지형분류에 따른 도심지역의 지형공간정보 정확도 향상

The Accuracy Improvement of Geo-Spatial Information in Urban Area with terrain Classification

김정일[1], Jung-Il Kim · 김현태[2], Hyun-Tae Kim · 류지호[2], Ji-Ho Ru
최동주[2], Dong-Ju choi · 이현직[3], Hyun-Jik Lee

[1] 상지대학교 토목공학과 석사, Graduate Student, Dept. of Civil Engineering. Univ. of Sangji
[2] 상지대학교 토목공학과 석사과정, Graduate Student, Dept. of Civil Engineering. Univ. of Sangji
[3] 상지대학교 토목공학과 교수, Professor, Dept. of Civil Engineering. Univ. of Sangji

SYNOPSIS : 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(DPWS). And, the edge detection method which is proposed by this study is established to extraction of geo-spatial information in ortho image.

Key words : DPWS, DEM, Ortho image, Geo-spatial Information, Edge Detection.

1. 서 론

최근에 도심지역에 대한 지형공간정보의 추출에 관한 많은 연구가 수행되어지고 있다. 일반적으로 도심지역에 대한 지형공간정보를 추출하기 위해서는 대축척 항공사진영상을 이용하여 수치사진측량기법에 의해 수치표고모형(DEM) 제작 및 정사투영영상을 제작하여 지형공간정보를 추출하고 있다. (서울시정개발연구원, 1998) 하지만, 수치사진측량기법에 의해 도심지역의 지형공간정보를 추출하였을 때 획일적인 DEM 자동추출로 인하여 DEM이 부정확하게 추출되며 또한, 정사투영영상의 정확도 역시 크게 저하되고 있는 것이 현실이다. (유복모 등, 2000)

도심지역의 지형공간정보를 효과적으로 추출하기 위해서 본 연구에서는 도심지역의 지형을 분류하고 분류되어진 지형별 최적 DEM 추출방법에 대하여 연구하였으며, 정사투영영상을 제작하여 경계선 추출기법에 의한 지형공간정보 추출에 관한 연구를 수행하였다.

2. 연구내용

도심지역의 지형공간정보를 보다 정확하게 추출하기 위해서 본 연구에서는 그림 1과 같이 수치사진측량시스템으로 DEM을 자동추출하여 해석도화원도와 비교하여 자동으로 추출되는 DEM의 문제점을 분석하였고 발생되어진 문제점을 개선하기 위해 대상지역에 대한 지형을 각각 밀집가옥지역, 고층건물지역, 산악지역 및 기타지역으로 분류한 후 DEM 자동추출방법의 적용범위를 규정하였다. 또한 DEM 자동추출의 범위를 벗어나는 지역에 대해서는 불연속선(break line)을 설정한 후 DEM 재추출 및 시차공식을 적용하여 DEM을 재생성함으로써 도심지역에 대한 DEM의 정확도를 향상키고자 하였다. 그리고 정사투영영상을 제작한 후 경계선 추출기법을 적용하여 지형공간정보를 추출하였다. 지형공간정보 추출

방법으로는 그림 2와 같은 알고리즘을 적용하여 지형공간정보를 추출하였다. 그림 2에서 명암 대비강조를 이용한 경계선 추출은 다양한 경계선 추출 연산자로 추출되어진 지형공간정보가 가옥과 같은 폐합되어지는 영역이 개방되는 경우가 발생하여 이를 폐합시키기 위해 보조적으로 사용하였으며 레이어가 Line 성분에 대해서는 골격화(skeletonization)를 실시함으로써 선형을 추출하였다.

