

비측정용 주사기를 사용한 수치표고모델의 자동생성에 의한 수치정사사진 제작*

박운용¹ · 이기철² · 이인수³ · 김진수³

The Digital Orthophoto Production by the Automative Generation of DEM using Non-photogrammetric Scanner

Woon-Yong Park¹ · Gi-Chul Yi² · In-Soo Lee³ · Jin-Su Kim³

요 약

본 연구에서는 비측정용 주사기를 이용하여 수치정사사진을 제작하는 최적기법을 연구하고자 한다. 비측정용 주사기로 항공사진의 양화필름을 각각 상이한 해상력으로 주사하고 수치사진측량 작업대에서 항공영상의 해상력, 수치표고모델 격자간격, 재배열기법과 출력 영상화소 간격을 고려하여 수치표고모델을 자동으로 생성하여 수치정사사진을 제작하였다. 그 결과 평면위치의 정확도는 우수하지 못했지만, 표고의 정확도는 우수하였다. 이를 통해 비측정용 주사기를 사용해서 제작한 수치정사사진은 고정밀도를 요구하지 않는 지리정보체계(GIS) 등의 자료기반 구축과 수치표고 모델을 이용한 토공량 산정 등에 충분히 이용 가능하리라 사료된다.

주요어: 수치표고모델, 지리정보체계, 수치정사사진, 재배열기법

ABSTRACT

This study deals with the optimal method of orthophoto products using the non-photogrammetric scanners. we scanned positive film of aerial photographs at the different resolution and produced the orthophoto using the automatically generated DEM based on the Digital Photogrammetric Workstation, considering aerial image resolutions, DEM interval, resampling method and outpixel size. As a results, the acquired accuracy was worse in horizontal, but good in vertical. So It will be expected that orthophoto using non-photo grammetric scanner is good enough for the acquisition of GIS data and the calculation of soil volumes.

KEYWORDS: DEM, GIS, Digital Orthophoto, Resampling Method

2000년 8월 1일 접수 Received on August 1, 2000

* 이 논문은 1999학년도 동아대학교 학술연구조성비(공모과제)에 의하여 연구되었음

1 동아대학교 건설·해양공학부 (uypark@daunet.ac.kr) Faculty of Marine and Civil Engineering, Dong-A University

2 동아대학교 도시·조경학부 Faculty of Urban Engineering and Landscape Architecture, Dong-A University

3 동아대학교 대학원 토목공학과 Dept. of Civil Engineering, Dong-A University

서론

오늘날 저가의 수치사진측량 시스템은 지리정보체계 사용자에게 방대한 자료의 제공과 갱신을 가능하게 하였다. 수치사진측량에서 수치표고모델(DEM ; Digital Elevation Model과 카메라 경사나 기복편위가 제거된 수치정사사진이 주 성과물이다.(박운용 등, 1998)

수치정사사진이란 중심투영에 의해 제작된 사진에서 기복변위보정을 통하여 지도처럼 정사투영의 특성을 가지도록 제작한 수치항공사진이나 위성영상을 말한다. 이는 거의 무한대의 지형정보와 문화적 정보를 판독해 낼 수 있는 사진의 미세한 부분까지 포함하고 있으며, 모든 지형지물의 상호위치가 지형도와 동일하여 거리, 각도, 지형지물의 위치 및 좌표, 면적 등의 정보를 얻을 수 있다. 즉, 수치정사사진은 사진이 지니고 있는 이미지적 특성과 지도가 갖고 있는 기하학적 특성을 결합한 것이다(행정자치부, 1999).

수치정사사진의 제작을 위해서는 항공사진의 주사가 선행되어야 한다. 주사된 항공사진의 해상력이 수치정사사진의 정확도에 크게 영향을 주며, 수치정사사진의 정확도는 또한 편위수정에 이용된 수치지형모델의 정확도에 크게 영향을 받는다. 하지만 사진측정용 주사기는 현재 국내에서 일부 전문지도제작 회사에서만 볼 수 있고 비용 또한 고가이다.

그래서, 본 연구에서는 저가의 비측정용 주사기를 이용하여 소축척의 항공사진을 주사하여 수치정사사진을 제작하고, 최적의 수치정사사진 제작기법을 알아보았다.

수치표고모델

1. 자료구조

수치표고모델은 지형을 수치적 또는 수학적으로 표현한 것으로, 적절한 수의 평면좌표와 표고를 관측하여 저장하고, 저장된 기지의

좌표로부터 원하는 평면좌표에 대한 표고를 구할 수 있으며, 필요에 따라서 여러 가지 지형정보를 수치화 할 수 있는 기법이다. 수치표고모델을 생성하기 위해서는 breakline, form line, spot height, 그리고 mass points 등의 여러 유형의 자료가 필요하다. breakline은 경사의 불연속성을 나타내고, form lines은 평활한 경사 변환선이다. 그리고 spot height는 표고에 대한 국지적 최대값 혹은 최소값이다. 수치표고모델 생성에 필요한 요소를 그림 1에 나타내었다(Ecker, 1999).

