

SPOT-5 위성영상을 이용한 북한지역 지리정보 구축에 관한 연구

사공호상^{1*} · 박진형²

Assembling Geographic Information with SPOT-5 Satellite Imagery : A Case Study on North Korea

Ho-Sang SAKONG^{1*} · Jin-Hyeong PARK²

요 약

본 연구는 SPOT-5 위성영상을 이용하여 북한지역의 지리정보를 구축하는 방법을 모색하고, 실험연구를 통하여 그 가능성을 확인하였다. 본 연구는 접근이 불가능한 북한지역의 3차원 위치정보를 획득하는 방법을 모색하는데 중점을 두고 있다. 본 연구에 사용한 지상기준점은 일제시대에 제작된 삼각점으로, 미군정에 의해 갱신된 후 1960년대에 국립지리원에 전달된 것이다. 이러한 삼각점을 이용하여 지상기준점을 획득하고 입체영상을 구성한 후 설계된 레이어에 따라 북한의 지리정보를 구축하였다. 이와 같은 방법으로 구축된 지리정보의 위치정확도를 검증한 결과, 평균 수평오차가 8.75m로 나타나, 축척 1:25,000에 해당하는 공공측량 작업 규정의 오차한계 17.5m를 만족하였다.

주요어 : SPOT-5 위성영상, 북한지리정보, 삼각점

ABSTRACT

In building geographic information for North Korea, we proposed the method of using SPOT-5 image, designed geographic information layers, and inspected the location accuracy. Basically this study is similar to existing method in which uses GCPs to build geographic information from SPOT-5 satellite imagery. However, this study adopted a different method of GCP acquisition. The GCP used in this study is a triangulation point which was made at Japanese imperialism eras. The location accuracy error was 8.75 meters horizontally, which satisfied the tolerance of 17.5 meters in the 1:25,000 scale public survey guidance. In conclusion, we suggest that geographic information for North Korea can be built from SPOT-5 images with the triangulation point made in Japanese imperialism times.

KEYWORDS : SPOT-5 Image, North Korea Geographic Information, Triangulation Point

2005년 10월 26일 접수 Received on October 26, 2005 / 2005년 12월 22일 심사완료 Accepted on December 22, 2005

1 국토연구원 GIS연구센터 연구위원, GIS Center, Korea Research Institute for Human Settlement

2 국토연구원 GIS연구센터 연구원, GIS Center, Korea Research Institute for Human Settlement

* 연락처 E-mail : hssa@krihs.re.kr

서 론

남북한은 지난 50여 년간 군사적 대립으로 인해 교류가 활발하지 못하였다. 그러나 2000년 6·15 남북정상회담 이후 남북한은 대립관계에서 교류협력을 통한 상호협력관계로 발전하게 되었다. 이에 따라 남북한 간 경제, 사회, 문화 부문의 교류와 협력이 증진되고 있으며, 실제로 남북한 철도연결사업, 개성공단 개발사업 등이 활발하게 추진되고 있다.

이와 같이 남북한간 교류협력이 활발하게 추진되면서, 북한지역에 대한 지리정보의 수요도 점차 늘어나고 있다. 특히 물리적 개발을 동반하는 협력사업의 경우 지형지세 및 시설물 현황에 관한 자료가 필요하지만 북한사회의 폐쇄성으로 인해 어떠한 지리정보도 협조가 불가능한 실정이다. 다행히 고해상도 위성영상이 상용화되면서 위성영상을 통한 지리정보의 획득노력이 본격화되고 있다.

지난해부터 접경지역 등 비행금지지역의 수치지형도를 위성영상을 이용하여 제작하고 있어, 고해상도 위성영상을 이용한 수치지형도의 제작이 본격화되고 있다. 그러나 북한지역은 현장조사가 불가능하기 때문에 남한지역에 적용한 방법과 동일하게 지리정보를 얻을 수 없다. 즉 3차원 지리정보 추출을 위해 필요한 센서모델링을 위한 지상기준점을 측정할 수 없을 뿐 아니라 현지조사를 통한 속성정보 확인과 정위치편집이 불가능한 실정이다.

