

항공사진 영상을 이용한 도심지역의 지형공간정보 취득 The Acquisition of Geo-spatial Information by Using Aerial Photo Images in Urban Area

이현직¹⁾ · 김정일²⁾ · 황창섭³⁾

Lee, Hyun Jik · Kim, Jung Il · Hwang, Chang Sub

Abstract

Generally, the latest acquisition method of geo-spatial informations in urban area is executed by generation of digital elevation model (DEM) and digital ortho image by digital photogrammetry method which is used large scale photo image. However, the biggest problem of this method is coarse accuracy of DEM which is automatically generated by digital photogrammetry workstation system. The coarse accuracy of DEM caused geo-spatial information in urban area to reduce of accuracy. Therefore, this study is purposed to increase of DEM accuracy which is applied to method terrain classification in urban area. As the results of this study, the proposed method of this study which is increased to accuracy of DEM by classification of terrain is better than accuracy of DEM which is automatically generated by digital photogrammetry workstaion system. And, the edge detection method which is proposed by this study is established to capability of 3D digital mapping in urban area.

요 지

일반적으로 도심지역의 지형공간정보 취득은 대축척 항공사진영상을 이용하여 수치사진측량방법에 의해 수치 표고모형(DEM) 및 정사투영영상을 제작함으로써 수행되어지고 있다. 그러나 수치사진측량방법을 이용하여 도심 지역의 지형공간정보를 취득할 때 가장 큰 문제점으로는 자동으로 추출되는 DEM의 정확도가 크게 저하되어 정사투영영상 및 수치지도의 정확도 역시 저하되는 문제점이 있다. 따라서 본 연구에서는 수치사진측량방법을 이용하여 도심지역의 DEM 정확도 향상방안에 대하여 연구함으로써 보다 정확한 도심지역의 지형공간정보 추출에 기여하는데 목적이 있다. 본 논문의 수행결과, 지형분류를 통하여 DEM을 각 지형별로 제작함으로써 일반적으로 사용하는 자동추출된 DEM에 비하여 DEM의 정확도를 크게 향상시켰으며 또한, 경계선추출방법을 적용함으로써 3차원 수치지도의 제작 가능성을 확인할 수 있었다.

핵심용어(Keywords) : 지형공간정보(Geo-spatial Information), 수치표고모형(Digital Elevation Model), 정사투영영상(Orthophoto), 경계선추출방법(Edge Detection Technique)

1. 서 론

최근 일반적으로 이용되고 있는 도시지역에 대한 지형 공간정보 취득방법으로는 도심지역을 촬영한 대축척 항공 사진을 이용하여 수치사진측량방법에 의해서 DEM과 정사투영영상 등을 생성하여 지형공간정보를 취득하고 있다. (서울시정개발연구원, 1998 ; Amhar 등, 1998 ; 이현직 등, 2002)

수치사진측량시스템을 이용하여 지형공간정보를 취득

할 때 지형공간정보의 정확도는 영상정합을 통하여 생성 되는 DEM의 영향을 가장 크게 받는다. (I.S.M, 1997 ; 유복모 등, 2002) 하지만, 자동으로 추출되는 DEM은 일반적으로 지형의 특성을 무시하고 획일적인 방법으로 DEM을 자동추출하여 사용하고 있다. 이로 인하여 DEM의 정확도는 물론, 정사투영영상의 정확도 역시 저하되고 있으며, 특히 대축척 항공사진을 이용하여 지형공간정보를 취득할 때 더 많은 문제점을 발생시키고 있다. (유복모 등, 2000) 따라서 본 논문에서는 수치사진측량시스템을 이용하여

1) 정회원 · 상지대학교 이공과대학 토목공학과 부교수(E-mail:hjikle@mail.sangji.ac.kr)
2) 정회원 · 상지대학교 대학원 토목공학과 석사과정(E-mail:kiches@dreamwiz.com)
3) 정회원 · 충북대학교 대학원 토목공학과 박사과정(E-mail:picassoh@hanmail.net)

도심지역에 대한 기존의 DEM 자동생성방법의 문제점을 분석하였으며, 발생되어진 문제점을 개선하기 위해 지형 분류를 통해 지형별 최적 DEM 생성방법을 정립하고, 도심지역 DEM의 정확도를 향상시킴으로써 보다 정확한 지형공간정보를 추출하는 데 있다.

분류된 지형은 밀집가옥지역, 고층건물지역, 산악지역 그리고 기타지역으로 분류를 하였으며, 분류된 지형에 대하여 DEM의 정확도를 향상시키기 위해 불연속선(Breakline) 설정 및 시차공식을 이용한 DEM 재생성을 통하여 도심지역에 대한 DEM의 정확도 및 정사투영영상의 정확도를 향상시킬 수 있었다.

마지막으로 본 논문에서는 보다 신속히 지형공간정보를 추출하기 위해 경계선 추출방법을 적용하여 제작된 정사투영영상에서 지형공간정보를 추출하고자 하였다.

2. 기본 이론

2.1 수치사진측량

수치사진측량(Digital Photogrammetry)은 수치영상을 기본 자료로 이용한다는 점에서 종래의 사진측량과 구분된다. 필름형태의 자료 대신 수치영상을 이용한다는 것은 단순히 매체가 바뀐다는 의미를 넘어서 컴퓨터에 의한 자동화의 가능성을 부여하게 된다.

