

영상데이터베이스 구축을 위한 항공사진의 최적해상도 Optimal Resolution of Aerial Photo for Construction of Image Database

이 현 직* · 이 승 호** · 박 홍 기**
Lee, Hyun-Jik · Lee, Seung-Ho · Park, Hong-Gi

要 旨

수치사진측량시스템(Digital Photogrammetry System)환경 내에서 일어나는 모든 작업은 수치영상을 기본 자료로 이용하게 되므로 수치영상의 품질과 정확도는 수치사진측량의 정확도를 좌우하는 중요한 요소 중에 하나이다. 그럼에도 불구하고 현재까지는 수치사진측량 환경의 작업 수행시 수치영상의 품질이나 정확도에 관한 명확한 기준이 설정되어 있지 않아 자료의 활용성 및 품질을 확보하기 어려운 실정이다.

본 연구에서는 수치사진측량을 이용하여 항공사진영상 데이터베이스를 구축할 경우 선행되어질 항공사진의 수치영상화시 최적해상도를 제시하고자 자동내부표정을 통하여 최적 해상도를 결정하였고, 다음으로 표정해석을 통하여 최적해상도를 검증 하고자 하였다. 그리고 앞서 결정된 최적해상도의 수치영상을 활용하여 정사투영영상이나, 모자이크영상을 제작함으로 그 타당성을 입증 하고자 하였다.

ABSTRACT

The Quality and Accuracy of digital image is important factor for decision of accuracy in digital photogrammetry because all the inside works in digital photogrammetry are based on digital image. But it is still difficult to ensure quality assurance and appication of data because there is no distinct criterion about quality and accuracy of digital image when the works in digital photogrammetry is accomplished.

This study presents optimal resolution of aerial photo through error analysis of image coordinate using auto inner orientation in digital photogrammetry workstation. In second step, we are validated to optimum resolution of aerial photo image with orientation analysis. Finally, we are established to validity optimal resolution of aerial photo image with production of ortho image and mosaic image using optimal resolution aerial photo image.

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 기초자

료로 정량적인 자료처리과정을 통해 보다 정확하고 체계적인 지형자료를 제공하는 주요 정보로 인식되고 있다.

그러나, 기존의 방대한 항공사진자료는 보관장소 및 조건의 한계에 의해 hard copy상태의필름이나 사

진형태로 장기간 보존하여 시간경과에 따라 반드시 수반되는 매질의 변형 등 각종 정확도 저해요인이 발생됨은 물론, 향후 자료처리에 필수적인 촬영정보(사진주점표정도,촬영기록부, 대공표지점조서, 촬영코스별 검사표 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,

* 상지대학교 토목공학과 조교수
*** 경원대학교 토목공학과 교수

** 미래대학교 건설정보학과 시간강사

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, 수치화하고자 하는 항공사진의 매질에 따른 최적해상도를 제시하고자 하였다.

2. 최적해상도 결정 이론

2.1 수치사진측량

수치사진측량(Digital Photogrammetry)은 수치영상을 기본 자료로 이용한다는 점에서 종래의 사진측량과 구분된다. 필름형태의 자료 대신 수치영상을 이용한다는 것은 단순히 매체가 바뀐다는 의미를 넘어서서 컴퓨터에 의한 자동화의 가능성을 부여하게 된다.

수치사진측량은 1980년대부터 본격적으로 시작되어, 기계적 도화기와 해석도화기 이후 제 3세대 사진측량 방법으로 인식되고 있으며, 상업적 목적으로 개발된 시스템은 1990년대 이후에 와서야 소개 및 보급되기 시작했다.

수치사진측량시스템은 수치사진측량기법에 의해 사진측량과정을 자동화하는 것을 목적으로 한다. 그러나 수치사진측량은 현재까지도 개발단계에 있으며 사진측량과정의 전자동화를 최종목적으로 다양한 이론과 장비들이 연구, 개발되고 있는 중이므로, 아직까지 완전 자동화가 구현된 수치사진측량시스템의 개발은 이

루어지지 않고 있다.

현재까지 대부분의 상용 수치사진측량시스템은 특수한 부가장치에 의해 컴퓨터의 모니터 상에서 입체시를 구현하고, 해석도화기에서 기계적으로 제어되었던 좌표관측을 소프트웨어적으로 처리함으로써 기존 해석도화기의 기능을 컴퓨터 환경 내에 구현한 형태이다. 더불어 부분적인 자동화 기능들이 추가되었다. 특히, 자동영상정합에 의한 등고선의 자동추출, 자동수치정사투영영상 생성 등은 기존의 해석도화기에서는 제공되지 않던 새로운 기능들이다.

