수치사진측량시스템을 이용한 3차원 공간데이터 구축
The Generation of 3D Geospatial Data using Digital Photogrammetry System

노명종(Myoung Jong Noh)*, 조우석(Woosug Cho)**

요 약 지금까지 지도제작 등 공간정보의 구축을 위해 가장 빈번하게 사용되고 있는 기술 분야 중 하나인 항공사진측량은 작업방법이나 정확도 등의 검증이 완료된 상태이므로 신뢰성 높은 정확한 3차원 공간정보의 추출이 가능하다. 항공사진측량은 중첩된 지역을 촬영한 2장 이상의 항공사진과 최소한의 지상 기준점을 이용하여 3차원 입체모델을 구성함으로써 촬영당시의 지표면을 그대로 재현한다. 구성된 항공사진 입체모델을 통하여 해석 도화기나 수치사진측량시스템 등의 전문 장비를 이용하여 도화작업을 수행함으로써 정확한 3차원 정보를 추출할 수 있으며, 수치사진측량시스템을 이용하는 경우 제한적인 범위 내에서 자동화 작업의 수행이 가능하다. 특히 현재는 디지털 카메라를 이용한 방법이 개발됨으로써 그 효용성이 더욱 증가하고 있다. 본 연구에서는 수치사진측량시스템을 이용하여 3차원 공간데이터를 구축하는 방법을 제시하고자 한다.

ABSTRACT Aerial photogrammetry, which is one of the most frequent used technology in mapping and surveying, has been appreciated for its work flow and accuracy to generate 2D and 3D geospatial data. In aerial photogrammetry, more than two photographs are taken over the same target area in different position with overlap. Using these photographs and minimum number of ground control points, 3D stereo model is so formed that the ground surface in reality is reconstructed through analogue/analytical plotter or digital photogrammetry system. In case of digital photogrammetry system, 3D geospatial data could be automatically extracted in partial. Recently, in the advent of aerial digital camera such as ADS40 and DMC, digital photogrammetry system will be in the frist place for generating 3D geospatial data. In this paper, we experimentally generated 3D geospatial data using digital photogrammetry system in the aspect of work flow.

키워드 : 수치사진측량, 3차원 공간데이터, 지형지물추출
Keyword : digital photogrammetry, 3D geospatial data, feature extraction

* 인하대학교 대학원 지리정보공학과 박사과정 e-mail : nmj@inhaian.net
** 인하대학교 토목공학과 부교수 e-mail : wcho@inha.ac.kr

1. 서 론

21세기가 시작되면서 매우 많은 분야에서 정보화 작업이 추진되고 있으며, 최근에 들어서는 더 나아가 3차원 공간데이터에 대한 수요가 급증하고 있다. 특히, 지형에 대한 3차원 위치정보는 지도제작뿐만 아니라 가상도시 구축, 무선통신망 설계, 네비게이션 시스템, 환경분석 등 지형 및 위치를 기반으로 하는 모든 분야에서 가장 근간이 되는 정보로서 그 중요성이 부각되고 있다.

이와 같은 3차원 지형정보의 보다 효율적인 획득 및 3차원 모델 구축을 위해 현재 LIDAR 등과 같은 새로운 센서시스템의 사용이나 자료처리, 지형지물 자동추출 등에 대해 매우 다양한 연구가 이루어지고 있는 실정이다. 그러나 이와 같은 연구는 여러 가지 기술적인 한계를 극복하지 못하고 있는 것이 사실이며, 항공사진이나 위성영상의 입체모델을 이용하여 수동으로 도화작업을 수행하는 것이 일반적이다.

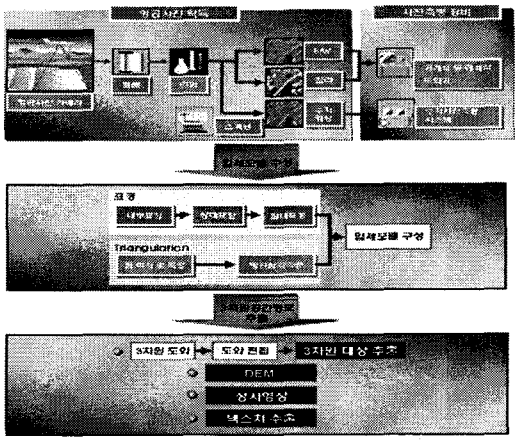
본 연구에서는 수치사진측량시스템을 이용하여 입체모델에 대한 도화작업을 통해 3차원 모델 구축의 기반이 되는 3차원 공간데이터를 추출하는데 그 목적을 두고 있으며, 특히 건물 등 인공지물에 대한 정밀 3차원 도화 및 편집 절차를 수립하고 3차원 모델을 생성하는 작업절차를 실험작업을 바탕으로 수립하였다.

