시정연 2004-PR-04

위성영상을 이용한 서울시 변화탐지에 관한 연구

2004. 6



이 보고서의 내용은 연구진의 견해로서 서울특별시의 정책과는 다를 수도 있습니다.

연구책임 손 홍 규 • 연세대학교 사회환경시스템공학부 조교수

연 구 진

목 차	
-----	--

1장 서 론
1.1 연구배경 및 목적
1.2 연구동향
1.3 연구방법 및 범위6
2장 기하보정영상 생성8
2.1 간략기하보정방법8
2.2 엄밀기하보정방법
2.2.1 SPOT 영상의 기하보정
2.2.2 CORONA 영상의 기하보정
2.2.3 기하보정 영상생성 ~~~~~24
3장 서울시 변화탐지 ~~~~~ 25
3.1 서울시 기하보정영상 생성
3.2 도심지 경계추출을 위한 분류
3.3 한강수계지역 분류
3.4 도심지역 변화탐지
4장 계층적 방법을 이용한 변화탐지41
5장 도시 확장에 따른 지표온도변화
5.1 Landsat TM 열적외 데이터를 이용한 지표온도계산
5.2 토지피복별 온도 계산
5.3 신도시 지역의 온도변화 탐지
6장 결 론
참고문헌60

제1장서론

1.1 연구배경 및 목적

1394년 10월 서울이 조선왕조의 수도가 된 이후 600여년이라는 세월이 흘렀다. 그간 서울의 인구는 100배 이상 늘어났고, 면적도 38배나 늘어났다. 인구의 증가와 함께 행정구역도 해방당시의 136.04km, 1973년의 627.06km로 확장 조성되면서 현재 605.95km에 이르고 있다. 이렇게 엄청난 인구증가와 면적확장이 이루어지면서 1960 년대 이후의 비약적인 경제개발과 도시성장으로 서울은 세계 유수의 거대도시중의 하나가 되었다.

서울의 도시 형태가 어떻게 변화하였으며 또한 그에 따른 도시 계획 연혁을 살 펴보면 과학적인 도시 확장분석의 필요성을 알 수 있다. 1960년대는 1, 2차 경제개 발 5개년계획(1962~71)의 추진으로 급속한 산업화와 도시화를 겪게 된 때였다. 특 히 서울로의 인구집중은 이 기간동안 급속히 심화되어 1963년 8월과 9월 두 차례에 걸쳐 도시계획구역이 확장되어 서울이 확장되는 계기를 맞았다. 이 시기에는 국가 차원에서 경제개발계획이 수립·시행되고, 서울을 비롯한 대도시가 국가성장의 중 추역할을 하였다. 1963년에 와서 서울인구는 300만을 넘어서게 되었고 도시계획구 역도 713.24㎞로 대폭 확대되었다. 이러한 서울의 성장을 현실적으로 수용하고 인구 500만이 거주하는 현대적 도시를 건설한다는 목표 아래 1966년 「서울도시기본계 획」이 수립 발표되었다. 이는 1985년을 목표년도로 하는 종합적 장기계획으로 이 전의 지역지구제와 가로망 중심의 물적 계획에 비해 형식면에서 사회경제부문을 포 함한 종합계획의 성격을 지녔으며 시민들에게 처음으로 공개되는 계획이었다. 그러 나 1985년 목표인구 500만이 1970년 7월에 이미 넘어서게 되고 아울러 수도권 인구 집중억제의 강화로 인한 제반여건의 변화를 부분적으로 보완하는 수정계획이 1972 년에 수립되었다. 70년대에 이르러서는 대도시로의 과도한 집중이 점점 큰 문제로 대두되어 도시계획이 대도시권 성장억제측면에서 접근되는 새로운 전기를 맞게 되

- 1 -

었다.

특히 지금까지의 서울위주의 도시건설로 인해 야기된 수도권 인구의 과밀화를 억제하고 전국토의 균형발전을 도모하기 위한 구체적 계획들이 본격적으로 입안되 었다. 1978년에는 2000년을 향한 제2차「서울도시기본계획안」이 수립되었다. 그러 나 이 계획은 미처 공포도 되기 전에 목표인구설정상의 비현실성과 상위계획인 수 도권정비계획의 변경으로 인해 백지화가 불가피하였다. 이에 따라 1980년「서울 도 시개발 장기구상 및 중기계획」이란 이름으로 수정작업이 이루어졌다. 1970년대 이 후는 서울이 명실상부한 현대도시로 탈바꿈하는 시기였다. 업무 및 상업기능이 집 중되는 도심을 재개발사업을 통하여 오늘날 볼 수 있는 고층의 오피스빌딩들이 이 시기를 시작으로 집중 건설되었으며, 60년대에 시작된 강남개발도 본격화되고 대단 위 아파트 단지가 개발되었으며, 부도심이 형성되었고, 서울의 위성도시들의 모습도 갖추게 되었다. 이렇게 도심의 현대화와 부도심의 형성 그리고 외곽의 위성도시의 건설로 서울의 시가지는 청계천과 종로를 경계로 북촌과 남촌이 구분되는 것이 아 니라 한강을 중심으로 강북과 강남이 형성되고 그 주위로 많은 위성도시들을 거느 린 거대도시로 탈바꿈하게 되었다.

서울의 1980년대는 1981년 9월의 올림픽 유치 결정과 11월의 아시안게임 유치 결정으로 도시개발이 활기를 띠었다. 80년대 서울의 도시개발은 국제도시로서의 면 모를 갖추기 위한 정비와 건설의 시기였다고 할 수 있다. 1980년대에는 지난 70년대 의 개발억제적 정책으로부터 벗어나 올림픽 개최도시로서 개발 촉진적 시책이 추진 되었고, 지하철 3, 4호선의 개통, 자가용 승용차 보유율의 증대 등으로 인해 서울의 공간구조는 대변혁의 시대를 맞이하였다. 이에 서울시는 1984년 「서울도시기본계획 안」을 다시 성안하기에 이르렀다. 다시 1988년에는 서울 올림픽의 개최 등 도시여 건의 변화를 수용하고 도시기본계획의 법정화 절차를 밟기 위한 계획수립에 착수하 였다. 1990년에 확정된 「2000년대를 향한 서울시 도시기본계획」은 지금까지 수립 되어온 계획중 실질적 의미를 갖는 최초의 법정계획이다. 이후 1994년, 2011년 목표 서울시 도시기본계획 수정 보완을 착수하여 1995. 7 초안이 완성되었으나 95. 7. 1 민선자치시대를 맞이하여 소프트웨어적인 측면을 보완하라는 요구에 의거 사회복

- 2 -

째 법정계획인 2011년 목표 서울시 도시기본계획을 97. 4. 18 공고하게 되었다. 또한 최근에는 21세기 새천년 서울의 위상과 미래상을 재정립하고 신 국토계획, 수도권 계획 등 상위계획과 개발제한구역 조정, 인구변화추세 등을 반영한 2021년 목표 도 시기본계획 재조정 작업을 추진하고 있다.

서울이 확장되어 온 과정에서 우리는 중요한 사실 한 가지를 알 수 있다. 공간계 획에 필요한 지형공간정보를 수집 • 분석하는 것이 필요하다는 사실이다. 특히 우리 나라처럼 인구에 비해 국토면적은 좁고 도시에 인구가 집중되어있는 나라는 효율적 인 관리와 이용계획을 세우는 것이 중요하다. 이를 위해서는 과거의 정확한 도시개 발 기록으로부터 도시화에 의한 확장 분석이 중요한 요소이다. 도시변화를 탐지하 는 기술로 위성영상을 이용한 방법에 대한 관심이 증가하고 있으며 현재 IKONOS, QuickBird 같은 고해상도 영상들이 주목받고 있다. 영상을 이용하여 변화를 탐지하 기 위해선 일단 영상에 대한 올바른 기하보정이 이루어져야 한다.

이에 본 연구에서는 1970년대 초반의 서울시 상황을 파악하기 위하여 해상도 2m의 첩보위성영상인 CORONA 영상을 이용하고 1990년대 SPOT (Systeme Pour d'Observation de la Terre)영상을 이용하여 기하보정을 수행한 후 수동으로 도시변 화 분석을 수행하였다. 정량적 분석을 위해 각 영상에서 도로를 추출한 후 그 길이 의 변화를 상용소프트웨인 ArcView상에서 계산하였고 연세대를 중심으로한 건물 의 변화도 살펴보았다. 또, 해상도 30m 인 Landsat 영상을 연도별로 이용하여 영상 분류를 수행하여 서울시의 토지이용의 변화과정을 살펴보았다. 해상도 30m의 Landsat 영상에서 변화후보지역을 추출해내고 자세한 변화상황을 고찰하기 위하여 고해상도 항공사진을 함께 사용하는 계층적 방법을 수행하였다. 이와 연계하여 Landsat 영상의 열적외 데이터를 이용, 지표온도를 추출하여 토지피복별 온도를 살 펴보고, 도시화가 표면온도 변화에 미치는 영향을 탐지해보았다. 위성영상의 열적외 데이터를 활용한 도심분류의 가능성을 제시한다.

1.2 연구 동향

국내외적으로 변화탐지 기술이 다양한 방법으로 연구되고 있으며 특히 위성영상 자료를 이용하여 도심지 변화 탐지하는 연구가 많이 수행되고 있다. 외국의 경우 토 지피복 변화탐지를 위해 위성영상을 이용하여 적합한 분류알고리즘을 적용시킨 방 법이 Huet 등(1996) 에 의해 수행되었고 IRS-1D Panchromatic 영상을 이용하여 자 동으로 변화 탐지하는 소프트웨어 시스템인 DECASAT도 스테인 말라가 시를 중심 으로 실험되었다(Gonzalez 등, 2001). 급격한 도시 변화가 일어나고 있는 중국의 경 우도 베이징을 중심으로 LANDSAT-7 ETM+ 영상과 SPOT 전정색 영상 (panchromatic) 자료를 이용하여 빌딩을 중심으로 변화 탐지하는 연구가 수행되었 다 (Zhang 등, 2002). 이 연구에서는 자료의 해상도를 높이기 위하여 저행상도 영상 과 고해상도영상을 융합하여 고품질의 칼라영상을 제작하는 영상 융합을 수행하였 다.

