

산지 환경과 지리정보체계

성호현

이화여자대학교 사회생활학과 교수

1. 연구 목적과 연구 방법

산지는 복합적 환경으로 구성되어 있다. 산지는 공간적으로 좁은 지역 내에서도 기후적 특색이 매우 다양하게 나타날 뿐 아니라, 토양, 지형, 수문 환경의 변화가 시·공간적으로 급격하게 일어나는 지역이다. 또한 생태학적으로 생물의 다양성이 존재하는 생태학적 중심지이기도 하다. 이러한 산지는 세계 표면의 약 20%를 차지하고 있으며, 세계의 많은 인구가 경제적, 문화적인 측면에서 직·간접적으로 산지 환경을 이용하고 있다. 그러나 이러한 산지환경은 자연적으로나 문화적으로 다양하고 복합적인 특색이 나타나고, 빈번한 자연재해 때문에 지역개발이 합리적으로 이루어지기 어렵다. 현재 산지는 생물 서식지의 파괴, 무모한 천연자원 개발 등으로 환경이 파괴되고 있다. 따라서 산지지역을 보호하고 지속적인 개발을 유도할 수 있도록 산지지역에 대한 정확하고 객관적 자료가 필요하며, 미래의 변화를 예측할 수 있는 과학적 방법의 개발이 요구된다.

지리정보체계(GIS)는 인간 활동 공간에 관련된 제반 현상을 정보화하고, 시간적, 공간적 분석을 통하여 그 효용성을 극대화하기 위한 정보체계이다. GIS는 지표에 일어나는 현상을 시·공간적 맥락에서 조사, 분석함으로써 특수한 목적을 위하여 현실세계로부터 얻을 수 있는 여러 가지 환경 정보를 수집, 저장, 관리, 분석하여 의사결정에 도움을 주는 도구라 할 수 있다.

본 연구의 목적은 인간의 생활 무대로서, 산지 환경의 특성을 고찰하고, 지리정보 시스템을 이용하여 독특한 산지환경의 공간적 특성과 지역의 속성을 능률적으로 결합하여, 주어진 문제의 해결 및 의사결정에 최대한의 합리성과 효용성을 얻기 위한 연구 방법과 GIS 기초자료를 제시하는 것이다. 이를 위해 본 연구는 첫째, 산지환경의 특성 및 문제점을 선행 연구를 중심으로 고찰한다. 둘째, 지리정보체계의 최근 기술 동향을 파악한 후 산지환경의 공간데이터와 속성데이터를 수집하여, 관리하고, 분석하는 방법들을 제시하려 한다. 마지막으로 산지환경 연구에 있어서의 다양한 GIS 활용 사례들을 제시함으로써 앞으로 산지환경 연구에 유용한 연구방법을 제시하려 한다.

2. 산지환경의 특색

산지와 고지는 세계 지구 표면의 약 1/5을 구성하고 있고, 세계인구의 약 1/10 이 산지지역에서 거주하고 있다. 많은 사람들이 직접, 간접적으로 산지로부터 자원(물, 식량, 목재, 광물 등)을 이용하고 있으며, 휴양, 관광을 위한 환경을 제공받고 있다. 자연적, 문화적 경계의 특성을 가지고 있는 산지는, 정신적, 미학적인 면으로도 큰 의미를 가지며, 잔존 생물종과 레프지아가 있는 생물다양성의 중심지를 이룬다.

산지지역은 기복이 복잡한 구조를 갖는 지역이기 때문에, 산지지역 내에서도 사면각이나 고도에 따른 복사열 차이가 나타나며, 이는 국지적, 미기후적 기후의 다양성을 초래한다. 따라서 산지지역 조사에 있어서 지형, 사면의 방향, 경사, 고도 등을 고려한 3차원적인 정의가 요구되며, 이에 따라 GIS가 필수적인 방법론으로서 이용될 수 있다.

