

고해상도 위성 영상을 이용한 경계검출에 대한 정확도 분석

Accuracy on the Edge Detection Using High-Resolution Satellite Image

박운용¹⁾, 문두열²⁾, 홍순현³⁾, 윤경철⁴⁾

Park, Woon Yong · Moon, Doo Youl · Hong, Soon Heon · Youn, Kyung Chul

- 1) 동아대학교 토목해양공학부 교수 (uypark@daunet.donga.ac.kr)
- 2) 동의대학교 토목공학과 교수 (dymun@hyomin.dongeeui.ac.kr)
- 3) 밀양대학교 토목공학과 교수 (hongsh@arang.miryang.ac.kr)
- 4) 한성ENG 부설 연구소 소장 (kcyoun46@hsuie.co.kr)

요 약

고해상도 위성영상을 이용하여 수치지도를 제작함에 있어 가장 큰 문제점은 레스터 자료인 위성영상에서 경계검출을 통해 벡터자료의 형태로 제작하는 어려움이 있다. 본 연구에서는 경계검출을 통하여 위성영상에서 지형의 경계를 검출해내고, 이를 스크린 디지털화 기법을 적용하여 벡터라이징 한 후 나타난 결과를 국토지리정보원의 수치지도와 비교하여 정확도를 비교·평가하였다.

대상 범위는 대전광역시 유성구 가정동 일부지역을 IKONOS로 촬영된 공간해상도 1m의 위성영상을 사용하였다. 위성영상의 전처리는 기하보정과 정사보정을 거친 후 영상강조를 하였고, 여러 가지의 필터링을 적용하여 경계검출을 수행하였다. 경계검출 방법 중에 하나인 Sobel 연산자를 적용한 후 축척 1:5,000 수치지도와의 중첩을 통하여 표준편차(Root Mean Square Error : RMSE)를 산출하여 비교·분석하였다. 그리고 스크린 디지털화 기법을 적용하여 추출한 벡터자료를 건물, 도로 및 임야로 분류하여 수치지도와 중첩하여 정확도를 분석하였다. 그 결과 건물과 도로의 경우에는 공공측량 작업규정에서 정하고 있는 축척 1:5,000의 평면위치 허용오차 기준을 만족하고 있지만, 임야의 경우는 축척 1:10,000 이상의 허용오차기준에 만족되고 있음을 알 수 있었다.

1. 서론

1995년도부터 우리나라는 디지털 국토 건설을 목표로 1·2차 NGIS(National Geographic Information System)사업을 시작하면서 국가기본도의 수치지도 제작 사업과 국토 정보화사업에 막대한 예산과

인력 등을 투입하고 있다. 현재의 수치지도는 도심지의 경우 수정·갱신을 2년 주기로 실시하도록 하고 있지만, 급변하는 사회 변화 속도에 맞추어 최신정보를 갱신하기 위해서 최적의 대안 중의 하나로 거론되고 있는 것이 바로 고해상도 위성영상을 이용한 수치지도를 제작하는 것이다.

고해상도 위성영상은 기존의 위성영상에 비해 높은 공간 해상력을 가지고 있으며, 다중분광특성, 광역성 등이 항공사진에 비하여 여러 가지 장점을 가지고 있다. 또한 수치지도를 제작할 때 항공사진을 이용하는 방법에 비하여 보다 넓은 범위의 지역을 수정·갱신할 수 있다는 점과 지형정보 취득이 용이하다는 장점이 있다. 센서 및 컴퓨터를 이용한 수치영상처리(Digital Image Processing : DIP) 기술의 발달로 인하여 지구 자원탐사 위성의 활용에 대한 신뢰도가 점차 높아지고 있으며, 고해상도 위성영상을 이용한 수치지도 제작은 중요한 연구과제가 되고 있다.

본 연구에서는 IKONOS 위성영상을 이용하여 정사영상을 생성한 후에 전처리 과정을 거쳐 대상지역을 선정하였고, 이렇게 선정된 대상지역에서 다양한 경계검출 기법을 적용하였다. 그리고 수치지도와의 중첩을 통해 경계가 검출된 지형의 위치 정확도를 평가하여 향후 수치지도의 갱신과 활용에 있어 다양한 방법을 제시하는데 기여하고자 한다.

