

수치사진 측량을 이용한 DTM 추출 및 정확도 분석

Analysis of Accuracy and DTM Generation Using Digital Photogrammetry

박진성¹⁾ · 홍성창²⁾ · 성재열³⁾ · 이병환⁴⁾

Park, Jin Seong · Hong, Sung Chang · Sung, Jae Ryeol · Lee, Byung Hwan

¹⁾ (주)한국아이엠유 공간영상정보 연구소 연구원(E-mail:jspark1@imukorea.com)

²⁾ (주)한국아이엠유 공간영상정보 연구소 연구원(E-mail:schong@imukorea.com)

³⁾ (주)한국아이엠유 공간영상정보 연구소 연구원(E-mail:jrsung@imukorea.com)

⁴⁾ (주)한국아이엠유 공간영상정보 연구소 연구소장(E-mail:bhlee@imukorea.com)

Abstract

Recently GIS is not only displaying and servicing data on the 2D, but also is changing rapidly to display and service 3D data. Also 3D related technology is developing actively.

For display of 3D data, terrain DTM has become a basis. Generally, to acquire DTM, users are using LIDAR data or digital map's contour line. However, if using these data for producing DTM, users need to additional cost and data lead time. And hard to update terrain data. For possibility of solving these problem, this study did DTM extraction with automatic matching for aerial photograph, and analysed the result with measurement of Orthometric height and executed accuracy through DTM(which extracted from digital photogrammetric technique). As a result, we can get a high accuracy of RMSE (0.215m).

▶ Keywords : DTM, Digital Camera, Photogrammetry, GCP, LIDAR

요 지

최근 GIS는 2차원 공간상에서 정보를 표현하고 서비스하는 형태에서 벗어나 3차원 공간상에서 정보를 표현하고 서비스를 제공하는 형태로 급속도로 변화하고 있으며, 기술 개발 또한 활발하게 진행되고 있다. 3차원의 정보를 표현하기 위해서 기반이 되는 것은 지형의 표고정보(DTM)이다. 일반적으로 DTM을 얻기 위하여 LIDAR 데이터나 수치지도의 등고선 자료를 사용하고 있지만 이러한 데이터를 사용하여 DTM을 제작할 경우 추가적인 비용과 데이터 처리 시간이 발생할 뿐만 아니라 신속한 지형의 갱신이 어려운 문제점이 있다. 본 논문에서는 디지털 항공사진을 이용하여 문제 해결의 가능성을 판단하기 위해 항공사진 모델의 자동 매칭 방법을 사용하여 DTM을 추출하였으며, 수치사진측량으로부터 추출된 DTM과 GPS 측량에 의한 정표고 성과 데이터와 정확도 분석을 실시하였다. 그 결과 RMSE는 0.215m로 비교적 높은 정확도를 얻을 수 있었다.

▶ 핵심어: 수치지형모델, 디지털 카메라, 항공사진측량, 지상기준점, 라이다

1. 서 론

GIS의 활용성이 증가하고 지형의 3D기술이 발전함에 따라 지형을 표현하는 기술은 상당히 중요한 부분으로 대두 되어가고 있으며, 지형에 대한 자료와 정보는 2차원적인 형태에

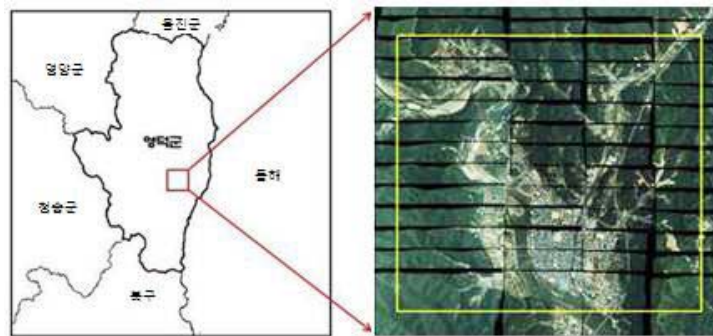
서 벗어나 3차원의 정보형태로 급속도로 변화하고 있다. 실제의 지형을 정확하고 신속하게 표현하는 기술은 상당히 중요하다고 할 수 있다. 일반적으로 지형을 표현하기 위하여 사용되는 자료는 수치지형도에 의하여 추출된 DTM자료와 LIDAR에 의하여 추출된 DTM 자료가 널리 사용된다. 그러나 LIDAR 데이터는 최근에 측량 비용이 많이 낮아졌으나 아직까지 접근이 쉽지 않으며 시간적 경제적 비용이 만만치 않은 것이 현실이다.(최현 등, 2007) 또, 수치지형도의 경우 전국을 대상으로 보았을 때 1:1,000 수치지도의 부재로 인해 필요지역에 대하여 고해상도의 DTM을 생성할 수 없을 뿐만 아니라 지속적인 갱신이 자주 이루어지지 않고 있기 때문에 지형의 변화지역에 대하여 문제점을 가지고 있다.

