

사진해석을 이용한 건물 및 도로시설물 정보시스템 구축 Construction of Information System for Building and Road Facility Using Photogrammetric Analysis

손덕재¹⁾ · 이승환²⁾

Sohn, Duk Jae · Lee, Seung Hwan

Abstract

This study intended to extract the spatial data and attribute data from the images of terrestrial and aerial photographs and to compile the digital map from the images using various kinds of photogrammetric analysis. Also this study aimed to develop the technique of constructing the Information System for Building and Road Facility (ISBRF) using the compiled digital maps and the extracted data. The spatial or attribute data for the facilities in the area was extracted using the single terrestrial photographs and graphical method. And the Three Dimensional Frame Model was produced from multiple images of terrestrial photographs. In addition, the spatial data base for the objective area was updated by the vectorizing procedures with small scale areal photos. It is concluded that the efficient techniques for constructing the ISBRF was suggested in this study.

요 지

본 연구에서는 지상사진, 항공사진 등 영상자료에 다양한 사진해석 기법을 적용하여 수치지도를 생성하고 공간 및 속성정보를 추출하며, 이를 바탕으로 건물 및 도로시설물 정보시스템을 구축하는 기법을 개발하고자 하였다. 본 연구에서는 지상사진 영상에 도해법을 적용하여 대상지역의 공간정보와 속성정보를 취득하였으며, 다중사진 촬영에 의하여 대상물의 3차원 모델을 생성하였다. 또한, 소축척 항공사진을 이용한 대상물의 위치와 형태 등 공간정보의 추출이 가능하였으며, 건물 및 도로시설물 정보시스템을 효율적으로 구축할 수 있는 기법을 제시하였다.

핵심용어(Keywords) : 수치지도(Digital map), 사진해석(Photogrammetric analysis), 시설물정보체계(Facility Information System), 3차원 모델(Three dimensional frame)

1. 서 론

건물 및 도로 등 각종 시설물을 위한 시설물 관리체계(Facility Management System : FMS)는 수치지도를 기본으로 대상 지역의 공간 및 속성정보를 자료기반(Data Base : DB)으로 구축하여 시설물을 유지·관리하기 위한 것이다. 그러나 지역적인 특성으로 인하여 대축척 수치지도가 구축되어 있지 않은 경우에는 수치지도의 수정 및 갱신에 많은 어려움을 겪게된다.

본 연구에서는 일반적으로 많이 사용하는 디지털 카메라, 비디오 카메라를 이용하여 촬영한 지상사진 및 항공사진 영상과 저가의 사진해석 장비와 방법을 이용하여 빠른 시간안에 비교적 쉬운 방법으로 수치지도를 생성 및 수정

할 수 있는 기법을 제시하고자 하였다. 또한, 촬영된 지상사진에 도해법 및 수치영상처리, 사진모델링 기법 등 다양한 사진해석 기법을 적용하여 부분적으로 상세정보를 추출하는 기법을 제시하고자 하였다. 아울러, 추출된 공간정보와 영상 및 속성정보를 건물 및 도로시설물 정보시스템의 공간 및 속성자료기반으로 이용하고, 3차원 모델링을 구현함으로써 보다 활용성이 높은 건물 및 도로시설물 정보시스템을 구축하고자 하는데 목적을 두고 있다.

사진측량의 자동화를 목적으로 하는 연구는 1970년대 중반부터 시작하여 1980년대말 이후에 활성화되었으며, 소축척 위성영상을 이용한 정성적인 연구로부터 대축척 항공사진을 이용한 정량적인 정보추출에 관한 연구 위주로 진행되고 있다(Lemmens, 1988; Cho, 1992). 최근에는

1) 대전대학교 토목공학과 교수(E-mail:to-mok@hanmail.net)

2) 대전대학교 토목공학과 석사과정 수료(E-mail:djsohn@road.daejin.ac.kr)

MMS(Mobile Mapping System)를 사용하여 취득한 지상 사진 입체영상으로부터 도로정보를 추출하는 기법과 다중 영상 정합방법을 사용하여 반자동으로 물체를 추출하는 연구가 수행된 바 있다(Habib, 2000).

국내에서는 지형공간정보체계(GIS)를 이용한 시설물 관리에 관한 많은 연구가 진행되고 있으며, 이와 관련된 연구로서 김원주(1994), 신석효(1997), 서유미(2001) 등이 주로 대학캠퍼스를 대상으로 한 시설물관리 시스템구축에 관한 연구를 수행하였다.

한편, 도로교통 분야에서는 이영균(2002)이 사용자 관점에서 국가기본 지리정보와 무결점 수치지도의 관계를 검토하였고, 김명호(2002)가 도로와 지하시설물 정보의 효율적인 통합방안에 관한 연구를 수행한 바 있다.

