

## 원격탐측과 GIS에서의 자료 형태와 구조

박 홍 기

경원대학교 토목공학과 조교수

원격탐측(본고에서는 사진측량까지 포함하는 넓은 의미의 Remote Sensing을 나타냄) 자료를 판독하는 처리과정에는 다른 정보들(예를 들어 지도, 지상에서의 조사, 또는 GIS)이 필요하다는 사실은 오래전부터 인식되어 왔다. 반면에 지도 데이터베이스와 GIS를 수정하고 보완하며 유지하는 데에 원격탐측 자료로부터 얻어진 정보를 이용하는 장점은 최근 몇년동안에 강조되어 왔다. 이러한 사실은 지형정보 처리와 원격탐측 분석을 위한 하드웨어와 소프트웨어 분야에서의 통합적인 발전에 기인한다.

그러나 원격탐측과 GIS를 완전하게 통합하려면 아직 극복해야할 몇가지 기술적인 장애가 있다. 통합 GIS (Integrated Geographic Spatial Information System; IGSIS)는 독립된 시스템간의 자료 교환 또는 screen overlay를 보다 더 쉽게해야만 한다. 통합하는데에 따른 문제점 중 가장 주된 것은 자료를 획득하고 처리하며 저장하는데 사용되는 구조(structure)에서의 차이에 기인한다.

Ehler(1989)는 주된 기술적 차이점(raster/vector 분기(dichotomy)와 자료 일치성(uniformity))은 GIS와 원격탐측에서 각기 갖고있는 공간(space)에 대한 다른 개념에 기인한다고 지적했다. GIS 또는 지도 자료는 일반적으로 빈 유클리디언 2차원 공간을 물체(예를 들면 도로, 강, 집)로 채운다. 그러나 원격탐측은 물체들이 비어있지 않은 공간을 raster 요소(pixel)들의 tiling으로 분리한다. 이와같이 공간에 대한 다른 개념은 object-based(GIS)과 field-based(원격탐측)로 기술될 수 있다. 그러나 이런 개념은 이들 자료를 획득하고 보급하는 방법에 매우 기인한다. 따라서 통합

GIS를 위한 통일된 자료모델을 개발하기 위해서는 원격탐측과 GIS에서의 자료획득과정에 대한 깊은 이해가 있어야만 한다.

### 1. 원격탐측과 GIS에서의 자료 형태

#### 1.1 원격탐측 자료의 형태

감지기(sensor)에 의해 기록된 원자료와 이 원자료로부터 추출된 결과자료와는 기본적인 차이점이 있다.

##### (1) 원격탐측의 원자료

###### 가) 영상

원격탐측을 위한 자료획득 과정에서 사용되는 기록 장치에 따라 기하학적으로 다음의 4가지 형태로 분류된다.

##### ① 중심투영(central perspective) 방식

아주 짧은 노출간격을 이용하며, 가장 일반적인 기록장치는 필름에 촬영하는 사진기이다. CCD 감지기의 2차원 배열에 의한 digital camera는 현재 최대 4096 x 4096의 크기까지 제공된다.

##### ② 선주사기(along-track 또는 line scanner)

천개이상의 CCD를 선형으로 배열한 선주사기는 영상의 한 라인씩 기록된다. 영상은 탐재기의 이동에 의

해 일련의 선들로서 얻어진다. 이 기술의 예로서는 SPOT위성에 탑재된 HRV이다.

### ③ cross-track 또는 mirror scanner

회전 또는 진동하는 거울을 사용하여 한개의 감지기로 전체의 영상을 얻는 방식이다. 거울의 회전으로 한개의 라인이 기록되며 탑재기의 이동에 의해 일련의 선들이 얻어진다. 이 기술의 예로는 Landsat의 MSS와 TM을 들 수 있다.

### ④ 능동적 감지기

능동적 감지기는 전자파를 발사하고 물체에서 다시 반사된 에너지를 기록하는 방식으로 radar와 sonar가 이에 속한다.

일반적으로 원격탐측 자료는 시간계에서는 1차원 sampling, 공간계에서는 2차원 sampling, 스펙트럼계에서는 1차원 sampling의 결과를 표현한다.

#### 나) 단면도

단면도는 수직 또는 수평 방향으로 얻어질 수 있다. 온도관측(temperature sounding) 또는 레이저/레이더에 의한 지표의 표고단면이 그 예에 속한다.

