

근거리 사진측량을 위한 CCD 사진기 검정에 관한 연구

A Study on the CCD Camera Calibration for Close-Range Photogrammetry

유복모* 이석군** 최송욱** 김기홍***

Yeu Bock Mo Lee Seok Kun Choi Song Wook Kim Gi Hong

要 旨

CCD 사진기는 수치영상을 별도의 처리과정 없이 실시간으로 얻을 수 있기 때문에 그 효용성이 날로 증대되고 있다. 본 연구에서는 CCD 사진기의 검정을 위해서 직접선형변환식과 방사 및 편심 왜곡을 검정하기 위한 점정식을 결합한 모형식을 구성하고 3차원 실험모형을 이용해서 점정계수들을 구하였다. CCD 사진기에 의한 수치영상을 상관계수를 이용하여 정합하고 대상물의 3차원 위치를 구함으로써 근거리 사진측량에서의 CCD 사진기 활용 가능성을 확인하였다.

ABSTRACT

Because CCD camera acquires the digital images without separate processing, its availabilities are increased. In this study, for CCD camera calibration DLT equation and radial or decentering distortion equation are combined and the calibration parameters are calculated using three dimensional test model.

The digital images acquired by CCD camera are matched using coefficient of correlation and the three dimensional coordinates of objects are determined. Also, the potential usefulness of CCD camera in close range photogrammetry is examined.

1. 서론

최근 광전자센서와 다양한 크기의 CCD 배열센서들에 의하여 기하학적으로 충실도가 높은 영상을 별도의 저장과 처리과정 없이 실시간으로 얻을 수 있으므로 관측의 자동화를 필요로 하는 외형적 품질검사, 로봇제어, 의학, 토목, 건축 등 관측을 요하는 각 분야에

서 그 중요성이 부각되고 있다. 일반 측량용 사진에 대한 관측은 고가의 좌표관측기를 사용해야 하지만, 수치영상의 경우에는 영상내의 측정점의 위치가 영상소 배열의 행렬 수에 근거하여 관측될 수 있다.

수치화된 영상을 취득할 수 있는 각종 기기들이 개발되어 일반적으로 널리 이용되고 있으며 이중 CCD 사진기는 비교적 저가의 기기로서 손쉽게 수치영상을 취득할 수 있고, 저장매체도 가정용 VCR 테이프, 전

* 연세대학교 토목공학과 교수

*** 연세대학교 토목공학과 석사과정

** 연세대학교 토목공학과 박사과정

산기용 하드디스크, 각종 전산기용 보조기억장치를 이용할 수 있으므로 자료의 저장 및 재생에도 많은 장점을 가지고 있다.

따라서, 본 연구는 수치사진측량의 기본 자료로 사용되는 수치영상을 취득하기 위해서 CCD 사진기를 이용하여 영상을 취득하고 이를 근거리 사진측량에 적용하므로써 CCD 사진기 검정 및 이와 관련된 정확도 향상기법을 제시하였다.

2. CCD 사진기 검정과 수치사진측량 이론

2.1 CCD 사진기 영상 왜곡

사진측량의 함수모형은 영상점과 렌즈의 중심 및 대상점이 일직선을 이룬다고 가정하는 공선조건식(collinearity equation)을 근거로 한다. 그러나, 실제로 사진기가 완전하지 못하며, 대상점으로부터의 사면으로 진행되는 광선이 일직선이 아닐 수도 있으므로 상좌표에 대한 검정이 필요하다. 이러한 검정에는 렌즈 왜곡에 대한 검정이 반드시 수행되어야 하며, 이 밖에도 필름의 신축 및 편평도, 대기의 굴절 등이 고려될 수 있으나 CCD 사진기의 경우 필름을 사용하지 않기 때문에 필름의 신축은 생각할 필요가 없으며 대기의 굴절은 근거리 사진측량에서 그 영향이 극히 미약하여 일반적으로 고려하지 않는다.

2.1.1 방사왜곡

렌즈왜곡은 방사왜곡과 편심왜곡으로 구분할 수 있다. 방사방향왜곡은 주점에 대해 방사적이고 대칭적인 특징을 보이며, 그림 2.2와 같이 표현할 수 있다.

$$\Delta r = k_1 r^3 + k_2 r^5 + k_3 r^7 + \dots \quad (2.1)$$

k_1, k_2, k_3 는 방사방향 왜곡에 대한 계수이고 r 은

다음과 같이 표현되는 주점에서부터의 방사거리(radial distance)이다.

$$r^2 = (x - x_p)^2 + (y - y_p)^2 \quad (2.2)$$

이때, (x, y) 는 임의의 상점에 대한 사진좌표이고, (x_p, y_p) 는 주점의 사진좌표이다.

