

## 단사진 활용성 제고를 위한 정사영상 생성 기법 The Method of Orthoimage Generation for the Application of Single Photo

강준목\* · 배상호\*\* · 주영은\*\*\*

Kang Joon-Mook · Bae Sang-Ho · Joo Young-Eun

### 요 旨

자동화 공정에 의한 항공사진이나 위성영상의 획득과는 달리 지상사진측량에 의한 영상 획득은 대상물의 요구정확도와 해석 범위에 따라 각기 다른 번거로운 수행 과정을 거쳐야 한다. 이에, 본 연구에서는 단사진의 활용성을 증대시키기 위해 무반사경 토털스테이션을 이용하여 지상 구조물인 문화재에 대한 수치표면모형 및 정사영상을 생성하였으며 입체영상을 이용한 방법과 비교 분석하였다. 입체 영상의 획득과 도화의 어려움을 배제하고 생성한 정사영상을 이용하여 다양한 기하학적, 시각적 분석을 수행하므로써 고정밀도를 요하지 않는 문화재의 도면 작성이나 사면의 안정성 검토 등을 위한 측정방법으로 단사진의 활용방안을 제시하고자 한다.

### ABSTRACT

In a different way of satellite image or aerial photo, the image acquired by terrestrial photogrammetry has to go through complicated management according to the desired precision and analysis range. In this study, digital surface model and ortho image for cultural asset, terrestrial structures, were made by reflectorless total station in order to increase the application of single photo, and that was analyzed and compared with the method using stereo image. Single photo is expected to be utilized as the measuring method for drawing cultural assets or examining the stability of slope in which high precision doesn't need by performing the various geometric and visual analysis using ortho image made by excluding the difficulties of acquisition and plotting of stereo image.

### 1. 서 론

항공사진이나 위성영상의 촬영시스템은 정렬화된 자동화 공정의 수행에 의하며, 이는 사진측량의 효율성 증대를 위해서 반드시 필요한 과정이다. 그러나, 지상사진측량은 해석에 적합한 영상을 획득함에 있어 상대적으로 많은 어려움을 내포하고 있다.

최근 무반사경 토털스테이션을 이용한 기준점 측량 과정은 매우 간편해졌으나 입체모델 생성을 위한 촬영점과 기선 설정은 아직까지 번거로운 수행 과정을 거쳐 이루어지며 외업의 대부분을 차지한다. 특히, 원형 구조물과 같은 대상물의 해석을 위해서는 원형 스트립 구성을 위한 복잡한 촬영 계획을 수립하여야 하며 현장에서의 광

은 인원과 예산이 요구되고 있다.

불상이나 종과 같은 문화재의 도면 작성이나 기하학적 분석을 위한 입체 모델의 형성을 위해서는 ① 원형 형상 대상물의 입체 모델 수와 촬영기선 설정, ② 입체 모델 형성 및 도화, ③ 미술사적 관점에서의 도화성과 수정·보완, ④ 정면도, 측면도, 배면도 등의 2차원 도면 및 등고선도 작성과 같은 여러 단계를 거쳐야 사용자가 요구하는 최종 결과를 도출해 낼 수 있다. 그리고, 문화재는 있는 그대로를 표현하는 기하학적 표현 방법과는 달리 역사적 또는 고미술사적 관점에서의 미적 재현을 필요로 하므로 관련 전문가의 도움이 필수적이다. 따라서, 획득한 3차원 도화성과를 인쇄 복사하고 고미술 전문가의 수작업에 의한 보완 과정을 거친 후, 이를 스캐닝하여 2차원 수치 도면을 만들고, 이에 등고선을 중첩하여 요구하는 최종 성과를 도출하게 된다.

본 연구에서는 번거로운 입체 영상 획득과 처리에 관

\*충남대학교 토목공학과 교수

\*\*대림대학 토목공학과 전임강사

\*\*\*충남대학교 대학원 박사수료

련한 공정과정을 단순화하여 작업인원 및 수행 시간을 최소화할 수 있는 측정방법으로, 무반사경 토폴스테이션과 단사진의 조합을 통해 정상영상을 생성하고 이를 이용한 다양한 기하학적, 시각적 분석을 수행하고자 하였다. 무반사경 토폴스테이션을 사용하여 획득한 대상물의 3차원 위치자료를 이용하여 수치표면모형(Digital Surface Model, DSM)을 생성하고 이를 해석 대상면의 단사진에 적용하여 영상의 정사보정을 수행하고자 하였다. 그리고 입체영상을 이용한 정사영상과의 비교분석을 통하여 단사진 정사영상 활용의 효율성을 제시하고자 하였다.

