
LiDAR 데이터를 이용한 지형지물의 위치정확도 분석

Analysis of Position Accuracy of Topography using LiDAR Data

김용석*, 김성철**
동아대학교 토목공학부*, 울산과학기술대학 공간디자인학부**

Yong-Suk Kim(rosekys@hanmail.net)*, Seong-Cheol Kim(sckim@mail.uc.ac.kr)**

요약

본 연구에서는 연구지역을 대상으로 LiDAR(Light Detection And Ranging) 데이터와 항공사진, 수치지도를 이용하여 지형지물에 대한 위치정확도 분석을 실시하였다.

연구지역은 부산광역시 사하구 하단지역으로 선정하였으며, 첨단 측량기법인 항공 LiDAR 데이터와 축척 1:20,000의 항공사진을 이용하였다. 그리고 각각의 영상에 대하여 표정작업과 영상의 재배열 과정을 거쳐 최종 수치정사영상을 제작하였다. 제작된 영상을 이용하여 검사점을 선정하고, 선정된 검사점에 대한 정보를 추출하였으며, 스크린 디지털이징기법을 통한 수평위치 좌표를 추출하였다. 그리고 국토지리정보원에서 공시한 축척 1:5,000의 수치지도를 이용하여 추출된 LiDAR 데이터 좌표와 항공사진의 좌표를 각각 비교·분석하였다. 수치지도를 기준으로 비교·분석한 결과 항공사진의 수평위치 정확도가 항공 LiDAR 측량 성과 보다 건물의 경우 x방향으로 24cm, y방향으로 26cm정도가 우수함을 알 수 있었다.

■ 중심어 : | LiDAR | 항공사진 | 수치지도 | 수치정사사진 | 수평 위치정확도 |

Abstract

This study : An analysis of position accuracy of topography according to using LiDAR data, aerial photo and digital map for a study area was conducted.

The study area was selected in Hadan area, Sahagu, Busan aerial LiDAR data and aerial photo in the scales of 1:20,000, which are high tech surveying ways were used. The final digital orthoimage according to orientation process for each image and image resampling was produced. Using it, a checkpoint was chosen, information about the checkpoints selected was extracted, a coordinate of Horizontal Position through the screen digitizing was also extracted. Both the coordinates of LiDAR data and aerial photo using digital map in the scales of 1:20,000 announced to the public from NGII(National Geographic Information Institute) were gradually compared and analyzed. Based on the digital map, as a result of being both compared and analyzed, it has shown to us that horizontal position of aerial photo is more accurate than that of aerial LiDAR surveying(RMSE-building x:24cm, y:26cm).

■ keyword : | LiDAR | Aerial Photo | Digital Map | Digital Ortho Image | Horizontal Position Accuracy |

I. 서론

최근 급성장한 H/W, S/W 기술의 발달에 따라, 항상

된 기술을 이용한 3차원 공간정보 구축의 요구가 증대되고 있다. 이에 우리나라는 21세기 디지털 국토 실현의 기반 확립을 위한 국가 차원의 3차원 공간정보 구축

의 필요성을 인식하고 많은 사업과 연구를 활발히 진행 중에 있다.

또한 3차원 공간정보를 구축하는데 있어 여러 가지 기법을 활용하고 있으며, 최근 각광받고 있는 것이 바로 항공 LiDAR 측량 기법이다.

이러한 LiDAR 측량 데이터를 활용한 연구동향을 살펴보면, 김형태 등은 LiDAR 데이터를 이용하여 수치정사사진을 제작 하였으며[1], 최윤수 등은 도화 원도를 이용한 LiDAR DEM의 정확도 평가에 대한 연구를 수행하였고[2], 이재원 등은 LiDAR 데이터와 CCD영상을 이용한 3D 렌더링을 제작하였다[3]. 그리고 E. J. Husing 등은 Laser Scanning Systems을 이용하여 지형에 대한 다양한 오차와 정확도를 분석하였으며[4], Wehr 등은 항공 Laser Scanning에 대한 개념과 활용방안에 대한 연구를 수행하였다. LiDAR 데이터를 활용한 공간정보 분석은 최근 들어 사회전반에 걸쳐 많이 활용되고 있으며, 다양한 분야로의 활용가치가 클 것으로 판단된다. 기존의 연구결과에서와 같이 수평수직 정확도에 대한 연구결과는 주로 건물을 중심으로 많은 연구가 진행되고 있지만, 본 논문에서는 도로 및 임야에 대하여 분석함으로써 평가의 다양성을 높이고자 하였다. 따라서 본 논문에서는 3차원의 지상 데이터를 빠르고 정확하게 획득할 수 있는 LiDAR 데이터를 이용하여 연구지역의 지형지물에 대한 위치정확도를 분석하였다. 그리고 LiDAR 측량 데이터와 항공사진, 수치지도에 대하여 수평위치 정확도를 비교·분석하고자 한다.

상의 표고점에 대한 3차원 X, Y, Z 좌표를 결정한다. 항공 LiDAR는 매우 작은 순간 시야각 IFOV(Instantaneous Field of View)을 가진 강력한 레이저를 발사하여 지상에서 반사되는 레이저가 스캐너에 도달할 때까지의 시간을 관측하고 그 값에 빛의 속도를 곱하여 거리를 계산함으로써 정밀한 3차원 좌표를 결정하는 원리이다.

