

원격탐사와 GIS를 이용한 수도권 도시화지역 확산특성에 관한 연구

Characteristics of Urban Sprawl in Seoul Metropolitan Region: An Integration of Remote Sensing and GIS Approach

사공호상 국토연구원 GIS연구센터 연구위원

※ 주요어 : GIS, 원격탐사, 수도권, 도시확산, 도시화지역

목 차

I. 서론

1. 연구배경 및 목적
2. 연구범위 및 방법

II. 선행연구

1. 원격탐사자료를 이용한 도시연구
2. 원격탐사와 GIS를 이용한 도시연구

III. 토지피복 분류

1. 위성영상전처리
2. 토지피복분류 항목
3. 토지피복분류 결과

IV. 수도권 도시화지역의 확산특성 분석

1. 도시화지역의 외연적 확산
2. 도시화지역의 확산방향
3. 도시화지역의 공간적 분포패턴

V. 결론

1. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

우리나라는 1960년대 이후 고도의 경제성장과 함께 도시화¹⁾가 급속히 진전되었다. 특히 형평성보다는 능률의 극대화를 강조하는 대도시 중심의 총량적 경제성장의 추진으로 도시화는 물론 대도시의 거대화를 촉진하였다. 수도권²⁾의 도시화는 1980년대에 접어들면서 자체의 성장 잠재력과 수도권정책, 신도시 건설, 교통발달, 사회경제적 구조변화 등이 상승작용을 일으켜 분산적 도시화(decentralization) 현상이 빠르게 전개되었다.

수도권의 집중정도를 인구센서스 기준으로 살펴보면, 1960년과 2000년 사이에 우리나라 인구는 2,100만 명 정도 늘어났으며 그 중 1,600 여만 명을 수도권이 흡수하였다. 이러한 수도권으로의 인구유입으로 전국에 대한 수도권의 인구비중은 지속적으로 증가하여 1960년에 20.8%에 불과하던 것이 2000년에는 46.3%로 늘어났다²⁾. 이 외에도 우리나라 전체 행정기관, 공공투자기관 등 공공기관의 90.1%, 100대 기업 본사의 95%, 기업부설 연구소의 70.2%가 수도권에 집중되어 있다³⁾. 이와 같이 수도권이 사회경제적으로 집중됨에 따라 지역불균형의 문제, 성장관리 문제, 대도시권 계획과 관리에 관한 문제 등이 부각되고 있다.

지금까지 수도권의 집중을 억제하기 위하여 다양한 정책과 수단⁴⁾이 동원되었지만 별 효과를 거두지 못하였으며, 오히려 난개발로 인해 더욱 악화되고 있는 실정이다. 이와 같이 수도권의 물리적 환경이 악화되는 이유는 공간적·물리적 환경을 도외시한 채 통계수치에 의한 정책수단만을 강구하였기 때문이다⁵⁾. 수도권 정책이 실효성을 거두기 위해서는 정책수단의 물리적 영향을 사전에 예측하거나 아니면 사후에라도 평가해야 한다. 이와 같이 물리적인 영향을 등한시하는 경향은 비단 정책뿐 아니라 수도권 연구도 마찬가지이다. 지금까지 수도권의 공간구조에 대한 연구는 주로 정책의 평가와 개선방안을 제시하는데 치중하였다. 정책을 평가하는 방법 역시 통계를 위주⁶⁾로 하거나 서술적인 한계를 벗어나지 못하고 있다.

1) 우리나라의 도시인구 증가는 1960년대 이후 고도성장과 더불어 가속화되었으며, 1960년대 약 39.1%이던 도시화율은 1970년 50.1%, 1980년 68.7%, 1990년 81.9%, 1995년 86.5%로 급격한 증가현상을 보이고 있다.

2) 박양호 외(2000), 수도권 과밀해소 및 지방육성방안, 국토연구원, p.8.

3) 국토연구원(1999), 제 4차 국토종합계획 시안(2000-2020) 총괄보고서, p.69.

4) 수도권 정책의 목표는 권역 내로의 인구 및 산업의 집중을 억제 또는 분산하는 것과 권역내부의 공간구조를 효율적으로 정비하는 것이다. 대표적인 정책으로는 수도권정비계획법이 있으며, 정책수단으로는 중앙행정기관의 지방이전, 제조업 및 고등교육기관의 신·증설 억제, 대형건축물 신축억제 등이 있다.

5) 권용우는 제 2차 수도권정비계획에서 2011년까지 수도권에 270만 가구의 주택을 공급하겠다는 계획에 대하여, 270만 가구라는 물량을 재개발·재건축 및 기존 중소도시에서 주택을 건설하는 방법은 거의 타당성이 없을 뿐만 아니라 공간계획이 없는 주택공급은 필연적으로 수도권 전역의 난개발을 초래하게 될 것이라고 비판하였다. 권용우(1999), 수도권의 이해, 보성각, pp.348-349.

6) 최남희(1995), 수도권 공간구조의 통태적 변화와 영향요인에 관한 연구, 박사학위논문, 성균관대학교.

본 논문은 지금까지 수행되어온 수도권에 관한 연구방법과 달리 실증적으로 수도권의 물리적 공간특성변화를 분석하였다. 수도권은 1970년 이후 자연적인 요인으로든 사회적인 요인으로든 사회·경제적 집중이 계속되었고, 그로 인한 공간적·물리적 환경 또한 계속 변해 왔다. 이러한 변화를 가장 잘 파악할 수 있는 요소는 바로 도시화지역⁷⁾이다. 그 이유는 도시화는 필연적으로 토지이용의 변화를 수반하며 도시화에 따른 토지이용의 변화는 곧 도시화지역의 확산을 의미하기 때문이다. 따라서 본 논문은 지난 30년 간 수도권의 도시화지역의 확산 형태(pattern)와 공간적 특성(spatial characteristics)을 거시적으로 밝히는 데 목적이 있다.

2. 연구의 범위 및 방법

1) 연구범위

공간적 범위는 <그림 1>에서 보는 바와 같이, 수도권⁸⁾ 전체 27시와 6군중에서 Landsat 위성영상 1장(scene)⁹⁾으로 분석이 가능한 22시 4군으로 한정하였다. 따라서 연구지역은 <그림 1>에서 보는 바와 같이, 수도권 전체지역 중에서 강화군, 연천군, 포천군, 가평군, 여주군, 이천군, 안성군, 평택군은 제외하였다. 제외지역은 수도권의 가장자리에 위치하고 있고 비교적 도시화가 많이 진행되지 않았기 때문에 도시화지역의 공간특성을 파악하는데는 지장이 없었다.

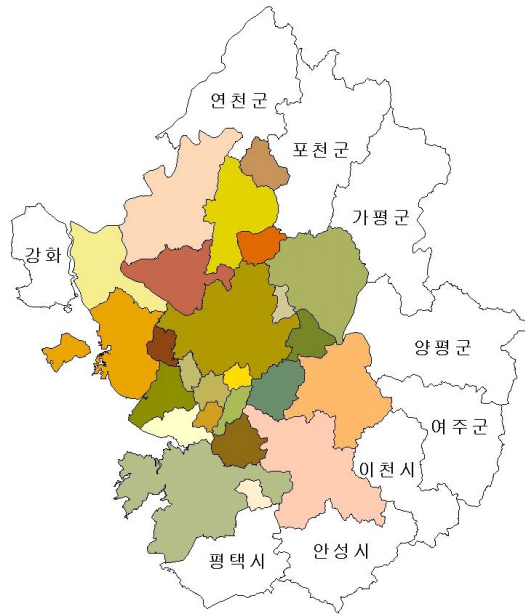
시간적 범위는 1970년대부터 2000년까지이다. 시작 시점을 1970년대로 정한 이유는 당시는 서울로 인구가 집중되는 시기로서 서울 외곽지역으로 도시화지역이 확산되기 이전이며, Landsat 위성영상의 공급시점이 1972년인 점도 고려하였다.

