

디지털 항공카메라 DMC의 블럭기하 분석

Analysis of Block Geometry for Area Based Digital Aerial Camera DMC

이재원¹⁾ · 이동민^{2)*} · 서상일³⁾ · 정창식⁴⁾

Lee, Jae One · Lee, Dong Min · Seo, Sang Il · Chung, Chang Sik

1) 동아대학교 공과대학 토목공학부 교수(leejo@dau.ac.kr)

2) 동아대학교 공과대학 토목공학부 석사과정(leejo@dau.ac.kr)

3) 범야엔지니어링 국토정보연구소(ssi76@hanmail.net)

4) 동의대학교 공과대학 토목공학과 교수(ccs@deu.ac.kr)

요 지

최근 아날로그 항공사진카메라는 디지털방식으로 급속히 변화하고 있어 이에 따른 다양한 실험연구가 수행되고 있다. 디지털 카메라는 CCD의 구조와 촬영방식에 따라 크게 면형방식(area array)과 선형방식(line array)으로 구분되며 기술적으로 서로 상이한 원리로 영상을 취득하고 있다. 본 논문에서는 블럭 조정에 횡스트립을 추가하여 블럭 조정하였을 때 안정성에 얼마나 큰 영향이 있는지 알아보았다. 본 논문은 촬영시 추가한 횡스트립이 블럭기하의 안정성에 미치는 영향을 검증하기 위하여 블럭조정 결과에 따른 외부표정요소의 정확도를 비교 분석하였다. 연구결과 횡스트립을 추가하였을 때는 외부표정요소의 정확도가 크게 향상됨을 알 수 있었다. 향후 디지털 카메라에 의한 촬영시 적절한 중복도와 횡스트립의 배치간격 등에 대한 연구가 계속해서 이루어져야 될 것으로 판단된다.

1. 서 론

현재 정보화시대에 따른 급속한 변화와 함께 주변 환경에 대한 지형공간정보의 요구에 신속하게 대응하기 위해서 다양한 측량기술과 방법들이 개발되고 있다. GIS의 자료기반이 되는 기존의 수치지도 생성은 전통적인 아날로그 항공사진측량에 의해 수행되어 왔으나 현재 수치사진측량으로 급속히 변화되고 있다.

최근 디지털 항공카메라의 실용화로 인하여 국내외적으로 다양한 실험연구와 사업이 수행되고 있다. 특히, 아날로그와 카메라와 비교하여 무필름에 의한 작업의 신속성과 경제성 및 정확도의 향상 등이 큰

장점으로 부각되고 있다. 하지만 면형방식과 선형방식 등 디지털 항공카메라의 상이한 기술적 특성과 촬영기하에 따라 중복도와 기준점의 배치 및 스트립의 배열 등 블럭의 형상에 세심한 주의를 요하고 있다.

본 논문은 면형방식인 DMC카메라의 블럭의 기하적 안정성을 검토하기 위하여 횡스트립의 유무에 따른 외부표정요소의 정확도 변화를 비교 분석하였다. 그림 1은 본 논문의 연구 흐름도이다.

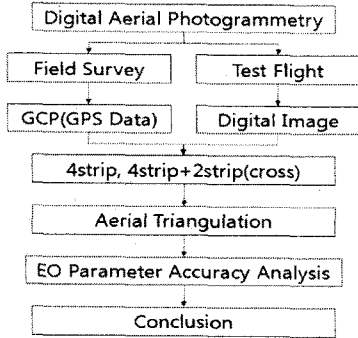


그림 1. 연구 흐름도

2. DMC 카메라의 원리 및 특성

2.1 원리

현재 상용중인 항공용 대형 디지털 카메라는 면형방식인 DMC와 UltraCamX 및 선형방식인 ADS40의 두 종류가 있다. DMC(Digital Modular Camera)는 Z/I Imaging사에서 개발한 4개의 흑백 모듈과 4개의 칼라모듈(R, G, B와 IR) 등 총 8개의 다중렌즈로 구성되어 있다(그림 2). DMC의 CCD-Matrix는 면형기반으로서 고정밀 기하적 해상력과 중심투영에 의한 영상취득을 그 기본원리로 하고 있다.