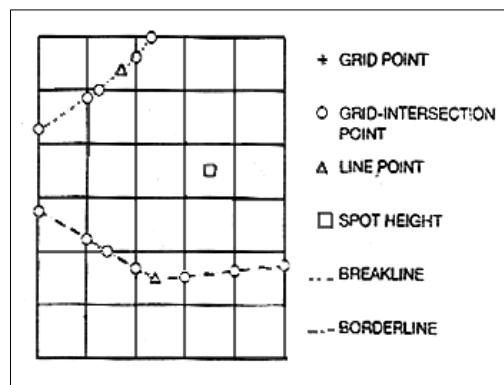


FIGURE 1. The elements of DEM generation

2. 수치표고모델의 역할

수치표고모델은 중심투영을 정사투영으로 변환하기 위하여 지형에서 유도된 변위를 제거하는 역할을 한다. 그림 2는 수치표고모델의 역할을 설명하고 있다. 개개 요소들의 표고를 가진 수치표고모델 행렬은 선택된 정사사진행렬과 대응하도록 만들 수 있다. 그리고 수치표고모델은 첫째, 각 평면위치에 대응되는 표고를 저장함으로써 기본 편위수정면의 높이를 정하고, 각 요소의 밝기값을 위한 저장 배열 역할 등을 한다.

정사사진에 있는 대상점들은 공선조건식으로 결정되므로 수치표고모델의 표고오차와 수치표고모델 격자 교차점의 평면위치오차는 공선조건식(1)을 통해 정사사진으로 전파된다.

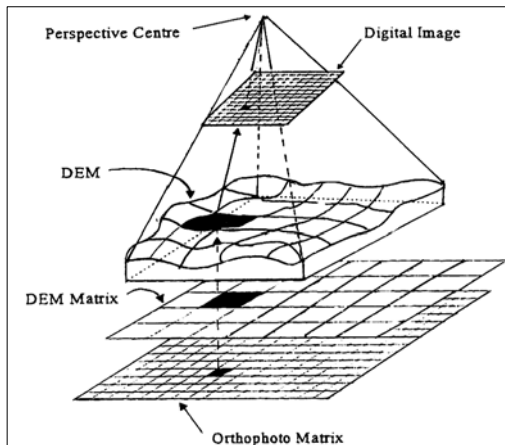


FIGURE 2. The role of DEM

$$\begin{aligned}
 x &= x_0 - f \frac{m_{11}(X-X_0) + m_{12}(Y-Y_0) + m_{13}(Z-Z_0)}{m_{31}(X-X_0) + m_{32}(Y-Y_0) + m_{33}(Z-Z_0)} \\
 y &= y_0 - f \frac{m_{21}(X-X_0) + m_{22}(Y-Y_0) + m_{23}(Z-Z_0)}{m_{31}(X-X_0) + m_{32}(Y-Y_0) + m_{33}(Z-Z_0)}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

여기서,

- x_0, y_0, f : 카메라의 내부표정 변수
- m_{11}, \dots, m_{33} : 회전각 ω, ϕ, κ 를 구성하는 회전 행렬의 요소
- X, Y, Z : 영상 점 (x, y) 의 지상좌표
- X_0, Y_0, Z_0 : 지상좌표계에서 투영중심 좌표
- x, y : 영상 좌표

3. 자동적인 수치표고모델 생성

자동적인 표면 재구성이나 수치표고모델 생성은 수치영상정합을 중심으로 이루어진다. 그리고 표면 재형성은 다음과 같은 4개의 작업으로 구성된다. 첫째, 입체쌍의 두 영상 중 하나의 영상에 포함된 점을 선택한다. 둘째, 다른 영상에서 영상정합을 통해 공액점을 얻는다. 셋째, 공액점의 3차원 위치를 계산한다. 마지막은 표면의 보간이나 수치표고모델의 점 표고를 설정하는 다양한 표고조정 등이다

(Simard, 1997).

수치정사사진

항공사진의 영상이 지도와 근본적으로 차이가 나는 것은 투영방식 때문이다. 지도는 정사투영인데 비해 사진은 렌즈의 중심을 통한 중심투영으로 투영의 중심점에서는 지도와 같이 정사의 형태를 이루지만 중심에서 멀어질수록 외곽으로 지형지물의 상이 높게 된다. 그리고 지형의 사진상의 투영과정에서 지형의 기복이 없는 경우는 정사투영인 지도와 별 차이가 없지만 지표면의 기복이 있는 경우는 지도와 다르게 나타난다. 이렇게 지형의 기복에 따라서 이미지의 차이가 나타나는 것을 “기복 변위(relief displacement)”라고 한다. 이렇게 항공사진상에 나타나는 편위를 제거함으로써 사진상에 나타나는 상이 일반지도에서 보는 것처럼 사진상의 모든 점에서 축척이 일정하도록 만든 사진을 “정사사진”이라 한다. 그리고 정사사진을 제작하는 과정에 있어서 항공사진을 주사한 후 컴퓨터에 의한 처리과정을 거쳐 제작한 것을 “수치정사사진”이라 한다. 이것은 직접 컴퓨터에서 사용이 가능하므로 GIS/LIS/UIS의 기본데이터로 활용가능성이 매우 높다(행정자치부, 1999). 그리고 수치정사사진 제작과정을 도시하면 그림 3과 같다.