그리고 수도권의 도시화과정을 시계열적으로 파악하기 위하여 1970년부터 가급적 5년 간격으로 자료를 수집하였다. 그 결과 1973년, 1981년, 1985년, 1990년, 1995년, 2000년도에 촬영한 인공위성영상자료를 획득하였다.

7) 도시화지역(urbanized area)은 시가화건조지역이라고 부르기도 하는데 토지용도를 기준으로 구분된다. 즉 자연상태가 아닌 토지용도로서 사람이 인위적으로 개발하거나 가공한 토지를 말한다. 따라서 농촌지역이라도 집단주거지는 도시화지역이며, 광장이나 도로 역시 도시화지역에 속한다. 이에 비해 도시지역(urban area)은 농촌지역과 반대되는 개념의 용어로서 토지용도보다는 사람들의 생활양식이나 경제활동, 경관 등에 의해 구분된다.

8) 수도권이 공간적 범위에 대하여 수도권정비계획법('97.1.7) 제2조와 대통령령에서는 "수도권"이라 함은 서울특별시와 그 주변지역인 인천광역시 및 경기도 일원지역을 말한다고 규정하고 있다.

9) 수도권지역 전체를 대상으로 할 경우 Landsat MSS데이터는 연천, 포천, 가평지역의 경기북부와 이천, 여주지역의 위성영상 2장이 추가로 필요하며, Landsat TM의 경우 이천, 여주지역의 영상 1장이 추가로 필요하다. 또한 추가로 영상을 구입할 경우 데이터 취득날자가 다르면 토지피복분류의 일관성을 유지하기 어려운 문제가 발생한다.



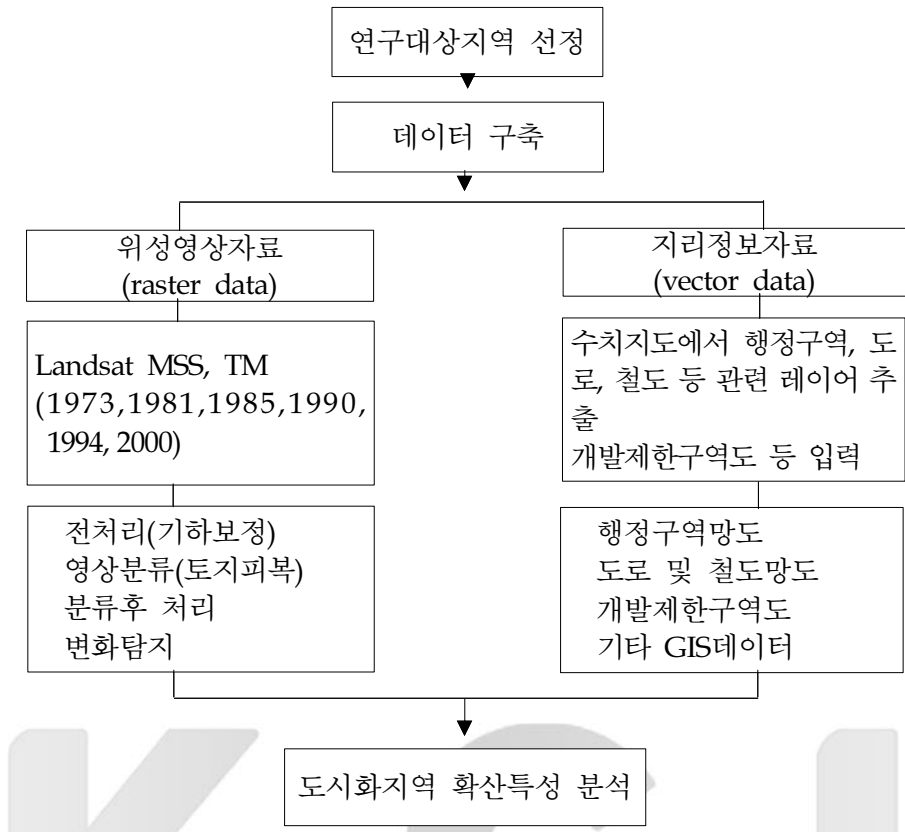
<그림 1> 연구지역의 범위

2) 연구방법

수도권의 도시화지역 변화를 시계열적으로 분석하기 위하여 원격탐사와 GIS를 연계·활용하였다. 원격탐사로 획득한 위성영상자료는 토지이용현황과 변화를 시각적으로 파악하기 용이한 장점이 있으며, GIS는 다양한 데이터를 통합·분석하는 능력이 우수하다. 원격탐사와 GIS는 상호 보완적인 관계를 가지고 있으며, 최근에는 GIS의 다중데이터(multiple data) 처리 및 분석기능이 더욱 강화됨에 따라 양자간의 연계·활용이 각광받고 있다.

연구수행 절차는 <그림 2>와 같이, 먼저 위성영상을 이용하여 토지피복분류를 실시하고, 동시에 공간특성을 분석하는데 필요한 공간데이터를 구축하였다. 그리고 연도별 토지피복분류와 연간 변화탐지결과를 행정구역도 등 공간데이터와 결합하여 도시화지역의 변화 및 공간적 특성을 분석하였다. 원격탐사자료는 Landsat MSS와 TM 영상데이터를 이용하였으며, 위성영상처리 소프트웨어는 Erdas Imagine 8.4를 이용하였다.

지리정보데이터 가운데 행정구역도와 도로망도, 철도망도는 1:25,000 축척의 수치지도로부터 추출하였으며, 개발제한구역 등은 관련도면을 입력하였다. 이상과 같이 위성영상자료 및 지리정보데이터를 구축한 후 ArcView GIS 3.2를 이용하여 도시화지역 확산특성을 분석하였다.



<그림 2> 연구의 흐름도

II. 선행연구

1. 원격탐사자료를 이용한 도시연구

도시계획 또는 광역권계획을 수립할 때 계획지역의 토지이용 현황을 파악하는 것은 기본적이면서도 매우 중요한 일이다. 특히 일반적으로 많이 활용하고 있는 통계자료만으로는 토지이용 변화와 공간적 분포패턴을 이해하는데는 한계가 있다. 토지이용 현황을 파악하는 방법으로는 현지조사를 실시하는 것이 가장 정확하지만 시간과 비용이 많이 소요되며, 지형도를 이용할 경우 정보의 한계로 조사의 정확도를 확신하기 어렵다. 이러한 기존의 토지이용 조사방법과 통계데이터의 한계를 극복하기 위한 방안의 하나로서 최근에는 원격탐사자료가 많이 이용되고 있다.