한편, 항공사진, 위성영상과 GIS를 이용한 시설물관리체계에 관한 다수의 연구가 진행되어 왔는데, 손덕재(1997)는 항공사진과 지형공간정보체계를 이용한 수치영상지도 제작에 관한 연구를 수행하였고, 이해진(2001)은 다중영상과 지형공간정보체계를 이용한 대학시설물 안내 및 관리 시스템 구축에 관한 연구를 수행하였다. 그리고 손덕재 등(2002 a,b)은 다중영상과 지상사진 도해법을 이용한 도로 시설물 정보 추출에 관한 연구를 수행한 바 있다.

본 연구의 수행과정은 그림 1과 같다.

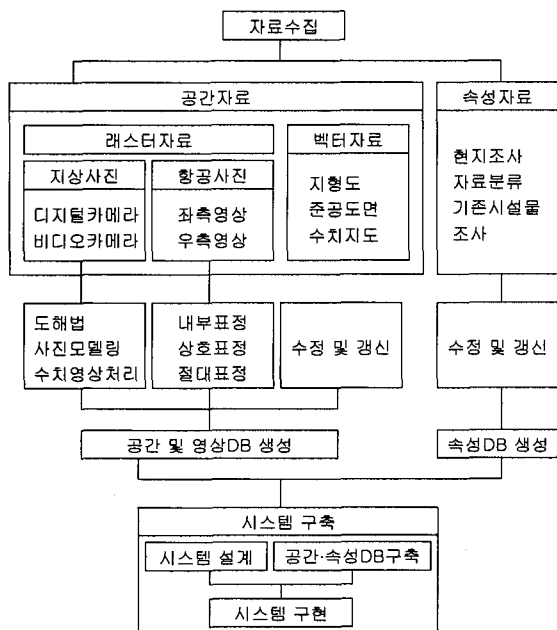


그림 1. 본 연구의 수행과정

2. 사진해석을 이용한 시설물 정보 추출

2.1 지상사진 촬영에 의한 정보추출

본 연구의 실험 대상지역은 대전대학교 교내 중앙도서관, 이공대학 일대의 건물과 도로를 포함한 지역으로 선정하였으며, 디지털 카메라를 사용하여 단사진과 다중사진으로 촬영한 영상을 도해법과 사진모델링 기법, 수치영상 처리 기법을 이용하여 해석하였다.

사용한 카메라는 Fuji Film사의 FinePix S1 Pro기종으로 화소수는 3040×2016이고, 초점거리 18mm인 광각렌즈를 사용하였다.

2.1.1 단사진 촬영에 의한 해석

단사진을 이용한 해석에서는 도해법을 이용하여 진수평선을 결정한 후 특정 물체를 기준으로 대상물의 위치와 크기를 결정하고, 부분적으로 현황도를 작성하였다.

단사진 도해법에 의하여 대상지역 내에 있는 도로와 도로시설물의 공간정보를 추출하기 위하여 1소점 투영법을 적용하였다. 그림 2는 도해법의 1소점 투영을 이용하여 전

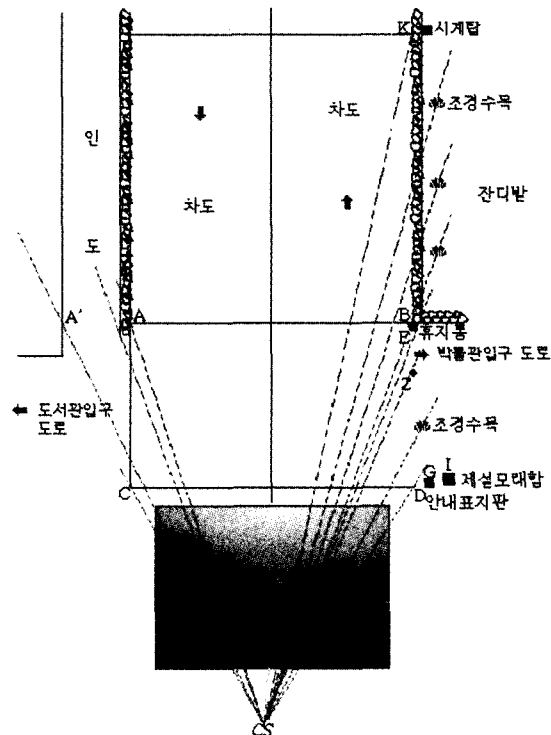


그림 2. 1소점을 이용한 평면도 작성

산소 앞 도로부분의 평면도를 작도한 그림이다.