북한과 같이 접근이 불가능한 지역의 위치정보를 얻는 방법으로는 수학적 모델링이 있는데 이는 RPC(Rational Polynomial Coefficient)와 같은 계수 값이 주어지는 경우에만 가능하다. 따라서 IKONS인 경우에는 이 방법이 가능하며, 그 가능성은 이미 선행연구에서 입증된 바 있다(사공호상 등, 2004). 그러나 RPC가 주어지지 않는 다른 위성영상은 지상기준점을 이용할 수 밖에 없다.

본 연구에서는 지상관측 폭이 넓고, 공간해상도도 좋아서 북한지역의 지리정보를 구축하는

데 적합한 SPOT-5 위성영상을 이용하여 북한지역의 지리정보를 구축하는 방법을 모색하였다. 직접 측정할 수 없는 지상기준점은 일제시대 때 작성된 북한지역의 삼각점 조서를 활용하였다.

선행연구

2000년 이후 상업용 고해상도 위성영상의 공급과 함께 위성영상을 이용한 수치지도 제작이 몇 차례 시도되었다. 2001년에는 위성 영상을 이용한 수치지도제작 가능성에 대한 실험연구를 수행하였으며(건설교통부, 2001), 동시에 위성영상지도를 제작하는 사업이 수행되었다(국토지리정보원, 2001). 또한, 항공사진 촬영이 불가능한 접경지역의 1:5,000 수치지도를 제작하는 방법의 하나로, IKONOS 위성영상의 활용가능성이 모색되었으며(e-HD.com·성균관대학교, 2002), 이를 계기로 현재 접경지역의 수치지형도가 제작중이다.

접근불능지역의 위치정보를 획득하는 방법으로, 접근불능지역의 SPOT 입체영상과 인접한 접근가능지역 SPOT 영상을 이용한 센서모델 연구가 수행되었으며(방기인 등, 2001). 아리랑 위성 1호의 스트립영상과 영상헤더정보를 이용하여 3차원 모델링 기법을 개발하고 오차특성을 분석하기도 하였다(유환희 등, 2002). 한편, 이효성 등은 IKONOS 위성영상의 RFM(Rational Function Model)계수를 직접 추출하여 3차원 위치좌표를 구하는 연구를 수행하였다(이효성 등, 2003)

지금까지 원격탐사를 이용한 북한지역 연구는 여러 가지 제약요소로 인해 활발하게 수행되지 못하였다. 그러나 몇몇 연구에서는 이러한 한계점을 인정하는 수준에서 연구가 수행된 바 있다. IKONOS영상을 이용하여 육안판독과 분광특성으로 북한 개성지역의 토지이용현황을 분석한 연구(김영표 등, 2001)와 아리랑 위성의 EOC영상을 이용한 북한 토지피복 판독기법을 개발한 연구가 있다.(김정현 등, 2001)

이상의 선행연구들과 본 연구를 비교해 보면 본 연구는 일제시대 때 작성된 삼각조서를 이용하여 센서모델링을 실시한 점이 현격하게 다르며, SPOT-5 위성영상에서 추출이 가능한 북한 지역 지리정보레이어를 설계·추출하고 정위치 편집까지 하였다는 점에 차별성을 두고 있다.

연구방법

본 연구는 SPOT-5 위성영상을 이용하여 북한 개성지역에 대한 축척 1:25,000의 지리정보를 구축하는 것이다. 연구방법은 그림 1에서 보는 바와 같이, 먼저 연구대상지역을 선정하고, 이에 적합한 위성영상을 획득하였다. 그리고 삼각점 조서를 이용하여 지상기준점을 선정하여 센서모델링을 실시하고 입체영상을 제작한 다음 위성영상에서 추출할 지리정보 레이어를 선정하였다. 도화를 통해서 지리정보를 추출하고 구조화편집을 실시하였으며, 남한의 사례지역에 동일한 방법을 적용하여 지리정보의 위치정확도를 검증하였다.