원격탐사자료는 대표적으로 항공사진과 인공위성영상자료가 있다. 외국의 경우 항공사진과 위성영상을 동시에 활용하지만 우리나라는 항공사진을 대외비로 취급하기 때문에 일반인의 접근이 어렵다. 따라서 누구나 쉽게 구입할 수 있는 위성영상자료를 많이 활용하고 있다. 위성영상자료는 지상의 물체가 반사하는 전자파를 감지하여 분광대별로 그 크기를 측정된 자료이므로 각 물체가 갖는 고유의 분광특성을 이용하면 지상의 토지이용을 쉽게 조사할 수 있기 때문에 도시현상을 분석하는데 많이 활용되고 있다¹⁰⁾.

인공위성영상자료를 이용하여 도시의 공간현상을 분석하는 연구방법에는 여러 가지가 있을 수 있으나, 선행연구를 살펴 본 결과 크게 두 가지로 파악되었다.

첫째, 위성영상의 분광특성을 이용하여 토지피복분류를 실시하고, 이를 이용하여 도시지역의 범위나 도시의 토지이용 현황 그리고 토지이용의 변화추이를 분석하였다¹¹⁾. 특히 여러 해의 위성영상자료를 얻을 수 있기 때문에 특정 시점보다는 시계열적으로 토지이용의 변화를 파악하는데 유용하게 활용되고 있다¹²⁾. 또한 서울 전체지역 또는 수도권¹³⁾과 같은 광범위한 지역의 토지이용변화를 모니터링하는데 위성영상자료를 이용하고 있다. 초기에는 위성영상의 특성만을 이용하여 변화정도를 통계수치로 생산하는데 그쳤으나¹⁴⁾ 점차 벡터형태의 지리정보와 결합하고 GIS기법을 이용하여 다양한 분석을 시도하고 있다¹⁵⁾. 최근에는 위성영상의 분류결과를 모형의 변수로 활용하는 등 다른 통계기법과의 결합을 시도하는 방향으로 발전하고 있다¹⁶⁾. 위성영상의 종류별로는 주로 분광특성이 우수한 Landsat

10) 召田 眞 編(1996), “景相生態學”, 朝倉書店, p. 20.

11) 안철호(1984). “LANDSAT Data에 의한 서울시에 있어서의 도시역변화의 추출”. 『한국측지학회지』 vol.2, no.1, pp.5-16.

12) 연상호(1985). 「LANDSAT DATA를 이용한 주요 도시지역의 경년변화의 추출에 관한 연구」, 서울대학교 석사학위 논문.

13) 김영표·김순희(1993). 「인공위성 영상자료를 이용한 수도권 토지이용 실태분석」, 국토개발연구원

14) 이병설, 丸山明好, 竹内章司(1984). “리모트센싱기법에 의한 서울대도시지역의 토지이용변화분석”. 『대한지리학회지』 vol.30, pp.1-13.

15) 사공호상·박성미·김영표(2000), 인공위성 영상자료를 이용한 국토자원 분석방법에 관한 연구, 국토연구원.

16) 김훈희·이진희(2001), 토지이용변화 확률모형 구축 및 적용에 관한 연구, 대한국토·도시계

위성영상을 많이 사용하였지만 2000년 이후부터는 도시연구에 고해상도 위성영상을 이용하고 있다¹⁷⁾.

둘째, 셀룰라 오토마타(cellular automata)이론을 이용하여 도시의 성장모델(growth model)을 만든 다음, 이를 이용하여 향후의 도시성장을 예측하는 연구이다¹⁸⁾. 셀룰라 오토마타 이론을 이용한 도시연구는 수학적 방법으로 도시모형을 만들고 이를 이용하여 도시의 성장을 분석하고 예측하는 것이다.

본 논문은 취득시기가 다른 여러 장의 위성영상을 이용하여 도시화지역의 변화과정을 파악하는 것은 기존의 연구와 유사하지만 정량적 분석에 그치지 않고 다른 공간데이터와 결합하여 정성적인 분석결과를 도출하였다.

2. 원격탐사와 GIS를 이용한 도시연구

초기에는 각자 독립적으로 발전해 오던 원격탐사와 GIS는 컴퓨터 및 소프트웨어 기술의 진보로 호환성이 높아지면서 연계활용에 따른 시너지 효과를 유발하고 있다. 이러한 장점을 도시연구에 적용함으로써 서로의 기능을 향상시킬 수 있는 것으로 제안되고 있다¹⁹⁾. 원격탐사와 GIS 기법을 이용하면 도시의 분석에 필요한 공간정보를 효과적으로 수집할 수 있을 뿐만 아니라 도시계획수립과 집행을 지원하는 공간분석이 가능하다. 특히 항공사진, 위성영상, 수치지도 등 다양한 매체를 통해서 수집된 자료를 통합하거나 연계해서 분석하는데는 컴퓨터를 기반으로 하는 분석수단이 매우 효과적이다²⁰⁾.

원격탐사자료와 GIS는 토지이용의 변화와 그로 인한 환경영향을 과학적으로 평가하는데 매우 효과적이며, 도시성장관리를 위한 매우 강력한 의사결정지원시스템으로 각광받고 있다²¹⁾. 또한 원격탐사와 GIS 기법을 이용하여 도시의 무질서한 확산을 모니터링하고 그 정도를 측정하는데 엔트로피를 이용하는 방법이 제안되기도 하였다²²⁾. 이러한 분석방법은

획학회지, vol.36, no.4.

17) 김원주·서동조·박영준·이건표·박종화(2000), "고해상도 위성영상자료를 이용한 한강시민공원 잠실지구의 토지피복변화 분석" 2000년도 대한원격탐사학회 춘계 학술대회 논문집, 제3호, pp.114-119.

18) 정재준(2001), 수도권 도시성장 분석 및 예측을 위한 셀룰라 오토마타 모델링, 서울대학교 대학원 박사학위논문.

강영옥·박수홍(2000), 서울대도시지역 도시성장 예측에 관한 연구, 대한지리학회, vol.35, no.4
Clarke, Keith C. and Gaydos, Leonard J.(1998), Loose-coupling a cellular automaton model and GIS: long-term growth prediction for San Francisco and Washington/ Baltimore, IJGIS, vol.12, no.7.

19) Richards, J.M., Landgrake, D.A. & Swain, P.H.(1992). "A Means for Utilizing Ancillary Information in Multispectral Classification", Remote Sensing of Environment, vol.12, no.3, pp.463-477.

20) Chen, J. and Z. Y. Qiu.(1990). "Integrated Utilization of remote sensing and GIS in Shshi's urban general planning". Proceedings of the 11th Asia Remote Sensing Congress.

21) Anthony Gar-On Yeh, and Xia Li,(1996). "Urban growth management in the Pearl river delta: an integration remote sensing and GIS approach", ITC Journal, vol.1, pp.77-86.

22) Anthony Gar-On Yeh and Xia Li(2001), "Measurement and Monitoring of Urban Sprawl in a Rapidly Growing Region Using Entropy", Photogrammetric Engineering & Remote

중국과 같이 매우 넓은 지역을 대상으로 빠르게 진행되고 있는 도시확산을 모니터링하는데 효과적으로 적용되고 있다.

한편, Hans de Boruwer 등²³⁾은 PC를 기반으로 하는 GIS를 이용하여 도시지역의 성장을 효과적으로 측정하는 비교적 간단하지만 정확도가 높은 방법을 제안하였다. 이 연구는 SPOT 위성영상을 이용하여 토지피복분류를 실시하고 지도를 이용하여 강과 지류, 도시경계, 간선도로, 주요 건물, 주요 녹지 및 공원을 디지털화(digitizing)하여 비교함으로써 도시의 비계획적인 확산을 분석하였다.