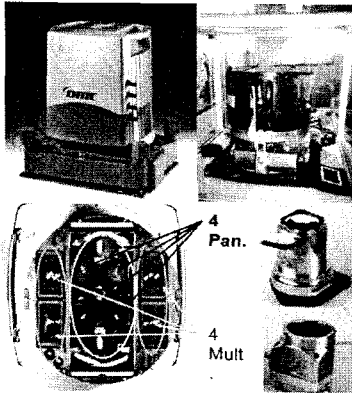


그림 2. DMC내부구조와 카메라 모듈

흑백모듈은 4개의 7K x 4K CCD 배열로 구성되며 초점거리가 120mm이며, 칼라모듈은 4개의 3K x 2K CCD 배열로 초점거리가 25mm이다. 기타 연구에 사용된 DMC카메라의 사양은 표 1과 같다.

표 1. DMC 카메라 시스템 사양

센서	panchromatic	colour
CCD 칩 종류	array	array
채널갯수	4	4
센서크기 [pixel, rows * columns]	4084 * 7128	2048 * 3072
렌즈초점거리 [mm]	120	25
픽셀사이즈 [μ m]	12	12
시야각 - cross track [°]	74	
시야각 - along track [°]	44	
스펙트럼밴드		RGB, CIR
그라운드해상도 [GSD,cm] / altitude [m]	10 / 1,000	
촬영고도 [m] from - to	500 - 8,000	
셔터최소속도	1 / 300	
이미지반복비율	2.1 secs for GSD = 5 cm / overlap=60%	
이미지용량[images]	2,200	

2.2 촬영기하 및 영상처리

DMC 카메라 Pan모듈의 지상해상력은 촬영방향으로는 8,000화소, 촬영방향과 직각방향으로는 13,000화소이다. 촬영 시야각은 74°로, 6" 광각 카메라인 RMK TOP 15의 촬영시야각과 동일하다. DMC는 2.1 초 동안 최대 260Mb의 영상자료를 처리할 수 있다.

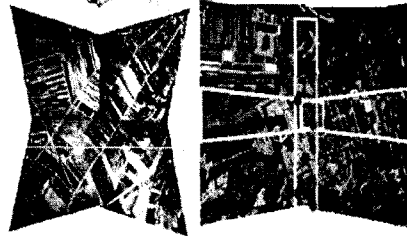


그림 3. DMC영상의 모자이킹

DMC카메라의 경우에는 각기 상이한 렌즈의 초점거리와 촬영각에 따라, 각 카메라마다 획득한 다중 영상은 그림 3과 같이 서로 상이한 기하적 형태를 가지게 된다. 따라서 영상매칭으로 입체시를 형성하기 전에 각각의 사진을 집성하여 기하적으로 변형이 없는 한 장의 정방형의 사진을 만들어야 한다. 일단 집성된 사진이 완성되면 아날로그 사진을 스캐닝한 경우와 동일한 방법으로 후처리 작업이 가능해진다.

DMC영상의 기하보정은 위의 그림 3과 같이 네 개의 보조영상(sub-image)을 기반으로 기하적으로 완전한 하나의 중심 투영 형태의 영상을 형성한다. 4개의 보조영상에 대한 기하보정(mosaicking)을 위해서는 각 보조영상에 대한 상대 표정요소의 활용이 가능해야 하며 지상기준점과 접합점을 이용하여 이를 수행한다. 이 때 지상기준점의 수를 감소시키기 위해서는 반드시 GPS/INS 장치를 탑재하여 각각의 보조영상에 대한 외부표정요소를 취득하여야 한다.