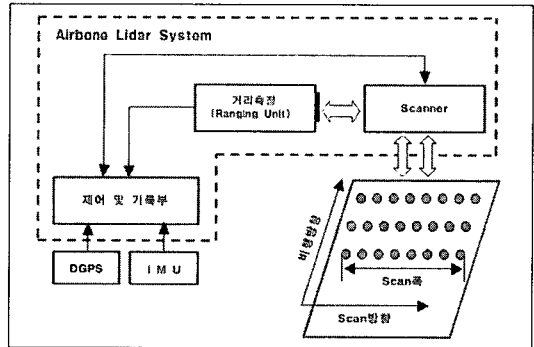
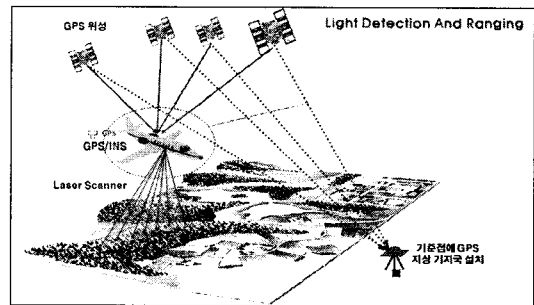


그림 1. 항공 LiDAR 측량의 기본원리

II. 항공 LiDAR 측량의 기본 원리 및 구성

1. 기본 원리

LiDAR 장비는 레이저 Scanner, GPS, INS(Inertial Navigation System)로 구성되어 있으며[그림 1], 레이저 scanner는 다시 거리측정부와 scanning 부분으로 분할되고, 이들은 제어부를 통해 통합 운영되고 제어된다 [6].

GPS가 센서의 위치를, INS가 센서의 자세를, 레이저 Scanner가 센서와 지표면과의 거리를 측정하여 지표면

2. ALTM(Airborne Laser Terrain Mapper) 시스템

ALTM은 GPS와 INS 및 레이저 거리측정센서를 통합한 장비로서 LiDAR 시스템을 구체적으로 구현한 시스템이다. 이것을 항공기에 장착하고 지형도 및 DTM 제작을 위해 대상지역을 스케닝한 자료를 취득한 후에 GPS, INS, 레이저 거리측정 데이터를 이용하면 지표면의 측정좌표를 지도화 할 수 있다[7].

본 연구에 사용된 레이저 스캐너 ALTM 3070은 [그림 2]와 같으며, 장비 사양은 [표 1]에 수록하였다. 사용된 항공기는 CESSNA 208 기종으로 [그림 3]과 같으며,

항공기내에 ALTM 3070 스캐너를 장착한 뒤 운전석 뒤에 항공사진촬영 카메라를 장착하는 자리에 고정판을 만들어 스캐너를 고정하고 컨트롤 컴퓨터와 CCD 카메라를 설치하였다. 그리고 항공기 앞부분에는 구멍을 내어 GPS 안테나를 설치하였다. [그림 4]는 항공기내에 ALTM 3070 스캐너와 컨트롤 컴퓨터가 장착된 모습이다.

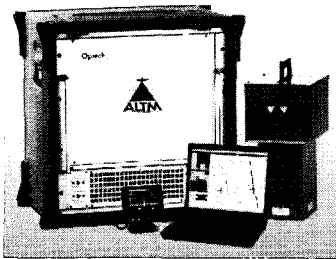


그림 2. ALTM 3070

표 1. ALTM 3070 시스템 사양

| ALTM 3070 | |
|-------------------------|---------------------------------------|
| 운영 고도 | 200 ~ 3,000m |
| 수평 정확도 | 1/2000 X altitude(1σ) |
| 수직 정확도 | 15cm(1.2km) 25cm(2km) 35cm(3km) |
| 해상도 | 1cm |
| 데이터 취득 | 4 range meas |
| Scan율 (rate) | max 70Hz |
| Scan 각 | 0 ~ ±25° |
| Swath 폭 | (0 ~ 0.93)×altitude |
| 레이저 반복율 (Selectable) | 33kHz(within 3km of alt.) |
| | 50kHz(within 2km of alt.) |
| | 70kHz(within 1.5km of alt.) |



그림 3. CESSNA 208

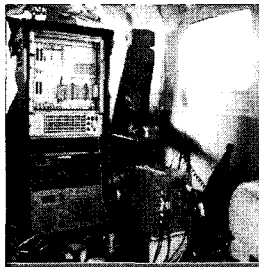


그림 4. 항공기 내부 설치

III. 연구방법 및 수치정사사진 제작

1. 연구방법

본 연구에서는 수치지도에 대해서 세계측지 좌표인 GRS 80 좌표계로의 변환과정을 거쳐 항공사진에 대한 정보정영상을 제작하였다. 그리고 LiDAR 데이터는 WGS 84 좌표로 취득되기 때문에 별도의 변환 과정을 수행하지 않아도 된다. 이는 GRS 80 좌표계와 WGS 84 좌표계가 거의 동일하기 때문에 세계측지좌표계로 혼용하여 사용하고 있기 때문이다. [그림 5]에서는 연구의 개략적인 흐름도를 나타내었고, [그림 6]과 [그림 7]은 연구지역에 대한 현황도 및 항공 LiDAR 촬영 코스를 나타내었다.