현재 보급되고 있는 상용 수치사진측량시스템을 이용하여 수치도면을 제작하는 경우에는 궁극적으로 완전자동화는 불가능하며 해석도화기에 의한 도면 제작과 마찬가지로 작업자의 수작업에 의존하여 제작이 이루어져야 한다. 그럼에도 불구하고 수치사진측량에 의한 도면제작은 기존 해석도화기에 의한 방법에 비해 다양한 장점이 있다. 수치영상을 이용하므로 자료의 변형이 없음은 물론, 소프트웨어적으로 좌표가 관측되므로 기계적 마모가 없다는 것과 2인 이상이 동시에 입체영상을 관측할 수 있으므로 성과의 품질을 보다 객관적으로 평가할 수 있다는 점과 수치영상을 배경으로 하여 도화가 수행되므로 오류나 누락이 즉시 확인될 수 있다는 점등은 수치사진측량의 대표적 이 장점들이다.

2.2 영상재배열

가. 최근린보간법.

최근린보간법은 입력 격자상에서 가장 가까운 영상소의 밝기값을 이용하여 출력격자로 변화시키는 방법이다. 최근린보간법의 과정은 다음과 같다.

$$G_O(m, n) = G_P(i, j) \quad (1)$$

여기서, i 는 x 의 정수값 j 는 y 의 정수값 (m, n) , (i, j) 는 입력 및 출력 격자에서 영상소의 위치, $G_O(m, n)$ 은 입력격자에서 (m, n) 영상소의 밝기값 그리고 $G_P(i, j)$ 는 출력격자에서 (i, j) 영상소의 밝기값이다.

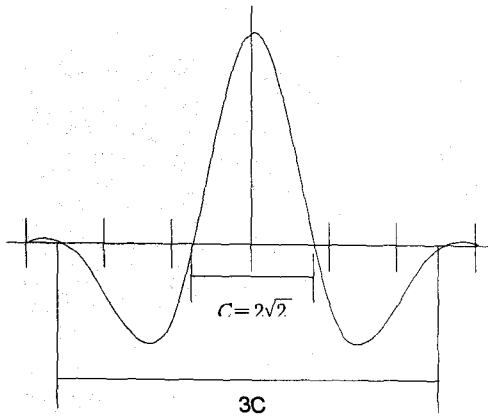


그림 1. Laplacian of Gaussian 충격반응 단면도

나. 공일차보간법

공일차보간법은 같이 선택된 점에 대해 가장 가까이 있는 4개 영상소의 평균값을 취하는 방법이다.

$$G_o(m, n) = (1-a)(1-b)G_p(i, j) + a(1-b)G_p(i+1, j) + b(1-a)G_p(i, j+1) + abG_p(i+1, j+1) \quad (2)$$

다. 공이차보간법

공이차보간법은 단위 부근의 16개 영상소를 영상소 값으로 변환하여 계산하는 방법이다. 최종 보간된 밝기값은 다음과 같이 계산된다.

$$G_o(m, n) = -b(1-b)^2 G_d(i, j-1) + (1-2b^2+b^3)G_d(i, j) + b(1+b-b^2)G_d(i, j+1) + b^2(1-b)G_d(i, j+2) \quad (3)$$

여기서,

$$G_d(m, k) = -a(1-a)^2 G_d(j-i, k) + (1-2a^2+a^3)G_d(i, k) + a(1+a-a^2)G_d(j+1, k) + a^2(1-a)G_d(j+2, k) \quad (4)$$

2.3 영상 피라미드

영상 피라미드의 기법은 영상의 해상력을 변화시켜 대상을 다양한 해상력의 2차원적 배열로 연속적으로 생성하므로 중요한 특징만을 남게하여 영상의 크기를 감소시키면서, 그 처리속도를 증가시키는 기법이다.

