

IKONOS 위성 영상데이터로부터 도로정보의 판독과 그 정확도 분석

Detection of Roads Information and the Accuracy Analysis from IKONOS Satellite Image Data

안기원* · 김상철** · 신석효***

An, Ki Won · Kim, Sang Chul · Shin, Sok Hyo

要 旨

고해상도의 IKONOS 위성 영상데이터로부터 도로 정보를 판독·추출하고 그 정확도를 분석하고자 하였다. RFM을 이용하여 기하보정영상을 생성한 후, 이 영상으로부터 도로를 판독하고 스크린디지타이징 하였다. 도로 판독 및 추출 정확도를 평가하기 위하여 도로 경계선의 위치와 도로 폭을 수치지도와 비교한 결과, 도로 경계선은 $\pm 3.4m$, 도로의 폭은 $\pm 1.1m$ 의 정확도로 추출되었다.

ABSTRACT

This study is focused on the analysis of road extracting accuracy from the high resolution IKONOS satellite image data. A geometric correction of the image is performed using the RFM and interpretation with the screen digitizing is also performed for extracting the roads information. For the evaluation of road extracting accuracy, the road locations and the road widths are compared with the national digital map. The comparison results shows that the road boundary and the size of road width are able to extract with the geometric accuracy of $\pm 3.4m$ and $\pm 1.1m$.

1. 서 론

급속한 사회발전과 기하급수적인 차량의 증가로 인하여 도로의 신설과 도로선형의 변경이 많아지고 각종 도로 정보가 빠르게 변화하고 있기 때문에 도로관련 지도가 이미 제작되어 있더라도 단시일에 수정 보완할 필요가 있다.

항공사진측량 또는 지상사진측량을 통하여 이들 도로 정보를 갱신하는 데에는 많은 경제적, 시간적 어려움이 있다. 1999년 9월에 발사된 미국 Space Imaging사의 IKONOS 위성으로부터 1m 해상도의 흑백영상과 4m 해상도의 다중파장대 영상을 취득할 수 있게 되었다. 이처럼, 최근에는 인공위성으로부터 관측된 고해상도의 영상데이터를 활용할 수 있기 때문에 넓은 지역의 지형지물 관련정보를 단시일에 처리하 경제적이면서도 주기적으로 정보를 갱신할 수 있게 되었다.¹⁾

위성영상으로부터 도로를 추출하는 것은 낮은 공간 해상력으로 인해 제한을 받아 왔으며, 주로 영상데이터를 이용한 분류기법에 의존하여 왔지만 Douglas²⁾는 수리형태론(binary morphology)에 의한 방법으로 SPOT PAN 데이터로부터 도로의 위치를 추출하였으며, 그 결과는 벡터 데이터가 아닌 래스터데이터가 되기 때문에 자세한 도로 경계의 표현이 어렵고 특히 도시지역에는 주변 지형지물 때문에 선형 도로 정보를 추출하기에는 소프트웨어 및 하드웨어적으로 많은 어려움이 있다는 것을 제시하였다.

Jazouli 등³⁾은 SPOT level 1B PAN 데이터의 콘트라스트를 강조처리한 후, 모니터에 확대 출력하여 디지타이징하는 방법으로 도로의 위치를 추출하고 지도와 비교하여 본 결과, 도로추출 위치오차가 $\pm 18m$ 정도임을 제시하였다.

Geman 등⁴⁾은 SPOT PAN 데이터에 active testing model을 적용하여 100 km 길이의 고속도로를 인위적인 수정작업 없이 추출하였지만 작업해야 할 도로 시점의 위치와 이 곳에서의 도로 방향을 입력해주어야 하는 점과 소로에서의 적용이 어렵다는 문제점을 제시한 바 있다.

국내에서는 국립지리원⁵⁾은 IKONOS 입체영상을 사용하

*경상대학교 토목공학과 교수
(경상대학교 부속공학연구원 책임연구원)

**경상대학교 토목공학과 박사과정

***경상대학교 토목공학과 박사

여(정밀 RPC 사용시) 1:5,000 지도제작이 가능함을 제시한 바 있으며, 또한 정사영상의 경우 1:5,000 수치지도의 2차원 수정도화가 가능함을 제시하였다. 그러나, IKONOS 영상의 판독 및 묘사 성과의 경우 WGS84 기준면의 UTM 투영으로 추출되어 기존 수치지도와 중첩시켜 지형지물의 위치정확도를 비교하지 못하고 지형지물의 추출여부를 중심으로 비교한 연구를 행한 바 있다.