2. 위성영상 처리

위성영상 자료의 왜곡은 수집된 자료의 처리나 분석시 오차요인으로 작용하기 때문에 사전에 반드시 보정을 통한 자료의 수정작업이 필요하며 이러한 보정과정을 영상자료의 전처리(preprocessing)라 한다. 전처리는 영상을 촬영할 당시의 태양광, 대기, 그리고 지형 등에 의하여 발생하는 화소(pixel) 값의 변이를 보정하는 방사보정(radiometric correction)과 인공위성이 대상지역을 촬영당시의 위성의 움직임과 지구의 자전에 따른 오차를 보정하는 기하학적인 보정(geometric correction)으로 나눈다.

2.1 기하보정

위성영상자료는 다양한 종류(위성의 표고 및 궤도의 변화, 지구의 자전 및 공전 등)의 왜곡이 발생하는데, 이렇게 발생된 왜곡을 평면위에 존재하는 기존의 지형도와 중첩시키기 위해서는 인공위성영상에 나타나는 각 점에 대한 위치정보를 지형도와 같은 크기와 투영 값을 갖도록 변환 해주어야 하며, 위성영상의 각 격자마다 좌표값을 부여하는 것을 기하보정이라고 하며, 기하보정은 GCP를 이용하여 위성영상의 표준오차를 조정하고, 생성된 DEM과 영상간의 표준오차를 조정한다.

2.2 정사영상

정사영상은 촬영 당시, 센서의 자세와 지형의 기복에 의해 발생하는 피사체의 변위를 제거하여 정사투영(orthographic projection)의 기하학적 특성을 갖도록 정사보정(ortho rectification)이 된 영상을 말한다. 위성영상에 대한 정사영상 제작은 GCP선정, 센서정보 입력, 기하보정, 정사보정의 순으로 이루어진다.

3. 경계검출기법

영상처리 분야에서 경계(edge)는 영상에서 명도(intensity)의 불연속적인 변화가 발생하는 점들의 집합으로 정의할 수 있다.

위성영상의 경계를 검출하는 가장 간단한 방법 중의 한 가지는 밝기값이 서로 다른 부분을 강조하여 적용하는 것이며, 이것은 영상을 하나의 화소만큼 이동하고 원래의 영상과 이동된 영상의 차이를 구하는 것이다.

3.1 공간강조기법

항공기나 인공위성에서 관측한 원격탐사 자료 영상의 경우에 관측센서와 지상

물체 사이에 가로놓인 대기에 의한 효과나 센서 자체의 결함, 자료 송수신 시의 문제 등으로 인하여 실제로 대상 물체에 존재하지 않았던 잡음이 생성되어 영상의 해상도를 저해시키는 경우가 있다. 이와 같은 잡음을 제거하거나 영상에서 특정한 형상을 강조하기 위해 사용하는 기법을 공간강조(spatial enhancement)라 한다.

공간영역에서 영상처리 함수는 식 (1)과 같다.

$$g(x, y) = T\{f(x, y)\} \quad (1)$$

여기서, $f(x, y)$: 영상입력

$g(x, y)$: 처리된 영상

T : 화소(x, y) 이웃의 함수 f 의 연산자

3.1.1 1차 미분(Gradient)에 의한 경계검출

대부분의 경계검출 기법은 편미분 연산자 계산에 의하며, 일반적으로 1차 미분은 변화율을 나타낸다. 이 방법은 1차 미분의 성질을 이용하여 영상 값이 급격히 변하는 곳, 즉 경계를 찾고자 하는 것이다.

영상 미분에 기울기(gradient) 연산자는 $f(x, y)$ 의 위치(x, y)점에서의 기울기는 식 (2)와 같은 벡터이다.

$$\nabla f = \begin{Bmatrix} G_x \\ G_y \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{Bmatrix} \quad (2)$$

3.2.2 2차 미분(Laplacian)에 의한 경계검출

2차원 함수 $f(x, y)$ 의 Laplacian은 식 (3)의 2차 미분으로 정의된다.

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \quad (3)$$

$$\nabla^2 f = 4z_0 - (z_2 + z_4 + z_6 + z_8) \quad (4)$$

여기서, 기본 조건은 중심화소에서의 계

수는 양수이며, 외부 화소에서의 계수는 음이라는 것이 필요하다.

