

공학석사 학위논문

고해상도 항공사진을 이용한 경안천
유역의 토지이용변화 특성 추출

2006년 2월

부경대학교 산업대학원

공간정보공학과

박 소 영

공학석사 학위논문

고해상도 항공사진을 이용한 경안천
유역의 토지이용변화 특성 추출

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함.



2006년 2월

부경대학교 산업대학원

공간정보공학과

박소영

박소영의 공학석사 학위논문을 인준함.

2006년 2월 일

주 심 공학박사 윤 홍 주



부 심 공학박사 서 용 철



위 원 공학박사 최 철 응



목 차

제 1장 서론	1
1.1 연구배경 및 목적	1
1.2 연구 동향	3
1.2.1 원격탐사와 GIS의 연계·활용을 통한 연구	3
1.2.2 향후 도시성장을 예측하는 연구	5
1.3 연구범위	8
1.4 연구방법	9
 제 2장 이론적 배경	10
2.1 항공사진의 특성	10
2.2 항공사진의 위치 보정	12
2.3 토지이용현황도의 제작 사례	13
2.3.1 해외	13
2.3.2 국내	17
 제 3장 년도별 토지이용현황도 작성	23
3.1 연구대상지 개관	23
3.2 항공사진 자료의 처리	24
3.2.1 사용데이터	24
3.2.2 수치항공사진 제작	25
3.3 년도별 토지이용현황도 제작	28

제 4장 경안천 유역의 토지이용 특성 추출	31
4.1 토지이용 현황 분석	31
4.1.1 경년별 토지이용 현황	31
4.1.2 하천 양안의 토지이용 현황	34
4.1.3 변화추이 분석	38
4.2 도시화에 따른 토지이용 특성 분석	40
4.2.1 경년별 토지이용 변화추이	40
4.2.2 도시화지역의 확산방향	44
4.2.3 도시확산에 대한 공간적 분포패턴	48
 제 5장 결론	 50
 참고문헌	 52

List of Figures

Fig 1.1. The area of the study area	8
Fig 1.2. The Flowchart of the study	9
Fig 2.1 The position change of the picture image by central projection	11
Fig 2.2 A numerical formula of Relief Displacement	12
Fig 2.3 1:2,000,000 landcover map	14
Fig 2.4 1:100,000 landcover map	14
Fig 2.5 Landuse map of Dokyo(mesh type)	16
Fig 3.1 A finished DEM by the use of 1:5000 topology map	25
Fig 3.2 Aerial photograph(left), Ortho-aerial photograph(right)	27
Fig 3.3 A finished ortho-aerial photographs, 1981	29
Fig 3.4 A finished land use map by the use of ortho-aerial photographs, 1981	29
Fig 3.5 A finished ortho-aerial photographs, 1993	29
Fig 3.6 A finished land use map by the use of ortho-aerial photographs, 1993	29
Fig 3.7 A finished ortho-aerial photographs, 2000	30
Fig 3.8 A finished land use map by the use of ortho-aerial photographs, 2000	30
Fig 4.1 Landuse map of the second classification in the past 20 years	32
Fig 4.2 Change of area on the second classification in the past 20 years	32
Fig 4.3 Landuse map within buffer zone in the past 20 years	35
Fig 4.4 Landuse map of reclassification landuse types in the past 20 years ..	42
Fig 4.5 A distribution chart of urbanization area average centroid	47
Fig 4.6 The compactness of land development in the cities of the Gyeongan River basin in 1981-2000	49

List of Tables

Table 2.1 Characteristic of LCCP map	15
Table 2.2 Attribute comparison between landuse map and landcover map	20
Table 2.3 The result of attribute comparison between landuse map and landcover map	21
Table 3.1 A list of used aerial photographs	24
Table 3.2 A list of land use classification for study area	28
Table 4.1 Area of landuse in the past 20 years	33
Table 4.2 Area of landuse within 0-500m buffer zone in the past 20 years ..	36
Table 4.3 Area of landuse within 500-1000m buffer zone in the past 20 years ..	37
Table 4.4 Landuse conversion matrix in 1981~1993, in 1993~2000	39
Table 4.5 Designing the land use classification system for analyzing urban growth	41
Table 4.6 Area of reclassification landuse types in the past 20 years	43
Table 4.7 The centroid coordinates of urbanization area	45

Feature Extraction in Land Use Changes of the Gyeongan River Basin Using High Resolution Aerial Photographs

So-Young Park

*Spatial Information Engineering, Graduate School of Industry
Pukyong National University*

Abstract

It is important to develop efficient land use plans in order to prevent urban sprawl resulted from rapid urbanization. The land use plans should be established based on careful assessment of the current land use. Under these plans, periodic examinations of land use would be helpful in analyzing and predicting future land use changes.

Many studies conducted in the past have often utilized satellite imagery in order to analyze urban land use changes because of its advantages such as periodicity, large area coverage, and convenient data management. However, satellite imagery is not accurate enough to analyze urban area due to its low resolution although it may be useful for rough estimation of land use changes. The low resolution problem can recently be compensated by using satellite imageries with high spatial resolution, but this technique also has disadvantages such as incapability of time-series analysis.

Therefore, the purpose of this study was to analyze the patterns of land

use due to urbanization in the Gyeongan River Basin during the past 20 years by using high resolution aerial photographs with time-series analysis capability. As a result, land use maps were created in this study with ten-year periods and the expansion of urban land was observed from the losses of farmland and forest. Moreover, the directions of urbanization were found by using average centroids and the characteristics of spatial distribution were extracted by calculating compactness index.

Both quantitative and qualitative data were obtained by minimizing errors in land use classifications. It is expected that the land use information using high resolution aerial photography can be effectively used for microscopic analysis of land use as well as planning and management.

제 1장 서론

1.1 연구배경 및 목적

우리나라는 급속한 산업화와 경제성장 과정을 거치면서 도시화 과정이 빠르게 진전됨에 따라 도시의 난개발, 인구의 밀집화, 산림 및 농지의 소실화 등을 야기시켰다. 이와 같은 난개발을 억제하고 무계획적 시가지 확산을 방지하기 위해 효율적인 토지이용계획이 중요하다. 토지이용계획은 일정 공간 내에서 이루어지는 제반활동들의 수요를 예측하고 이를 합리적으로 배치하기 위한 계획작업이다. 이를 통해 개인의 토지이용행위를 제한하고, 도시기반시설을 정비함으로써 계획적 개발을 유도한다. 또한, 개발을 위한 토지 이외에 보존해야 할 토지를 결정함으로써 현재와 장래의 공간구성, 토지이용형태 등이 결정된다. 한편, 건설교통부는 대도시 주변 준농림지역 및 준도시지역의 난개발을 방지하고 전국토를 ‘선계획·후개발’의 이념을 바탕으로 체계적으로 관리하기 위해 「국토의계획및이용에관한법률」을 제정·공포하고 2003년 1월 1일부터 시행 중에 있다.

이러한 토지이용계획은 지속가능한 개발을 위해 계획단계에서부터 현재의 토지이용현황을 기반으로 장래 토지이용계획을 수립하여야 한다. 이를 위한 가장 중요한 전제조건은 현재의 토지이용 양상을 주기적으로 정확하게 파악하여 이를 기반으로 한 변화추이 분석과 미래예측이라 할 수 있다. 이러한 추이 분석과 미래예측에 있어 원격탐사 자료의 활용은 가장 대표적인 방법으로 자리 잡고 있다(김윤수, 2003).

이에 대부분의 기존 연구에서는 자료의 주기성 및 광역성, 자료 처리의 용이성 등의 장점을 가지는 중·저해상도 위성영상을 이용하여 도시 토지이용에 대한 양상을 분석하여 왔다. 그러나 Landsat MSS 또는 TM은 주거지역과

비주거지역을 구분하는데는 적절하지만 분류의 정확성과 일관성을 유지하는데는 부적절하며, SPOT 역시 다양한 도시적 분석요구에 요구되는 정확도와 구체성에는 적절치 못한 것으로 나타났다.

실질적으로 도시의 구성요소를 적절하게 파악하기 위해서는 2m 이상의 공간해상도가 필요하며, Welch(1982)는 필지를 제대로 확인하거나 분류하기 위해서는 최소한 4픽셀이 필요하다는 가정 하에 아시아 지역에는 5~10m의 순간시야(instantaneous field of view)가 요구되는 반면 미국의 도시지역은 30m가 적절하다고 주장하기도 하였다(사공호상, 2003).

최근에는 IKONOS와 QuickBird와 같은 고해상도 위성영상이 보급되고 있으나 가격이 고가일 뿐만 아니라 보급시점에 있어서 시의성 및 시계열성을 갖지 못하는 단점이 있다.

그러므로 본 연구에서는 높은 지상 분별력을 가지는 항공사진을 이용하여 경안천 유역에서의 토지이용 특성을 분석하고자 하였다. 현재 공공기관에서는 각각의 이용 목적에 따라 특정 축적의 항공사진을 주기적으로 수집하고 있으며 2000년부터 국토공간에 대한 공간정보를 디지털화하여 수치지도로 작성함으로써 국가정책 및 행정, 공공분야에서 효율적인 활용을 도모하고자 항공사진 DB구축을 위한 NGIS(National geographic Information System)사업을 진행하고 있다. 이를 통해 현재 토지이용현황도에 대한 수치지도화 사업은 2000년 414도엽이 제작되어 있다.

본 연구에서는 경안천 유역의 토지이용 특성을 추출하고자, 10년 주기의 수치항공사진을 생성하고 이를 이용하여 경년별 토지이용현황도를 작성하였다. 이를 통해 지난 20년간의 토지이용 현황 및 변화추이를 분석하였다. 또한 도시화에 따른 토지이용 특성 추출을 위해 도시화에 따른 토지이용 항목별, 공간적 분포 현황 및 변화추이를 살펴보았으며, Centroid와 Compactness 값을 이용함으로써 도시화의 확산방향 및 분포 특성을 분석하였다. 이와 같이 고해상도의 항공사진을 이용함에 따라 도시 공간에 대한 데이터간의 질서와 규칙을 도출함에 있어 보다 높은 질을 가지는 정량·정성적 데이터를 얻을 수 있었다.

1.2 연구 동향

1.2.1 원격탐사와 GIS의 연계·활용을 통한 연구

1957년 구소련에 의한 세계 최초의 인공위성인 Sputnik-1호의 발사로 우주 시대가 도래하였다. 그 후 1960년대 Mercury계획에 의해 위성영상이 나오면서 원격탐사 분야는 급격한 발전과 함께 위성영상이 원격탐사 활동의 중요한 자료로 대두하게 되었다. 위성영상을 원격탐사가 본격적으로 발전한 것은 1972년에 미국에서 발사된 지구자원탐사 위성인 Landsat이 제공하는 데이터를 이용하면서부터이다.

위성영상의 데이터가 갖는 광역성과 주기성, 취급의 용이함이라는 장점으로 인하여 많은 분야에서 사용되어왔으며, 효율적인 토지이용계획 수립을 위한 위성영상의 활용은 대표적인 방법으로 자리 잡고 있다.

대부분의 연구가 위성영상자료가 갖는 분광특성을 이용하여 다중시기에 대한 토지피복/이용 분류를 실시하여 현황을 파악하고, 경년별 변화추이를 모니터링 하여왔다. 이는 전국가적인 차원에서 우리나라 전체에 대한 토지피복 분류를 통해 각 도시별로 도시화 추이를 비교·분석하는가 하면(윤소원, 1999), 수도권지역(김영표 외, 1994) 또는 특정 지역을 대상으로 이루어지기도 했다(이진덕, 1999). 또한, 토지피복 분류에 있어서 정확도를 향상시키고자 하는 연구도 있었다(권봉겸 외, 2003, 최현, 2002).

최근에는 공간에 관련된 문제를 해결하기 위하여 지리 자료를 이용하고 관리하기 위한 컴퓨터 기반의 시스템인 GIS(Geographic Information System)와 원격탐사 자료와의 상호간에 연계·활용을 통한 연구가 이루어지고 있다. 원격탐사와 GIS는 상호보완적인 관계로 원격탐사 자료는 시계열적 데이터를 제공함에 따라 토지이용 변화에 대한 정보를 시각적으로 파악하기 용이하고, GIS는 다양한 데이터를 통합·분석하는 기능뿐만 아니라 공간적 지식과 지능을 획득하기 위한 분석능력이 우수하다(사공호상, 2004).

따라서 초기에는 위성영상을 이용한 양적인 변화를 분석하고 그 양을 산정하여 나타내는데 그쳤으나, Arc/info GRID 분석을 통한 경년별 토지피복의 변화추이탐지(양인태 등, 2002), 하천의 유역관리를 위하여 Buffering 기능을 이용한 수변구역의 토지이용패턴을 분석(박경훈, 2005)하고 도시중심에서 거리대별 농지손실 및 도시화 과정의 토지전용 특성을 분석(김대식, 2003)한 연구 등 GIS를 이용한 다양한 분석이 시도하고 있다. 또한, 사공호상(2004)은 원격탐사와 GIS를 이용하여 수도권 도시화지역 확산 특성에 관한 연구를 위해 평균중심점을 이용하여 연도별로 도시화지역의 확산 방향성 및 공간적 분포패턴을 분석하였다. 한편, Xie-Li(1996)는 중국과 같은 매우 넓은 지역을 대상으로 빠르게 진행되고 있는 도시확산을 모니터링하는데 있어서 compactness와 엔트로피를 이용하여 그 정도를 측정함으로써 효과적으로 적용하고자 하였다.

1990년대 말에는 국내 최초의 지구관측 실용위성인 다목적 실용위성(Korea Multi-Purpose Satellite : KOMPSAT)과 IKONOS, QuickBird, OrbView 등 상업용 고해상도 위성이 보급됨에 따라 높은 공간해상도로 보다 다양하고 정밀한 데이터의 수집이 가능하게 되었다. 그러나 경제적으로도 고가일 뿐만이 아니라 공급이 최근에서야 이루어지고 있어 현 시점에서의 정보만을 제공하고 있어 도시의 성장과 변화 등에 대한 시계열 분석이 불가능하다는 단점을 지니고 있다(김윤수, 2004). 또한, 기존의 중·저해상도의 영상의 분류 알고리즘으로는 고해상도 영상이 제공하는 보다 세분화된 정보를 충분하게 반영하지 못한다. 그러므로 이를 위해 고해상도 위성영상에 대한 적절한 분류알고리즘의 선정이 필요하다. 사공호상(2004)은 기존의 분광특성에 의한 영상분류방법들을 고해상도 위성영상에 어느 정도 적절한지를 알아보았으며, 그 결과 퍼지이론을 적용한 감독분류방법이 가장 우수한 것으로 나타났다. 이와 같이 고해상도 위성영상은 건물의 기울어짐 최소화, 그림자 제거 기술, 영상분류 알고리즘 개발 등이 개발되어야 보다 효과적으로 활용 가능할 것으로 생각된다.

1.2.2 향후 도시성장을 예측하는 연구

도시성장이 급속히 빨라지면서 환경을 악화시키고 있으며, 이에 따른 온실 효과, 대기오염의 증가 등은 심각한 도시문제로 떠오르고 있다. 도시화가 환경에 미치는 영향을 고려해 볼 때, 지속 가능한 도시성장을 위해 도시가 어떻게 성장해 왔는가를 분석하고, 도시성장을 예측하며, 이에 대한 적절한 대안을 모색하는 것은 도시관리를 위해 중요한 문제이다(강영옥 외, 2000). 이에 따라 향후의 도시성장을 예측하고자 수학적·통계학적 개념을 이용한 연구가 수행되어 왔다.

첫 번째, 셀룰라 오토마타(Cellular Automata, CA)는 복잡계(complex system)의 특성을 분석하거나 시뮬레이션 하기 위해 1940년대 말 John Von Neuman과 Stanislaw Ulam에 의해 고안된 이론적 체계이다. 그 이후 CA는 물리학, 화학, 생물학, 수학, 컴퓨터 공학 등을 포함한 여러 자연과학 및 공학분야에서 다양한 동적 현상들을 연구하는데 사용되어 왔다(김영표, 2004).