#### 다) Image cube

영상기술과 스펙트럼 측정을 조합함으로써 분광계(spectrometer)를 영상화하는 기법이 개발되었다. 이들 센서는 수백가지의 인접한 스펙트럴 폭으로 연속적인 영상을 얻을 수 있다. 이 기술의 예로는 AIS(Airbone Imaging Spectrometer)와 HIRIS(High Resolution Imaging Spectrometer)이 있다.

## (2) 판독된 원격탐측 자료

### 가) Raster 영상자료

원격탐측된 자료로부터의 raster 영상은 일반적으로 scan line들이 6-16 bit 범위로 표현되어 저장된다. 8 bits(0-255)는 모든 컴퓨터에서 1 byte에 대응하는 일반적인 표현이다.

원격탐측 자료(예를들면 MSS, TM, AVHRR)의 근원은 상대적인 방사값이다. 이들 자료는 낮은 태양각, sensor striping, 같은 감지기이지만 다른 탑재기에 얻은 경우와 같은 영향들을 수정하기위해 사용자에의해 검정(전처리과정)된다. 영상강조(image enhancement)는 contrast를 높이고, 경계를 강조하며, 또는 영상에 포함된 잡음(noise)를 제거하는 데 이용된다. 강조의 다른 대안으로 supervised 또는 unsupervised (clustering) 기법은 다중파장대 자료를 분류하는 데 이용된다.

수치사진(digital photography)은 사진을 스캐닝함으로써 얻을 수 있다. 이들 자료는 일반적으로 A/D 변환에 의해 6-8 bit 범위로 변환된다. 일반적인 사진은 렌즈를 통과하여 상이 맺히므로 사진중심에서 가장자리로 갈수록 밝기가 감소하는 현상이 있다. 이를 보정하기위해 수치적 shading보정을 한다. 지형기록을 보정하여 지도투영으로 수치화된 수치사진을 수치정사 사진(digital orthophoto)이라고 한다. 이와같은 수치사진은 판독된 내용을 비싼 수작업으로 지도 자료부에 옮길 필요가 없으며, 지루한 기준점 선택과 기하학적 보정 및 재배열처리를 할 필요가 없이 GIS에 직접 이용할 수 있다.

#### 나) Vector 자료

원격탐측의 응용분야에서 벡터자료는 극히 제한적인 경우에 사용되어 왔다. 또한 많은 원격탐측시스템은 양쪽 자료 형태를 처리하는 데 복잡함을 피하기위해 벡터자료를 즉시 래스터자료로 변환한다. 결과적으로 원격탐측시스템은 벡터형 GIS와 비교하여 벡터자료를 처리하는 데 부적합하다.

원격탐측 응용분야에서 벡터자료구조를 사용하는 예는 다음과 같다.

### ① Training sets for classification

supervised 분류법을 수행하는 원격탐측시스템은 training set들을 정의하기 위해 벡터 다각형 자료구조(vector polygon data structure)를 사용한다.

### ② Classification to theme polygons

분류과정의 결과는 명목상의 class 또는 theme을

갖은 raster data layer이다. 이들 래스터 theme을 벡터로 변환하는 것은 기술적으로 가능하지만 다중과장대 분류의 완전한 자료량은 대부분 GIS의 자료용량을 넘치게한다. 이것은 원격탐측 분류기술과 벡터형 GIS간의 교량역할을 한다.

### ③ Ground truth and ancillary map data polygons

대부분의 원격탐측시스템에서는 지상과 관련된 자료들이 래스터화된 다각형들 또는 선들로서 근사화된다. 그러나 이것은 결과물의 축척을 변경하거나 일반화할 때 어려운 문제점을 낳는다. 래스터화된 선들과 다각형들은 부적합한 샘플링 또는 거짓으로 복사하지 않고는 축소하거나 일반화하기 어렵다. 이런 경우 자료는 벡터형으로 유지되어야만 한다.

### ④ Line feature extraction

경계선 강조 또는 highpass 필터링과 같은 기법을 사용하여 원격탐측 자료에서 경계선과 line feature를 강조할 수 있다. 이들 강조된 형상들은 영상으로부터 binary thresholding에 의해 선형으로 추출된다. 선들의 이와같은 래스터 표현은 8-way connectedness rule을 사용하여 벡터값으로 변환할 수 있으며, 같은 방법으로 래스터형 linework은 지도로부터 스캐닝된 후 벡터형으로 변환된다.

## 1.2 GIS의 자료형태

### (1) 래스터 자료

대부분의 GIS 자료 형태가 벡터구조로 되어있지만 래스터구조를 선호하는 경우도 있다. 예를들어 overlay, spatial statistics, model integration과 같은 조작에서는 벡터구조보다 래스터구조일 때 더 간단하고 빠르다. 결과적으로 GIS에서 래스터 자료의 입력은 필수적이며, 다음과 같은 래스터 자료가 포함된다.