산지지역의 고도, 사면의 방향, 경사, 지형과 같은 자연환경적 요소에 의한 국지적이고 미기후적인 변

화는, 특이한 식생대, 토양대의 분포와 같은 상이한 경관패턴을 야기하고 있다. 뿐만 아니라, 산지개발에 따른 대기오염과 같은 인위적 변화에 의한 '기온 역전현상'과 같은 다양한 현상들이 발생하게 된다. 따라서, 산지지역 연구에서 국지적 기후, 토양, 식생, 모암 등과 같은 자연환경 분류; 인간활동과 환경요소들 간의 상호작용에 의해 야기되는 다양한 현상들; 홍수, 산불 등과 같은 자연재해의 예측과 예방을 위한 방법으로 GIS를 활용할 수 있다.

GIS는 산지지역의 경제적, 생태적 관리를 위한 국지적, 국가적 수준의 발전전략을 수립하는데 있어 정책가, 계획가, 환경가를 도울 수 있는 도구가 될 수 있다. 그러나 많은 산지들이 각 지역의 정치적 민감성에 의해 요새화 되어 있는 경향이 있고, 이는 원격탐사와 현지조사를 통한 자료수집에 큰 어려움을 초래하고 있다.

3. 산지환경의 데이터 구축

산지환경에서의 데이터의 이용과 통합은 역사적, 정치적, 기후적, 지형적 그리고 다른 고려 대상들에 의해 많은 영향을 받으며, 동시에 산지지역의 공간적, 시간적인 복잡성 때문에 산지환경에 관련된 데이터 모델링과 분석, 과정에 있어 특별한 주의가 요구된다.

산지지역에서의 데이터 중첩은 사용하는 사람의 패턴과 역사에 따라 다양하다. GIS를 개발할 때, 산지지역을 이용하는 사람의 역사와 패턴은 존재하는 데이터의 이용가능성과 형태, 결과물에 큰 영향을 준다. 한 예로 신대륙의 산지는 유럽인의 시장 지향적인 접근과 소유권의 개념에 의한 소유권기록, 토지목록조사와 같은 GIS에 이용하기 적당한 다양한 지리정보가 존재하며, 이는 최근 원격탐사에 이용될 수 있도록 좀 더 규칙적이고 광역적인 기본토지목록의 발전을 가져왔다. 이에 비해 구대륙의 산지는, 대부분 지역이 전통적인 농업지역이거나, 정치적으로 불안정한 지역으로, 부족한 데이터와 보안상의 이유로 왜곡된 데이터 자료가 문제화되기도 한다.

산지지역을 위한 GIS개발에 사용되어 온 3가지 주요 데이터 자원은 지도, 야외조사 데이터, 항공사진과 위성에 의한 원격탐사 영상이다. 이러한 데이터는 토지의 사용/피복형태의 목록과 기본적인 분류를 제공하기 위해 전형적으로 사용된다. 그러나 항공사진은 정치적으로 민감한 지역에서 사용될 수 없기도 하고, 원격탐사 데이터는 공간과 시간 분석에 있어 부족할 수 있다. 또한 산지지역은 지형적 경사도가 커서 반사율 패턴에 많은 영향을 받고, 종종 구름과 같은 기상현상이 데이터 획득에 어려움을 초래하기도 하는 단점이 있다.

GPS(Global Positioning Systems)는 산지지역에서의 위치를 찾아내기 위해 최근에 GIS와 함께 사용되어 왔고(Rodday, 1991), 사진을 수정하기 위한 그리드를 만들기 위한 샘플링 지점들과 높이를 결정하는데 사용될 수 있다(Haefner and Hugentobler, 1985). 이러한 이미지는 자원평가, 토지피복 맵핑, 생물 다양성 분석, 산불영향평가를 포함하여 산지지역에서의 GIS 응용을 위해 많이 사용되어 진다.

