

## 도해법을 이용한 건물 및 도로시설물 정보추출

# Extraction of Building and Road Facility Information System Using Graphic Solution

손덕재\* · 이승환\*\*

Sohn, Duk-Jae · Lee, Seung-Hwan

### 요 旨

본 연구에서는 건물 및 도로 등 각종 시설물에서 상세정보가 누락되거나 수정 및 갱신이 이루어지지 않아 수치지도의 체계적인 구축이 요구되는 지역에 적용할 수 있도록 지상사진영상에 도해법을 적용하여 대상지역의 현황도를 작성하고, 대상지역 시설물에 대한 공간정보와 속성정보를 빠른 시간에 효율적으로 취득할 수 있는 기법을 제시하였다.

### Abstract

This study intended to extract the spatial data and attribute data from the images of terrestrial photographs to compile the digital map from the images using photogrammetric analysis. In this study, the plane map of present objective area was made using the single terrestrial photographs and graphical method, and the spatial or attribute data for the facilities in the area was extracted. Also, it is concluded that the efficient techniques for acquiring spatial and attribute data of the building and road facilities in proper time for the concerning area were suggested.

## 1. 서 론

사진측량에 있어서 일반적으로 대상물의 3차원 위치 결정과 정확한 제원분석을 위해서는 엄밀한 해석을 전제로 한 입체사진 측량방법이 요구된다. 그러나, 사진촬영 방법과 대상물의 관계가 일정한 투영조건을 만족하는 경우에는 단사진으로부터 대상물의 위치와 크기를 결정하는 것이 가능하며, 이 경우에 도해의 원리에 기초한 투시법이 유용하게 사용된다.

Williamson(1990)은 단사진영상(single frame optical image)에 투시기하학(perspective geometry)을 적용하여 대상물의 위치와 정확한 제원분석에 활용할 수 있는 기법을 체계화하였다.

투시기하학은 르네상스시대에 이탈리아의 조각가 Brunelleschi(1377~1446)에 의해 발견되었으며, 1795년 프랑스인 가스팔 몬주는 3차원 공간상의 점, 선, 면, 입체를 2차원의 평면상에서 분석하고자 하였다. 이후, 19세기 초반 영국인 윌리엄 팔리쉬가 등각 투영도를 고안하여 측방향으로 길이의 척도를 동일하게 하고 3차원의 입체를 평면상에 표현하는 것을 가능하게 하였다

(오성진, 2001).

한편, 본 연구의 선행연구로서, 손덕재 등(2002a, b)이 지상사진 도해법을 이용한 도로시설물 정보추출에 관한 연구와, 다중영상을 이용한 도로시설물 정보추출에 관한 연구를 수행하였고, 이혜진(2001)이 다중영상과 GIS를 이용한 대학시설물 안내 및 관리시스템 구축에 필요한 수치지도 제작기법에 관한 연구를 수행한 바 있다.

## 2. 도해법에 의한 사진해석

### 2.1 투시투영(Perspective Projection)

일정한 법칙에 의해 3차원 대상물의 형태를 평면상에 그려내는 것을 투영이라 하고, 그 결과를 투영도라 한다. 투시투영은 대상물과 시점을 연결한 직선 또는 그 연장선에 의해 대상물의 형태를 투영면상에 그려내는 것이며, 투시도법은 화면에 원근감을 느낄 수 있도록 관측자의 시점과 물체와의 관계를 기하학적으로 고찰하여 논리적으로 작도하는 도법이다. 투시도법은 소실점(vanishing point)의 수에 따라 1소점 투시도(평행투시도), 2소점 투시도(유각투시도), 3소점 투시도(사각투시도) 등으로 분류한

\* 대전대학교 토목공학과 교수

\*\* 대전대학교 토목공학과 석사과정 수료

대(공문수, 1995; 오성진, 2001).

**2.1.1 1소점 투시(One-Point Perspective)**

작도상의 선이 소점 1개에 집중하는 도형 배치의 투시도를 1점 투시도라 하며, 대상물체가 화면에 평행하게 놓여 있고, 관측자의 위치가 기면의 수직방향으로 있는 것으로 하여 투시도를 작도하는 방법이다(그림 1(b)).

