

## 도시성장분석상 위성영상자료와 구역자료의 통합이용에 관한 연구\*

김재익<sup>1\*</sup> · 황국웅<sup>2</sup> · 정현욱<sup>1</sup> · 여창환<sup>1</sup>

### Urban Growth Analysis Through Satellite Image and Zonal Data

Jae-Ik Kim<sup>1\*</sup> · Kook-Woong Hwang<sup>2</sup> · Hyun-Wook  
Chung<sup>1</sup> · Chang-Hwan Yeo<sup>1</sup>

#### 요 약

위성영상은 도시의 물리적 확산 및 변화를 예측하는데 많이 활용되고 있다. 그러나 이 방법은 도시화된 지역이 어느 정도의 강도로 개발되었는지를 파악할 수 있는 밀도분석에는 적절치 못하다. 이는 위성영상이 미시적 공간단위로 토지이용 현황을 분석하는 반면 통계자료는 거시적 공간단위로 구축되어 있어 통계자료를 미시적인 공간단위에 적용하는데 어려웠기 때문이다. 본 연구는 위성영상자료와 통계청의 기초단위구라는 미시적 구역통계자료를 활용하여 도시성장분석상 이들 자료를 통합하여 활용하는 것이 유용함을 입증하고자 하였다. 연구대상지역은 대구광역시로 하였으며, 분석자료로 1985년과 2000년의 위성영상 Landsat TM-5 와 구역통계자료로 기초단위구를 이용하였다. 분석결과 위성영상자료는 도시의 확산 그리고 기초단위구는 밀도 분석이 용이하여 도시 성장에 따른 확산과 밀도변화를 동시에 파악할 수 있었다.

**주요어:** 도시성장분석, 위성영상, 구역자료, 토지피복, 지리정보

#### ABSTRACT

Nowadays, a satellite image is widely utilized in identifying and predicting urban spatial growth. It provides essential informations on horizontal expansion of urbanized areas. However, its usefulness becomes very limited in analyzing density of urban development. On the contrary, zonal data, typically census data, provides various density information such as population, number of houses, floor information within a given zone. The problem of the zonal data in analyzing urban growth is that the

2004년 6월 25일 접수 Recieved on June 25, 2004 / 2004년 8월 13일 심사완료 Accepted on August 13, 2004

\* 본 연구는 2003년 한국과학재단의 특경기초연구사업의 연구비지원에 의한 결과의 일부임(과제번호: R01-2003-000-10583).

<sup>1</sup> 계명대학교 도시공학과 Department of Urban Planning, Keimyung University

<sup>2</sup> 대구가톨릭대학교 조경학과 Faculty of Information and Environment Science, Catholic University of Daegu

\* 연락처자 E-mail: kji@kmu.ac.kr

size of the zone is too big. The minimum administration unit, Dong, is too big to match the satellite images. This study tries to derive synergy effects by matching the merits of the two information sources-- image data and zonal data. For this purpose, basic statistical unit(census block size) is utilized as a zonal unit. By comparing the image and zonal data of 1985 and 2000 of Daegu metropolitan area, this study concludes that urban growth pattern is better explained when the two types of data are properly used.

**KEYWORDS:** *Urban Growth Analysis. Satellite Image. Zonal Data. Land Cover. GIS*

## 서론

도시의 성장은 이론적·실증적으로 다양한 방법으로 설명·예측되고 있다. 그 중에서 도시의 공간적 성장과 이를 예측하는데 가장 많이 활용되고 있는 방법이 위성영상을 이용한 원격탐사이다(이진덕 등, 1999; 정재준, 2002; 사공호상, 2004; Cihlar 2000; Li, 2000; Pijanowski 2002; Herold 등 2004). 원격탐사는 토지피복분석을 통하여 광범위한 도시공간의 토지이용현황을 파악하고, 그 변화를 기초로 예측할 수 있는 장점이 있다. 그렇지만 이 방법은 기존의 도시화 지역은 물론 새로이 도시화된 지역이 어느 정도의 강도로 개발되었는지를 파악할 수 없는 단점이 있다. 즉 위성영상의 분석만으로는 도시공간의 평면적 확산은 관측되지만 개발의 밀도는 파악할 수 없다. 최근에는 이를 극복하고자 원격탐사방법을 GIS와 결합하여 상호간의 장점을 살려 보다 큰 시너지 효과를 얻고자 시도하고 있다.