셀룰라 오토마타 모델은 셀 공간, 상태, 주변셀, 변화규칙, 시간 등의 기본적인 구성요소를 사용하여 구성되는 모델이며, 이산적인 셀룰라 공간에 기반을 둔 시공간 동적 모델로 정의된다(강영옥 외, 2000). 이와 같은 CA의 구성요소들이 지리적 사상을 묘사하기에 적합하다는 직관적인 이유로 인해 도시의 제반 현상을 모델링하는데 이용되고 있으며, 지리학 분야에서는 Tobler에 의해 CA가 소개됨에 따라 공간 현상을 모델링하는 새로운 이론적 체계이자 기법으로 활용되어 왔다(Tobler, 1979). 도시확산 모형화 연구에서의 CA의 적용은 Batty·Xie(1994)의 연구에서 처음 논의되었으며, 최근 CA가 가지고 있는 시공간 모델링의 개념적 우수성과 GIS와의 연계 분석이 용이함에 따라 이를 바탕으로 한 다양한 연구가 진행되어 왔다(정재준, 2001).

White and Engelen(1997)은 토지이용변화를 예측하였고, Clarke and gay(1998)는 CA와 GIS를 이용한 도시성장 예측모델 개발과 적용, Wu(1998)에 의

한 Fuzzy logic과 CA의 결합에 대한 연구가 있었다.

국내에서는 이성호 등(2004)은 기존의 도시성장 분석 및 예측을 위해 도입되어진 셀룰라 오토마타와 퍼지집합 개념 및 AHP를 이용하여 김해시의 과거 도시성장 과정을 분석하고 이를 통해 김해시에 적합한 셀룰라 오토마타의 네이버후드 및 전이규칙을 결정하는 즉, 도시성장 패턴을 정립하고자 하였다. 강영옥 외(2000)는 미국지질조사국(USGS : United States Geological Survey)에서 지구변화탐지 프로그램의 일환으로 UC Santa Barbara 대학의 Keith C. Clarke 교수에 의해 개발되었으며 도시성장 모델 중 가장 현실적인 모델로 알려진 UGM(Urban Growth Model)을 이용하여 서울대도시지역의 과거 도시성장을 분석하고, 이를 바탕으로 1997년부터 2050년까지의 도시성장을 예측하고자 하였다. 또한 정재준(2001)은 수도권을 대상으로 추계인구로부터 도시로 성장할 지역의 총량을 예측하고 이를 외부변수로 이용할 수 있도록 하여 총량의 공간적 분포에 관한 측면에 중점을 둔 도시성장 분석 및 예측을 위한 셀룰라 오토마타 모델을 개발하여 현대까지의 도시성장을 분석 및 재현하고 이를 바탕으로 2050년까지의 도시성장을 예측하고자 하였다. 또한 이를 통한 결과와 UGM을 사용한 결과와 비교·분석을 함으로써 상대적으로 현실적인 모델임을 제시하였다.

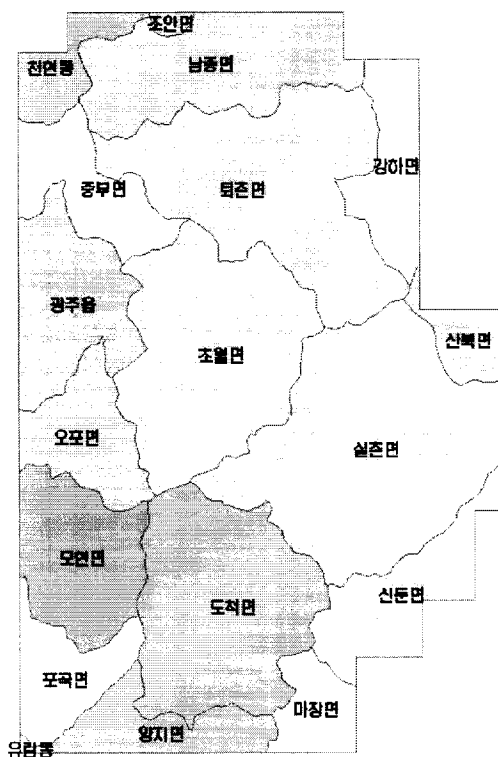
둘째, 마코브 체인 분석은 어떤 변수들이 가지고 있는 과거의 동적 특성을 분석함으로써, 그 변수들의 미래에 있을 변화를 연속적으로 예측하기 위한 수학적 기법이다. 또한 바로 이전 단계의 시스템 상태에 의해서만 현재의 시스템 상태가 영향을 받고 그 이전의 상태에 의해서는 전혀 영향을 받지 않는 마코브 체인이라는 확률과정을 가정하고 있다. 마코브 분석은 시스템 상태와 시스템간의 이동확률을 의미하는 전이확률(transition probability)로 구성된다. 시스템 상태란 시스템의 작동여부를 말하고, 전이확률은 시스템이 특정 기간 동안 한 상태에서 다른 상태로 이동할 확률을 의미한다(주용진 외, 2003).

셋째, UGM의 발전된 모형으로 SLEUTH(Slope, Landuse, Exchluded, Urban, Transportation, Hillshade)는 토지의 물리적인 면을 고려하여 도시의 확산과 그에 따른 토지이용의 변화를 예측하는 모형으로 미국과 유럽에서 적용되고 있다(김윤수, 2003, E.A., 2002). 또한, 김훈희 등(2001)은 토지이용변화에 영향을 미칠 수 있는 변수들을 설명변수로 하고, 지피간의 변화를 종속변수로 하는 다항로짓 통계모형을 구축하여 토지이용의 변화와 변화요인과의 관계를 정량화·공간화하여 그 영향력을 파악하는 등 다양한 방법으로 도시성장을 예측하고자 하는 연구가 이루어지고 있다.

1.3 연구범위

연구대상지의 공간적 범위는 Fig 1.1에서 보는 바와 같이, 경안천 유역 중 각 년대별 항공사진으로 분석이 가능한 중첩지역인 5시 2군으로 한정하였다. 따라서 광주시(읍 1, 면 7), 양평군(면 1), 여주군(면 1), 용인시(동 1, 면 3), 이천시(면 2), 하남시(동 1)를 포함하고 있으며, 총 면적은 471.457km²이다.

또한, 시간적 범위는 1980년대부터 2000년까지로 지난 20년에 대한 경안천
유역의 토지이용에 대한 시계열적인 특성을 파악하기 위하여 년대별로 항공사
진 총 262장을 수집하였다.



연구지역		면적
광주시	광주읍	27.06
	남종면	36.98
	도척면	51.76
	실촌면	75.90
	오포면	18.57
	중부면	18.75
	초월면	55.54
	퇴촌면	59.93
남양주시	조안면	1.28
용인시	모현면	27.30
	양지면	14.94
	유림동	0.40
	포곡면	15.64
이천시	마장면	10.32
	신둔면	22.30
하남시	천현동	9.70
양평군	강하면	16.98
여주군	산북면	8.12
합계		471.46

Fig 1.1. The area of the study area

1.4 연구방법

Fig 1.2.는 연구수행 과정을 도식화 한 것이다. 먼저 수집된 항공사진을 스캐너를 이용하여 입력하고 Arcview 3.2와 Arcinfo 8.0.1을 이용하여 수치표고모델과 커버리지를 추출하였다. 그리고 영상처리 프로그램인 ERDAS 8.4 프로그램을 이용하여 내부, 외부표정 작업을 수행하고 커버리지에서 추출한 지상기준점에 대하여 정사보정을 하였다. 이와 같이 작성된 정사보정된 항공사진은 년대별로 분석이 용이하도록 모자이크 처리하였다.

획득한 정사투영영상을 이용하여 경안천 유역에 대한 토지이용 현황을 파악하기 위하여 GeoMedia Professional 4.0을 이용하여 on-screen digitizing을 거쳤으며, 국토지리정보원에서 제시하고 있는 토지이용현황도 분류 항목에 대하여 속성을 입력하였다. 획득한 토지이용현황도로부터 지난 20년간의 경안천 유역 및 수계권역에 대한 토지이용 현황을 살펴보고, GRID 기법을 통한 토지이용 변화추이를 분석하여 보았다. 또한, 도시성장을 효율적으로 측정하기 위하여 도시지역과 비도시지역으로 토지이용 항목을 재분류하여 경년별, 지역별 토지이용 현황을 살펴보고, 평균중심점과 compactness 값을 이용함으로써 도시화에 따른 토지이용 특성을 추출하고자 하였다.

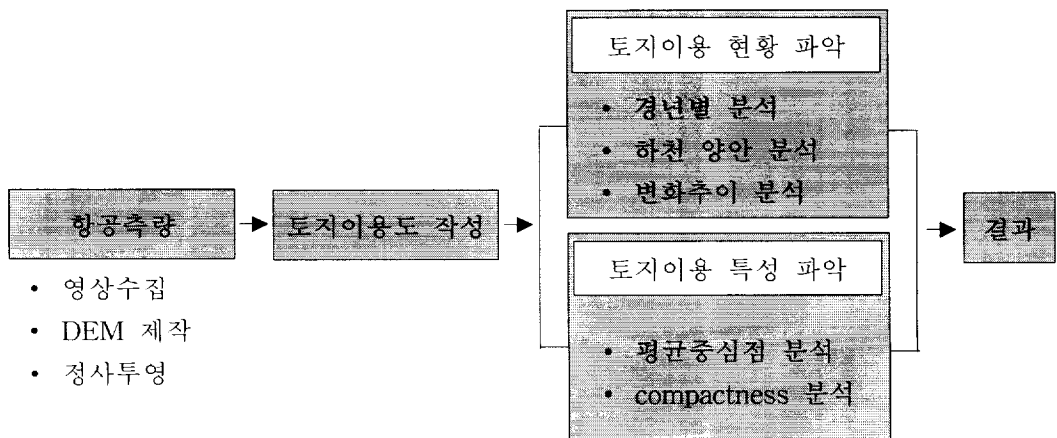


Fig 1.2. The Flowchart of the study

제 2장 이론적 배경

2.1 항공사진의 특성

항공사진을 통해 나타나는 영상의 형태는 지도와 다른 모습을 취하고 있는데 이것은 근본적으로 항공사진의 투영 방식에 기인한다. 정사투영 방식을 취하고 있는 지도와 달리 항공사진은 중심투영이라는 방식을 취하기 때문에 투영 중심점이 위치한 사진의 중심부에서는 지도와 비슷한 형태를 나타내지만 사진의 외곽으로 갈수록 지형지물의 상이 옆으로 눕게 된다. 이와 같은 현상은 항공사진이 가지는 중심투영과 기복변위라는 두 가지 특징으로 설명할 수 있다.

먼저, 사진의 상은 대상물로부터 반사된 빛이 렌즈 중심을 직진하여 평면인 필름면에 투영되어 나타나며 이와 같은 투영을 중심투영이라 한다. 사진과 대상물(또는 지표면)과의 상관관계를 나타내면 Fig 2.1과 같다.

촬영된 사진원판은 도립실상이므로 실제 작업에서는 이를 밀착인화시켜 정립실상인 투명양화로 만들어 사용된다. 이 투명양화를 확대하여 대상물의 크기와 같도록 하였다고 가정하면 지형도 상에서 a 로 나타나 있는 A지점의 중심투영상이 a' 로 나타나게 된다.

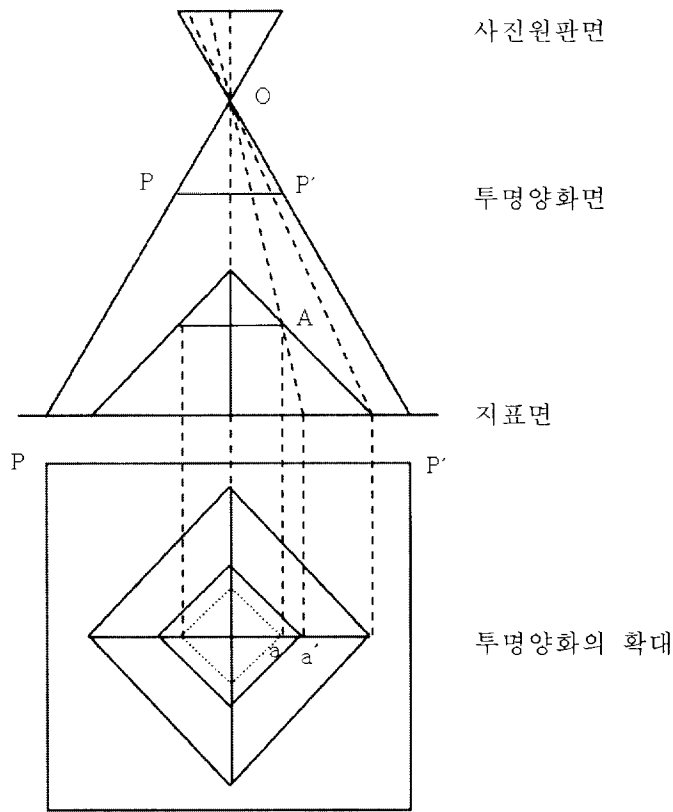


Fig 2.1 The position change of the picture image by central projection

이와 같이 지형을 사진 상으로 투영하는 과정에서 지형의 기복이 없는 경우는 정사투영인 지도와 별 차이가 없지만 지표면의 기복이 있는 경우에는 지도와 다른 형태로 나타난다. Fig 2.2와 같이 지형의 기복에 따라서 상점의 위치에 차이가 나타나는 현상을 기복변위(Relief Displacement)라 한다.

Fig 2.2의 p점은 정사투영인 지도상에 A점으로 나타나지만 중심투영에 의한 사진에서는 a점에서 기복 h에 의한 변위 Δr 만큼 떨어져 P점으로 나타난다. 따라서 P점의 위치를 사진상에서 찾기 위해서는 기복변위량 Δr 을 계산하여야 한다.

Fig 2.2에서 $\Delta r : \Delta R$ 의 축척관계와 $\Delta PP'A \sim \Delta Opn$ 의 관계로부터

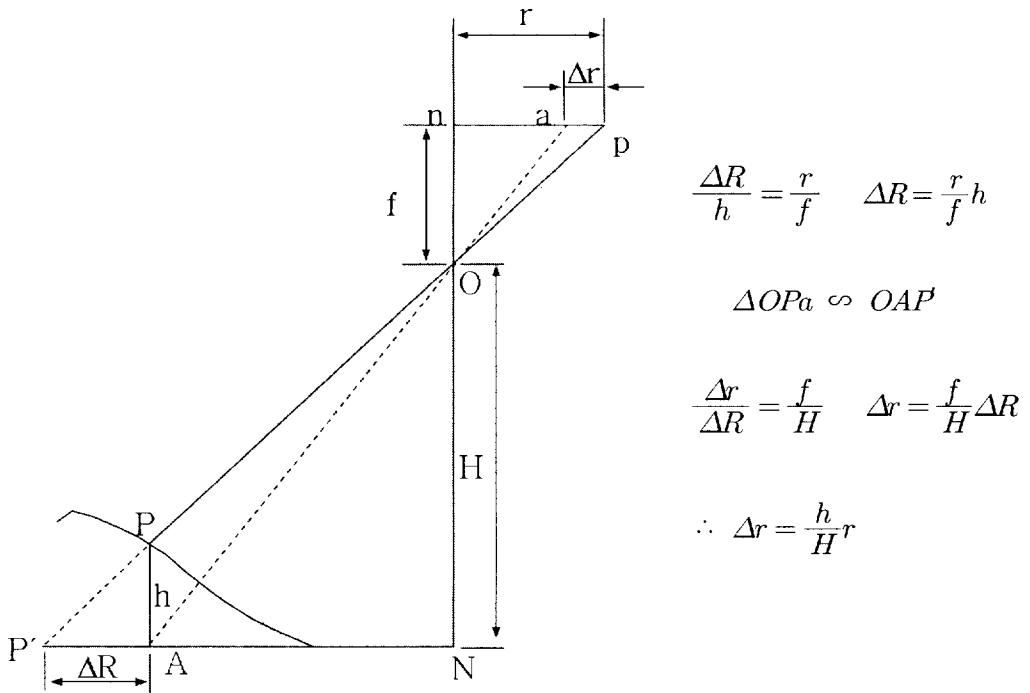


Fig 2.2 A numerical formula of Relief Displacement

여기서 Δr 은 기복변위량, h 는 비고, H 는 촬영고도, r 은 연직점으로부터의 상점까지의 거리로서 위와 같은 기복변위공식을 얻을 수 있다.

