

고해상도 위성영상을 이용한 북한지역 지리정보 구축 실험연구

사공호상¹ · 한선희¹ · 박진형^{1*} · 서기환¹

Acquisition of Geographic Information in North Korea Using High Resolution Satellite Image

Hosang SAGONG¹ · Sun-Hee HAN¹ · Jin-Hyeong PARK^{1*}
Ki-Hwan SEO¹

요 약

남북한간 경제협력과 교류가 어느 때 보다도 활발하게 추진됨에 따라 북한지역에 대한 지리정보의 수요가 날로 증가하고 있다. 그러나 아직까지 이렇다 할 방법을 찾지 못하고 있는 실정이다. 이에 따라, 이 연구에서는 고해상도 위성영상을 이용하여 북한지역의 지리정보를 획득하는 방안을 모색하였다. 실효성 있는 연구결과를 도출하기 위하여 북한의 사례지역에 대해 실제로 지리정보를 구축하고, 위치정확도도 검증하였다. 실험연구 결과, 총 52개 항목의 지리정보를 추출하였다. 또한 스테레오 영상의 수평 및 수직오차는 각각 4.6m와 0.9m로 상당히 정확하였으며, 단영상의 수평오차는 약 9m 정도로 스테레오 영상보다는 크지만 북한관련 업무나 연구의 기초자료로 만족할 수 있는 수준으로 나타났다.

주요어: 지리정보시스템, 북한지역, 원격탐사, 위성영상

ABSTRACT

As economic cooperation and exchanges between North and South Korea have been glowing much more than before, the demand for geographic information on North Korea is recently increasing. In fact, there is no specific method to be provided with geographic information on North Korea. In this regard, the study searched a method to collect geographic information on North Korea by using the high spatial resolution satellite image. In order to produce its best result, the study collected the geographic information on the case study area and ensured the location accuracy. This study produced total 52 items of geographic information on North Korea. Horizontal and vertical errors of stereo image, which are 4.6m and 0.9m respectively, showed hi

2004년 10월 22일 접수 Recieved on October 22, 2004 / 2004년 11월 28일 심사완료 Accepted on November 28, 2004
1 국토연구원 GIS연구센터 GIS Center, Korea Research Institute for Human Settlements
* 연락처자 E-mail: parkjh@krihs.re.kr

gh accuracy. In addition, even though the horizontal error of single image is 9m, which is bigger than that of stereo image, there is no doubt that it can be used as basic data for North Korean studies and related projects.

KEYWORDS: *Geographic Information Systems, North Korea, Remote Sensing, Satellite Imagery*

서론

광범위한 지역이나 접근이 불가능한 지역에 대한 지리정보의 구축은 위성영상 등 원격탐사에 의한 간접적인 방법이 주로 이용된다. 원격탐사에 의해 얻어진 자료는 일반적으로 현장조사를 통해 결과에 대한 검증과 오류에 대한 수정·보완과정을 거쳐야한다. 그러나 북한과 같이 접근이 불가능한 지역은 현장조사가 불가능하기 때문에 속성정보를 파악하는데 한계가 있을 뿐 아니라 3차원 위치정보를 획득하기도 매우 어렵다. 따라서 접근불능지역에 대한 지리정보획득의 관건은 위치정확도에 있으며, 정확한 3차원 위치좌표획득을 위해 다양한 연구들이 수행되었다. 3차원 위치정보 획득을 위한 위성의 센서모델링에 관한 연구는 공선조건식을 기반으로 센서모델을 개발하고 이를 바탕으로 Pseudo영상을 제작하여 지리정보를 취득한다(방기인, 2001). 또, 스트림영상과 영상헤더정보를 이용하여 3차원 위치좌표를 취득하는 방법도 있다(유환희, 2002). 최근에는 IKONOS와 같은 고해상도위성영상의 활용도가 높아져 RPC(rational polynomial coefficient)데이터를 활용한 RFM(Rational function model)의 적용 가능성을 평가연구가 수행되었다. 이 연구는 OGC(open GIS consortium)가 제안한 영상변환 표준모델로서의 RFM이 다양한 사용자들을 만족시킬 수 있는가를 평가하였고, RFM이 일반적인 모델로 활용될 수 있다는 평가결과를 제시하였다(조우석, 2002). 이러한 선행연구들은 접근불능지역에 대한 지리정보획득 방법을 연구함에 있어서 센서모델이나, RFM의 적용가능성 등 요소 기술에

대한 연구가 주를 이루고 있다.