이 과정에서 문제가 되는 것은 GIS의 지리정보가 대부분 행정구역 중심의 통계자료인 관계로 도시성장예측에 필요한 보다 미세적 공간단위로 분석하기 어렵다는 데 있다. 즉 위성영상은 미세적 공간단위로 토지이용 현황을 분석하는 반면 통계자료는 이 보다 큰 공간단위인 행정동 및 자치구별로 구축되어 있어 통계자료를 위성영상자료에 적용하는데는 어려웠다. 따라서 대부분의 도시성장파 관련 연구가 원격

탐사의 토지피복분석자료와 동별 지리정보를 이용하여 토지피복현황분석 및 이의 시계열 분석을 통한 도시성장의 면적변화 및 방향예측이 주를 이루고 있다(사공호상, 2004; 윤정미, 2002; 정재준, 2002; Cihlar 2000; Silva 등, 2002). 이러한 연구들의 보다 심각한 단점은 도시성장을 예측함에 있어 중요한 변수인 지역적 특성을 반영하지 못한다는 점이다. 보다 미세한 공간단위의 통계자료가 없으면 도시성장의 밀도 및 흐름의 파악이 어렵기 때문이다. 이러한 이유로 원격탐사의 토지피복분석 또한 실제 현황과 비교해서 어느 정도의 정확성을 가지고 있는지 검증되지 않았다. 미세적 분석에 가장 좋은 방법은 필지별 토지특성별 자료를 이용할 수 있겠으나 위성영상과의 중첩의 어려움, 통계자료 활용의 어려움 등 여러 가지 문제점이 있어 그 활용성은 낮다. 이러한 문제를 극복하기 위해서는 기존의 행정동 단위 보다 세밀한 동시에 필지단위 보다 넓은 공간단위의 통계자료가 필요하다.

다행하게도 통계청은 최근 기초단위구라는 새로운 통계단위를 이용하여 2000년도 인구주택총조사 자료를 GIS화 하였고 이를 발표하였다. 통계청의 기초단위구는 지도상의 준항구적인 명확한 지형지물을 이용하여 구획한 최소단위의 구역을 의미하며, 공간적인 범위는 필지단위와 행정구역단위의 중간단위로 구성되어 있다. 또한 통계청은 2000년 인구주택총조사시 이러한 기초단위구를 이용하여 조사구 설정 및 본 조사에 활용하였기 때문에 인구수, 주택수(주택유형), 가구수 및 토지이용에 대한 통계정보가 구비되어 있는 상황이다(통계청, 2003). 따라서

미시적인 공간변화를 파악할 수 있는 장점이 있는 기초단위구 자료를 위성영상피복자료와 함께 활용할 경우 도시성장의 예측 등에 매우 유용할 것이다.

본 연구는 이러한 점을 중시하여 원격탐사의 토지피복자료와 통계청의 기초단위구 통계자료를 비교·분석하여 도시성장분석에 적용함으로써 다음과 같은 효과를 거두고자 한다. 첫째, 새로운 분석방법으로 사용되어 온 위성영상 토지피복분석의 정확성을 검증한다. 둘째, 위성영상의 토지피복자료와 기초단위구 통계자료를 활용하여 시가지의 평면적 확장과 이에 따른 밀도의 차이를 동시에 파악하여 두 자료를 통합하여 사용하는 것이 도시공간변화의 분석에 더욱 유용함을 입증하고자 한다.

## 연구대상지역 및 자료

### 1. 연구대상지역

본 연구의 연구범위는 공간적으로는 달성군을 포함한 대구광역시 전체를 연구대상으로 하였다. 그리고 시간적으로는 1985년과 2000년 대구시 행정구역을 기준으로 하였다. 1985년 당시 달성군은 경북지역에 포함되었지만 2000년 현재 대구시의 행정구역을 기준으로 달성군을 포함시켜 연구대상지역을 통일하였다. 따라서 2000년 현재 대구광역시의 행정구역은 138개의 행정동, 7개의 자치구로 구성되어 있다. 2000년 현재 대구시의 인구를 살펴보면 달서구가 586,183명으로 가장 많고, 중구가 86,282명으로 가장 적다. 본 연구의 시각적 표현은 대구시 전체 혹은 동별로 나타내고, 주된 분석단위는 자치구별로 이루어진다.

### 2. 자료

본 연구는 도시성장 및 변화를 파악하는데 있어 위성영상의 토지피복분석자료와 구역통계

자료의 실효성을 비교·분석하고자 한다. 토지피복분석을 위해 Landsat TM 영상을 이용하였고 구역통계자료로는 통계청의 기초단위구자료를 이용하였다. 선행 연구에서 Landsat TM 위성영상은 다중분광밴드와 30m 공간해상도를 갖고 있어 토지피복분류와 식생분류 등의 정보를 추출하는데 가장 적합한 것으로 알려져 있으며 본 연구처럼 도시성장의 비교분석에서 많이 활용되고 있다(사공호상, 2004). 본 연구의 영상자료는 Landsat TM 5호의 1985년 10월 23일 2000년 10월 16일 영상을 이용하였으며, 분석의 일관성을 위해 비슷한 계절의 영상을 이용하였다. 위성영상 데이터는 방사외곡과 위성의 자세외곡만을 bulk 보정한 상태이므로 실제지도좌표와 같은 좌표체계를 가지고 있지 못하다. 따라서 영상을 실제 지도좌표체계와 같은 좌표로 보정하는 기하보정(geometric correction) 단계가 필요하다. 위성영상의 기하보정 및 분류를 위하여 Erdas Imagine 8.6을 사용하였고, 데이터 구축 및 모델링을 위해 AutoCAD2002, ArcGIS 8.1, ArcView GIS 3.3을 이용하였다.

