

항공사진영상의 최적해상도 결정에 관한 연구

이현직* · 이승호** · 구대성*** · 용민*** · 박현호***

1. 서 론

항공사진(aerial photo)정보는 도시현황 파악이나 무허가 건축물 판독 등의 정성적인 용도 뿐만 아니라 국가기본도(national basemap)나 각종 주제도(thematic map)제작을 위한 기초자료로 정량적인 자료처리과정을 통해 보다 정확하고 체계적인 지형자료를 제공하는 주요 정보로 인식되고 있다.

그러나, 기존의 방대한 항공사진자료는 보관장소 및 조건의 한계에 의해 hard copy상태의 필름이나 사진형태로 장기간 보존하여 시간경과에 따라 반드시 수반되는 매질의 변형 등 각종 정확도 저해요인이 발생됨은 물론, 향후 자료처리에 필수적인 촬영정보(사진주점표정도, 촬영기록부, 대공표지점조서, 촬영코스별검사표 등)에 대한 체계적인 관리가 이루어지지 않아 중요정보의 지속적인 활용에 제약이 있는 실정이다.

현재 항공사진 정보를 관리하는 세계적인 추세는 시간경과에 따른 자료변형이 없고 다양한 자료활용의 욕구를 충족시키기 위해 hardcopy상태의 항공사진자료를 수치화하여 softcopy형태의 항공사진영상 데이터베이스로 구축하고 있으며, 이를 활용하여 DEM 추출, 정사투영영상 및 정사사진지도제작, 모자이크영상제작, 3차원 모델링 등 2차 영상해석 및 처리에 의한 다양한 결과물을 생성하는 등 광범위한 분야에서 활용되고 있다.

따라서, 항공사진정보의 체계적인 관리 및 활용도를 극대화하기 위해서는 필름형태인 기존의 항공사진을 수치화(scanning)하는 과정에서의 품질 확보방안에 관한 연구가 반드시 수행되어야 할 것이다.

본 연구에서는 항공사진 자동독취에 관한 최적화 방안을 제시하고 이를 실험으로 입증함으로써 항공사진정보의 활용성과 신뢰도를 극대화 하고자 하였다.

항공사진의 자동독취에 대한 최적해상도를 결정하기 위해 항공사진의 사용주체와 사용목적에 따른 해상도, 촬영년도와 사진축척에 따른 해상도, 수치화 하고자 하는 항공사진의 매질에 따른 최적해상도를 제시하고자 하였다.

2. 실험자료의 수집 및 특성

연구 대상지역은 경상남도, 부산, 울산과 서울시 일원으로 각 실험 조건에 대하여 동일 대상지

* 상지대학교 토목공학과 조교수

** 미래대학교 건설정보과 시간강사

*** 상지대학교 토목공학과 석사과정

역을 선택하여 실험하려 하였으나 실험의 모든 조건을 충족시키는 항공사진이 없는 관계로 최대한 동일대상 지역으로 선정된 곳이 부산과 울산 일원이다. 본 연구의 주요연구과정은 그림 1과 같다. 연구에 사용된 항공사진의 자료목록은 표 1과 같고, 항공사진 축척별 견본사진은 그림 2와 같다.

