

항공사진과 지형공간정보체계를 이용한 수치영상지도 제작연구

Production of Digital Image Map using
Aerial Photo and Geospatial Information System

손 덕 재*

SOHN, Duk-Jae

要 旨

본 연구에서는 항공사진과 지형공간정보체계를 이용하여 수치영상지도를 제작하기 위한 효율적 방안을 고찰하고, 저가의 개인용 컴퓨터시스템을 기본으로 하는 지형공간정보체계를 이용하여 수치항공사진 영상과 수치지형도를 중첩함으로써, 지형판독성과 활용성이 높은 수치영상지도를 제작하는 실험적 방안을 연구한다.

이를 위하여 지상좌표의 결정, 수치영상처리, 수치표고모형의 생성에 대하여 고찰한 다음, 수치영상지도제작에 필요한 영상자료 입출력, 수치편위미분수정, 항공사진을 이용한 정사투영상의 생성에 관련된 방법을 고찰하고, 수치영상지도를 실험제작하여 그 활용방안을 제시하였다.

ABSTRACT

This study aims to develop the production method of digital image map of high capable utility and terrain interpretability using aerial photo and Geospatial Information System. Theory and efficient practical method was studied to generate the digital image map with low-cost personal computer system using the merging procedure of raster scanned aerial photo and vector topographic map.

Determination theory of ground coordinates, digital image processing, production of digital elevation model was reviewed. And some characteristics of digital image map, image collection method and significant concepts of digital image processing was studied. Also input and output way of image data to generate the digital image map, production method of orthophoto map using aerial photo through digital differential rectification was studied. As the result, digital image map was produced and analyzed through the above mentioned procedures.

* 정회원, 대전대학교 토목공학과 조교수

“이 논문은 1996학년도 대전대학교 학술연구비 지원에 의한 것임.”

1. 서 론

최근 지형공간정보체계(Geospatial Information System : GIS)의 자료구조와 자료형태가 더욱 다양하고 복잡해짐에 따라 자료체계의 효율적 수집과 처리기법에 대한 연구가 심화되고 있으며, 이와 관련되는 공간정보 관리분야에서도 수치지도와 영상지도체계가 큰 관심사가 되고 있다. 수치지도(digital map)는 지형공간정보체계의 다양한 정보의 입력과 공간분석(spatial analysis)을 가능하게 하는 공간자료기반(spatial database)의 핵심부분으로, 정확한 수치지도의 제작이 뒷받침되지 않으면 도형 및 속성정보의 다양하고 엄밀한 분석이 불가능하다. 또한, 오늘날 대부분의 정보가 전달하기 쉽도록 가시화, 영상화되고 있으며, multi media 시대를 맞이하여 원격영상회의 등의 활용을 위하여 체계적인 영상정보의 수집과 관리의 필요성이 증대되고 있다.

한편, 기존의 지형도가 지형지물의 위치와 형태, 식생, 자원, 환경, 토지이용 등에 관련된 다양한 정보를 포괄하고 있으나, 일반인들이 활용하기에는 용이하지 않는데 비하여, 항공사진이나 인공위성영상을 이용하여 지상위치에 대응하는 지도로서의 특성을 부여한 영상지도(image map)는 기존의 지형도에 비하여 직관적인 지형판독성이 높고, 환경 및 자원조사, 토지이용현황조사, 생태분석 등의 분야에 높은 활용도를 가지므로써 관심을 끌고 있다. 그러나 영상지도의 제작에는 고가의 장비와 경비가 요구되고, 최근의 변화된 현황을 즉시 수정하기 쉽지 않은 문제점이 있다.

따라서, 본 연구에서는 토지, 자원, 환경문제에 관한 조사와 계획 및 평가에 효용성이 높은 영상지도를 최근의 촬영 영상과 지형자료를 이용하여 즉시 수정 가능하고 활용도를 높일 수 있도록 하며, 저가의 graphic station을 기본으로 하는 지형공간정보체계를 이용하여 다양한 분석이 가능한 수치지도와 결합하여 제작하는 방안에 대하여 연구 고찰하는데 목적을 두고 있다.

지형도제작, 수치표고모형(DEM)의 제작 및 정사사진지도(Orthophoto map) 제작에 영상정합기법을 활용한 연구는 1980년대에 들어서 본격적으로 시작되었다.

Welch(1985)는 LANDSAT TM수치자료를 사용하여 자동정합기법으로 지형도의 정확한 표고추출의 가능성을 제시하였으며¹⁾, Ehlers(1985)는 영상면처리에 있어서도 위성영상의 상관정확도를 향상시키기 위한 통계적 방법을 제시하였다²⁾. 또한, Rosenholm(1987)은 밝기값(gray level)에 최소제곱정합기법을 적용함으로써 영상정합의 정확도가 향상됨을 입증하였으며³⁾, 이를 바탕으로하여 Förstner(1987)는 정사사진의 작성과 DEM의 자료취득에 수치영상정합기법을 적용하였다⁴⁾.

국내에서는 1970년대 후반부터 해석사진측량에 대한 연구가 시작되어 항공사진과 지상사진의 Bundle Adjustment를 이용한 3차원 위치결정의 정확도 향상에 많은 발전을 가져왔으며, 1980년대 이후 위성영상과 항공사진을 이용한 정사투영사진 및 영상지도의 제작에 관한 연구가 진행되었으나, 대부분 고가의 해석사진측량(Analytical Photogrammetry) 장비와 해석편위수정기(Analytical Rectifier)를 사용하고, 성과품도 hardcopy 상태의 도면으로 되어 있어 최근 현황에 대한 보완수정이 용이하지 않고, GIS의 자료기반과 관련된 수치형태로 변환하는 과정에 많은 시간과 노력이 소요되며, 정확도가 저하되는 경향이 있었다.

1990년 이후 외국에서 활성화되기 시작한 수치사진측량(digital photogrammetry or softcopy photogrammetry)기법에 대한 연구가 본격화되면서 수치영상처리기법과 영상상관기법을 바탕으로 하는 3차원 위치결정의 자동화에 관한 연구와 영상지도제작에 관한 기초연구가 활성화되기에 이르렀다.

이러한 GIS와 영상지도 제작에 관련된 국내 주요 연구로서, 국방과학연구소(1991-1993)에서는 위성영상을 이용한 3차원 정사투영상 생성법에 관한 연구를 수행하였고⁵⁾, 주현승(1992), 한동석(1992), 이석근(1993)등이 항공사진과 위성영상을 이용한 정사투영사진지도 제작에 관한 연구를 수행한 바 있다^{6),7),8)}.

