

편향된 지상기준점을 이용한 비접근지역 영상좌표의 상대정확도 향상연구

Assessment of Relative Accuracy for Inaccessible Area Imagery Using Biased Ground Control Points

권현우* · 조성준* · 임삼성**

Hyunwoo Kwon · Sungjoon Cho · Samsung Lim

요 旨

다목적 실용위성영상을 이용하여 지리정보를 얻기 위해서는 영상의 기하보정이 필수적이지만 현지접근 불가능지역은 지상기준점을 획득하기가 어렵고, 지도 독취를 통하여 획득한 지상기준점은 부정확하다. 일반적으로 시스템기하보정은 위성궤도요소 및 자세요소를 이용하나, 이 방법은 위성영상의 절대위치오차를 크게 향상시키지 못한다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 본 논문에서는 가상 접근 불가능지역과 접근 가능지역을 포함한 영상을 이용하여 접근 가능지역에서 GPS로부터 획득된 지상기준점만으로 편향적인 기하보정을 수행한 후 오차추이분석을 통한 영상좌표의 상대정확도 향상기법을 제시하였다.

ABSTRACT

For the inaccessible area where the field verification is unable, it is difficult to obtain the ground control points (GCPs) or the acquired GCPs may be inaccurate. In general systematic geometric correction is achieved by utilizing orbit ephemeris and three axis attitude data of the satellite, however, this method results to poor accuracy of the imagery's absolute coordinates. To improve the absolute accuracy as well as the relative accuracy, we added the accessible region into the inaccessible area. We obtained GCPs in the accessible region by the fast static GPS survey and made geometric corrections with these biased GCPs. Because the biased GCPs show a pattern of coordinate errors, we analyzed this tendency to track the estimated errors in the inaccessible area.

1. 서 론

다목적 실용위성(KOMPSAT) 아리랑1호는 1999년 말 발사된 후 기본적인 시험단계를 거쳐 위성영상 자료를 제공하고 있다. 인공위성 영상자료를 이용한 지도 제작에 있어서 위치정확도를 높이기 위한 기준점 획득과 영상에 나타나는 정보를 파악하기 위한 현지조사는 매우 중요한 일이다. 현지조사가 불가능한 접근 불가능지역에 관한 정보를 얻기 위해서는 영상의 기하보정이 필수적이다. 위성 영상의 원시데이터는 위성의 궤도, 자세, 지구의 곡률 및 자전 등에 의하여 심한 기하학적 왜곡을 포

함한다. 이러한 왜곡은 궤도, 센서의 촬영 각, 지구의 곡률 및 자전 속도 등을 기하학적으로 모델링하여 보정할 수 있다. 기하보정 후에도 여전히 잔여 오차가 있는데 이 오차는 위성영상에서 정확하게 좌표를 알 수 있는 지상기준점을 이용하여 보정한다.

신동석¹⁾은 정확한 지상기준점을 추출하기 불가능한 지역의 영상을 정밀 기하보정하기 위해서는 같은 궤도에 위치한 다른 영상의 지상기준점을 이용하여 보정한 후 그 궤도 오차를 전파시킴으로써 보정하는 것이 가능하다고 하였고, 방기인⁴⁾은 지상기준점이 없는 비 접근지역 위성영상에서 위치정보를 얻기 위한 방법으로 공선조건식을 이용한 센서모델, 동일패스에서 얻어진 접근 가능지역과 접근 불가능지역 영상을 이용하는 영상 재구성 방법을 제시하였다.

*인하대학교 대학원 지리정보공학과 석사과정

**인하대학교 공과대학 지리정보공학과 조교수

지상기준점은 종이지도로부터 독취하는 방법과 현지측량에 의한 방법 그리고 수학적인 모형을 이용하는 방법이 있다. 지상기준점은 위성영상좌표와 지도좌표 사이의 변환 관계를 결정하는 가장 중요한 역할을 하기 때문에 매우 정확해야 한다. 현지 접근 불가능지역에서는 지상기준점을 획득하기 어렵고 종이지도를 이용하여 획득한 지상기준점은 지도 작성시 생기는 오차와 지도에서 좌표를 읽을 때 발생하는 지도독취 정확도 오차 등으로 부정확하다.³⁾ 이러한 단점을 보완하기 위하여 본 논문에서는 위성영상에서 접근 가능지역내 가장 접근 불가능지역을 선정하고 식별이 명확한 점을 대상으로 GPS를 이용하여 지상기준점 좌표를 획득하였다.