2.1.2 편심왜곡

편심왜곡(decentering distortion)은 일반적으로 방사방향 왜곡보다 작은 양이며 그림 2.3과 같이 주점에 대해 비대칭이다. 수정된 Conrady - Brown 모형에 의하면 x 와 y 방향에 대한 편심왜곡성분은 다음과 같다.

$$dx = \{P_1(r^2 + 2x^2) + 2P_2xy\}(1 + P_3r^2 + \dots) \quad (2.3)$$

$$dy = \{2P_1xy + P_2(r^2 + 2y^2)\}(1 + P_3r^2 + \dots) \quad (2.4)$$

이때, P_1, P_2, P_3 는 무한 촛점거리에서의 조합렌즈에 대한 편심왜곡의 계수로서, 대부분의 근거리 사진측량에서는 P_1, P_2 만을 고려한다.

2.2 직접선형변환

직접선형변환(direct linear transformation : DLT)은 공선조건으로서 근거리 사진측량의 좌표관측기(comparator)에 의하여 관측된 좌표를 직접 사용한다. 또한 이 방법은 일반적인 공선조건식의 내부와 외부 표정요소를 필요로 하지 않는다. 직접선형변환은 일반적으로 좌표관측기의 좌표로부터 상좌표를 계산하는데 사용되는 부등각사상변환과 공선조건을 결합하여 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} x &= \frac{L_1X + L_2Y + L_3Z + L_4}{L_9X + L_{10}Y + L_{11}Z + 1} \\ y &= \frac{L_5X + L_6Y + L_7Z + L_8}{L_9X + L_{10}Y + L_{11}Z + 1} \end{aligned} \quad (2.5)$$

$$\begin{aligned} \delta_x &= k_1(xr^2) + k_2(xr^4) + k_3(xr^6) + P_1(r^2 + 2x^2) \\ &\quad + P_2(2xy) + P_3(2r^2xy) + P_4\{r^2(r^2 + 2x^2)\} \\ \delta_y &= k_1(yr^2) + k_2(yr^4) + k_3(yr^6) + P_1(2xy) \\ &\quad + P_2(r^2 + 2y^2) + P_3\{r^2(r^2 + 2y^2)\} + P_4(2r^2xy) \end{aligned} \quad (2.10)$$

2.3 영상검정을 위한 모형식의 구성

$$\begin{aligned} \delta_x &= \delta_{rx} + \delta_{dx} \\ \delta_y &= \delta_{ry} + \delta_{dy} \end{aligned} \quad (2.6)$$

식(2.6)에서 δ_{rx} 와 δ_{ry} 는 방사방향으로의 왜곡을 나타내고 δ_{dx} 와 δ_{dy} 는 편심왜곡을 나타낸다.

$$\begin{aligned} \delta_{rx} &= \frac{x}{r} \delta_r = x(k_1r^2 + k_2r^4 + k_3r^6) \\ \delta_{ry} &= \frac{y}{r} \delta_r = y(k_1r^2 + k_2r^4 + k_3r^6) \end{aligned} \quad (2.7)$$

$$\begin{aligned} \delta_{dx} &= (1 + P_3r^2)\{P_1(r^2 + 2x^2) + 2P_2xy\} \\ \delta_{dy} &= (1 + P_3r^2)\{2P_1xy + P_2(r^2 + 2y^2)\} \end{aligned} \quad (2.8)$$

렌즈의 왜곡을 검정하기 위한 기하학적 모형은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} F_1 &= x + \delta_x = \frac{L_1X + L_2Y + L_3Z + L_4}{L_9X + L_{10}Y + L_{11}Z + 1} \\ F_2 &= y + \delta_y = \frac{L_5X + L_6Y + L_7Z + L_8}{L_9X + L_{10}Y + L_{11}Z + 1} \end{aligned} \quad (2.9)$$

L_1, \dots, L_{11} 를 선형변환계수로 정의하고 $k_1, k_2, k_3, P_1, P_2, P_3, P_4$ 를 왜곡검정계수라고 정의한다. 왜곡검정계수와 DLT계수를 산정하기 위하여 식(2.9)를 변형시키면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} x - \delta_x &= A/C \\ y - \delta_y &= B/C \end{aligned} \quad (2.11)$$

$$\begin{aligned} A &= L_1X + L_2Y + L_3Z + L_4 \\ B &= L_5X + L_6Y + L_7Z + L_8 \\ C &= L_9X + L_{10}Y + L_{11}Z + 1 \end{aligned} \quad (2.12)$$

