

## 입체위성영상의 GCP개수에 따른 정사영상 정확도 평가

### Accuracy Estimate of Orthoimage by Number of GCP at Stereo Satellite Images

김감래<sup>1)</sup>, Kam-Lae Kim · 안병구<sup>2)</sup>, Byung-Gu Ahn · 김학준<sup>3)</sup>, Hak-June Kim

<sup>1)</sup> 명지대학교 토목환경공학과 교수 · 031-330-6411 · E-mail : kam@mju.ac.kr

<sup>2)</sup> 명지대학교 토목공학과 박사과정 · 031-330-6411 · E-mail : wwwsky@hanmail.com

<sup>3)</sup> 명지대학교 토목공학과 박사수료 · 031-330-6411 · E-mail : airbump1@hotmail.com

**개요 :** 본 연구에서는 수치영상처리 방법으로 공간해상도가 10m인 SPOT 흑백영상을 사용하여, 지상기준점 수량을 10~30개까지 5개 단위로 증가시키면서 각각의 모델링과 수치표고모델, 정사영상을 생성하여 정사영상상에서 정확도를 평가하였다.

**주요어 :** 위성영상, 지상기준점, 수치표고모델, 정사영상

## 1. 서론

최근 세계각국의 위성산업 발전이 가속화 되고 있으며 위성영상을 사용하여 생성된 정사영상의 활용도가 증가하고 있다. 항공사진이 가지고 있는 단점을 보완하면서 위성영상의 장점을 살리는 방안이 다양하게 연구되고 있으며, 입체위성영상을 사용한 모델링과 수치표고모델·정사영상 생성시 정확도에 영향을 미치는 지상기준점수에 관한 연구의 필요성이 대두 되었다.

## 2. 연구수행절차 및 실험

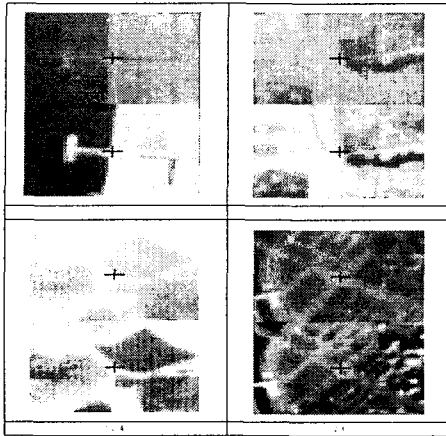
본 연구에서 입체위성영상 처리에 필요한 기준점은 두 영상 상에서 공통으로 포함하는 특징점들을 선정하였으며, GPS 측량을 하여 36점의 X, Y, Z 좌표를 취득하였다. 좌우영상의 영상좌표는 화소 이하 단위까지 획득하였으며, 영상처리 소프트웨어를 사용하여 영상처리를 수행 하였다. 지상기준점수에 따른 좌우영상의 모델링 결과를 비교분석하여 지상기준점수량에 따른 모델링 정확도를 평가하였다. 실험에서는 수치표고모델 격자의 크기 및 외부조건들은 고정시키고 지상기준점수를 추가하면서 각각의 수치표고모델과 정사영상을 생성한다. 생성된 정사영상은 GPS측량으로 획득한 3차원좌표의 검수점들을 사용하여 각각의 정확도를 비교·분석하였다. 실험에서 얻어진 지상기준점수에 따른 3차원 위치정확도 변화추이를 고찰한 후 SPOT PAN 입체영상을 이용하여 수치표고모델 및 정사영상 생성시 3차원 위치 정확도를 향상할 수 있는 방법을 알아내고자 한다.

### 2.1 관측점 선정 및 좌표획득

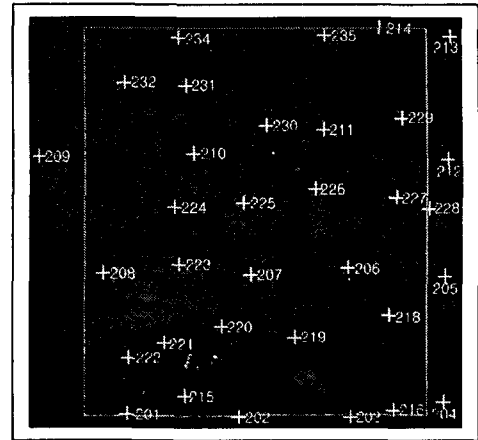
위성센서모델링 결과정확도는 영상과 촬영 대상공간에 정의된 기준점의 분포상태, 획득방법, 기준점수에 따라 정확도가 많이 좌우되므로 좌표 취득에 신중을 기하였다. 영상에서 입체시가 되는 부분에서 전체영상에 고르게 분포하도록 관측점을 36점 획득하였으며 영상좌표는 좌·우 두 영상에 공통적으로 존재하는 관측이 용이하고 특징점들을 선정하여 화소단위 이하까지 좌표를 취득하였다.

