韓國地形空間情報學會誌 第18卷 第4號 2010年 12月 pp. 141-149

연구논문

수치사진측량 기법을 이용한 3차원 공간정보의 품질 분석

Quality Analysis of Three-Dimensional Geo-spatial Information Using Digital Photogrammetry

이현직* · 유지호** · 김상연***

Lee, Hyun Jik · Ru, Ji Ho · Kim, Sang Youn

要 旨

3차원 공간정보는 효율적 국토이용 및 관리, 지자체의 도시계획수립, 도시관리 등 도시 활동의 입체적인 표현과 분석을 위한 중요한 정보로써 공공분야뿐만 아니라 공간정보 서비스 산업 활성화로 민간분야에서도 다양하게 이용되고 있다. 고품질 3차원 공간정보의 생성을 위해서는 원시영상 및 3차원 지형모델의 품질 뿐만 아니라 LoD 수준, Texturing과 같은 가시화 수준이 중요한 요소가 된다. 하지만 기존 3차원 국토공간정보는 구축 공정이 복잡하고, 기 제작된 수치지도를 이용하여 자료의 최신성이 부족하다. 또한 일반정사영상의 이용으로 영상의 기복변위가 존재하여 가시성이 낮고, LoD 수준이 2~3급 정도로 인공지물의 3차원 모델이 단순화 되어 현실감이 다소 부족하다는 단점이 있다. 이에 본 논문에서는 기존의 대축척 디지털항공사진카메라와 다방향 촬영 디지털카메라로 촬영된 디지털항공사진영상을 이용하여 수치사진측량기법을 적용한 3차원 모델링 기법으로 제작된 3차원 공간정보의 품질 분석을 수행하였다. 3차원 모델의 가시화 정보의 정확도 분석결과 별도의 가시화 정보의 획득 없이 원영상만으로 84% 이상의 정확도를 확보할 수 있었다. 촬영시기와 동일한 3차원 공간정보 구축이 가능하여 자료의 최신성 확보가 용이 하였고, 작업공정의 실감정사영상의 위치정확도 분석결과 1:1,000 수치지도의 수평위치 허용정확도보다 양호한 결과를 나타냈다.

핵심용어 : 디지털 항공사진영상, 국가기본도, 공간정보, 3차원 모델링

Abstract

Three-dimensional geo-spatial information is important for the efficient use and management of the country and the three-dimensional expression and analysis of urban projects, such as urban plans devised by local governments and urban management. Thanks to the revitalization of the geo-spatial information service industry, it is now being variously used not only in public but also private areas. For the creation of high-guiltily three-dimensional geo-spatial information, emphasis should be placed on not only the quality of the source image and three-dimensional geo-spatial model but also the level of visualization, such as level of detail and texturing. However, in the case of existing three-dimensional geo-spatial information, its establishment process is complicated and its data are not updated frequently enough, as it uses ready-created digital maps. In addition, as it uses Ortho Images, the images exist Relief displacement. As a result, the visibility is low and the three-dimensional models of artificial features are simplified to reach LoD between 2 and 3, making the images look less realistic. Therefore, this paper, analyzed the quality of three-dimensional geo-spatial information created using the three-dimensional modeling technique were applied using Digital photogrammetry technique, using digital aerial photo images by an existing large-format digital camera and multi-looking camera. The analysis of the accuracy of visualization information of three-dimensional models showed that the source image alone, without other visualization information, secured the accuracy of 84% or more and that the establishment of three-dimensional spatial information carried out simultaneously with filming made it easier to gain the latest data. The analysis of the location accuracy of true Ortho images used in the work process showed that the location accuracy was better than the allowable horizontal position accuracy of 1:1,000 digital maps.

Keywords : Digital Aerial Photograph, National Base Map, Geo-spatial Data, 3D Modeling

2010년 11월 16일 접수, 2010년 12월 17일 채택

* 정회원 · 상지대학교 건설시스템공학과 교수(hjiklee@sangji.ac.kr)

** 교신저자 · 정회원 · 상지대학교 대학원 토목공학과 박사과정(sjce96@hanmail.net)

*** 정회원 · 상지대학교 대학원 토목공학과 석사과정(peace3104@naver.com)

1. 서 론

3차원 공간정보는 효율적 국토이용 및 관리, 지자체의 도시계획수립, 도시 관리 등 도시 활동의 입체적인 표현과 분석을 위한 중요한 정보로써 공공분야뿐만 아니라 텔레메틱스(Telematics), 위치기반서비스(LBS : Location Based Service), 차량항법장치(CNS : Car Navigation System), Geo-spatial Web 등 공간정보 서비스 산업 활성화로 민간분야에서도 다양하게 이용되고 있다.

