

디지털항공영상을 이용한 수치지도의 건물레이어 갱신

Updating Building Layer of Digital Map Using Airborne Digital Camera Image

황원순* · 김감래**

Hwang, Won Soon · Kim, Kam Rae

요 旨

최근 국내의 항공디지털카메라 영상의 도입 및 공급이 현실화됨에 따라 정사영상 및 수치지도를 포함한 지리정보제작에 많은 관심이 모아지고 있다. 따라서, 본 연구에서는 항공디지털사진의 정사영상을 제작하여 수치지도를 갱신하는 방법을 제시하고자 하였다. GPS측량성과를 이용하여 기하보정을 수행하고, 항공 Lidar DEM을 이용하여 정사영상을 제작하였으며, GPS측량성과를 이용하여 절대위치정확도평가, 수치지도의 건물레이어에 대해서는 1/1,000 수치지도를 이용하여 상대위치정확도평가를 수행하였다. 정사영상에 대한 정확도 평가결과, RMSE가 X, Y방향으로 각각 $\pm 0.076\text{m}$, $\pm 0.294\text{m}$ 가 발생하였으며, 수치지도에 대한 정확도 평가결과, RMSE가 X, Y방향으로 각각 $\pm 0.250\text{m}$, $\pm 0.210\text{m}$ 이 발생하였으므로, 항공디지털사진의 정사영상을 이용한 수치지도의 건물레이어 갱신결과는 국토지리정보원 규정의 허용오차 이내였으므로, 향후 기본지리정보 구축은 물론 지자체의 GIS사업 및 다양한 분야에 활용할 수 있다.

핵심용어 : 항공디지털카메라, 정사영상, 수치지도, 건물레이어

Abstract

As the availability of images from airborne digital camera with high resolution is expanded, a lot of concern are shown about the production of orthoimage and digital map. This study presents the method of updating digital map using orthoimage from airborne digital camera image. Images were georectified using GPS surveying data. For the generation of orthoimage, Lidar DEM was used. The absolute positional accuracy of orthoimage was evaluated using GPS surveying data. And that of the building layer of digital map was estimated using the existed digital map at the scale of 1:1,000. The absolute positional accuracy of orthoimage was as followed: RMSE in X and Y were $\pm 0.076\text{ m}$ and $\pm 0.294\text{ m}$. The RMSE of the building layer were $\pm 0.250\text{ m}$ and $\pm 0.210\text{ m}$ in X and Y directions, respectively. The RMSE of the digital map using orthoimage from Aerial Digital Camera image fell within allowable error range established by NGII. Consequently, updating digital map using orthoimage from Aerial Digital Camera image can be applied to various fields including the construction of the framework data and the GIS of local government.

Keywords : Airborne digital camera, Orthoimage, Digital map, Building layer

1. 서 론

우리나라는 1995년 국가지리정보체계 구축 기본계획에 근거하여 국가기본도인 지형도 전산화 사업이 추진되었으며, 주된 대상축척은 1/1,000, 1/5,000 및 1/25,000의 지형도들이다. 이러한 수치지도들은 현재 짧게는 3년부터 길게는 5~7년 정도 지난 노후화된 지형자료들로 변

화하게 마련이다(이현직 등, 1999). 따라서, 지형도의 일부나 또는 상당 부분을 수정할 필요가 있으므로, 국가기본도는 일정기간을 주기로 수정 또는 갱신될 필요가 있다(강준목 등, 2002).

수치지도의 갱신방법에는 직접측량에 의한 방법, 종이 지도 및 자동독취자료를 기반으로 벡터라이징하는 방법 및 항공사진을 이용한 도화 등이 일반적이다. 그 중 항공

2007년 10월 4일 접수, 2007년 11월 6일 채택

* 교신저자·정회원·명지대학교 토목환경공학과 박사과정 (aftershock@korea.com)

** 명지대학교 토목환경공학과 교수 (kam@mju.ac.kr)

사진을 이용하는 방법에는 아날로그 항공사진에 대한 해석도화, 디지털환경에서 자동독취에 의해 획득한 영상을 이용한 수치도화 및 디지털항공카메라의 영상을 이용한 수치도화 등이 있다. 그 중 항공사진측량에 의한 도화에 의한 제작 및 갱신이 주를 이루고 있다. 항공사진측량의 활용도가 높아지면서 비행기 및 컴퓨터 등 관련기술의 발전으로 인해 기계식, 해석식 및 디지털방식으로 항공사진측량이 변화하고 있다. 오늘날 우리나라에서 이용되고 있는 항공사진측량 관련 기술과 제품 중에서 많은 부분이 디지털 환경에서 이루어지고 있으며, 수치정사사진, 수치영상지도, 3D공간분석, 인터넷을 통한 영상 웹 서비스 등이 대표적이다. 이러한 필요성에도 불구하고 현재 항공사진은 기존의 아날로그카메라를 이용하여 촬영하고 있으며, 이 사진을 수치영상으로 변환하기 위해 스캐닝을 작업을 수행하고 있다. 이와 같은 항공사진 필름의 스캐닝과정에서 많은 비용과 시간이 소요되며 더불어 작업과정에서 발생하는 오차문제가 수반되고 있다. 아날로그카메라 대신에 디지털카메라를 이용하여 항공사진측량을 실시하면 필름을 이용하지 않으므로 현상, 운영비용, 공간, 시간의 절감이 가능하며, 또한 필름으로부터 수치영상을 획득하기 위한 스캐닝작업의 생략이 가능하여 작업오차의 발생을 방지할 수 있다. 또한 물리적인 필름이 아닌 수치데이터이므로 컴퓨터에 저장이 가능하여 보관 및 유지관리도 용이하다. 비행촬영계획부터 수치화 및 자동화된 과정을 거치므로 영상의 품질관리가 용이하다(건기평, 2006).