수치사진측량은 1980년대부터 본격적으로 시작되어, 기계적 도화기와 해석도화기 이후 제 3세대 사진측량 방법으로 인식되고 있으며, 상업적 목적으로 개발된 시스템은 1990년대 이후에 와서야 소개 및 보급되기 시작했다.

수치사진측량시스템은 수치사진측량방법에 의해 사진측량과정을 자동화하는 것을 목적으로 한다. 그러나 수치사진측량은 현재까지도 개발단계에 있으며 사진측량과정의 전자동화를 최종목적으로 다양한 이론과 장비들이 연구, 개발되고 있는 중이므로, 아직까지 완전 자동화가 구현된 수치사진측량시스템의 개발은 이루어지지 않고 있다.

현재까지 대부분의 상용 수치사진측량시스템은 특수한 부가장치에 의해 컴퓨터의 모니터 상에서 입체시를 구현하고, 해석도화기에서 기계적으로 제어되었던 좌표관측을 소프트웨어적으로 처리함으로써 기존 해석도화기의 기능을 컴퓨터 환경 내에 구현한 형태이다. 더불어 부분적인 자동화 기능들이 추가되었다. 특히, 자동영상정합에 의한 등고선의 자동추출, 자동 수치정사투영영상 생성 등은 기존의 해석도화기에서는 제공되지 않던 새로운 기능들이다.

현재 보급되고 있는 상용 수치사진측량시스템을 이용하여 수치도면을 제작하는 경우에는 궁극적으로 완전자동화는 불가능하며 해석도화기에 의한 도면 제작과 마찬가지로 작업자의 수작업에 의존하여 제작이 이루어져야 한다. 그럼에도 불구하고 수치사진측량시스템에 의한 도면제작은 기존 해석도화기에 의한 방법에 비해 다양한 장점이 있다. 수치영상을 이용하므로 자료의 변형이 없음을 물론, 소프트웨어적으로 좌표가 관측되므로 기계적 마모가 없다는 것과 2인 이상이 동시에 입체영상을 관측할 수 있으므로 성과의 품질을 보다 객관적으로 평가할 수 있다는 점과 수치영상을 배경으로 하여 도화가 수행되므로 오류나 누락이 즉시 확인될 수 있다는 점등은 수치사진측량시스템의 대표적이 장점들이다.

2.2 영상재배열

2.2.1 최근린보간법

최근린보간법은 입력 격자상에서 가장 가까운 영상소의 밝기값을 이용하여 출력격자로 변화시키는 방법이다. 최근린보간법의 과정은 다음과 같다.

$$G_O(m, n) = G_P(i, j) \quad (1)$$

여기서, i 는 x 의 정수값, j 는 y 의 정수값, (m, n) , (i, j) 는 입력 및 출력 격자에서 영상소의 위치, $G_O(m, n)$ 은 입력격자에서 (m, n) 영상소의 밝기값, 그리고 $G_P(i, j)$ 는 출력격자에서 (i, j) 영상소의 밝기값이다.

2.2.2 공일차보간법

공일차보간법은 같이 선택된 점에 대해 가장 가까이 있는 4개 영상소의 평균값을 취하는 방법이다.

$$G_O(m, n) = \frac{(1-a)(1-b)G_P(i, j) + a(1-b)G_P(i+1, j) + b(1-a)G_P(i, j+1) + abG_P(i+1, j+1)}{4} \quad (2)$$

2.2.3 공이차보간법

공이차보간법은 단위 부근의 16개 영상소를 영상소 값으로 변환하여 계산하는 방법이다. 최종 보간된 밝기값은 다음과 같이 계산된다.

$$G_O(m, n) = -b(1-b)^2 G_d(i, j-1) + (1-2b^2 + b^3) G_d(i, j) + b(1+b-b^2) G_d(i, j+1) + b^2(1-b) G_d(i, j+2) \quad (3)$$

여기서,

$$G_d(m, k) = -a(1-a)^2 G_d(j-i, k) + (1-2a^2+a^3) G_P(i, k) + a(1+a-a^2) G_P(j+1, k) + a^2(1-a) G_P(j+2, k) \quad (4)$$

2.3 영상 피라미드

영상 피라미드의 기법은 영상의 해상력을 변화시켜 대상을 다양한 해상력의 2차원적 배열로 연속적으로 생성하므로 중요한 특징만을 남게하여 영상의 크기를 감소시킴으로써, 그 처리속도를 증가시키는 방법이다.

