

## 항공사진영상에 의한 3차원경관모델링 실험

### A Study on 3-D Landscape Modeling by Digital Photographic Images

석진창<sup>1)</sup> · 이준혁<sup>2)</sup> · 김이호<sup>3)</sup> · 이영진<sup>4)</sup>

Seok, Jin-Chang · Lee, Jun-Hyuk · Kim, Yi-Ho · Lee, Young-Jin

<sup>1)</sup> 대구광역시청 지적과 항측담당 (E-mail: jcseok@daegumail.net)

<sup>2)</sup> 경일대학교 대학원 박사과정 (E-mail: geo8487@hanmail.net)

<sup>3)</sup> 경일대학교 대학원 석사과정 (E-mail: geomatician666@hotmail.com)

<sup>4)</sup> 경일대학교 건설정보공학과 교수 (E-mail: yjlee@kiu.ac.kr)

#### Abstract

In this study, we performed three dimensional(3-D) modeling and simulation of terrain surfaces by using large scale aerial photographs. The objectives of this study are to use landscape analysis including 3-D database of built environments. The test area is selected around Olympic stadium located in Susung-gu, Daegu. A 1:5,000 scale of ortho-photo map is generated by photogrammetric procedures from 1:20,000 scale of aerial photographs, Digital Elevation Model (DEM) is also extracted from stereo aerial photographs or digital maps. The heights of buildings are determined using GPS control survey and aerial photographs in the test area, DEMs are extracted from the digital map. And then the two are combined three-dimensional changes of landscape views of buildings with terrain are simulated.

## 1. 서론

인류 문명과 문화가 발전함에 따라 변화되는 각종 정보를 신속하게 처리하여야 하는 현대 사회에서는 도형, 영상, 속성 및 위치정보의 종합적이고 체계적인 관리를 위하여 공간정보시스템의 효용성이 날로 증대되고 있는 추세이다.

공간정보시스템의 원활한 운용을 위해서는 자료수집과 유지관리가 매우 중요하며, 자료수집의 주된 형태로는 공간DB인 수치지도형태로 변화 되고 있는 실정이다. 수치지도는 평면적 구성으로 지형, 지물에 대한 입체적 분석이 제한적이었으나, 지리정보시스템(GIS)의 이용에 따라 공간정보의 다양한 활용이 용이해졌다.

따라서 기존에 구축된 일정 수준의 시설물에 대한 정보와 항공사진, 그리고 수치지도를 이용하여 대상지역에 대한 가상의 3차원 정보자료를 제작할 수 있게 되었으며, 기존의 평면적인 분석에서 높이 값을 이용한 3차원적인 분석이 가능하게 되었다. 대축척 항공사진으로부터 정사사진 및 DEM생성에 관한 연구는 항공사진기술의 발전과 함께 활발히 수행되어 왔으며 많은 연구가 현재도 진행되고 있다.

## 2. 항공사진영상 기본 이론

### 2.1 정사영상지도 작성

그림 1은 수치영상을 취득(예로서, 항공사진의 스캐닝)하는 과정을 도시한 것이다. 항공사진을 영상(image)화 하는 연속함수를  $g=F(x, y)$ 로 나타낼 수 있으며, 여기서  $x, y$ 는 공간변수(좌표)이며 함수값은

밀도(density)이다. 실제로 이 연속함수는 공간좌표와 함수값으로 이산화(discretization)되며 그 결과인 이산화함수  $F(x, y)$ 를 수치영상(digital image)이라고 한다.

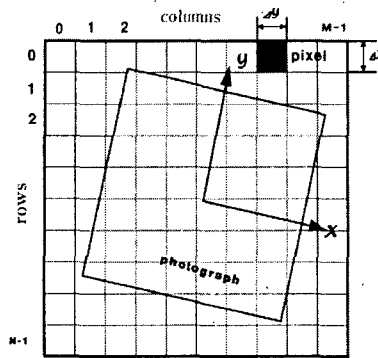


그림 1. 수치사진영상의 정의(Schenk, 1999)

이산화된 요소  $\Delta x$ ,  $\Delta y$ 를 영상소(pixel), 양자화판 요소  $\Delta g$ 를 밝기값(gray level or brightness)이라고 할 때, 수치영상은 식 (1)로 표현할 수 있다.

$$F(x, y) = f(\Delta x \cdot i, \Delta y \cdot j, i=0, \dots, N-1; j=0, \dots, M-1) \quad (1)$$

여기서,  $i, j$ 는 영상소의 위치(pixel address),  $N$ 은 행의 수,  $M$ 은 열의 수이다.