그러나 디지털 항공사진의 모델에서 자동매칭 방법을 사용하여 추출된 DTM의 경우 LIDAR 데이터나 수치지도와 같은 추가적인 데이터 없이 디지털 항공사진만을 이용하여 DTM을 추출하게 됨으로서 시간적, 경제적인 효율성에 있어서 향상을 기대할 수 있다. 또 촬영 당시의 상태가 그대로 반영된 DTM이 생성됨으로서 지형의 변화지역에 대하여 신속한 갱신이 이루어질 수 있다.

따라서 본 연구에서는 디지털 항공사진 측량을 이용하여 DTM을 추출하였으며, 그 결과 값을 GPS 측량 성과와 LIDAR데이터에서 획득된 DTM과 비교함으로써 디지털 항공사진에서 추출된 DTM의 정확도에 대하여 분석하고 활용가능성에 대하여 연구하였다.

2. 연구 지역 및 가용 데이터

본 논문의 연구 지역은 경상북도 영덕군 일부지역을 대상으로 수행 하였으며 4km×4km 약 16km²에 대하여 연구 범위 지역으로 선정하였다. 이 지역은 넓은 논과 밭, 주거지역으로 구성되어 있으며, 언덕과 산지가 고루 분포하고 있는 지역으로 다양한 지형지물이 존재하는 지역이다.



[그림 1] 연구지역인 경상북도 영덕군 DMC 영상

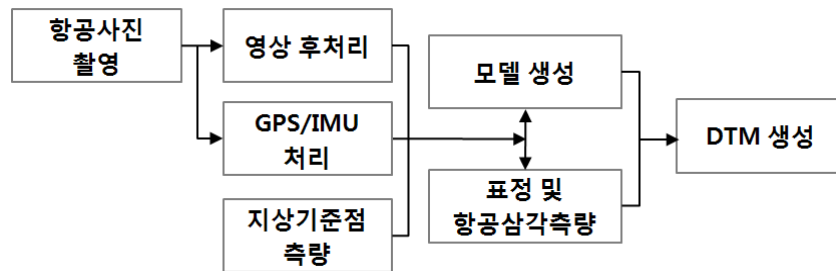
디지털 항공사진에서 DTM을 추출하기 위하여 사용된 DMC(Digital Mapping Camera)는 Z/I Imaging 社의 항공 디지털 카메라로서 기하학적으로 정밀한 고해상도 RGB 영상을 제공한다. 본 연구에 사용된 DMC 영상은 12cm로 계획하여 2009년 5월 26일 촬영된 영상으로서 4개의 Strip 구성되어 있으며 총 56장이 사용되었다.

디지털 항공사진으로부터 추출한 DTM과의 비교를 위한 기준 데이터로 GPS측량 지상 기준점 데이터를 사용하였으며, 이 데이터는 도심지 5점 농경지 4점 산지 및 구릉지 4점으로 하여 총 13점이 사용 되었다. 또한, 보조 비교 데이터는 고해상도의 DTM의 추출이 가능한 LIDAR 데이터를 사용하였다. LIDAR 데이터는 2009년 5월 촬영되었으며 점 밀도는 4.5/m²이다.