이와 같이 IKONOS 인공위성 영상데이터로부터 완전히 자동화된 기법으로 도로의 위치나 경계선을 추출하기에는 아직도 많은 연구가 필요하기 때문에 스크린디지타이징을 수행하여 도로 정보를 추출하려 하였다. 이를 위하여 공간 해상력이 1m인 IKONOS 위성 영상데이터를 기준점의 3차원 좌표(X, Y, Z)와 RFM(rational function model)을 사용하여 위성 영상데이터를 정밀기하보정하여 각종 기하학적 왜곡을 보정하였으며, 판독 가능한 도로 정보를 분석하고 묘사하여 기존 지도와 비교함으로써 위성 영상데이터에서 추출 가능한 도로 정보의 범위를 판단하고자 하였으며, 추출된 도로의 경계선과 폭을 국립지리원 제작의 1:5,000 수치지도와 비교하여 추출 오차를 평가하였다.

2. 인공위성 영상데이터에서의 도로의 특성

도로는 보행자 및 차량을 위한 공공통로로서 주거지역을 상호 연결하고 인간 활동에 의해서 신설된다. 우리나라 도시지역의 도로는 도시고속도로, 주간선도로, 보조간선도로, 집산도로 및 국지도로의 5가지로 구분되며, 대부분이 아스팔트 포장 도로이다. 지형도에 표시된 도로는 대축척인 경우는 실제의 폭으로 표시되지만 소축척인 경우 노폭에 대하여 일정한 규격을 정해서 기호로 표시하고 있다.

인공위성 영상데이터에서의 도로 표현 능력은 센서의 분광해상력과 공간해상력에 강한 영향을 받으며, 도로의 폭은 위성 영상데이터의 공간해상력에 따라 상대적인 축소비율로 나타난다. 일반적으로 도로의 방사량은 거의 일정하며 주변환경과 비교적 잘 구별된다. 흑백영상에서는 도로는 밝은색 계통으로 나타나지만 적외선 영역에서는 포장재료에 따라 색조가 달라진다. 즉 자갈길에서 가장 밝게 나타나며, 콘크리트, 아스팔트의 순으로 점차 어둡게 나타난다. 표 1은 FAS(Federation of American Scientists)에서 제시한 도로와 교량의 위치확인, 유형구분, 식별, 묘사 및 성능분석에 필요한 인공위성 영상의 해상력을 나타낸 것이다. 표 1에서 보는 바와 같이 해상력 1~2m의 영상데

표 1. 도로와 교량 정보 추출에 필요한 인공 위성 영상의 해상력 (단위 : m)

시설물	위치확인	유형구분	식별	묘사	성능분석
도로	10~20	5	1	0.6	0.4
교량	6	4.5	1.5	1.0	0.3

이터에서는 도로와 교량의 위치확인구분과 유형 구분이 가능할 뿐만 아니라 식별 또는 묘사까지도 어느 정도 가능하다.^{1),6)}

3. 실험 및 결과

3.1 위성영상을 이용한 도로 정보 추출 방법

지형공간정보체계의 자료는 도형자료와 속성자료로 분류되며, 이 중 도형자료의 구축에 대부분의 비용과 시간이 소요된다. 도형자료의 획득과 구축을 위한 방법으로 지상 측량이나 항공사진측량을 행하거나 위성 영상으로부터의 추출을 행할 수 있다.