그러나 북한지역의 지리정보를 구축하기 위해서는 3차원 위치결정 뿐만 아니라 위성영상 판독으로 어느 정도까지 지리정보를 얻을 수 있는지에 대한 검토가 필요하다. 즉, 북한지역의 지리정보 레이어를 설계해야 한다. 또한 지상기준점 없이 위성정보만 이용하여 3차원 위치를 결정하였을 경우 실제로 어느 정도의 위치오차가 발생하는지 검증해야 한다.

본 연구는 북한의 지리정보를 구축하기 위하여 필요한 일련의 과정과 절차를 종합적으로 모색하였다. 그리고 실험연구의 결과를 객관적으로 제시함으로써 북한지역의 지리정보를 구축하는 한 방법을 제시하였다.

북한지역 지리정보 구축조건

1. 지리정보 형태

지형지물의 속성정보를 파악하는데 한계가 있으므로 벡터형태의 지리정보와 정사영상 즉 래스터 형태의 지리정보를 동시에 제작·공급하는 것이 바람직하다. 그 이유는 최소한의 벡터정보와 정사영상을 결합 후 사용자의 의도에 따라 다양한 정보를 추가할 수 있기 때문이다. 벡터형태의 지리정보는 도로, 하천, 철도 등이며, 래스터형태의 지리정보는 정사영상과 수치고도 모형(DEM: digital elevation model)이다.

2. 지리정보의 축척

1:25,000 축척은 지리정보를 제작하는데 시간

과 비용을 줄일 수 있지만 남북한 경제협력 등을 위한 기초자료로 활용하기에는 정확성이 미흡하다. 1:5,000 축척은 정확도는 높지만 비용과 시간이 많이 소요된다. 따라서 1:10,000 정도의 축척으로 제작하는 것이 가장 바람직한 것으로 판단하였다.

3. 지리정보의 수준

북한지역은 현장조사가 불가능하기 때문에 위성영상만으로 판독과 묘사가 가능한 지리정보 수준으로 정하였다. 또한 지리정보의 수준은 제작비용과도 관련이 있다. 따라서 가장 많이 활용하는 레이어로 구성하는 것이 바람직하다. 이러한 지리정보는 도로, 철도, 토지이용, 건물, 수계, 정사영상 등으로 대략 우리나라의 기본지리정보 수준과 일치한다.

4. 지리정보 추출방법

지리정보는 추출방법은 수치지형도 제작방법인 수치도화기법을 적용하였다. 그리고 수치도화는 10년 이상 경력을 갖춘 전문 도화사를 활용하여 지리정보의 질(quality)과 객관성을 확보하였다.

북한지역 지리정보 구축

1. 사례지역 선정

사례지역은 북한지역 중에서 최근에 촬영한 스테레오 영상이 존재하고 도시지역, 농촌지역, 산림지역, 수계 등 다양한 지역과 지형지물이 분포된 곳을 선정하였다. 그 결과 평양특별시 남부 일원지역이 선정되었다. 사례지역의 면적은 1:10,000 축척의 수치지도 한 도엽에 해당하 는 24.2km²로 정하였다.

2. 위성영상 수집

위성영상은 1:10,000 축척의 지리정보를 추출

하는데 적합한 1m급 고해상도 위성영상 중에서 선정하였다. 1m급 고해상도 위성영상으로는 IKONOS, QuickBird, OrbView 등 상용위성영상이 있으며, 이들 중에서 스테레오 영상촬영이 가능하고 지상기준점 없이 3차원 위치를 결정할 수 있는 위성정보를 제공하는 위성을 선정하였다. 또한 가급적 지상기준점 없이 3차원 위치좌표를 획득할 수 있는 센서모델링의 가능성이 학회에 보고된 영상을 선정하였다. 이러한 기준에 의해 IKONOS 위성영상을 선정하였다.