국외에서는 현재 사용되고 있는 항공디지털카메라 중 선형배열카메라를 사진측량 분야에 적용하기 위한 카메라 설계, 센서 모델링, Direct-georeferencing, 사진기준점측량 등에 관한 연구가 여러 연구자에 의해 수행되었으며(Sandau et al., 2000; Tempelmann et al., 2000; Fricker, 2001; Hinsken et al., 2002; Tempelmann et al., 2003; Reuke et al., 2006), Pateraki(2004)은 상용 소프트웨어인 SOCET SET과 ETH와 Leica Geosystem GIS & Mapping(LGGM)의 공동연구에 의해 개발된 정합 소프트웨어(AIM)를 이용하여 ADS40 영상 정합 성능을 평가하였다. ADS40에 의해 취득된 영상은 기존의 프레임카메라에 의한 영상과는 달리 기하학적·방사학적 특징을 가지고 있다. Pateraki와 Baltasvias(2003a)는 ADS40 영상의 유사 에피폴라 라인을 영상정합의 구속조건으로 이용하는 알고리즘을 제안하였다. Zhu, L. 외 3인은 ADS40을 위한 계층적 triplet 영상정합을 제안하였다. 더불어 Pateraki와 Baltasvias(2004)는 최소제곱정합법의 다양한 변형을 통해 지표면의 불연속선에서 정합 성능을 개선에 대하여 연구하였으며, 국내에서는 장휘정(2007)이 항공

디지털카메라 ADS40을 위한 다중영상매칭에 관한 연구를 통해 ADS40 영상의 기하학적, 방사학적 특징을 조사하고, ADS40영상으로부터 3차원 공간정보를 추출하기 위한 영상정합 전략을 제시하였으며, 오금희(2007)는 ADS40영상에 대한 영역기반 영상정합의 특성 연구에서 디지털카메라 ADS40에 대한 특성조사, 방사해상도 높은 ADS40영상을 영역기반 영상정합에 적용하여 정합특성을 분석하였다. 따라서, 국내에 최초로 도입한 항공디지털카메라를 이용한 지리정보에 관련된 조속한 안정화 실험제작연구가 수행되어야 한다.

본 연구는 기존의 아날로그카메라를 이용한 프레임방식 영상과는 상이한 푸쉬부름 항공디지털카메라의 국내 도입에 맞추어 정사영상 제작 공정을 확립하고, 그에 따른 공정별 정확도를 평가하며, 제작한 고품질 정사영상을 이용하여 반자동 벡터라이징에 의해 수치지도를 갱신하는 것이다.

2. 디지털항공영상의 특성 및 위치결정

2.1 푸쉬부름 원리

푸쉬부름 스캐너는 초점면에 3개의 센서라인을 가져야 한다. 그것은 전방, 후방 그리고 수직방향이다. 수직방향과 전방간의 거리와 수직방향과 후방간의 거리는 반드시 동일하지는 않다.

ADS40의 경우, 전방과 후방의 촬영각은 상이하다. 각 라인의 스캔은 영상(scene)이라고 부른다. 센서라인의 영상은 프레임센서의 수치영상과 유사하다. 영상은 위치를 연속적으로 스캐닝하는 것이지만, 불연속적으로 위치를 촬영하는 프레임 사진측량과 상이하다. 그림 1은 푸쉬부름 및 프레임방식의 촬영원리를 비교한 것이다.

2.2 수학적 모델

수학적 모델은 지상체계로부터 표정고정점(orientation fixes)까지의 점의 변환을 묘사한다. 그림 2 표정고정점간의 점 투영의 상관관계를 나타낸다.

영상좌표는 지상점(P_i)과의 함수와 두 개의 이웃하는 표정고정점 (k) 및 $(k+1)$ 의 표정파라미터로 표현된다. 수학적 모델은 식 (1)과 같다(Müller, 1991).