2.1.2 다중사진 촬영에 의한 해석

본 연구에서는 비측량용 디지털 카메라를 이용하여 대상물에 대한 다중사진을 촬영하고, 사진계측 S/W를 사용하여 대상물의 공간정보 추출과 3차원 모델링을 실시하였다. 다중사진은 저가의 사진계측 S/W인 Eos Systems Inc.의 photomodeler Pro 4.0을 이용하여 대상물을 실물 치수로 계측하고 3차원 모델링을 실시하며, 촬영을 시행하기에 앞서 선행작업으로 카메라 검정을 실시하였다.

또한, 3차원 사진영상 모델링을 시행하기 위하여 대상물을 촬영한 다중사진 중에서 건물의 벽면이 잘 나타나는 영상을 절취한 다음, 구분된 각각의 면을 수치영상처리하여 해상도를 높이고, 생성된 3D 모델의 지정된 위치에 면처리(rendering)하는 과정을 통하여 3D 사진영상모델을 생성하였다.

그림 3은 건물의 3차원 모델링 결과이고, 그림 4는 사진영상 모델링 결과이다.

2.1.3 수치영상처리를 이용한 해석

기존 수치지도와 현황이 다른 경우에 간단한 촬영을 통

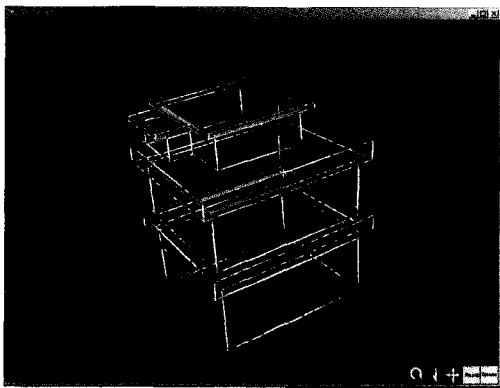


그림 3. 건물의 3차원 모델링 결과



(a) 정면

(b) 좌측면

그림 4. 3차원 사진영상 모델링

한 영상자료를 활용하여 수치지도를 수정, 갱신하는 방식을 모색하고자 하였다. 그 중 한가지 방법으로서 단사진 촬영에 의한 일반사진을 수치영상처리하여 변화된 도로시설물 현황을 추출하고 수치지도를 수정하고자 하였다.

또한, 원영상을 수치영상처리하여 도로 부분을 잘라낸 후, 사진의 각 부분별로 대비값(contrast)과 경계값(threshold value)을 달리하여 기존 수치지도에서 누락되거나 변화된 공간정보를 추출하여 수치지도를 수정하였다.

수치영상처리에 의하여 변화된 시설물 정보를 추출하기 위하여 대상지역을 3구역으로 나누어 촬영을 실시하였다. 그림 5는 대상지역의 기존 수치지도로서 계단 및 배수구 등의 정보가 누락되어 있다. 그림 6은 지점 1로서 공대 다동 옆 도로를 디지털 카메라로 촬영한 영상이며, 그림 7은 연속촬영된 영상을 수치지도와 정합한 결과이다. 또한, 그림 8은 래스터 영상을 이용하여 수치지도를 갱신한 것이다.