최근 군사목적으로 사용되어 왔던 고해상도 인공위성 영상데이터가 상용화되기 시작하면서 자원 및 환경분야의 정성적인 판독목적으로 이용되던 종래의 원격탐사 활용범주에서 탈피하여 지형도 제작이나 대규모 지역의 지형공간정보체계를 위한 자료 기반 생성 등 정량적인 위치결정에 많이 활용되고 있다. 특히 수치지도 제작분야까지 그 범위가 점점 더 확대되고 있다. 고해상도 위성데이터를 이용하여 수치지도를 제작하거나 갱신하는 경우에는 종래의 지상측량 및 항공사진측량에 비해 광역지역을 빠른 시간에 효과적으로 처리할 수 있으며, 경제적이고 주기적인 데이터의 획득이 가능하여 정보갱신에 효율적이라는 장점을 가지고 있다.⁶⁾

위성 영상으로부터 지형정보를 추출하거나 지도화하는 경우에 사용될 수 있는 영상으로는 입체영상, 단영상을 들 수 있으며, 본 연구에서는 기준점의 3차원 좌표(X, Y, Z)와 RFM을 사용하여 위성 영상데이터를 정밀기하보정한 단영상

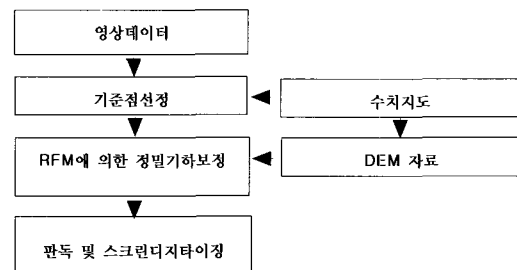


그림 1. 본 연구의 도로 정보 추출 방법

을 이용하여 스크린디지타이징하여 도로 정보를 추출하였다. 본 연구에서 도로 정보를 추출한 방법과 절차는 그림 1에서 보는 바와 같다.

3.2 사용데이터

본 연구에서 사용된 인공위성 영상데이터는 미국 Space Imaging사의 IKONOS 위성으로부터 획득한 공간해상력이 1m인 흑백 영상이다. 사용된 위성 영상데이터의 주요 제원은 표 2에서 보는 바와 같다.

본 연구의 실험 대상 지역은 경남 진영 일부 지역이며, 그림 2에서 보는 바와 같다.

3.3 정밀기하보정

고해상도의 위성 영상데이터는 중, 대축척지도의 지도작성에 앞서서 높은 정밀도로 기하보정을 실시하여야 한다. 현재, 기준점의 평면위치(X, Y)와 다항식을 사용하는 기하보정방법을 대부분 사용하고 있지만 고해상도 위성 영상

표 2. 사용된 인공위성데이터

구분	내용
Satellite	IKONOS-2
Acquisition Date/Time	2000.2.13 01:57 GMT
Sun Angle Azimuth	148.7759°
Sun Angle Elevation	35.73780°
Ground Sample Distance	1m
Image Size	PAN: 1,983×1,985(col.xrow)

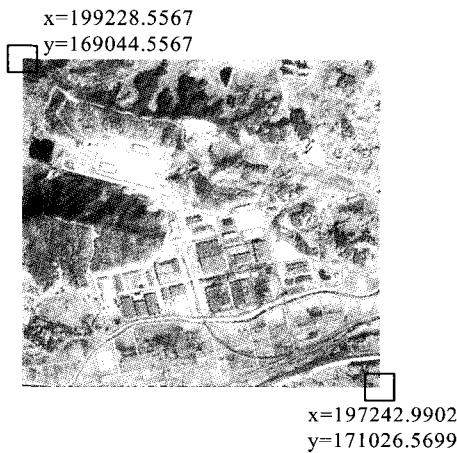


그림 2. 연구대상지역

데이터에서는 보정오차가 크기 때문에 이 방법의 적용이 불가능하다. 따라서 본 연구에서는 기준점의 3차원 좌표(X, Y, Z)와 RFM을 사용하여 기하보정을 수행하였다.

3.3.1 지상기준점의 선정

지상기준점의 선정에 있어서는 선정조건은 다음과 같다.