기복변위공식을 응용하여, 사진면에 나타난 탑, 굴뚝 및 건물 등의 높이를 구할 수 있으며, 또 대축척도면의 작성시 기복변위량을 고려하여 중첩도를 증가시키기도 한다.

2.2 항공사진의 위치 보정

이상에서 살펴본 바와 같이 항공사진이 갖는 중심투영과 기복변위라는 두 가지의 특성 외에도 다음과 같은 여러 요인들에 의해서 기하학적 왜곡을 가진다.

첫째, 항공사진 촬영 시 카메라의 플랫폼이라고 할 수 있는 항공기는 기류와 지구의 비대칭 중력장에 의해 많은 흔들림을 받게 되고(섭동), 이에 의한 항공기의 흔들림으로 탑재된 카메라의 지향점이 변화하게 된다. 둘째, 사진 좌

표계의 원점은 4개의 지표중심을 이어서 결정하고 있어 주점과의 위치편차가 생긴다. 셋째, 항공사진은 대상물로부터 반사된 빛이 사진기의 렌즈 내에서 굴절하는 렌즈의 수차 현상으로 인해 렌즈 왜곡에 큰 영향을 미치게 된다. 이러한 수차는 카메라의 검정(Calibration)에 의해 그 양을 관측할 수 있으며, 이를 통해 보정이 가능하다. 넷째, 필름의 평탄성(Flatness of Flim), 신축(Flim Shrinkage) 그리고 다섯째 섭동으로 인한 항공기의 고도 변화에 의해 주변 대기의 온도가 변화함에 따라 대기의 굴절률에 변화가 생기게 된다. 마지막으로 항공사진을 아날로그 형식에서 디지털 형식으로 변환하는 과정에서 스캐너의 정밀도에 따라 수직 또는 수평 방향의 왜곡이 발생할 수 있다. 통상적으로 필름 전용 스캐너의 경우 약 0.001mm 이내의 정밀도를 가지고 있다.

이와 같은 여러 기하학적 왜곡의 원인들은 영상 내 각 점의 위치변동을 의미하며, 이렇게 휘어진 영상을 평면 위에 존재하는 지형도와 중첩시키기 위해서는 항공사진 영상에 나타나는 각 점의 위치를 지형도와 같은 크기와 투영값을 갖도록 변환해 주는 과정이 반드시 필요하다. 이와 같은 변환 과정을 흔히 기하학적 보정(Geometric Correction)이라고 하며, 지상기준점 보정과 정사보정의 두 가지 방법이 있다.

2.3 토지이용현황도의 제작 사례

2.3.1 해외

(1) 미국의 제작현황

미국의 경우 국내 실정과 유사하게 국가적 지도제작 기관인 USGS(United States geological Survey)에서 1976년부터 토지피복 측면에서의 분류를 강조하는 Anderson 분류체계를 기반으로 소축척의 토지이용현황도를 구축하여 제공하고 있다. USGS의 토지이용현황도 구축에 관한 프로그램으로 LCCP(Land Cover Characterization Program)와 LULC(Land Use and Land Cover)를 들 수 있다.

LULC는 미국 전 지역을 포함하며 항공사진을 이용하여 1:250,000과 1:100,000의 소축척 토지이용현황도를 생산하고 있다. 이는 적정 공간해상도 유지를 위하여 10acres(40,470m²)의 최소 폴리곤의 면적을 가지며, Anderson 분류에 따라 첫 번째와 두 번째 레벨만을 정하고 세부적인 분류는 사용 목적에 따라 지방정부 또는 사용기관에서 추가적으로 할 수 있도록 하였다. 토지이용현황도의 자료포맷은 벡터구조의 GIRAS(Geographic Information Retrieval Analysis Sysyem)와 격자구조의 CTG(Composite Theme Grid)가 병행 사용되고 있으며 FTP(File Transfer Protocol)를 통해 제공하고 있다.

LCCP는 LULC의 확대된 프로그램으로서 위성영상자료를 기반으로 다중 스케일, 다목적 사용을 목적으로 주정부와 지방정부가 연계하여 제작 중이다. 사용자의 요구에 맞도록 1:2,000,000, 1:100,000, 1:24,000 및 기타 사용자 요구에 따른 축척으로 제공하고 있다.

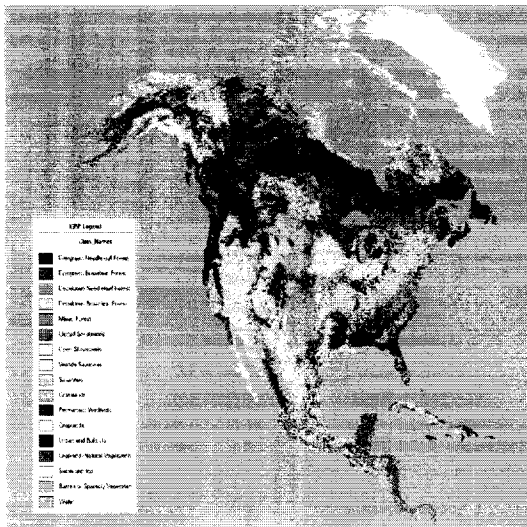


Fig 2.3 1:2,000,000 landcover map

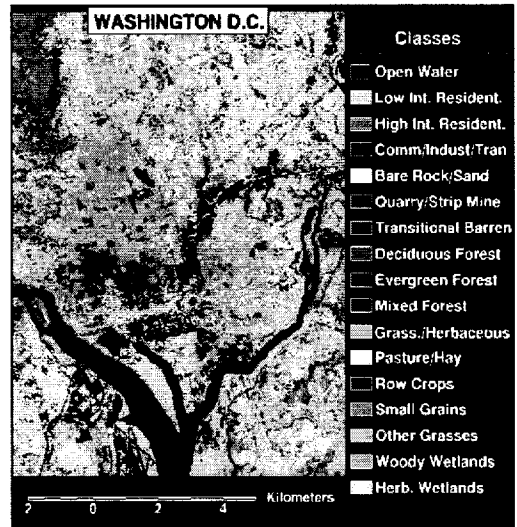


Fig 2.4 1:100,000 landcover map

- 1) Arizona, Arkansas, California, Hawaii, Montana, New Mexico, Oklahoma, Oregon, Utah, Washington주의 자료만을 제공

Table 2.1 Characteristic of LCCP map

구분	1:2,000,000	1:100,000	1:24,000
원시자료	AVHRR	Landsat TM	항공사진 DOQ(Digital Orthophoto Quadrangle)
공간해상력	1km×1km	30m×30m	5acres(20,235㎡)
갱신주기	-	5~10년	10년
활용목적	- 기후변화와 같은 전 지구적인 변화 연구 - 국제적인 연구	- EPA¹⁾의 생태환경의 매핑이나 평가를 위한 프로그램 지원 - NOAA의 연안해안 분석 프로그램 지원 - 지역적 토지관리와 계획, 환경평가에 응용	NAWQA³⁾의 도시 연구와 자연재해 분석, 오염감시 등에 사용

주 : 1) EPA(Environmental Protection Agency) : 미국 환경보호청

2) NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration) : 미국 해양대기관리처

3) NAWQA(National Water Quality Assessment) : 50개의 주요 하천과 대수층에 대하여 장기간 정량적이고 비교 가능한 자료를 개발하는 것을 목표로 보다 많은 정보와 데이터를 수집하고 분석하는 프로그램

(2) 일본의 제작현황

일본의 토지이용현황도 작성을 수행하는 주 정부기관으로는 지도제작 기관인 국토지리원(Geographical Survey Institute)과 일본 국토청(National Land Agency)이 있다. 국토지리원에서는 항공사진과 지형도를 이용하여 1:25,000, 1:50,000, 1:200,000의 토지이용현황도를 발간하고 있으며, 그 외에도 NOAA AVHRR자료를 바탕으로 작성한 30" 격자 수치지도를 작성하고 있다. 국토청에서는 대도시만을 대상으로 하는 1:10,000의 토지이용현황도를 컬러 항공사진과 1:25,000 토지이용현황도를 이용하여 제작하고 있다. 한편 국토지리원과 국토청이 함께 전국을 대상으로 하는 1:200,000의 토지이용현황도를 제작하여 활용

중이다.

이들 자료 중 일본 국토지리원에서 발간하는 1:25,000의 토지이용현황도는 국토이용계획과 토지이용계획을 수립하기 위해 제작하고 있으며, 제작방법도 국내 국립지리원에서 제작하는 토지이용현황도 제작방법과 유사하다. 분류항목은 도시 취락지역, 농지, 임지, 경계선 등 대분류 4개 항목에 대해 중분류 19개, 세분류 35개 항목으로 구성되어 있다.

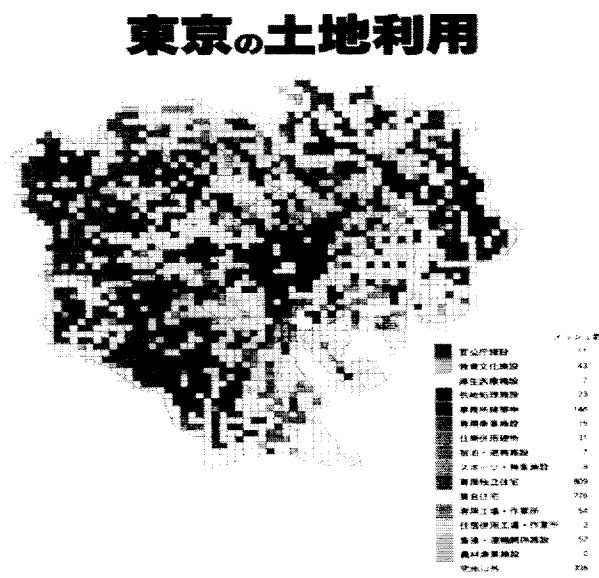


Fig 2.5 Landuse map of Dokyo(mesh type)

(3) 영국의 제작현황

영국의 국립지리원(Ordnance Survey)에서는 Land-Line Digital Map이라 불리는 수치화된 토지이용현황도를 제공하고 있다. 이 데이터는 영국의 대축척 지도를 수치화하고 측량을 실시하여 지형도상의 지형지물을 보완하며, 건물의 경계선과 토지소유 경계, 도로, 하천과 지형지물의 명칭이 표기되어 있다. 지역에 따라 다양한 축척으로 제공되는데 도시지역은 1:1,250, 농촌지역은 1:2,500, 산악지는 1:10,000으로 제작되고 있다. 한편 이들은 37개의 분류코드를

가진 NTF와 43개의 분류코드를 가진 DXF 포맷으로 제공되나 주로 NTF 포맷으로 유통되고 있다. 분류체계는 농촌지역과 도시지역의 대분류를 기반으로 10개의 중분류, 24개의 세분류 항목으로 구성되어 있다(국토지리정보원, 1999).

2.3.2 국내

우리나라의 토지이용현황도 구축 현황은 크게 두 가지로 나누어 볼 수 있다. 국가의 지도 제작기관인 국립지리원에서 구축 중인 토지이용현황도와 상대적으로 규모나 활용 대상은 적으나 환경관리를 위한 예측분야의 활용을 위하여 환경부에서 제작하고 있는 소축척의 토지피복도를 들 수 있다.

토지피복은 지표의 이용 상태를 말하는 것으로, 토지이용과는 차이가 있다. 토지피복(土地被服)은 도시화지역, 나지, 습지, 초지 등과 같이 토지의 외관상 모습으로 분류하는데 비해서 토지이용(土地利用)은 주거용, 상업용, 공업용, 전, 답 등과 같이 토지의 실제 이용상황을 기준으로 구분한다(사공호상, 2004).

(1) 국립지리원 토지이용현황도

토지이용현황도는 국토이용관리법 제14조의 2(조항²⁾)과 국토이용관리법 시행령 12조³⁾의 규정에 의거하여 국립지리원⁴⁾에 의해 1972년부터 1981년까지 전국을 대상으로 17개의 분류항목을 가지는 1:25,000 축척의 토지이용현황도 720도엽을 제작하여 왔다. 이는 토지이용계획 수립을 위한 기초자료 및 연구를 위하

2) 건설교통부 장관은 토지이용현황을 조사하기 위한 항공사진측량을 실시하고, 이를 지도로 조제하여 국토이용계획과 각종 토지이용계획의 수립을 위한 자료로 제공하여야 한다.

3) 건설교통부장관은 법 제14조의 2, 제 2항의 규정에 의하여 토지이용상황의 조사를 위한 항공사진측량을 실시하여 측량성과를 5년마다 토지이용현황도로 조제하여야 한다. 이 경우 토지이용상황의 변화가 적다고 인정되는 지역에 대하여는 그 기간을 10년으로 한다.

4) 1994년 12월 23일 건설부가 건설교통부로 바뀌면서 건설교통부 산하기관이 되었으며, 2003년 7월 26일 국토지리정보원으로 이름이 변경되었다(이하 국토지리정보원으로 칭함).

여 사용되어 왔다. 그러나 분류체계가 일부 항목에 있어서 필요 이상으로 너무 세분화 되어 있거나, 비현실적이며 일정한 갱신주기가 지켜지지 못하여 널리 활용되지 못하였다. 이에 국토지리정보원에서는 범용성과 효용성 있는 토지이용 분류체계를 제시하고, 현실적이며 정확도 높은 토지이용현황도의 제작 방안을 제시하고자 「'98 주제도 시범제작 사업」을 실시하였다. 그 결과 기존의 17개 분류항목에 대해 지표상의 토지피복과 시가지와 같은 인위적인 토지이용을 모두 반영하는 3단계의 계층 구조로 재분류하였다. 토지이용현황도는 1:37,500 항공사진의 도화 결과물과 1:5,000 수치지형도를 혼합 활용하고 현지 조사사항을 보완하여 작성한다. 도화 최소면적은 실제면적 100m×100m를 기준으로 도화하며, 최근 주제도 사업의 일환으로 1996년 자료에 대한 1:25,000 토지이용현황도가 현재 414도엽 수치지도화 되어 있으며, 자료포맷은 Shp로 국토지리정보원 통합관리소를 통해 유통되고 있다(국토지리정보원, 1999).

(2) 환경부 토지피복도

토지피복도는 환경부에서 환경계획 및 관리를 위한 환경부문 기본도를 작성하는 것을 목표로 원격탐사자료를 이용하여 작성한 것이다. 이는 토지이용현황도와는 달리 환경 생태관리에 필요한 토지의 피복상태 파악에 주안점을 두고 있다. 토지피복도의 분류항목은 미국 USGS의 Anderson 분류체계와 유럽 연합의 CORINE(Coordination of Information on the Environment) 프로젝트에서 제시한 분류체계의 검토를 통해 토지면의 상태가 다양하고, 패치(patch)의 크기가 작은 우리나라의 지형과 기후에 맞도록 3단계의 계층구조를 가지도록 수정하였다. 환경부는 1998년부터 토지피복지도 구축사업을 시행해 오고 있으며 그 결과, 대분류 토지피복지도는 남북한의 Landsat TM 위성영상 자료를 이용하여 80년대말과 90년대말 두 시기에 대해 7대 분류항목을 가지는 1:50,000 축척으로 구축되어 있다. 중분류 토지피복지도는 IRS-1C, Landsat TM 위성영상을 이용하여 수도권(서울, 경기, 인천)지역 및 한강, 금강 권역에 대하

여 23개 분류항목을 가지는 1:25,000 축척으로 구축되어 있다. 세분류 토지피복지도는 대분류의 특성을 반영한 7곳에 대하여 항공사진과 IKONOS 영상을 이용하여 48개의 분류항목을 가지는 1:5,000 축척으로 시범 제작하였다. 이들 자료의 파일 포맷은 COT(COnTrol)와 Geotiff이며 국토의 공간구조 실태 파악, 변화추이 분석 그리고 환경분야에서는 지역/구역/권역별 오염부하량과 환경용량 산출 등에 활용되고 있다(환경부, 2002).