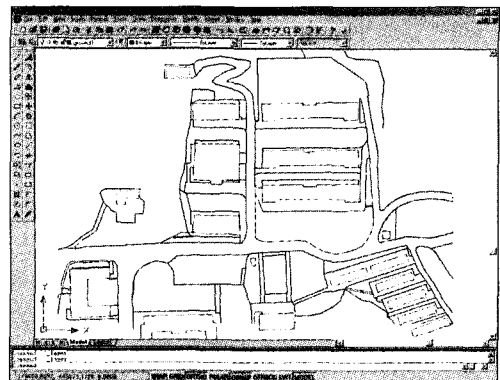


그림 5. 대상지역의 수치지도

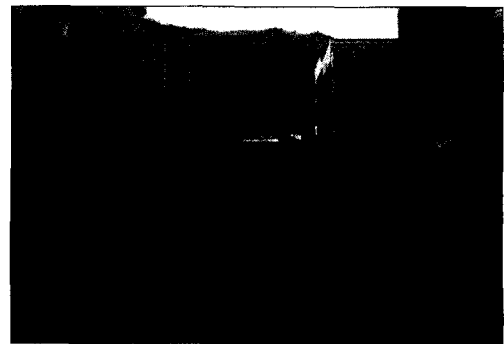


그림 6. 수치영상처리를 위하여 촬영된 영상

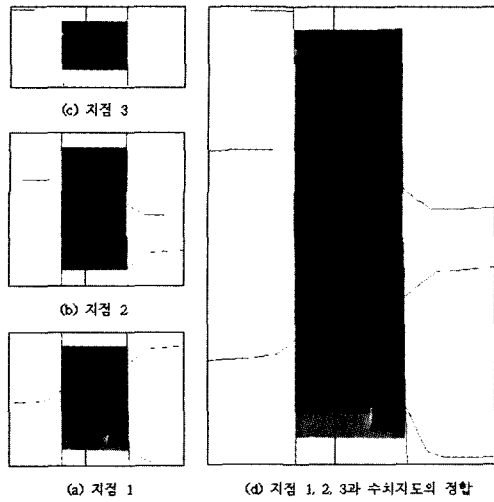


그림 7. 래스터영상과 정합된 수치기본도

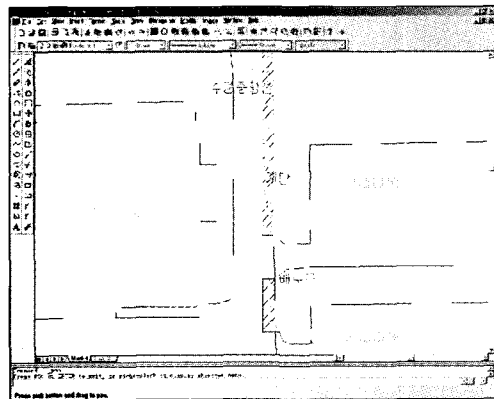


그림 8. 래스터 영상을 이용하여 갱신한 수치지도

2.2 항공사진을 이용한 정보추출

본 연구에서 사용한 항공사진은 토지이용현황도 작성을 위해 촬영된 축척 1:37,500의 사진으로서, 대상지역의 지형지물을 명확하게 구분하여 지형지물의 변화를 정확하게 추출하기에는 어려움이 많다. 그러나 별도의 대축척 항공사진을 구할 수 없는 경우에는 소축척 사진으로부터 적절한 공간정보를 추출할 수 있는지 여부를 검토할 필요가 있다.

따라서, 본 연구에서는 이러한 경우에 활용될 수 있도록 소축척 항공사진 자료로부터 비교적 저가의 해석 사진측량 장비와 S/W를 이용하여 공간정보를 추출하는 방법에 대해서도 연구를 진행하였다.

그림 9는 항공사진의 좌, 우측 영상이며, 그림 10은 항공사진을 이용하여 벡터라이징한 결과이다. 또한, 그림 11은



그림 9. 항공사진의 좌, 우측영상



그림 10. 벡터자료 추출결과

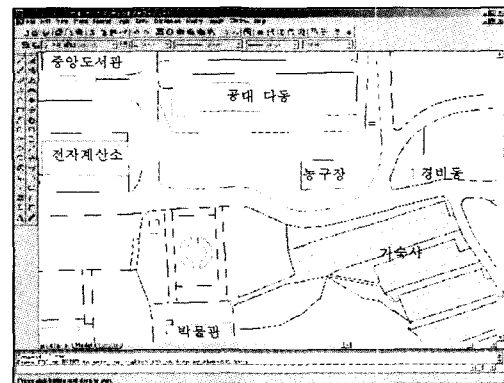


그림 11. 벡터자료를 이용하여 수정된 수치지도

벡터라이징 결과를 이용하여 수치지도를 수정한 결과이다.

3. 정보시스템 구축

3.1 시스템 구조 설계

대학시설물 안내 및 관리 시스템은 시설물 관리자뿐만 아니라 교직원과 학생, 외부방문자 등 다양한 사용자들이 편리하게 활용할 수 있도록 대상지역의 정확한 자료를 바탕으로 하여 효율적인 시스템 구조의 설계가 필요하다. 연구대상 지역인 대전대학교는 넓은 면적의 캠퍼스를 가지고 있으며 새로이 조성중인 시설물이 많아서 처음 오는 방

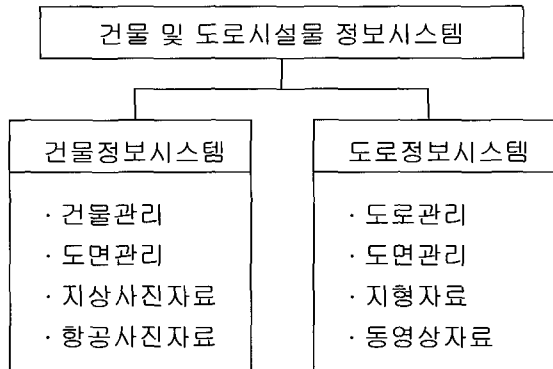


그림 12. 건물 및 도로시설물 정보시스템 구조

문자들이 캠퍼스에 대한 안내 정보를 얻기가 쉽지 않다. 또한 변화된 시설물 정보의 수정, 갱신이 아직 미흡하고 시설물의 유지·보수 및 관리 체계가 충분하지 않은 실정이다. 이러한 문제를 보완하기 위하여 본 연구에서는 시설물 정보를 전산화하여 건물 및 도로정보 시스템을 구축하였다.

그림 12는 본 연구에서 구축한 건물 및 도로시설물 정보 시스템의 주요 기능을 나타낸 것이다.

