한국측량학회지, 제 18 권 제 4 호, pp. 387~394(2000년 12월 30일)

항공사진 전용 자동독취기의 정확도 검증
The Verification of Accuracy for Aerial Photogrammetric scanner

이현직* · 용 민**
Lee, Hyun-Jik · Yong, Min

要 旨

항공사진영상을 데이터베이스화 하는데 있어서 가장 큰 오차의 원인은 자동독취기의 독취 과정에서 발생한다. 현재 수행하고 있는 항공사진영상 데이터베이스 구축사업의 품질 확보를 위해서는 자동독취 과정에서 발생하는 정확도를 검증하는 과정이 필요하게 된다. 따라서, 본 연구에서는 항공사진영상 데이터베이스 구축에 이용되는 항공사진 전용 자동독취기의 정확도 검증방법을 정립함으로써 항공사진영상 DB의 정형적인 품질확보 방안을 제시하는데 목적이 있다. 본 연구의 수행을 통해 항공사진영상 DB의 품질확보를 위한 자동독취기 정확도 검증방안을 제시하였으며, 본 연구를 통해 정립된 방법을 실제 항공사진영상 DB 구축과정에 적용한 결과 자료의 품질확보에 기여할 수 있음을 알 수 있었다.

ABSTRACT

The biggest factor of errors which is constructed to the database of aerial photo image is happen to process of scanning with aerial photogrammetric scanner. For the quality assurance of aerial phto image database, we are need to the verification process of aerial photogrammetric scanner. This study is purposed to exhibit quality assurance method of aerial photo image database which is established to verification method of accuracy for aerial photogrammetric scanner. As the results of this study, we are established to verification method of accuracy for aerial photogrammetric scanner. And, the proposed methods according to this study are known to contributequality assurance of aerial photo image database.

1. 서 론

항공사진정보는 정성적인 판독목적의 활용은 물론, 지도제작이나 위치결정 등 정량적인 활용을 위한 기초자료 중에 하나로[1,2] 현재 국립지리원에서는 이와같은 주요정보의 효율적인 유지관리와 보다 광범위한 활용성 확보를 위해 항공사진영상 데이터베이스 구축사업을 수행하고 있다.

항공사진영상 데이터베이스 구축은 항공사진 전용 자동독취기를 이용하여 항공사진을 최적해상도로 독취하여 수치영상으로 전환하는 과정으로 항공사진영상 데이터베이스 효율적인 수행은 물론, 자료의 품질확보를 위해서는 일반적으로 가장 큰 오차요인인 자동독취기의 정확도 검증방안이 필요하게 된다.[3]

따라서, 본 연구에서는 항공사진영상 데이터베이스 구축사업의 안정적인 수행을 위해 항공사진과 동일한 형태의 121개 검사점이 등분포된 표준 PLATE를 제작하여 자동상좌표측정방법에 의한 상좌표오차 분석을 통해 항공사진 전용 자동독취기의 정확도 검증방안을 정립함으로써 항공사진영상 데이타베이스의 정형적인 검수와 품질확보에 기여하는데 목적이 있다.

본 연구에서는 이를 위해 자동독취기의 정확도 검증용 표준 PLATE를 제작하였으며, 영상매칭을 통한 자동상좌표측정 및 오차분석 프로그램을 개발하고 항공사진영상 데이터베이스 구축과정에 이용되는 자동독취기에 대해 실험을 수행하였다.

*상지대학교 토목공학과 조교수
**상지대학교 대학원 석사과정

2. 자동독취기의 정확도 검증 이론

2.1 자동독취기의 특성

자동독취기(scanner)의 방식에는 기계적(analog) 방식과 해석적(analytical) 방식이 있다. 자동독취된 영상을 사용하는 수치영상시스템(Digital Image System)은 영상소

(pixels)의 규칙적인 정렬로 구성된다. 수치영상은 영구적으로 암호화된 이미지이며, 이러한 암호화된 영상은 자동독취기와 같은 장비를 통해 취득된다.

예를 들어 어떤 수치영상시스템에서 10 μm로 자동독취된 필름 영상은 자동독취기의 수치좌표 관측기가 최소한 10 μm로 읽을 수 있다는 것을 의미한다. 그러나, 항공사진의 자동독취작업은 사진을 수치화하는 것이므로 자동독취 도중의 시간초과로 인한 필름의 변형, 방사방향오차에 의한 영상 질의 저하, 환경적 변화, 그리고 조작에 의한 손상 같은 문제점을 피할 수 없게 된다. 일단 자동독취된 영상은 독취 당시에 물리적으로 발생한 오차를 수학적으로 모델링하여 소거할 수 있다.[4,5]

2.2 자동독취기의 오차 요소

2.2.1 자동독취기 오차

자동독취기에 의해 제작된 수치영상은 기계적인 오차를 포함하게 된다. 자동독취기상에서 독취할 필름을 이동시키거나 또는 센서를 이동시키는 가이드 레일(guide rail)이 불완전할 경우에는 대상물과 센서 사이에서 직교성(orthogonality)을 유지하지 못하게 되며, 그 결과 포인팅오차(pointing error)를 유발시키게 된다.