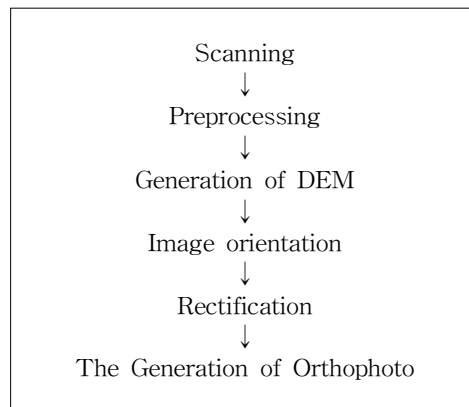


FIGURE 3. Flowchart of Digital orthophoto generation

1. 정사편위수정

정사편위수정은 카메라경사와 지형기복에 의한 변위를 제거하기 위해 미분방식(differential manner)으로 영상을 사진면으로부터 편위수정면으로 투영하는 것이다. 그 결과 중심투영영상은 정사투영으로 변환되어서 기복변위를 제거한다. 그림 4에 이런 개념을 잘 표현하고 있다. 지상점 P는 점 c가 있는 곳에 보여야 하지만 투영영상에서 p에 나타난다. Δs 는 영상에서 지형에 의한 변위를 나타내고 정사편위수정중에 제거된다. 그 결과 모든 광선이 지도면에 수직으로 교차하는 정사투영이 된다.

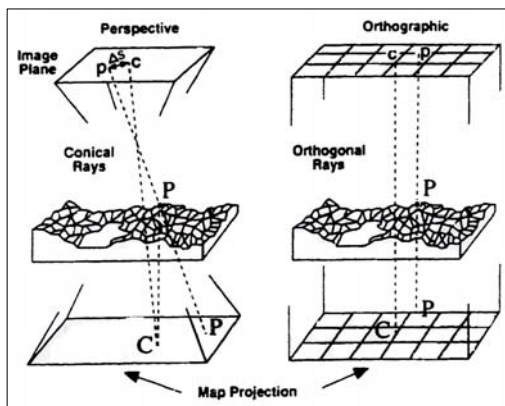


FIGURE 4. Relief displacement

그림 5는 미분편위수정 과정을 나타내고 있다. 수치사진측량에서는 수치영상이 처리과정에 이용되고 영상화소 대 영상화소를 기초로 편위수정면에 미분방식으로 변환되고, 지도에 디지털방식으로 투영되어서 경사와 기복변위를 제거한다. 그림 5의 지형종단면도는 수치화된 영상에서 선을 주사하는 것으로 볼 수 있다. 정사사진과 원래 영상의 영상화소의 출력면이 일대일 대응관계가 되면 편위수정면이 각 영상의 영상화소에 삽입될 수 있다. 영상점들의 실제 직교 위치들은 편위수정구획(segment)으로 불리는 편위수정면을 일정간격으로 지형종단면을 따라 배치함으로써 결정된다. 편위수정면은 각

구획의 지형의 평균표고에 배치되고 그 구획내의 영상자료들이 이 면에 편위수정된다.

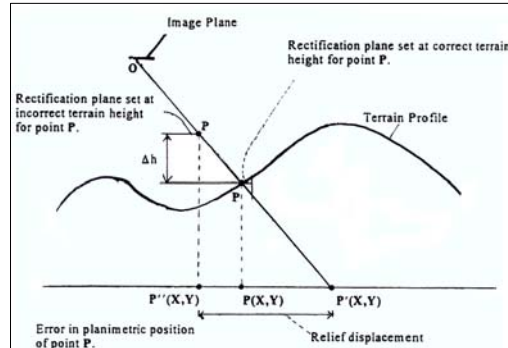


FIGURE 5. Differential rectification

그림 5에서 점 P는 기복변위로 인해 지도에서 P'에 영상화된다. 점 P를 포함하는 편위수정구획의 경계내에 있는 지형의 평균표고에 편위수정면을 배치함으로써 정사투영이 이루어진다.

2. 지상기준점의 역할

미분편위수정된 항공영상의 정확도는 여러 변수에 따라 다르지만, 그 중 하나는 수치영상의 외부표정요소를 결정하는 지상기준점 정보의 정확도이다. 단사진 사진측량에서, 각 사진의 외부표정요소($\omega, \phi, \kappa, X_0, Y_0, Z_0$)를 결정하기 위해 지상기준점이 필요하다. 이 6개 미지값을 구하기 위해 최소 3개의 정확한 기준점이 필요하다. 그 후 좌표변환을 통해 영상공간이 대상물공간과 연결되어 사진은 정사사진위치를 결정하는 데 사용될 수 있다. 입체모델을 사용하면 기준점은 단지 입체모델의 절대표정에 필요하다. 모델공간은 입체모델의 절대표정을 구성하는 3차원의 7-변수 변환을 통해 대상공간과 연결된다. 따라서 지상기준점은 첫째, 영상공간을 지상공간과 연결시키는 역할, 둘째, 성과물인 수치정사사진의 정확도 평가를 위한 검사점으로서의 역할을 한다 (Simard, 1997).

3. 영상재배열

영상재배열은 수치영상의 기하학적 변환을 위해 수행된다. 이때, 원래의 수치영상과 변환된 수치영상 관계에 있어 영상화소의 중심이 정확히 일치하지 않으므로 영상화소는 일대일 대응관계로 재배열할 경우에는 영상의 왜곡이 발생하게 된다. 따라서, 일반적으로 인접영상의 밝기값(gray level)들을 이용한 보간법으로 재배열하게 된다. 이러한 보간방법으로는 최근린 보간법(nearest-neighbor interpolation, NN), 공일차 보간법(bilinear interpolation, BL), 공이차 보간법(bicubic interpolation, BCU) 등이 있다.

