

## 수치지도 제작을 위한 지형·지물의 경계추출

### Edge Detection of Terrain·Feature for Digital Map Manufacture

박운용<sup>1)</sup> · 차성렬<sup>2)</sup> · 이동락<sup>3)</sup> · 김용석<sup>4)</sup>

Park, Woon Yong · Cha, Sung Yeoul · Lee, Dong Rak · Kim, Yong Suk

- 1) 동아대학교 공과대학 토목해양공학부 교수(E-mail : uypark@daunet.donga.ac.kr)
- 2) 양산대학 건설교통정보과 교수(E-mail : sycha@mail.yangsan.ac.kr)
- 3) 창신대학 토목과 조교수(E-mail : drlee@bongam.changshin-c.ac.kr)
- 4) 동아대학교 대학원 석사과정(E-mail : rosekys@smail.donga.ac.kr)

#### 요 지

고해상도 위성영상을 이용하여 수치표고모델(DEM) 및 정사영상을 제작해서 수치지도의 갱신 및 지형공간정보 체계의 자료기반으로써 활용할 수 있다. 본 연구에서는 Sobel 연산자를 이용하여 경계추출을 행한 후 스크린 디지털 이징 방법으로 경계선을 추출하였다. 이렇게 추출된 벡터자료와 기존수치지도와와의 중첩을 통해서 건물, 도로, 임야의 평균위치오차를 분석해 보았다. 평균위치오차가 공공측량의 작업규정에 대한 1 : 5,000 수치지도 제작의 허용오차범위에는 들지 못하였지만, 특정 부분의 지형·지물의 경우에는 수정, 보완이 가능한 것으로 나타났다. 그리고, 산악지역 보다는 도심지에서의 경계추출이 뚜렷하기 때문에 위치정밀도가 향상됨을 알 수 있었다.

## 1. 서 론

고해상도 위성영상이 일반화되고 대중화 되어가고 있는 현실에서 위성영상을 기반으로 한 지도제작 분야에 많은 관심이 모아지고 있다. 우리나라는 1999년 12월 21일 아리랑 1호를 성공적으로 발사하여 운용함으로써 국산 지구탐사위성을 보유한 국가가 되었다. 그리고, 현재 전남 고흥군 봉래면 예내리 외 나로도에 자체 위성발사체를 건설 중에 있으며 2005년이면 세계 13번째로 로켓 발사장을 보유하게 될 것이다. 또한 2004년도에 발사될 아리랑 2호는 고해상도(흑백 1m, 칼라 4m) 광학카메라(Multi Spectral Camera ; MSC)를 탑재함으로써 고해상도 위성을 보유하는 선진위성 보유국이 될 것이다.

고해상도 위성영상은 기존의 위성에 비해 높은 공간 해상력을 가지고 있으며, 다중분광특성, 광역성 등 항공사진에 비해 여러 가지 우월성을 가지고 있다. 이러한 고해상도 영상획득은 센서 및 컴퓨터를 이용한 영상정보처리 기술의 발달로 인하여 지구 자원탐사 위성의 활용에 대한 신뢰성이 점차 높아지고 있다. 이러한 위성영상의 출현으로 관심 지역의 지상해석 분야에 있어서 경계추출은 중요한 연구과제가 되고 있다.

따라서 본 연구에서는 IKONOS-2 IMAGE를 이용하여 정사영상을 생성한 후 다양한 경계 검출기법을 적용하였으며, 수치지도와의 중첩을 통해 지형·지물의 위치정확도를 평가 하였다.

## 2. 위성영상의 보정

위성영상 자료의 왜곡은 수집된 자료의 처리나 분석 때 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 화소값의 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(Geometric Correction)

인공위성이 대상지역을 촬영당시의 위성 움직임과 지구의 자전에 따른 오차를 보정하여 위성영상의 각 격자마다 좌표값을 부여하는 것을 기하보정(geometric correction)이라고 한다. 기하보정은 지상기준점(Ground Control Point : GCP)를 이용하여 위성영상의 RMSE오차를 조정하고, 생성된 DEM과 영상 간의 RMSE오차를 보간 한다. 이러한 보간법에는 최근린내삽법(nearest neighbor), 공1차내삽법(bilinear interpolation), 3차중첩내삽법(cubic convolution)등이 있다.

## 2.2 정사보정(Ortho Rectification)

정사보정방법은 지상기준점 방법과 달리 인공위성 영상이 가지고 있는 왜곡의 원인을 모두 고려하여 기하학적으로 영상 촬영 당시와 똑같은 환경을 재구성함으로써 영상의 위치를 보정하는 방법이다.