또한, 가이드 레일이 불완전한 경우에는 센서와 대상물 사이의 거리가 변화하게 되므로 축척오차(scaling error)와 초점오차(focusing error)가 발생하게 된다. 자동독취 과정에서 센서나 대상물을 이동시키는데는 서보모터가 이용된다. 서보모터가 기준속도 보다 고속이나 저속으로 작동되는 경우에는 이동오차(motion error)가 발생될 수 있으며 아는 일반적으로 서보모터시스템 내에서 보정된다.

자동독취기의 시준오차, 축척오차, 초점오차, 이동오차 등은 기하학적 오차(geometric error)를 발생시키게 되고, 불균일한 영상소의 배열을 만들게 된다. 자동독취기 내의 조명이 고르지 못한 경우나 센서에 줄무늬가 존재하는 등의 방사오차(radiometric error)가 발생할 경우에 기하학적 오차는 더욱 뚜렷이 나타나게 된다.

이 밖에도 자동독취기 내의 광원이나 설치환경에 의한 열역학적 오차도 자동독취기의 오차에 포함되며, 기계적 진동도 자동독취기의 오차를 발생시키는 원인이 될 수 있다.[6]

자동독취기의 가이드 레일은 해석적 장비에서도 이용되므로, 이에 대한 검증 및 보정 과정도 해석적장비에서 수행하는 방식과 동일한 방법을 이용한다. 자동독취기의 검증은 표준 PLATE나 변형이 적은 유리격자판(glass grid-plate) 등을 이용해 수행되며, 검증 결과를 서보모터에 적용하여 오차를 감소시킬 수 있다.

자동독취기의 검증 및 보정 후에도 자동독취기내의 오차는 존재하게 된다. 잔존하는 오차는 사진좌표를 기준으로 수 μm의 크기로 나타나게 되며, 이를 나타내는데에는 평균제곱근(root mean square; RMS)오차를 이용한다.[7]

또한, 광학적인 해상도인 영상소의 크기(pixel size; Ps)를 기준단위로 하여 잔존오차를 나타내기도 한다. 일반적으로 자동독취기의 평균제곱근오차(root mean square error; RMSE)가 0.33Ps 이하인 경우에는 매우 양호한 것으로 간주한다.

수치사진측량에서 자동독취기의 오차는 기계적 정확도로서 평가되는 유일한 오차가 된다.

자동독취기의 오차는 영상공간 내에서만 발생하게 된다. 수치영상에 포함된 자동독취기 오차의 절대값을 0.33 Ps라고 하면 사진좌표(x', y')의 관측오차는 식 (1)과 같이 계산될 수 있다.

$$(x', y') \text{ 오차} = \sqrt{(\pm 0.33Ps^2) + (\pm 0.33Ps^2)} = \pm 0.47Ps \quad (1)$$

만약 자동독취기오차를 평균제곱근오차로 나타낸다면, 영상공간에서의 최대오차는 평균제곱근 오차의 3배인 1.41Ps가 될 수 있다. 즉, 자동독취기의 평균제곱근 오차가 0.33Ps인 경우 ±0.47~±1.41Ps 범위의 상좌표 오차가 발생될 수 있다.

2.2.2 포인팅오차

수치사진측량시스템을 이용하는 작업자는 일반적으로 0.25Ps내에서 점의 위치를 결정할 수 있으며, 이 경우 포인팅오차는 식 (2)와 같이 된다.

$$\text{포인팅오차} = \sqrt{(\pm 0.25Ps^2) + (\pm 0.25Ps^2)} = \pm 0.35Ps \quad (2)$$

시준능력은 작업자가 선택한 영상의 확대비에 영향을 받는다. 확대비를 크게 하면 시준능력이 향상되나 반면에 작업 속도가 저하된다. 이는 기계식 및 해석적 사진측량에 있어서도 유사한 문제를 발생시킨다.

2.2.3 합성오차와 모델오차

수치사진측량에서 영상좌표 관측오차는 주로 자동독취

표 1. 초점거리와 주점기선길이의 비에 따른 대상공간 z에서의 오차

초점거리 (f)	주점기선 길이(b)	영상좌표 관측오차 (RMSE)	f/b	z 방향 대상공간오차
88.5 mm	90 mm	0.6Ps	0.98	0.6Ps
152.0 mm	90 mm	0.6Ps	1.69	1.0Ps
305.0 mm	90 mm	0.6Ps	3.39	2.0Ps

기오차와 포인팅오차가 합성되어 나타난다. 만약 자동독취기의 평균제곱근오차가 0.33Ps이고 포인팅오차가 0.25Ps라면 영상좌표 관측오차는 식 (3)과 같다.