수치편위수정은 인공위성이나 항공사진에서 수집된 영상자료와 수치표고모델자료를 이용하여 정사영상을 생성하는 방법으로 직접법(indirect rectification)과 간접법(indirect rectification)으로 구분되며, 그림 2는 수치편위수정을 보여준다.

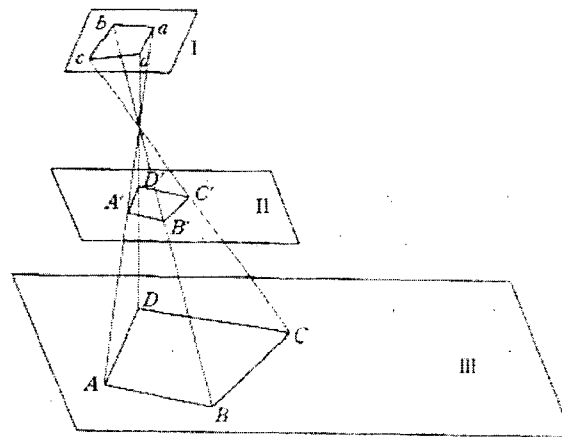


그림 2. 수치편위수정

직접법은 주로 인공위성영상을 기하보정할 때 사용되는 방법으로 지상좌표를 알고 있는 대상물의 영상좌표를 관측하여 각각의 출력영상소의 위치를 결정하는 방법이다. 간접법은 수치표고모델자료에 의해 출력 영상소의 위치가 이미 결정되어 있으므로 각각의 위치에 해당하는 밝기값을 입력영상에서 찾아 그 위치에 할당하는 방법으로 항공사진이나 위성영상을 이용하여 정사영상을 생성할 때 주로 이용된다.

## 2.2 수치표고 모델 작성

수치표고모델(Digital Elevation Model, DEM)은 지표면에서 관측된 불연속점의 정보를 자료처리과정을 거쳐 기하학적으로 재현하고 수치적으로 해석하는 수치지형모형(Digital Terrain Model, DTM)중

표고만을 취급하는 좁은 의미의 모형을 말하며, 수치표고모형, 수치고도모형, 수치고도데이터 등으로 불린다.

DEM은 일정한 격자 상에서의 높이값으로 지구 표면의 3차원 모형이라 할 수 있고, 규칙적인 격자나 삼각형으로 연결된 임의의 표고점을 이용하여 표면의 표고를 표현한다.

DEM은 지표면의 기록을 점, 선, 또는 면으로 표현한다. 대상 지표면의 표고변화가 서로 일정한 관련을 가지고 있다는 가정아래 수학적함수로 표현하는 수학적모델과, 표고변화를 독립적인 현상으로 간주한 이미지모델로 구분할 수 있다. 수치표고모델의 자료구조 형태는 불규칙삼각망(Triangulated Irregular Network : TIN)모델과 정규격자망(Regular grid)모델이 있다.

TIN은 그림 3과 같이 서로 중첩되지 않는 연속된 삼각형 면을 구성하는 불규칙하게 배열된 표고점에 기초한 지형모델로 지표면의 점, 선, 면형 지형을 수집하고 표현하는데 적합하다(Peucker, 1978).

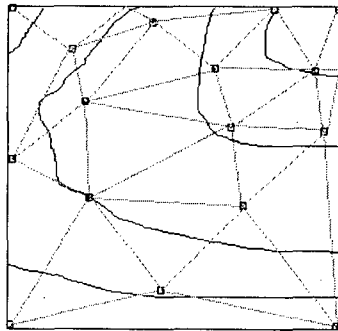


그림 3. TIN 모델

TIN을 구성하는 점들은 지형과 무관하게 선택된 점이거나, 선형 지형의 모서리 점이다. 전자는 집단점(mass points)라하고, 후자를 불연속선(break line) 또는 불연속점이라 한다. 이상적인 경우에 이들 점은 정점, 저점, 능선, 곡선, 고개 등과 같은 불연속을 나타내는 임계점이다. 이 표고모델은 선택한 표본점의 평면 및 표고위치를 외연적 또는 내연적으로 저장하고 있으며, 이들 점들의 이웃관계로부터 위상을 구축하여, 표본 점 이외 지점의 표고를 보간에 의해 계산 할 수 있다.