2. 3차원 공간데이터 구축

<그림 1>에서 보듯이 항공사진측량을 이용하여 3차원 공간데이터를 얻는 과정은 크게 3개의 서브 프로세스로 나눌 수 있다. 먼저 항공사진영상을 획득하는 과정, 표정 혹은 항공 삼각측량을 이용하여 입체모델을 구성하여 3차원 도화 및 편집 하는 과정과 마지막으로 3차원 모델을 구축하는 과정으로 구분할 수 있다.

2.1 항공사진영상

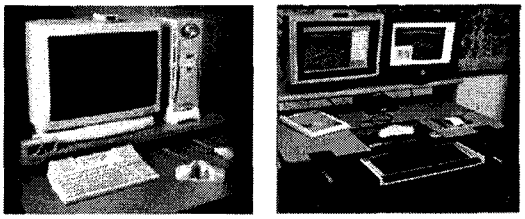
항공사진영상을 획득하는 과정은 아날로그 필름을 스캐너를 통하여 스캐닝하거나 최근 개발된 디지털카메라로부터 직접 수치 영상을 얻는 디지털 방식으로 나눌 수 있다. 본 연구에서는 아날로그 필름을 스캐닝 하여 얻어진 항공사진영상을 이용하였으며, 스캐닝 해상도는 15이다.



<그림 1> 수치사진측량 시스템을 이용한 3차원 공간데이터 구축 과정

2.2 수치사진측량시스템

사진측량 장비는 기계식에서 해석식으로 변화하였으며 최근에는 수치사진측량 시스템을 사용한다. <그림 2>는 본 연구에서 사용된 수치사진측량 시스템인 ImageStation SSK Pro와 DAT/EM Summit Evolution을 나타낸다.



<ZI Imaging ImageStation SSK Pro>　　<DAT/EM >

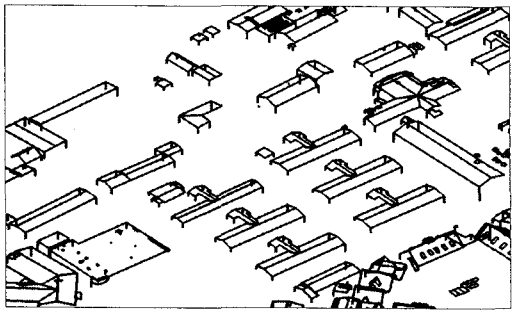
<그림 2> 수치사진측량 시스템

2.3 3차원 도화 및 편집

항공사진영상으로부터 3차원 도화를 하기 위해서는 먼저 입체모델이 구성되어야 하며, 이 과정은 일반적으로 둘로 나눌 수 있는데 표정을 통하여 수행하는 방법과 항공 삼각측량을 이용하여 수행하는 방법을 들 수 있다

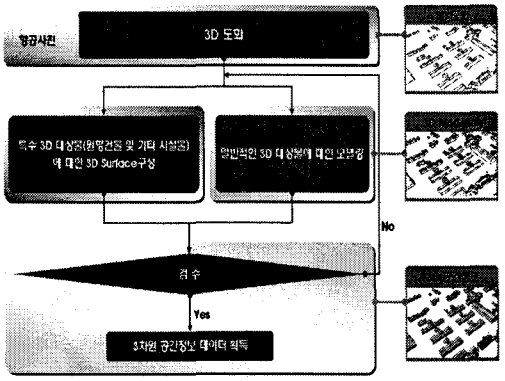
표정작업을 거쳐 구성된 입체모델을 이용하여 3차원 공간정보를 얻고자 하는 대상물에 대해 3차원 도화를 실시한다. 도화를 통하여 얻어지는 3차원 공간정보데이터는 3차원 좌표의 값을 가지고 있는 벡터데이터이다. 그림 3은 3차원 도화를 통하여 구성된 벡터데이터를 보여준다.