또한, 유복모, 이현직 등(1994)이 수치사진측량기법에 의하여 항공사진으로부터 정사투영사진지도를 제작하는 방안에 대하여 연구하였고, 유복모, 정수 등(1995)이 항공사진을 이용한 3차원 경관도 제작에 관한 연구를 본격화 하였으며, 권현 등(1994)은 영상분할기법을 수치항공영상 해석에 도입하는 방안에 대해

여 연구하였다^{9),10),11)}.

최근 대학, 정부기관 및 연구소, 일반 기업 등에서 도시 시설물과 자원, 환경문제 등 제반 문제를 해결하기 위하여 GIS에 대한 수요가 급증하고 있으며, 응용 프로그램 개발과 수치지도제작에 대한 작업이 진행중이다. 또한 단순한 수치도면을 기본으로 하는 초기 단계의 GIS를 넘어서, 최근에는 GIS와 원격탐사(Remote Sensing : RS), GIS와 GPS(Global Positioning System)의 통합에 관한 연구가 활발해지고 있다.

또한 GIS의 특성자료로서 다양한 응용가능성을 가지고 있는 영상정보DB 구축에 대한 관심이 높아지고 있으며, 따라서 영상지도의 개발제작과 실용화에 대한 연구의 필요성이 절실한 실정이다. 이를 위하여 손덕재(1991, 1993)는 활용성이 높은 수치영상지도 제작을 위한 관련 연구로서, 색변환(RGB-IHS transformation)과 영상개선기법을 이용하여 저해상도의 칼라영상과 고해상도의 흑백영상을 합성함으로써 고해상도의 칼라영상을 제작하는 방안에 관한 연구와, SPOT위성의 수치영상을 이용하여 정사투영 사진지도를 제작하기 위한 연구를 수행한 바 있다.^{12),13)}

위 연구에 대한 후속 과제로서, 본 연구에서는 위성사진에 비하여 해상도가 높고 현지확인과 수정보완이 용이한 항공사진을 이용하여 정사투영상을 생성하고, 수치지형도와 중첩하므로써 활용성이 높은 수치영상지도를 생성하는 연구를 수행하였다.

2. 수치영상지도 제작이론

2.1 지상좌표의 결정

(1) 벡터해석에 의한 가상모형좌표 계산

대상점의 지상좌표는 공간교선(space intersection)이론에 의하여 결정될 수 있다. 즉, 자동정합으로 두 개의 대응점 p_1, p_2 를 찾을 경우, 좌우 투영중심 $L_1(X_1, Y_1, Z_1), L_2(X_2, Y_2, Z_2)$ 로부터 대상점까지 각각 두 개의 직선이 형성된다. 이론적으로는 두 직선이 한 점에서 만나야 하지만, 일반적으로 외부표정요소의 결

정이나 정합위치결정에서 발생하는 오차로 인하여 두 직선은 서로 교차하지 않는 경우가 많다. 이러한 경우를 다음과 같은 수식으로 표현할 수 있다¹³⁾.

$$\begin{bmatrix} r_{dx} \\ r_{dy} \\ r_{dz} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{X_2 - X_1} \\ r_{Y_2 - Y_1} \\ r_{Z_2 - Z_1} \end{bmatrix} = \lambda_1 \begin{bmatrix} r_{u_1} \\ r_{v_1} \\ r_{w_1} \end{bmatrix} + k \begin{bmatrix} r_{dx} \\ r_{dy} \\ r_{dz} \end{bmatrix} - \lambda_2 \begin{bmatrix} r_{u_2} \\ r_{v_2} \\ r_{w_2} \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

$$\vec{B} = \lambda_1 \vec{a}_1 + k \vec{d} - \lambda_2 \vec{a}_2 \quad (2.2)$$

여기서 $B = [B_x \ B_y \ B_z]^T$ 는 기선벡터

$$\vec{a}_1 = [u_1 \ v_1 \ w_1]^T, \vec{a}_2 = [u_2 \ v_2 \ w_2]^T \text{는 각각 좌우 투영중심}$$

과 두 대응점을 잇는 직선을 나타내는 벡터

$$\vec{d} = [dx \ dy \ dz]^T \text{는 } \vec{a}_1 \text{과 } \vec{a}_2 \text{의 최단거리 벡터이다. 또}$$

한 λ_1, k, λ_2 는 각각에 대한 축척계수이다. 따라서 식(2.2)로부터 λ_1, k, λ_2 를 구할 수 있으며, 구하고자 하는 점 p 의 지상좌표(X_p, Y_p, Z_p)에 대한 벡터

$$\vec{p} = [X_p \ Y_p \ Z_p]^T \text{는 지상좌표계의 원점으로부터}$$

좌측 투영중심까지의 벡터가 L_1 일 때 다음 식(2.3)에 의해 구해진다.

$$\vec{p} = L_1 + \lambda_1 \vec{a}_1 + \frac{1}{2} k \vec{d} \quad (2.3)$$

이 방법은 지상좌표의 계산에 직접적으로 적용할 수 있으나, 외부표정요소의 오차에 매우 민감하게 변화하므로 이를 가상모형좌표의 계산으로 간주한 후, 독립모형법의 절대표정과정을 도입하므로써 지상좌표를 계산해 내는 것이 바람직하다.

한편, \vec{d} 는 두 직선에 수직인 벡터이므로 \vec{a}_1 와 \vec{a}_2 의 외적으로 표현된다. 즉,

$$\vec{d} = \vec{a}_1 \times \vec{a}_2 \quad (2.4)$$

또는

$$\begin{bmatrix} r_{dx} \\ r_{dy} \\ r_{dz} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{i \ j \ k} \\ r_{v_1 \ w_1} \\ r_{u_1 \ v_1} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} r_{v_2 \ w_2} \\ r_{u_2 \ v_2} \\ r_{u_2 \ v_2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{v_1 \ w_2} - v_2 \ w_1 \\ r_{u_2 \ w_1} - u_1 \ w_2 \\ r_{u_1 \ v_2} - u_2 \ v_1 \end{bmatrix} \quad (2.5)$$

이다. 여기서 i, j, k 는 지상좌표계 X, Y, Z 방향의 단위벡터이며,

$$\begin{bmatrix} r_{u_1} \\ v_1 \\ w_1 \end{bmatrix} = M_1^T \begin{bmatrix} r_{x_1} \\ y_1 \\ f \end{bmatrix} \quad (2.6)$$

$$\begin{bmatrix} r_{u_2} \\ v_2 \\ w_2 \end{bmatrix} = M_2^T \begin{bmatrix} r_{x_2} \\ y_2 \\ f \end{bmatrix}$$

이다. 식(2.6)에서 $[x_1 \ y_1 \ f]^T, [x_2 \ y_2 \ f]^T$ 는 각각 좌우 영상의 사진기좌표이고, M_1, M_2 는 회전행렬로서 외부표정요소로 의해 구할 수 있으므로, 식

(2.5)에 의해 d 를 구할 수 있다.