R. Meaille와 L. Wald²⁴⁾는 도시성장을 시뮬레이션하기 위한 수리모형 내에서 지리정보시스템(GIS)과 위성영상의 결합을 시도하였다. Landsat 위성영상을 이용하여 1976년과 1981년 두 시기의 토지이용상황과 도시범위를 분석하였다. 도시의 영역을 측정하는데는 인구밀도 성장 수리모형을 이용하였다.

본 논문은 Landsat 위성영상자료를 이용하여 토지피복분류를 하고, 수치지도 등을 이용하여 GIS 데이터를 각각 구축한 다음, 두 종류의 데이터를 통합하여 분석하였다. 도시화지역의 변화를 분석하기 위해서 벡터 데이터를 레스터 구조로 변환하기도 하고, 분석에 필요한 데이터를 직접 생성하였다.



Sensing vol.67, no.1, pp.83-90.

23) Hans de Boruwer, Carlos R Vaelnzuela, Luz M Valencia and Koert Sijmons,(1990). "Rapid assessment of urban growth using GIS-RS techniques", ITC Journal, vol.3, pp.233-235.

24) R. Meaille and L. Wald(1990). "Using geographical information system and satellite imagery within numerical simulation of regional urban growth". Int. J. Geographical Information Systems, vol.4. no.4, pp.445-456.

III. 토지피복분류

1. 위성영상 전처리

본 연구에는 Landsat 위성영상을 이용하였으며, 1973년도와 1981년도는 MSS(multi spectral sensor)영상을, 1985년도 이후는 TM(thematic mapper)영상을 이용하였다. 토지피복분류를 하기 전에 인공위성에서 지상을 촬영할 당시 위성의 자세나 지표면의 기복에 의해서 발생하는 기하학적 오류를 교정하고 영상의 좌표를 지도좌표에 맞도록 기하보정(geometric correction)을 실시하였다. 기하보정을 위한 지상기준점은 축척 1:25,000 지형도에서 추출하였으며, 평균제곱근오차(RMSE)²⁵⁾는 0.5화소 이하가 되도록 하였다. 이러한 방법으로 먼저 2000년도 영상을 기하보정한 다음, 나머지 5개 영상은 동일한 지상기준점을 이용하여 이미지 대 이미지(image to image) 방식으로 기하보정을 실시하였다.

2. 토지피복분류 항목

수도권 도시화지역의 시계열적 변화패턴과 특성을 분석하기 위하여 토지피복분류(Land-cover Classification)를 실시하였다. 토지피복(土地被服)은 지표의 이용상태를 말하는 것으로, 토지이용과는 차이가 있다. 토지피복은 도시화지역, 나지(裸地), 습지, 초지 등과 같이 토지의 외관상 모습으로 분류하는데 비해서 토지이용은 주거용, 상업용, 공업용, 전, 답 등과 같이 토지의 실제 이용상황을 기준으로 구분한다. 위성영상자료는 물체의 반사전자파를 기록한 것으로 분석의 결과는 지표의 외관상 모습이기 때문에 토지피복분류에 이용되며, 토지이용보다는 정교하지 못하지만 넓은 지역의 토지이용상황을 개략적으로 파악하는데 매우 유용하다.

토지피복분류 항목은 위성영상의 종류와 분석목적에 따라서 다르다. 본 연구에서는 Landsat 위성영상을 이용하여 수도권의 거시적인 도시화지역의 변화를 파악하는데 목적이 있으므로 미국의 지질조사원(USGS)과 우리나라의 환경부에서 제시한 대분류 기준을 적용하였다. 이에 따라, 도시화지역, 농경지, 초지, 산림, 수계, 나지로 항목을 정하였으며, 토지피복분류항목과 토지이용과의 관계는 <표 1>과 같다.

25) 평균제곱근오차는 동일한 좌표지점에 대하여 수치고도모형에서 추출된 좌표 값과 실제지형에서 좌표 값 간 차이의 평균을 말한다.

<표 1> 토지피복분류와 토지이용간의 관계

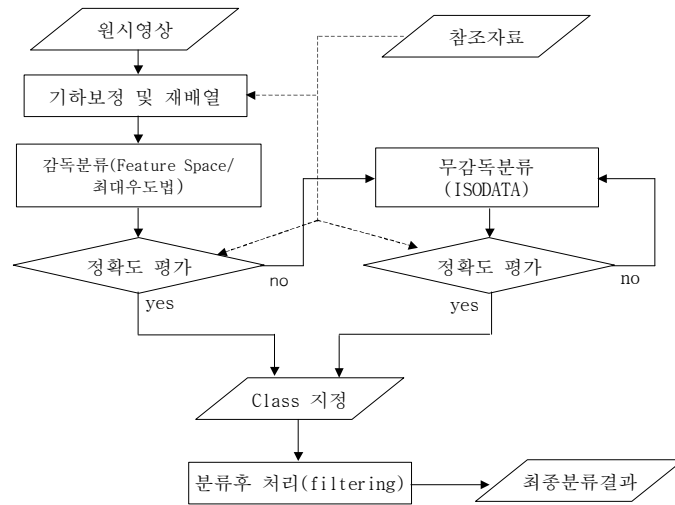
토지피복분류	토 지 이 용
도시화지역	주거용, 상업용, 공업용 건물과 각종 도시시설물이 밀집한 지역으로 도로 등 불투수지역을 포함
농경지	논, 밭, 과수원, 하우스재배지, 조경재배지, 묘목원, 농장 등
초 지	도심녹지, 공원, 잔디밭, 골프장, 공원묘지 등
산 림	침엽수림, 활엽수림, 혼효림 등
수 계	바다, 강, 호수, 저수지, 하천 등
습 지	염전, 갯벌, 강가, 매립지 등
나 지	모래, 개발지, 나대지, 채석장, 광물채취장 등

3. 토지피복분류

토지피복분류는 먼저 7개 밴드의 분광특성을 모두 이용하여 감독분류²⁶⁾를 실시하고 오분류나 미분류된 지역에 대해서는 무감독분류²⁷⁾를 실시하였다. 감독분류를 실시하기 위하여 영상획득 시기에 맞는 1:50,000 종이 지형도와 1:25,000 수치지도를 이용하여 트레이닝 데이터를 추출하였다. 트레이닝 데이터는 7개의 분류항목에 대하여 최소 20~30 화소 규모로 설정하였으며 총 100~150개를 지역적으로 고르게 선정하였다. 감독분류방법으로는 매개변수법과 비매개변수법을 혼합하여 사용하였다.

26) 감독분류(監督分類, supervised classification)는 영상을 분류하는 방법의 하나로서 토지의 피복유형을 분명히 파악할 수 있는 트레이닝데이터(training data)를 이용하여 분광특성이 비슷한 지역을 분류하는 방법임

27) 무감독분류(무감독분류, unsupervised classification)는 영상을 분류하는 방법의 하나로, 지역에 대한 사전정보 없이 영상자료가 가지고 있는 통계적 특성을 이용하여 분광적으로 비슷한 지역을 분류하는 분류방법임



<그림 3> 위성영상의 전처리 및 토지피복분류 흐름도

토지피복분류의 정확도를 검증하기 위하여 원시영상에서 검사점을 선정하고 이를 분류결과와 비교하였다. 즉 원시영상에서 육안으로 토지피복 항목을 판단하여 약 1200개의 검사점(check point)을 선정하고, 이를 영상분류결과와 중첩하여 일치도를 검사하였다.