## 2.2 기준점 측량

관측점들은 정지측량에서 3mm+0.5ppm RMS 오차를 가지는 라이카 SR520 GPS로 측량을 하여 UTM X, Y, Z좌표로 취득하였으며 실험 영상전체에 골고루 배치되도록 하였다. 측량한 점들 중에서 실험에 사용된 36점을 제외하고 나머지는 실험에서 제외시켰다.



<그림 1> 좌·우측 영상의 동일점 영상좌표획득



<그림 2> 실험영상 전체의 관측점 배치

<표 1> SPOT 영상의 관측점 영상좌표 일부

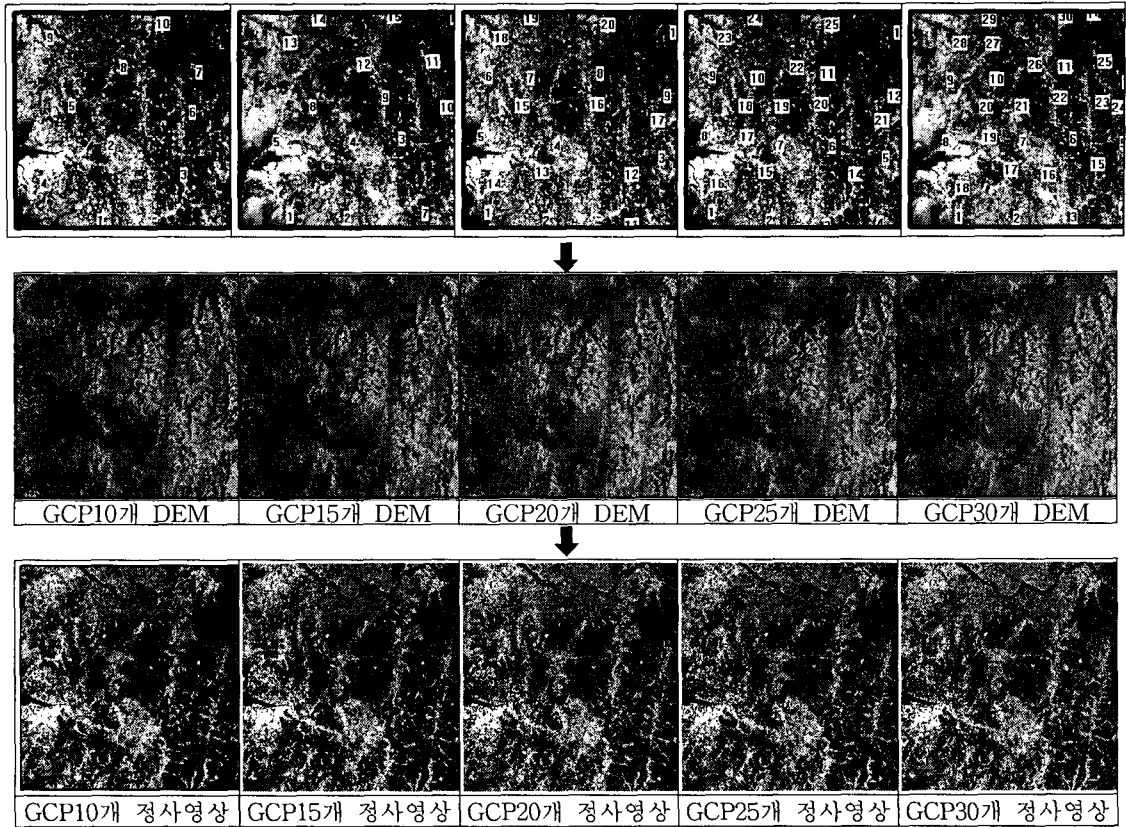
No	좌측 영상좌표(pixel)		우측 영상좌표(pixel)	
	x	y	x	y
1	1350.507	371.657	708.262	467.139
2	2917.101	325.150	2251.363	255.432
3	4459.533	333.540	3832.255	97.145
4	5765.354	546.669	5231.698	166.064
5	5787.524	2341.066	5371.313	1949.87
6	4423.078	2468.442	3939.557	2225.912
7	3078.545	2370.490	2553.567	2274.672
8	1012.612	2381.490	517.337	2505.65
9	1111.480	4052.240	725.184	4162.443
10	2264.648	4094.038	1855.012	4080.465
11	4093.214	4431.540	3735.132	4219.794
12	5824.232	4015.744	5536.063	3614.639
13	5879.254	5752.458	5727.607	5336.052
14	4865.853	5871.133	4648.983	5567.106
15	2140.291	628.741	1499.239	640.696