2002년 이후 Google Earth와 MS Virtual Earth 출현으로 3차원 공간정보의 관심이 고조되어 지자체 및 민간부문에서 3차원 공간정보의 수요가 증대함에 따라 국가에서 대국민 서비스의 도모와 국토공간정보의 다양한 활용을 목적으로 3차원 공간정보를 제공하기 위해 2005년부터 시급이상 지방자치단체를 대상으로 3차원 국토공간정보 구축 사업을 추진하고 있다. 2009년 대전시, 의왕시, 원주시 등 24개 지방자치단체에 대한 3차원 국토공간정보 구축이 완료되었다(사업현황, 국토지리정보원 공간영상과, 2009).

고품질 3차원 공간정보를 생성하기 위해서는 원시영상 및 3차원 지형정보의 품질 뿐만 아니라 LoD(Level of Detail) 수준, Texturing과 같은 가시화 수준 또한 중요한 요소가 된다.

기존 3차원 국토공간정보는 GSD(Ground Sample Distance) 0.2m 이상의 수직항공사진영상을 이용하여 제작된 일반정사영상(Nomal OrthoImage)과 LiDAR (Light Detection And Ranging) DEM(Digital Elevation Model)을 이용하여 지형의 3차원 및 가시화를 수행하였으며, 1:1,000 수치지도를 기초로 LiDAR 데이터의 높이값을 이용하여 인공지형지물에 대한 3차원 모델을 생성하고, 현지조사 및 GPS밴 등을 이용하여 가시화 정보를 취득한 후, 취득된 가시화정보의 Texturing을 수행하여 제작하였다.

기존 3차원 국토공간정보는 구축 공정이 복잡하고, 기 제작된 수치지도를 이용하여 자료의 최신성이 부족하다. 또한 일반정사영상의 이용으로 영상의 기복변위가 존재하여 가시성이 낮고, LoD 수준이 2~3급 정도로 인공지물의 3차원 모델이 단순화 되어 현실감이 다소 부족하다는 단점이 있다.

최근 GSD 0.2m이하(촬영고도 1000m시 GSD 0.12m급 영상 취득)의 다방향(수직, 전방, 후방, 좌측, 우측) 영상 취득이 가능한 다방향 촬영 디지털항공사진카메라와 수치사진측량기법을 적용한 3차원 모델링 기법(건물상단 및 외벽 등에 대한 도화 방법 등)이 적용된 PLW Model Works의 등장으로 LoD 4급의 고품질 3차원 공간정보의 효율적인 구축이 가능하게 되었다.

본 연구에서는 기존의 대축척 디지털항공사진카메라와 다방향 촬영 디지털항공사진카메라인 Pictometry 카메라로 촬영된 디지털항공사진영상을 활용하여 수치사진측량기법으로 제작된 3차원 공간정보의 품질 분석을 수행함으로써 수치사진측량 기법을 이용한 3차원 공간정보의 특성과 활용 가능성을 타진하였다.

2. 기존 3차원 공간정보 특성

기존 3차원 공간정보는 중형 디지털항공사진카메라를 이용하여 촬영한 디지털항공사진영상의 표정해석 및 AT를 수행한 영상과 항공 레이저측량을 통하여 획득한 LiDAR 데이터의 포인트 분류를 거쳐 제작한 DEM을 이용하여 일반정사영상을 제작하며, 제작된 일반정사영상과 LiDAR DEM을 이용하여 지형의 3차원 가시화를 수행한 3차원 지형모델을 생성한다(국토지리정보원, 2009). 그림 1은 기존 3차원 공간정보의 제작과정을 나타낸 것이다.

3차원 가상모델링의 수행은 LiDAR DSM의 높이값, 1:1,000 수치지형도로부터 각 항목별 레이어 추출 및 구조화 편집을 수행한 데이터와 GPS밴 및 현지지리조사를 통하여 획득한 가시화 정보를 3차원 가상모델의 Texturing을 통하여 제작이 이루어져 자료취득 공정, 구조화 공정, 3차원 모델링 공정, 가시화 공정, 현장조사 등 공정이 복잡하고, 구축 항목 및 현장조사 항목이 많아 시간 및 비용의 발생이 크는 단점이 있다. 또