3. 레이어 설계

북한지역은 현장조사가 불가능하므로 위성영상으로 형상과 속성을 파악할 수 있는 지형지물을 대상으로 설계하였다. 레이어 종류는 우리나라의 1:5,000 지형도 표준레이어의 대분류 항목 중에서 행정 및 지역경계, 주기를 제외한 7개 항목을 대상으로 하였다. 레이어는 IKONOS 위성영상을 수치도화 한 경험이 있거나 10년 이상 경력을 가진 전문 도화사들을 대상으로 설문조사를 실시하여 선정하였다. 레이어 설계과정은 그림 1에서 보는 바와 같이, 먼저 전문 도화사들에게 1/5,000의 표준 레이어 중에서 지형지물을 판독할 수 있는 레이어를 선택하게 한 다음 그 중에서 묘사가 가능한 지형지물을 다시 선택하도록 하였다. 그 중에서 우리나라의 기본지리정보와 같이 공통적으로 활용가능성이 높은 지리정보를 선별하고 도로 등 속성판별이 불가능한 항목의 분류기준을 약간 조정하였다. 그 결과 표 1에서 보는 바와 같이 7개 중분류, 52개의 세분류 레이어가 선정되었다.

4. 지리정보 추출

위성영상을 이용하여 지리정보를 추출하기 위해서는 우선 정사보정과 기하보정을 실시해야 한다. 본 연구에서는 Socet set장비의 Pro600 S/W를 이용하여 IKONOS 위성영상과 RPC 데이터를 활용하여 입체모델을 구성한 다음 수치

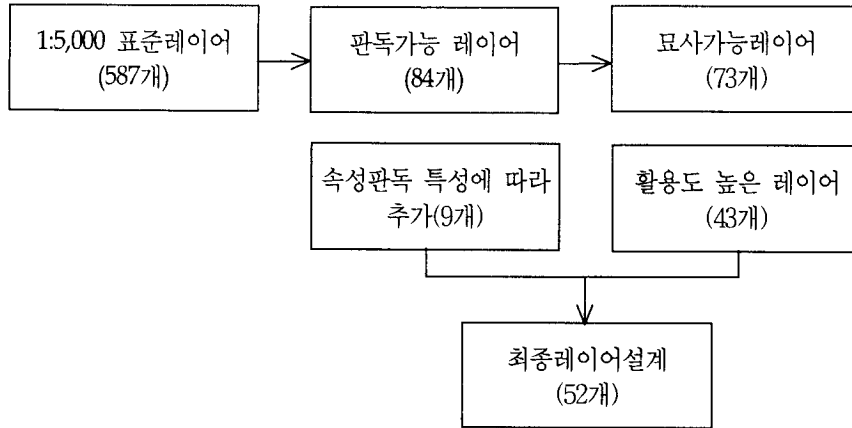


FIGURE 1. 레이어설계과정

TABLE 1. 비접근지역 지리정보 레이어

코드	레이어명	코드	레이어명	코드	레이어명
	철도	2012	모래	5003	논
1001	보통 철도	2013	습지	5004	밭
1002	특수 철도	2014	염전	5005	과수원
1003	지하철(지상부)		도로	5006	목초지
1004	철교	3001	소로	5007	황무지
1005	철도터널	3002	중로	5008	활엽수
1006	철도관련 시설	3003	대로	5009	침엽수
1007	지하철관련 시설	3004	광로	5010	공동묘지
	하천	3005	콘크리트교	5011	운동장
2001	실폭하천	3006	터널	5012	유적지
2002	세류		건물		시설물
2003	건천	4001	일반주택	6001	송전탑
2004	호수, 저수지	4002	저층형아파트	6002	기타 콘크리트 구조물
2005	해안선(육지)	4003	고층형아파트	6003	저장조
2006	해안선(섬)	4004	주택외 건물		지형
2007	댐 (상단)	4005	철책 담	7001	주곡선
2008	댐 (하단)	4006	콘크리트 담	7002	계곡선
2009	방파제상단		지류	7003	표고점
2010	방파제하단	5001	지류계	7012	점높이
2011	갯벌(진흙)	5002	경지계		

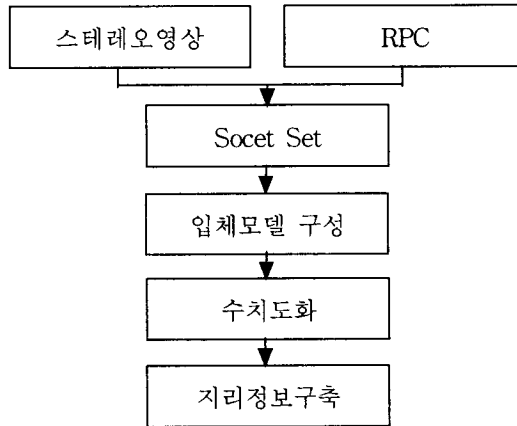


FIGURE 2. 입체모델구성을 통한 지리정보 구축과정

도화를 실시하였다.