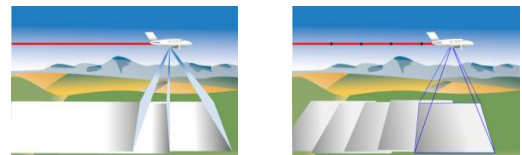


그림 1. 푸쉬부름(좌) 및 프레임방식(우) 비교

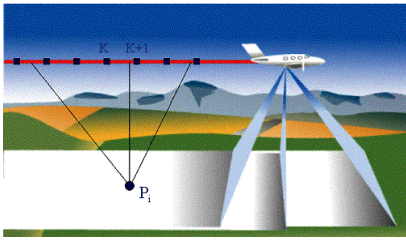


그림 2. 표정고정점간의 점 투영

$$\begin{aligned}
 x_{ij} &= F_{ij}(X_i, Y_i, Z_i, X_k, Y_k, Z_k, \omega_k, \phi_k, \kappa_k, \\
 &\quad X_{k+1}, Y_{k+1}, Z_{k+1}, \omega_{k+1}, \phi_{k+1}, \kappa_{k+1}) \\
 y_{ij} &= G_{ij}(X_i, Y_i, Z_i, X_k, Y_k, Z_k, \omega_k, \phi_k, \kappa_k, \\
 &\quad X_{k+1}, Y_{k+1}, Z_{k+1}, \omega_{k+1}, \phi_{k+1}, \kappa_{k+1})
 \end{aligned} \quad (1)$$

표정파라미터($X_j \dots \kappa_j$)는 GPS/IMU 관측으로부터 산출된 보정항($\delta X_j, \delta \kappa_j$)을 더하여 그와 이웃하는 표정고정점을 산출한다. 미지변수(c_j)는 이웃하는 표정고정점의 시간차의 함수이다. 이 수학적 모델의 기초는 Otto Hofmann(Hofmann, 1982)이 고안하였다.

$$X_j = c_j X_k + (1 - c_j) X_{k+1} - \delta X_j \quad (2)$$

$$\kappa_j = c_j \kappa_k + (1 - c_j) \kappa_{k+1} - \delta \kappa_j \quad (3)$$

여기서,

$$c_j = \frac{t_{k+1} - t_j}{t_{k+1} - t_k}$$

$$\delta X_j = c_j X_k^{GPS} + (1 - c_j) X_{k+1}^{GPS} - X_j^{GPS}$$

$$\delta \kappa_j = c_j \kappa_k^{IMU} + (1 - c_j) \kappa_{k+1}^{IMU} - \kappa_j^{IMU}$$

결국, 표정파라미터($X_j \dots \kappa_j$)는 지상체계에서 센서체계로 의 점 변환에 대해 잘 알려진 공선조건식으로 나타난다.

$$\begin{bmatrix} x_{ij} \\ y_{ij} \\ -f \end{bmatrix} = \lambda_{ij} \cdot R(\omega, \phi, \kappa)_j \begin{bmatrix} X_i - X_j \\ Y_i - Y_j \\ Z_i - Z_j \end{bmatrix} \quad (4)$$

방정식 3으로 방정식 1과 2를 나누면, 미지 축척계수 (unknown scale) λ_{ij} 는 상쇄된다. 이 방정식은 프레임센서에서의 공선조건식이다.

$$\begin{aligned}
 x_{ij} &= -f \frac{r_{11j}(X_i - X_j) + r_{12j}(Y_i - Y_j) + r_{13j}(Z_i - Z_j)}{r_{31j}(X_i - X_j) + r_{32j}(Y_i - Y_j) + r_{33j}(Z_i - Z_j)} \\
 y_{ij} &= -f \frac{r_{21j}(X_i - X_j) + r_{22j}(Y_i - Y_j) + r_{23j}(Z_i - Z_j)}{r_{31j}(X_i - X_j) + r_{32j}(Y_i - Y_j) + r_{33j}(Z_i - Z_j)}
 \end{aligned} \quad (5)$$

이용되는 수학적 모델은 매우 유연하다. 호수 및 산림 등과 같은 타이점이 불충분한 지역에서, 표정파라미터는

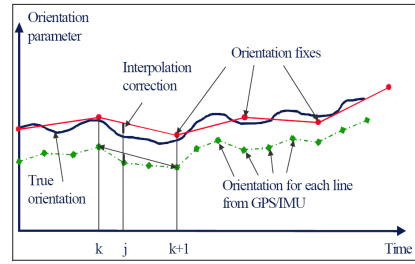


그림 3. 시간경과에 대한 표정파라미터

주로 또는 유일하게 GPS/IMU 측정에 의해 결정된다. 다른 한편으로는, 만일 GPS/IMU 데이터가 이용할 수 없거나 이용이 불가능하다면, 표정은 타이점 측정만으로 결정할 수 있다. 후자의 경우 표정고정점 간격의 결정과 타이점 배치의 수학적 모델의 기지의 특이점을 피하기 위하여 매우 주의하여 선정하여야 한다.

그림 3은 표정고정점과 GPS/IMU 관측 등 표정파라미터간의 관계를 도식으로 나타내었다.

3. 실험 및 분석

본 연구는 항공디지털카메라 영상을 이용하여 고품질 정사영상을 이용하여 수치지도를 갱신 제작하는 것으로, 실험방법 및 내용은 다음과 같다.