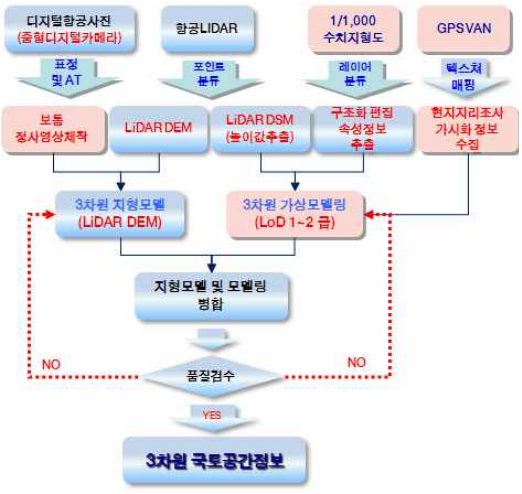


그림 1. 기존 3차원 공간정보 제작 과정

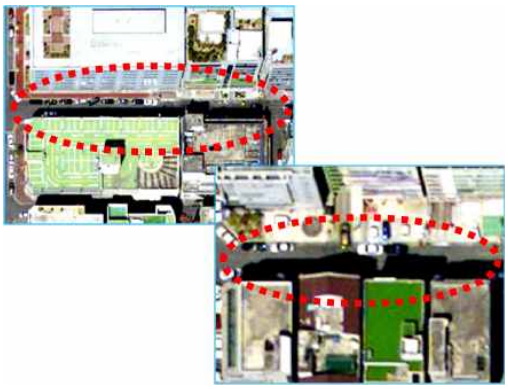


그림 2. 일반 정사영상의 폐색영역

그림 3. 기존 3차원 공간정보

한, 기존 3차원 공간정보 제작 시 일부 시설물을 제외한 대부분은 3차원 단순 모델링(LoD 1~2급)을 수행하며, 가상 영상으로 가시화 정보를 제작하여 현실성과 가시성이 낮다. 또한, 일반 정사영상으로 제작되어 기복변위로 인한 폐색영역이 발생하며, 3차원 모델과 정사영상의 수평위치 불부합이 발생하여 활용성이 저하되는 문제점이 있다. 그림 2는 일반정사영상의 문제점인 폐색영역을 나타낸 것이며, 그림 3은 기존 3차원 공간정보를 나타낸 것이다.

3. 고품질 3차원 공간정보 제작

3.1 대상지역 선정 및 자료 특성

3.1.1 대상지역 선정

수치사진측량기법을 이용한 3차원 공간정보의 구축 대상지역은 서울시 강남구 강남역 근교로 다양한 인공지형지물이 포함될 수 있는 지역으로 선정하였으며, 대상지역의 면적은 약 1.285㎢이다. 그림 4는 3차원 공간정보 구축 대상지역을 나타낸 것이다.

그림 4. 3차원 공간정보 구축 대상지역

3.1.2 자료특성

본 연구에서 3차원 공간정보 구축을 위해 사용된 디지털항공사진영상은 지도 제작용 대축척 디지털항공사진카메라인 Intergraph DMC (Digital Mapping Camera)로 촬영된 디지털항공사진영상과 다방향 촬영 디지털항공사진카메라인 Pictometry 카메라로 촬영된 디지털항공사진영상을 이용하였다.

① 수직 디지털항공사진영상

Intergraph DMC는 지도제작을 목적으로 한 측량용 대축척 디지털항공사진카메라로써 수직영상의 취득만이 가능하다. 표 1은 Intergraph DMC의 제원을 나타낸 것이다.

Intergraph DMC로 촬영된 디지털항공사진영상의 폐색지역을 최소화하기 위하여 촬영 중복도를 종중복도

표 1. Intergraph DMC 제원

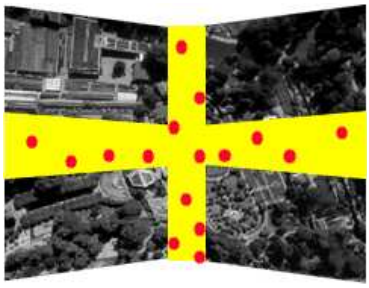
구 분	제 원
초점거리	Pan=120mm, Multi=25mm
CCD크기	12㎛
총 중량	171 - 255kg
이미지 크기	13,820 × 7,680(Pan)
운영고도	8,000m
GSD	0.1m(촬영고도 1,000m)

표 2. Intergraph DMC 촬영 계획

설계조건	내 용	비 고
촬영코스	남북 및 동서	교차촬영
촬영GSD	0.12m	한 화소의 지상거리
촬영고도	1,000m	
촬영축척	1:8,333	
중복도	80% 이상	
	70% 이상	

80%이상, 횡중복도 70% 이상으로 설정하였으며, 다방향 영상을 획득하기 위하여 남북, 동서 교차 촬영을 수행하였다. 표 2는 Intergraph DMC로 촬영된 대상지역의 디지털항공사진영상에 대한 촬영계획 설계내용을 나타낸 것이다.

