

# 다방향 경사영상을 이용한 대축척 수치지도 건물레이어 제작 Generation of the Building Layer of Large-scale Digital Map Using Multi-Oblique Images

송재열<sup>1)</sup> · 이병길<sup>2)</sup>

Jai Youl Song · Byoung Kil Lee

## Abstract

According to the development of technologies for generating the 3D spatial information, the needs for producing and updating the precise 3D objects with LoD 4 level are increased. On the other hand, the needs for real-time updating of 2D digital maps are expanded, based on the execution of various GIS projects. These 2D informations can be extracted from precisely constructed 3D spatial information, to do this the feasibility studies on extraction of the 2D information from the 3D spatial information is needed.

In this study, 3D objects are modeled using multi-oblique images, and the objects are stereo-plotted using digital airborne images, as well. Then the two data sets are compared and analyzed. The results show that the accuracy assessments fulfill the 1/1,000 digital map accuracy standard of regulations for photogrammetric surveying of National Geographic Information Institute, but the shapes and the areas of building objects are different between two data sets because of the portrayal standards. Consequently, researchers can conclude that it is possible to generate the building layer of large scale topographic map using multi-oblique images, but additional researches is needed to resolve the problems on differences of the portrayal standards.

Keywords: Multi Oblique Images, 3D Models, Digital Map

## 초 록

3차원 공간정보를 제작하는 기술의 발전에 따라 LoD 4 수준의 고정밀 3차원 객체를 제작하고 갱신하고자 하는 수요가 증가하고 있다. 한편 2차원 수치지도 역시 새주소 사업 등의 시행에 따라 실시간 또는 수시 갱신에 대한 수요가 늘어나고 있다. 이러한 2차원 정보는 정밀하게 구축된 3차원 정보로부터 가져올 수 있으며, 이를 위해 3차원 정보에서 2차원 정보 추출과 관련된 연구가 필요하다.

본 연구에서는 3차원 정보로부터 2차원 정보 추출의 타당성을 검증하기 위해 다방향 경사 영상을 이용하여 3차원으로 구축된 건물 객체와 수치지도 제작 방식으로 구축된 건물 레이어의 평면과 수직정확도 및 형상과 면적을 비교·평가하였다. 정확도 검증 결과 평면 및 높이에 대하여 국토지리정보원의 “항공사진측량작업규정”에 제시된 축척 1/1,000 수치지도의 허용오차 내에 있음을 확인하였다. 또한 형상과 면적에서는 도화방법에 의한 차이에 의해 형상과 면적의 차이가 발생하였다. 연구 결과, 다방향 경사 영상을 이용한 대축척 건물 레이어의 제작이 가능하였으며, 도화방법의 차이를 해결하기 위한 추가적인 연구가 필요함을 알 수 있었다.

핵심어 : 다방향 경사 영상, 3차원 객체, 수치지도

## 1. 서 론

공간정보의 활용이 일상화되면서 도시계획, 재난 대책, 관광 등 다양한 분야에서 공간정보에 대한 수요가 폭발적으로

증가하고 있다. 이러한 공간정보에 대한 수요는 스마트폰이나 태블릿 PC와 같은 이동형 단말에 대한 정보 제공과 맞물려 증강현실 또는 가상현실과 연동된 3차원 공간정보에 대한 수요로 집중되고 있다. 이동형 단말 상에서의 3차원 공간정

1) 경기대학교 산업대학원 지리정보공학 석사 · 중앙항업 (E-mail : songisid@hanmail.net)

2) 교신저자 · 경기대학교 토목공학과 조교수 (E-mail : basil@kgu.ac.kr)

보는 사용자의 시선에 맞도록 세밀하게 제작되어야 하기 때문에 LoD 4 수준의 고정밀 3차원 객체를 제작하고 갱신하려는 수요가 늘어나고 있다(국토해양부, 2010a). 공간정보 활용의 한편에서는 새주소 사업의 시행에 따라 2차원 수치지도의 실시간 또는 수시 갱신에 대한 수요 역시 증가하고 있다(이재기 등, 2008; 허민 등, 2009).

3차원 공간정보는 2차원 공간정보와 마찬가지로 지방자치단체 차원의 활용이 우선적으로 모색(최봉문, 임영택, 2006)되어 왔으며, 최근 그 활용을 민간부분으로 확산시키기 위한 노력이 기울여지고 있다(국토해양부, 2010a). 3차원 공간정보는 크게 지형과 지물로 구분할 수 있으며, 지형은 실감정사영상과 DEM으로 구성되고, 지물의 대부분은 건물객체로서 LiDAR 데이터를 이용한 건물객체 추출에 관한 연구(조홍범 등, 2008; 임세복 등, 2009)와 다양한 항공영상을 이용한 건물객체 추출에 관한 연구(오재홍 등, 2007; 김상봉, 2011; Fruch 등, 2004), 그리고 LiDAR 데이터와 항공영상을 융합 활용한 연구(김상봉, 2011; Prandi 등, 2008)들이 수행되어 왔다. 한편, 디지털 항공영상과 다방향 경사 영상을 이용하여 구축된 3차원 객체의 수평위치 정확도는 축척 1/1,000 수치지도의 기준을 만족하나, 수직위치의 정확도는 그렇지 못하다고 하여(이현직 등, 2010), 3차원 객체의 추출과 관련한 추가적인 연구가 필요함이 지적되었다.