1) 최근린 보간법

최근린 보간법은 입력 격자상에서 가장 가까운 영상화소의 밝기값을 이용하여 출력격자로 변환시키는 방법이다. 최근린 보간법의 과정은 다음과 같다.

$$G_o(m, n) = G_p(i, j) \quad (2)$$

여기서,

$$\begin{aligned} G_o(m, n) & : \text{입력격자에서} \\ & \quad (m,n) \text{ 영상화소의 밝기값} \\ G_p(i, j) & : \text{출력격자에서 } (i,j) \text{ 영상화소의} \\ & \quad \text{밝기값} \end{aligned}$$

최근린 보간법은 다른 두가지 방법보다 빠르고 출력영상으로 밝기값을 정확히 변환시킨다는 장점이 있는 반면, 0.5 영상화소 이상의 변위가 일어날 수 있고, 이로 인해 지표면에 대한 영상이 불연속적으로 나타날 수 있는 단점이 있다.

2) 공일차 보간법

공일차 보간법은 선택된 점에 대해 가장 가까이 있는 4개 영상화소의 평균값을 취하는 방법이다.

$$\begin{aligned} G_o(m, n) = & (1-a)(1-b)G_p(i, j) + a(1-b)G_p(i+1, j) \\ & + b(1-a)G_p(i, j+1) + abG_p(i+1, j+1) \end{aligned} \quad (3)$$

공이차 보간법은 출력영상에서 나타나는 지표면이 불연속적으로 나타나는 것을 줄일 수 있다. 그러나, 이 방법은 원래의 밝기값을 변화시키는 평활화 과정이 발생하므로 영상 흐림을 유발할 가능성이 있다.

3) 공이차 보간법

공이차 보간법은 단위 부근의 16개 영상화소를 영상화소 값으로 변환하여 계산하는 방법이다. 최종 보간된 밝기값은 다음과 같이 계산된다.

$$\begin{aligned} G_o(m, n) = & -b(1-b)^2G_d(i, j-1) + (1-2b^2+b^3)G_d(i, j) \\ & + b(1+b-b^2)G_d(i, j+1) - b^2(1-b)G_d(i, j+2) \end{aligned} \quad (4)$$

여기서,

$$\begin{aligned} G_d(m, k) = & -a(1-a)^2G_p(j-i, k) + (1-2a^2+a^3)G_p(j, k) \\ & + a(1+a-a^2)G_p(j+1, k) - a^2(1-a)G_p(j+2, k) \end{aligned} \quad (5)$$

이다.

공이차 보간법은 최근린 보간법에서 나타날 수 있는 지표면의 불연속표현을 줄일 수 있다. 그러나 이 과정은 원래의 밝기값을 변화시키는 평활화 과정에서 발생하는 영상 흐림을 유발할 가능성이 있다(염재홍, 1996).

주사기(scanner)

정사사진제작, 항공삼각측량의 자동화(AAT ; automatic aerotriangulation), 자동화된 수치지형모델 생성 등에서 수치영상의 필요성이 증가하고 있음으로 수치사진측량에서 주사기는 매우 중요한 요소로서 항공사진의 디지털화에 필수적이다. 주사기는 사진이나 삽화처럼 평평한 삽화에 빛을 반사함으로써 혹은 칼라 슬라이드를 통해 빛을 전송함으로써 작동한다. 주사기는 반사되거나 전송된 빛의 양을 측정하고 색상의 강도값을 측정한다. 그림 6(a)·(b)는 평상형 주사기, 원통형 주사기 구조를 보여주고(ASPRS, 1996), 평상형 주사기는 최대해

상력이 300dpi~3,000dpi이고, 원통형 주사기는 4,000dpi~10,000dpi 이상이다.

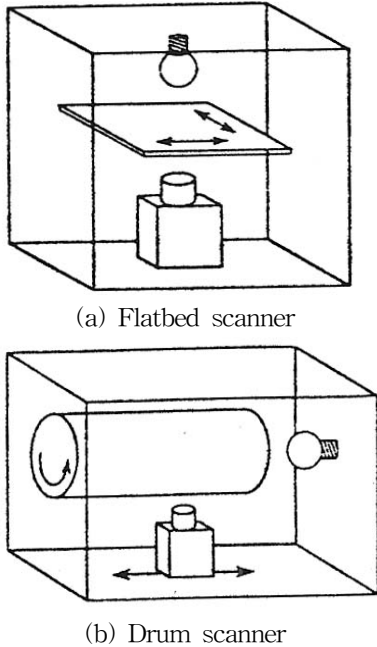


FIGURE 6. The Structure of scanner

실험 및 자료 분석

1. 대상사진

사진 크기 23cm×23cm, 초점거리가 153.590mm

의 광학렌즈가 장착된 항공사진카메라로 고도 약 3,017.8m, 그리고 사진축척은 1/20,000인 항공사진을 이용하였다. 실험대상지역 동서 3.02km, 남북 약 2km로 약 6.02km² 면적으로 실험지역의 중앙에 약 460m의 표고를 가진 산이 있으며 산 정상에 기준점으로 해서 동쪽에 약간의 가옥이 있으며 대부분 삼림지대로 이루어져 있다. 그림 7은 항공사진 필름을 주사하여 나타낸 실험대상지역이다.