3.2 자료기반 구축

본 연구에서 사용한 S/W 중 ESRI사의 ArcGIS는 윈도우에서 메뉴형태로 운영되는 Desktop GIS 소프트웨어로서 사용하기 편리한 기능을 가지고 있다. 또한 다른 연계 소프트웨어와 호환성이 좋으며 특히, 추후 Web을 이용한 시설물 정보시스템 구현에 관한 연구가 진행될 때 ArcGIS상에서 만들어진 shp파일을 ArcIMS에서 바로 사용할 수 있는 장점이 있다. 따라서 본 연구에서는 ArcGIS와 Visual Basic을 이용하여 확장 프로그램을 개발하였다.

본 연구에서는 주요 하드웨어로서 펜티엄 III, 128MB의 PC를 기반으로 설계된 시스템을 구축하였으며, 디지털카메라, 비디오카메라 등으로 촬영한 지상사진 영상과 항공사진 영상을 처리하여 공간정보를 추출하고, GIS를 바탕으

표 1. 하드웨어와 소프트웨어의 구성

구분	용도	사양
H/W	주처리장치	Desktop PC compatible : - CPU : pentium-III 650MHz - RAM : 128MB - HDD : 20.4GB
	도면 및 영상입력	스캐너 : HP ScanJet 4c EPSON GT-12000 디지털타이저 : SummaSketch III
	도면출력	Printer 및 Plotter : - 삼성 ML-8500W - HP DeskJet 1120C
	영상촬영	디지털 카메라 : Finefix pro 비디오 카메라 : 삼성 VM-B770
	영상편집	FireBird EZ
S/W	지상사진 분석 및 도면작성	AutoCAD 2002
	지상사진 활용 3D 모델링	Photomodeler 4.0
	지상사진 수치영상처리	Photoshop 6.0
	항공사진 활용 벡터정보 추출	DVP(Digital Video Plotter) 4.31
	GIS 도구	ArcGIS 8.2
	확장 프로그램 개발	Visual Basic
	디지털 카메라 연결	Slides & Sound plus
	비디오 카메라 연결	Photoland
	동영상 구현	Windows Media Player

로 한 정보시스템을 구축하기 위하여 AutoCAD, ArcGIS, Photomodeler, DVP, Photoshop 등 다양한 소프트웨어를 사용하였다. 표 1은 본 연구에서 사용한 하드웨어와 소프트웨어를 나타낸 것이다.

3.2.1 공간자료 입력

기존의 준공현황 종합도를 이용하여 제작된 수치지도를 바탕으로 하여 건물, 도로, 도로시설물 등 각종 시설물의 공간정보를 자료층별로 입력하여 대상지역의 공간자료기

표 2. 자료층별로 구분한 공간 자료

구분	자료층 (layer)	ArcView theme	theme feature	AutoCAD색깔 및 theme	속성 항목(field)
건물	building	building	polygon	cyan	코드(code), 이름(name), 건립년도(year), 사진(photo), 건립면적(area), 층수(floor) 등
도로	road center	road	polyline	yellow	
구축물	construction	ground	polygon	green	
외곽선	road	road center	polyline	red	

반(DB)을 구축한다. 여기에 추후에 건설되었거나 변경된 시설물과 같은 자료는 최근의 항공사진과 지상사진 영상에서 추출한다. 또한 지상사진과 항공사진 자료에서 추출한 새로운 공간자료를 이용하여 수정하고, 도로 자료층(layer)과 건물 자료층으로 구분하여 공간DB에 입력한다.

기본도를 구축하는 dwg파일의 자료층을 ArcGIS에서 인식시키기 위해서는 dxf파일로 변환한 다음, polyline 형태(features)를 polyline과 polygon으로 구분하여 shp파일로 저장한다. 표 2는 선행연구(이혜진, 2001)를 바탕으로 본 연구에서 자료층별로 구분하여 구축한 공간자료이다.

3.2.2 속성자료 입력

표 3은 선행연구의 대학 시설물 구분을 바탕으로 하여 건물 및 도로시설물 자료와 구축물자료, 도면자료 등의 공간자료를 구축하면서 연계되는 속성표에 입력한 결과이다.

도로 자료는 주도로(1차 도로)를 01로 시작하는 코드번호를 지정해 주었고, 주도로에서 파생하는 도로(2차 도로)는 02로 시작하는 코드번호를 지정하여 주었다. 주도로의 시작 부분부터 파생하는 2차도로가 생기는 부분까지의 구간을 RD_0101구간이라 하고, 이어지는 주도로의 다음 구간을 동일한 방법으로 나누어 RD_0102구간이라고 하였다. 또한, 주도로에서 파생한 2차도로는 주도로에서 파생된 순서별로 RD_0201, RD_0202, RD_0203 등으로 나누어 구분하였다.