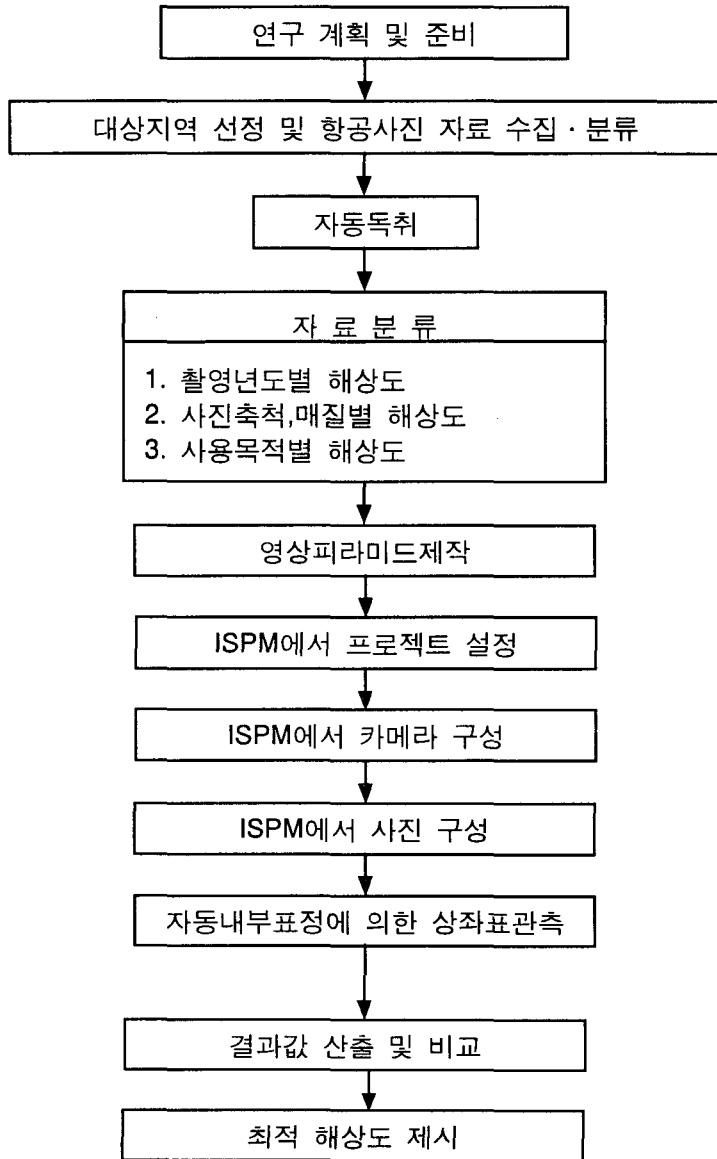


그림 1. 최적해상도 결정을 위한 주요 연구과정

표 1. 실험에 이용된 자료 목록

축척	년도	지역	Camera Type	사용목적
1:5,000	72	서울	Zeiss RMK A 15/23	판독
1:5,000	82	서울	WILD RC5/RC8	판독
1:5,000	2000	서울	WILD RC 20	판독
1:7,000	91	서울	Zeiss RMK A 15/23	판독
1:10,000	87	전남, 서남해안	WILD RC 10	지도제작
1:20,000	82	대구, 부산	WILD RC5/RC8	지도제작
1:20,000	87	경상	WILD RC5/RC8	지도제작
1:20,000	93	부산	WILD RC10	지도제작
1:20,000	96	창원	WILD RC20	지도제작
1:37,500	67	한화, 부산	WILD RC5/RC8	지도제작
1:37,500	85	울산	WILD RC5/RC8	지도제작



그림 2. 실험에 사용된 항공사진(1:7,000 서울 91년촬영 사진 NO 19)

연구에 사용된 항공사진 자료를 항공사진전용 자동독취기를 이용하여 수치영상화 하였다. 본 연구에 사용된 자동독취기의 주요 제원은 표 2와 같다.

표 2. 연구에 사용된 자동독취기의 주요 제원

	PHOTOSCAN TD
Geometric output resolution	7 μ m(14,21,28,56,112...)
Geometric accuracy	2 μ m 보다 작음
Scan format	250mm \times 275mm
Sensor	Tri linear CCD
Output Format	JPGE , TIFF
Computer O/S	Windows NT system
제 조 국 가	독일

위에서 수집된 항공사진 영상을 자동독취기로 수치화함으로써 실험에 사용될 수치영상을 제작 하였다. 실험에 사용된 자동독취기는 독일의 Carl Zeiss사의 PhotoScan TD, 우크라이나에서 제작 된 Delta Scanner 및 오스트리아의 Ultra 5000 Scanner이다.

항공사진의 자동독취는 Photoscan TD가 지원하는 최대영상소인 7 μ m(약3,600dpi)를 시작으로 7의 배수로 14 μ m, 21 μ m, 28 μ m, 56 μ m, 112 μ m, 224 μ m(약110dpi)의 7가지 해상도로 독취를 하였으며, 이중 실험에 이용된 영상은 메모리 문제가 발생하는 7 μ m 및 객관적으로 실험에 이용 하기 어려운 224 μ m 영상소 크기를 제외한 5가지(14, 21, 28, 56, 112 μ m) 해상도의 영상이다.

자동독취된 영상의 파일포맷은 수치화되는 영상에 손실이 가지 않도록 하기위해 무손실 TIFF 파일형식을 이용하였다.

본 연구에서 자동내부표정의 상좌표오차분석을 위해 이용한 기준값은 해석도화기의 상좌표해 석시 상좌표 정확도 한계인 10 μ m를 사용하였다.

3. 실험 및 고찰

3.1 수치사진측량시스템의 설정

본 연구에서의 관측값 처리는 상용 수치사진측량시스템인 Intergraph사의 ImageStationZ 에서 수행되었다. 관측값 처리는 프로젝트 생성 단계, 표정 단계, DEM추출 단계, 정사사진 제작 단계, 수치지도와 중첩 단계를 거쳐 수행되지만, 본 연구에서는 자동내부표정 단계까지 의 결과값을 이용하였다.

본 연구에서 이용한 수치사진측량시스템(ImageStation Z)은 프로젝트 생성 모듈인 ISPM(Image Station Photogrammetric Manager)을 이용하여 사진측량의 수행에 필요한 각

중 프로젝트 관련 정보 및 매개변수들을 프로젝트 생성 시에 입력하여야 한다.

ImageStationZ에서는 기본적인 프로젝트 설정 이외에도 측량용 사진기, 사진, 모델 등에 관련된 각종 정보를 설정해 주어야 한다. 본 연구에서 이용한 항공사진측량용 카메라는 Wild RC5/RC8, RC10, RC20와 Zeiss RMK A 15/23 등 각기 다른 4대이며, 각 항공사진마다 해당하는 카메라의 검정자료를 이용하여 필요한 정보를 입력하였다. Intergraph ImageStation Z의 경우 다양한 측량용 사진기에 대한 다양한 검정정보를 처리할 수 있도록 구성되어 있다.