## 2. 연구내용

지상사진측량에 의한 대상물의 수치도면 작성을 위해서는 직각수평촬영에 의한 입체영상의 도화 또는 수렴영상의 공간 전방교회법(space intersection)에 의한 교차점 해석 방법을 언급할 수 있다. 그러나, 이러한 방법은 근본적으로 영상 획득이나 동일 지점 측정의 어려움을 배제할 수 없을 것이다. 촬영 기선의 설정은 카메라의 포맷과 기선/거리비를 계산하여 그 위치를 결정하게 되며 대상물의 형상과 크기에 따라 촬영 기선점의 위치를 변경하여야 하는 어려움이 수반된다. 그리고 이를 위해서는 사전 답사 중에 촬영 기선점 및 해석 대상물의 상황에 대한 정확한 데이터를 필요로 하므로, 실제 답사의 의미를 넘어서는 경우도 있다.

이러한 경제적, 시간적 어려움을 해소하고자, 본 연구에서는 단사진 정사보정(ortho rectification)을 수행하여 보다 효율적으로 수치도면을 작성하고자 한다. 단사진 영상은 입체 영상에 비해 촬영이 간편하고 해석 범위가 증가된다. 그러나, 대상물은 반드시 기복이 있게 마련이므로, 이를 기하보정하기 위해서는 반드시 깊이(depth) 값을 갖는 수치표고모형의 성과가 있어야 한다. 대상물에 대한 수치표고모형 자료의 획득은 매우 어려운 작업중의 하나이다. 그러나, 최근에는 레이저 스캐너 또는 무반사경 측정기기의 활용으로 그 과정이 매우 간소화되어 가고 있다. 본 연구에서는 무반사경 토폴스테이션의 자동 위치 측정 기능을 사용하여 해석 대상면에 대한 3차원 위치자료를 자동으로 획득한다. 위치 성과만을 이용한 대상물의 도면화는 영상과는 별개의 자료처리를 요하며 형상화 또는 시뮬레이션이 가능할 만큼의 효과를 크게 기대하기 어렵다. 이에, 이러한 위치 성과를 이용한 수치표

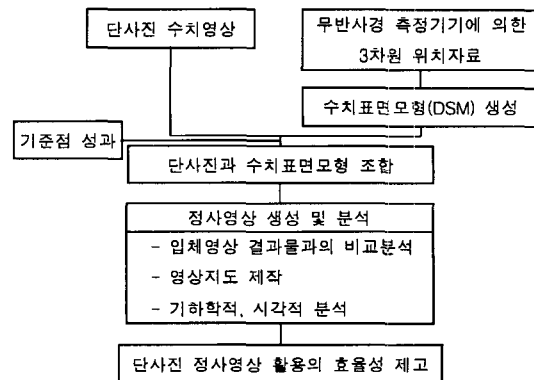


그림 1. 연구 수행 흐름도

고모형을 생성하여 단사진과의 조합분석에서 그 역할을 증대시키고 정사영상 생성에 의한 수치 도면화 과정도 매우 단순화시켜 수행하고자 한다. 또한 입체영상을 이용하여 생성한 결과물과의 비교·분석을 통해 그 효율성을 입증하고 정사영상을 이용한 다양한 분석을 수행함으로써 그 활용 가능성을 제시하고자 한다. 그림 1은 단사진 정사영상 생성 및 활용에 관한 연구 수행 흐름도를 간략하게 나타낸 것이다.

## 3. 데이터 획득

불상이나 벽면에 조각된 석조상과 같은 문화재에 요구되는 주요한 성과는 등고선이 기입된 입면도와 이를 이용한 기하학적, 공간적 분석이다. 이에, 본 연구에서는 이와 같은 표면 측정 분야에 단사진 정사영상의 활용 가능성을 검증하기 위한 방안으로 그림 2와 같은 용화사 석불입상(龍華寺石佛立像, 시도유형문화재 26호)을 시험모형으로 선정하였다. 이 불상은 백제시대 후기에 제작된 것으로 실제 크기는 250 cm(h)×150 cm(w) 정도로 추정되는 거대불상이지만 현재는 발목 아랫부분이 묻혀 있어 그 높이가 약 2m 정도이다.