## 2.3 영상재배열(Image Resampling)

- (1) 최근린내삽법은 입력 격자상에서 가장 가까운 영상소의 밝기값을 이용하여 출력격자로 변환시키는 방법이다. 이 방법은 공1차내삽법, 3차중첩내삽법 보다 처리 속도가 빠르지만, 사선으로 존재하는 대상물이 계단처럼 끊어져 보이기 때문에 출력영상이 거칠게 나타나는 단점이 있다.

$$G_0(m, n) = G_p(i, j) \quad (1)$$

여기서,  $i$  : x의 정수값                       $j$  : y의 정수값

$(m, n), (i, j)$  : 입력 및 출력 격자에서 영상소의 위치

$G_0(m, n)$  : 입력격자에서  $(m, n)$  영상소의 밝기값

$G_p(i, j)$  : 출력격자에서  $(i, j)$  영상소의 밝기값

- (2) 공1차내삽법은 변환 다항식을 통하여 실수값으로 얻어진 출력 영상의 화소에 대응되는 입력 영상 화소의 좌표값을 기준으로 가장 가까운 4개의 입력 영상 화소를 선정한 후 이들의 거리에 따른 가중 평균값을 취한다. 이 방법은 처리속도는 비교적 빠르고, 출력영상이 비교적 매끄럽게 나타난다.
- (3) 3차중첩내삽법은 가장 가까운 16개의 입력영상 화소를 선정한 후, 이들을 이용하여 출력 영상 화소의 밝기값을 결정한다. 이 방법은 처리속도가 가장 느리지만, 출력영상이 매우 부드럽게 나타난다.

## 3. 경계추출

영상의 많은 부분에서 단순한 경계선만으로도 무엇을 표현하려는가를 충분히 이해할 수 있다. 따라서, 영상처리에 있어서도 경계를 추출하는 것은 중요한 개념의 하나이다. 이 경계추출 방법을 이용하여 특정의 물체를 추출하거나 또는 면적과 주위의 크기를 측정하여 영상 데이터를 처리할 수 있다. 또한, 영상분석에서 가장 흔하게 사용되는 연산 중 하나이고 물체에 대하여 경계를 강화하거나 추출하는 알고리즘이다. 영상처리 분야에서 경계(edge)는 영상에서 명도(intensity)의 불연속적인 변화가 발생하는 점들의 집합으로 정의할 수 있다.

영상의 특징(image feature)을 추출하는 것은 처리 대상인 영상을 분석하고 인식하는데 매우 중요한 요소가 된다. 이러한 영상의 특징 중에는 빛의 밝기(gray level), 색(color), 질감(texture), 경계(edge) 등이 있다. 추출된 경계는 물체의 크기, 형태, 상대적인 위치 등을 인식하는데 기본적인 요소가 될 뿐만

아니라 영상 전송과 같은 통신 분야에서는 정보량의 압축을 위한 코딩(coding) 등에도 이용된다. 또한, 영상을 동일한 영역으로 분할하는 영상 분할(image segmentation)에도 사용되고 있다.

본 연구에서는 국부 적응 연산자(local variable)를 이용하여 간단하고 신속한 경계 검출을 하였다. Sobel, Prewitt, Laplacian, canny 등의 연산자가 있으나 이 중에서 Sobel 연산자를 적용하여 경계검출을 하였다. 지면상 gradient의 X 성분만 구하는 연산자와 Sobel, Prewitt 연산자를 나타내었다.

(1) Sobel

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

X방향

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

Y방향

그림 1. Sobel 연산자

(2) Prewitt

-1	0	1
-1	0	1
-1	0	1

X방향

-1	-1	-1
0	0	0
1	1	1

Y방향

그림 2. Prewitt 연산자

영상처리의 미분법 중 가장 일반적인 방법은 경사도(gradient)를 도입하는 것이다. 식(2)은 함수  $f(x, y)$ 에 대해서, 좌표  $(x, y)$ 에서의  $f$ 의 경사도는 벡터로 정의된다.

$$\nabla f = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix} \text{ 이 벡터의 크기는 식(2)와 같다.}$$

$$\nabla f = \text{mag}(\nabla f) = \left[ \left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2 \right]^{1/2} \quad (2)$$

## 4. 실험방법 및 분석

### 4.1 영상처리(Image Processing)

그림 3은 실험대상지역을 나타내고 있으며 공1차내삽법으로 영상 자료의 GCP 기하보정을 수행하였다.

그림 4은 실험 순서도, 그림 5는 기하보정된 위성영상과 수치지도의 중첩을 나타내고 있다. 기하보정된 영상의 RMSE는 X방향으로 1.47m, Y방향으로 1.53m의 오차가 발생하였다.



