으로 구성되며 풀다운 메뉴에서 제공하지 않는 기능들을 제공한다. 'Save Project Icon'은 현재까지의 환경을 저장하고, 'Add Theme Icon'은 새로운 자료층을 추가하고, 'Edit Legend Icon'은 범례를 편집한다. 'Pointer Icon'은 그림 요소 등을 지정하는 기능을 하고, 'Identify Icon'은 그림 요소의 속성값을 확인하는 기능을 한다. 다음의 6개 아이콘은 화면에 나오는 그림 크기를 조정하는 기능을 하는 아이콘으로 'Zoom to Full Extent Icon'은 현재 띄어져 있는 모든 자료층이 화면에 모두 나오도록 하고, 'Zoom to Active Themes Icon'은 현재 활성화된 자료층 전체가 화면에 나오게 하고, 'Zoom to Selected Features Icon'은 현재 선택된 요소 전체가 화면에 나오게 한다. 'Zoom In Icon'은 마우스로 지역을 지정하면 그 지정된 영역이 전체 화면이 되게 확대해 주고, 'Zoom Out Icon'은 그 반대로 축소해 주고, 'Pan Icon'은 화면에서 떨어진 자료층을 이동하게 한다. 'Find Icon'은 속성값 중 일정한 숫자나 문자를 찾는 기능을 하며, 'Query builder Icon'은 부울린 조건식을 써서 속성값을 검색하게 하는 기능을 한다. 'Select

Features Icon'은 그림 요소를 선택하게 하고, 'Select None Icon'은 선택된 것을 모두 선택이 안 되게 한다. 'Open Theme Table Icon'은 속성값을 가지는 데이터베이스 표를 여는 기능을 하고, 'Measure Icon'은 거리를 측정하는 기능을 한다. 다음의 3개 아이콘은 화면에 글씨를 쓰거나 그림을 그릴 수 있도록 하는 기능을 한다. 'Label Icon'은 화면에 속성값을 띄우는 기능을 하며, 'Text Icon'은 문자를 직접 써서 화면에 나타나게 하고, 'Graphic Icon'은 화면에 점, 선 및 면 등 다양한 그림을 그릴 수 있는 기능을 한다. 마지막으로 'Help Icon'은 각 기능에 대해 도움말을 나타낸 준다.

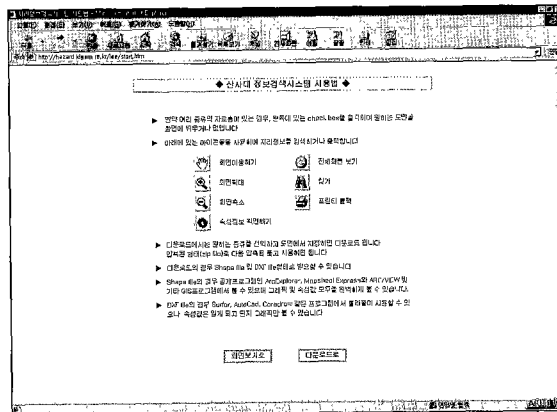
### 5. 인터넷 GIS를 이용한 산사태 정보의 활용

본 연구에서는 구축된 데이터베이스를 인터넷을 통해 검색해 볼 수 있게 WINDOWS NT 환경에서 홈페이지를 제작하였으며 이 홈페이지를 통해 구축된 데이터베이스를 검색해 볼 수 있게 구현하였다. 본 인터넷 GIS에는 ARCIMS 프로그램을 사용하였다. Fig. 3은 홈페이지 초기 화면이며, Fig. 4는 본 홈페이지의 사용법, Fig. 5는 본 홈페이지를 이용해 검색해 본 화면이다. 인터넷을 이용한 산사태 정보의 활용법은 먼저 웹 검색기를 이용하여 홈페이지로 접속한 다음 화면보기로 들어가면, 화면에 용인지역의 구축된 데이터베이스가 뜨는데 이 데이터베이스 중 보고 싶은 것만을 체크박스를 클릭하여 선택하면 화면에 도면을 출력된다. 이 체크박스를 다시 클릭하면 화면을 제거할 수 있으며 Fig. 4의 아이콘들을 사용하여 지리정보를 확대, 축소, 검색 및 출력할 수 있다. 그리고 홈페이지로 접속한 다음 다운로드로 들어가면 화면에서 본 자료를 Shape, DXF, Bil 및 E00 등 다양한 파일 형태로 다운로드 받을 수 있게 하였다.

산사태 공간 정보시스템 개발 및 산사태 공간 정보의 활용



[Fig. 3] Home page main screen.



[Fig. 4] Home page help screen.



[Fig. 5] Geographic information retrieve screen.