그리고 이와 같은 위성영상의 피복분석자료를 검증하는 차원에서 통계청의 기초단위구 구역통계자료를 이용하였다. 도시성장의 변화 및 예측을 파악하는데 있어 선행 연구에서 위성영상을 이용하는 것은 위성영상이 광범위한 도시공간의 토지이용현황을 한번에 파악할 수 있는 장점이 있기 때문이다. 그러나 만약 구역통계자료가 행정동별 통계자료 보다 좀 더 미세한 공간단위로 제공되고 여기에 토지이용자료가 부가된다면 굳이 도시성장의 변화 및 예측 분석에 있어 위성영상만을 이용할 필요성은 적다고 할 수 있다. 현재 통계청은 기초단위구라는 새로운 통계단위를 이용하여 자료를 GIS화 하였다. 기초단위구의 공간적인 범위는 필지단위와 행정구역단위의 중간단위로 구성되어 있다. 기초단위구의 속성정보에는 인구, 주택, 가구 및 토지이용에 대한 통계정보가 구비되어 있다.

그림 1은 기초단위구별 토지이용현황을 표시

FIGURE 1. Land use by basic statistical unit

한 것이다. 먼저 굵은 선은 행정동경계를 나타내고, 가는 선은 기초단위구경계를 나타내는 것으로 하나의 행정동이 여러 개의 세분화된 기초단위구로 구성되어 있다. 그림 1의 (a)는 토지이용의 대분류로 주거지역, 준주거지역, 비주거

지역, 농어촌산간지역으로 구분한 것이고, (b)는 대분류를 다시 세분화한 것으로 여기서는 주거지역을 다시 단독주택, 아파트지역, 공동주택(연립주택, 다가구주택), 주택혼합지역으로 표현한 것이다.

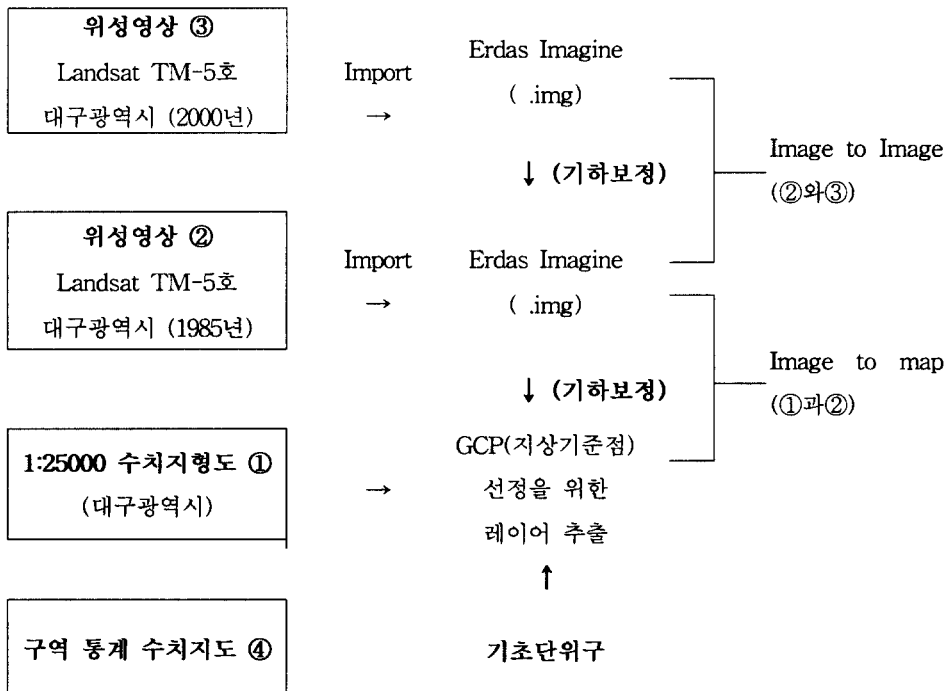


FIGURE 2. Geometric correction of image data and zonal data

## 분석방법

위성영상의 피복분석자료와 구역통계자료의 통합이용을 비교분석하기 위한 본 연구의 분석 방법은 다음과 같다. 첫째, 위성영상의 토지피복 분석을 통한 시가지의 평면적 확산 파악 둘째 위성영상의 시가지 면적변화와 통계자료를 이용한 밀도변화와의 차이 비교 셋째, 기초단위구 통계자료를 이용하여 시가지의 평면적 확산이 발생한 지역에 대한 특성파악 등으로 이루어진다. 토지피복분석과 밀도분석의 구체적인 설명은 다음과 같다.