Intergraph DMC로 촬영된 디지털항공사진영상은 4개의 흑백프레임 카메라를 통해 촬영된 영상을 병합한 한 장의 흑백 수직영상과 Red, Green, Blue, Near Infrared 밴드로 구성된 다중분광센서로 획득된다. 다중분광영상을 Pan-Sharpening과정을 수행하여 제작하는 칼라영상은 지도제작을 목적으로 취득된 영상이기 때문에 밝기값이 다소 어두운 것이 특징이다. 그림 5는 Intergraph DMC의 촬영 방식을 나타낸 것이며, 그림 6은 Intergraph DMC로 촬영된 디지털항공사진영상을 나타낸 것이다.



(a) 4개의 사진 중첩

(b) 다중분광 영상

그림 5. Intergraph DMC 촬영 방식

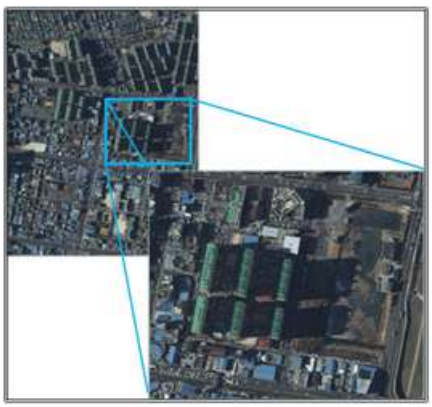
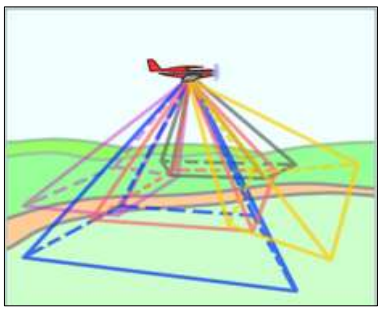


그림 6. 대상지역 Intergrph DMC 디지털항공사진영상

② Pictometry 디지털항공사진영상

Pictometry 카메라는 40°로 기울어진 경사 카메라 4대와 수직 카메라 1대가 결합된 카메라 시스템으로 수직영상과 다방향 경사영상을 동시에 촬영할 수 있는 디지털항공사진카메라이다(Wang, Y, 2008). 그림 7은 Pictometry 카메라의 촬영 방식을 나타낸 것이며, 표 3은 Pictometry 카메라의 제원을 나타낸 것이다.



(a) 영상 취득 방법

(b) 수직 및 경사영상

그림 7. Pictometry 촬영 방식

표 3. Pictometry 제원

구 분	제 원
초점거리	65mm / 85mm (수직/경사)
CCD크기	7.4 ㎛(수직)
총 중량	165.65 kg
이미지 크기	4872 X 3248(수직)
운영고도	3,048 m
GSD	0.1m(촬영고도 850m)

표 4. Pictometry 카메라의 촬영 계획

설계조건	내 용	비 고
촬영코스	동서	
촬영GSD	0.12m	한 화소의 지상거리
촬영고도	850m	
촬영축척	1:13,000	
중복도	66% 이상	
	33% 이상	

(a) 수직영상

(b) 경사영상

그림 8. 대상지역 Pictometry 디지털항공사진영상

Pictometry 디지털항공사진영상은 1회 촬영으로 다방향 영상을 획득할 수 있으며, 동서방향으로 종중복도 66%이상, 횡중복도 33%이상으로 촬영을 수행하였다. 표 4는 Pictometry 카메라로 촬영된 대상지역의 디지털항공사진영상에 대한 촬영계획 설계내용을 나타낸 것이다.

Pictometry 카메라는 3차원 모델링을 목적으로 제작되어 각 카메라에서 칼라 영상의 취득이 가능하며, 지도 제작용 디지털카메라에 비해 밝기값이 밝은 것이 특징이다. 그림 8은 Pictometry 카메라로 촬영된 대상지역 디지털항공사진영상의 수직영상과 경사영상을 나타낸 것이다.

3.2 수치사진측량기법을 이용한 3차원 공간정보 제작

3.2.1 PLW Model Works특성

PLW Model Works는 수치사진측량기법을 적용하여 디지털항공사진영상에 대한 표정 및 AT의 수행이 가능하며, 공액기하(Epipolar Geometry)의 원리를 이용한 3차원 관측 및 성과 제작이 가능하다. 또한 수치편위수정, 영상재배열, 폐색영역 보정 등 정사영상 제작기법을 적용하여 실감정사영상(True Ortho image)의 제작이 가능하다.