3. 자료 처리

3.1 항공사진 측량을 이용한 DTM 추출

본 연구에서는 디지털 항공사진을 이용하여 수치지형모델(DTM)을 생성하고 측량된 GPS측량 데이터와의 정확도를 비교 분석하는데 목적이 있다. ZI Imaging사의 디지털사진측량 소프트웨어인 ImageStation Automatic Triangulation(ISAT)로 Block조정을 통하여 항공삼각측량을 한 후, ImageStation Automatic Elevations(ISAE)로 DTM을 추출하였다. 자동 DTM 생성 처리과정은 아래의 [그림 2]와 같다.

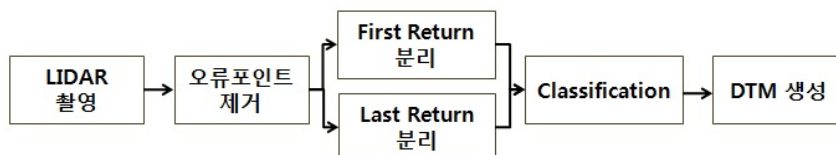


[그림 2] 항공사진 DTM 추출 과정

지상기준점은 현장 GPS 측량을 실시하여 총 8점을 사용하였다. 또한 영상과 영상의 관계를 설정해 주는 접합점(Tie-Point)은 자동 매칭을 통해 획득하였으며, 추출한 포인트 중에서 오차가 크거나 나뭇가지 등에 측정된 포인트는 삭제하거나 재 측정하여 허용 오차 범위를 만족하게 하였다. 다음으로 측량을 통해 얻은 GPS 데이터를 이용하여 절대표정을 한 후, 번들조정에 의한 항공삼각측량을 수행하여 ΔX 0.055m, ΔY 0.052m, ΔZ 0.049m의 RMSE 결과가 나타났다. 항공삼각측량의 결과를 이용하여, 자동매칭에 의해 1m 격자 간격의 DTM을 생성하였다.

3.2 LIDAR 데이터의 DTM 추출

본 연구에서는 항공사진에서 추출된 DTM과 GPS에서 획득된 측량 성과와의 비교뿐만 아니라 LIDAR데이터에서 획득된 고해상도의 DTM과 비교·분석 또한 실시하였다. DTM 제작의 처리 과정은 [그림 3]과 같으며 Overwatch 社의 LIDAR Analyst를 사용하였다. LIDAR Analyst는 이해하기 쉬운 모듈과 구성으로 사용자가 편리하고 정확하게 LIDAR 데이터의 처리가 가능한 프로그램이다.



[그림 3] LIDAR DTM 추출 과정

DTM추출에 사용된 LIDAR 데이터의 점 밀도는 4.5/m²이며, 1m의 DTM을 제작 시 필요한 최소 점 밀도 2.5/m²를 충족하고 있다. 연구에 사용된 원시 LIDAR 데이터는 실제 지형지물에 대한 정보 외에 구름이나 먼지 등의 오류 데이터 또한 포함하고 있기 때문에 이리

한 불필요한 데이터를 제거 하였다. 또, 항공사진에서 추출한 DTM과의 동일한 조건을 맞추기 위하여 지면과 건물, 수목이 모두 포함된 DTM을 제작 하였다.

4. 결과 분석

디지털 항공사진을 이용하여 자동 추출된 DTM의 정확도를 알아보기 위하여 GPS측량된 표고 데이터와 LIDAR 데이터에서 추출한 DTM을 이용하여 비교 분석을 실시하였다. 지형의 특성을 고려한 정확도 분석을 위하여 비교할 대상을 도심지, 농경지, 산지 및 구릉지 이렇게 3개의 지형으로 구분하였으며, 구분된 지형은 각각 5점, 4점, 4점 총 13점을 선점하여 정확도 분석을 실시하였다. 아래의 [표 1], [표 2], [표 3]은 도심지, 농경지, 산지 및 구릉지의 각각에 대한 비교 분석 결과이며, 고도차 (Δh)는 GPS에서 측정된 고도 값과 각 데이터 간의 차이를 나타낸다.