**2.1.2 2소점 투시(Two-Point Perspective)**

2개의 소점을 가진 도형배치의 투시도를 2소점 투시도라 하며, 대상물체가 기면에 평행하고 화면에는 기울어져 있으며, 관측자의 위치는 기면의 수직방향에 있을 때 투시도를 작도하는 도법으로, 경사지게 대상물을 배치하여 유각(有角)투시라고도 한다(그림 1(c)).

**2.1.3 3소점 투시(Three-Point Perspective)**

시점의 높이가 대상물의 높이에 비해 매우 높은 경우 대상물의 수직선 부분도 아래쪽에서 좁아지고 수직선의 차수 또한 짧아져서 1소점 투시나 2소점 투시의 작도로 해결할 수 없을 때 작도하는 방법으로, 사각투시(斜角透視)라고도 한다(그림 1(d)).

**2.2 도해법에 의한 축척결정**

빌딩이나 도로와 같이 대상물자체의 표면이 수평면, 수직면으로 이루어져서 수평선, 수직선, 평행선 등 기하학적 조건을 쉽게 확인할 수 있는 경우에는 지상사진 또는 고정사 항공사진으로 촬영된 영상으로부터 소실점과 진수평선을 결정하고 대상물의 크기와 형태 등 공간정보를 알아낼 수 있다.

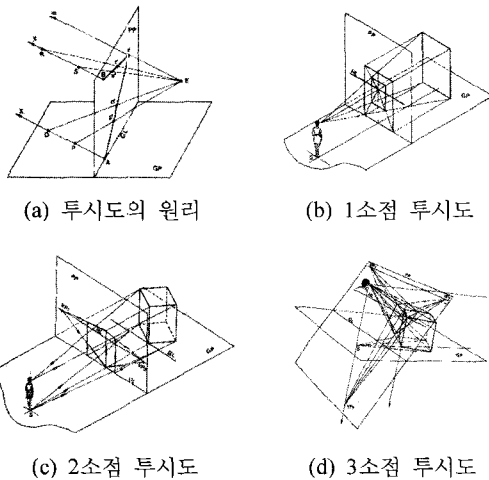


그림 1. 투시도와 소점의 원리 (공문수, 1995)

**2.2.1 진수평선의 결정**

사진상에 임의의 정방형 물체나 격자가 촬영되었을 때, 원근감에 의하여 소실점을 형성하게 된다. 이때 이 소실점을 이은 선은 진수평선(THL: True Horizontal Line)이 된다. 그림 2는 진수평선을 결정하는 방법을 보여주고 있다.

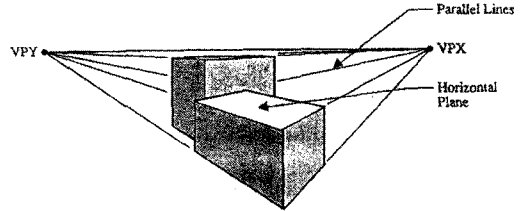


그림 2. 진수평선의 결정 (Williamson, 1990)

**2.2.2 진수평선에 의한 축척결정**

진수평선은 수평면에 평행하며, 두개의 소실점을 연결하여 결정할 수 있다. 또한, 유효 초점거리  $f'$ 는 도해적으로 정의되지 않고 축척  $S$ 와 거리  $R$ 의 관계

$$f' = SR \tag{1}$$

로부터 결정된다. 여기서, 두 개의 평행한 평면과 그 평면사이의 거리  $\Delta R$ 을 알 수 있다면 대상거리  $R$ 과 초점거리  $f'$ 을 결정할 수 있다.