영상처리 소프트웨어를 사용하여 세 지역에서 획득한 지상기준점에 대해 5가지 경우별로 영상좌표를 등록하였다. 본 연구에서는 5가지 경우 중에서 접근 가능지역인 A, C지역의 지상기준점만으로 편향적인 기하보정을 수행한 후 인접된 가상 접근 불가능 지역에 대해서 오차 추이 분석과 추정을 통한 영상좌표의 상대정확도 향상기법을 제시하였다.

2. 영상의 기하보정

2.1 궤도 및 자세정보에 의한 보정

궤도 및 자세정보를 이용한 기하보정은 위성체나 항공기의 기하학적 기계오차 요소를 예상하여 지상기준점 없이 보정을 수행하는 것이다. 다목적 실용위성의 경우 노출시간 오차에서 위도 좌표 오차는 EOC의 노출시간 10 msec 오차 발생할 때 약 70 m 오차가 있고 경도 좌표 오차는 약 25 m이다.⁵⁾ 위성의 궤도특성상 노출시간 오차는 위도좌표 오차가 경도좌표 오차보다 크다. 위성의 위치좌표 오차에서 위도 좌표 오차는 위성위치 100 m 발생할 때 약 60 m 오차가 있고 경도 좌표 오차는 약 200 m이다. 위성의 자세요소 오차에서 위도 좌표 오차는 위성 자세 1 arcsec 오차가 발생할 때 약 2.5 m, 경도 좌표 오차는 약 6 m 오차가 발생한다.⁵⁾

2.2 지상기준점에 의한 기하보정

2.2.1 대상지역 및 지상기준점 선정

본 논문에서 선정된 대상지역은 가로(X) 17 km, 세로(Y) 110 km인 Kompsat 영상으로 지상기준점 선정은 눈, 밭의 경계를 이루는 비포장 및 포장된 길의 교차점 또는

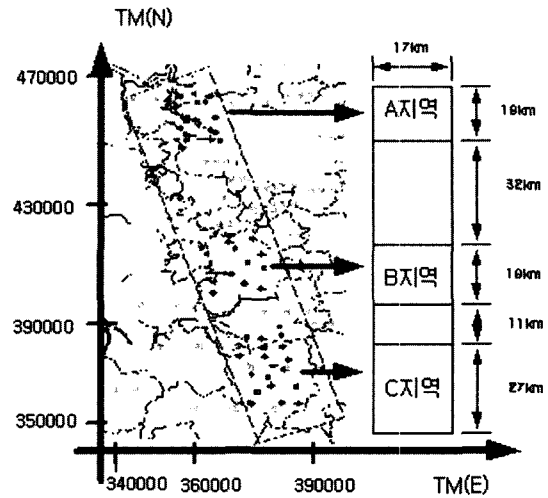


그림 1. 대상지역별 지상기준점 분포

수로를 따라 만든 도로와 농로의 교차점등 영상에서 명확히 구분되는 점을 선정하였다.

선정기준은 첫째 대상지역에 대해 얼마나 균등하게 분포가 되는가, 둘째 위성영상에서 변화가 적고 주변과의 대비가 큰 지점으로 얼마나 육안으로 식별이 가능한가, 셋째 GPS 관측에 있어 다중경로의 영향과 접근성을 고려한 관측의 정확성 및 접근 가능성을 기준으로 하였다. 위에서 서술한 것을 기준으로 그림 1과 같이 접근 가능지역을 A, B 및 C지역으로 나누고 A지역에 20점, B지역에 12점, C지역에 20점을 선정하였다.

2.2.2 GPS 지상기준점 측량 및 자료처리

국립지리원 GPS상시관측소와 A지역, B지역 및 C지역내 고정국(Base Station)간 12시간의 정지관측(Static)측량 데이터의 기선해석으로부터 각 지역내 기준점의 WGS84 좌표를 구하였다. 각 지역에 있는 지상기준점의 WGS84 좌표는 지역내 고정국의 좌표를 이용하여 결정하였다. 지상기준점에 대한 GPS측량데이터 획득은 신속정지 측량(Fast-Static)법으로 30분 이상 측량하였다. 각 지상기준점의 좌표는 WGS84 좌표이므로 영상에 등록하여 기하보정을 수행하기 위하여 Bessel 데이텀의 TM 좌표로 변환하였다. 관측에 사용된 장비는 지역별로 각 고정국에 Trimble 4700 1대, 이동국(Rover Station)에 Trimble 4700 2대이다.