2.2 수치표고모형의 생성

(1) 거리경중를 함수법에 의한 보간

인접한 점의 자료를 Z , 인접한 점까지의 거리를 d_i , 이용하려는 점의 개수를 n 이라 하면 거리경중를함수는

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n Z_i / (d_i)^2}{\sum_{i=1}^n 1 / (d_i)^2} \quad (2.7)$$

이 된다. 경중률(weighting power) P 일 때, 식(2.7)은 다음과 같이 표시된다.

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n Z_i / (d_i)^P}{\sum_{i=1}^n 1 / (d_i)^P} \quad (2.8)$$

이 방법에 사용되는 점들은 보간점에서의 거리가

멀수록 보간값에 미치는 영향이 적게 되며, 거리경중를 함수법은 처리속도가 빠르며 비교적 정확하다. 거리경중를 함수법은 인접한 점의 지형자료를 이용하는 탐색 방법에 따라, 보간점주변 최근 n 점의 자료로써 보간을 실시하는 정규탐색(normal searching)기법, 보간하려는 점의 주위를 4개의 구역으로 나누어, 한 구역에서 각각 인접한 n 점의 자료를 이용하므로써 보간 점의 자료를 구하는 4분탐색(quadrant searching)기법, 보간 점의 주위를 8개의 구역으로 나누어 보간하는 8분탐색(octant searching)기법으로 구분할 수 있다.

(2) 이상표고소거

이상표고는 대상지역의 허용경사도의 개념으로 검사할 수 있다. 즉, 대상지역에 대한 전체 수치표고모형의 경사도를 분석한 후 그에 따른 한계값을 설정하고, 그 한계값을 초과하는 경사도를 나타내는 격자점의 높이를 이상표고로 간주하여 이를 제거할 수 있다. 이때 한계값은 수치표고모형상 전체격자점의 높이값과 주위의 8격자점의 평균값과의 차이에 대한 평균제곱근오차(σ)의 3배에 해당하는 값으로 설정할 수 있다. 즉, 전체의 수치표고모형 상의 격자점간의 평균경사도를 계산하여 이를 평균제곱근오차의 개념으로 간주하고 3σ 법칙을 적용하여 이상값들은 제거하는 것이다.

2.3 수치미분 편위수정 (digital differential rectification)

수치미분편위수정은 수치표고모형(digital elevation model : DEM)과, 인공위성영상 또는 항공사진을 주사하여 취득한 수치영상자료(raster data)를 이용하여 정사투영사진을 제작하는 방법으로, 지상기준점자료 또는 DEM자료가 입력자료로 사용되는 방법에 따라 직접법(direct method)과 간접법(indirect method)으로 구분된다.

직접법은 주로 인공위성영상의 기하보정(geometric correction)에 사용되며, 지상좌표를 알고 있는 현저한

지형지물을 지상기준점(GCP)으로 하여 영상좌표를 관측하고, 입력영상의 좌표 (X', Y')로부터 출력영상좌표(X, Y)를 구한다. 즉,

$$\begin{aligned} X &= F_1(X', Y') \\ Y &= F_2(X', Y') \end{aligned} \quad (2.9)$$

에 의하여 각 출력영상소의 위치를 결정하는 방법이며, 영상소의 값과 위치를 결정하기 위해서는 영상재배열(image resampling)을 거쳐야하는 방법이다.

간접법은 지상기준점 좌표에 의해 출력영상소의 위치가 이미 결정되어 있는 경우,

$$\begin{aligned} X' &= f_1(X, Y) \\ Y' &= f_2(X, Y) \end{aligned} \quad (2.10)$$

의 관계를 이용하여 출력영상소에 대응하는 입력영상소 위치를 결정하는 방법이다.

식(2.10)을 수치영상자료에 적용하기 위해서는 다음과 같은 공선조건식이 필요하다.

$$\begin{aligned} X &= (Z-Z_0) \frac{M_{11}(x-xc) + M_{21}(y-yc) + M_{31}f}{M_{13}(x-xc) + M_{23}(y-yc) + M_{33}f} + X_0 \\ Y &= (Z-Z_0) \frac{M_{12}(x-xc) + M_{22}(y-yc) + M_{32}f}{M_{13}(x-xc) + M_{23}(y-yc) + M_{33}f} + Y_0 \end{aligned} \quad (2.11)$$

여기서 (X,Y,Z)는 지상좌표, (X₀,Y₀,Z₀)는 투영중심의 좌표, (x,y)는 영상좌표, (xc,yc)는 영상중심의 상좌표, f는 주점거리, M₁₁, M₂₁, ..., M₃₃은 회전행렬요소이다.

2.4 영상소보간 (subpixel interpolation)

지구곡률보정, 축척변환, 투영법의 변환 등 어떤 영상을 다른 좌표체계로 변화시킬 때 영상소 보간법이 사용된다. 일반적으로 수치입력 영상은 이산형(discrete form)이므로 영상소보간 과정을 통하여 재배열(resampling)된 후 출력영상이 얻어진다. 가장 빠른 보간방법으로는 최근린보간법(nearest-neighbor interpolation)이 쓰인다.

최근린보간법은 출력영상의 각 격자점(x, y)에 해당하는 밝기값을 그 격자점의 입력영상 좌표계에 대응되는 점(x', y')에 가장 가까운 영상소의 밝기값으로 지정하는 것이다. 이 방식은 계산량이 적어서 신속하고, 재배열 과정에서 영상 밝기값이 바뀌지 않으므로 원래의 파장특성을 유지할 필요가 있을 때 유리하다.