(3) 토지이용현황도와 토지피복도의 분류항목 비교

분류항목에 있어서 토지피복지도는 시가화/건조지역, 농업지역, 산림지역, 초지, 습지, 나지의 대분류 7개 항목에 따라 중분류 23개 항목, 세분류 48개 항목의 분류 항목으로 이루어져 있으며, 토지이용현황도는 농지, 임지, 도시 및 주거지, 수계의 대분류 4개 항목에 따라 중분류 14개 항목, 세분류 38개의 항목으로 구성되어 있다. 중분류 토지피복지도와 세분류 토지이용현황도 속성을 비교하면 Table 2.2와 같다.

기본적으로 주거지역에 대해 주거, 상업, 교통, 공업, 공공시설로 나뉘는 것은 동일하나 국토지리원에서는 주거지역과 상업지역을 동일 시 하는 반면 국토지리원에서는 두 항목을 구분하고 있다. 특히 사항으로는 도시지역에 있어서 국토지리정보원에서는 기타시설이라는 항목을 두어 양어장·양식장, 채석장, 매립지, 광천지, 가축사육시설 등을 구분하고 있고 환경부에서는 오락휴양시설과 경기장을 위락시설지역으로 따로 구분하고 있다는 점이다. 또한, 농업지역에 있어서 환경부는 하우스 재배지를 따로 구분하며, 내륙습지와 연안습지로 구분하여 습지의 표현이 다양하고, 수역에 있어서 내륙수와 해양수를 따로 구분하고 있다. 이 같은 차이는 상이한 원시자료 및 활용 목적에서 따른 것으로 분류결과를 비교하면 Table 2.3과 같다.

Table 2.2 Attribute comparison between landuse map and landcover map

중분류 (23단계)		토지이용현황도 (38단계)		중분류 (23단계)		토지이용현황도 (38단계)	
주거지역	110	일반주택지	3110	활엽수림	310	활엽수림	2220
		고층주택지	3120	침엽수림	320	침엽수림	2210
공업지역	120	공업지역	3310	혼효림	330	혼효림	2230
상업지역	130	상업-업무지역	3130	자연초지	410	자연초지	2110
위락시설지역	140	유원지	2330	골프장	420	골프장	2310
교통지역	150	도로	3210	기타초지	430	인공초지	2120
		철로 및 주변지	3220			공원묘지	2320
		공항	3230	내륙습지	510	-	-
		항만	3240	연안습지	520	갯벌	4110
공공시설지역	160	발전시설	3410			염전	4120
		처리장	3420	채광지역	610	채광지역	3520
		교육-군사시설	3430			광천지	3540
		공공용지	3440	기타 나지	620	암벽 및 석산	2340
		매립지	3530			나대지 및 인공	3140
		댐	4320			공업나지-기타	3320
논	210	경지정리답	1110			백사장	4410
		미경지정리답	1120	내륙수	710	하천	4210
밭	220	보통-특수작물	1210			호소	4310
하우스재배지	230	-	-	해양수	720	-	-
과수원	240	과수원-기타	1220				
기타재배지	250	가축사육시설	3550				

Table 2.3 The result of attribute comparison between landuse map and landcover map

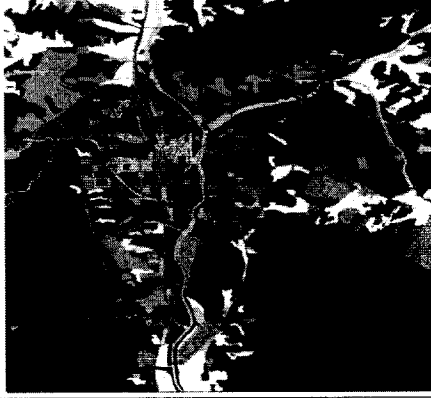
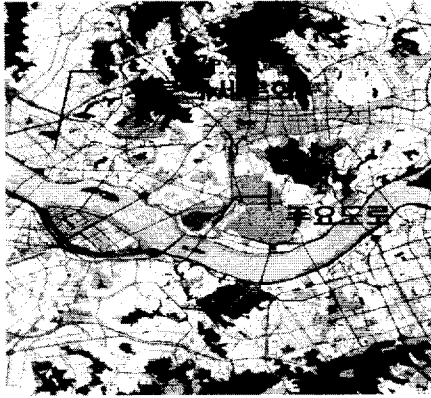
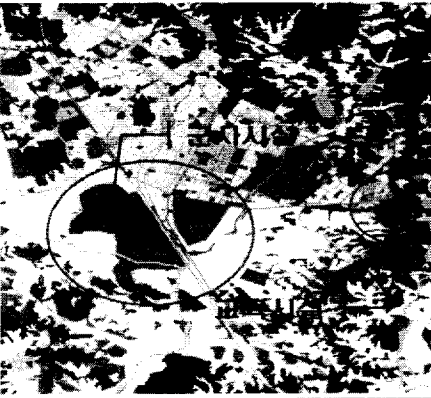
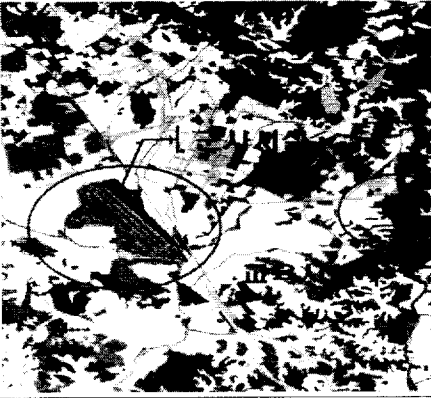
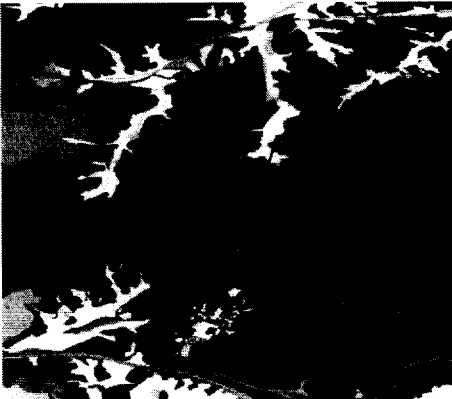
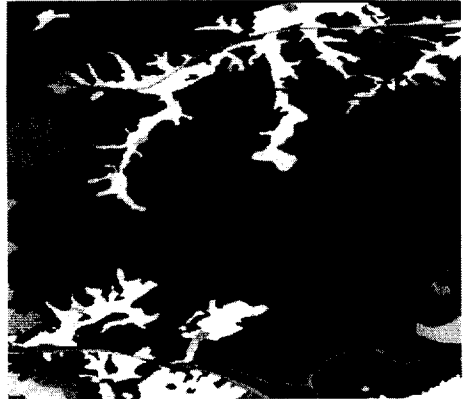
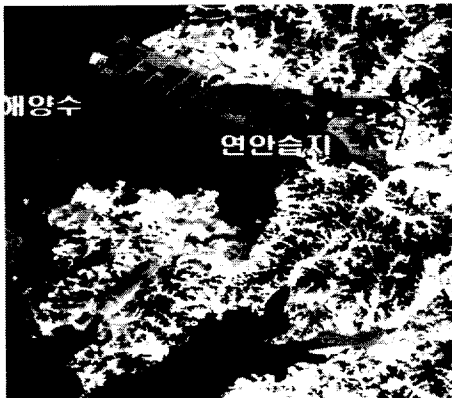
구분	토지이용현황도	토지피복도
주거 지역		
	주거/상업/공업지역의 간략한 표현	주거지역과 그 외 지역 표현 세분화
교통 지역		
	주요 도로 및 기타 도로 상세 표현(상세화)	주요 도로만 표현(간소화)
공공 시설 지역		
	군사시설 모두를 공공시설로 구분 교육시설 모두를 공공시설로 구분	군사시설 내 초지와 교통 지역 표현 교육시설내 초지, 나지, 산림 표현

Table 3.3 Continued

구분	토지이용현황도	토지피복도
골프장		
	골프장 내 나지(벙커), 산림 등의 피복 형태 표현	골프장의 경계를 중심으로 내부를 모두 골프장으로 표현
습지와 수역		
	피복형태를 기준으로 갯벌, 염전 구분 내륙수와 해양수의 구분이 명확	갯벌 표현 미약 내륙수와 해양수의 구분이 없음

제 3장 년도별 토지이용현황도 작성

3.1 연구대상지 개관

경안천은 용인시 동면 어버리 저수지에서 발원하여 능원천, 곤지천과 합류하여 남한강으로 유입되는 하천으로 한강유역의 일부로서 경안천 상류(101601), 중류(101602), 수위표(101603), 곤지암천(101604), 하류(101605) 등 5개의 표준유역을 포함하고 있다. 유역의 총 면적은 561.12km²이며, 유로연장과 유역평균폭은 각각 47.38km와 11.72km이다. 행정구역상으로는 광주군의 1읍 7면 158리와 용인시의 4동 3면 97리가 해당한다.

팔당호로 유입되는 세 개의 지류(북한강, 남한강, 경안천) 중 가장 규모가 작으며, 경안천 하류에서의 유량은 약 5.4m³/s로 팔당호에 하루 47만톤의 물이 유입되고 있다. 이는 전체 유입수량의 1.6%에 불과하나 경안천이 차지하고 있는 오염비중은 팔당호 전체의 36%에 이른다.

이에 정부에서는 1999년 9월에는 「한강상수원수질개선및주민지원등에관한법률」 제4조에 근거하여 남·북한강, 경안천 양안 1~0.5km를 수변구역(191.3km²)을 지정하여 오염원의 입지제한, 어로행위, 야외취사, 쓰레기 투기 등 각종 수질오염행위를 엄격히 금지하였다. 그러나 이와 같은 입지 규제에도 불구하고 수도권 지역과 인접해 있어 준농림지 아파트 건설 가속화, 교통망 확충 등으로 연평균 7.5%씩 인구가 증가하고 있다. 이는 같은 기간 전국의 인구증가율이 연평균 0.6%이고, 경기도 시군의 인구증가율이 연평균 3.8%임을 감안할 때 인구유입에 대한 적절한 대응이 미흡하였음을 알 수 있다. 또한 축산폐수는 연평균 3.6% 증가하고 있으며 산업폐수 또한 연평균 4.7%가 증가하고 있다. 이와 같이 인구유입에 따른 도시적 토지이용 면적의 증가로 인한 생활오수 및 축산·산업폐수 등 다양한 오염원으로부터 노출되어 있는 실정이다(환경부, 2003).

이상에서와 같이 경안천 유역에서의 인구유입과 도시적 토지이용 면적의 증가가 팔당호의 수질에 막대한 영향을 미침을 감안하여 볼 때, 토지이용에 대한 정량·정성적인 자료를 생성함으로써 토지이용 현황을 파악하고 이를 통해 효율적인 토지이용계획 수립이 필요할 것으로 판단된다.

3.2 항공사진 자료의 처리

3.2.1 사용데이터

본 연구에서는 1/25,000 지형도 24매, 1/5,000 지형도 297매로 DEM을 제작하였으며, 사용된 항공사진은 1977년 14장, 1981년 103장, 1988년 7장, 1993년 82장, 1995년 54장, 1997년 6장, 2000년 10장으로 총 276장이다(Table 3.1). 이들 각각을 Epson 12000기종에서 1200DPI로 스캐닝 하였으며, 장당 자료의 크기는 약 180Mb로 총 작업량은 약 50Gb였다. 장당 스캐닝 소요시간은 20분이었으며 약 2주일간 입력 작업을 실시하였다. 각각 TIFF 형식으로 스캔된 파일을 영상처리 프로그램인 ERDAS IMAGINE 8.4 포맷인 IMG 형식으로 변환하였다.

Table 3.1 A list of used aerial photographs

년도	초점거리	축척	매수	촬영 월일	카메라 종류	총 합계
1977	152	1/20,000(10,000ft)	14	모름	wild uag 404	14
1981	152	1/25,000(12,500ft)	10	04.	wild uag 404	103
	152.87	1/25,000(12,500ft)	93	04.	wild uag two 308	
1988	153.35	1/37,500(18,750ft)	7	06.26	wild 15/4 uag	7
1993	153.1	1/20,000(10,000ft)	82	09.03, 10.01	Zeiss RMK	82
1995	152.85	1/20,000(10,000ft)	28	06.14, 06.12	wild 15/4 uag-s	54
	153.4	1/20,000(10,000ft)	7	06.09	wild 15/4 uag-s	
	미기재	1/20,000(10,000ft)	19	05.12	wild 15/4 uag-s	
1997	153.59	1/25,000(12,500ft)	6	06.06	wild 15/4 uaga-f	6
2000	152.54	1/37,500(18,750ft)	10	04.	Zeiss RMK	10
총 합계						276

3.3.2 수치항공사진 제작

(1) 수치표고모델(Digital Elevation Model, DEM) 및 커버리지 추출

수치표고모델은 지표면에 일정 간격으로 분포된 지점의 높이 값을 수치로 기록한 것으로 다음과 같은 방법으로 생성한다. 먼저, DXF 포맷인 1:5,000 대 축척 수치지형도에서 등고선을 추출한 후, SHP 파일로 변환하여 같은 높이에 있는 두 점과 다른 높이의 한 점을 서로 직선으로 연결해 가는 방식으로 불규칙 삼각망(TIN : Triangulated Irregular Network)을 구성하였다. 그 다음 등고 오류를 검수하여 Grid를 형성한 후 ERDAS 프로그램 파일 포맷인 IMG 형식으로 변환시켰다. 이렇게 변환된 DEM을 이용하여 항공사진을 정사투영 할 때 지물들의 높이값을 지정해 줄 수 있다.



- 수치지도
 - 1:25,000 : 24장 44Mb
 - 1: 5,000 : 297장 1.4Gb
- 수치표고모델
 - 1:5,000 : 43km × 56km 구역
(경안천 유역 전체)
 - 자료수 : 11,120 × 6,679
 - 해상도 : 5m
 - 자료크기 : 292Mb

Fig 3.1 A finished DEM by the use of 1:5000 topology map

또한, 국토지리정보원에서 발행하는 1:5,000 대축척 수치지형도로부터 지상 기준점을 추출하였다. DEM 생성과정과는 반대로 수치지도로부터 등고선을 제외한 레이어를 추출하고 이를 영상처리 프로그램인 ERDAS Imagine 8.4에

서 작업하기 위해 ArcInfo 8.1에서 커버리지를 제작한다. 이렇게 만든 커버리지와 DEM 자료를 이용하여 항공사진의 기하보정을 실시하였다.

(2) 항공사진의 위치 · 기하보정

항공사진은 항공사진이 갖는 중심투영과 기복변위라는 두 가지 특성과 항공기의 자세, 지표 중심과 주점과의 왜곡, 렌즈 왜곡, 필름의 평탄성 · 신축 등 여러 가지 요인들에 의해 기하학적 왜곡을 포함하고 있다. 이러한 기하학적 왜곡은 영상 내 각 점의 위치 변동을 의미하며, 이렇게 휘어진 영상을 평면 위에 존재하는 지형도와 중첩시키기 위해서는 항공사진 영상에 나타나는 각 점의 위치를 지형도와 같은 크기의 투영값을 갖도록 변환해 주는 과정이 반드시 요구된다. 이와 같은 변환 과정을 흔히 기하학적 보정(Geometric Correction)이라고 하며, 이러한 과정을 거쳐야만 우리가 지도를 통해 흔히 보는 형태의 안정된 영상을 얻어낼 수 있다.