그림 2는 지상기준점의 WGS84 좌표를 TM좌표로 변환하여 수치지도에 도시한 A, B, C 지역내 지상기준점의 분포이다.

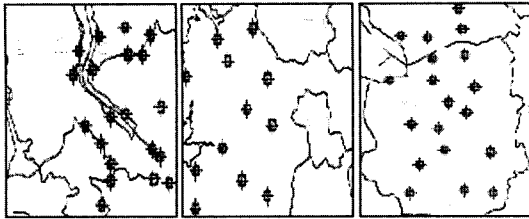


그림 2. A지역, B지역, C지역내 지상기준점 분포

2.2.3 영상좌표 등록

영상좌표의 등록은 영상처리 소프트웨어 PCI를 사용하였다. 등록 방법은 지상기준점에 해당하는 영상좌표(행과 열 번호)를 TM 좌표로 변환한 후 영상을 재배열하는 방법이다. 연구결과에 의하면 Landsat TM데이터의 기하보정을 위한 좌표변환에 있어서 고차다항식 보다는 1차 또는 2차 다항식을 이용한 변환이 정확한 결과를 얻을 수 있다. 따라서 본 연구에서는 수식 (2-1)과 같은 Affine 변환을 사용하여 좌표변환을 수행하였다.

$$\begin{aligned} x &= a \cdot X + b \cdot Y + c \\ y &= d \cdot X + e \cdot Y + f \end{aligned} \quad (2-1)$$

여기서 (a, b, c, d, e, f)는 매개변수, (X, Y)는 변환 전 좌표, 그리고 (x, y)는 변환 후 좌표이다. 6개의 매개변수를 구하기 위해서는 최소 3점 이상의 지상기준점이 필요하고, 최소제곱법을 적용하기 위해서는 최소한 4점 이상의 지상기준점이 필요하다. 좌표변환식의 정확도는 변환된 지상기준점의 제공근오차(RMSE:Root Mean Square Error)로 표현할 수 있으며, 일반적으로 1 픽셀이 내이면 신뢰할 수 있다. 영상의 재배열은 좌표변환된 영상의 화소값(DN)을 원 영상처럼 유지하기 위한 것으로서 본 연구에서는 계산방법이 간단하고 처리속도가 좋은 최근근내삽법⁹⁾을 사용하였다.

등록방법은 A지역과 C지역을 각각 등록하는 방법으로 표 1은 한 지역 등록에 따른 지상기준점의 제공근오차를 나타낸 것이다.

방향	지역	
	A	C
X 축	0.34	0.35
Y 축	0.37	0.40

3. 오차추세 비교 분석

일반적으로 등록된 영상은 오차가 1픽셀보다 작으나 본 연구에서와 같이 전체 영상에서 일부 지역만 등록된 영상의 경우에는 거리와 등록 면적에 따라 1픽셀 이상의 오차를 포함할 수 있으며 특히 영상에서 한 방향에 대해 긴 영상은 일정한 패턴을 가지므로 보정이 가능하다.

오차추세 분석은 접근가능지역에 대해 수행되었고 오차 추정분석은 가상 접근 불가능지역에 대해 수행하였다.

3.1 접근 가능지역 오차 추세분석

본 연구에서는 연구 대상지역 모두 접근 가능지역으로서 표 1에서와 같이 “한 지역의 등록”에 대해서만 수행하였다. 우선 A지역의 지상기준점 20점에 대해 영상좌표 등록을 수행한 후 B지역, C지역에 분포한 지상기준점의 위치 오차를 산출하였다. 위치오차는 GPS 측량 후 변환한 TM 좌표값과 영상에 등록된 TM 좌표값의 차이로 구하였다. A지역의 지상기준점을 등록했을 경우 B지역 및 C지역의 X축 오차는 14.143 m 및 29.568 m, Y축 오차는 4.964 m 및 8.881 m로 나타났다. 이와 반대로 C지역의 지상기준점을 등록했을 경우 A지역 및 B지역의 X축 오차는 21.213 m 및 6.381 m, Y축 오차는 7.705 m 및 3.409 m로 나타났다.

그림 3에서 알 수 있듯이 등록된 A지역의 오차가 가장 적고 거리가 멀어짐에 따라 B지역, C지역 순으로 오차가 커짐을 알 수 있다.

