

위성영상과 삼각점조서를 이용한 비접근지역의 영상지도작성 가능성 분석 Possibility study of Image Mapping using Triangulation Summaries in Inaccessible Area.

이준혁¹⁾ · 이승현²⁾ · 이영진³⁾

Lee, Jun-Hyuk · Lee, Seung-Hyun · Lee, Young-Jin

¹⁾ 경일대학교 대학원 박사과정(E-mail:geo8487@hanmail.net)

²⁾ 중앙항업(주) 영상정보사업부(E-mail:geodetic@chol.com)

³⁾ 경일대학교 건설정보공학과 교수(E-mail:yjlee@kiu.ac.kr)

Abstract

Currently high resolution satellite imagery has been used in lots of fields of terrain analysis, ocean development, change detection, cartography, classification, environmental monitoring, earth resource observation, meteorological observation as well as military. The accuracy of the 3-D modeling of SPOT-5 stereopair images using these ground control points is about 5m in planimetric distance error and about 2m in height error. This study demonstrates the available ground control points for North Korea, of which accuracy is as good as to generate the digital map at the scale of 1:25,000.

1. 서론

국내에서 지리정보를 구축하기 위한 방법으로는 항공사진을 이용하여 수치지형도를 제작하는 방법이 사용되고 있으나, 접경지역이나 비접근지역과 같이 항공기가 근접할 수 없는 지역에 대해서는 인공위성 영상을 활용할 수 있게 되었다. 기술의 발전에 따라 광학위성영상은 보다 고해상도를 갖고 있는 추세이며, 비접근지역에 대한 지리정보 획득 가능성도 커지고 있다.

최근에는 1m급 IKONOS 위성영상을 획득하게 되면서 항공사진 촬영이 불가능한 접경지역에 대한 1/5,000 수치지형도를 제작하는 사업이 활발하게 추진되고 있다.

비접근지역에 대해서는 현지측량과 현지조사가 불가능하여 현지측량에 의한 지상기준점을 획득할 수 없었기 때문에 수치지형도 수준의 지리정보를 획득하기가 곤란한 실정이다.

본 연구에서 비접근지역의 SPOT-5 위성영상과 1910년대 삼각점조서 자료를 이용하여 지형도제작 가능여부를 판단하고 1/1,000 수치지도와의 비교를 통해 정확도를 검토하는데 연구 목적이 있다.

2. 자료수집 및 조사

본 연구에 사용된 지상기준점은 20세기 초에 작성된 역사 기록 자료로써 삼각점 조서를 확보하여 사용하기 위해 삼각점에 대한 이력을 분석하였으며, 우리나라의 삼각점은 1910~1918년에 전국에 걸쳐 총 34,447점(남한 16,089점)을 설치하였으나 6.25전쟁 등에 의해 약 75%(약 12,000점)가 망실되어, 1956년부터 육군에서 현지조사를 시작하였다. 이후 측량 및 지도업무는 국방부 지리연구소(1958~1961), 건설부 국립건설연구소(1962~1974), 건설부 국립지리원(1974~현재)의 순으로 이관되었다. 다만, 북한지역 삼각점 조서는 역사적인 기록으로 복사본만 남아있으며 현재 국토지리정보원과 국방부에서 보관 중인 것으

로 알려져 있다. 일제시대 구축된 삼각점은 미군이 인수하여 정리하였으며, Bessel 타원체의 경위도좌표와 UTM좌표로 정리되어 있다. 따라서 대상지역의 경위도좌표가 있으면 UTM체계 내에서 삼각점의 위치를 확인할 수 있다.

SPOT-5 위성영상의 영역은 60×60km로 광대한 범위를 포괄하므로 선정된 기준점의 일부가 가용하지 않을 경우를 대비하여 충분한 점수를 확보하여야 하며 최종적으로 사용할 점의 수량은 기준점의 경우 20점 이상, 검사점의 경우 5점 이상 선정한다.

대상지역의 경위도좌표를 이용하여 그림 1의 인덱스에서 해당영역을 찾았으며, 이는 과거 미군이 사용하던 UTM 체계의 인덱스이다.

그림 2는 일제시대 구축한 삼각점을 미군에서 인수하여 정리한 삼각점 조서로써 경위도좌표, 높이, UTM 좌표, Zone Number, 점번호, 해당지점의 행정구역명과 지도 등의 정보가 수록되어 있다. 이 자료를 이용하여 삼각점 ID와 좌표를 수치도화기에서 처리할 수 있는 포맷으로 정리하여 파일로 저장하였다.