피라미드 P는 다음과 같은 영상의 집합으로 나타낼 수 있다.

$$P = \{A_{1 \times 1}, A_{2 \times 2}, A_{4 \times 4}, \dots, A_{256 \times 256}, A_{m \times m}\} \quad (5)$$

여기서, $m=2n$ 이다. 이러한 피라미드식 표현에서, $A_{m \times m}$ 는 영상의 최고 또는 최대 해상력이고, $A_{1 \times 1}$ 은 해상력이 저하된 1영상소로 이루어진 영상이다. 사지수 또는 피라미드를 생성할 때 입력된 영상에서 4개의 영상소에 대해서 계산되며, 하나의 해상력에 대해 다른 해상력으로 옮겨갈 때 평균적인 접근법을 통하여 수준 n에서 입력영상이 주어지면, 피라미드는 다음의 식을 통하여 새로운 영상이 생성된다.

$$f(i, j, k) = \frac{1}{4} \sum_{p=0}^1 \sum_{q=0}^1 f(2i+p, 2j+q, k+1) \quad (6)$$

2.4 시차공식

공액 영상에서 두 영상의 투영중심 O_1 과 O_2 에서 나온 대응하는 광선이 평면 r과 만나는 점 A' 와 A'' 가 그림 1과 같이 일치하지 않는 경우 평면 r상의 벡터 $A''A'$ 를

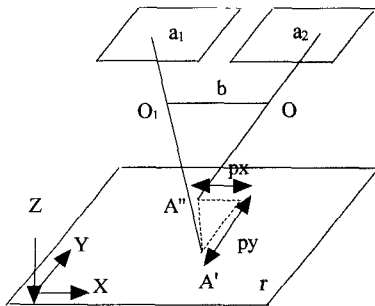


그림 1. 시차

시차(parallax) p라 하며, 시차 p의 x 성분을 횡시차(x-parallax) p_x , y 성분을 종시차(y-parallax) p_y 라 한다.

이때,

$$D_1 = (d_1 + p_1) \frac{h}{f}, \quad D_2 = (d_2 + p_2) \frac{h}{f} \quad (7)$$

$$D_1 + D_2 = \frac{h}{f} (d_1 + d_2 + p_1 + p_2) \quad (8)$$

$d_1 + d_2 = \Delta b$ (시차차), $p_1 + p_2 = b$ (주점기선길이) 라 놓으면,

$$h = \frac{f(D_1 + D_2)}{\Delta b + b} = \frac{f}{\Delta b + b} \cdot \frac{H}{f} (d_1 + d_2) = \frac{\Delta b}{\Delta b + b} H \quad (9)$$

의 시차공식(parallax formula)을 얻을 수 있다.

3. 관측 및 관측값 해석

3.1 대상지역 선정 및 표정해석

본 논문에서 사용된 항공사진은 그림 3과 같으며, 2001년 4월 경기도 과천시를 촬영한 축척 1:5,000 항공사진 중 25번 strip에서 53번과 54번의 사진을 한 모델로 하여 실험에 사용하였다. 53번과 54번을 선정한 이유는 촬영된 사진 중 도심지역 건물인 고층건물, 밀집가옥, 그리고 산악지역이 골고루 분포되어 있었기 때문이다.

표 1은 본 논문에 사용된 항공사진의 자료특성 및 자동독취기의 특성을 나타낸 것이다. 본 연구에서 사용된 자동독취해상도는 항공사진의 자동독취에 관한 최적화방안에 대한 연구(국립지리원, 2000; 이현직 등, 2000)에서 나타난 지도제작 및 2차제품 생성을 목적으로 하는 경우의 자

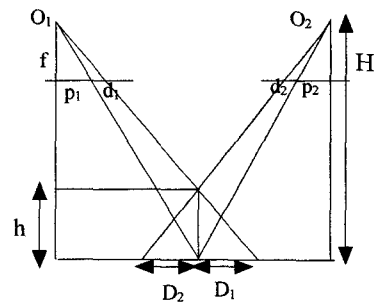


그림 2. 수직사진의기하학적 관계

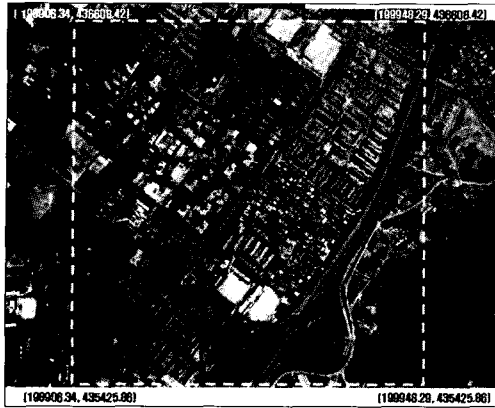


그림 3. 대상지역 항공사진

표 1. 항공사진영상의 자료 특성

항 목	특 성	
대상 지역	과 천 시	
사 진 축 척	1:5,000	
촬 영 년 도	2001년 4월	
지상기준점 자료원	1:1,000 해석도화원도	
항공 사진	촬영 카메라	Zeiss사의 RMK A 15/23
	초 점 거 리	153.30mm
	필 림 크 기	230mm×230mm
자동 독취기	자동독취기 기종	Intergraph PhotoScan TD
	자동독취기 해상도	1,200 dpi (21 μ m)
	자동독취기의 위치 정확도	2 μ m 이하

동독취 최적해상도인 1,200dpi(21 μ m)로 자동독취하였다.

항공사진영상을 이용한 DEM 및 정사투영영상을 제작하기 위한 선행작업으로 대상지역에 대한 표정해석을 수행한다.

표정해석의 첫 단계인 내부표정은 영상의 주점을 투영 중심에 일치시키고, 초점거리를 조정하는 과정으로 자동독취시 발생한 왜곡에 대한 보정을 수행하는 것이다.

내부표정의 정확도는 독취기오차와 포인팅오차의 합성식으로 구성되고, 정확도한계는 약 $\pm 12.18\mu$ m이며, 본 논문에서 내부표정을 수행한 결과 53번 영상에서 10.410 μ m, 54번 영상에서 8.970 μ m로 각각 나타났다.