그림 3의 오차 추세는 수식 (3-1)과 같이 선형식과 다항식을 이용하여 나타낼 수 있다. 그 결과 직선인 선형식보다는 곡선인 다항식이 남북 방향에 대한 X축오차를 균등하게 포함하는 것을 알 수 있다. 따라서 오차추세선의 표현과 보정은 다항식을 사용하였고 식에 대한 계수

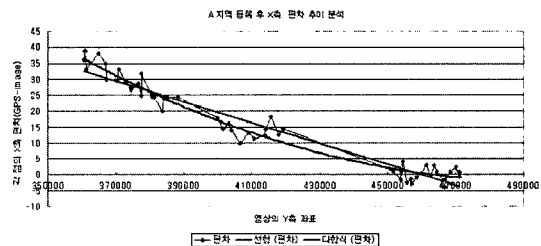


그림 3. A지역 등록 후 남북방향에 대한 X축 오차 추세

는 최소제곱법을 사용하였다.

$$\text{선형식: } Y = a \cdot X + b$$

$$\text{다항식: } Y = a \cdot X^2 + b \cdot X + C \quad (3-1)$$

오차 추세에 따른 보정은 다항식의 계수를 적용하여 구한 오차추세선과 X축, Y축에 대한 오차의 실제적인 차이값을 각 지역에 대해 합산하여 보정하는 방법이다. A지역의 지상기준점을 등록한 경우 보정된 값은 C지역에서 X축 오차 2.237 m이고, C지역에서 Y축 오차 3.066 m이다.

그림 4와 그림 5는 A지역을 등록한 후 오차추세선을 적용하여 보정 전과 보정 후 X축과 Y축 오차를 나타낸 것이다.

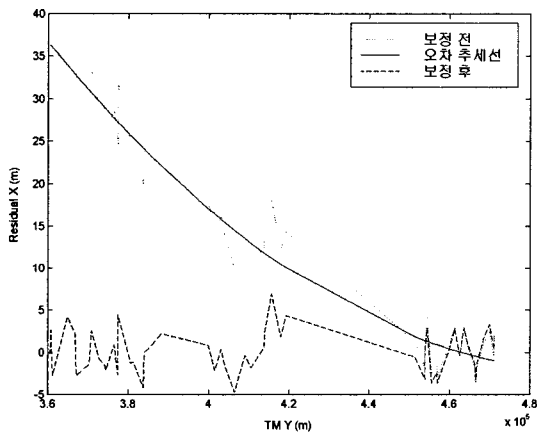


그림 4. X축에 대한 오차 보정(A지역 등록)

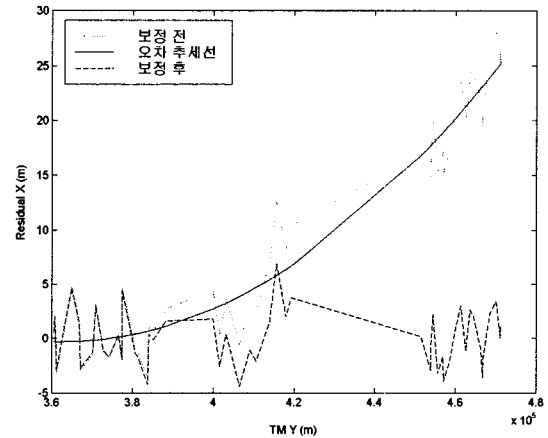


그림 6. X축에 대한 오차 보정(C지역 등록)

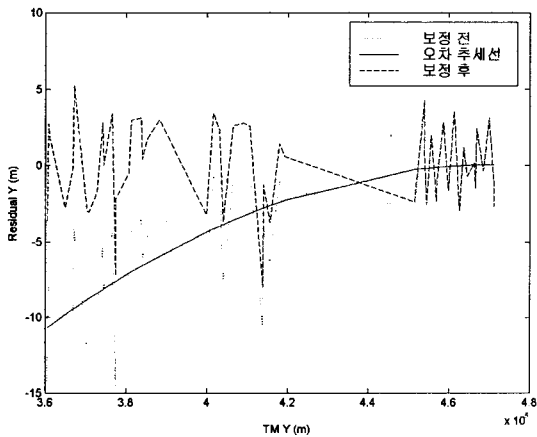


그림 5. Y축에 대한 오차 보정(A지역 등록)