[표 1] 도심지 지형에서의 비교 (단위 : m)

지형 구분	측점	GPS 관측	항공사진 관측		LIDAR 관측	
		H	H	Δh	H	Δh
도심지	P1	19.174	19.000	0.174	19.150	0.024
	P2	15.958	16.178	0.220	16.197	0.239
	P3	15.427	15.507	0.080	15.512	0.085
	P4	20.909	20.928	0.019	20.902	0.007
	P5	10.807	10.873	0.066	10.847	0.04
RMSE		-	-	0.149	-	0.129

[표 2] 농경지 지형에서의 비교 (단위 : m)

지형	측점	GPS 관측	항공사진 관측		LIDAR 관측	
		H	H	Δh	H	Δh
농경지	P6	29.123	29.001	0.122	29.417	0.294
	P7	22.794	22.915	0.021	22.749	0.045
	P8	14.118	13.894	0.224	14.009	0.109
	P9	18.841	19.007	0.166	19.088	0.247
RMSE		-	-	0.176	-	0.231

[표 3] 산지 및 구릉지 지형에서의 비교 (단위 : m)

지형	측점	GPS 관측	항공사진 관측		LIDAR 관측	
		H	H	Δh	H	Δh
산지 및 구릉지	P10	60.721	60.968	0.247	60.763	0.042
	P11	51.104	51.443	0.339	51.449	0.345
	P12	147.510	147.850	0.340	147.570	0.060
	P13	145.280	145.000	0.280	145.250	0.030
RMSE		-	-	0.351	-	0.204

[표 4] 데이터 종류에 따른 비교 (단위 : m)

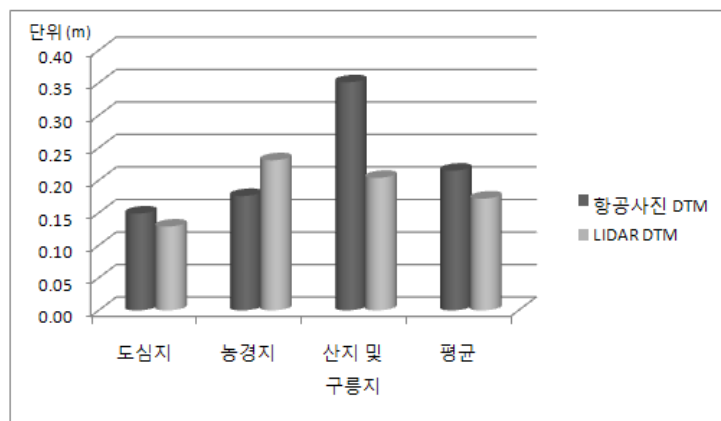
구분	도심지	농경지	산지 및 구릉지	평균
항공사진 DTM	0.149	0.176	0.351	0.215
LIDAR DTM	0.129	0.231	0.204	0.172

각 포인트(P1~P13)는 도심지, 농경지, 산지 및 구릉지로 분류 되었으며, 선점된 포인트는 도로 교차지점의 모서리와 같이 식별이 명확한 부분에 대하여 각각 5점, 4점, 4점씩 측정하였다. 항공사진으로부터 추출한 DTM의 정확도를 분석하기 위하여 기준 고도 값은 정표 고의 GPS측량 성과 데이터를 사용하였으며, 보조 비교 데이터로 LIDAR에서 추출한 DTM의 고도 값에 대하여 비교 분석이 병행되었다.

항공사진에서 추출한 DTM과 LIDAR에서 추출한 DTM, GPS측량에 의한 고도 데이터에 대하여 상호 비교 분석한 결과, GPS측량에 의한 고도 값과 항공사진으로부터 추출한 DTM의 고도 차이는 최소 약0.02m에서 최대 약0.34m의 차이를 보였다. 또, RMSE의 경우 도심지 0.149m, 농경지 0.176m, 산지 및 구릉지 0.351m를 나타내었으며, 항공사진으로부터 추출한 DTM의 전체적인 RMSE는 0.215m로 나타났다.

LIDAR에서 추출한 DTM과 GPS에서 측정된 고도 값의 차이에 대한 RMSE 분석결과는 도심지 0.129m, 농경지 0.231m, 산지 및 구릉지 0.207m로 분석 되었으며, 전체적인 RMSE는 0.172m로 나타났다.