대상공간면과 영상면이 평행하고 대상공간면의 크기를 알고 있다면, 거리  $R$ 과 거리  $R + \Delta R$ 인 두 평면에 대한 축척  $S_1$ 과  $S_2$ 를 다음과 같이 결정할 수 있다.

$$S_1 = \frac{f'}{R} \tag{2}$$

$$S_2 = \frac{f'}{(R + \Delta R)} \tag{3}$$

**2.3 촬영점과 주점의 결정**

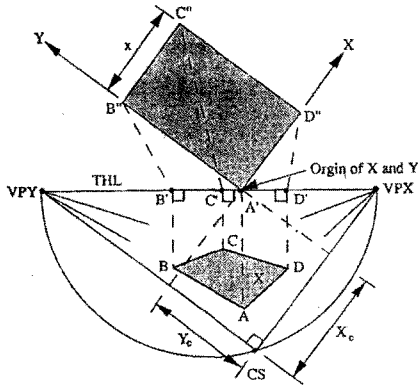
대상물체의 사진상 길이와 실제크기를 알면 사진축척을 구할 수 있고, 도해법에 의하여 촬영점(CS: Camera Station)의 위치를 결정할 수 있다.

그림 3(a)와 같은 2소점 투영도에서 촬영점(CS)의 축척계수(SF: Scale Factor)와 수평위치( $X_c, Y_c$ )는 다음과 같이 구할 수 있다.

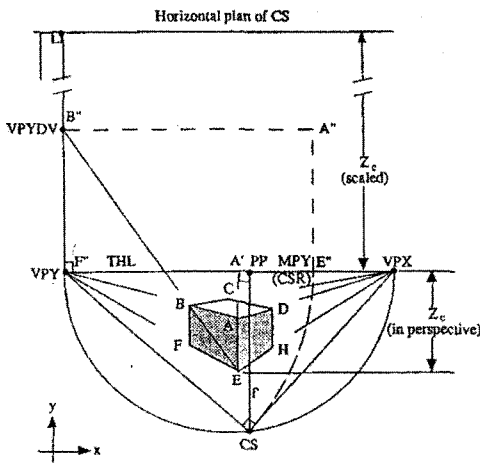
$$SF = \frac{X}{x} \tag{4}$$

$$X_c = x_c \times SF \tag{5}$$

$$Y_c = y_c \times SF \tag{6}$$



(a) 촬영점 수평위치( $X_c, Y_c$ )의 결정



(b) 촬영점 수직위치( $Z_c$ )의 결정

그림 3. 진수평선에 의한 촬영점(CS) 위치 결정 (Williamson, 1990)

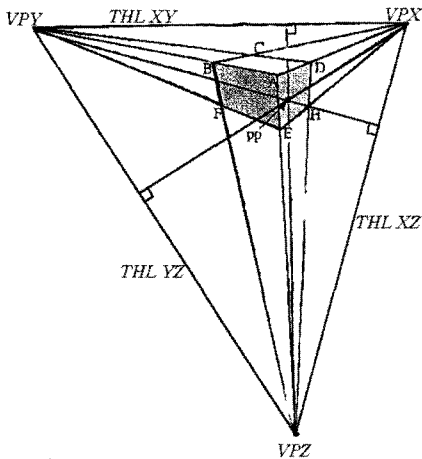


그림 4. 3소점과 주점의 결정

여기서  $x$ 는 사진상에서 젠 두 점간 거리,  $X$ 는 이에 대응하는 실거리이다. 또한, 그림 3(b)로부터 촬영점의 수직위치( $Z_c$ )는 다음과 같이 구해진다.

$$Z_c = \frac{\overline{HE}''}{HA} \times SF \quad (7)$$

또한, 그림 4와 같은 3소점 투영도에서 서로 직교하는 두 수직면과 하나의 수평면을 갖는 대상물의 각 모서리는 수평선 또는 수직선이 되므로, 서로 평행인 두 직선의 교점으로부터  $X, Y$ 방향의 소실점  $VPX, VPY$ 와  $Z$ 방향의 소실점  $VPZ$ 가 결정된다. 결정된 각 소실점을 직선으로 잇고 각각  $THL XY, THL YZ, THL XZ$ 라 하면, 이때  $THL XY$ 는 수평방향의 진수평선이 된다.

다음에, 각 소실점으로부터 각각 직선  $THL$ 에 수선을 그어서 세 수선의 교점을 구하면 투영도의 주점(pp : principal point)이 결정된다.