그림 3. 실험대상지역(대전)

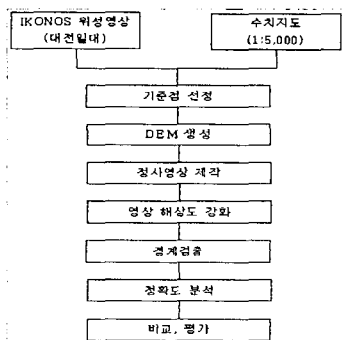


그림 4. 연구내용 및 방법



그림 5. 영상과 수치지도의 중첩



그림 6. Sobel을 이용한  
경계검출

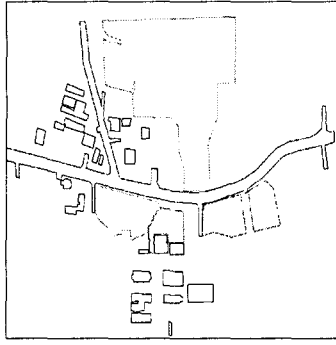


그림 7. 경계검출된  
영상에서 추출한 벡터파일

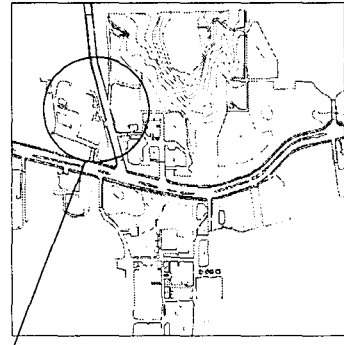


그림 8. 수치지도와 추출된  
벡터자료의 중첩

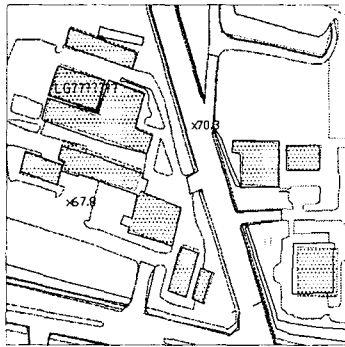


그림 9. 중첩된 부분의 확대

표 1. 건물, 도로, 임야의 평면위치오차(m)

구분	No	X	Y	구분	No	X	Y
건물	1	0.78	3.37	건물	19	3.20	2.07
	2	0.56	1.12		20	1.51	1.13
	3	2.00	0.80		평균	2.45	2.61
	4	2.70	5.85	도로	1	1.72	2.11
	5	3.30	1.50		2	2.11	4.78
	6	0.45	2.40		3	3.64	3.83
	7	2.10	1.80		4	3.26	2.87
	8	3.75	3.30		5	3.92	3.98
	9	3.45	2.40		6	2.84	2.47
	10	4.33	3.39		7	1.22	2.66
	11	1.13	3.95	평균	2.67	3.24	
	12	1.13	1.32	임야	1	4.79	7.27
	13	2.07	2.45		2	2.87	7.66
	14	0.75	1.51		3	4.98	5.17
	15	2.45	1.88		4	4.25	6.23
	16	3.57	7.53		5	4.03	5.30
	17	2.26	0.75		평균	4.18	6.33
	18	7.53	3.75	전체평균	3.10	4.06	

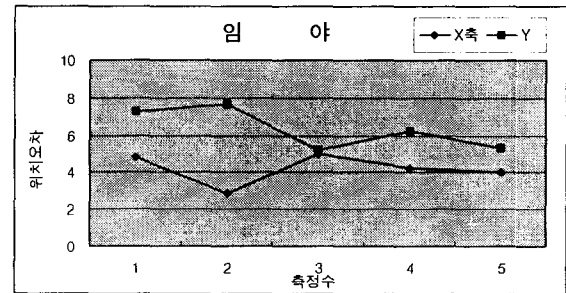
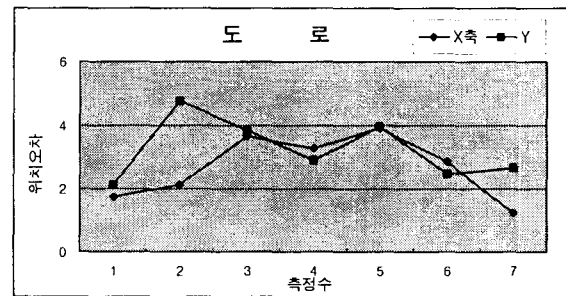
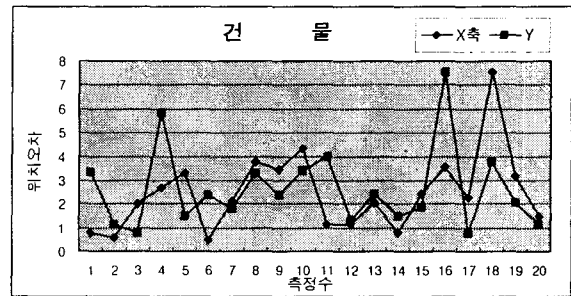