### 3. 실험 및 데이터

본 연구의 실험 지역은 대구광역시 수성구 대흥동 504번지에 위치한 대구종합경기장(대지면적 512,479m<sup>2</sup>)과 주변의 연호동, 삼덕동, 노변동 일원이다. 대상지역 TM 좌표와 경·위도 좌표는 표 1에 나타나 있다.

표 1. 대상지역의 TM 좌표와 경·위도 좌표

TM 좌표		경·위도 좌표	
좌상	X = 171504.5858, Y = 260181.3606	좌상	경도 = 127°39' 45", 위도 = 35°02' 16"
좌하	X = 171308.1700, Y = 258704.1000	좌하	경도 = 127°38' 47", 위도 = 35°02' 09"
우상	X = 173678.5942, Y = 259912.4821	우상	경도 = 127°39' 35", 위도 = 35°03' 26"
우하	X = 173298.2148, Y = 258173.5505	우하	경도 = 127°38' 26", 위도 = 35°03' 14"

#### 3.1 데이터

대상지에 대한 항공사진 촬영은 촬영고도 약 3,000m에서 이루어졌고, 축척은 1/20,000이다. 촬영중복

도는 중중복도(오버랩) 60%, 횡중복도(사이드랩) 30% 기준으로 하였고, 코스간격 3,300m, 카메라는 RC-30, RC-20(Leica)를 이용하여 필름 두께 0.4mm KODAK - X, KODAK - XX(겨울철 고감도용) 필름을 사용하여 촬영하였다.

본 연구에서 사용된 수치지도는 국토지리정보원에서 1997.12.24일자로 고시한(고시번호 1997-255호) 축척 1/5,000) 수치지도를 사용하였으며, 도엽번호는 35803067, 35803068, 35803069, 35803077, 35803078, 35803079, 6도엽을 사용하였으며, 해당 성과는 종이지도를 인쇄하기 위한 스크라이버판을 스캐닝하여 벡터라이징 작업으로 수치화한 성과이다.

### 3.2 DB구축 소프트웨어

3차원 지형모델링 과정을 수행하기 위해 3D GIS 소프트웨어인 XDWORLD Builder(V1.0)을 활용하였다. 이 시스템은 2차원(평면)형태의 지적정보와 GIS공간정보를 활용하여 손쉽게 3차원 공간정보로 변형 및 자동생성이 가능하다.

변형 및 자동 생성된 3차원 지적정보는 이미지나 래스터 구조가 아닌 실측 벡터 데이터로 위성학적 요소를 갖추고 있기 때문에 2차원 지리정보시스템에서 볼 수 있는 기능을 흡수하고 있다.

특히, 사용자 Customizing을 위한 개발 API( Application Programming Interface)가 제공되기 때문에 사용자의 요구에 맞는 개발 함수 제공이 가능하며, 이에 따라 지적 분야뿐만 아니라 건물, 아파트 단지 등 단위지역 관리 및 광범위한 지역의 관리가 가능하도록 하였다.

구축된 관리체계의 구성요소는 개발엔진(Engine)부분과 개발자용 함수(SDK)로 구분할 수 있으며 표 2와 같다.

표 2. 구축된 관리체계의 구성요소

구분	개발엔진부분		개발자용 함수부분	
	하드웨어 권장사양	CPU	펜티엄4 1.7GHz	CPU
메모리		256M	메모리	256M
그래픽카드		Geforce2 MX400 64M급	그래픽카드	Geforce2 MX400 64M급
사용운영체제	Windows 98/2000/XP		Windows 98/2000/XP	
개발언어	Visual C++6.0		Visual C++6.0, Delphi 5.0, EXPLORER 5.0이상	

내부 DB처리 현황은 기존의 2D GIS공간 데이터를 폴리곤, 라인, 이미지등으로 자료를 읽어낸 후, 각각의 자료를 시스템 고유의 DB로 처리하여 관리한다. 이러한 데이터의 처리과정에서는 그림 4에서 보는 바와 같이 각종 지리정보 데이터를 개발 컨버트(Convert)등을 거쳐 고유의 3차원 테이블(table), 레이어(layer), 객체(object)등으로 변환하여 제공한다.