- ① 지형도 및 영상에 모두 존재하며 도로의 교차점, 횡단보도 및 저수지의 좌·우 코너등과 같이 영상과 지도에서 그 좌표 수치를 명확히 독취할 수 있는 점
- ② 가능하면 표고범위를 고려하여 표고 전 범위에 걸쳐 분포할 것
- ③ 영상 전체에 걸쳐 균등하게 배치되고, 가능하면 영상가장자리에 위치 할 것

IKONOS 위성 영상데이터는 공간해상력이 1m이므로 축척 1:5,000 수치지도에서 기준점 좌표를 획득이 적합하지 않으므로 본 연구에서는 창원시와 국립지리원에서 공동 제작한 축척 1:500 수치지도에서 일부 독취하였으며, 또한 영상에서 삼각점이 관측되는 일부점에 대해서는 삼각점을직접 답사한 후, 현장에서 현장의 위치상태와 영상에서의 위치를 비교하면서 영상좌표를 독취하였다.

3.3.2 RFM을 이용한 정밀기하보정

RFM은 영상에서 x, y의 좌표를 계산하기 위해서 다음의 식 (3-1)과 같은 두 개의 다항식함수의 비를 이용한다.^{7),8),9)}

$$x = \frac{p1(X, Y, Z)}{p2(X, Y, Z)} = \frac{\sum_{i=0}^{m1} \sum_{j=0}^{m2} \sum_{k=0}^{m3} a_{ijk} X^i Y^j Z^k}{\sum_{i=0}^{m1} \sum_{j=0}^{m2} \sum_{k=0}^{m3} b_{ijk} X^i Y^j Z^k} \quad (3-1)$$

$$y = \frac{p3(X, Y, Z)}{p4(X, Y, Z)} = \frac{\sum_{i=0}^{m1} \sum_{j=0}^{m2} \sum_{k=0}^{m3} c_{ijk} X^i Y^j Z^k}{\sum_{i=0}^{m1} \sum_{j=0}^{m2} \sum_{k=0}^{m3} d_{ijk} X^i Y^j Z^k}$$

여기서,

x, y는 영상에서의 일반화된 픽셀좌표이고, X, Y, Z는 지상(지도와 DEM)에서의 3차원 좌표이며, a_{ijk} , b_{ijk} , c_{ijk} , d_{ijk} 는 다항식계수(RFC: rational function coefficient)이다.

식 (3-1)은 식 (3-2)와 같이 쓸 수 있다.

$$x = \frac{(1 \ Z \ Y \ X \ \dots \ Y^3 \ X^3) \cdot (a_0 \ a_1 \ \dots \ a_{19})^T}{(1 \ Z \ Y \ X \ \dots \ Y^3 \ X^3) \cdot (1 \ b_1 \ \dots \ b_{19})^T}$$

$$y = \frac{(1 \ Z \ Y \ X \ \dots \ Y^3 \ X^3) \cdot (c_0 \ c_1 \ \dots \ c_{19})^T}{(1 \ Z \ Y \ X \ \dots \ Y^3 \ X^3) \cdot (1 \ d_1 \ \dots \ d_{19})^T} \quad (3-2)$$

일반적으로 광학적인 투영에 의해 발생하는 왜곡은 1차항의 비로서 표현될 수 있으며, 지구곡률, 대기굴절과 렌즈 왜곡 같은 경우의 보정은 2차항을 추가함으로써 근사적으로 나타낼 수 있다. 높은 차수의 구성요소를 가진 다른 알려지지 않은 왜곡들은 삼차항의 RFM을 사용함으로써 모델화할 수 있다.

RFM 모델을 이용한 기하보정에 있어서는 앞 절의 식 (3-1)에서 p_2 와 p_4 의 값이 1이며, 2차다항식을 적용하면 다음의 식 (3-3)과 같이 표현될 수 있다.

$$\begin{aligned}
 x &= \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^m \sum_{k=0}^m a_{ijk} X^i Y^j Z^k = \\
 &a_0 + a_1 Z + a_2 Y + a_3 X + a_4 ZY + a_5 ZX + a_6 YX + \\
 &a_7 Z^2 + a_8 Y^2 + a_9 X^2 \\
 y &= \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^m \sum_{k=0}^m c_{ijk} X^i Y^j Z^k = \\
 &c_0 + c_1 Z + c_2 Y + c_3 X + c_4 ZY + c_5 ZX + c_6 YX + \\
 &c_7 Z^2 + c_8 Y^2 + c_9 X^2
 \end{aligned} \tag{3-3}$$

여기서,

x, y : 영상좌표

X, Y, Z : 지형도에서 추출한 3차원 좌표

a_{ijk}, c_{ijk} : RFC(rational function coefficient)

식 (3-3)에 최소제곱법원리를 적용하면 미지계수인 a_{ijk}, c_{ijk} 을 구할 수 있다. 산출된 계수를 이용하여 영상을 보정한 후, 재배열방법은 최근린내삽법을 사용하였다.