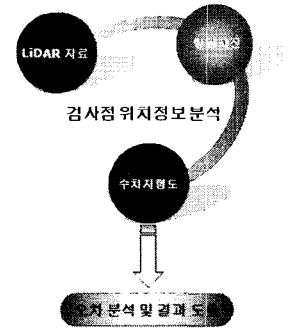


그림 5. 연구 흐름도

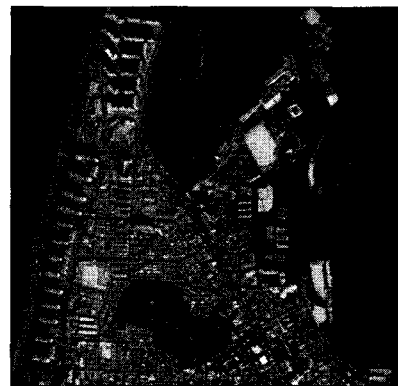


그림 6. 연구지역의 현황도

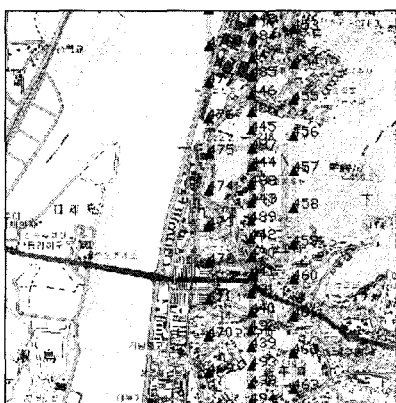


그림 7. 항공 LiDAR 촬영 코스

2. 연구자료

항공 LiDAR 측량 장비는 ALTM 3070을 이용하여 2006년 12월 24일 촬영하여 취득한 자료를 사용하였고, 항공사진은 2005년 10월 촬영한 축척 1:20,000 사진이며, 수치지도는 국토지리정보원에서 2005년 공시한 축척 1:5,000의 자료를 사용하였다.

3. 수치정사사진 제작

정사보정 방법은 기하보정 방법과 달리 영상이 가지고 있는 왜곡의 원인을 모두 고려하여 기하학적으로 영상 촬영 당시와 똑같은 환경을 재구성함으로써 영상의 위치를 보정하는 방법이다. [그림 8]에서는 수치정사사진을 제작하는 과정을 나타내었다.

항공사진을 이용하여 수치정사사진을 제작하기 위하여 우선 선행되어야 할 것이 지상기준점(GCP : Ground Control Point)을 선정하는 것이다. [그림 9]에서는 연구지역에 대한 GCP 10점을 선정하였다. 그런 다음 영상에 대한 좌표와 지도좌표를 정합하였으며, 정합한 영상에 대하여 3차 다항식을 적용하여 보정된 영상좌표를 추출하고 영상의 재배열 과정을 거쳐 기하보정영상을 생성하였다.

마지막으로 수치정사사진을 생성하기 위해서는 보정된 영상에 대한 수치표고모델(DEM)을 생성하여 정밀 수치미분편위수정 과정을 거침으로써 최종 수치정사사진을 제작하였다.

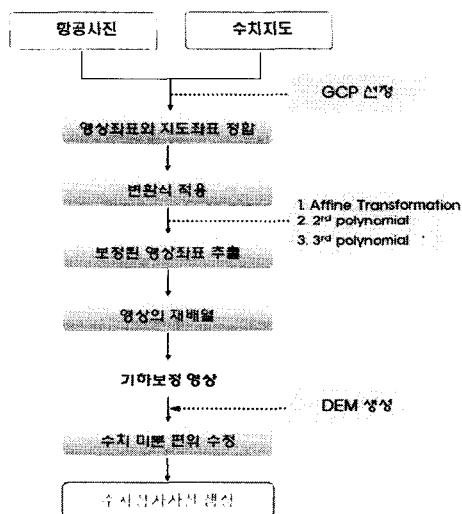


그림 8. 수치정사사진 제작 흐름도

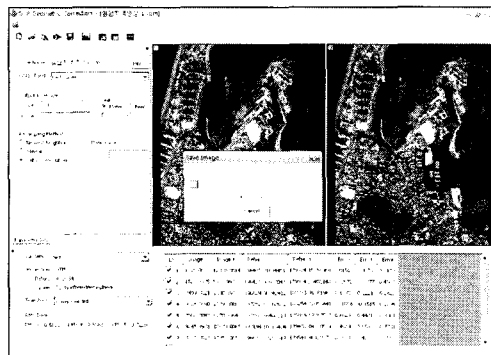


그림 9. GCP 생성



그림 10. 영상과 수치지도의 중첩

[그림 10]은 영상과 수치지도를 정합한 결과를 나타내었으며, [그림 11]은 수치지도에서 등고선을 추출하여 DEM을 생성하는 과정을 나타내었다. 그리고 최종적으로 정밀미분편위수정과정을 거쳐 생성된 수치정사사진을 [그림 12]와 [그림 13]에 나타내었다.