계수들의 초기값을 알고, 계수의 최확값을 계산하기 위하여 각각의 계수들을 편미분 하여 식을 구성하고 왜곡검정계수와 직접선형변환계수의 초기값을 알았을 때 해를 구하기 위한 행렬식은 식(2.13)에서부터 식(2.22)와 같다. 직접선형변환계수와 왜곡검정계수가 정확한 해를 가질 때까지 반복계산을 실시한다.

$$V_d = G_d U_d - K_d = 0 \quad (2.13)$$

$$V_l = G_l U_l - K_l = 0 \quad (2.14)$$

$$G_d = \begin{bmatrix} \frac{x}{C} & \frac{y}{C} & \frac{z}{C} & \frac{1}{C} & 0 & 0 & 0 & 0 & -x\frac{A}{C^2} & -y\frac{A}{C^2} & -z\frac{A}{C^2} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{x}{C} & \frac{y}{C} & \frac{z}{C} & \frac{1}{C} & -x\frac{B}{C^2} & -y\frac{B}{C^2} & -z\frac{B}{C^2} \end{bmatrix} \quad (2.15)$$

$$U_d = [L_1 \ L_2 \ L_3 \ L_4 \ L_5 \ L_6 \ L_7 \ L_8 \ L_9 \ L_{10} \ L_{11}]^t \quad (2.16)$$

$$K_d = [(x - \delta_x) - \frac{A}{C} \quad (y - \delta_y) - \frac{B}{C}]^t \quad (2.17)$$

$$G_l = [R_l \ D_l] \quad (2.18)$$

$$R_l = \begin{bmatrix} xr^2 & xr^4 & xr^6 \\ yr^2 & yr^4 & yr^6 \end{bmatrix} \quad (2.19)$$

$$D_l = \begin{bmatrix} r^2 + 2x^2 & 2xy & 2r^2xy & r^2(r^2 + 2x^2) \\ 2xy & r^2 + 2y^2 & r^2(r^2 + 2y^2) & 2r^2xy \end{bmatrix} \quad (2.20)$$

$$U_l = [k_1 \ k_2 \ k_3 \ P_1 \ P_2 \ P_3 \ P_4]^t \quad (2.21)$$

$$K_l = [(x - \delta_x) - \frac{A}{C} \quad (y - \delta_y) - \frac{B}{C}]^t \quad (2.22)$$

2.4 기준점의 부영상소 단위 취득

수치영상의 관측정확도는 수치영상의 해상력에 의해 결정된다. 수치영상에서 기준점표지를 나타내는 부영상소의 위치는 수치영상의 제한된 해상력 때문에 매우 중요하다. 첫째, 수치영상의 각 부분에 대한 밝기값분포가 얻어지면 기준점표지의 밝기값 평균과 배

경화면의 밝기값 평균을 얻어야 한다. 둘째, 식(2.23)을 이용하여 원래의 수치영상을 이진영상으로 변환시켜야 한다.

$$T_g = 0.5(C_g + B_g) \quad (2.23)$$

여기서 C_g : 기준점의 밝기값 평균, B_g : 배경화면의 밝기값 평균이다.

마지막으로, 식(2.24)와 식(2.25)를 이용하여 기준점 영역내에 있는 모든 영상소에 대해 중심점의 값을 계산해야 한다.

$$x_c = \frac{\sum_{f(x,y) \in T_g} \{(f(x,y) - B_g)x\}}{\sum_{f(x,y) \in T_g} (f(x,y) - B_g)} \quad (2.24)$$

$$y_c = \frac{\sum_{f(x,y) \in T_g} \{(f(x,y) - B_g)y\}}{\sum_{f(x,y) \in T_g} (f(x,y) - B_g)} \quad (2.25)$$

여기서 $f(x,y)$ 는 영상좌표 (x,y) 에서의 밝기값, x_c , y_c 는 중심점 좌표이며 기준점의 수치영상좌표를 부영상소단위로 얻을 수 있다.