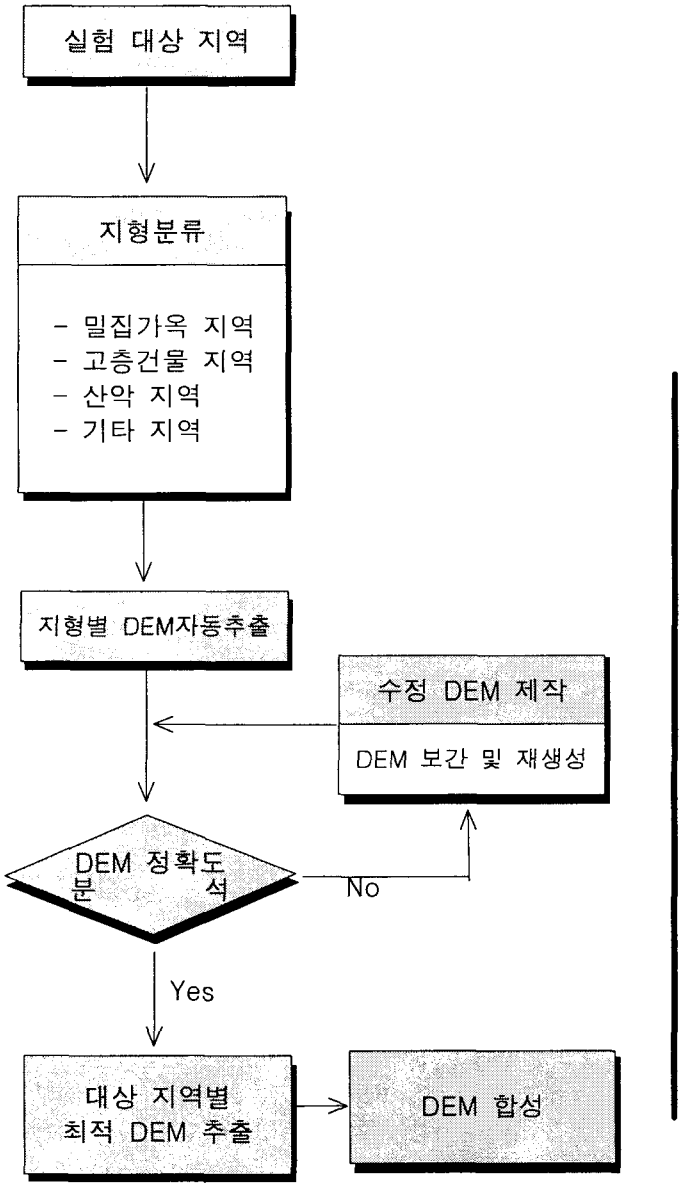


그림 1. 지형분류에 따른 DEM 생성과정

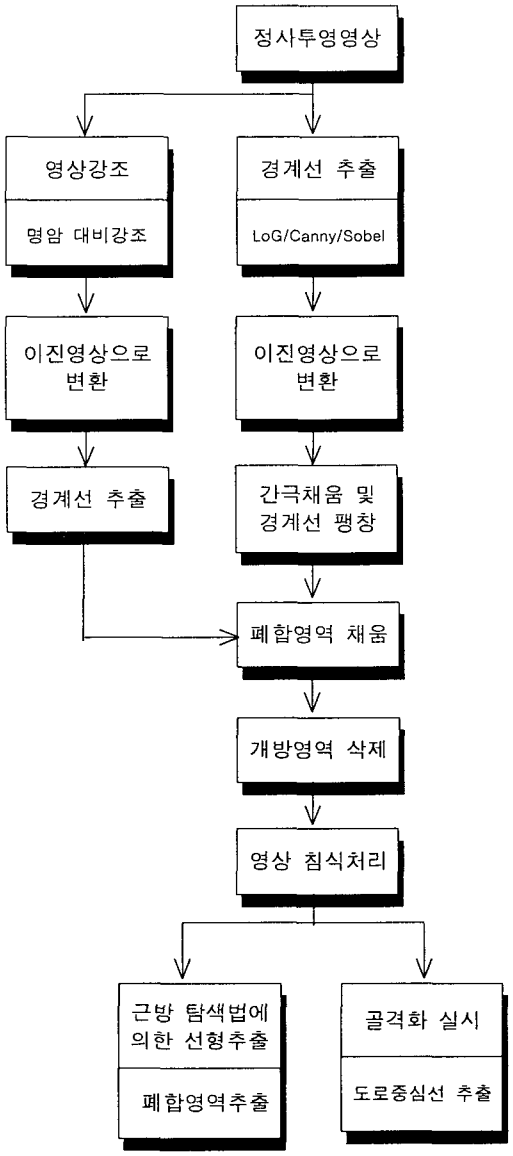


그림 2. 지형공간정보 추출 알고리즘

3. 실험 및 분석

3.1 대상지역 선정 및 실험 DATA 취득

도심지역에 대한 지형공간정보를 추출하기 위해 본 연구에서는 2001년 4월 경기도 과천시를 촬영한 축척 1:5,000 대축척 항공사진 영상을 이용하였다. 실험에 사용되어진 항공사진은 그림 3과 같이 25번 strip 중 53번 사진과 54번 사진을 1 model로 생성하여 DEM 추출 및 정사투영영상을 제작하였다. 표정해석에 사용되어지는 지상기준점은 Total Station을 이용한 절대측량이나 GPS 장비를 이용하여 지상기준점 성과 데이터를 취득하여야 하지만 본 연구에서는 1:1,000 해석도화원도에서 총 7점의 지상기준점을 취득하여 사용하였다.