외부표정으로는 상호표정과 절대표정으로 분류되며, 상호표정은 좌우영상에서 나오는 광속에 대하여 촬영당시

촬영면상에서 이루는 종시차(y-parallax)를 소거함으로써 완전한 입체시를 얻는 과정을 말하며, 절대표정은 지상과 영상과의 상호위치관계를 결정하기 위해 축척, 수준면, 평면위치 등을 결정하는 과정을 말한다.

상호표정의 수행결과 본 연구에서는 표정점의 표준편차가 7.138 μ m로서 상호표정의 허용오차인 20 μ m에 만족되는 것을 알 수 있다.

절대표정을 수행하기 위해서는 최소 3점의 3차원좌표가 기지값으로 필요하며, 지상에서 미리 관측되어진 지상기준점(GCP : Ground Control Point) 좌표를 기준으로 수행되어진다. 그러나, 본 연구에서는 대상지역의 지상기준점을 취득할 수 없어 대상지역의 1:1,000 해석도화원도

표 2. 정확도 분석기준

		규 정					
내부표정		$\sqrt{\text{자동독취기오차}(\pm 0.47Ps)^2 + \text{포인팅오차}(0.35Ps)^2} = \pm 0.58Ps \text{ RMS}$ $= 0.58 \times 21\mu\text{m} = \pm 12.18\mu\text{m}$					
상호표정 (항공사진측량 작업내규 64조)		잔여시차가 양화필름상 0.02mm(20 μ m) 이내					
절대표정 (항공사진측량 작업내규 77조)	수정도화 축 척	지물 및 표고점이용			기준점이용		
		평 면	표 고	평 면	표 고		
		1:1,000	0.5mm 이내	0.3m 이내	0.3mm 이내	0.2m 이내	
1:5,000	0.5mm 이내	1.0m 이내	0.3mm 이내	0.7m 이내			
DEM 및 정사투영영상 (항공사진측량 작업내규 66조)	수정도화 축 척	표준편차			최대오차		
		평면오차	등고선	표고점	평면오차	등고선	표고점
		1:1,000	0.2mm	0.3m	0.15m	0.4mm	0.6m
1:5,000	0.2mm	1.0m	0.50m	0.4mm	2.0m	1.0m	

에서 총 7점을 취득하여 절대표정을 수행하였다. 절대표정 결과 평면오차가 0.255m, 표고오차가 0.065m가 발생하였다.

본 연구에서 수행한 표정해석결과 표 2에 나타난 정확도 분석기준과 같이 실험에서의 내부표정 및 외부표정은 모두 만족된 것을 알 수 있다.

3.2 DEM 자동추출의 문제점 분석

본 연구에서는 도심지역에 대한 DEM을 자동추출하기 위해 사용된 수치사진측량시스템은 Intergraph사의 Image-StationZ이며, 그림 4와 같은 각각의 모듈을 이용하여 표정 해석 및 DEM추출, 정사투영영상 제작을 하였다. DEM을 자동추출하기 위해 표 3과 같은 설정값을 적용하므로써 DEM을 자동으로 추출하였다.

표 3. DEM자동추출 설정값

구 분	설 정 값
Grid Spacing	1m
Smoothing Filter	Low
Sigma	0.64
Adaptive Grid	No
Parallax Bound	8 pixel
Epipolar Line Distance	4 Row
Convolution Window Size	5 pixel

3.2.1 DEM 자동추출 문제점

영상정합을 통하여 생성되는 DEM의 문제점을 분석하기 위해 그림 5와 같이 대상지역중 일부를 절취하여 DEM을 자동으로 추출하였으며, DEM의 정확도를 분석하기 위해 해석도화원도에서 그림 6과 같이 건물레이어 20점과 기타레이어에서 표고점 10점을 선택하였다. DEM 정확도