※ 영상좌표 관측오차

$$=\sqrt{\text{자동독취기 오차}^2+\text{포인팅 오차}^2}$$
$$=\sqrt{(\pm 0.47Ps^2)+(\pm 0.35Ps^2)}$$
$$=\pm 0.52Ps \;\; RMS \simeq \pm 0.6RMS \qquad (3)$$

사진측량에서 영상좌표 관측의 오차에 대응하는 높이 오차는 사진기 초점거리와 주점기선길이의 비에 비례하여 증가한다. 입체사진의 중복도가 약 60%로서 주점기선길이가 90 mm인 경우 x 방향 영상좌표의 자동독취기 오차가 1σ일 때 사진기 초점거리에 따른 z 방향 모델오차는 표 1과 같다.[1)]

2.3 자동독취기 정확도 검증을 위한 수치영상처리

2.3.1 검사점 자동인식 이론

본 연구에서는 자동독취기의 정확도 검증을 위해 표준 PLATE를 제작하여 최적해상도로 자동독취한 후 취득된 영상의 검사점(check point)의 영상좌표를 자동인식하는 방법을 이용하였다.

일반적으로 배경으로부터 표정점에 포함되어 있는 임의의 한 영상소를 인식하여 표정점 전체를 인식하도록 하기 위해서는 선 추적이나 경계선 추출 등에 많이 사용되는 근방연산을 하여야 한다.[8-10)]

임의의 영상소(i, j)에 대하여, 영상소의 집합(i + p, j + q)은 그 영상소에 대하여 근방(neighbor)이 된다. 여기서 p와 q는 적당한 정수이며, 본 연구에서는 1로 한다. 따라서 근방연산은 한 영상소를 처리할 때 그 영상소의 근방, 예를 들면 4근방 또는 8근방의 영상소를 참조해서 처리하는 것이다.

그림 1은 영상소 f_0의 근방을 나타낸 것으로, 직선 방향 즉 f_1, f_3, f_5, f_7는 4근방이 되며 여기에 대각선 방향

f_4 $(i-1, j-1)$	f_3 $(i, j-1)$	f_2 $(i+1, j-1)$
f_5 $(i-1, j)$	f_0 (i, j)	f_1 $(i+1, j)$
f_6 $(i-1, j+1)$	f_7 $(i, j+1)$	f_8 $(i+1, j+1)$

그림 1. f_0 영상소의 4 그리고 8 근방

의 값들 모두를 고려하게 되면 8근방이 된다.[11)]

미리 입력되어진 좌표를 기준으로 하여 탐색창으로부터 검사점을 인식하는 근방연산의 단계는 다음과 같다.

· 1 단계 : 탐색창의 좌측 상단으로부터 검사점 탐색을 시작한다.

· 2 단계 : 배경과 검사점 경계점 중 탐색완 표시가 있는 영상소는 이미 탐색이 끝난 것이므로 건너뛰고, 표시가 없는 영상소를 발견하면 그 영상소를 f_0로 하여 8근방 탐색을 시작한다.

· 3단계 : f_0 8근방은 먼저 f_1에 대하여 탐색을 시작하여 반시계 방향으로 차례로 밝기값을 검색하여 탐색 완료 표시를 한다. 만약 8근방의 영상소가 모두 0 영상소일 때는 f_0를 고립 점으로 인식하고 그 점에 대한 탐색을 끝 내고 2단계의 다음 영상소로 돌아가 탐색을 계속 실시한다.

· 4단계 : 탐색이 탐색창의 전 영역에 대하여 수행되면 끝낸다.

2.3.2 영상좌표 측정

항공사진측량용 카메라를 이용하여 취득된 영상은 주점을 원점으로 하기 때문에 본 연구에서도 동일하게 원

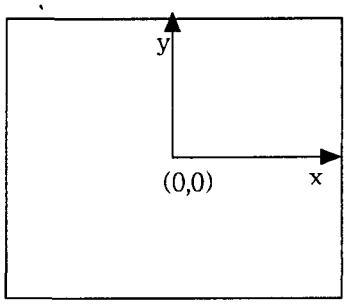

그림 2. 영상좌표계

점을 선정하여 가로 방향을 X축, 세로 방향을 Y축으로 하는 영상소 단위의 직교 영상좌표계를 설정하였다.

따라서, 취득되어지는 모든 상좌표는 NO. 606 즉 6번째 행의 6번째 열에 해당하는 검사점(check point)의 상좌표(0.000, 0.000)을 기준으로하여 표현된다.