<표 2> GPS 측량 관측점 좌표 일부

No	관측점의 UTM 좌표(m)		
	X	Y	Z
1	293033.734	4114703.544	8.90
2	310866.476	4109497.283	21.80
3	328951.434	4104801.980	30.70
4	345141.749	4102729.677	39.10
5	350812.114	4119814.213	173.50
6	335008.686	4125302.824	74.30
7	318983.274	4128541.348	30.70
8	295360.758	4134925.104	5.10
9	301572.098	4150618.199	17.70
10	314835.019	4147521.441	53.10
11	337136.314	4145119.843	59.30
12	356405.116	4135691.001	110.90
13	362412.770	4152089.558	27.70
14	350661.443	4156437.198	22.10
15	302865.612	4114778.223	10.90

## 2.3 수치표고모델 및 정사영상 생성

본 실험에서 수치표고모델을 생성하기 위해서는 먼저 사용하는 SPOT 영상에 대하여 데이터 취득시의 위치 및 자세, 즉 외부표정요소를 계산하여야 한다. 이를 위하여 번들 조정기법을 사용하였다. 번들 조정이란 공간상의 임의의 점과 그에 대응하는 영상상의 점 및 센서촬영중심이 동일직선상에 있다는 공선조건식을 기본으로 하여 최소제곱법에 의하여 각 영상의 외부표정요소를 동시에 구하는 것이다. 영상 정합에 의한 결과는 입체영상에서 중첩된 지역에 불규칙하게 분포되어 나타난다. 이렇게 정합된 점들은 3차원 좌표를 계산할 수 있다. 계산된 결과들은 중첩된 지역내에서 불규칙하게 분포한다. 이 자료를 이용하여 정사영상 제작용 수치표고모델을 생성한다. 본 연구에서는 지상기준점수를 10~30개까지 5단계로 늘려가면서 모두 5개의 수치표고모델을 제작하였다. 영상내의 기하학적 왜곡을 보정하는 과정을 정사 보정이라하며, 보정된 영상을 정사 영상이라고 한다. 정사영상을 생성하기 위해서는 원영상, 3차원 모델링 자료, 수치표고모델 등의 자료가 필요하다. 이러한 자료를 입력하고 수치미분편위수정을 통하여 영상의 자세에 의한 왜곡과 지형의 기복에 의한 왜곡을 보정한다.



<그림 3> GCP수에 따른 배치, 수치표고모델, 정사영상

### 3. 비교분석

#### 3.1 모델링 평가 및 분석

DEM 생성을 위해 지상기준점의 개수를 10개에서 30개 까지 5개씩 증가시키는 방법으로 5회의 모델링을 실시하였다. 표준편차는 거의 변화가 거의 없었으며, 좌·우 두영상 모두 비슷한 경향을 보이고 있다. Y좌표의 표준편차 또한 지상기준점이 늘어날수록 표준편차도 완만하게 줄어듬을 알 수 있었으며, 좌·우 영상 모두 비슷한 경향을 보이고 있다. Z좌표의 표준편차는 전체적으로 지상기준점이 늘어남에 따라 줄어드는 경향을 보였으며, X, Y 표준편차보다 상대적으로 크게 나타났다. 5회의 모델링 결과에서 표준편차의 값이 모두 1화소이하의 값을 얻었으며, 지상기준점의 개수가 10~30개 사이에서는 모델링의 표준편차는 비슷한 경향을 보였다.

<표 3> 지상기준점 개수별 모델링 표준편차

No	GCP수	영상	표준편차(pixel)		
			X	Y	Z
1	10	좌측영상	0.876	0.869	0.926
		우측영상	0.835	0.743	0.897
2	15	좌측영상	0.793	0.725	0.889
		우측영상	0.699	0.674	0.825
3	20	좌측영상	0.657	0.663	0.735
		우측영상	0.621	0.625	0.757
4	25	좌측영상	0.635	0.635	0.688
		우측영상	0.642	0.601	0.764
5	30	좌측영상	0.598	0.501	0.648
		우측영상	0.562	0.368	0.639

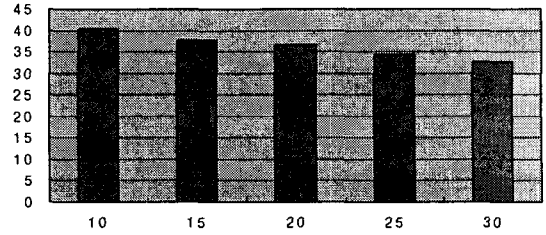
#### 3.2 수평위치오차

정확도를 나타내는데 표본평균과 표본표준편차를 이용할 수도 있으나, 일반적으로 수평위치 정확도는 정해진 신뢰 구간에서의 원형 오차로 표현한다. 수평 위치 정확도는 X와