4. 산지환경의 지표모델링과 공간분석

1) 지표 모델링

수치에 의해 지형의 형태를 나타낸 자료를 통칭하여 수치표고자료라 한다. 이러한 수치표고 자료는 항공사진이나 인공위성 영상의 입체 분석을 통하여 생성된다. 표고 자료가 만들어지고 저장되는 방식으로는 일정크기의 격자로서 저장되는 DEM, 높이가 같은 지점을 연속적으로 연결하여 만든 등고선에 의한 방식, 단층에 의한 프로파일 방식, 그리고 불규칙한 삼각형에 의한 TIN 방식이 있다(유복모, 1996).

산지 지역을 위한 GIS 응용에서 필요한 것은 3차원적 복합 모델을 위한 능력이며, 일반적인 접근방

법으로서, 첫째, 사면, 고도, 방향에 따른 산지지역의 구성요소 또는 지대의 분류를 제공하기 위한 DEMs(수치표고모형), DTMs(수치지형모델)의 사용, 둘째, 자연적 형태(고도, 형태, 노출)보다는 지역의 특성(구조, 통합체, 반응)을 나타낼 수 있는 환경 데이터의 총체로 구성된 경관단위의 사용 등 두 가지 방법이 사용될 수 있다.

DTM은 2차원적 모자이크와 같은 산지 환경을 3차원적으로 표현하는 것으로, 산지지역에서의 GIS 사용을 위한 구조를 제공한다. 이것은 규칙적이거나 불규칙한 모자이크 무늬로 구성될 수 있고, 그리드 또는 불규칙삼각망(TIN)의 방법으로 사용된다. 각각의 모자이크를 위한 고도, 방향, 사면각의 세 가지 주요 지형요소는 속성으로 기록될 수 있다. 이들 속성사이의 공간적 관계는 지역을 3차원적 특성으로 표현하기 위해 사용된다. 지형분석은 산지환경을 이해하는데 중요하며, DTM은 산지지역을 위한 GIS의 기본적인 요소이다. GIS에서 DTM 모델을 이용한 가시지역을 분석하여 조경 및 경관분석에 이용할 수 있다(서주환, 김상범, 1998).

경관접근방법은 경관생태의 원리에서 나온 것으로(Forman and Gordon, 1986), 자연적 특성이 바뀌지 않는 어떤 지역에서의 경관모델은 기본 지도와 현지조사정보, 항공사진을 이용하여 고도, 방향, 사면 등의 통합에 의해 정의된 경관 요소로 된 기복지도로 표현된다. 부분적으로 이러한 지도들은 손으로 그려지고, 지도제작자에 의해 제한된 범주를 갖는다. 이들 경관지도들은 토지이용지도, 위성원격탐사 결과물(Downey et al., 1991)이 결합된 경관지도로서, 자연 상태에서 각각의 토지 단위가 적절하고 안정되게 사용되고 있는지를 평가하기 위한 것이다. 경관접근방법에서의 한가지 근본적인 문제는 경관단위의 중첩에 의해 일반화된 평가가 비전문가들에 의해 쉽게 해석되지 않는다는 것이다. 이것은 이 정보를 정책으로 만들어 사용하는데 특별한 문제로 나타난다.

산지환경에 GIS를 이용하기 위해서는 데이터의 적합성과 품질이 중요하다. 산지 생태계를 나타내기 위한 데이터들은 그 길이, 기록의 빈도, 공간적 범위, 이용 가능성이 매우 다르게 이루어져 있다. 이러한 문제는 중첩기술, 모델링 과정, 외삽에서 심각하게 나타날 수 있다.

중첩기술은 존재하는 데이터셋으로부터 추가정보를 획득하기 위해 자주 사용된다. 다양한 좌표체계를 기본으로 하거나, 다른 축척의 지도를 중첩시키므로써 생기는 문제는 산지의 3차원적인 복잡성에 의해 더욱 더 악화될 수 있다. 이러한 문제는 공간적 일치기술이 발전함에 따라 향상되고 있으나, 정확하지 않은 데이터 또는 다양한 축척, 분석, 일반화정도를 가지는 데이터 자원을 사용할 때 이러한 기본적 문제는 아직도 남아있다.