검사점의 형상은 그림 2와 같으며, 중심의 좌표는 일단 탐색창내의 영상을 반전시킨 다음 모든 영상소를 더해 가장 큰 곳을 중심으로 한다. 이때 좌표는 탐색창의 좌측상단을 전체영상의 중심으로부터 계산한 다음 다시 검사점의 중심영상소를 계산한다.[12,13]

3. 자동독취기의 정확도 검증

3.1 항공사진 전용 자동독취기의 특성

본 연구에 사용된 자동독취기는 3종류로 독일 제품인 Photoscan TD, 우크라이나 제품인 Delta scanner 그리고 오스트리아 제품인 Ultra scanner로 구성되어 있으며, 각 자동독취기 마다 고유한 특성값을 가지고 있었다. 표 2, 표 3, 표 4는 본 연구에서 이용한 자동독취기의 특성을 나타낸 값이다.

본 연구에서는 자동독취기 정확도 검증을 위해 그림 3과 같은 과정으로 연구를 수행하였다.

3.2 표준 PLATE 제작

자동독취한 영상의 변위를 파악하기 위하여 항공사진

표 2. Delta Scanner의 특성

기술적 사항	기본값
Geometric output Resolution	8 μm(12, 16, 24, 32, ... 128)
RMSE	±3 μm
Geometric resolution	1 μm
Maximal optical density	3.4 D
Optical density range	2.7 D
Video system resolution	12/8 bit per channel
Maximal Scanning area	320×320 mm
Roll film scanning	Up to 240 m wide
sensor	CCD-color SONY 3×5300×8
Light source	Power LED array
Scanning of non-transparent material	Supported
Output formats	Tiled TIFF, BMP color 24bit, b/w 8bit
Computer/OS	Intel/Windows

표 3. INTERGRAPH Photoscan TD의 특성

기술적 사항	기본값
Geometric output Resolution	7 μm(14, 21, 28, 56, 112)
Scan format	250 mm×275 mm
Radiometry	10 bits per channel
Output data	JPEG, TIFF color 24bit, b/w 8bit
Geometric accuracy	2 μm 보다 작음
Geometric precision	1 μm
Sensor	Tri-linear CCD
Illumination	150W
Computer / OS	Windows NT system

표 4. UltraScan 5000의 특성

기술적 사항	기본값
Geometric output Resolution	Free
Geometric accuracy	2 μm
Geometric resolution	5 μm or 28.8 μm
Maximal optical density	4.0 D
Optical density range	3.6 D
Internal Output bits	150W
Computer / OS	Windows NT system

과 동일한 형태의 표준PLATE를 제작하였다. 전체 규격은 254 mm×254 mm이며 그림 4와 같이 각각 224 mm 안에 모든 검사점이 들어 올 수 있도록 구성하였다.

표준 PLATE는 총 8개의 지표와 가로 11, 세로 11개로 총 121개의 검사점이 배치되어 있으며, 자동독취된 표준 PLATE 영상으로부터 자동으로 검사점을 관측하기 위해서는 자동으로 검색이 가능한 내부좌표계를 설정하였다. 따라서, 표준PLATE 제작시 NO.606번을 기준원점(0.000, 0.000)으로 설정하고 가로, 세로 방향으로 각각 2cm 간격으로 배열해 내부좌표를 부여했다.[14]

3.3 영상좌표 분석

3.3.1 영상좌표 탐색 및 변환 프로그램

본 연구에서는 자동독취된 영상좌표의 자동관측과 오차분석을 위해 그림 5, 그림 6, 그림 7, 그림 8과 같은 주요 순서도에 따라 영상좌표 자동관측 및 오차분석 프로그램을 개발하였다.

3.3.2 자동독취기 정확도 검증 과정

본 연구에서는 표준PLATE의 상좌표 독취값중 초기독취값을 검증에 필요한 최확값으로 지정하였으며, 이후 1 ROLL(약 300-500장)의 항공사진이 독취된 후 자동독취된 표준 PLATE의 상좌표와 영상좌표오차를 분석함으로