연도별 영상분류의 정확도를 검사한 결과 Overall Accuracy²⁸⁾는 2000년 91.5%, 1994년 88.4%, 1990년 85.5%, 1985년 83.5%, 1981년 83.9%, 1973년도 82.0%로 측정되었다.

28) Producer's Accuracy는 Omission Error라고도 하며, 분류결과 각 분류항목에서 제외된 것에 대한 오차를 나타냄



						
수계	시가지	나지	습지	초지	산림	농경지

<그림 4> 토지피복분류 결과

IV. 수도권 도시화지역의 확산특성

1. 도시화지역의 외연적 확산

우리나라는 급속한 경제성장을 추진하면서 집적이익을 얻을 수 있는 특정 도시에만 집중적으로 투자하여 특정도시의 과밀화, 과대화 현상을 초래하였다. 계속되는 인구의 유입으로 인하여 주택가격 및 지가 상승, 교통난 가중, 생활환경 악화 등의 문제가 발생됨에 따라 도시의 주거인구가 도시외곽으로 이동하는 교외화(郊外化) 현상이 발생하였다²⁹⁾. 특히 수도권에서는 서울 주변에 작은 도시들이 집중적으로 생겨남으로써 하나의 거대도시권을 형성하게 되었고 전철 등 교통시설의 확충으로 이 현상이 가속화되었다.

이와 같은 외연적 확산과정을 분석하기 위하여 서울시청을 중심으로 10km 간격으로 환상대(ring area)를 만든 다음 토지피복분류에서 얻은 도시화지역과 중첩하여 각 환상대가 차지하는 면적비율을 계산하였다.

분석결과, <표 2>에서 보는 바와 같이, 서울의 경우 1973년에는 도시화지역 전체면적의 50.7%가 분포해 있지만 2000년에는 18%로 그 비율이 급격히 줄어들었다. 이에 비해서 20~30km는 1973년 10.3%에 불과하던 것이 2000년에는 27.2%로 늘어났다. 이러한 현상은 30~40km도 마찬가지이다. 40~50km 지역은 도시화지역 면적은 꾸준히 증가하고 있지만 그 정도는 약하며, 50km이상은 아직 영향을 받지 않는 것으로 판단된다.

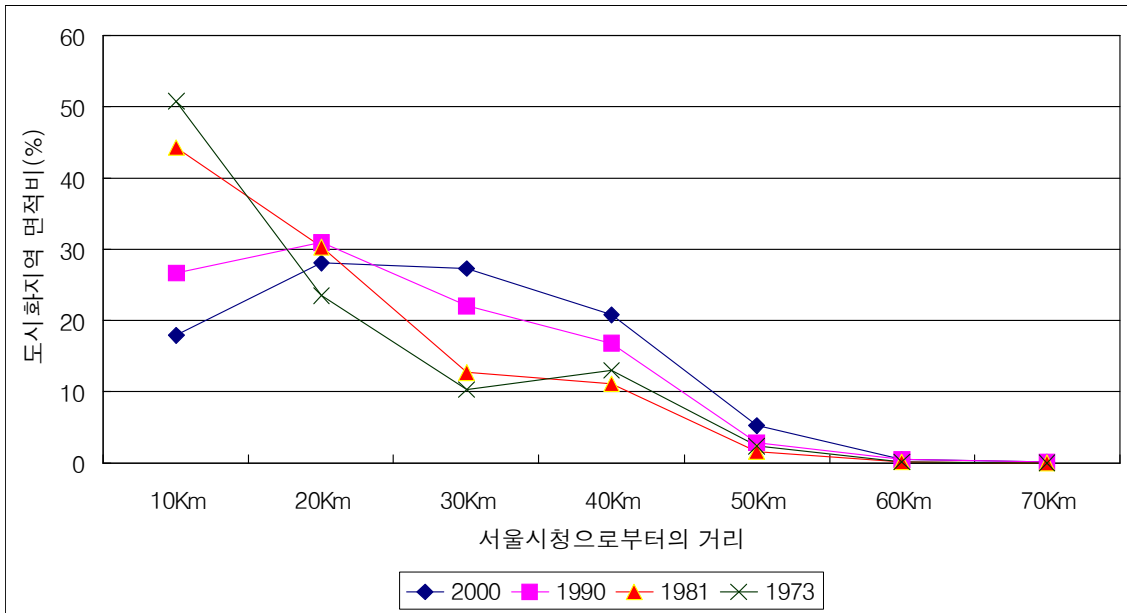
도시의 외연적 확산경향을 좀더 정확하게 파악하기 위하여 각 환상대별 도시화지역의 면적비율을 그래프로 그려보았다(<그림 5>). 그 결과 외연적 확산이 일어나기 전에는 서울을 중심으로 거리가 멀어짐에 따라 도시화지역의 분포비율이 낮아지는 'L'자 형태의 커브를 보이다가 외연적 확산이 일어남에 따라 'U'자 형태의 커브로 바뀌어 반대현상이 진행되었음을 알 수 있다.

<표 2> 서울로부터의 거리별 도시화지역 면적

(단위: km², %)

연도 \ 구분	10km이내	10~20km	20~30km	30~40km	40~50km	50km이상	계
1973	149.94 (50.7)	69.27 (23.4)	30.47 (10.3)	38.34 (13.0)	6.89 (2.3)	0.55 (0.2)	295.46 (100.0)
1981	164.92 (44.3)	112.79 (30.3)	47.26 (12.7)	41.21 (11.1)	5.97 (1.6)	0.49 (0.1)	372.64 (100.0)
1990	189.15 (26.7)	218.95 (30.9)	156.65 (22.1)	119.80 (16.9)	20.16 (2.8)	4.26 (0.6)	708.97 (100.0)
2000	199.38 (18.0)	311.80 (28.1)	302.47 (27.2)	230.53 (20.8)	58.58 (5.3)	7.22 (0.6)	1,109.98 (100.)

29) 권용우(1999), 수도권의 의해, 보성각, p.96.



<그림 5> 도시화지역의 원거리 확산경향

이상과 같은 분석의 결과를 종합하면, '70년대에는 주로 서울 중심부에 인구가 집중되어 있었으나 '80년부터 서울외곽으로 외연적 확산이 시작되었다. 특히 '80년대에 30~40km 지역의 도시화지역 면적이 크게 늘어난 것은 수도권 5개 신도시가 개발되었기 때문이며, 이때부터 소위 '원거리 확산'이 본격적으로 진행되었다고 할 수 있다. 그 이유는 신도시 개발과 함께 그보다 더 원거리인 40km이상 지역으로 도시화지역이 확산되었기 때문이다.

2. 도시화지역의 확산방향

수도권지역의 균형발전을 도모하기 위해서는 도시화지역이 공간적으로 어떻게 분포하고 있으며, 어느 방향으로 확산되고 있는지를 아는 것이 매우 중요하다. 따라서 도시화지역의 평균중심을 이용하여 연도별로 도시화지역이 어느 방향으로 확산되었는지를 분석하였다. 평균중심은 통계학의 산술평균과 같은 개념으로서 공간을 여러 개의 소 지역으로 세분하고 각 지역중심의 평균이 되는 위치를 x, y 좌표상에 점으로 나타낸 것이다. 평균중심점의 의미는 공간구조를 형성하는 구성요소들의 무게중심으로서 이러한 평균중심의 이동(위치변화)은 분포의 변화방향을 제시해 줌으로서 공간구조가 어떻게, 어느 지역을 중심으로 변해 가는가를 알 수 있다³⁰⁾.