3차원 모델의 제작은 단영상을 이용한 도화방식의 반자동 3차원 모델링을 수행하여 입체영상, 다중영상, 다방향 영상 등 입력 영상을 이용한 3차원 실사모델에 대한 자동 Texturing이 가능하다.

PLW Model Works를 이용한 3차원 공간정보 구축은 디지털항공사진영상, 카메라 정보, GPS/INS 정보, 지상기준점정보, LiDAR DEM을 입력한 후 디지털항공사진영상에 대한 상호표정과 절대표정을 수행한다. 표정해석 후 디지털항공사진영상을 이용하여 인공지형지물에 대한 3차원 모델링을 수행하며, 3차원 모델링의 Texturing은 입력된 디지털항공사진영상으로부터 자동으로 수행되게 된다.

초기에 입력된 LiDAR DEM과 3차원 모델링 데이터를 이용하여 실감정사영상을 제작하며, 최종적으로 LiDAR DEM, 실감정사영상, 3차원 모델링 데이터를 합성하여 3차원 공간정보를 구축하게 된다. 그림 9는 PLW Model Works를 이용한 3차원 공간정보 제작 공정을 나타낸 것이다.

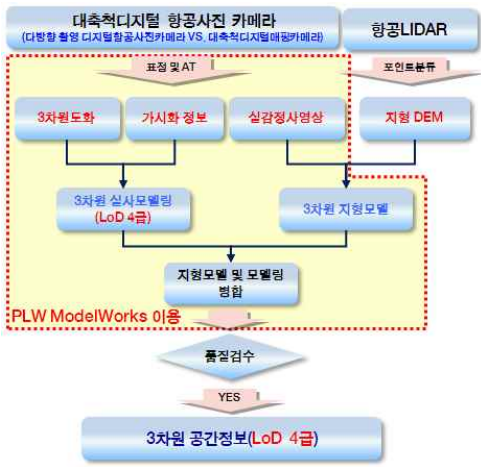


그림 9. PLW Model Works를 이용한 3차원 공간정보 제작 과정

3.2.2 PLW Model Works를 이용해 제작된 3차원 공간정보 특성

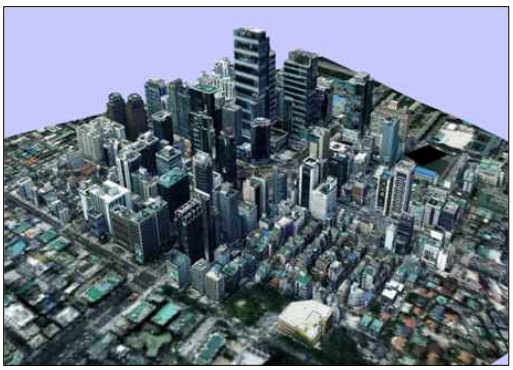
PLW Model Works로 제작된 3차원 공간정보는 디지털항공사진영상을 이용하여 모든 대상물에 대해 LoD 4급의 3차원 실사 모델링과 가시화 정보를 제공하여 현실성과 가시성이 높아 실세계와 유사한 3차원 공간정보의 구축이 가능하다.

또한 동일한 디지털항공사진영상으로부터 3차원 모델링의 가시화 정보를 실사 영상으로 제작하여 현지조사를 최소화 할 수 있다.

기존의 수치지도를 이용하지 않고 최신 디지털항공사진영상을 기반으로 3차원 모델을 제작함으로 촬영시기와 동일한 3차원 공간정보 구축이 가능하여 최신성의 확보가 용이하다(신상철, 2008).

그림 10은 Intergraph DMC 디지털항공사진영상과 Pictometry 디지털항공사진영상을 이용하여 PLW Model Works로 제작된 3차원 공간정보를 나타낸 것이다.

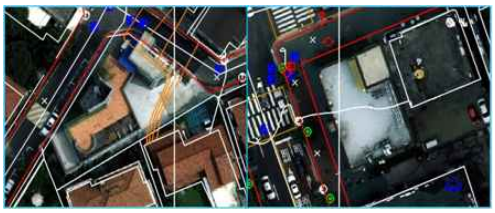
3차원 지형의 가시화 정보는 실감정사영상을 이용하여 인공 지형지물의 기복변위가 제거되어 폐색지역이



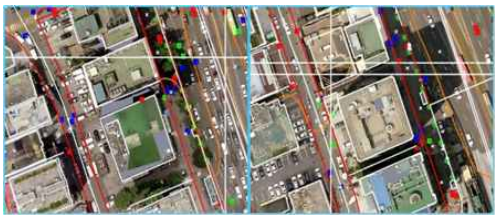
(a) Intergraph DMC 디지털항공사진영상

(b) Pictometry 디지털항공사진영상

그림 10. PLW Model Works를 이용한 3차원 공간정보



(a) Intergraph DMC 디지털항공사진영상



(b) Pictometry 디지털항공사진영상

그림 11. 대상지역 실감정사영상

없고, 3차원 모델과 실감정사영상의 위치적으로 정확히 일치한다.