- ① classified remotely sensed data,
- ② rasterized versions of vector (cartographic) data,
- ③ interpolated point or profile measurements,
- ④ scanned maps.

기존의 주제도는 CCD sensor, 비디오 카메라와 frame grabber, flatbed 또는 drum scanner 등의 장비에 의해 주사(scan)된다. 결과의 질(quality)과 적합한 GIS layer를 만들기 위한 편집량은 주로 지도의 질, 스캐너의 기하 및 방사 정확도, 사용된 소프트웨어의 성능에 기인한다. 근본적으로 다른 class들 간의 혼동을 피하기위해 지도를 독립적으로 분리하여 디지털이징하는 것이 좋다. 현재의 기술수준에서 지도 심불이나 문자의 자동인식은 피하는 것이 좋다.

GIS의 벡터형 정보에 대한 래스터화 또는 이진화는 상대적으로 간단하다. 입력된 벡터값들 위에 등거리인 격자를 놓아, 벡터들과 교차하는 격자요소는 명목상의 값(예들들면 1)을 주고, 그외의 아무런 정보도 없는 나머지 지역에는 0값을 준다. 자료는 1-픽셀 두께의 형상이 되도록 thinning과 skeletoning 된다. 다른 래스터 자료는 분류된 원격탐측 영상으로부터 또는 점자료에 대한 2차원 보간으로부터 직접 얻어진다.

### (2) 벡터 자료

GIS를 위한 가장 일반적인 자료원은 기존의 지도 자료이다. 관심있는 형상들은 digitizer tablets 또는 large-format tables를 사용하여 수작업으로 디지털이징된다. 결과는 주로 조작자의 숙련도, 디지털라이저의 질과 정확도에 달려있다.

반자동 스캐너는 수작업 디지털이징에서 사용된 선추적 방식을 모방하였다. 몇개의 감지기로 이루어진 CCD line scanner는 디지털이징될 선에 수직으로 향해진다. 가장 강한 intensity 방향으로 따라감으로서 선을 자동적으로 추적할 수 있다. 등고선에 대해서 몇개 기구는 자동적으로 다음 등고선을 선택하고 과정을 반복한다. 그러나 이 과정은 기기를 on-track 상태로 유지하기위해 그리고 선이 교차한 경우 후처리로서 기구를 인도하기위해 조작자의 interaction을 요구한다. 이와같은 불편함에도 불구하고 등고선과 같이 매우 복잡한 경우에는 line digitizing에 시간이 단축된다.

지도 데이터베이스, CAD시스템 또는 사진측량 자료화일로 부터의 직접 입력은 일반적으로 자료교환 프로그램을 통해 가능하다. 국가 또는 세계 표준이 개발중이며, 대부분의 지도제작/사진측량/CAD 자료 화

일간의 자료교환이 가능하다.

### (3) 수치표고 자료

상대적인 높이나 절대적인 표고에 대한 지식과 그로부터 얻어진 정보(예를들면 경사도나 사면방위)는 GIS의 응용(예를들면 수계관리, 도로계획 등)에 필수적이다. 흥미롭게도 이런 정보는 또한 원격탐측 자료의 판독에서 중요한 역할(예를들면 분류에서의 향상과 수직화 영상의 정확도)을 한다. 결과적으로 지형자료는 GIS와 원격탐측시스템 모두에서 사용된다.

지형정보는 여러가지 형태로 제공될 수 있다. 가장 일반적인 형태는 수치표고모형(Digital Elevation Model ; DEM) 또는 수치표고모형(Digital Terrain Model ; DTM), 등고선, 단면도, 점고(spot height) 관측값이다. DEM은 원격탐측 자료와 같이 격자형태로 제공된다. DEM의 대표적인 예는 USGS의 DEM 화일 또는 DMA로부터의 DTED 화일이다. GIS에서 중요시되고 있는 다른 DEM 형태는 벡터형태인 TIN (Triangulated Irregular Network)이다. 단면도나 선은 벡터형태로 제공된다.