고해상도의 디지털 카메라를 사용하면 영상 획득에 있어 그 효율성이 보다 높으리라 사료되어, 본 연구에서는 Fuji S1 Pro 디지털 카메라(3,040×2,016 화소)를 사용하여 영상을 획득하였다. DSM의 생성을 위한 3차원 위치데이터의 성과 획득을 위해 660S DR 200+(Geodimeter社)를 사용하였다. 이는 무반사경 토폴스테이션으로서 해석 범위와 측정간격을 설정해 주면 자동 측정하여 3차원 위치 성과를 획득한다. 설정한 옵션에 따라 소요 예상시

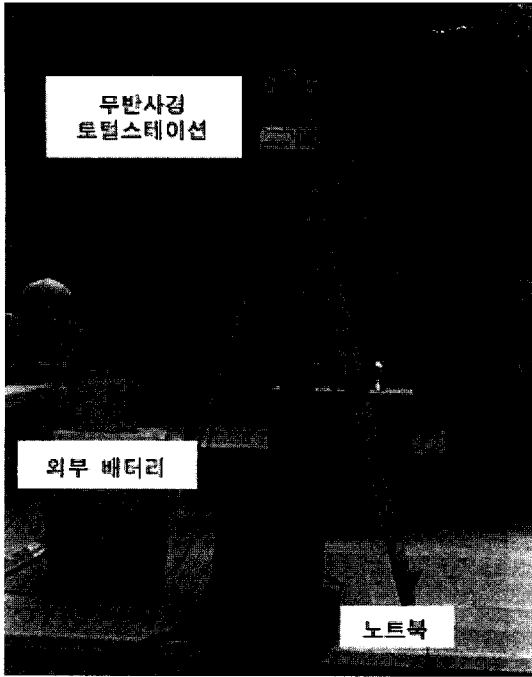


그림 2. 시험 광경

간이 결정되며 한 측정 당 4초 정도의 시간이 소요된다.

본 연구에서는 데이터의 획득 시간을 줄이기 위해 대상물의 특성을 고려하여 양각으로 불상이 조각된 중앙 부분은 1 cm 간격으로 데이터를 획득하였으며, 기복이 심하지 않은 외각의 광배(光背) 부분은 5 cm로 측정간격을 조정하여 3차원 위치 데이터를 획득하였다. 토털스테이션의 내부 메모리가 1000점으로 한정되어 있어 많은 데이터의 획득을 위해 노트북과의 실시간 인터페이스가 가능하도록 프로그램을 구성하였으며, 실제 현장적용에 있어 배터리의 문제를 해소하기 위해 차량용 배터리(12 V)를 이용하여 전원을 공급할 수 있는 시스템을 제작하였다.

정사영상 생성을 위한 기준점은 대상물에서 그 특이점을 찾기 어려워 7점의 반사 종이타겟(reflective sheet target)을 고른 분포로 배치하여 측량을 실시하였다. 무반사경 토털스테이션의 좌표체계는 기계점을 원점으로 하여 대상물 방향은 N축으로 하는 일반적인 수학 좌표계를 사용하므로 이를 이용하여 획득한 기준점 성과와 3차원 위치 성과를 사진 좌표계로의 변환이 필수적이다. 이 변환은 N축이 Z축, E축이 X축 그리고 H축이 Y축으로 서로 변환되어 사용되며 사진 좌표계로의 변환에 있어

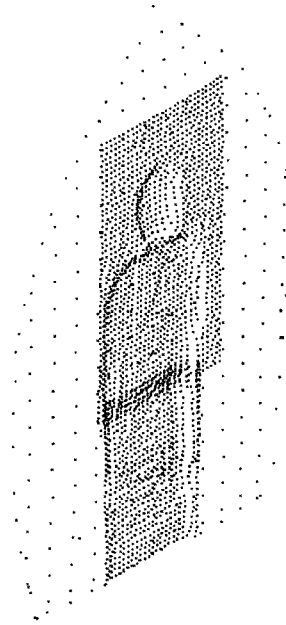


그림 3. 대상물의 3차원 위치 데이터(dxz 포맷)