3. 실험 및 결과분석

3.1 실험지역

본 논문에서는 디지털 항공사진측량의 Direct Georeferencing을 적용한 번들조정의 항공삼각측량을 분석하기 위해 충청남도 아산시를 연구대상지로 선정하였다. 그림 4는 연구대상지를 구글에서 나타낸 것이며, 그림 5는 촬영 비행노선의 궤적을 표시한 것이다. 총면적은 약 4km x 4km이며, GSD는 10cm, 중중복 60%, 횡중복 30%로 촬영하였다. 비행방향은 4개의 동서방향과 2개의 남북방향의 횡스트립을 추가하였다. 촬영방향에 따라 비행고도를 달리하였다. 촬영시 GPS/INS에 의한 외부표정요소를 취득(Applanix사)하여 지상기준점(약 40점)과 함께 번들조정시 이용하였다. 기타 실험관련 관측자료와 처리에 관한 상세한 내용은 표 2에 수록하였다.

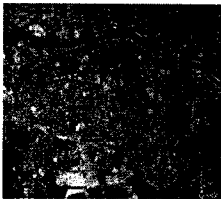


그림 4. 연구 대상지

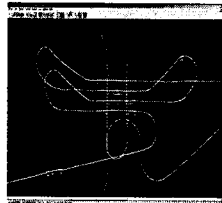


그림 5. 촬영노선

표 2. 블록데이터 및 자료처리

촬영 날짜	2008-03-26	촬영 지역	충남아산
항공기	Cessna 208 Grand Caravan	촬영 면적	4km × 4km
촬영 고도	동서방향: 850m 남북방향: 1600m	GSD	8~9cm
중중복	60%	횡중복	30%
코스수	4코스×2코스 (Cross)	GPS/INS 모델	POSAV 510
GPS/INS 후처리	POSpac 4.4	촬영계획	Z/I Mission
GPS 후처리	TGO 1.6	GCP 측량 사용장비	Trimble GPS 5700

그림 6, 7은 횡스트립이 없는 상태(4스트립)와 횡스트립이 추가된 상태(6스트립)에 대한 Footprints를 나타낸 것이다. 따라서 본 연구에서는 후자의 경우가 전자에 비하여 기하적 안정성이 얼마나 증가하는지에 대한 정량적 분석을 위하여 두 가지 경우에 대한 외부표정요소의 정확도를 상호 비교하였다.

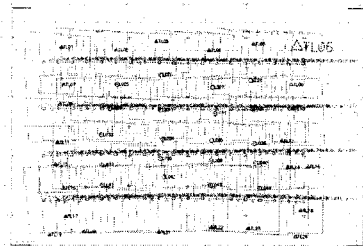


그림 6. Footprints (4 strip)

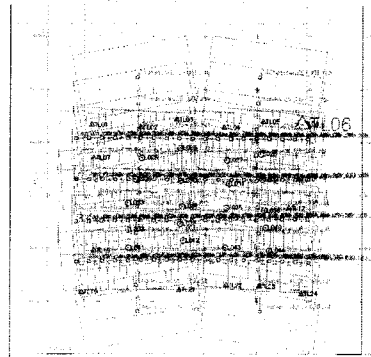


그림 7. Footprints (6 strip)

3.2 블록 조정 분석

본 연구의 번들조정은 Inpho사의 번들 Match-AT를 이용하였다. 즉 4 스트립에 대한 76장의 영상과 2개의 횡스트립을 포함한 96장의 영상에 대하여 AT를 수행하였다.

3.2.1 4스트립 분석

표 3은 횡스트립이 없는 경우인 비행방향으로 촬영된 4스트립의 영상만으로 블록 조정 시 스트립별 외부표정요소의 표준편차를 나타내고 있다. X, Y, Z에 대한 평균은 3.3cm, 2.9cm, 1.9cm로 나타났으며, ω , ϕ , κ 에 대한 평균은 6", 8", 2"로 나타났다. 최대값은 X, Y, Z에 6.1cm, 4.2cm, 3.6cm이며, ω , ϕ , κ 는 9", 15", 5"로 나타났다. 즉 투영중심의 Z좌표와 회전각은 κ 가 다른 두 요소들에 비하여 훨씬 정확하게 결정되었음을 알 수 있다. 이는 면형방식의 아날로그 항공카메라의 경우에도 보편적인 경향으로서 DMC의 특성을 잘 나타내어 주고 있다.