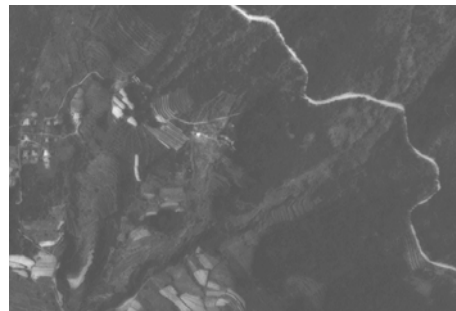


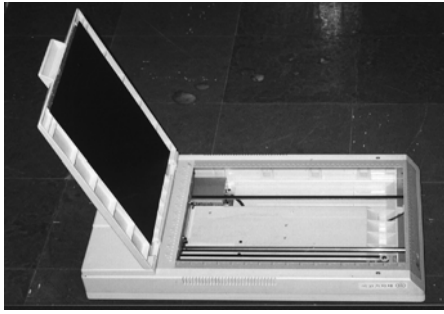
FIGURE 7. Test area near offshore

2. 양화필름의 주사

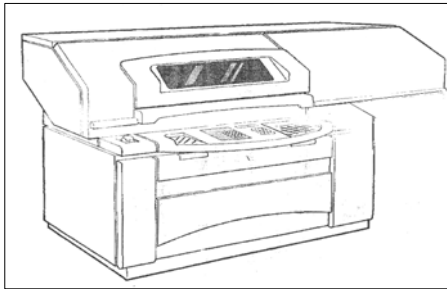
평상형 주사기와 원통형 주사기를 이용해서 항공사진을 각각 635dpi, 907dpi, 그리고 1,207dpi 해상력으로 주사하였다. 그림 8은 실험에 이용한 주사기들이며, 각 주사기의 사양을 표 1에 기록하였다.

TABLE 1. The specifications of flatbed scanner and drum scanner

	Flatbed scanner	Drum scanner
Model	AVA3	Fujifilm Celsis 6250 Color Drum Scanner
Resolution Range (V×H)	Optics - 600×300dpi Max.resolution - 9,600×9,600dpi	25 at 8,000dpi
Scanning Mode	Color - 30bit/pixel (10 ⁹ color) Greyscale - 10bit/pixel (1024 levels) Halftone - 1bit/pixel (2 levels) text/lineart - 1bit / pixel (2 levels)	14 bits per color
Scanning area	A3(297×432mm)	20"×28" Full scanning area
Light	Cold Cathode Fluorscent Lamp	Xenon arc
Power Requirements	115~230V / 50~60Hz	220 - 250 VAC, 20 KVA



(a) Flatbed scanner



(b) Drum scanner

FIGURE 8. The scanners used

3. 자료분석

먼저 PCI 사의 프로그램을 이용해서 영상을 128배 확대하여 각 지표(fiducial marks)를 주사해상력 이내로 측정하여 부등각사상변환(affine transformation)으로 사진좌표로 변환하였다. 좌·우 영상에서 지상기준점과 접합점(TP ; Tie points)를 각각 설정하여 그림 9와 같은 사진배치도(photo layout)를 형성하였다.

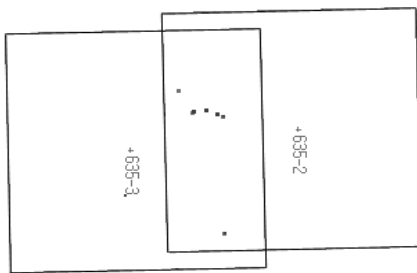


FIGURE 9. Photo layout

1) 주사기별의 평면위치 및 표고 정확도 분석

지상기준점과 접합점으로 수치표고모델을 작성하여 기존의 1:5,000 지형도상에서 50m×50m 격자를 이용해서 만든 수치표고모델과 비교한 결과 평면위치의 정확도는 우수하지 않았지만 표고는 해석측량의 대지표정 후의 평면위치와 표고의 오차에 근접하였다. 그 결과를 표 2에 정리하고 그림 10 도시하였다.

TABLE 2. Accuracy of horizontal and vertical according to scanner

	Drum scanner			Flatbed scanner			
RMS	DPI	1207	907	635	1207	907	635
Sx(m)		4.888	5.178	5.080	4.636	5.234	4.636
Sy(m)		2.686	2.650	3.125	3.642	3.271	3.642
Sz(m)		1.451	1.469	1.690	1.897	1.817	1.897

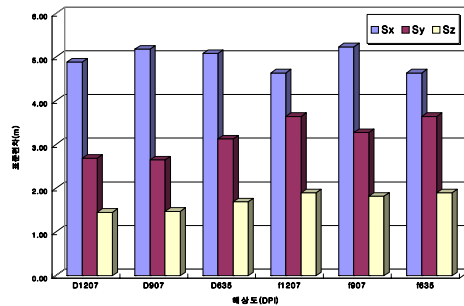


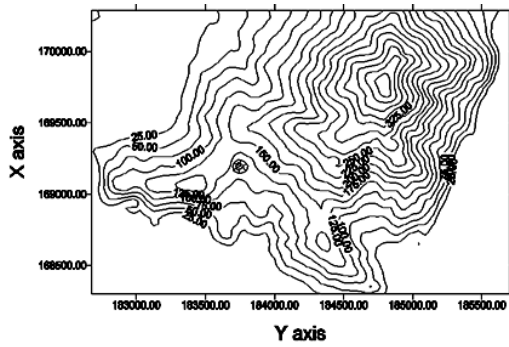
FIGURE 10. Accuracy of horizontal and vertical of both scanner

평상형 주사기와 원통형 주사기에 의한 수치지형모델의 평면위치와 표고오차를 분석하면 두 주사기의 평면위치 표준편차는 큰 차이를 보이지 않은 반면에 표고에서는 약 40cm 차이로 원통형 주사기 정확도가 우수하였다.

