

# 지형 특성을 고려한 정사영상의 정확도 분석

## Accuracy Analysis of Orthophoto from the Topographic character

윤희천\* · 조현욱\*\* · 이철희\*\*\* · 박준규\*\*\*\*

Yoon, Hee Cheon · Jo, Hyeon Wook · Lee, Cheol Hee · Park, Joon Kyu

- \* 충남대학교 공과대학 토목공학과 교수(hcyoon@cnu.ac.kr)
- \*\* 충남대학교 대학원 토목공학과 공학석사(hyunooky@nate.com)
- \*\*\* 충남대학교 대학원 토목공학과 박사과정(potanium@hanmail.net)
- \*\*\*\* 충남대학교 대학원 토목공학과 박사수료(survey@empal.com)

### 초 록

입체영상 획득이 가능한 SPOT 위성이 발사되면서 위성영상을 이용한 지도제작 등의 정량적인 분석이 가능해졌다. 특히, 고해상도 위성영상은 항공사진촬영이 불가능하여 대축척 지도제작이 곤란한 지역 또는 지상기준점 측량이 불가능한 지역에 대한 수치지도 제작 분야에 있어 효율적인 방법으로 주목을 받고 있다. 이에 본 연구에서는 기 접근 가능지역에 대한 정사영상을 이용하여 기 구축된 성과들의 정확도를 평가하였고 이를 바탕으로 비접근지역의 지형정보 획득을 위한 정사영상의 활용 가능성을 제시하고자 하였으며 비 접근 및 난접근 지역에서의 지상기준점 획득에 대한 제한을 극복하는 수단으로 본 연구의 결과를 활용하고자 하였다.

### 1. 서 론

최초의 국내 실용위성인 아리랑 1호의 전자광학카메라(EOC : Electro Optical Camera)영상의 경우는 수 100m이내의 정확도를 제공하며 곧 상용화 될 아리랑 2호는 80m이내의 정확도를 제공할 것으로 알려져 있다. 그러나 이와 같은 정확도로는 중·대축척 지도제작시 요구되는 충분히 정확한 지형정보를 얻기가 곤란하므로 GPS 측량, 지도 등으로부터 취득된 지상기준점을 이용하여 초기 기하학적 모델에 존재하는 오차를 제거하고 정밀 기하학적 모델을 수립한다. 이후, 정밀 기하학적 모델을 이용하여 영상을 이용한 지도제작이나 영상으로부터 정확한 위치정보를 추출하게 된다.

그러나 정밀 기하학적 모델을 수립하는 데 있어서 지상기준점을 사용하는 방식은 몇 가지 문제점을 가지고 있다. 첫째, 지구관측위성을 발사하는 주된 이유 중에 하나는 지표면의 정보를 우주공간에서 관측함으로써 접근성의

제약이 없이 전 지구적인 지표면 정보를 획득하는 데 있다. 그러나 현재의 모델링 기술은 정밀한 위치정보 취득을 위해서는 해당지점에 접근하여 지상기준점을 취득하여 사용하는 방법이 가장 정확한 것으로 알려져 있다. 둘째, 비접근지역과 같이 접근관측을 통한 지상기준점 획득이 원천적으로 불가능한 특수상황에서 아리랑 2호기와 같은 경우 해상도가 1m인 정밀 관측영상을 얻을 수가 있게 되나, 현재의 기술로는 이러한 영상으로부터 영상해상도에 부합하는 정밀한 지형정보를 얻을 수 있는 범위는 실측이 가능한 접근가능 지역으로 제한되게 된다.

표 1 위성영상의 절대정확도

위성명	SPOT-5	KOMSAT1	KOMSAT2	IKONOS	QuickBird2
절대정확도 (RMSE) <sup>*</sup> (No GCP)	약 50m 이내	수 100m	약 80m 이내	약 23m 이내	약 14m 이내

