

수치영상을 이용한 사면지반 계측시스템 개발(1)

- 캐드의 연계를 통한 DCRP 교육용 운용시스템 구축 -

The Construction of Digital Close Range Photogrammetry System Integrated With CAD for Education

배상호* · 주영은**
Bae, Sang Ho · Joo, Young Eun

要 旨

본 연구에서는 고가의 측정장비와 해석장비를 배제한 보다 경제적인 매체를 활용하여 관련 학습자가 손쉽게 사진측량을 이해하고 활용할 수 있는 솔루션을 제공하고자 하였다. 이를 위해, 모니터 상의 입체영상에 이벤트를 발생시켜 3차원 위치자료를 해석하고 캐드 시스템에 자동 입력하도록 하여 좌표측정과 함께 실시간 벡터편집 및 도면화를 가능하게 하였다. 그리고, 구축 시스템의 검증을 수행하여 실 구조물에 대한 모니터링을 수행할 수 있었으므로 관련 분야의 실습용 운용 교보재로서의 활용이 가능할 것으로 기대한다.

ABSTRACT

In this study, it was intended to present solution for learners to understand and utilize photogrammetry more easily using economic medium except expensive measuring equipment. For this, 3D point data was analysed by generating event to stereo image on monitor, and input to CAD system automatically. so, real time vector editing and drawing with coordinates measurement were possible. The system was verified, and the monitoring for real construction was performed. so, it is expected to be utilized as a practical use software in related fields.

1. 서 론

고도화된 과학기술의 발전에 힘입어 건설기술 분야에도 첨단 복합기술의 활용이 본격화되고 컴퓨터를 이용한 GIS 응용과 자동화 기술의 발전이 가속화됨에 따라 보다 신속한 3차원 영상분석 시스템의 개발이 가능해지고 있다.^{1),2)}

고해상도의 화상 입·출력과 데이터 처리 시스템은 비접촉 구조물에 대한 높은 정확도의 3차원 위치측정을 가능하게 하고 있으므로 구조물의 외형 파악과 손상 유무의 판단에 효율적으로 활용될 수 있을 것이며, 첨단 통신장비를 이용한 상시 모니터링도 현실화되어가고 있는 실정이다.⁴⁾ 이에, 본 연구에서는 입체영상을 이용한 3차원 구조물의 실시간 도면화를 위해 미니 language 스크립트를 지원하는 디지털 카메라의 영상 해석 모듈을 일반인들이 사용하기 용이하도록 구성한다. 그리고, 카메라의 제어, client와 server의 입·출력 신호 인식, 입체 영상 다운로드 등의 처

리 모듈을 정립하여 프로그램 수행을 위한 시스템 운용의 효율성을 증대시킨다.

영상분석 모듈은 시간이 지날수록 더 발전된 알고리즘의 개발이 가능하므로, 시스템 개발은 실시간 모듈을 향상시켜 사용할 수 있도록 윈도우의 OLE와 DLL 등을 활용한다. 이를 위해 In-process dll 기법과 Out-process dll 기법을 병행하여 시스템의 안정성과 효과적인 자원활용을 이룬다.

이러한 방법으로 복잡한 영상획득과 해석절차의 간소화를 이루어 효율적인 운용 시스템을 개발하고 캐드를 기반으로 구조물의 3차원 데이터를 실시간 편집 및 도면화할 수 있는 데이터 전송 모듈을 구성한다.

이는 고가의 측정장비와 해석장비 및 소모품을 배제한 보다 경제적인 매체를 활용한 것으로 비전문가 또는 관련 학습자가 손쉽게 사진측량을 이해하고 활용할 수 있을 것이며, 특히 관련분야 교육자의 실습용 운용 교보재로서 그 활용가치가 높을 것으로 기대한다.