지형정보에 대한 근본적인 자료원은 항공사진이다. 지형정보는 입체사진측량의 원리를 사용하여 얻어진다. 감지기 기술(FMC(forward motion compensation), GPS와의 통합, INC)과 사진측량 하드웨어(해석도화기) 및 소프트웨어(bundle block 조정, robust 추정법)의 발전에 힘입어 향상되었다. 그러나 아직 사진측량은 인간의 판독에 의존하며, 현재 자동화를 위하여 노력하고 있다. 수치환경하에서는 영상정합(image matchig)이 작업자를 대신하게 되며, 사진은 수치화되어야만 하며 또는 수치적으로 기록된 영상(예를들면 SPOT, CCD카메라)이 이용된다. 초기의 개발은 최소 제곱 또는 line correlation 기법에 집중되었으나, 최근에는 feature-based correlation 과정에 대해 집중적으로 개발하여 human stereo vision(computer vision system)을 모형화하는 데 주력하고 있다. 실제 자료로부터 stereomatcher의 정확도는 0.025 - 0.3 픽셀(SPOT영상인 경우 2-5m)이라고 보고되었다. DEM의 자동화 과정에서의 갖아 큰 문제점은 처리속도이다. 그러나 컴퓨터, 감지기, 위성 기술이 발전하므로 대축척, 대규모 지역의 지형자료에 대한 자동처리가 멀지

않은 장래에 이루어지리라 기대된다.

GIS에서 사용되는 대부분의 수치 지형정보는 2차 자료원 즉 판독된 자료로부터 얻어진다. 가장 일반적인 입력은 기존의 지도로부터 등고선을 수작업으로 디지털이정한 것이다. 광학적 주사기(CCD, drum scanner)는 입력과정의 지루함, 조작자에 대한 의존도, 수작업의 늦은 속도 등을 피하기위해 사용된다. 주사된 자료는 래스터형이므로 벡터형으로 변환하여야 한다. 비록 자동화 과정이 존재하지만, 지도와 디지털의 질에 의존하여 여전히 광범위한 수작업 편집이 요구되고 있다.

원자료의 저장은 자료의 확인이나 처리후. 검증을 위해 필요하다.

## 1.3 기타 자료형태

### (1) 현장 자료(field data)

원격탐측 자료는 지상 관측값(예를들면 field sample, ground truth)과 관련지어 처리하거나 검증된다. Ground truth는 기존의 지도 또는 항공사진의 도움하에 field sample(예를들면 rain gauge, transect, weather station, soil probe, survey 등)로 부터 얻어진다.

### (2) 결정론적인 모형 자료(deterministic model data)

결정론적인 모형은 GIS 또는 원격탐측로부터 독자적으로 개발된다. 물리적, 화학적, 생물학적, 생태학적 또는 경제학적 구조들을 질적으로 표현하려고 하며, 다양한 크기(예를들면 범세계, 나라, 구, 지역, 도시, 블록)로 개발하려고 노력한다. 원격탐측 자료는 모형의 타당성을 위해, GIS는 시각화와 판독을 위해 사용될 수 있다.

### (3) 측량 관측값

측량관측값은 GIS와 원격탐측 정보에 측지좌표계로서 정확하게 관련되어 사용된다. 특히 GPS 및 total station과 같은 최신 측량기의 발전에 의해 신속하고 정확한 위치결정이 가능해졌으며, 전보다 더 쉽고 빠르게 기록할 수 있게 되었다.

## 2. 자료구조

GIS와 원격탐측 자료를 쉽게 이용할 수 있는 형태로 저장하기 위해서는 특별한 자료구조를 따라야만 한다. 공간자료를 위한 구조는 몇가지 면에서 다르다.

- ① type of geometric data (point vs region)
- ② object handling  
(non-fragmenting vs fragmenting)
- ③ division of space (regular vs data determined)
- ④ retrieval (direct vs hierarchical)

GIS와 원격탐측에서 자료구조의 가장 일반적인 형태는 래스터형(region, fragmenting, regular, direct)와 벡터형(region, non-fragmenting, data determined, direct)이다.

### 2.1 래스터 시스템

래스터 자료 시스템은 공간을 바둑판처럼 짜서 각 공간요소에 일정값을 부여한다. 따라서 각 위치에 대해 뚜렷한 정보를 제공한다. 래스터 구조는 정규와 비정규 바둑판 무늬와 계층적이며 직접적인 모형을 포함한다. 또한 그들은 벡터구조에 의해 제공된 object-based 표현이 아닌 field 표현이라고 설명할 수 있다.

#### (1) 영상 화일

가장 일반적인 래스터 구조는 컴퓨터에서 2차원 배열로 값이 저장되는 정규격자이다. 이 구조는 원격탐측에서의 영상장치나 디지털화장을 위한 스캐닝장치에서는 필수적인 것이다. 장점으로는 출력과 처리가 쉽고, 자료 집성(aggregation)과 overlay가 쉬우며, 다차원 공간분석(spatial analysis)과 모델링을 허용하는 cell 크기가 균일하다는 것으로 요약할 수 있다. 영상 화일을 위한 계층적 구조는 피라미드 구조(bottom-up approach)이다. 이 구조는 요구된 해상도에서 feature search가 계층적 그리고/또는 선택적으로 수행될 수 있다는 장점을 갖는다. 그의 복잡성때문에 아직 실용화는 되지못했으나 원격탐측과 GIS의 통합을 위해 유효한 모델임에 틀림없다.