항공사진으로부터 추출한 DTM의 경우 산지 및 구릉지가 도심지나 농경지에 비하여 다소 높은 RMSE로 나타났으며, 이러한 결과가 나타난 이유는 산지 혹은 구릉지와 같이 항공사진의 기복변위가 큰 지역에서 발생할 수 있는 영상정합의 오차로 인하여 높게 나타난 것으로 판단된다. 또, 보조 비교 데이터인 LIDAR 데이터에서 추출한 DTM과 항공사진에서 추출한 DTM을 비교하여 보았을 때 전체적인 RMSE 차이는 미미함을 알 수 있었다.



[그림 4] 디지털 항공사진과 LIDAR DTM의 RMSE 비교

5. 결론 및 고찰

본 논문에서는 디지털 항공사진에서 추출한 DTM의 정확도에 대한 명확한 기준이 없어 “항공레이저측량작업규정”을 기준으로 하여 정확도 여부를 판단하였다. 국토지리정보원 내부 규정에 따르면 1m×1m 격자크기의 DTM 추출 시 0.5m의 RMSE를 허용오차로 보고 있다. 따라서 본 연구에서는 고해상도의 항공사진을 사용하여 DTM을 추출할 때, 오차 범위인 0.5m의 RMSE를 만족하는지에 대한 여부와 고해상도의 DTM을 얻기 위하여 사용되는 LIDAR 데이터와의 비교 분석을 실시하였다. 그 결과는 다음과 같다.

첫째, GPS 성과와 항공사진 DTM을 비교한 결과 0.215m의 RMSE로 양호한 결과가 나왔으며, “항공레이저측량작업규정”의 허용 오차 범위인 0.5m RMSE를 만족한다.

둘째, 디지털 항공사진과 LIDAR 데이터에서 추출한 DTM의 RMSE를 비교한 결과, 0.043m의 차이가 발생하였으며, 정확도에 있어서 대등한 결과를 나타내었다.

셋째, 항공사진을 이용한 자동 매칭 기법으로 DTM을 추출하였을 때, 기존방식인 수치지도 또는 LIDAR 데이터를 사용하여 DTM을 추출 하는 것 보다 효율적이고 경제적으로 DTM을 추출 하였다.

디지털 항공사진 측량을 이용한 DTM의 정확도 분석 결과, 비교적 높은 정확도의 DTM을 추출 할 수 있었으며, “항공레이저측량작업규정”의 오차 범위 안에 부합하는 것으로 나타났다. 그러므로 디지털 항공사진을 이용한 DTM은 시간적, 경제적인 효율성을 기대할 수 있을 뿐만 아니라 변화된 지형에 대하여 신속한 갱신이 가능할 것이다. 하지만 측점 주위 건물이나 식생이 인접해 있는 측점 지역에서 오차가 비교적 높게 나타났다. 이러한 지역에 대하여 보완할 수 있는 방법이 강구 된다면 보다 정확도 높은 DTM을 추출할 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

- 국토지리정보연구원(2002), 수치표고모델 구축에 관한 작업규정, 제2002-107호
- 국토지리정보연구원(2009), 항공레이저측량 작업규정, 제2009-950호.
- 김연준, 유영걸, 양인태 (2006), SPOT5/HRG 입체영상으로부터 추출된 DEM의 평가, 한국측량학회지, 한국측량학회, 제24권, 제2호, pp. 153-158.
- 최현, 홍순현 (2007), 항공사진을 이용한 수치표고모형 생성과 활용방안, 한국콘텐츠학회논문지, 한국콘텐츠학회, 제7권, 제3호, pp. 168-175.
- Jun Pan, Mi Wang, DeRen Li, Tian Tian Feng, Repair approach for DMC images base on hierarchical location using edge curve, Science in China Series F: Information Science Volume 52, Number 1 p. 23-31.
- Pramod Kumar, Sudhir Kumar, M. Manchanda (2009), *Satellite stereo data for dem surfaces and derivatives*, Journal of the Indian Society of Remote Sensing Volume 32, Number 1 pp. 81-90.