또한, 도로자료 DB에는 도로명 기종점(OD), 도로길이, 도로폭, 차도폭, 인도폭, 도로시설물, 도로사진, 비디오영상 등을 입력하였으며, 건물자료 DB에는 표 4와 같이 각 건물에 대하여 연면적(total_area), 지상층수(#of_over floor), 지하층수(#of_under floor), 건축면적(bd_area), 건립년도(bd_year), 건물전경사진(bd_photo)을 입력하였다.

표 3. 건물 및 도로시설물 구분

대분류(code)	중분류(code)	소분류(code)	용 도(code)
건물(bd)	교육기본시설(01)	강의동(01) 실험실습동(02)	강의실(10), 연구실(20) 실험실(30), 실습실(40)
	교육지원시설(02)	교육지원동(01) 후생복지동(02)	도서관(10), 전산센터(20), 박물관(60) 기숙사(30), 학생회관(40), 식당(50)
	기타지원시설(03)	기타지원동(01)	관리실(10)
도로(RD)	주도로(01)	구간(01~99)	표지판(10), 가로등(20), 횡단보도(30)
	파생도로(02)	구간(01~99)	
구축물(cst)	교육기본시설(01)	교육기본시설(01)	운동장(10), 테니스장(20), 농구장(30)
	교육지원시설(02)	교육지원시설(01)	노천강당(10)

표 4. 건물의 속성자료

코드	건물명 (bd_name)	연면적 (total_area)(m ²)	지상층수 (#of over floor)	지하층수 (#of under floor)	건축면적 (bd_area)	건립년도 (bd_year)	전경사진 (bd_photo)
bd020120	전자계산소	5536	3	0	1396	1992	○
bd020110	중앙도서관	15459	6	0	2781	1992	○
bd010240	산학협동연구소	5990	5	0	1181	1992	○
bd020160	박물관	3087	5	0	945	1992	○
bd010115	이공대학 가동	11851	5	0	2507	1992	○
bd010116	이공대학 나동	11943	5	0	2488	1992	○
bd010117	이공대학 다동	13772	5	1	2488	1992	○
bd020230	남기숙사 3동	2637	5	0	513	1992	○
bd020231	남기숙사 4동	2637	5	0	513	1992	○
bd020232	남기숙사 5동	2637	5	0	513	1992	○
bd020233	고시원	2637	5	0	513	1992	○
bd030110	경비동	120	3	0	70	1992	○

3.3 정보시스템 구축

본 연구에서 구축한 대진대학교 건물 및 도로시설물 정보시스템은 건물 및 도로정보 시스템, 건물정보 시스템, 도로정보 시스템으로 나누어 구축하였다.

건물 및 도로정보 시스템에서는 대상지역내의 전체 건물과 도로의 위치와 명칭을 종합적으로 확인할 수 있도록 하고, 상세정보는 건물정보 시스템과 도로정보 시스템에서 확인할 수 있도록 구축하였다.

건물정보 시스템에서는 건물명칭, 건물의 위치, 형상, 크기, 건물의 층별 도면자료 등 공간정보와 건립년도, 면적, 실별 명칭과 용도, 관련 시설물 자료, 건물사진 등 다양한 속성 및 영상정보를 자료기반(DB)화 하여, 건물에 관련된 각종 정보를 조회하고, 위치안내 및 시설물 관리에 활용할 수 있도록 구축하였다.

또한, 도로정보 시스템에서는 도로명칭과 형태, 위치, 도로망 및 시설물 도면 등 공간정보와 도로의 기·종점, 도로

의 길이, 도로폭, 교통 및 안전시설물 등 주요 속성정보와 도로사진 및 비디오영상 등 영상정보를 자료기반화 하여 도로와 관련시설물의 안내 및 시설물 관리에 활용할 수 있도록 하였다. 그림 13은 도로 및 건물정보시스템의 초기화면이며, 그림 14는 건물 및 도로정보시스템의 경로를 보여주고 있다. 또한 그림 15와 16은 각각 건물정보 시스템과 도로정보 시스템의 경로를 보여주고 있다.

그림 17은 건물 및 도로정보 시스템에서 중앙도서관의 위치와 건물의 형태를 확인할 수 있도록 한 모습을 보여주고 있으며, 그림 18은 건물 및 도로정보 시스템에서 이공대학 가동의 위치와 형태를 확인한 다음 건물정보 시스템으로 들어가 이공대학 가동 1층 측량실험실은 선택한 화면으로, 정보선택 단추를 사용하여 도면내의 지역을 선택하면 그곳의 용도 및 호실번호 등의 속성정보를 확인할 수 있다. 그림 19는 도로정보 시스템에서 이공대학 옆 도로인 RD_0202구역을 선택한 화면으로 도로시설물의 공간정보