FIGURE 1. 연구의 흐름도

북한 지리정보 구축

1. 연구대상지역

연구대상지역은 북한지역 중에서 도시지역과 비도시지역이 함께 분포해 있고 도로, 철도, 하천 등 다양한 지형지물이 포함되어 있는 지역을 선정하고자 하였다. 또한 전혀 낮은 지역보다는

조금이나마 익숙한 지역과 연구결과의 지속적 활용을 감안하여 현재 남북한 공단개발 사업이 활발하게 진행되는 개성지역을 선정하였다. 연구대상면적은 1:25,000 축척의 지형도 한 도엽면적인 151.25km²이다.

2. 위성영상 획득

본 연구에 사용한 위성영상은 2003년 11월 3일에 촬영된 SPOT-5 HRG(High Resolution Geometry) 스테레오 영상으로 공간해상도는 2.5m이다. SPOT-5 HRG영상(이하 SPOT-5 위성영상이라 함)은 동일한 초점평면을 갖는 공간해상도 5m의 중복촬영 영상을 수퍼모드(super-mode) 처리단계를 거쳐 영상재배열(resampling)한 것이다. 본 연구에 사용된 영상은 대기보정과 방사보정만 처리된 Level 1A 수준의 영상이다.

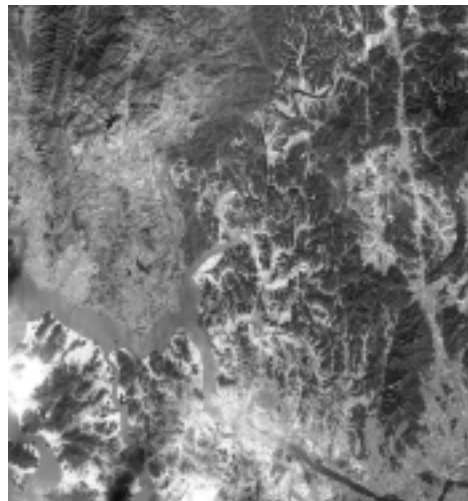


FIGURE 2. 연구대상지역의 위성영상

3. 센서모델링

본 연구에서는 일제시대 작성된 북한지역의 삼각점조서를 이용하여 3차원 지리정보를 추출하기 위해 SPOT-5 영상에 대한 센서모델링을 실시하였다. 센서모델링은 영상을 촬영한 센서

와 영상의 지상대상물 사이의 기하학적 관계를 규명하는 것으로, 영상촬영 당시의 센서와 지상대상물 사이의 기하학적 관계를 규명하고 재현하여 수치도화에 의한 3차원 지리정보를 추출할 수 있는 입체영상을 제작할 수 있다. 이러한 센서모델링을 실시하기 위해서 지상기준점으로 이용한 삼각점 조서의 위치를 영상에서 관측하였다. 그림 3는 삼각점 조서의 관측과정으로, 주로 산 정상에 위치한 삼각점이나 경계를 명확히 구분할 수 있는 교차점을 선점하였다. 지상기준점을 이용한 센서모델링에 의해 위치를 획득하였으며, 이 때 센서모델링 결과가 일반적으로 2픽셀(5m)이상 오차가 발생하는 경우 지상기준점을 재관측하여 모델링을 반복 수행하여야 한다.

본 연구의 센서모델링은 공선조건식의 미지수인 외부표정요소를 시간의 함수로 표현한 방법¹⁾을 이용하였으며, socet set 프로그램을 이용하였다. 센서모델링에 사용한 지상기준점 수는 30점이며, 검사점은 7점이다. 센서모델링의 수평 정확도는 29cm, 수직정확도는 47cm의 결과를 얻었다. 센서모델링을 위해 선정한 삼각점은 위성영상 전반에 걸쳐 분포하고 있는 삼각점 500여점을 선정하여 그 중 반복수행을 통해 이상점

등을 제거한 후 가장 최적의 점 30점만을 이용하였다. 이 결과는 Socet Set 프로그램을 이용한 상대적인 결과이며, 위치검증을 통한 절대정확도와는 다른 것이다. 이상과 같은 센서모델링의 결과를 바탕으로 센서모델링의 정확도 평가 기준을 만족시켜 제작된 입체영상에서 3차원 지리정보를 추출하여 구축하였다.