피라미드 P는 다음과 같은 영상의 집합으로 나타낼

수 있다.

$$P = \{A_{1 \times 1}, A_{2 \times 2}, A_{4 \times 4}, \dots, A_{256 \times 256}, A_{m \times m}\} \quad (5)$$

여기서, $m=2n$ 이다. 이러한 피라미드식 표현에서, $A_m \times m$ 는 영상의 최고 또는 최대 해상력이고, $A_{1 \times 1}$ 은 해상력이 저하된 1영상소로 이루어진 영상이다. 사지수 또는 피라미드를 생성할 때 입력된 영상에서 4개의 영상소에 대해서 계산된다. 하나의 해상력에 대해 다른 해상력으로 옮겨갈 때 평균적인 접근법을 통하여 수준 n에서 입력영상이 주어지면, 피라미드는 다음의 식을 통하여 새로운 영상이 생성된다.

$$f(i, j, k) = \frac{1}{4} \sum_{p=0}^1 \sum_{q=0}^1 f(2i+p, 2j+q, k+1) \quad (6)$$

3. 관측 및 관측값 해석

3.1 실험자료의 수집 및 특성

본 연구의 대상지역은 경상남도, 부산, 울산과 서울시 일원으로 각 실험 조건에 대하여 동일 대상지역을 선택하여 실험하려 하였으나 실험의 모든 조건을 충족시키는 항공사진이 없는 관계로 최대한 동일대상 지역으로 선정한 곳이 부산과 울산 일원이다. 본 연구의 주요 연구과정은 그림 2와 같다. 연구에 사용된 항공사진의 자료목록은 표 1.과 같으며, 본 연구에서 이용한 항공사진의 예는 그림 3.과 같다.

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

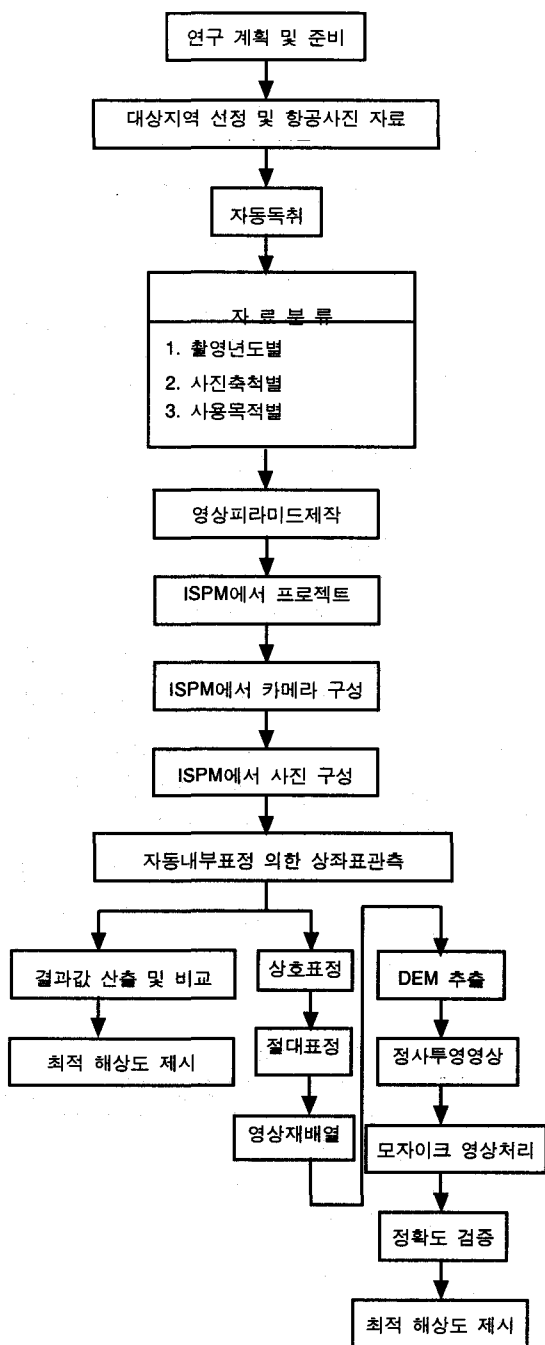


그림 2. 최적해상도 결정을 위한 주요 연구과정

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

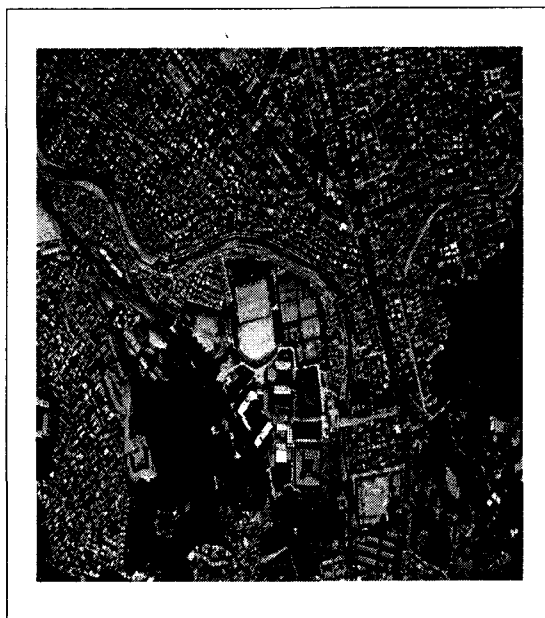


그림 3. 실험에 사용된 항공사진 예 (1:7,000 서울 91년촬영 사진 NO 19)