*대림대학 토목과 전임강사

**충남대학교 토목공학과 박사수료

2. 연구내용 및 목표

본 연구에서는 번거로운 영상획득과 해석 절차의 간소화를 이루고 이벤트 핸들링에 의해 수행할 수 있는 수치영상분석시스템을 구축한다. 수치 입체영상을 현장에서 획득하고 분석할 수 있는 프로그램을 개발하여 상시 모니터링과 이의 활용가능성을 증대시키고자 한다.

사진측량에 대한 전문지식이 없이도 입체영상과 간단한 데이터의 입력에 관해서만 이벤트를 발생시켜 구조물에 대한 3차원 위치자료를 실시간 캐드상에서 도시화할 수 있는 프로그램을 개발하고자 하며, 사진측량의 교육용 프로그램으로 손쉽게 활용이 가능하도록 하고자 한다.

이와 같은 사용자와의 원활한 인터페이스를 제공하기 위해 분석 클래스의 수행 계층도를 설계하고, 일련의 해석 과정을 모듈로 작성한다. 윈도우 응용프로그램의 구동이 이벤트로 정의되는 이벤트 트리븐 방식을 이용하여 객체지향적 시스템을 구축한다.

영상매체를 이용한 영상분석 시스템은 자료의 획득에서 분석에 이르는 일련의 작업공정을 독립적이며 상속성 개념의 클래스로 정의하므로써 이벤트의 발생에 따른 객체화 수행을 이룰 수 있는 객체지향적 프로그램이다. 그리고 분석에 적합한 영상으로의 변환과 영상정보의 변환 등은 영상분석을 위한 영상좌표의 측정정확도와 밀접한 관계를 가지고 있다. 그러므로, 이러한 인자들을 하나의 클래스로 설계하고 이의 알고리즘을 전산화시키며 분석루틴의 처리 시스템에 대한 정확도 분석, 수치영상 자료와 해상도, 분석 알고리즘의 연관관계를 규명하여 보다 향상된 정확도를 얻을 수 있는 시스템을 구축하고자 한다. 온라인 영상자료의 다운로드를 수행하고 좌표측정 알고리즘과 입체영상을

연계시켜 일관성 있는 영상분석 체계를 구현한다.

이와 같이 영상매체와 분석 및 도면화 시스템을 일체로 하여 사용자의 편리성을 도모할 수 있는 시스템을 구축하므로써 비전문가 또는 일반인들의 이해도를 증진시켜 사진측량의 폭넓은 활용증진의 기회로 삼고자 한다.

3. 시스템 구축

지상사진측량에 의한 도면화를 수행하려면 직각수평촬영의 어려움과 고가의 해석장비가 필수적으로 요구되며 관련 숙련공에 의한 도화과정을 거쳐야 한다. 따라서, 토목 관련 학과에서도 사진측량의 이해 증진을 위한 실습을 용이하게 수행하지 못하고 있는 실정이다. 이에 본 연구에서는 관련 분야 학습자 및 일반인들도 손쉽게 사진측량을 접할 수 있는 프로그램을 개발하고자 한 것이다.

수학적 해석 알고리즘을 토대로 한 3차원 해석성고를 반복적으로 캐드에 실시간 전송하여 직접적으로 도면화할 수 있도록 만든 시스템의 구성 요소를 간략히 표기하면 그림 1과 같다. 사용한 개발 언어는 Visual Basic 6.0으로 공간후방교회법과 공간전방교회법을 독립화하여 촬영점의 위치를 결정한 후에 상점의 좌표로부터 대상물의 3차원 좌표를 계산할 수 있는 모듈로 구성하였다. 또한 기본적인 영상 강화의 알고리즘을 추가하여 디지털 영상 활용의 효율성을 증대시켰다.³⁾

그림 2는 공간후방교회법과 공간전방교회법, 그리고 행렬구성 및 도면화를 위한 영상분석 수행 흐름도를 간략하게 도식화하여 나타낸 것이다.

