

# SPOT 위성영상 단일모형화와 블록모형화의 정확도 비교

## Comparison between Individual and Block Modeling Accuracy of SPOT Imagery

강준목\*      윤희천\*\*      최선용\*\*\*  
Kang Joon-Mook      Yun Hee-Cheon      Choi Sun-Yong

### 1. 서 론

위성영상을 이용하여 지형정보를 생성하기 위해서는 영상좌표와 이에 대응하는 지상좌표간의 관계를 모형화하는 과정을 수행하여야 한다. 일반적으로 모형화 작업에는 영상 탐측기의 위치와 지상위치 및 지상위치에 해당되는 지점의 영상에서의 위치가 동일한 광선상에 있다는 공선조건식을 이용한다. 수치표고모델 제작, 3차원 영상 생성, 수치지도 제작 등의 지형정보 생성을 위해 SPOT 위성영상을 이용하려면 SPOT 영상의 특성에 맞는 모형화 방법이 필요하다. 항공사진과는 달리 SPOT 위성영상은 6,000개의 선형 CCD(Charge Coupled Device)에 의해 Push-Broom 방식으로 촬영되므로 6,000개 라인 각각이 서로 다른 외부표정요소를 갖게 된다. 이와 같이 복잡한 촬영기하를 갖는 SPOT 영상의 모형화는 항공사진의 모형화에 비해 많은 오차요인을 포함하고 있어 정밀하게 모형화하기 어렵다. 특히 다수의 SPOT 영상을 포함하는 블록 모형화의 경우 단일 모형에서는 식별되지 않는 모형간의 차이가 발생할 수 있기 때문에 영상블록의 모형화 하기는 더욱 어렵다. 일반적으로 지형정보는 단일 모형으로부터 제작하고 있으므로 이러한 문제는 넓은 지역에 대해 균질한 지형정보 생성을 어렵게 하는 원인이 된다.

본 연구에서는 SPOT 영상의 단일 모형화 정확도와 블록 모형화 정확도를 비교하였으며, 넓은 지역이 대상일 경우 블록 모형화 방법을 이용할 때 단일 모형화 방법에 비해 균질한 지형정보 생성이 가능할 수 있음을 확인하였다.

### 2. SPOT 위성영상 모형화

#### 2.1 연구 대상지역 및 지상기준점

본 연구의 대상영역 지상피복 면적은 약 100km×100km이며, 중심부에 비교적 높은 산이 있고, 외곽지역은 평탄한 평야 지역으로 구성되어 있다.

모형화에 사용한 위성영상은 영상내 구름 차폐율 5%이하의 양호한 SPOT 전정색 1A 영상이며, 그림 1과 같이 SPOT GRS(Grid Reference System) K308, K309 스트립의 J278, J279 지역으로서 8개의 영상을 이용하여 구성된 4개의 입체모형을 포함한다. 영상의 제원은 표 1과 같다. K309 스트립의 경우 3일의 간격으로 촬영되어 지형 및 지표면의 반사 특성의 변화가 거의 없다. 동일 스트립의 경우 동일한 위성궤도에서 촬영되었으므로 스트립 내의 영상 모두 촬영 경사

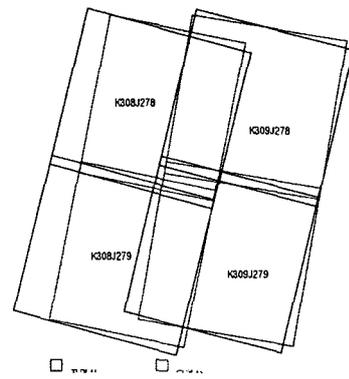


그림 1. 연구대상 위성영상

\*충남대학교 공과대학 토목공학과 교수  
\*\*안산공과대학 토목공학과 조교수  
\*\*\*충남대학교 대학원 토목공학과 석사과정

각이 동일하며, 하나의 스트립에서 상하로 인접한 영상은 일정부분(약 300~400 화소)이 중복되어 영상화되므로 화소 값이 정확히 일치하는 특성을 갖는다.