표 2. 연구에 사용된 자동독취기의 주요 제원

항 목	PHOTOSCAN TD
Geometric output resolution	7 μ m(14,21,28,56,112...)
Geometric accuracy	2 μ m 보다 작음
Scan format	250mm × 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 제작하였다. 실험에 사용된 자동독취기는 독일의 Carl Zeiss사의 PhotoScan TD 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(약 110dpi)의 7가지 해상도로 독취를 하였으며, 이중 실험에 이용된 영상은 메모리 문제가 발생하는 7 μ m 및 객관적으로 실험에 이용하기 어려운 224 μ m 영상소

크기를 제외한 5가지(14, 21, 28, 56, 112 μm) 해상도의 영상이다.

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

본 연구에서 자동내부표정의 상좌표오차분석을 위해 이용한 기준값은 해석도화기의 상좌표해석시 상좌표 정확도 한계인 10 μm 를 사용하였다.

3.2 수치사진측량시스템의 설정

본 연구에서의 관측값 처리는 상용 수치사진측량시스템중 대표적인 Intergraph사의 ImageStation Z에서 수행되었다. 관측값 처리는 프로젝트 생성 단계, 표정 단계, DEM추출 단계, 정사사진제작 단계, 수치지도와 중첩 단계를 거쳐 수행되지만, 본 연구에서는 자동내부표정 단계까지의 결과값을 이용하였다.

본 연구에서 이용한 수치사진측량시스템은 프로젝트 생성 모듈인 ISPM(Image Station Photogrammetric Manager)을 이용하여 사진측량의 수행에 필요한 각종 프로젝트 관련 정보 및 매개변수들을 프로젝트 생성시에 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 Image Station 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. 영상피라미드는 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.

3.3 자동내부표정의 상좌표 관측을 통한 항공사진영상의 최적해상도 결정

본 연구에서 이용한 항공사진 자료는 약 10년 단위로 촬영된 항공사진을 수치사진측량시스템을 이용하여, 자동내부표정작업을 수행하여 상좌표 정확도를 분석하였다. 본 연구에서 이용한 상좌표의 정확도한계는 일반적인 해석도화기의 상좌표한계인 $\pm 10\mu\text{m}$ 를 이용하였다.

본 실험을 통하여 수치화 된 1:5,000, 1:7,000, 항공사진영상을 이용하여 자동내부표정을 통해 8개 지표좌표의 상좌표오차분석을 수행한 결과 각 항공사진영상의 해상도별 상좌표 정확도(단위경중률에 대한 표준편차로 이하 표준편차로 표시)는 표 3, 표 4와 같다.

표 3. 자동내부표정을 수행한 1:5,000 항공사진의 상좌표 정확도 (단위 : μm)

해상도	14 μm	21 μm	28 μm	56 μm	112 μm
촬영년도					
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. 지동내부표정을 수행한 1:7,000 항공사진의
상좌표 정확도 (단위 : μm)

해상도 \ 촬영년도	14 μm	21 μm	28 μm	56 μm	112 μm
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

표 4. 지동내부표정을 수행한 1:20,000 항공사진의
상좌표 정확도 (단위 : μm)

해상도 \ 촬영년도	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

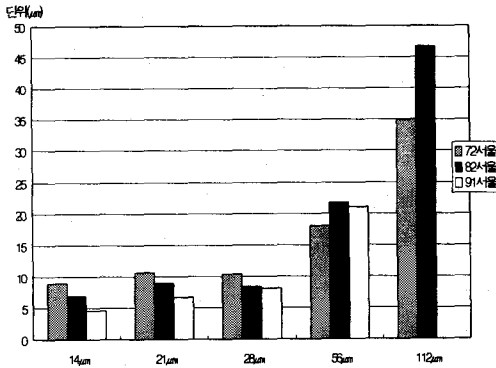


그림 4. 촬영년도별 항공사진 지동내부표정의 상좌표
정확도(1:5,000)

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

또한, 1:20,000 항공사진영상을 이용하여 지동내부표정을 수행한 경우 지동내부표정 단계를 거친 항공사진영상의 상좌표 정확도는 표 5와 같다.