이중선형보간(bilinear interpolation)은 출력영상의 각 격자점(x, y)에 해당하는 밝기값을 입력영상 좌표계의 대응점(x', y') 주변의 4개 점간의 거리에 따라 다음 식과 같이 경중률을 주어서 계산하는 방법으로, 기하학적으로 부드러운 결과를 보여주는 방법이다.¹²⁾

$$G = \sum_{i=1}^4 (g_i/d_i^2) / \sum_{i=1}^4 (1/d_i^2) \quad (2.12)$$

여기서 G는 보간계산된 밝기값, g_i는 (x', y') 주변 4개의 영상소의 밝기값이며, d_i는 그 영상소와 (x', y')의 거리이다. 2중선형보간법은 최근린보간법보다 부드러운 영상을 보이나 계산량이 많으므로 처리속도는 더 늦다.

3차곡선보간(cubic convolution)은 2중선형보간과 유사하나, 주변 16개 영상소의 가중값을 이용해서 밝기값을 계산하는 방법으로 최근린보간보다 부드럽고, 2중선형보간보다는 선명한 영상을 얻을 수 있으나 계산시간이 가장 많이 걸린다.

2.5 영상개선법 (Image Enhancement)

(1) 대비개선(Contrast Enhancement)

대비개선에는 여러 가지 방법이 있으나 임의의 영상특성에 대한 사전 지식이 거의 필요없이 행할 수 있는 비선형 대비개선 방식인 분포도평활화(histogram equalization)기법이 널리 사용된다. 분포도평활화 기법은 저대비 영상을 그 밝기값(gray level)을 가진 영상소(pixel)의 수가 일정하도록 분포를 변화시키는 방법이다. 결과적으로 가우스분포를 가진 영상을 평활화시켰을 경우 많은 영상소수를 가진 중앙에서는 분포간격이 넓어져 대비가 크게 증가되고, 양쪽끝은 작게 증가된다.¹²⁾

(2) 공간필터처리(Spatial Filtering)

영상에서 지상기준점이나 주요 지형지물을 잘 찾기 위해서는 대비강조의 적용이외에도 공간과장 특성을 이용한 영상개선도 효과적으로 이용된다. 한 영상의 어느 부분의 단위길이에 대한 밝기변화의 회수는 공간주파수(spatial frequency)로 나타내어진다. 즉, 어느 영상의 일부분에서 밝기변화가 많지 않으면 저주파수 영상, 그 반대로 밝기변화 회수가 많으면 고주파수 영상이 된다. 이와 같이 공간주파수는 하나의 영상소의 특성이 아닌 어떤 크기를 가진 영역의 특성이므로, 공간주파수의 특성을 추출하기 위해서는 공간적 접근이 필요하다. 즉, 공간필터처리는 어떤 영상소와 그 주변 영상소들의 밝기를 고려해서 그 밝기를 변화시키는 방법이다.

(3) Low-pass filter

Low-pass filter는 영상의 낮은 공간주파수 성분을 유지하면서 공간주파수가 높은 성분을 약화시키는 영상개선기법이다. 간단한 Low-pass filter는 convolution mask의 평균을 그 중앙 영상소의 새로운 밝기로 지정하는 방식으로, 여기서 계수의 값은 임의로 지정할 수 있다.

Low-pass filter는 영상을 부드럽게 하는 효과가 있고 영상의 미세한 반점모양의 잡음을 없애는데 효과적이나, 영상의 경계선을 희미하게 만들게 되며, 이러한 효과는 마스크가 클수록 심해진다.

(4) High-pass filter

High-pass filter는 Low-pass filter와는 반대로 낮은 공간주파수 성분을 약화시키고 높은 주파수 성분을 유지시키는 필터로서, 영상의 세밀한 부분을 강조시키는 효과가 있다. High-pass filter의 histogram은 0축을 중심으로하여 +, - 값들이 거의 대칭되는 좁은 분포곡선을 형성하기 때문에 가시적 분석을 위해서는 + 값쪽으로 늘려주어야한다(histogram stretching). 이 필터는 영상의 세부를 향상시키는 반면에 잡음도 같

이 증폭시키는 단점이 있다.

3. 관측 및 분석

3.1 대상지역의 관측자료

본 연구에 이용한 사진은 초점거리 152.9mm인 항공측량용 사진기 WILD RC30으로 촬영된 축척 1:5000의 항공사진이다. 항공사진을 수치영상으로 변환하기 위한 scanning 과정은 Vexel VX3000 스캐너로 수행하였으며, 600dpi의 해상도로 입력하였다. 수치영상의 한 영상소(pixel)의 크기는 사진상에서 42 μ m, 지상에서 21.2cm에 해당한다.

연구대상지역은 산지와 도로, 주택지가 적절이 배치된 지역을 선정하였으며, 영상재배열시 외곽지역에 대한 조정이 가능하도록 연구대상지역보다 약간 크게 되도록 총 400 line \times 400 pixel로 수치영상을 설정하였다. 영상자료 저장용량은 1.25MB이며, 연구대상지역의 위치는 TM좌표 (좌하단 : 233450, 284870)부터 (우상단 : 233850, 285270)까지이다.

3.2 관측자료의 처리 및 해석

항공사진으로부터 수치영상지도를 제작하기 위해 이 연구에서 적용한 과정은 그림 3.1과 같다. 그림에 나타난 바와 같이 본 연구에서는 영상처리, 기준점의 사진좌표결정, 광속조정법(Bundle Adjustment), 수치표고모델 생성, 수치미분편위수정, 수치지도와 정사투영상의 합성 등에 대한 처리가 필요하다.

대상지역의 영상절취와 영상처리, 영상좌표취득에는 Adobe Photoshop 4.0을 사용하였으며, Affine변환을 이용한 기준점사진좌표결정, Bundle Adjustment, 외부표점요소 결정은 Visual C++ 와 AutoLisp Programming에 의하여 개발하였다. 또한 수치미분편위수정과 정사투영상의 생성, 수치지도로부터 DEM도, 등고선도, 3차원경관도, 색영상도의 작성, 정사투영상과 수치지도의 합성은 역시 Visual C++ AutoLisp Programming과 AutoCAD R13, Winsurf, Corel Draw 7.0, ER-Mapper 등을 이용하였다.