3D PHOTOGRAMMETER SYSTEM							이미지	
파일	편집	영상처리	컬러처리	입력자료	측정	윈도우	도움말	
데이터 열기	복사	히스토그램	영상 색조정	영상소크기	촬영점의 위치결정	Tile Horizontal	색인	
데이터 저장	오려두기	필터링	Gray Scale	렌즈왜곡 계수	대상점의 위치해석	Tile Vertical	버전번호	
영상 열기	붙이기			외부표정 요소초기값	(캐드입력)			
영상 저장				캐드설정				
인쇄								
종료								

그림 1. 수치근접사진측량과 캐드 통합시스템 메뉴 구성

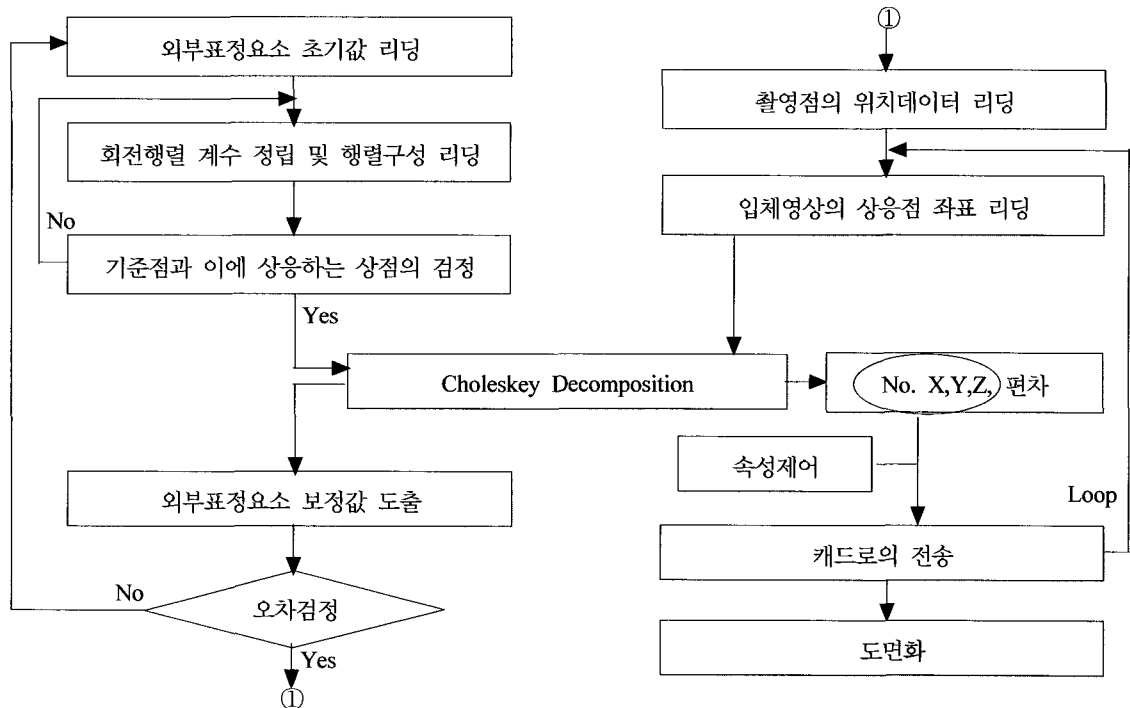


그림 2. 입체영상분석 수행 흐름도

3.1 자료입력 및 영상처리

수치영상분석에 의한 3차원 위치정보의 획득을 위해서는 좌·우측 수치영상, 영상의 화소크기, 내부표정요소, 렌즈왜곡계수 그리고 외부표정요소 초기값 등을 기본 자료로 입력하여야 한다. 입체영상의 파일형식은 디지털 카메라에서 일반적으로 지원하며 압축율이 좋은 JPEG 형식을 채택하였고, 수평 혹은 수직으로 분할하여 모니터에 좌우

측 영상을 출력하도록 하였다. 또한 마우스 오른쪽 버튼의 이벤트를 통해 확대창을 활성화하도록 하여 보다 정확히 상응하는 상점의 위치를 측정할 수 있도록 하였다. 이 외의 입력자료들은 해석 단계별로 구현되는 대화상자를 이용하여 사용자가 직접 입력하도록 구성하였다(그림 3).

