

도시성장 예측 모델개발을 위한 시공간 데이터베이스 구축방안

주용진 · 신운호 · 박수홍

인하대 지리정보공학과 대학원 · 인하대 지리정보공학과 대학원 · 인하대 지리정보공학과 조교수

1. 서론

인간의 대표적인 정주공간인 도시는 급속히 성장하고 있으며 이에 따른 환경의 악화는 전 세계가 해결해야 할 문제점 중의 하나이다. 도시화가 환경에 미치는 영향의 분석과 지속 가능한 도시성장을 위해 도시가 어떻게 성장해 왔는가를 분석하고 향후 성장을 예측하며 이에 대한 적절한 대안을 모색하는 것은 도시관리를 위해 매우 중요한 문제이다. 수도권 지역은 서울을 중심으로 한 대도시 지역으로 지난 수십 년간 급격한 인구증가와 도시화 지역의 급속한 팽창을 경험하고 있는 지역이다. 수도권 지역에 대해 도시 성장의 시공간적 패턴과 특성을 분석하고 이를 바탕으로 도시성장 예측 모델을 개발, 보정, 적용하는데 있어 도시성장 관련 주제의 시공간 데이터베이스(Spatio-temporal database) 구축은 필수적이다.

본 연구에서는 수도권 지역(서울과 경기도 전역)의 도시성장 예측 모델을 개발하기 위해 지난 70 여년간을 시간적 범위로 하여 종이지도, 수치지형도와 인공위성 영상(MSS, TM) 등 활용 가능한 데이터를 사용하여 도시성장 관련 요인들(지형, 도로 및 교통망, 토지이용, 인구 및 사회경제적 요인, 도시화 지역 등)에 대한 대축척 GIS 데이터베이스 구축을 시도하였다.

2. 주요 연구내용 및 방법

1) 연구지역 선정

도시의 성장은 경제화와 인구증가로 인하여 주변지역으로 도시화가 확산되고, 대규모 도시들은 주변의 위성도시를 단일 지역권으로 하는 커다란 범위로 규정될 수 있다. 따라서 도시성장의 분석과 예측을 위한 연구대상지로는 단일 도시지역보다는 대도시의 영향력이 미치는 범위로 확대하여 서울시, 인천시, 경기도를 포함한 수도권으로 선정하였다. 서울 및 경기도 전역에 대한 도시성장을 예측하는 모델에 수행에 포함된 공간적 범위는 125.419 km × 125.419 km 에 해당하는 약 15,730km²의 면적이 된다.

2) 지형도를 이용한 시기별 토지피복 및 행정구역도 제작

지형도에서는 점·선·면 등의 기호를 통해서 지형·수부·건물·도로·철도·경계등과 같은 현실 세계의 지리적 사상들(geographic features)을 표시한다. 따라서, 대상지역에 대한 동일한 축척을 가지는 시기별 지형도를 통하여 비교해 보면 취락의 분포, 교통망의 상태, 하천 및 그 주변의 상태, 농업적 토지이용의 상태 등 동적으로 변화하는 인문경관에 대한 분석이 가능하다.

이를 위해 1:50,000 축척을 기본으로, 1930년대 조선총독부의 임시 토지조사사업을 통해 작성된 지형도, 1960년대 국립건설연구소에 의해 제작된 초판 지형도와 국립지리원의 1970, 1980, 1990년대 지형도 등 총 5시기의 지형도를 수집하였다. 현재의 도로와 1930년대의 도로는 서로 다른 분류 체계를 가진다. 이렇듯 다양한 시기의 지형도는 서로 다른 도식규정을 가지고 있으므로 일관성을 유지하도록 토지피

복 분류에 대한 기준을 정의하는 것이 중요하다. 도시성장을 묘사하기 위한 토지피복분류체계로 <표 1>과 같이 도시 및 주거지역, 농림지역, 수계, 교통망, 기타지역으로 분류하고, 각 시기별 면(面) 단위 행정구역도를 제작하였다.

대 분류	속 성	
도시주거지역	취락지역	
	시가화지역(상업·공업·주거지역 포함한 단지식 지역)	
	시설물(오락휴양시설, 경기장, 환경기초시설, 기타공공시설물)	
농림지역	논, 밭(과수원, 기타), 산림	
기타지역	미개발지 및 나대지	
수 계	바다, 강, 하천, 저수지, 호수, 습지, 염전, 늪	
교 통 망	도로(4차선, 1~2차선)	다리
	(다리와 터널을 연결)	터널
	고속도로, 인터체인지	
	철도, 지하철, 특수철도	

<표 1> 토지피복 분류 체계

① 도시 및 주거지역

일반적으로 도시화는 ① 인구와 관련해서는 도시인구 및 인구밀도의 증가, ② 사회·경제적으로는 산업 및 토지이용이 도시적 성격으로 변화, ③ 물리적으로는 도시지역의 확대를 의미한다. 이렇게 학자 또는 지역별로 도시의 정의가 서로 다르다. 따라서, 본 연구에서는 도시 및 주거지역에 대해 다음과 같은 분류기준을 설정하였다.