4. 실험방법 및 분석

4.1 실험대상지 및 수치지도와 영상의 중첩

본 연구에서 사용한 위성영상은 IKONOS의 공간해상도 1m 위성에서 촬영된 영상이다. 여기서는 스크린 디자타이징 기법을 적용하여 검출한 벡터 자료를 건물, 도로, 임야로 분류하여 수치지도와의 중첩으로 정확도를 분석하였다. Fig.1은 실험대상지역의 위성영상을 나타내고 있으며, Fig. 2는 영상의 좌표와 수치지도의 좌표를 일치 시켜서 중첩한 결과이다.



Fig. 1. Satellite image of test area(Daejeon)



Fig. 2. Overlay with digital map

4.2 경계검출

Fig. 3은 기하보정된 영상을 Sobel 연산자를 이용하여 경계검출 하는 과정을 보여주고 있으며, 위쪽은 전체부분을 경계검출한 것을 나타내었고, 아래 부분은 특정 부분에 대하여 확대한 모습을 나타내었다.

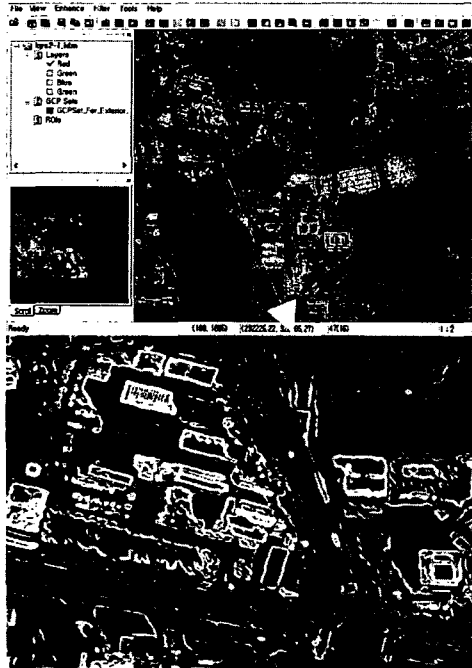


Fig. 3. Edge detection using Sobel
(upper) Edge detection of whole part
(down) Expanding edge detection

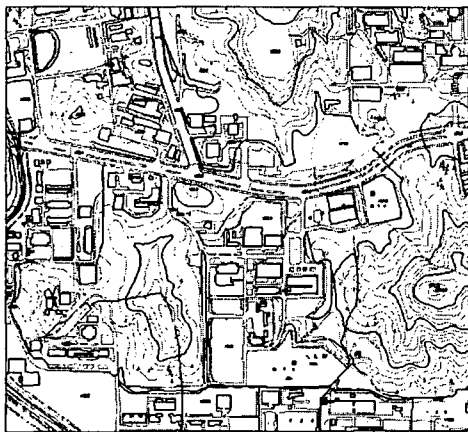


Fig. 4. Digital map

Fig. 4는 대상지역의 축척 1:5,000의 수치지도를 나타내고 있으며, Fig. 5는 경계검출된 영상에서 스크린 디지털라이징 기법으로 추출한 벡터자료를 표현한 모습이다. 여기서는 건물, 도로, 임야로 구분하여 검출하였다. Fig. 6에서는 수치지도와 검출된 벡터자료를 중첩하였다.