표 3. 4스트립 블록 조정 시 스트립별 외부표정요소 표준편차

strip no.	위치(cm)			회전각(°)		
	S_{X_0}	S_{Y_0}	S_{Z_0}	S_{ω}	S_{ϕ}	S_{κ}
1	3.4	3.1	2.1	7	8	3
2	3.0	2.4	1.6	5	7	2
3	3.1	2.6	1.7	6	7	2
4	3.6	3.3	2.2	7	8	3
mean	3.3	2.9	1.9	6	8	2

그림 8과 9는 스트립별로 개별 사진에 대한 투영중심의 위치정확도와 회전정확도를 세부적으로 표시한 결과이다.

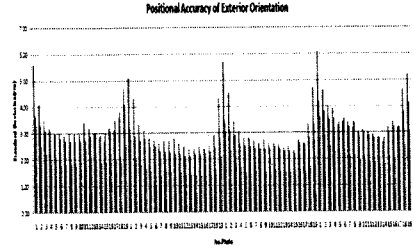


그림 8. 위치 정확도(4스트립)

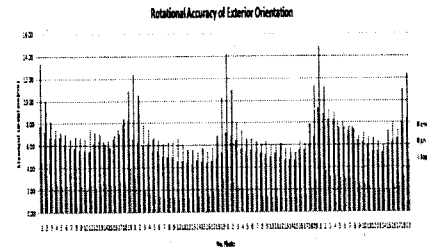


그림 9. 자세각 정확도(4스트립)

그림 8과 9에서 보듯이 각 스트립의 시작과 끝은 항상 오차가 증가하고 있는 것으로 알 수 있다. 이 또한 촬영시 발생하는 일반적인 경향으로 스트립의 시작과 마지막은 추가로 한 두장 더 여유분의 사진을 촬영해야만 함을 알 수 있다.

3.2.2 6스트립(횡스트립 추가) 분석

표 4는 횡스트립을 추가한 6스트립에 대한 블록 조정 시 스트립별 외부표정요소의 표준편차를 나타내고 있다. X, Y, Z에 대한 평균은 2.8cm, 2.2cm, 0.8cm로 나타났으며, ω , ϕ , κ 에 대한 평균은 5", 7", 2"로 나타났다. 최대값은 X, Y, Z에 5.7cm, 5.1cm, 2.0cm이며, ω , ϕ , κ 는 11", 14", 4"로 나타났다.

표 4. 6스트립(횡스트립 추가) 블록 조정
시 스트립별 외부표정요소 표준편차

strip no.	위치(cm)			회전각(°)		
	S_{X_0}	S_{Y_0}	S_{Z_0}	S_{ω}	S_{ϕ}	S_{κ}
1	2.9	2.2	0.8	5	7	1
2	2.9	1.9	0.8	4	7	1
3	3.3	2.2	0.9	5	8	2
4	3.4	2.1	0.9	5	8	2
5	1.9	2.9	0.7	4	4	1
6	3.8	3.4	1.2	7	9	2
mean	2.8	2.2	0.8	5	7	2

횡스트립이 없는 경우인 표 3과 비교하여 횡스트립을 추가로 설치한 경우 투영중심의 위치 X, Y에서는 미소한 정확도의 향상에 비해 Z에서 정확도가 크게 향상됨을 알 수 있다. 투영중심의 회전각 정확도의 증가역시 횡스트립 설치의 효과는 미미한 것으로 나타나고 있다.

그림 10과 11은 스트립별로 개별 사진에 대한 투영중심의 위치정확도와 회전정확도를 세부적으로 표시한 결과이다.