1:20,000 항공사진의 촬영년도별 최적해상도 분석은 표 5에서 구한 결과 값을 이용하였으며, 분석 결과 영상소크기 14 μm 로 자동독취한 경우는 1:5,000항공사진과 마찬가지로 촬영년도에 관계없이 모두 상좌표오차가 10 μm 정도로 본 연구에서 설정한 해석도화기의 상좌표한계내의 정확도를 나타냈다. 영상소크기 14 μm 에서 촬영년도별 상좌표 정확도는 그림 5와 같다.

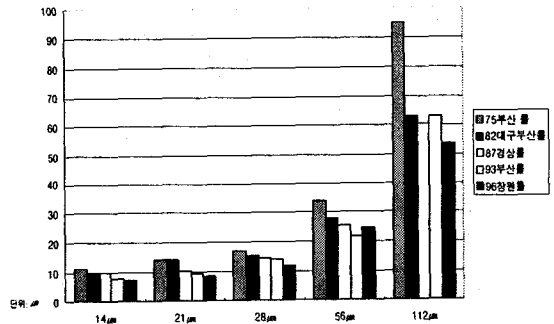


그림 5. 1:20,000 항공사진의 해상도별 상좌표 정확도

영상소크기 21 μm 로 자동독취한 경우도 그림 5에 나타나 바와 같이 항공사진 촬영 후 15년 이내의 항공사진만이 10 μm 이내의 상좌표 정확도를 나타내 15년 이상된 항공사진을 자동독취할 경우 14 μm 정도의 영상소크기로 자동독취 해야 할 것으로 판단된다.

영상소크기 28 μm , 56 μm , 112 μm 에 대해서는 표 5에서 나타난 바와 같이 모두가 해석도화기의 상좌표 정확

영상데이터베이스 구축을 위한 항공사진의 최적해상도

도 한계인 $\pm 10\mu\text{m}$ 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 $14\mu\text{m}$ 로 자동독취한 경우에도 상좌표 오차는 $10\mu\text{m}$ 가 넘게 나타났다.

영상소크기 $14\mu\text{m}$ 와 $21\mu\text{m}$ 로 자동독취한 경우는 그림 6에서 나타난 바와 같이 1985년 촬영된 항공사진 영상에서는 $10\sim 15\mu\text{m}$ 정도의 상좌표 오차를 나타내었으며, 이는 본 연구에서 설정한 상좌표 정확도 한계인 $\pm 10\mu\text{m}$ 을 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 판단된다.

표 4. 자동내부표정을 수행한 1:37,500 항공사진의 상좌표 정확도 (단위 : μm)

촬영년도 \ 해상도	$14\mu\text{m}$	$21\mu\text{m}$	$28\mu\text{m}$	$56\mu\text{m}$	$112\mu\text{m}$
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

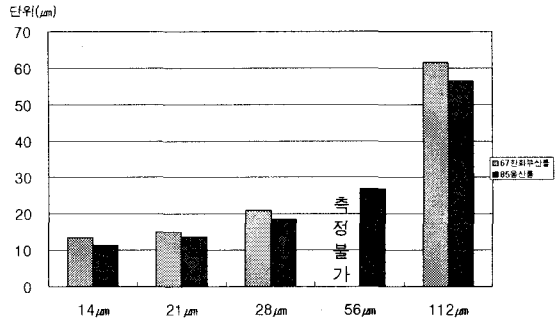


그림 6. 1:37,500 항공사진의 해상도별 상좌표 정확도

3.4 표정해석을 통한 항공사진영상의 최적 해상도 검증

대축척 사진을 판독 목적으로 이용하고자 하는 경우에는 전술한 바와 같이 자동독취 해상도는 $25\sim 28\mu\text{m}$ (약 100dpi)의 해상도로 독취하는 것이 이용목적에 부합할 것으로 판단되지만, 지도제작 및 2차제품 제작을 목적으로 항공사진을 자동독취 한 경우에는 자동내부 표정작업 이후 상호표정과 절대표정작업을 수행하여야 한다. 본 실험에서는 1:5,000 과천 지역의 항공사진을 이용하여 상호표정과 절대표정을 수행하였다.

본 연구에서는 모델 당 6점의 Von Grüber 점을 공액점으로 설정하여 상호표정요소를 설정하였다. 수치사진측량시스템을 이용한 상호표정과정은 그림 8과 같으며, 상호표정결과는 표 7, 표 8과 같다.