본 연구에 사용된 지상기준점은 SPOT 입체영상과 해석도화기를 이용하여 약 10km×10km에 1점씩 제작하였으며, 지상 정확도는 5~10m 수준으로 하나의 입체 모형에 약 36점이 포함되어 있다. 또한 이들 지상기준점에는 모형간에 접합이 용이하도록 중복되는 영역에 2~3점의 지상기준점 접합점이 포함되어 있다. 지상기준점 접합점은 위성의 경사촬영 및 스트립 촬영으로 인해 일반적으로 동서 방향으로 비교적 많이 배치되어 있으며, 남북방향으로는 중복되는 영역이 적어 지상기준점 접합점이 거의 없다. 모형간 중복되는 영역에 보다 많은 지상기준점을 제작하면 블록 모형화시 접합점으로 활용할 수 있으나 지상기준점 제작비용이 많이 소요되기 때문에 모형간 접합부분에서는 지상좌표를 알지 못하는 영상접합점을 추가로 측정하여 블록 모형화에 활용하였다. 실험에 사용된 지상기준점은 총 130점이며 이중 동일한 지상좌표값을 갖는 지상기준점 접합점은 14점이며, 지상좌표를 알지 못하는 영상접합점은 8점이다.

표 1. SPOT 위성영상 기본 특성

구 분		K308J278	K308J279	K309J278	K309J279
전처리수준	좌영상	1A	1A	1A	1A
	우영상	1A	1A	1A	1A
촬영일자	좌영상	'00. 2. 9	'00. 2. 9	'98.11. 7	'98.11. 7
	우영상	'98.11.25	'98.11.25	'98.11.10	'98.11.10
촬영경사각	좌영상	L26.5	L26.5	L23.4	L23.4
	우영상	R05.3	R05.3	R21.3	R21.3

## 2.2 모형화 방법

본 연구에서는 SPOT 영상을 모형화하기 위해 위성의 위치와 자세를 시간에 대한 2차식으로 근사하였으며, 지상기준점과 영상좌표를 이용한 광속조정(Bundle Adjustment)방법을 사용하였다. 특히 블록 모형의 경우엔 기준점과 검사점을 구분하여 경중률을 적용하고 영상 접합점 등을 고려하였다.

영상 접합점은 지상좌표는 알 수 없으나, 모형의 접합부분에서 연속성을 확보하기 위해 상하 인접한 모형에서 식별이 용이한 점을 선택하여 각각의 영상에서 영상좌표만을 관측하여 사용하였다.

모형화를 위한 좌표체계는 대상영역이 넓기 때문에 발생하는 지구 곡률에 대한 오차를 없애기 위해 국소직각좌표를 이용하였으며 좌표 원점은 동경 127° 30' 0", 북위 38° 30' 0" 로 정하였다.

다음은 본 연구에서 수행한 모형화 실험 방법이다.

실험 ① : 각각의 입체모형에 포함된 약 36점의 지상기준점중 임의의 약 18점을 기준점으로 활용하고 나머지 약 18점을 검사점으로 사용하였으며, 2개 입체영상을 하나의 모형으로 구성하여 독립된 4개의 단일 모형을 만들었다.

실험 ② : 블록 모형에 대해 130개의 지상기준점 중 배치를 고려하여 각각의 모형에 4점씩 전체 16점을 기준점으로 활용하고 나머지 114점을 검사점으로 사용하여 모형화하였다. 또한 상하 모형을 연결시키기 위해 8개의 영상접합점을 추가로 활용하였다. 다음 그림 2는 지상기준점 및 영상 접합점의 배치를 나타낸다.