2.5 영상정합

본 논문에서는 상관계수를 이용하여 영상정합을 실시하였다. 중복촬영된 한 쌍의 사진간에 비교가 이루어진다고 할 때 좌측영상에 있는 어떤 점을 중심으로 하는 기준창틀을 설정하고 우측영상에 공액점이 존재한다고 가정이 되는 영역 즉 탐색창틀을 설정한다. 그리고 탐색창틀 내의 임의의 한점 (n,m) 에 대하여 그 점을 중심으로 하고 기준창틀과 같은 크기의 창틀 즉 비교창틀이 있다고 가정하면, 기준창틀의 크기를 $N \times M$ 이라 할 때 두 창틀간의 상관계수 $cor(n, m)$ 은 식(2.26)와 같이 주어진다.

$$cor(n, m) = \frac{\sum_{x=1}^N \sum_{y=1}^M (G_w(x, y) - \overline{G_w}) \cdot (G_s(x, y) - \overline{G_s})}{\left[\sum_{x=1}^N \sum_{y=1}^M (G_w(x, y) - \overline{G_w})^2 \cdot \sum_{x=1}^N \sum_{y=1}^M (G_s(x, y) - \overline{G_s})^2 \right]^{1/2}} \quad (2.26)$$

3. 자료의 관측 및 분석

3.1 관측모형 제작

본 논문에서는 CCD 사진기의 검정을 위해 3차원 관측모형을 제작하였다. 이 관측모형은 정사각형의 판자 위에 전 영역에 걸쳐 골고루 분포된 위치에 다양한 표고를 가지도록 제작되었으며, 표고를 나타내는 봉의 끝 부분에는 원형의 사진지표표를 부착하여 기준점 측량 및 사진상에서 쉽게 식별되도록 하였다. 평면 위치를 일정간격으로 설치한 것이 아니라 임의의 위치에 설치하였다.

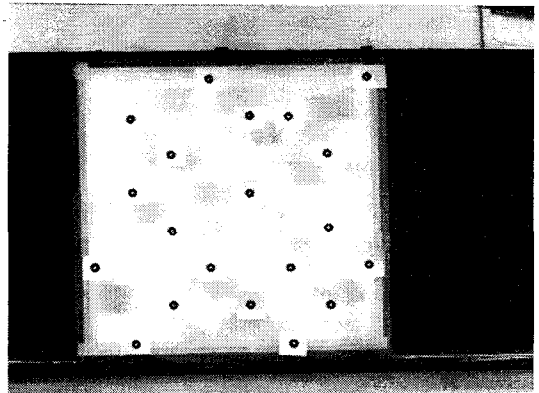
3.2 영상자료 취득

CCD 사진기의 검정을 위해서 먼저 3차원 관측모형에 대한 수치영상을 취득하였다. 본 논문에서 사용된 CCD 사진기는 Hitachi사의 VK-C370으로 1/3" CCD 영상 감지기를 가지고 있으며, 최대 811 × 508 영상소를 취득할 수 있다. 유효 영상의 크기는 768 × 494이며, 본 연구에서 사용된 영상보드와의 호환상에서는 640 × 480 영상소 크기의 영상이 취득되었다. 사용된 영상 보드는 두인전자의 미디어캠프7으로 mpeg 계열의 동영상을 처리할 수 있는 하드웨어 및 소프트웨어 조작성을 가지고 있다. 영상보드가 지원하는 최대 해상도는 640 × 480으로 CCD영상을 재배열한다.

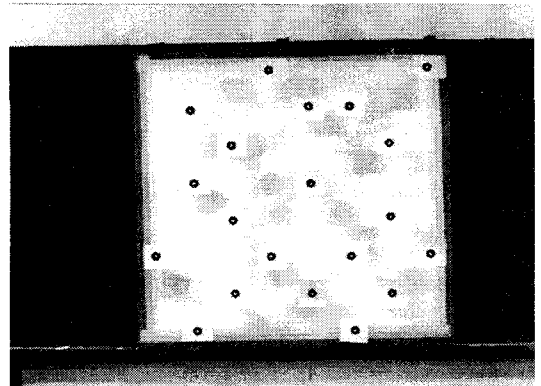
3.3 왜곡검정계수 산정

제작된 관측모형을 벽면에 평행하게 고정시킨후 CCD 사진기를 이용하여 촬영한 후, 직접선형변환식과 왜곡검정식을 결합하여 검정을 실시하였다. 3차원 실

험모형에 대하여 기준점에 대한 영상소좌표를 취득하였으며 기준점측량에 의하여 실험모형의 3차원 좌표를 얻었다. 원형표지의 중심좌표값을 계산하기 위하여 영상에 대한 히스토그램(histogram)을 분석한 후 원형



(a) 좌측영상



(b) 우측영상

그림 3.1 16mm CCD 사진기로 취득한 좌우영상

표지와 배경에 대한 밝기값의 평균을 구하였다. 이를 이용하여 원래의 영상을 이진영상으로 변환한후 이를 역상으로 전환하였다.