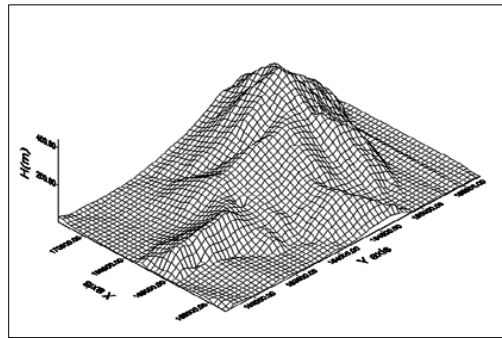
각 주사기에 의한 등고선도와 DEM의 정확도를 평가하기 1:5,000 지형도에서 50m×50m 격자를 이용해서 얻은 등고선도와 DEM을 그림 11에 그리고 원통형 주사기와 평상형 주사기로 주사한 항공사진을 이용해서 S/W를 이용해서

자동적으로 제작한 등고선도와 DEM을 그림 12과 그림 13에 각각 도시하였다.

2) 평상형 주사기와 원통형 주사기에 의한 등고선도와 DEM 비교
 그림 11의 등고선도와 DEM에 비해 그림 12, 13의 등고선도와 DEM은 크게 차이가 있

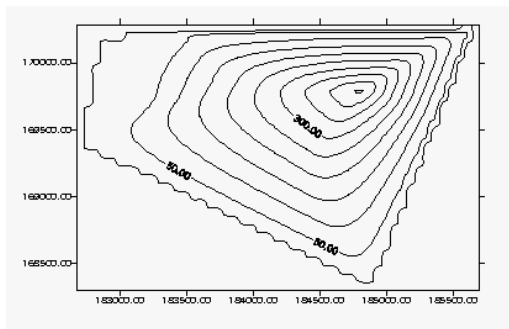


(a) Contour map

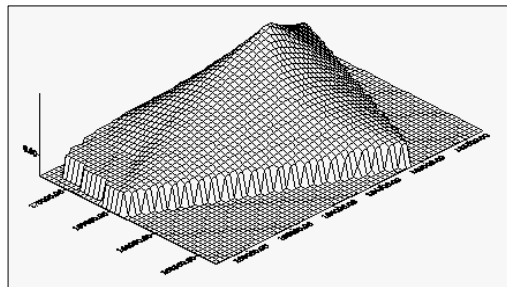


(b) DEM

FIGURE 11. Contour map(a) and DEM(b) (1 : 5, 000 geographic map)

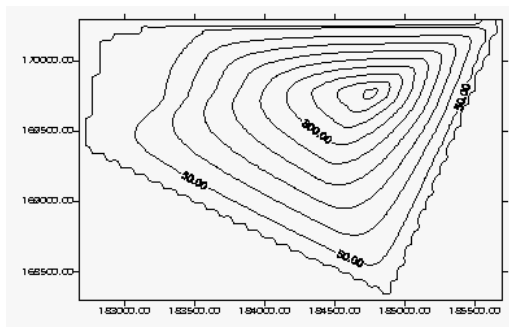


(a) Contour map

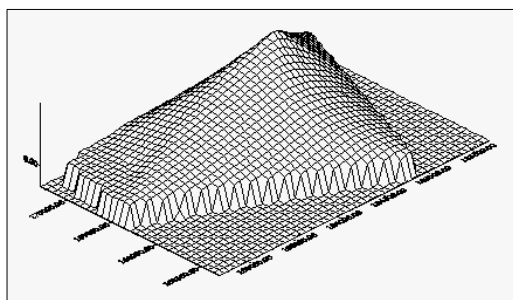


(b) DEM

FIGURE 12. Contour map(a) and DEM(b) (Drum scanner)



(a) Contour map



(b) DEM

FIGURE 13. Contour map(a) and DEM(b) (Flatbed scanner)

TABLE 3. Comparison of required time according resampling method

Resampling method Outpixel size	Geographic map 1:5,000			Flatbed scanner			Drum scanner		
	NN	BL	BCU	NN	BL	BCU	NN	BL	BCU
1.00m	2.75	2.12	2.20	2.37	1.70	1.73	3.60	2.58	2.65
0.50m	3.01	3.55	3.60	2.35	2.48	2.65	3.73	3.80	4.02
0.20m	19.37	21.15	25.42	6.22	6.87	7.88	11.90	13.50	14.88
0.15m	32.58	35.90	44.13	10.18	10.88	12.87	19.78	21.42	24.98

음을 알 수 있다. 이것은 수치표고모델 생성시 지상기준점과 접합점의 선택이 부적절하였고 이것들의 분포가 균형적이지 못해서 발생한 것으로 사료된다.