이와 같이 3차원 공간정보에 대한 관심이 증대되고 있어 관련 사업이 증가하고 있으나(국토해양부, 2010b), 3차원 공간정보 구축 사업과 2차원 공간정보 갱신 사업이 동시에 진행될 경우 사업이나 정보의 중복이 발생할 수 있다. 중복 사업의 문제를 해소하기 위해서는 x, y, z 좌표를 모두 갖고 있는 3차원 객체로부터 x, y 좌표를 갖는 2차원 객체를 추출하여 사용하기 위한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 3차원 공간정보로부터 2차원 공간정보를 구축하기 위한 기술로서 최근 다수의 사업에서 다방향 경사 영상을 이용하여 LoD 4 수준으로 제작되고 있는 건물 객체를 대상으로 평면과 수직정확도 및 형상과 면적을 비교하여 그 타당성을 검증하고자 하였다. 이를 위해 수평경사각 40°의 다방향 경사 영상을 취득하는 Pictometry 시스템을 이용하여 제작된 3차원 건물 정보와 수치항공사진기인 ADS80 영상으로부터 항공사진 측량기법을 이용하여 제작된 축척 1/1,000 수치지도의 건물 레이어를 비교하여 위치 정확도를 평가·분석하고 형상과 면적을 비교하여 평가하였다.

연구대상지역은 경기도 안산시 일대로 두 종류의 카

메라로 촬영 한 후 영상전처리, 지상기준점측량, 사진기준점측량, 도화 및 정위치 편집을 수행하였다. 이 과정에서 생성된 결과물을 상호 비교하여 정확도를 평가하고, 건물면적차이를 분석하였다. 상세한 실험 방법의 연구 흐름은 그림 1과 같다.

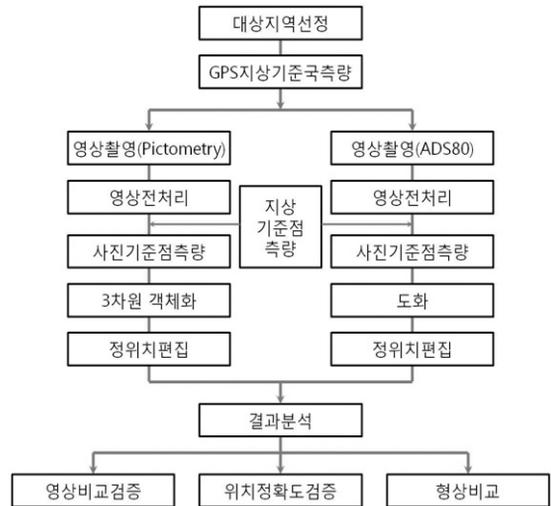


그림 1. 연구 흐름도

## 2. 다방향 경사 영상 취득 시스템

경사영상은 전통적인 수직영상과 조합하여 빌딩 옆면의 텍스처링을 손쉽게 하는 등 3차원 모델링을 위한 용도로 도시지역의 체계적인 관리에 그 유용성이 뛰어나고 객체를 묘사하기에 쉽다는 장점이 있다. 수직영상과 경사영상을 조합한 초기 시스템은 CCD와 CMOS 배열의 크기 제한을 극복하려는 시도로 2개 이상의 카메라를 조합하여 사용하였으며, 한 번의 촬영으로 더 많은 지역의 영상을 획득하는 기술로 점점 주목 받게 되었다. 다방향 경사 영상은 특정 대상물을 다양한 각도로 바라볼 수 있다는 장점이 있으며, 3차원 대상물을 최대한 사실적인 형태로 볼 수 있게 해주는 유용한 도구이다. 본 연구의 실험에 활용할 경사영상은 Pictometry 장비를 이용하여 획득하였다.

Pictometry 장비는 다방향 경사 영상 촬영카메라로, 전통적인 항공사진측량 기술과는 달리 1개의 수직촬영카메라와 전, 후, 좌, 우의 서로 다른 방향에서 경사영상을 촬영할 수 있는 4개의 경사촬영카메라로 구성되어 있다. 그림 2와 같이 수직영상을 촬영하는 중앙

카메라 1대와 전, 후, 좌, 우 방향으로 약 40° 정도의 경사영상을 촬영하는 카메라 4대로 총 5개의 카메라로 구성되어 있다.

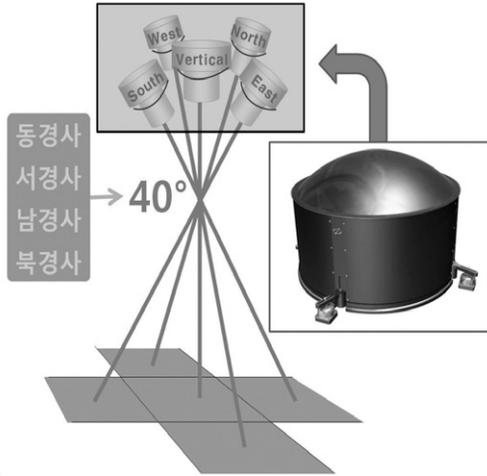


그림 2. Pictometry카메라의 외형 및 내부구성

수직영상을 기준으로 GPS/IMU시스템과 연동되어 있고, 보통 매 1.5초마다 하나의 영상이 촬영되며 1시간에 약 20km<sup>2</sup>의 면적을 촬영할 수 있다. 1km<sup>2</sup>을 촬영하면 약 50개의 영상이 촬영되며, 이는 310Mbyte 정도의 용량을 차지한다. 지상에서의 한 지점은 최대 18개의 경사영상에서 보일 수 있으며, 이러한 경사영상의 특징은 다른 객체에 의해 가려지는 특정 객체의 폐색지역을 쉽게 제거할 수 있다. Pictometry 장비는 평균 촬영고도 900m내외에서 기하적으로 가장 정확한 경사영상을 생성할 수 있으며, 카메라의 주요 제원은 표 1과 같다.