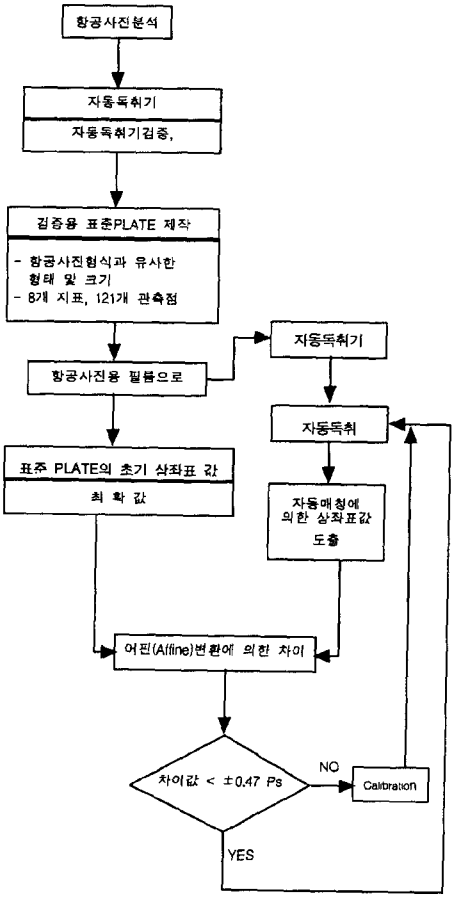

그림 3. 자동독취기 정확도 검증 과정

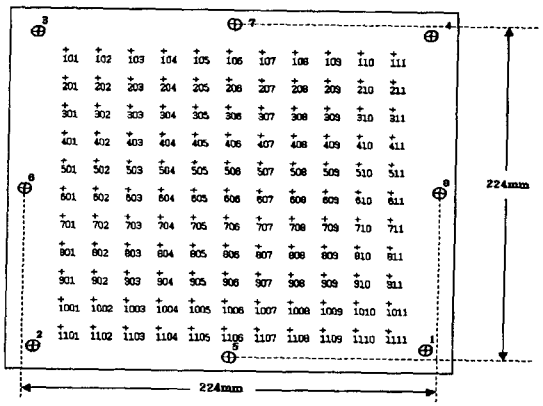

그림 4. 제작된 표준 PLATE의 형상

써 자동 독취기의 정확도를 검증하고 자동독취기 검정(CALIBRATION)여부를 결정하였다.