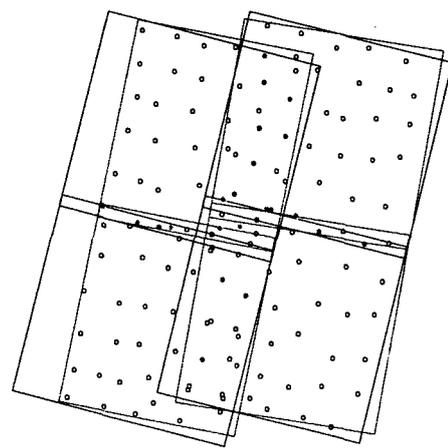


그림 2. 기준점 배치

### 2.3 모형화 방법에 따른 결과 분석

모형화 정확도는 모형화에 사용된 지상기준점을 기준점과 검사점으로 구분하여 모형으로부터 계산된 지상 좌표와 원래의 지상기준점 좌표의 차이를 비교하여 RMSE(Root Mean Square Error)로 나타내었다. SPOT 영상의 모형화에는 자체 개발한 GMSAT 2.0을 이용하였다. 모형화 정확도는 경우 모든 모형에서 약 1 화소 인 10m 이내의 RMSE 오차로써 비교적 정확하게 모형화 되었다고 판단할 수 있다.

표 2. 단일 모형화 정확도

구 분	단위(rmse:m)															
	K308J278				K308J279				K309J278				K309J279			
	점수	x	y	z	점수	x	y	z	점수	x	y	z	점수	x	y	z
기준점(control)	18	5.2	4.7	7.6	18	3.9	6.8	6.6	17	8.0	5.5	6.1	18	6.0	5.4	5.1
검사점(check)	18	6.0	4.4	7.3	18	5.4	7.2	9.9	14	6.9	8.1	6.6	18	4.1	5.1	4.3
전체(total)	36	5.6	4.5	7.5	36	4.7	6.9	8.4	31	7.5	6.8	6.4	36	5.1	5.2	4.7

그러나 지상기준점 접합점의 경우 각각의 모형이 서로 독립적으로 모형화되었기 때문에 지상기준점 접합점의 경우 각각의 모형으로부터 계산한 지상좌표에 차이가 나타난다. 이와 같이 발생하는 좌표값의 차이는 모형이 중복되는 부분에서 전반적으로 나타나며, 이러한 현상은 각각의 모형으로부터 제작한 지형정보가 전체적으로 균질하지 않는 원인이 될 수 있다. 본 연구에서도 다음 표 3과 같이 접합점의 좌표값에 차이를 확인할 수 있었으며, 그 차이는 각 모형의 모형화 정확도 보다 크게 나타났다.

표 3. 단일 모형화 지상기준점 접합점 차이

RMSE(m)		
x	y	z
7.39	8.64	11.52

블록 모형화는 블록 전체의 모형화 오차가 적어지는 방향으로 조정된다. 실험 ②의 블록 모형의 경우 실험 ①과는 달리 영상 접합점을 포함하고 있다. 영상 접합점은 모형의 중복영역에서의 좌표값 오차를 적게하게 하는 역할을 하지만, 이로 인해 모형화시 지상기준점의 오차를 유발할 수 있어 일부 모형에서는 단일 모형화에 비해 오차가 크게 나타나고 있다. 다음 표 4에서 각 모형에 대한 블록 모형화 정확도를 볼 수 있다.

표 4. 블록 모형화 정확도(모형별)

구 분	단위(rmse:m)															
	K308J278				K308J279				K309J278				K309J279			
	점수	x	y	z	점수	x	y	z	점수	x	y	z	점수	x	y	z
기준점(control)	4	5.3	1.8	6.4	4	3.2	1.6	5.8	4	6.6	10.1	15.9	4	5.7	1.9	3.4
검사점(check)	41	8.5	7.9	9.6	42	12.3	8.9	12.8	38	11.2	10.9	9.2	42	13.2	7.5	11.2
전체(total)	45	8.3	7.6	9.3	46	11.8	8.6	12.4	42	10.8	10.8	10.0	46	12.7	7.2	10.7

K309J278 모형에 대한 단일 모형과 블록 모형의 차이를 비교하기 위해 그림 3, 4와 같이 모형화 오차벡터를 이용하였다. 블록 모형의 경우 그림 4에서 볼 수 있듯이 기준점이 배치된 모형의 중심보다는 다른 모형

과 중복되는 부분에서의 오차가 단일 모형에 비해 크게 나타나고 있다. 이는 블록 조정시 다른 모형과 중복되는 부분이 그렇지 않은 부분에 비해 더 많이 조정되고 있음을 나타낸다.

