

# 단안식 고해상도 위성영상으로부터 3차원 건물정보 추출연구

## Extraction of 3D Building Information from Monoscopic High Resolution Images

이태운, 김태정\*

Tae-Yoon Lee, Taejung Kim\*

인하대학교 지리정보공학과

(E-mail:k7121@hanmail.net, \*tezid@inha.ac.kr)

### 요약

고해상도 위성영상으로부터 건물, 도로 등의 인공지물의 정보를 추출하기 위한 연구들이 현재 활발히 진행되고 있다. 대부분의 기존 연구들의 경우, 위성영상에서 3차원 건물정보를 추출하기 위해서는 영상과 별도의 기준점을 필요로 하며, 영상에서의 측정값을 3차원 정보로 변환하기 위해서는 센서모델링의 과정을 거쳐야 했다. 이 연구에서는 단안식 (Monoscopic) 영상으로부터 이러한 복잡한 과정을 거치지 않고 직접 건물의 3차원 정보를 추출하는 기술개발에 대하여 소개한다. 제안하는 방식은 단안식 영상에서 영상의 방위각 및 촬영지역에서의 태양과 카메라의 방위각 및 고도각을 이용하여 건물의 높이가 주어졌을 때 이에 따르는 건물 수직선과 건물 그림자를 영상에 투영시키는 과정을 반복함으로써 투영된 건물 그림자가 실제 영상에서 관측되는 건물의 그림자와 일치될 때의 건물의 높이값을 구하고 건물 지붕 외각선을 구해진 건물의 높이값에 따르는 건물 수직선 만큼 수평이동하여 건물의 위치를 구하게 된다. 실제 대전지역을 촬영한 IKONS 영상을 이용하여 실험한 결과 이와 같은 방법으로 취득된 건물 높이값이 약 1m 내외의 정확도를 가지는 것을 나타냈다.

### 1. 서론

고해상도 인공위성이 발사된 이후, 고해상도 위성영상으로부터 건물, 도로 등의 인공지물 정보를 추출하기 위한 연구

들이 진행되어 왔다[5-7,9]. 특히 항공/위성 영상에서 3차원 건물 정보를 추출하기 위한 연구들이 활발히 수행되어 왔으며[2,4,8,10], 이를 위해서 제안된 방법 중에는 양안식 영상을 이용[4]하거나

별도의 지상 기준점, LIDAR 데이터 등을 이용한 방법 등이 있다[10]. 이런 데이터를 사용하려면, 센서 모델링 등의 복잡한 과정을 거쳐야 비로소 3차원 정보를 획득할 수 있다. 우리는 한 장의 위성 영상과 그에 대한 메타 정보만을 이용하여 3차원 건물 정보를 추출하는 방법을 연구하였다.

이 논문은 그림자를 기반으로 단안식 영상에서 건물의 3차원 정보 추출 알고리즘을 제안한다. 단안식 영상에서 그림자의 길이를 이용하여 건물의 높이를 계산하는 알고리즘은 기존 항공사진/위성영상 건물 추출 연구에서 적용되어 왔다 [1-3]. 이 논문에서 제안하는 알고리즘은 투영된 그림자가 영상에서의 건물 그림자와 일치되었을 때, 영상 위에 그린 건물의 수직선을 이용하여, 건물의 실제 높이 뿐만 아니라, 건물의 위치까지도 추출할 수 있다.

이 논문에서는 IKONOS 영상에서 건물의 3차원 정보를 추출하였다. 단안식 영상에서 추출한 건물의 높이 정보는 양안식 영상과 센서 모델을 통해서 추출한 건물의 높이와 비교하여 검증하였다.

## 2. 3차원 건물 정보 추출 알고리즘

위성이 영상을 촬영한 당시에 획득된 위성의 방위각과 고도각, 태양의 방위각과 고도각 등의 기하학적 정보는 위성의 메타 데이터 등을 통해서 알 수 있다. 영상에서 건물의 3차원 정보는 이러한 기하학적 정보를 이용하여 추출할 수 있다.