사진의 구성은 사진 번호에 해당하는 수치영상파일을 연결시켜주어야 한다. 수치화된 항공사진영상을 ImageStation Z에서 원활히 활용하기 위해서는 파일 내에서 영상피라미드가 구성되어 있어야 한다. 영상 피라미드는 프로젝트 생성 모듈인 ISPM에서 제공하는 기능인 Overview Utility를 이용하여 수행될 수 있다.

자동내부표정작업은 ImageStation Z 모듈 중 ISDM 모듈에서 수행하는 과정으로 일반적으로 항공사진의 경우는 사진의 네 모서리 및 네 변의 중심부에 위치한 총 8개의 지표중 모서리 부분의 4점만을 이용하여 내부표정을 수행하지만, 본 연구에서는 성과물의 신뢰도를 향상시키기 위해 카메라 검정자료에 수록된 8개 지표 모두를 이용하여 자동내부표정을 수행하였다. 하지만 카메라 검정자료(Calibration Data)에 4개의 지표에 대해서만 자료가 있는 경우는 수록된 4개의 지표만을 이용하여 내부표정을 수행 할 수밖에 없었다.

자동내부내부표정 수행시 첫 사진의 지표 위치는 두 점을 관측한 후부터 자동관측이 이루어지며, 첫 사진에 대한 지표관측 결과를 기준으로 하여 다음 사진부터는 자동적으로 지표의 위치를 관측하였다.

3.2 촬영년도에 따른 최적 해상도

본 연구에서 이용한 항공사진 자료는 약 10년 단위로 촬영된 항공사진이며, 수치화된 항공사진의 자료형태는 Roll필름과 Cut필름이다. 이렇게 수치화된 항공사진을 자동내부표정에 의한 상좌표 정확도를 분석하였다. 본 연구에서 이용한 상좌표의 정확도한계는 일반적인 해석도화기의 상좌표한계인 $\pm 10 \mu\text{m}$ 를 이용하였다.

본 실험은 수치화 된 1:5,000, 1:7,000, 항공사진영상을 이용하여 자동내부표정을 수행하였다. 자동내부표정 단계를 거친 항공사진영상의 정확도(단위경중률에 대한 표준편차로 이하 표준편차로 표시)는 표 3, 표 4와 같다.

영상소별 해상도에 따른 촬영년도별 상좌표 정확도 분석은 표 3, 표 4의 평균값을 가지고 분석하였다. 1:5,000, 1:7,000 항공사진의 경우 그림 3에서 나타난 바와 같이 영상소크기 $14 \mu\text{m}$ 는 촬영년도에 관계없이 $10 \mu\text{m}$ 이하의 상좌표오차를 나타내었으며, $21 \mu\text{m}$, $28 \mu\text{m}$ 의 경우 촬영년도가 10~20년 사이인 1991년, 1982년 항공사진은 상좌표오차가 $10 \mu\text{m}$ 이하로 나타났으나, 촬영년도가 30년 전인 1972년 촬영한 항공사진의 경우 상좌표오차가 $10 \mu\text{m}$ 보다 높게 나타났다.

또한, 1:20,000 항공사진영상을 이용하여 자동내부표정을 수행한 경우 자동내부표정 단계를 거친 항공사진영상의 상좌표 정확도는 표 5, 표 6과 같다.

표 3. 자동내부표정을 수행한 항공사진의 정확도(1:5,000 Roll 필름)

단위(μm)

촬영년도 \ 해상도	14μm	21μm	28μm	56μm	112μm
72서울 (55)	12.705	10.645	11.534	18.978	29.175
72서울 (56)	6.352	11.630	7.799	20.372	34.521
72서울 (57)	7.779	9.659	11.984	14.756	측정불가
82서울 (50)	5.198	8.240	5.656	20.699	37.858
82서울 (51)	8.254	10.869	10.739	23.919	56.597
82서울 (52)	5.666	7.479	6.880	21.681	45.787
82서울 (53)	8.497	9.044	10.107	20.741	측정불가

표 4. 자동내부표정을 수행한 항공사진의 정확도(1:7,000 Roll 필름)

단위(μm)

촬영년도 \ 해상도	14μm	21μm	28μm	56μm	112μm
91서울 (18)	6.344	7.021	9.033	22.739	측정불가
91서울 (19)	2.648	5.654	12.566	14.732	측정불가
91서울 (20)	4.566	6.512	5.975	24.315	측정불가
91서울 (21)	4.566	7.353	4.856	22.265	측정불가