본 연구에서는 사용한 CORONA 영상을 이용한 사례로는 2000년 세네갈 지역에 대한 토지이용 변화에 대한 연구가 수행되었다(Tappan 등, 2000). 이 연구에서는 1963년의 CORONA, ARGON 영상과 1992년 Landsat 영상을 이용하여 30년 동안의 인구증가, 농지증가, 강수량의 감소 등에 대한 내용을 연구 발표하였다.

국내에서도 서울지역을 중심으로 위성영상을 이용한 변화탐지에 대한 활발한 연 구가 행하여졌는데 1988년과 1997년 LANDSAT영상을 이용하여 토지이용분류를 수행한 연구가 환경부에서 수행되었다(환경부, 1999). Russian 2m 해상도 DD-5영 상과 IRS-1C, LANDSAT TM (Thematic Mapper) 자료를 이용하여 서울지역의 신 도시건설로 인한 도심지의 팽창과 변화를 분석하였다(Park 등, 1998). 국토 연구원 에서도 공간정보기반을 확충하기 위해서 인공위성 영상 자료를 활용한 방안에 대해 연구하여 위성영상 자료의 유용성과 활용가능성 등을 제시하였다(국토연구원, 1998). Landsat TM 자료를 이용하여 평택시에 대한 지표피복분류도를 작성하여 지 표피복현황과 분류정확도를 평가하였고(임상규 등, 2001), 원격탐사와 지형정보체계

- 4 -

원인을 살펴보는 연구도 진행되었다(안승만 등, 2002).

지역의 도시화가 진행됨에 따라 인간의 환경에 영향을 미치고 있는데 도시지역 은 흔히 도시를 둘러싼 시골지역에 비해 따뜻한 온도를 갖는다. 이러한 현상은 '도 시열섬'이라 알려져 있고 이러한 도시의 온도환경에 대한 연구가 진행되고 있다. 원격탐사 분야에서 열적외선 파장영역을 사용하여 온도를 추출함으로써 본격적으 로 열 영향을 평가하기 시작한 것은 대략 1970년대 후반부터이며 이후 많은 연구가 진행되고 있다. 이러한 대표적인 예는 미국의 기상위성인 NOAA위성에 탑재된 AVHRR의 열적외 데이터를 사용하여 여러 가지 기온현상과 지표면 온도분포 측정 한 것이다. 열대성 도시인 싱가포르에서는 Landsat-5 열적외 센서를 사용하여 토지 피복온도와 도시지형사이의 관계가 조사되었으며, 도시열섬현상이 파악되었다 (Nichol., 1994, 1996). 더 나아가 위성영상으로부터 추출된 2D 열적외 데이터를 3D 도시지형으로 보간하여 시각화 하는 모델이 연구되었다(Nichol.,1998) 국내의 경우, 도시열섬 분석에 원격탐측기법을 적용한 기초적인 연구(이용식, 1990)가 90년대에 시작되었고, Landsat TM 열적외 데이터를 이용하여 토지피복별, 구별, 고도별, 경 사도별, 사면방향별 지표평균온도를 추출하여 도시열섬현상을 연구하였다(박민호, 2001). 신도시개발이 도시열섬 현상에 미치는 영향이 분당신도시와 판교지역을 중 심으로 연구되었다(송영배, 2002).

1.3 연구 방법 및 범위

본 연구에서는 도심지의 확장과 변화를 정량적 • 정성적으로 분석하기 위해 1970 년대의 CORONA 영상을 이용하여 과거 서울에 대한 정보를 추출하고자 하였으며, 이를 위하여 기하보정 방법으로 변형된 공선조건식(손홍규 등, 2002)을 적용하였다. CORONA 각 영상마다 취득할 기준점의 수를 결정하여 모자이크 영상을 제작하였 다. 이를 수행한 후 도심지 팽창을 분석을 위하여 1990년대 SPOT 영상을 이용하여 기하보정과 모자이크를 수행한 후 도시화 면적의 변화와 한강종합개발사업에 의한 수역의 면적변화를 비교하였다. 도시화가 진행된 상태를 파악하기 위한 실례로 서 울지역의 도로망에 대한 변화를 살펴보았다. 이를 위해 기존의 수치지도의 도로레 이어를 이용하고 각각의 영상에서 도로중심선을 추출하여 정량적으로 분석하고자 하였다.

연도별 Landsat 영상에 최대우도상관법 (maximum likelihood method)을 이용 하여 USGS (United States Geological Survey) 분류에 따라 4개 항목으로 구분하 여 토지 피복현황을 파악하였다. 이는 위성에서 감지할 수 있는 물리적인 특성을 반 영한 결과로서 인문·사회적인 통계와는 의미가 다르지만 토지이용계획을 수립할 때 유용한 현황 자료가 될 수 있다. 1972년 영상을 기준으로 연도별 Landsat 영상의 각각의 클래스별 면적을 계산하여 면적의 변화량을 파악하였다. 또한 상세한 변화 량을 파악하기 위하여 계층적기법(hierarchial approach)을 이용하였다. 이를 위하여 먼저 Landsat 영상에서 변화된 지역을 자동으로 탐지하고 변화가 일어난 지역을 중 심으로 점차 해상도가 높은 영상을 이용하여 자세한 변화량을 파악하였다. 이 방법 을 사용함으로써 Landsat 영상에서 변화된 지역을 수동적으로 파악하지 않아도 되 며 변화가 일어났다고 제시된 부분에 대해 집중적으로 분석함으로써 변화탐지를 위 한 시간과 비용을 줄인다.

본 연구에서는 이 방법의 유용성을 입증하기 위하여 성산동 월드컵 경기장 주변 을 변화후보 지역으로 선정하고 이 부분 항공사진을 이용하여 계층적 변화를 수행 하였다. 1981년, 1991년, 2000년, 2001년, 2002년 연도별 각각 두 장의 흑백항공사진

- 6 -

을 1차 다항식을 적용하여 기하보정을 수행한 후 모자이크를 수행하였다. 모자이크 영상으로부터 연도별로 각각 R, G, B 밴드를 부여하여 칼라조합에 의하여 변화를 확인할 수 있다.

연구에 이용된 영상은 서울을 중심으로 하는 1972년도의 3장의 CORONA 필름 영상과 1995년의 2장의 SPOT 영상이고, 수계 분류를 위해 잠실 주변의 한강을 대 상으로 선정하였다. 서울시의 토지이용변화를 살펴보기 위하여 1985, 1990, 1995, 2000년의 4장의 Landsat 영상과 1985년, 1991년, 2000년의 마포구 성산동 지역의 항 공사진을 이용하였다.

여러 시기의 Landsat 영상의 6 band로부터 온도를 추출하여 실제 기온과 비교 하여 이 데이터의 활용 가능성을 확인하고 앞에서 분류한 토지피복별로 온도를 추 출해 온도를 비교한다. 마지막으로 일산 신도시 지역의 온도를 추출 도시화가 온도 에 미치는 영향을 알아본다.

제 2 장 기하보정영상 생성

영상의 기하보정은 그림 2.1에 표시한 것과 같이 영상의 2차원 좌표와 대상공간 의 3차원 좌표간의 관계를 수학적으로 모형화하고, 관계되는 매개변수 값을 결정하 여 수치표고모형 (DEM: Digital Elevation Model)을 이용하여 영상지도로 제작하는 과정이다.



그림 2.1 기하보정의 개념

위성영상 및 항공사진등의 영상의 기하보정에 사용되는 모형식은 크게 간략모형 법 (simple geometric model)과 엄밀모형법 (rigorous geometric model)으로 구분할 수 있다.

2.1 간략기하보정방법

간략기하보정방법은 센서 종류뿐만 아니라 센서 플랫폼과도 독립적이며 계산시 간이 짧은 장점이 있으나 정확도에 있어서는 엄밀방법보다 떨어지는 단점이 있다. 간략기하보정방법으로는 다항식을 이용한 기하보정방법 (Polynomial Rectification) 이 있다. 이 방법은 2차원의 영상좌표와 3차원의 대상좌표와의 관계를 다항식으로 표현하는 방법으로 지상기준점주변에 대해서는 정확도가 높으나 기준점에서 멀어 질수록 정확도가 떨어지는 단점이 있다.

Affine 변환방법은 대상영역이 평평하거나 촬영고도가 매우 높을 때 높은 정확 도를 얻을 수 있는 간략기하보정방법으로 일반식은 식(2.1)과 같다. 이 방법은 x축

- 8 -

과 y축에 대한 축척의 변화, 그리고 회전변환과 변위이동에 대하여 모형을 할 수 있 는 방법으로 고도가 높은 위성영상에서 간략하게 적용할 수 있는 수학적 모형이다.

$$x = a_0 + a_1 X + a_2 Y \tag{2.1a}$$

$$y = b_0 + b_1 X + b_2 Y \tag{2.1b}$$

여기서 x, y는 영상 좌표이고, X, Y는 지상 좌표이다. 그리고 $a_0, a_1, a_2, b_0, b_1, b_2$ 는 affine 매개변수이다.

Pala 와 Pons (1995)은 언덕이나 산악지역에서의 기하보정에 식 (2.2)에 표시한 낮은 차수의 3차원 모형을 사용하여 엄밀 모형방법과 비슷한 수준의 정확도를 구현 할 수 있다고 하였다.

$$x = a_0 + a_1 X + a_2 Y + a_3 Z + a_4 X Z + a_5 Y Z$$
(2.2a)

$$y = b_0 + b_1 X + b_2 Y + b_3 Z + b_4 X Z + b_5 Y Z$$
(2.2b)

여기서 X, Y, Z는 지상좌표와 높이이다. 이 다항식 모델은 간단하며 계산이 빠르 며 센서에 상관없이 적용가능하다. 그러나 3차원 정보취측과 기복변위보정이 불가 능하며 엄밀 모델에 비해 정확도가 떨어진다.

높은 차수의 다항식은 주어진 기준점에 잘 맞아 들면서 잔차가 적어질 수 있으 나 기준점에 포함된 오차까지 만족시키는 해를 구하게 됨으로 그림 2.2와 같이 검사 점에 대해서도 높은 정확도를 보장한다고 신뢰할 수 없다. 따라서 높은 차수의 다항 식을 사용할 때는 기준점의 수와 차수를 고려하여야 한다.