먼저, 도시지역의 범위로는 건물의 토지이용경계 형성의 단위를 100m × 100m 또는 면적단위로 100m²로 하여, 이 단위지역 당 주거밀도에 따라 3가구일 경우 단순히 주거기능과 주거환경을 조성하고 있는 취락지역으로 정의하였다. 그리고 12가구 이상의 독립건물 혹은 밀집·고층 건물 지대로서 표현된 적색의 면 구역을 시가화지역으로 정의하였다 이러한 기준으로 도시와 도로의 조밀도로서 주거지역의 윤곽선을 그려 시가지의 복잡한 지형의 구조와 면적을 나타내었다.

또한 시가화지역 내 도시공원, 골프장, 묘지, 놀이시설 등이 포함된다면 더 이상 도시화가 진행될 수 없는 도시토지이용으로 간주, 시가화지역에 포함하여 토지이용경계를 형성시켰다. 그러나 도로와 연결되지 않은 도서지역은 제외시켰다.

② 교통망

도시가 교통로 주변에 존재할 때 도로를 따라 성장한다는 도로-유발성장(road - influenced growth)을 나타내기 위해 도로망 데이터를 구축한다. 지형도에서 도로는 구분에 따라 단선이나 복선으로 표시되고, 포장·비포장, 도로 폭 및 차선수 등에 따라 다양하게 나타난다.

도로의 중요도가 낮다고 판단되는 소로, 우마차로(1900년대 간로)를 모든 시기에 공통적으로 제외하고, 60년대 이상의 도로에서는 가로와 관통도로를 제외시킨다. 1930년대는 달로(達路)와 1등·2등 도로를, 60년대 이후로는 고속도로, 일반국도와 지방도를 포함하고, 철도는 국유철도, 지하철, 특수철도를 포함하였다. 90년대 지형도의 고속도로와 지방도에 해당하는 도로를 추출하여 구축하고, 이 데이터를 근간으로 이전 시기의 없는 도로망을 삭제하거나, 노선 변경이 있는 자료를 수정하여 구축하였다.

③ 수계

도시성장이 불가능한 제외지역을 나타내기 위해 구축한 데이터이다. 수계에는 해안, 하천, 저수지, 호수, 습지, 염전을 포함한다. 또한 지형도에서 만조시 상황으로 표시된 해안의 경계선은 각 시기별 행정구역의 경계로 활용하였다.

④ 기타지역

도시화가 진행되지 않거나, 미개발된 지역은 토지경계형성이 되지 않은 지역이기 때문에 도시화 유보 지역인 기타지역으로 분류하였다.

⑤ 농림지역

지류계에 의해 구분되는 논, 뽕나무밭, 대밭, 과수원, 밭, 산림 분포를 농림지역으로 분류하였다.

⑥ 행정구역도

특별시, 광역시, 도, 시, 군, 읍, 면계로 구분하여 60년대 이후는 행정구역 색인도를 이용하고, 그 이전 시기는 지형도상 표기된 주기를 이용하여 시기별 행정구역을 면 단위로 제작하였다.

3) 위성영상을 이용한 시기별 토지피복도 제작

지구환경변화 연구에 가장 긴 역사를 가진 위성은 Landsat으로 1972년부터 현재까지 계속적으로 위성 자료는 제공되고 있어, 70년대 이후의 도시성장을 위한 토지피복의 보조자료로서 사용할 수 있다. 즉, Landsat 영상은 지형도만으로 제작된 토지피복도와 비교 분석과, 70년대 이후 왕징, 철원, 갈말, 개성 등 경기도 북부에 갱신이 안되어 미 제작된 지역에 활용할 수 있다. 대상 지역을 포함하는 Path 34, Row 116에 해당하는 Landsat 인공위성 영상을 이용하여 토지이용을 분류하였다. 사용한 영상의 취득시기는 84년 이전까지는 72, 79, 81년 MSS 영상이고, 이후로는 85, 88, 92, 96, 2000년 TM 영상을 사용하였다. 분류를 실시하기 전 영상의 지상기준점(GCP : Ground Control Point)은 환경부의 GCP 데이터를 사용하여 기하보정을 실시하였으며, 평균계급근 오차는 0.5 화소 이하가 되도록 하였다. 분류를 위해서는 기하보정된 영상이 원 영상의 화소값을 그대로 가지도록 하는 것이 바람직하므로, 최근린 내삽법(nearest neighbor interpolation)을 이용하여 영상을 재배열(resampling) 하였으며, 재배열시 화소 간 간격은 30m × 30m로 하였다. 기하보정이 완료된 영상에 대해서, 동일한 분류항목을 적용하여 도시, 수계, 농림, 기타지역으로하여 트레이닝영역을 선정하고 분류를 실시하였다. 영상분류는 Landsat TM 데이터의 경우 1, 4, 5번 밴드를 사용하였으며, MSS 데이터는 4개의 밴드를 모두 사용하였다. 영상분류방법은 감독분류(supervised classification) 방법 가운데 최대우도법(maximum likelihood classifier)을 사용하였는데, 이 방법은 화소가 각 분류항목에 속할 확률을 구하여 확률이 보다 높은 쪽으로 분류되도록 한다.