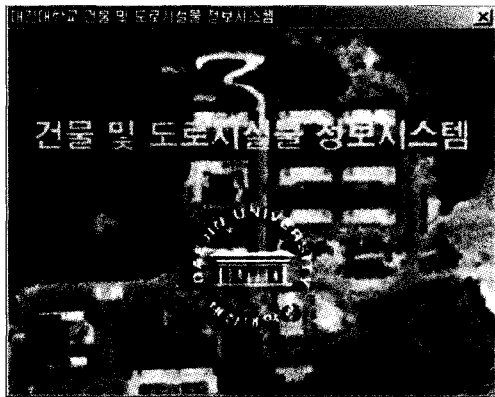


그림 13. 정보시스템의 초기화면

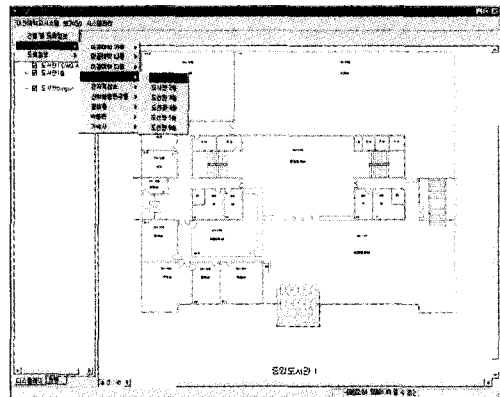


그림 15. 구축된 건물정보 시스템의 경로

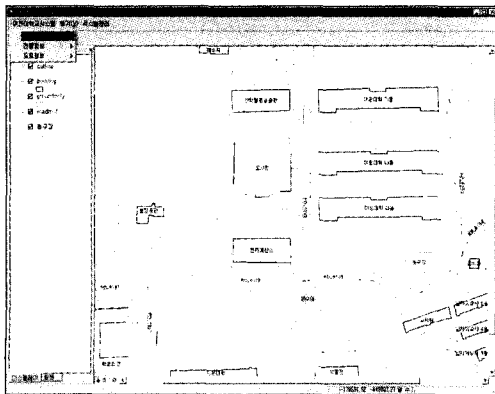


그림 14. 구축된 건물 및 도로정보시스템의 경로

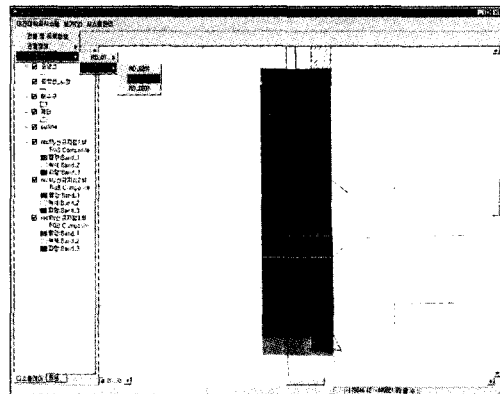


그림 16. 구축된 도로정보 시스템의 경로

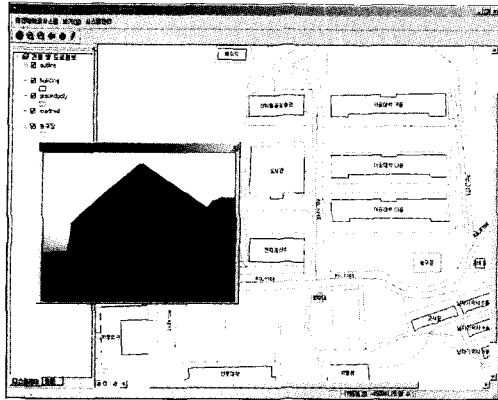


그림 17. 건물 및 도로정보 시스템에서 보여주는 공간 및 영상 정보

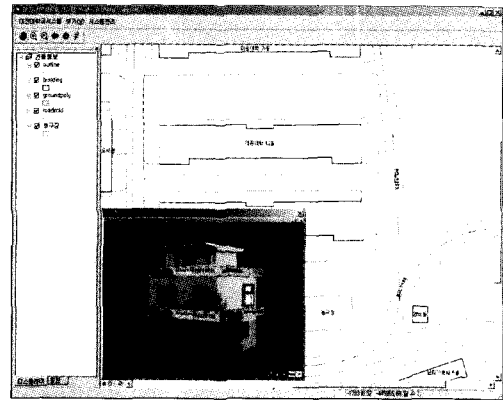


그림 20. 건물정보 시스템에서의 3D 사진영상 모델의 검색

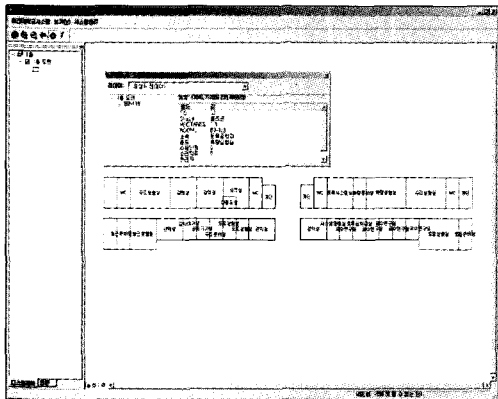


그림 18. 건물정보 시스템에서 속성정보의 조회



그림 21. 도로의 동영상 자료

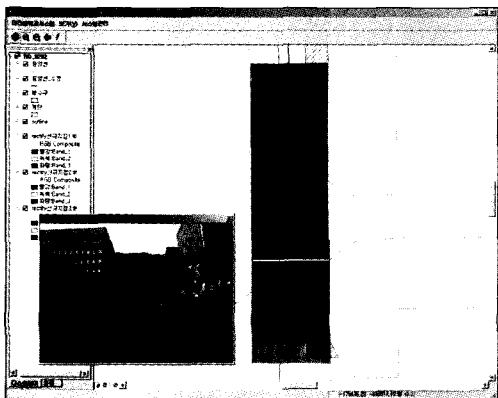


그림 19. 도로정보 시스템에서 공간 및 영상정보의 조회

와 영상정보를 확인하는 것을 보여준다. 또한, 그림 20은 사진 모델링 기법에 의하여 3차원 사진영상 모델로 생성된 경비등 건물을 건물정보 시스템에서 검색하는 것을 보여

주고 있으며, 그림 21은 도로의 동영상 자료를 조회한 것이다.

4. 결 론

본 연구에서는 지상사진과 항공사진을 이용하여 대학시설물의 공간정보와 영상정보를 획득하고, 그 자료를 건물 및 도로시설물 정보시스템의 자료기반으로 활용해 본 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 지상사진 영상에 도해법을 적용하여 대상지역의 현황도를 작성하고 공간정보와 속성정보를 취득할 수 있었다.
2. 다중사진 촬영에 의하여 대상물의 3차원 모델과 3차

원 사진영상모형을 생성하였다.

3. 소축적 항공사진을 이용하여 기존의 수치지도에서 수정되지 않은 시설물의 위치와 형상을 수정할 수 있었다.

4. 지상사진 영상과 항공사진 영상을 활용한 다양한 사진해석에 의하여 대상지역의 현황 파악과 관리에 유용한 건물 및 도로시설물 정보시스템을 효율적으로 구축할 수 있는 기법을 제시하였다.

참고문헌