### 1. 위성영상 토지피복분석

#### 1) 기하보정

영상의 기하보정은 다음의 과정을 통해 이루어졌다.

영상의 기하보정은 먼저 1985년과 2000년의 Landsat 영상을 Erdas Imagine의 Import 기능을 이용하여 data type을 imagine에서 사용할 수 있도록 하였다. 이 과정에서 영상자료는 별다른 기술적 처리를 하지 않고도 기본적으로 UTM 좌표체계를 형성할 수 있었다. 일반적으로 기하보정에는 영상자료를 이용한 Image to Image와 수치지도를 이용한 보정인 Image to Map보정이 있으며, 본 연구에서는 먼저 2000년 영상을 참조자료인 1:25000 수치지형도의 지상 기준점(Ground Control Point: GCP)를 이용하여 Image to Map으로 보정하고 둘째, 1985년의

영상은 기하보정된 2000년 영상을 가지고 Image to Image 방법으로 기하보정 하였다. 셋째, 위성영상의 토지피복자료와 구역통계별 토지이용자료를 비교하기 위해서는 기초단위구 수치지도 역시 1:25000의 수치지형도와 일치시켜 최종적으로 위성영상 피복자료와 기초단위구 수치지도를 일치하도록 하였다 (그림 2 참조).

#### 2) 토지피복분류

본 연구의 토지피복 분류항목은 환경부(1999)의 토지피복분류체계를 참고하여 시가지(Urban land), 산림(Forest), 초지(Grass), 농경지(Agriculture), 수계(Water), 나지(Barren Land)의 6가지로 설정하였다. 분류과정에서는 분류항목간의 분리도를 고려하여 보다 세분화하여 분류한 후 다시 최종분류항목으로 구분하였다. 시가지는 주거지, 산업(공장)·상업지역, 교통, 공공시설물을 포함하는 지역이며 대체로 주거지가 공장지역에 비해 약간 어둡게 나타나는 경향을 보였다. 취락을 목적으로 인위적으로 개발된 용지와 시설물이 모두 여기에 해당되도록 하였다. 농경지는 논, 밭, 과수원 등 경작지를 말하며, 본 연구에서는 이들 지역을 모두 농경지로 묶어서 분류하였다. 산림은 활엽수, 침엽수, 혼효림 등 자연으로나 인공적으로 조성된 수림을 의미한다. 초지는 녹지, 골프장, 도심공원이 해당된다. 나지는 채광지역, 강기슭의 모래사장, 미개발지역이 포함되도록 하였다.

영상의 분류방법에 있어서는 감독분류와 무

TABLE 1. Classification item of land cover

분류항목	세부항목
Urban land	주거지, 산업지역(공장), 상업지역, 교통시설, 공공시설물 등
Forest	활엽수, 침엽수, 혼효림 등
Grass	녹지, 골프장, 도심공원
Agriculture	논, 밭, 과수원 등
Water	하천, 호수
Barren	채광지역, 강기슭의 모래사장, 미개발지역 (개발이 진행중인 지역)

감독분류의 혼합방법(hybrid method)를 이용하였다. 감독분류는 영상을 분석하는 사람이 영상에 존재하는 다양한 토지피복 종류를 수치로서 구분하여 모든 화소를 항목화하는 컴퓨터의 알고리즘을 감독하는 방법이다. 이는 훈련지역을 선정하고 조작·검토하는 방법으로 이루어진다. 반면 무감독분류는 수치연산을 통해 영상을 군집화 한 후 이 군집들이 어떤 분류항목에 해당하는지 지정해주는 방법이다.

전체적으로 감독분류를 먼저 실시하고 감독분류에서 분류되지 않은 부분은 다시 무감독분류 하여 두 분류방법에서 나타난 결과를 병합하였다. 감독분류의 경우 먼저 수계지역을 따로 분류하여 마스킹 처리하고, 나머지 지역에 대해서는 분류항목별로 특정 클래스를 대표할 수 있다고 판단되는 훈련지역(training sample)을 설정하여 분류하고 분류된 이미지를 평가하였다. 그리고 최종적으로 모든 화소에 대해 분류항목을 지정하였다.