## 2.1 영상에서 방위각의 기준 결정

위성의 방위각과 태양의 방위각은 모두 진북을 기준으로 한다. 방위각을 이용하기 위해서는 먼저 영상에서 진북의 방향을 알아야 한다. IKONOS의 메타 데이터에는 영상 네 모서리의 경위도 좌표를 포함하고 있다. 영상의 세로 축을 영상에서의 북쪽 방향으로 가정했을 때, 경위도 좌표를 이용하여 영상에서의 북쪽과 실제 북쪽 간의 차이를 나타내는 변환 각도( $R_n$ )를 계산할 수 있다. 여기서 경위도 좌표를 이용하여 계산된 북쪽 방향은 진북이 아닌 도북을 나타내는 값이다. 진북과 도북은 지역마다 다르며, 그 차이도 미세하다. 따라서 이 논문에서는 방위각의 기준으로 도북을 사용하였다.

## 2.2 건물 수직선과 그림자 선 결정

영상에서의 건물 수직선은 위성이 영상을 촬영한 당시, 위성 방위각을 통해서 그 방향을 결정할 수 있다. 즉, 영상에서의 건물 수직선은 방위각 만큼 회전된 직선이다. 영상의 세로축을 영상에서의 북쪽이라고 가정하고,  $R_n$ 과 방위각을 이용하면, 영상에서 건물 수직선의 방향을 결정할 수 있다.(그림 1)

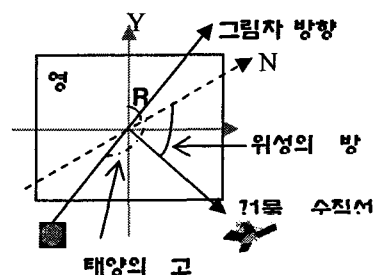


그림 1. 그림자와 수직선 방향

영상에서의 그림자 방향은 태양의 방위각을 이용하여 결정할 수 있다. 태양은 그림자와 반대 방향에 위치하고 있으므로, 태양의 위치를 나타내는 방위각의 반대 방향이 그림자 방향을 나타내는 각도가 된다. 즉, 태양 방위각에 180°를 더한 각도가 그림자 방향을 나타내는 각도가 된다. 영상 내에서 건물 그림자 방향은 건물 수직선 방향을 결정하는 것과 마찬가지로 Rn을 더한 각도가 되어야 한다(그림 1).

### 2.3 건물 높이와 그림자 길이

건물의 그림자 길이는 건물의 실제 높이와 태양의 고도각에 따라서 달라진다. 영상에서 건물의 수직선은 건물의 실제 높이와 위성의 고도각에 따라서 달라진다. 이런 관계는 아래의 식처럼 표현할 수 있다. 이 식을 통해서 영상의 건물 수직선과 그림자 길이로부터 건물의 실제 높이를 계산할 수 있다.

$$SL = \frac{H}{\tan(Elevation_{sun})} = \frac{VL \times \tan(Elevation_{satellite})}{\tan(Elevation_{sun})}$$

위 식에서 SL은 그림자 길이를 나타내며, H는 실제 건물의 높이, VL은 건물의 수직선 길이,  $Elevation_{satellite}$ 은 위성의 고도각,  $Elevation_{sun}$ 은 태양의 고도각을 나타낸다.

### 2.4 건물 정보 추출

단안식 영상에서 실제적인 건물의 3차

원 정보를 추출하는 알고리즘은 아래 그림 2처럼 나타낼 수 있다.

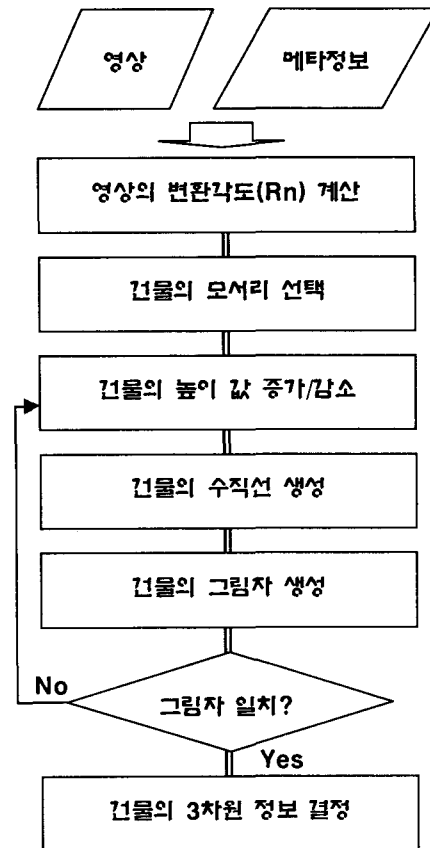


그림 2. 3차원 정보 추출 알고리즘

그림 2에서처럼, 먼저 위성영상의 메타 데이터에서 얻은 위성의 방위각과 고도각, 태양의 방위각과 고도각, 영상 네 모서리의 경위도 좌표를 이용하여, 건물의 수직선과 그림자 방향을 결정한다. 영상에서 3차원 정보를 추출하고자 하는 건물 지붕의 네 모서리를 선택한다. 선택한 지붕의 네 모서리를 시작점으로 하여, 건물의 수직선 방향에 맞게 수직선을 그려나간다. 이때 수직선 길이는 건물의 높이에 따라서 결정된다. 건물의 높이는 수동으로 1m 씩 증가시켜 나간다. 이 건