### 3. 지상사진 촬영에 의한 정보추출

지상사진 영상을 획득하기 위한 대상지역은 대전대학교 교내 중앙도서관과 전산소, 이공대학과 경비동 건물을 포함한 지역으로 하였으며, 디지털 카메라를 사용하여 단사진으로 촬영한 영상을 도해적 기법을 이용하여 해석하였다. 사용한 카메라는 Fuji Film사의 FinePix S1 Pro기종으로, 화소수는 3040×2016이고, 초점거리 18 mm인 광각렌즈를 사용하였다.

#### 3.1 단사진 촬영에 의한 해석

##### 3.1.1 1소점 투영 해석

단사진 도해법에 의하여 대상지역 내에 있는 도로와 도시시설물의 공간정보를 추출하기 위하여 1소점 투영법을 적용하였다. 그림 5는 대상지역 중 대전대학교 교내 전산소 및 공대 앞 도로를 촬영한 사진이며, 그림 6은 도해법의 1소점 투영을 이용하여 전산소 앞 도로를 작도한 그림이다. 본 연구에서는 사진상에 나타난 도시시설물 중에서 간단하게 그 크기를 실측할 수 있는 기준물체로서 휴지통( $\overline{EF}$ )을 선택하였다. 그 값과 기하적 조건을 이용하여 대상지역의 평면도를 작성하고, 안내표지판, 시계탑, 제설모래함 등 도시시설물의 길이, 높이, 거리와 도로폭 등 공간정보와 속성정보를 추출하였다.

그림 6에서 양쪽 도로와 인도의 경계선은 평행선을 이루므로 그 연장선을 그어 소실점  $VP$ 를 정의할 수 있다. 다음에,  $VP$ 에서 기준물체인 휴지통의 위( $E$ )와 아래( $F$ )를 지나는 두 개의 연장선을 긋는다. 또한, 공간정보

를 추출하려는 대상물 시계탑  $\overline{KL}$ , 안내표지판  $\overline{GH}$ , 제설모래함  $\overline{IJ}$ 에 대하여  $VP$ 로부터 각각 직선을 긋는다.

이때  $\overline{EF}$ 가 있는 곳의 도로폭  $\overline{AB}$ 와,  $\overline{GH}$ 가 있는 도로의 폭  $\overline{CD}$ 는  $VP$ 를 지나는 수평선과 평행하다. 또한,  $\overline{EF}$ 의 연장선이  $\overline{GH}$ ,  $\overline{IJ}$ 와 만나는 점을 각각  $E', E''$ 로 정한다.

한편, 기준물체  $\overline{EF}$ 가 도로 경계선상에 있는데 비하여

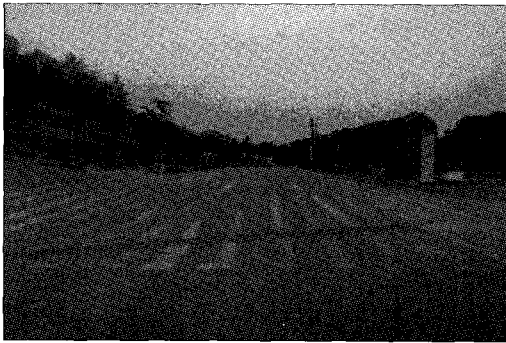


그림 5. 전산소 앞 도로

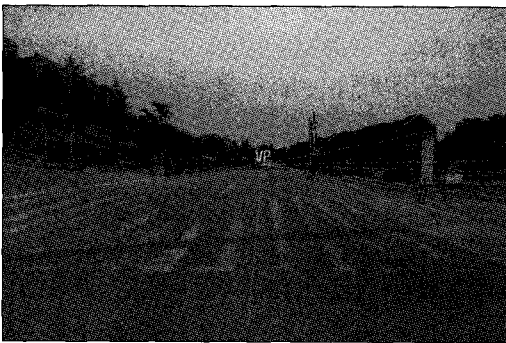


그림 6. 1소점 투영에 의한 해석

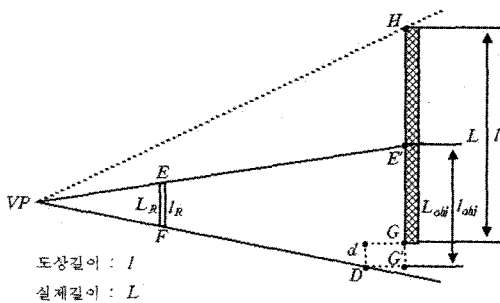


그림 7. 1소점 투영에 의한 높이결정(수평 및 수직편차의 보정)

