

## 단·사진 기하보정 시스템 구축에 의한 2차원 도면작성 A Study on the 2D Map Production Using the Single Image Rectification

배상호\* · 주영은\*\*

Bae, Sang-Ho · Joo, Young-Eun

### 要 旨

지상사진측량 방법에 의한 도면 작성은 다소의 번거로운 입체영상의 획득 과정과 고가의 해석기기를 바탕으로 한 도화 과정을 필요로 한다. 이에, 본 연구에서는 이러한 영상 해석 과정을 탈피하여 보다 용이한 방법으로 영상을 획득하고 처리하여 대상물에 대한 도면을 작성하고자 하였다. 이를 위해, 단·사진 정사투영 영상을 생성하기 위한 기하보정 시스템을 구축하고 건축물을 대상으로 다양한 워핑 기법을 적용하여 보정 영상들의 성과를 비교·분석하였다. 이로서, 단·사진 기하보정의 수행성을 평가할 수 있었으며 다양한 비·지형 측정 분야에 이의 활용을 기대한다.

### ABSTRACT

To product the map by terrestrial photogrammetry method, a few rather nuisance stereo image acquiring processing and plot using expensive analytical instruments have to be performed. In this study, plot was made by acquiring and rectification image using simple method rather than above it. For this, geometry rectification system was constructed for the generation of single ortho-image analysis, and these ortho-images of architecture were made and analysed by applying various warping methods. As a result, the performance of single image analysis could be estimated, and it is expected that the application of this is possible to various non-topographic photogrammetry.

### 1. 서 론

입체 모델의 해석 과정은 소수의 기준점을 토대로 촬영 당시와 동일한 표정을 이루어 해석 대상물에 대한 3차원 좌표 성과를 획득하는 일련의 공정을 말하며, 이러한 도화성과를 변환하여 2차원 도면을 생성하게 된다.

그러나, 이를 위해서는 고가의 해석기기와 숙련된 작업자가 필수적으로 요구된다. 비·지형 측정을 위한 지상 사진측량은 모델 형성과 영상분석의 작업 공정이 현장 상황에 따라 다양하게 변화하기 때문에, 실 적용과 해석에 있어 다소의 어려움이 따르고 있다. 기선거리비와 중복도를 고려한 입체영상의 촬영계획과 현장에서의 촬영 위치 선정은 매우 번거롭고 까다로운 일이며 적정 노출로 직각수평촬영을 실시하여 도화하기에 양호한 높은 해상도의 영상을 획득하는 것도 쉽지 않은 작업이다.

입체 영상의 해석에 의한 3차원 데이터는 다양한 분야에서 그 요구가 확대되고 있는 실정이나 정사영상과 같은 형태의 2차원 도면의 생성과 활용만을 요하는 분야가 적지 않다. 그러므로, 결과물의 형태가 3차원인지 2차원인지에 따라 작업형태가 달라져야하며, 2차원 도면 성과를 요하는 경우는 소수의 인력과 짧은 시간동안의 상대적으로 간단한 공정을 통해 효율적으로 작업을 수행할 수 있을 것이다. 그러나, 이에 입체영상을 이용한 3차원 해석방법을 적용한다면 다소의 어려운 공정을 수행할 수 밖에 없을 것이다.

이와 같이, 영상 획득에서부터 성과 도출에 이르기까지 많은 번거로운 공정을 거쳐야 하는 3차원 영상 분석 과정과는 달리 상대적으로 간소화 된 공정을 체계화하여 시스템화함으로써 보다 효율적으로 대상물의 2차원 도면을 작성하고자 하는 것이 본 연구의 목적이다. 이러한 연구성과는 건축물의 실측사업이나 문화재의 발굴조사 그리고 사고 현장의 조사 등의 여러 분야에 그 활용이 가능할 것으로 기대한다.