3.1 실험방법 및 내용

작업은 크게 전처리, 사진기준점측량, 정규화영상제작, 정사영상제작, 정사영상제작, 정확도 평가 및 분석, 수치지도갱신, 정확도 평가 및 분석

작업공정명	정사영상을 이용한 수치지도 갱신 절차	처리수준
전처리	Raw 데이터 다운로드 ↓ GPS/IMU 데이터 처리	L0
사진기준점측량	L0 APM 수행	
	Tie조정 및 GCP관측	
	Bundle 조정	
정규화영상제작	Rectify 영상제작 ↓ Segment 영상제작	L1
DSM제작	DSM생성 및 편집	
정사영상제작	정사영상 제작	L2
-	정확도 평가 및 분석	-
수치지도갱신	벡터라이징에 의한 수치지도갱신	-
-	정확도 평가 및 분석	-

그림 4. 연구수행흐름도

DSM(DEM)제작, 정사영상제작 및 수치지도갱신 순으로 수행하였다. 그림 4는 연구수행흐름도를 나타낸다.

3.2 실험대상지역 선정

실험대상지역은 충청남도 천안시 일대로, 지역의 특성은 건물(고층, 저층)이 밀집되어 있는 도심지를 선정하였다. 실험대상지역의 거리는 가로, 세로 약 6.7km×5.6km이며, 면적은 37.5km²이다. 사진기준점측량은 7스트립 전체영역, 수치지도제작은 점선부분에 대하여 수행하였다. 그림 5는 실험대상지역을 나타낸다.

3.3 사용자료 및 장비

본 연구에서 사용된 자료로는 항공디지털카메라 영상, 1/1,000 수치지도, GPS측량성과, Lidar 자료 및 수치사진측량시스템을 이용하였다.

(1) 항공디지털카메라 영상

본 연구에서 사용한 항공디지털카메라는 ADS40 SH52이며, 2007년도에 촬영한 지상표본거리(GSD) 0.10m영상이다. 촬영고도는 약 0.9km이며, 중복도는 30%이다. 1스트립의 촬영폭은 약 1.1km이다.



그림 5. 실험대상지역

표 1. ADS40 SH52의 사양

항목	내용
Dynamic range CCD chain	12 bit
Data channel	16 bit
화소수	12,000
화소크기	6.5μm×6.5μm
FOV(촬영각)	64°
초점거리	62.77mm

ADS40 SH52는 기본적으로 16bit영상이나, 양단에 2bit씩을 사용하지 않고 12bit만을 사용한다. 또한, 화소크기는 6.5μm×6.5μm이며, 본 연구에서 사용한 ADS40 SH52의 세부 사양은 표 1과 같다.

(2) 1/1,000 수치지도

본 연구에서 사용한 1/1,000 수치지도는 2007년도에 제작된 것이며, 도엽번호는 “367011971, 367011972, 367011981, 367011982”이며, 수치지도는 1/5,000 항공사진을 이용하여 해석도화에 의해 제작한 것이다.

(3) GPS측량성과

본 연구에서 사용한 GPS측량성과는 정적측량방법으로 수행하였으며, 수신시간은 약 30분 이다. 개수는 총 49점으로, 사진기준점 측량용 기준점 4점 및 검사점 25점, 그리고 정사영상 절대위치정확도 평가를 위하여 20점을 측량하였다.

(4) 항공 Lidar 자료

항공 Lidar 자료는 Leica사의 ALS50에 의해 2007년 촬영한 것으로, 천안시 일대를 촬영한 자료로 실험대상지역에 대한 것을 일부 이용하였다. 이용한 자료는 3스트립과 2개의 교차 촬영한 자료를 이용하였으며, 촬영고도는 스트립에 대하여 약 1,000m, 교차 촬영고도는 1,500m이다.

(5) 수치사진측량시스템

항공디지털카메라의 사진기준점측량을 위하여 GPro와 Orima, Lidar자료를 처리하기 위하여 Terrascan 및 Terramodeller를 이용하였으며, 정사영상 제작을 위하여 LPS를 이용하였다.

3.4 정사영상을 이용한 수치지도제작 및 평가

(1) 원시자료 다운로드

GPro를 이용하여 7개 스트립의 원시자료를 다운로드 하였다. PAN(팬크로매틱, 전방, 수직, 후방), R, G, B 각 수직 및 후방, NIR(Near Infrared) 수직 및 후방 등 11개 라인을 다운로드 하였다.

(2) GPS/IMU 자료 처리

GPS/IMU 자료 처리는 IPAS Pro 및 Graft NAV를 이용하였다. 촬영시 평탄지에 지상기준국을 1개 세웠으며, 동일 지점의 정밀좌표 획득을 위해 측량을 수행한 후 3차원 망조정을 수행하였다. 촬영 및 GPS신호 수신시간 동안의 위성개수는 7~10개를 유지하였다. 또한, 최종 GPS/IMU 데이터의 정확도는 Northing, Easting, Height에 대하여 ±0.05m 이내였다. 그림 6은 비행궤도를 나타낸다.