#### (2) 기타 래스터 구조들

자료 압축(compaction)의 몇가지 방법들은 코딩과 계층적구조(top-down approach)를 더 효과적으로 이용하여 래스터 자료를 저장하기 위해 개발되어 왔다.

코딩구조는 일반적으로 run-length encoding 또는 block encoding 방법을 사용하는데 여기서 같은 값을 갖는 픽셀들의 field들이나 block들은 오직 한번 저장된다. 그들은 광학적으로 스캐닝한 후 GIS나 영상 처리시스템으로 전송되어야 할 자료의 양을 줄이기 위해 종종 사용된다. 이진 영상인 경우 자료량은 매우 많이 줄어들지만, encode된 자료의 액세스나 처리는 일반적으로 decoding을 요구한다.

Top-down 계층적 구조는 자료를 소위 tree(quadtree, R-tree, hex tree, field tree 등)로 체계화한다. 계층적 구조는 더 작은 크기의 비슷한 형태로 회귀적으로 decompress될 수 있는 바둑판 무늬를 요구한다. 장점으로는 자료 저장과 처리시간의 단축, 그리고 표면 변화에 대해 보다 더 실체처럼 표현된다는 것이며, 한가지 단점으로는 이동(translation)에 대해 불변이지 못하다는 것이다. 또한 매우 변화가 많은 래스터 자료는 자료압축의 결과가 더 큰 화일로 되므로 추천할 만하지 못하다.

### 2.2 벡터에 기초한 시스템

#### (1) CAD 시스템

CAD(Computer Aided Design) 시스템은 점, 선, 면적(다각형)을 다룬다. CAD 시스템을 위한 자료 모형은 GIS에서 필요로 하는 것보다 더 간단하다. CAD 시스템에서는 높이값의 표현이나 다른 layer들 또는 자료원으로 부터의 overlay와 intersection을 요구하는 경우가 극히 드물기때문에 feature topology의 개념이 매우 제한적이다. 더구나 CAD에서 다루는 feature을 위해 몇개의 tabular 또는 수치 속성을 줄 수있으나 속성값들을 위한 포괄적인 DBMS를 포함하지는 못한다. 따라서 CAD시스템은 해적적인 성능보다는 시각적인 면에서 더 두드러진다.

#### (2) Topological Arc

Topological arc에 기초한 시스템은 호(arc)들로 다

각형을 형성할 수 있도록 요구되는 자료모형을 사용한다. 호는 양쪽 끝이 node들로 이루어진다. 이 시스템은 topological 구조를 만들고 유지하는 데 복잡한 알고리즘을 요구하지만 공간분석 작업을 수행하는 데 효과적이다. 호들의 저장은 완전한 다각형 encoding 방식보다 더 효과적이지만 다각형의 cycling(예를들면 다각형의 출력 또는 면적계산)은 topological pointer(다각형에서 호들의 목록)의 계산을 요구한다.

### (3) Full Polygon

완전한 다각형으로 표현하는 시스템은 표시와 분석을 위해 다각형들이 순환(cycle)되도록 요구하는 GIS의 몇몇 응용분야에 이용될 수 있다. 중첩(overlay), buffer zone calculation 또는 line generalization과 같은 응용에서, 완전한 다각형 모형은 일반적으로 충분

하지 못하다. 이와같은 자료모형의 근본적인 장점은 다각형들과 속성값들의 표시가 간단하다는 것이다.

각각의 다각형은 인접한 다각형에 관계없이 저장되기 때문에 특별한 고려(topological checking 또는 확인(validation))없이 쉽게 검출할 수 없는 오차를 공간 데이터베이스상에 창조하거나 전파시킬 수 있다.

### (4) Network

망 자료모형을 이용하는 시스템은 Topological Arc와 완전한 다각형 시스템으로 부터의 다른 응용을 지원한다. 망 모형에서 호(arc)와 절점(node)은 흐름과 방향을 나타내기 위한 공간 뼈대(spatial framework)를 제공한다. 망을 통한 흐름을 분석하고 표시하는 응용분야에는 예를들어 수문학, 교통, 시설물 위치설정 등이 있다.