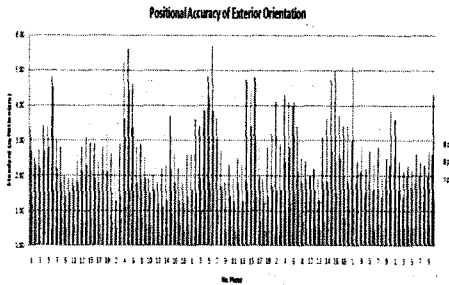


그림 10. 위치 정확도(6스트립)

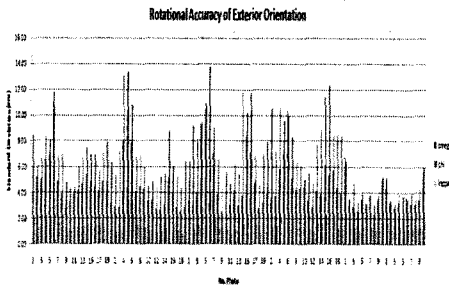


그림 11. 자세각 정확도(6스트립)

그림 10과 11에서 보듯이 횡스트립을 추가하여도 각 스트립의 시작과 끝은 항상 오차가 증가하고 있는 것으로 알 수 있다. 하지만 횡스트립이 없는 결과인 그림 8, 9와 비교하여 횡스트립이 직접 지나가는 각 스트립의 외곽 두 분에서는 오차의 크기가 국소적으로 감소하고 있음을 알 수 있다.

또한 횡스트립 2개의 경우는 동서방향의 스트립과 결합하여 강한 기하를 형성하고 있어 다른 스트립에 비하여 상대적으로 오차가 상당히 감소함을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 면형방식의 디지털 항공측카메라의 블록의 기하적 특성을 검증하기 위하여 횡스트립의 유무에 따른 번들조정의 결과 외부표정요소의 정확도 거동을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 면형방식의 디지털 항공측카메라 DMC의 경우 횡스트립의 추가로 블록의 기하적 안정성이 증가함을 알 수 있었다.

2. 외부표정요소의 정확도를 비교한 결과 횡스트립을 추가한 경우 투영중심의 위치요소에서는 Z가(2배) 회전요소에서는 κ 가(1.4배) 다른 요소에 비하여 크게 증가함을 알 수 있었다.

3. 횡스트립의 추가로 일부 영상의 외부표정요소의 정확도가 더 떨어지는 현상을 발견할 수 있었으며, 이에 관련된 연구를 계속하여 수행해야 될 것이다.

4. 본 연구는 면형방식에 대한 결과이며, 향후 선형방식인 ADS40 등에 대한 연구가 뒤따라야 할 것이다.

참고문헌

- 국토지리정보원 (2003), GPS/INS 항공사진측량의 실무적용 연구II
- 나중기 (2007), 항공사진측량용 디지털카메라 UltraCamX의 활용성에 관한 연구, 박사학위논문, 동아대학교 대학원
- 박운용, 이강원, 이재원, 정공운 (2004), GPS/INS에 의한 항공사진측량의 블록조정, 한국측량학회지, 한국측량학회, 제22권 3호, pp. 285-291.
- 송연경 (2004), Direct Georeferencing에 의한 LiDAR 자료와 CCD 영상의 융합과 적용 기법, 박사학위논문, 동아대학교 대학원
- 신상철 (1997), GPS 보조에 의한 항공사진측량의 블록조정, 박사학위논문, 동아대학교 대학원
- 정공운 (2003), GPS/INS에 의한 항공사진측량의 블록조정, 박사학위논문, 동아대학교 대학원
- 한상득, 조규전, 이재원 (2002), GPS/INS에 의한 외부 표정요소 결정에 관한 경험적 연구, 한국측량학회지, 한국측량학회, 제22권 1호, pp. 53-62.
- Mostafa, M.M.R. and K.P. Schwarz (1999), An Autonomous Multi-Sensor System for Airborne Digital Image Capture and Georeferencing, Proceedings of the ASPRS Annual Convention, Portland, Oregon, May 17-21, pp. 976 - 987.