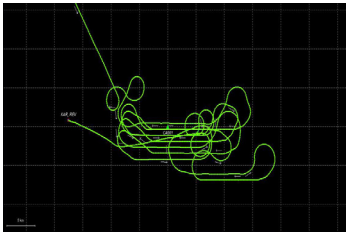


그림 6. 비행궤도

(3) 사진기준점측량

APM은 Automatic Point Matching의 약어로, 자동점정합이라 부른다. 이 방법에는 L0와 L1 APM으로 나눌 수 있는데, 그 방법의 차이점은 정합기준면이 상이하다는 것이다. L0 APM의 경우, 촬영당시와 동일한 표정상태 즉, 촬영기하를 재현한 것으로 USGS에서 제작한 GTOPO DEM상에 정합을 수행하며, L1 APM의 경우 평균기준면에 정합을 수행한다. 본 연구에서는 L0 APM을 수행 후, 사진기준점측량 종료 후, Rectify를 수행하였다.

L0 APM에 이용한 방법은 ADS40의 경우 12,000라인이므로 모든 라인에 대해 APM을 수행하는 것은 불가능하다. 따라서, 데이터처리 시간 및 정확도를 고려한 APM 전략파일의 제작이 불가피하다. 또한, ADS40의 영상의 기하학적 특성상 촬영중심으로부터 거리가 멀어질수록 기하학적 왜곡이 발생하므로 중심에서는 간격을 넓게 설정하고, 양쪽 끝단으로 갈수록 조밀하게 설정하였다. 또한, 스트립간에 중복도는 30%이므로, 중복지역에서는 APM결과가 조밀한 것을 알 수 있다. 본 연구에서의 APM은 스트립당 7개 라인에서 정합을 수행하였다. 그림 7은 L0 APM 전략 모식도를 나타낸 것이다.

스트립당 7개 지점은 상단을 1라인으로 볼 때, 하단부로 5%, 15%, 30%, 50%, 70%, 85%, 95%에 해당하는 지점이다. 영상의 라인은 각각 600, 1800, 3600, 6000, 8400, 10200 및 11400번째 라인에 해당된다.

그림 8은 APM 수행한 결과를 나타낸다. 본 연구에서는 7개의 Strip을 이용하였으므로, 투영중심이 7 라인, 중복 지역 6개 부분으로 나타났다. APM 및 Triangulation을 수행한 것으로 초기 APM 결과값과 최종 조정한 APM 결과값을 나타낸다. 실험대상지역에 대한 초기 APM값은 영상

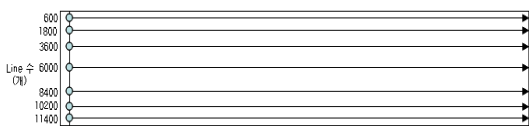


그림 7. L0 APM 전략 모식도

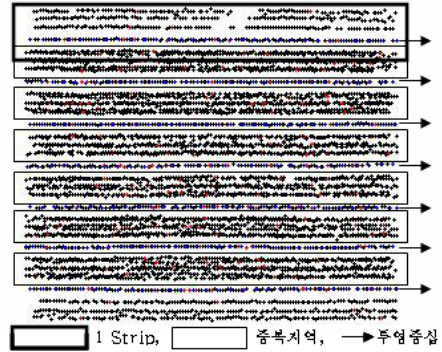


그림 8. L0 APM 결과

Sigma값이 $6.1\mu\text{m}$ 이다. 이는 ADS40의 1화소가 $6.5\mu\text{m}$ 이므로, 양호한 결과임을 알 수 있다. 그러나, APM수행시 과대오차가 포함되므로, 임계값을 주어 반복적으로 과대오차를 소거하였다. 최종 과대오차를 소거한 APM결과는 영상좌표의 Sigma값 $3.5\mu\text{m}$ 이었다. 또한, 기준점은 4점을 선정하여 관측하였으며, 검사점은 25점을 이용하였다. 기준점 관측 후, 번들조정법에 의해 사진기준점측량을 수행하였다. 영상좌표의 Sigma는 $3.5\mu\text{m}$ 까지 조정하였다. 기준점에 대한 최종 RMSE는 X, Y, Z로 각각 $\pm 0.049\text{m}$, $\pm 0.035\text{m}$ 및 $\pm 0.013\text{m}$ 를 나타내었다. 검사점에 대한 RMSE는 X, Y, Z로 각각 $\pm 0.081\text{m}$, ± 0.085 및 ± 0.071 로 나타났다.

(4) 편위수정 영상제작

엄밀법에 의한 사진기준점수행 후, 편위수정영상제작은 L0 APM 수행의 경우 피사체를 비롯한 모든 영상이 굴곡되어 있으므로 수행하여야 한다. 수치도화를 수행하기 위하여 입체영상을 제작하였다. 수치도화, 영상정합을 통한 수치표면모형(DSM)제작 및 정사영상을 제작하기 위해서 편위수정영상제작과정은 불가피하다.