\* 위성운용국(제조사) 발표자료 기준

이런 이유로 인하여 위성영상으로부터 신속하고 정확한 지상위치를 결정하기 위해서는 정확한 기준점을 충분히 보유하고 관리해야 하며, 이에 상응하는 정밀 기하학적 모델을 수립하는 기술이 반드시 개발되어야 한다. 이에 본 연구에서는 기 구축된 고해상의 정사영상이 주어질 경우, 이를 활용하여 유사, 및 신규 영상의 위치결정을 용이하고 신속하게 진행할 수 있는 방안에 대한 연구를 수행하였다. 또한, 기 구축된 정사영상으로부터 획득한 기준점 정보를 이용하여 전 처리된 영상을 모형화함으로써 보다 정확한 지형정보의 제작이 가능하도록 기 구축된 정사영상에 대한 지형특성을 고려한 정확도 분석을 실시하였다. 이를 바탕으로 비접근지역의 지형정보 획득을 위한 정사영상의 활용 가능성을 제시하고자 하며 비접근 및 난접근 지역에서의 지상기준점 획득에 대한 제한을 극복하는 수단으로 본 연구의 결과를 활용하고자 한다.

## 2. 정사영상

정사영상은 해당 공간해상도에 대한 각각의 지상기준점에 대하여 해당 위치의 수직상공에서 촬영한 형태로 기하학적으로 보정된, 즉 중심투영으로 촬영됨에 따른 지형의 기복과 촬영 경사에 의한 편위가 수정된 영상이다. 따라서 정사영상에 포함된 모든 지형지물의 상호 위치 관계가 지형도와 동일하게 정사투영 되었으므로 정사영상을 이용하면 지형지물의 위치, 거리, 각도, 면적 등의 정보를 얻을 수 있는 특징을 갖는다.

특히, 수치정사영상을 지형공간정보체계에 영상지도(image map)로 활용할 경우, 각종 시물레이션이나 계획수립 등을 수행하는데 필수적인 지형자료로 사용되고 있으며, 지형도의 갱신 과정에도 효율적으로 사용될 수 있기 때문에 그 효용성이 날로 부각되고 있는 실정이다.

정사영상의 제작방법은 단 위성영상과 기 제작되어 있는 수치표고모형을 사용하는 방법과 입체 위성영상에서 수치표고모형을 직접 추출

하여 정사영상을 만드는 방법으로 구분된다. 일반적인 정사영상 제작공정은 그림 1에 제시하였다.

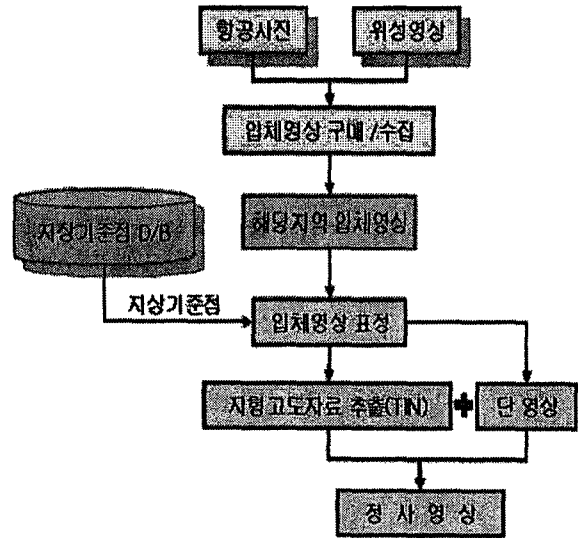


그림 1 정사영상 제작공정

## 3. 위치정확도 분석

### 3.1 대상 지역

정사영상의 정확도를 비접근 지역에 적용시키기 위해서는 실측가능한 지역에 대해 지형적 특성이 충분히 파악될 수 있고 관련된 자료의 수집이 확실한 대상지 선정이 선행되어야 한다.

연구 대상지는 지형적 특성과 지역의 위치에 따른 특징을 파악하기 위해 3지역을 선정하였다. 이 대상지는 도심의 인공지물과 평지, 산지를 골고루 포함하는 복합지형 Test-Zone 1, 해안가 및 넓은 평야를 포함하는 해안지형인 Test-Zone 2, 산으로 둘러싸여 있는 산악지형인 Test-Zone 3으로 그 지역적 특성을 구분할 수 있으며 각각 위도 36°도 중부지역, 위도 37° 서부지역, 위도 38°도 중부지역으로 그 위치적 특성을 구분하도록 선정하였다. 표 2는 연구대상지별 지형적 특성 및 지역 위치에 대한 구분을 나타내고 있다.