도시화지역의 평균중심³¹⁾은 공간의 좌표 값으로 나타내며, 평균중심이 이동하는 것은

30) 최남희(1995), 수도권 공간구조의 동태적 변화와 영향요인에 관한 연구, 박사학위논문, 성균관대학교, p.37-38.

31) 평균중심(mean center)이 공간적 현상의 변화를 설명할 수 있는 근거는 만약 두 시점간 공간 분포상의 변화가 전 지역에서 대칭적으로 이루어질 경우에는 공간적인 점의 위치가 변하지 않으나 비대칭적으로 이루어질 경우에는 공간적인 점의 위치가 어느 한 방향으로 이동하게 된다는 것이다.

공간 위에 분포하고 있는 요소의 무게 즉 도시화지역이 일정한 방향으로 확산되었다는 것을 의미한다. 이러한 평균중심의 이동을 관찰하는 것은 벡터함수에서 힘의 크기와 방향을 파악하는 것과 같이 도시화지역의 확산방향을 판단하는 유용한 수단이 되고 있다.

평균중심을 구하는 공식은 물질의 질량중심을 계산하는 식과 같다. 즉 각 질량이 m_i 인 n 개 질점이 위치 (x_i, y_i) 에 있을 경우, 전체질량 M 과 질량중심 (X, Y) 는 다음과 같이 계산된다.

$$M = \sum m_i$$

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

여기서 M : 전체질량

m_i : 도시화지역의 질량

X : 평균중심의 X좌표

Y : 평균중심의 Y좌표

수도권 도시화지역의 평균중심을 분석하기 위하여 수도권지역을 세로 2,763픽셀과 가로 3,687픽셀로 구성하였으며, 토지피복분류결과를 이용하여 도시화지역의 각 픽셀에는 1의 값을 부여하고 도시화지역 이외지역의 각 픽셀에는 0의 값을 부여하였다. 이 경우 전체질량 M 은 도시화지역의 총 픽셀수가 된다. 따라서 평균중심의 X좌표는 도시화지역의 X좌표의 합을 도시화지역의 총 픽셀수로 나눈 값이며, Y좌표의 계산방법도 이와 동일하다.

위와 같은 방식으로 연도별 도시화지역의 평균중심을 구한 결과 <그림 6>에서 보는 바와 같이, 1973년도에는 원효대교 북단 한강에 위치하는 것으로 나타났다. 그러나 1981년에는 강남방향으로 이동하여 대략 예술의 전당 자리에 위치하였다. 1990년에는 다시 서쪽방향으로 이동하여 낙성대 근방에 위치하였다가 2000년에는 약간 북서방향인 송실대 부근으로 이동한 것으로 나타났다³²⁾. 연도별 중심점의 정확한 위치는 <표 3>과 같다.

연도별 도시화지역의 중심이동이 갖는 의미를 살펴보면 다음과 같다. 먼저 1973년도에 도시화지역은 서울의 강북지역과 인천에 주로 위치해 있으며, 그외 지역은 수원시, 성남시, 안양시 그리고 동두천시에 아주 작은 규모가 있을 뿐이다. 그 후 서울의 강남지역이 집중적으로 개발됨에 따라 1981년도에는 강남으로 중심이 이동하였다. 또한, 평균중심의 이동거리가 큰 것으로 보아 다른 지역에 비해서 상대적으로 개발규모가 컸음을 알 수 있다.

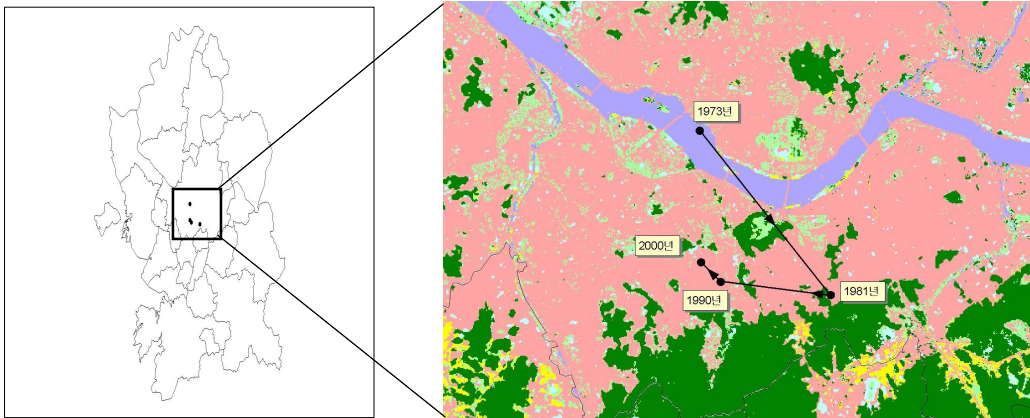
1990년도 도시화지역의 평균중심은 서쪽방향으로 이동하였으며, 이동거리는 1981년보다

진영환(1986), Centographic 기법을 이용한 서울시 도시공간구조 분석, 「국가발전과 공공행정」, 박영사

32) 최남희는 그의 논문에서 수도권 상주인구의 무게중심은 1970년에서 1980년까지는 강북지역에 위치하고 있다가 1985년에는 한강에, 1990년에는 강남지역으로 이동하였고, 1994년에는 이것이 좀 더 남쪽방향으로 이동한 것으로 분석한 바 있다.

자료: 최남희(1995), 수도권 공간구조의 동태적 변화와 영향요인에 관한 연구, 박사학위논문, 성균관대학교, p.95

는 짧지만 이동방향은 완전히 다르게 변화하였다. 평균중심이 서쪽방향으로 이동한 이유는 도시화지역의 변화탐지결과 서울의 서남방향에 위치하고 있는 인천, 부천, 수원, 안양, 안산, 시흥, 군포 등지로 도시화지역이 확산되었기 때문으로 나타났다.



<그림 6> 도시화지역의 확산방향 변화경로

<표 3> 연도별 도시화지역의 평균중심 좌표

연도	중심	TM좌표		경위도 좌표	
		X	Y	X	Y
1973		195179	447577	37°31'39"	126°56'54"
1981		199860	441714	37°28'29"	127°00'05"
1990		195923	442196	37°28'45"	126°57'24"
2000		195223	442896	37°29'08"	126°56'56"

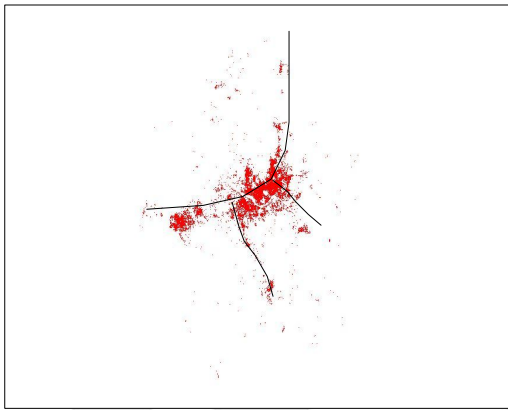
2000년도의 도시화지역 평균중심은 1990년도 평균중심에서 서북방향으로 약간 이동하였다. 서쪽방향으로 평균중심이 이동한 까닭은 1990년도와 동일하지만 북쪽으로 방향이 바뀐 이유는 영종도, 김포, 파주, 고양 등지의 개발에 영향을 받은 것으로 판단된다.

