

외부표정요소 직접결정에 의한 수치정사영상 생성 Generation of Digital Orthoimage using Direct Georeferencing

박운용¹⁾ · 박홍기²⁾ · 위광재³⁾ · 송연경⁴⁾

Park, Woon Yong¹⁾ · Park, Hong Gi²⁾ · We, Gang Jae³⁾ · Song, Youn Kyung⁴⁾

¹⁾ 동아대학교 토목공학과 교수(E-mail: uypark@daunet.donga.ac.kr)

²⁾ 경원대학교 토목환경공학과 교수(E-mail: hgpark@kyungwon.ac.kr)

³⁾ 성균관대학교 토목공학과 박사과정(E-mail: giwe@hist.co.kr)

⁴⁾ 동아대학교 토목공학과 박사수료(E-mail: aaong@hanmail.net)

요 지

최근에는 항공기에 GPS/INS 장비를 탑재하여 사진의 촬영과 동시에 외부표정요소를 직접 결정할 수 있는 Direct Georeferencing 기술의 개발로 인하여 지상기준점측량과 AT과정이 불필요하게 되었다. Direct Georeferencing 기법을 이용하게 되면 외부표정요소를 구하기 위한 전처리 과정을 생략할 수 있다. 따라서 지상기준점을 이용한 사진기준점측량(AT)을 수행하지 않더라도 수치표고모델만 미리 확보되어 있으면 촬영과 동시에 수치정사사진을 생성할 수 있다.

본 연구에서는 촬영과 동시에 GPS/INS에 의해 획득한 외부표정요소와 항공사진을 이용하여 영상매칭에 의하여 수치표고모델(DEM)을 자동 생성하고, 이 결과를 바탕으로 정사사진을 제작하였다.

실제 도화데이터와 Direct Georeferencing 정사영상과의 오차를 평가한 결과, 표준편차가 X는 약 62cm, Y는 약 76cm 정도가 발생하였다. 이 결과는 축적 1:5,000 수치지도의 정확도 요구를 충분히 만족시킬 수 있는 양호한 결과를 알 수 있다. Direct Georeferencing에 의한 정사영상의 제작방법은 큰 크기의 과대오차가 발생하는 부분을 수작업 또는 반자동으로 해결할 수 있으면 효율적으로 수치지도를 수정/갱신 할 수 있을 것으로 판단된다.

1. 서론

정사영상 제작공정에서 Direct Georeferencing 기법이란 촬영용 항공기에 탑재되어 항공 카메라와 연동하여 작동하는 GPS와 INS로부터 구한 사진의 외부표정요소를 이용하여 지상기준점측량이나 사진기준점측량 등 별도의 작업과정을 거치지 않고, 바로 지상좌표로의 등록(Georeferencing)하는 방법을 말한다.

이러한 작업이 가능하기 위해서는 우선적으로 위치와 회전센서에 의해서 결정되는 원시 표정데이터가 항공 목적을 충족시킬 수 있을 정도로 매우 정확해야 하며, 촬영대상지역 전체에 대하여 빠짐없이 자료의 취득이 가능해야만 한다. GPS/INS 센서에 의해서 이러한 조건을 만족하는 데이터를 얻을 수 있다면, Direct 표정방식에 의한 도화와 유사한 원리와 방법으로 매우 효율적으로 정사영상을 제작할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 촬영과 동시에 GPS/INS에 의해 획득한 외부표정요소와 항공사진을 이용하여 영상매칭에 의하여 수치표고모델(DEM)을 자동 생성하고, 이 결과를 바탕으로 정사영상을 제작하였다. 또한 제작된 결과물에 대한 정확도 검증을 위하여 해석 도화방법에 의해 제작된 수치지도에서 추출한 검사점들을 기본으로 하여 Direct Georeferencing에 의하여 제작된 수치정사영상의 위치 정확도와 DEM의 높이 정확도를 평가하였다.