안내표지판  $\overline{GH}$ 는 그림 7에서와 같이 기준선( $\overline{VP \cdot F}$ )으로부터 약간의 거리차( $\overline{dG}$ )와 높이차( $\overline{Dd}$ )를 가지고 있다. 따라서, 1소점 투영 해석에 의하여  $\overline{GH}$ 의 높이를 결정할 때 이 편차를 보정하므로써 더 정확한 결과를 구할 수 있다.

또한, 1소점 투영법을 이용하여 그림 8과 같은 대상지역의 평면도를 작성하였다. 즉, 촬영점  $CS$ 로부터 사진상 평행인 두 수평선  $\overline{AB}$ ,  $\overline{CD}$ 의 4점을 지나는 연장선을 긋고 작도평면상 두 평행선(도로경계선)과 만나는 점에 의하여 도상위치  $A, B, C, D$ 를 결정한다. 또한 각 도로시설물  $\overline{KL}$ ,  $\overline{EF}$ ,  $\overline{GH}$ ,  $\overline{IJ}$ 와 박물관 입구 도로 굴곡점  $Z$ , 기타 사진상에서 확인할 수 있는 조경수목, 인도 경계 등에 연장선을 그어서 역시 도로경계선과 만나는 점에 의하여 평면상 각 시설물의 위치를 결정할 수 있다.

### 3.1.2 3소점 투영 해석

단사진 도해법을 이용하여 건물의 공간정보를 추출하기 위한 대상물로서 중앙도서관을 선정하여 촬영하였다. 대상지역 내에 있는 중앙도서관은 상당히 크고 높은 건물로서 경사지에 위치하고 있어서 도해법에 의하여 해석할 경우 3소점 투영법의 적용이 필요하다.

그림 9는 대상지역을 디지털 카메라로 촬영한 사진이며, 그림 10은 도해법의 3소점 투영을 이용하여 중앙도

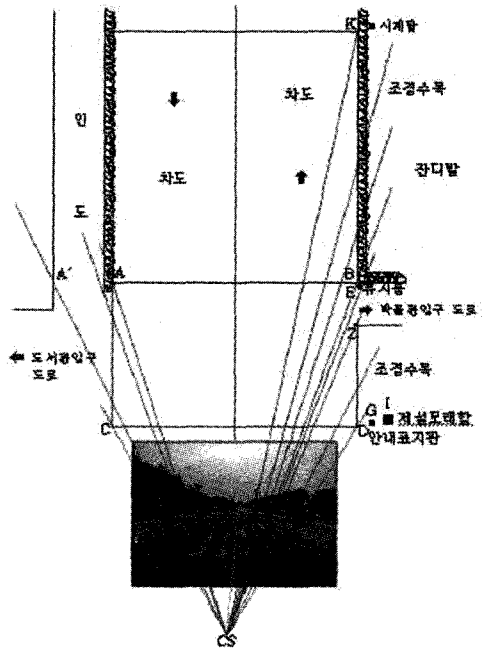


그림 8. 1소점을 이용한 평면도 작성

서관의 평면도를 작도한 그림이다. 3소점 투영 해석을 위하여 AutoCAD상에서 소실점을 이용하여 작도하였다.

그림 10에서 건물의 양쪽 측면 모서리에서 아래로 연장선을 그어 만나는 점을 수직 소실점  $VPZ$ 라하고, 건물에서 수평인 좌측면의 상단 모서리  $\overline{AB}$ 의 연장선과 하단부의 수평선  $\overline{EF}$ 의 연장선이 만나는 점을 좌측면의 소실점  $VPY$ 로 한다.