## 2. 통계 자료를 통한 시가지의 밀도분석

위성영상의 피복분석은 시가지 평면적 확산을 동별, 구별로 확인할 수 있다. 그러나 위성영상은 시가지의 수직적 증가 즉 밀도분석은 불가능하다. 즉 시가지의 평면적 확산이 거의 없는

도심지역이라도 밀도변화는 발생할 수 있으며 지역별로 시가지 확장에 따른 밀도는 다를 수 있다. 결국 도시성장 및 예측은 단순한 평면적 확산 변화만을 가지고 설명하기는 무리가 있으며, 도시밀도와 같은 질적인 측면이 반영되어야 함을 의미한다. 따라서 본 연구에서는 이러한 밀도변화를 구별(도심지역 혹은 교외지역)로 나누어 그 차이를 살펴보고자 한다. 각 시점의 밀도는 다음과 같이 계산된다.

$$density_i^t = \frac{HQ_i^t}{UA_i^t}$$

$density_i^t$ :  $i$  지역의  $t$  연도의 밀도

$HQ_i^t$ :  $i$  지역의  $t$  연도의 주택수

$UA_i^t$ :  $i$  지역의  $t$  연도의 시가화면적

한편 밀도의 개념은 순밀도와 총밀도로 나누어 볼 수 있는데 총밀도는 행정구역 전체면적에 대한 주택수 혹은 인구수이며, 순밀도는 행정구역안에서 실제로 시가지가 형성된 지역에 대한 주택수 혹은 인구수를 의미한다. 기존의 통계자료는 대부분 행정구역별로 분류되어 시가화된 지역에 대한 순주택밀도를 구할 수 없었다. 본 연구에서는 시가화된 지역에 대한 구체적인 밀도파악을 위해 위성영상 의해 파악된 시가화면적과 기초단위구 자료를 통합하여 이 문제를 해소하였다.

FIGURE 3. Land cover classification by Landsat TM (left: 1985. 10, right: 2000. 10)

TABLE 2. Area change by land cover classification item (Unit: km<sup>2</sup>)

토지피복항목	1985년		2000년		변화	
	면적	비중	면적	비중	면적	증가율
농경지	190.94	21.7%	112.38	12.8%	-78.56	-41.14%
나 지	13.39	1.5%	55.87	6.3%	42.48	317.25%
산 립	532.67	60.5%	513.08	58.3%	-19.59	-3.68%
수 계	15.80	1.8%	12.93	1.5%	-2.87	-18.16%
시가지	99.85	11.3%	158.28	18.0%	58.43	58.52%
초 지	27.79	3.2%	27.58	3.1%	-0.11	-0.40%

## 대구광역시 토지피복변화 및 밀도변화

### 1. 위성영상의 토지피복분석 결과

그림 3과 표 2는 농경지, 나지, 산림, 초지, 시가지, 수계 등의 6가지 피복분류항목을 기준으로 1985년과 2000년 사이의 토지피복분석 및 변화를 나타낸 것이다. 전체적인 비중은 산림, 농경지, 시가지가 전체의 90%를 차지하고 있다. 토지피복의 변화는 표 2에 나타난 것처럼 1985년에 비해 농경지, 산림은 감소하는 반면 도시의 시가지는 증가하는 추세를 보이고 있다.

특히 나지의 경우 개발면적 증가율이 가장 높은 것으로 나타났는데 이는 개발이 진행중인 지역을 나지의 항목에 포함시킨 것으로 2000년 현재 시가지의 개발이 계속 발생하고 있다는 것을 의미한다. 비중도 1985년에 1.5%에서 2000년

에 6.3%로 증가하였다.

표 3은 토지피복분류항목중 시가화면적의 변화를 구별로 나타낸 것이다. 그림 3과 표 3에서 알 수 있듯이 대구시의 시가화 면적이 달서구, 달성군, 북구, 수성구 등 대구시 교외지역으로 많이 확장되었음을 알 수 있다. 특히 달서구와 달성군의 시가지는 1985년에 비해 각각 14.3km<sup>2</sup>와 13.3km<sup>2</sup>가 확장되어 가장 많이 증가한 것으로 나타났다. 시가화면적의 증가는 개발이 활발했음을 반영하는 동시에 비도시 토지이용의 감소로 해석될 수 있다.

### 2. 기초단위구 자료 분석결과

위성영상의 토지피복분석은 광범위한 지역에 대한 토지이용의 지리적 분포 및 변화를 쉽게

Table 3. Urban area change by administration(Gu) (Unit: km<sup>2</sup>)

행정구	시가화 면적		변화	
	1985년	2000년	면적	증가율
남 구	8.16	9.29	1.13	13.87%
달서구	14.57	28.83	14.27	97.92%
서 구	12.34	13.97	1.63	13.20%
달성군	13.58	26.88	13.30	97.95%
동 구	16.99	24.37	7.37	43.39%
북 구	16.16	26.01	9.85	60.95%
수성구	11.77	22.31	10.54	89.54%
중 구	6.3	6.63	0.35	5.50%
합 계	99.85	158.28	58.43	58.52%

파악할 수 있는 장점이 있다. 따라서 이와 같은 시가지의 물리적 변화 및 예측은 앞으로의 도시 정책방향을 결정할 수 있다는 측면에서 중요하다. 하지만 장래의 도시공간은 무한정 커질 수 없기 때문에 도시가 얼마나 압축적으로 이용되고 있는가 하는 밀도개념도 매우 중요하다. 위성영상은 토지이용의 현황 및 변화 분석은 가능하지만, 어느 지역이 얼마나 압축적으로 이용되고 있는가 하는 밀도분석은 용이하지 못하다. 따라서 다음은 구역별 센서스자료를 이용한 밀도변화를 분석하였으며, 이를 시가지의 면적 변화와 비교하여 살펴보았다.