이상의 분석결과로 보아 1990년까지는 공업단지 조성 및 신도시 건설의 영향으로 경인고속도로와 경부고속도로 사이에 위치한 지역이 크게 성장하였으며, 1990년 이후부터 고양, 일산을 비롯하여 김포와 파주지역이 성장하고 있다. 앞으로 영종도 신공항과 서해안 고속도로 영향으로 서쪽 방향으로의 개발이 가속화될 전망이며, 남북한간 화해무드가 조성될 경우 개발가능자원이 넓게 분포되어 있는 서북부 지역의 개발도 더욱 늘어날 것으로 전망된다.

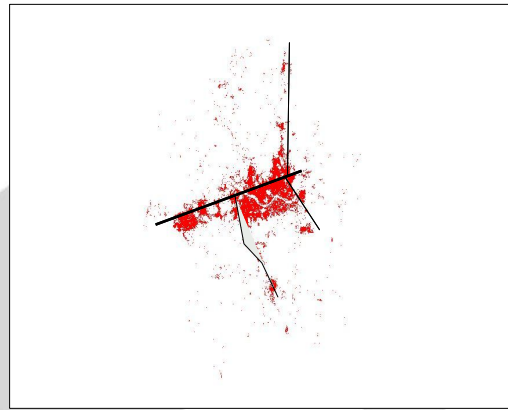
3. 도시화지역의 공간적 분포패턴

도시는 유기체와 같이 성장하기도 하고 쇠퇴하기도 하며, 성장단계에 따라 다양한 형태로 변화한다. 도시의 성장패턴은 도시화지역이 공간상에 분포하는 모습을 통해서 파악할 수 있으며, 아울러 성장패턴을 통하여 성장요인도 분석할 수 있다. 시기별로 수도권 도시화지역이 성장패턴을 살펴보면 다음과 같다.

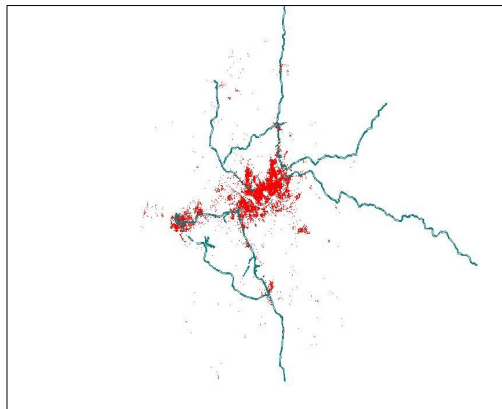
1970년대 수도권 도시화지역의 형태는 <그림 7>, <그림 8>에서 보는 바와 같이 서울과 인천간 그리고 서울과 의정부, 수원을 연결하는 주요 철도와 간선도로를 따라 발전하는 신장형(伸張型) 구조를 보이고 있다. 이러한 신장형 구조는 <그림 9>에서 보는 바와 같이 경인선, 경부선, 경춘선 등 철도노선과 1번 국도에 영향을 크게 받은 것으로 판단된다. 1981년에는 서울과 인천이 각각 성장하면서 주변지역이 개발됨에 따라 서울과 부천 그리고 인천간 연담화 현상이 뚜렷이 나타나고 있으며, 서울은 강남개발로 인하여 점차 원형으로 성장하기 시작하였다.



<그림 7> 수도권 성장패턴(1973)



<그림 8> 수도권 성장패턴(1981)

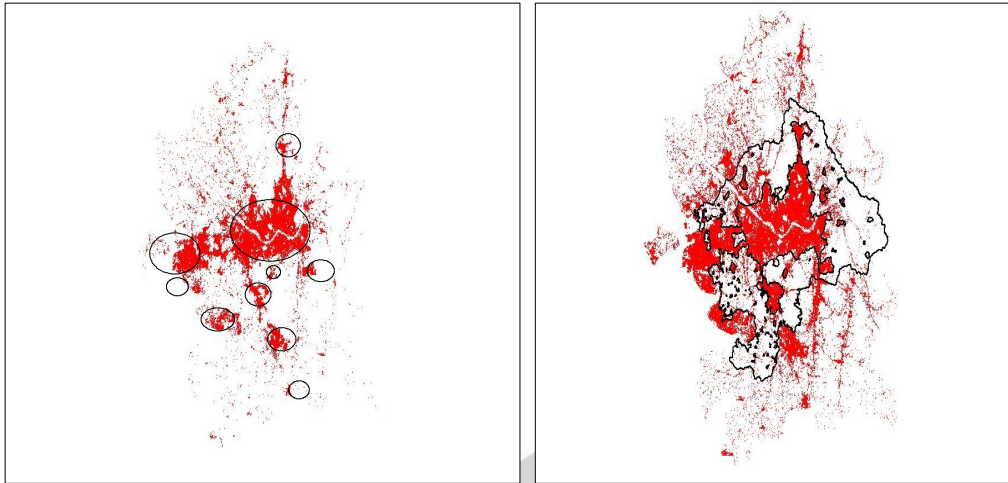


<그림 9> 철도노선과 도시패턴(1973)

1990년에는 서울 남단에 인접한 위성도시들의 성장이 두드러지면서 <그림 10>과 같이, 우주공간에 크고 작은 수많은 별들이 떠 있는 것과 같은 성운형 대도시(galactic metropolis)형태³³⁾로 발전하기 시작한다. 성운형 구조로 발전하는 원인은 수원, 성남, 의정

33) 1983년 피어스 루이스(Pierce Lewis)가 제기한 대도시 형태의 개념으로, 도시가 하나의 일관된 실체를 갖는다고 보다는 환경적으로나 경제적으로 낙후된 공간을 대상으로 한 수많은 대

부 등과 같은 위성도시들이 스스로 성장하는 한편 서울의 인구분산 정책에 의하여 과천, 안산과 같은 신도시가 건설되었기 때문이다. 또 다른 이유는 <그림 11>에서 보는 바와 같이, 개발제한구역³⁴⁾이 시가지의 연속적인 개발을 차단함으로써 서울 주변도시들이 섬처럼 분리되었기 때문이다. 또한 수도권의 외연적 확산이 본격화되면서 소규모 택지가 개발되어 마치 밤하늘의 별과 같은 형태를 보이고 있다.



