

## 고해상도 단일 위성영상으로부터 건물높이값 추출

이병환\*. 김정희\*\*. 박경환\*\*\*

### Calculation of Building Heights from a Single Satellite Image

Byung-Hwan Lee\*, Jeong-Hee Kim\*\*, Kyoung-Hwan Park\*\*\*

#### 요 약

이 논문은 단일 영상(single image)이며 흑백영상인 KVR-1000 카메라 시스템 위성영상(공간해상도 2m)으로부터 건축물의 그림자 길이를 측정하여 대상물체의 높이를 획득하는 방법을 제시하였다. 대상물체에 의해 생긴 그림자의 명암도(intensity)를 이용하여 그림자영역을 추출하고 그 길이를 재어 건물 높이 값을 계산하였다. 본 연구에서는 다음의 두 가지 방법을 사용하였다. 첫 번째 방법은 정비례 방정식을 이용하여 이미 알고 있는 건물 높이로부터 미지의 건물 높이를 계산하는 것이고, 두 번째 방법은 태양고도각과 그림자 길이로부터 건물 높이 값을 직접 계산하는 것이다. 그 결과 첫 번째 방법을 이용한 경우 RMS 오차는 1.70m이었고, 두 번째 방법을 사용한 경우는 그 오차가 1.75m였다. 화소재배열(resampling)을 하여 재 계산된 그림자 길이를 사용할 때는 각각 1.17m 및 1.16m로 현저히 줄었다. 한편, 경사지에 생긴 그림자 길이의 보정은 단일영상만으로는 할 수 없으며 이로 인한 건물 높이 값의 오차는 본 대상지역에서  $\pm 2.50m$ 로 나타났다.

**ABSTRACT :** This paper represents methods to calculate heights of buildings by estimating their shadow lengths in a single and panchromatic image of the KVR-1000 camera system. Shadows are identified from brightness intensity of each pixel, and their lengths are measured. Two methods are implemented to estimate heights from shadows. One method is to use a ratio of shadow's lengths with respect to heights of reference buildings measured on site. The other method uses sun elevation angles calculated from various camera's parameters at the exposure time. The estimated heights of 20 buildings are compared with heights measured on site, and the RMS errors for each method are 1.70m and 1.75m, respectively. When a resampling method to enhance identification of shadows is used and their lengths are accordingly re-calculated, the estimated errors for each method are significantly reduced to 1.17m and 1.16m, respectively. Meanwhile, effects of land slope on shadows can be hardly obtained unless detailed DTM(digital terrain model) are available, and they introduce additional errors up to 2.5m.

\* 청오지앤지(주) 부설연구소 GIRI 연구원(Cheong-O Geodesy & Geography Co., Ltd. T : 888-0720)

\*\* 경남대학교 토목공학과 조교수(Dept. of Civil Engineering Kyungnam University)

\*\*\* 청오지앤지(주) 대표이사(President Cheong-O Geodesy & Geography Co., Ltd.)

## 1. 서 론

원격탐사(Remote Sensing)는 지상, 항공기 및 인공위성 등의 탑재기(Platform)에 설치된 탐측기를 이용하여 지표, 지상, 지하, 대기권 및 우주공간의 대상물에서 반사 또는 방사되는 전자파를 탐지하고, 이들 자료로부터 토지, 환경 및 자원에 대한 정보를 해석하는 기법이다. 최근 탑재기 및 탐측기의 급속한 발전에 의해 해상력이 향상되고 자료획득 시간이 단축됨에 따라 이용분야가 확대되고 있다. 특히 공간해상력(Spatial Resolution)이 향상됨에 따라 자원 및 환경분야의 정성적인 판단목적으로 이용되었던 종래의 활용범주에서 탈피하여 주제도 및 지형도 제작, 대규모지역의 지형공간 정보체계를 위한 자료 기반부 생성 등 정량적인 위치결정에도 많이 이용되고 있다. 국내에서는 1970년대 후반부터 항공사진 및 지상사진의 광속조정법을 이용한 3차원 위치결정의 정확도 향상에 많은 발전을 가져왔으며, 근래에는 고해상도 위성영상이 상용화되어 항공사진에 가까운 공간해상도를 취득할 수 있게 되었다. 특히 SPOT HRV 위성영상은 높은 해상력과 적합한 기선 고도비로 입체영상의 획득이 가능하여 1/25,000 축척에 해당하는 지형에 대한 3차원 위치해석이 가능하다. 하지만 지형에 대한 높이 값 추출이 가능할 뿐, 지물(철도, 건물, 교량 등)의 높이 값 획득 및 모델링은 불가능하다. 위성영상으로 대상물들의 높이 값을 획득하기 위해선 입체영상을 가지면서 공간해상도가 최소한 m 이하의 영상이 필요하다. 물론 대상물체의 높이를 종래의 지상측량이나 항공사진측량을 통하여 측정할 수는 있지만 비용이 많이 들고 오랜 시간이 필요하게 된다. 정확한 정사사진을 만들기 위해서는 지상의 표고는 물론 모든 지물(건물, 나무 등)들의 지상 높이를 알아야 한다. 그렇지 않으면, 이들의 위치는 정사사진 상에서 올바른 위치에 나타나지 않게 된다. 특히 고층건물이 많은 지역에 있어서 건물이 정확히 지도상에 나타나기 위해서는 그 건물들의 높이를 알

