

# 항공사진영상 데이터베이스 활용에 관한 연구

## A study on the application of Aerial Photo Image Database

이현직\* · 이승호\*\* · 구대성\*\* · 용민\*\*

### 1. 서론

21세기가 시작된 지금 사회정보의 방대함은 계속해서 증대되고 있으며 이러한 정보 중 지형정보에 대한 유용성은 시시각각으로 변화하고 있다. 또한 지형정보의 중요성은 갈수록 크게 확대되고 있으며, 전체 인구의 약 70%가 도시지역에서 생활하고 있음에 따라 실질적인 GIS(Geographic Information System)와 연관된 수치지도의 생성은 도시의 성장 및 변화를 관찰하는데 유용한 수단이 되어지고 있다.

1995년부터 시작된 NGIS 사업과 2000년부터 구축되어진 항공사진영상 데이터베이스는 항공사진을 통하여 지형정보인자를 확인하고 추출하여 보다 정확한 GIS를 구축하는데 큰 목적이 있다. 특히 항공사진의 경우 항공사진을 이용한 2차제품(수치지도, 수치표고모형, 3차원 투시도, 정사투영영상)의 생산을 통하여 보다 큰 정보의 추출 및 공유가 가능하게 되었다.

그러나 항공사진영상 데이터베이스에 구축되어진 항공사진의 경우 불법가옥탐사용 및 기타 지형정보확인 목적으로 촬영된 항공사진이 전체 항공사진의 약 60%를 차지하고 있다. 이러한 항공사진의 경우 현지에서 측량된 지상기준점을 포함하지 않아서 수치지도를 생성하는데 많은 어려움이 있으며, 이러한 문제를 해결하기 위해 부득이하게 수치지도나 종이지도에서 취득되어진 지상기준점을 사용하여 2차제품을 생산하고 있는 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 항공사진영상 데이터베이스의 활용방안으로 지상기준점 추출방법에 따른 수치표고모형 및 정사투영영상을 생성하여 위치정확도 분석을 수행함으로써 항공사진영상 DB의 활용성 증대에 기여하고자 하고 항공촬영 된 영상을 스캐닝하여 개인용 컴퓨터 내에서 수치사진측량기법에 의해 에피폴러 영상을 만들고 이를 기반으로 3차원 수치지도를 제작하고 에피폴러 영상으로부터 특정정보를 명확하게 추출하기 위한 기존 영상처리기법의 활용방안 및 개선된 기법을 제시하는데 목적이 있다.

### 2. 수치지도제작을 위한 수치영상처리

항공사진을 스캐닝하고 표정을 통하여 제작한 에피폴러 영상은 중첩이 됨으로 인하여 입체시가 가능하며 각각의 영상에 포함되어진 영상소의 시치를 분석함으로써 건물이나 도로의 상대적인 높이값을 추출 할 수 있다. 따라서 에피폴러 영상에서 수치값을 취득할 경우 곧바로 3차원의 수치값을 지니게 되며, 좌표변환을 통하여 3차원 수치지도의 생성이 가능해 진다.

에피폴러 영상으로부터 지형공간정보의 수치값을 추출하기 위해서는 특정 대상물의 밝기값 분포특성을 해석하여야 하며, 해석된 분포특성으로부터 정확한 경계의 인식은 필요에 따라 적절한 연산자를 적용하여 수행하여야 한다.

---

\* 정회원 · 상지대학교 토목공학과 조교수  
 \*\* 정회원 · 상지대학교 토목공학과 GIS 및 지형정보연구실 연구원  
 \*\* 정회원 · 상지대학교 토목공학과 GIS 및 지형정보연구실 연구원  
 \*\* 정회원 · 상지대학교 토목공학과 GIS 및 지형정보연구실 연구원

영상이란 각 화소의 밝기값  $f(x, y)$ 을 연속적으로 표현하는 2차원 함수의 집합이다.  $f(x, y)$ 값의 범위는 512, 256, 128, 64, 32 등 여러 가지가 있으나 일반적으로 항공사진의 스캐닝에는 256단계(8비트, 결국 1바이트/화소)의 회색등급을 사용한다. 밝기값의 범위는  $0 \leq f(x, y) \leq 255$ 이고, 본 연구의 모든 영상처리는 이 범위를 벗어나지 않는다.

에피폴러 영상으로부터 지형공간정보의 수치값을 추출하기 위해서는 특정 대상물의 밝기값 분포특성을 해석하여야 하며, 해석된 분포특성으로부터 정확한 경계의 인식은 필요에 따라 적절한 연산자를 적용하여 수행하여야 한다.