그림 3은 앞서 설계한 레이어별로 지리정보를 추출하고 이를 종합한 결과이다. 본 연구에서 설계한 철도, 하천, 도로, 건물, 지류, 시설물, 지형 레이어가 모두 포함되었으며, 1:10,000축척에서 판독할 수 있는 대부분의 지형지물들이 묘사되었다. 그림 4는 북한지역의 정사영상이다. 이것은 지리정보 구축결과에서 등고선을 추출하여 10m DEM을 생성한 후 제작하였다.



FIGURE 3. 지리정보 구축결과



FIGURE 4. 정사영상

위치정확도 검증

1. 사례지역 선정

위치정확도를 검증하기 위해서는 검사점을 측정해야 하므로 남한지역 중에서 사례지역을 선정하였다. 사례지역은 IKONOS 스테레오 영상이 촬영된 지역 중에서 도시지역, 농경지, 산림지역, 수계 등이 고루 분포된 지역을 선정하

TABLE 2. IKONOS 스테레오영상 수평위치오차

구분	검사점 ID	검사점 좌표 (TM, 동부원점)				잔차	
		GPS측량 결과		입체모델		(GPS측량-입체모델)	
		X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	DX (m)	DY (m)
도로	1	228079.839	277272.033	228077.557	277274.835	2.282	-2.802
	2	231340.988	276966.625	231338.244	276968.551	2.743	-1.926
	3	230753.997	277685.420	230751.513	277688.257	2.483	-2.837
	4	228664.443	278407.858	228662.519	278411.559	1.924	-3.701
	5	228114.701	280502.883	228114.158	280504.428	0.543	-1.545
	6	228241.634	281390.011	228239.921	281392.595	1.713	-2.584
	7	229508.949	281455.346	229505.843	281460.424	3.105	-5.078
	8	230466.418	280588.659	230465.269	280590.942	1.148	-2.283
	9	230673.189	279905.699	230671.504	279908.449	1.685	-2.751
	10	231338.388	278296.169	231339.861	278299.571	-1.473	-3.403
	11	232087.705	281623.975	232086.300	281626.545	1.404	-2.570
	12	231598.981	279330.334	231598.337	279331.982	0.644	-1.649
	13	232379.137	278515.281	232379.628	278520.982	-0.491	-5.702
	14	231975.315	278918.572	231972.213	278923.792	3.101	-5.220
	15	232195.852	279331.602	232194.372	279337.235	1.480	-5.634
	16	232034.704	280059.135	232032.339	280064.226	2.365	-5.091
	17	232273.559	281842.504	232272.064	281845.396	1.494	-2.892
	18	231940.515	279734.089	231936.657	279738.412	3.857	-4.323
	19	230524.322	280091.015	230522.164	280094.331	2.158	-3.316
20	231835.541	277234.075	231833.434	277237.34	2.107	-3.265	
21	231299.070	277318.113	231296.076	277321.175	2.994	-3.062	
22	230726.406	277612.069	230724.595	277615.896	1.811	-3.827	
23	228306.528	278217.536	228304.842	278221.077	1.686	-3.541	
24	229015.990	278880.180	229013.649	278884.177	2.341	-3.997	
25	228768.184	279153.073	228765.208	279156.851	2.976	-3.778	
26	229009.428	279899.653	229007.344	279903.129	2.084	-3.476	
27	229437.209	280028.025	229434.904	280032.394	2.305	-4.369	
건물	28	229448.164	280846.996	229445.399	280850.764	2.765	-3.768
	29	230790.805	281506.154	230789.052	281510.587	1.753	-4.433
	30	231488.030	281933.608	231487.073	281938.300	0.957	-4.692
	31	231985.304	280798.257	231982.981	280801.935	2.323	-3.678
	32	231270.676	279754.285	231267.383	279758.195	3.293	-3.910
	33	231842.997	279261.205	231840.019	279265.022	2.978	-3.817
	34	230733.617	278871.887	230732.003	278875.096	1.614	-3.209
	35	230400.844	278355.147	230398.756	278359.007	2.088	-3.860
	36	230740.390	278576.624	230738.391	278579.986	1.999	-3.362
	37	228096.067	277147.461	228093.170	277150.811	2.897	-3.350
지류	38	228957.224	277022.814	228955.086	277024.118	2.138	-1.304
	39	229018.764	277795.013	229015.406	277800.122	3.358	-5.109
	40	229853.603	277915.106	229850.607	277921.073	2.996	-5.967
	41	230688.825	277396.383	230687.321	277401.214	1.503	-4.831
	42	230241.930	278647.833	230239.289	278652.907	2.641	-5.047
	43	231747.078	278337.288	231744.388	278340.042	2.690	-2.754
	44	229594.782	281775.348	229594.663	281778.626	0.118	-3.278
	45	230060.652	281450.802	230059.939	281456.240	0.713	-5.438
	46	230595.318	282045.294	230591.831	282049.152	3.486	-3.858
	47	230096.327	280159.745	230093.634	280163.238	2.693	-3.493
	48	231115.115	278649.252	231116.175	278652.865	-1.059	-3.613
	49	229732.000	277199.228	229725.633	277204.827	6.367	-5.599