아야 한다. 보다 정확한 지물들의 위치결정, 아울러 3차원 수치영상지도를 제작함으로써 지형지물에 대하여 가상공간에서의 시각화가 가능하고 특히 항로 및 이동통신에 장애가 되는 고층건물들에 관하여 효과적인 지상 기지국 설치계획이 가능하다. 또한 도시 및 경관 분석을 통하여 공간상의 계획수립에 중요한 역할을 하리라 본다.

본 연구는 러시아 코스모스 시리즈에 탑재한 KVR-1000 카메라 시스템을 이용하여 획득한공간해상도가 2m인 단일 영상(single image)으로부터 건물높이 값 추출에 대한 방안을 제시하는 것을 목적으로 하였다. 또한 종래의 측량기법인 토탈스테이션으로 관측한 높이 값과 정확도를 비교하고, 이에 발생하는 문제점 및 효율성을 검토하였다.

## 2. 고해상도 위성영상(KVR-1000)

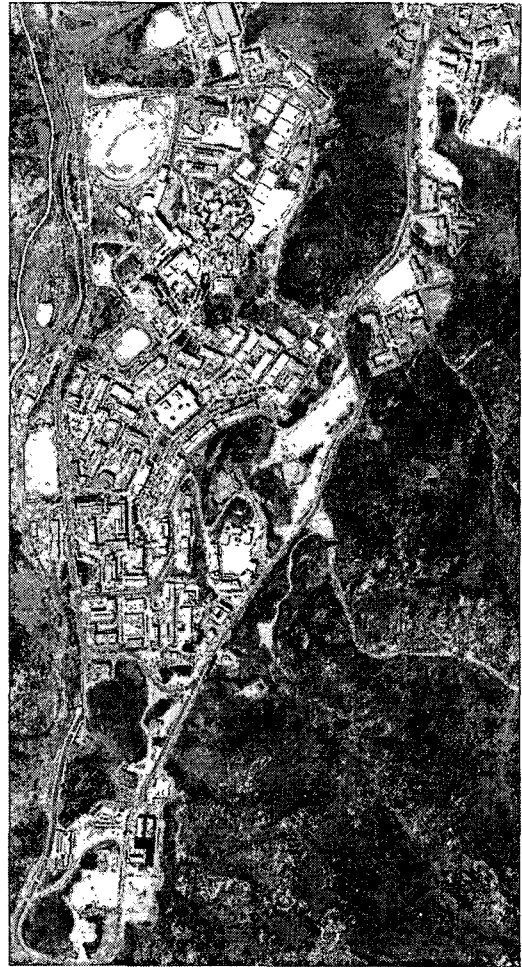
러시아 위성 시스템인 KVR-1000 카메라는 넓은 면적을 촬영하면서도 고해상도 영상을 취득한다는 것이 특징이다. 촬영면적은 160km×40km이며, 고도 220km에서 2m의 고해상력으로 촬영한다. KVR-1000 카메라는 연속촬영 카메라로 안정된 슬릿 상에 두 개의 거울이 회전하면서 이미지가 투영되는 방식으로 연속촬영이 이루어진다. 이때 맨 앞 첫 번째 렌즈는 외부로부터의 열 흐름을 막고, 두 번째 렌즈는 우주선의 밀폐역할을 한다. 또한 슬릿 앞에 OS-14유리로 만든 광필터가 고정되어 있어 이미지가 적절한 위치에 맺히도록 조절한다. <표 1>은 KVR-1000 카메라의 제원을 나타낸 것이다.

KVR-1000 카메라는 1000mm의 초점거리를 가지고 있어 도심지역의 아파트 단지 및 대형건물, 도로, 철도 등 지형지물을 한눈에 쉽게 관측이 가능하여 대축척의 위성영상지도제작에 획기적이라 할 수 있다. <그림 1>은 서울대 관악캠퍼스를 대상지역으로 선택하여 촬영된 KVR-1000 위성영상이며 그 범위는 약 1.5km×2.5km이다. 위성영상의 촬영시기는 1996년 8월이며, 공간해상도는 2m이다. 이 영

상은 러시아에서 이미 지형에 대한 정사보정(orthorectification)된 영상이다. 하지만 건물에 대한 DEM(Digital Elevation Model)이 없어 지물은 완전한 정사영상이 아니다.

KVR-1000 위성영상의 단점은 스테레오영상이 되지 않아 지형지물의 고도 값 추출이 어렵고 단 밴드(Single band)이므로 흑백필름(black and white film)을 획득한다. 흑백필름에서는 대상물로부터의 반사광 량에 따라 백색에서 흑색까지의 농도로써 기록하기 때문에 칼리영상에 비해 식별이 난해하고 고층건물 등으로 인하여 발생하는 그림자 때문에 주변이 가려져 시각화가 어렵다는 단점을 가지고 있다.