영상의 화질 개선을 위한 영상처리모듈은 기본적인 알고리즘들을 구성하여 하나의 메뉴에 포함시켰다. 히스토그램의 확장과 균등화, 다양한 필터를 이용한 먼치리 알고리즘들을 구현하여 영상처리를 통한 좌표측정의 정확도를 향상시킬 수 있도록 하였다.

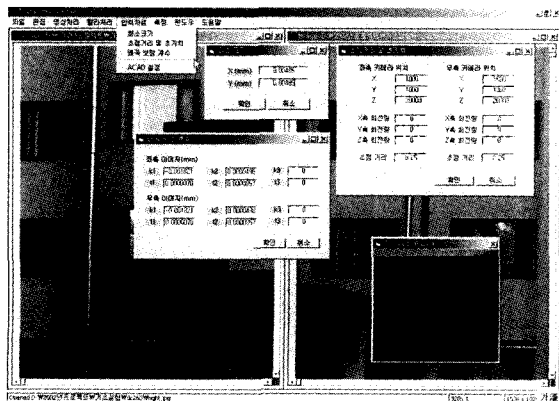


그림 3. 영상출력 및 관련 자료입력 대화상자

3.2 촬영점의 위치 결정

좌·우측 카메라의 투영중심위치와 회전요소를 결정하기 위해서 공선조건식을 선형화하여 외부표정요소 초기값과 기준점 및 기준점에 대응하는 영상좌표를 입력하여 최소제곱법으로 반복 수행하여 최종 외부표정요소를 계산하도록 구성하였다. 그림 4는 외부표정요소 결정을 위한 대화상자를 나타낸 것이다. 기준점에 대한 번호와 좌표는 외부표정요소 결정 대화상자 내에서 텍스트 상자를 이용하여 직접 입력하도록 하였다. 이에 대응하는 영상좌표는 콤

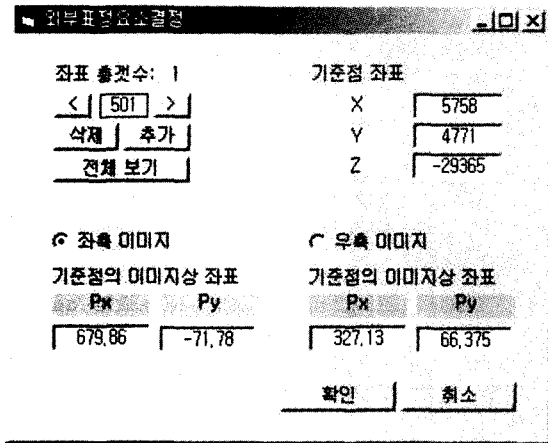


그림 4. 외부표정요소결정 대화상자

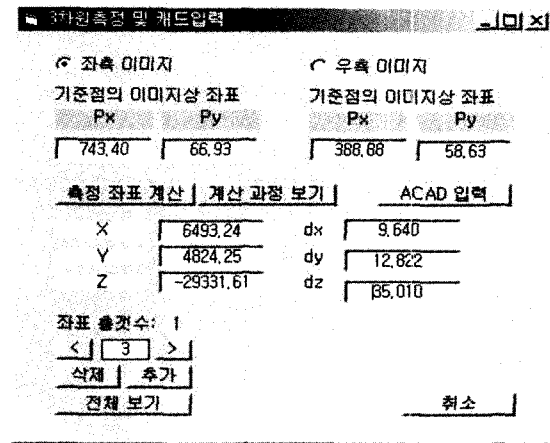


그림 5. 3차원 위치측정 대화상자

보박스를 이용하여 좌우측 영상을 구별한 후 확대창에서 마우스 왼쪽 버튼의 이벤트를 통하여 부화소 단위로 측정하여 입력되며, 내부적으로 내부표정요소를 이용하여 영상좌표로 변환되도록 하였다. 최소 3점 이상의 기준점을 입력하면 좌우측 영상에 대한 외부표정요소와 그 표준편차가 텍스트로 출력되어 결과의 수용 혹은 재측정 여부를 확인하도록 하였다.