표정작업을 거쳐 구성된 입체모델을 이용하여 3차원 공간정보를 얻고자 하는 대상물에 대해 3차원 도화를 실시한다. 도화를 통하여 얻어지는 3차원 공간정보데이터는 3차원 좌표의 값을 가지고 있는 벡터데이터이다. <그림 3.은 3차원 도화를 통하여 구성된 벡터데이터를 보여준다



<그림 3> 항공사진측량을 이용한 3차원 도화 데이터

<그림 3>의 도화결과에서 보듯이 건물의 옆면과 같은 경우에는 3차원 데이터가 완전하게 구축되어져 있지 않다. 따라서 별도의 편집작업과 검수작업이 수행되어야 완전한 3차원 데이터를 구축할 수 있다. <그림 4>는 3차원 도화 및 편집과정을 보여준다.



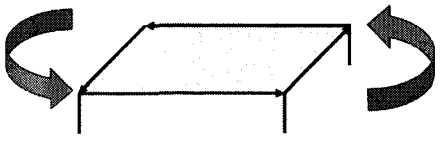
<그림 4> 3차원 도화 및 편집 과정

3. 3차원 도화 및 편집

본 연구에서 다루고자 하는 부분은 수치사진측량시스템을 이용한 도화 및 편집과정이며, 이를 바탕으로 3차원 모델링 방법을 설명하고자 한다.

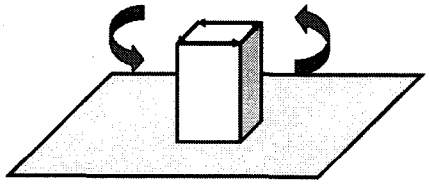
3.1 3D 도화

본 연구에서 설명하고자 하는 3D 도화는 수치사진측량시스템을 이용한 방법이며, 기존의 기계식 및 해석식 도화기를 사용할 경우 약간의 차이가 있을 수 있다. 항공사진의 입체모델을 구성한 후 다음의 과정을 통하여 3차원 도화를 실시한다. 본 연구에서는 건물만을 대상으로 하였으며, 건물의 지붕외형에 따라 사각형건물, 삼각형건물, 인접하여 있는 건물, 아치형건물, 실린더형태의 건물로 구분한다.



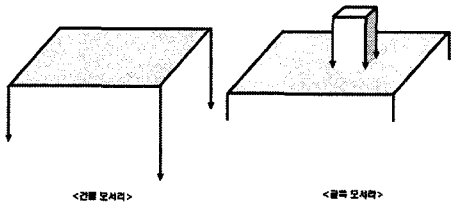
<그림 5> 사각형 건물 지붕 도화

먼저 사각형건물은 <그림 5>처럼 건물의 지붕을 한 방향으로 도화한다. 또한 <그림 6>과 같이 건물 지붕 위에 존재하는 굴뚝과 같은 대상물도 한 방향을 기준으로 도화한다.



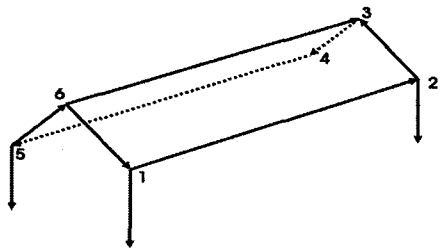
<그림 6> 굴뚝 도화

건물의 지붕에 대한 도화를 마친 후 <그림 7>과 같이 건물의 각 상단 꼭지점에서 건물의 밑면이 보이는 부분까지 모서리를 도화한다. 굴뚝과 같은 구조물도 건물과 같은 방법으로 외곽 모서리를 도화한다.



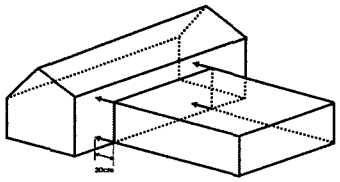
<그림 7> 건물 모서리 도화

<그림 8>은 삼각형 건물에 대한 도화과정을 나타낸다. 먼저 지붕을 1에서 6의 순서로 도화를 한 후에 6과 3을 연결하여 지붕의 도화를 마친다. 그 후 육안으로 확인 가능한 1,2,5에 대한 건물의 모서리 선을 도화한다.



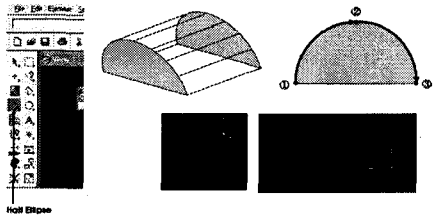
<그림 8> 삼각형 건물의 지붕 및 모서리 도화

인접한 건물은 <그림 9>처럼 도화 시 인접 부근에 대해서 약 20cm정도 들어가게 도화하여 두 인접한 건물 사이가 떨어지는 것을 방지한다.