러시아 IASIS(Interbranch Association SO-VINFORMSPUTNIK)에서는 KVR-1000 위성영상으로 지물을 판독하고, TK-350 위성영상에서는 지형 고도 값을 추출하여 전세계 1:10,000 대축척 지도를 제작 중에 있다고 한다. TK-350의 경우 1:50,000 축척의 지형도(60~80% 중복 촬영, 10m 간격으로 DEM 추출 가능)를 제작하는데 사용되며, KVR-1000 카메라와 함께 위성에 실려 영상을 획득한다.



〈그림 1〉 서울대 관악캠퍼스를 대상으로 촬영된 KVR-1000 위성영상

〈표 1〉 KVR-1000 카메라의 제원

항 목	세 부 사 항
No. of Bands	1
Color of Image	B/W
Focal Length(mm)	1000
Altitude (km)	220
Scale	1 : 220,000
Film Size(cm)	18×18
Area(km <sup>2</sup> )	40×160
Map Scale	1 : 10,000
Overlap(%)	-
Spatial Resolution(m)	2

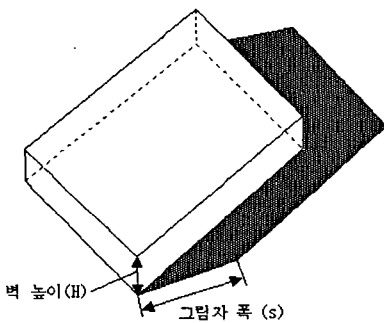
### 3. 고해상도 위성영상에서 건물 높이 관측 방법

위성영상상의 그림자는 물체의 상의 뒷면에 생기는 것과 지표 또는 다른 물체에 투영되어 생기는 것이 있다. 일반적으로 산, 고층건물 등의 그림자는 영상의 선명도를 흐리게 하기 때문에 판독에 방해가 되어 종종 대상물을 보지 못하고 건너 띠는 경우가 있으며, 미소하게나마 영상처리를 통하여 그림자부분을 제거할 수는 있지만 그림자에 가려진

주변지역의 대상물들이 망실되는 경우가 발생한다. 때때로 판독에 중요한 역할을 하는 경우도 있다. 즉, 지형이라든가 물체의 상황판단을 용이하게 할 뿐만 아니라 그 형(形)이라든가 그림자의 농도에 의하여 피사체의 판정이 가능하다.

KVR-1000과 같이 단 영상의 경우 태양 고도각에 의해 생기는 건물 그림자로 인해 건물의 형태를 파악하는데 도움을 준다. 따라서 단 영상판독에서 대상물체(철탑, 교량, 고층 건축물 등)의 그림자길이를 이용하여 대상물체의 높이 값 측정이 가능하다. <그림 2>는 KVR-1000 영상에서 보이는 건물에 대한 형태와 그림자 영역을 나타낸 것이다. 단일 영상 명암도(single image intensity)를 이용하여 그림자를 추출하고 그 길이를 재어 건물의 높이 측정이 가능하다.

태양과 지구사이의 거리가 굉장히 멀기 때문에 태양광선은 영상 상에서 보이는 지역은 처음부터 끝까지 본질적으로 평행하며 어떠한 상황일지라도 대상물에 대한 그림자의 길이는 대상물높이와 정비례한다는 가정아래 다음과 같이 두 가지 방법을 적용하여 계산하였다.



<그림 2> 위성영상에서 보이는 건물형태

### 3.1 방법 1 : 정비례방정식을 이용하여 건물 높이 값 획득

대상물의 높이를 정확하게 알고 그림자 길이를 측정할 경우 같은 영상에서 다른 대상물의 높이는

정비례방정식을 이용하여 계산하는 방법이다. 상세하게 설명하자면 지상에서 토달스테이션으로 정확하게 한 개의 건물을 관측하고 영상에서 그 건물에 대한 그림자 길이를 측정한다. 이들 두 값으로부터 다른(높이 값을 알고자하는) 대상물에 적용하여 정비례방정식으로 산출하는 것이다. <그림 2>에서 다음과 같은 식이 성립된다.<그림 8> 참고)

$$h_1 = \frac{(h_2)(s_1)}{s_2}$$

여기서  $h_1$ =건물1의 높이

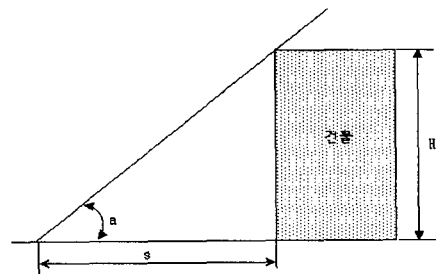
$s_1$ =영상에서의 건물1의 그림자 길이

$h_2$ =건물2의 높이

$s_2$ =영상에서의 건물2의 그림자 길이

### 3.2 방법 2 : 태양고도각을 이용한 건물 높이 값 획득

이 방법은 건물 높이의 실측치가 없어도 촬영당시 카메라의 제원으로부터 태양고도각(sun elevation angle ; 지표면과 태양과의 사이각)을 계산한 뒤 건물의 그림자의 길이로 <그림 3>에서와 같이 그 높이를 계산하는 방법이다.