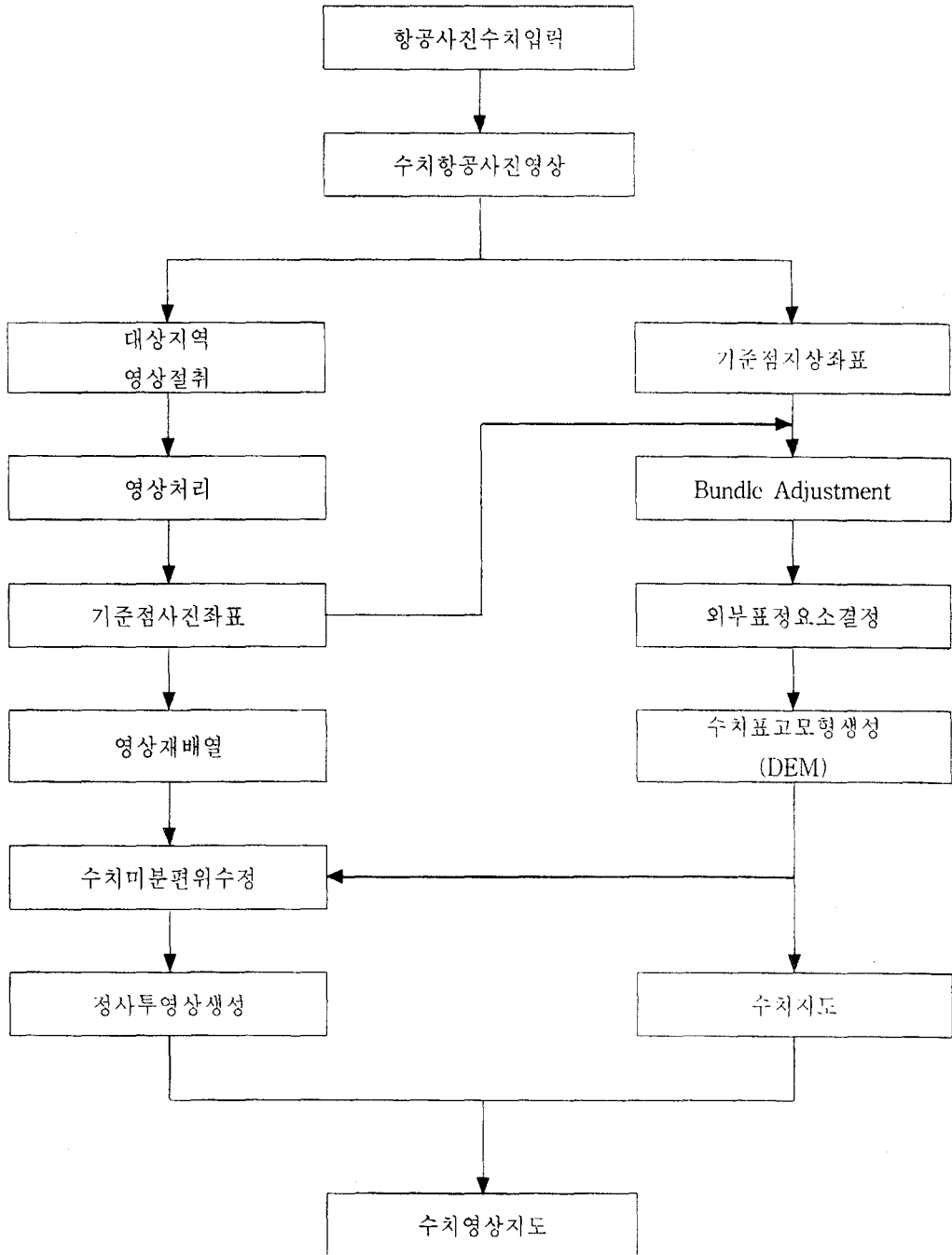


그림 3.1 수치영상지도의 생성과정

3.3 항공사진에 대한 외부표정요소 결정

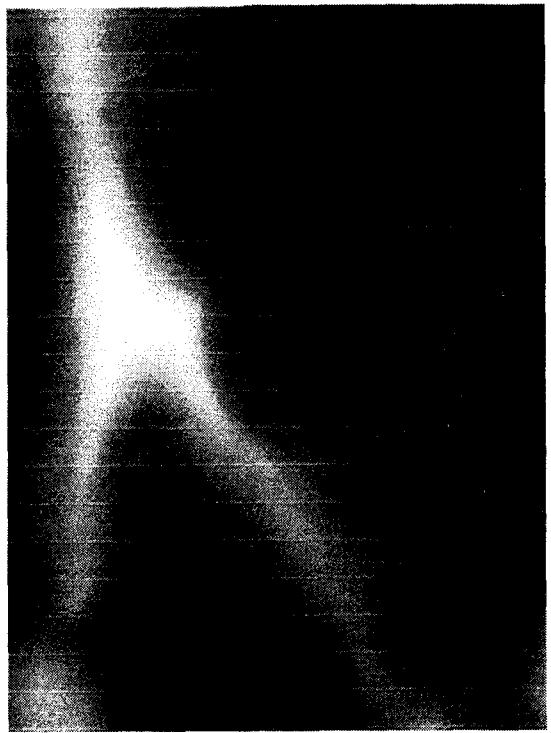
본 연구에서는 항공사진에 대하여 간단하면서도 신속하게 외부표정요소를 결정하기 위하여 광속조정법(Bundle Adjustment)에 의한 단사진의 후방교회해석 프로그램을 제작하여 입체사진의 각 외부표정요소를 결정하였다. 단사진의 후방교회해석 프로그램의 입력 자료는 사진기 초점거리, 외부표정요소 초기값, 지상 기준점의 3차원 좌표, 지상 기준점에 대한 사진좌표 등이며, 기준점들의 공선조건에 대해 최소제곱법에 의해 외부표정요소를 조정 계산하였다.

3.4 수치표고모형 생성

기존의 수치표고모형(DEM)을 생성하기 위한 방법 중 가장 정확한 방법으로는 해석도화기를 이용한 방법이라고 할 수 있다. 이 연구에서는 수치표고모형을 영상정합에 의해 수치적 방법으로 생성한 이 연구의 결과를 비교평가하기 위하여 해석도화기를 이용하여 수치표고모형을 생성하였다. 본 연구에서는 해석도화기 P3를 이용하여 수치표고모형과 수치지도를 생성하였으며, 대상지역에 대하여 1m × 1m의 간격으로 표고값을 추출하였다. 본 연구에서 생성된 수치표고모형은 그림 3.2와 같다. 또한 생성된 DEM의 지형판독성을 높이기 위하여 지형공간정보체계 ER-Mapper를 이용하여 색영상(RGB)으로 표현한 3차원 DEM은 그림 3.3과 같다.