4) 경사자료

도시성장 가능여부 판단에 있어, 자연적인 조건 중에 가장 영향력을 미치는 것이 경사도이다. 일반적인 토목공사가 가능한 경사도의 한계는 15~20% 정도이며, 인구의 유동 및 건축 가능성을 감소시키는 경사도가 높은 지역은 도시로 성장할 가능성이 적다. 경사자료는 1:25000과 1:5000의 국립지리원 수치지형도의 등고데이터만을 추출하여 구축하였다. 등고데이터는 최소 10m × 10m 단위로 구축하였다.

5) 개발제한구역도 제작

개발제한구역은 도시의 무질서한 확산을 방지하고 도시주변의 자연환경을 보전하여, 도시민의 생활환경 확보를 목적으로 지정된다. 따라서 수계와 함께 제외지역(excluded area)으로서, 법적 규제에 의한 도시가 성장할 수 없는 지역을 나타낸다. 수도권 개발제한구역도는 1 : 100,000 축척의 수도권 개발제한구역도(1981, 1995)를 스캐닝한 후 벡터화하였다.

6) 사회 경제적 통계 데이터 구축 및 시각화 기법 개발

도시모형을 적용하기 위한 사회·경제적 데이터로서 구축된 시기별 행정구역 레이어에 각 시기별 인구 데이터를 작성하여 인구분포 변화과정을 모델링할 수 있다. 도시성장에 주요한 데이터 요소중에 하나인 인구 데이터는 통계청에서 제공되는 행정구역별 인구데이터를 중심으로 한다. 그리고 1920년대부터 광역단체의 인구와 1970년 이후 실시된 인구조사 데이터를 중심으로 지방자치단체 인구를 데이터화하여 도시성장에 대한 주요한 지표로 행정구역과 연계하여 활용한다. 구축된 GIS 데이터베이스를 이용하여 연구지역의 사회경제적 요인들과 토지이용 및 도시지역의 변천과정을 시각화하기 위해 래스터로 데이터 변환을 한 후 이미지화 하였다.

3. 결 론

본 연구는 도시 확산의 시공간적인 특성을 나타내는데 필수적인 GIS 데이터베이스를 구축하기 위한 방안을 제시하고 실제 적용하였다. 1930년대의 지도부터 현재의 지형도에 이르기까지 동일 대상지역(경기도 전역)에 대한 여러 시기의 서로 다른 축척의 지형도를 수집하고, 취락, 교통망, 하천 등의 발달과 분포형태에 대한 시기별 토지 이용의 변화를 나타내기 위해 geodatamodel(토지피복 분류스키마)를 설계하여 수집된 지형도로부터 수치데이터를 제작하는데 적용하여 geodatabase를 구축하였다.

geodatabase 구축은 지형도에서 얻어진 수치데이터 뿐 아니라 위성영상을 이용하여 토지피복도를 제작하고, 도시성장의 자연적인 제약과 법적규제로 인한 제외지역을 위해 경사자료와 개발제한구역도를 제작하였다. 또한 시기별 구축된 행정구역에 인구 통계 데이터와 연계하여 인구분포 변화과정을 모델링하였다. 구축된 데이터는 시기별 도시확산을 시각적으로 이해하고 분석할 수 있게 하였다. 이러한 자료는 도시의 발전 방향과 패턴을 인식하고, 도시를 관리하는데 기여할 수 있을 것이다.

참고문헌

강영욱, 박수홍, 2000, 서울대도시지역 도시성장 예측에 관한 연구, 대한지리학회지, 35(4), 621-639
Michael Zeiler, Modeling Our World , ESRI PRESS
http://edewww2.cr.usgs.gov/umap/pubs/asprs_wma.html