그림 2.2 여러 차수의 다항식에 따른 결과

2.2 엄밀기하보정방법

엄밀기하보정방법은 모형식에서 사용하는 모형매개변수가 센서의 실제적인 영 상취득과정을 표현하는 것이기 때문에 간략기하보정방법보다 보통 더 좋은 정확도 (accuracies)를 나타낸다. 엄밀기하보정방법을 사용하려면 센서와 영상간의 엄밀한 수학적모형이 필요하기 때문에 모형방법이 복잡하고 상대적으로 계산시간이 많이 소요된다. 엄밀기하보정방법은 일반적으로 2차원 영상과 3차원 대상공간간의 관계 를 공선조건식을 기본으로 하여 모형화한다. 공선조건식은 측량용사진기와 pushbroom 센서에 이용 가능한 모델로써, pushbroom 센서의 경우 외부표정요소는 시간의 함수로 표현된 변형된 공선조건식을 이용하며 3차원 정보취득과 기복변위 보정이 가능하다. 그러나 내부표정과 센서의 외부표정요소에 대한 정보가 필요하므 로 수학적으로 복잡하고 계산시간이 길다. 공선조건식(Slama, 1980)은 식(2.3)과 같 다.

$$x = -f \frac{m_{11}(X - X_0) + m_{12}(Y - Y_0) + m_{13}(Z - Z_0)}{m_{31}(X - X_0) + m_{32}(Y - Y_0) + m_{33}(Z - Z_0)}$$
(2.3a)

$$y = -f \frac{m_{21}(X - X_0) + m_{22}(Y - Y_0) + m_{23}(Z - Z_0)}{m_{31}(X - X_0) + m_{32}(Y - Y_0) + m_{33}(Z - Z_0)}$$
(2.3b)

- 10 -

식 (2.3)에서 *f*는 초점거리이며, $m_{11} \sim m_{33}$ 은 회전행렬의 요소, X_0, Y_0, Z_0 는 투영중심의 좌표이다.

2.2.1 SPOT 영상의 기하보정

y'

이 절에서는 pushbroom 형태의 대표적 영상인 SPOT 영상의 엄밀기하보정방법 에 대하여 알아본다. SPOT 영상을 기하보정 하기위해 먼저 대상공간상의 대상물과 영상상의 대상물과의 관계를 규정하는 좌표계가 필요하다. 이를 위해 3가지 좌표계 를 정의하였다. 영상좌표의 경우 보통 투영중심을 기준으로 하는 좌표계가 사용되 므로 좌측상단을 기준으로 하는 영상좌표계를 투영중심을 기준으로 하는 좌표계로 변환해야한다. 영상좌표계인 프레임 좌표계(FCS: Frame Coordinate System)를 투 영중심좌표계인 주사선내 좌표계(SLCS: Scan-Line Coordinate System)로 변환하 는 식은 다음과 같다.

$$r = int(u+1)$$

$$x' = d(u-r+\frac{1}{2})$$

$$= [d(v-\frac{N_p}{2})] + s[d(v-\frac{N_p}{2})]^2 = y'' + sy''^2$$

$$z' = -f$$
(2.4)

여기서 u와 v는 프레임 좌표계를 정의하는 좌표축이며, d는 영상소의 크기로 SPOT panchromatic 영상의 경우는 대략 13 μm 이다. 또한 N_p 는 영상의 열의 크 기이다.

세 번째 좌표계는 경사각을 고려한 센서좌표계(SCS: Sensor Coordinate System)이다. 이는 SPOT위성으로 취득한 영상은 경사촬영을 하게됨으로써 투영중 심좌표계가 항상 대상면에 수직이 아니므로 생기는 경사각을 고려한 것이다. 주사 선내좌표계와의 변환관계는 아래와 같다.

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = M_T \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix}$$
(2.5)

여기서

$$M_{T} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos a_{T} & -\sin a_{T} \\ 0 & \sin a_{T} & \cos a_{T} \end{bmatrix}$$

 a_T 는 경사각(tilt angle)이다.

다항식 모형을 이용한 알고리즘은 각 주사선에 대해 항공사진과 마찬가지로 6개 의 외부표정요소($X_s, Y_s, Z_s, \varkappa_s, \phi_s, \omega_s$)가 존재하고, 중심 궤도를 갖는 고도위성은 인접한 주사선과 상관성이 크므로 주사선수나 주사시간 함수로 외부표정요소를 추 정할 수 있다. 따라서 SPOT 기하보정영상을 생성하기 위해 한 주사선을 중심투영 으로 간주하여 공선조건식을 이용하여 관측방정식을 구성하고 이를 광속조정법을 이용하여 최소제곱법을 적용한다. 이때 외부표정요소는 주사선의 함수로 나타내어 각 주사선간에 상관성을 고려한다.

영상 상에서 임의의 주사선 *i*에 대한 p점과 그에 대응하는 지상지점 P점과의 관계는 아래의 공선조건식으로 표현할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} x_i \\ 0 \\ -f \end{bmatrix}_p = \lambda R_i \begin{bmatrix} X_i - X_{0i} \\ Y_i - Y_{0i} \\ Z_i - Z_{0i} \end{bmatrix}_P$$
(2.6)

여기서, x_i 는 i 번째 주사선의 영상좌표이고, X_i, Y_i, Z_i 는 영상좌표에 대응하는 P점의 지상기준점 좌표이다. f는 SPOT 위성의 초점거리(1,082 mm)이고, λ 는 영상과 지상에 대한 축척계수이며, R_i 는 회전행렬이다.

위 식(2.6)을 전개하면 다음의 식(2.7)과 같은 공선조건식으로 표현할 수 있다.

- 12 -

$$x = -f \frac{m_{11}(X_i - X_{0i}) + m_{12}(Y_i - Y_{0i}) + m_{13}(Z_i - Z_{0i})}{m_{31}(X_i - X_{0i}) + m_{32}(Y_i - Y_{0i}) + m_{33}(Z_i - Z_{0i})}$$
(2.7a)

$$0 = -f \frac{m_{21}(X_i - X_{0i}) + m_{22}(Y_i - Y_{0i}) + m_{23}(Z_i - Z_{0i})}{m_{31}(X_i - X_{0i}) + m_{32}(Y_i - Y_{0i}) + m_{33}(Z_i - Z_{0i})}$$
(2.7b)

한 개의 위성영상에 6000개의 주사선으로 되어있어 많은 미지수를 풀기 위해 방 정식 수가 증가하고, 그에 따른 기준점 수가 증가되는 문제가 발생한다. 그러므로 각 주사선마다의 모든 외부표정요소를 직접 구할 수는 없다. 여기서는 SPOT 위성 의 비행 안정성과 빠른 관측 시간을 고려하여 외부표정요소를 시간 또는 주사선의 급수 형태로 단순화하여 모형화 할 수 있다. 각 주사선의 위치와 자세에 관계된 외 부표정요소 각각을 시간에 대한 2차 다항식으로 구성한 방정식은 다음과 같다.

$$\begin{split} \omega_i &= \omega_0 + \omega_1 t + \omega_2 t^2 \\ \phi_i &= \phi_0 + \phi_1 t + \phi_2 t^2 \\ \kappa_i &= \kappa_0 + \kappa_1 t + \kappa_2 t^2 \\ X_{0i} &= X_0 + X_1 t + X_2 t^2 \\ Y_{0i} &= Y_0 + Y_1 t + Y_2 t^2 \\ Z_{0i} &= Z_0 + Z_1 t + Z_2 t^2 \end{split}$$

(2.8)

위 식(2.8)을 공선조건식에 대입하여 테일러 급수(Taylor series) 전개를 이용하 여 선형화시키면 다음의 식(2.9)와 같은 영상좌표(*x*, *y*)에 관한 관측방정식이 얻어 진다.

$$\begin{split} V_{x} + \frac{\partial F(x)}{\partial \omega_{0}} \Delta \omega_{o} + \frac{\partial F(x)}{\partial \phi_{0}} \Delta \phi_{0} + \frac{\partial F(x)}{\partial x_{0}} \Delta x_{0} + \frac{\partial F(x)}{\partial X_{0}} \Delta X_{0} + \frac{\partial F(x)}{\partial Y_{0}} \Delta Y_{0} + \frac{\partial F(x)}{\partial Z_{0}} \Delta Z_{0} \\ + \frac{\partial F(x)}{\partial \omega_{1}} t \Delta \omega_{1} + \frac{\partial F(x)}{\partial \phi_{1}} t \Delta \phi_{1} + \frac{\partial F(x)}{\partial x_{1}} t \Delta x_{1} + \frac{\partial F(x)}{\partial X_{1}} t \Delta X_{1} + \frac{\partial F(x)}{\partial Y_{1}} t \Delta Y_{1} + \frac{\partial F(x)}{\partial Z_{1}} t \Delta Z_{1} \\ + \frac{\partial F(x)}{\partial \omega_{2}} t^{2} \Delta \omega_{2} + \frac{\partial F(x)}{\partial \phi_{2}} t^{2} \Delta \phi_{2} + \frac{\partial F(x)}{\partial x_{2}} t^{2} \Delta x_{2} + \frac{\partial F(x)}{\partial X_{2}} t^{2} \Delta X_{2} + \frac{\partial F(x)}{\partial Y_{2}} t^{2} \Delta Y_{2} + \frac{\partial F(x)}{\partial Z_{2}} t^{2} \Delta Z_{2} \\ + F_{x_{0}} = 0 \end{split}$$

$$V_{y} + \frac{\partial F(y)}{\partial \omega_{0}} \Delta \omega_{o} + \frac{\partial F(y)}{\partial \phi_{0}} \Delta \phi_{0} + \frac{\partial F(y)}{\partial x_{0}} \Delta x_{0} + \frac{\partial F(y)}{\partial X_{0}} \Delta X_{0} + \frac{\partial F(y)}{\partial Y_{0}} \Delta Y_{0} + \frac{\partial F(y)}{\partial Z_{0}} \Delta Z_{0}$$