표 4는 지난 15년간 대구시의 시가지 면적 변화와 시가지 면적과 주택수를 고려한 밀도변화를 비교한 것이다. 시가지의 면적은 모든 자치구에서 증가를 보였으나 시가지의 압축정도를 나타내는 밀도의 변화는 구별로 상당히 다른 결과를 보이고 있다. 중구를 비롯한 남구, 서구의 도시내부지역의 시가지밀도는 감소한 반면, 도시외곽지역의 밀도는 일관성 있게 증가하였다.

특히 달서구와 달성군을 살펴보면, 시가지 면적은 비슷하게 증가하였으나 밀도증가폭은 달서구가 달성군에 비해 두 배가 높아 토지이용의 집약도가 상당히 다르다는 것을 알 수 있다. 즉 이러한 결과는 지역의 조건이나 성장의 형태 및 패턴이 다르다는 것을 암시한다. 따라서 도시

성장분석에는 위성영상을 이용한 토지이용자료와 더불어 센서스 자료와 같은 통계자료를 이용해 개발밀도를 동시에 고려할 필요가 있다. 그러나 현재 통계자료의 발표단위가 행정동 혹은 구별로 이루어져 있어 구체적인 개발밀도 파악이 어려운 실정이다. 따라서 다음절에서는 앞서 설명한 것처럼 통계청의 새로운 통계단위인 기초단위구와 위성영상자료를 비교하여 도시성장 분석 상 그 실효성을 비교하고자 한다.

### 3. 토지피복분석과 구역통계자료(기초단위구)와의 비교

본 절에서는 위성영상의 토지피복분석자료와 기초단위구의 토지이용분류를 비교하여 위성영상의 피복분석 정확성을 검증한다. 또한 미시적 공간단위별로 속성정보가 구축된 기초단위구를 위성영상과 중첩하여 도시공간의 물리적 확산에 따른 지역별 개발특성을 살펴본다.

먼저 위성영상의 토지피복분석자료와 기초단위구의 토지이용자료를 이용해 자료의 특성을 파악하면 다음과 같다. 그림 5는 기초단위구의 토지이용분류에서 시가지지역과 농경지 및 산림 지역을 표현한 것으로 그림 4의 2000년 위성영상 토지피복분류의 시가지지역과 거의 일치하는 형태를 나타내고 있다. 그리고 표 5는 위성영상

TABLE 4. Urban area and density change by administration(Gu)

(Unit: km<sup>2</sup>)

	시가화 면적			시가지밀도(주택)		
	1985년	2000년	증가율	1985년	2000년	증가율
남 구	8.16	9.29	13.87%	4450.70	4008.76	-9.93%
달서구	14.57	28.83	97.92%	3052.79	4491.07	47.12%
서 구	12.34	13.97	13.20%	3679.56	3368.72	-8.45%
달성군	13.58	26.88	97.95%	1166.50	1406.11	20.54%
동 구	16.99	24.37	43.39%	2400.84	2950.42	22.89%
북 구	16.16	26.01	60.95%	2370.84	3371.74	42.22%
수성구	11.77	22.31	89.54%	3250.62	4453.43	37.00%
중 구	6.3	6.63	5.50%	3856.12	3057.89	-20.70%
합 계	99.85	158.28	58.52%	2840.40	3353.40	18.06%

주) 주택수는 1985년과 2000년 주택총조사 자료를 사용하였음.



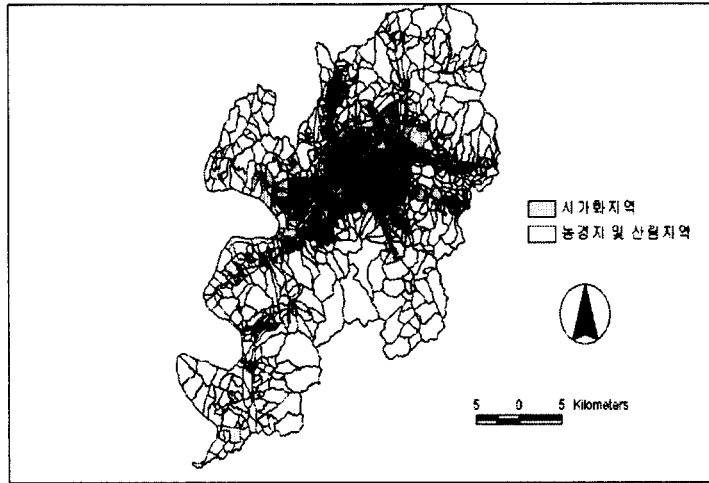


FIGURE 4. Land use by basic statistical unit

과 기초단위구의 시가화면적을 구별로 비교한 것이다.

