

## 수치정사영상을 이용한 도심지역 3D-GIS구축

### GIS Construction of City Zone 3-Dimension Using Digital Orthoimage

박홍주<sup>1)</sup> · 박운용<sup>2)</sup> · 김희규<sup>3)</sup> · 홍순현<sup>4)</sup>

Park, hong-Joo · Park, Woon-yong · Kim, Hee-Kyu · Hong, Soon-Heon

<sup>1)</sup> 동아대학교 대학원 토목공학과 석사 과정(E-mail : phj76@smail.donga.ac.kr)

<sup>2)</sup> 동아대학교 토목·해양공학부 교수(E-mail : uypark@daunet.donga.ac.kr)

<sup>3)</sup> 경남정보대학 건설정보과 교수(E-mail : kimhg51@hanmail.net)

<sup>4)</sup> 밀양대학교 토목공학과 교수(E-mail : hongsh@mnu.ac.kr)

#### Abstract

최근 들어 사진측량은 광센서 및 컴퓨터기술 발전과 같은 관련분야의 발전과 자료처리과정의 자동화 및 사용자의 편의성에 대한 요구로 수치사진측량(Digital Photogrammetry)이라는 새로운 학문분야로 발전하고 있다. 수치사진측량은 지형지물 및 자연환경에 대한 기하(geometric), 복사(radiometric) 및 의미적(semantic) 정보를 수치영상으로부터 획득하는 기술로 정의되고 있다. 그 적용분야 역시 크게 증가하여 사회 전반에 응용되고 있으며 앞으로 GPS(Global Positioning System), GIS(Geographic Information System) 및 RS(Remote Sensing)와 연계되어 발전 및 응용의 잠재력이 클 것으로 예상된다.

따라서 본 연구에서는 수치사진측량의 발전과정 및 정확한 지형자료의 해석을 중심으로 수치사진측량에 의한 영상 정보를 보다 쉽고, 정확하게 해석하여 정보 취득 관한 적용 가능성을 제시하고, 도시지역의 지상 D/B자료와 지하시설물 D/B를 하나의 3차원 시각화로 나타냄으로써 도시의 모든 시설물을 통합하여 보다 효과적인 유지·관리, 재해 방지, 합리적 의사결정에 기여하고자 한다.

## 1. 서론

우리나라도 해방이후 외국의 기술 원조를 통하여 항공사진측량에 의한 현대적 지도 제작이 시작된 이후, 오늘날 모든 국토 기본도는 항공사진측량에 의존하고 있으며 최근에는 인공위성 영상에 의한 지형 정보를 획득하는 분야가 폭넓게 연구·활용되고 있다. 또, 현재 국가 지리 정보 체계(NGIS : National Geographic Information System)를 구축하여 국토의 효율적인 유지, 관리를 하기 위해서 지형 및 공간에 대한 다양한 정보획득의 필요성이 절실하게 요구되고 있으며, NGIS사업의 기반이 되는 GIS(Geographic Information System)를 구축하기 위해서 많은 시간과 비용을 투자하고 있지만, 각 분야별 통합된 자료가 아니라 지상과 지하의 각각의 정보에 대해서 나누어져 도심지역의 통합된 하나의 3D-GIS가 절실히 요구되는 현실이다. 따라서, 본 연구의 목적은 이러한 정보들을 보다 효율적으로 획득하고 분석하여 수치사진측량에 의한 지형정보의 수집, 처리에 의한 DB구축을 위한 수치표고모델과 정사영상 생성을 하고 얻은 자료와 지하시설물의 자료를 하나로 통합하는데 있다.