2. Direct Georeferencing에 의한 정사영상제작 방법

항공사진을 이용하여 수치정사영상을 제작하기 위하여서는 카메라 검정 데이터와 지형 DEM 및 사진의 외부표정요소가 필요하다. 일반적으로 기존의 방법에 의해서 정사영상을 제작하는 과정은 아래의 그림 1과 같다. 먼저 지상측량을 통하여 지상기준점을 취득한 후, 이를 사진좌표와 함께 입력하여 사진기준점측량을 수행하여 외부표정요소를 계산한다. 그 다음 정밀한 DEM을 이용하여 사진의 편위수정을 실시한다. 이러한 재래식 방법에 의한 정사영상의 제작시에는 실제 정사영상을 제작하는 단계에 소요되는 시간과 경비보다 사진의 외부표정요소를 구하는 전처리 작업공정에 더 많은 노력과 경비가 소요되고 있다. 즉, 사진의 외부표정요소를 구하기 위한 지상기준점측량과 사진기준점 측량에 대부분의 비용과 시간이 소요된다.

최근에는 항공기에 GPS/INS 장비를 탑재하여 사진의 촬영과 동시에 외부표정요소를 직접 결정할 수 있는 Direct Georeferencing기술의 개발로 인하여 지상기준점측량과 AT과정이 필요 없게 되었다. 즉 이 기법을 이용하게 되면 그림 1에서와 같은 외부표정요소를 구하기 위한 전처리 과정을 생략할 수 있다. 따라서 지상기준점을 이용한 사진기준점측량(AT)을 수행하지 않더라도 수치표고모델만 미리 확보되어 있으면 촬영과 동시에 수치정사영상을 생성할 수 있다. Direct Georeferencing기술을 이용하게 되면 각 사진의 외부표정요소를 GPS/INS에 의하여 직접 취득할 수 있어, 그림 2와 같이 지상기준점측량과 사진기준점 측량작업이 불필요하여 기존 방법에 비하여 보다 경제적이고 신속하게 도화작업 및 정사영상을 제작할 수 있다.

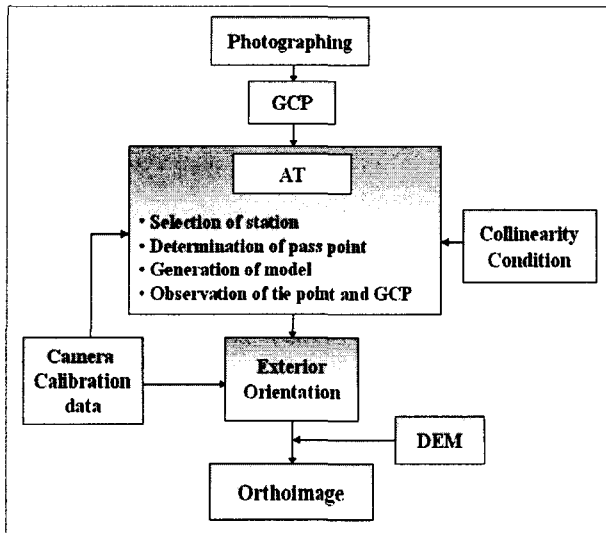


그림 1. 기존 방법에 의한 정사영상 생성 흐름도

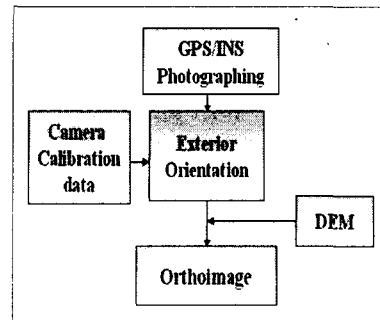


그림 2. Direct Georeferencing에 의한 정사영상 생성 흐름도

3. Direct Georeferencing에 의한 정사영상의 생성

3.1 항공사진 스캐닝

사진축척 1/20,000 항공사진을 고정밀 항공용 전용스캐너인 PhotoScan- TD를 이용하여 원본 Roll 필름을 해상력 21 μ m(1,200dpi)로 스캐닝 하였다. 원본필름을 스캐닝한 영상을 각 축척별로 도시한 것이 그림 3이다.