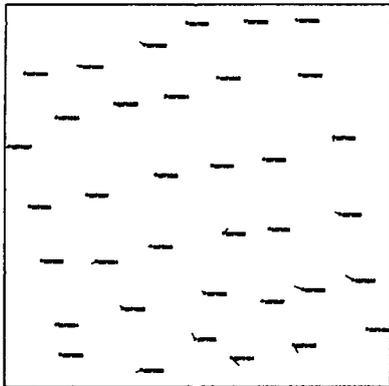


그림 3. 단일모형(K308278) 오차

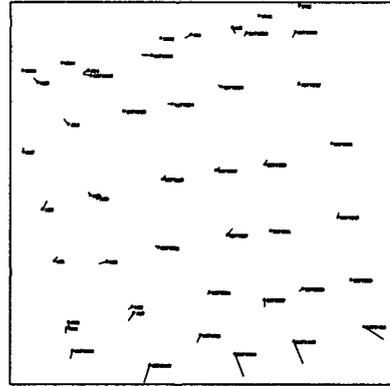


그림 4. 블록모형(K308J279) 오차

블록 모형에서 각 모형의 조정은 모형이 중복되는 부분에서 접합점의 좌표값 차이로 확인할 수 있다. 다음 표 5는 블록 모형에서 계산한 각 접합점의 좌표값 차이를 나타낸다. 표 4와 비교할 때 좌표값의 차이가 현저하게 적어진 것을 확인할 수 있다. 이와 같이 블록 모형화 방법을 이용하면 모형이 중복되는 부분에서 좌표값 차이를 적게 할 수 있으며, 넓은 지역에 대해 보다 균질한 지형정보 생성을 가능하게 할 수 있다.

표 5. 블록 모형화 접합점 차이

구분	오차	RMSE(m)		
		x	y	z
지상기준점 접합점		7.2	5.1	7.9
영상접합점		7.6	1.7	3.4
계		7.5	4.2	6.6

### 3. 결론

최근 들어 수치표고모델, 정사영상, 3차원 입체영상 등 많은 종류의 지형정보에 대한 수요가 증가하면서, 지형정보를 정확하고 빠르게 제작할 수 있는 방법에 많은 관심이 모아지고 있다. 위성영상의 경우 항공사진에 비해 해상도가 낮으며, 복잡한 촬영기하 특성을 갖고 있어 모형화가 어렵고 정확하지 않다는 단점이 있지만, 넓은 영역을 한번에 촬영할 수 있으며, 수치영상으로 제공되어 적은 비용으로 빠르게 지형정보를 생성할 수 있다는 점에서 그 활용성이 증대되고 있다.

본 논문에서는 SPOT 위성영상으로부터 지형정보를 생성할 때 기초 자료로 사용되는 SPOT 위성영상 모형화에 대한 연구를 수행하였다. 선형 CCD 센서를 이용한 Push-Broom 방식의 SPOT 위성영상 단일 모형화 방법과 블록 모형화 방법을 비교하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 단일 모형화 오차가 1화소 이내로 비교적 정확하게 모형화된 여러 모형들을 블록 모형화할 경우, 블록 모형화 오차는 단일 모형화 오차에 비해 많이 발생하지만, 모형이 중복되는 부분에 위치한 접합점의 좌표값 차이는 단일 모형에 비해 블록 모형에서 적게 나타난다.
- 2) 블록 모형화 오차가 단일 모형화 오차에 비해 크게 나타나는 이유는 전체 모형화 오차를 적게하기 위해 각 모형의 외곽에 위치한 접합점의 지상좌표값이 많이 조정되기 때문이다.
- 3) SPOT 영상을 이용하여 넓은 지역에 대한 균질한 지형정보를 생성하기 위해서는 단일 모형화 보다는 블록 모형화 방법을 이용하는 것이 바람직하다.