+ $\frac{\partial F(y)}{\partial \omega_{1}} t\Delta \omega_{1} + \frac{\partial F(y)}{\partial \phi_{1}} t\Delta \phi_{1} + \frac{\partial F(y)}{\partial x_{1}} t\Delta x_{1} + \frac{\partial F(y)}{\partial X_{1}} t\Delta X_{1} + \frac{\partial F(y)}{\partial Y_{1}} t\Delta Y_{1} + \frac{\partial F(y)}{\partial Z_{1}} t\Delta Z_{1}$
+ $\frac{\partial F(y)}{\partial \omega_{2}} t^{2} \Delta \omega_{2} + \frac{\partial F(y)}{\partial \phi_{2}} t^{2} \Delta \phi_{2} + \frac{\partial F(y)}{\partial x_{2}} t^{2} \Delta x_{2} + \frac{\partial F(y)}{\partial X_{2}} t^{2} \Delta X_{2} + \frac{\partial F(y)}{\partial Y_{2}} t^{2} \Delta Y_{2} + \frac{\partial F(y)}{\partial Z_{2}} t^{2} \Delta Z_{2}$
+ $F_{y_{0}} = 0$

(2.9b)

여기서, V_x, V_y 는 영상좌표 관측시 잔차이고, ⊿항들은 각각의 근사값에 대 한 보정량이며, F_{x0}, F_{y0} 는 공선조건식에 각각의 근사값들을 대입한 값이다. 위 식(2.9)을 정리하면 식(2.10)과 같이 행렬식으로 표현된다.

$$\begin{bmatrix} V_{x} \\ V_{y} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{\partial F(x)}{\partial \omega_{0}} & \frac{\partial F(x)}{\partial \phi_{0}} & \cdots & \frac{\partial F(x)}{\partial x_{3}} t^{2} \\ \frac{\partial F(y)}{\partial \omega_{0}} & \frac{\partial F(y)}{\partial \phi_{0}} & \cdots & \frac{\partial F(y)}{\partial x_{3}} t^{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{\Delta \omega_{0}}{\Delta \phi_{0}} \\ \vdots \\ \vdots \\ \frac{\Delta x_{1}}{\Delta x_{2}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -F_{x_{0}} \\ -F_{y_{0}} \end{bmatrix}$$
(2.10)

만약 영상 전체에 대한 방정식을 구성하기 위해 *n*개의 표정점이 *m*개의 위성 영상에서 관측된 경우를 간단히 표현하면 식(2.11)과 같이 영상좌표에 대한 관측방 정식이 성립된다.

$$V + B \cdot \Delta = E$$

(2mn, 1) (2mn, 18m) (18m, 1) (2mn, 1)

(2.11)

V : 잔차 벡터
B : 외부표정요소에 관한 편미분 계수 행렬
△ : 외부표정요소의 근사값에 대한 보정량 벡터
E : 교차 벡터

식(2.11)에서 미지변수 ⊿항을 구하기 위하여 최소제곱법을 사용하면 잔차의 제 곱 **Ø**는 식(2.12)와 같이 된다.

$$\boldsymbol{\Phi} = \sum_{i=1}^{n} W_{i} \ V_{i}^{2} = \overline{V}^{T} \ \overline{W} \ \overline{V}$$

$$(2.12)$$

여기서, W는 경중률행렬(weight matrix)를 나타낸다. 이를 다시 식(2.11)에 대입 하면 식(2.13)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\boldsymbol{\Phi} = (\boldsymbol{E} - \boldsymbol{B} \boldsymbol{\varDelta})^T \boldsymbol{W} (\boldsymbol{E} - \boldsymbol{B} \boldsymbol{\varDelta})$$

(2.13)

식(2.13)에서 Ø를 최소로 하기 위하여 ⊿에 대하여 편미분하면 식(2.14)과 같이 표현된다.

$$\frac{\partial \boldsymbol{\Phi}}{\partial \boldsymbol{\Delta}} = -2 \ \boldsymbol{E}^T \ \boldsymbol{W} \boldsymbol{B} \ + \ 2\boldsymbol{\Delta}^T (\ \boldsymbol{B}^T \ \boldsymbol{W} \boldsymbol{B}) \boldsymbol{\Delta} \ = \ 0$$
(2.14)

식(2.14)을 풀면 다음과 같은 조건식이 성립한다.

$$\Delta^{T}(B^{T} W B) = E^{T} W B \tag{2.15}$$

결국 식(2.14)를 역변환하여 식(2.16)와 같이 최소제곱식을 구성할 수 있다.

$$(B^T W B) \varDelta = B^T W E$$

(2.16)

위 식(2.16)에서 B^T WB = N, B^T WE = U 라 표현하면 보정량 ⊿는 (2.17)과같이 정규방정식을 구성할 수 있으며, 이는 잔차가 어느 한계범위 이내로 수 렴할 때까지 반복하여 풀이한다.

$$\Delta = N^{-1}U \tag{2.17}$$

2.2.2 CORONA 영상의 기하보정

CORONA 시스템은 미국 CIA와 미공군이 공동으로 관리한 위성체계로 1962년 부터 1972년까지 적대 공산국가를 감시하는데 사용하였다. 탑재된 사진기로는 KH-1, KH-2, KH-3, KH-4 이며 이로부터 취득한 영상은 지상해상도가 최고 2m에 이른다. CORONA영상은 탑재된 사진기의 형식에 따라 영상을 취득하는 방법이 조 금씩 다르지만 파노라마 방식으로 영상을 취득하는 것은 공통적인 방법이다.

- 16 -

본 연구에서 사용한 영상은 KH-4시스템으로 2개의 사진기를 하나의 틀에 장착 하여 각각 수직방향을 기준으로 15°전방과 15°후방을 촬영하도록 되어있어 입체영 상을 제공할 수 있다. KH-4에서 취득한 영상을 이용하여 SPOT 영상의 경우에서 와 같이 기하보정을 위해서는 내부표정 요소를 정의하여 영상좌표를 설정해야 하는 데 이를 위해 그림 2.3에서와 같이 3가지 영상좌표를 정의하였다. 하나는 CORONA KH-4B필름을 스캐닝 할 때 정의되는 영상좌표 (*u*,*v*) 이고, 다른 하나는 스캔한 이미지 좌표를 θ만큼 회전시킴으로써 정의되는 회전된 영상좌표 (*x_i*,*y_i*)이다. 이는 아래의 식으로 계산할 수 있다.



그림 2.3 영상좌표의 정의

마지막으로 하나는 파노라마 사진 좌표 (x_p, y_p) 이다. 이좌표의 원점은 파노라마 필름의 중심 (x_c, y_c) 으로 정의되며 지표가 없기 때문에 정확한 값을 알 수 없다. 회 전된 영상 좌표 (x_i, y_i) 는 아래의 식에 의해 파노라마 사진좌표 (x_p, y_p, z_p) 로 변환 된다.

$$\begin{aligned} x_p &= (x_i - x_c)d\\ y_p &= (y_c - y_i)d\\ z_p &= -f = -609 \cdot 602mm \end{aligned} \tag{2.19}$$

CORONA 영상의 기하보정을 위한 모형식으로 영상좌표의 왜곡을 수정하기 위 해 변형된 공선조건식을 제시하였다. 파노라마 카메라는 복잡한 기하구조를 가지고 있어서 일반적인 프레임 사진기하에는 없는 영상왜곡을 가지고 있다. 이러한 왜곡 들은 중심투영 기하와는 틀리게(Slama, 1980), 파노라마 왜곡, 스캔 방향 왜곡, IMC(Image Motion Compensation)왜곡을 가진다. 이러한 세 가지 왜곡을 수정한 후에 일반적인 공선조건식을 적용하는 방법이다.

파노라마 왜곡은 그림 2.4에 나타낸 것과 같이 필름표면과 렌즈의 스캐닝 활동이 원통 모양이여서 생긴다. 플랫폼이 노출된 동안 움직이지 않는다고 가정하면 그림 2.5에서와 같이 원통형 필름의 파노라마 사진 좌표와 프레임 사진좌표 사이의 관계 식을 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$x_{p} = f \alpha$$

$$\alpha = (x_{i} - x_{c}) \Delta \alpha$$

$$\Delta \alpha = \frac{d}{f}$$

$$x_{f} = f \tan \alpha$$

$$y_{f} = y_{p} \sec \alpha$$
(2.20)

여기서 α는 카메라 스캔 각도, Δα는 한 픽셀의 스캔 각도이고(라디안), x_f, y_f 는 프레임 사진좌표이다.



(b) ^y^p 와 ^yf 사이의 관계 그림2.5 파노라마 사진좌표와 프레임사진좌표사이의 관계

스캔방향 왜곡은 그림 2.6과 그림 2.7에서와 같이 렌즈를 스캔할 때 플랫폼의 움 직임에 의해 생긴다. 이를 수학적인 관계식으로 표현하면 다음과 같다.

$$y_{s} = \frac{f}{H}Vt\cos\alpha$$

$$t = \frac{\alpha}{\delta}$$

$$y_{s} = \frac{Vf\alpha\cos\alpha}{H\delta}$$
(2.21)

여기서 *Y_s*는 스캔방향왜곡의 요소, *V*는 플랫폼의 속도, *t*는 카메라의 스캔 시 간, δ는 카메라 스캔 팔의 각속도이다.



그림 2.6 스캔방향왜곡



그림2.7 스캔방향왜곡의 기하학적 관계

IMC왜곡은 노출시간동안 영상의 움직임을 보완하기 위해서 그림 2.8과 그림 2.9 에서 표현한 것과 같이 렌즈나 필름표면의 이동함에 의해 생긴다. IMC왜곡과 관련 한 기하는 다음과 같이 수식적으로 표현할 수 있다.

$$dy_{im} = \frac{fV\cos\alpha dt}{H}$$
$$y_{im} = -\frac{fV}{H\delta}\sin\alpha$$
(2.22)

Yim 은 IMC 왜곡 요소이고 v는 영상의 속도이다.



그림2.8 IMC왜곡



그림2.9 IMC왜곡의 기하학적 관계

지상의 격자를 위의 세 가지 왜곡을 고려하여 표현하면 그림 2.10과 같이 왜곡되어 나타나게 된다.



이렇게 세 가지 왜곡을 수정한 영상좌표 (x'_f, y'_f) 는 다음과 같이 일반 공선조건 식에 적용할 수 있다.