\*대림대학 토목공학과 전임교수

\*\*충남대학교 토목공학과 박사과정

## 2. 연구 방법

단-사진은 입체 영상의 획득을 위한 기선거리비와 같은 계산과정을 필요로 하지 않고 직각수평촬영을 해야 하는 어려움도 배제할 수 있어 그 획득 과정이 보다 용이하다 할 수 있다. 그리고 영상의 워핑(warping)과 재배열(resampling)의 과정을 획득한 영상에 적용하여 정사투영의 영상과 같은 형태의 2차원 도면 성과를 만들 수 있다.

이에, 본 연구에서는 한 장의 영상과 기준점 성과를 이용하여 정사투영의 영상을 생성할 수 있는 기하보정

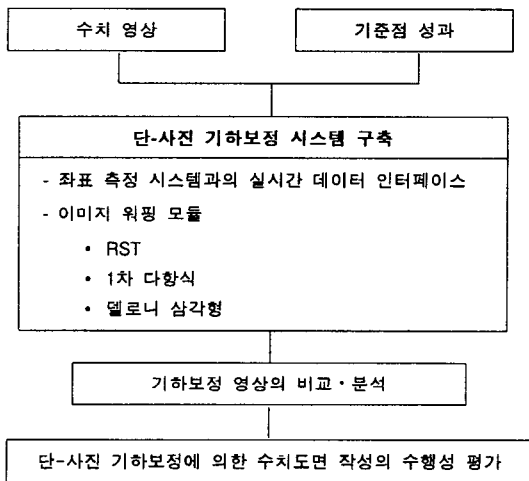


그림 1. 연구수행 흐름도

시스템을 구축한다. 단-사진 기하보정에 의해 정사투영의 영상을 생성할 경우 기준점의 활용과 워핑 알고리즘이 중요한 인자로 작용한다. 입체 영상은 소수의 기준점으로 해석이 가능하지만, 단-사진의 경우는 소수의 기준점만을 사용하여서는 기록이 있는 대상면까지 정사투영의 효과를 기대하기는 어렵다. 그러므로, 기록이 있는 부분에 대해서는 기준점 측량을 수행하여 보다 많은 좌표 성과를 획득할 필요가 있다. 해석 대상면에 대한 DEM성과가 구축된다면 정사투영의 영상을 생성하기가 용이하지만, DEM을 구축하기는 쉽지 않은 일이다. 특히, 건축물과 같이 해석 대상물이 높을 경우, 많은 측정점들의 위치에 타겟(sheet target)을 부착·측정하는 것은 매우 어려운 작업으로 많은 시간과 인력을 요하게 되므로, 이를 보다 효율적으로 수행하기 위해 무-타겟 3차원 측정기를 활용하여 측정점들의 좌표성과를 획득한다. 획득한 측정점들의 좌표성과는 해석 대상면을 기준 좌표축으로 설정하여 3차원 좌표 변환을 수행한다. 그리고, 구축한 시스템을 이용하여 워핑 기법별 기하보정의 성과를 비교·분석하여 2차원 수치도면 작성의 효율적인 수행 방안을 제시한다. 그림 1은 연구수행 흐름도를 간략하게 나타낸 것이다.

## 3. 시스템 구축

단-사진 영상과 기준점 성과를 이용하여 기하보정을 수행하고 정사투영의 영상을 생성할 수 있도록, IDL

파일	영상색조정	영상확대	기준점 및 기하보정	영상처리	도움말
열기	컬러테이블	확대창색변경	기준점 파일	에지검출	소벨 로버츠 색인
저장	히스토그램 조정	확대	기준점 선택	스무딩	Boxcar Median 버전 번호
인쇄	원색상		기하보정	RST Polynomial Triangulation	원영상
종료					