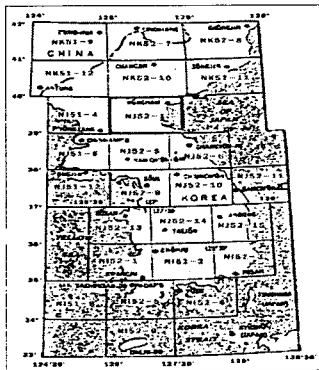


그림 1. 1910년대 미군지도인덱스

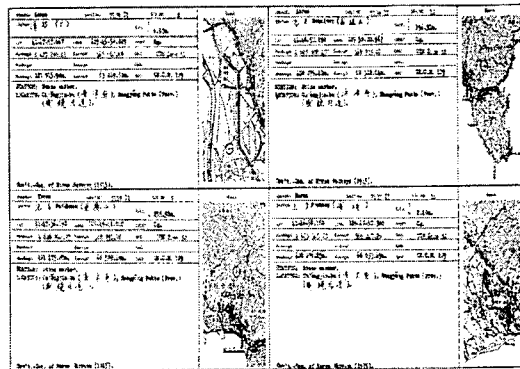


그림 2. 삼각점 조서

위성영상 데이터는 SPOT-5 전정색 영상으로 공간해상도가 2.5m인 입체영상 데이터이며, 서울 인근 지역의 입체영상데이터로서, 2003년 10월, 11월에 각각 촬영된 영상이다.

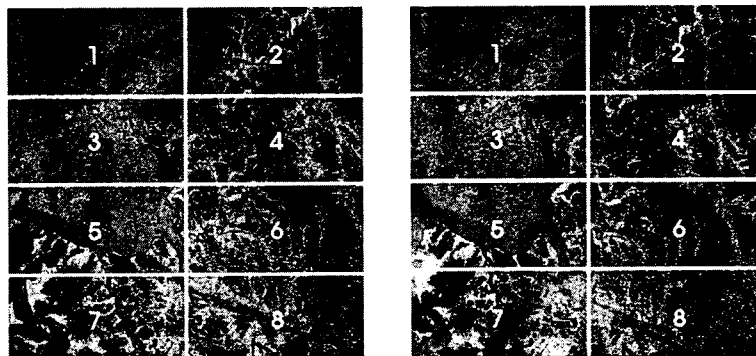


그림 3. 영상화질평가 구역

표 1의 명암, 대비, 잡음에 대한 평가결과를 보면 우측영상에서 잡음에 대한 평가결과를 제외하고는 명암과 대비에 대한 평가결과는 관독·묘사를 수행할 수 있는 것으로 분석되었다. 우측영상에서 잡음이 B로 나타난 부분은 사례지역에 해당하지 않으므로 본 연구에 영향을 미치지 않을 것으로 판단된다.

표 1. 사례지역 위성영상의 화질평가 결과

대상영역	획득방향	명암	대비	잡음
사례지역	LEFT	양호	양호	AAAAA AAA
	RIGHT	양호	보통	AAAAAABA

표 2. 입체영상 특성분석 결과

대상 영역	LEFT 촬영날짜	RIGHT 촬영날짜	Left 촬영각	Right 촬영각	촬영날짜 차이	계절적 차이	중복각
사례지역	2003.11.03	2003.10.30	-16.99°	+20.63°	4일	없음	37.62°

입체 영상특성 분석은 촬영날짜 차이, 계절적 차이, 중복각, 1/25,000 도엽구성 등의 항목으로 수행하였으며, 표 2의 평가를 보면 좌우영상의 촬영날짜의 차이는 4일 정도로 계절적인 차이는 없으며, 촬영시기도 가을로 판독에 지장이 없을 것으로 판단된다. 일반적으로 촬영경사각은 좌우영상이 유사한 각도를 갖으며 반대방향으로 기울어진 조합이 모델링 및 수치표고자료 생성에 좋은 결과를 도출하므로, 촬영각은 모델링 후 판독/묘사 또는 수치표고자료, 정사영상 생성에 적합하다.

3. 실험방법

본 연구에서 적용된 삼각점은 조선총독부시기에 작성된 삼각점 중 SPOT-5 위성영상과 비교하여 지형의 변화가 없다고 판단되고 위성영상에서 입체관측이 가능한 기준점 30점과 검사점 7점을 포함해 모두 37점으로 이루어져 있다. 3차원 모델링 정확도 평가 기준자료는 1/1,000 수치지형도에서 도로, 건물, 지류 등 지형요소에 따라 추출하였고, 역사자료로 존재하는 조선총독부시기의 삼각점조서를 이용하여 위성영상 3차원 모델링과 정확도 검증을 수치사진측량시스템 제작업체인 BAE SYSTEMS사에서 제공된 SOCET SET 소프트웨어를 이용하여 북한지역에 대한 3차원 위치좌표를 추출하고 그 정확도를 평가하는 단계까지 실시하였다.