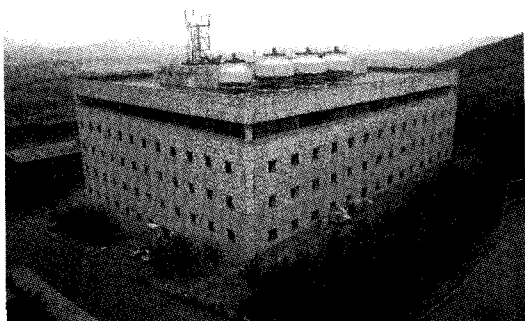


그림 9. 중앙도서관

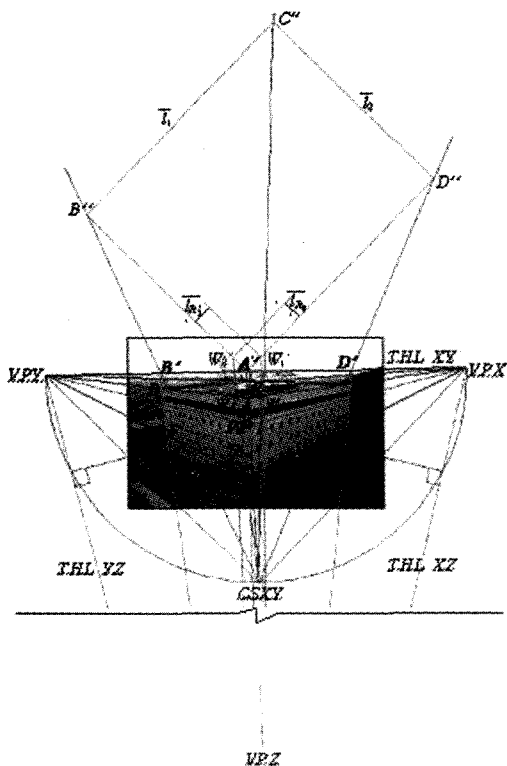


그림 10. 3소점 투영에 의한 작도

이와 같은 방법으로 우측면의 두 수평선  $\overline{AD}$ 와  $\overline{EG}$ 를 이용하여 우측면의 소실점  $VPX$ 를 구한다. 또한, 3개의 소실점을 연결한 직선을 각각  $THLXY$ ,  $THLYZ$ ,  $THLXZ$ 라 한다.

다음에,  $THLXY$ 를 지름으로 하여 반원을 그리고  $VPY$ ,  $VPX$ ,  $VPZ$ 에서 각각  $THLXZ$ ,  $THLYZ$ ,  $THLXY$ 에 수직선을 그어 세 수직선의 교점을  $PP$ 점으로 정한다. 그리고, 네 점  $A, B, C, D$ 로부터  $THLXY$ 에 수직선을 그어 만나는 점을 각각  $A', B', C', D'$ 로 정한다.

그리고,  $PP$ 점을 지나고  $THLXY$ 에 수직인 선과 반원의 교점으로부터 촬영점 수평위치  $CSXY$ 를 결정할 수 있으며, 이 점으로부터 점  $A', B', C', D'$ 를 지나는 연장선을 긋는다.

다음에  $CSXY$ 로부터 각각  $VPX$ 와  $VPY$ 까지 직선을 그린 다음  $A'$ 로부터 각각 두 직선에 대하여 평행선을 긋는다. 이 두 평행선이 각각  $CSXY$ 로부터  $B', C', D'$ 를 지나는 연장선과 만나는 점을  $B'', C'', D''$ 로 결정한다. 이로부터 건물  $ABCD$ 의 평면 투영도는 사각형  $A'B'C'D'$ 로 구해질 수 있다.

### 3.2 추출결과 및 분석

1소점 투영을 이용한 대상물의 정보를 추출하기 위하여 그림 6에서 기준물체인 휴지통( $\overline{EF}$ )의 높이 실측값(87cm)을 기준으로 안내표지판( $\overline{GH}$ ), 제설모래함( $\overline{I}$ ) 등의 높이를 추출하였다. 또한, 계산된 안내표지판의 크기를 기준으로 시계탑( $\overline{KL}$ )의 크기를 추출하였다. 한편, 휴지통 폭의 실측값(61cm)을 기준으로 도로의 폭( $\overline{AB}$ )을 추출하였고, 추출한 평면도(그림 8)로부터 안내표지판에서 박물관 진입로까지의 거리( $\overline{DZ}$ )를 기준으로 하여 박물관 진입도로의 폭( $\overline{BZ}$ )과 휴지통에서 시계탑까지의 거리( $\overline{EK}$ )를 추출하였다.