표 7. 각 해상도별 상호표정요소

해상도	$14\mu\text{m}$	$21\mu\text{m}$	$28\mu\text{m}$	$56\mu\text{m}$	$112\mu\text{m}$
$X_0(\text{mm})$	69.821	69.824	69.817	69.834	69.774
$Y_0(\text{mm})$	8.197	8.171	8.392	7.972	8.421
$Z_0(\text{mm})$	152.470	152.470	152.438	152.432	152.473
$\omega(^\circ)$	0.117	0.127	0.051	0.186	0.045
$\phi(^\circ)$	0.002	-0.009	0.063	0.017	-0.072
$K(^\circ)$	0.596	0.597	0.612	0.563	0.614

표 8. 각 해상도별 종시차 평균값 (단위 : μm)

해상도		14 μm	21 μm	28 μm	56 μm	112 μm
점번호	1번점	1.30	5.30	5.80	6.80	8.00
	2번점	0.80	3.00	3.30	3.60	4.50
	3번점	2.30	8.80	9.70	11.30	13.30
	4번점	1.30	5.10	5.60	6.40	7.70
	5번점	1.00	3.70	4.00	4.60	5.40
	6번점	0.60	2.50	2.70	3.20	3.80
평균		1.22	4.73	5.18	5.98	7.11

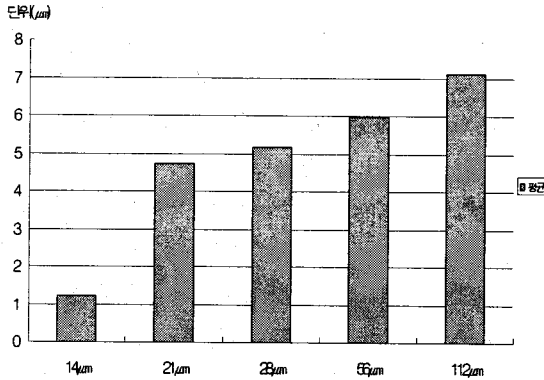


그림 7. 각 해상도별 상호표정 정확도

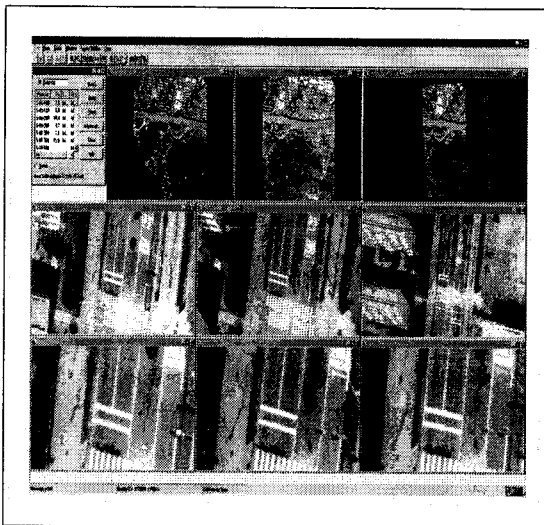


그림 8. 수치사진측량시스템을 이용한 상호표정 과정

표 7, 표 8에는 상호표정에 의해 구해진 상호표정 요소와 그 표정요소에 대한 접합점에서의 종시차(Y-시차)가 각 해상도별로 나타나 있다.

그림 7에 나타난 바와 같이 자동독취된 항공사진의 해상도가 저하됨에 따라 상호표정에 대한 종시차도 증가하는 것을 알 수 있었으며 특히, 영상소 크기 14 μm 와 영상소 크기 21 μm 사이에서 그 증가가 두드러졌다.

그러나, 종시차의 크기는 영상소 크기의 1/2에서 허용이 된다는 사실을 감안하면 모든 영상소 크기에서 기준 정확도를 만족함을 알 수 있다. 통상적으로 해석도화기에 경우에 있어서는 5 μm 이하의 종시차가 허용된다는 것을 감안하면 영상소 크기 28 μm 의 경우 까지가 해석도화기에 상응하는 결과를 나타내고 있음을 알 수 있다.

절대표정작업도 표정에 대한 위치가 프로젝트 설정시에 사용자가 입력한 지상 기준점을 기초로 프로그램에 의해 예측되어 사용자에게 제시되었으며, 관측점수가 증가할수록 표정점 위치 예측의 정밀도가 높아진다. 본 연구에서 사용된 절대표정점은 12점을 사용하였다.