원영상의 GSD가 0.12m~0.15m로 향상되어 가시성이 높으며, 골목, 소로에 대한 시설물 정보의 활용성이 용이할 것으로 판단된다. 그림 11은 Intergraph DMC 디지털항공사진영상과 Pictometry 디지털항공사진영상으로 제작된 실감정사영상을 나타낸 것이다.

4. 3차원 공간정보 정확도 분석

수치사진측량기법으로 제작된 3차원 공간정보의 정확도 분석은 정성적 분석과 정량적 분석으로 나누어 수행하였다. 정성적 분석은 3차원 공간정보의 가시성에 대하여 분석을 수행하였으며, 정량적 분석은 3차원 공간정보의 위치정확도에 대하여 분석하였다.

4.1 정성적 분석

3차원 공간정보의 정량적 분석은 3차원 모델의 가시화 정보의 정확도에 대하여 분석을 수행하였다. 가시화 정보의 정확도 분석을 위한 3차원 모델은 대상지역의 고층, 중층, 저층건물을 각 15개를 선정하였다. 저층건물은 옥상까지의 높이가 14m이하인 건물을 선정하였고, 중층건물은 15m이상~30m이하 건물, 고층건물은 31m이상의 건물을 선정하였다.

가시화 정확도 분석 방법은 일반적인 건물의 형상인 육면체를 기준으로 건물의 상단과 측면 4방향의 면적에 대하여 실사 영상의 묘사 비율을 계산하였다. 그림 12는 3차원 모델의 가시화 정확도 분석 방법을 나타낸 것이다.

(a) 건물선택

(b)각면 면적 계산

(c) 면적 대비 가시화 정보 비율 분석

그림 12. 가시화 정확도 분석 방법

표 5. 가시화 정확도 분석 결과

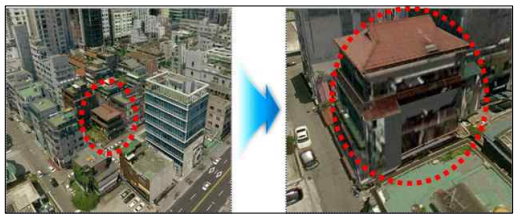
(단위 : %)

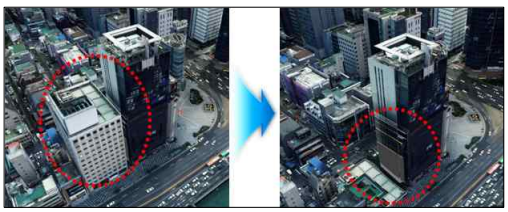
구분	가시화률 정확도(%)	
	Intergraph DMC	Pictometry
저층	81.14	71.95
중층	86.83	82.90
고층	92.78	92.72
평균	86.92	82.52

표 5는 3차원 모델의 가시화 정보에 대한 정확도 분석 결과를 나타낸 것으로 Intergraph DMC 디지털항공사진영상을 이용해 제작된 3차원 모델의 가시화 정확도는 평균 86.92%, Pictometry 디지털항공사진영상으로 제작된 3차원 모델은 82.52%로 유사한 가시화 정확도를 나타냈다.

두 디지털항공사진영상 모두 고층건물의 가시화 정확도가 가장 높게 나왔으며 저층으로 갈수록 가시화 정확도 감소하는 것으로 나타났다. 저층건물에 대해서는 Pictometry 디지털항공사진영상으로 제작된 3차원 모델의 가시화 정확도가 다소 낮은 것으로 나타는데 Pictometry 카메라는 40°의 고경사영상을 이용하여 가시화를 수행하기 때문에 밀집된 저층건물에 대한 측면부의 가시화 정보를 획득할 수 없어 정확도가 낮은 것으로 나타났다.

3차원 모델은 건물의 밀집도, 인접 건물의 영향, 수목의 영향으로 가시화 정보의 정확도가 저하되는 것으로 나타났다.