### 2.1 경계선 검출

영상에 있어서 경계선이란 화소들의 밝기값이 급격하게 변하는 곳이 연속적으로 분포하는 경우를 말한다. 따라서 영상으로부터 특정 정보를 추출하기 위해서는 화소들의 밝기 농도가 급격히 변하는 곳을 먼저 인식하여야 하며 이렇게 농도가 급변하는 곳은 1차미분(Gradient)과 2차미분(Laplacian)을 사용하여 구할 수 있다. 본 연구에서는 수치화상 처리를 위하여 경계선의 방향에 관계없이, 농도변화의 크기에 따른 미분값을 계산해야 함으로 2차미분인 라플라스 연산자(Laplacian operator)를 사용하였다. 라플라스 연산의 형태는 식(1)과 같다.

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \tag{1}$$

수치화상에서 라플라스 연산은 식(2)로 정의된다.

$$\begin{aligned} \nabla^2 f(i, j) &= \Delta_x^2 f(i, j) + \Delta_y^2 f(i, j) \\ &= [\Delta_x f(i+1, j) - \Delta_x f(i, j)] + [\Delta_y f(i, j+1) - \Delta_y f(i, j)] \\ &= [f(i+1, j) - f(i, j) - \{f(i, j) - f(i-1, j)\}] \\ &\quad + [f(i, j+1) - f(i, j) - \{f(i, j) - f(i, j-1)\}] \\ &= [f(i+1, j) + f(i-1, j) + f(i, j+1) + f(i, j-1)] \\ &\quad - 4f(i, j) \end{aligned} \tag{2}$$

식 (2)를 가중행렬의 형태로 나타내면 그림 1이 되며, 이를 사용하여 화상에 적용시키면 화상의 라플라시안을 구할 수 있다.

0	1	0
1	-4	1
0	1	0

그림 1. 라플라시안 연산자

영상에서 가장 단순하고 빠른 경계선 검출 방법은 일련의 화소들을 감산한 값에서 최대값을 결정하는 것이다. 그림 1에서처럼 라플라시안 연산자(Homogeneity operator)는 3x3 중심 픽셀로부터 주변의 8 픽셀들을 각각 감산하면, 연산자의 출력은 각 차이의 절대값 중에서 가장 큰 값이 된다.

그림 2는 원 영상의 경계선을 나타낸 것이며, 그림 3은 라플라시안 처리를 한 경계선을 나타내고 있다. 라플라시안을 적용할 경우 경계선의 상단과 하단에서 각각 양과 음의 침두부가 발생하게 되므로 경계의 위치를 찾기 위해서는 두 침두부의 중앙에서 라플라시안이 0이 되는 장소 즉, 영점 교차점(zero-crossing)을 찾으려면 된다.

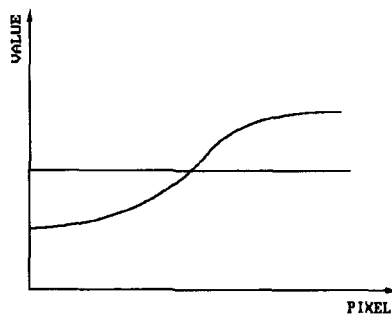


그림 2 원 영상의 그래프

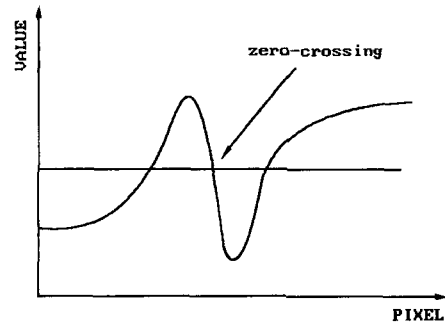


그림 3 라플라시안 처리를 한 영상

그러나 라플라시안은 그림 3과 같은 특징에 의해 잡음에 강하게 반응하기 때문에 이에 대한 적절한 대책이 필요하다. 미리 화상을 평활화 해 두거나, 화상중에 나타난 가중 매트릭스로 화상을 필터링하는 방법 등 여러 가지 방법이 있을 수 있으나, 본 연구에서는 화소의 크기가 미리 입력되어진 최소 인식 범위보다 작은 경우 잡음으로 간주하여 소거하도록 하였다. 2차적인 수단으로 오류가 있을 경우 직접 대상물의 영역을 지정하여 수정할 수 있도록 하였다.