연구지역에 촬영된 영상의 영역을 수치도화기에서 좌표를 추출하여 벡터파일로 제작하고 입체영역 내에 포함되는 삼각점들을 추출한다. 그림 4는 사례지역에 촬영된 영상의 영역과 삼각점들의 배치를 나타내고 있다.

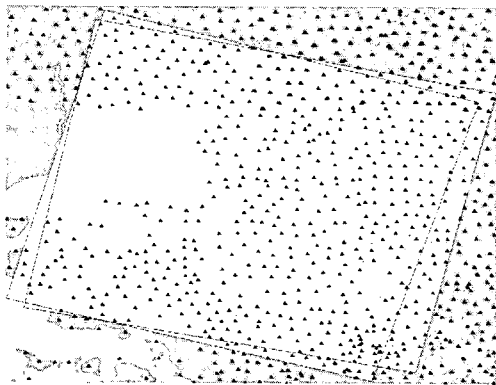


그림 4. 삼각점 배치도

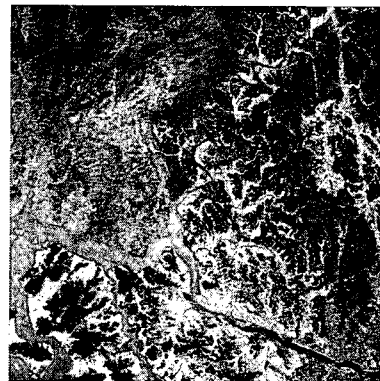


그림 5. 기준점·검사점 배치도

기준점 선정은 영상과 함께 삼각점을 중첩하여 출력하고 삼각점이 기하학적으로 균등한 분포를 이룰 수 있도록 하였다. 그림 5는 기준점과 검사점을 화면에서 영상과 함께 나타낸 결과이다.

Socet Set에서는 SPOT-5 위성영상의 헤더정보를 이용하여 실시간으로 입력영상의 모든 화소에서 개략적인 좌표를 계산할 수 있도록 되어있으며, 지상기준점의 좌표를 이용하여 관측하고자 하는 점을 선택하면 커서의 위치가 관측하고자 하는 대상의 위치로 이동한다. 정확한 위치는 육안으로 삼각점의 조서, 출력영상 등을 확인하면서 확대, 축소, 이동해야하므로 영상좌표 관측에 매우 많은 시간과 노력이 필요하다.

기준점의 RMSE는 X, Y, Z에서 최대 10m이내에서 수렴된 결과를 나타냈다. 수평정확도는 4.4m, 수직정확도는 2.8m, 총 5.2m의 RMSE를 나타내고 있다.

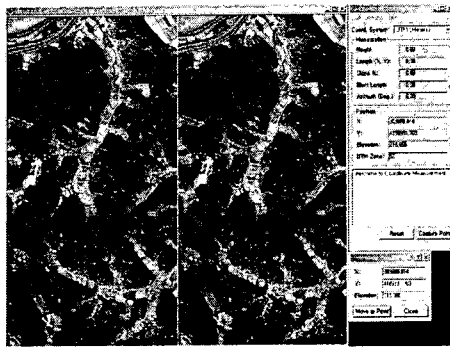


그림 6. 관측점 찾기의 예

표 3은 모델링 결과에서 검사점의 좌표와 조정된 좌표의 잔차를 나타내고 검사점의 RMSE는 수평으로 2.66m, 수직으로 2.70m이며 총 3.79m의 RMSE를 나타내고 있다.

표 3. 3차원 모델링 결과(검사점)

지상점 ID	잔차		
	잔차(X)	잔차(Y)	잔차(Z)
CH-01	-4.0353	3.2769	-5.3631
CH-02	0.9323	0.1603	3.2662
CH-03	-0.7835	1.2545	2.5426
CH-04	2.0110	0.4917	-0.5211
CH-05	-1.3359	-1.1920	1.7584
CH-06	-2.5411	1.3524	-1.3651
CH-07	-1.0056	-1.6652	0.0114
RMSE(수평, 수직)	2.1066	1.6290	2.7025

정확도 평가기준을 만족한 경우 입체수치도화 공정을 위한 입체시 영상을 제작한다. 그림 7은 입체시 영상을 하나의 화면에 도시한 결과이다.