또한, 사진상 기준물체를 지나는 두 연장선 사이의 사진상 길이와 실제길이의 비례인 축척계수(scale factor)  $SF$ 를 결정하고, 이 값을 이용하여 대상물의 실제크기를 구하였다. 즉, 그림 7에서와 같이 기준물체의 사진상 길이  $l_R$ , 실제길이  $L_R$ 이고, 기준물체의 상하를 지나는 두 연장선 사이에 끼인 대상물체의 사진상 길이  $l_{obj}$ , 실제길이  $L_{obj}$ 일 때,

$$SF = \frac{L_R}{l_R} = \frac{L_{obj}}{l_{obj}}$$

이고,  $L_R = L_{obj}$ 이므로,

$$SF = \frac{L_R}{l_{obj}} \quad (8)$$

가 된다. 따라서 대상물 실제크기  $L$ 은 대상물의 사진상 길이  $l$ 일 때 다음 식으로 구해진다.

$$L = l \times SF \quad (9)$$

또한, 도로폭( $\overline{AB}$ )과 두 점간 거리도 위와 같은 방법으로 구할 수 있다. 표 1은 이렇게 하여 1소점 투영도로부터 각 대상물의 높이, 폭, 거리 등 공간정보를 추출한 결과이다.

한편, 3소점 투영을 이용한 작도와 최소한의 실측값을 이용하여 그림 10으로부터 대상물인 중앙도서관의 3차원 공간정보를 추출할 수 있다. 즉, 건물 모서리부터 건물의 좌우측면에 있는 첫번째 창문까지의 거리( $\overline{AW_1}$ ,  $\overline{AW_2}$ ) 실측값(4.07m)과 윗층과 아래층의 창문 사이의 높이차( $\overline{S_1S_2}$ )의 실측값(2.65m)을 기준으로 하여 건물의 가로길이, 세로길이, 높이를 추출하였다.

그림 10에서 기준이 되는 길이  $\overline{AW_1}$ ,  $\overline{AW_2}$ 의 실측값을  $L_{R_1}$ ,  $L_{R_2}$ 라하고 추출된 평면도 상에서의 길이  $\overline{A'W_1''}$ ,

표 3. 지상사진에서 추출한 대상물 크기

	구 분	사진해석 결과	실측값
1소점 해석 (도로정보)	안내표지판 높이	2.756m	2.710m
	제설모래함 높이	1.305m	1.300m
	시계탑 높이	8.267m	7.900m
	도로폭	14.640m	14.850m
	박물관진입도로 폭	4.602m	4.870m
3소점 해석 (건물정보)	휴지통~시계탑 거리	27.369m	27.000m
	건물의 가로길이	57.79m	56.05m
	건물의 세로길이	49.52m	48.55m
	건물의 높이	17.94m	18.38m

$\overline{A'W_2''}$ 를 각각  $\overline{l_{R_1}}$ ,  $\overline{l_{R_2}}$ 라 하면 실측값과 도상길이의 축척은 각각

$$SF_1 = \frac{L_{R_1}}{l_{R_1}} \quad (10.a)$$

$$SF_2 = \frac{L_{R_2}}{l_{R_2}} \quad (10.b)$$

이고, 건물의 크기  $L_1$ ,  $L_2$ 는 도상길이  $\overline{l_1}$ ,  $\overline{l_2}$ 일 때 다음 식으로 구할 수 있다.