표 3은 위와 같은 방법으로 산출된 계수들을 나타낸 것

이다.

산출된 계수를 이용하여 영상을 보정하기 위해서는 보정 대상 지역의 지상좌표(X, Y, Z)가 포함된 수치표고모델이 필요하다. 이를 위해 본 연구에서는 축척 1:5,000 수치지도를 사용하여 표고점만을 추출한 후, 지역화변수이론에 기초한 크리깅 기법으로 DEM을 작성하였다. 연구 대상 지역을 보정하기 위한 DEM은 그림 3에서 보는 바와 같다.

작성된 DEM과 RFM을 사용하여 정밀기하보정을 수행한 결과 발생한 평균제곱근오차(RMSE)는 2.677 픽셀로서 약 3.0 픽셀 이내의 정확도를 확보할 수 있었다.

크리깅 기법에 의한 수치지도로부터의 DEM 작성과 RFM에 의한 정밀기하보정용 소프트웨어는 본 연구실에서 직접 개발하여 사용하였다.

다음의 그림 4는 RFM으로 기하보정된 IKONOS 영상을

표 3. 계산된 RFC

위성	x	y	
	-169616.838	199249.431	const.
	1.090409624	-0.017366774	X
	-0.006813359	-0.975566352	Y
	0.306446031	-1.211856173	Z
	0.000000006	-0.000000058	XY
IKONOS	0.000009914	-0.000007422	XZ
	-0.000009428	0.000012301	YZ
	-0.000000273	0.000000083	X ²
	0.000000016	-0.000000037	Y ²
	0.000168466	0.000014496	Z ²



그림 3. 연구대상지역 DEM 영상



그림 4. RFM으로 기하보정된 영상

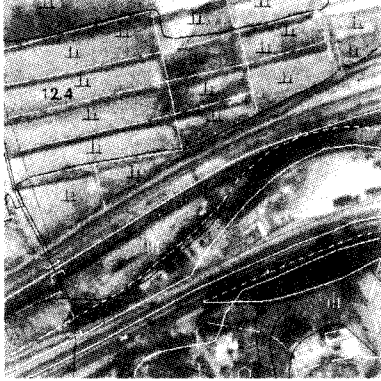


그림 5. 기하보정된 영상과 1:5,000 수치지도의 중첩영상

나타내고 있으며, 그림 5는 1:5,000 수치지도를 중첩시킨 후 일부분을 확대하여 나타낸 것이다.

3.4 도로 정보 판독

지도는 교통(철도, 도로), 건물, 시설물, 지류, 수계, 지형 및 경계 등의 지형요소로 구성되어 있다. 본 연구에서는 IKONOS 위성 영상데이터에서 묘사 가능한 도로 정보의 분석과 각 요소별 속성을 파악하기 위해 모니터상에서 영상 육안 판독을 우선 실시하였다.

판독항목은 수치지도의 가장 기본적인 구성요소인 지형 코드에 의해서 실험 대상 지역의 1:5,000 수치지도 도로 레이어중 세분류 항목에 대하여 판독을 실시하였다. 실험

대상 지역의 도로 정보는 고속국도, 일반국도, 지방도, 시도, 군도, 면·리간도로, 소로, 콘크리트교, 고가차도, 터널 입구 등으로 판독 결과 실험 대상 지역 대부분의 도로 정보에 대하여 판독이 가능하였으며, 판독 가능한 도로 정보의 요소별 속성은 위성 영상데이터에서 판단하기 어려운 부분에 있어서는 1:5,000 수치지도를 이용하여 확인하였다. 도로 레이어 항목의 판독 결과는 표 4와 같다.