본 연구에서 이용된 자동독취기중 Photoscan TD의 초

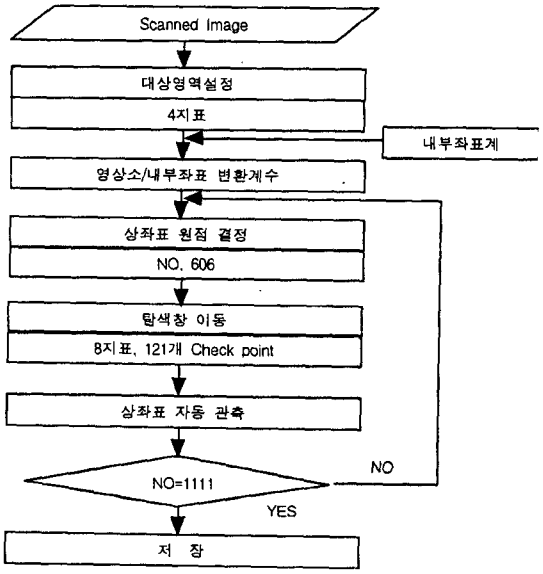

그림 5. 영상좌표좌동관측 FLOWCHART

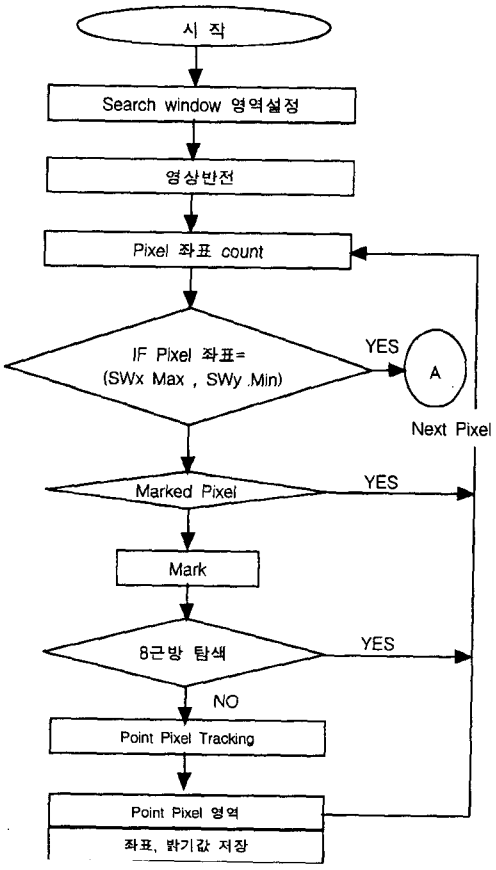

그림 6. 8근방 탐색 FLOWCHART

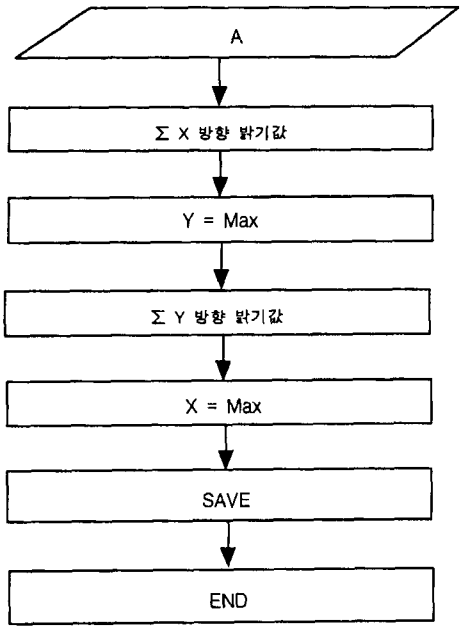

그림 7. 8근방 탐색의 SUB 프로그램

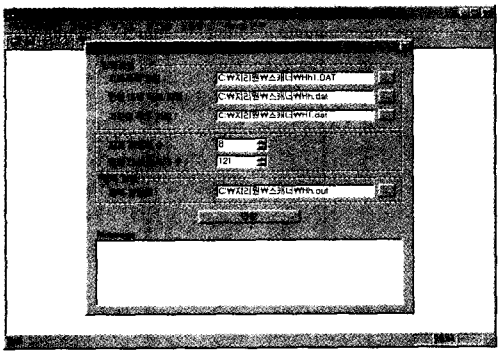

그림 8. 영상좌표 변환 데이터 입력

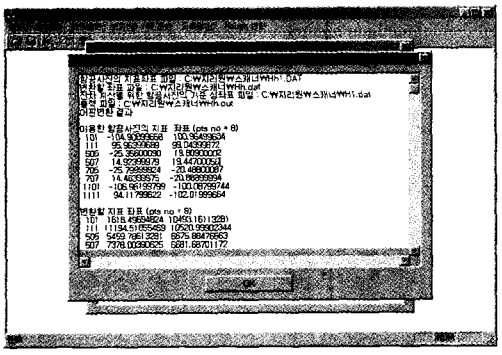

그림 9. 영상좌표변환 결과

표 5. 어핀변환된 영상좌표 잔차 및 위치오차

(단위 : mm)

번호	delta X	delta Y	delta XY	번호	delta X	delta Y	delta XY
101	0.092	-0.002	0.092	607	-0.033	0.003	0.034
102	0.102	0.005	0.102	608	0.062	-0.050	0.080
103	-0.038	0.046	0.060	609	-0.040	-0.019	0.045
104	-0.038	-0.008	0.039	610	0.132	-0.084	0.157
105	0.049	-0.048	0.069	611	0.032	-0.080	0.086
106	-0.078	-0.047	0.091	701	0.048	-0.062	0.079
107	0.002	-0.051	0.051	702	0.117	-0.077	0.140
108	0.034	-0.039	0.052	703	0.077	-0.037	0.085
109	0.002	0.038	0.038	704	0.051	-0.081	0.096
110	-0.041	0.047	0.062	705	0.019	0.007	0.021
111	-0.108	0.015	0.109	706	0.002	-0.018	0.018
201	0.109	-0.063	0.126	707	-0.003	-0.031	0.031
202	0.056	-0.080	0.098	708	0.028	-0.033	0.043
203	0.018	0.035	0.040	709	-0.032	-0.076	0.083
204	0.005	-0.206	0.206	710	0.025	-0.098	0.102
205	0.040	-0.145	0.151	711	0.030	-0.116	0.120
206	-0.106	-0.155	0.188	801	0.017	-0.069	0.071
207	-0.043	-0.151	0.157	802	0.107	-0.093	0.142
208	0.108	-0.025	0.111	803	0.088	-0.070	0.112
209	0.013	0.041	0.043	804	0.038	-0.034	0.052
210	0.000	-0.014	0.014	805	0.021	-0.091	0.094
211	-0.076	0.033	0.083	806	-0.026	-0.142	0.144
301	0.121	-0.063	0.137	807	0.076	-0.121	0.143
302	0.040	-0.042	0.058	808	0.023	-0.055	0.060
303	0.031	-0.036	0.048	809	0.041	-0.039	0.057
304	0.008	0.023	0.024	810	0.070	-0.079	0.106
305	0.088	0.024	0.092	811	0.028	-0.045	0.053
306	-0.140	0.025	0.143	901	-0.028	-0.135	0.138
307	0.004	-0.078	0.079	902	0.010	-0.181	0.181
308	0.153	-0.150	0.214	903	0.033	-0.177	0.180
309	0.031	-0.177	0.179	904	0.149	-0.153	0.214
310	0.003	-0.179	0.179	905	-0.009	-0.087	0.088
311	-0.034	-0.136	0.141	906	-0.149	0.045	0.156
401	0.049	-0.042	0.064	907	0.065	0.016	0.067
402	0.060	-0.077	0.098	908	-0.019	0.0160	0.025
403	0.043	-0.040	0.059	909	0.007	-0.034	0.035
404	0.038	-0.050	0.063	910	0.025	-0.058	0.063
405	0.082	-0.106	0.134	911	0.101	-0.071	0.123
406	-0.031	-0.131	0.134	1001	-0.063	0.033	0.072
407	0.013	-0.071	0.072	1002	0.009	-0.021	0.023
408	0.040	-0.039	0.056	1003	0.003	0.022	0.038
409	0.084	-0.077	0.114	1004	0.112	-0.020	0.115
410	0.095	-0.085	0.127	1005	-0.033	-0.148	0.152
411	0.006	-0.064	0.064	1006	-0.121	-0.167	0.206
501	0.048	-0.108	0.118	1007	0.007	-0.152	0.152
502	0.043	-0.096	0.106	1008	-0.027	-0.206	0.208