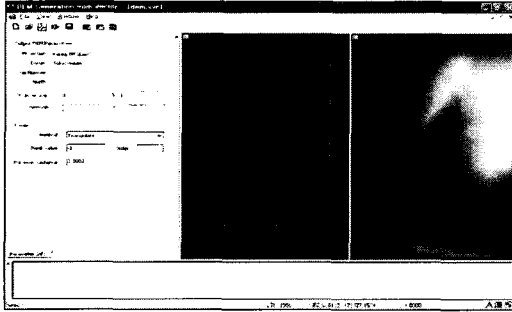


그림 11. DEM 생성

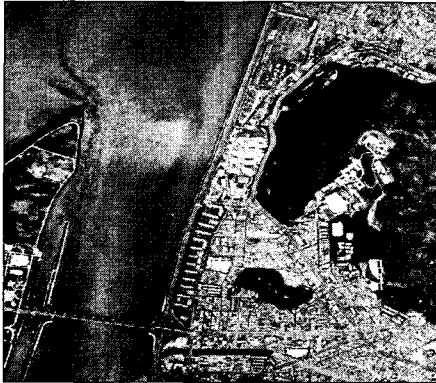


그림 12. 수치정사사진(항공사진)

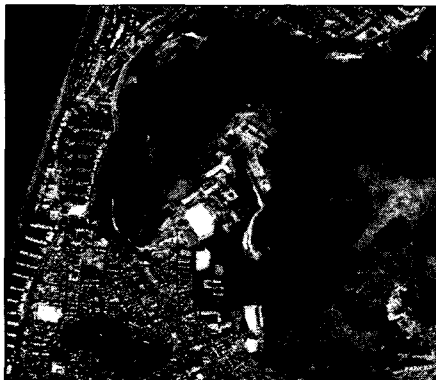


그림 13. 수치정사사진(LiDAR 영상)

IV. 수평위치정보 분석

1. 검사점 선정

항공 LiDAR와 항공사진에 대한 위치정보 분석을 위하여 제작된 수치정사사진을 가지고 [그림 14]와 같이 건물, 도로, 임야로 나누어 각각 검사점을 선정하였다.



그림 14. 건물, 도로, 임야의 검사점

2. 벡터파일 추출

[그림 15]는 LiDAR 영상(왼쪽)과 항공사진(오른쪽)에 대하여 스크린 디지털이징기법으로 건물, 도로, 임야에 대하여 벡터 파일로 추출한 결과를 나타내고 있다. 추출된 건물은 8곳, 도로, 임야는 각각 10곳의 검사점을 각각 선정하여 수평위치좌표를 추출하였다.

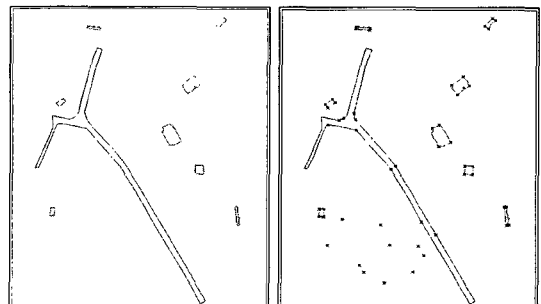


그림 15. 스크린 디지털이징 추출(LiDAR, 항공사진)

3. 수치지도와 항공 LiDAR 데이터의 수평위치분석

표 2. 수치지도와 LiDAR 데이터의 수평위치 분석(건물)

| 건물 | | | | | | | | | |
|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|-------|------|--|
| No | 수치지도(m) | | LiDAR(m) | | 이격거리 | | | | |
| | X | Y | X | Y | dx | dy | | | |
| 1 | 1 | 196563.64 | 180295.78 | 196562.95 | 180295.22 | 0.69 | 0.56 | | |
| | 2 | 196624.25 | 180288.66 | 196624.89 | 180288.21 | -0.64 | 0.45 | | |
| | 3 | 196622.83 | 180277.67 | 196623.03 | 180278.16 | -0.20 | -0.49 | | |
| | 4 | 196561.88 | 180285.18 | 196561.12 | 180285.78 | 0.76 | -0.60 | | |
| 2 | 1 | 197162.63 | 180339.42 | 197162.52 | 180339.39 | 0.11 | 0.03 | | |
| | 2 | 197175.96 | 180328.09 | 197176.44 | 180328.94 | -0.48 | -0.85 | | |
| | 3 | 197143.87 | 180287.05 | 197143.23 | 180287.67 | 0.64 | -0.62 | | |
| | 4 | 197128.79 | 180299.49 | 197128.57 | 180299.49 | 0.22 | 0.00 | | |
| 3 | 1 | 197036.03 | 180057.68 | 197035.89 | 180057.11 | 0.14 | 0.57 | | |
| | 2 | 197062.74 | 180014.72 | 197062.03 | 180014.72 | 0.71 | 0.00 | | |
| | 3 | 197009.29 | 179969.92 | 197009.93 | 179969.08 | -0.64 | 0.84 | | |
| | 4 | 196984.29 | 180016.06 | 196983.78 | 180015.23 | 0.51 | 0.83 | | |
| 4 | 1 | 196929.90 | 179823.63 | 196929.17 | 179823.34 | 0.73 | 0.29 | | |
| | 2 | 196980.83 | 179737.73 | 196980.08 | 179737.09 | 0.75 | 0.64 | | |
| | 3 | 196928.34 | 179717.93 | 196928.99 | 179718.71 | -0.65 | -0.78 | | |
| | 4 | 196897.43 | 179806.72 | 196896.88 | 179807.35 | 0.55 | -0.63 | | |
| 5 | 1 | 197042.28 | 179623.35 | 197042.89 | 179624.11 | -0.61 | -0.76 | | |
| | 2 | 197077.55 | 179621.85 | 197077.18 | 179621.69 | 0.37 | 0.16 | | |
| | 3 | 197075.55 | 179581.62 | 197075.37 | 179581.45 | 0.18 | 0.17 | | |
| | 4 | 197041.47 | 179582.59 | 197041.18 | 179582.27 | 0.29 | 0.32 | | |
| 6 | 1 | 197217.51 | 179423.79 | 197218.01 | 179423.02 | -0.50 | 0.77 | | |
| | 2 | 197227.10 | 179424.63 | 197226.69 | 179424.01 | 0.41 | 0.62 | | |
| | 3 | 197238.83 | 179335.68 | 197238.09 | 179336.27 | 0.74 | -0.59 | | |
| | 4 | 197227.34 | 179334.12 | 197226.79 | 179333.42 | 0.55 | 0.70 | | |
| 7 | 1 | 196405.54 | 179414.95 | 196405.09 | 179414.88 | 0.45 | 0.07 | | |
| | 2 | 196425.85 | 179414.35 | 196425.76 | 179414.11 | 0.09 | 0.24 | | |
| | 3 | 196424.28 | 179376.29 | 196424.64 | 179376.06 | -0.36 | 0.23 | | |
| | 4 | 196403.49 | 179377.59 | 196403.89 | 179377.85 | -0.40 | -0.26 | | |
| 8 | 1 | 196563.64 | 180295.78 | 196563.03 | 180295.07 | 0.61 | 0.71 | | |
| | 2 | 196624.25 | 180288.66 | 196623.79 | 180288.02 | 0.46 | 0.64 | | |
| | 3 | 196622.83 | 180277.67 | 196623.10 | 180277.83 | -0.27 | -0.16 | | |
| | 4 | 196561.88 | 180285.18 | 196561.69 | 180284.85 | 0.19 | 0.33 | | |
| RMSE(m) | | X | | 0.51 | | Y | | 0.54 | |