변환된 영상을 이용하여 원형표지의 중심좌표를 밝기값에 의해 부영상소 단위로 계산하였다. 영상의 영상소 좌표에 대한 방사 및 편심왜곡을 검정하기 위하여 영상소 좌표가 (320, 240)인 점을 원점으로 하고 한 픽셀의 크기를 6.4μm 단위로 하는 좌표계로 변환한 좌표를 이용하여 검정좌표를 결정하였다. 검정좌

표값들에 직접선형변환과 렌즈왜곡검정식을 결합하여 구성한 모형을 적용하여 왜곡검정계수를 산정하였다.

왜곡 검정계수	3.5mm CCD 사진기 영상	16mm CCD 사진기 영상
k_1	-0.0000000947808502829	0.0000000083050558672
k_2	0.000000000000101657	-0.000000000000187086
k_3	-0.000000000000000000	0.000000000000000000
P_1	0.00001117797107064588	0.00000085532455022722
P_2	-0.0000063061936203654	0.0000038559410978753
P_3	0.0000000000040166502	-0.0000000000018944224
P_4	-0.000000000342218308	-0.0000000000078768125

표 3.1 왜곡검정계수

3.4 대상물의 3차원 위치결정

3.4.1 미검정 상태에서 근거리 사진측량 수행

취득된 수치영상에 대하여 사진기 검정을 실시하지 않은 상태에서 대상물의 3차원 위치를 구하기 위하여 관측된 측정의 영상소좌표와 기준점측량성과에 최소 제곱법을 적용하여 직접선형변환계수를 구하였다. 모두 11개의 직접선형변환계수를 구하기 위해서는 최소 6개의 측점이 필요하며 정확도를 고려하여 2점을 추가로 선택하였다. 총 20개의 측정중 3, 7, 8, 11, 13, 15, 17, 19번점을 직접선형변환계수를 구하는 기준점으로 선택하였으며 이 점들은 영상에 적절히 분포되도록 선택하였다. 나머지 12개 측정점들은 구해진 직접선형변환계수를 이용하여 실제로 3차원 위치를 구한 후 이를 기준점 측량한 값과 비교하여 정확도를 검증하는 검사점으로 활용하였다. 또한, 직접선형변환계수를 이용하여 대상물의 3차원 위치를 구하였다.

측점번호	3.5mm 영상			16mm 영상		
	ΔX	ΔY	ΔZ	ΔX	ΔY	ΔZ
1	-1.4014	1.1834	-2.7665	4.4404	-1.5534	33.8666
2	13.8953	19.1684	-82.0779	5.0617	-1.6618	9.9932
4	-2.4350	4.9151	-14.5026	1.3620	3.2572	-12.1385
5	7.0580	8.7004	-10.9116	1.0094	-0.4267	41.5981
6	1.3202	0.7875	-0.7661	-3.8076	-1.1589	-48.0595
9	-0.6251	0.5847	21.6227	-0.4412	-1.6042	-18.8649
10	0.3942	2.1558	4.4360	1.2884	0.4777	7.4471
12	1.7173	-0.1290	-1.0436	7.3407	2.5674	120.5194
14	-17.0976	11.7375	36.6336	-0.0910	-1.3883	-19.6180
16	0.8096	0.2407	-0.2483	1.3812	0.8694	-15.5655
18	-4.3971	3.4730	-4.4454	-0.4387	0.3340	-27.5961
20	-5.9169	11.1661	-3.5654	1.0906	-3.2729	-54.2091
표준오차	4.7556	5.3535	15.2516	2.3127	1.5477	34.1230

표 3.2 미검정시 검사점의 대상물 3차원좌표 오차와 표준오차

3.4.2 검정후 근거리 사진측량 수행

앞의 과정에서 구해진 왜곡검정계수들을 이용하여 영상의 측정좌표를 검정하고 대상물의 3차원 좌표를 구하였다.