그림 10. 평면위치오차(m)

그림 6은 Sobel 연산자를 이용하여 경계검출을 수행하였다. 그림 7은 경계 검출된 영상에서 스크린 디지털화 방법으로 국부 지역에 대해서 추출한 벡터자료이고, 그림 8은 수치지도와 추출된 벡터자료와의 중첩을 나타내고 있다. 그림 9는 일부지역을 확대한 모습이다. 표 1은 추출한 벡터자료와 수치지도와의 중첩을 통해 위치정확도 분석을 하였고, 그림 10은 각각의 종류별 평면위치오차의 분포를 나타내고 있다. 여기서 건물과 도로, 임야로 나누어서 각각의 수평·수직 평균위치오차를 분석한 결과 건물은 X방향으로 2.45m, Y방향으로 2.61m가 발생하였고, 도로는 X방향으로 2.67m, Y방향으로 3.24m이 발생하였으며, 임야는 X방향으로 4.18m, Y방향으로 6.33m이 발생하였다.

임야의 위치오차가 많이 발생한 것은 경계부분이 명확하지 못한 것과 스크린 디지털화 작업에서 발생한 오차 때문이다. 물론 각각의 필터링과 처리방법에 따라 조금씩의 차이가 있으나 추출하고자 하는 대상물에 대한 구분이 뚜렷하지 못하다는 것이 주요한 단점이다. 그러므로, 실제 수치지도 제작에 있어서는 아직까지 많은 수작업이 필요로 하므로 이러한 문제 해결이 우선시 되어야 한다.

국토지리정보원 규정의 수치도화의 축척별 평면위치 오차에서는 축척 1 : 5,000의 최대평면위치오차가 2.5m, 축척 1 : 10,000은 5.0m로 규정하고 있기 때문에 본 연구에서 나타난 평균위치오차로 축척 1 : 10,000이상의 수치지도 작성이 가능한 것으로 판단된다.

## 5. 결론

본 연구에서 IKONOS-2 영상을 이용하여 Sobel 연산자를 실행한 후 수치지도와 영상에서 추출한 국부지역의 벡터자료 중첩을 한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 지형·지물의 평균위치오차를 분석한 결과 건물은 X방향으로 2.45m, Y방향으로 2.61m가 발생하였고, 도로는 X방향으로 2.67m, Y방향으로 3.24m이 발생하였으며, 임야는 X방향으로 4.18m, Y방향으로 6.33m이 발생하였다.
2. 경계검출 결과 산악지역 보다는 도심지의 벡터 자료가 더 정확하고 용이하게 추출할 수 있었다.
3. 본 연구에서 나타난 각각의 위치오차를 분석하면, 건물의 평균위치오차로는 축척 1 : 5,000의 제작이 가능하지만, 도로와 임야의 경우는 “공공측량의 작업규정”의 평면오차기준에서 벗어난다. 여기서 나타난 평균위치오차로 축척 1 : 10,000이상의 수치지도 작성이 가능한 것으로 판단된다.
4. 고해상도 위성영상으로 축척 1 : 5,000 수치지도의 전체적인 제작에는 아직까지 기술적인 무리가 있으나, 경계추출에 있어 지형·지물의 구분과 정밀도가 향상될수록 대축척 지도 제작이 가능해질 것이다.

## 참고문헌

1. 박운용, “測量工學 概論(下)” 동아대학교 출판부, 2003.
2. 송연경, “KOMPSAT-1 EOC영상을 이용한 정사영상생성의 정확도 향상” 동아대학교 석사학위논문, 2001.
3. 이재기, 정성혁, 임인섭, “IKONOS 정사영상을 이용한 건물의 자동추출” 한국측량학회지, 2003, pp.19~26.
4. 강준목, 이철희, 이형석 “수치지도의 수정 및 갱신을 위한 고해상도 위성영상의 적용 가능성 평가” 한국측량학회지, 2003. pp.313~321.
5. 김갑래, 김재연 “항공사진 영상과 영상간의 지형지물 비교·분석” 한국측지학회지, 2003. pp.1~7.
6. Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods(2001), *Digital Image Processing*, Prentice Hall, pp.417~440.
7. <http://www.pixoneer.co.kr>