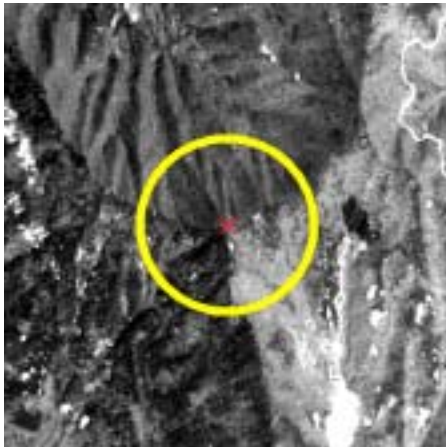
4. 입체영상 제작

센서모델링 결과 생성된 입체영상은 그림 4와 같다. 이러한 입체영상을 제작할 때 주의 할 점은 삼각점 관측시 영상에서 삼각점이 보이지 않으므로 삼각점 조서에 표기된 경위도 좌표와 위치에 관한 그림을 참조하여 삼각점을 관측하여야 한다. 이때, 산 정상의 삼각점은 입체영상의 높낮이를 이용하여야 한다. 본 연구에서는 도화경력이 많은 전문가의 도움을 받아서 수행하였다.

5. 지리정보 레이어 설계

SPOT-5 위성영상은 공간해상도가 2.5m이기 때문에 지형지물을 판독하고 묘사하는데 한계가 있으며, 게다가 현장조사도 할 수 없기 때문에 획득가능한 지리정보 항목은 더욱 제한적인 수