3) 재배열기법에 따른 수치정사사진제작 소요시간 분석

표 3에 1:5,000 지형도, 평상형 주사기, 그리고 원통형 주사기를 이용하여 재배열기법에 따른 수치정사사진제작 소요시간을 조사한 결과를 정리하였다. 수치표고모델의 격자는 50m×50m, 출력영상화소 크기는 1m, 0.50m, 0.20m, 그리고 0.15m 였으며 항공영상의 해상력은 635DPI 였다. 그리고 각각 최근린 보간법(NN), 공이차 보간법(BL), 그리고 공이차 보간법(BCU)을 이용하였다. 출력 영상화소 크기가 작을수록, 평상형 주사기가 보다 원통형 주사기가, 그리고 공이차 보간법이 정사사진제작에 가장 많은 시간을 소요하였으며, 공이차 보간법, 그리고 최근린 보간법이 그 뒤를 따랐다.

4) DEM 격자별 수치정사사진제작 소요시간 분석

수치정사사진의 정확도는 수치표고모델의 정확도와 매우 관련된다. 그래서 수치표고모델의 격자별로 수치정사사진제작 소요시간을 분석하기 위해 평상형 주사기와 원통형 주사기에 대해 최근린 보간법, 출력영상화소 크기 0.50m, 그리고 635dpi의 항공영상의 해상력을

공통적으로 적용하였다. 표 4에는 수치정사사진제작 소요시간을 기록하였다. 평상형 주사기에서는 수치표고모델의 격자간격이 클수록 많은 시간이 소요되었지만 원통형 주사기에서는 소요시간이 거의 동일하였다.

TABLE 4. Comparison of required time according to DEM grid mesh

Scanner DEM grid mesh	Flatbed scanner (Min)	Drum scanner (Min)
1m× 1m	3.57	3.73
5m× 5m	3.50	3.70
10m×10m	3.53	3.73
50m×50m	2.35	3.73

TABLE 5. Comparison of required time according to resolution

Scanner DPI	Flatbed scanner (Min.)	Drum scanner (Min.)
635	2.35	3.73
907	5.07	6.62
1207	40.98	84.67

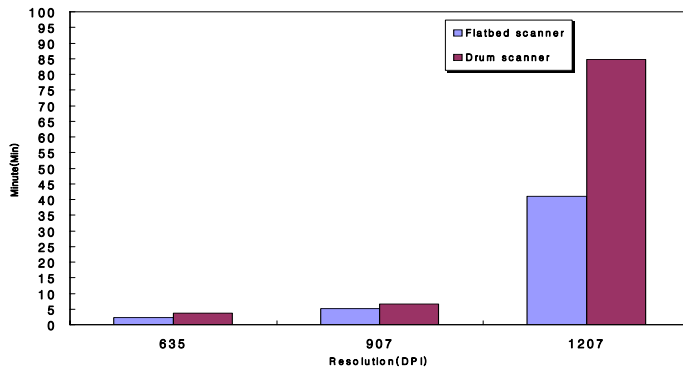


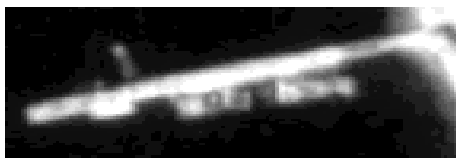
FIGURE 14. Required time for the product of orthophoto according to the resolution

5) 해상력별 수치정사사진제작 소요시간 분석

표 5에 항공영상의 주사 해상력별 수치정사사진제작 소요시간을 분석하였는데 여기서, 수치표고모델(50m×50m), 출력영상화소 크기 0.50m, 그리고 최근린 보간법을 사용하였다. 해상력이 높을수록 그리고 원통형 주사기를 이용해서 수치정사사진을 제작시 많은 시간이 소요되었다. 그리고 그림 14에 소요시간을 도시하였다.

4. 해상력별 수치정사사진 제작

1) Flatbed scanner에 의한 수치정사사진 제작



(a) 635dpi (Input)



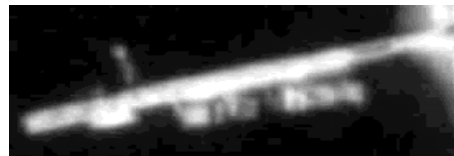
(b) 635dpi (Output)



(a) 907dpi (Input)



(b) 907dpi (Output)



(a) 1207dpi (Input)



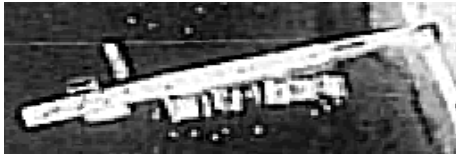
(b) 1207dpi (Output)

FIGURE 15. The orthophoto according to resolution, DEM(50m×50m), Resampling (nearest-neighbor), original image(a) and orthophoto(b)

2) Drum scanner에 의한 수치정사사진 제작



(a) 635dpi (Input)



(b) 635dpi (Output)



(a) 907dpi (Input)



(b) 907dpi (Output)



(a) 1207dpi (Input)



(b) 1207dpi (Output)

FIGURE 16. The orthophoto according to resolution, DEM(50m×50m), outpixel size (0.50m), Resampling (nearest-neighbor), original image(a) and orthophoto(b)

그림 15와 16에서 볼 수 있듯이 (a)·(b)의 수치정사사진의 각각 영상화소를 비교해 보면 평상형 주사기와 원통형 주사기에서 수치정사사진의 정확도가 원래 영상(Input)의 그것보다 우수하였으며, 또한 해상력이 높을수록 좋은 값을 보였다.