## 2. 항공사진을 이용한 정사영상 제작

### 2.1 수치적 미분편위수정

중심투영에 의한 항공사진은 경사(tilt)와 기복(relief)에 의한 변위(displacement)를 포함하므로 이를 제거하여 정사영상(orthophoto)을 제작하게 된다. 그림1과 같이 기복변위를 제거하여 정사영상을 제작하

는 과정을 미분편위수정(differential rectification)이라 한다. 미분편위수정 방법은 일반적으로 광학적 미분편위수정(optical differential rectification)과 수치적 미분편위수정(digital differential rectification)으로 나뉜다. 광학적 미분편위수정은 도화기를 이용하여 입체모형을 형성하고 필름을 광학적으로 재투영하여 정사투영사진을 제작하는 방법이며, 수치적 미분편위수정은 이미 제작해 놓은 수치자료와 DEM을 이용하여 정사투영영상을 제작하는 방법이다. 이러한 수치적 미분편위수정은 지상기준점 또는 DEM을 입력자료로 사용하는가 출력자료로 사용하는가에 따라 직접적 방법과 간접적 방법으로 구분할 수 있다.

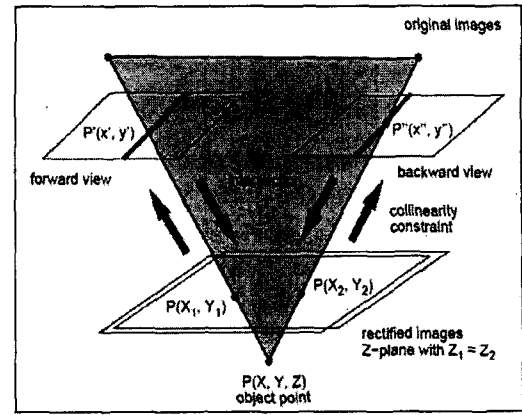


그림 1. 미분편위수정

직접적 방법은 주로 인공위성 영상을 기하 보정할 때 많이 사용되는 방법으로 절대 좌표를 알고 있는 지물의 영상좌표를 측정하고 영상재배열의 과정을 통해 각 출력 화소의 위치를 계산하는 방법이다.

간접적 방법은 지상기준점 또는 DEM에 의해 출력 화소의 위치가 이미 결정된 상태에서 입력 화소의 위치를 역으로 입력영상의 영상 좌표를 이용하여 결정하는 방법이다.

## 2.2 정사영상의 폐색영역 및 음영지역 복원

정사영상 생성에서 가장 큰 문제 중의 하나는 지형지물, 특히 높은 건물 등에 의한 폐색지역과 음영지역을 복원하여 실 정사영상(true orthophotos)을 만드는 일이다. 현재까지 이에 대한 다양한 연구에도 불구하고 대축척 실 정사영상 자동제작은 아직도 많은 문제점이 있다. 실 정사영상의 제작을 위한 경사 왜곡 제거 시 고려되어야 할 인자들로 지형적인 변동과 건물의 높이 및 수목(canopy) 등이며, 특히 건물에 대한 보정은 매우 주의를 기울여야 한다. 완벽한 정사보정작업은 표정요소계산과 가용한 지형모형을 통한 영상보정(image rectification)의 두 단계의 처리과정을 포함한다.

항공사진의 표정요소 계산은 오랜 경험을 거쳐 현재 성숙된 단계에 와 있다. 단지 기존의 방법들을 확장하여 신장비와 기술을 접목하여 완전 자동화에 의한 외부표정요소 계산에 주력하고 있다. 표고정보의 검색분야에서는 입체영상으로부터 지형 또는 표고정보를 측정하기 위해 입체도화기 또는 해석도화기를 함께 사용한다. 한편, 패치(patch) 또는 사물(feature)에 기반을 둔 다양한 구조의 매칭 기법들이 자동적인 고도추출을 위해 폭넓게 사용되고 있다. 실 정사영상을 제작하기 위해서는 수치건축물 모델이 필요하다. 물론 최신기법을 사용한 자동 건축물 추출방법이 실험적으로 적용되고는 있지만 완전한 자동화 시스템을 위해서는 아직도 많은 문제들이 선결되어야 한다. 반면, 반자동화 방법들은 여러 분야에서 점진적으로 실용화되고 있다.