표 5. 계속

번호	delta X	delta Y	delta XY	번호	delta X	delta Y	delta XY
503	-0.023	-0.058	0.063	1009	-0.007	0.035	0.035
504	0.041	-0.034	0.054	1010	0.027	-0.074	0.079
505	0.006	-0.014	0.015	1011	0.077	-0.058	0.097
506	0.004	-0.018	0.018	1101	-0.110	0.015	0.111
507	0.008	0.007	0.011	1102	-0.042	0.054	0.068
508	0.037	-0.086	0.094	1103	0.002	0.048	0.048
509	0.068	-0.032	0.076	1104	0.030	-0.042	0.052
510	0.111	-0.067	0.129	1105	-0.011	-0.051	0.052
511	0.019	-0.069	0.071	1106	-0.100	-0.054	0.114
601	0.058	-0.085	0.103	1107	0.026	-0.049	0.056
602	0.149	-0.073	0.167	1108	-0.068	-0.005	0.068
603	-0.028	-0.020	0.034	1109	-0.062	0.045	0.077
604	0.059	-0.043	0.073	1110	0.079	0.003	0.079
605	-0.025	-0.005	0.025	1111	0.094	0.000	0.094
606	0.041	0.008	0.042				

기값 데이터를 대상으로 실험결과를 정리하였다. 자동독취된 영상내에 있는 지표 1, 2, 3, 4를 마우스로 선정하여 주면 미리 설정된 내부좌표계의 1, 2, 3, 4번 좌표와 연계하여 영상소와 좌표거리의 축척변환 계수를 계산하며 계산된 축척변화계수를 이용하여 자동독취된 영상에서 탐색창으로 원점의 위치를 찾는다. 자동으로 찾아진 원점은 좌표(0.000, 0.000)로 설정되고 나머지 모든 검사점들에 대하여 상좌표를 구하도록 하였다.

그림 8은 영상좌표 변환을 위해 자동관측된 영상좌표를 입력하는과정이며, 그림 9는 본 연구에서 개발된 영상좌표변환프로그램을 실행한 결과를 나타낸다.

그림 8 및 그림 9에서 수행한 결과물은 PhotoScan TD를 이용한 첫 결과를 기준으로 차후에 1 ROLL(약 300-500장)의 항공사진을 자동독취한 후 표준 PLATE를 재 독취하여 자동독취기의 정확도 검증을 위한 초기값으로 이용된다.

따라서, Photoscan TD의 후속작업에서 나타나는 X, Y의 표준편차 값은 첫 번째 실험결과와 오차량을 분석하여 허용오차 이내에 있는지의 여부를 판단하였다.

3.3.3 표준PLATE의 영상좌표 최확값 결정

좌표변환 프로그램에 의해 처리된 자료는 어핀변환된 영상좌표값과 어핀변환된 영상좌표의 잔차 및 위치오차값으로 구분할 수 있다. 표 5는 어핀변환된 영상좌표의 잔차 및 위치오차값을 나타낸다.

3.3.4 자동독취기별 영상좌표 오차분석

표 6. 자동독취기별 영상좌표 오차분석

(단위: μm)

독취기명 / 항목		Ultra Scanner		Delta Scanner		Photoscan TD (i)		Photoscan TD (ii)	
		X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
초기값		55	49	52	82	59	84	64	81
1차	관측값	58	47	53	82	52	77	63	81
	오 차	3	2	1	0	7	7	1	0
2차	관측값					56	85	62	85
	오 차					3	1	2	4
3차	관측값					59	83	61	85
	오 차					0	1	3	4
4차	관측값					55	85	60	47
	오 차					4	1	4	34
5차	관측값							60	48
	오 차							4	33

본 연구에서 이용한 자동독취기의 영상좌표 값을 PhotoScan TD와 동일한 방법으로 실험을 수행하여 얻은 결과는 표 6과 같다.