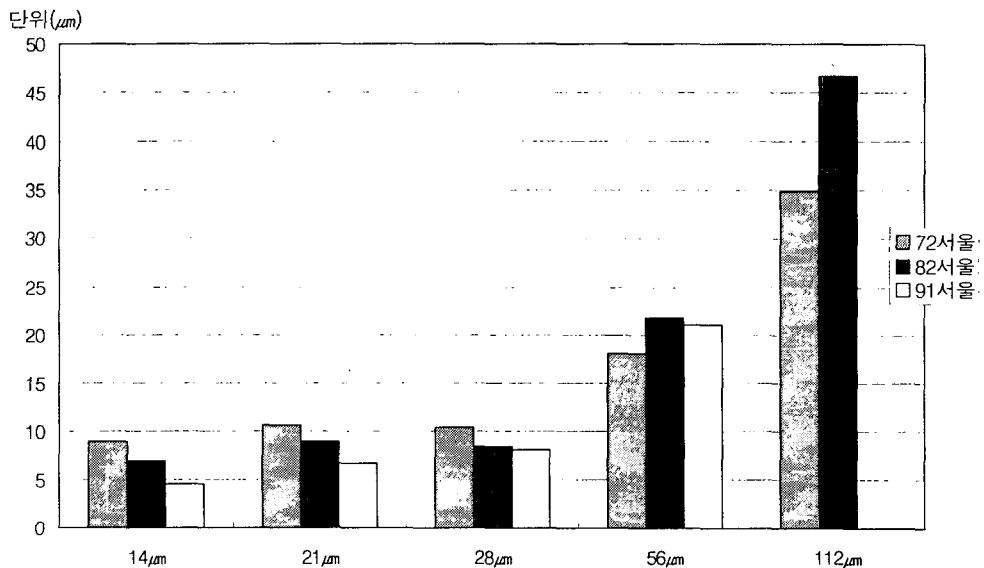


그림 3. 촬영년도별 항공사진 자동내부표정의 상좌표 정확도(1:5,000)

표 5. 자동내부표정을 수행한 항공사진의 정확도(1:20,000 Roll 필름)

단위(μm)

촬영년도 \ 해상도	14 μm	21 μm	28 μm	56 μm	112 μm
75부산 (55)	10.870	14.200	17.497	34.543	120.891
75부산 (56)	11.102	14.213	17.188	33.419	69.272
82대구부산 (52)	9.826	13.199	14.659	27.983	62.960
82대구부산 (53)	10.257	14.466	15.939	28.310	62.898
87경상 (76)	9.134	9.071	13.678	26.859	61.266
87경상 (77)	10.815	11.509	15.817	24.207	59.365
93부산 (84)	5.451	7.454	12.214	19.708	64.848
93부산 (85)	10.583	11.528	15.483	23.789	60.777
96창원 (62)	6.501	7.245	10.132	28.224	40.678
96창원 (63)	6.821	9.432	11.972	22.618	40.768
96창원 (64)	7.929	8.221	13.020	24.532	94.319
96창원 (65)	8.796	9.578	13.770	23.649	39.311

표 6. 자동내부표정을 수행한 항공사진의 정확도(1:20,000 Cut 필름)

단위(μm)

촬영년도 \ 해상도	14 μm	21 μm	28 μm	56 μm	112 μm
75부산 (55)	22.666	29.550	32.314	43.570	87.224
75부산 (56)	12.543	20.352	20.865	35.214	71.086
82대구부산 (52)	17.405	18.178	25.506	33.910	75.264
82대구부산 (53)	12.936	14.723	21.041	42.010	73.885
87경상 (76)	8.058	10.571	13.495	36.649	74.698
87경상 (77)	11.407	13.602	15.503	33.938	63.648
93부산 (84)	9.723	14.662	15.589	36.407	67.317
93부산 (85)	7.472	12.306	12.276	36.809	68.784
96창원 (62)	10.175	10.998	15.970	29.631	39.783
96창원 (63)	8.880	10.464	14.207	30.739	39.463
96창원 (64)	7.881	14.080	11.949	28.487	39.995
96창원 (65)	6.949	13.711	11.000	29.885	38.328

1:20,000 항공사진의 촬영년도별 최적해상도 분석은 표 5에서 구한 결과 값을 이용하였으며, 분석 결과는 영상소크기 14 μm 로 자동독취한 경우는 1:5,000항공사진과 마찬가지로 촬영년도에 관계없이 모두 상좌표오차가 10 μm 정도로 본 연구에서 설정한 해석도화기의 상좌표한계내의 정확

도를 나타냈다. 1:20,000 항공사진영상의 촬영년도별 상좌표 정확도는 그림 4와 같다.