그림 2. 메뉴 구성

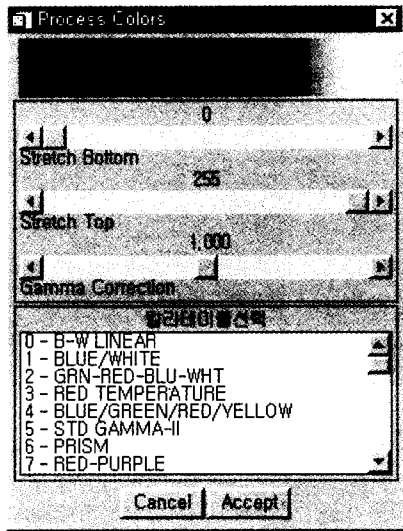


그림 3. 컬러 테이블

(Interactive Data Language)을 이용한 단-사진 기하보정 시스템을 구축하였다. 본 시스템에서 사용한 영상포맷은 .raw와 .gif 그리고 .jpg이며, 원시영상의 질을 향상시킬 수 있도록 영상처리의 기본적인 모듈들을 구성하였다. 그림 2는 단-사진 기하보정 시스템의 답-다운 메뉴를 나타낸 것이다.

### 3.1 컬러테이블 및 히스토그램 조정

컬러 영상을 이용할 경우 RGB 컬러 테이블을 이용하여 컬러를 재 표현할 수 있도록 윈도우 패널을 구성하였다. 원시 컬러영상의 색상은 41개의 컬러 테이블을 이용하여 색상을 변화시킬 수 있도록 메뉴를 구성하였다. 그리고 히스토그램의 조정을 통해 원시 영상의 명암을 조절할 수 있도록 모듈을 구성하였다. 그림 3은 다양한 컬러 테이블을 통해 영상의 색 조절을 가능하게 하는 윈도우 패널을 나타낸 것이다.

### 3.2 에지 검출

영상의 밝기가 낮은 값에서 높은 값으로 혹은 높은 값에서 낮은 값으로 변화하는 지점에 존재하는 에지(edge)는 영상내에 물체가 어디에 위치하고 있으며, 모양과 크기, 그리고 질감이 어떠한지 등에 대한 많은 정보들을 나타내게 된다. 이에, 본 시스템에서는 기본적인 소벨(sobel) 연산자와 로버츠(roberts) 연산자를 이용한 에지 검출 모듈을 구성하였다. 이는 자동/반자동 선형화 작업

의 효과를 나타내어 정사투영 영상의 도면화 작업에 큰 역할을 할 것으로 사료된다.

### 3.3 기준점 선택

측량기기의 자체 메모리에 저장된 기준점 성과를 ASCII 파일 형식으로 다운로드할 수 있도록 데이터 인터페이스 모듈을 구성하였다. 마우스를 이용한 기준점 파일 메뉴를 통해 기준점 파일을 획득할 수 있도록 수행 모듈을 구현하였다. 기준점 선택 모듈은 현장에서 측정된 측정점의 좌표성과를 컴퓨터 모니터상의 상응하는 영상점에 직접적으로 연계시켜 영상 분석을 가능하게 하므로, 사용자는 영상의 기하보정 결과를 현장에서 즉시 알 수 있다. 그러므로, 이에 대한 보정 및 추가 측량 데이터의 필요성을 판단할 수 있게 된다. 외업과 내업의 동시 수행을 가능하게 하는 중요한 운용 모듈이다.

### 3.4 영상의 기하보정

단-사진 기하보정의 중요한 인자는 이미지 워핑 기법에서 사용하는 좌표변환 방정식이다. 본 시스템에서는 영상의 기하보정을 위한 모듈의 하나로 영상 재배열을 위한 최근린보간법(Nearest Neighbor Interpolation)과 워핑 기법으로 RST(Rotation, Scale, Translation) 기법, 1차 다항식(1st polynomial) 그리고 델로니 삼각형(Delaunay Triangulation)을 사용하였다. RST 워핑 기법은 식 (1)과 같은 affine 변환식을 이용하여 원시 영상의 좌표들에 대한 새로운 좌표를 계산하여 영상을 재배열하게 된다.