3.3 위치측정 및 실시간 카드 전송

그림 5는 공간전방교회법을 이용한 미지점의 3차원 위치를 결정하는 대화상자를 나타낸 것이다. 3차원 위치정보를 획득할 미지점의 번호를 입력하고 좌·우측 영상에서 대상점에 상응하는 영상좌표를 측정하여 입력하도록 구성하였다. 그리고, 입력한 영상좌표를 토대로 계산한 좌·우측 영상의 외부표정요소를 이용하여 3차원 위치정보와 각 축에 대한 표준편차를 계산하여 표시하도록 구성하였다.

이러한 수행과정을 거쳐 계산된 3차원 위치자료는 미지점의 번호와 함께 포인트 정보로 카드 시스템에 입력되어 좌표측정과 함께 실시간으로 벡터편집 및 도면화를 가능하게 한다.

4. 구축 시스템의 검증

개발한 시스템의 정확도 검증과 건축물의 도면화 작업에서의 활용 가능성을 평가하기 위해 그림 6과 같은 건축물의 일부분을 대상으로 기초실험을 실시하였다. 카메라는 저가이며 중해상도(1536×1024)의 영상을 획득할 수

있는 DC260 디지털 카메라(Kodak社)를 이용하였으며 렌즈검정은 실험적 방법인 평면투영변환식을 이용한 검정방법으로 수행하여 표 1과 같은 결과값을 얻었다.

영상은 대상물로부터 약 15m 촬영거리에서 줌렌즈 기능을 사용하지 않고 수렴촬영하여 획득하였다. 그리고 창문이나 벽체의 모서리와 같은 대상물의 특징점을 기준점으로 선정하여 무반사경 토털스테이션으로 그에 상응하는 좌표성곽을 획득하였다. 건축물과 같은 구조물에 대하여 영상내에서 인식할 수 있는 기준점을 전체 대상물에 균등하게 분포되도록 배치하였고, 이의 좌표성곽을 획득하는 작업은 사진측량의 외업에 있어 많은 시간과 인력을 필요로 하기 때문에 무반사경 토털스테이션을 이용하여 특징점들을 기준점으로 채택하여 성과를 획득한 것이다.

그리고 본 연구에서 개발한 시스템을 이용하여 획득한 3차원 위치정보와 토털스테이션 성과와의 비교·분석을 통해 프로그램의 검증을 수행하기 위하여 배치한 17점의 기준점 측량을 수행하였다. 입체영상과 17점의 기준점 중의 5점을 사용하여 좌우측 영상의 외부표정요소를 결정하고 나머지 12점에 대해서는 영상좌표를 측정하여 공간전방교회법에 의해 3차원 좌표를 계산하였으며, 이의 평균표

표 1. DC260 카메라의 렌즈 검정 결과

내부표정요소		렌즈 왜곡계수	
Focal Length(mm)	8.25	K ₁ (mm)	-1.8095E-03
x _p (pixel)	756.646	K ₂ (mm)	4.9081E-05
		T ₁ (mm)	1.9801E-05
y _p (pixel)	505.456	T ₂ (mm)	9.2708E-05