표 2 연구대상지별 지형 특성 및 지역 위치

구 분	위 도	경 도	지형 특성
Test-Zone 1	약 36.4°	약 127.4°	복합지형
Test-Zone 2	약 36.8°	약 126.5°	해안 및 평야지형
Test-Zone 3	약 38°	약 127.4°	산악지형

### 3.2 사용 장비

인공위성의 촬영 방식은 기존 항공사진 촬영 방식인 아날로그 방식이 아닌 디지털 방식이기 때문에 아날로그 해석도화기로는 작업이 불가능하다. 이에 본 연구에서는 (주)Intergraph社의 하드웨어인 ImageStation Z 와 소프트웨어 ISAT, ISSD, ISFC, MTA, ISBR, IA 등을 사용하였고 표 3은 본 연구에 활용한 시스템의 구성을 나타낸 것이며 그림 2는 수치영상처리가 가능한 하드웨어인 ImageStation Z를 보여주고 있다. 또한, 표 4는 본 연구를 수행하는데 사용한 소프트웨어의 종류 및 특징을 제시하고 있다.

표 3 사용 장비 시스템 구성

시스템	구 성
ImageStation Z (Intergraph)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● CPU : Dual Intel Xeon 2.66GHz, 1MB L2Cache</li> <li>● RAM : 2GB SDRAM</li> <li>● HDD : 200 GB(IDE)</li> <li>● G/B : WildCAT 5110(128MB)</li> <li>● OS : Windows 2000 Service Pack 4</li> <li>● Display : 29" Monitor</li> <li>● Input Device : 10 Button Hand Held Cursor</li> </ul>



그림 2 ImageStation Z

표 4 소프트웨어 특징

항 목	프로그램	기 능
프로젝트 및 모델의 구성	ISAT	· 작업에 관련된 데이터의 구성
표정작업		· 표정작업 수행
Triangulation		· 자동 Triangulation
3차원 입체모델의 Display 및 도화	ISSD ISFC	· 생성된 입체모델의 Display · 벡터요소들의 편집 및 생성
수치표고모형 추출	MTA	· 수치표고모형 생성
자료처리	IA	· 영상자료 처리 및 분석
정사사진 제작	ISBR	· 정사영상 생성

### 3.3 정확도 분석

본 연구에서는 정사영상에 대한 위치 정확도 평가를 위하여 기 구축 정상영상을 통해 추출된 결과와 동일 지역에 대한 1:5,000 수치지도 성과를 비교·분석하였다. 본 연구에 사용한 검사점은 총 20점이며 영상으로부터 식별이 명확한 교통섬 및 사거리 모퉁이의 모서리 점 등으로 선점하였다. 이로부터 영상에서 각 점당 10회 측정된 값을 평균한 측정 결과와 수치지도 성과를 이용해 정확도 분석을 실시하였다.

표 5 Test-Zone 1에 대한 정확도 평가

측 점	수치지도(m)		정사영상(m)		편차(m)	
	X	Y	X	Y	dX	dY
1	4033991.160	355114.770	4033994.710	355115.020	3.550	0.250
2	4034465.930	359269.710	4034462.840	359273.290	3.090	3.580
3	4034540.440	359916.560	4034539.790	359917.770	0.650	1.210
4	4033481.880	358607.940	4033482.570	358609.150	0.690	1.210
5	4032980.180	358378.530	4032982.660	358381.540	2.480	3.010
6	4028261.360	352613.260	4028254.200	352615.620	7.160	2.360
7	4027764.240	353587.040	4027757.960	353592.430	6.280	5.390
8	4027969.380	354395.150	4027962.510	354393.210	6.870	1.940
9	4028461.910	356476.330	4028456.510	356472.910	5.400	3.420
10	4029109.240	358664.270	4029110.860	358659.850	1.620	4.420
11	4026624.240	353347.460	4026617.650	353351.880	6.590	4.420
12	4026666.480	355640.820	4026669.620	355639.910	3.140	0.910
13	4025777.590	350663.980	4025774.230	350668.210	3.360	4.230
14	4025002.750	350721.580	4025002.550	350726.920	0.200	5.340
15	4024152.270	350298.030	4024151.630	350299.260	0.640	1.230
16	4022838.430	348882.770	4022840.780	348879.500	2.350	3.270
17	4021394.890	353746.360	4021387.770	353743.500	7.120	2.860
18	4024166.160	359804.060	4024165.540	359804.440	0.620	0.380
19	4023325.250	360641.180	4023324.550	360642.640	0.700	1.460
20	4022434.810	358747.650	4022434.750	358748.670	0.060	1.020