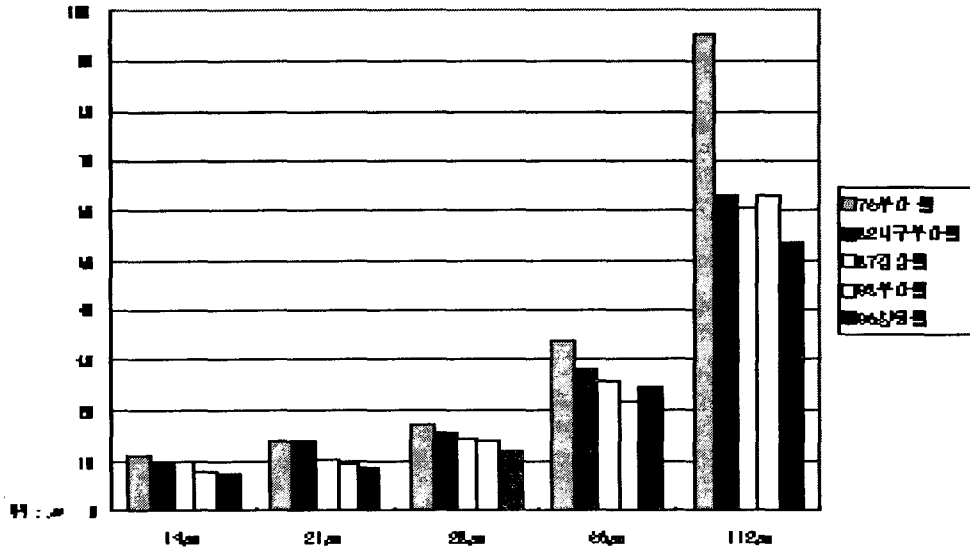


그림 4. 1:20,000 항공사진의 해상도별 상좌표 정확도

영상소크기 21μm로 자동독취한 경우는 그림 4에 나타나 바와 같이 항공사진 촬영 후 15년 이내의 항공사진만이 10μm이내의 상좌표 정확도를 나타내 15년 이상된 항공사진을 자동독취할 경우 14μm 정도의 영상소크기로 자동독취 해야 할 것으로 판단된다.

영상소크기 28μm, 56μm, 112μm에 에서는 표 5에서 나타난 바와 같이 모두가 해석도화기의 상좌표 정확도 한계인 ±10μm 상회하여 추후 자료의 지속적인 활용을 위한 표정과정이나 2차제품의 신뢰도에 영향을 미칠 것으로 판단된다.

1:37,500 항공사진을 이용한 촬영년도별 최적해상도 실험에서는 실험에 이용된 항공사진 모두가 촬영한지 15년 이상된 노후 사진으로 영상소크기 14μm로 자동독취한 경우에도 상좌표 오차는 10μm가 넘게 나타났다.

영상소크기 14μm와 21μm로 자동독취한 경우는 그림 5에서 나타난 바와 같이 1985년 촬영된 항공사진 영상에서는 10~15μm정도의 상좌표 오차를 나타내었으며, 이는 본 연구에서 설정한 상좌표 정확도 한계인 ±10μm을 만족시키지는 못하지만 1:37,500 항공사진의 경우 주 사용목적이 1:20,000 지형도 제작에 활용됨에 따라 1:5,000과 1:20,000 항공사진의 상좌표오차와는 다른 기준을 적용해야 할 것으로 사료된다.

표 7. 자동내부표정을 수행한 항공사진의 정확도(1:37,500 Roll)

(단위 : μm)

촬영년도 \ 해상도	14 μm	21 μm	28 μm	56 μm	112 μm
67한화부산(39)	15.937	17.331	22.645	측정불가	60.544
67한화부산(40)	10.947	12.585	19.269	측정불가	62.615
85울산(5)	11.575	12.269	16.709	25.823	63.068
85울산(6)	9.464	11.190	17.977	26.099	46.238
85울산(7)	7.857	9.248	19.482	26.998	51.359
85울산(8)	16.709	21.959	20.126	28.421	65.030

표 8. 자동내부표정을 수행한 항공사진의 정확도(1:37,500 CUT)

(단위 : μm)

촬영년도 \ 해상도	14 μm	21 μm	28 μm	56 μm	112 μm
67한화부산 (39)	18.460	17.624	19.755	38.740	62.962
67한화부산 (40)	13.672	13.196	14.239	26.567	57.290
85울산 (5)	16.550	17.164	20.393	30.538	47.576
85울산 (6)	16.343	18.447	18.528	19.618	43.608
85울산 (7)	14.497	16.736	19.113	24.457	50.980
85울산 (8)	13.300	15.092	29.862	27.126	32.425