TABLE 3. IKONOS 스테레오영상 수직위치오차

	구분	GPS측량높이값	입체도화 높이값	잔차
	1	9.039	9.818	-0.779
	2	3.813	5.491	-1.678
	3	4.915	6.035	-1.120
	4	17.819	17.749	0.070
	5	49.649	50.281	-0.632
	6	60.882	61.783	-0.901
	7	65.336	65.682	-0.346
	8	27.309	28.213	-0.904
	9	13.386	13.263	0.123
도로	10	2.658	3.573	-0.915
	11	5.805	7.272	-1.467
	12	2.593	2.753	-0.160
	13	1.691	2.446	-0.755
	14	2.583	3.386	-0.803
	15	1.994	2.622	-0.628
	16	2.561	2.754	-0.193
	17	3.794	4.092	-0.298
	18	2.662	3.692	-1.030
	19	15.482	15.147	0.335
	20	16.513	15.914	0.599
	21	12.087	13.094	-1.007
	22	22.455	24.255	-1.800
	23	34.215	33.864	0.351
	24	61.461	62.740	-1.279
	25	73.379	73.262	0.117
	26	26.714	26.627	0.087
	27	46.505	46.350	0.155
도로	28	61.671	61.976	-0.305
	29	52.388	53.314	-0.926
	30	23.334	22.803	0.531
	31	15.760	15.408	0.353
	32	28.695	27.558	1.137
	33	15.346	16.883	-1.537
	34	22.477	22.315	0.162
	35	11.202	11.411	-0.209
	36	7.864	7.850	0.015
	37	10.874	11.978	-1.100
	38	4.643	5.561	-0.918
	39	5.886	7.735	-1.849
	40	4.569	6.643	-2.074
	41	3.244	4.349	-1.105
	42	5.292	5.705	-0.413
지류	43	1.239	2.660	-1.421
	44	37.402	37.593	-0.191
	45	25.545	26.068	-0.523
	46	34.614	35.612	-0.998
	47	32.733	32.897	-0.164
	48	1.878	2.422	-0.544
	49	3.772	4.940	-1.168