<그림 3> 태양고도각으로 건물높이 측정

<그림 3>에서 태양고도각을  $a$ , 그림자 폭을  $s$  라 할 때 대상물의 높이는 다음과 같은 간단한 수학적식이 성립한다.

$$H = (\tan a) (s)$$

한편, 태양고도각의 계산은 위성영상지역의 위. 경도를 알고 그 당시 촬영시각을 알거나, 천문력 (ephemeris), 항해력(nautical almanac), 월력 또는 일력의 지식을 알고 있으면 가능하다. 즉, 태양 고도각 a는 다음방정식에 의해 결정된다.

$$\sin a = (\cos x)(\cos y)(\cos z) \pm (\sin x)(\sin y)$$

여기서

angle x=태양의 경사각 (정확한 시각, 즉, Greenwich Mean Time과 천문력으로 계산)

angle y=위성영상에 대한 위도

angle z=시간각 (hour angle 15), 지역에 대한 정오와 그 영상촬영시각 사이의 경도의 차이를 말한다. 예를 들어 정오에서 2시간 후 촬영시 그 시간 각은 30°다.

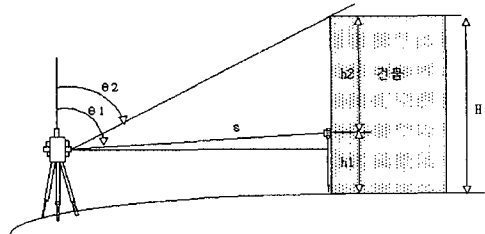
위 식에서의 sin 대수방정식은 남반구에서 3월 21일부터 9월 23일까지는 (+)이고 9월 24일부터 3월 20일까지를 (-)로 한다. 이 기호는 북반구에서는 반대가 된다.

#### 4. 관측과 실제 계산

##### 4.1 토탈스테이션으로 건물높이 관측

대상지역에 대하여 종래의 측량장비인 토탈스테이션(total station)으로 주요건물 100여 동의 높이를 직접 측량하였다. 관측방법은 관측대상건물에서 적당히 떨어진 곳에 토탈스테이션을 설치하고 기계고 및 타겟고를 입력한 뒤 건물 기초바닥을 기준으로 세운 프리즘을 시준하여 수평거리를 잴다. 그 후 시준경을 건물옥상 상단을 시준하여 연직각을 재어 건물높이를 계산하게 된다. 이러한 과정은 모두 자동으로 높이 값이 계산되는데, 거리 측정 방

식의 선택에 관계없이 처음 0.7초 그후 0.5초마다 측정치가 표시된다. 속달자가 측량하면 건물 당 평균 5분 정도의 소요시간을 요한다. <그림 4>에서와 같이 토탈스테이션으로 건물 높이를 관측하고 다음과 같은 식으로 미지의 건물에 대한 높이 값을 구할 수 있다.



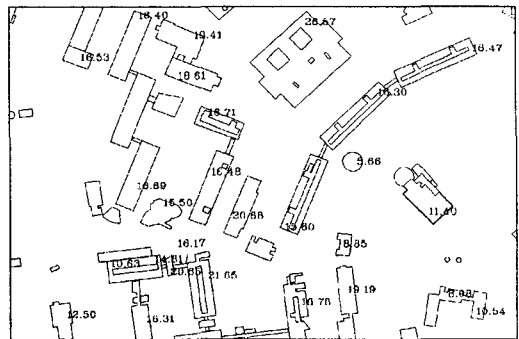
<그림 4> 토탈스테이션으로 건물높이 관측

$$H = h_1 + h_2$$

여기서

$$h_2 = S \sin \theta_1 \times \cot \theta_2 - S \cos \theta_1$$

토탈스테이션(SOKKIA SET3C II)의 수직정확도는 5mm±1ppm의 정도이나 현장의 여건상 높이 관측의 정확도는 기초 바닥면을 어디에 두느냐에 따라 수 cm 오차가 발생할 수 있다. 아래의 <그림 5>는 토탈스테이션으로 관측한 건물 높이 값을 수치도상에 표현한 것이다.