## 2.2 Hough 변환

근본적으로 라플라시안은 화소의 농도에 근거하여 처리하기 때문에 외곽이 선형인 정보를 선형으로 인식하지 못하고 단지 연속된 화소로만 인식할 뿐이다. 에피폴로 영상내의 지형공간정보는 대부분이 선형으로 이루어져 있으며, 특히 도로나 선물의 경우 직선의 조합으로 구성되어 있기 때문에 선형의 인식은 매우 중요하다.

영상으로부터 선형선분을 인식하기 위해서는 함수를 이용하거나 선도형 추적방법을 사용해야 한다. 함수를 이용하는 방법 중 대표적인 것이 허프 변환으로서 기울기와 절편에 의해 직선을 구하는 방법과  $\rho$   $\theta$  좌표를 이용하여 구하는 방법 두 가지로 나누어진다. 첫 번째 방법은 직선의 방정식  $y=ax+b$ 를 이용하여 매개변수  $a$ 와  $b$ 에 의해 영상에서 직선을 추출하는 방법이다. 화소 A를 지나는 직선은 무수히 많이 존재하지만 화소 B를 동시에 지나는 직선은 오직 하나이다. 이때 화소 A를 지나는 직선의 방정식은  $y_a=ax_a+b$  이고, B를 지나는 직선의 방정식은  $y_b=ax_b+b$  이다. 두 식을 연립하여 매개변수  $a$ 와  $b$ 를 구하면 두 화소를 지나는 하나의 직선 방정식이 결정되고 이식을 만족하는 모든 화소들을 연결하여 선형을 구할 수 있다. 두 번째 방법은 XY 좌표계 상의 직선은 거리-각( $\rho - \theta$ ) 매개변수를 이용하여 직선  $y=ax+b$  으로 표현하는 방법이다.

### 2.3 지형공간정보의 영역 인식

전체영상으로부터 특정 정보에 포함되어 있는 임의의 한 화소를 인식하여, 특정정보 전체를 인식하도록 연장시키기 위해서는 선 추적이나 경계선 추출 등에 많이 사용되는 근방연산을 하여야 한다. 임의의 화소  $(i, j)$ 에 대하여, 화소의 집합  $(i+p, j+q)$ 은 그 화소에 대하여 근방이 된다. 여기서  $p$ 와  $q$ 는 적당한 정수이며, 본 연구에서는 1이다. 따라서 근방연산은 한 화소를 처리할 때 그 화소의 근방, 예를 들면 4근방 또는 8-근방의 화소를 참조해서 처리하는 것이다.

영상으로부터 대상을 인식하기 위한 근방연산의 단계는 다음과 같다.

- 1단계 : 정사투영영상 전체를 대상으로 라플라시안 경계선 추출법과 하프변환 방법을 조합하여 경계선을 추출한 후 원래의 영상에 중첩한다.
- 2단계 : 영상의 첫 화소에서 시작하여 배경영상과 특정도형의 경계점중 탐색완료 표시가 있는 화소는 이미 탐색이 끝난 것이므로 건너뛰고, 표시가 없는 화소를 발견하면 그 화소를  $f_0$ 로 하여 8-근방탐색을 시작한다. 이때 전 단계에서 추출된 경계선은 폐합이 되어 있어야 한다.
- 3단계 :  $f_0$ 의 8-근방은 먼저  $f_1$ 에 대하여 탐색을 시작하여 반시계 방향으로 차례로 검색하여 경계선이 출현할 때까지 탐색 완료 표시하며 계속 반복하여 수행한다. 만약 8-근방의 화소가 모두 0-화소일 때  $f_0$ 를 고립점으로 인식하고 그 점에 대한 탐색을 끝낸다.
- 4단계 : 폐합된 경계선내의 모든 영역이 인식되면 인식된 영역 전체를 밝기값 255로 변환시키고 다음 측정 영역을 찾아 이동한다.

## 3. 관측 및 관측값 해석

정량적인 목적으로 제작되어진 항공사진의 경우 측량을 통한 지상기준점을 포함하고 있지 않음으로 인하여 수치사진이나 종이지도에서 지상기준점을 추출하여 2차제품을 생성한다. 본 연구에 선정된 항공사진은 과천시 2차 GIS사업의 일환으로 촬영된 사진 중 15 스트립의 11, 12번 사진이다.

### 3.1 지상기준점 취득

지상기준점에 따른 오차를 분석하기 위하여, 항공삼각점을 이용한 지상기준점, 해석도화지도 및 1:1,000 수치지도, 1:1,000 종이지도, 1:5,000 수치지도, 1:5,000 종이지도 등 총 5개의 지도를 이용하여 지상기준점을 취득하였다. 1:1,000 종이지도는 판매하지 않은 관계로 1:1,000 축척에 맞게 종이에 출력하여 사용하였다.