표 1. Pictometry 장비제원

| 시스템내용 및 특징 | 세부내용                         |
|------------|------------------------------|
| 평균 비행고도    | 900m                         |
| 수직카메라 제원   | 초점거리 65mm,<br>평균 GSD 15cm    |
| 경사카메라 제원   | 초점거리 85mm,<br>평균 GSD 13~18cm |
| 카메라 센서 제원  | 4008 × 2672                  |
| CCD크기      | 9.0 $\mu$ m                  |
| 위치보정 장치    | GPS/INS                      |

### 3. 디지털 항공 영상 취득 시스템

아날로그 항공카메라 대신에 디지털 항공카메라를 이용하여 항공사진측량을 실시하면 현상, 운영비용, 공간, 시간의 절감이 가능하며, 물리적 필름이 아닌 수치 데이터므로 컴퓨터에 저장이 가능하여 보관 및 유지관리에 용이하다. 디지털사진측량으로의 실질적인 변화는 Leica Geosystems사의 ADS System, Z/I-Imaging사의 DMC 및 Vexcel사의 UltraCam과 같은 새로운 디지털 항공카메라의 등장과 함께 시작하였다. 본 연구에서는 수치사진측량을 위해 ADS 장비를 사용하였다.

ADS 장비는 선형 CCD 배열을 센서로 채택하여 사용하고 있으며, 본 연구에 사용된 장비는 ADS80이다. 그림 3은 현재 국내에서 활용되고 있는 ADS 장비의 카메라 외형과 CCD를 보여주고 있다.



ADS80(SH81/SH82)

그림 3. ADS 장비의 외형 및 CCD

사용된 ADS80 장비의 제원은 표 2와 같으며, 3개의 선형배열 센서가 각각 비행방향의 전방, 연직, 후방을 촬영하기 때문에 촬영된 영상의 중중복도는 100%, 횡중복도는 촬영설계 시 strip 간의 중복도 부여에 따르게 된다.

표 2. ADS80 장비 제원이 사라짐

| 시스템내용 및 특징        | 세부내용             |
|-------------------|------------------|
| 제조사               | Leica-Geosystems |
| 센서방식              | Line sensor      |
| 렌즈초점거리(mm)        | 62.77            |
| CCD크기( $\mu$ m)   | 6.5              |
| 촬영각( $^{\circ}$ ) | 64               |

### 4. 실험지역 및 자료획득

#### 4.1 실험지역

실험지역은 경기도 안산시 일원으로 촬영면적은 약 130km<sup>2</sup>이고, ADS80 영상은 2010년 11월에, Pictometry

영상은 2011년 4월에 촬영되었다. 대상지역은 그림 4와 같으며, 대상지역에는 여러 종류의 건물과 구조물들이 분포되어 있다.



그림 4. 실험 대상지역

#### 4.2 Pictometry 영상촬영 및 처리

본 연구에 사용된 다방향 경사 영상은 Pictometry 장비로 촬영하였다. 사용된 촬영계획 전용S/W는 County Planner이고, 결과는 그림 5와 같다

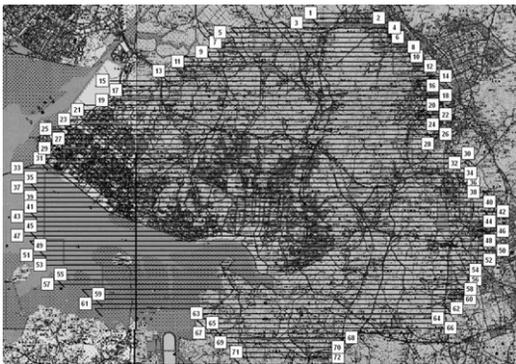


그림 5. Pictometry 영상 촬영계획도

경사영상의 해상도는 대축척 수치지도 제작 사양에 맞도록 10cm로 설계하였고, 고도 900m에서 촬영하는 것을 원칙으로 하였으며, 비행방향은 동에서 서의 기선을 유지하였다. 일부 산이 있는 곳에서는 고도를 높여 영상 모델을 구성할 수 있도록 촬영하였다.

장비의 특성상, 촬영과 함께 GPS신호를 동시에 획득하여 데이터 처리를 실시해야 하기 때문에 GPS 지상기준국을 운영하였다. 장비에 탑재된 GPS/INS데이터와 지상기준국 데이터를 이용하여 정확한 외부표정요소 생성을 위한 DGPS처리를 수행하였다.

그림 6과 같이 인천 연수구에 위치한 인천GPS상시관측소의 데이터를 활용하였고, 반경 30km내에 대상지역



그림 6. 실험대상지역 지상기준국 (인천GPS상시관측소)

이 모두 포함된다. GPS수신간격은 1초, 평균 관측 위성수 7개, 평균 PDOP은 2.8로 촬영 중 지상기준국 GPS수신기의 수신 상태는 매우 양호 하였다.