(a) 원지형



(b) 건물을 포함한 지형

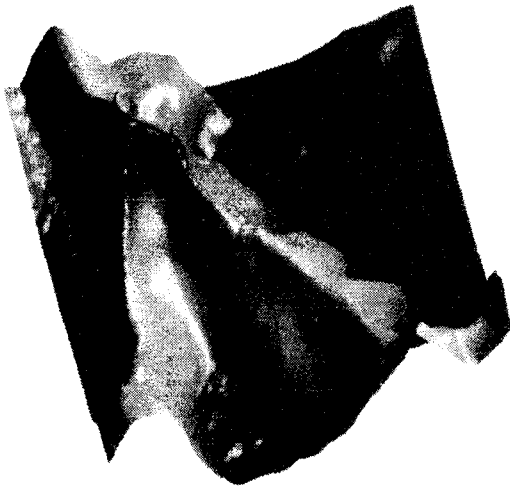
그림 3.2 밝기값(gray level)으로 표현된 DEM



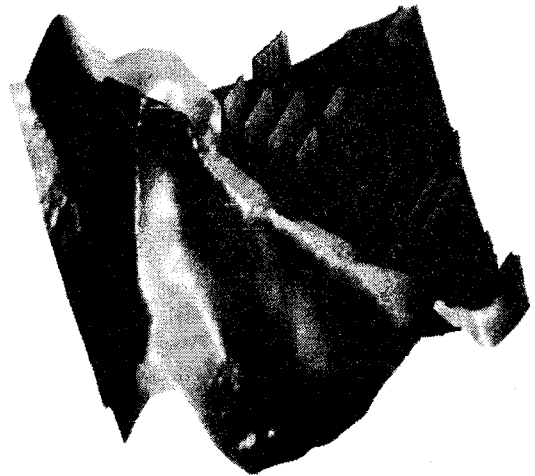
(a) 음영기복도(원지형)



(b) 음영기복도(건물포함 지형)

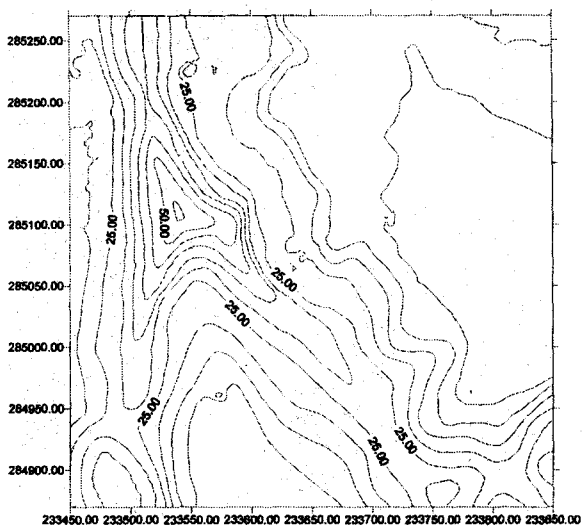


(c) 3차원 경관도(원지형)

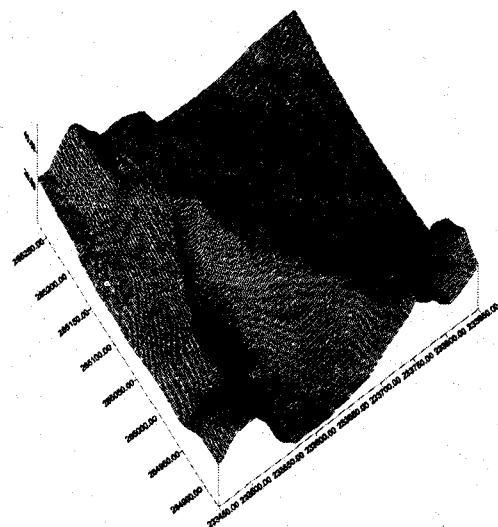


(d) 3차원 경관도(건물포함 지형)

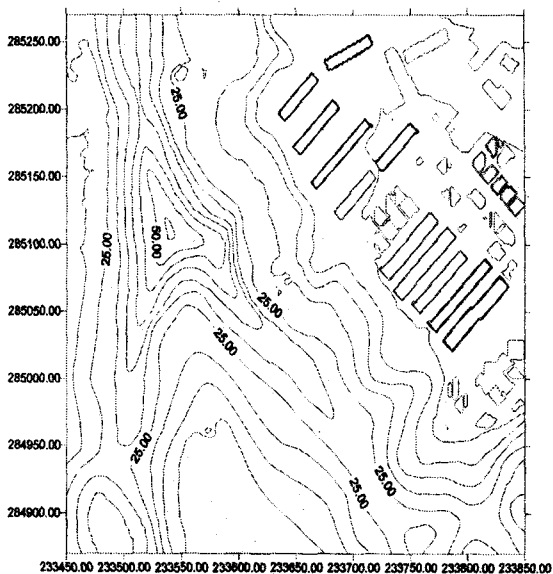
그림 3.3 색영상(RGB)로 표현된 DEM



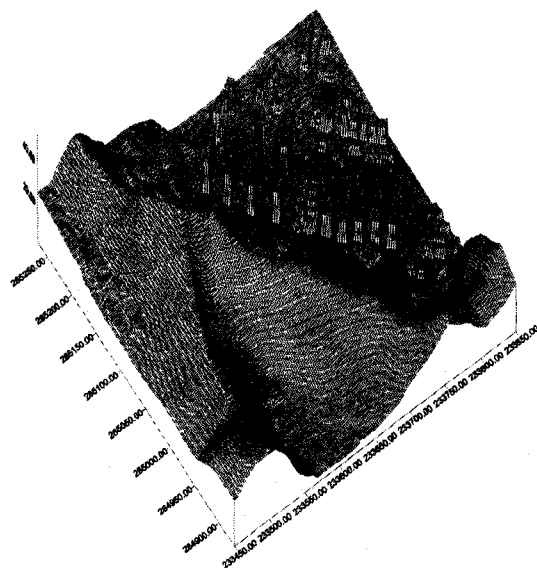
(a) 등고선도(원지형)



(b) 입체격자도(원지형)



(c) 등고선도(건물포함 지형)



(d) 입체격자도(건물포함 지형)