(5) DEM 제작

도심지의 경우 등고선의 묘사 생략 등으로 기존의 수치지도상에서의 등고레이어 추출을 이용하여 수치사진측량시스템에서의 보간에 의한 DEM제작은 사실상 불가능하다. 따라서, 동일지역에 항공 Lidar 자료를 이용하였다. 사용 소프트웨어는 TerraScan과 TerraModeller를 이용하였으며, 오차가 조정된 항공 Lidar 자료는 그림 9와 같은 순서로 처리하였다. 본 연구에서의 항공 Lidar 자료는 정사영상 제작을 위한 정밀 DEM을 제작하기 위하여 사용한 것으로, 오차점 제거 후, 수목, 건물 등을 분류하여 지형자료만을 이용한 지상표본거리(GSD) 0.3m 인 DEM 자료를 제작하였다.

그림 10은 본 연구에서 제작한 항공 Lidar DEM을 나

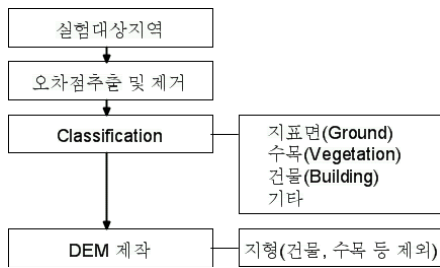


그림 9. 항공 Lidar자료를 이용한 DEM 제작 흐름도

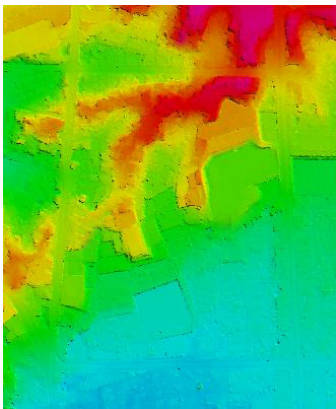


그림 10. 항공 Lidar DEM

타내며, 21점의 GPS측량성과와 보간법을 이용하여 제작한 항공 Lidar DEM의 높이값을 비교하여 정확도 평가를 수행한 결과 RMSE가 $\pm 0.071\text{m}$ 이었다.

(6) 정사영상 제작

항공사진 및 디지털카메라 영상은 카메라 렌즈의 중심



그림 11. 실험대상지역 정사영상

으로 투영되어 얻어지는 중심투영 영상이기 때문에 지형의 기복에 따른 변위가 포함되어 있으며, 또한 촬영당시 비행기의 자세에 의한 피사체의 왜곡이 존재한다. 이러한 기복변위를 제거하여 지도와 같은 정사투영의 기하학적 특징을 가지는 사진을 제작하는 과정을 정밀편위수정이라하며, 이러한 과정을 걸쳐 정사투영사진을 제작한다. 그림 11은 실험대상지역에 대한 정사영상제작결과를 나타낸 것이다.

본 연구에서는 지상표본거리 0.10m 영상을 이용하였으므로, 동일한 지상표본거리의 정사영상을 제작하였다.

(7) 정사영상 정확도평가

본 연구에서 제작한 정사영상의 정확도 평가방법은 정량적 평가 즉, GPS측량성과를 이용한 절대위치정확도 평가를 수행하였다. 검사점의 선점은 주차선 및 점선 도로에 대하여 정적측량에 의해 약 30분 관측하였다. GPS측량성과를 이용하여 정사영상에 대하여 RMSE 평가를 수행하였다. 그림 12는 정사영상의 정확도 평가결과를 나타낸다.

GPS측량성과를 이용하여 정사영상의 정확도평가 수행 결과, RMSE는 X, Y방향에 대하여 각각 $\pm 0.076\text{m}$, $\pm 0.294\text{m}$ 이었다. 또한, 그림 10과 표 2에서 보는 바와 같이, X방향은 큰 변화 없이 오차의 값이 거의 유사하나, Y방향의 경우 투영중심의 경우 오차가 매우 작으나, 양 끝단으로 갈수록 오차의 크기가 증가함을 알 수 있었으며, 정확도 평가결과, 국토지리정보원 규정의 정확도 허용범위 이내임을 알 수 있었다.

(8) 벡터라이징에 의한 수치지도 갱신

수치지도의 건물레이어의 갱신을 위하여 정사영상상에서 반자동 벡터라이징을 수행하였으며, 단독건물 및 밀집건물을 묘사하였다. 그림 13은 벡터라이징 건물 및 검사점배치도를 나타낸다.