(a) 건물이 밀집한 경우


(b) 고층건물이 인접한 경우

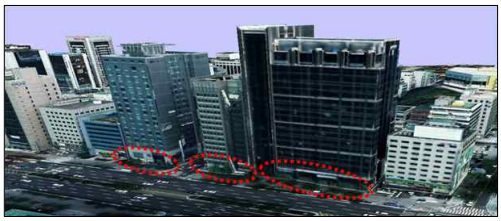

(c) 수목이 존재하는 경우

그림 13. 가시화 정확도 저하 요인

건물이 밀집되어 있거나 고층건물이 인접하였을 경우 그림 13의 (a)와 (b)에서 나타난 것과 같이 건물 측면 영상의 확보가 어려워 가시화 정보의 정확도가 저하되는 것으로 나타났으며, 그림 13의 (c)와 같이 건물 주변에 수목이 존재할 경우 건물 측면 하단이 가로수의 영향으로 수목영상이 건물영상과 같이 묘사되어 가시화 정확도를 저하시키는 것으로 분석되었다. 그림 12는 3차원 모델의 가시화 정보에 대한 정확도 저하 요인을 나타낸 것이다.

4.2 정량적 분석

3차원 공간정보의 정량적 분석은 3차원 지형의 가시화 정보로 이용되는 실감정사영상과 3차원 모델의 위치 정확도를 분석하였다. 실감정사영상의 위치정확도는 대상지역의 1:1,000 해석도화원도를 기준으로 실감정사영상의 상대적인 수평위치정확도를 분석하였으며, 위치정확도 분석을 위한 검사점은 명확히 구분이 가능한 도로 및 건물모서리 등 50점을 선정하여 분석을 수행하였다. 그림 14는 실감정사영상의 위치정확도 분석을 위한 검사점을 나타낸 것이다.

그림 14. 검사점 배치도

실감정사영상의 위치정확도를 분석한 결과 Intergraph DMC 디지털항공사진영상을 이용하여 제작된 실감정사영상의 수평위치 표준편차는 ±0.352m, Pictometry 디지털항공사진영상을 이용해 제작된 실감정사영상의 수평위치 표준편차는 ±0.354로 두 디지털항공사진영상 모두 유사한 수평위치 정확도를 나타냈다.

1:1,000 해석도화원도의 수평위치 표준차는 ±0.2m로 이를 고려할 경우 두 디지털항공사진영상으로 제작된 실감정사영상의 예상수평위치 표준편차는 ±0.4m로 1:1,000 수치지도의 수평위치오차 한계인 ±0.7m 보다 양호한 것으로 나타났다. 표 6과 그림 15는 실감정사영상 수평위치정확도에 대한 분석 결과를 나타낸 것이다.

3차원 모델의 위치정확도는 32개 모델을 선정하여 실감정사영상과 마찬가지로 대상지역의 1:1,000 해석도화원도를 기준으로 수평과 수직위치에 대한 상대적인 정확도를 분석하였다.

3차원 모델의 위치정확도를 분석한 결과 Intergraph DMC 디지털항공사진영상을 이용해 제작된 3차원 모델의 수평위치 표준편차는 ±0.182m, 수직위치 표준편차는 ±0.287m이며, Pictometry 디지털항공사진영상을 이용해 제작된 3차원 모델의 수평위치 표준편차는 ±0.148m, 수직위치 표준편차는 ±0.226m로 나타났다.

1:1,000 해석도화원도의 수평위치허용오차는 ±0.2m이고 수직위치허용오차(표고점) ±0.15m로 이를 고려할 경우 두 디지털항공사진영상으로 제작된 3차원 모델의 예상수평위치정확도는 ±0.3m, 예상수직위치정확도는 ±0.3m로 수평위치정확도는 1:1,000 수치지도의 수평위치오차 한계인 ±0.7m보다 양호한 것으로 나타났으나, 수직위치오차 한계인 ±0.15m보다 정확도가 낮은 것으로 나타났다. 표 7과 그림 16은 3차원 모델의 위치정확도 분석결과를 나타낸 것이다.

수직위치정확도가 낮게 나타난 이유는 건물 옥상에 대한 구분이 작업자마다 차이가 있어 발생된 것으로 판단된다.

표 6. 실감정사영상 위치정확도 분석 결과

(단위 : m)

구분	표준편차		
	dx	dy	dL
Intergraph DMC	±0.209	±0.234	±0.352
Pictometry	±0.215	±0.234	±0.354

표 7. 3차원 모델의 위치정확도 분석 결과

(단위 : m)

구분	표준편차			
	dx	dy	dL	dz
Intergraph DMC	±0.135	±0.095	±0.182	±0.287
Pictometry	±0.119	±0.070	±0.148	±0.226