항공삼각점을 이용한 경우 지상좌표가 결정되어져 있으므로, 쉽게 X, Y, Z값을 취득 할 수 있었으며, 좀더 정확한 표정을 위하여 실험 대상지역 전반에 걸쳐 총 8개의 지상기준점을 결정하였다. 지도를 이용하여 취득된 지상기준점은 총 10개 (XY 좌표 7개, Z 좌표 3개)로서, 이 좌표들을 이용하여 표정을 수행하였으며, 종이지도의 지상기준점 취득방법은 수동독취기를 사용하였다.

취득되어진 지상기준점은 각각의 자료원에 따라서 오차가 발생하며, 발생한 오차량에 따라서 정사투영영상의 정확도에 영향을 미치게 된다. 취득 자료에 대한 정확한 오차값을 분석하기 위하여 각각의 자료원에 대한 좌표값의 평균거리오차와 평균제곱근오차를 구하여 오차값을 분석하였다. 항공삼각점을 이용하여 얻어진 지상기준점과 지도상에서 얻어진 지상기준점이 전혀 다른 위치임으로 인하여 절대표정단계 전까지는 해석도화원도에서 얻어진 좌표값을 최확값으로 분석을 수행하였다.

표 1. 표정전 취득자료별 상대적 오차분석

취득 자료원	(단위 : m)			
	1:1,000 수치지도	1:1,000 종이지도	1:5,000 수치지도	1:5,000 종이지도
비교값				
평균거리오차	0.94	7.26	8.65	5.98
평균 제곱근 오차	0.78	2.66	2.28	1.69

3.2 항공사진의 표정

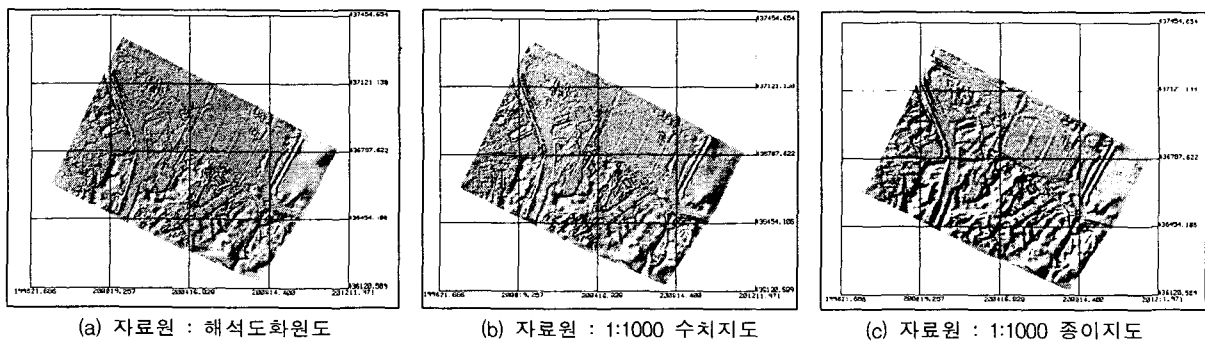
수치사진측량에 있어서 도화작업을 위한 입체사진은 완전히 표정되어 있어야 하며, 완전한 표정을 위해서는 내부표정, 상호표정, 절대표정의 단계를 수행하여야 한다. 본 연구에서는 각각의 지상기준점을 이용하여 총 6번의 내부·상호·절대표정을 수행하였다. 내부표정과 상호표정은 사진의 내부좌표를 이용하여 수행함으로써 오차값의 차이가 없으며 절대표정 후에 각 값들에 대한 상대적 거리오차를 분석하였다.