(a) 산정상



(b) 삼거리

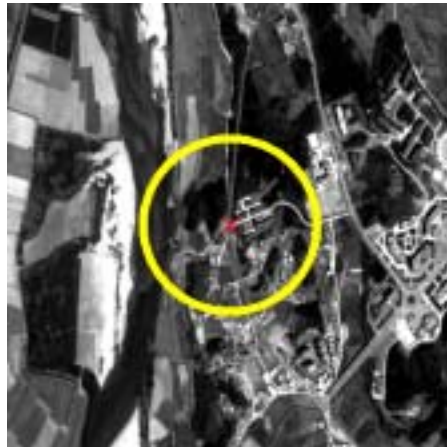


FIGURE 3. 삼각점 관측사례

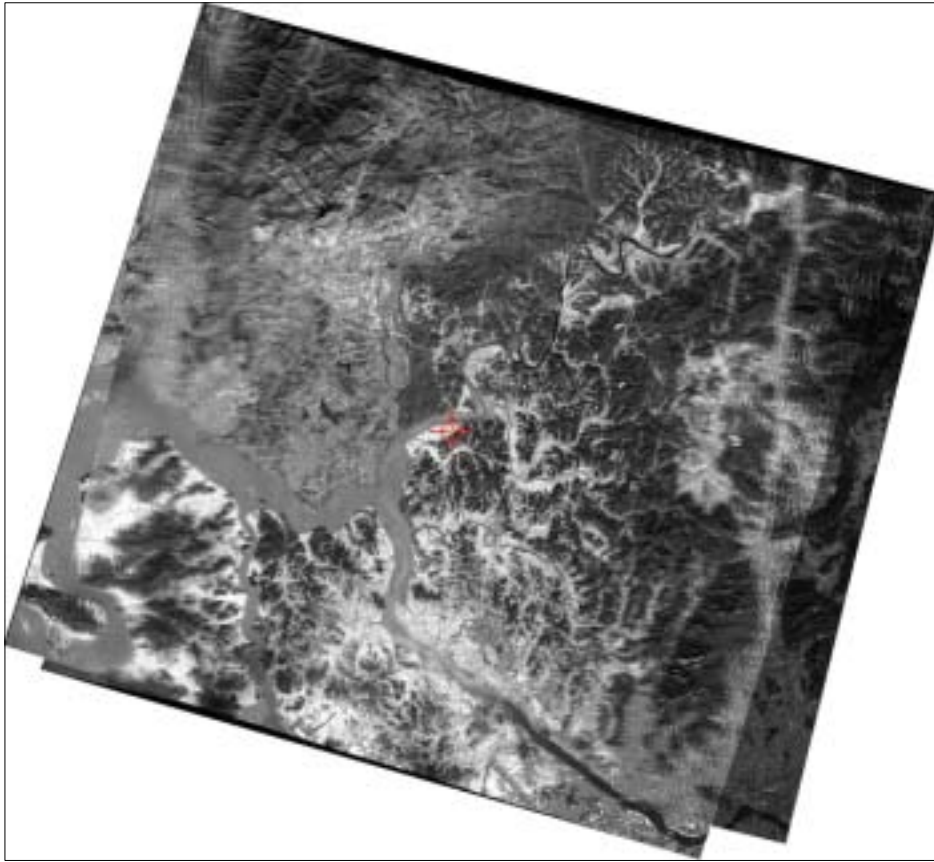


FIGURE 4. 입체시 영상

밖에 없다. 따라서, 지리정보를 추출하기 전에 추출가능한 지리정보의 항목을 먼저 선정하였다. 레이어는 일반적으로 활용도가 가장 높은 기본지리정보 항목을 기준으로, SPOT-5 위성 영상에서 판독과 묘사가 가능한 지리정보를 선정하였다.

레이어는 선행연구 결과²⁾를 바탕으로 경험이 많은 도화사에게 설문조사를 실시하여 설계하였다. 설문조사한 결과 모두 32개 항목이 판독가능한 것으로 조사되었으며, 이 중에서 묘사가 가능한 항목은 29개로 조사되었다. 29개 항목 중에서 활용도가 낮은 갯벌, 모래, 염전 등은 제외하였으며 도로, 하천, 철도 등은 폭 8m를 기준으로 단선의 중심선 묘사와 쌍선의 경계선 묘사로 재구성하였다. 이러한 과정을 거쳐서 최종적

으로 선정한 레이어는 6개 분야 30개 항목이며, 이를 이용하여 북한지역의 지리정보를 구축하였다(표 1 참조). 본 연구의 레이어 설계에서 주목할 점은 토지이용현황을 쉽게 파악하기 위하여 토지이용경계를 추가한 것이다.

6. 지리정보 추출

지리정보는 입체영상을 이용하여 앞서 설계한 레이어에 따라 수치도화를 통해 추출하였다. 수치지형도의 경우 1:25,000 축척은 이 보다 대 축척의 수치지형도를 수정도화하여 제작한다. 그러나 본 연구에서는 1:25,000 축척으로 바로 수치도화를 실시하였다. 수치도화는 마이크로스테이션에 기반한 소켓셀(socket set)프로그램과 VrOne프로그램을 사용하였으며, 스크린 축척은

TABLE 1. 최종 설계된 레이어 결과

대분류	중분류	세분류	대분류	중분류	세분류
도로	도로중심선	소로	건물	건물계	
		중로			일반주택
		대로			아파트
	도로경계			주택외건물	
	활주로			농지계	
철도	철도중심선		지류	산림계	
	철도경계			논	
	철도부지			밭	
	철도관련시설			과수원	
하천	하천중심선			운동장	
	하천경계		지형	등고선	주곡선
	호수,저수지				계곡선
	해안선	육지해안선		표고점	
		섬해안선	점높이		
	댐(상단)				
하천	습지				