표 1. 영상 해석을 위한 기준점 좌표의 변환

No.	무타겟 측정기기 좌표 (m)			영상 해석 좌표 (m)		
	N	E	H	X(10+E)	Y(10+H)	Z(7-N)
	1	3.565	0.020	0.635	10.020	10.635
2	3.552	0.385	0.260	10.385	10.260	3.448
3	3.547	0.359	-0.211	10.359	9.789	3.453
4	3.543	0.336	-0.928	10.336	9.072	3.457
5	3.549	-0.403	-0.629	9.597	9.371	3.451
6	3.558	-0.291	-0.114	9.709	9.886	3.442
7	3.563	-0.336	0.318	9.664	10.318	3.437

음(-)의 값을 없애기 위해 일정 값을 일률적으로 더해 주어 새로운 좌표값을 생성하여 사용하였다. 그림 3은 획득한 대상물에 대한 3차원 위치 데이터를 나타낸 것으로, 원시 데이터의 좌표체계를 영상 분석을 위한 좌표체계로 변환한 것이며 표 1은 기준점 성과를 사진 좌표체계로 변환한 것을 나타낸 것이다.

#### 4. 단사진 정사영상 생성

단사진을 이용한 정사영상 생성을 위해서는 대상 영역에 대한 DEM(Digital Elevation Model) 혹은 DSM이

필수적으로 필요하다. 항공사진측량이나 위성영상 처리에 있어서는 기존 수치지도를 이용하거나 입체영상의 매칭을 통해 DEM을 생성하여 정사영상을 제작하고 있다. 그러나 지상사진측량에서 이와 같은 방법의 이용은 다소의 문제점들이 있어 정사영상의 생성과 그 활용이 미진한 상태이다. 이에 본 연구에서는 무반사경 토털스테이션을 이용하여 지상 대상물에 대해 3차원 위치 데이터를 획득하여 수치표면모형을 생성하였다. 무반사경 토털스테이션을 이용하여 획득한 대상물에 대한 3차원 수치자료는 .dxf 포맷으로 저장하였다. 저장된 데이터를 MicroStation® MDL Application의 Export Coordinates 모듈을 이용하여 ASCII로 저장한 후 표 1과 같이 영상 해석을 위한 좌표계로 데이터를 변환하였다. 이와 같이



그림 4. 대상물에 대한 DSM

변환된 ASCII 형태의 3차원 수치자료를 이용하여 그림 4와 같이 대상물에 대한 수치표면모형을 생성하였다.

단사진의 내부 및 외부표정을 실시한 후 생성한 수치표면모형과 연계를 통해 수치정사영상을 생성하였다. 또한 획득한 3차원 수치자료를 이용하여 대상물에 대해 2mm 간격의 등고선을 작성하여 그림 5와 같이 정사영상과의 중첩(overlay)을 통해 영상지도를 제작하였다.

## 5. 데이터 분석

### 5.1 입체영상을 이용한 정사영상과의 비교분석

무반사경 토털스테이션을 이용한 수치표면모형의 생성 및 단사진과의 조합을 통한 정사영상 생성의 효율성을 입증하고자 동일 대상물에 대하여 입체모델 형성을 통해 동일한 성과물을 도출하여 비교·분석하였다. 중복도 65%로 촬영하여 획득한 입체영상과 기준점 성과를 이용하여 표정을 거쳐 입체모델을 형성하고 자동 DSM 추출 및 정사영상을 생성하였다. 수치표면모형 추출 및 정사영상은 대상물의 기복이 있는 불상부분만을 대상으로 수행하였으며 그림 6은 생성한 정사영상이며 그림 7은 무반사경 자동형 토털스테이션을 이용하여 획득한 DSM과의 중첩을 통해 비교한 것이다.

그림 7과 같이 3차원 공간상에서의 중첩을 통해서도 DSM의 비교가 어려워 그림 8과 같이 중·횡방향으로



그림 5. 정사 영상



그림 6. 입체영상을 이용한 정사영상

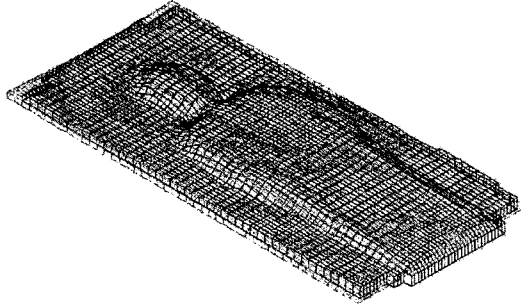


그림 7. DSM의 중첩

단면을 잘라서 비교해 보았다. 단면을 비교해 본 결과 평면적인 위치오차로 인해 단면이 서로 일치하지 않았으며 높이에 있어서의 차이는 극히 미소한 것을 알 수 있었다.