표 2. 표정 후 취득자료별 상대적 오차분석

취득 자료원	(단위 : m)			
	1:1,000 수치지도	1:1,000 종이지도	1:5,000 수치지도	1:5,000 종이지도
비교값				
거리오차의 평균	0.53	6.98	8.50	5.53
평균제곱근오차	0.27	1.20	1.12	1.37

3.3 수치표고모형 생성

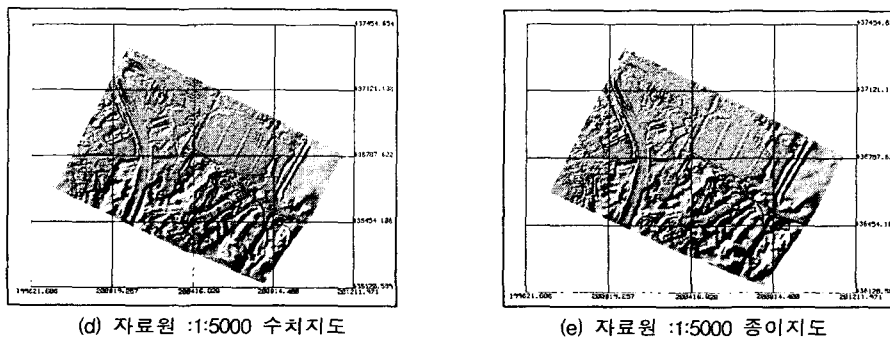
수치표고모델의 생성을 위하여 각각의 표정영상에서 0.2m간격으로 하여 수치표고모델을 생성하였다. 그림 4. 에 생성된 수치표고모형은 항공삼각점을 이용한 수치표고모형을 최확값으로 판단하고 나머지 수치표고모형의 잔차를 2배 확대하여 도식적으로 표현한 것이다.



(a) 자료원 : 해석도화원도

(b) 자료원 : 1:1000 수치지도

(c) 자료원 : 1:1000 종이지도



(d) 자료원 : 1:5000 수치지도

(e) 자료원 : 1:5000 종이지도

그림 4. 각 자료원 별 잔차 수치표고모형

### 3.4 지상기준점 취득방법에 따른 정사투영영상의 정확도 분석

각 자료원에서 추출되어진 지상기준점으로 제작되어진 수치표고모델을 이용하여 정사투영영상을 생성하였다. 정사투영영상을 통하여 도화원도와외의 지상기준점에 대한 오차 및 정확도 분석을 하였다. 그림 5는 전체 정사투영영상중 대표적인 항공삼각점을 이용하여 취득된 지상기준점을 사용하여 생성된 정사투영영상이다.

항공삼각점을 이용하여 추출되어진 지상기준점의 경우 나머지 자료원의 지상기준점과 위치가 다르기 때문에 표정전과 표정후에 대한 정확한 비교를 할 수 없었으며, 절대표정단계까지는 해석도화원도를 자료원으로 하는 항공삼각점을 이용하여 생성되어진 정사투영영상에서 나머지 자료원에 대한 지상기준점의 위치값을 추출하였다.

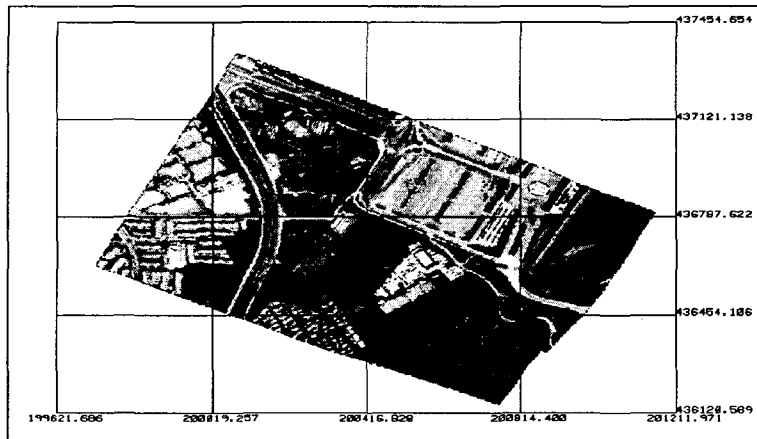


그림 5 항공삼각점을 이용하여 생성된 정사투영영상

표 3은 각각의 지상기준점의 상대적인 오차값의 결과값이다.

표 3 정사투영영상 생성 후 지상기준점에 대한 취득자료별 상대적 오차분석

(단위 : m)

취득 자료원 \ 비교값	해석도화원도	1:1,000 수치지도	1:1,000 종이지도	1:5,000 수치지도	1:5,000 종이지도
	평균거리오차	0.13	0.79	6.97	8.63
평균 제공근 오차	0.05	0.34	1.07	1.06	1.36