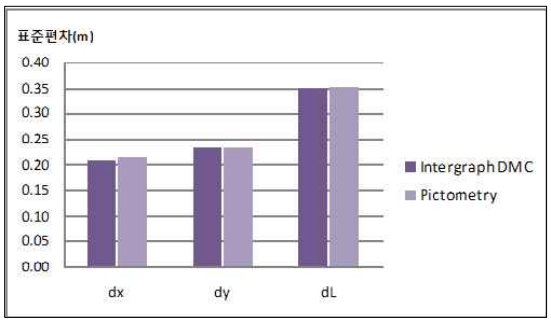


그림 15. 실감정사영상의 위치정확도 분석 결과

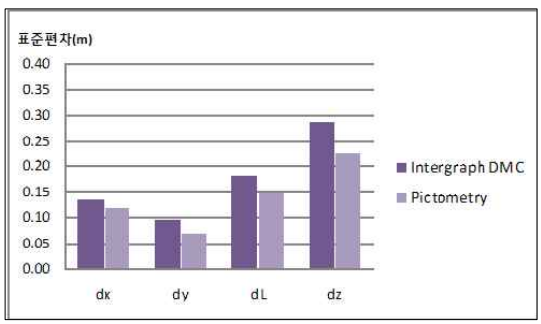


그림 16. 3차원 모델의 위치정확도 분석결과

5. 결 론

기존의 대축척 디지털항공사진카메라와 다방향 촬영 디지털항공사진카메라로 촬영된 디지털항공사진영상을 이용하여 수치사진측량기법으로 제작한 3차원 공간정보의 품질 분석을 수행하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

기존의 대축척 디지털항공사진카메라와 다방향 촬영 디지털항공사진카메라로 촬영된 디지털항공사진영상 모두 3차원 실사모델을 LoD 4급으로 제작 할 수 있었으며, 실세계와 유사한 실사 3차원 공간정보의 구축이 가능하였다. 또한 기존의 수치지도를 이용하지 않고 최신 디지털항공사진영상을 기반으로 3차원 모델을 제작하여 촬영시기와 동일한 3차원 공간정보 구축이 가능하여 자료의 최신성 확보가 용이하다.

3차원 모델의 가시화 정보의 정확도를 분석한 결과 두 디지털항공사진영상 모두 별도의 가시화 정보의 획득 없이 원영상만으로 평균 84% 이상의 가시화 정확도를 확보할 수 있었으며, 3차원 공간정보의 위치정확도를 분석한 결과 실감정사영상과 3차원 모델의 수평위치정확도는 1:1,000 수치지도의 수평위치허용정확도보다 양호하였으나, 수직위치정확도는 다소 낮은 것을 확인할 수 있었다.

그러나 수직위치정확도는 작업자의 판단에 의하여 달리질 수 있어 수직위치정확도의 향상은 가능할 것으로 판단되다.

감사의 글

본 연구는 2010년 상지대학교 교내 연구비를 지원받아 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 건설교통부, 2005, “건설교통부 2004년 3차원 공간정보 구축 시범사업 -최종보고서-”.
2. 건설교통부, 2006, “3차원 공간정보구축 2차년도 시범사업 최종보고서”.
3. 국토지리정보원, 2009, 3차원 국토공간정보 구축 작업규정.
4. 김원대, 송영선, 2010, “효율적인 수치판독업무를 위한 다방향 영상촬영시스템의 활용방안”, *한국측량학회지*, 제28권 제4호, pp.455-461.
5. 신상철, 조재관, 정경식, 이상준, 2009, “멀티센서 데이터를 이용한 3차원 공간정보 구축 방안”, *2009 한국지형공간정보학회 춘계학술대회논문집*, pp.223-226.
6. 이현직, 유지호, 구대성, 강인구, 2008, “3차원 도시모델 생성을 위한 고해상도 실감정사사진 제작 방안”, *한국측량학회 춘계학술대회논문집*, pp.401-405.
7. 이현직, 2008, “다차원공간정보를 이용한 실감정사영상 제작 방안”, *한국측량학회지*, 제26권 제3호, pp.241-253.
8. 이현직, 유강민, 이규만, 2008, “지능형국토정보를 이용한 도시모델링분야 활용”, *GIS 2008 공동춘계학술대회논문집*, pp.341-345.
9. http://www.ordnancesurvey.co.uk
10. http://plwmodelworks.com
11. http://www.pictometry.com
12. Wang, Y., Schultz, S. and Giuffrida, F., 2008, “Pictometry’s proprietary airborne digital imaging system and its application in 3D modeling, The International Archives of the Photogrammerty”, *Romote Sensing and Spatial Information Sciences,* Vol.XXXⅦ, Part B1, Beijing 2008, pp.1065-1069.
13. Wang, Y., Schultz, S. and Giuffrida, F., 2008, “Generation of Orthophotos Using Pictometry’s Digital Images”, *In Proceedings of ASPRS Annual Conference(CD ROM)*, Portland, Oregon.