중구, 남구, 서구 등 도시내부지역의 경우 위성영상의 시가화면적과 기초단위구의 시가화면적은 거의 비슷하다는 것을 알 수 있으며, 도시 외곽지인 달서구, 북구, 동구도 개발이 진행 중에 있는 나지를 포함할 경우 비슷한 면적을 보이고 있다. 따라서 위성영상의 토지피복 분석결과치가 통계수치와 비슷하여 어느 정도의 정확성을 검정할 수 있었다. 특히 공간단위의 표현에 있어 30m×30m로 표현되는 위성영상이 기초단위구보다 더 세밀하기 때문에 토지이용현황을

정확하게 분류할 수 있다는 측면에서는 기초단위구보다 그 유효성이 높다고 할 수 있다.

한편 위성영상은 시가화 지역의 용도를 세분화할 수 없는 단점이 있다. 즉 시가화지역 중 어느 지역이 주거지역 혹은 어느 지역이 상업지역으로 이용되는가 하는 시가화 지역의 용도를 분류할 수 없는 단점이 있다는 것이다. 밴드의 조합 혹은 다른 고해상도 영상과의 혼합(fusion)으로 어느 정도의 구분이 가능하겠지만 그것이 어느 정도의 정확성을 가지고 있는지 확인하기는 어렵다. 반면, 기초단위구는 구역별 다양한 속성정보(통계)를 포함하고 있으며 특히 시가화

TABLE 5. Comparison of urban area between image data and basic statistical unit (Unit: km<sup>2</sup>)

행정구	위성영상의		기초단위구의
	시가화 면적(나지)		시가화 면적
남 구	9.29	(0.4)	10.5
달서구	28.83	(7.7)	37.1
서 구	13.97	(0.6)	15.3
달성군	26.88	(31.3)	41.5
동 구	24.37	(8.3)	27.7
북 구	26.01	(4.9)	34.8
수성구	22.31	(2.4)	25.7
중 구	6.63	(0.1)	7.02
합 계	158.28	(55.8)	199.62

**FIGURE 5.** Urban area distribution by year (1985, 2000)

지역을 다시 주거지역(단독, 아파트, 공동주택 주택혼합지역), 준주거지역(주택, 상가, 공장의 복합지역), 비주거지역(상가, 공공시설, 공장, 문화시설) 등으로 세분화가 가능하여 주거지역별 주택유형 및 밀도계산이 가능하다. 따라서 다음은 1985년과 2000년의 위성영상의 토지피복항목 중 시가화 변화지역만을 대상으로 어떠한 개발특성을 가지고 있는 지 살펴보고자 한다.

그림 5는 1985년과 2000년의 토지피복항목 중 시가화지역만을 선택하여 주제도면을 만들고 이들 주제도면을 중첩시킨 결과이다.

그리고 표 6은 1985년과 2000년의 공통된 시가화지역을 제외하고 남은 시가화 증가지역을 기초단위구 도면과 중첩하여 지역별 주거개발면적, 주택수, 주택유형, 개발밀도를 표시하였다.

따라서 표 6의 결과는 시가화증가지역의 실제 존재하는 주택수 및 유형, 그리고 개발밀도를 나타낸 것으로 기초단위구의 주택수, 주택유형 등과 같은 속성정보를 합산하여 얻은 결과이다. 표 6은 구별단위의 분석결과이지만 동별 단위 그리고 그 이하의 분석단위가 결정되어지더라도 분석이 가능하다.

**TABLE 6.** Comparison of development characteristics of residential area by region (Unit: km<sup>2</sup>)

지난 15년 동안 대구 전체 주거지 개발은 53.49km<sup>2</sup>이며 동구를 제외하고는 비슷한 규모로 개발되었다. 주거지 개발 유형은 아파트가 대부분이며 특히 달서구는 주택개발의 90% 이상이 공동주택으로 건설되었음을 알 수 있다. 이에 따라 주거지의 개발밀도 또한 달서구가 가장 높고, 다음으로 수성구가 높은 편이다. 한편 달성군은 주거지의 개발면적은 상당히 높은 편이나 밀도가 낮아 다른 지역에 비해 상대적으로 저층 위주의 공동주택이 많이 건설되었음을 알 수 있다.

이상과 같이 위성영상은 시가지의 물리적 변화와 같은 토지피복변화의 측정에 있어 다른 통계자료 보다 정확한 결과를 얻을 수 있지만, 시가지 개발에 있어 주택유형 및 밀도의 계산에는 용이하지 못하다. 따라서 본 연구는 위성영상의 토지피복자료에 기초단위구의 속성자료를 결합하여 주택유형의 개발 및 주택밀도를 분석할 수 있었다.