FIGURE 5. 도로,철도,하천

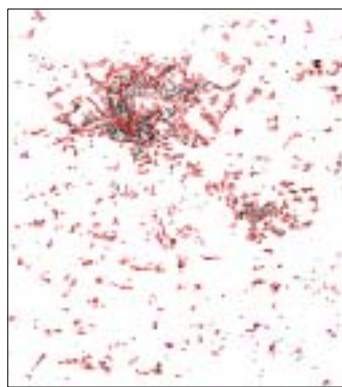


FIGURE 6. 건물

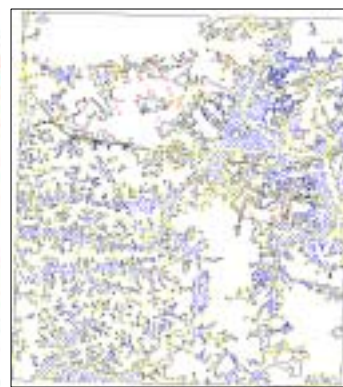


FIGURE 7. 지류

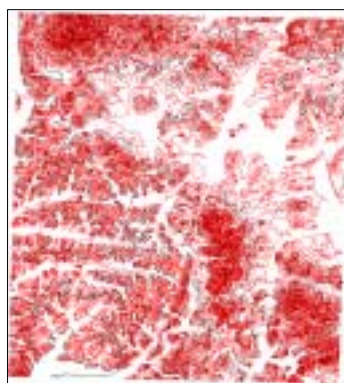


FIGURE 8. 등고선



FIGURE 9. 토지이용

일반적으로 2배를 기준으로 하였으며, 레이어에 따라 4배까지 확대하였다. 그림 5부터 그림 9는 북한개성지역의 지리정보를 추출한 결과이다.

7. 구조화편집

수치도화를 통해 구축된 지리정보는 정위치편집과 구조화편집을 통하여 완전한 형태의 지리정보로 구축하였다. 일반적으로 정위치편집과 구조화편집은 수치도화를 통해 생성된 도화원도를 편집하는 과정으로, 현지조사를 통해 실시된다. 그러나, 본 연구의 대상지역이 북한지역이므로, 현지조사 대신에 해당 영상을 확대 출력한 후 이를 바탕으로 실시하였다.

구조화편집은 정위치편집된 자료를 사용목적에 맞게 편집하는 것으로, 선형자료와 면형자료가 정확하게 접하지 않는 오류가 발생할 수 있다. 그림 10은 구조화편집시 오류가 발생한 지역이다. 그림 11의 정위치편집자료에서 보듯이 오류지역은 선형자료와 면형자료가 정확하게 접하지 않아 생긴 것이다. 그림 12는 오류지역분석결과로 사용목적에 맞게 인접하는 면형자료에 따라 수정하였다.

8. 위치정확도 검증

일제시대 때 작성된 삼각점 조서와 SPOT-5 위성영상을 이용하여 추출한 북한지역의 지리정

보가 어느 정도의 위치오차를 가지고 있는지를 검증하였다. 검증을 위하여 대전 주변지역에 대하여 북한에 적용한 것과 동일한 방법으로 센서모델링을 실시하였다. 그리고 SPOT-5 위성영상과 수치지도 1:1,000 및 1:5,000에서 동일하게 존재하는 검사점 49점을 선점한 후 오차를 비교하였다. 검사점은 건물, 도로, 지류에 대해 선점하였고 영상 전반에 걸쳐 고르게 선점하였다. 그림 13은 위치정확도 검증을 위해 해당하는 검사점의 선점위치와 관측위치를 나타낸 것으로 도로는 사거리의 모서리 지점을 선점하였으며, 건물은 확실히 구분되는 건물의 모서리 지점을 선점하였고, 지류는 오랜 시간 변하지 않고 농경지의 경계가 확연하게 구분되는 점을 선점하였다.