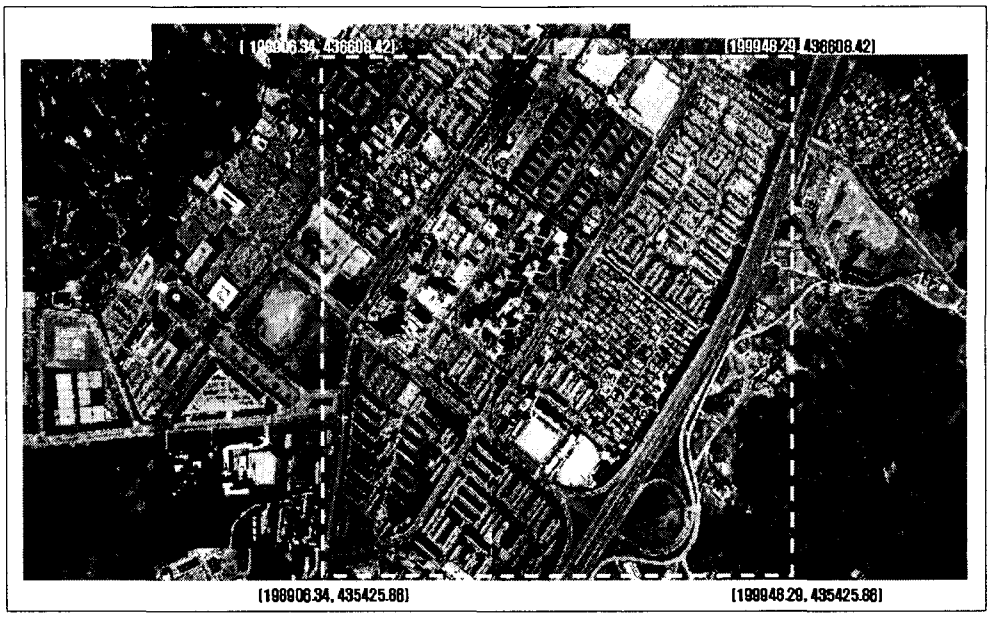


그림 3. 대상지역

3.2 자동추출 DEM의 문제점 분석

수치사진측량시스템에서의 자동추출 DEM의 정확도를 분석하기 위해 실험대상지역중 다양한 지형을 포함하는 일부를 절취하여 DEM을 자동추출하였고, 사용되어진 S/W로는 ISDC(ImageStation DTM Collection)을 이용하였다.

일반적으로 DEM을 자동추출하기 위하 격자 간격은 5화소에서 10화소 가량이 적합하다고 알려졌으나 5화소의 경우 자료의 방대함으로 인하여 10화소(약 1m) 간격으로 설정하였고, 영상정합을 위해 사용되어진 허용상관계수는 0.75를 적용하여 DEM을 자동으로 그림 4와 같이 추출하였다. 자동추출 DEM을 해석도화원도와의 표고오차를 분석해 본 결과, 건물영역의 평균제곱근오차가 약 ±10.81m, 건물영역을 제외한 기타영역에서 ± 0.33m를 나타내었으며 이는 고층건물과 같은 불연속면이 존재하는 지역과 형상이 불분명하고 사각이 존재하는 지역에서 영상정합이 정확하게 수행되어지지 않고 많은 오류를 발생시키기 때문이다. 이러한 문제점을 가지고 정사투영영상을 제작하면 정사투영영상의 과대왜곡이 발생하게 되어 부정확한 지형공간정보 데이터를 획득할 수 밖에 없다.