## 결론

도시성장과 관련된 대부분의 선행연구는 위성영상의 토지피복자료와 GIS 공간통계자료를 이용하여 동별 혹은 구별의 거시적 공간단위로 도시성장의 변화 혹은 방향별 예측을 하고 있는 상황이다. 즉 30m의 공간해상도를 갖고 있는 Landsat TM 영상을 이용하더라도 미시적 공간통계자료의 부재로 토지피복변화분석은 행정동별 혹은 구별의 거시적 공간단위에서 면적 확장 정도만을 이용하는 실정이어서 보다 미시적 측면에서의 개발밀도 및 방향의 차이를 확인할 수 없다.

뿐만 아니라 이러한 거시적 공간정보를 이용한 도시성장예측은 보다 미시적인 공간정보를 가지고 도시성장을 예측한 경우보다 정확성은 떨어진다고 할 수 있다. 특히 앞으로의 도시성장이 면적(수평적)인 확산보다는 질적인 밀도(수직적)의 증가가 이루어진다는 것을 감안하면 미시적 공간단위에서의 개발밀도변수는 도시성

장변화 및 예측에 매우 중요한 변수가 될 수 있다. 또한 이러한 미시적 공간단위에서의 개발밀도의 차이는 각 지역의 조건이나 성장의 형태 및 패턴이 다르다는 것을 감안한 것이라고 볼 수 있다.

본 연구는 통계청의 기초단위구라는 구역통계자료와 위성영상자료를 비교·분석하였다. 분석결과는 위성영상은 기초단위구에 비해 토지피복분류가 다양하며 정보의 세밀화가 가능한 반면 기초단위구라는 구역통계자료는 구역별 토지이용 및 인구현황을 파악할 수 있어 도시성장분석에 있어 매우 중요한 밀도분석 및 변화를 파악할 수 있는 장점이 있었다. 따라서 위성영상자료는 도시의 “확산” 그리고 구역자료는 “밀도” 분석이 용이함으로 도시성장을 분석할 때 확산과 밀도를 동시에 고려하여야 한다. 그리고 밀도의 분석도 기존의 행정구역자료보다는 미시적 공간분석단위를 사용해야 지역별 차이를 파악할 수 있고 향후 도시성장예측에 좋은 결과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다. 그리고 위성영상자료와 기초단위구와 같은 미시적 통계자료를 시계열로 파악할 경우 도시성장의 기술적 계수가 도출될 수 있다. **KGIS**

## 참고문헌

- 사공호상. 2004. 원격탐사와 GIS를 이용한 수도권 도시화지역의 확산특성에 관한 연구. 국토연구. 40:53-59.
- 이진덕, 연상호, 유재엽, 김성길. 1999. LANDSAT TM과 JERS-1 OPS 영상으로부터 도시지역의 토지이용 정보 추출. 한국지리정보학회지. 2(1): 73-83.
- 윤정미. 2002. 퍼지-AHP와 셀룰라 오토마타를 이용한 도시성장에 관한 연구. 부산대학교 박사학위논문. 58-90쪽.
- 정재준, 이창무, 김용일. 2002. 도시성장 분석 및 예측을 위한 셀룰라 오토마타 모델개발. 대한국토학회. 37(1):27-34.

- 통계청, 2003 기초단위구 현지확인 지침서. 3쪽.
- 환경부 · 한국환경정책평가연구원. 1999. 인공위성 영상자료를 이용한 토지피복분류. 24-33쪽.
- Cihlar, J. 2000. Land cover mapping of large areas from satellites: status and research priorities. *International Journal of Remote Sensing*, 21(6&7):1093-1114.
- Engelen, G., Geertman, S., Smits, P., & Wessels, C. 1999. Dynamic GIS and strategic physical planning support: a practical application. In: Stillwell, J.C., Geertman, s., Openshaw, S. (Eds), *Geographical Information and Planning*, Springer, New York, pp. 87-111.
- Herold, M., Couclelis, H., & Clarke, K. C. 2004. The role of spatial metrics in the analysis and modeling of urban land use change. *Computers, Environment and Urban Systems*.
- Li, X., & Yeh, A. G. 2000. Modelling sustainable urban development by the integration of constrained cellular automata. *International Journal of Geographical Information Science*. 14(2):131-152.
- Pijanowski, B. C., Brown, D. G., Shellito, B. A., & Manik, G. A. 2002. Using neural networks and GIS to forecast land use changes: a Land Transformation Model. *Computers, Environment and Urban Systems*. 26:553-575.
- Silva, E. A., & Clarke, K. C. 2002. Calibration of the SLEUTH urban growth model for Lisbon and Porto, Portugal. *Computers, Environment and Urban Systems*. 26:525-552. **KAGIS**