표 6 Test-Zone 2에 대한 정확도 평가

측점	수치지도(m)		정사영상(m)		편차(m)	
	X	Y	X	Y	dX	dY
1	4074368.320	256456.720	4074368.320	256456.720	1.380	0.870
2	4074600.590	262167.390	4074600.590	262167.390	-1.660	-0.390
3	4093229.860	271568.380	4093229.860	271568.380	-7.270	-0.380
4	4093216.910	273717.020	4093216.910	273717.020	-0.140	-0.920
5	4089488.590	271923.530	4089488.590	271923.530	-0.670	-2.190
6	4092277.870	282567.570	4092277.870	282567.570	-2.690	-3.200
7	4088602.080	281846.410	4088602.080	281846.410	-1.160	-2.970
8	4088919.330	283334.880	4088919.330	283334.880	-0.580	-0.350
9	4077245.010	274119.260	4077245.010	274119.260	-0.260	-0.280
10	4076856.200	276403.840	4076856.200	276403.840	-0.790	-0.220
11	4073240.730	274265.940	4073240.730	274265.940	0.560	-0.430
12	4073438.320	275890.310	4073438.320	275890.310	-0.020	-2.700
13	4099208.330	281030.750	4099208.330	281030.750	-4.690	-11.630
14	4099342.210	282789.200	4099342.210	282789.200	-2.910	-5.490
15	4104450.310	277452.200	4104450.310	277452.200	-2.780	-5.230
16	4103786.340	279380.110	4103786.340	279380.110	-2.350	0.120
17	4101678.090	277242.660	4101678.090	277242.660	-2.320	-5.600
18	4101828.440	279246.190	4101828.440	279246.190	-2.890	-6.080
19	4098706.140	272413.660	4098706.140	272413.660	-6.180	-7.000
20	4096174.100	272783.090	4096174.100	272783.090	2.310	3.990

표 7 Test-Zone 3에 대한 정확도 평가

측점	수치지도(m)		정사영상(m)		편차(m)	
	X	Y	X	Y	dX	dY
1	4207188.020	341012.530	4207190.650	341011.950	2.630	0.580
2	4206132.530	352662.620	4206133.810	352663.690	1.280	1.070
3	4203760.130	352713.200	4203758.600	352714.500	1.530	1.300
4	4198196.530	351156.830	4198197.060	351158.610	0.530	1.780
5	4198665.620	367274.960	4198665.510	367274.170	0.110	0.790
6	4194699.820	340840.350	4194695.860	340839.210	3.960	1.140
7	4195350.350	350672.300	4195351.150	350671.020	0.800	1.280
8	4196192.620	356852.470	4196189.230	356852.820	3.390	0.350
9	4196147.830	364395.120	4196146.630	364395.690	1.200	0.570
10	4192870.920	341038.360	4192870.200	341039.230	0.720	0.870
11	4190844.900	349304.650	4190843.720	349306.350	1.180	1.700
12	4189512.110	368036.950	4189512.790	368036.260	0.680	0.690
13	4188237.130	349511.830	4188234.140	349514.690	2.990	2.860
14	4187372.560	357515.960	4187371.480	357515.490	1.080	0.470
15	4186501.670	355420.220	4186500.090	355418.930	1.580	1.290
16	4184975.120	366744.230	4184974.170	366741.760	0.950	2.470
17	4180581.690	343848.370	4180579.550	343849.190	2.140	0.820
18	4182089.230	356583.250	4182088.770	356584.740	0.460	1.490
19	4183177.230	362065.110	4183175.960	362067.580	1.270	2.470
20	4178881.920	361937.230	4178883.610	361938.750	1.690	1.520

각 Test-Zone별 정확도 분석 결과를 정리하여, 관측한 X, Y에 해당하는 위치 오차를 다음 표 8에 제시하였다.