TABLE 4. 단영상을 이용한 정사영상 수평위치오차

구분	검사점 ID	왼쪽 정사영상				오른쪽 정사영상			
		검사점 좌표 (TM, 동부원점)		GPS측량과의 차이		검사점 좌표 (TM, 동부원점)		GPS측량과의 차이	
		X (m)	Y (m)	DX (m)	DY (m)	X (m)	Y (m)	DX (m)	DY (m)
도로	1	228076.493	277277.663	3.346	-5.630	228075.135	277271.906	4.704	0.127
	2	231339.288	276975.638	1.700	-9.013	231336.456	276968.333	4.532	-1.708
	3	230750.811	277689.992	3.186	-4.572	230746.867	277681.137	7.130	4.283
	4	228659.044	278413.167	5.399	-5.309	228659.604	278411.260	4.839	-3.402
	5	228104.296	280498.485	10.405	4.398	228107.608	280515.064	7.093	-12.181
	6	228228.260	281380.677	13.374	9.334	228231.721	281403.468	9.913	-13.457
	7	229491.693	281448.400	17.256	6.946	229498.378	281473.770	10.571	-18.424
	8	230459.650	280587.022	6.768	1.637	230462.482	280592.190	3.936	-3.531
	9	230668.793	279910.925	4.396	-5.226	230666.389	279907.458	6.800	-1.759
	10	231339.137	278304.746	-0.749	-8.577	231336.937	278296.749	1.451	-0.580
	11	232084.811	281631.142	2.894	-7.167	232082.538	281623.696	5.167	0.279
	12	231599.084	279338.821	-0.103	-8.487	231596.604	279330.688	2.377	-0.354
	13	232381.196	278526.171	-2.059	-10.890	232377.573	278517.937	1.564	-2.656
	14	231973.215	278928.689	2.100	-10.117	231970.736	278920.662	4.579	-2.090
	15	232200.773	279341.052	-4.921	-9.450	232196.313	279332.815	-0.461	-1.213
	16	232051.705	280107.561	-17.00	-48.426	232049.121	280100.156	-14.417	-41.021
	17	232269.984	281849.495	3.575	-6.991	232267.088	281842.402	6.471	0.102
	18	231938.047	279742.351	2.468	-8.262	231936.810	279738.356	3.705	-4.267
	19	230519.477	280094.613	4.845	-3.598	230519.034	280092.786	5.288	-1.771
	20	231830.733	277238.319	4.808	-4.244	231829.089	277236.089	5.900	-2.014
21	231295.709	277323.431	3.361	-5.318	231292.843	277318.962	6.227	-0.849	
22	230719.750	277614.408	6.656	-2.339	230719.878	277617.221	6.528	-5.152	
23	228298.042	278216.726	8.486	0.810	228299.266	278224.312	7.262	-6.776	
24	229000.683	278871.802	15.307	8.378	229005.317	278894.518	10.673	-14.338	
25	228750.864	279141.826	17.320	11.247	228756.266	279170.141	11.918	-17.068	
26	229001.700	279900.437	7.728	-0.784	229001.611	279904.696	7.817	-5.043	
27	229426.315	280024.021	10.894	4.004	229429.419	280038.414	7.790	-10.389	
28	229432.625	280838.438	15.539	8.558	229437.147	280861.079	11.017	-14.083	
29	230777.758	281500.090	13.047	6.064	230780.393	281516.861	10.412	-10.707	
30	231481.954	281935.152	6.076	-1.544	231482.296	281938.587	5.734	-4.979	
31	231980.281	280802.905	5.023	-4.648	231979.459	280800.125	5.845	-1.868	
32	231263.442	279754.674	7.234	-0.389	231265.382	279752.915	5.294	1.370	
33	231837.890	279263.118	5.107	-1.913	231837.809	279265.624	5.188	-4.419	
34	230726.981	278875.075	6.636	-3.188	230726.857	278874.486	6.760	-2.599	
35	230395.529	278356.572	5.315	-1.425	230397.153	278360.375	3.691	-5.228	
36	230734.961	278577.929	5.429	-1.305	230739.056	278583.868	1.334	-7.244	
37	228091.279	277149.799	4.788	-2.338	228090.294	277146.514	5.773	0.947	
38	228954.339	277028.675	2.885	-5.861	228952.693	277021.258	4.531	1.556	
39	229014.682	277794.213	4.082	0.800	229014.543	277792.563	4.221	2.450	
40	229852.991	277925.850	0.612	-10.744	229851.229	277918.635	2.374	-3.529	
41	230689.150	277402.255	-0.325	-5.872	230685.368	277396.005	3.457	0.378	
42	230238.544	278655.120	3.386	-7.287	230238.095	278648.714	3.835	-0.881	
43	231744.926	278344.460	2.152	-7.172	231742.632	278336.412	4.446	0.876	
44	229587.111	281773.502	7.671	1.846	229587.797	281786.411	6.985	-11.063	
45	230055.471	281453.912	5.181	-3.110	230057.302	281457.374	3.350	-6.572	
46	230584.645	282044.333	10.673	0.961	230585.612	282052.470	9.706	-7.176	
47	230088.870	280159.885	7.457	-0.140	230088.147	280169.336	8.180	-9.591	
48	231115.136	278657.228	-0.021	-7.976	231113.149	278647.989	1.966	1.263	
49	229727.222	277207.426	4.778	-8.198	229725.436	277199.446	6.564	-0.218	

였다. 그 결과 '포항시 북구 용흥동 일대'를 선정하였다.