## 6. 결론 및 토의

본 연구에서는 산사태 취약성 분석을 위해 연구지역인 용인 지역에 대해 항공사진을 이용한 산사태 위치 파악 및 관련 요소들의 데이터베이스를 구축 하였다. 이렇게 구축된 데이터베이스를 이용하여 확률, 통계, 인공 신경망 기법을 이용한 취약성 분석을 실시하였으며, 구축된 데이터베이스 및 취약성 분석 결과를 활용할 수 있는 산사태 정보 시스템 및 인터넷을 활용한 검색 시스템을 개발하였다.

연구지역인 용인 지역에 대해서는 항공사진 및 현지조사를 통해 산사태 위치를 파악하고 1:5,000 지형도, 1:25,000 정밀도양도, 1:25,000 임상도, 1:50,000 지질도 등을 GIS를 이용하여 데이터베이스로 구축하고 여기서 산사태 발생 요인인 경사, 경사방향, 곡률 등은 지형도에서, 토질, 모재, 배수, 유효토심, 지형 등은 토양도에서, 임상, 경급, 영급, 밀도 등은 임상도에서, 암상은 지질도에서 추출하였다. 또한 산사태 발생 시 피해요소로 고려될 수 있는 철도, 도로, 건물, 시설물 등은 1:5,000 지형도를 이용하여 데이터베이스로 구축하였다. 이렇게 구축된 데이터베이스를 이용하여 확률기법, 통계기법, 인공 신경망기법 등을 적용하여 산사태 취약성을 분석하였다. 그리고 본 연구에서 구축된 데이터베이스 및 분석결과를 활용하기 위해 산사태 공간 정보 시스템을 개발하였다. 개발된 정보시스템은 용인 지역에 대해 구축된 데이터베이스 및 취약성 분석결과를 풀다운 메뉴 및 아이콘 메뉴를 이용하여 초보자도 쉽게 데이터베이스를 출력 및 검색할 수 있게 하였다. 또한 인터넷 WWW 환경을 이용하여 본 연구에서 구축된 데이터베이스를 인터넷이 연결된 곳이라면 어느 곳이라도 검색해 볼 수 있게 하였다.

향후 본 연구에서 포함되지 못한 개별 산사태의 발생시간, 종류, 길이, 폭, 깊이, 피해현황 등 산사태의 구체적인 속성정보에 대해서도 그 자료가 계속 수집되고 데이터베이스로 구축되어

야 하며, 산사태 분석에 있어서도 취약성 분석 뿐 아니라 강우요인이 고려된 산사태 발생 가능성 및 인명과 시설물 등이 고려된 위험도 분석도 행해져서 본 정보시스템에 포함되어야 할 것이다. 그리고 현재 같은 Window 98/NT 환경 및 ArcView를 이용하여 개발되고 같은 산사태 공간 정보를 제공하지만, 분리되어 운영되고 있는 정보시스템 및 WWW를 통한 홈페이지가 통합되어 개발되면 사용자가 보다 쉽고 편리하게 사용할 수 있을 것이다. 이러한 보완이 이루어지면 산사태 공간 정보시스템은 산사태와 관련된 업무 및 연구를 하는 행정기관 및 연구기관 등에서 산사태를 평가하거나 관리하는데 사용되어야 할 것이며, 인터넷 WWW 환경을 통해 일반 대중에게도 산사태 및 관련 데이터베이스가 공개되어야 할 것이다. 본 연구에 사용된 지형, 토양, 임상, 지질 등 산사태 관련 데이터베이스는 이미 전국을 대상으로 대부분 구축되어 있는 상태이므로 이를 잘 활용하면 적은 비용과 빠른 시간내에 전국적으로 산사태 분석을 할 수 있을 것이다(이사로, 1998).

## 참 고 문 헌

- 농촌진흥청 농업기술연구소, 1973, 정밀도양 해설도 수원시 및 화성군편, 농촌진흥청 농업기술연구소.
- 농촌진흥청 농업기술연구소, 1990, 정밀도양 해설도 용인군편, 농촌진흥청 농업기술연구소.
- 오인섭, 윤운영, 1972, 한국지질도 수원도폭, 국립지질조사소.
- 오인섭, 박석환, 1973, 한국지질도 오산도폭, 국립지질광물연구소.
- 이사로, 1992, 지리정보시스템(GIS)을 이용한 산사태 취약성 분석 기법 개발 및 적용 연구, 연세대학교 박사학위 논문.
- 이사로, 1998, GIS를 이용한 지질재해 및 위험 데이터베이스 구축, 제8회 GISWORKSHOP, p. 337-346.

임업연구원, 1998, 산림자원조사보고서, p.139-163.  
Lee, S. R., 1998, Analysis of Landslide Susceptibility in Korea using Geographic Information System, Proceedings of International Symposium on Application of Remote Sensing and Geographic Information System to Disaster Re-

duction, p. 141-147.  
Turner, K. A. and Schuster, R. L., Transportation research board, National research council, 1996, Landslides investigation and mitigation, Special report 247, pp. 131-137.