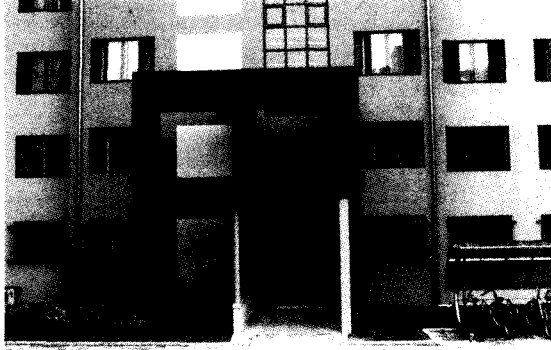


그림 6. 구축 시스템 검증을 위한 건축물

준편차는 X축(기선방향)에서 8.592mm, Y축(연직방향)에서 11.030mm, Z축(촬영방향)에서 23.712mm이었다. 그리고, 영상해석결과와 토탈스테이션을 이용하여 획득한 성과를 비교한 결과, X축과 Y축에서는 10mm정도, Z축에서는 25mm정도의 평균 편차량을 나타내었다. 이와 같은 편차량은 카메라의 기하학적 렌즈왜곡, 상좌표의 측정을 위한 영상의 공간 해상력, 자연점을 이용한 기준점과 상점간의 차이, 촬영점의 위치오차, 그리고 적은 잉여관측수에 기인하여 발생한 것으로 사료되므로, 향후에는 이러한 부분에 대한 보완연구를 수행하여 보다 향상된 정확도의 측정 모듈을 구축하고자한다.

그림 7은 해석한 대상점의 3차원 좌표와 이의 성과를 캐드로 전송하는 반복 루틴을 통해 벡터화 편집을 수행해 가는 과정을 나타낸 것이다. 이와 같이 좌표계산과 벡터 편집을 실시간으로 수행함으로써 고가 장비의 비용 절감 효과 및 입체시에 의한 도면화 작업을 효율적으로 수행할 수 있었으며, 사진측량 실습을 위한 교육용 프로그램으로의 운용 가능성을 인지할 수 있었다.

5. 구조물의 모니터링

구축 시스템을 이용하여 3차원 모니터링을 수행하고, 이의 활용 가능성을 검토하기 위해 그림 8과 같은 건축물(「기록한 말씀의 수녀회 성당」, 문화재자료 제 45호)을 대상으로 선정하였다. 이 건축물은 1921년 완공된 성당으로 정면 중앙부의 종탑과 3량으로 구성된 장방형 평면으로 이루어져 있다.

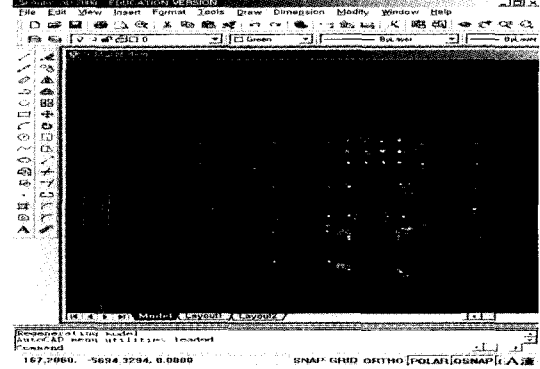


그림 7. 실시간 캐드입력에 의한 도면화

5.1 영상획득 및 기준점 측량

성당 건축물 중앙의 종탑 전면(全面)을 구조물의 모니터링을 위한 대상영역으로 선정하여 촬영계획을 수립하였다. 대상물의 높이가 약 15m 정도이기 때문에 카메라의 화각과 공간 해상력을 고려하여 촬영거리 약 10m에서 정면, 측면, 배면에 대한 입체모형을 획득하였다. 기준점 측량은 무반사경 토탈스테이션을 이용하여 건축물의 특징점을 측정하였으며, 해석면들은 동일좌표계로 운용되도록 통일화하였다.

5.2 3차원 도면화 및 모니터링

해석 대상면에 대한 영상분석을 수행하여 촬영점의 위치를 결정하고 이를 토대로 구조물의 특징점들에 대한 3차원 위치자료를 도출하였다. 동시에 실시간 캐드로의 위치