$$L_1 = \overline{l_1} \times SF_1 \quad (11.a)$$

$$L_2 = \overline{l_2} \times SF_2 \quad (11.b)$$

표 1~표 4는 추출된 결과와 이를 분석한 것이며, 대상

표 1. 1소점 투영의 추출결과

대상물	축척계수(SF)(cm)			대상물크기(cm)	
	$L_R$	$l_{obj}$	SF	$l$	$L$
안내표지판 높이( $\overline{GH}$ )	87.0	0.9	96.7	2.85	275.6
제설모래함 높이( $\overline{IJ}$ )	87.0	1.0	87.0	1.50	130.5
시계탑 높이( $\overline{KL}$ )	275.6	0.9	306.2	2.70	826.7
도로폭( $\overline{AB}$ )	61.0	0.4	152.5	9.60	1464.0
박물관진입 도로폭( $\overline{BZ}$ )	1090.0	4.5	242.2	1.90	460.2
휴지통~시계탑간 거리( $\overline{EK}$ )	1090.0	4.5	242.2	11.30	2736.9

표 2. 3소점 투영의 추출결과

대상물	축척계수(SF)			대상물 크기	
	$L_R$ (cm)	$l_{R_1}$ (cm)	SF	$l$ (cm)	$L$ (m)
가로길이( $\overline{AD}$ )	407.0	0.80	508.8	10.8	54.95
세로길이( $\overline{AB}$ )	407.0	0.70	581.4	8.7	50.58
높이( $\overline{AE}$ )	265.0	1.30	203.8	8.8	17.94

표 4. 지상사진에서 추출한 대상물 크기의 편차

	구 분	편차	오차율
1소점 해석 (도로정보)	안내표지판 높이	+ 4.6cm	1.7%
	제설모래함 높이	+ 0.5cm	0.4%
	시계탑 높이	+36.7cm	4.6%
	도로폭	-21.0cm	1.4%
	박물관진입도로 폭	-26.8cm	5.5%
	휴지통~시계탑 거리	+36.9cm	1.4%
	평 균	21.1cm	2.5%
3소점 해석 (건물정보)	건물의 가로길이	+1.74m	3.1%
	건물의 세로길이	+0.97m	2.0%
	건물의 높이	-0.44m	2.4%
	평 균	1.05m	2.5%

물의 실제 크기는 쇠줄자(steel tape)를 이용하여 실측하였다.

공간자료를 취득함으로써 GIS자료의 신속한 현황 파악과 관리에 유용한 기법으로 사용할 수 있는 가능성을 제시하였다.

#### 4. 결 론

본 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 지상사진 영상에 도해법을 적용하여 대상지역의 현황도를 작성하고 대상지역 시설물에 대한 공간정보와 속성정보를 취득하였다.
2. 1소점 투영에서 사진해석 결과와 실측값의 편차는 평균 21.1cm, 오차율 평균 2.5%, 3소점 투영에서 편차 평균 1.05m, 오차율 평균 2.5%로서 양호한 결과를 보이고 있다.
3. 도해법을 이용하여 건물 및 도로시설물의 공간정보를 취득할 수 있으며, 이것을 이용하여 기존의 수치지도에서 수정되지 않은 시설물의 위치와 형상을 수정할 수 있는 가능성을 제시하였다.
4. 일반 카메라로 촬영된 영상을 이용하여 대상지역의

#### 참고문헌

1. 공문수(1995), 도학의 원리와 기법, 기문당, pp.75~88.
2. 손덕재, 이혜진, 이승환(2002a), "지상사진 도해법을 이용한 도로시설물 정보추출", 한국지형공간정보학회지, 제10권 제2호, pp.77~85.
3. 손덕재, 유환희, 이혜진(2002b), "다중영상을 이용한 도로시설물 정보추출", 한국지형공간정보학회지, 제10권 제1호, pp.91~100.
4. 오성진(2001), 도학·제도, 조형사, pp.6~12.
5. 이혜진(2001), 다중영상과 GIS를 이용한 대학시설물 안내 및 관리시스템 구축, 석사학위논문, 대전대학교, pp.6~9, pp.21~23.
6. Williamson, J. R. and M. H. Brill(1990), Dimensional Analysis Through Perspective, ASPRS, Kendall/Hunt, pp.2-1~7-12.

(접수일 2003. 11. 29, 심사 완료일 2003. 12. 20)