정사영상 제작에서 폐색과 음영영역은 주요한 방해요소로 작용하여 정사영상의 판독성을 떨어지게 한다. 일반적으로 정사영상의 축척이 커질수록, 이러한 현상은 더욱 두드러지게 나타난다. 이러한 폐색과 음영영역은 급격한 표고의 변화에 의해서 발생한다. 그리고 거의 모든 대축척 사진의 응용분야에서 건물의 높이는 표고의 불연속성을 야기하는 주요한 요인이 되고 있다. 따라서 정사보정방법은 건축물에 의한 폐색영역과 음영영역을 최소화하여 판독성 향상에 그 목적을 두고 있다.

## 3. Virtual GIS

가상현실은 Video place개념을 창안한 Myron Krueger 박사에 의해 시작되었으며(Myron Krueger, 1991), 미국 VPL Research와 Jarrow Lanier에 가상현실이란 용어로 다시 정리되었다. 즉, 가상현실 시뮬레이션이란 실제 환경과 유사하게 만들어진 컴퓨터 모델 속에 들어가 시각, 청각, 촉각 같은 감각들을 이용하여 그 속에서 정의된 세계를 경험하고 대화식으로 정보를 공유하는 것으로 정의 할 수가 있다.(최현, 2001) 오늘날 GIS에서도 2차원을 거쳐 발전해온 3차원 GIS는 초창기에는 지형을 단순히 3차원으로 가시화 하는 기능 위주였지만, 최근에는 3차원 지형 분석 및 3차원 시설물과 3차원 도시 등의 실감 있

는 모델링, 분석 기능을 제공하는 단계까지 이르렀고, 현실감 있는 가상현실(Virtual Reality)기능이 더욱 강조된 3차원 GIS가 등장할 것이다.(신석효, 2002) 요즘은 이 3차원 지형이나 분석 시스템을 거쳐 웹 상에서의 3차원 가상도시 구축을 하는 단계에 이르렀다.

## 4. 실험 및 분석

### 4.1 실험

경상남도 마산시의 마산항 지역을 GPS를 이용한 1:16,000 항공사진으로 실험 대상지역 선정 시 산악지, 도심지, 해안가등 모두 포함되도록 계획하였다. 촬영용 항공기는 Cessna208이며 사용된 항공사진 카메라는 RC30( $f=152.486\text{mm}$ )을 사용하였다. 본 연구에서는 4장의 Sheets사진과 1개의 스트립을 사용하였다, 그림2는 실험대상지역의 현황도이고, 그림3은 항공사진 촬영용 카메라 항공기의 움직임을 보정해주는 FMC기능(Forward Motion Compensation)의 장비이다.