5. 출력영상화소 크기별 수치정사사진 제작

1) Flatbed scanner에 의한 수치정사사진 제작



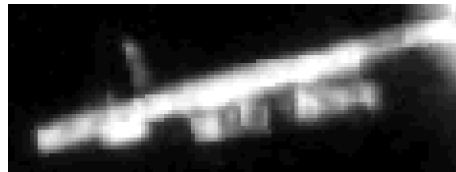
(a) 0.15m



(b) 0.20m



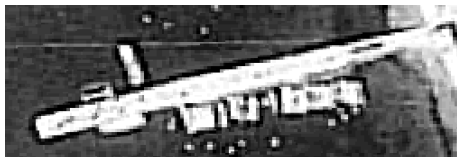
(c) 0.50m



(d) 1.0m

FIGURE 17. The Orthophoto according to outpixelsize, DEM(50m×50m), Resampling (nearest-neighbor), Flatbed scanner

2) Drum scanner에 의한 수치정사사진 제작



(a) 0.15m



(b) 0.20m



(c) 0.50m



(d) 1.0m

FIGURE 18. The orthophoto according to outpixel size, DEM(50m×50m), Resampling (nearest-neighbor), Drum scanner

그림 17과 18에서 평상형 주사기와 원통형 주사기에서 출력영상화소 크기가 작을수록 더욱 정확하게 지형지물을 판별할 수 있었다. 하지만 시각적으로 이것을 구별하기는 쉽지 않았는데, 이것은 수치표고모델의 격자간격이 크고(50m×50m), 비측정용 주사기를 이용하여 항공영상을 주사한 관계로 해상력이 우수하지 못함에 기인한 것으로 사료된다.

결론 및 고찰

본 연구에서 비측정용 주사기를 사용하여

자동으로 수치지형모델을 생성하여 해상력별, 주사기별, DEM의 격자 간격별로 수치정사사진을 제작하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

평상형 주사기와 원통형 주사기를 이용해서 제작한 등고선도와 DEM을 1:5,000 지형도에 의한 등고선도와 DEM과 비교한 결과, 평면위치의 정확도는 우수하지 않았지만, 높이의 정확도는 우수하였다. 이것은 항공사진 양화필름을 비측정용 주사기로 주사하고 축척 1:20,000 항공사진을 사용한 것을 고려할 때 고정밀도를 요하지 않는 분야에서는 충분히 활용할 수 있을 것이다.

수치정사사진을 제작하기 위한 재배열기법을 사용한 경우에, 최근린 보간법, 공일차 보간법, 공이차 보간법을 적용한 결과 소요시간의 길이는 공이차 보간법이 가장 길었으며, 최근린 보간법이 가장 짧았다. 그리고 수치표고모델의 격자간격에 따른 수치정사사진제작에서 평상형 주사기 사용시에 수치표고모델의 격자간격이 작을수록 소요시간이 길었지만, 원통형 주사기를 이용한 경우에는 큰 차이가 없었다. 이것은 사용한 수치표고모델의 격자간격이 컸으므로(50m×50m) 이런 현상이 발생한 것으로 사료된다. 또한 해상력별로 수치정사사진의 정확도를 판독한 결과 원통형 주사기와 평상형 주사기 모두 고해상력 항공수치영상의 경우에 우수하였으며, 특히 원통형 주사기에 의한 수치정사사진의 정확도가 평상형 주사기보다 우수하였다.

앞으로 수치정사사진을 저가의 비용으로 정확하게 제작하기 위해서 국내에서도 사진측정용 주사기 개발에 연구가 필요하며, 실용적인 면에서는 수치사진측량과 GIS/LIS/UIS의 결합을 위한 연구가 필요하리라 사료된다. **KAGIS**

참고문헌

박운용, 이기부, 정성모, 이인수. 1998. DTM의 정확도 향상에 의한 정밀 수치정사사진 생

- 성. 한국측지학회지 16(1):243-250.
- 염재홍. 1996. A study on the automation of photogrammetry with application of image matching. 연세대학교 박사학위논문.
- 유복모, 염재홍. 1996. 수치사진측량 적용을 위한 면적중심 영상정합의 특성 분석. 대한토목학회지 16(III-6):497-504.
- 행정자치부. 1999. 수치정사사진구축에 관한 연구.
- ASPRS. 1996. Digital Photogrammetry: An Addendum to the Manual of Photogrammetry.
- Jensen, J.R. 1995. Issues involving the creation of digital elevation models and terrain corrected orthoimagery using soft-copy photogrammetry. Geocarto International 10(1):5-21.
- Matthias Gäbler. 1997. Optimierung der produktion digitaler orthobilder. Diplomarbeit. Institute für Photogrammetrie und Ingenieurvermessungen, Universität Hannover.
- Moffit and Mikhail. 1980. Photogrammetry. 3rd ed., Harper & Row Publishers, New York.
- PCI. 1997. Manual of Orthoengine 6.2.
- Robert Ecker. 1999. Digital orthophoto generation based on a high-quality DTM. ITC Journal(1):59-63.
- Simard, P.G. 1997. Accuracy of digital orthophotos. M.D, The University of New Brunswick. [KAGIS](#)