3.5 도로 정보 추출 및 묘사

본 연구에서는 정밀기하보정된 단영상으로부터 국립지리원의 수치지도작성작업규칙의 1:5,000 도식 규정을 기준으로 실험대상지역에 대하여 스크린디지타이징을 수행하여 각 지형코드의 대분류에서 중분류, 소분류, 세분류의 설계에 따라 추출하였다. 추출한 도로 정보의 결과는 그림 6에서 보는 바와 같다. 추출된 도로는 고속국도, 일반국도, 지방도, 시도, 군도, 면·리간도로, 소로 등으로 거의 실폭으로 표현되었으며, 일부 소로는 중심선만 표현하였다. 또한, 누락된 소로의 경우는 건물 음영지역, 가로수 및 산악지역에 의해 도로가 가려진 것에 기인하는 것으로 보인다.

다음의 그림들은 추출된 도로와 1:5,000 수치지도와 중첩하여 일부분을 확대하여 나타내고 있으며(그림 7, 8, 9, 10, 11), 또한 1:5,000 수치지도와 중첩하여 추출된 도로 요소의 정확도를 비교한 결과 고속국도 약 2.1m, 일반국도 약 2.6m, 지방도 약 5.3m, 시·군도 약 2.6m, 면·리간도로 약 4.7m, 소로 약 4.0m 정도의 평균제곱근 오차가 발생

표 4. 판독 결과

코드	판독항목		판독여부 IKONOS
	대분류	소분류	
3	도로	고속국도	◎
		일반국도	◎
		지방도	◎
		시도	◎
		군도	◎
		면·리간도로	◎
		소로	◎
		건설중고속국도	◎
		콘크리트교	◎
		고가차도	◎
		터널입구	◎