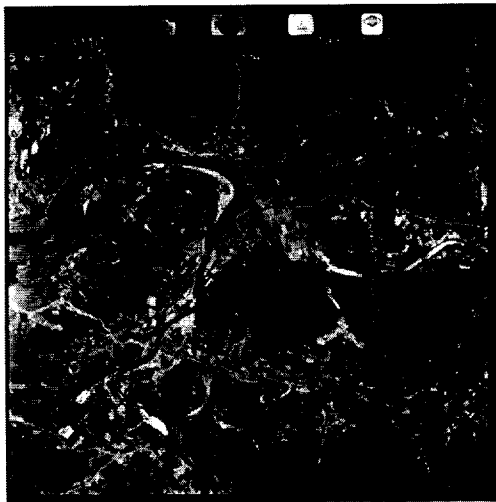
표정단계 중 가장 먼저 요구되는 내부표정(Interior Orientation)은 사진의 주점(Fiducial Center or Principal Point)을 투영 중심에 일치시키고, 초점 거리 보정, 신축 보정 등을 실시함으로써 촬영 당시의 광학적 환경을 그대로 구현하고자 하는 것이다. 내부 표정이 카메라 내부의 광학적 환경을 재현하는 것을 그 목적으로 하는데 비해 외부 표정(Exterior Orientation)은 카메라와 대상 물체 사이의 위치 관계를 규정하는데 그 목적을 두고 있다. 외부 표정은 다시 그 목적에 따라 상호 표정과 절대 표정으로 나누어진다.

최소 6점 이상의 상호표정점을 사용하여 항공사진의 촬영 시 연속 촬영된 두 장의 사진 사이의 기하학적 관계를 재현하고자 하는 것을 상호 표정이라고 한다. 상호 표정을 통해 모든 시차가 소거된 한 쌍의 사진은 완전한 실체 모델을 형성하게 되지만, 이 모델은 왼쪽 사진을 고정시킨 상태에서 두 사진의 상대적인 관계를 규정한 것이므로 축척과 수평이 제대로 맞지 않으며, 실제의 지형과 정확한 상사 관계를 이루지 못하고 있다. 따라서, 이 모델을 실제의 지

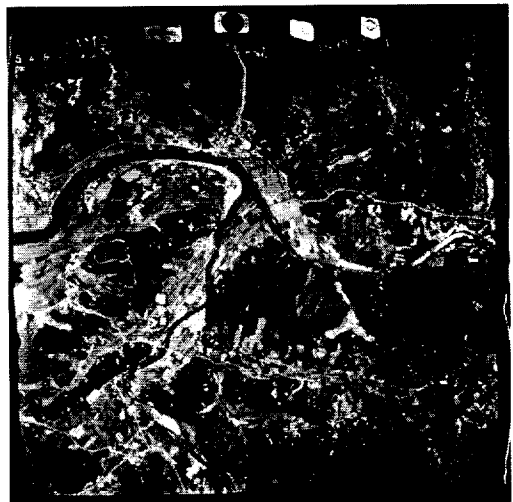
형과 맞추기 위해서는 3차원 가상 좌표인 모델 좌표를 대상 좌표(object space coordinate system)로 변환하는 과정이 필요하며, 이러한 과정을 절대 표정이라고 한다. 절대 표정을 수행하여 정확한 실제 좌표를 얻기 위해서는 축척, 방위각, 공횡경사(Common lateral tilt), 공종경사(Common longitudinal tilt), 좌표 전이(Origin shift) 등 7개의 표정 인자를 결정해 주어야 하기 때문에 최소한 7개의 기지 좌표를 가진 지상기준점을 제공하여야 한다. 즉, 최소한 평면 기준점 2개와 표고 기준점 3개 이상이 필요하며, 실제 작업에서는 일반적으로 6점의 기준점을 상호 표정점 부근에 설정하게 된다.

(3) 정사투영

항공사진이 가지고 있는 왜곡의 원인을 모두 고려하여 기하학적으로 영상 촬영 당시와 똑같은 환경을 재구성함으로써 영상의 위치를 보정하기 위하여 항공사진 276장을 각각 내부표정, 외부표정 처리하여 정사투영작업을 하였다.



- 해상도 : 0.6m
- 화소수 : 11,328×12,156
- 자료크기 : 평균 180Mb/장당



- 투영좌표계 : TMessel
- 화소수 : 11,108×10,424
- 자료크기 : 평균 127Mb/장당

Fig 3.2 Aerial photograph(left), Ortho-aerial photograph(right)

3.3 년도별 토지이용현황도 제작

획득한 정사투영영상을 GeoMedia Professional 4.0을 이용하여 on-screen digitizing을 거쳤으며, 국토지리정보원에서 제시하고 있는 토지이용현황도 분류 항목에 대하여 속성을 입력하였다. 본 연구 대상지에서는 국토지리정보원에서 제시하고 있는 토지이용 분류항목 중 공원묘지, 암벽 및 석산, 철로 및 주변지, 공항, 항만, 공공용지, 양어·양식장, 매립지, 광천지, 갯벌, 염전, 댐 등의 항목은 해당 사항이 없었다. 그러므로 이를 제외한 농지, 임지, 도시 및 주거지, 수계 등 4개의 대분류 항목에 대하여 13개의 중분류, 26개의 소분류 항목으로 구성되어 있으며 각 년도별 정사보정된 항공사진으로부터 제작 완료한 토지이용현황도는 아래와 같다.

Table 3.2 A list of land use classification for study area

대분류	중분류	소분류	코드	대분류	중분류	소분류	코드
농지	논	경지정리답	1110	도시 및 주거지	주거지 및 상업지	일반주택지	3110
		미경지정리답	1120			고층주택지	3120
	밭	보통, 특수작물	1210			상업, 업무지	3130
		과수원 기타	1220			나대지 및 인공녹지	3140
임지	초지	자연초지	2110		교통시설	도로	3210
		인공초지	2120				
	임목지	침엽수림	2210		공업지	공업시설	3310
		활엽수림	2220			공업나지, 기타	3320
		혼합수림	2230		공공시설물	발전시설	3410
	기타	골프장	2310			처리장	3420
		유원지	2330			교육, 군사시설	3430
수계	하천	하천	4210		기타시설	채광지역	3520
	호소	호, 소	4310			가축사육시설	3550
	기타	백사장	4410				

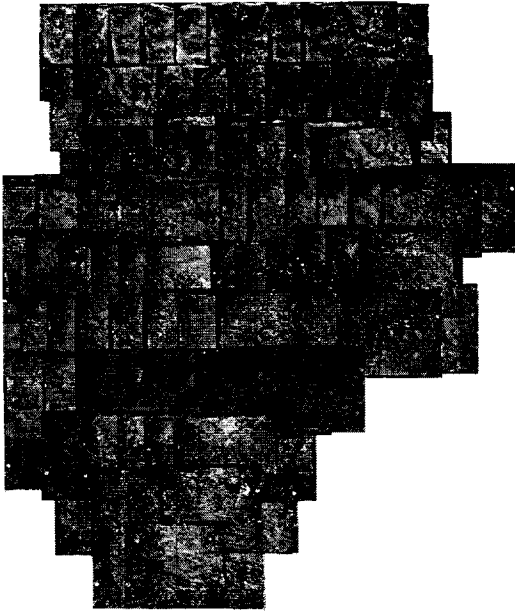


Fig 3.3 A finished ortho-aerial photographs, 1981

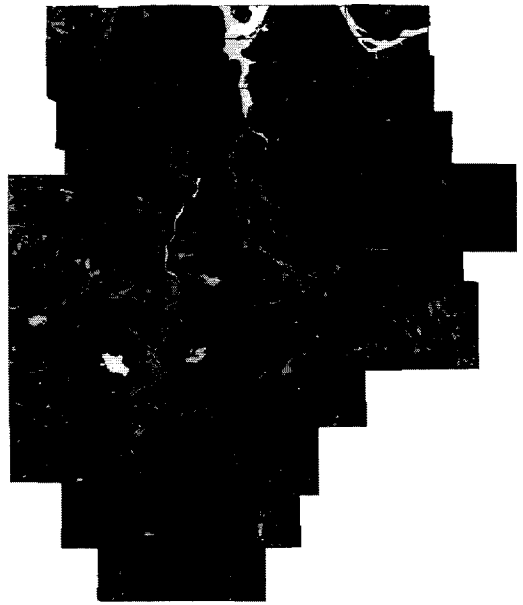


Fig 3.4 A finished land use map by the use of ortho-aerial photographs, 1981



Fig 3.5 A finished ortho-aerial photographs, 1993



Fig 3.6 A finished land use map by the use of ortho-aerial photographs, 1993

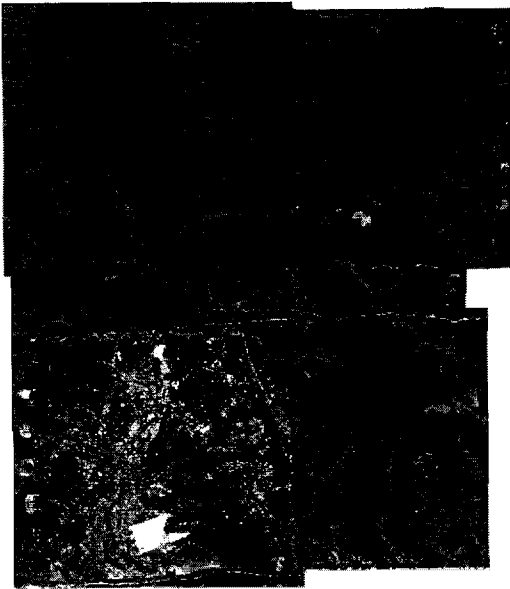


Fig 3.7 A finished ortho-aerial
photographs, 2000

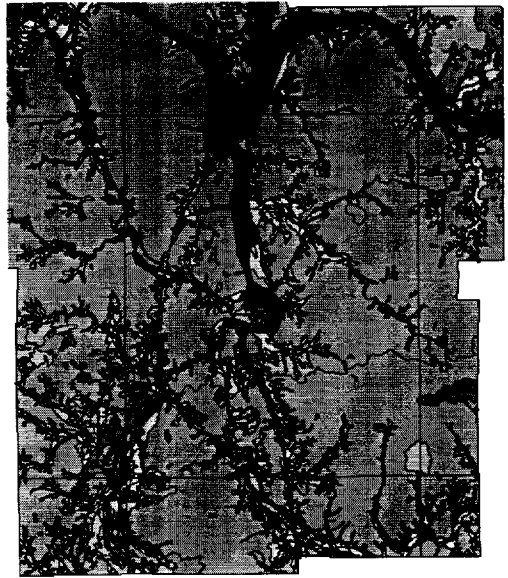


Fig 3.8 A finished land use map by the
use of ortho-aerial photographs, 2000

제 4장 경안천 유역의 토지이용 특성 추출

4.1 토지이용 현황 분석

4.1.1 경년별 토지이용 현황

각 년도별 정사보정된 항공사진으로부터 제작 완료한 토지이용현황도를 중첩되는 지역에 대해서 경년별 토지이용 변화를 분석함으로써 지난 20년간의 토지이용 변화추이를 살펴보고자 하였다. 이에 각 년도별로 작성된 토지이용 현황도는 Fig 4.1과 같으며, 토지이용의 대·중분류 항목에 대한 면적값의 변화는 Table 4.1과 같다.

본 연구대상지는 80년대를 보면 농지와 임지가 대부분을 차지하고 있는 지역이다. 그러나 지난 20년간 농지 및 임지는 계속적으로 감소하는 경향을 보이는 데 반해, 도시 및 주거지 지역은 중분류 항목에 따라 면적 변화율이 작게는 50% 많게는 200%가 넘는 증가를 보이고 있다.

이를 각 항목별로 살펴보면, 농지지역은 지난 20년간 80년대에 100.34㎢에서 2000년대 73.12㎢로 27.22㎢이 감소하여 대분류 항목 중 가장 큰 면적변화율을 보이고 있으며, 논 13.85㎢, 밭 13.38㎢의 면적이 감소하였다. 또한 임지지역은 80년대에 336.22㎢에서 2000년대에 325.35㎢으로 10.87㎢이 감소하여 -3.23%의 면적변화율을 보이고 있다. 특이사항으로는 임지가 지난 20년간 꾸준한 감소량을 보이고 있음에도 불구하고 기타임지가 5.47㎢이 증가하여 다소 큰 면적 증가율을 보이고 있는데 이는 대단위 위락시설지역의 생성으로 인한 유원지 및 골프장의 증가에 기인한 것으로 판단된다.

이에 반면, 도시 및 주거지지역은 지난 20년간 80년대에 15.37㎢에서 2000년대에 53.85㎢으로 38.46㎢이 증가하여 250.19%의 상당히 큰 면적변화율을 보였다. 이 같은 증가는 면적변화량에 있어서 주거지 및 상업지가 20.78㎢으로 가장 큰 값을 보이고 있으며 공업지역 7.76㎢, 공공시설물 5.13㎢, 교통시설 2.

80km², 기타시설 2.00km²의 순으로 나타났다.

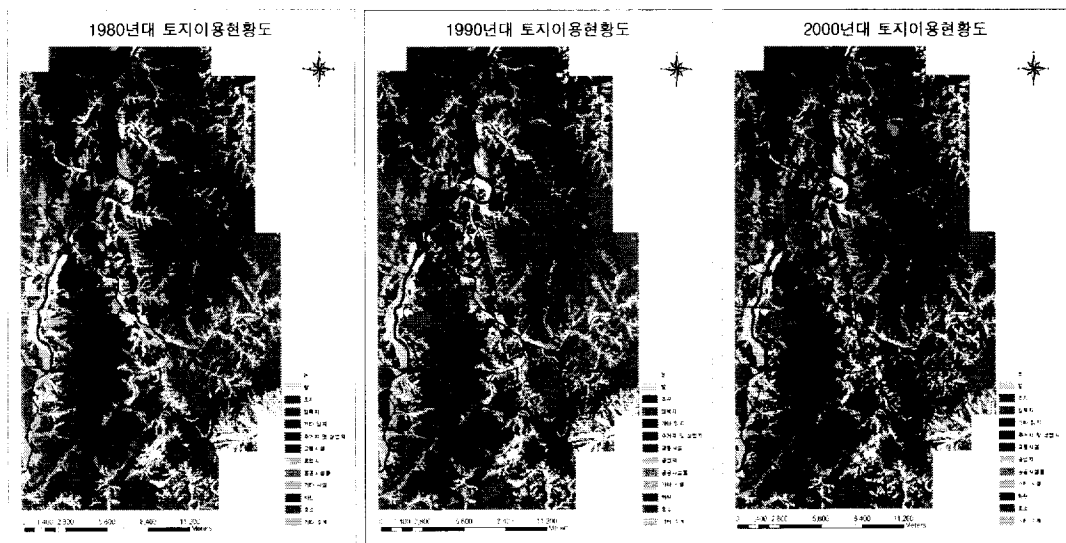


Fig 4.1 Landuse map of the second classification in the past 20 years

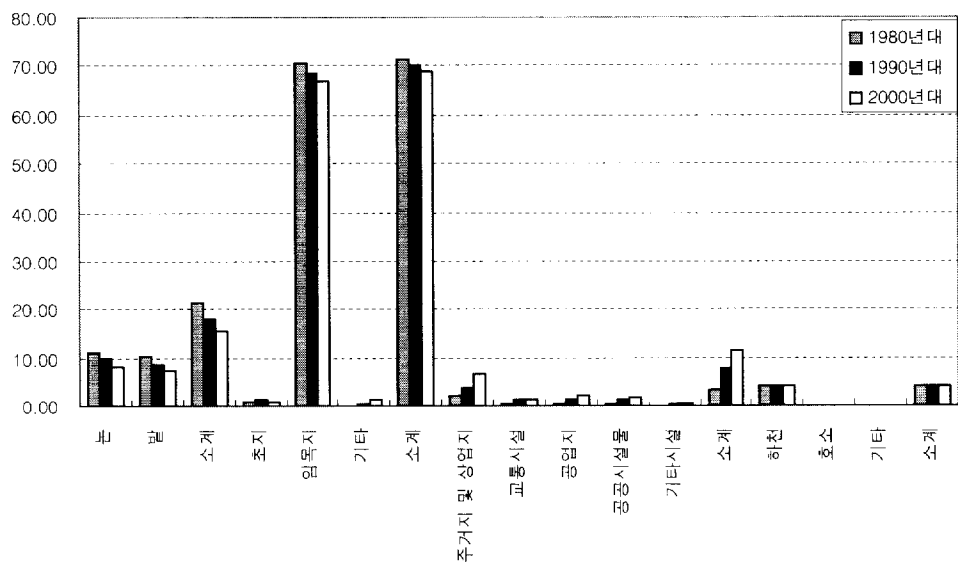


Fig 4.2 Change of area on the second classification in the past 20 years

Table 4.1 Area of landuse in the past 20 years

(unit : km², %)