 $x'_{f} = x_{f} = f \tan \alpha$ $y'_{f} = y_{f} + (y_{s} + y_{im}) \sec \alpha = \frac{y_{p}}{\cos \alpha} + \frac{Vf}{H\delta} (\alpha - \tan \alpha)$ $\begin{bmatrix} x'_{f} \\ y'_{f} \\ -f \end{bmatrix} = s \mathbf{M} \begin{bmatrix} X - X_{c} \\ Y - Y_{c} \\ Z - Z_{c} \end{bmatrix}$ $\mathbf{M} = \mathbf{M}_{\omega} \mathbf{M}_{\varphi} \mathbf{M}_{\kappa}, \qquad (2.23)$

2.2.3 기하보정영상 생성

기하보정 영상을 생성하기위해선 기하보정식에 대한 매개변수들이 결정되어야 한다. 결정된 매개변수들을 가지고 지상점과 영상점의 관계를 정의 할 수 있으며 지 상의 일정간격격자에 대한 DEM이 있으면 격자에 해당하는 영상의 밝기값을 심는 과정이 기하보정영상의 생성이다. 기하보정 영상을 생성하는 방법은 DEM자료가 입력용인가 출력용인가에 대한 구분에 의해 직접법과 간접법으로 구분할 수 있다 (Yeu와 Shenk, 2001).



그림 2.11(a)의 직접법은 주로 인공위성 영상을 기하 보정할 때 사용되는 방법으 로 지상좌표를 알고 있는 대상물의 영상좌표를 관측하여 각각의 출력 영상소의 위 치를 결정하는 방법이며 그림 2.11(b)의 간접법은 수치고도모형자료에 의해 출력 영 상소의 위치가 이미 결정되어 있으므로 입력 영상에서 밝기값을 찾아 출력영상소의 위치에 나타내는 방법으로 항공사진을 이용하여 정사투영영상을 생성할 때 주로 이 용된다(유복모, 1995).

제 3 장 서울시 변화탐지

3.1 서울시 기하보정영상 생성

서울시변화 탐지를 위해서 그림 3.1과 같은 1972년 4월 20일에 촬영된 CORONA KH-4B 3장의 영상을 2장에서 설명한 CORONA 영상에 대한 엄밀기하보정방법으 로 기하보정 하였다. 엄밀기하보정된 3장의 CORONA영상을 ERDAS Imagine 상에 서 방사보정을 한 후 모자이크를 수행하였다. 모자이크한 영상을 이용하여 1:1,000 수치지도상에 표현된 서울시 행정경계를 따라 절취한 영상은 그림 3.2 와 같다.

1995년 4월 20일에 촬영된 2장의 SPOT 영상을 2장에서 설명한 SPOT 영상에 대한 엄밀기하보정방법을 이용하여 정사보정하고 모자이크를 수행하였다. 모자이크 한 영상은 그림 3.3에 나타내었다.



그림 3.1 CORONA KH-4B 필름



그림 3.2 서울지역 CORONA 모자이크 영상, 1972



그림 3.3 서울 지역의 SPOT 모자이크 영상, 1995

지형보정 결과를 알아보기 위하여 용산지역을 1:5,000 수치지형도와 중첩하여 보 았다. 그림 3.4와 그림 3.5는 엄밀기하보정된 CORONA 영상과 1:5,000 수치지형도 와의 중첩결과이다. CORONA 영상과 수치지도사이에는 약 30년간의 시차가 있기 때문에 변화된 지역에 대해서 정확히 비교할 수는 없으나 위치와 모양이 크게 변하 지 않은 지역에 대해서는 육안으로 검사를 실시해 보았다. 그 결과 교량과 일부 건 물들이 잘 일치하고 있음을 알 수 있다.



그림 3.4 1:5,000 수치지형도와 그림 3.2와의 중첩(영등포)



그림 3.5 중첩의 확대영상

3.2 도심지 경계 추출을 위한 분류

CORONA 영상은 그림 3.6에서 보는 바와 같이 일반가옥을 영상에서 구별할 수 있을 정도로 고해상도이기 때문에 촬영당시 서울시에 대한 상세한 정보를 취득하는 데 매우 유용하며 영상을 판독하여 도시화된 지역과 비도시화지역을 구분함으로서 도시화에 대한 정확한 정보를 추출할 수 있었다.



그림 3.6 광화문 지역(1972년 CORONA영상)

국내의 지형분류는 크게 두 개의 기관에서 수행하고 있는 분류체계를 따르고 있 다. 먼저 환경부에서 수행한 토지피복 분류는 USGS분류체계와 유럽연합의 CORINE 프로젝트를 검토하여 우리나라 지형에 맞게 수정하여 대분류로 7개의 항 목으로 분류하였다. 이러한 분류체계는 활용목적에 따라 다양하게 설정할 수 있다. 본 연구에서는 도시화지역과 비도시화 지역을 구분하기 위하여 국토지리정보원에 서 제작한 토지이용도의 분류체계가 더 적합하다고 판단 이를 이용하였다. 여기서 는 4개의 대분류 항목인 도시 및 주거지, 임지, 수계, 농지로 나누었다. 4개의 기준 중 본 연구에서는 도심지와 비도심지를 구별하는 것이 주된 목적이기 때문에 도심 지를 판단하는데 있어서 미국 USGS의 토지이용도분류를 참고하였다 (http://edc.usgs.gov). 이 분류 코드는 표 3.1과 같이 여기서는 도심지를 7개의 항목 으로 나누었는데 그 항목은 주거지(residential), 상업지(commercial services), 공업 지(industrial), 교통통신시설(transportation communications), 상공업지(Industrial and commercial), 반도심지(mixed urban or built-up land), 그리고 기타 도심지 (other urban or built-up land) (Anderson 등, 1976)이다. 해당 항목이 확실하지 않 은 지역은 1975년 제작된 1:50,000 지형도를 참고하여 유추하였다.

육안을 통해 도시화지역과 비도시화지역을 구분하는 작업을 수행하였으며 동작 동 국립묘지와 공원의 경우 도시시설물의 일부로 보고 도시화지역으로 분류하였다. 1972년 CORONA 모자이크 영상에 대한 분류결과와 1995년 SPOT 모자이크 영상 에 대한 분류결과는 각 각 그림 3.4와 그림 3.5와 같다.

분류코드	대상
1	도시화 지역
11	주거지
12	상업지
13	공업지
14	교통통신시설
15	상공업지
16	반도심지
17	기타 도심지

표 3.1 USGS 토지이용도 분류코드



그림 3.4 1972년 CORONA 모자이크 영상 분류 결과



그림 3.5 1995년 SPOT 모자이크 영상 분류 결과

이 두 장의 분류 결과를 비교하여 보면 서울 지역에 지난 24년 동안 많은 변화가 나타난 것을 알 수 있다. 그림에서 빨간 지역은 건물과 인구가 밀집된 도시화 지역 이고 나머지 색깔의 부분들은 강, 농장, 숲과 같은 비도시화지역이다. 회색 부분은 강과 시내의 흑과 점토 부분이거나 공사 중인 지역이다. 가장 큰 변화는 농장지역의 감소와 도시화 지역의 팽창이다. 도시화 지역의 변화를 인식하기 위해 1995년 SPOT 영상에서 추출된 도시화 지역과 CORONA영상에서의 도시화 지역을 비교하 였다. 그림 3.6은 1972년과 1995년의 도시화지역 비교영상이다.



그림 3.6 도시화 지역 비교

1972년과 1996년 동안의 서울시는 전체적으로 그림 3.6과 같이 도시화면적이 변 화하였으며 표 3.2와 같이 인구의 증가, GNP의 증가가 발생하였다. 그 사이 우리나 라는 여러 지역에 대하여 토지구획 정리 사업이 시행되면서 도시화가 진행되었는데 101억원의 사업비를 투자하여 86년 사업이 완료되었으며 영동지역의 경우 2개의 지 구로 나누어 85년과 90년에 사업이 완료됨으로서 지금의 반포와 방배, 서초, 양재동 의 모습이 완성되었다(서울도시계획연혁, 1992). 그 외의 서울 외곽지역 또한 여러 지역에서 토지구획 정리사업과 각종 개발 사업이 시행되었다.

- 31 -

표 3.2 서울시 변화사항

ਕੇ ਦ	റി 7 (ലി)	이 기(머)	이기(머) 머거(l2)	머 거 (12)	인구밀도	국가 GNP	도시화
언도	친구(영)	번석(KIII)	(명/ha)	(\$)	면적(km ²)		
1972년	6,076,143	613.04	99.0	106억	201		
1996년	10,469,852	627.06	167.0	5183억	482		

강 주변도 여의도 개발계획, 강변도로의 건설, 강변택지 조성, 교량 신설로 인해 많은 변화가 있었다. 그림 3.7은 1996년도의 수치를 100으로 하였을 때 1972년의 값 을 상대적으로 표현한 것이다. 행정구역상의 면적은 조금 증가하였고 인구는 1.7배 증가하였다. 같은 기간 동안 국가 GNP가 약 50배 증가하였으며 추출된 도시화 면 적의 경우는 2.4배 증가하였다.



그림 3.7 서울시 변화사항

그림 3.8에서 두 영상을 비교했을 때 가장 큰 변화 지역인 잠실지역과 강남지역에서 수행된 당시 개발의 모습을 볼 수 있다. 잠실지역은 전답을 포함한 섬의 형태로 있었으며 하천을 막고 토사를 매립하여 택지로 조성하 고 있었다. 영상에서 하얗게 보이는 부분이 매립을 위해 성토한 모래이다. 이렇게 개발을 시작한 후 생긴 변화는 그림 3.8(b)의 2000년 KOMPSAT-1 영상과 비교하여 파악할 수 있다.

- 32 -



(a) 1972년 잠실지역 CORONA 영상



(b) 2000년 잠실지역 KOMPSAT 영상

그림 3.8 잠실지역의 CORONA 영상(a)과 KOMPSAT 영상(b)

3.3 한강 수계지역 분류

앞에서 도시화 분류의 작업을 수행한 후 서울 주변의 한강을 따른 변화 탐지도 수행하였다. 하천은 그림 3.9에서와 같이 하천개발이 수행되기 전인 자연하천과 인 위적인 조작이 이루어진 개수하천으로 분류하는데 지금의 한강은 인위적인 조작이 많이 발생한 개수하천이다(이원환, 1997). (a) 자연하천

(b) 개수하천 그림 3.9 자연하천과 개수하천의 하천구역 비교

한강의 경우 1986년에 수행한 한강종합개발사업을 중심으로 해서 많은 변화가 일어났다. 각종 하천개수 사업을 통해 한강에 홍수시 소통능력을 증가시키고, 수위 의 급격한 상승을 억제하기 위하여 저수로부와 홍수터를 만들고 하천 제방을 축조 하였다(서울도시계획연혁, 1992). CORONA 영상을 이용하여 30년 전의 한강을 보 면 그림 3.10에서와 같이 인공적인 작용을 거의 가하지 않은 자연하천 상태이며 하 천 주변에 복잡하게 모래로 이루어진 둔치와 강 가운데 하중섬이 많이 존재하고 있 음을 알 수 있다. 그림 3.11은 변화가 많이 발생한 잠실과 강변역 지역을 1972년 CORONA영상에서 확인하기 위해 1996년의 SPOT 영상에서 추출한 한강 수역 경 계와 중첩하여 표현한 것이다. 강변역과 잠실이 섬으로 존재하고 있으며 한강의 본

- 34 -

류가 2개의 섬을 돌아 흐르고 있었음을 알 수 있다. 또한 영상에서 잠실을 토사로 메우는 공사가 당시에 진행되고 있었음을 확인할 수 있다. 이 후에 이루어진 하천개 수 작업을 통해 두 개의 섬을 돌아서 흐르던 한강의 본류를 막아 짧게 지나가도록 개수하였다.