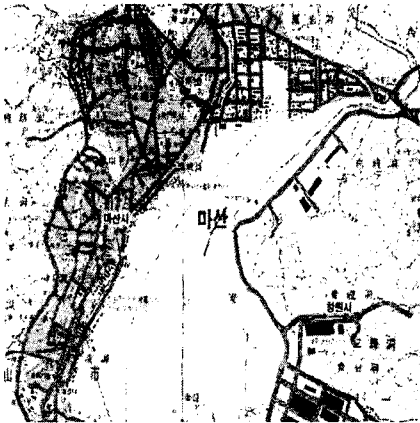


그림 2. 실험지역 현황도

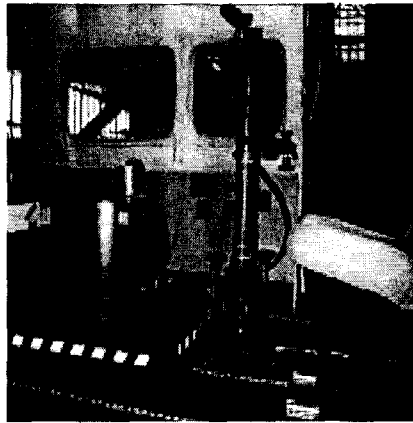


그림 3. Leica RC30



그림 4. 지상 기준점 측량

지상기준점 측량에 사용된 수신기는 TOPCON LEGACY-H GD이며, 그림4는 선점된 지상기준점에 대하여 GPS측량을 수행하는 장면이다, 삼각점 2점을 선정하여 기준국으로 이용하였으며, 측량하는 동안 연속관측을 실시하였으며 이동국은 지상기준점당 약 50~60분씩 수신하였다. 사용된 점 중에서 삼각점의 정표고를 고정하여 나머지 임시점들의 정표고를 GPS에 의하여 간접적으로 산정하였다. 현지 측량을 수행한 후에 모든 지상기준점들의 측량 데이터는 GPS 전용 프로그램을 이용하여 좌표성과를 산출하였다. 그림5는 지상기준점 및 검사점 등에 대한 최종 성과 산정 시 발생한 오차타원도를 도시한 것이다. 표 1은 GCP 지상 기준점의 정확도를 표로 나타낸 것이다.

<표1> Accuracy of GCP

Classification	Error	
Horizontal	standard deviation	0.003m
	maximum error	0.006m
Vertical	standard deviation	0.006m
	maximum error	0.015m

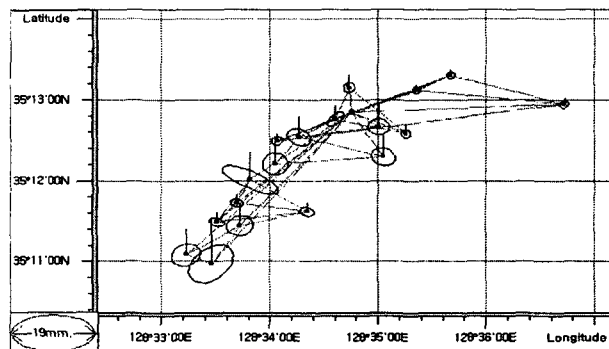


그림 5. 지상기준점 성과(오차타원도)

## 4.2 분석

실험에 의한 데이터를 ERDAS Imaging와 ARC View 프로그램을 이용하여 먼저 표정작업을 하는데 카메라 검정자료를 이용하여 내부표정을 수행한 후 각 사진에 대한 외부표정요소를 구하였다. 내부표정에서는 항공사진의 수치화 과정에서 좌표계의 변환관계를 설정하여, 도화기로 취득된 기계좌표계와 영상의 사진좌표계를 연결시킬 수 있는 좌표변환을 수행해야 한다. 외부 표정은 지상 기준점을 이용하여 수행 하였고 내·외부표정 작업이 끝나면 영상 접합을 하는데 본 연구에서는 자동 매칭을 통하여 3차원 위치를 결정하였으며 그 처리 과정은 먼저 Epipolar Line 생성과 최소탐색영역 설정한 후 영상정합을 실시하였다. 아날로그 사진에 있어 수치지도의 GCP를 이용한 것과 GPS를 이용한 GCP의 잔차를 비교해 보면 그림 6, 7, 8, 9와 같이 나타난다.