토지이용 항목별		1980년대	변화량*	변화율**	1990년대	변화량	변화율	2000년대	변화량	변화율
농지	논	51.71 (10.97)	-5.93	(-11.47)	45.78 (9.71)	-7.92	(-17.29)	37.86 (8.03)	-13.85	(-26.78)
	밭	48.63 (10.31)	-8.48	(-17.44)	40.15 (8.52)	-4.90	(-12.19)	35.25 (7.48)	-13.38	(-27.50)
	소계	100.34 (21.28)	-14.41	(-14.36)	85.93 (18.23)	-12.81	(-14.91)	73.12 (15.51)	-27.22	(-27.13)
임지	초지	3.41 (0.72)	1.47	(43.13)	4.88 (1.04)	-0.56	(-11.50)	4.32 (0.92)	0.91	(26.67)
	임박지	332.16 (70.45)	-9.66	(- 2.91)	322.50 (68.41)	-7.59	(- 2.35)	314.92 (66.80)	-17.25	(- 5.19)
	기타	0.65 (0.14)	1.85	(286.16)	2.50 (0.53)	3.62	(144.88)	6.12 (1.30)	5.47	(845.61)
도시 및 주거지	소계	336.22 (71.31)	-6.34	(- 1.88)	329.88 (69.97)	-4.53	(- 1.37)	325.35 (69.01)	-10.87	(- 3.23)
	주거지 및 상업지	9.36 (1.99)	8.39	(89.66)	17.76 (3.77)	12.38	(69.73)	30.14 (6.39)	20.78	(221.90)
	교통시설	2.16 (0.46)	2.87	(133.36)	5.03 (1.07)	-0.07	(- 1.41)	4.96 (1.05)	2.80	(130.07)
도시 및 주거지	공업지	1.65 (0.35)	4.30	(260.97)	5.95 (1.26)	3.45	(58.00)	9.41 (2.00)	7.76	(470.35)
	공공시설물	1.71 (0.36)	4.65	(272.55)	6.36 (1.35)	0.47	(7.45)	6.83 (1.45)	5.13	(300.31)
	기타시설	0.50 (0.11)	0.94	(188.87)	1.44 (0.31)	1.06	(73.45)	2.50 (0.53)	2.00	(401.05)
수계	소계	15.37 (3.26)	21.17	(137.69)	36.54 (7.75)	17.30	(47.33)	53.84 (11.42)	38.46	(250.19)
	하천	19.01 (4.03)	-0.45	(- 2.36)	18.56 (3.94)	-0.06	(- 0.34)	18.50 (3.92)	-0.51	(- 2.69)
	호소	0.49 (0.10)	0.03	(5.54)	0.52 (0.11)	0.11	(20.92)	0.63 (0.13)	0.14	(27.62)
소계	기타	0.02 (0.00)	0.00	(0.00)	0.02 (0.00)	0.00	(0.00)	0.02 (0.00)	0.00	(0.00)
	소계	19.52 (4.14)	-0.42	(- 2.16)	19.10 (4.05)	0.05	(0.24)	19.14 (4.06)	-0.37	(- 1.92)
총합계		471.46 (100.00)			471.46 (100.00)			471.46 (100.00)		

주 : (*) ; 전년도와 후년도의 면적 변화량, (**) ; 전년도 면적값에 대한 면적변화량의 백분율

4.1.2 하천 양안의 토지이용 현황

하천수질에 미치는 영향이 상대적으로 큰 하천 수변지역에 대해 토지이용 변화가 어떻게 나타나는지를 보기 위해 GIS Buffering 기능을 이용하여 하천 양안 500m, 1000m 지역에 대하여 토지이용항목의 분포와 비율을 산출하였다 (Fig 4.3, Table 4.2, 4.3)

전반적으로 0~500m, 500~1000m 두 구간에서 농지와 임지가 감소하는 경향을 보이는 반면, 도시 및 주거지는 증가하는 경향을 보이고 있다. 구간별 토지이용패턴을 살펴보면, 0~500m 구간에서는 지난 20년간 농지가 23.78km²(9.53%), 임지가 1.28km²(1.73%) 감소하였으며 도시 및 주거지가 30.43km²(11.21%) 증가하였다. 특히 도시 및 주거지에서 주거지 및 상업지가 17.22km²(6.34%)로 가장 큰 면적변화량을 가지며 그 다음으로 공업지 6.85km²(2.54%), 교통시설 2.59km²(0.95%), 공공시설물 2.28km²(0.84%), 기타시설 1.49km²(0.55%) 순으로 나타났다.

또한 500~1000m 구간에서는 지난 20년간 농지가 2.65km²(1.96%), 임지가 3.82km²(3.15%) 감소하였으며 도시 및 주거지가 7.05km²(5.11%) 증가하였다. 특히 도시 및 주거지에서 0~500m 구간에서와 같이 주거지 및 상업지가 3.09km²(2.24%)로 가장 큰 면적변화량을 가지며 그 다음으로 공공시설물 2.35km²(1.71%), 공업지 0.90km²(0.65%), 기타시설 0.49km²(0.36%), 교통시설 0.21km²(0.15%) 순으로 나타났다.

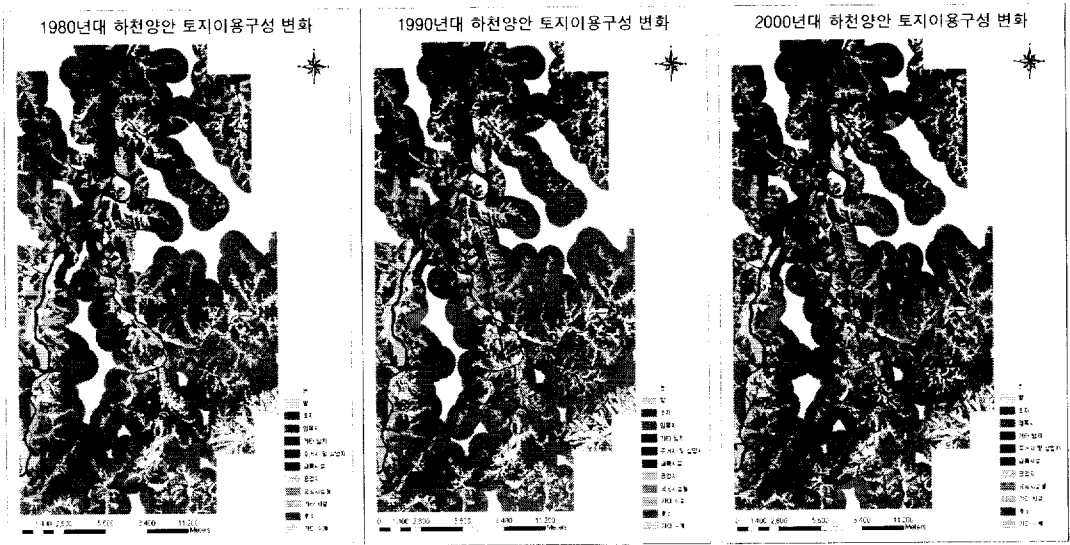


Fig 4.3 Landuse map within buffer zone in the past 20 years

Table 4.2 Area of landuse within 0-500m buffer zone in the past 20 years

(unit : km², %)

토지이용 항목별		1980년대	변화량*	변화율**	1990년대	변화량	변화율	2000년대	변화량	변화율
농지	논	46.45 (17.64)	-5.11	(-11.00)	41.34 (15.49)	-7.19	(-17.40)	34.14 (12.70)	-12.30	(-26.49)
	밭	41.73 (15.85)	-6.77	(-16.23)	34.96 (13.10)	-4.71	(-13.47)	30.25 (11.25)	-11.48	(-27.51)
	소계	88.18 (33.48)	-11.88	(-13.48)	76.29 (28.59)	-11.90	(-15.60)	64.39 (23.95)	-23.78	(-26.97)
임지	초지	2.45 (0.93)	0.89	(36.53)	3.34 (1.25)	-0.16	(-4.86)	3.18 (1.18)	0.73	(29.89)
	임목지	158.45 (60.17)	-1.81	(-1.14)	156.64 (58.69)	-2.99	(-1.91)	153.64 (57.15)	-4.81	(-3.03)
	기타	0.25 (0.10)	0.60	(237.68)	0.86 (0.32)	2.19	(255.98)	3.05 (1.13)	2.79	(1102.06)
	소계	161.15 (61.19)	-0.31	(-0.19)	160.84 (60.26)	-0.97	(-0.60)	159.87 (59.47)	-1.28	(-0.79)
도시 및 주거지	주거지 및 상업지	8.34 (3.17)	7.39	(88.55)	15.73 (5.89)	9.83	(62.48)	25.56 (9.51)	17.22	(206.36)
	교통시설	1.95 (0.74)	2.46	(126.49)	4.41 (1.65)	0.13	(2.92)	4.54 (1.69)	2.59	(133.12)
	공업지	1.56 (0.59)	3.67	(235.44)	5.23 (1.96)	3.18	(60.72)	8.41 (3.13)	6.85	(439.11)
	공공시설물	1.30 (0.49)	1.39	(106.48)	2.69 (1.01)	0.89	(33.30)	3.58 (1.33)	2.28	(175.24)
	기타시설	0.37 (0.14)	0.82	(222.95)	1.19 (0.44)	0.67	(56.58)	1.86 (0.69)	1.49	(405.67)
수계	소계	13.52 (5.13)	15.73	(116.34)	29.24 (10.96)	14.70	(50.27)	43.94 (16.35)	30.43	(225.09)
	호소	0.48 (0.18)	0.03	(5.89)	0.51 (0.19)	0.10	(20.76)	0.61 (0.23)	0.13	(27.88)
	기타	0.02 (0.01)	0.00	(0.00)	0.02 (0.01)	0.00	(0.00)	0.02 (0.01)	0.00	(0.00)
총합계	소계	0.50 (0.19)	0.03	(5.65)	0.53 (0.20)	0.10	(19.96)	0.63 (0.23)	0.13	(26.73)
	총합계	263.34 (100.00)	3.56		266.90 (100.00)	1.94		268.84 (100.00)	5.50	

주 : (*) ; 전년도와 후년도의 면적 변화량, (**) ; 전년도 면적값에 대한 면적변화량의 백분율

Table 4.3 Area of landuse within 500 1000m buffer zone in the past 20 years

(unit : km², %)

토지이용 항목별		1980년대	변화량*	변화율**	1990년대	변화량	2000년대	변화량	변화율
농지	논	4.76 (3.47)	-0.57	(-12.03)	4.19 (3.03)	-0.63 (-15.12)	3.56 (2.58)	-1.21 (- 25.33)	
	밭	5.94 (4.33)	-1.28	(-21.57)	4.66 (3.38)	-0.16 (- 3.52)	4.50 (3.26)	-1.45 (- 24.34)	
	소계	10.71 (7.80)	-1.86 (-17.33)	(-17.33)	8.85 (6.41)	-0.80 (- 9.01)	8.05 (5.84)	-2.65 (- 24.78)	
임지	초지	0.70 (0.51)	0.49	(69.40)	1.19 (0.86)	-0.37 (-30.66)	0.83 (0.60)	0.12 (17.47)	
	임목지	123.81 (90.18)	-3.36	(- 2.72)	120.45 (87.21)	-2.83 (- 2.35)	117.62 (85.31)	-6.20 (- 5.01)	
	기타	0.38 (0.28)	0.88	(230.63)	1.26 (0.91)	1.37 (109.40)	2.63 (1.91)	2.25 (592.32)	
	소계	124.90 (90.97)	-2.00 (- 1.60)	(- 1.60)	122.90 (88.98)	-1.83 (- 1.49)	121.07 (87.82)	-3.82 (- 3.06)	
도시 및 주거지	주거지 및 상업지	0.93 (0.68)	0.94	(101.03)	1.88 (1.36)	2.14 (114.09)	4.02 (2.92)	3.09 (330.39)	
	교통시설	0.17 (0.13)	0.42	(241.42)	0.59 (0.43)	-0.21 (-35.80)	0.38 (0.28)	0.21 (119.18)	
	공업지	0.08 (0.06)	0.62	(754.66)	0.70 (0.50)	0.29 (41.13)	0.98 (0.71)	0.90 (1,106.15)	
	공공시설물	0.35 (0.26)	2.58	(728.79)	2.94 (2.13)	-0.23 (- 7.87)	2.71 (1.96)	2.35 (663.55)	
	기타시설	0.13 (0.10)	0.11	(86.34)	0.24 (0.18)	0.38 (155.92)	0.63 (0.45)	0.49 (376.89)	
	소계	1.68 (1.22)	4.68 (279.08)	(279.08)	6.35 (4.60)	2.37 (37.26)	8.72 (6.33)	7.05 (420.32)	
수계	호소	0.02 (0.01)	0.00	(- 5.38)	0.01 (0.01)	0.00 (26.44)	0.02 (0.01)	0.00 (19.64)	
	소계	0.02 (0.01)	0.00 (- 5.38)	(- 5.38)	0.01 (0.01)	0.00 (26.44)	0.02 (0.01)	0.00 (19.64)	
총합계		137.30 (100.00)	0.82		138.12 (100.00)	-0.25	137.87 (100.00)	0.57	

주 : (*) ; 전년도와 후년도의 면적 변화량, (**) ; 전년도 면적값에 대한 면적변화량의 백분율

4.1.3 변화추이 분석

지난 20년간의 토지이용 항목에 대한 변화탐지를 효율적으로 관리, 검색, 질의하기 위해서 지리정보시스템을 이용하여 살펴보았다. 각 년도별 토지이용현황도를 10m×10m 격자 크기를 가지는 그리드(GRID) 파일로 변환하고, 변환된 각각의 파일을 ArcInfo 8.1의 Spatial Analyst를 이용하여 하나의 통합된 그리드 파일로 만들었다(양인태, 2002). 그리드의 각 속성값에 대한 할당규범은 백단위는 1980년대의 토지이용 분류항목 값으로 1부터 4까지 총 4개의 값으로 나타내며 그 의미는 농지, 임지, 도시 및 주거지, 수계 순이다. 십 단위는 1990년대, 일 단위는 2000년대로 각각 토지이용 항목에 대해 십진수로 표현한다. 즉, 그리드 속성값이 123이라면 1980년대에 농지(1)이었던 것이 1990년대에는 임지(2), 2000년대에는 도시 및 주거지(3)로 전환되었음을 말한다.

그 결과, 57개의 변화정보를 추출할 수 있었으며 전체 면적 471.48km² 중 변화정보를 가지는 면적에 대하여 53.37%에 달하는 25.81km²이 농지에서 도시 및 주거지로 전환되었으며, 임지에서 도시 및 주거지로 전환된 지역이 12.30km²으로 25.44%를 차지하고 있었다.

이를 항목별로 살펴보면, 농지의 전환율은 도시 및 주거지역으로의 전환율이 가장 컸으며(87.88%) 이 중 주거지 및 상업지역으로의 전환율이 15.03km²(51.19%), 공업지역이 6.67km²(22.72%)로 높게 나타났다. 또한, 개발에 따른 도시화로 인해 논에서 밭으로 경작형태가 바뀔에 따라 5.53km²(32.33%)의 전환이 이루어졌다. 임지의 전환율은 농지와 마찬가지로 전체 14.37km² 중에서 85.60%에 해당하는 12.30km²가 도시 및 주거지역으로 전환되었으며, 이 중 주거지 및 상업지역으로의 전환율이 6.07km²(42.22%), 공공시설물이 3.98km²(27.69%)으로 높게 나타났다. 또한 임지가 1차적으로 농경지로 전환된 후 도시지역으로의 전환율이 1.66%인데 반해, 임지에서 바로 도시지역으로의 전환율이 13.47%로 나타나 본 연구대상지는 개발이 많이 진행된 지역임을 알 수 있다.