1 km

그림 3.10 강남구 압구정동 부근의 한강 하천형태(1972)



1 km

그림 3.11 잠실과 강변역 주변의 하천형태(1972)와 지금의 한강 수역 경계의 중첩 그림 3.12는 1972년 당시의 하천구역을 표현하였으며 토사로 구성된 둔치와 하 중섬은 밝기값의 차이를 통해 추출하여 진하게 표현하였다. 그림 3.13은 1996년의 한강 모습이며 그림 3.14는 1972년과 1996년의 중복지역을 보여준다. 홍수기와 갈수 기에 따라 물이 흐르는 수역의 면적은 차이가 날 수 있는데 1972년 당시 4월은 갈수 기에 해당된다고 할 수 있다. 추출한 하천구역의 면적을 계산한 결과는 표 3.3과 같 다. 지난 30년간 강의 패턴이 변화하였고, 수계지역이 16%정도 증가한 것을 알 수 있다. CORONA 영상은 2 m의 고해상도 영상이며 적외선부분까지 포함한 파장대를 이용하기 때문에 온도에 의해서도 밝기값의 차이가 발생한다. 따라서 하천의 수역 은 검게 보이며 물이 흐르지 않는 둔치는 모래가 열에 의해 하얗게 나타난다. SPOT 영상의 경우 해상도가 10m인 관계로 물이 흐르는 수역을 제외하고는 하천구 역을 구별하는 것이 거의 불가능하였다.



그림 3.12 1972년 한강 하천구역



그림 3.13 1996년 한강 하천구역



그림 3.14 하천구역 중복지역

표 3.3 한강 하천구역의 면적

연도	1972	연도	1996	
수역(km²)	26.20	저수로터(km²)	38.02	
모래로 이루어진 둔치,	20.66	古人口(12)	.i.	
하중섬(km²)	20.00	ま てり(Km)	*	

* : SPOT 영상의 경우 홍수터의 추출이 육안으로 불가능

3.4 도심지역 변화탐지

도시화가 진행된 상태를 파악하기 위한 실례로 서울지역의 도로망에 대한 변화 를 살펴보았다. 이를 위해 기존의 수치지도의 도로레이어를 이용하고 영상에서 도 로중심선을 추출하여 정량적으로 분석하고자 하였다. 1995년 SPOT영상의 해상도 로는 육안으로 도로 식별이 힘들어 1995년 수치지도를 이용하였다. 그림 3.15에서 보듯이 수치지도에서 4차원 이상의 도로 중심선 레이어만을 남겨두고, 그림 3.16에 서 나타낸 바와 같이 1972년 CORONA영상에서 도로중심선을 수작업으로 추출하였 다. 강남 지역에 대해 이 두 도로 중심선을 ArcGIS상에서 겹쳐 본 결과 지난 20여 년간의 변화를 탐지할 수 있었다. 결과 그림3.17에서와 같이 새로운 도로가 많이 신 설됨을 알 수 있었다. 기존의 도로도 육안으로 봤을 때 도로폭이 좁고 곡선이었던 것들이 1995년에선 4차원 이상의 도로로 확장된 것을 알 수 있다.



그림3.15 1995년 수치지도 도로중심선



그림3.16 1972년 CORONA 영상 도로중심선

(빨간선: 1972년 도로, 파란선: 1995년 도로)



그림3.17 도로 중심선 중첩 (빨간선: 1972년 도로, 파란선: 1995년 도로)

접은 지역에 대한 변화 탐지의 실례로 서울시 서대문구에 위치한 연세대학교에 대한 건물의 변화를 살펴보았다. 그림 3.18의 (a)와 (b)에서 볼 수 있듯이 1972년 코 로나 영상과 2000년 항공사진을 이용하여 좀더 세부적인 사항을 육안으로 구별할 수 있었다. 항공사진의 축척은 1:5,000이고 각각의 빌딩에 대해서도 확실하게 판독 할 수 있다. 그림3.18의 (c)에서와 같이 까맣게 표시된 부분이 새로 생긴 빌딩임을 확인할 수 있었다. 이러한 건물변화 예에서 알 수 있듯이 본 연구에서 사용한 CONORA 영상은 과거 30년전의 서울시의 모습을 항공사진과도 비교할 수 있을 정 도의 상세한 정보를 가지고 있음을 알 수 있다.





(a) CORONA 영상(1972)

(b) 항공사진(2000)



(c) 새로운 빌딩과 겹친CORONA 영상그림 3.18 연세대학교 건물 변화

제 4 장 계층적 방법을 이용한 변화탐지

본 연구에서는 변화된 지역을 자동적으로 취득하기 위한 일환으로 계층적 방법 을 도입하였다. 계층적 방법이란 먼저 지상 해상도가 낮은 위성영상을 사용하여 변 화된 지역을 탐지하고 탐지된 지역을 중심으로 보다 높은 해상도의 영상을 이용하 여 단계별로 변화를 탐지하는 것을 말한다. 이를 위해 먼저 연도별 Landsat 영상을 이용하여 트레이닝 지역을 선정한 후 최대우도법을 사용하여 감독 분류를 수행하였 다.

앞 절에서 선정한 분류항목에 따라 도심지, 산림, 농지, 수계의 총 4개의 항목으 로 구분하여 1973년 Landsat 영상을 분류한 결과가 그림 4.1이다. 이 영상을 기준으 로 하여 1985년(그림 4.2), 1990년(그림 4.3), 1994년(그림 4.4), 2000년(그림 4.5)의 4 개 클래스에 대한 면적의 변화량을 알아보았다. 결과를 표 4.1에 요약하여 나타내었 다. 사용한 LANDSAT영상은 계절이 동일하지 않은 관계로 분류영상 비교 시 오차 를 포함하고 있음을 감안하여야 한다. 그러나 표 4.1에서 알 수 있듯이 농지와 수계 지는 전체적으로 감소하고 도심지의 면적은 증가하였음을 알 수 있다. 1973년과 비 교하여 산림지역도 전체적으로 감소하였음을 알 수 있다.



그림 4.1 1973년 Landsat 분류영상



그림 4.2 1985년 Landsat 분류영상



그림 4.3 1990년 Landsat 분류영상



그림4.4 1994년 Landsat 분류영상



그림 4.5 2000년 Landsat 분류영상

	농지	산림	수계	도심지	합 계
1973년	150.57	318.59	10.80	130.38	610.34
1985년	12.95	200.60	25.04	371.75	610.34
1990년	14.15	186.19	21.93	388.07	610.34
1994년	39.39	203.26	21.82	345.87	610.34
2000년	34.43	154.01	20.55	401.35	610.34

표 7.1 연도별 4개의 클래스별 면적변화량(단위 km²)

본 연구에서 제안한 계층적 변화탐지를 수행하기 위하여 Landsat 영상으로부터 많은 변화가 감지된 마포구 성산동 월드컵 주 경기장 지역을 중심으로 좀 더 해상 도가 높은 항공사진을 이용하여 상세한 변화정보를 추출하였다. 그림 4.6은 Landsat 영상으로부터 얻은 주 경기장 주변의 상세변화정보를 나타낸다. 그림에서 알 수 있 듯이 농지부분이 거의 없어짐을 알 수 있다. 그러나 지상 해상도 30m의 Landsat 영 상을 이용하여서는 이러한 변화를 촉진시키는 원인을 알 수 없기 때문에 보다 고해

- 44 -

상도 영상인 항공사진을 이용하여 상세한 변화요인을 알아보았다.



그림4.6 LANDSAT 영상을 이용한 월드컵 경기장 주변 변화

이 지역에 대한 변화를 탐지하기 위하여 1985년, 1991년, 2000년의 각각 두 장의 항공사진에 대하여 1차 다항식기법을 적용하여 기하보정을 수행한 후 모자이크를 수행하였다. 1985년에서 2000년 사이에 이 지역 주변에 많은 변화가 있음을 육안으 로 확인할 수 있다. 본 연구에서는 변화된 지역을 자동으로 추출하기 위하여 의사 칼라 (psedo color)영상을 만들어 해석하여 보았다. Erdas Imagine상에서 Layer stack 기능을 이용하여 각각 1985년(그림 4.7), 1991년(그림 4.8), 2000년(그림 4.9) 흑백 항공사진에 R, G, B 밴드로 칼라를 부여하여 그림 4.10과 같이 한 장의 칼라 사진으로 만들었다.



그림4.7 1985년 월드컵 경기장 주변의 모자이크 영상



그림 4.8 1991년 월드컵 경기장 주변의 모자이크 영상



그림 4.9 2000년 월드컵 경기장 주변의 모자이크 영상



그림4.10 의사 칼라에 의한 변화탐지

그림 4.10은 R, G, B, 세 칼라의 빛이 합쳐지면 흰색으로 보이는 색의 원리를 이 용한 것으로 사진에서 흰색으로 보이는 부분은 1985년에서 2000년에 이르면서 변하 지 않은 부분으로 볼 수 있다. 붉은색으로 보이는 부분과 파란색으로 보이는 부분은 과거에는 없던 부분이 2000년과 2001년에 새로 생성된 부분으로 볼 수 있다. 이 지 역에 대한 붉은색 부분과 파란색으로 보이는 부분의 상세한 변화정보를 살펴보았 다.