2. 검사점 측정

위치정확도를 검증하기 위하여 스테레오 영상과 정사영상에서 동일한 검사점 49점을 선정하였다. 검사점은 수평과 수직오차를 체계적으로 검증하기 위하여 도로 19점, 건물 17점, 지류 13점을 선정하였다. 검사점의 기준 값을 수치지도에서 가져올 수도 있으나 이 경우 수치지도를 제작하는 과정에서 발생한 누적오차가 존재할 수 있다. 따라서 가장 정확하게 검증하기 위하여 직접 GPS 측정을 실시하였다. 도로와 지류는 지상에서 측정하였으며, 건물은 건물 옥상에서 측정하여 수직오차 분석에 용이하도록 하였다.

3. 스테레오 영상의 위치오차 검증

IKONOS 스테레오 영상과 RPC만을 이용하여 획득한 3차원 위치좌표와 GPS측정 값을 비교하였다. 각 검사점의 잔차를 보면, 전반적으로 GPS 측정 값에 비해 X값은 (+), Y값은 (-)의 차를 갖고 있다. 따라서 스테레오 영상이 좌상단으로 약간 치우쳐 있음을 알 수 있다. 전체 검사점에 대한 수평방향의 평균제곱근오차(RMSE: root mean square error)는 4.578m이며, 도로 레이어의 RMSE는 4.236m, 건물 레이어는 4.443m, 지류 레이어는 5.221m이다. 도로와 건물에 비해 지류 레이어의 결과가 좋지 않은 것은 이 연구에 활용한 영상이 3년 전에 촬영된 것이어서, 눈, 발의 위치가 조금씩 변하여 발생한 오차로 판단된다(표 2).

스테레오 영상의 수직방향 평균제곱근오차는 전체 검사점이 0.908m이며, 도로 레이어는 0.820m, 건물 레이어는 0.822m, 지류 레이어는

1.115m이다. 수직오차 역시 수평오차와 마찬가지로 지류 레이어가 가장 높게 나타났다(표 3).

4. 단영상의 위치오차 검증

IKONOS 단영상을 이용한 정사영상은 해당 영상의 RPC와 30m DEM을 이용하여 제작하였다. 정사영상의 수평방향 평균제곱근오차는 왼쪽영상은 9.666m, 오른쪽 영상은 9.202m로 나타났다. 레이어별로는 스테레오 영상과 달리 도로 레이어와 지류 레이어에 비해, 건물 레이어의 오차가 상대적으로 크게 나타났다. 또한, 검사점별 오차를 보면, X값은 (+), Y값은 (-)의 값으로 나타나 정사영상이 실제 위치에 비해 좌상단으로 이동되어 있음을 알 수 있다(표 4).

5. 위치오차 검증 결과 종합

북한지역의 지리정보를 구축하였을 경우 발생할 것으로 예상되는 위치오차의 정도를 실험한 결과 입체모델은 수평오차 4.6m, 수직오차 0.9m로 나타났으며, 정사영상은 왼쪽영상이 9.7m, 오른쪽 영상이 9.2m로 나타났다.

이러한 분석결과를 객관적인 기준에서 검토하기 위하여 공공측량의 작업규정 세부기준과 비교해 보면, 입체모델은 수평과 수직오차 모두 오차범위 내에 있음을 알 수 있다(표 6, 7). 이와 같은 분석결과는 1:10,000 축척의 북한지역 지리정보를 제작할 때 유사한 정도의 정확도를 가진 지리정보를 구축할 수 있음을 의미한다.

정사영상의 경우 공공측량의 작업규정 세부기준과 비교하여 보면 약 3m정도 벗어나고 있음을 알 수 있다. 하지만 앞서 말한바와 같이 대부분의 점들이 좌상단 방향으로 수평이동되어 있으므로 상대적인 오차는 정확하다고 할 수 있다. 그러므로 행정 및 관광 등의 목적으로 이용하기에 적합할 것으로 판단된다.