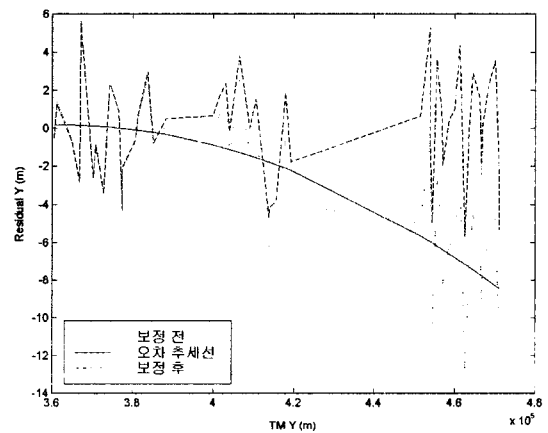


그림 7. Y축에 대한 오차보정(C지역 등록)

3.2 가상 접근 불능지역의 오차 추세분석

본 연구에서 가상 접근 불능지역은 두 가지로 나누어 분석하였다. 우선 A지역의 지상기준점을 영상좌표 등록하였을 경우 C지역을 가상 접근 불능지역으로 가정하였고, 이와 반대로 C지역의 지상기준점을 영상좌표 등록하였을 경우 A지역을 가상 접근 불능지역으로 가정하였다. 가상 접근 불능지역에 대한 위치정확도를 알기 위하여 각 영상좌표 등록을 수행한 후 B지역에 대한 위치 오차를 산출하였다. 위치오차는 GPS 측량 후 변환한 TM 좌표값과 영상에 등록된 TM 좌표값의 차이로 구하였다. 산출된 오차값을 이용하여 접근 가능지역에서의 방식과 동일하게 다항식의 계수를 구하고, 오차추세선을 구하였다. 그리고 오차추세선을 가상 접근 불

표 2. 각 지역에 따른 오차 비교 결과

(단위 : m)

등록지역	비교지역	보정전의 오차		오차추세에 의한 보정 후 오차		오차 추정에 의한 보정 후 오차	
		X축	Y축	접근 가능 지역		가상 접근 불능 지역	
				X축	Y축	X축	Y축
A	B	14.143	4.964	-	-	-	-
	C	29.568	8.881	2.237	3.066	2.597	3.202
C	A	21.213	7.705	2.282	3.112	18.696	10.589
	B	6.381	3.409	-	-	-	-

능지역까지 연장한 후 그 연장 지역에 대한 오차를 추정하여 보정하였다. C지역의 지상기준점 20점을 영상좌표 등록했을 경우 오차 추정에 의해 보정된 값은 A지역에서 X축 오차 18.696 m이고, A지역에서 Y축 오차 10.589 m이다.

그림 6과 그림 7은 C지역을 등록한 후 오차추세선을 적용하여 보정전과 보정후의 X축과 Y축의 오차를 나타낸 것이다.

표 2는 A, C지역을 등록했을 때 B, C지역과 A, B지역에 대한 GPS측량 후 변환된 TM값과 영상등록 TM값의 차이를 나타낸 것이다. 그리고 오차 추세에 의한 보정과 오차 추정에 의한 보정 후 변환된 TM값과 영상등록 TM값의 차이를 나타내고 있다.

A지역을 등록하여 A지역에서 32 km 떨어진 B지역의 오차를 적용한 것이 C지역을 등록하여 C지역에서 11 km 떨어진 B지역의 오차를 적용한 것 보다 월등히 좋은 결과를 보여주고 있다. 그 이유는 B지역의 오차를 적용하여 오차추세선을 구하는데 있어 남북방향으로 약 13 km 더 긴 거리가 영향을 주고 있기 때문이다.

3.3 접근 가능지역에 대한 오차추세 및 가상 접근 불능지역에 대한 오차 추정 예측

접근 가능지역에 대한 오차추세와 가상 접근 불능지역에 대한 오차추정의 차이를 Y축상 10 km 간격으로 60 km까지 연장하고 결과를 검토하면 10 km지점에서 X축과 Y축의 차이가 약 2 m정도 나고 60 km 지점에서는 약 6 m정도의 차이가 난다. 오차추세선의 오차는 약 3 m 이므로 실제로 연장 10 km~60 km에서 실제 오차는 약 5 m~9 m 이상 낼 수 있다고 예측할 수 있다.