◎: 완벽판독, ○: 대부분판독, △: 경우에따라, ◇: 검출만가능, ×: 판독불가

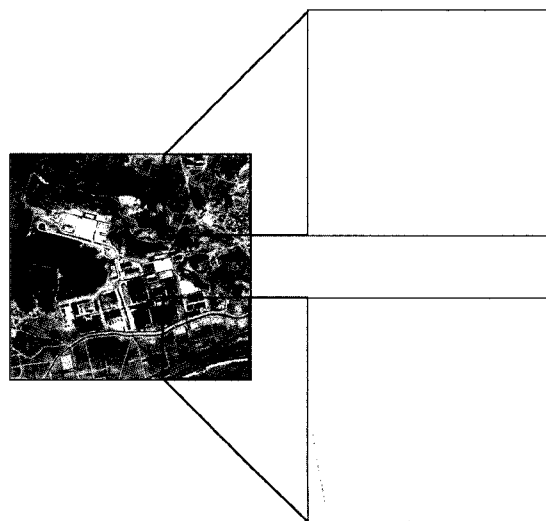


그림 6. 보정된 영상으로부터 추출된 도로 정보

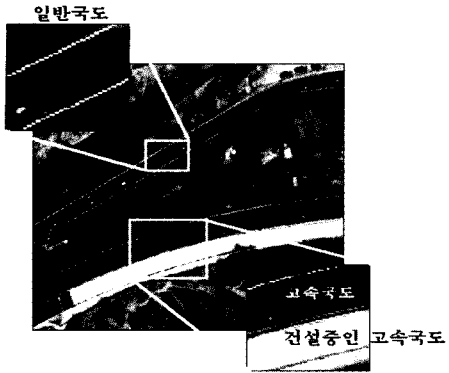


그림 7. 추출된 고속국도, 일반국도 및 공사중인 고속국도

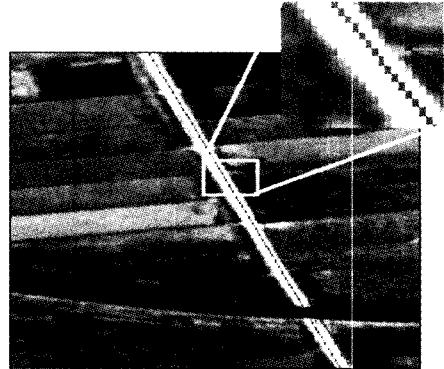


그림 10. 추출된 군도



그림 8. 추출된 지방도

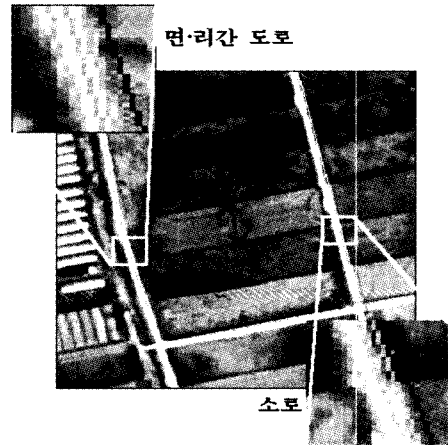


그림 11. 추출된 면·리간 도로와 소로

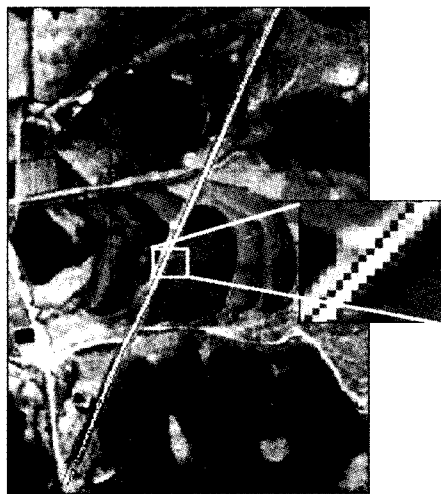


그림 9. 추출된 시도

—— 수치지도
 추출된 도로

하였다. 오차 발생 원인은 기하보정 과정에서 발생한 오차와 위성 영상데이터로부터 도로의 경계선 묘사 과정에서 발생한 오차에 인한 것으로 판단하였으며, 또한 지방도의 경우 일부구간 노선의 변경이 많아 오차가 크게 나타난 것으로 판단하였다. 도로 각 요소에 대한 형상 파악은 모든 부분에서 가능하나 구체적인 묘사를 위해서는 정확한 경계선 추출이 중요하며, 이 부분에 대해서는 지속적인 연구가 필요하다.

4. 비교고찰

기하보정된 영상데이터로부터 추출된 도로 성분을 도로 경계선과 도로의 폭을 대상으로 국립지리원 제작의 축척 1:5,000의 수치지도와 비교하였다.

도로 경계선의 비교에 있어서는 추출된 도로 경계선을 따라 15 m 간격마다 도로 경계선의 위치(평면직각좌표)를 수치지도와 비교하였다. 표 5는 두 경계선의 위치 오차를 계산하여 평균제곱근오차를 나타낸 것이다. 단, 먼·리간 도로와 소로는 단선으로 비교하였다.

표 5에서 보는 바와 같이 도로 경계선의 위치 오차의 평균제곱근오차가 약 ±3.4 m로 나타났으며 이는 IKONOS 영상데이터의 공간해상력을 고려하면 약 4 픽셀 크기에 해당하였다.

도로 폭의 비교에 있어서는 경계선의 길이, 15m 간격마다 추출된 도로 폭을 수치지도의 도로 폭과 비교하고 그 차이에 대한 평균값을 계산하였으며, 그 결과는 표 6에서 보는 바와 같다.

표 5. 도로 경계선 추출 위치의 RMSE

대상도로	RMSE(m)	
고속국도	좌측경계선	2.6
	우측경계선	1.5
일반국도	좌측경계선	2.1
	우측경계선	3.1
지방도	좌측경계선	4.1
	우측경계선	6.4
시·군도	좌측경계선	2.6
	우측경계선	2.5
먼·리간도로	4.7	
소로	4.0	
평균	±3.4	

표 6. 도로 폭 비교

대상도로	추출된 도로의 폭(m)	수치지도의 도로의 폭(m)	차이(m)
고속국도	23.5	21.4	+2.1
일반국도	18.1	18.3	-0.2
지방도	5.5	5.6	-0.1
시·군도	4.2	3.7	+0.5
RMSE			±1.1

표 7. 수치도화의 축척별 오차의 허용범위

도화축척	평면위치	
	표준편차	최대오차
1/1,000	0.2m	0.4m
1/5,000	1.0m	2.0m
1/25,000	5.0m	10.0m

도로의 폭에 대한 상대적 크기는 수치지도와 약 ±1.1m의 차이를 보이고 있다.