- Lemmens, M. J. (1988), A Survey on Stereo Matching Techniques, *ISPRS Commission V*, Vol. 27, pp. 11-23.
- Cho, W. and T. Shenk (1992), Resampling Digital Imagery to Epipolar Geometry, *17th ISPRS Commission III*, Washington D.C., pp. 404-407.
- Habib, A. F. (2000), "Matching Road Edges in Stereo-Image Sequences Using Data Association Techniques", *PE&RS, ASPRS*, Vol. 66, No. 1, pp. 91-98.
- 김원주 (1994), 서울대학교 관악캠퍼스 시설물 관리체계 개발 - GIS를 이용하여, 석사학위논문, 서울대학교.
- 신석효, 이효성, 안기원 (1997), "대학 시설물관리 시스템 구축에 관한 기초적 연구", *한국측지학회지*, 제15권, 제2호, pp. 227-286.
- 서유미 (2001), GIS를 이용한 대학시설물 관리 시스템 구축, 석사학위논문, 부경대학교.
- 이영균 (2002), "도로교통 부문 국가기본 지리정보의 필수 요구사항 및 효율성 검증 연구", *건설교통부, 제4차 GIS 2002대회 논문집*, pp. 205-229.
- 김명호, 신동빈, 김감래 (2002), "도로와 지하시설물 정보의 효율적인 통합관리에 관한 연구", *한국측량학회, 추계학술발표회 논문집*, pp. 257-260.
- 손덕재 (1997), "항공사진과 지형공간정보체계를 이용한 수치영상지도 제작연구", *한국지형공간정보학회지*, 제5권, 제2호, pp. 207-220.
- 이혜진 (2001), 다중영상과 GIS를 이용한 대학시설물 안내 및 관리시스템 구축, 석사학위논문, 대전대학교, pp. 6-9, pp. 21-23.
- 손덕재, 유환희, 이혜진 (2002a), "다중영상을 이용한 도로시설물 정보추출", *한국지형공간정보학회지*, 제10권, 제1호, pp. 91-100.
- 손덕재, 이혜진, 이승환 (2002b), "지상사진 도해법을 이용한 도로 시설물 정보추출", *한국지형공간정보학회지*, 제10권, 제2호, pp. 77-85.

(2003년 3월 3일 원고접수)