<그림 5> 토탈스테이션으로 관측한 건물 높이값

#### 4.2 정비례방정식을 이용한 건물 높이의 계산

KVR-1000과 같은 영상은 완전한 정사영상이 아니므로 건물 밑바닥에서 그림자 끝부분까지 측정하기가 곤란하며, 명암의 특성파악이 힘들어 정확한 경계를 찾기가 힘들다. 또한 모든 대상물체가 평지에 있을 경우에는 상관없으나 경사면에 그림자가 있을 경우는 그림자의 길이가 길어지던가 짧아지므로 여기에 대한 오차가 발생한다. 본 연구에서는 <그림 8>과 같이 지붕상단\*모서리로부터 그림자 끝 부분 모퉁이까지의 거리를 재어 높이를 획득하였다. 만약 그림자 경계 부분이 선명하게 보이지 않을 경우 그림자의 영역에 대해 명암도를 조정하

여 그림자 길이를 재었다. 그림자 길이의 측정은 한 개의 화소(pixel)가 갖는 DN(digital number)값 또는 명도가 50%이상 되는 값을 그림자의 영역으로 가정하고 그 길이를 측정하는 것이다. <그림 8>에서 알고있는 건물 1을 이용하여 건물2(b2)의 높이를 계산하는 과정은 다음과 같다.

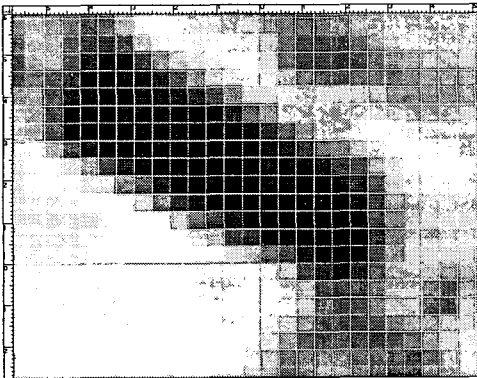
$$H_{b2} = \frac{(12.95)(19.80)}{17} = 15.10m$$

여기서

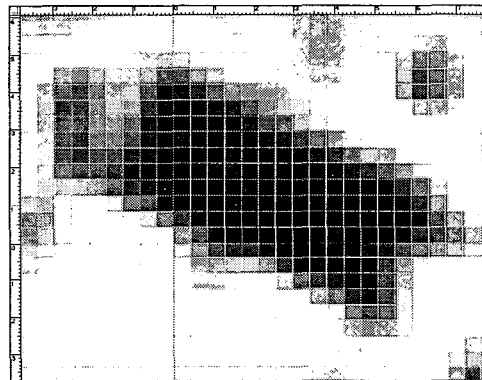
건물1의 실제 높이 : 12.95m

건물1의 그림자 길이 : 17.00m

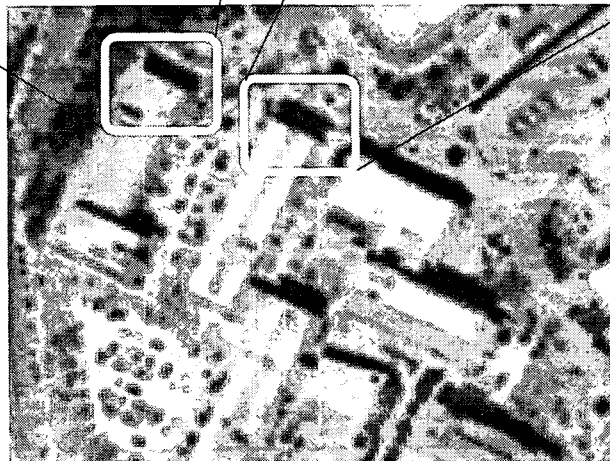
건물2의 그림자 길이 : 19.80m



<그림 6> 건물 1의 그림자 확대



<그림 7> 건물2의 그림자 확대



<그림 8> 위성영상의 높이관측 대상 건물

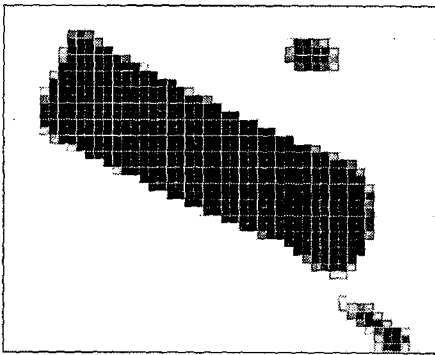
토탈스테이션으로 관측한 건물2(b2)의 실제높이는 16.4 m이다. 실제높이와 1.3m의 차이를 보였다. <표 2>는 위의 계산방식을 이용하여 대상지역 20개의 건물 높이를 계산한 것과 실제 관측한 값을 비교 한 것이다. \*부분은 경사진 부분에 그림자가 질 경우 정비례방정식을 이용하여 관측한 높이 값과 실제 높이 값과의 차이를 비교한 결과 RMS 오차가 1.7m로 나타났다.