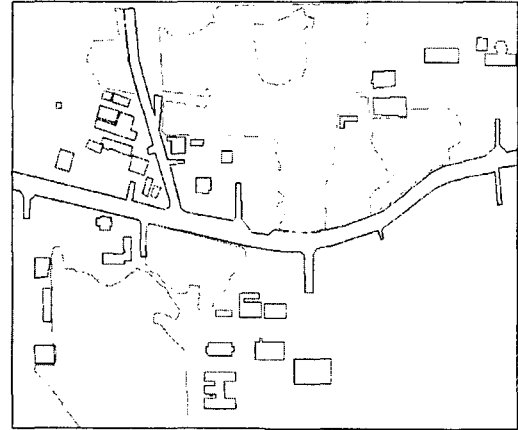


Fig. 5. Vector data acquire of edge detection image

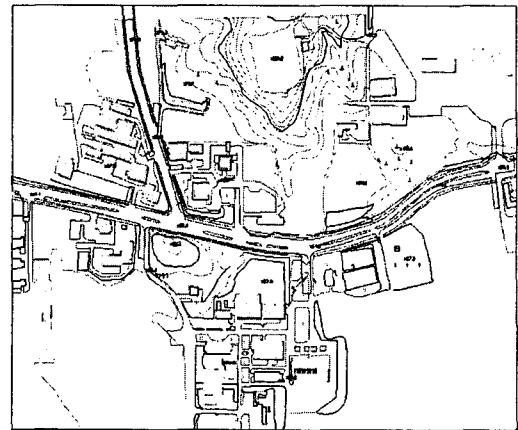


Fig. 6. Reiteration of digital map and detection vector data

5. 검출된 지형의 정확도 분석

5.1 건물

Table 1에서는 정확도 분석을 위해 건물의 대상을 24개로 선정하고, 각 건물에

대해서는 또 다시 4점의 검사점을 수치지도의 좌표와 경계검출된 좌표와의 차이를 비교하였다. 그 결과 평면위치 평균오차가 X방향으로 2.57m, Y방향으로 1.90m 만큼의 오차가 생겼으며, 표준오차는 X방향으로 2.994m, Y방향으로 2.234m로 나타났다. 그리고 Fig. 7에서는 건물의 평면위치 평균오차를 도시하였다.

Table 1. Error and RMSE of building(m)

No.	Coordinate of digital map		Coordinate of edge detection vector		Error		Ave. error	
	x	y	x	y	x	y	x	y
1	234375.15	320128.27	234376.97	320129.97	1.82	1.70	1.32	0.81
	234374.42	320079.01	234376.16	320078.88	1.74	0.13		
	234462.36	320079.47	234461.96	320078.88	0.40	0.59		
2	234356.99	320162.86	234353.06	320164.01	3.93	1.15	2.84	2.43
	234356.99	320125.15	234353.06	320128.01	3.93	2.86		
	234286.32	320125.15	234285.93	320128.01	0.39	2.86		
	234305.16	320168.17	234302.06	320171.01	3.10	2.84		
3	234234.79	320156.16	234237.18	320154.26	2.39	1.90	2.06	1.40
	234235.00	320142.53	234236.93	320143.51	1.93	0.98		
	234170.31	320139.81	234172.31	320141.26	2.00	1.45		
	234174.13	320161.10	234176.06	320162.38	1.93	1.28		
24	233994.89	320636.03	233993.50	320636.83	1.39	0.80	1.22	1.52
	233933.92	320655.07	233931.84	320654.49	2.08	0.58		
	233938.06	320668.33	233936.84	320669.49	1.22	1.16		
	233999.03	320649.29	233998.84	320652.83	0.19	3.54		
Ave. error		245.5		181.8		2.57		1.90
RMSE		X		2.994		Y		2.234

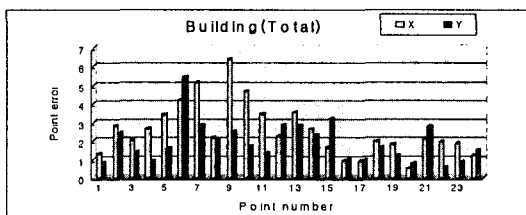


Fig. 7. Error(building)

5.2 도로

Table 2에서는 위치선정을 20개로하여

각 지점에 대하여 굴곡부분과 교차부분의 검사점을 선정하여 비교하였으며, 그 결과 평면위치 평균오차가 X방향으로 2.71m, Y방향으로 2.16m 만큼의 오차가 생기는 것을 알 수 있었다. 그리고 표준오차는 X방향으로 3.144m, Y방향으로 2.722m로 나타났다. 그리고 Fig. 8에서 도로의 평면위치 평균오차를 도시하였다.

Table 2. Error and RMSE of road(m)

No.	Coordinate of digital map		Coordinate of edge detection vector		Error	
	x	y	x	y	x	y
1	233718.65	320466.67	233719.19	320467.88	0.54	1.21
2	233752.12	320460.21	233748.02	320462.81	4.10	2.60
3	233770.60	320456.64	233773.12	320459.49	2.52	2.85
4	234022.65	320409.02	234017.13	320411.58	5.52	2.56
5	234044.72	320404.34	234043.20	320406.59	1.52	2.25
...						
19	234007.59	320447.96	234005.01	320448.42	2.58	0.46
20	233991.40	320448.57	233989.67	320449.47	1.73	0.90
Ave. error					2.71	2.16
RMSE					X	3.144
					Y	2.722

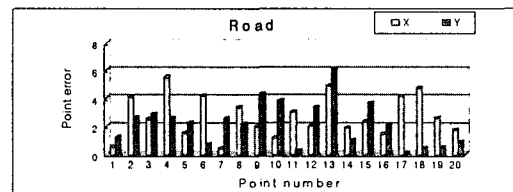


Fig. 8. Error(road)