표 6의 초기값은 가장 먼저 수행했던 표준 PLATE의 영상좌표를 어핀변환하여 얻은 값이며, 후속작업에 대한 영상좌표의 정확도 기준으로 이용하였다.

본 연구에서는 자동독취기의 정확도 검증을 위해 표준 PLATE에 대한 초기값을 기준으로 1 ROLL의 항공사진 독취가 완료된 후 표준 PLATE에 대해 독취를 수행하여 결정된 영상좌표와의 편차를 분석하는 방법을 이용하였다.

자동독취기의 이상유무를 판정하는 기준은 식 (1)에서 기술한 바와 같이 일반적인 자동독취기 오차한계인 자동독취된 1 영상소크기(Ps : 20-21 μm)의 ±0.47Ps(±9.87 μm)를 적용하였으며, 두 영상좌표의 편차가 기준이내이면 자동독취기가 이상이 없는 것으로 판정하여 검증과정 없이 계속적인 항공사진 자동독취를 수행하도록 하였으며, 그 이상이면 영상좌표 관측 및 변환 프로그램에서 결정된 자료를 활용하여 이용된 자동독취기의 검증을 수행하도록 하였다.[12,13]

본 연구 결과 모든 자동독취기에서 자동독취기의 오차한계인 ±9.87 μm 이내 영상좌표 오차를 나타내었으며 다만, Photo Scan TD(ii)의 경우는 3차까지의 실험에서는 두 영상좌표의 편차량이 10 μm 이내로 나타나고 있었으나 4차, 5차 관측값에서 Y방향으로 높은 영상좌표 오차가 나타남을 확인할 수 있었다.

이와같은 현상이 나타난 이유는 3차실험후 4차 표준

PLATE의 독취전에 자동독취기의 가이드레일 이상에 의해 소프트웨어적인 검증을 수행한 결과로 Y좌표의 변환이 이루어져 발생된 것으로 판단된다. 하지만 이후 5차 실험 결과와 4차 실험 결과를 비교해 보았을 때 Y좌표에서 1 μm의 오차량이 발생하였다.

이상과 같이 항공사진영상 데이터베이스 구축시 가장 중요한 오차요인인 자동독취기의 정확도 검증 실험을 수행한 결과, 본 연구에서 정립한 검증 PROCESS가 자동독취기의 정확도 검증에 유용함을 알 수 있었다.

4. 결 론

항공사진 전용 자동독취기의 정확도 검증을 위해 본 연구를 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 항공사진영상 데이터베이스 구축시 가장 큰 오차요인인 자동독취기의 정확도 검증을 위한 방법 및 처리과정을 정립할 수 있었다.

2. 자동독취기의 정확도 한계는 ±9.87 μm로 현재까지의 실험에서는 본 연구에서 이용된 사진측량 전용 자동독취기가 정확도 한계내의 영상좌표 오차를 나타내어 자동독취기의 검증이 필요하지 않음을 알 수 있었다.

3. 본 연구에서 정립된 자동독취기 정확도 검증 과정을 실제 항공사진영상 데이터베이스 구축에 활용할 경우 항공사진영상 정보의 품질 확보에 기여할 수 있음을 알 수 있었다.

참고문헌

1. 유복모, 현대수치사진측량학, 문운당, 2000.
2. 이현직, 정수, 이승호, "수치사진측량시스템 환경에서의 수치지도의 수정 및 갱신", 한국측량학회지, 제17권, 제4호, 1999.
3. 이현직, 구대성, "수치사진측량에서 수치영상의 최적해상도에 관한 연구", Journal of Production Technology, Vol. 8, 2000.
4. I.S.M INTERATIONAL SYSTEMAP CORP, THE Fundamentals of Digital Photogrammetry, I.S.M, 1997.
5. Schenk, A. F., "Digital Photogrammetry", Lecture Note, 1990.
6. Schenk, A. F., "The Concepts in Digital Photogrammetry", Korean Society or Geo-Spatial Information Systems, Vol. 4-1, 1996.
7. 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.
8. Jensen, J. R., "Introductory digital image processing", Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1996.
9. Sid-Ahmed, M. A., "Image Processing", McGraw-Hill Book Co., 1995.
10. John, B., Digitel Image Processing, Springer-Verlag, 1991.
11. 일본공업기술센터, 컴퓨터화상처리입문, 기전연구사, 1993.
12. 박효근, "영상분해기법을 이용한 수치항공영상 해석에 관한 연구", 석사학위논문, 연세대학교 대학원, 1994.
13. 국립지리원, 수치지도 위치 정확도에 관한 연구, 국립지리원, 1998.