환경변화 모델링에서는, 그들이 정의된 곳에서 적당한 가변성과 시간적, 공간적 규모 모두를 정확하게 선택하는 것이 필수적이다.

외삽은 자주 사용되는 GIS의 활용기법이다. 그러나 외삽 안에 포함된 변수의 상호관련성과 환경이 복잡해짐에 따라 부정확하거나 정말 사실과 거리가 먼 외삽이 증가하는 위험이 있다.

GIS의 사용에 있어서는 사용 가능한 데이터 뿐만 아니라 환경의 변화를 이해할 수 있는 기술의 한계를 인식해야 한다. 그러한 인식 후에, GIS는 기술적(묘사적), 분석적, 평가적인 목적을 위한 기술로 가치 있게 될 수 있다.

2) 공간분석

GIS에서 핵심적 분석은 속성자료와 도형자료의 통합분석에 있다. 통합분석에 속하는 기능으로는 중첩(Overlay operation), 공간추정, 지형분석, 연결성 분석(Connectivity Analysis), 근린분석(Neighbourhood Analysis), 측정기능(measurement)이 있다.

(1) 중첩

GIS는 서로 다른 데이터 레이어를 중첩하여 각 각의 레이어가 가지는 정보를 합칠 수 있다. 이렇게

합쳐진 결과는 중첩에 사용된 여러 레이어에 해당하는 속성값이 함수로 정의될 수 있는 기능에 의하여 변환되어 생성된다. 주변의 값을 이용한 변환함수에서 사용 가능한 기능은 거리 계산, 평균값, 최대값, 최소값, 중간값, 확산 계산에 활용될 수 있다. 또한 시간의 흐름에 따른 공간데이터베이스 내의 정보의 변화와 그에 따른 다른 속성값의 합성에 따른 분석이 가능하다. 이러한 중첩기능과 중첩과정에서 사용 가능한 변환함수를 통하여 단순한 레이어의 정보합성을 위한 중첩이외에도 보다 논리적 바탕을 둔 수학적 중첩도 가능하다.

(2) 공간추정

공간추정은 속성값이 알려지지 않은 임의의 지점에서 속성값을 주변의 값들을 이용하여 추정하는 것을 말한다. 공간 추정의 보다 복잡한 방식으로는 주위의 알려진 패턴을 이용하여 향후 진행될 패턴을 예측한다던가, 특정 변이에 대한 공간상의 확산 등과 같은 추정을 들 수 있다. 공간추정의 대표적 방식으로 내삽법과 외삽법이 있다. 내삽은 이미 속성값을 알고 있는 지역 내에 속한 특정한 지점의 속성값을 추정하기 위해 주위를 둘러싸고 있는 이미 알려진 속성값을 이용하여 예측하는 것이다. 이러한 내삽에는 점진적으로 변화하는 속성값의 추이를 분석하여 속성값이 알려지지 않은 지점에 대한 속성값 변화 추이를 예측할 수 있는 추이 분석이나 Fouries 급수 등이 있다. 이와 반대로 외삽은 이미 속성값을 알고 있는 지역의 외부에 존재하는 지점에 대한 속성값을 추정하는 것이다.

(3) 지형분석

DEM이나 TIN자료를 이용하여 일정 위치에서의 표고나 위치, 경사도, 사면의 방향과 같은 지형적 특성을 나타내기 위한 계산이 가능하다. 지형의 변화를 표현하는 TIN이나 DEM 방식은 지형의 상태를 나타내는 것 이외에도 일정지역 내 연속적인 변이를 갖는 특징이나 속성을 표현하는데 사용된다. 예를 들어 토양의 화학적 성분의 분포, 공항 주변의 소음정도 등 공간상 연속적으로 나타낼 수 있는 성질들에 대하여 TIN이나 DEM을 사용하여 지형을 표현하듯이 효율적으로 나타낼 수 있다.