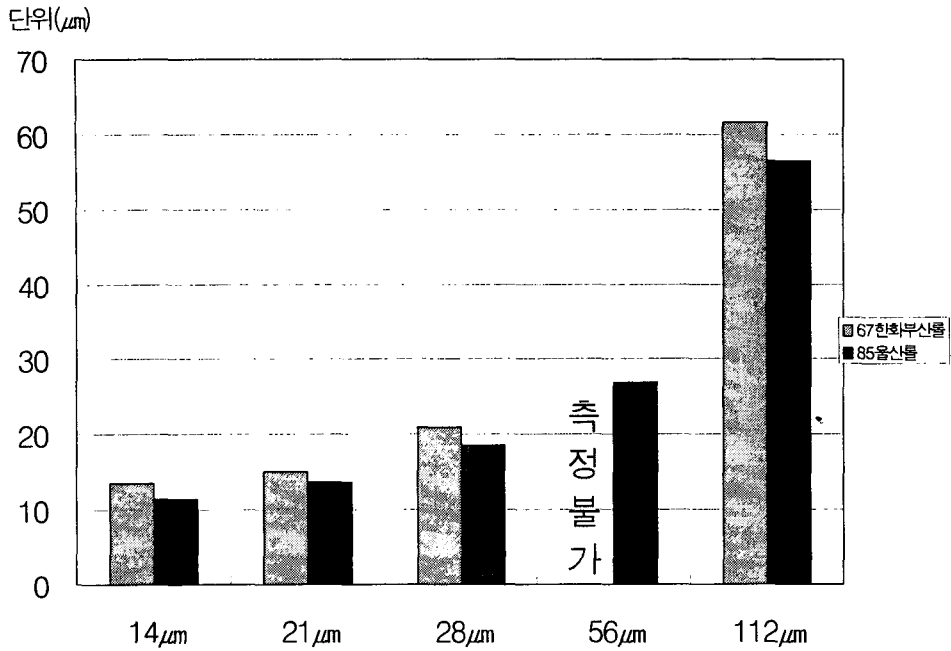


그림 5. 1:37,500 항공사진의 해상도별 상좌표 정확도

3.3 사진축척에 따른 최적 해상도

사진축척별 최적해상도 분석은 1:5,000 (1:7,000), 1:20,000, 1:37,500의 3가지 사진축척에 대해 수치사진측량시스템의 자동내부표정 기능을 이용하여 상좌표분석을 수행하여 최적해상도를 도출하였다.

본 연구를 위해 수치화된 항공사진영상을 수치사진측량시스템을 이용하여 자동내부표정작업을 수행하였다. 자동내부표정작업을 통하여 각 항공사진의 8개 지표좌표에 대한 상좌표 오차를 얻을 수 있었으며, 얻어진 상좌표오차를 평균하여 각 해상도별 상좌표 정확도를 분석하였다.

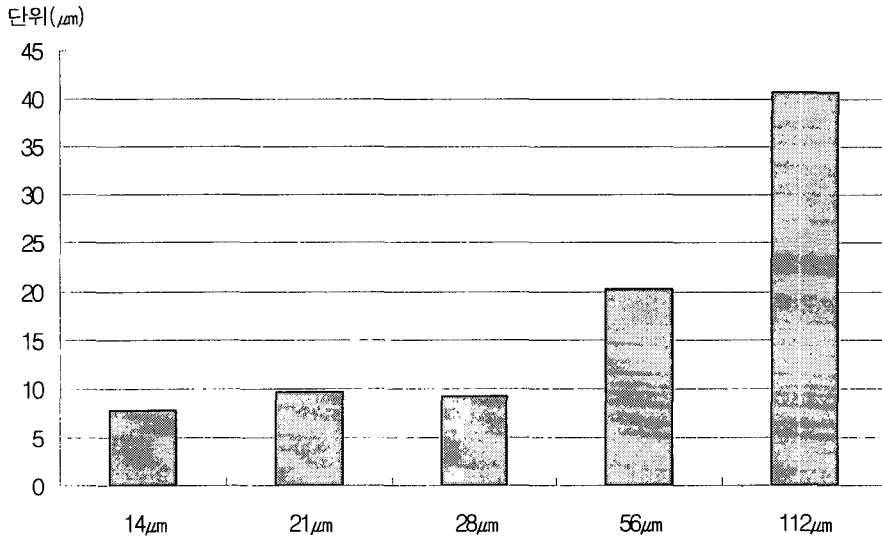


그림 6. 1:5,000 항공사진의 해상도별 상좌표 정확도 평균

그림 6에 나타난 바와 같이 1:5,000 항공사진을 자동독취할 경우 영상소크기 28 μm 까지 상좌표 정확도 한계인 10 μm 이내에 상좌표 정확도를 나타내었다.

또한, 1:20,000 항공사진영상에 대한 실험은 표 5, 표 6에 나타난 결과 값의 평균을 이용하여 실험하였다.

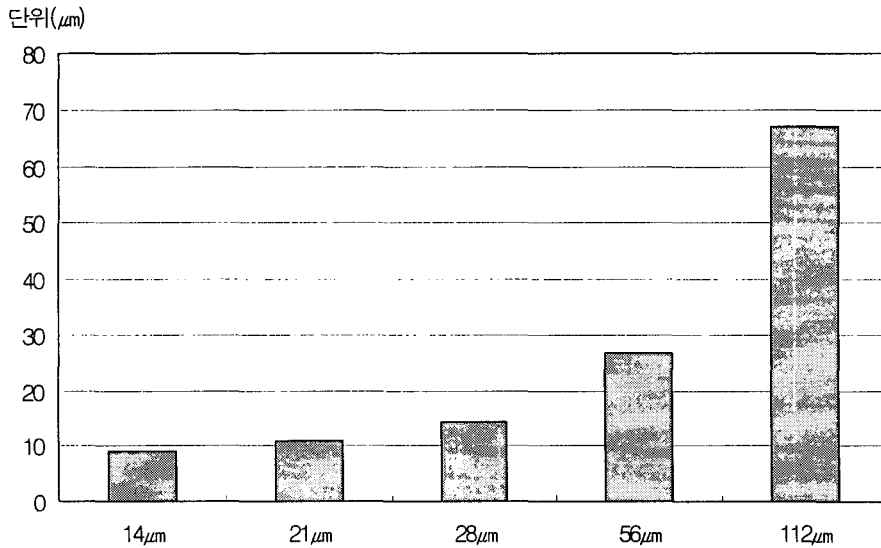


그림 7. 1:20,000 항공사진의 해상도별 상좌표 정확도 평균

그림 7에서 나타나 바와 같이 1:20,000 항공사진을 자동독취할 경우 적정 해상도는 영상소크기 21 μm 로 이는 해석도화기의 상좌표 오차한계인 10 μm 에 상응하는 결과값을 나타내었다. 1:37,500 항공사진영상의 상좌표분석을 통해 얻어진 결과 값은 표 7, 표 8에 나타나 있다.