그림 8. 모니터링을 위한 건축물

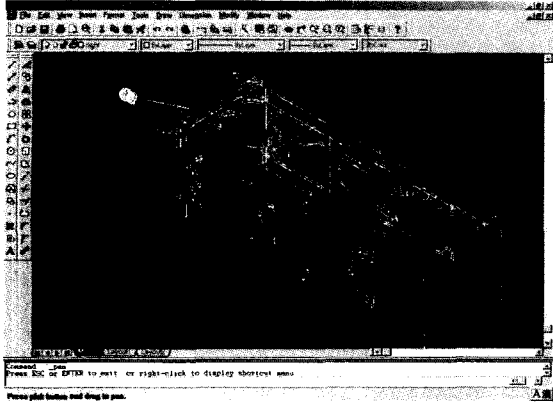


그림 9. 3차원 수치도면 작성



그림 10. 3차원 모델링(iso view)

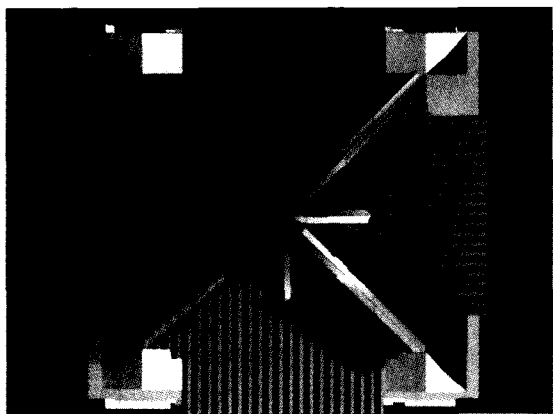


그림 11. 3차원 모델링(top view)

자료 전송과 이의 반복적 수행루틴을 거쳐 그림 9와 같은 대상물의 3차원 도면화를 이룰 수 있었다.

각 입면 방향에 따라 작성된 수치도면을 기초로 하여 대

상물에 대한 3차원 모델링을 수행하였다. 3차원 모델링은 3D Studio Max[®] 3.1 소프트웨어를 이용하였으며, 각 부재 별로 렌더링 수행에 필요한 벡터편집을 수행하였다. 편집과정을 마친 후에 각 해석 대상면의 수치자료를 토대로 그림 10, 그림 11과 같은 3차원 모델링을 수행하였다. 이러한 시각적 분석자료는 정확한 위치자료와 함께 분석자의 판단을 돕고 제반적인 업무수행에 많은 도움을 줄 수 있을 것이다.

6. 결 론

영상매체와 분석 및 도면화 시스템을 연계하여 비전문가 또는 피교육자의 편리성을 도모할 수 있는 입체영상 해석 시스템을 구축하였으며, 구축시스템의 수행 능력을 검증하여 실 건축물에 대한 위치 데이터를 획득하고 도면화 및 3차원 렌더링을 수행할 수 있었다. 이와 같이, 본 연구에서는 영상을 이용한 3차원 도면화를 보다 용이하게 수행할 수 있었으며, 고가의 해석장비의 비용 절감효과와 기대할 수 있었으므로, 일반인들도 쉽게 접할 수 있는 DCRP (Digital Close Range Photogrammetry) 교육용 운용 시스템으로의 폭넓은 활용이 가능할 것으로 기대한다.

감사의 글

이 논문은 2001년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음(KRF-2001-003-E00429).

참고문헌

1. Ferdinand van der Heijden, "Image Based Measurement systems", 1995.
2. Gerhard X. Ritter, Joseph N. Wilson, "Computer Vision Algorithms in Image Algebra", CRC press, 1996.
3. Karl Kraus, "PHOTOGRAMMETRY I, II", 4th Edition, 1997.
4. Markus Grob, "Visual Computing", 1994.
5. 강준목, 배상호, 송승호, "원도우 시스템 체계를 이용한 수치사진측량기법 구축", 대한토목학회논문집, 제19권, 제III-2호, pp. 325-334, 1999.
6. 강준목, 배상호, 주영은, "구조물 3D 구현을 위한 수치사진측량과 캐드의 통합시스템 개발", 한국측량학회 추계학술발표회 논문집, pp. 89-92, 2002. 10
7. 한국직업교육학회, "산업인력 양성을 위한 직업교육훈련 정책 발전 방안", 2002.

(2002년 11월 1일 원고접수)