TABLE 5. 위치정확도 검증결과

항목	입체모델		정사영상	
	수평위치오차	수직위치오차	왼쪽영상	오른쪽영상
위치정확도	4.578m	0.908m	9.666m	9.202m

TABLE 6. 수치지도의 수평위치정확도 기준

항목	축척				비고
	1:500	1:1,000	1:5,000	1:10,000	
오차범위	0.5mm 이내	0.7mm 이내	0.7mm 이내	0.7mm 이내	도상거리
	0.25m 이내	0.7m 이내	3.5m 이내	7.0m 이내	지상거리

*공공측량의 작업규정 세부기준 (건설교통부고시 제2002-177호)

TABLE 7. 수치지도 수직정확도 기준

항목	축척		비고
	1:500이상	1:1,000이하	
표고점	$\Delta h/4$ 이내	$\Delta h/3$ 이내	Δh : 주곡선간격
	$1/4 = 0.25m$	$5/3 = 1.67m$	
등고선	$\Delta h/2$ 이내		

결론

오래 전부터 위성원격탐사는 접근불능지역의 지리정보를 획득할 수 있는 효과적인 수단으로 활용되어 오고 있다. 특히 2000년 이후부터 1m 급 고해상도 위성영상이 상업용으로 보급되면서 비교적 자세한 지리정보를 획득할 수 있게 되었다. 우리나라는 개성공단 개발, 남북한 SOC 공동개발 등 남북한간 교류 협력의 증진에 따라 북한지역의 지리정보 수요가 날로 증가하고 있는 실정이다. 그러나 위성영상을 이용하여 체계적으로 지리정보를 획득할 수 있는 방법론은 아직 정립되지 않은 실정이다. 그 이유는 속성정보를 얻기 어렵다는 제약점과 지상기준점 없이 얻은 지리정보의 위치정확도에 대한 매우 강한 의구심 때문이었다. 그러나 본 연구결과에 의하면, 기본지리정보 수준의 지리정보는 상당부분 속성정보를 파악할 수 있고, 위치정확도는 지상

기준점이 없어도 우리나라 공공측량 작업기준에서 요구하는 정확도를 만족시키고 있다.

실제로 비접근지역의 거주자를 활용하여 지형지물의 속성정보를 판독할 수 있는 기준을 만든다면 보다 많은 지형지물의 속성정보를 파악할 수 있다. 이 연구의 결과를 근거로 북한지역의 지리정보를 구축·활용한다면 남북한간 교류 협력을 더욱 촉진시킬 것이며, 나아가 통일에 대비한 각종 계획 및 정책수립의 실효성을 제고할 수 있을 것으로 기대된다.

앞으로 보다 다양한 사례지역을 선정하여 연구방법을 보다 정교하게 함으로써 레이어 설계에서 누락되는 지리정보가 없도록 보완하고, 도시지역 뿐만 아니라 비도시지역과 산림지역에 대한 지리정보 구축방법도 지속적으로 모색되어야 할 것이다. **KAGIS**

참고문헌

- 박병욱, 한상득 안기원, 박희주, 김충평. 2002. 고해상도 위성영상을 이용한 지도제작 가능성 평가. 대한토목학회지 22(6D):1305-1315.
- 방기인. 2001. 비접근 지역에 대한 위성영상의 Pseudo영상 구성 및 센서모델 분석. 인하대학교 석사학위논문. 1-6쪽.
- 이병환, 김정희, 박경환, 정일훈. 2000. 고해상도 위성영상을 이용한 축척 1/10,000수치지도 제작. 한국지리정보학회지 3(2):11-23.
- 이재빈, 김민석, 김용일, 유기운. 2002. 고해상도 위성영상을 이용한 3차원 지형좌표의 추출에 관한 연구. 한국측량학회 추계학술발표회 논문집. 181~185쪽.
- 임석민. 2000. 위성영상을 이용한 비접근지역에 대한 지형정보분석에 관한 연구. 한양대학교 석사학위논문.
- e-HD.com, 성균관대학교. 2002. IKONOS 위성영상을 이용한 1/5,000 수치지도 제작 연구. 38~59쪽. **KAGIS**