다음은 이 지역에 대한 변화를 나타내는 것이다. 그림 4.11에서 알 수 있듯이 1985년부터 2001년 사이에 농지가 없어지고 새로운 도로와 건물이 신설됨을 알 수 있다. 그림 4.11 (a)와 (b)에서 보면 도로가 생기고 동그라미 친 부분에 아파트가 들 어선 것을 육안으로 확인할 수 있다. 공터로 보이는 네모 친 부분을 중심으로 2000 년 영상에서 확인해 보면 월드컵 경기장을 건설하는 중임을 확인할 수 있고 2001년 영상에선 완공된 모습을 볼 수 있다.



(a)1985년 4월 28일 항공사진



(b)1991년 2월 22일 항공사진





(c)2000년 8월 30일 항공사진 (d)2001년 9월22일 항공사진

그림 4.11 월드컵 경기장 주변 지역의 항공사진

제 5 장 도시 확장에 따른 지표온도변화

5.1 Landsat TM 열적외 데이터를 이용한 지표온도 계산

도시의 팽창은 지구의 환경에 큰 변화를 불러온다. 도시지역은 온도를 상승시키 는 환경요소들 예를 들면, 도로, 보도, 주차장, 건물 등 같은 인공지물들이 도시 토지 의 30%정도를 차지하기 때문에 온도에 영향을 미친다. 인공지물들의 콘크리트와 아스팔트 등은 비증발성, 비투과성 표면으로 많은 양의 태양방사를 흡수한다. 이외 에도 도시에서 발생되는 역학적, 전기적, 화학적 에너지들로부터 많은 양의 열이 생 성된다. 이 에너지들은 대기로 전달되어 대기온도의 상승을 가져오며 도심지와 비 도심지 사이의 지표온도와 대기온도의 변화를 야기시킨다. 이러한 대기온도의 차이 는 '열섬현상' 이라 알려져있다. 여기서 지표면 온도는 대기온도와 일정한 관계를 유지하며, 지표면온도가 흔히 대기온도의 대체로 사용된다는 것이다(박민호, 2001). 도시열섬현상에 대해 짧은 시간에 광역적으로 파악할 수 있는 방법으로서, 인공위 성 열적외 데이터를 사용하여 도시의 지표면 온도를 취득하는 것이 매우 효과적이 다.

Landsat 위성의 TM 데이터 중 열적외 영역인 band (10.4~12.5 µm)을 사용하여 도시의 토지이용과 방사온도와의 관계를 파악하고 Landsat TM 열적외 데이터의 이용가능성에 대해서도 확인해보고자 한다.

표면온도의 변화를 측정하기 위해 표면방사 온도를 TM 열적외 데이터로부터 유도하였다. 영상의 디지털 수를 방사온도로 변환하기 위한 2차 모델식은 식(5.1)과 같다(Malaret 등, 1985).

$$T(K) = 209.831 + 0.834DN - 0.00133DN^{2}$$
(5.1)

위의 식은 물질 고유의 방사율은 고려하지 않고 물체가 흑체라고 생각하고 구한

것이다. 하지만 일반물체는 완전한 흑체가 아니므로 위에서 구한 방사온도에 토지 피복에 따른 방사율을 보정하여야한다. 방사율은 대상물의 물질, 표면상태, 파장 등 에 의존하며 정확히 구하는 것은 곤란하다. 표에 나타난 각 물질에 따른 방사율을 고려하여 정확하게 세분화하는 게 필요하나 보통 상온부근의 비교적 좁은 온도범위 를 대상으로 하는 경우, 평균 방사율을 채용하는 것이 일반적이다(일본사진측량학 회, 1986). 일반적으로 식물 지역은 0.95의 방사율, 비 식물지역은 0.92를 적용한다 (Nichol 1994). 여기서 산림지역에는 0.95, 도심지, 농경지, 수역에는 0.92의 방사율을 적용하였다. 방사율보정된 온도는 다음 식(5.2)를 통하여 계산한다(Artis and Carnahan, 1982).

$$T_{s} = \frac{T(K)}{1 + (\lambda T(K)/\alpha) \ln \varepsilon}$$
(5.2)

여기서, λ = 방사 파장 길이 (=11.5 μm) (Markham and Barker, 1985)

$$a = \frac{hc}{K} (=1.438 \times 10^{-2} \text{ mK})$$

K = Stefan Boltzmann's constant (= $1.38 \times 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$)
h = Planck's constant (= $6.26 \times 10^{-34} \text{ Js}$)
c = 빛의 속도 (= $2.998 \times 10^8 \text{ s}^{-1}$)

표 5.1 상온(20℃)에서의 지표물질 적외선(8~14µm)방사율 (일본사진측량학회 1986; Lillesand and Kiefer, 2000)

물질	방사율	물질	방사율
석	0.92	목재	0.90
콘크리트	0.94	물	0.98
붉은벽돌	0.94	마른흙	0.92
플라스틱	0.96	젖은흙	0.96
식물	0.98	모래	0.90
산림	0.98	페인트	0.96
잔디	0.97	아스팔트	0.95

표 0.4 평민 경제근도퍼 실제 1	丑	평균	5.2	방사온도와 실제
---------------------	---	----	-----	----------

LANDSAT 영상	지표방사온도(℃)	실제온도(℃)
1985.5.14	28.93	19.1
1990.4.26	25.71	11.7
1994.7.26	35.73	31.7

band 6로부터 계산된 각 시기의 서울시 전체 평균온도는 표와 같다. 이온도는 엄밀한 의미에서 실제온도가 될 수 없다. 본 논문에서는 대상지역의 정확한 온도를 추출해내는 것보다 인공위성 영상 데이터를 이용한 온도측정에 의한 도시열섬현상 의 분석과 그 응용성 검토가 목적이므로 정확한 실제 온도가 측정되지 못하더라도 상대적인 온도분포만으로도 상당한 가치가 있을 것으로 사료된다. Landsat 열적외 데이터로부터 구한 자료가 기상온도 대신 쓰이는 게 합당한지 알아보기 위해 기상 청으로부터 제공된 자료로부터 확인할 수 있는 그 당시의 실제 기온과 Landsat 영 상으로부터 구한 지표면온도와 비교해본다.

Landsat 영상이 취득되는 시간은, 위성이 우리나라를 통과할 때의 시각인, 대략 오전 10시 30분 경이다(Sabins, 1997). 그러므로 계산된 지표면 온도는 오전 10시 30 분경 온도이며, 기상청으로부터 제공된 기온은 03시, 09시, 15시, 21시 측정값의 평 균온도이므로 이 차이값을 보정해 줘야 한다. 보통 오전 10시 30분경의 온도가 하루 평균온도보다 약 1~2℃ 정도 높게 계산된다(기상연보, 1996).

지표면 온도가 기온보다 높다는 점을 감안하고 기온이 낮을수록 그 차이는 더 심하다는 것을 감안해야한다. 취득된 데이터의 경우 7월의 온도가 제일 높고, 5월, 4 월 순인 것과 실제온도도 그러한 순서인 것과 실제온도와 취득된 데이터의 차이가 온도가 낮을수록 큰 점을 고려할 때 인공위성 데이터를 사용한 지표면 온도추출에 의한 기온의 추정이 가능함을 확인할 수 있다.

표 5.3과 같이 1971년부터 2000년까지 30년간 자료를 일별로 평균한 기후 일평년

값을 보면 30년간의 7월 26일의 평균온도는 26.2℃로 우리가 사용한 자료인 1994년 7월 26일의 온도인 31.71℃와 5℃정도의 차이를 보인다. 나머지 날짜에도 일평년값 이랑 3℃정도의 차이를 보인다. 이러한 이유로 정확한 달 별 요소를 고려하여 정확 한 온도를 계산함이 옳으나 그 대략적인 차이와 온도추이만을 통해 확인한 것이다.

표 5.3 서울지역의 일평년기온(℃)

날짜	평균온도	사용된 년도의 온도
4월 26일	14.0	11.7
5월 14일	16.6	19.1
7월 26일	26.2	31.7

5.2 토지피복별 온도 계산

토지피복에 따른 온도 분포를 알기 위하여 토지피복별 평균온도를 계산하였고 그 결과를 표 5.4에 나타내었다.

표 5.4 토지피복별 평균온도(℃)

	도심지	수역	산림	농경지
1985년	31.42	21.21	26.19	25.63
1990년	27.96	16.36	22.65	25.51
1994년	38.43	30.97	31.81	37.68

표 5.4의 결과에서 보면 세 시기 모두 도심지에서 가장 높은 온도를 나타내고 있 고 수역이 가장 낮은 온도를 나타내고 있음을 알 수 있다. 세시기 모두 늦봄에서 여 름의 시기에 취득된 자료라는 특성을 가지고 있다. 여름에 물이 상대적으로 온도가 낮은 것처럼 물이 다른 토지 피복에 비하여 비열이 높으므로 발생되는 예상된 결과 이다.

5.3 신도시 지역의 온도변화탐지

1989년, 서울지역의 부동산 값을 진정시키기 위해 '분당, 일산 신도시 건설계획' 이 전격 발표된다. 일산 신도시의 경우 1990년 착공되어 1992년 최초의 주민 입주가 이뤄졌으며, 1995년 개발이 마무리된다. 분당신도시의 경우 1989년 8월에 착공되어 1996년 12월에 개발 완료되었다.

서울시의 경우 1980년대에 이미 도시화가 많이 진행되었기 때문에 주어진 데이 터로 도시화가 온도에 미치는 영향을 파악하기 미흡하다고 판단하여 1980년대에서 1990년대로 감에 따라 새로이 생긴 일산신도시와 분당신도시지역을 대상으로 지표 온도를 계산하였다.

1985년 영상의 경우 신도시개발전이고, 1994년 영상의 경우 신도시 개발이 한창 진행되어 마무리 단계일 시기이다. 이 두시기의 영상의 지표 온도를 비교함으로써 도심지 생성이 지표온도에 미치는 영향을 평가할 수 있다.

일산신도시지역에 33×33 영상소(1518m×1518m) 지역을 대상지역으로 선정하고 그 부분을 선택하여 앞에서 서울시 영상에 적용한 똑같은 방법으로 band 6을 이용 하여 1985년과 1994년 두 시기의 온도를 계산하였다.

85년의 경우 산림, 황무지였었기에 방사율을 0.95로 적용하였고 94년의 경우 도 심지가 들어섰기 때문에 0.92의 방사율을 적용하였다.