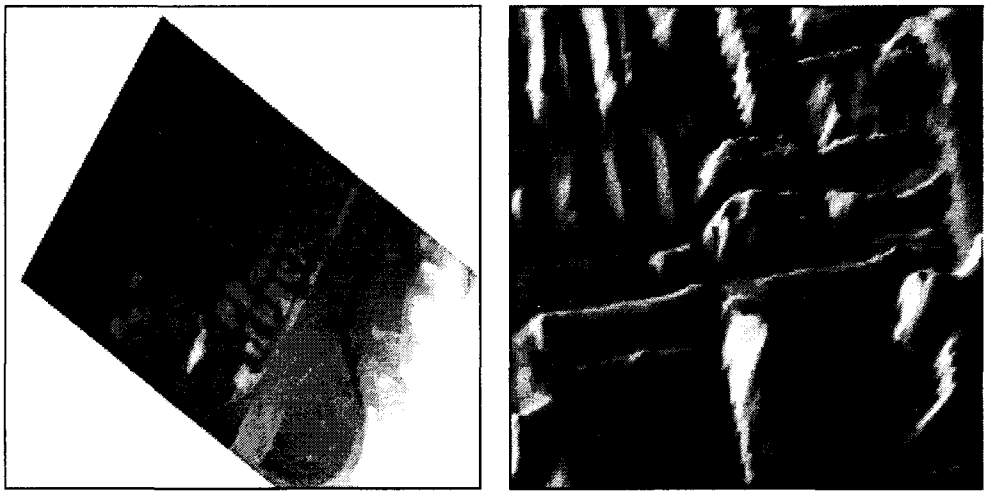


그림 4. 자동추출된 DEM (음영기복도)

3.3 지형분류를 통한 DEM 정확도 향상방안

수치사진측량시스템을 이용하여 획일적인 DEM 자동추출방법으로 도심지역에 대한 DEM 추출하여 분석한 결과 DEM의 정확도가 크게 저하되는 것을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서는 대상지역에 대하여 DEM 자동추출방법에 대한 적용범위를 규정하고자 대상지역을 그림 5와 같이 지형을 분류하여 지형별 DEM 생성 방법을 연구하여 보았다.

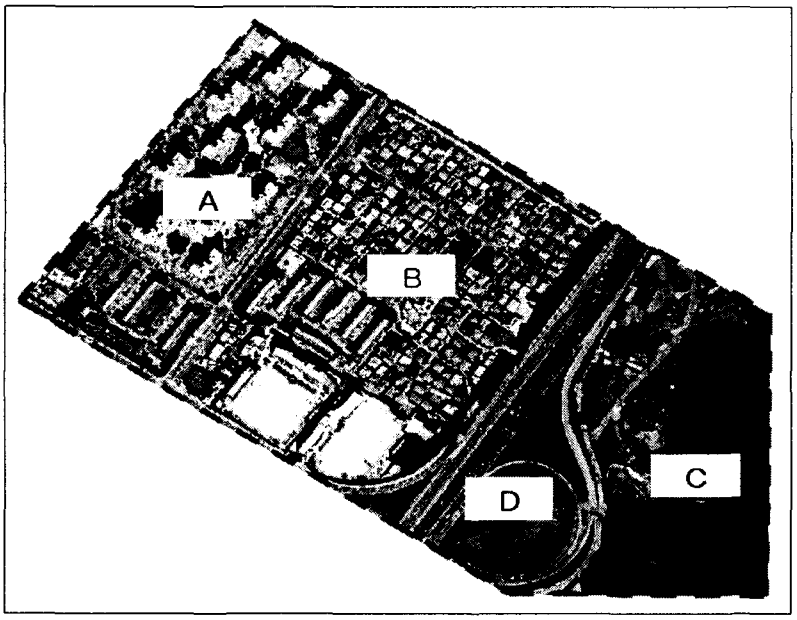


그림 5. 대상지역 지형분류

지형분류를 통하여 자동추출 DEM의 정확도와 연구에서 제안된 방법으로 제작된 DEM 즉, 수정 DEM의 정확도를 해석도화원도와 비교하여 표 1과 같이 DEM 정확도를 나타내었다. 실험결과, 산악지역과 기타지역에 대해서는 수치사진측량시스템을 이용하여 DEM 자동추출방법이 유효하다는 것을 알 수 있었고, 밀집가옥지역에 대해서는 불연속선(break line)을 처리한 후 DEM을 재추출하여 DEM의 정확도를 향상시켰으며, 고층건물 지역에 대해서는 DEM을 추출하기 위해 사용되어지는 공액영상으로부터 각각의 건물에 대한 시차를 계산하여 DEM을 재생성하였다. 수치사진측량시스템에서는 도화를 하여 3차원 지형공간정보를 취득할 수 있지만 도화사 개개인의 편차에 의한 정확도의 차이가 발생하므로 수치사진측량시스템을 이용한 도화보다는 공액영상으로부터 시차를 계산하는 방법을 택하였다.