촬영시간은 양호한 영상 품질을 얻을 수 있도록 정으로 하였으며, 기상조건 상황을 고려하여 총 7일에 걸쳐 수직 14,375매, 경사 23,959매, 총 38,334매의 다방향 경사 영상을 촬영 하였다. 영상의 촬영과 함께 GPS/INS 센서에 의한 관측이 동시에 실행되었다.

GPS/INS 데이터는 비행 시 획득된 메타파일과 지상기준국 자료를 활용하여 PosPac ver.5.2를 이용하여 처리하였다. 촬영된 자료는 RAW파일형태로 저장되고, Develop Image 처리 과정을 통해 메타파일(.psi 파일)과 영상파일(.jpg 또는 .tif 파일)이 생성된다. 생성된 원시 영상에는 전용S/W인 Penta Directory를 이용하여 지리좌표가 부여되었다.

Pictometry영상의 처리에는 2km<sup>2</sup>당 1점 내외의 지상기준점이 필요하기 때문에, 연구 대상지역에 대해 26점의 지상기준점을 선점하였다. 선점되는 점의 위치는 수직영상과 4방향 경사영상 상에서 명확히 구분할 수 있는 점으로 선정하였고, 지상기준점은 그림 7과 같이 배치되었다.

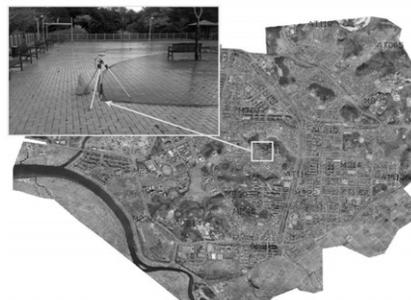


그림 7. 사진기준점측량에 사용한 지상기준점 배치도

지상기준점의 평면위치는 GPS측량을 통해, 수직위치는 GPS Leveling에 의한 간접수준측량을 통해 측정하였다.

Pictometry 영상의 사진기준점측량은 전용S/W를 이용하였으며, 한 점당 최소 3개 이상의 영상에서 측정되고, 모든 영상에 균등하게 분포되도록 관측하여 10,074개의 접합점을 관측하였다. 모든 접합점 관측이 완료된 후 조정 계산을 수행하여 접합점 오차가 0.52Pixel로 나타났다. 이는 대축척 수치지도제작을 위한 사진기준점측량의 정확도를 만족하는 결과이다.

건물의 3차원 모델링을 위해 지상좌표가 부여된 수직영상에서 평면위치인 X, Y좌표를 결정하고, 지상좌표가 부여된 경사영상에서 건물의 높이를 결정하며, 격자 간격이 1m인 정밀수치표고모형을 이용하여 건물 바닥 높이의 기준을 결정한다. 경사영상측량시스템의 알고리즘을 이용하여 경사영상과 수직영상을 대상으로 즉, 2차원 5방향 사진에서 유형별 구조물객체를 추출하여 3차원 객체프레임을 추출한다. 그림 8은 동일한 지역에 대한 수직영상, 경사영상에 객체프레임을 중첩하여 나타난 것이다. 그림 9는 연구대상지역의 일부로 3차원 객체로 묘사된 건물이다.

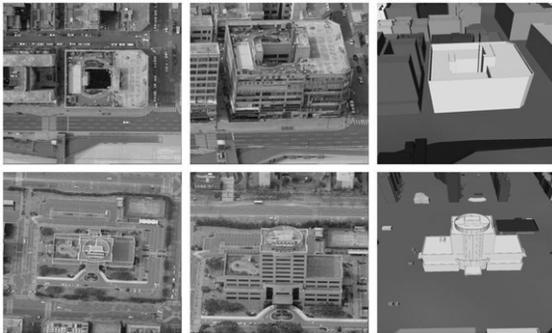


그림 8. 3차원 객체프레임 구축



그림 9. 3차원 객체 데이터

### 4.3 ADS80 영상촬영 및 처리

ADS80 영상의 촬영대상지는 Pictometry촬영지역과 동일하며, 그림 10은 촬영계획도이다.

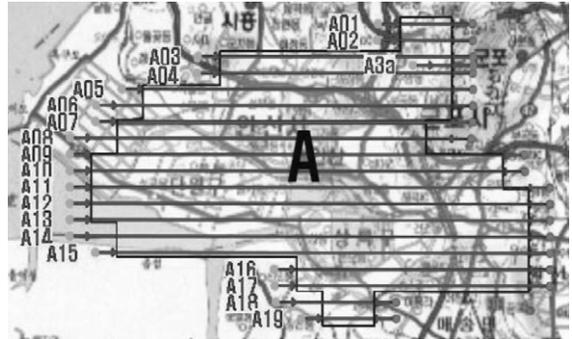


그림 10. ADS영상 촬영계획도

ADS 영상은 지상표본거리 0.12m, 촬영고도 약 1,100m, 횡중복도는 40%, 1스트립의 촬영폭은 약 1,300m로 총 19개 스트립으로 촬영이 이루어졌다. 촬영 후 GPS/INS데이터 통합자료처리를 위하여 IPAS 및 GrafNAV, 사진기준점측량을 위하여 Xpro와 ORIMA 소프트웨어를 이용하였다. 원시자료에는 영상데이터와 GPS/INS 및 기타 메타정보가 포함되어 있으며, DGPS를 위하여 촬영 시 평탄지에 지상기준국을 운영하였다. 촬영시간 동안 비행기와 지상기준국에서 수신한 GPS위성의 수량은 7개 이상, PDOP은 2.8 이하로 좋은 기하학적 배치상태를 나타냈으며, 이는 pictometry영상 획득 시점과 동일한 수준이다. GPS/INS데이터처리의 최종 정확도는  $\pm 0.07m$  이내였다.