그림 3.4 DEM으로부터 작성된 등고선도와 입체도

또한, 본 연구에서는 기존의 수치정사투영상 제작시 건물에 의한 사각지역의 발생과 이에 따른 엄밀정사투영상의 생성에 난점이 있었던 점을 해결하기 위하여 DEM제작시에 대상지역의 자연적인 지형기복과, 건물 등 수직거리차가 큰 인공구조물에 의한 사진상 기복변위를 감안하여 자연지형과 인공구조물의 특성을 구분한 기법을 도입하여 DEM을 생성하고, 이를 바탕으로 보다 엄밀한 정사투영상이 생성되도록 하였다.¹⁴⁾

3.5 수치정사투영영상의 생성

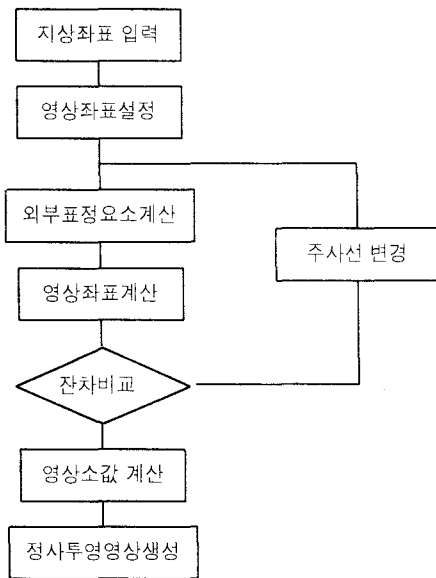


그림 3.5 수치미분 편위수정의 과정

3차원 경관도의 제작에는 수치표고모형과 그 지역의 수치정사투영영상이 필요하다. 본 연구에서는 생성된 수치표고모형을 이용하여 수치정사투영영상을 제작하였다. 본 연구에서 수치정사투영영상은 그림 3.5와 같은 수치미분편위수정 과정을 통하여 제작되었다.

생성된 정사투영상은 대상지역의 영상크기는 400 pixel × 400 pixel이며, 그림 3.7과 같다.

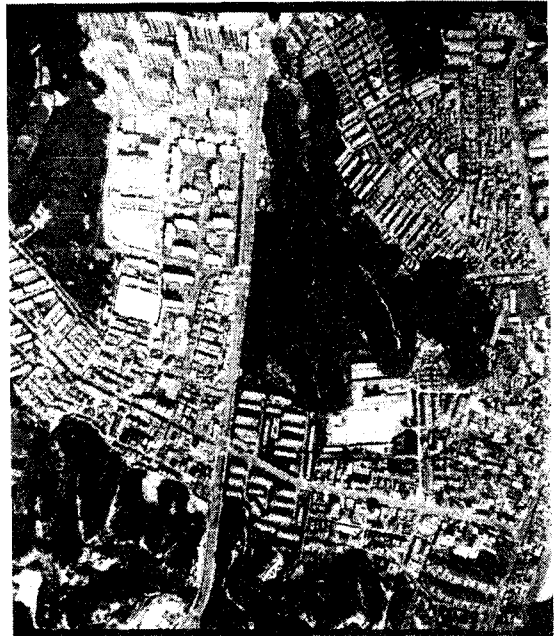


그림 3.6 수치항공사진(전체지역)



그림 3.7 대상지역의 수치정사투영 영상

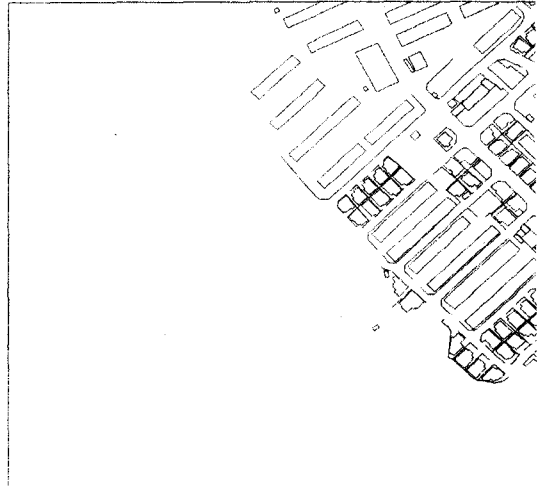
3.6 수치영상지도 제작

수치영상자료로부터 정사투영영상의 영상소값을 추출하는 방법으로는 지상좌표로부터 계산된 영상좌표 주위에 있는 4개의 영상소값의 거리에 따른 가중평균 값을 출력영상의 영상소값으로 사용하는 공일차보간법(bilinear interpolation)을 적용하였다.

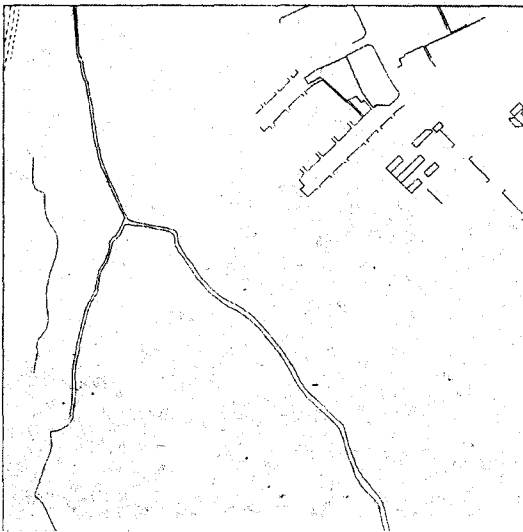
본 연구에서 생성한 정사투영영상은 그림 3.7과 같다. 본 영상을 3차원적으로 표현하면 입체감있는 영상을 얻을 수 있고, 이것은 경관분석, 수로분석, 경사분석 등에 다양하게 이용될 수 있다. 또한, 정사투영영상에 수치표고모형으로부터 생성된 등고선과 중첩축의 좌표값을 중첩시키면 3차원 기복으로 표현된 정사투영 사진지도를 제작할 수 있다. 본 연구에서 제작된 정사투영사진지도는 그림 3.9와 같다.