[표 2]에서는 건물에 대하여 수치지도의 수평위치 좌표를 추출한 결과와 항공 LiDAR에서 추출한 수평위치 결과를 나타내었다. 수치지도의 수평위치 좌표를 기준으로 분석한 결과 평균제곱근오차(RMSE : Root Mean Square Error)는 X방향으로 0.51m, Y방향으로 0.54m 정도의 위치오차가 나타남을 알 수 있었다.

표 3. 수치지도와 LiDAR 데이터의 수평위치 분석(도로)

| 도로 | | | | | | | | | | |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|-------|---|--|------|--|
| No | 수치지도(m) | | LiDAR(m) | | 이격거리(m) | | | | | |
| | X | Y | X | Y | dx | dy | | | | |
| 1 | 196554.62 | 179880.13 | 196554.17 | 179881.02 | 0.45 | -0.89 | | | | |
| 2 | 196561.13 | 179850.56 | 196560.56 | 179850.69 | 0.57 | -0.13 | | | | |
| 3 | 196737.48 | 179622.09 | 196736.75 | 179621.37 | 0.73 | 0.72 | | | | |
| 4 | 196917.40 | 179290.17 | 196917.03 | 179289.88 | 0.37 | 0.29 | | | | |
| 5 | 196854.36 | 179352.32 | 196853.88 | 179352.01 | 0.48 | 0.31 | | | | |
| 6 | 196717.10 | 179605.26 | 196717.79 | 179605.88 | -0.69 | -0.62 | | | | |
| 7 | 196566.05 | 179795.59 | 196567.21 | 179796.57 | -1.16 | -0.98 | | | | |
| 8 | 196441.17 | 179823.44 | 196440.34 | 179822.57 | 0.83 | 0.87 | | | | |
| 9 | 196489.34 | 179845.42 | 196489.89 | 179845.91 | -0.55 | -0.49 | | | | |
| 10 | 196511.31 | 179856.05 | 196510.67 | 179855.47 | 0.64 | 0.58 | | | | |
| RMSE(m) | | | X | | 0.68 | | Y | | 0.65 | |

같은 방법으로 [표 3]과 [표 4]에서는 도로와 임야에 대하여 수평위치 오차를 비교 분석하였다. [표 3]의 도로에서 수치지도의 수평위치 좌표를 기준으로 분석한 결과 RMSE는 X방향으로 0.68m, Y방향으로 0.65m 정도의 위치오차가 나타났으며, [표 4]의 임야에 대해서는 RMSE가 X방향으로 0.97m, Y방향으로 0.96m가 나타남을 알 수 있었다.

표 4. 수치지도와 LiDAR 데이터의 수평위치 분석(임야)

| 임야 | | | | | | | | | | |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|-------|---|--|------|--|
| No | 수치지도(m) | | LiDAR(m) | | 이격거리(m) | | | | | |
| | X | Y | X | Y | dx | dy | | | | |
| 1 | 196505.78 | 179363.26 | 196504.65 | 179362.34 | 1.13 | 0.92 | | | | |
| 2 | 196674.98 | 179336.56 | 196674.11 | 179337.21 | 0.87 | -0.65 | | | | |
| 3 | 196714.10 | 179239.05 | 196714.89 | 179239.99 | -0.79 | -0.94 | | | | |
| 4 | 196839.76 | 179236.02 | 196839.06 | 179235.35 | 0.70 | 0.67 | | | | |
| 5 | 196863.66 | 179190.39 | 196862.79 | 179191.33 | 0.87 | -0.94 | | | | |
| 6 | 196815.94 | 179107.53 | 196814.57 | 179106.24 | 1.37 | 1.29 | | | | |
| 7 | 196690.52 | 179056.79 | 196691.23 | 179057.46 | -0.71 | -0.67 | | | | |
| 8 | 196600.71 | 179107.01 | 196600.02 | 179106.24 | 0.69 | 0.77 | | | | |
| 9 | 196581.12 | 179140.93 | 196580.01 | 179140.02 | 1.11 | 0.91 | | | | |
| 10 | 196439.51 | 179237.76 | 196438.31 | 179236.29 | 1.20 | 1.47 | | | | |
| RMSE(m) | | | X | | 0.97 | | Y | | 0.96 | |