### 5.2 정사영상의 활용

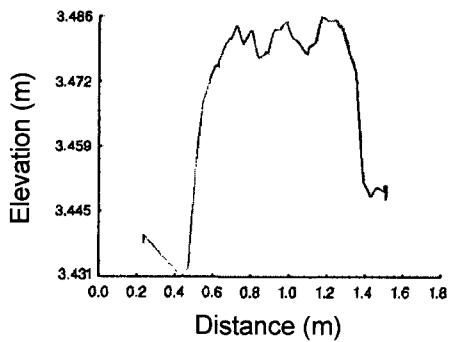
단사진을 이용하여 생성한 문화재에 대한 정사영상의

표 2. 길이와 면적 산출

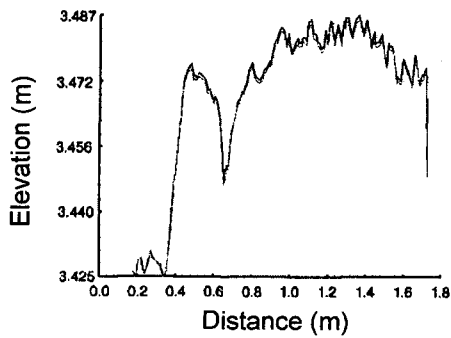
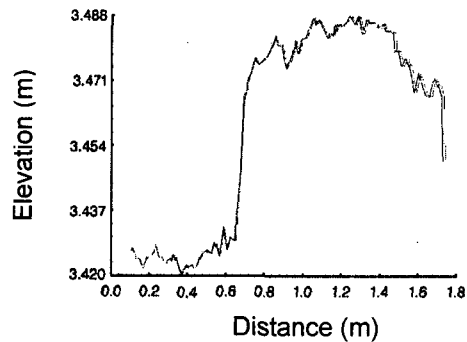
	전체	부처상 부분
둘레 길이(m)	5.681	4.312
면적(m <sup>2</sup> )	2.150	0.844

활용을 위해 대상물에 대한 다양한 기하학적 시각적 분석을 수행하였다. 정사영상은 대상물을 사진의 형태로 표현하므로 이를 이용한 도면화 및 분석들은 비전문가들에게 보다 현실감 있게 활용되어질 수 있다. 따라서 도화기를 통해 생산한 도면을 고미술사적으로 수정하는 작업보다 정사영상을 이용한 대상물의 2차원 도면작성은 보다 실 사진을 바탕으로 작업하므로써 더욱 효율적으로 작업을 수행할 수 있을 것으로 사료된다. 생성한 정사영상을 이용하여 대상물의 둘레길과 면적을 산출한 결과 표 2와 같다.

또한, 그림 9와 같이 대상물에 대한 각 중요 부분들에 대해 정사영상을 이용한 치수도를 작성하여 문화재의 기하학적인 분석은 물론 조형미적인 분석의 기초자