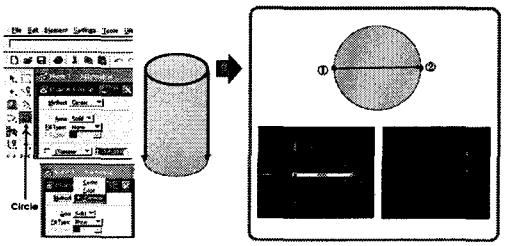
<그림 9> 인접한 건물 도화

아치형건물은 <그림 10>과 같이 "Half Ellipse" 명령을 사용하여 양 옆면을 도화 한 후 옆모서리를 도화한다.



<그림 10> 아치형 건물 도화

실린더 건물은 "Circle" 명령을 사용하여 윗면을 도화한 후, 건물의 옆모서리를 도화한다.



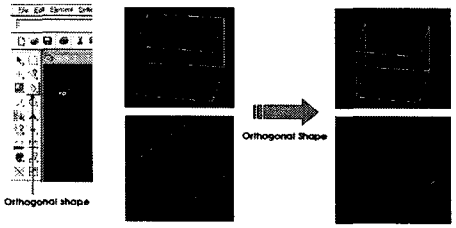
<그림 11> 실린더 형 건물 도화

위와 같은 과정을 통하여 3차원으로 도화된 3차원 대상물은 윗면과 입체모델에서 육안으로 보이는 대상물 모서리선 만이 그려진 상태이다. 대상물의 모서리 선은 지면으로부터의 대상물의 높이를 결정하기 위해서 도화된다. 지면고는 대상물의 모든 모서리 면을 고려하여 결정해야 하는데 입체모델에서는 폐색지역으로 인해 모든 모서리 면을 육안으로 확인할 수 없기 때문에 현장측량을 통하여 정확한 지면고를 결정할 수 있다. 하지만, 현장측량은 효율성이 많이 떨어지므로 편집작업 시 이를 해결하여 3차원 대상물이 지형에서 떨어지지 않도록 한다.

3.2 3D 편집

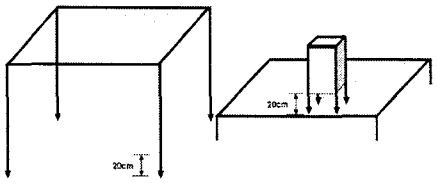
도화 시 실수나 모델의 구성에 따른 오류로 인해 직사각형 형태의 반듯한 건물이 찌그러지게 되면, <그림 12>과 같이 "Orthogonal Shape"을 사용하여 해결한다. 만일 도화 시 "Orthogonal Shape"를 사용한다면

이러한 정규화 편집작업을 피할 수 있다.



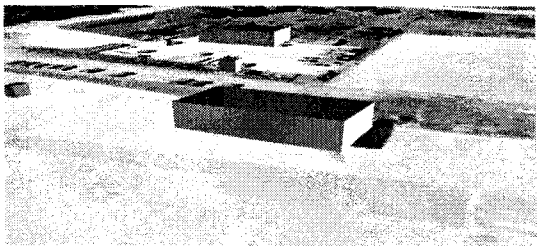
<그림 12> 정규화 편집

정규화 편집 후에, 대상물의 옆면과 밑면에 대한 편집은 먼저 대상물의 윗면 폴리곤을 모서리 선에 의해서 결정된 지면고로 복사하여 지면 폴리곤을 생성하고, <그림 13>과 같이 모든 꼭지점들을 이동시켜 높이값이 지면고와 일치하도록 해준다. 또한 이 때, 건물이 지면과 떨어지지 않도록 하기 위해서 약 20cm 정도 모서리 선을 도화된 모서리 선보다 낮추어 준다. 이렇게 함으로서 추출된 DEM 위에 건물이 떨어져 있는 현상을 방지할 수 있다.



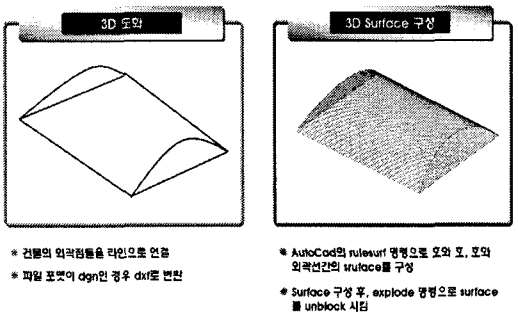
<그림 13> 사각형 건물 모서리선 편집

그런 후 밑면과 윗면을 이용하여 옆면 폴리곤을 생성한다. 이 때 옆면과 밑면은 항상 폴리곤으로 만들어 주어야 하며 윗면이 여러 면으로 구성된 대상물이라도 밑면은 항상 하나의 폴리곤으로 만들어 준다. 이 결과는 <그림 14>와 같다.