표 1. 자동추출 DEM과 수정 DEM의 정확도 비교 (단위 : m)

대 상 지 역	평균제곱근오차		비 고
	자동추출 DEM	수정 DEM	
산 악 지 역	± 0.16	± 0.16	DEM 자동추출
밀집가옥지역	± 1.18	± 0.46	불연속선 처리
고층건물지역	± 20.44	± 0.28	DEM 재생성
기 타 지 역	± 0.33	± 0.33	DEM 자동추출
RMSE 산술평균	± 5.53	± 0.31	

실험을 통하여 그림 6과 같이 제작된 수정 DEM을 이용하여 공일차 보간법으로 정사투영영상을 제작하였다. DEM 자동추출방법과 제안된 방법으로 제작된 정사투영영상을 그림 7과 같이 분석한 결과, 제안된 방법에서는 DEM 자동추출방법에 비하여 영상의 과대왜곡이 발생하지 않음을 알 수 있었으며, 표 2와 같이 수평위치 정확도도 증가하였고 특히 고층건물지역에 대한 수평위치 정확도가 크게 증가한 것을 알 수 있다.

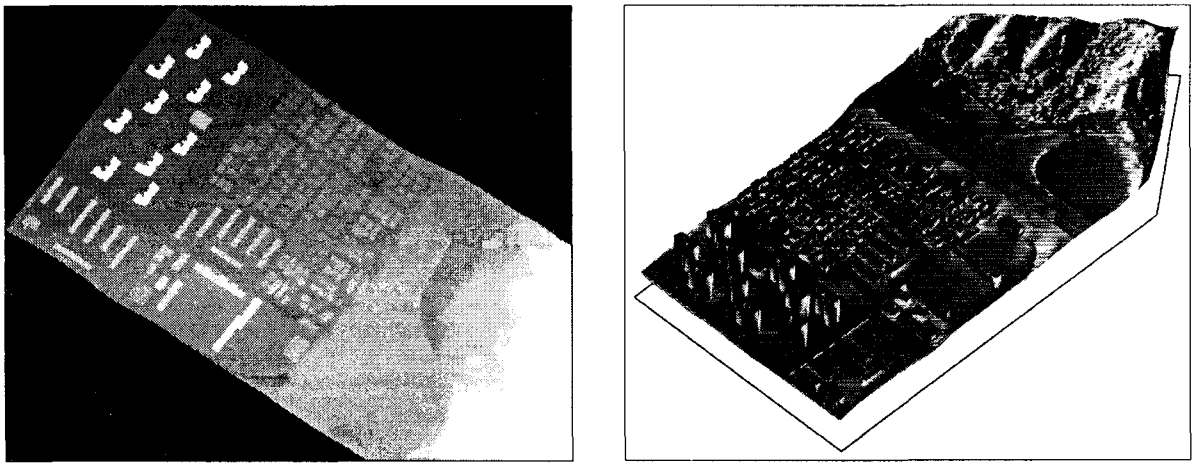
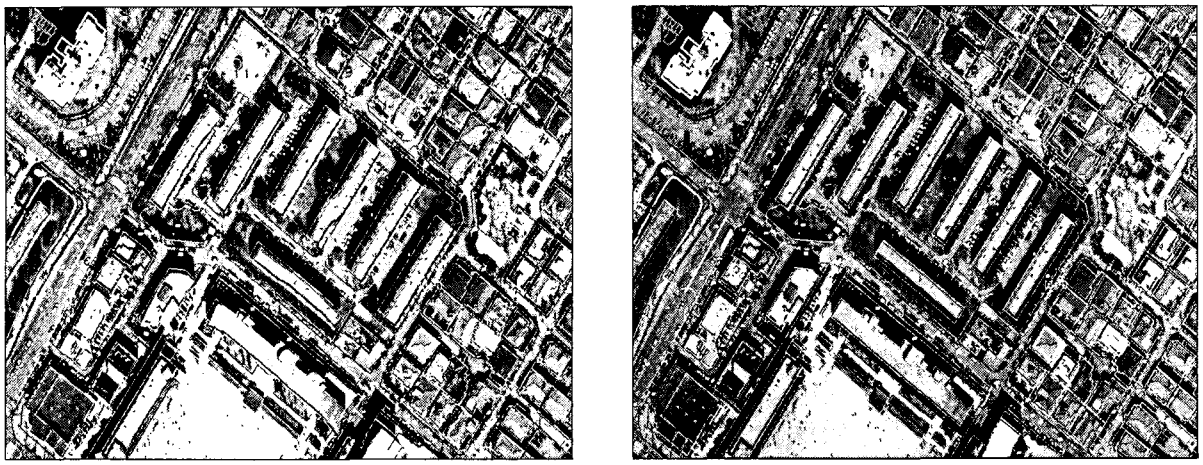