$$\begin{aligned} x' &= ax + by + c \\ y' &= dx + ey + f \end{aligned} \quad (1)$$

a, ~, f : 계수  
x, y : 원시영상의 좌표 x', y' : 변환후의 x, y좌표

1차 다항식 워핑 기법은 식 (2)와 같이 RST 워핑 기법식에 xy항을 추가한 1차 다항식을 이용하여 새로운 영상좌표를 계산하여 영상을 재배열하는 기법이다.

$$\begin{aligned} x' &= axy + bx + cy + a \\ y' &= exy + fx + hy + h \end{aligned} \quad (2)$$

델로니 삼각형 워핑 기법은 불규칙하게 배열되어 있는 기준점들을 이용하여 델로니 삼각형을 구성한 후 식 (3)과 같은 기본식에 의해 삼각형 내부의 값을 영상좌표로

1차 내삽하여 사용하게 된다.

$$\begin{aligned} ax' + by' + x + c &= 0 \\ zx' + by' + y + c &= 0 \end{aligned} \quad (3)$$

#### 4. 영상분석

구축한 단-사진 기하보정 시스템의 수행성을 평가하기 위해, 그림 4와 같은 건축물을 대상으로 선정하고 그 중앙부를 해석 대상으로 영상 처리하였다.

##### 4.1 데이터 획득

효율적인 2차원 도면 작성의 수행을 목적으로 10m×15m 정도 크기의 건축물을 촬영하였다. 다른 일반 카메라 보다 렌즈의 왜곡이 적고 필름의 포맷(6cm×6cm)이 커서 대상을 해석하기에 용이한 초점거리 80mm의 Rollei 6008 카메라를 이용하였다. 그리고, 시각적 분석 효과를 높이기 위해 컬러 양화 필름을 사용하여 노출 f/16, 셔터속도 1/8초로 적정 노출에 주의하여 영상을 획득하였다. Rollei 6008카메라는 35mm 필름보다 그 포맷이 크며 사용한 필름이 컬러 양화이기 때문에 컬러 음화를 사용하는 35mm 카메라의 적정노출보다 2단계 높여 촬영을 하였다. 양화필름은 광원이 약하면 세부내용(detail)을 잃기 쉽기 때문이다. 촬영은 대상물로부터 약 20m 전방에서 수행하였다.

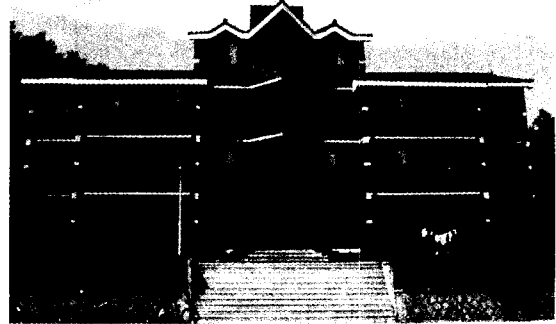


그림 4. 대상물의 전경

획득한 필름 영상은 필름 스캐너(PhotoScan TD, Intergraph社)를 이용하여 14μm로 스캔하였으며, 스캔한 영상의 화소수는 약 4000화소×4000화소이다.

기준점 측량은 타겟의 부착이 필요없는 무-타겟 3차원 측정기(Geomedimeter社)를 사용하였다. 대상면과 평행한 방향으로 측정기기의 우측방향을 X축으로 설정하고 촬영방향을 Z축, 높이방향을 Y축으로 하는 직각좌표계를 설정하였으며 측정기기의 위치를 원점으로 하여 3차원 좌표를 획득하였다. 이는 해석하고자 하는 대상면을 기준면으로 하는 좌표성으로 3차원 변환하여 영상분석을 위한 변환 좌표로 사용하였다. 그림 5는 수치영상과 기