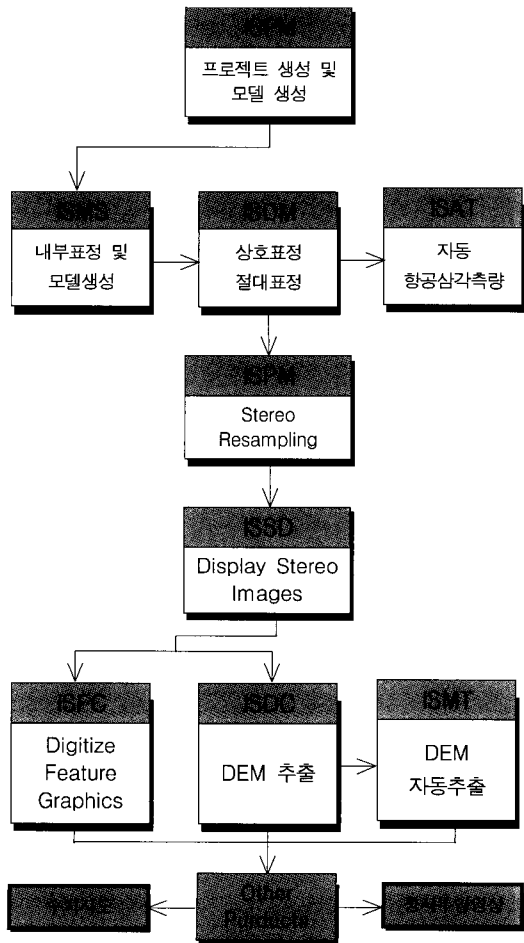


그림 4. 수치사진측량시스템 모듈



그림 5. DEM 자동추출 대상지역

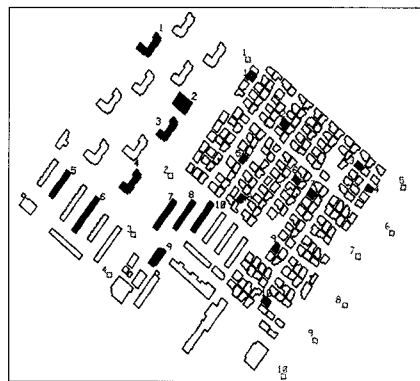


그림 6. DEM 정확도 분석을 위한 비교영역

분석은 각각의 비교영역에서 자동 추출된 DEM의 평균고도값을 계산하여 비교영역의 평균고도와 비교함으로써 분석하였다.

DEM의 정확도 분석결과 표 4와 같이 불연속면이 많은 건물지역이 불연속면이 적은 기타지역에 비하여 매우 큰 오차가 발생한 것을 알 수 있다. 이는 현재의 수치사진측량시스템에서 영상정합을 통하여 DEM을 추출할 때 형상이 불분명한 지역과 높이의 불연속면이 존재하는 지역, 그리고 사각이 존재하는 지역에서 영상정합이 정확히 이루어지지 못하기 때문이다. (Kasser 등, 2002 ; Rau 등, 2002)

그림 7은 연구에서 사용된 설정값을 통하여 자동추출된 DEM의 형상을 나타낸 것이고, 그림 8은 자동추출된 DEM을 확대한 영상이다.

표 4. DEM 정확도 분석

오차	대상	건물지역	기타지역
RMSE		±10.84 m	±0.38 m

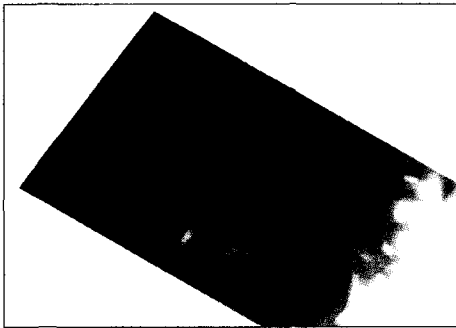


그림 7. 자동추출된 DEM



그림 8. 자동추출된 DEM 확대

3.2.2 자동추출 DEM으로 제작된 정사투영 영상의 정확도 분석

정사투영영상은 기복변위를 제거하기 위해 DEM을 사용하여 수치미분편위를 수행하여 영상을 재배열함으로써 생성되어진다.

본 논문에서 정사투영영상을 생성하기 위해서 사용된 프로그램은 본 연구에서 사용된 수치사진측량 모듈중 ISBR (ImageStation Base Rectifier)를 사용하였고, 보간법으로는 공일차보간법을 사용하였다. 이때 영상의 크기는 지상 해상도인 0.10m로 영상을 재배열하여 그림 9와 같은 정사투영영상을 제작하였다. 그림 9에서 알 수 있듯이, 부정확한 DEM으로 인하여 고층건물에서 영상의 과대왜곡이 발생한 것을 알 수 있다.

DEM 자동추출방법을 이용하여 제작된 정사투영영상의 정확도는 육안검사와 수평위치 정확도를 기준으로 분석하였다. 육안검사서 고층건물지역에 대하여 영상의 과대 왜곡이 발생하였으며, 이 지역에 대하여 수평 위치정확도를 분석할 수 없었다.

표 5는 정사투영영상의 수평 위치정확도를 건물지역과 기타지역으로 분류한 결과값을 나타낸 것이다. 일반적인 DEM 자동추출방법을 적용하였을 경우, 기복의 차이가 적은 기타지역에서 기복차이가 있는 건물지역에 비하여 약 1.7배 정확하였다.



그림 9. 자동추출 DEM을 이용한 정사투영영상

표 5. 정사투영영상의 수평위치정확도

오차	대상	건물지역		기타지역
		밀집가옥	고층건물	
RMSE		±1.04 m	측정불가	±0.60 m

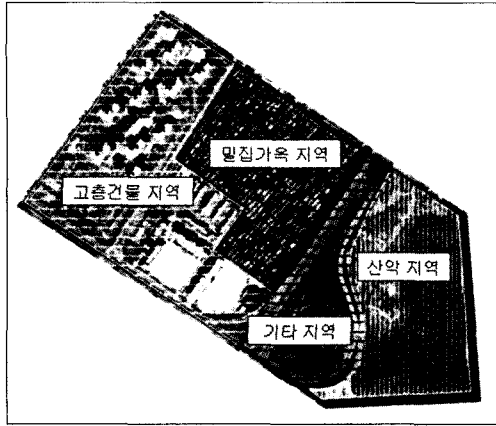


그림 10. 지형분류된 대상지역

3.3 지형분류를 통한 DEM 정확도 향상방안

도심지역과 같은 복잡한 지역에서는 다양한 지형이 존재한다. 따라서 획일적인 DEM 추출방법을 이용하여 DEM을 추출하기 보다는 대상지역의 특성을 고려한 DEM 추출방법을 적용하여 DEM을 추출하여야 한다. 본 논문에서는 대상지역을 그림 10과 같이 고층건물지역, 밀집가옥지역, 기타지역, 그리고 산악지역으로 각각분류를 하여 분류되어진 지형에 적합한 DEM 생성방법을 제안하고자 한다.