표 5. 수치지도와 항공사진의 수평위치 분석(건물)

| 건물 | | | | | | | |
|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|-------|
| No | 수치지도(m) | | 항공사진(m) | | 이격거리 | | |
| | X | Y | X | Y | dx | dy | |
| 1 | 1 | 196563.64 | 180295.78 | 196563.35 | 180295.45 | 0.29 | 0.33 |
| | 2 | 196624.25 | 180288.66 | 196624.10 | 180288.62 | 0.15 | 0.04 |
| | 3 | 196622.83 | 180277.67 | 196622.63 | 180277.46 | 0.20 | 0.21 |
| | 4 | 196561.88 | 180285.18 | 196561.99 | 180285.47 | -0.11 | -0.29 |
| 2 | 1 | 197162.63 | 180339.42 | 197162.89 | 180339.57 | -0.26 | -0.15 |
| | 2 | 197175.96 | 180328.09 | 197175.57 | 180327.94 | 0.39 | 0.15 |
| | 3 | 197143.87 | 180287.05 | 197143.99 | 180287.23 | -0.12 | -0.18 |
| | 4 | 197128.79 | 180299.49 | 197128.62 | 180299.13 | 0.17 | 0.36 |
| 3 | 1 | 197036.03 | 180057.68 | 197036.24 | 180057.91 | -0.21 | -0.23 |
| | 2 | 197062.74 | 180014.72 | 197062.99 | 180014.91 | -0.25 | -0.19 |
| | 3 | 197009.29 | 179969.92 | 197009.01 | 179969.33 | 0.28 | 0.59 |
| | 4 | 196984.29 | 180016.06 | 196983.96 | 180015.73 | 0.33 | 0.33 |
| 4 | 1 | 196929.90 | 179823.63 | 196929.56 | 179823.44 | 0.34 | 0.19 |
| | 2 | 196980.83 | 179737.73 | 196980.22 | 179737.34 | 0.61 | 0.39 |
| | 3 | 196928.34 | 179717.93 | 196928.02 | 179717.71 | 0.32 | 0.22 |
| | 4 | 196897.43 | 179806.72 | 196897.69 | 179807.14 | -0.26 | -0.42 |
| 5 | 1 | 197042.28 | 179623.35 | 197042.33 | 179623.11 | -0.05 | 0.24 |
| | 2 | 197077.55 | 179621.85 | 197077.22 | 179621.59 | 0.33 | 0.26 |
| | 3 | 197075.55 | 179581.62 | 197075.78 | 179581.33 | -0.23 | 0.29 |
| | 4 | 197041.47 | 179582.59 | 197041.31 | 179582.77 | 0.16 | -0.18 |
| 6 | 1 | 197217.51 | 179423.79 | 197217.21 | 179423.99 | 0.30 | -0.20 |
| | 2 | 197227.10 | 179424.63 | 197227.01 | 179424.32 | 0.09 | 0.31 |
| | 3 | 197238.83 | 179335.68 | 197238.23 | 179336.17 | 0.60 | -0.49 |
| | 4 | 197227.34 | 179334.12 | 197227.49 | 179334.42 | -0.15 | -0.30 |
| 7 | 1 | 196405.54 | 179414.95 | 196405.21 | 179414.91 | 0.33 | 0.04 |
| | 2 | 196425.85 | 179414.35 | 196425.59 | 179414.23 | 0.26 | 0.12 |
| | 3 | 196424.28 | 179376.29 | 196424.05 | 179376.36 | 0.23 | -0.07 |
| | 4 | 196403.49 | 179377.59 | 196403.39 | 179377.44 | 0.10 | 0.15 |
| 8 | 1 | 196563.64 | 180295.78 | 196563.79 | 180295.95 | -0.15 | -0.17 |
| | 2 | 196624.25 | 180288.66 | 196624.34 | 180288.11 | -0.09 | 0.55 |
| | 3 | 196622.83 | 180277.67 | 196622.59 | 180277.52 | 0.24 | 0.15 |
| | 4 | 196561.88 | 180285.18 | 196561.99 | 180285.34 | -0.11 | -0.16 |
| RMSE(m) | | | X | 0.27 | | | |
| | | | Y | 0.28 | | | |

[표 5]에서는 건물에 대하여 수치지도의 수평위치 좌표를 추출한 결과와 항공사진에서 추출한 수평위치 결과를 나타내었다. 수치지도의 수평위치 좌표를 기준으로 분석한 결과 RMSE는 X방향으로 0.27m, Y방향으로 0.28m 정도의 위치오차가 나타남을 알 수 있었다.