를 높이에 따라서 건물의 그림자 길이도 결정된다. 결정된 그림자 길이를 이용하여 영상 위에 가상의 그림자를 투영시킨다. 투영된 그림자와 영상에서의 건물 그림자가 일치할 때, 계산된 건물의 높이가 실제 건물의 높이가 된다. 또한 이때 그려진 수직선의 끝 점이 건물 지붕 모서리에 대응하는 건물 바닥의 위치 점이 된다.

### 3. 실험결과 및 토의

실험에 사용된 데이터는 2001년 11월 19일에 대전지역을 촬영한 IKONOS 양안식 영상과 이에 대한 메타 정보이다. 표 1은 실험에 사용된 기하학적 정보이다. Az.는 방위각이며, El.은 고도각을 나타낸다.

표 1. 위성영상의 기하학적 정보

ID	Satellite		Sun	
	Az.	El.	Az.	El.
1	151.808	69.554	164.139	32.808

실험결과의 검증을 위해서 IKONOS 양안식 영상에서 건물점과 지상점의 좌우 영상 좌표를 측정하는 후, 이점의 3차원 좌표를 계산하여 건물 높이를 추출하였다. 이렇게 양안식으로 추출된 건물 높이값과 이 논문에서 제안하는 방법으로 추출된 높이값을 비교하였다.

아래 그림 3은 이 논문에서 제안한 알고리즘을 적용하여 건물의 높이를 추출했을 때, 즉, 영상의 건물 그림자와 투영

된 그림자가 일치했을 때의 모습을 보여주고 있다.

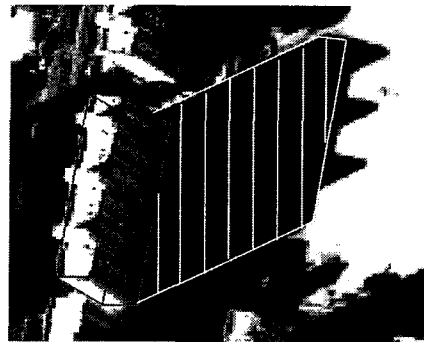


그림 3. 원 영상(위)과 건물 높이 추출 후 영상 (아래)

그림 3에서 위쪽 영상은 건물 높이를 추출하기 이전의 영상이다. 아래쪽 영상은 논문에서 제안한 알고리즘을 이용하여 영상에 투영된 그림자가 영상의 건물 그림자와 일치했을 때를 보여주고 있다. 빗금 처리된 부분이 투영된 그림자를 나타낸다.

이 논문에서는 양안식 영상 중에서 한 영상을 선택하여 아래 그림 4와 같이 7개의 지역을 선정하여 총 30개의 건물의 3차원 정보를 추출하였다.

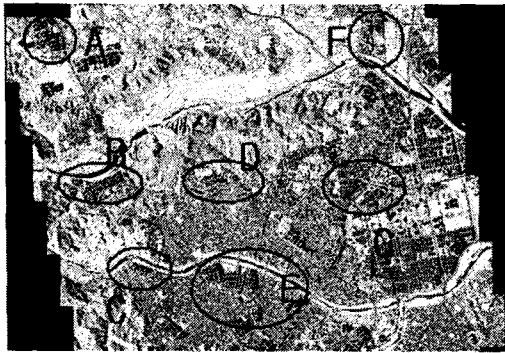


그림 4. 건물의 3차원 정보 추출 지역

아래 표 2는 건물 높이를 검증한 결과를 보여준다.