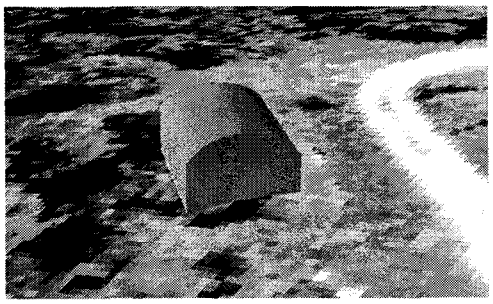
<그림 14> 3차원 모델링 결과

아치형 건물은 <그림 15>에서 설명하는 과정을 거쳐 편집 작업을 수행한다.



<그림 15> 아치형 건물 편집 과정

<그림 16>은 아치형건물에 대한 3차원 모델링 결과를 보여준다.



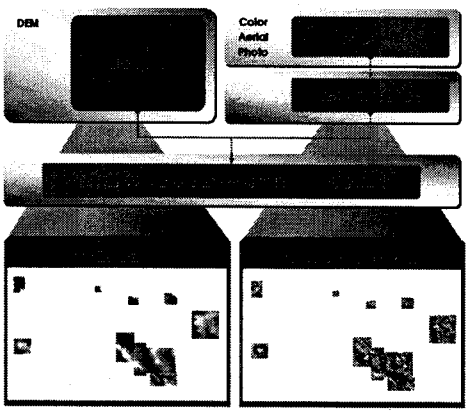
<그림 16> 아치형 건물 3차원 모델링 결과

3.3 3D 검수

구축된 데이터에 대한 3차원 모델링 결과를 검수한다. 검수방법은 대상물의 모든 면이 폴리곤으로 되어있는지를 검사하는 동시에 획득된 DEM 위에 대상물을 중첩하여 DEM 보다 높거나 낮은 경우를 검사하여 수정한다. 원형 및 일반건물, 파이프, 굴뚝과 같은 특수 대상물들은 각각 3D Shape 파일로 변환하여 검수한다.

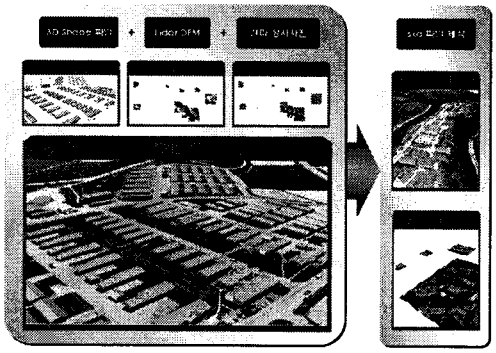
4. 영상맵핑 및 3차원 공간데이터 결과물

<그림 17>은 3D 도화/편집/검수가 완료된 3차원 공간데이터를 DEM 및 항공사진영상을 통해 얻어진 정사사진 또는 모자이크 영상에 영상맵핑하는 과정을 나타낸다.



<그림 17> 영상 맵핑 과정

<그림 18>은 3차원 공간데이터 특히 건물에 대한 모델링 결과와 영상맵핑 결과 및 각 대상물 별 데이터베이스를 통합하여 최종 3차원 공간 정보를 구축한 결과를 나타낸다.



<그림 18> 3차원 공간데이터 최종 결과물

5. 결 론

본 연구에서는 기존에 수행되어오던 2차원 공간데이터 구축방법과는 달리 수치사진측량 시스템을 통하여 여러 단계의 절차를 거쳐 생성되는 3차원 공간데이터 구축방법을 제시하였다. 이와 같이 구축된 3차원 공간데이터에 GIS 속성데이터를 부가하여 가상도시 구축, 무선통신망 설계, 네비게이션 시스템, 환경 분석 등 지형 및 위치를 기반으로 하는 분야에서 유용하게 사용되어질 것으로 기대된다.

< 참 고 문 헌 >

[1] 건설교통부, "3차원 도시공간 모형의 활용성 연구", 2004

[2] 건설교통부, "3차원 공간정보구축 추진계획 수립연구, 2003

[3] 일본 총무성, "3차원 GIS 데이터 획득에 관한 연구", 헤세이 13년

[4] Toni Schenk, "Digital Photogrammetry", Volume 1, 1999

[5] Wolf. R., and Dewitt. A., "Elements of Photogrammetry", 3rd edition, 2000