표 8 Test-Zone별 정확도 분석 결과

구분	지형특성	오차	RMSE	MAX	MIN
Test-Zone 1	복합지형	X(m)	2.568	7.160	0.060
		Y(m)	1.626	5.390	0.250
Test-Zone 2	해안지형	X(m)	1.971	7.270	0.020
		Y(m)	3.072	11.630	0.120
Test-Zone 3	산악지형	X(m)	1.028	3.960	0.110
		Y(m)	0.704	2.860	0.350

위 결과를 통해 위도나 경도의 위치에 따른 위치오차 방향성이 없으며 지역적 특성에 따라 편차도 보이지는 않으므로 이는 기 구축된 정사영상이 균질한 오차분포를 포함한다고 볼 수 있다.

과대오차 발생 측점은 영상의 점검 결과 인공 지물 생성 등으로 인한 지형의 변화가 있는 지역이며, 기준 수치지도와 정사영상의 시간적 차이가 있어 발생한 것으로 판단된다. 따라서 전체 80점에 대한 각각의 X, Y값에서 과대오차 9점을 제거한 대상지역 검사점의 평면위치에 대한 RMSE는 표 9와 같다.

표 9 연구대상지 전체에 대한 RMSE

평면위치 RMSE	
N(m)	E(m)
3.043m	2.921m

이는 공공측량 작업규정 세부기준(건설교통부 고시 제2003-326호)의 축척 1:25,000 지도상의 평면위치RMSE에 대한 허용정확도를 만족하는 결과이다.

표 10 활용성 분석 결과(1:25,000축척)

구분	공공측량기준	연구성과	과대오차점
평면위치 RMSE	17.5m (0.7mm×25,000)	4.218m ( $\sqrt{N^2 + E^2}$ )	9점 (71점/80점)

이로부터, 정사영상에서 얻은 평면위치 정확

도는 비접근 지역에 대하여 그대로 적용시킬 수 있을 것으로 판단되며 향후 정사영상으로부터 추출한 지상기준점에 대한 정확도 분석을 실시한다면 비접근 지역에 대한 지상기준점 획득에 대한 제한을 극복할 수 있을 것으로 판단된다.

보 취득, 대한토목학회논문집, 2002  
권현우, 조성준, 임삼성, “비접근지역 KOMPSAT 영상의 상대 정확도 연구, 춘계 공동학술대회 논문집(원격탐사학회), 2002

#### 4. 결 론

본 연구는 비접근 지역의 지형공간정보 획득을 위한 기초연구로 기 구축 정사영상을 사용하여 정확도를 분석함으로써 정사영상을 통한 지상기준점 획득의 가능성을 평가한 것으로 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다. 지상해상력 1m인 정사영상의 정확도는 1:5,000 수치지도 성과와 비교하여 RMSE가 X(Easting)에서 3.043m, Y(Northing)에서 2.921m로 상당히 양호한 성과를 나타내고 있다. 또한, 향후 정사영상으로부터 획득된 지상기준점의 정확도 분석이 이루어진다면 비접근 지역의 위치 결정에 대한 접근이 가능할 것으로 판단되며, 비접근 및 난접근 지역에 대한 지상기준점 획득에 제한을 극복할 수 있을 것이다.

#### 참고문헌

- 강준목, “다중 근거리 사진측정에 의한 피사체의 3차원 정밀해석에 관한 연구”, 박사학위논문, 연세대학교 대학원, 1985
- 강준목, “위성영상 GCP/DEM 평가 방안 연구, 국방과학연구소, 2001
- 유환희, “근거리 사진측량에 의한 변형해석의 연구”, 박사학위 논문, 연세대학교 대학원, 1988
- 윤희천, 이용욱, “GPS를 이용한 SPOT영상의 GCP 및 DEM 정확도 평가”, 한국측량학회지, 제 22권 제 1호, 2004, pp.73~80
- 유환희, 김동규, 김성삼, 정주권, KOMPSAT-1 영상을 이용한 비접근지역 3차원 위치정