물론 건물 그림자가 평지인 곳(B1~B15)에 질 경우 그림자를 재어 높이 값을 산출한 경우 B3만 제외하고 모두 2m 이하의 오차를 보였다. 하지만 \*표시가 된 \*B16~\*B20건물의 높이 값은 실제 높이

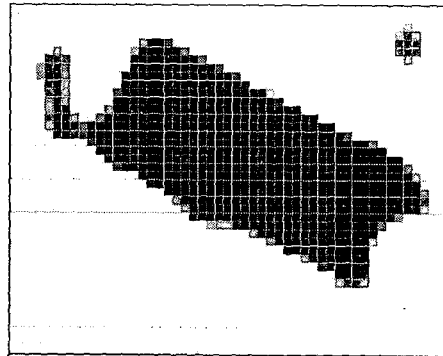
값보다 현저히 줄어들었다. <그림 11>은 원 영상인 공간해상도가 2m×2m인 영상을 화소재배열(resampling)하여 한 개의 화소를 1m×1m로 하여 그림자 길이를 계산하였다.

화소재배열을 하면 원 위성영상에 비해 그림자 길이를 1m 단위까지 잴 수 있는 장점이 있어 보다 정확한 계산을 할 수 있었다. 또한 영상에 대하여 Brightness/Contrast를 70%까지 조정하여 건물의 그림자 영역을 보다 선명하게 조정하여 계산한 결과 원 영상에서 측정된 높이값 보다 오차를 줄일 수 있었다.

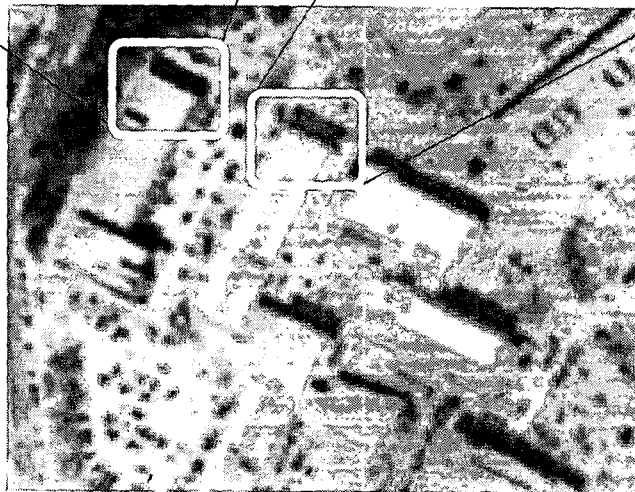
<표 2>에 나타난 원 위성영상에서는 RMS 오차



<그림 9> 건물 1의 그림자 확대



<그림 10> 건물 2의 그림자 확대



<그림 11> 원 위성영상을 화소재배열한 대상 건물

가 평균 1.70m로 나타난 반면 화소재배열을 한 결과 1.17m로 나타났다. \*부분의 경우 \*B19만이 크게 차이가 날 뿐 나머지는 큰 차이가 없었다. 평지에 생긴 그림자 보다 경사면에 생긴 건물 경계부분의 명암이 흐려져 그림자 길이가 더 길어지는 결과를 가져 왔다.

한 자세한 제원이 필요하다. 또한 촬영시 계절 및 기후에 미치는 영향도 고려해야 하며, 촬영시각이 정오에 가까우면 그림자가 짧아지므로 그만큼 오차가 커지게 된다. 계산에 사용된 파라메타 값은 다음과 같다.

#### 4.3 태양고도각 이용한 건물 높이의 계산

<그림 12>와 같이 대상지역내 그림자 영역이 양호한 건물을 선택하여 그림자의 길이를 측정하고 태양고도각을 이용하여 높이 값을 획득하였다. 태양의 고도각을 이용하는 경우 위성 및 카메라에 대

실제 건물 높이 : 26.57m  
 태양고도각 : 47.31°(20개의 건물에 대한 실제 높이값으로부터 역계산한 평균태양고도각)  
 그림자 길이 : 24.04m  
 $H = (\tan 47.31) \times 24.04 = 26.06m$

<표 2> 대상지역내 20개의 건물을 계산한 결과 (정비례방정식) (단위 : m)

건물 NO.	원 영상에서 측정한 결과				화소 재배열하여 측정한 결과			
	그림자 길이	영상에서 측정한 높이	실제 높이	차이	그림자 길이	영상에서 측정한 높이	실제 높이	차이
B1	14.10	14.70	15.48	-0.78	15.60	15.90	15.48	0.42
B2	22.60	23.50	22.89	0.61	21.20	21.60	22.89	-1.29
B3	25.50	26.57	24.24	2.33	22.60	23.00	24.24	-1.24
B4	17.00	17.70	16.56	1.14	15.60	15.90	16.56	-0.66
B5	14.10	14.70	14.93	-0.23	14.10	14.40	14.93	-0.53
B6	14.10	14.70	15.49	-0.79	15.60	15.90	15.49	0.41
B7	17.00	17.70	16.40	1.30	15.60	15.90	16.40	-0.50
B8	11.30	11.80	13.41	-1.61	14.10	14.40	13.41	0.99
B9	17.00	17.70	17.80	-0.10	17.00	17.30	17.80	-0.50
B10	11.30	11.80	13.12	-1.32	14.10	14.04	13.12	1.28
B11	11.30	11.80	11.75	0.05	12.70	13.00	11.75	1.25
B12	5.66	5.90	7.66	-1.76	7.07	7.21	7.66	-0.45
B13	8.49	8.85	8.08	0.77	8.49	8.66	8.08	0.58
B14	11.30	11.80	10.54	1.26	11.30	11.50	10.54	0.96
B15	19.80	20.60	19.20	1.40	19.80	20.20	19.20	1.00
*B16	11.30	11.80	13.15	-1.35	11.30	11.50	13.15	-1.65
*B17	17.00	17.70	20.68	-2.98	19.80	20.20	20.68	-0.48
*B18	14.10	14.70	16.79	-2.09	15.60	15.90	16.79	-0.89
*B19	17.00	17.70	22.18	-4.48	18.40	18.80	22.18	-3.38
*B20	19.80	19.27	20.60	-1.33	21.20	21.60	20.60	1.00
RMS				1.70				1.17