3.2 카메라 검정 데이터 및 외부표정요소 입력

카메라 검정 파일은 촬영당시의 카메라 데이터를 사용하여야 하며, Leica사의 RC30 카메라(초점거리

152.846mm)를 사용하였다.

외부표정요소는 기존에는 AT공정을 통하여 나온 결과값을 사용하였으나, 본 연구에서는 항공사진 촬영당시에 GPS/INS 센서를 통하여 취득한 외부표정요소값을 정사영상 제작 S/W에 맞게 포맷 변환하여 입력하였다. 도화지역에 해당하는 4매의 사진번호와 외부표정요소값 및 이의 표준편차를 표 1에 수록하였다. 외부표정요소의 결과는 6개의 지상기준점을 이용하였다. 표에서 알 수 있듯이 외부표정요소 결정의 정확도는 투영중심은 X_0, Y_0, Z_0 가 약 $\pm 30\text{cm}$ 정도이며, 회전각에서는 ω 와 ϕ 는 0.004gon, κ 는 0.002gon 정도이다.

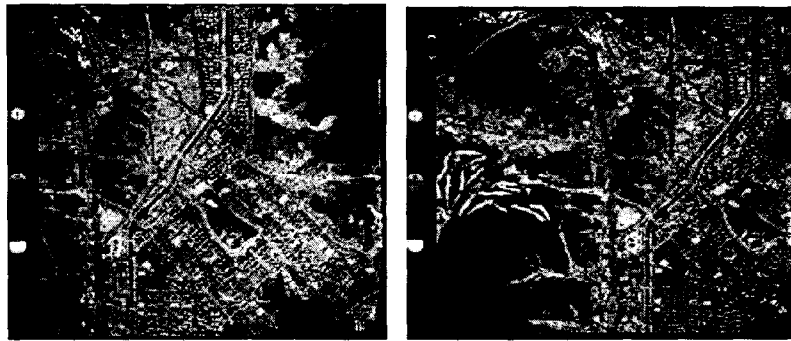


그림 3. 스캐닝한 1/20,000 항공사진 원본영상

표 1. 사진의 외부표정요소와 표준편차

촬영축척	Photo No.	X(m)	Y(m)	Z(m)	ϕ (gon)	ω (gon)	κ (gon)
1/20,000 (GCP 6점사용)	309	209212.5	434422.6	3281.233	-0.0546	0.0383	-2.6108
	표준편차	0.2700	0.2804	0.2823	0.0038	0.0043	0.0018
	310	210833.2	434436.5	3279.875	-0.0092	0.2988	-2.9661
	표준편차	0.2619	0.2701	0.2646	0.0039	0.0042	0.0018
	407	209102.3	431402.3	3272.568	0.1698	-0.9861	0.4372
	표준편차	0.2808	0.2879	0.3021	0.0038	0.0045	0.0019
	408	210705.2	431389.0	3271.925	0.1205	-0.5125	-0.643
	표준편차	0.2719	0.2821	0.2846	0.0039	0.004	0.0018

3.3 DEM 제작

수치표고모델 생성은 Direct georeferencing에 의한 자동 영상매칭 방법으로 생성하였다. DEM 격자 간격은 5m 간격으로 생성하였다. 총 20개의 검사점에 대하여 표준편차의 크기는 Direct Georeferencing에 의한 자동 DEM 제작은 1.13m로 나타났다. 자동 DEM에 의한 큰 오차가 발생한 이유는 검사점의 출처가 수치지도의 표고점중에서 추출하였으며, 영상 매칭에 의한 자동 DEM제작은 소축적으로 갈수록 영상매칭에 의한 오류가 지형, 지물의 구조에 따라서 영향을 많이 받기 때문이다. 그림 4에 제작된 DEM을 나타내었다.