<표 4> 수평위치오차

	10개	15개	20개	25개	30개
원형오차 ( $\sigma_c$ : m)	18.791	17.572	17.126	16.045	15.153
90%신뢰 원형오차(m)	40.325	37.709	36.538	34.432	32.519

Y방향에서의 표준편차로부터 계산된다. 수평 오차는 두 변수의 타원 분포를 따른다. 그러나 X 와 Y좌표 성분에서의 표준 편차가 비슷한 크기를 갖는다면,  $\sigma_c = 0.7071\sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}$  수식으로 타원 오차를 원형 오차로 변환하여 사용할 수 있다. 편이가 없는 경우 원형지도 정확도 표준(CMAS: Circular Map Accuracy Standard)에서 정의한 90% 신뢰 수준의 원형오차는 원형 오차 분석 이론의  $CMAS = 2.1460\sigma_c$ 식을 이용하여 계산할 수 있다. 실험에서 구한 X, Y의 표준편차를 이용하여 원형오차 분석을 한 결과 다음과 같은 수평위치 원형오차와 90%신뢰 원형오차를 얻을 수 있었다.



<그림 4> 90%신뢰 수평오차

한 결과 다음과 같은 수평위치 원형오차와 90%신뢰 원형오차를 얻을 수 있었다.

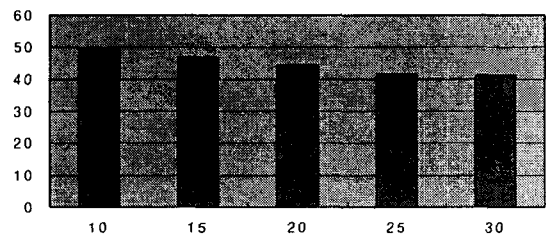
### 3.3 수직위치오차

수직 위치는 한 방향이므로 선형 오차분석 이론을 사용한다. 오차가 정규 분포임을 가정하면 선형지도정확도표준(LMAS: Linear Map Accuracy Standard)에서 정의한 90% 신뢰 수준의 선형 오차는 선형 오차 분석 이론에 의해  $LMAS = 1.6449\sigma_z$ 식으로 나타낸다.

90% 신뢰 수준에서의 선형 오차는 관측점들의 90%가 선형 오차 허용 범위 내에 있음을 의미한다. 실험에서 구한 Z의 표준편차를 이용하여 원형오차 분석을 한 결과 표 5와 같은 수직위치 90%신뢰 원형오차를 얻을 수 있었다. 수직위치오차는 지상기준점수가 증가할수록 줄어드는 경향을 보였으며 지상기준점수 10개에서 최고, 30개에서 최저로 나타났다.

<표 5> 수직위치오차

	10개	15개	20개	25개	30개
표준편차 ( $\sigma_z$ :m)	30.245	28.325	26.864	25.167	25.023
90%신뢰 원형오차(m)	49.750	46.592	44.188	41.397	41.160



<그림 5> 90%신뢰 수직오차

## 4. 결론

본 연구는 공간해상도가 10m인 SPOT HRV센서를 이용한 입체위성영상에 대해 지상기준점 수를 늘려가며 모델링을 실시하였고 수치표고모델과 정상영상을 생성하여 위치 정확도를 평가·분석하였다. 연구에서 시도한 정상영상을 이용한 모델링 정확도 평가는 입체위성영상을 사용한 정사영상 생성시 위치오차의 검증에 효율적으로 사용할 수 있는 가능성을 보였으며, DEM 생성을 위해 지상기준점 수를 최초 10점부터 5점씩 증가시켜 모두 5단계의 입체영상에 대한 모델링을 실시한 결과 각 단계별 표준오차는 모두 1화소 미만을 얻을 수 있었다. 정사영상을 이용한 정확도 평가 결과 지상기준점 수량에 따른 위치오차는 기준점 수가 증가할 수록 감소하는 경향을 나타내었으며 10점에서 최대, 30점에서 최소를 나타내었다. 이상과 같은 결과를 토대로 향후 예상하는 다양한 고해상 위성영상의 모델링에 대한 연구와 정확도 평가방법, 기준점수량 최소화 방안 등을 연구하여야 할 것으로 판단한다.

## 참고문헌

1. 김감래, 이호남, 이호재, "SPOT 영상을 이용한 DEM 정확도의 개선", 대한토목학회 학술발표회 논문집, 1999(IV), pp.503-506
2. 박병욱, "SPOT 위성데이터를 이용한 수치표고모델 생성에 관한 연구", 서울대학교 박사학위논문, 1991, pp.12-45
3. 서두천, "고해상도 입체위성영상으로부터 DEM을 작성하기 위한 수치영상처리방법", 경상대학교 박사학위논문, 2002.
4. SPOT Image, Company web site, "http://www.spotimage.fr/spot5/spot5\_eng.html", 2002