고해상도 단일 위성영상으로부터 건물높이값 추출

<표 3>은 위의 식을 이용하여 대상지역의 건물 높이를 계산한 결과와 실제 관측한 값을 비교한 것이다.



(그림 12) 대상건물  
(태양고도각 이용)

원 영상에서 측정된 건물 높이값과 실제 높이값과의 평균 RMS 차이는 1.75m로 나타났으며 이에 반해, 화소 재배열하여 측정된 결과 1.16m 현저히 줄어들었다. 또한 경사면에 건물 그림자가 진 경우 (\*B16~B20) 평지상태에서 보다 차이가 커지는 것을 볼 수 있었다. <표 4>는 화소재배열한 경우의 높이 값을 측정하고 실제 높이값과 비교한 것이다. 화소재배열을 3배로 조정할 경우 m이하의 정확도로 높이 값을 획득할 수 있다고 판단된다.

<표 3> 대상지역내 건물높이 값을 계산한 결과 (태양고도각 이용)

건물 번호	그림자 길이(m)	영상에서 얻 높이 값(m)	실제 높이 값(m)	차이 값(m)
B1	14.10	15.29	15.48	0.19
B2	22.60	24.50	22.89	-1.61
B3	25.50	27.64	24.24	-3.40
B4	17.00	18.43	16.56	-1.87
B5	14.10	15.29	14.93	-0.36
B6	14.10	15.29	15.49	0.20
B7	17.00	18.43	16.40	-2.03
B8	11.30	12.25	13.41	1.16
B9	17.00	18.43	17.80	-0.63
B10	11.30	12.25	13.12	0.87
B11	11.30	12.25	11.75	-0.50
B12	5.66	6.14	7.66	1.52
B13	8.49	9.20	8.08	-1.12
B14	11.30	12.25	10.54	-1.71
B15	19.80	21.46	19.20	-2.26
*B16	11.30	12.25	13.15	0.90
*B17	17.00	18.43	20.68	2.25
*B18	14.10	15.29	16.79	1.50
*B19	17.00	18.43	22.18	3.75
*B20	19.80	21.46	20.60	-0.86
RMS				1.75

〈표 4〉 화소재배열한 건물에 대한 높이 값 추출 (태양고도각 이용)

건물 번호	그림자 길이(m)	영상에서 잰 높이 값(m)	실제 높이 값(m)	차이 값(m)
B1	15.60	16.91	15.48	-1.43
B2	21.20	22.98	22.89	-0.09
B3	22.60	24.50	24.24	-0.26
B4	15.60	16.91	16.56	-0.35
B5	14.10	15.29	14.93	-0.36
B6	15.60	16.91	15.49	-1.42
B7	15.60	16.91	16.40	-0.51
B8	14.10	15.29	13.41	-1.88
B9	17.00	18.43	17.80	-0.63
B10	14.10	15.29	13.12	-2.17
B11	12.70	13.77	11.75	-2.02
B12	7.07	7.66	7.66	0
B13	8.49	9.20	8.08	-1.12
B14	11.30	12.25	10.54	-1.71
B15	19.80	21.46	19.20	-2.26
*B16	11.30	12.25	13.15	0.90
*B17	19.80	21.46	20.68	-0.78
*B18	15.60	16.91	16.79	-0.12
*B19	18.40	19.95	22.18	2.23
*B20	21.20	22.98	20.60	-2.38
<b>RMS</b>				<b>1.16</b>



〈그림 13〉 정비례방정식을 이용하여 획득한 건물 높이 값으로 3D 모델링

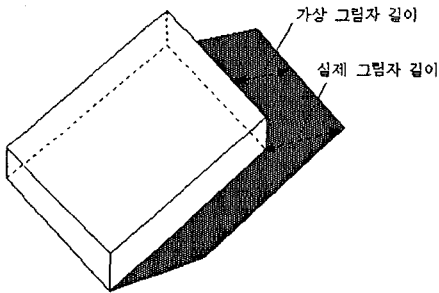
## 5. 결과 및 고찰

토탈스테이션으로 측정한 건물높이 값들은 오차가 없다고 가정하고 이를 기준으로 하여 위성영상으로부터 2가지 방법으로 간접 측정한 건물높이 값을 비교 검토한 결과 다음과 같다.