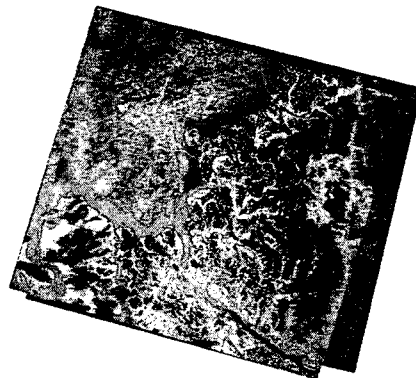


그림 7. 입체시 영상

SPOT-5 위성영상에서 영상좌표를 관측할 때 삼각점은 나타나지 않으므로 삼각점 조서를 활용하여야 한다. 삼각점이 산 정상에 위치할 경우 과고감을 이용하여야 한다. 과고감은 입체시 상태에서만 가능하므로 입체로 영상좌표를 관측할 수 있는 수치도화기를 사용하여야 한다.

위치정확도 검증을 위해 위성영상과 수치지도에서 명확하게 관측할 수 있는 점을 선정하였다. 검사점은 도로 20점, 건물 20점, 지류 20점(총 60점)을 선정하여 통계적 유의성을 확보하였고, 수치지도와 영상에서 확인이 용이하게 하기 위해 영상과 수치지도를 확대출력하여 검사점을 균등하게 분포하도록 배치하였다. 그림 8~그림 10은 도로, 건물, 지류에 대한 검사점 배치도를 나타내고 있다. 점간 거리가 균등하게 배치하도록 하였다.

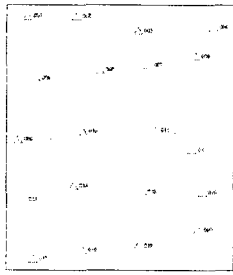


그림 8. 도로의 검사점



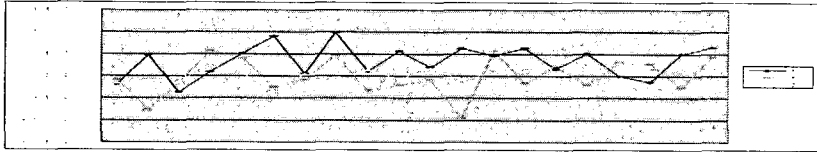
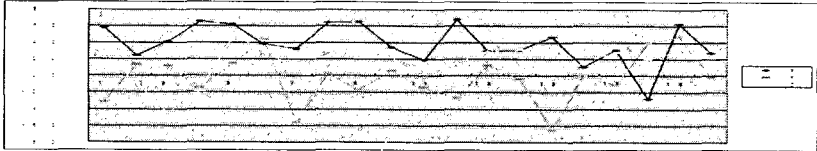
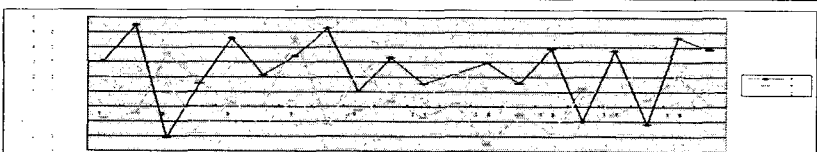
그림 9. 건물의 검사점



그림 10. 지류의 검사점

수치지도와 입체영상에서 추출한 3차원 좌표의 차를 계산하고 건물, 도로, 지류에 대하여 RMSE를 계산하였다.

표 4. 도로, 건물, 지류에 대한 정확도 평가 결과

구분	평가 결과
도로	
건물	
지류	

도로에 대한 결과는 X, Y 축에서 최대 $\pm 10\text{m}$ 정도의 오차를 나타내고 있으며 수평방향 RMSE는 6.5m이며, 수직위치 오차는 최대 5.7m의 오차를 나타내고 있으며 수직방향 RMSE는 2.0m로 나타났고, 건물에 대한 결과는 X, Y 축에서 최대 $\pm 7\text{m}$ 정도의 오차를 나타내고 있으며 수평방향 RMSE는 5.5m이며, 수직위치 오차는 최대 4.6m의 오차를 나타내고 있으며 수직방향 RMSE는 2.7m로 나타났으며, 지류에 대한 결과는 X, Y 축에서 최대 $\pm 5.5\text{m}$ 정도의 오차를 나타내고 있으며 수평방향 RMSE는 3.7m이며, 수직위치 오차는 최대 2.7m의 오차를 나타내고 있으며 수직방향 RMSE는 1.6m로 나타내서 1/25,000 축척 지도의 수평위치오차의 한계인 17.5m와 수직위치오차의 한계인 5.0m를 각각 만족하고 있다.