표 2. 건물 높이 검증 결과

Building region ID	Number	RMS error (m)
A	3	0.73160
B	4	1.57617
C	3	1.72103
D	3	0.45669
E	4	1.39438
F	4	1.82731
G	9	1.62985
Total	30	1.48431

표 2에서 RMS 오차는 양안식 영상과 센서 모델을 이용하여 추출한 건물의 높이가 실제 건물의 높이라고 가정했을 때, 이 논문에서 제안한 알고리즘을 이용하여 추출한 건물 높이의 RMS 오차를 계산한 것이다. 지역에 따라서 약간의 차이가 있지만, 제안한 알고리즘을 사용하여 추출한 건물의 높이는 7개 지역에서 약 1.48 m RMS 오차를 보여주고 있다.

이 논문에서는 그림자를 이용하여 건물 높이를 추출하기 위해서 건물과 그림자가 위치한 지형이 평평하다고 가정하였다. 하지만, 실제 지형의 고도는 평평하지 않을 수 있다. 아래 그림에서 볼 수 있듯이, 지형 고도의 변화는 건물 그림자의 형태도 다르게 만든다. 이런 경우에 제안된 알고리즘을 사용한 3차원 정보는 더 큰 오차를 갖게 된다. 그림 5에서의 건물 높이가 오차는 2.519 m였다.

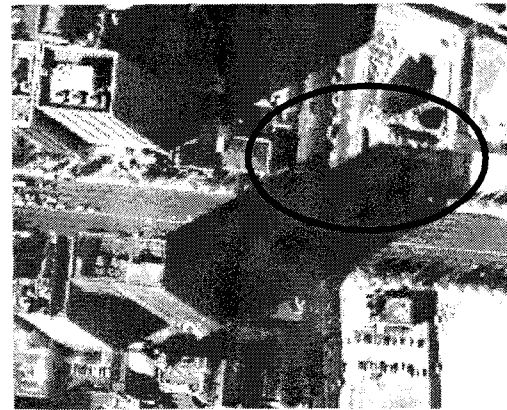


그림 5. 지형에 따른 그림자 변형

#### 4. 결론

이 논문은 단안식 영상과 위성의 메타 데이터만을 사용하여, 건물의 3차원 정보를 추출하는 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘을 사용하여 건물 높이를 추출하고 검증한 결과 약 1 m 내외의 오차를 보여주었다. 실험 결과를 통해서 우리는 이 알고리즘이 간단하면서도 비교적 높은 정확도로 건물의 3차원 정보를 얻을 수 있다는 것을 알 수 있었다.

**< 참고 문헌 >**

- [1] **이철수, 이태희, 2000, 그림자정보를 이용한 Kompsat 위성영상에서의 건물추출, 대한원격탐사학회지, 16(3):235-242**
- [2] **Chungan Lin and Ramakant Nevatia, 1998, Building Detection and Description from a Single Intensity Image, Computer Vision and Image Understanding, 72(2):101-121**
- [3] **Irvin, R.B., D.M. McKeown Jr., 1989, Methods for exploiting the relationship between buildings and their shadows in aerial imagery, IEEE T. Systems, Man and Cybernetics, 19(6):1564-1575,**
- [4] **Kim J. R., and J. -P. Muller, 2002, 3D Reconstruction from very High Resolution Satellite Stereo and its Application to Object Identification, International Archives of Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 34(4):637-643**
- [5] **Lee, D. S., J. Shan, and J. S. Bethel, 2003, Class-Guided Building Extraction from Ikonos Imagery, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 69(2): 143-150**
- [6] **Mueller, M., K. Segl, and H. Kaufmann, 2004, Edge- and region-based segmentation technique for the extraction of large, man-made objects in high-resolution satellite imagery, Pattern Recognition Society, 37(8): 1619-1628**
- [7] **Segl, K. and H. Kaufmann, 2001, Detection of Small Objects From High-Resolution Panchromatic Satellite Imagery Based on Supervised Image Segmentation, IEEE Transactions on geoscience and remote sensing, 39(9):2080-2083**
- [8] **Serra, B., and M. Berthod, 1997, 3-D Model Localization Using High-Resolution Reconstruction of Monocular Image Sequences, IEEE Transactions on Image Processing, 6(1):175-188**
- [9] **Shan, J. and S. Lee, 2002, Generalization of Building Polygons extracted for IKONOS Imagery, International archives of Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 34(1): 286-290.**
- [10] **Song, T. L., W., and J. D. Hipple, 2001, Building Footprint Extraction and 3-D Reconstruction from LIDAR Data, Haithcoat, Remote Sensing and Data Fusion over Urban Areas, IEEE/ISPRS Joint Workshop 2001**