정비례 방정식을 사용한 결과 실제 높이 값과 평균 RMS 차이가 1.70m로 나타났으며, 태양고도각을 이용하여 측정했을 경우, 평균 RMS는 1.75m로 나타났다. 물론 태양각을 이용한 것보다 정비례 방

정식을 사용한 높이 값과의 차이는 비슷하게 나타났다. 반면 화소재배열을 한 결과 정비례방정식을 이용한 건물 높이 값의 RMS 오차가 1.17m로 나타났으며, 태양고도각을 이용한 경우 RMS 오차는 1.16m로 나타났다. 따라서 화소재배열을 하면 RMS 오차를 정비례방정식과 태양고도각을 이용한 식에서 각각 0.53m, 0.59m의 오차를 줄일 수 있었다. 또한 평면에 생긴 그림자와 경사면에 생긴 그림자 길이의 차이로 인해 건물 높이 값이 최대 3m의 오차가 발생됨을 알 수 있었다. 본 영상의 DEM 편

집과정은 지형만을 보정한 경우이며 건물높이까지 정사보정 되지 않아 건물높이가 20m 이상인 것들은 <그림 14>에서 보는 것처럼 실제 그림자 길이보다 짧게 측정되었다. 그 결과 대상지역에서 평균 0.3m정도 실제 높이 값보다 낮게 측정되었다. 또한 25m이하의 건물 일 경우 거의 정사영상에 가깝지만 그 이상일 경우 그렇지 않다. 건물벽이 보이는 경우 지붕상단 모서리부분과 건물벽의 경계가 선명하지 않아 정확한 외곽 선을 찾기가 어려웠다.



<그림 14> 실제와 가상의 그림자 길이

KVR-1000 단일영상으로 높이 값 획득에 있어서 다음과 같은 문제점 및 특성을 알게 되었다.

① 구릉지나 산악지 등 경사가 진 경우는 그림자 길이가 더 길어지거나 줄어들어 그림자의 정확한 길이를 획득하기 곤란하다. 그리고 고층건물일수록 지상에서는 그림자영역의 경계선이 확대되어 나타나기 때문에 정확한 경계선 획득하기 어렵게 된다.

② 복잡한 도시지역의 경우 고층건물 및 주택단지가 밀집되어 있어 영상상의 그림자에는 물체의 상의 뒷면에 생기는 것과 지표 또는 다른 물체에 투영되어 생긴다. 이렇게 되면 가려진 대상물은 물론 고층건물의 그림자 영역이 확실하지 않아 추출이 어려워질 수 있다. 이런 경우 미리 현장조사를 하고 주요건물을 직접 재어야 하는데 광범위한 지역을 모두 직접관측하기에는 비효율적이므로 단독 주택단지 또는 고층(아파트, 빌딩 등) 건물군 등을

분류하여 일률적인 높이 값을 대응시키는 방법이 타당할 것으로 보인다.

③ 태양고도각은 촬영대상지역의 계절과 시각에서 영향을 받아 그림자 길이가 길어지거나 짧아지는 문제가 발생한다. 태양고도가 낮은 시간대의 영상이면 그림자의 추출이 쉬워지는 반면, 그림자의 점유율이 높아 영상판독에 악영향을 미친다.

④ 소구역에 대한 대상물체의 높이값 추출은 직접계산이 가능하지만 광역시와 같은 아주 넓은 지역의 경우 각각의 건물에 대해 그림자 길이를 스크린상에서 측정하기엔 많은 시간이 요구된다. 향후 그림자 길이를 일괄적으로 측정할 수 있는 일정한 패턴을 정립하여 광범위한 지역에 대해 그림자 영역 추출 및 높이를 신속하게 측정해야 할 것이다.

## 5. 참고 문헌

- 1) Viktor N. Lavrov, Dr.Sc., General Director Deputy, 1997, "Space Survey Photocameras for Cartographic Purposes" Moscow, Russia. (<http://iris.use.edu/home/seer-00/chungan/building.html>)
- 2) Chungan Lin and Ramakant Nevatia, 1996, "3-D Descriptions of Buildings from an Oblique View Aerial Image", Computer Science Department University of Southern California Los Angeles, California.
- 3) Thomas Eugene Avery and Graydon Lennis Berlin, 1992, "Fundamentals of Remote Sensing and Airphoto Interpretation" 3 Ed. Macmillan Publishing pp.427.
- 4) Roman Englert, Eberhard Gulch, 1996, "One-Eye Stereo System for the Acquisition of Complex 3D Building Descriptions" University of Bonn Institute of Photogrammetry.
- 5) K.P.Ferguson, P.M.P.Norris and Viktor Lavrov,

1998, "THESPIN-2 SATELLITE : A UNIQUE MAPPING SYSTEM" International Astronautical Federation or the International Academy of Astronautics.

- 6) V.K.Shettigara and G.M.Sumerling, 1998, "Height Determination of Extended Objects Using Shadows in SPOT Images" Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 64, pp.35-44.