(4) 연결성 분석

GIS에서 일정지점이나 지역의 표시는 좌표계를 이용한 벡터나 격자구조를 이용하므로 위치의 이동에 따른 일정 속성의 누적된 합계가 계산될 수 있다. 일반적으로 연결성 분석은 연결성의 측정이나 관계를 바탕으로 누적된 거리의 측정과 같은 연속성(Contiguity)의 계산이나 근접성(Proximity)의 판단, 자원의 적절한 분배, 유체의 흐름을 대상으로 관망(Network)의 해석이나 확산 시계 분석 등에 사용된다. 가시도 분석은 간단한 연산으로 주어진 지점에서 경관의 어떤 부분이 보이는가를 결정하는 분석이다. 마이크로웨이브 송신소의 위치, 경치 감상장소, 산림화재 경고 스테이션 위치 등을 결정할 때 가시권역을 추정하는 것은 아주 중요하다.

(5) 측정기능

공간상의 측정은 점 간의 거리나 선의 길이, 폴리곤의 면적이나 주변 길이 등을 포함한다. 또한 측정기능은 3-D의 자료를 이용하여 도로공사의 토공량을 산출하기 위한 체적의 계산에도 사용될 수 있다.

(6) 근린분석(Neighborhood Analysis)

근린 분석이란 특정위치를 에워싸고 있는 주변지역의 특성을 추출하는 것을 의미한다. 근린 분석은 국지적인 지역의 특색을 파악하는데 특히 효용성이 크다. 예를 들어 야생동물의 서식지를 위한 적합성을 판단할 때 식물이나 물을 얻기 위한 지형적 요소의 조건이나, 식물, 은신처 여부 등 인접지역에 대한 각종 정보의 추출에 많은 기여를 할 수 있다.

5. 산지연구에 있어서의 GIS활용

GIS는 객관적 데이터를 활용한 과학적 접근 방법으로서의 발전을 가속화시켰고, 산지환경 연구에서도 객관적 데이터에 의한 계량화 방법을 통해 총체적 분석이 가능하게 만들었다. GIS를 이용한 산지환경 연구는 다음과 같은 다양한 정보시스템 측면에서 이루어 질 수 있다:

1. 환경정보체계 : 미기후적 정보, 수문 정보, 지형 및 토양 정보와 관련하여 위치 평가를 가능하게 하는 환경정보체계,
2. 자원 정보체계 : 농·임산자원 정보, 삼림자원 정보, 수자원 정보와 관련된 자원 정보체계,
3. 토지정보체계 : 지형 분석, 토지 이용, 개발, 행정 등 토지 자원 문제를 해결하기 위한 토지정보 체계,
4. 경관정보체계 : 수치지형 모형, 전산도형 해석기법과 조경, 경관요소 및 계획대안을 고려한 다양한 모의 관측이 가능하여 최적경관 계획안 수립을 가능하게 하는 경관정보 체계,
5. 재해정보 체계: 삼림의 특성, 수계특성, 유출 특성, 강우 특성 등을 고려한 홍수방재, 지진 방재, 산사태 방재, 산불 방재 대책 수립을 위한 재해정보체계.

산지지역계획을 위해 GIS는 특별한 목적을 위해 제한된 범위의 규모에서 데이터를 가지고 발전되어 왔다. 몇몇의 시도로 산지지역을 위한 다양한 목적의 데이터저장이나 데이터베이스가 구축되었다. 한가지 예는 카투만두에서 UNEP(United Nations Environment Programme)의 GRID(the Global Resource Information Database) 프로젝트로 이 프로젝트의 목적은 서로 다른 축척, 국가적(1:000000 ~ 1:3000000), 지구적(1:50000 ~ 1:500000), 국지적(1:10000- 1:50000) 스케일에서 환경데이터 베이스의 구축과 분석을 구현하는 것이다.