그림 6. 수정 DEM의 음영기복도



(a) 획일적인 DEM 추출방법 (b) 제안된 DEM 추출방법

그림 7. 정사투영영상 비교

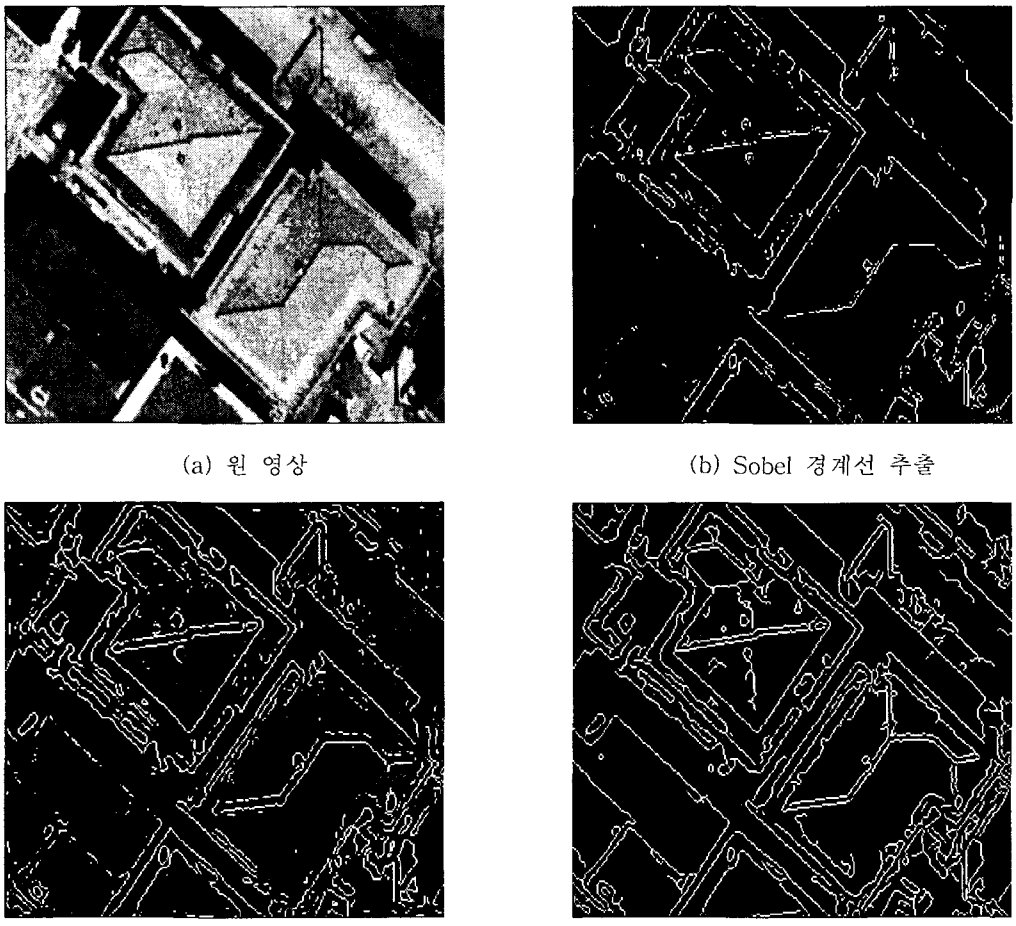
표 2. 정사투영영상의 수평위치 정확도 비교 (단위 : m)