3.4 정사영상 생성

정사영상은 사진축척을 고려하여 50cm의 해상도로 제작하였다. 그림 5는 위에서 입력한 조건에 따라 제작된 정사영상을 보여주고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 제작된 정사영상은 모델단위의 형태로 생성되었으며, 단사진별로 제작하지 않고 모델 단위로 제작하는 이유는 제작시간의 단축과 동시에 불필요한 중복지역을 미리 제거할 수 있기 때문이다.

모델단위별로 정사영상을 생성한 후 축척을 고려하여 제작하고자 하는 수치지도 도곽의 크기에 맞게 모자이크 재단을 수행한다. 최종적으로 정사영상 제작지역 전체의 사진에 대하여 이러한 모자이크 작업을 계속 수행하게 되면 완전한 정사영상이 생성된다. 그림 6에는 상기의 과정을 통하여 생성된 연구지역에 해당하는 정사영상을 보여주고 있다.

생성된 최종 정사영상은 그림에서 보는 바와 같이 축척이 균일하고 대상지역내의 모든 지형·지물에 대한 편위가 수정된 지도와 동일한 기하학적 상관성을 가지고 있다.

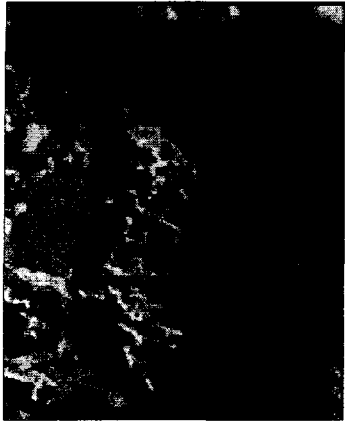


그림 4. 생성된 DEM



그림 5. 생성된 정사영상



그림 6. 생성된 최종 정사영상

4. Direct Georeferencing에 의한 정사영상의 정확도 검증

제작된 정사영상에 대한 정확도의 가장 객관적이고 정량적인 검증을 위하여 기존 AT 방법에 의한 해석 도화원도에서 20점의 검사점을 선정하여, 정사영상에서 이 검사점에 대응하는 점을 추출하여 그 좌표를 측정하고 두 좌표값의 편차를 계산하였다. 그림 7은 제작된 정사영상의 정확도를 비교하기 위한 검사점의 위치와 분포를 도시한 것이다. 이 때 위치오차는 모든 검사점에서 평면오차의 크기만을 계산하였다. 표 2에는 정사영상에 대한 편차의 크기를 수치적으로 수록한 것이며, 그림 8에는 정사영상의 정확도를 도시한 것이다.

표 2와 그림 8에서 알 수 있는 바와 같이 정사영상에 대한 평면오차는 표준편차가 약 98cm 이다. 그리고 X방향으로는 62cm, Y방향으로 76cm의 표준편차를 나타내었다. 비교적 큰 크기의 오차가 검사점 1, 2와 7 등에서 발생하고 있으며 기타 검사점에 대하여는 표준편차 범위내에서 균질한 크기를 보이고 있다. 최대오차는 검사점 1에서 약 1.4m 정도이다. 이 결과는 축척 1:5,000 수치지도의 정확도 요구를 충분히 만족시킬 수 있는 양호한 결과임을 알 수 있다.



그림 7. 검사점의 분포도

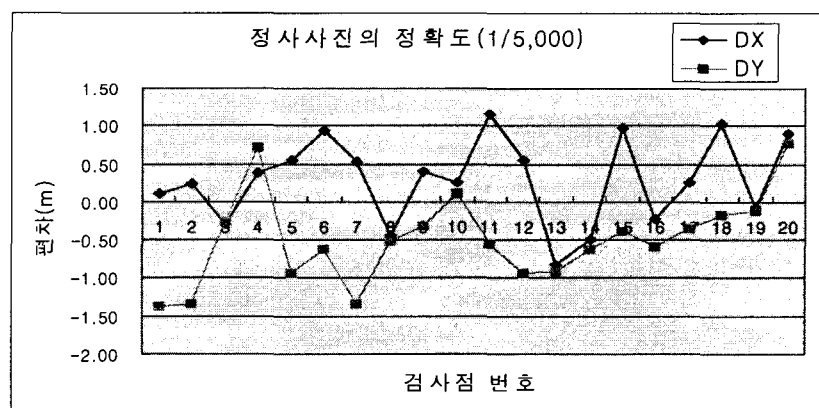


그림 8. Direct Georeferencing 정사영상의 정확도

표 2. Direct Georeferencing 정사영상의 정확도 검수 (단위:m)