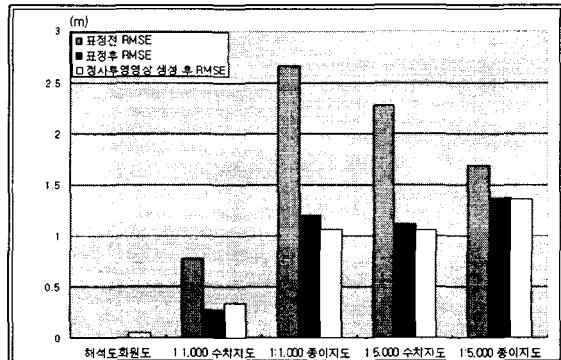
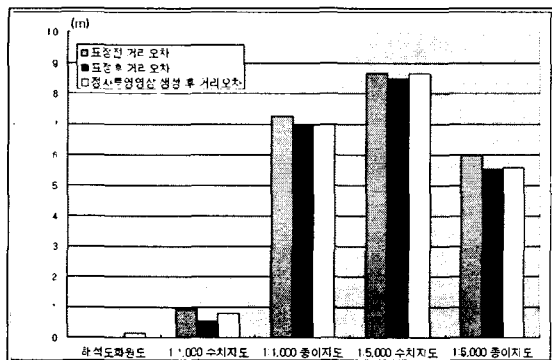


그림 6 자료원에 따른 정사투영영상의 거리오차 및 평균제공근 오차값

그림 6에 나타난 바와 같이 해석도화원도를 자료원으로 사용할 경우 오차가 거의 발생하지 않음을 알 수 있었으며, 1:1,000 수치지도의 경우도 1m 미만의 오차가 발생하는 것을 알 수 있었다. 또한 정사투영영상의 오차는 표정전의 오차값과 거의 비슷한 것으로 인하여 초기 취득자료원의 정확도가 정사투영영상에도 비슷한 오차값으로 나타난다는 것을 확인 할 수 있었다.

#### 4. 벡터처리기법을 통한 3차원 수치지도 제작

절대표정이 수행된 후에 생성되어진 에피폴러 영상을 이용하여 영상과 같이 화소의 밝기값에 의해 지형 공간정보를 추출하였다. 에피폴러 영상으로부터 특정 대상물의 정보를 추출하기 위해선 기존의 수치영상처리 기법으로는 한계가 있었으며, 특정 대상물을 정확하게 추출하기 위해서 본 연구에서는 기존 기법의 조합과 개선, 그리고 새로운 수치영상처리기법을 적용하였다. 특정 대상물의 추출을 위하여 라플라시안 방법과 허프 변환 방법을 이용하여 보다 명확하게 영상에서 특정 대상물의 경계선을 추출하였으며, 추출 되어진 경계선은 8근방 영역탐색 및 재매핑 기법을 적용하여 특정 정보로 추출 할 수 있도록 하였다.

##### 4.1 정보의 인식

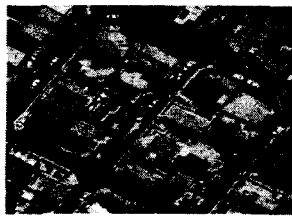
영상으로부터 특정 대상물을 추출하는데 사용되어지는 기존의 방법은 경계선 추출방법이며, 경계선 추출 방법에서 가장 대표적인 방법은 라플라시안 방법과 허프 변환 방법이다.

라플라시안 방법은 영상의 화소단위로 밝기값을 처리하여 특정 대상물을 추출하는 방법이며, 허프 변환 방법은 영상으로부터 직선형을 추출하는 방법이다. 그러나 라플라시안의 경우 선형과는 관계없이 영상의 화소단위로 밝기값을 처리함으로 인하여 선형으로 구성되어진 정보의 경우 정확한 경계값을 추출하기 어려우며, 허프 변환 방법의 경우 2진 영상에서만 처리가 가능함으로 인하여 원활한 경계선을 추출 할 수 없다.

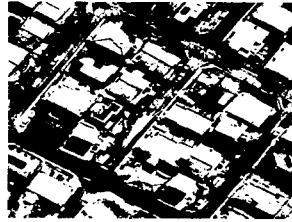
따라서 본 연구에서는 라플라시안 방법과 허프변환 방법을 이용하여 보다 명확하게 영상에서 특정 대상물의 경계선을 추출하였으며, 추출 되어진 경계선은 8근방 영역탐색 및 재매핑 기법을 적용하여 특정 정보로 추출 할 수 있도록 하였다.