사실 지구적, 국지적 GIS는 특별한 목적을 향한 것으로 적용범위가 부분적이다. 그럼에도 불구하고 기본적 GIS자원의 문제에 접근하기 위한 일반적 시도가 있다. 소축척 작업의 한가지 예는 체코공화국의 보호지역인 Zdar Hills를 위한 멀티사용자 지리정보체계에 대한 계획이다(Pauknerova et al., 1992). 이것은 다른 그룹과 정부기관이 사용하고자 한 20개가 넘는 데이터 레이어들을 가진 GIS 이다. 그 시스템 계획은 특별한 목적을 위해 지역단위의 시스템과, 생태적 안정성을 위한 지역적 시스템의 특별한 요소를 포함한다.

경관생태적 관리를 위해 GIS는 데이터 통합을 위한 일반적인 도구로서 사용될 수 있다. 경관보호와 경관변화의 집중적인 연구로 스위스의 Malcantone 지방(65km²)에서 행해졌는데(Haefner and Hugentobler, 1988; Haefner et al., 1991), 이 프로젝트에서 경관분석은 GIS와 원격탐사를 사용하였고, 이것은 고유한 토지를 개발하기 위한 전략적인 계획과 관리 안에서, 경관보호를 위한 토지의 이용과 홍수로부터 위험한 지역을 식별하는 것 등 경제적, 환경적 문제를 연구하기 위해 수행되었다.

대부분 GIS는 처음에 이론적 체계 없이 데이터의 통합과 분석을 위한 도구로서 구축된다고 설명하였다. 그러나, 산지연구에서 GIS는 지역 계획과 모델링을 위해 낮은 비용, 정확한 지도화, 환경적 상태의 모니터링을 위한 방법을 제공하게 될 것이다.

6. 결론 및 논의

최근 산지환경 연구는 연구자들의 경험과 직관에 의존하여 온 전통적인 연구 방법에서 객관적 데이터를 활용한 과학적 접근 방법으로서의 발전이 가속화되고 있다. 또한 지속가능한 산지환경을 유지하기 위해 산지환경에 대한 좀 더 많은 정보가 요구되고 있다. 이러한 시점에서 GIS를 활용하여 산지환경의 특성에 따라 다양하고 복합적인 자료를 구축하고, 객관적으로 계량화하는 방법을 제시하는 것은 산지환경 연구를 활성화할 수 있는 계기를 제공한다는 점에서 매우 의의가 있다고 생각된다. 특히 GIS는 산지환경에 있어서 정치적, 경제적, 생태학적인 의사결정을 합리적으로 수행하게 만드는 과학적 방법이

다. 따라서, 산지환경의 변화경향을 예측하고 산지환경에 대한 적극적 인식을 유도하는데 유용하게 활용될 수 있으며, 자료의 지속적 관리와 다양한 분석방법을 제공하여 산지환경 이용 및 평가에 다양한 방법과 기초자료를 제공할 수 있을 것이다.

참고문헌

- 김계현, 1998, GIS개론, 대영사, 서울.
- 서주환, 김상범, 1998, "GIS를 활용한 경관평가방법에 관한 연구 -제주도를 중심으로-", 조경학회지, 26(2), 62-72.
- 유복모, 1996, 경관공학, 동명사, 서울.
- 이도원, 2001, 경관생태학, 서울대학교 출판부, 서울.
- 한국경관생태연구회, 2001, 경관생태학, 동화기술, 서울.
- Raper, Jonathan, 2000, Multidimensional Geographic Information Science, Taylor & Francis Inc, London and New York.
- Price, M. F. and Heywood, D. I., 1994, Mountain Environments and Geographic Information Systems, Taylor & Francis Ltd, London.
- Longley, P. A., Goodchild, Michael F., Maguire, David J., Rhind, David W.(eds.), 1999, Geographical Information Systems, John Wiley & Sons, Inc. Canada.
- Lai, Poh-chin, Leung, Yee, Shi, Wen-zhong(eds.), 1998, Proceedings of International Conference on Modeling Geographical and Environmental Systems with Geographical Information Systems, Volume I, Department of Geography The Chinese University of Hong Kong.