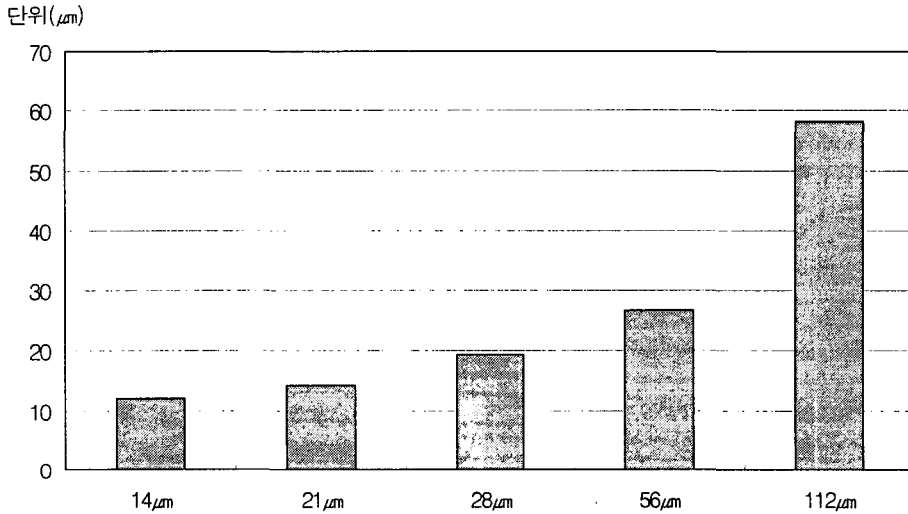


그림 8. 1:37,500 항공사진의 해상도별 상좌표 정확도 평균

실험결과 1:37,500 항공사진을 수치화 시킬 경우 적정 해상도는 실험대상이 두곳 밖에 되지 않고 이 또한 촬영한지 15년 이상된 항공사진으로 정확한 결과를 도출하기는 힘든 실정이다.

3.4 필름 매질에 따른 최적 해상도

항공사진의 매질에 관한 실험은 Roll필름으로 자동독취한 항공사진영상과 Cut필름으로 자동독취한 항공사진영상에 대하여 자동내부표정에 의한 상좌표오차를 비교분석함으로써 항공사진 매질에 관한 최적해상도를 제시하고자 하였다.

실험은 수치화된 1:20,000 항공사진영상에 대하여 자동내부표정작업을 수행하였다. 실험을 통해 얻어진 결과는 그림 9와 같다.

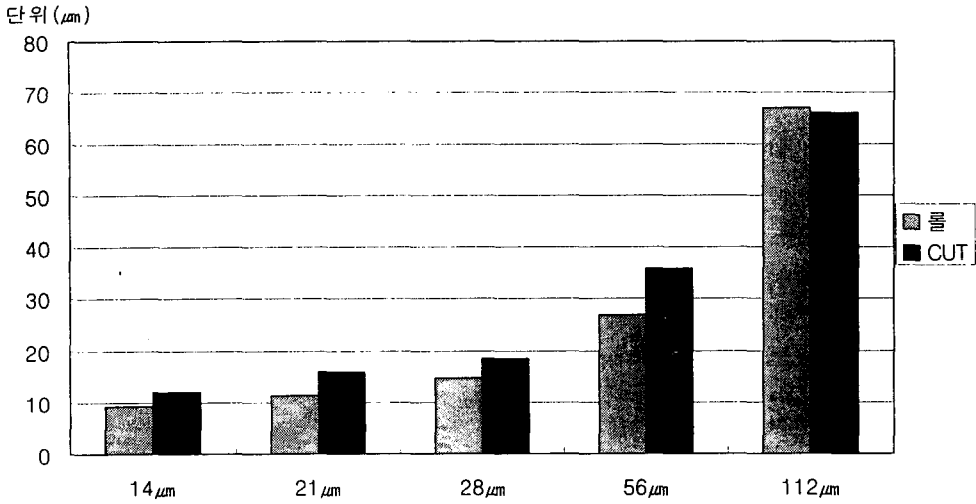


그림 9. Roll필름과 Cut필름의 해상도별 상좌표 정확도 평균(1:20,000)

실험결과 Cut필름을 이용하여 자동독취한 경우는 동일 해상력에서도 Roll필름보다 상좌표오차가 크게 나타남으로 Cut필름을 이용하여 항공사진영상 데이터베이스를 구축할 부득이한 경우에는 Roll필름과는 다른 해상도로 자동독취하여야 함을 알 수 있었다.

1:37,500 항공사진영상을 이용하여 자료형태에 따른 상좌표 정확도는 그림 10과 같다.