대 상 지 역	평균제곱근오차		비 고
	자동추출 DEM	수정 DEM	
밀집가옥지역	± 1.04	± 0.51	
고층건물지역	측정불가	± 0.62	
기 타 지 역	± 0.60	± 0.24	

3.4 경계선 추출 기법에 의한 지형공간정보 추출

제작되어진 정사투영영상을 이용하여 경계선 추출기법을 적용하여 지형공간정보를 추출하기 위해서는 연구에 타당한 경계선 추출 연산자를 선정하여야 한다. 본 연구에서는 경계선 추출연산자를 선정하기 위한 기준으로 1986년 John Canny가 발표한 3개의 기준에 적합한 경계선 추출 연산자를 선정하였다. Canny가 발표한 3개의 기준이란 첫째, 경계선 추출 연산자는 경계선들에 대해서만 반응을 보여야만 하며, 경계선을 모두 찾아야 하는 **Good Detection**과 둘째, 경계선 추출 연산자에 의해 발견되어지는 경계선 화소와 실제 경계선 사이의 거리가 작아야 한다는 **Good Localization**, 그리고 마지막으로 경계선 검출기는 하나의 경계가 존재하는 곳에서 다양한 반응을 나타내어서는 안된다는 **One Response**이다.(Parker, 1997)

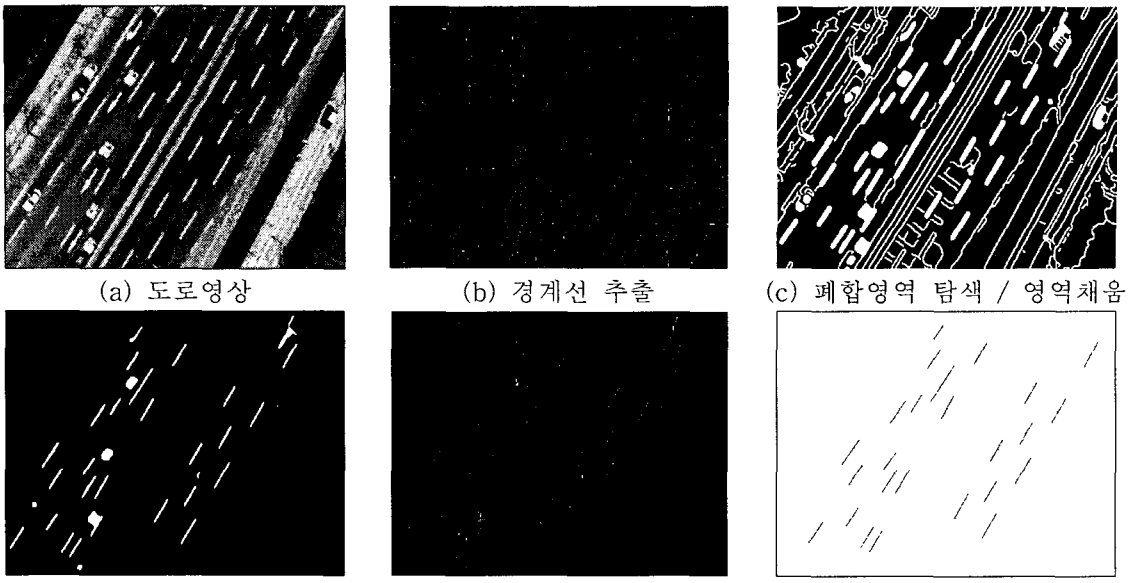
본 연구에서는 경계선 추출 연산자를 일반적으로 많이 사용하고 있는 Sobel 연산자, LoG(Laplacian of Gaussian)연산자, 그리고 Canny 연산자를 그림 8과 같이 실험해 본 결과, Canny 연산자가 Sobel 연산자와 LoG 연산자에 비하여 잡음에 덜 민감했으며 경계선을 뛰어나게 추출함에 따라 Canny 연산자를 이용하여 그림 9와 같이 골격화 기법을 적용하여 도로 중심선 레이어를 추출하였고, 그림 10과 같이 아파트 레이어를 추출하였다. Soft Copy 상태의 항공사진 및 기타 영상에서 경계선 추출기법을 적용하여 사람이 도화하는 것처럼 명확하게 경계선을 추출하기란 사실상 어려운 문제이다. 본 연구에서도 그림 10의 아파트 벡터를 추출하기 위해서 추출되어지지 않은 영역은 수동으로 추출하였다.