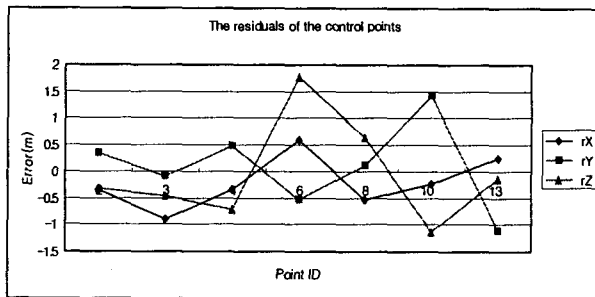


그림 6. 수치지도 GCP의 Control Points 잔차

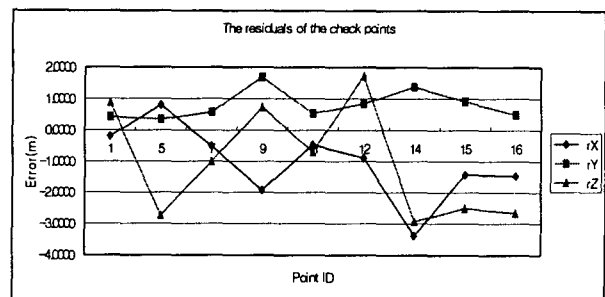


그림 7. 수치지도 GCP의 Check Points 잔차

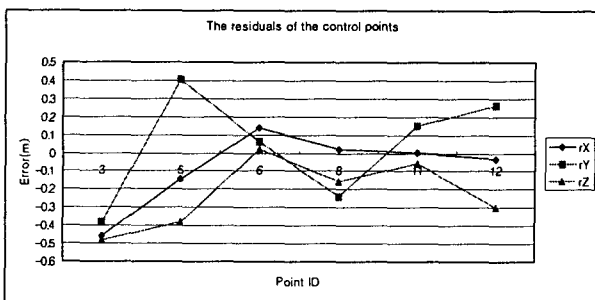


그림 8. GPS GCP의 Control Points 잔차

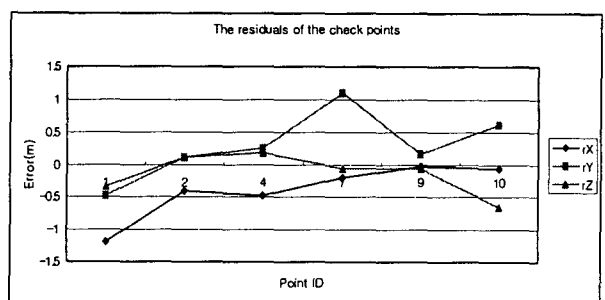


그림 9. GPS GCP의 Check Points 잔차

앞 단계에서 구한 외부표정요소와 영상정합 결과를 이용하여 수치표고자료(DEM)를 생성하였다. 그림 10과 같이 외부표정요소를 입력 한 뒤에 자동 DEM을 생성할 면적을 지정하고, 생성할 DEM의 격자 크기, 보간 방법, 데이터 포맷 등을 설정해준다. 자동 DEM 생성은 두 장의 좌, 우측 사진의 중첩되는 안쪽 부분까지 경계로 하여 설정한다. 그리고 정사영상은 데이터처리의 사진작업이 모두 완료되면 그림 11과 같이 프로그램 상에서 수행한다.

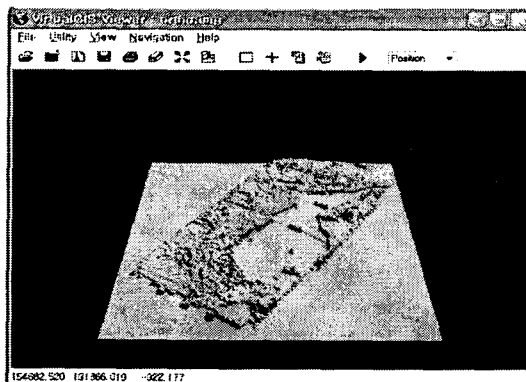


그림 10. 실험지역의 DEM 생성

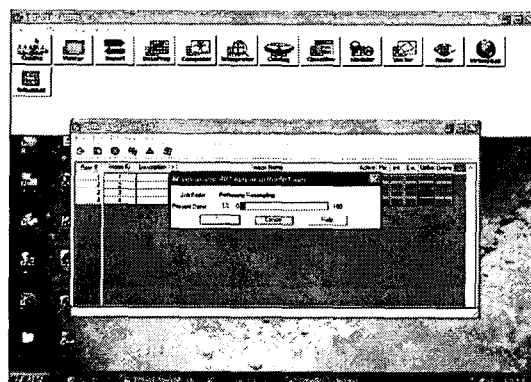


그림 11. 정사영상을 만드는 과정

정사영상은 모델단위별로 생성되므로 1:16,000 수치지도 도곽의 크기에 맞게 모자이크 재단을 수행한 후 그림 12와 같은 최종 정사영상이 얻어진다. 수치사진측량에 의한 지형정보구축의 마지막 단계로 생성된 정사영상에서 3차원 위치정보를 취득하고 벡터화 하여 이를 DB에 저장하고 다양한 분야에의 활용을 위하여 3차원 시각화 작업을 수행하였다. 마지막으로 ARC View에서 벡터파일 만든 것을 애비뉴파일(아크뷰의 언어)을 이용하여 그림 13과 같이 건물의 polyline을 polygon으로 바꾸고 지하시설물도와 결합하여 가상도시의 모델링을 한다.