표 6. 수치지도와 항공사진의 수평위치 분석(도로)

| 도로 | | | | | | | |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|-------|--|
| | 수치지도(m) | | 항공사진(m) | | 이격거리(m) | | |
| | X | Y | X | Y | dx | dy | |
| 1 | 196554.62 | 179880.13 | 196554.24 | 179880.02 | 0.38 | 0.11 | |
| 2 | 196561.13 | 179850.56 | 196561.22 | 179850.24 | -0.09 | 0.32 | |
| 3 | 196737.48 | 179622.09 | 196737.69 | 179621.47 | -0.21 | 0.62 | |
| 4 | 196917.40 | 179290.17 | 196918.03 | 179290.69 | -0.63 | -0.52 | |
| 5 | 196854.36 | 179352.32 | 196854.65 | 179352.11 | -0.29 | 0.21 | |
| 6 | 196717.10 | 179605.26 | 196716.69 | 179605.20 | 0.41 | 0.06 | |
| 7 | 196566.05 | 179795.59 | 196566.11 | 179795.99 | -0.06 | -0.40 | |
| 8 | 196441.17 | 179823.44 | 196441.04 | 179823.14 | 0.13 | 0.30 | |
| 9 | 196489.34 | 179845.42 | 196489.02 | 179845.12 | 0.32 | 0.30 | |
| 10 | 196511.31 | 179856.05 | 196511.97 | 179856.65 | -0.66 | -0.60 | |
| RMSE(m) | | | X | 0.37 | | | |
| | | | Y | 0.39 | | | |

같은 방법으로 [표 6]과 [표 7]에서는 도로와 임야에 대하여 수평위치 오차를 비교 분석하였다. [표 6]의 도로에서 수치지도의 수평위치 좌표를 기준으로 분석한 결과 RMSE는 X방향으로 0.37m, Y방향으로 0.39m 정도의 위치오차가 나타났으며, [표 7]의 임야에 대해서는 RMSE가 X방향으로 0.52m, Y방향으로 0.55m가 나타남을 알 수 있었다.

표 7. 수치지도와 항공사진의 수평위치 분석(임야)

| 임야 | | | | | | | |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|-------|--|
| | 수치지도(m) | | 항공사진(m) | | 이격거리(m) | | |
| | X | Y | X | Y | dx | dy | |
| 1 | 196505.78 | 179363.26 | 196505.03 | 179362.22 | 0.75 | 1.04 | |
| 2 | 196674.98 | 179336.56 | 196674.58 | 179336.08 | 0.40 | 0.48 | |
| 3 | 196714.10 | 179239.05 | 196714.57 | 179238.79 | -0.47 | 0.26 | |
| 4 | 196839.76 | 179236.02 | 196839.95 | 179236.69 | -0.19 | -0.67 | |
| 5 | 196863.66 | 179190.39 | 196863.36 | 179190.02 | 0.30 | 0.37 | |
| 6 | 196815.94 | 179107.53 | 196815.47 | 179107.89 | 0.47 | -0.36 | |
| 7 | 196690.52 | 179056.79 | 196690.12 | 179056.46 | 0.40 | 0.33 | |
| 8 | 196600.71 | 179107.01 | 196601.24 | 179107.36 | -0.53 | -0.35 | |
| 9 | 196581.12 | 179140.93 | 196580.24 | 179140.33 | 0.88 | 0.60 | |
| 10 | 196439.51 | 179237.76 | 196439.95 | 179238.31 | -0.44 | -0.55 | |
| RMSE(m) | | | X | 0.52 | | | |
| | | | Y | 0.55 | | | |

[그림 16-18]은 수치지도와 항공 LiDAR 데이터의 비교 분석한 결과를 그래프로 표현하였다.

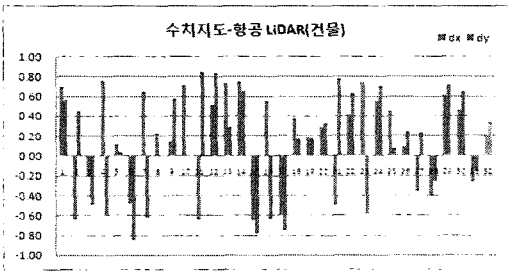


그림 16. 수치지도-항공 LiDAR(건물)

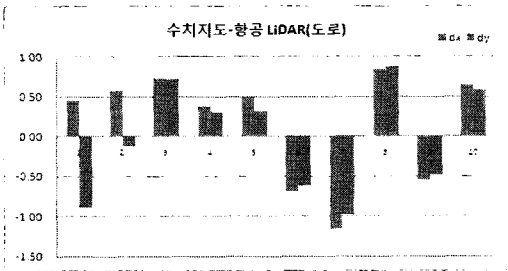


그림 17. 수치지도-항공 LiDAR(도로)

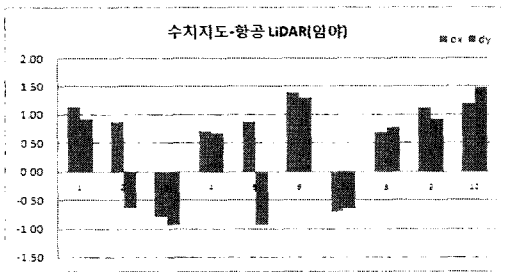


그림 18. 수치지도-항공 LiDAR(임야)

건물의 경우 항공사진이 항공 LiDAR 측량 결과 보다 X방향으로 24cm, Y방향으로 26cm정도의 RMSE가 적게 나타남을 알 수 있었으며, 도로의 경우 X방향으로 31cm, Y방향으로 26cm, 임야의 경우에는 X방향으로 45cm, Y방향으로 41cm의 RMSE가 적음을 알 수 있었다.

실험 결과 LiDAR 데이터의 위치오차가 상대적으로 항공사진 보다 많이 발생함을 알 수 있었는데, 이는 LiDAR영상 데이터 내부에는 시스템적 오차가 들어있기 때문이다. 그러나 이 부분은 LiDAR 시스템의 사용 장비에 따라 위치 오차가 각기 다르게 발생할 수 있는 부분이 있다. 그리고 수치지도의 검사점이 위치하는

LiDAR 데이터와의 좌표 값을 추출한다하여도 두 좌표에는 어느 정도의 오차가 내포되어져 있기 때문에 서로 간의 수평위치 오차가 많이 발생하게 되는 것임을 알 수 있었다.