절대정확도인 위치오차를 검증한 결과, 표 2에서 보는 바와 같이 수평방향 위치오차는 평균 8.755m로 나타났다. 이는 “공공측량의 작업규정 세부기준 제3편 1장 제 47-48조”³⁾에 나와 있는 축척 1:25,000의 평면위치 오차한계인 17.5m의 범위 이내이다. 도로가 건물이나 지류에 비해 오차가 큰 것은 위성영상의 공간해상도가 2.5m로 도록의 폭이 좁아 정확한 지점을 관측하는데 많은 어려움을 겪어 정확한 모서리 지점을 잡기가 어려웠기 때문으로 판단된다.

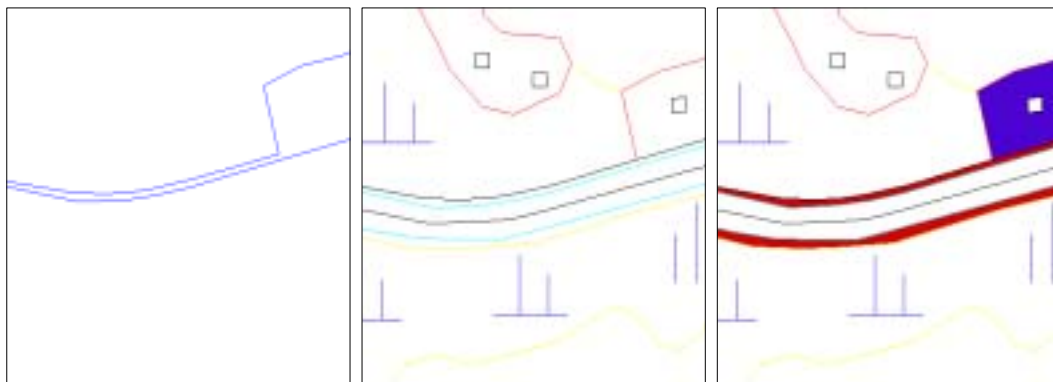


FIGURE 10. 오류지역

FIGURE 11. 정위치편집자료

FIGURE 12. 오류지역분석결과

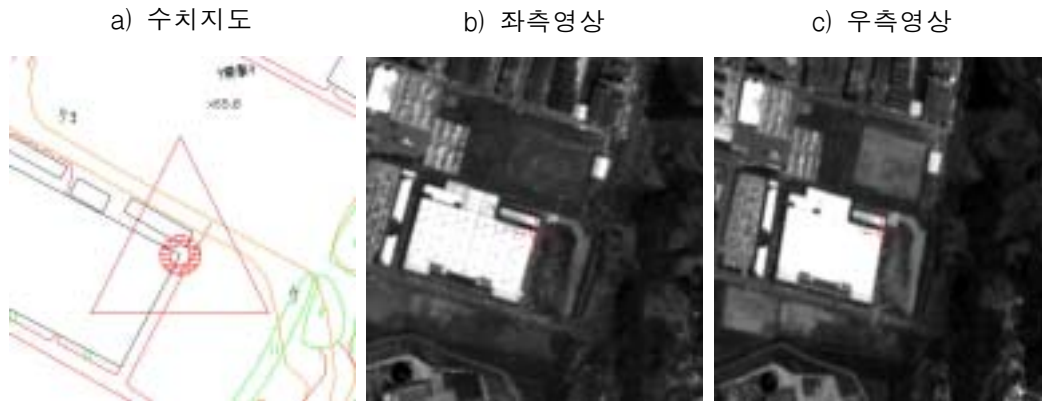


FIGURE 13. 검사점 선점 사례

TABLE 2. 위치정확도 검사점 검증결과

	전체	도로	건물	지류
수평방향오차(m)	8.755	10.973	7.876	6.086

결론

북한은 군사적으로나 민간교류협력 차원이나 우리의 관심대상임에 틀림없다. 북한지역에 대한 지리정보를 획득하기 위해 다양한 연구가 진행되고 있다. 그러나 지금까지는 대체로 특정부분에 한해서 기술의 적용가능성을 모색하는데 그쳤다. 이에 비해 본 연구는 기술적인 면에서는 일제시대 때 제작된 북한지역의 삼각점 조서를 이용하여 센서모델링을 실시하여 입체영상을 제작하였다는 점에서 새로운 방법을 제시하였다. 또한, SPOT-5 위성영상을 이용하여 지리정보 레이어를 설계하고 도화를 통해 직접 지리정보를 추출함으로써 북한지역의 지리정보 구축가능성을 확인하였다. 특히 기본지리정보 수준의 지리정보를 추출하는데 SPOT-5 위성영상은 매우 유용하며, 위치정확도도 공공측량의 작업규정 범위 이내인 것으로 확인하였다.