그림 8과 그림 9는 접근 가능지역에 대한 오차 추세와 가상 접근 불능지역에 대한 오차 추정을 남북방향으로 60 km까지 연장한 후 예상하여 나타낸 것이다.

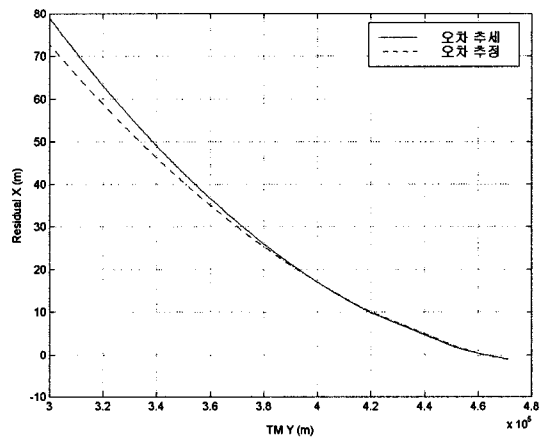


그림 8. X축 오차 추세와 추정의 차이

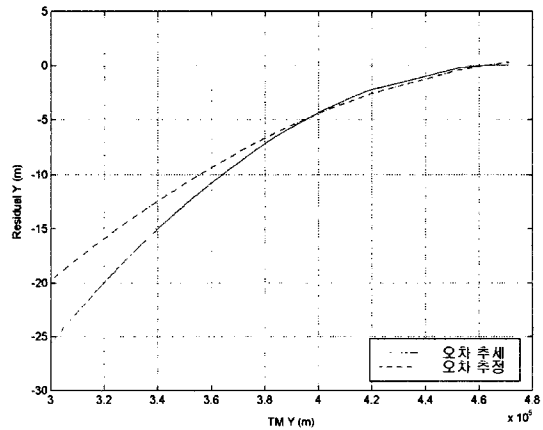


그림 9. Y축 오차 추세와 추정의 차이

4. 결 론

본 연구에서는 지상기준점을 이용한 정밀 기하보정에서 지상기준점에 대한 GPS측량값과 영상등록값의 차이는 일정한 패턴을 가지며 이 패턴을 이용하여 오차 추세를

분석과 오차추정을 이용한 분석을 수행하였다. 이를 통하여 현지 접근 불능지역에서 정밀기하보정을 정확하게 수행하고 위치 정확도를 향상시키는 방법을 제시하였다.

이 방법을 이용하여 접근 가능지역에서 약 40 km 이내 현지접근 불능지역에 적용하면 X축과 Y축 오차는 약 3 m이다. 이것은 6.6 m의 해상도를 갖는 영상에서 0.5픽셀정도 오차를 가지는 것으로 영상을 이용할 시 허용오차인 0.5픽셀 내에 있으므로 비교적 높은 정확도를 나타내었다.

접근 불능지역에서 위성 영상자료를 이용한 지도 제작에 있어 위치정확도를 높이기 위해서는 정확한 지상기준점이 필요하다. 본 연구에서 제안한 방법을 사용하면 접근 가능지역에서 약 40 km이내 접근 불능지역의 위치정확도를 높일 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 신동석, 이영란, “선형 CCD 카메라 영상의 기하학적 모

델 수립 및 좌표변환”, 대한원격탐사 학회지, 제13권, 제2호, 1997, pp. 85-98.

2. 유복모, 이용용, 최선용, 조봉환, “SPOT 위성영상의 지상기준점 제작 및 위치정확도 평가 연구”, 대한토목학회 논문집, 제20권, 제3호, 2000, pp. 331-339.

3. 강인준, 최철웅, 곽재하, “인공위성 영상 지형보정을 위한 GCP 획득에 있어서 지도와 GPS의 정확도 비교”, 한국측지학회지, 제13권, 제1호, 1995, pp. 85-94.

4. 방기인, 조우석, “비 접근 지역에 대한 SPOT 위성영상의 Pseudo영상 구성 및 센서모델 분석”, 대한원격탐사 학회지, 제17권, 제1호, 2001, pp. 33-44.

5. 이규성, 김계현, 임삼성, “다목적실용위성을 이용한 북한 지역의 토지피복현황도 작성”, 한국지질자원연구원 보고서, KIGAM/T-303, 2000.

6. 안기원, “인공위성 화상데이터를 이용한 지형표고의 추출”, 서울대학교 박사학위 논문, 1988, p.29.

(2001년 10월 24일 원고접수)