(a) 등고선도



(c) 건물



(b) 도로



(d) 중첩된 지형도

그림 3.8 수치지도

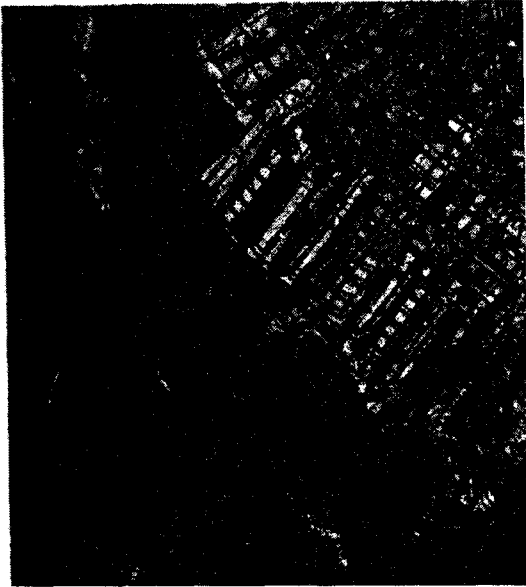


그림 3.9 작성된 수치영상지도

4. 결론 및 고찰

본 연구에서는 PC를 기본으로 하는 저가의 graphic station과 지형공간정보체계를 이용하여 수치지형모델(DEM)을 구축하여 등고선도와 음영기복도, 3차원입체도를 작성하였다. 또한 항공사진을 scanning하여 수치영상을 만들고, 이로부터 정사투영영상을 작성하였다. 아울러, 구축된 DEM과 수치지도, 항공사진을 합성하여 수치영상지도를 제작하였으며, 다양한 지형분석과 각종 계획입안에 쓰일 수 있도록 여러 가지 형태의 수치영상지도를 출력하였다.

한편, 기존의 DEM자료가 원지반을 대상으로 하여, 산지나 농촌지역 등 자연지형에 가까운 경우에는 정사투영상 제작에 어려움이 없으나, 높은 건물이 있는 도시지역에서는 기복변위로 인한 건물의 경사촬영상으로 인하여 건물의 측면이 나타나거나, 사각지역이 크게 발생하므로써 엄밀한 정사투영상 제작에 곤란한 점이 많았다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 개선하기 위하여, 자연지형에 더하여 건물의 높이를 고려한 DEM구축방안을 도입하므로써 항공사진으로부터 건물의 정확한 정사투영상을 생성할 수 있게 하였으며, 건

물의 형태를 포함 3차원 입체도를 작성할 수 있게 하였다.

따라서 본 연구에서는 건물이 많이 포함된 도시지역의 항공사진을 이용한 3차원 입체영상의 제작에 효율적이며, 각종 계획 및 모의실험(simulation), 동영상 등을 통한 애니메이션 제작 등에 효과적으로 이용될 수 있는 방안을 제시하였다.

이와 같은 현황에 비추어 본 연구의 결과는 다음과 같은 분야에 효율적으로 활용될 것으로 기대된다.

- 판독성 제고 :

기존의 지형도나 수치지도가 line map 위주로 되어 있고, 지형지물이 등고선이나 도식기호로 표기되어 있으므로 지형지물의 판독에 상당한 숙련도를 요구한다. 이에 비하여 수치영상지도는 대상지역의 사진영상을 그대로 이용하므로 직관적 판독성이 높다.

- 수정용이, 최신자료 입력 및 분석 :

최근의 변화된 상황을 부분적 또는 전면적으로 재촬영하여 편집 수정하므로써 정확한 토지현황을 파악하기가 용이하다.

- 자원, 환경, 토지문제, 도시계획 등에의 활용도 :

지형도로서의 정량적 특성, 위치정보의 추출 등은 물론, 기존의 도식으로 표현 불가능한 영상정보의 활용으로 자원, 환경, 토지, 도시 문제의 현황파악과 계획수립에 유용하다.

- 제작 경비저렴 :

기존의 사진지도가 고가의 장비와 많은 경비와 시간을 소요하는데 비하여, 수치영상지도는 저가의 graphic station과 지형공간체계를 이용하므로 저렴한 경비로 제작과 보급이 용이하다.

참 고 문 헌

1. Welch, ., T.R.Jordan, M. Ehlers, "Comparative Evaluation of the Geodetic Accuracy and

- Cartographic Potential of Landsat-4 and Landsat-5 Thematic Mapper Image Data," P.E.& R.S., Vol.51, No.11, 1985, pp.1799-1812.
2. Ehlers, M., "The Effects of Image Noise on Digital Correlation Probability," P.E.& R.S., Vol.51, No.3, 1985, pp.357-365.
3. Rosenholm, D., "Least Squares Matching Method ; Some Experimental Results," Photogrammetric Record, Vol.12, No.70, 1987, pp. 493-512.
4. Förstner, W., "Digital Image Matching Techniques for Standard Photogrammetric Application," P.E.& R.S., 1987.
5. 위성영상을 이용한 3차원 정사투영영상 생성법에 관한 연구, 국방과학연구소, 1991. 12
6. 주현승, 항공사진을 이용한 정사투영 사진지도에 관한 연구, 연세대 석사학위논문, 1992.
7. 한동석, 영상정합을 위한 epipoalr 기하상태 형성에 관한 연구, 연세대 석사학위 논문, 1992.
8. 이석군, 정수, 김원대, 조홍석, "위성영상을 이용한 정사투영사진지도 제작에 관한 연구," 한국지형공간정보학회 93학술발표회 개요집, 1993. 10.
9. 유복모, 이현직, 정수, 조홍석, "수치사진측량기법에 의한 항공사진으로부터 정사투영사진지도의 제작," 한국지형공간정보학회 논문집, 제2권, 제1호, 1994. 6, pp.69-76.
10. 유복모, 정수, 김원대, "항공사진을 이용한 3차원 경관도 제작," 한국지형공간정보학회 논문집, 제3권, 제1호, 1995. 6, pp.105-113.
11. 권현, 이현직, 박효근, "영상분할기법을 이용한 수치항공영상 해석에 관한 연구", 한국지형공간정보학회 논문집, 제2권, 제2호, 1994.12, pp.131-142.
12. 손덕재, 이종훈, "색변환과 영상개선기법을 이용한 SPOT P-mode와 XS-mode 영상합성", 한국측지학회 지, 제9권, 제2호, 1991, pp.103-113.
13. 유복모, 손덕재, 박정남, 정수, " SPOT 위성의 수치영상자료를 이용한 정사투영사진지도의 제작에 관한 연구," 한국지형공간정보학회 논문집, 제1권, 제2호, 1993. 12, pp.83-96.
14. Fahmi Amhar, R. Ecker, "An Integrated Solution for the Problems of 3D Man-made Objects in Digital Orthophotos", International Archives of Photogrammetry & Remote Sensing, Vol. XXXI, Part B4, Vienna 1996, pp.84-89.