5.3 요약

마찬가지로, Table 3에서도 위치선정을 10개로하여 각 지점에 대하여 굴곡부분과 교차부분의 검사점을 선정하여 비교하였으며, 그 결과 평면위치 평균오차가 X방향으로 3.44m, Y방향으로 4.68m 만큼의 오차가 발생하였다. 그리고 표준오차는 X방향으로 3.719m, Y방향으로 5.276m로 나

타났으며, Fig. 9에서 임야의 평면위치 평균오차를 도시하였다. 건물이나 도로에 비하여 많은 오차가 발생한 것은 스크린 디지털화 작업을 할 때의 오차와 판독의 난해함이 있기 때문이다.

Table 8. Error and RMSE of forest land(m)

No.	Coordinate of digital map		Coordinate of edge detection vector		Error	
	x	y	x	y	x	y
1	234046.63	320394.36	234042.97	320400.90	3.66	6.54
2	234106.06	320259.76	234102.56	320262.38	3.50	2.62
3	234100.84	320778.64	234096.56	320781.88	4.28	3.24
4	234363.74	320677.26	234360.06	320684.88	3.68	7.62
5	234167.88	320640.47	234170.56	320637.38	2.68	3.09
6	234480.06	320620.55	234475.56	320627.88	4.50	7.33
7	234547.56	320667.07	234544.56	320669.88	3.00	2.81
8	234068.64	320590.87	234066.68	320586.45	1.96	4.42
9	234264.47	320348.97	234260.06	320353.88	4.41	4.91
10	234356.86	320409.70	234359.56	320413.88	2.70	4.18
Ave. error					3.44	4.68
RMSE					X	3.719
					Y	5.276

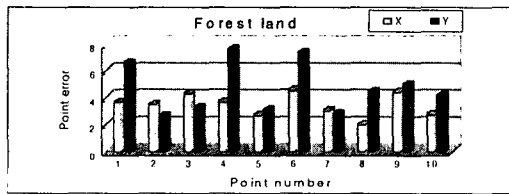


Fig. 9. Error(forest land)

6. 결론

본 연구는 기존의 수치지도를 수정 및 갱신함에 있어 많은 시간과 인력, 경비를 요하는 문제점에 대하여 효과적인 대처방안이 될 수 있는 가능성 중에 하나인 경계검출을 이용한 방안을 제시하였다. 위성영상을 기하보정과 정사보정을 한 후 경계검출을 적용하여 벡터자료로 표현하였으며, 수치지도와와의 중첩을 통하여 정확도를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을

수 있었다.

1. 위성영상의 지형에서 경계 검출된 벡터자료를 수치지도와 중첩한 결과 표준오차를 보면, 건물은 X방향으로 2.994m, Y방향으로 2.234m이고, 도로의 경우는 X방향으로 3.144m, Y방향으로 2.722m이었으며, 임야의 경우는 X방향으로 3.719m, Y방향으로 5.276m의 정확도로 검출할 수 있었다.

2. 건물과 도로의 경우에는 공공측량 작업규정에서 정하고 있는 축척 1:5,000의 요구정확도에 접근하지만, 임야의 경우는 축척 1:5,000 ~ 1:10,000의 허용오차에 들어감을 알 수 있었다.

3. 위성영상에 대하여 다양한 연산자를 적용해본 결과 고역통과 필터 처리를 거친 후에 Sobel 연산자를 적용한 기법이 경계검출을 함에 있어 가장 적합한 것을 알 수 있었다.

참고문헌

1. 박운용, "測量工學 概論(下)", 형설출판사, 2003, pp.251~271.
2. Uberoi, M.S., L.S.G., Kovaszny, L.S.G., "Analysis of turbulent density fluctuations by the shadow method", J. Appl. Phys., Vol.26, 1955.
3. Torkar, D., and Pavesic, N., "Feature Extraction from Aerial Images and Structural Stereomatching", IEEE Proceedings of ICPR 96, pp. 880~884.
4. Gruen, A., and Li, H., " Semi-Automatic Linear Feature Extraction by Dynamic Programming and LSB-Snakes", Photogrammetry Engineering & Remote Sensing, 1997, Vol. 63, pp. 985~995
5. Chen, L. H., and Lin, W. C., "Visual Surface Segmentation from Stereo", Image and Vision Computing, Vol. 15, 1997, pp. 95~106.