(단위 : mm)

측점번호	3.5mm 영상			16mm 영상		
	ΔX	ΔY	ΔZ	ΔX	ΔY	ΔZ
1	-1.7445	-0.1175	4.6287	5.3025	-1.9570	38.0365
2	-4.5370	-2.2658	-25.5556	5.6606	-2.7091	-4.5644
4	-3.6760	-0.7467	-1.5240	1.9497	2.8958	-3.3137
5	5.8682	7.7448	-9.2431	1.3903	-0.9840	41.7271
6	4.5685	-3.9038	13.1839	-3.3631	-1.1601	-37.5143
9	0.5267	-0.3118	14.4620	-0.0603	-1.4841	-8.8064
10	4.0591	0.6185	16.9486	-0.3096	-0.0086	-28.2759
12	-2.4324	-4.9692	-13.2255	4.3187	1.3634	78.0325
14	-13.2829	7.9270	22.8314	0.0701	-1.1537	-9.5629
16	2.0398	2.7865	7.2753	0.2970	-0.2324	-34.2764
18	-3.4304	2.8839	-6.5327	-0.2036	0.7512	-17.8920
20	-6.6116	11.8359	1.3895	1.4407	-3.0291	-35.6757
표준오차	4.3981	3.8426	11.3999	2.0305	1.4774	28.1398

표 3.3 검사점의 대상물 3차원 좌표오차와 표준오차

	미검정		검정	
	3.5mm	16mm	3.5mm	16mm
X(mm)	4.7556	2.3127	4.3981	2.0305
Y(mm)	5.3535	1.5477	3.8426	1.4774
Z(mm)	15.2516	34.1230	11.3999	24.1398

표 3.4 각 경우에 대한 좌표값의 표준오차

4. 결론

3차원 실험모형을 이용하여 3.5mm CCD 사진기영상과 16mm CCD 사진기영상을 검정하였으며, 3.5mm의 경우 방사방향의 왜곡이 현저히 크기 때문에 검정효과가 크게 나타날것으로 생각되었으나 영상의 왜곡이 너무 크기 때문에 측점을 정확히 선택하는데 문제가 있었으며 영상정합 과정에서 정합이 잘 이루어지지 않았기 때문에 검정효과가 작게 나타났다. Z축의 정확도에 있어서 3.5mm의 경우가 16mm보다 좋은 이유는 3.5mm CCD 사진기의 촛점거리가 짧고 광각이므로 촬영거리가 1.1m로, 16mm의 6.5m보다 훨씬 짧기 때문으로 생각되며 Z축의 정확도는 촬영 거리에 의해서 영향을 받게 된다는 것을 알 수 있었다.

또한 CCD 사진기를 이용하여 근거리 사진측량을

실시할때 영상의 제한된 해상력이 정확도를 떨어뜨리는 주된 원인이라는 사실을 알 수 있었다.

본 연구에서 사용된 CCD 사진기는 768×494 영상소의 영상을 취득할 수 있으나, 영상보드가 지원하는 최대 해상도는 640×480 영상소이기때문에, 이러한 영상을 전산기상의 모니터로 표현하기 위한 영상재배열 과정에서 오차요인과 왜곡이 발생하며 위치결정의 정확도에 영향을 미친다고 판단된다.

본 연구에서 개발된 연산법을 이용하여 CCD 사진기를 검정하여 근거리 사진측량을 실시한 결과, 일반적인 측량용 사진기와 필름으로 대상을 촬영한 후 이를 인화한후, 스캐너를 이용하여 영상을 수치화하는 사진측량기법과 거의 근사한 결과를 도출할 수 있었으며, 여러 단계의 수치화 과정을 거치게 되는 일반 측량기법에서 발생할 수 있는 오차요인을 최소화할 수 있었다. 또한, CCD 사진기의 특성상 촬영과 동시에 수치화된 영상을 얻을 수 있으므로 신속한 사진측량이 수행될 수 있고, 나아가 실시간 사진측량 및 범세계적 위치결정체계와 결합한 수치사진측량에 있어서도 많은 응용이 가능할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 유복모, 사진측정학, 문운당, 1991
2. Jensen, J., Introductory Digital Image Processing, Prentice Hall, 1986, pp. 17-18.
3. Merchant, D. C., Analytical Photogrammetry -Theory and Practice, Unpublished Lecture Notes, Department of Geodetic Science, The Ohio State University, 1979.
4. Konecny, G. and D. Pope, "Correlation Technique and Devices", P.E. & R.S. , Vol 47, No. 3, 1981, pp.323-333.

감사의 글

본 논문은 한국 건설기술연구원의 '96건설교육기술 연구개발사업'에 의한 연구결과임을 밝히며 본 연구를 지원해 주신 한국건설기술연구원에 감사를 드립니다.