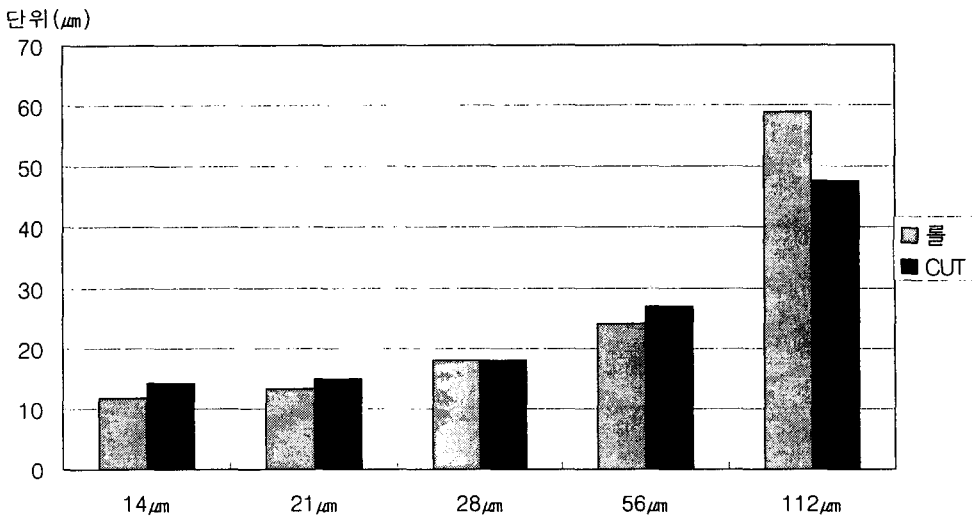


그림 10. Roll필름과 Cut필름의 해상도별 상좌표 정확도 평균(1:37,500)

그림 10에 나타난 바와 같이 1:37,500사진축척의 경우 1:20,000의 상좌표 오차보다는 다소 작은 수치를 나타냈지만 이 실험 역시 Cut필름을 이용하여 자동독취한 경우 같은 영상소 크기라도 Roll필름보다 상좌표오차가 크게 나타났다.

4. 결 론

본 연구에서 항공사진 영상의 활용분야에 따른 최적 해상도를 제시하고자 수치사진측량시스템을 이용하여 자동내부표정작업을 수행하고 그 결과를 분석함으로써 항공사진영상의 DataBase구축시 필요한 최적해상도를 제시하였으며, 본 연구의 수행을 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 촬영년도에 따른 최적해상도는 대축척인 1:5,000(1:7,000) 항공사진에서는 촬영년도에 관계없이 25~28 μ m(약 1000dpi) 정도에서 해석도화기에 상응하는 상좌표오차를 나타냈으나 1:20,000의 경우 14 μ m로 자동독취한 경우에만 촬영년도에 관계없이 해석도화기에 상응하는 상좌표오차를 나타냈고, 20~21 μ m(약 1,200dpi)로 자동독취한 경우는 항공사진 촬영 후 15년 이내의 항공사진만이 해석도화기에 상응하는 정확도를 나타냈다. 그러므로 촬영한지 15년 이상된 항공사진을 자동독취할 경우 14 μ m 정도의 영상소크기로 자동독취 해야 할것으로 사료됐다. 1:37,500의 경우 실험에 이용된 항공사진 모두 가 촬영한지 15년 이상 된 사진으로 해석도화기에 상응하는 상좌표오차를 얻을 수 없었고, 1:5,000이나 1:20,000 항공사진의 상좌표오차와는 다른 기준을 적용해야 할 것으로 판단된다.

2. 촬영축척에 따른 최적해상도 실험 결과 1:5,000 항공사진의 수치화시 최적 해상도는 영상소크기 28 μ m, 1:20,000 항공사진의 수치화시 최적 해상도는 영상소크기 21 μ m로 나타났고, 1:37,500의 경우 결론 1과 같은 이유에서 적정 해상도를 도출하기 힘든 실정이다.

3. 필름 매질에 따른 최적 해상도 실험 결과 Roll필름을 이용한 경우가 Cut필름을 이용한 경우에 비해 높은 정확도를 나타내었으며, 특히 사용목적이 지도제작인 경우는 반드시 Roll필름을 이용하여 자동독취하여야 한다.

5. 참 고 문 헌

- 1) Vosselman, George, "On the Use of tree search Method in Digital Photogrammetry", '94 Muntch, ISPRS, Commission III, Delft University of Technology, Delft. The Netherland, 1994.
- 2) Ebner H. and Heipke, C. "Integration of Digital Image Matching and Object Surface Reconstruction", International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Kyoto, Vol.27, part B2, 1998.
- 3) I.S.M INTERATIONAL SYSTEMAP CORP, THE Fundamentals of Digital Photogrammetry, 1997.
- 4) 이승호, "수치지도의 수정 및 갱신을 위한 수치사진측량의 활용", 석사학위논문, 상지대학

교 산업대학원, 1999.

5) 국립지리원, 수치지도 정확도제고를 위한 수정/갱신 방안에 관한 연구, 국립지리원, 1999.

6) 이현직, 정수, 이승호, “수치사진측량시스템 환경에서의 수치지도의 수정 및 갱신” 한국 측지학회지 논문집, 제17권, 제4호, 1999.