##### 4.2 건물의 인식

건물의 경우 라플라시안 방법과 허프변환 방법만으로는 그늘, 사각지대 등과 같은 주변여건으로 인하여 경계인식에 한계가 있었다. 본 연구에서 역시 건물경계의 자동추출은 매우 어려운 문제였으며, 결국 많은 부분을 반자동으로 처리하였다. 보다 효과적인 추출을 위하여 원래의 영상에 명암대비를 인위적으로 강하게 하고 라플라시안 연산자에 의해 경계선을 추출한 다음 2진 영상으로 변환하였다. 이 같은 방법으로서 명암대비가 확실한 부분에 대해서는 양호하게 선형을 추출 하였지만 건물의 외곽을 정확하게 파악 할 수는 없었다. 그러서 2진 영상을 이용하여 허프변환을 수행하였으며, 그 결과 2진 영상으로 변환과정시 영상에 많은 손실이 발생하여 건물의 경계선이 명확하게 추출되지 않았지만, 라플라시안 방법에서 나타났던 옥상의외곽의 기와 부분이 직선으로 인식되어 있음을 알 수 있었다. 이렇게 추출되어진 영상의 직선들을 이용하여 8근방 영역탐색 및 재매핑 단계에서 영역 인식을 위한 1차 경계선으로 활용하였으며, 이 경계선을 이용하여 건물영역을 인식 할 수 있었다.



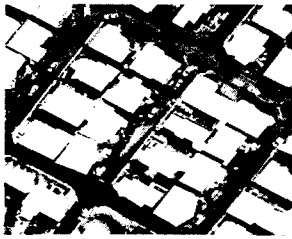
(a) 원 영상



(b) 명암대비를 강하게 만든 영상



(c) 추출되어진 건물의 1차 경계선



(d) 재매핑기법에 의하여 인식된 건물 영역



(e) 추출되어진 건물 영역

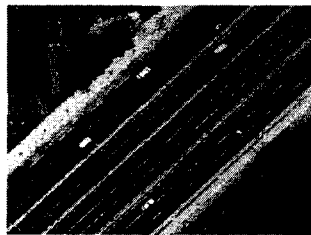


(f) 추출되어진 벡터선형

그림7. 건물 영역 인식 과정

### 4.3 도로외곽 경계선의 인식

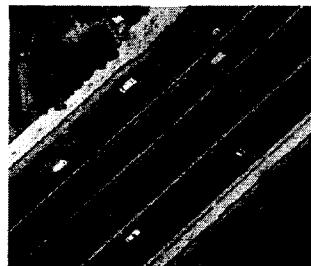
도로의 경계라고 불리는 지역은 차선자체의 값이 아니며, 노선이 바깥쪽 지형과 맞붙는 지역까지를 차선이라고 한다. 따라서 포장된 도로의 차선을 기준으로 도로를 나타낼 경우 정보의 공백이 발생하기 때문에 외곽까지 인식을 해주어야 한다. 도로 역시 건물영역을 추출하는 방법과 동일하게 하여 도로외곽 경계와 도로 선형을 추출하였다.



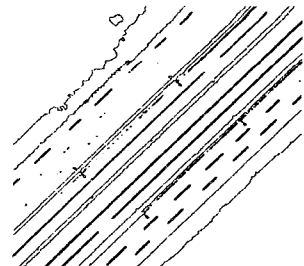
(a) 원영상



(b)추출되어진 도로 및 도로 외곽영역



(c) 도로와 차선의 중첩



(d) 추출되어진 도로 및 도로외곽 선형

그림 8. 도로 및 도로 외곽 인식 과정



#### 4.4 3차원 수치지도 제작

벡터로 추출되어진 도형정보는 에피플러 영상에 의하여 두장의 벡터파일이 만들어지며 이 값들을 분석하여 3차원의 값을 추출하였다. 또한 에피플러 영상을 이용하여 수치표고모형을 생성하고 생성된 수치표고모형과 3차원값이 입력된 수치지도를 중첩하여 보다 정확한 벡터를 생성하였다