그 외 임지 항목 중 인공초지는 81.19%(1.6km²)가 골프장으로 전환되었으며, 주거지 및 상업지의 항목인 나대지 및 인공녹지는 대부분이 일반주택지, 공업시설, 상업·업무지 등과 같이 도시지역으로 전환되었다. 나대지 및 인공녹지는 80년대에 1.45km²이던 것이 90년대에는 3.72km², 2000년대에는 8.75km²로 꾸준한 증가추세를 보이고 있으며 이는 지속적으로 개발이 진행됨을 알 수 있다.

Table 4.4는 대분류 항목에 대하여 80년대와 90년대 사이, 90년대와 2000년대 사이의 토지이용항목간 전환면적을 나타낸 것이다.

Table 4.4 Landuse conversion matrix in 1981~1993, in 1993~2000

(unit : km², %)

1981	1993				1981 합계
	농지	임지	도시 및 주거지	수계	
농지	82.86 (82.52)	3.71 (3.70)	13.53 (13.48)	0.31 (0.30)	100.41 (100.00)
임지	2.82 (0.84)	325.75 (96.87)	7.54 (2.24)	0.15 (0.04)	336.26 (100.00)
도시 및 주거지	0.14 (0.88)	0.37 (2.42)	14.81 (96.61)	0.01 (0.09)	15.33 (100.00)
수계	0.15 (0.76)	0.09 (0.48)	0.65 (3.33)	18.59 (95.42)	19.48 (100.00)
1993합계	85.96	329.93	36.53	19.06	471.48

1993	2000				1993합계
	농지	임지	도시 및 주거지	수계	
농지	71.14 (82.76)	1.66 (1.93)	13.10 (15.24)	0.06 (0.07)	85.96 (100.00)
임지	1.26 (0.38)	322.49 (97.75)	6.13 (1.86)	0.05 (0.02)	329.93 (100.00)
도시 및 주거지	0.73 (2.01)	1.23 (3.38)	34.53 (94.51)	0.04 (0.10)	36.53 (100.00)
수계	0.02 (0.11)	0.01 (0.07)	0.07 (0.37)	18.95 (99.45)	19.06 (100.00)
2000합계	73.15	325.39	53.83	19.10	471.48

4.2 도시화에 따른 토지이용 특성 분석

4.2.1 경년별 토지이용 변화추이

경년별 토지이용 현황을 살펴본 결과, 농지 및 산림지역은 감소하고 있는 반면 도시지역은 증가하는 경향을 보였다. 이와 같은 결과로부터, 본 절에서는 도시지역의 확장패턴 및 추이를 분석함으로써 도시화에 따른 토지이용 특성을 추출하고자 하였다. 이를 위해 기존의 국토지리정보원 토지이용 항목의 분류 기준을 도시 확장 분석을 위한 새로운 분류 기준을 설정, 사용하였다. 즉, 도시의 물리적 확장 분석을 위해 도시의 확장과 직접적인 연관을 지니는 도시 내부의 토지이용과 지속가능한 개발과 연관된 산지 및 농지의 잠식에 중점을 두는 분류체계를 구성하고자 하였다.

그러므로 국토지리정보원의 분류항목에 대해서 농지, 산림, 수계는 비도시지역으로 도시 및 주거지는 도시지역으로 재분류하였으며, 도시지역은 도시의 물리적 확장분석에 필수적인 6개의 항목으로 세분화하여 새로운 분류항목으로 설정하였다(Table 4.5). 이는 도시 주거지의 실질적인 인구밀도와 주거지 사용 밀도 파악, 도시민 주거 양상의 변화 파악 등을 위해 일반주거지와 고층주거지로 구분하고, 상업지역 및 공업지역을 별도의 항목으로 정하였으며, 공공기관, 군사 시설물 등의 공공의 성격을 지닌 지역을 일괄적으로 공공시설로 분류하였다(김윤수, 2003).

Table 4.5 Designing the land use classification system for analyzing urban growth

분류	코드	신규항목	국립지리원 항목 포함내용
도시 지역	1	일반주거지	저층 및 일반주거지
	2	고층주거지	고층주거지
	3	상업지역	상업, 업무지, 유원지
	4	공업지역	공업시설, 공업나지, 기타, 채광지역
	5	교통지역	도로, 철로 및 주변지역, 공항, 항만
	6	공공시설	발전시설, 처리장, 교육 군사시설, 공공용지, 매립지
비도시 지역	1	산지	자연초지, 인공초지, 침엽수, 활엽수, 혼합수림, 골프장, 공원묘지, 암벽 및 석산, 나대지 및 인공녹지
	2	농지	경지정리답, 미경지정리답, 보통특수작물, 과수원, 기타, 가축사육시설
	3	수계	갯벌, 염전, 하천, 호소, 댐, 백사장, 광천지, 양어장 및 양식장

Table 4.5에 의해서 재분류한 토지이용 항목에 대한 경년별 분포현황을 살펴보면 Table 4.6과 같다. 전체 면적 471.46km²에 대한 년도별 도시지역의 면적은 1981년에는 13.42km²(2.85%)이며, 1993년에는 31.49km²(6.68%), 2000년에는 43.19km²(9.16%)로 증가하는 경향을 보였으며, 특히 1981년에서 1993년 사이 13.465% 넘는 변화율을 보였다. 또한 년도별 비도시지역의 면적은 1981년에는 458.04km²(97.15%), 1993년에는 439.96km²(93.32%), 2000년에는 428.27(90.84%)로 감소하는 경향을 보였다.

토지이용의 세부 항목에 대한 현황을 살펴보면, 도시지역에서는 일반주거지, 상업지역, 공업지역, 공공시설물 등은 증가하는 경향을 고층주거지, 교통지역은 증가하다 다소 감소하는 경향을 보였으며, 1981년에서 1990년 사이가 1990년에서 2000년 사이보다 많은 변화율을 보이고 있다. 특히, 1980년에서 1990년 사이에는 적게는 53.41%, 많게는 900%의 전년도에 대한 면적 변화율을 보이고 있다. 면적 변화량에 있어서는 공공시설물(4.65km²), 공업지역(4.34km²), 일반

주거지(3.99㎢), 교통지역(2.87㎢), 상업지역(1.31㎢), 고층주거지(0.90㎢)순으로 나타났으며, 전년도에 대한 변화율을 보면 고층주거지역이 900.00%로 가장 큰 값을 나타냈으며 상업지역(385.29%), 공공시설지역(271.93%), 공업지역(263.03%), 교통지역(132.87%), 일반주거지(53.41%)의 순으로 나타났다.

또한 비도시지역에서는 산지와 수계는 감소하다 다소 증가하는 추세를 농지는 꾸준히 감소하는 추세를 보이고 있다. 산지지역의 증가는 산지 항목에 속해 있는 골프장과 나대지 및 인공녹지의 증가로 인한 것으로 판단된다.

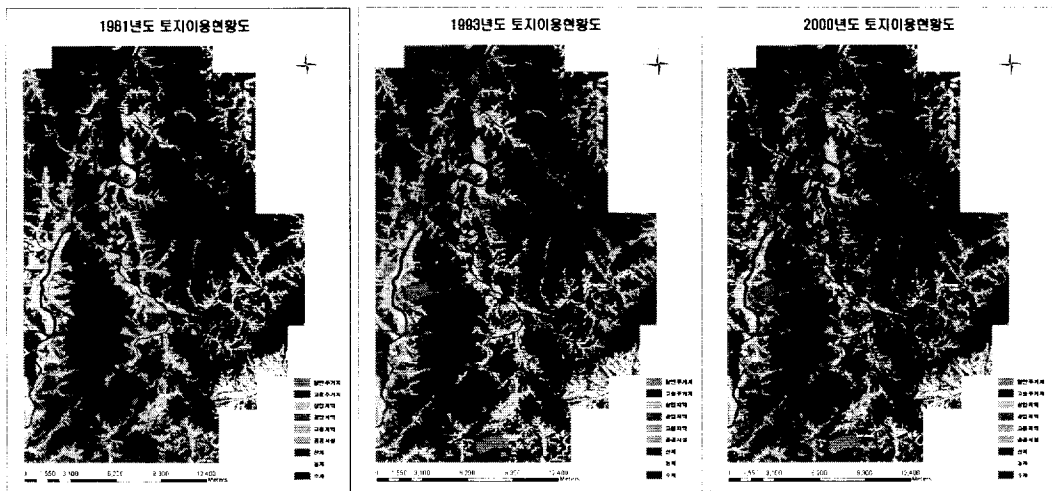


Fig 4.4 Landuse map of reclassification landuse types in the past 20 years

Table 4.6 Area of reclassification landuse types in the past 20 years

(unit : km², %)

토지이용 항목별	1980년대	변화량*	변화율**	1990년대	변화량	변화율	2000년대	변화량	변화율
도시 지역	일반주거지	7.47 (1.58)	3.99	(53.41)	11.46 (2.43)	5.25 (45.81)	16.71 (3.54)	9.24 (123.69)	
	고층주거지	0.10 (0.02)	0.9	(900.00)	1.00 (0.21)	-0.26 (-26.00)	0.74 (0.16)	0.64 (640.00)	
	상업지역	0.34 (0.07)	1.31	(385.29)	1.65 (0.35)	2.41 (146.06)	4.06 (0.86)	3.72 (1,094.12)	
	공업지역	1.65 (0.35)	4.34	(263.03)	5.99 (1.27)	3.88 (64.77)	9.87 (2.09)	8.22 (498.18)	
	교통지역	2.16 (0.46)	2.87	(132.87)	5.03 (1.07)	-0.07 (- 1.39)	4.96 (1.05)	2.8 (129.63)	
	공공시설물	1.71 (0.36)	4.65	(271.93)	6.36 (1.35)	0.47 (7.39)	6.83 (1.45)	5.13 (299.42)	
비도시 지역	소계	13.42 (2.85)	18.07	(134.65)	31.49 (6.68)	11.69 (37.15)	43.19 (9.16)	29.77 (221.83)	
	산지	337.67 (71.62)	-4.14	(- 1.23)	333.53 (70.74)	0.44 (0.13)	333.98 (70.84)	-3.7 (- 1.09)	
	농지	100.84 (21.39)	-13.51	(-13.40)	87.33 (18.52)	-12.19 (-13.95)	75.15 (15.94)	-25.69 (- 25.48)	
	수계	19.52 (4.14)	-0.42	(- 2.15)	19.10 (4.05)	0.05 (0.21)	19.14 (4.06)	-0.37 (- 1.95)	
	소계	458.04 (97.15)	-18.08	(- 3.95)	439.96 (93.32)	-11.69 (- 2.66)	428.27 (90.84)	-29.77 (- 6.50)	
총합계	471.46 (100.00)			471.46 (100.00)			471.46 (100.00)		

주 : (*) ; 전년도와 후년도의 면적 변화량, (**) ; 전년도 면적값에 대한 면적변화량의 백분율

4.2.2 도시화지역의 확산방향

연도별로 도시화지역이 어느 방향으로 확산되었는지를 분석하기 위하여 도시화지역의 평균중심을 이용하였다. 평균중심점의 의미는 공간구조를 형성하는 구성요소들의 무게중심으로서 이러한 평균중심의 이동(위치변화)은 분포의 변화방향을 제시해 줌으로써 공간구조가 어떻게, 어느 지역을 중심으로 변화하는가를 알 수 있다.

평균중심을 구하는 공식은 물질의 질량중심을 n 개 질점이 위치 (x_i, y_i) 에 있을 경우, 전체 질량 M 과 질량중심(X, Y)은 다음과 같이 계산된다(사공호상, 2004).

$$M = \sum m_i$$

$$X = \frac{\sum x_i m_i}{M} \quad Y = \frac{\sum y_i m_i}{M}$$

여기서 M : 전체질량

m_i : 도시지역의 질량

X : 평균중심의 X 좌표

Y : 평균중심의 Y 좌표

위 식에서 전체질량 M 은 도시화지역의 총 수를 뜻하므로 평균중심의 X 좌표는 도시화지역의 X 좌표의 합을 도시화지역의 총 수로 나눈 값이며, Y 좌표의 계산방법 또한 동일하다. 이를 이용하여 앞서 재분류한 도시화지역 즉, 일반주거지, 고층주거지, 상업지역, 공업지역, 교통지역, 공공시설지역에 대한 평균중심점의 이동방향을 살펴본 결과 Table 4.7과 같았다.

Table 4.7 The centroid coordinates of urbanization area

토지이용항목	1981년 TM좌표		1993년 TM좌표		2000년 TM좌표	
	X	Y	X	Y	X	Y
도시지역	226452	429626	226279	430332	226630	429376
일반주거지	228191	430418	228501	429303	229002	429543
고층주거지	222024	432406	223173	432740	223813	428952
상업지역	227013	429367	226223	432779	226325	431848
공업지역	226309	428163	226315	429017	226532	428468
교통지역	228554	426255	227348	427400	227908	426626
공공시설	226624	431148	226114	430751	226199	430818

Fig 4.5는 도시화지역의 세부항목에 대한 이동방향 및 이를 통한 도시지역 전체의 이동방향을 확대하여 도식화한 것이다. 이를 보면 상대적으로 고층주거지와 상업지역의 평균중심점이 연도별 이동거리가 컸으며, 공업지역과 공공시설지역은 연도별 이동거리가 크지 않았다. 연도별 도시화지역의 중심이 갖는 의미를 살펴보면 다음과 같다.

일반주거지는 광주시가 연도별 총 면적에 대해 69%를 넘게 차지하고 있어 광주시 내에서 이동변화를 보였다. 1981년도에는 초월면에 위치하던 것이 1993년도에는 광주군 실촌면과 도척면의 개발로 인하여 약간 남쪽으로 이동하였으며 2000년도에는 다시 서쪽으로 이동하였다.

고층주거지는 1981년도에는 90% 이상이 광주읍에 위치하고 있으며, 1993년도에 광주읍의 개발 확산과 서쪽에 위치한 신둔면의 개발로 서쪽으로 이동하였으며 2000년도에는 광주시 실촌면과 오폐면, 용인시 모현면과 포곡면에서의 개발이 다량 증가함에 따라 남쪽으로 이동하였다. 평균중심점의 이동거리가 큰 것으로 보아 상대적으로 개발규모가 컸음을 알 수 있다.

상업지역은 1981년도에 초월면에서 1993년도 퇴촌면과 광주읍, 중부면 등 북쪽에 위치한 지역의 개발로 북쪽으로 이동하였으며, 2000년도의 광주군 도

척면과 용인시 포곡면의 개발로 다시 남쪽으로 이동하였다.

공업지역은 평균중심점의 이동거리가 크지 않으며 1993년 초월면과 광주읍의 다량 개발로 북쪽으로 이동하였으며 2000년도에는 약간 남쪽으로 이동하였다.

교통지역은 1981년 도척면에 위치하던 것이 1993년 북서쪽에 위치한 광주시 광주읍, 중부면, 하남시 천현동의 개발로 북서쪽으로 이동하였으며 2000년도에 다시 남동쪽으로 이동하였다.

공공시설지역은 큰 이동변화를 보이고 있지 않으며 1993년 광주군 오폐면의 다량 개발로 남서쪽으로 이동하였다가 2000년에 다시 소량 북동쪽으로 이동하였다.

이상의 도시화지역의 세부항목에 대한 평균중심점 변화방향을 분석해 본 결과 1981년도 초월면에 위치하고 있던 것이 퇴촌면, 중부면, 광주읍의 상업지역 개발로 인한 다소 북쪽으로 이동하였으며, 1993년도에서 2001년 사이 이동방향을 틀어 남동쪽으로 이동한 것은 용인시의 포곡면과 모현면의 대단위 주거지 개발로 인해 남동쪽으로 이동하였다.