(a) 종방향



(b) 횡방향

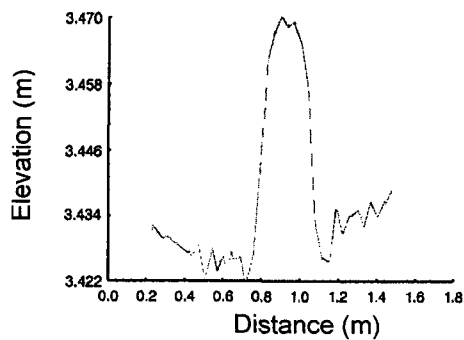


그림 8. 입체영상과 무반사경 토폴스테이션을 이용하여 획득한 DSM 단면 분석



그림 9. 정사영상 치수도

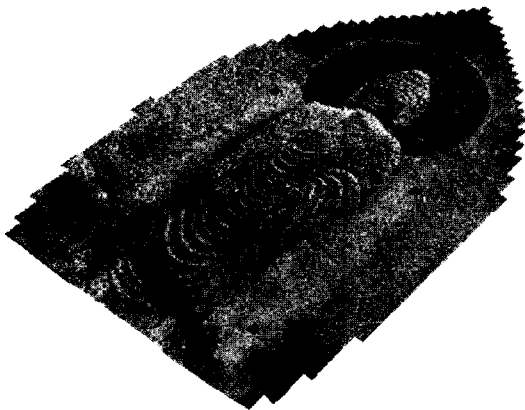


그림 10. 정사영상과 DSM 조합

료를 구축할 수 있었다. 그림 8은 정사영상에 수치표고모형을 중첩하여 래스터 자료의 3차원화를 통해 시각적 분석을 수행한 결과로서 대상물의 전면(全面)에 대한 자료를 구축하면 시뮬레이션이 가능하며 이와 같은 자료들은 인터넷을 서비스를 통해 그 활용을 극대화할 수 있을 것이다.

이와 같이, 무반사경 토털스테이션을 사용하여 수치표고모형을 생성하고 이를 토대로 정사영상을 생성하는데 큰 무리가 없었으므로, 근접사진측량에 의한 입체 모델 생성과 분석, 그리고 이의 활용에 있어서의 어려움을 다

소 배제할 수 있을 것으로 사료된다. 이러한 해석 방법은 비접촉 3차원 측정이 요구되는 사면 슬라이딩, 자갈 붕괴, 문화재 도면 작성과 같은 표면 측정 분야 등에서 그 효율성이 높을 것이다.

## 6. 결 론

1. 무반사경 토털스테이션을 이용하여 수치표고모형을 보다 용이하게 생성할 수 있었으므로 단사진의 활용성을 증대시킬 수 있었다.

2. 단사진의 활용을 통해 영상획득 및 해석공정의 간소화를 이루어 2차원 영상 도면 생성의 효율성을 가져올 수 있었다.

3. 단사진 정사영상을 보다 효율적으로 생성할 수 있었으므로, 비교적 고정밀도를 요하지 않고 비접촉 3차원 측정이 요구되는 사면 슬라이딩, 자갈 붕괴, 문화재 도면 작성과 같은 표면 측정 분야 등에서 활용이 기대된다.

향후, 이러한 측정 모듈들을 하나로 패키지화한다면 다양한 측정분야에서의 실시간 영상 도면의 생성 및 활용 측면에서 그 가치가 증대되리라 기대한다.

## 참고문헌

1. "ENVI User's Guide", Research Systems, Inc, January 1997.
2. Frank A. van den Heuvel, "3D Reconstruction from a Single Image using Geometric Constraints", ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, Vol. 53, 1998, pp. 354-368.
3. Yeu Bock-Mo, Kim Gi-Hong, Sohn Duk-Jae and Kim Won-Dae, "Analysis of Korean Megalithic Buddha Using Photogrammetric and Laser Scanning System", International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 33, Part B5, 2000, pp. 908-913.
4. P.G. Bryan, I. Corner and D. Stevens, "Digital Rectification Techniques for Architectural and Archaeological Presentation", Photogrammetry Record, 1999, pp. 399-415.
5. Luis M. Jauregui, Manuel Jauregui, "Terrestrial Photogrammetry Applied to Architectural Restoration and Archaeological Surveys", International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 33, Part B5, 2000, pp. 401-405.
6. "IDL Reference Guide", Volume 1,2, Research Systems, Inc, March, 1995.

7. 배상호, 주영은, “단·사진 기하보정 시스템 구축에 의한 2차원 도면작성”, 한국측량학회지, 제19권, 제1호, 2001, pp. 77-83.
8. 정성혁, 황창섭, 이재기, “수치사진측량기법에 의한 Fender의 3차원 수치모형 생성”, 한국측량학회지, 제19권, 제2호, 2001, pp. 147-154.
9. 배상호, 이형석, 주영은, “소프트카피 사진측량에 의한 사면지반 측정”, 한국측량학회지, 제19권, 제2호, 2001, pp. 183-188.
10. 이진덕, 최용진, “CCTV유형 CCD 카메라를 이용한 근거리 산업사진측량의 정확도”, 한국측량학회지, 제19권, 제3호, 2001, pp.283-290.
11. 유복모, Toni Schenk, “현대 디지털 사진측량학”, 문운당, 2001, pp. 403-424.

---

(2002년 2월 5일 원고접수)