표 9. 각 해상도별 절대표정 정확도 (단위 : m)

영상소크기	X	Y	Z
14(μm)	0.111	0.054	0.136
21(μm)	0.090	0.053	0.135
28(μm)	0.150	0.147	0.386
56(μm)	2.803	2.719	0.653
112(μm)	2.787	2.724	1.130

영상데이터베이스 구축을 위한 항공사진의 최적해상도

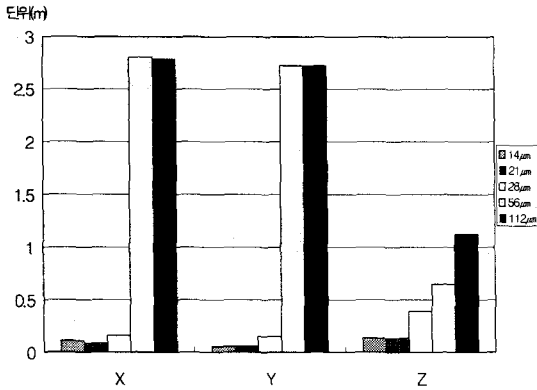


그림 9. 각 해상도별 절대표정 정확도

각 해상도별 절대표정 정확도는 표 9와 그림 9에서 나타난 바와 같이 해상도가 저하될수록 3차원 절대좌표의 오차가 증가함을 알 수 있었다. 그림 9에 나타난 바와 같이 평면위치 성분인 X, Y좌표의 경우에는 1영상소 크기 28 μ m와 56 μ m사이에서 정확도가 급격히 저하되었으며, Z좌표의 경우는 1영상소 크기가 21 μ m와 28 μ m사이에서 급격한 정확도 저하를 나타냄을 알 수 있었다.

국립지리원의 수치지도작성내규에 의하면 1:1,000 수치지도의 위치정확도 규정은 평면위치의 경우 0.2m, 높이위치의 경우 0.15m이하로 설정되어 있으며, 본 연구의 경우 1영상소 크기 20~21 μ m (약 1200dpi)의 경우 까지가 1:1,000 수치지도의 위치정확도 한계 이내의 절대좌표 정확도를 나타내어 실험과정을 통해 결정된 최적해상도가 타당함을 알 수 있었다.

3.5 최적해상도 항공사진영상의 활용 타당성 분석

본 연구에서는 2차 제품제작에 따른 최적해상도의 타당성을 파악하기 위해 표정해석을 통해 최적해상도로 결정된 항공사진영상을 이용하여 DEM추출, 정사투영영상 및 모자이크 영상을 제작하였다.

절대표정을 수행한 항공사진영상을 이용하여 2차 제품을 제작하려면 영상재배열 과정을 거쳐야 한다. 영상재배열(resampling)은 수치영상의 기하학적 변환을

위해 수행된다. 원래의 수치영상과 변환된 수치영상의 관계에 있어서 영상소의 중심이 정확히 일치하지 않으므로 영상소를 일대일 대응관계로 재배열할 경우에는 영상의 왜곡이 발생하게 된다.

따라서, 일반적인 방법에 있어서 인접영상의 밝기 값(grey level)들을 이용하여 보간에 의한 방법으로 영상을 재배열하게 되며, 이 과정을 거치면 DEM(Digital Elevation Model)을 생성할 수 있다.

DEM의 추출은 정사영상이나 모자이크 영상의 작성을 위해 필수적으로 수행되는 과정으로 본 연구에서는 Intergraph ImageStation Z의 모듈중 ISDC (Image- Station DTM Collection)를 사용하여 수행하였다.

DEM이 추출되면 추출된 DEM을 이용하여 수치미분편위수정을 통해 정사투영영상을 제작할 수 있다. 그림 10. 은 본 실험을 통해 제작된 정사투영영상이며, 정사투영영상을 합성하여 모자이크영상을 제작하였다.

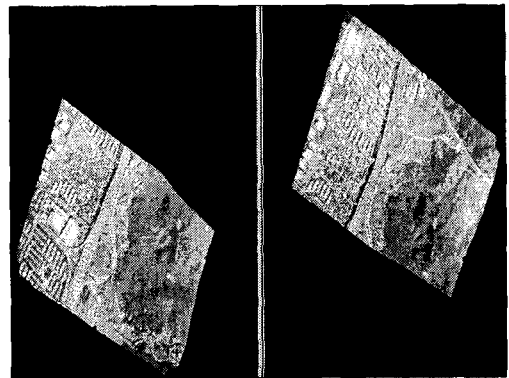


그림 10. ImageStationZ를 이용하여 제작한 2모델의 정사투영영상

본 연구에서는 제작된 모자이크 영상의 위치정확도 평가를 위해 동일대상지역에 대해 기 제작된 1:1,000 수치지도와 중첩시켜 도로지역 15곳과 일반주택지역 15곳을 임의로 선정하여 수치지도와 정사투영영상간의 상대위치정확도를 분석하였다. 본 연구를 통해 제작된 정사투영영상과 기 제작된 1:1,000수치지도를 중첩한 그림은 그림 11과 같다.