표 5. 도로, 건물, 지류에 대한 정확도 평가 결과

구분	수평 RMSE	수직 RMSE
도로	6.5	2.0
건물	5.5	2.7
지류	3.7	1.6
총 RMSE	5.36	2.15

표 5는 도로, 건물, 지류 각각에 대한 RMSE와 전체 지형지물에 대한 RMSE를 나타내고 있다. 도로의 경우 건물, 지류에 비해 수평정확도가 떨어지는 것으로 나타났는데, 이는 수치지도 제작 과정에서 편집과정에서 발생하는 오차가 축적되기 때문으로 판단된다. 수직오차는 전체적으로 양호하게 나타났으며

지류의 경우 수평, 수직 정확도가 도로, 건물에 비해 양호하게 나타났으며, 편집과정의 영향을 적게 받았기 때문인 것으로 판단된다.

지형지물 각각에 대한 RMSE와 전체에 대한 RMSE가 모두 수평정확도 기준과 수직정확도 기준에 부합하는 것으로 나타났다. 북한지역에 대하여 현지측량이나 수치지도를 기준으로 정확도 평가를 수행할 수는 없다. 그러나, 남한지역에 대한 실험을 통하여 정확도 측면에서 북한지역의 1/25,000 축척 지리정보 구축에 합당한 방법으로 사용할 수 있다고 사료된다.

4. 결론

위성원격탐사는 비접근지역의 지리정보를 획득할 수 있는 효과적인 수단으로 활용되어 오고 있으며, 위성영상을 이용하여 체계적으로 지리정보를 획득할 수 있는 방법론은 아직 정립되지 않은 실정이며, 속성정보를 얻기 어렵다는 이유로 제약점과 지상기준점 없이 얻은 지리정보의 위치정확도에 대한 매우 강한 의구심 때문이었다.

본 연구에서는 현지 접근 불능지역인 북한 지역에서 과거의 삼각점을 지상기준점으로 활용하여 3차원 모델링을 수행하고 일정한 정확도를 가지는 위치정확도를 취득할 수 있는 방법을 제시하였다. 그 결과, 시험지역에 대하여 3차원 모델링 오차가 $X = 2.8m$, $Y = 3.4m$, $Z = 2.8m$ 이며, 절대정확도는 평균 오차가 평면 5.36m, 수직 2.15m이다. 이는 2.5m 해상도를 갖는 영상에서 모델링 오차가 약 1픽셀이며, 절대정확도에서는 약 2픽셀정도의 오차를 갖는 것으로 나타났다.

본 연구에서 제안한 방법을 사용하면 접근 불능지역인 북한 지역에 대해 삼각점과 SPOT-5 영상을 이용하여 현재 국토지리정보원의 1/25,000지형도제작 작업규정에서 요구하는 지형도를 제작하기에 충분할 것으로 기대된다.

참고문헌

- 유복모, Schenk, T., 현대 디지털 사진 측량학, 문운당, 2001.
- 신동석, 이영란, "선형 CCD 카메라 영상의 기하학적 모델 수립 및 좌표변환", 대한원격탐사 학회지, 제13권, 제2호, 1997, pp. 85-98.
- 방기인, 조우석, "비 접근 지역에 대한 SPOT 위성영상의 Pseudo영상 구성 및 센서모델 분석", 대한원격탐사 학회지, 제17권, 제1호, 2001, pp. 33-34.
- 최선용, 신대식, 이용용, "SPOT-5(HRG) 입체위성영상의 3차원 모델링 기법 연구", 한국측량 학회지, 제21권, 2003, 제3호, pp. 255-260.
- 김감래, 안병구, 김명배, "SPOT 영상을 사용한 3차원 모델링시 지상기준점수에 따른 정확도 평가" 한국측량 학회지, 제21권, 제1호, 2003, pp. 61-69.
- 박병욱, "SPOT 위성데이터를 이용한 수치표고모델 생성에 관한 연구", 서울대학교 박사학위논문, 1991, pp.12-45.
- 조봉환, 신대식, 박완용, "SPOT 위성영상을 이용한 수치지형모델 자동생성 및 응용", MSDC-408-92492, 국방과학연구소, 1992.
- Chen, L. C. 1993. "Rigorous generation of digital orthophotos from SPOT images", PE&RS, 59(5), 1993, pp.655-661.
- EI-Manadili, Y. and Novak, K, "Precision rectification of SPOT imagery using direct linear transformation model", PE&RS, 62(1), 1996, pp.67-72.
- Makki, S. H, "Photogrammetric reduction and analysis of real and simulated SPOT imageries", Purdue university, A thesis of Purdue university, 1991, pp.17-45.