자동접합점관측은 정합기준면에 따라 원시영상 자동접합점관측과 편위수정영상 자동접합점관측으로 나뉜다. 원시영상 자동접합점관측은 촬영기하를 재현한 것으로 미국의 지질조사국에서 제작한 Gtopo 수치표고모형상에 정합을 수행하며, 편위수정영상 자동접합점관측은 평균기준면상에서 정합을 수행한다. 본 연구에서는 원시영상 자동접합점관측을 수행하였으며, 사진기준점측량 종료 후 편위수정을 하였다.

사진기준점측량에 사용된 지상기준점의 수량은 TL(X,Y,Z)점 7, T(X,Y)점 35, L(Z)점이 35로 총 77점이다. 사진기준점 측량의 초기 표준편차 값은 영상에서 3.5 $\mu m$ 이며, 이는 ADS영상의 1화소가 6.5 $\mu m$ 인 것과 비교하면 표준편차가 약 0.5화소란 것을 의미한다. 본 연구에서는 초기값에서 과대오차를 소거하기 위하여 임계값을 주어 반복적으로 과대오차를 소거하였고, 최종 조정 결과, 영

상의 표준편차 값이 2.3 $\mu$ m로 향상되었다. 사진기준점측량 후 정확도는 기준점의 표준편차가 X에 0.068m, Y에 0.069m, Z에 0.126m로 축척 1/1,000 수치지도 작성 규칙의 정확도 한계 이내의 결과가 도출되었다.

이렇게 ADS80 영상으로부터 편위수정된 영상을 제작하고, 수치사진측량시스템을 활용하여 모든 대상물에 대해 정확하게 수치지도를 도화하였다. 그림 11은 도화 결과이다.



그림 11. 도화 데이터

## 5. 실험분석 및 평가

본 연구에서는 축척 1/1,000 수치지도 2도엽에 대한 벡터데이터를 생성하였다. Pictometry의 수직영상과 경사영상의 표정요소를 구한 후 건물에 대한 3차원 좌표를 획득하여 객체를 구성하였으며, ADS80 영상을 입체도화하여 1/1,000 축척의 지도를 제작하였다. 생성된 두개의 벡터데이터의 좌표(X, Y, Z), 면적 등에 대하여 비교·분석하고 정확도를 평가하였다.

그림 12는 검사점의 분포도로 40개의 검사점을 대상 지역 전체에 걸쳐 고루 분포되도록 선정하였으며, 건물의 유형도 상가건물과 아파트 건물 등이 고루 선정되도록 하였다. 40개 검사점을 이용하여 정확도를 평가한 결과는 표 3과 같다. 최대오차가 x에서 0.261m, y에서 0.250m, 거리로는 0.347m로 나타났으며, RMSE는 x에서 0.124m, y에서 0.141m, 거리로는 0.187m로 나타났다.

생성된 벡터데이터의 높이(z)에 대해서도 정확도를 평가하였다. 높이에서 최대오차는 0.275m, RMSE는 0.144m로 산출되었다.

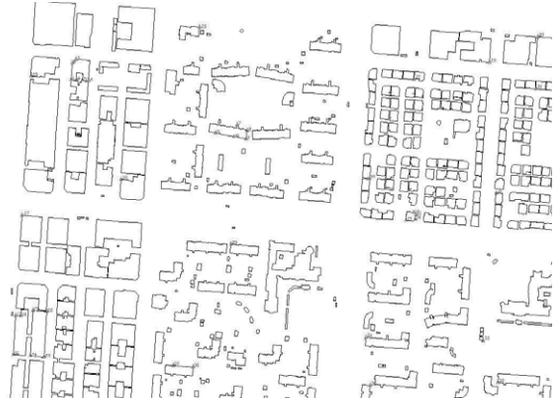


그림 12. 검사점 분포도

이와 같은 정확도 평가 결과는 수평, 수직 모두 국토지리정보원의 축척 1/1,000 수치지도 제작의 정확도 기준을 만족하는 것이다. 이현직 등(2010)의 연구에서는 수직위치의 오차가 축척 1/1,000 수치지도의 정확도를 만족시키지 못했지만 이는 옥상의 구조물에 대한 작업자의 개인적인 판단에 따른 편차에 따라 발생할 수 있는 상황이라고 분석하였다. 본 연구에서는 동일한 작업 기준에 따라 작업이 이루어져 수직위치의 정확도도 만족시킬 수 있었다.