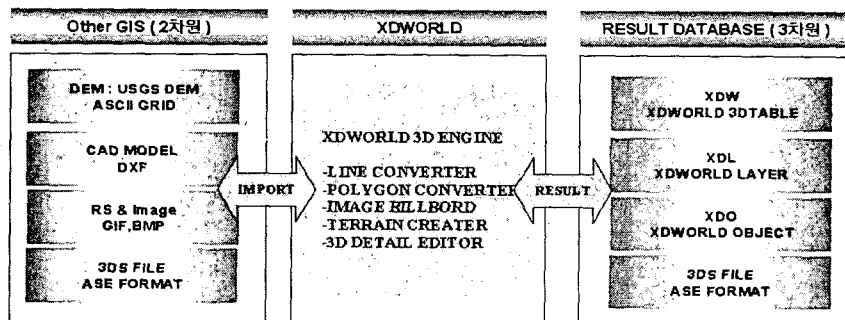


그림 4. 관리체계 내부 DB처리 현황

3차원 지형DB 구축을 위해서는 먼저, 대상지의 선정 및 자료항목을 분석하고, 해당자료 목록을 산출하여 자료를 수집한다. 수집된 자료는 도형자료와 속성자료로 분류하여 자료를 입력하고, 각 자료들의 위상관계를 형성하여, 결합시킴으로써 효율적인 관리시스템을 구축할 수 있다.

#### 4. 항공사진영상을 이용한 지형모델링 실험

대상지역을 촬영한 입체항공사진에 대해 기준점과 카메라 검증정보를 이용하여 내부표정, 외부표정 등을 수행한 후 수치정사보정을 수행한다. 입체항공사진 혹은 기존의 수치지도를 이용하여 대상지역의 지형에 대한 수치표고모형을 생성한다.

대상지역에 대한 건물의 3차원 높이 값을 제공하기 위하여 GPS 측량과 항공영상을 통하여 그림 5와 같이 건물의 높이 값을 결정하고, 수치지도에서 건물의 레이어 및 등고선을 추출하여 취득한 높이 값과 등고선을 이용하여 3차원 건물을 만드는 과정을 수행한다.

지형에 대한 수치고도모형과 건물정보를 상호 융합하여 대상지역에 대한 모델링을 수행하고, 정사 보정된 항공영상을 3차원 모델에 융합하여 보다 현실감이 있는 대상지역의 3차원 정보자료를 생성한다.

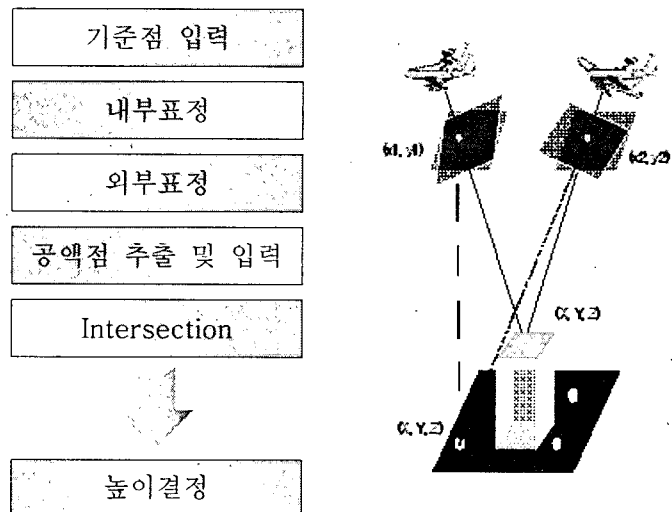


그림 5. 입체항공사진으로부터 건물의 높이 값 결정

3차원 건물 모델링 과정은 대상지역의 2차원 도면을 기준으로 3차원상의 점에 해당하는 VERTEX와 삼각형을 형성하는 인덱스를 사용하며 모델링을 실시한다. 3차원 건물 모델링 과정은 그림 6과 같다.