그림 11. 모자이크 영상과 수치지도의 중첩

두 자료간의 위치정확도 분석에서 도로지역의 평균 오차는 0.231m 로 나타났으며, 일반주택 지역의 경우는 평균오차 1.722m로 나타났다.

표 10. 수치지도와 모자이크 영상의 중첩을 통한 상대위치 정확도 (단위 : m)

임의의 관측점	도로	건물
1	0.1579	3.1810
2	0.0507	2.5592
3	0.0782	2.0183
4	0.1961	0.2684
5	0.2704	0.7852
6	0.1491	1.6238
7	0.1330	0.8169
8	0.1482	1.7579
9	0.0999	1.7216
10	0.0810	0.5585
11	0.2366	1.1682
12	0.5848	1.1594
13	0.5707	0.4538
14	0.4746	1.7239
15	0.2380	2.4842
평균	0.2313	1.7218

이와같은 도로와 건물레이어의 위치정확도 분석을

통해 항공사진영상을 이용하여 정사투영영상을 제작할 경우 지면에 있는 시설물 레이어 보다는 지면에서 떨어져 있는 시설물 레이어의 경우 위치오차가 커짐을 알 수 있었다.

그러나, 이상과 같은 정사투영영상의 위치정확도 분석은 표본지역을 선정하여 2모델의 정사투영영상을 제작하여 기존의 제작된 수치지도와 위치오차를 분석한 결과로 절대좌표의 분석을 위해서는 현장실측자료와의 분석이 수행되어야 한다.

이상과 같은 지도제작 목적의 최적해상도(약 1200dpi : 20-21 μ m)로 자동독취된 항공사진영상의 활용성을 검증하기 위해 상호표정 및 절대표정으로 구성되는 표정정확도 분석과 이를 이용한 DEM추출, 정사투영영상 및 모자이크영상을 생성한 결과, 본 연구에서 결정한 최적해상도가 유용함을 알 수 있었다.

4. 결 론

본 연구에서 항공사진 영상의 효율적인 관리는 물론, 광범위한 활용을 위한 최적해상도를 제시하고자 수치사진측량시스템을 이용하여 자동내부표정에 의한 상호표정분석과 표정해석 및 2차제품생성을 수행하였으며, 본 연구의 수행결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 자동내부표정을 통한 항공사진영상의 최적해상도 결정 시험 결과 무허가 건물의 관리나 단속작업을 수행할 경우 수치영상의 영상소크기는 24~25 μ m (1000dpi)가 적절한 해상도로 나타났다.

2. 표정해석을 통한 항공사진영상의 최적해상도 실험결과 지도제작 및 2차제품 생성을 목적으로 하는 경우는 20~21 μ m(1200dpi) 해상도가 적정한 것으로 나타났다.

3. 최적해상도로 결정된 항공사진영상을 활용 하여 2차제품인 DEM과 정사투영 영상 및 모자이크영상을

제작해 봄으로써 항공사진영상 데이터베이스의 활용 가능성을 입증 할 수 있었다.

참고문헌

1. Vosselman, G, "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. , 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. INTERATIONAL SYSTEMAP CORP, THE Fundamentals of Digital Photogrammetry, I.S.M, 1997.
4. Schenk, A. F., "Digital Photogrammetry", Lecture Note, 1990
5. Pitas, I., Digital Image Processing Algorithms, Prentice Hall, 1993
6. 유복모, Shenk, A.F., 디지털사진측량학, 문운당, 2000.
7. 이현직, 정수, 이승호, "수치사진측량시스템 환경에서의 수치지도의 수정 및 갱신" 한국측지학회지 논문집, 제17권, 제4호, 1999.
8. 이승호, "수치지도의 수정 및 갱신을 위한 수치사진측량의 활용", 석사학위논문, 상지대학교 산업대학원, 1999.
9. 국립지리원, 수치지도 정확도제고를 위한 수정/갱신 방안에 관한 연구, 국립지리원, 1999.