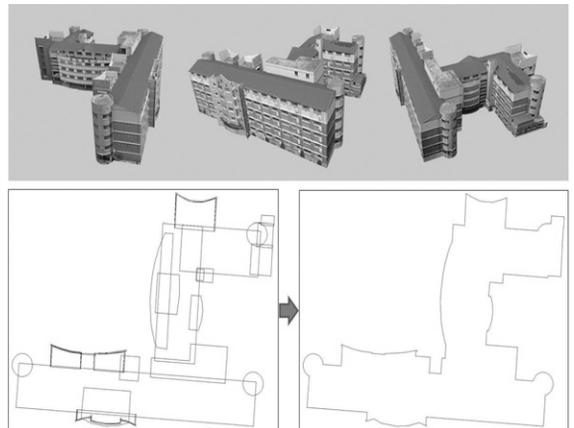


그림 13. 3차원 객체로부터 2차원 건물 레이어 생성 (왼쪽 3D, 오른쪽 2D)

다방향 경사 영상을 이용하여 객체화된 3차원 건물은 데이터 처리과정을 거쳐 그림 12과 같이 2차원 건물 레이어로 변환이 가능하다. 앞에서 이루어진 정확도 평가 결과는 2차원에서도 동일하게 적용되기 때문에 3차원 객체로부터 변환된 2차원 건물 레이어는 축척 1/1,000 수치지도에 적용될 수 있을 것으로 판단된다.

표 3. 정확도 평가 결과

| No   | ADS 도화     |            |        | Pictometry 3차원객체화 |            |        | 오 차    |        |       |        |
|------|------------|------------|--------|-------------------|------------|--------|--------|--------|-------|--------|
|      | x          | y          | z      | x                 | y          | z      | dx     | dy     | dl    | dz     |
| 1    | 185064.920 | 523875.068 | 17.074 | 185064.785        | 523874.980 | 17.167 | 0.135  | 0.088  | 0.161 | -0.093 |
| 2    | 185066.389 | 523897.651 | 28.163 | 185066.281        | 523897.527 | 28.301 | 0.108  | 0.124  | 0.164 | -0.138 |
| 3    | 185072.182 | 523902.886 | 28.027 | 185072.036        | 523902.792 | 28.302 | 0.146  | 0.094  | 0.174 | -0.275 |
| 4    | 185091.910 | 523873.093 | 17.097 | 185091.836        | 523873.098 | 17.144 | 0.074  | -0.005 | 0.074 | -0.047 |
| 5    | 185082.139 | 523873.774 | 17.074 | 185082.193        | 523873.684 | 17.145 | -0.054 | 0.090  | 0.105 | -0.071 |
| 6    | 185073.002 | 523874.553 | 17.074 | 185072.950        | 523874.445 | 17.166 | 0.052  | 0.108  | 0.120 | -0.092 |
| 7    | 185321.576 | 523811.875 | 76.425 | 185321.451        | 523811.784 | 76.555 | 0.125  | 0.091  | 0.155 | -0.130 |
| 8    | 185337.629 | 523803.701 | 72.865 | 185337.424        | 523803.597 | 72.803 | 0.205  | 0.104  | 0.230 | 0.062  |
| 9    | 185335.510 | 523791.700 | 72.842 | 185335.399        | 523791.677 | 72.799 | 0.111  | 0.023  | 0.113 | 0.043  |
| 10   | 185316.538 | 523794.939 | 72.865 | 185316.295        | 523794.946 | 72.802 | 0.243  | -0.007 | 0.243 | 0.063  |
| 11   | 185287.963 | 523800.140 | 67.297 | 185287.862        | 523800.018 | 67.178 | 0.101  | 0.122  | 0.158 | 0.119  |
| 12   | 185595.234 | 523689.475 | 20.432 | 185595.430        | 523689.395 | 20.271 | -0.196 | 0.080  | 0.212 | 0.161  |
| 13   | 185598.151 | 523686.018 | 20.450 | 185598.262        | 523685.903 | 20.269 | -0.111 | 0.115  | 0.160 | 0.181  |
| 14   | 185597.838 | 523680.695 | 20.473 | 185598.001        | 523680.509 | 20.268 | -0.163 | 0.186  | 0.247 | 0.205  |
| 15   | 185583.497 | 523678.390 | 22.397 | 185583.310        | 523678.297 | 22.158 | 0.187  | 0.093  | 0.209 | 0.239  |
| 16   | 184975.151 | 523491.439 | 29.217 | 184975.058        | 523491.233 | 29.287 | 0.093  | 0.206  | 0.226 | -0.070 |
| 17   | 184978.904 | 523545.990 | 29.217 | 184978.815        | 523545.756 | 29.303 | 0.089  | 0.234  | 0.250 | -0.086 |
| 18   | 184986.942 | 523545.484 | 29.217 | 184986.885        | 523545.336 | 29.302 | 0.057  | 0.148  | 0.159 | -0.085 |
| 19   | 184998.729 | 523553.830 | 29.217 | 184998.758        | 523553.675 | 29.303 | -0.029 | 0.155  | 0.158 | -0.086 |
| 20   | 184994.231 | 523490.040 | 29.217 | 184994.276        | 523489.890 | 29.284 | -0.045 | 0.150  | 0.157 | -0.067 |
| 21   | 185005.893 | 523553.411 | 29.200 | 185005.774        | 523553.167 | 29.170 | 0.119  | 0.244  | 0.271 | 0.030  |
| 22   | 185026.933 | 523551.787 | 29.200 | 185027.072        | 523551.570 | 29.167 | -0.139 | 0.217  | 0.258 | 0.033  |
| 23   | 185312.353 | 523645.015 | 46.826 | 185312.256        | 523644.928 | 47.048 | 0.097  | 0.087  | 0.130 | -0.222 |
| 24   | 185001.550 | 523489.571 | 29.200 | 185001.388        | 523489.416 | 29.151 | 0.162  | 0.155  | 0.224 | 0.049  |
| 25   | 185002.468 | 523879.749 | 33.076 | 185002.348        | 523879.631 | 33.286 | 0.120  | 0.118  | 0.168 | -0.210 |
| 26   | 185263.569 | 523947.569 | 15.454 | 185263.507        | 523947.660 | 15.606 | 0.062  | -0.091 | 0.110 | -0.152 |
| 27   | 185594.990 | 523875.000 | 24.185 | 185594.862        | 523874.920 | 24.059 | 0.128  | 0.080  | 0.151 | 0.126  |
| 28   | 185712.465 | 523898.651 | 28.397 | 185712.413        | 523898.668 | 28.562 | 0.052  | -0.017 | 0.055 | -0.165 |
| 29   | 185787.199 | 523934.274 | 27.976 | 185786.938        | 523934.045 | 27.721 | 0.261  | 0.229  | 0.347 | 0.255  |
| 30   | 185784.188 | 523861.792 | 22.366 | 185784.234        | 523861.631 | 22.528 | -0.046 | 0.161  | 0.167 | -0.162 |
| 31   | 185723.270 | 523716.703 | 20.951 | 185723.285        | 523716.632 | 20.874 | -0.015 | 0.071  | 0.073 | 0.077  |
| 32   | 185725.362 | 523452.573 | 39.097 | 185725.545        | 523452.392 | 38.918 | -0.183 | 0.181  | 0.257 | 0.179  |
| 33   | 185702.485 | 523510.735 | 7.786  | 185702.413        | 523510.642 | 8.006  | 0.072  | 0.093  | 0.118 | -0.220 |
| 34   | 185521.486 | 523515.781 | 37.306 | 185521.464        | 523515.644 | 37.034 | 0.022  | 0.137  | 0.139 | 0.272  |
| 35   | 185527.491 | 523448.199 | 46.910 | 185527.571        | 523448.118 | 47.039 | -0.080 | 0.081  | 0.114 | -0.129 |
| 36   | 185253.302 | 523474.163 | 46.720 | 185253.478        | 523473.913 | 46.760 | -0.176 | 0.250  | 0.306 | -0.040 |
| 37   | 184988.635 | 523685.480 | 28.500 | 184988.562        | 523685.249 | 28.679 | 0.073  | 0.231  | 0.242 | -0.179 |
| 38   | 185222.962 | 523476.100 | 46.720 | 185222.856        | 523476.034 | 46.732 | 0.106  | 0.066  | 0.125 | -0.012 |
| 39   | 185142.129 | 523735.705 | 33.683 | 185142.008        | 523735.468 | 33.814 | 0.121  | 0.237  | 0.266 | -0.131 |
| 40   | 185527.376 | 523737.260 | 23.623 | 185527.295        | 523737.310 | 23.494 | 0.081  | -0.050 | 0.095 | 0.130  |
| RMSE |            |            |        |                   |            |        | 0.124  | 0.141  | 0.187 | 0.144  |