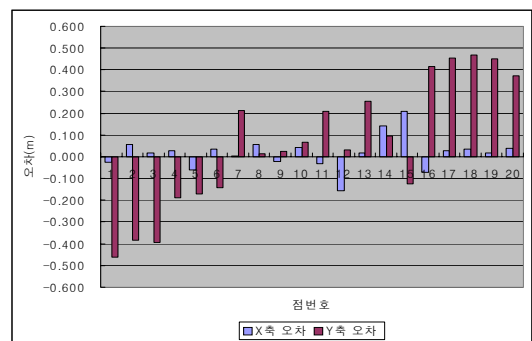


그림 12. 정사영상의 정확도평가

표 2. 정사영상의 정확도 평가

No.	정사영상		GPS측량성과		오차	
	X1	Y1	X2	Y2	△X	△Y
1	214054.991	368344.960	214055.016	368345.421	-0.025	-0.461
2	213731.466	368341.423	213731.410	368341.807	0.056	-0.384
3	213585.231	368294.586	213585.215	368294.981	0.016	-0.395
4	213810.064	368128.011	213810.035	368128.198	0.029	-0.187
5	213629.096	368096.873	213629.155	368097.042	-0.059	-0.169
6	213448.542	368091.548	213448.506	368091.691	0.036	-0.143
7	214122.461	368080.790	214122.457	368080.578	0.004	0.212
8	213753.261	367936.269	213753.203	367936.256	0.058	0.013
9	213894.983	367935.457	213895.006	367935.432	-0.023	0.025
10	214112.067	367927.468	214112.024	367927.400	0.043	0.068
11	214162.380	367807.219	214162.411	367807.010	-0.031	0.209
12	213483.984	367717.661	213484.141	367717.629	-0.157	0.032
13	213658.437	367677.658	213658.419	367677.404	0.018	0.254
14	213745.813	367627.911	213745.670	367627.814	0.143	0.097
15	213734.510	367622.622	213734.300	367622.748	0.210	-0.126
16	213804.438	367569.286	213804.508	367568.870	-0.070	0.416
17	213733.911	367559.341	213733.881	367558.886	0.030	0.455
18	214215.708	367549.347	214215.671	367548.877	0.037	0.470
19	213902.433	367537.553	213902.414	367537.101	0.019	0.452
20	213473.906	367511.035	213473.866	367510.663	0.040	0.372
RMSE					±0.076	±0.294

표 3. 건물레이어 정확도 평가

점번호	벡터라이징 건물		1/1,000 해석도화 건물		오차	
	X1	Y1	X2	Y2	△X	△Y
1	213643.824	368014.083	213643.621	368014.440	0.203	-0.357
2	213759.211	368025.394	213758.930	368025.286	0.281	0.108
3	213909.924	368074.078	213909.732	368074.310	0.192	-0.232
4	214144.186	368148.754	214144.417	368148.911	-0.231	-0.157
5	214160.117	367882.928	214159.790	367882.832	0.327	0.096
6	214116.276	367671.807	214116.390	367672.039	-0.114	-0.232
7	214083.134	367557.787	214083.357	367557.955	-0.223	-0.168
8	213933.769	367641.237	213933.590	367641.072	0.179	0.165
9	213624.652	367609.552	213624.482	367609.634	0.170	-0.082
10	213716.388	367822.288	213716.219	367822.603	0.169	-0.315
11	213706.973	367925.936	213707.260	367926.110	-0.287	-0.174
12	213590.525	367883.677	213590.190	367883.590	0.335	0.087
13	213772.092	367958.502	213771.752	367958.382	0.340	0.120
14	213927.697	367980.346	213927.850	367980.571	-0.153	-0.225
15	213937.369	368033.959	213937.178	368034.272	0.191	-0.313
16	213945.831	367879.669	213945.581	367879.903	0.250	-0.234
17	213950.024	367777.214	213950.210	367777.504	-0.186	-0.290
18	214025.053	367822.579	214024.831	367822.819	0.222	-0.240
19	214076.552	367824.323	214076.145	367824.381	0.407	-0.058
20	213888.961	367981.258	213888.650	367981.460	0.311	-0.202
RMSE					±0.250	±0.210

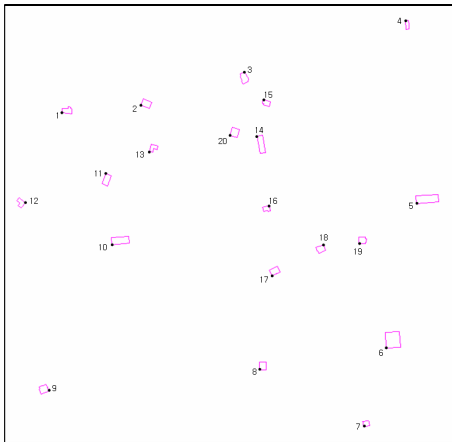


그림 13. 벡터라이징 건물 및 검사점배치도

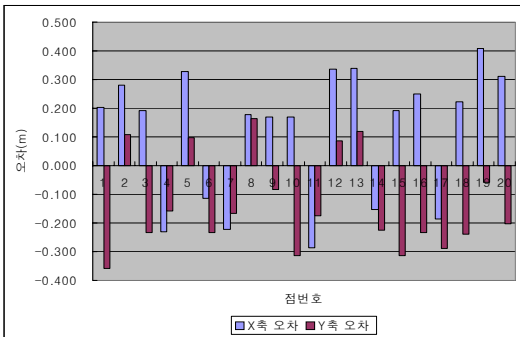


그림 14. 건물레이어 정확도 평가

(9) 수치지도 정확도평가

수치지도의 건물레이어에 대해 갱신을 위하여 정사영상에서 반자동 벡터라이징을 수행하였으며, 정사영상의 등분포하게 건물의 코너를 선점하였으며, 1/1,000해석도화 성과와 비교분석하였다. 그림 14와 표 3에서 보는 바와 같이, 건물레이어의 경우 RMSE가 X, Y방향에 대해 각각 ±0.250m, ±0.210m으로 나타났으며 정확도 평가결과, 국토지리정보원 규정의 허용오차 이내임을 알 수 있었다.