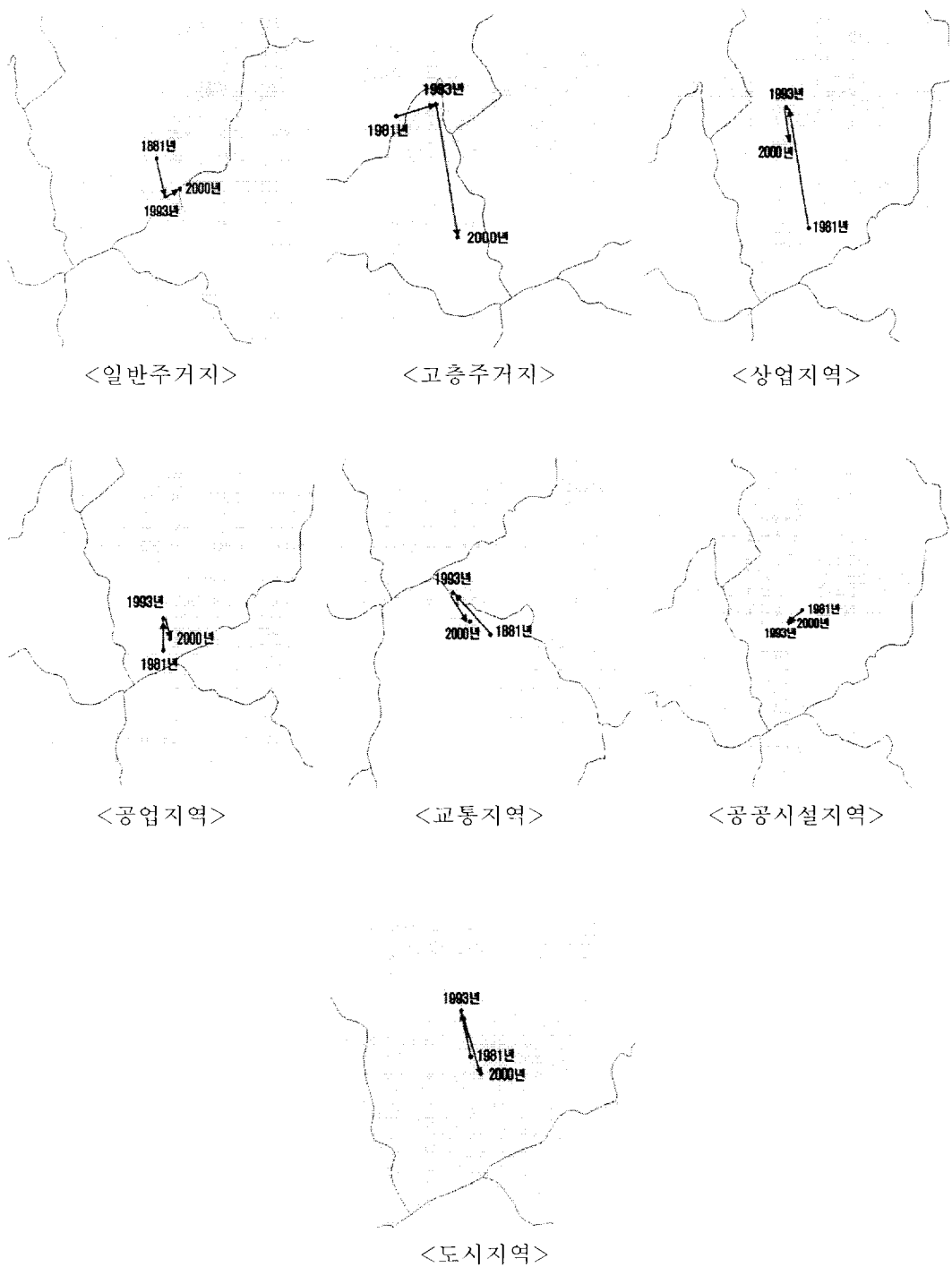


Fig 4.5 A distribution chart of urbanization area average centroid

4.2.3 도시확산에 대한 공간적 분포패턴

토지이용계획을 위한 세부적인 공간정보를 제공하기 위해 토지개발의 형태를 측정하고자 Compactness 값을 이용하였다. 토지개발의 Compactness 값은 각 개발된 지역에 대한 평균비교를 통해 평가되어지며, 이러한 비교는 데이터를 표준화하는데 유용하다. Compactness 값은 아래 식에 의해서 구해진다.

$$CI = \frac{\sum j^2 \sqrt{S_j / \pi} / p_j}{n^2} \quad (\text{식 3})$$

여기서, S_j : 개발된 지역의 면적

P_j : 개발된 지역의 둘레

n : 개발된 지역의 총 개수

각 변수에 대한 값들은 GIS내에서 계산이 가능하며, Compactness 값은 토지개발이 조밀한지 아닌지를 결정할 수 있으며 큰 값을 가질수록 보다 조밀한 개발패턴을 가진다고 할 수 있다(Xia, 2004).

조안면이 가장 큰 값을 실촌면이 가장 작은 값을 가졌으며 Fig 4.6은 구해진 Compactness 값을 5등급으로 나누어 도식화한 것이다. 광주군에 해당하는 광주읍, 초월면, 실촌면, 도척면 등은 낮은 Compactness 값을 가졌다. 이는 이 도시들이 가장 분산적인 개발패턴을 보이고 있음을 나타낸다. 반면 용인시의 포곡면과 양지면, 이천시의 마장면, 양평군의 강하면, 광주군의 남종면과 중부면은 큰 Compactness 값을 가짐으로써 상대적으로 집중적인 개발패턴을 보이고 있음을 나타낸다.

분산된 개발패턴은 밀도조절보다는 수익성 위주의 개발로 인해 무분별한 외연적 확산이 일어남을 의미하기도 한다. 이와 같이 보다 조밀한 개발형태를 가지는 도시들에 대해 양적인 확인이 가능하기 때문에 Compactness 값은 토지개발계획시 유용하게 이용되어 질 수 있다.

제 5장 결론

본 연구에서는 고해상도 항공사진을 이용하여 경안천 유역에 대한 도시화에 따른 토지이용 항목의 변화추이를 분석하고 그 특성을 추출하고자 하였다. 이를 위해 각 년대별 정사항공사진을 제작하고 10년주기 토지이용현황도를 작성하였다. 이를 바탕으로 토지이용 항목에 대한 경년별, 하천양안별 현황을 살펴보고, 변화추이 분석을 통해 토지이용항목간 전환율을 분석하였다. 또한 도시화에 따른 토지이용 특성을 추출하기 위해 평균중심점과 Compactness를 이용함으로써 도시화의 확산방향 및 분포 특성을 분석하였다. 그 결과를 살펴보면 아래와 같다.

첫째, 본 연구 대상지에 대한 지난 20년간의 토지이용현황을 살펴본 결과, 농지는 27.22km²이 감소하여 대분류 항목 중 가장 큰 면적변화율을 보이고 있으며, 임지지역 또한 10.87km²이 감소하였다. 이에 반면, 도시 및 주거지지역은 38.46km²이 증가하여 250.19%의 상당히 큰 면적변화율을 보였다.

둘째, 하천양안 지역에 대한 토지이용 현황을 살펴본 결과 전반적으로 0~500m, 500~1000m 두 구간에서 농지와 임지가 감소하는 경향을 보이는 반면, 도시 및 주거지는 증가하는 경향을 보이고 있다.

셋째, 지난 20년간의 토지이용 항목에 대한 변화추이를 살펴본 결과, 변화정도를 가지는 48.36km²에 대해서 53.37%가 농지에서 도시 및 주거지로 변화하였으며, 임지에서 도시 및 주거지로 변화한 지역이 35.44%를 차지하고 있어 주로 농지 및 산림소실을 통한 도시화가 진행되었음을 알 수 있었다.

넷째, 도시지역 비도시지역으로 나누어 토지이용 현황을 살펴본 결과, 도시 지역에서는 일반주거지, 상업지역, 공업지역, 공공시설물 등은 증가하는 경향을 고층주거지, 교통지역은 증가하다 다소 감소하는 경향을 보였으며, 1981년에서 1990년 사이가 1990년에서 2000년 사이보다 많은 변화율을 보이고 있다.

다섯째, 도시화지역의 평균중심점 변화방향을 분석해 본 결과, 1981년도 초 월면에 위치하고 있던 것이 퇴촌면, 중부면, 광주읍의 상업지역 개발로 인한 다소 북쪽으로 이동하였으며, 1993년도에서 2001년 사이 용인시 포곡면과 모현면의 대단위 주거지 개발로 인해 남동쪽으로 이동하였다.

여섯째, 도시확산에 대한 공간적 분포패턴을 살펴본 결과, 광주군에 해당하는 광주읍, 초월면, 실촌면, 도척면 등은 분산적인 개발패턴을 보이고 있으며, 반면 용인시의 포곡면과 양지면, 이천시의 마장면, 양평군의 강하면, 광주군의 남종면과 중부면은 상대적으로 집중적인 개발패턴을 보이고 있었다.

본 연구에서는 항공사진을 이용하여 경안천 유역에 대한 토지이용 변화를 살펴봄으로써 보다 정량·정성적인 자료를 획득함에 따라 도시개발 계획에 대한 의사결정에 있어 효율적으로 사용할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 하천 유역의 장기 토지이용에 대한 정밀한 자료를 구축함에 따라 HydroGIS에 있어 유역관리를 위한 기초자료로 활용이 용이할 것으로 판단된다.

참고문헌

- 강영옥, 박수홍, 2000, 서울대도시지역 도시성장 예측에 관한 연구, 대한지리학회지, vol.35, no.4.
- 권봉겸, 山田 淳, 仁連孝昭, 조명희, 2003, Landsat-TM의 밴드비 연산데이터를 이용한 토지피복분류에 관한 연구, 한국지리정보학회지 6권 2호, 80~91.
- 김대식, 2003, 정밀수치정보를 이용한 도시중심에서 거리별 농지손실 및 도시화과정의 토지전용 특성 분석, 농촌계획 Vol. 9, No 1., 65~75.
- 김영표, 김순희, 1994, 인공위성 영상자료를 이용한 수도권 토지이용 실태분석, 한국GIS학회지, Vol.2 No.2.
- 김영표, 임은선, 2004, GIS기반 공간분석방법론 적용연구, 국토연구원 2004-35.
- 김윤수, 이광재, 류지원, 김정환, 2003, 도시확장 분석을 위한 위성영상 토지이용 분류기준 설정에 관한 연구, 한국지리정보학회지 6권 3호 : 83~94.
- 김훈희, 이진희, 토지이용변화 확률모형 구축 및 적용에 관한 연구, 2001, 대한국토·도시계획학회지 국토계획 제 36권 4호.
- 박경훈, 오정학, 정성관, 금호강 유역관리를 위한 수변구역의 토지이용패턴분석, 2005, 한국지리정보학회지 8권 2호, 157~165.
- 사공호상, 2004, 원격탐사와 GIS를 이용한 수도권 도시화지역 확산특성에 관한 연구, 국토연구 제 40권, 53~69.
- 사공호상, 임정호, 2003, IKONOS 영상의 토지피복분류 방법에 관한 실증 연구, 한국지리정보학회지 6권 3호 : 107~116.
- 이성호, 윤정미, 서경천, 남광우, 박상철, 2004, 셀룰라 오토마타를 이용한 김해시의 도시성장모형에 관한 연구, 한국지리정보학회지 7권 3호 : 118~125.

- 양인태, 한성만, 박재국, 위성영상과 GIS TOOL을 이용한 인천연안의 토지피복 변화량 추적, 2002, 측량 및 지형공간정보공학, 제 22권 제5-D호 pp. 1019~1027.
- 윤소원, 이동근, 전성우, 정휘철, 1999, 인공위성자료를 이용한 우리나라 도시의 도시화추이에 관한 연구, 한국환경복원녹화기술학회지, 2(3) : 38~46.
- 이진덕, 연상호, 유재엽, 김성길, 1999, LANDSAT TM과 JERS-1 OPS 영상을 이용한 도시지역의 토지이용 변화 검출, 한국지리정보학회지 2권 1호, 73~83.
- 정재준, 2001, 수도권의 도시성장 분석 및 예측을 위한 셀룰라 오토마타 모델링, 서서울대학교 박사학위논문.
- 주용진, 박수홍, 2003, 시계열 위성영상을 이용한 토지이용 변화예측 확률모델의 구현, 지리학연구 제37권 4호, 373~385.
- 최현 강인준 광재하, 2002, 다중영상자료를 이용한 도시확장에 따른 경년변화 분석, 대한토목학회 논문집, Vol.22 No.1-D.
- Batty, M. and Xie, Y., 1994, From cells to cities, EPA, 23, 511~544.
- Clarke, Keith C. and Gaydos, Leonard J., 1998, Loose-coupling a cellular automaton model and GIS : long-term urban growth prediction for San Francisco and Washington/Baltimore, IJGIS, 21(7), 699~714.
- E.A. Silva, K.C.Clarke, 2002, Calibration of the SLEUTH urban growth model for Lisbon and Porto, Portugal, Computers, Environment and Urban Systems, 525~552
- Tobler, W.R., 1979, Cellular Geography, in Philosophy in geography(Gale and Olssen, eds), Reidel Publishing Company, Dordrecht, Holland, 379~386.
- White, R., Engelen, G. and ULjee, I., 1997, The use of constrained cellular automata for high-resolution modelling of urban land-use dynamics, EP B, 24, 434~343.

- Wu, F., 1998b, SimLand : a prototype to simulate land conversion through the integrated GIS and CA with AHP-derived transition rules, IJGIS, 12(1), 63~82.
- Xia Li, Anthony Gar-On Yeh, 2004, Analyzing spatial restructuring of land use patterns in a fast growing region using remote sensing and GIS, Landscape and Urban Planning, 69, 335~354.
- 국토지리정보원, 1999, '98 주제도 시범제작 사업, 21~42.
- 환경부 보도자료, 2003, 한강수질개선특별종합대책 추진 5개년 성과평가 결과.
- 환경부, 2000, 정사항공사진 기초.
- 환경부, 2002, 인공위성영상자료를 이용한 토지피복 지도 구축, 211~215.

감사의 글

학부졸업 후 직장생활을 하다 뒤늦게 시작한 대학원 생활이라 처음에는 두려움 반 걱정 반이었습니다. 어느새 2년이란 시간이 지나고 졸업을 앞둔 지금 되돌아보니 학업과 직장생활을 병행하느라 학업에 충실하지 못했던 것이 마냥 아쉽기만 합니다. 이렇듯 부족한 제가 졸업하기까지는 많은 분들의 도움이 있었기에 가능했던 것 같습니다. 그 고마운 마음을 글으로나마 남기고자 합니다.

많은 학문적 가르침을 주시고 올바른 길로 이끌어주신 최철웅 교수님, 늘 애정 어린 관심과 믿음으로 지켜봐주신 윤홍주 교수님, 부족한 논문을 날카로운 지적으로 심사해 주신 배상훈 교수님, 직장인으로서 많은 배려를 해주시고 논문에 관심을 가져주신 서용철 교수님, 한경수 교수님께 감사드립니다.

더불어 학문적 가르침을 제대로 쫓지 못하는 부족한 저에게 바쁘신 일정 속에서도 언제나 지도의 수고를 아끼지 않으시고 따뜻한 격려의 말로써 다독여 주신 경성대 남광우 교수님께도 고개 숙여 감사드립니다.

부산발전연구원 김영삼 원장님을 비롯하여 직장인이던 저를 학자의 길로 이끌어주신 송교욱 박사님, 때로는 학업으로 인해 연구원 업무에 소홀했음에도 많은 배려와 이해를 해주시고 조언을 아끼지 않으셨던 신성교 박사님 이하 환경연구부 연구원 모든 분들께 감사드립니다.

찾은 질문으로 귀찮게 했음에도 불평하지 않고 자세하게 가르쳐 주셨던 이창현 선배, 언제나 행정적 절차를 잊지 않고 챙겨주신 김호용 선배, 산업대학원 동기로서 즐거움도 고민도 늘 함께 해주었던 연주, 자주 찾아가지도 못하는 저를 언제나 한 식구로서 따뜻하게 대해 주었던 부경대 원격탐사센터 식구 모두에게 감사의 말을 전합니다.

마지막으로 저를 사랑으로 길러주시고 늘 옆에서 든든한 지원자로서 성원을 해 주신 존경하는 아버님과 어머님 그리고 바쁜 언니를 대신해서 가사 일에 수고해 준 동생에게 이 논문을 바칩니다.