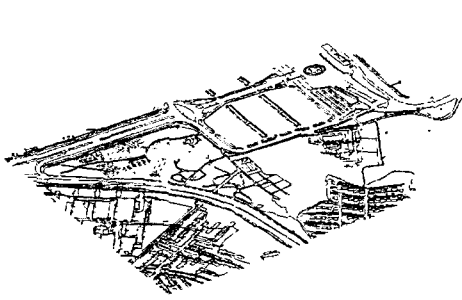


그림 9. 3차원 값이 입력된 수치지도



그림 10. 3차원 수치지도가 입력된 수치표고모형

### 5. 결 론

본 연구에서는 항공사진영상 데이터베이스의 활용을 위하여 지상기준점 추출에 따른 정사투영영상을 생성하고, 생성되어진 정사투영영상의 오차값을 비교분석 하였다. 또한 3차원 수치지도를 제작하기 위하여 에피플러 영상을 기반으로 하는 수치영상처리 기법을 적용하고, 여러 가지 영상 및 벡터처리 기법을 적용하였으며, 높이값을 시차를 통한 자동추출 방식을 사용하여 실제 3차원 수치지도를 제작해 본 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 해석도화원도. 1:1,000, 1:5,000 종이지도 및 수치지도를 이용하여 지상기준점을 추출하여 생성된 각각의 정사투영영상의 평균거리오차가 1:1,000 수치지도를 자료원으로 하는 정사투영영상의 평균거리오차가 1:1,000 수치지도 작성 기대정확도인  $\pm 1.00m$ 를 만족함을 알 수 있었으며, 1:5,000 종이지도를 자료원으로 하는 정사투영영상의 평균거리오차가 1:5,000 수치지도 작성기대정확도인  $\pm 5.42m$ 를 만족함을 알 수 있었다.
2. 1:1,000 종이지도의 경우 1:1,000 수치지도를 출력하여 만든 2차 제품을 감안할 때, 1:1,000 종이지도 상에서 지상기준점을 추출하여 생성되어진 정사투영영상의 오차값이 가로수를 제외한 나머지 Layer에서 1:5,000 수치지도의 기준을 만족하지 못하는 결과값을 나타내었다. 이로서 2차 제품에서의 지상기준점의 추출은 목적에 따라 많은 제한을 받을 수 있다는 결론을 얻을 수 있었다.
3. 에피플러 영상에서 특정 정보의 경계선 검출을 위하여 라플라시안과 하프변환의 조합기법을 적용한 결과 매우 양호한 결과를 얻을 수 있었으며, 건물이나 도로의 차선 등과 같이 경계선으로 폐합된 대상물의 경우 8근방탐색법에 의한 영역매핑기법을 적용함으로써 보다 효율적으로 대상물을 추출할 수 있었다.
4. 에피플러 영상에서 추출되어진 벡터의 시차값을 분석하고 중심값의 분석을 통하여 3차원 값을 지닌 건물 및 도로 Layer를 생성할 수 있었으며, 이 결과를 이용하여 3차원 수치지도를 생성할 수 있었다.

이상과 같은 결론을 통하여 항공사진영상 데이터베이스의 활용방안에 있어 지상기준점이 없는 경우 지상 기준점의 추출에 대한 기준을 성립할 수 있었으며, 보다 정확한 정사투영영상을 생성할 수 있었다. 또한 에 피폴리 영상을 통하여 특정정보의 영역을 추출하고 시차값의 계산은 통하여 3차원 수치지도의 생성에 있어서 보다 자동화된 방법을 제시하였다. 그러나 지류계와 같은 선형의 추출은 복잡한 지형과 화소 밝기값의 분포로 인하여 추출할 수 없었으며, 앞으로 이 부분에 대하여 지속적인 연구와 보다 정확한 3차원 수치지도의 생성에 관한 심도있는 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## 참고문헌

1. 유복모, 사진측정학 개론, 회중당, 1999.
2. 이현직, 최석근, 신동빈, 박경열, 국가기본도 수치지도제작 데이터베이스의 품질 확보에 관한 연구, 한국측지학회지, 1997.
3. 이현직, 손덕재, 국가기본도 수치지도제작 과정에서 입출력장비에 따른 위치정확도 분석, 한국측지학회지, 1998.
4. 국립지리원, 사진측량에 의한 수치지도의 수정, 국립지리원, 1998.
5. 국립지리원, 항공사진의 자동독취에 관한 최적화 방안에 대한 연구, 국립지리원, 2000.
6. Marr, D. and Hildren, E. Theory of Edge Detection, Psychology Department and Artificial Intelligence Laboratory, M.I.T., 1980
7. Gruen, A., and Li, H., Semi-Automatic Linear Feature Extraction By Dynamic Programmin-g and LSB-Snakes, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 1997.
8. Moffitt, H. F. and Mikhail, E. M., Photogrammetry, Harper & Row Publishers, 1980.
9. 유환희, 손덕재, 김성우, 건물 DEM 생성을 위한 경계검출법 개발, 한국측량학회지, 1990.
10. 박경식, 수치정사투영영상을 기반으로 한 수치지도제작 방법, 충북대학교 대학원 박사학위논문, 2001.
11. US Department of The Interior, Standards for Digital Orthophotos, US Department of the interior, 1996.
12. Wolf, P. R., Elements of Photogrammetry, McGraw-Hill International Book Company, 1983.