3.3.1 지형분류에 따른 DEM 생성 및 정확도 분석

(1) 산악지역

지형분류를 통해 분류된 산악지역에 대하여 자동으로 추출된 DEM의 정확도를 분석하고자 하였다. 이를 위하여 DEM 자동추출방법으로 생성된 DEM을 등고선 자동생성 프로그램을 이용하여 등고선을 1m 간격으로 추출하였으며, 1:1,000 해석도화원도의 등고선과 중첩시켜 등고선의 위치오차를 분석한 결과, 그림 11과 같이 나타났으며, 평균제곱근오차가 $\pm 0.16m$ 로 적게 나타남에 따라 산악지역에

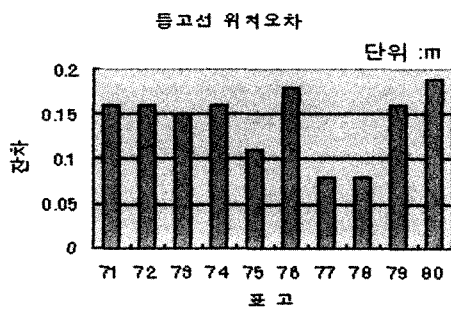


그림 11. 등고선의 위치오차

대한 DEM 생성방법은 DEM 자동추출방법이 유효하다는 것을 알 수 있다.

(2) 밀집가옥지역

밀집가옥지역에 대한 DEM을 자동추출하여 분석한 결과 표 6과 같이 DEM의 평균제곱근오차가 $\pm 1.18m$ 로 발생하였다. 밀집가옥지역에 대한 DEM의 정확도를 향상시키기 위해 불연속선을 설정한 후 다시 DEM을 자동 추출한 결과 평균제곱근오차가 $\pm 0.46m$ 로 DEM의 오차를 약 2.5 배 감소시킬 수 있었다. 본 논문에서 밀집가옥지역에 대한 DEM은 불연속선을 적용후 자동추출 DEM방법에 의해 DEM을 추출하였다.

표 6. 밀집가옥지역의 DEM정확도 분석 (단위:m)

대 상 오 차	도화원도- 자동추출 DEM	도화원도- Breakline
RMSE	± 1.18	± 0.46

(3) 고층건물지역

고층건물지역에 대한 DEM을 분석한 결과, 표 7과 같이 평균제곱근오차가 $\pm 20.44m$ 로 높게 발생하였다. 또한, 불연속선을 설정후 DEM을 분석한 결과 DEM의 정확도가 크게 향상되지 않았다. 본 논문에서는 고층건물지역에 대한 DEM의 정확도를 향상시키기 위해 공액영상을 이용하여 시차공식에 의한 시차를 계산하여 각 건물의 DEM을 재생성하였다. 고층건물지역에 대한 DEM의 정확도 분석 결과, 시차공식에 의해 생성된 DEM의 평균제곱근오차가 $\pm 0.28m$ 로 적게 발생하였다. 따라서 본 논문에서는 고층건물지역에 대해서는 공액영상을 이용한 시차공식을 적용하여 DEM을 생성하였다.

표 7. 고층건물지역의 DEM정확도 분석 (단위:m)

대 상 오 차	도화원도- 자동추출 DEM	도화원도- 시차공식
RMSE	± 20.44	± 0.28

(4) 기타지역

불연속면이 거의 없는 도로 및 일반 구릉지역인 기타지역에서 DEM의 정확도를 분석한 결과, DEM 자동추출방법의 평균제곱근오차가 $\pm 0.33m$ 로 발생하여 기타지역에 대해서는 DEM 자동추출방법이 신뢰할만한 결과를 나타내었다. 따라서, 기타지역에서는 DEM자동추출방법을 적

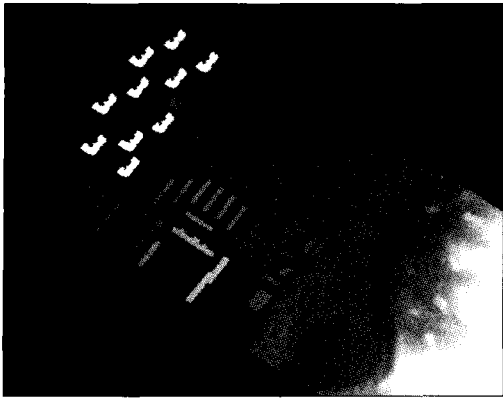


그림 12. 최종생성된 DEM (수정 DEM)

용하여 DEM을 추출하였다.

지형분류를 통하여 생성된 DEM을 조합하여 생성된 DEM(수정 DEM)은 그림 12와 같다.