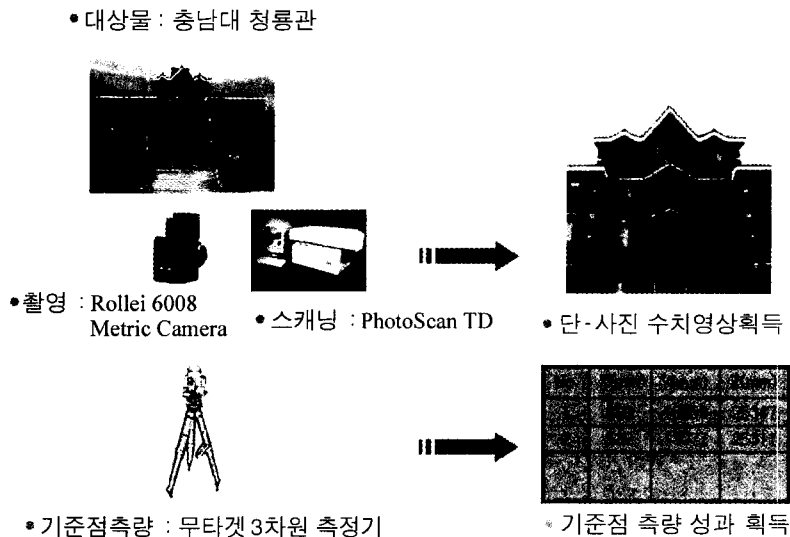


그림 5. 데이터 획득 과정

기준점의 획득과정을 간략하게 도시한 것이다.

#### 4.2 기하보정

단사진 기하보정 시스템을 이용하여 해석 대상면에 여러 워핑 기법을 적용하고 그 결과를 비교·분석하였다. 기준점 선택 모듈을 사용하여 획득한 각 측정점들의 성과를 그림 6과 같이 상응하는 영상점에 마우스를 클릭하여 위치시킨 후, 영상 워핑 및 재배열을 수행하였다.

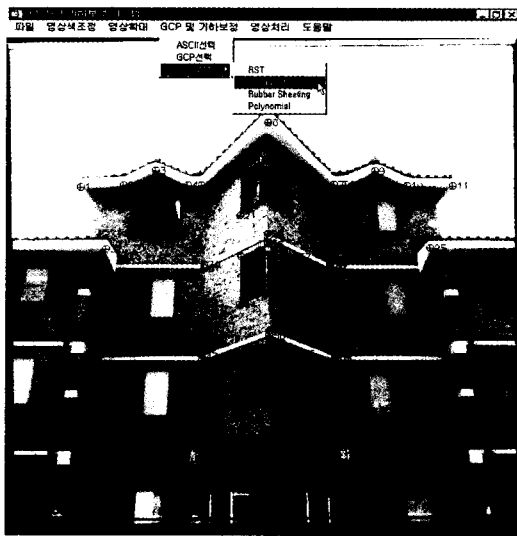


그림 6. 기준점 선택 모듈의 수행결과

그림 6은 각 영상점에 기준점의 성과를 위치시킨 결과를 도시한 것이다.

##### 4.2.1 RST 워핑

그림 7은 RST 워핑 기법을 적용한 결과를 나타낸 것이다. 그림 7에서와 같이, 기복이 없는 편평한 부분의 창문들을 포함하여 영상 전체가 재배열에 의해 적절하게 보정되지 못하였음을 알 수 있었다. 이는 단순 직선 변환에 의해 기복의 변위가 있는 측점에서 발생하는 많은 위치 편차가 영상 전반에 오차를 유발한 것으로 기복이 있는 대상물에 적용하기는 많은 무리가 따를 것으로 사료된다.