그림 5.1 1985년 일산지역 영상



그림 5.2 1994년 일산지역 영상

결과 일산 지역 영상에서 1985년의 평균온도는 26.92℃, 94년의 평균온도는 38℃ 로 계산되었다.

분당신도시 지역에도 위의 일산 신도시 지역에 적용한 똑같은 방법을 사용하여 온도를 추출하였다. 대상지역은 현재 분당구청이 있는 주변 지역으로 31×31 영상소 (1023m×1023m)을 선택하였다.



그림 5.3 1985년 분당지역 영상



그림 5.4 1994년 분당지역 영상

결과 분당 지역 영상에서 1985년의 평균온도는 26.40℃, 1994년의 평균온도는 38.52℃로 계산되었다.

표 5.5에서 나타난 온도 분포를 살펴보면 1985년의 경우 도시화가 진행된 서울지 역의 온도가 개발전의 상태인 일산, 분당 지역의 온도보다 높으며, 1994년의 경우 한창 신도시 공사가 진행 중인 일산, 분당지역의 온도가 서울지역보다 높다. 두 시 기의 온도차를 보면 계절적인 차이를 고려하더라도 서울지역에 적용했을 때 6.8℃ 정도의 차이를 보인 점으로 미루어 11.08℃와 12.12℃라는 큰 차이는 신도시 생성으 로 인한 도시화에 따른 온도변화로 사료된다.

표5.5 추출된 지표온도(단위: ℃)

		일산	분당	서울
1985년	개발 전	26.92	26.40	28.93
1994년	개발 중	38	38.52	35.73
온도차		11.08	12.12	6.8

제 6 장 결론

고해상도 위성영상에 대한 관심이 여러 분야에서 높아지고 있으며 도시화 분석 에도 고해상도 위성영상의 중요성이 커지고 있다. 본 연구에서는 과거 냉전시대 미 국에 의해 운영된 고해상도 첩보영상과 연도별 중해상도 LANDSAT 영상, 항공영 상을 이용하여 도시화 변화에 대해 탐지하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1972년의 CORONA 영상을 이용하여 엄밀기하보정을 실시하고 모자이크 영상을 얻은 결과 과거 서울에 대한 여러 가지 정보를 취득할 수 있었고, 이를 1995년 SPOT 영상과 비교하여 서울시의 도시화 면적은 2.4배, 수역면적은 한강개수 사 업으로 인해 1.45배 증가하였음을 알 수 있었다. 또, 강남일대의 도로선를 수동으 로 추출하여 1995년 수치지도로부터 추출한 도로중신선 레이어와 비교한 결과 신설 도로가 많이 건설되었음을 확인할 수 있었다.
- 계층적 분류 개념과 의사칼라 개념을 이용하여 성산동 월드컵 경기장 주변의 변화사항을 상세하게 얻을 수 있었고 연세대학교를 중심으로 좁은 지역에 대한 변화탐지를 수행한 결과 고해상도 위성과 항공사진으로부터 건물 단위의 변화 를 탐지할 수 있었다.
- Landsat 영상의 열적외 데이터를 이용해 온도를 추출해본 결과 실제 지표온도
 의 반영을 확인할 수 있었고, 도심지의 온도가 다른 지역의 온도보다 높고 도
 시화가 진행되면서 지표온도가 상승함을 알 수 있었다.
- 4. 본 연구에서는 위성영상을 활용하여 서울시의 토지이용/토지피복을 분류하여
 그 면적의 변화량으로 도심지 확장을 비교하는 방법과, 지표온도에 의한 방법
 을 적용하였다. 이들은 Landsat영상의 분광특성을 이용하고 각 밴드별 특성을
 토지피복 정보와 결합시켜 비교한 것이다. 이는 연도별 영상의 취득시기가 일

정하지 않아 절대적인 값의 비교가 불가능하고 대략적인 도심지 변화패턴들만 비교 가능하다는 한계점을 가지고 있다. 앞으로의 연구수행 방향에 있어서도 다시기의 같은 시기 영상의 취득은 중요한 문제이고 이들 영상의 처리방법에 대한 적절한 적용도 중요하겠다. 본 연구에서 제시한 CORONA, SPOT 등의 고해상도 영상과의 결합을 통한 계층적 도심지 분석을 수행하면 더욱더 활용성 이 높을 것으로 생각된다.

5. 고해상도 위성과 중저해상도의 위성과 지형공간정보개념 (GIS)을 이용하여 서 울시가 지난 30여년간 급격하게 변화하고 있었음 확인할 수 있었고 특정 지상 정보에 대하여는 정성적인 해석뿐만 아니라 정량적으로 해석이 가능함을 알 수 있었다. 보다 상세한 변화량을 추출하는 것은 인력과 시간의 투자 문제이며 사 회경제적인 여러 지표와 위성영상을 이용한다면 앞으로 서울시 개발에 대한 의 사결정과 과거의 변화량의 정보를 통일적으로 사용할 수 있다는 것을 알 수 있 었다.

참고 문헌

- 국토연구원, 2002, "인공위성 영상자료를 이용한 국토자원 분석방법에 관한 연 구"
- 2. 기상청 응용기상국 기후자료과, 1996, "기상연보"
- *민호, 2001, "Landsat TM 열적외 데이터를 이용한 도시열섬현상에 관한 연 구-서울시를 대상으로", 대한토목학회논문집, 제21권, pp. 861-874.
- 4. 서울시, 1992, "서울도시계획연혁"
- 5. 손홍규, 유복모, 김기홍, 최종현, 2002, "CORONA KH-4 영상을 이용한 3차원 지형정보 취득", 한국지형공간정보 학회 학술발표회.
- 송영배, 2002, "신도시 개발이 도시열섬 형성에 미치는 영향-분당신도시와 판교 지역을 중심으로", 한국조경학회지, Vol.30, No.4, pp. 37-46.
- 7. 안승만, 신진민, 신동훈, 이규석, 2002, "원격탐사와 GIS를 이용한 대전광역시 토지이용 변화검출", 환경영향평가, 제11권, 제 4호, pp. 239-246.
- 8. 유복모, 1995, "지형공간정보론", 동명사
- 9. 이원환, 1997, "최신하천공학", 동명사
- 10. 이용식, 1990, "도시열섬 분석에 있어서 원격탐사기법의 적용에 관한 연구
 -Landsat TM 자료를 이용하여", 석사 학위논문, 서울대학교 환경대학원 환경 계획학과
- 11. 임상규, 홍석영, 정원교, 김무성, 2001, "Landsat TM 화상자료를 이용한 평택 시 지역의 지표피복분류", 사공농상, Vol.34, No.5, pp. 342-349.
- 12. 장훈, 박정환, 손흥규, 2003, "Landsat 영상과 Pycnophylactic 보간 알고리즘에 의한 도시성장 분석 -서울-경기 도시지역을 중심으로-, 한국지형공간정보학회 지, Vol.11, No.2, pp.17-38.
- 13. 환경부, 1999, "인공위성영상자료를 이용한 토지 피복분류"
- 14. Anderson, J. R., Hardt, E. E., Roach, J.T., and Witmer, R. E., 1976, "A land use and land cover classification system for use with remote sensor

data", US Geological Survey Professional Paper 964, Washington, D.D.

- ARTIS, D. A., and CARNAHAN, W. H., 1982, "Survey of emissivity variability in thermography of urban areas", Remote Sensing of Environment, Vol.12, pp. 313–329.
- Lillesand, Thomas M. and Ralph W. Kiefer, 2000, "Remote sensing and Image Interpretation, Fourth Edition", Jhon Wiley &Sons, pp. 325–334, 480–482.
- Markham, B. L., and Barker, J. K., 1985, "Spectral characteristics of the Landsat Thematic Mapper sensors", International Journal of Remote Sensing, Vol. 6, pp. 697–716.
- Malaret, E., Bartolucci, L. A., Lozano, D. F., Anuta, P. E., and McGillem, C. D., 1985, "Landsat-4 and Landsat-5 Thematic Mapper data quality analysis", Photogrammetric engineering and remote sensing, Vol.51, pp. 1407–1416.
- Nichol, J. E., 1994, "A GIS-based approach to microclimate monitoring in Singapore's high-rise housing estates", Photogrammetric engineering and remote sensing, Vol.60, pp. 1225–1232.
- Nichol, J. E., 1998, "Visualisation of urban surface temperatures derived from satellite images", International Journal of Remote Sensing, Vol.19, No.9, pp. 1639–1649.
- Pala, V. and Pons, X., 1995, "Incorporation of Relief in Polynomial Based Geometric Corrections", Photogrammetric engineering and remote sensing, Vol.61, No.7, pp. 935–944.
- 22. Park, JongHyun, Ryutaro, T., Seo, D.J., and Park, C.H., 1998, "Urban Expansion and Change Analysis Using Russian 2m Resolution DD-5, IRS-1C, and Landsat TM Data", IEEE, from CD ROM.
- 23. Sabins, Floyd F., 1997, "Remote sensing: Principles and Interpretation, Third Edition", W.H. Freeman and Company, NewYork, pp.69.

- Slama, C. C.(Ed.), 1980, "Panoramic cameras", In Manual of Photogrammetry(fourth edition). American Society of Photogrammerty, Falls Church, Virginia, Section 4.2.2, pp. 196–207.
- 25. Tappan, G. G., Wood, E. D., and Lietzow, R. W., 2000, "Use of Argon. Corona, and Landsat imagery to assess 30 years of land resource changes in WestCentral Senegal", Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 66, No. 6, pp. 727–735.
- 26. Yeu, B. M. and Schenk, T., 2001, "Modern Digital Photogrammetry", Prentice Hall.
- 27. Zhang, Q and J. Wang, 2002, "Detection of Buildings from Landsat-7 ETM+ and SPOT Panchromatic Data in Beijing, China", IEEE, pp. 2977-2979.

발 행 인	백 용 호
발 행 일	2004년 6월 17일
발 행 처	서울시정개발연구원
	137-071 서울특별시 서초구 서초동 391
	전 화 : 02) 2149-1000
	팩 스: 02) 2149-1319
	홈페이지 : http://www.sdi.re.kr

위성영상을 이용한 서울시 변화탐지에 관한 연구

시정연 2004-PR-04

본 출판물의 판권은 서울시정개발연구원에 속합니다