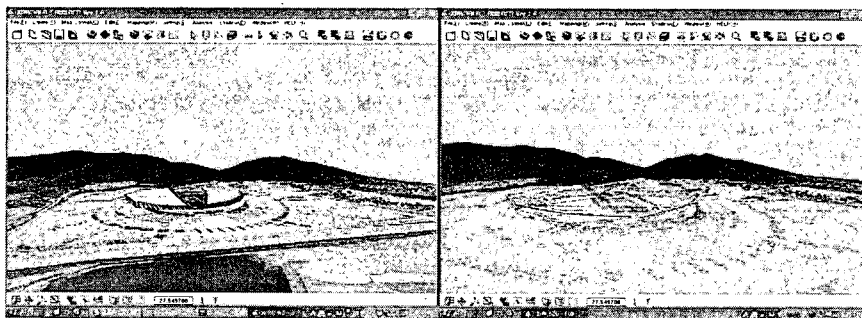


그림 6. 대구 월드컵 경기장 건물 3D 모델링

사용 소프트웨어인 XDWORLD 프로그램은 건물 모델링 시 삼각형 리스트의 집합인 FACE들로 구성되어 있다. 기본적인 DRAWING방법은 3차원상의 점에 해당하는 VERTEX와 삼각형을 형성하는 인덱스를 사용하며 인덱싱 방향은 시계방향으로 되어 있다.

## 5. 결론

본 연구에서는 실험지역을 대상으로 대축척 입체 항공사진을 이용한 3차원 지형 모델링을 실시하고 입체적인 시뮬레이션을 구현하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 대구광역시 수성구에 위치한 대구종합경기장 부근의 실험지역을 촬영축척 1/20,000의 항공사진으로 수치사진측량의 공정에 따라 축척 1/5,000 정사영상지도를 생성하였으며, 입체항공사진과 기존의 수치지도를 이용하여 수치표고모델을 생성 하였다.

2. 실험지역에 대한 건물을 대상으로 GPS측량과 항공영상을 이용하여 건물의 높이값을 결정하고, 수치지도를 이용하여 구한 수치표고모델을 중첩한 후 3차원의 건물과 지형의 경관변화 시뮬레이션을 구현 하였다.

## 참고문헌

- 고재웅·정영동(1999). "수치지형모델을 이용한 가시권에 따른 경관모델링에 관한 연구", 한국측량학회지, 제17권 제2호, pp. 153~160.
- 백은기, 이영진(1984). "등고선도의 자동작성에 관한 연구", 한국측지학회지, 제2권, 제1호, pp. 46~52.
- 이영진·차상헌(2002) "대축척 항공사진을 이용한 정사영상지도의 자동생성에 관한 연구", 대한토목학회지, 제22권 제6호, pp. 1281~1287.
- 김원대(1998) "수치사진측량에 의한 정사투영영상 생성 자동화", 연세대학교 박사학위논문, pp. 151~152.
- 유복모·토니헙크 공저(2003) "현대 디지털 사진측량학", (주) 피어슨 에듀케이션 코리아.
- 이영진(1983) "수치지형 모델 이론 및 응용에 관한 연구", 서울시립대학교 석사학위논문.
- 이영진(1999) "기준점 측량(I)·(II)", 경일대학교 공과대학 측지공학과, pp. 238~240.
- Altan, M. O.(2000) "Photogrammetry", Istanbul Teknik University, pp. 7~8.
- Crane, R.(1997) "A Simplified Approach to Image Processing", Prentice Hall, pp. 139~155.
- Jensen, J.(1986) "Introductory Digital Image Processing", Prentice Hall pp. 17~18.
- Maune, David F.(2001) "Digital Elevation Model technologies and Applications: The DEM Users Manual", ASPRS, pp. 10.
- Novak, K.(1992) "Rectification of Digital Imagery", PE&RS, Vol. 58, No.3, March, pp. 339~344.
- Peucker, T. K. Fowler R. J., & Mark, D. M.(1978). "The Triangulated Irregular Networks", Proceedings of Digital Terrain Models(DTM) Symposium, St. Louis, American Society of Photogrammetry, pp. 516~540.
- Pitas, I.(1993) "Digital Image Processing Algorithms", Prentice Hall.
- Schalkoff, R, J(1989) "Digital Image Processing and Computer Vision", John Wiley & Sons, Inc.
- Shcenk, T.(1996) "Concepts In Digital Photogrammetry", Course Note, Seoul pp. 53~55.
- Wolf, P. R.(2000) "Element of Photogrammetry(3rd ed.)", McGraw-Hill, Chap. 11.