그림 13과 같이 변환된 건물 레이어는 도화에 의해 작성된 건물 레이어와 일부 상이한 부분이 발생한다. 위치정확도와는 별개로 두 자료간의 건물 객체 묘사의 차이를 분석하였다. 3차원 객체화와 도화는 그 기준의 차이로 인해 그림 14와 같은 차이를 보이게 된다. 본 연구에서는 3차원 건물을 LoD 4 수준으로 객체화하였기 때문에 실제 표현할 수 있는 거의 모든 부분이 묘사되어 있는 반면 도화에서는 건물의 주요 경계선을 그리고 있어 상당한 차이가 발생하게 된다. 이와 같은 내용은 건물의 밑면을 그리도록 하는 지적도의 기준과 건물의 처미를 그리도록 하는 대축척 지형도의 기준에 차이가 있는 것과 유사하게 3차원 객체화의 기준과 수치지도 도화 기준 간의 차이에 의해 발생하는 현상이다. 표 4는 실험대상 지역 내의 10개 객체에 대하여 면적의 차이를 비교한 결과로 그 차이는 최대 8%이며, 대부분이 3차원 객체에서 큰 것으로 나타났다.

따라서 이러한 차이를 제거하기 위해서는 도화의 기준을 일치시키거나, 3차원 객체에서 2차원 건물 레이어를 생성하기 위한 별도의 변환 기법이 필요할 것으로 판단된다.