(a) 원 영상 (b) Sobel 경계선 추출

(c) LoG 경계선 추출 (d) Canny 경계선 추출

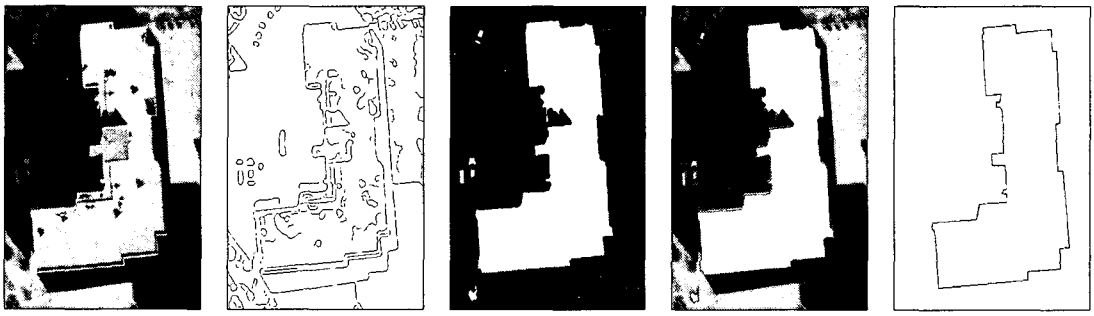
그림 8. 경계선 추출 연산자 비교



(a) 도로영상 (b) 경계선 추출 (c) 폐합영역 탐색 / 영역채움

(d) 개방영역 삭제 (e) 골격화 (f) 추출된 도로중심선 레이어

그림 9. 도로 중심선 레이어 추출과정



(a) 원영상 (b) 추출된 경계선 (c) 영역처리 (d) 원영상 중첩 (e) 추출된 벡터

그림 10. 아파트 레이어 추출과정

4. 결 론

수치사진측량시스템 환경내에서 획일적인 DEM 자동추출방법으로 발생되어지는 문제점을 분석하고 이를 개선하기 위한 실험 및 경계선 추출기법을 통한 지형공간정보의 생성에 대한 실험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

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

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

3. 정사투영영상에서 경계선 추출기법을 적용하기 위해 사용된 연산자들 중에서 Canny 연산자가 가장 뚜렷한 경계선을 추출하였으며, 골격화 기법과 근방탐색법에 의한 영역처리 기법으로 지형공간정보를 추출할 수는 있었으나, 자동으로 지형공간정보를 추출하기에는 많은 연구가 필요하다는 것을 알 수 있었다.

참고문헌

1. 국립지리원(2000), **항공사진의 자동독취에 관한 최적화 방안에 대한 연구**, 국립지리원, pp. 66-84.
2. 국립지리원(1998), **수치지도 작업지침 개선연구**, 국립지리원, pp. 140-159.
3. 서울시정개발연구원(1998), **서울시 수치정사사진 제작 및 활용방안 연구**, 서울시정개발연구원, pp. 120-153.
4. 이현직, 이승호, 박홍기(2000), 영상데이터베이스 구축을 위한 항공사진의 최적해상도, **학국지형공간정보학회지**, 제 8권, 제1/2호, 한국지형공간정보학회, pp. 89-99.
5. 유복모, Schenk, T. (2002), **현대 디지털사진측량학**, 문운당, pp. 413-421.
6. 유복모, 김의명(2000), 대축척 정사영상생성을 위한 건물의 3차원 복원, **대한토목학회지**, 제20권, 제2-D호, 대한토목학회, pp. 201-209.
7. 이현직, 박경식, 구대성(2002), 항공사진영상 데이터베이스의 활용방안, **대한토목학회지**, 제 22권 제2-D호, 대한토목학회, pp. 313-321.
8. 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.
9. I.S.M (1997), *The Fundamentals of Digital Photogrammetry*, I.S.M, Canada, pp. 4.7-4.21.
10. Kasser, M. and Egels, Y. (2002), *Digital Photogrammetry*, TAYLOR& RANCIS, London and New York, USA, pp. 158-202.
11. Parker, J. R. (1997), *Algorithms for Image Processing and Computer Vision*, John Wiley & Sons, Inc.