4. 결 론

이 연구는 항공디지털카메라의 영상을 이용하여 정사영상을 제작한 후 반자동 벡터라이징에 의해 수치지도의 건물레이어를 갱신하는 것이며, 본 연구를 통해서 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 정사영상에 대한 정확도 평가결과, RMSE는 X, Y방

향으로 각각 ±0.076m, ±0.294m, 수치지도의 건물레이어에 대한 정확도 평가결과, X, Y방향에 대하여 각각 ±0.250, ±0.210을 나타냈으므로, 허용오차 이내에 있음을 알 수 있었으며 고품질의 항공디지털사진의 정사영상을 이용하여 수치지도 건물에 대한 수치 갱신이 가능함을 알 수 있었다.

2. 고품질의 정사영상제작 및 수치지도갱신에 대한 위치정확도는 매우 양호한 것으로 판단되므로 기본지리정보 구축은 물론 지자체의 GIS사업 및 다양한 분야에 활용될 수 있다.

3. 국내 활용이 증가될 것으로 기대되는 항공디지털사진을 이용한 정사영상 제작에 대한 표준제작방법을 제시 하였으나, 표준작업규정 및 품셈에 대한 기준이 없으므로 조속한 표준화 연구가 요망된다.

참고문헌

1. 강준목, 이철희, 이형석, 2002, "수치지도의 수정 및 갱신을 위한 고해상도 위성영상의 적용 가능성 평가", *한국측량학회지*, 제20권, 제3호, pp. 313-321.
2. 국토지리정보원, 2004, *공공측량의작업규정세부기준*, 국토지리정보원.
3. 국토지리정보원, 1995, *수치지도작성작업내규*, 건설교통부.
4. 이현직, 정수, 이승호, 1999, "수치사진측량시스템 환경에서의 수치지도의 수정 및 갱신", *한국측량학회지*, 제17권, 제4호, pp. 359-372.
5. 오금희, 2007, *ADS40영상에 대한 영역기반 영상정합의 특성 연구*, 인하대학교 대학원 석사학위논문, pp. 1-2.
6. 장휘정, 2007, *항공디지털카메라 ADS40을 위한 다중영상매칭에 관한 연구*, 인하대학교 대학원 박사학위논문, pp. 1-7.
7. 한국건설교통기술평가원, 2006, *대축척지도제작용 디지털카메라 실용화 방안연구*, pp. 1-2.
8. Fricker, P., 2001, "ADS40-progress in digital aerial data collection", *Photogrammetric Week '97*, pp. 105-116.
9. LH Systems, 2006, "GPro manual".
10. Hinsken, L., S. Miller, U. Tempelmann, R. Uebbing and S. Walker, 2002, "Triangulation of LH systems' ADS40 imagery using ORIMA GPS/IMU", *The International Archives of the Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. 34, Part B3/A, pp. 156-162.
11. LH Systems, 2005, "Orima manual".
12. Pateraki, M. and E. Baltsavias, 2003, "Analysis and performance of the adaptive multi-image matching algorithm for airborne digital sensor ADS40", *Proc. ASPRS Annual Conference 2003*, Anchorage, AK, USA, 5-9 May.
13. Pateraki, M. and E. Baltsavias, 2004, "Experience on automatic image matching for DSM generation with ADS40 pushbroom sensor data", *The International Archives of the Photogrammetry and Remote Sensing*, Istanbul, Turkey, Vol. 35, Part B2.

14. Pateraki, M, and E. Baltsavias, 2004, "Surface discontinuity modelling by LSM through patch adaptation and use of edges", *The International Archives of the Photogrammetry and Remote Sensing*, Istanbul, Turkey, Vol. 35, Part B3.
15. Reuke, R., S. Becker, N. Haala and U. Tempelmann 2006, "Determination and improvement of spatial resolution of the CCD-line-scanner ADS40", *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. 60, pp. 81-90.
16. Sandau, R., B. Braunecker, H. Driescher, A. Eckardt, S. Hilbbert, J. Hutton, W. Krichhofer, E. Lithopoulos, R. Reulke and S. Wicki, 2000, "Design principle of the LH systems ADS40 airborne digital sensor", *The International Archives of the Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. 33, Part B1, pp. 258-265.
17. Tempelmann U., A. B rner, B. Chaplin, L. Hinsken, B. Mykhalevych, S. Miller, U. Recke, R. Reulke and R. Uebbing, 2000, "Photogrammetric software for the LH systems ADS40 airborne digital sensor", *The International Archives of the Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. 33, Part B2, pp. 552-559.