검사점 No.	해석도화 좌표		정사영상 좌표		편차	
	X	Y	X	Y	DX	DY
1	209046.364	433011.108	209046.250	433012.490	0.114	-1.382
2	209158.030	432891.426	209157.790	432892.770	0.240	-1.344
3	209851.780	433010.830	209852.071	433011.090	-0.291	-0.260
4	210028.891	432933.422	210028.510	432932.710	0.381	0.712
5	210576.041	433145.084	210575.500	433146.020	0.541	-0.936
6	210633.905	432910.915	210632.980	432911.540	0.925	-0.625
7	208793.551	431832.151	208793.030	431833.490	0.521	-1.339
8	208888.064	431688.146	208888.500	431688.670	-0.436	-0.524
9	209858.338	431917.615	209857.930	431917.930	0.408	-0.315
10	209810.737	431810.110	209810.490	431810.000	0.247	0.110
11	210651.253	432306.845	210650.100	432307.400	1.153	-0.555
12	210662.468	432158.539	210661.920	432159.470	0.548	-0.931
13	208878.197	431120.621	208879.030	431121.540	-0.833	-0.919
14	208963.494	430945.488	208964.000	430946.110	-0.506	-0.622
15	209906.780	431059.645	209905.820	431060.040	0.960	-0.395
16	209727.451	430922.919	209727.680	430923.500	-0.229	-0.581
17	210446.999	430826.626	210446.740	430826.980	0.259	-0.354
18	210513.051	430731.558	210512.020	430731.720	1.031	-0.162
19	210260.649	431277.345	210260.730	431277.460	-0.081	-0.115
20	208989.460	433137.746	208988.560	433136.980	0.900	0.766
RMSE					0.618	0.755

5. 결론

본연구에서는 Direct Georeferencing에 의한 수치정사사진의 제작과정을 제시하고, 이에 필요한 DEM의 생성과 함께 직접 정사사진을 제작하였다. 아울러 제작된 정사사진에 대하여 검사점에 대한 위치정확도를 검증하였으며, 특히 수치지도에서 추출한 검사점을 기준으로 위치정확도를 평가한 결과 그 활용성이 큰 것을 입증하였다.

실제 도화데이터와 Direct Georeferencing 정사영상과의 오차를 평가한 결과, 표준편차가 X는 약 62cm, Y는 약 76cm 정도가 발생하였다. 이 결과는 축척 1:5,000 수치지도의 정확도 요구를 충분히 만족시킬 수 있는 양호한 결과임을 알 수 있다. 결론적으로 Direct Georeferencing에 의한 정사영상의 제작 방법은 큰 크기의 과대오차가 발생하는 부분을 수작업 또는 반자동으로 해결할 수 있으면 효율적으로 수치지도를 수정/갱신 할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

- 국토지리정보원 (2002), 항공사진측량 작업내규.
 박운용, 이강원, 이재원, 정공운 (2004), GPS/INS에 의한 항공사진측량의 블록조정, 한국측량학회지, 한국측량학회, 제 22권 3호, pp.285-291.
 한상득, 조규전, 이재원 (2004), GPS/INS에 의한 외부표정요소 결정에 관한 경험적 연구, 한국측량학회지, 제 22권 1호, pp. 53-62.
 이재원, "Untersuchung von Verfahren zur kombinierten Aerotriangulation mittels integriertem GPS/INS", DOKTOR-INGENIEUR, 1996.