표 7은 우리 나라 국립지리원 규정의 수치도화의 축척별 오차의 허용범위를 나타내고 있다.

그리고 우리 나라 축척 1:25,000의 수치지도에 있어서 평면위치에 대한 허용 최대오차가 ±10m이고 표준편차가 ±5m인 점을 고려한다면, 본 연구 결과를 바탕으로 IKONOS와 같은 고해상도의 인공위성 영상데이터로부터 축척 1:25,000 또는 그 이상의 대축척 지도(수치지도 및 지형도)의 도로 망을 수정, 보완할 수 있을 것으로 사료된다.

또한, 그림 7, 그림 8과 같이 수치지도에서 표현되어 있지 않은 건설중인 고속국도와 일부구간의 노선이 변경된 지방도를 판독·추출할 수 있었다. 이처럼 급속한 사회 발전과 기하 급수적인 차량의 증가로 인하여 도로의 신설과 도로선형의 변경이 많아지고 각종 도로 정보가 빠르게 변화하고 있기 때문에 IKONOS와 같은 고해상도의 인공위성 영상데이터를 사용한다면 보다 효율적이고 경제적인 대축척 지도의 수정, 보완이 이루어지리라 사료된다.

5. 결 론

RFM을 적용하여 기하보정된 IKONOS PAN영상을 생성한 후, 도로를 판독하고 도로 경계선과 도로 폭을 스크린 디지털화하여 수치지도와 비교한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. RFM을 이용하여 도시내외 지역의 IKONOS PAN 영상을 ± 2.677 픽셀의 정확도로 기하보정할 수 있었다.

2. 위성영상으로부터 추출된 도로 정보의 위치와 크기를 수치지도와 비교한 결과, 도로의 경계선은 약 $\pm 3.4m$, 도로의 폭은 약 $\pm 1.1m$ 의 정확도로 추출할 수 있었다.

향후, IKONOS 위성 영상데이터의 경우, 정밀 GCP 성과에 근거한 RFC가 제공되는 데이터를 사용하면 높은 정확도로 도로 정보를 추출할 수 있으리라 판단되며, 보다 자동화된 도로추출 기법의 연구가 필요하다.

감사의 글

본 연구는 2000년도 한국과학재단 특정기초 연구 (과제명 : 국토기본도 제작을 위한 고해상도 인공위성데이터의 활용방안 연구, 과제번호 : R01-2000-000-00370-0)에서 수행된 결과의 일부로서 연구비를 지원해 주신 한국과학재단과 데이터 구입에 협조하여 주신 e-HD.com에 감사드립니다.

참고문헌

1. 안기원, 서두천, 신석효, "KVR-1000 인공위성 화상데이터로부터 도시지역 도로의 반자동 추출", 대한토목학회논문집, 제 21 권, 제4-D권, 2000, pp. 529-536.
2. Douglas, O., "Road network extraction from SPOT panchromatic data", Proceedings of the International Symposium on Topographic Applications of SPOT Data, 1988, pp. 272-287.
3. Jazouli, R., Verbyla, D. L., and Murphy, D. L., "Evaluation of SPOT panchromatic digital imagery for updating road locations in a harvested forest area", PE & RS, 60(12), 1994, pp. 1449-1452.
4. Geman, D., and Jedynak, B., "An active test model for tracking roads in satellite images", IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 18(1), 1996, pp. 1-14.
5. 국립지리원, "위성영상을 이용한 지도제작 시험 연구", 2001, pp. 90-100.
6. 박종화, "고해상도 위성영상을 이용한 도시정보의 수집", 한국지리정보, 제27권, 제11호, 1998, pp. 24-25.
7. Novak, K., "Rectification of Digital Imagery", PE & RS, Vol. 58(3), 1992, pp. 339-344.
8. Tao, C. V., and HU, Y., "Image Rectification Using a Generic Sensor Model-Rational Function Model", ISPRS, 2000, Vol. 33, Part B33, pp. 874-881.
9. Tao, C. V., and Hu, Y., "The Rational Function Model: A Tool for Processing High-Resolution Imagery", Earth Observation Magazine (EOM), Vol. 8(1).

(2002년 2월 5일 원고접수)