그림 13. 수정 DEM을 이용한 정사투영영상

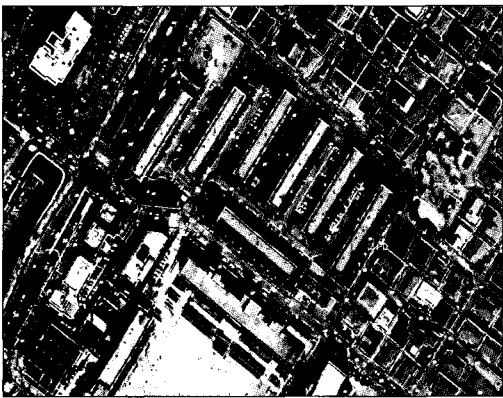


그림 14. 폐색영역 설정후 정사투영영상

표 8. 정사투영영상의 수평위치정확도

대상 오차	건물지역		기타지역
	밀집가옥	고층건물	
RMSE	± 0.51 m	± 0.62 m	± 0.24 m

3.3.2 수정 DEM으로 제작된 정사투영영상의 정확도분석
수정 DEM을 이용하여 정사투영영상을 그림 13과 같이 제작하였다. 그림 13과 같이 육안검사에서는 영상의 과대왜곡이 발생하지 않았으나, 이중도면화 현상이 발생하여 폐색영역을 설정후 그림 14와 같이 정사투영영상을 제작하였다. 수평위치 정확도의 분석결과, 표 8과 같이 나타났으며, 표 5의 일반적인 DEM 자동추출방법에 의해 제작된 정사투영영상에 비하여 수평위치정확도가 향상된 것을 알 수 있다.

3.4 경계선 추출방법에 의한 수치지도 제작

제작되어진 정사투영영상을 이용하여 지형공간정보를 추출하여 수치지도를 제작하기 위해서 본 논문에서는 그림 15와 같은 알고리즘을 적용하여 지형공간정보를 추출

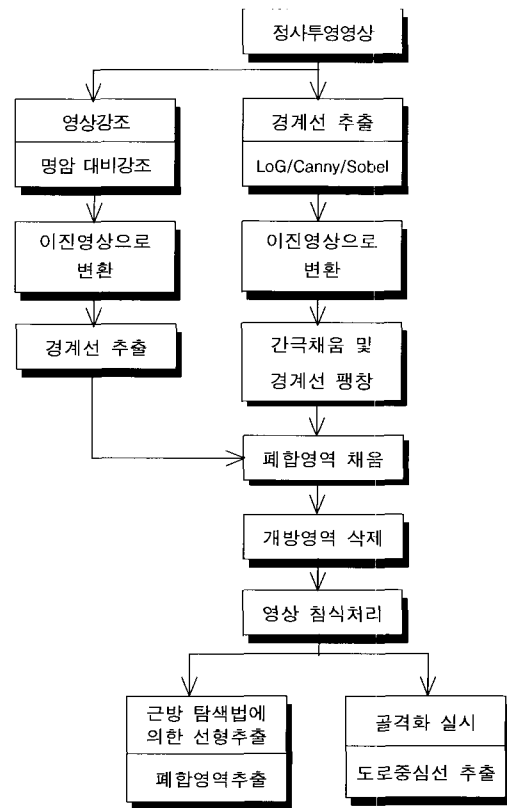


그림 15. 지형공간정보 추출 알고리즘

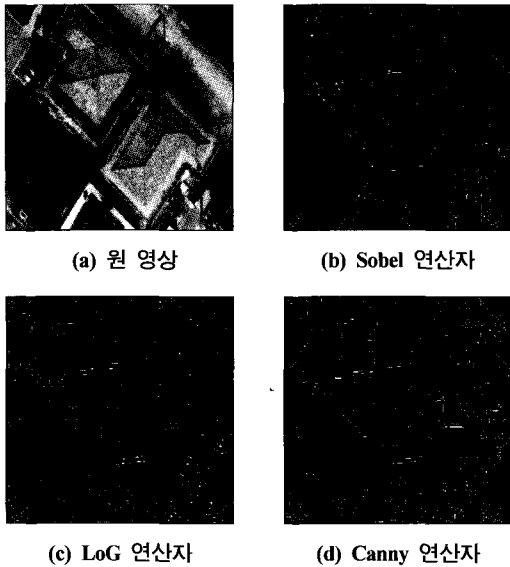


그림 16. 경계선 추출연산자 비교

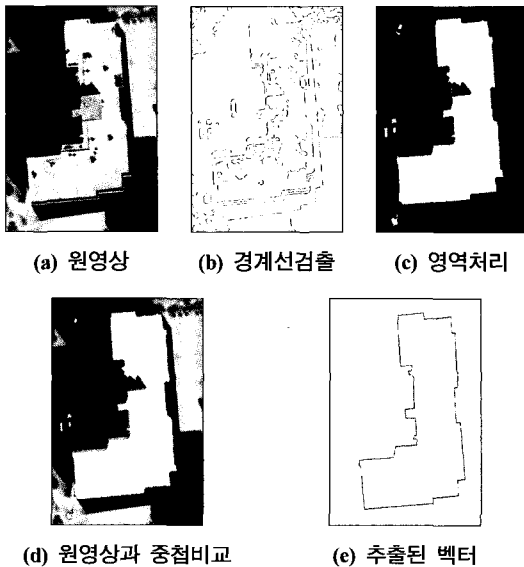


그림 17. 지형공간정보 추출과정(아파트)

하였다.