##### 4.2.2 1차 다항식 워핑

RST 워핑 기법식에  $xy$ 항을 추가한 1차 다항식을 이용하여 새로운 영상좌표를 산출하여 영상 재배열을 하는 1차 다항식 워핑 기법을 적용한 결과는 그림 8과 같다. 기복이 없이 편평한 부분의 창문들은 그 형상이 바로 나타난 듯 하나 기복의 변화가 있는 영상의 중앙부분의 창문에는 1차 다항식 워핑 기법이 효력을 미치지 못하였다. 따라서 이러한 기법은 교통사고 조사와 같은 기복이 없는 편평한 지역에 대한 정사투영 영상의 생성에 효율적으로 이용될 수 있을 것으로 사료된다.

##### 4.2.3 델로니 삼각형 워핑

그림 9는 델로니 삼각형 워핑에 의한 결과를 나타낸 것으로, 기복이 있는 중앙부분의 창문이 RST, 1차 다항식 워핑 기법에 의한 결과와는 달리 그 형상이 바르게

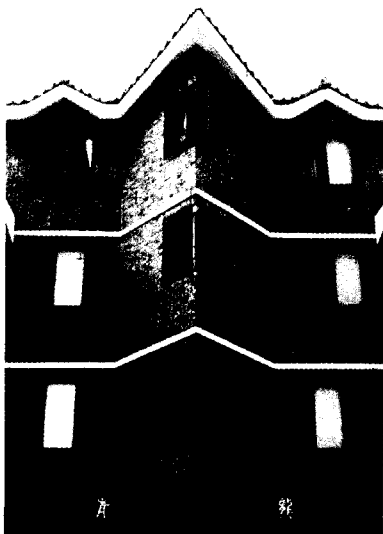


그림 7. RST 워핑의 수행 결과

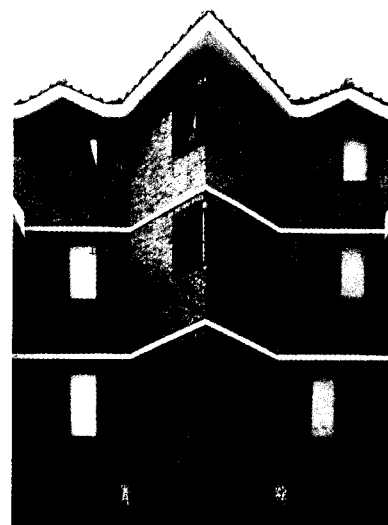


그림 8. 1차 다항식의 수행 결과



상획득 및 해석공정의 간소화를 이루었다.

2. 여러 워핑 기법을 이용한 단사진 기하보정 시스템을 구축하여 수치도면 작성을 보다 용이하게 수행할 수 있었다.

3. 워핑 기법별 정사투영 영상의 기하보정 효과를 비교한 결과, 텔로니 삼각형 워핑 기법이 가장 양호한 결과를 나타내었다.

4. 좌표 측정기기와의 실시간 데이터 인터페이스 모듈의 구축은 기하보정 시스템 활용의 실효성을 증대시켰다.

향후, 도면 작성의 자동화를 위한 다양한 영상 처리 기법을 강화한다면 2차원 수치도면 작성의 효율성을 보다 향상시킬 수 있을 것으로 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, pp. 354-368, 1998.
3. George Wolberg, "Digital Image Warping", IEEE Computer Society Press, pp. 41-92, 1990.
4. Gerhard X. Ritter & Joseph N. Wilson, "Computer Vision Algorithms in Image Algebra", CRC press, 1996.
5. "IDL Reference Guide", Volume 1,2, Research Systems, Inc, March, 1995.
6. Ioannis Pitas, "Digital Image Processing Algorithms", Prentice Hall International(UK) Ltd, 1993.
7. Karl Kraus, "Photogrammetry Vol. 1, 2", 4th Edition, ümler/Bonn, 1997.
8. Paul R. Wolf & Charles D. Ghilani, "Adjustment Computation", John Wiley & Sons, Inc, 1997.
9. Randy Crane, "A Simplified Approach to Image Processing Classical and Modern Techniques in C", Prentice Hall PTR, 1997.