그러나 이 연구는 개성지역에 한정하여 수행한 것으로, 북한전역에 대한 본 연구방법의 적용가능성에 대해서는 단언할 수 없다. 다만 북한지역의 지리정보를 획득할 수 있는 새로운 방법론을 모색

하고, 실험연구를 통하여 그 가능성을 확인하였는데 본 연구의 의의가 있다. [www.kci.go.kr](#)

주

- 1) 센서모델링을 위한 알고리즘은 제품을 생산하는 회사의 핵심사항으로 공개되지 않았다. 다만 알고리즘을 구성한 개략적인 방법만을 공개하고 있다.

$$F^L(t) = 0 + \frac{m_{11}(X_j - X_L^t) + m_{12}(Y_j - Y_L^t) + m_{13}(Z_j - Z_L^t)}{m_{31}(X_j - X_L^t) + m_{32}(Y_j - Y_L^t) + m_{33}(Z_j - Z_L^t)} = 0$$

$$G^L(t) = y_j^t + \frac{m_{21}(X_j - X_L^t) + m_{22}(Y_j - Y_L^t) + m_{23}(Z_j - Z_L^t)}{m_{31}(X_j - X_L^t) + m_{32}(Y_j - Y_L^t) + m_{33}(Z_j - Z_L^t)} = 0$$

- 2) 국토연구원. 2004. 「접근불능지역의 지리정보 구축방법」. p.61.
- 3) 공공측량의 작업규정 세부기준 제3편 1장 제 47-48조

항목	측척		비고	
	1/500 이상	1/1,000 이하		
표준 편차	평면위치	0.5mm 이내	0.7mm 이내	도상거리
	표고점	Δh/4 이내	Δh/3 이내	Δh는 주곡선의 간격
	등고선	Δh/2 이내		

참고문헌

- 건설교통부. 국립지리원. 2001. 『위성영상지도 제작사업 결과 보고서』. 경기 : 건설교통부·국립지리원.
- 국립지리원. 2001. 『위성영상을 이용한 지도제작 시험연구』. 경기 : 국립지리원.
- e-HD.com. 성균관대학교. 2002. 『IKONOS 위성영상을 이용한 1/5,000 수치지도 제작 연구』.
- 김영표, 박성미, 한선희. 2001. 『고해상도 위성영상을 이용한 토지이용실태 분석연구 -북한 개성지역을 중심으로-』. 경기 : 국토연구원.
- 김정현외 4인. 2001. "KOMPSAT-EOC 영상을 이용한 북한 토지피복 관측기법 개발". 『대한원격탐사학회 춘계학술대회 논문집』. pp133-138.
- 방기인. 2001. 『비접근 지역에 대한 위성영상의 Pseudo영상 구성 및 센서모델 분석』.
- 사공호상, 한선희, 박진형, 서기환. "고해상도 위성영상을 이용한 북한지역 지리정보 구축 실험연구". 『한국지리정보학회지 제7권4호』 pp.46-56.
- 유환희, 김동규, 김성삼, 정주권. 2002. "KOMPSAT-1 영상을 이용한 비접근지역의 3차원 위치정보 취득". 대한토목학회지 제22권 제5-D호. pp.975-984.
- 이효성, 이재빈, 김용일, 유기윤. 2003. "IKONOS 위성영상의 Rational Function Model 계수 직접추출에 의한 3차원 위치결정". 『대한토목학회지 제23권 제1-D호』. pp115-121. 