지형공간정보를 추출하기 위해 경계선 추출연산자를 우선적으로 선택하여야 하는데, 본 연구에서는 현재 가장 많이 사용하는 연산자인 Sobel 연산자, LoG(Laplacian of Gaussian)연산자, Canny 연산자에 대하여 경계선을 추출한 다음 연구에 적합한 경계선추출 연산자를 선정하였다.

그림 16은 본 연구에서 사용된 각각의 경계선 추출연산

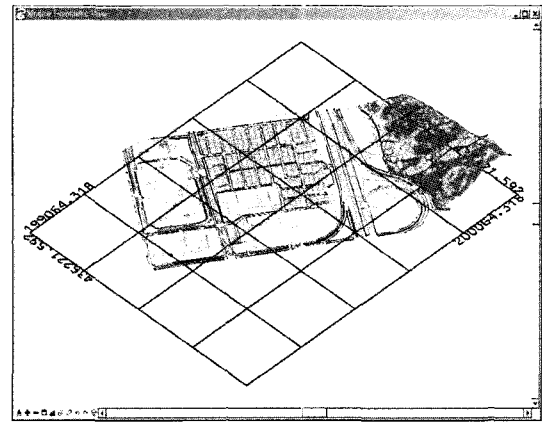


그림 18. 제작된 3차원 수치지도

자를 이용하여 추출한 경계선이다. 그림에서 알 수 있듯이 Canny 연산자가 가장 경계선을 명확하게 추출할 수 있었으며, 잡음에도 덜 민감하게 반응을 하여 본 연구에서는 Canny 연산자를 이용하여 지형공간정보를 추출하였다.

그림 17은 다양한 지형공간정보 레이어들중에서 아파트 레이어를 벡터화하는 과정을 나타낸 것이다. 원영상과 중첩(d)에서 알 수 있듯이, 아파트 옥상의 건물기둥으로 인하여 경계선이 추출되지 못한 부분에 대해서는 수동으로 영역을 폐합시킴으로써 (e)와 같이 벡터를 추출하였다.

본 연구에서는 경계선 추출방법을 적용하여 2차원 지형공간정보를 추출한 후, 수정 DEM에서 고도값을 추출하여 2차원 지형공간정보를 3차원으로 변환시켜 그림 18과 같은 3차원 수치지도를 제작할 수 있었다.

4. 결 론

본 연구는 항공사진영상을 이용하여 도심지역에 대한 지형공간정보를 보다 정확하게 추출하기 위해 실험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 대상지역의 특성을 고려하지 않은 획일적인 DEM 추출의 문제점으로 전체적인 DEM의 정확도가 저하되었으며, 본 논문에서 제안된 방법을 통하여 DEM의 정확도를 향상시킬 수 있었다.

2. 제작되어진 정사투영영상에서 지형의 특성을 고려하지 않은 일반적인 방법과 지형의 특성을 고려한 방법의 분석결과, 제안된 방법이 영상의 과대변위를 제거할 수 있었으며, 수평위치 정확도도 크게 향상된 것을 알 수 있었다.

3. 경계선 검출방법에 의해 생성된 수치지도와 DEM을 이용하여 효과적으로 3차원 수치지도를 생성할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 상지대학교 교내연구비의 지원을 받아 연구 되었으며, 이에 감사를 드립니다.

참고문헌

서울시정개발연구원 (1998), 서울시 수치정사사진 제작 및 활용 방안 연구, 서울시정개발연구원, pp. 120-153.
Amhar, F., Jansa, J. and Ries, C. (1998), The Generation of True Orthophotos using A 3D Building Model in Conjunction with A Conventional DTM, *International Association for Primate Refuges and Sangtuaries (IAPRS)*, Vol. 32, pp. 16-21.
이현직, 박경식, 구대성 (2002), 항공사진영상 데이터베이스의 활용방안, 대한토목학회지, 제22권 제2-D호, 대한토목학회, pp. 313-321.

I.S.M (1997), *The Fundamentals of Digital Photogrammetry*, I.S.M, Canada, pp. 4.7-4.21.
유복모, Schenk, T. (2002), 현대 디지털사진측량학, 문운당, pp. 413-421.
유복모, 김의명 (2000), 대축척 정사영상생성을 위한 건물의 3차원 복원, 대한토목학회지, 제20권, 제2-D호, 대한토목학회, pp. 201-209.
국립지리원 (2000), 항공사진의 자동독취에 관한 최적화 방안에 대한 연구, 국립지리원, pp. 66-84.
이현직, 이승호, 박흥기 (2000), 영상데이터베이스 구축을 위한 항공사진의 최적해상도, 한국지형공간정보학회지, 제8권, 제1/2호, 한국지형공간정보학회, pp. 89-99.
국립지리원 (1998), 수치지도 작업지침 개선연구, 국립지리원, pp. 140-159.
Kasser, M. and Egels, Y. (2002), *Digital Photogrammetry*, TAYLOR& RANCIS, London and New York, USA, pp. 158-202.
Rau, J. Y., Chen, N. Y. and Chen, L. C. (2002), True Orthophot Generation of Built-Up Areas using Multi-View Images, *Photogrammetry Engineering Remote Sensing*, ASPRS, Vol. 68, No. 6, pp. 581-588.

(2003년 2월 14일 원고접수)