그림 14. 도화와 3차원 객체화의 묘사방법

표 4. 객체의 면적 비교

| No. | 면적(m <sup>2</sup> ) |           |           | 비율 (%) |
|-----|---------------------|-----------|-----------|--------|
|     | 도화                  | 3차원 객체    | 차이        |        |
| 1   | 676.394             | 652.0987  | 24.2953   | 4      |
| 2   | 1098.5734           | 1095.7847 | 2.7887    | 0      |
| 3   | 719.3594            | 731.7074  | -12.348   | 2      |
| 4   | 169.0376            | 166.3282  | 2.7094    | 2      |
| 5   | 728.4805            | 764.4561  | -35.9756  | 5      |
| 6   | 2016.8255           | 2166.2027 | -149.3772 | 7      |
| 7   | 164.6583            | 162.4103  | 2.248     | 1      |
| 8   | 522.1385            | 547.2119  | -25.0734  | 5      |
| 9   | 2168.0598           | 2203.883  | -35.8232  | 2      |
| 10  | 1010.19             | 1088.8027 | -78.6127  | 8      |

## 6. 결론

본 연구는 다방향 경사 영상을 이용하여 구축된 3차원 객체로부터 대축척 수치지도의 건물 레이어를 구축하기 위한 사전 연구로서, ADS80영상을 이용하여 도화된 건물 레이어와 비교하여 위치와 면적의 정확도를 분석하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

1. 다방향 경사 영상을 이용하여 3차원 객체를 구축한 결과와 수치지도 제작에 사용되는 항공사진측량에 의한 도화 성과를 비교한 결과, 평면·높이 모두에 대하여 국토지리정보원의 “항공사진측량작업내규”에 제시된 허용오차 내에 있음을 확인할 수 있었다.

2. 벡터데이터가 생성된 실험대상 지역 내에서 도화와 3차원객체화가 동시에 수행된 40개 지점의 x, y좌표를 획득하여 비교한 결과, 최대오차가 x에서 0.261m, y에서 0.250m, 거리로는 0.347m로 나타났으며, RMSE는 x에서 0.124m, y에서 0.141m, 거리로는 0.187m로 나타났다.

생성된 벡터데이터의 높이(z)에 대해서도 정확도를 평가한 결과, 최대오차는 0.275m, RMSE는 0.144m로 산출되었다.

3. 다방향 경사영상을 활용한 3차원 객체화의 묘사 기준은 디지털 항공영상에 적용된 도화 기준과 상이하기 때문에, 건물 객체를 정사투영하여 수치지도의 건물 레이어 형태로 변환한 결과에서는 최대 8%의 면적차이가 발생하는 것으로 나타났다.

이상의 결과로부터 Pictometry 다방향 경사 영상을 활용하여 제작되는 3차원 객체로부터 대축척 수치지도의 건물 레이어를 추출하여 활용할 수 있음을 알 수 있었으며, 건물의 돌출부 등이 모두 묘사된 3차원 객체를 2차원으로 변환하기 위해서는 단순히 정사영으로 변환하는 것이 아니라 도화의 기준에 적합한 변환 방법의 추가적인 연구가 필요함을 알 수 있었다. 또한, LoD 4 수준으로 정밀하게 구축한 3차원 객체 모델로부터 수치지도 건물 레이어를 추출할 경우 중복사업의 방지에 따른 예산 절감의 효과도 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

## 참고문헌

국토지리정보원 (2009), “항공사진측량 작업내규”  
 국토지리정보원 (2009), “3차원 국토공간정보 구축 작업 규정”  
 국토해양부 (2010a), “공간정보서비스 활용모델 개발 연구”

- 국토해양부 (2010b), “보도자료, 내년도 국가공간정보인프라 구축에 3천억 투자”
- 김상봉 (2011) “수치경사영상을 이용한 3차원 객체모델 알고리즘에 관한 연구”, 명지대학교, 박사학위논문
- 오재홍, 신성웅, 박진호, 이효성 (2007), “3차원 도시모델 생성을 위한 다중 공간영상 기반 건물 모델 텍스처 추출”, 한국측량학회지, 제25권, 제4호, pp. 347 - 354.
- 이재기, 이동주, 정성혁 (2008) “수치지도 수시갱신 시스템 개발”, 한국측량학회지, 제26권, 제5호, pp. 537 - 546.
- 이현직, 유지호, 김상연 (2010) “수치사진측량 기법을 이용한 3차원 공간정보의 품질 분석”, 한국지형공간정보학회지, 제18권, 제4호, pp. 141 - 149.
- 임새봄, 김정현, 이동천 (2009) “항공 라이다 데이터를 이용한 건물 모델링의 자동화”, 한국측량학회지, 제27권, 제5호, pp. 619 - 628.
- 조홍범, 조우석, 박준구, 송낙현 (2008), “항공 LiDAR 데이터를 이용한 3차원 건물모델링”, 대한원격탐사학회지, 제24권, 제2호, pp. 141 - 152.
- 최봉문, 임영택 (2006) “3D GIS의 지방자치단체 활용을 위한 기초 연구”, 한국콘텐츠학회논문지, 제6권, 제11호, pp. 317 - 326.
- 허민, 이용욱, 배경호, 유근홍 (2009) “입찰정보를 이용한 지형지물변화정보 관리시스템 개발”, 한국측량학회지, 제27권, 제2호, pp. 195 - 202.
- Frueh, C., Sammon, R., Zakhor, A. (2004) "Automated Texture Mapping of 3D City Models With Oblique Aerial Imagery," 3D Data Processing, Visualization and Transmission, 2004, pp. 396 - 403.
- Prandi, F., Achille, C., Brumnan, R., Fassi, F., Fregonse, L. (2008) "LiDAR and Pictometry images integrated use for 3D model generation" The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B2. Beijing , pp. 763 - 769.

---

(접수일 2011. 11. 25, 심사일 2011. 12. 12, 심사완료일 2011. 12. 13)