[그림 19-21]은 수치지도와 항공사진에 대하여 비교 분석한 결과를 그래프로 표현하였다.

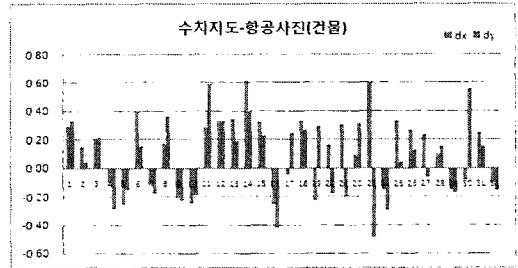


그림 19. 수치지도-항공사진(건물)

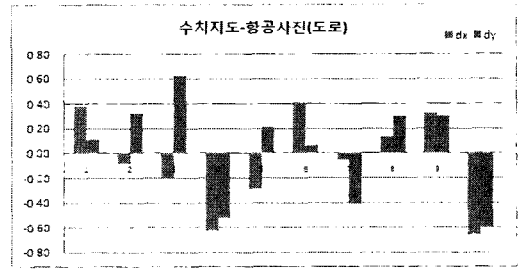


그림 20. 수치지도-항공사진(도로)

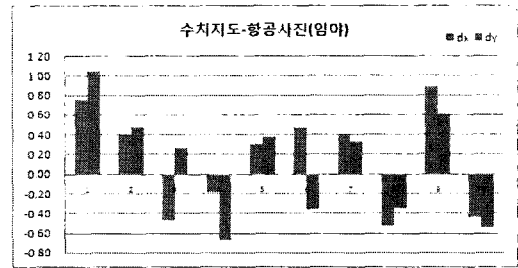


그림 21. 수치지도-항공사진(임야)

LiDAR 데이터가 항공사진 보다 수평위치정확도는 낮지만, 광범위한 지역에 대한 3차원 공간정보를 신속하게 취득, 처리 할 수 있는 첨단기법이기때 향후 다분야에서 많이 활용될 것으로 사료된다.

V. 결론

본 연구에서는 항공 LiDAR 데이터와 항공사진, 수치 지도를 이용하여 지형지물에 대한 위치정확도 분석을 한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

수치지도를 기준으로 항공사진과 LiDAR 데이터의 수평위치를 비교·분석한 결과 건물의 경우 X 방향으로 24cm, Y 방향으로 26cm의 RMSE가 적게 나타남을 알 수 있었으며, 도로의 경우 X방향으로 31cm, Y방향으로 26cm, 임야의 경우에는 X방향으로 45cm, Y방향으로 41cm의 RMSE가 적음을 알 수 있었다.

또한, LiDAR 데이터의 위치오차가 상대적으로 항공 사진 보다 많이 발생함을 알 수 있었으며, 이는 영상 데이터에 포함되어져 있는 시스템적 오차와 스크린 디지털정기법으로 추출할 때 발생하는 개인적인 오차가 내재하기 때문이다.

참고 문헌

[1] 김형태, 심용운, 박승용, 김용일, "LiDAR 데이터를 이용한 수치정사사진의 제작", 한국측량학회지, 제20권, 제2호, pp.137-143, 2002.

[2] 최윤수, 한상득, 위광재, "도화원도를 이용한 LiDAR DEM의 정확도 평가", 한국측량학회지 제20권, 제2호, pp.127-136, 2002.

[3] 이재원, 송연경, 위광재, 박운용, "LiDAR 자료와 CCD영상을 이용한 3D 렌더링", 대한토목학회 학술논문집, pp.4524-4527, 2005.

[4] E. J. Husing and L. M. Gomes Pereira, "Errors and Accuracy Estimates of Laser Data Acquired by Various Laser Scanning Systems for Topographic Application," ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol.53, pp.245-261, 1998.

[5] A. Wehr and U. Lohr, "Airborne Laser Scanning - an Introduction and Overview," ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing,

Vol.54. pp.68-82, 1999.

[6] 조우석, 이영진, "항공사진과 항공레이저 데이터를 이용한 건물 자동추출", Korean Journal of Remote Sensing, Vol.19, No.4, pp.307-317, 2003.

[7] George Sithole, George Vosselman, "Experimental comparison of filter algorithms for bare-Earth extraction from airborne laser scanning point clouds," ISPRS journal of Photogrammetry & Remote Sensing, pp.85-101, 2004.

[8] 국토지리정보원, "다차원 공간정보구축에 관한 연구", 2005.

[9] <http://www.pixoneer.co.kr>

[10] <http://www.ngi.go.kr>

저자 소개

김 용 석(Yong-Suk Kim)

정희원



- 2007년 2월 : 동아대학교대학원 토목공학과(공학박사)
- 2008년 2월 현재 : 동아대학교 건설기술연구소 특별연구원
- 2008년 2월 현재 : 동아대학교 토목공학부 강사

<관심분야> : Remote sensing, 공간정보구축, GIS

김 성 철(Seong-Cheol Kim)

정희원



- 1998년 2월 : 부산대학교대학원 토목공학과(공학박사)
- 2008년 2월 현재 : 울산과학기술 공간디자인학부 부교수
- 2008년 2월 현재 : 울산과학기술 학 교무부처장

<관심분야> : 지리정보시스템, UIS