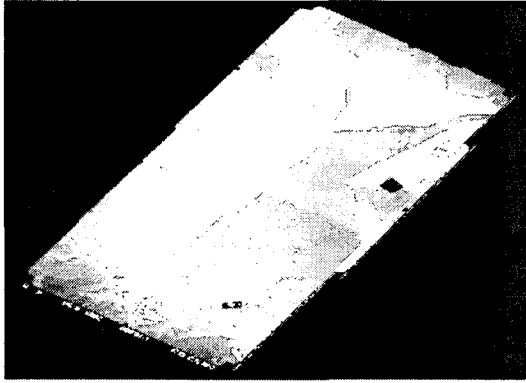


그림 12. 실험 지역 정사 영상

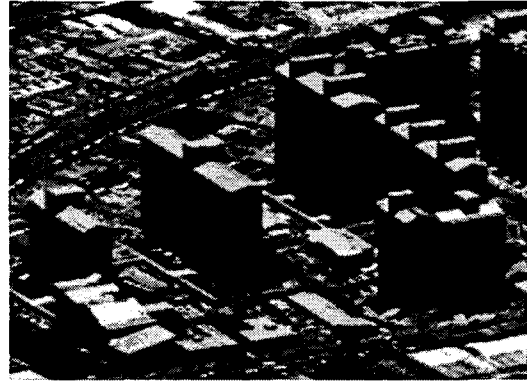


그림 13. 3D 가상도시 모델링

## 5. 결론

본 연구에서는 항공사진 측량을 이용하여 도시지역의 3차원 D/B구축을 위해서 항공사진 측량기법을 이용하여 도시의 지상을 측량하고 도시지역 지하의 지하시설물도와 결합하여 동시에 3차원으로 나타내어 봄으로써 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 본 연구에서 제시된 수치사진측량체계의 안정성, 조정성 및 균형성이 우수하여 지형지물 대상지역에 대한 신속하고 정확한 지형정보 취득방법으로 이용 가능함을 알 수 있었다.

둘째, 수치사진측량체계를 이용하여 취득한 지형지물 대상지역의 사진을 수치화하고 정사투영영상지도를 생성함으로써 대상지역의 자료구조에 적합한 자료해석방법을 정립할 수 있었다.

셋째, 도시지역 각각의 지상과 지하의 D/B 자료들을 하나의 통합된 3차원으로 나타냄으로써 도시지역 지리정보 데이터의 통합 및 유지관리에 있어 보다 신속하고 정확하게 대처 할 수 있다.

## 참고문헌

1. 국토지리 정보원, "항공사진측량 작업내규", 2002.
2. 박운용 (2002), 응용측량학, pp. 285~366
3. 신석호, 안기원, 이효성, 임완철, 지학송(2002), 3차원 GIS의 공간데이터 작성을 위한 URML의 적용. 대한토목학회2002년 학술 발표회
4. 이승규, 김정희, 송연경 (2003), 건축물을 토지정보시스템에 등록하는 방법의 연구. 한국측량학회지, 제21권, 제4호 pp. 1~10
5. 유복모, 현대 디지털 사진측량학, 문우당, 2001, p485.
6. 정인주 (2003), 3차원 Virtual GIS를 이용한 도시하천관리 시스템 구축. 부경대학교 박사 학위논문
7. 최현, 강인준, 이병걸(2001), 3차원 지형공간 정보체계를 이용한 도로설계 시물레이션, 대한토목학회지. 제21권, 제2호 pp. 201~207