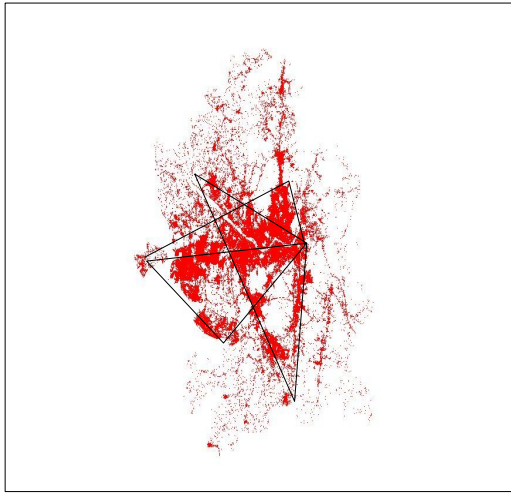
<그림 10> 수도권 성장패턴 (1990)

<그림 11> 개발제한구역과 성장패턴

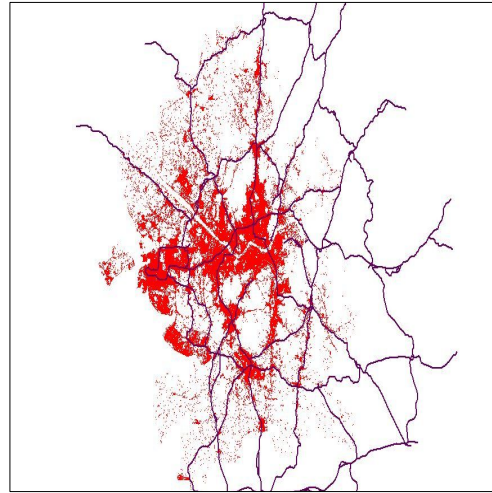
2000년에는 중심도시와 주변도시간 그리고 위성도시와 위성도시간에 도로를 따라 도시화지역이 확산되면서 수도권은 <그림 12>와 같이, 쇄기모양의 성형구조(star-shaped pattern)로 발전하였다. 중심도시와 인근도시간 연담화는 신도시 개발로 가속화되었으며, 위성도시간에는 국도 등 간선도로를 따라 주거지가 개발되었다. 이러한 현상이 나타나는 이유는 간선도로변이 자동차를 이용하여 서울로 출근하는 통근자가 가장 선호하는 지역이기 때문이며, 간선도로를 중심으로 준농림지역을 지정한 것도 중요한 이유 중의 하나다. 중심도시와 위성도시간 연담화는 남북방향으로 오산-수원-서울-과주-문산을 지나는 1번 국도와 이천-광주-성남-서울-의정부-동두천을 지나는 3번 국도 주변이며, 위성도시간에는 수원-용인간 42번 국도와 용인-광주간 45번 국도주변이 가장 두드러지게 나타나고 있다. 간선도로를 따라서 도시가 확산되고 있는 형태는 <그림 13>과 같이 도시화지역과 도로망을 중첩해보면 분명하게 알 수 있다.

형 스펙터클한 주거 및 상업용 개발로 이루어진 도시를 말한다. 즉 이것은 단일 중심에서 점차 외연적으로 성장한 기존의 대도시개발이라기 보다는 위성도시가 행성처럼 떠있는 별들의 패턴을 닮았기 때문이다.

34) 거주지교외화 정책의 제도적 조처에는 거주지 교외화를 촉진을 위한 개발확대의 측면과 도시의 이상적인 비대화를 막기 위해 그린벨트를 설치하는 등의 개발규제 측면이 있다. 전자의 경우에는 거주지의 확산을 spillover 패턴으로 촉진시키고, 후자의 경우에는 leap-frogging 패턴으로 거주지의 확산을 유도한다. 김인·권용우(1990) p. 318.



<그림 12> 수도권 성장패턴 (2000)



<그림 13> 도로망과 성장패턴

이상에서 살펴본 수도권의 도시화지역 확산패턴을 종합하면, 1973~1981년 동안에는 서울과 인천간 경인선을 비롯하여 경부선, 경의선을 따라 선형으로 확산되었다. 1981~1990년 동안에는 주로 인구분산정책에 의해 위성 신도시가 산발적으로 개발되면서 서울과의 간선도로를 따라 도시화지역이 확산되었다. 1990~2000년 동안에는 수도권 5개 신도시 개발이 완료되면서 수도권이 사실상 하나의 연결된 공간형태를 이루고 있다.

서울과 신도시 사이에 개발 불가능지 즉, 산이 존재한다는 것을 감안하면 수도권 전체는 원형에 가깝다. 결국 수도권의 도시화지역 확산패턴은 고도, 경사와 같은 지형적인 요소와 함께 철도, 도로와 같은 교통적인 요소 그리고 신도시 개발 등과 같은 도시개발 정책에 가장 큰 영향을 받았음을 알 수 있다.

V. 결론

본 논문은 공간적 특성을 중요하게 고려하는 도시계획적 관점에서 수도권의 도시화과정을 이해하려는 의도에서 출발하였다. 따라서 도시화의 진전에 따라 필연적으로 나타나는 토지이용의 변화 중에서 도시화지역의 변화를 통하여 지난 약 30년간 수도권의 도시화 과정과 특성을 규명하고자 하였다. 본 논문에서 분석한 수도권 도시화지역의 확산특성과 각 특성이 갖는 시사점은 다음과 같다.

첫째, 수도권의 도시화지역은 1980년대부터 서울의 외곽지역으로 확산되기 시작하였으며, 5개 신도시를 개발하기 시작한 1980년대 말부터 본격화되었고, 준농림지역이 지정된 1994년 이후에는 더욱 가속화되었다. 2000년에 이르러, 서울시청으로부터 20km 이내 지역은 더 이상 개발될 토지자원이 없는 것으로 판단되며, 수도권의 인구가 계속 증가할 경우, 서울시청으로부터 40km 이상으로 원거리 확산이 이루어질 것이다. 따라서 수도권의 성장을 계획적 관리할 필요가 요구된다.

둘째, 수도권의 도시화지역은 일정한 방향과 패턴을 가지고 확산하였다. 일부지역만을

볼 때는 도시화지역의 확산방향과 패턴이 없는 것처럼 보이지만 수도권 전체지역을 보면 확산방향과 패턴이 뚜렷하게 나타나고 있다. 도시화지역의 확산방향은 토지이용 규제 및 개발정책 등 당시의 개발여건과 철도, 도로 등 교통시설에 영향을 받는다. 따라서 개발요인과 관성을 이해하면 향후의 개발방향을 예측할 수 있다.

한편, 이 연구를 통하여 위성영상자료와 GIS를 연계하면 토지이용의 현황 또는 변화를 정량적으로 파악할 수 있을 뿐 아니라 공간적 분포특성을 효과적으로 분석할 수 있음을 확인하였다. 그러나 위성영상은 지상으로부터 수백km 떨어진 곳에서 획득되기 때문에 분석결과의 정확성을 제고하고, 동시에 공간적 특성에 영향을 미치는 인자들과의 인과관계를 밝혀야 하는 과제를 안고 있다. 그러나 날로 복잡하게 전개되는 도시현상을 신속하게 그리고 효과적으로 분석하는데 위성영상자료와 GIS가 더욱 광범위하게 활용될 것이다.

K C I

참고문헌

- 강영욱·박수홍(2000), 서울대도시지역 도시성장 예측에 관한 연구, 대한지리학회지, vol.35, no.4.
- 국토연구원, 1999, 「제4차 국토종합계획 시안(2000-2020) 총괄보고서」.
- 권용우, 1999, 「수도권의 이해」, 보성각.
- 김창석, 1993, “남북한 도시정주체계의 비교연구”, 국토계획, 제 28권, 제 2호.
- 김영표·김순희, 1993, 「인공위성 영상자료를 이용한 수도권 토지이용 실태분석」, 국토연구원.
- 김원주·서동조·박영준·이건표·박종화 (2000), “고해상도 위성영상자료를 이용한 한강 시민공원 잠실지구의 토지피복변화 분석” 2000년도 대한원격탐사학회 춘계 학술대회 논문집.
- 김인·권용우, 1990, “서울 거주지교외화의 공간구조적 특성과 패턴-광역도시화 서장-”, 「도시지리학: 이론과 실제」, 법문사.
- 김훈희·이진희, 2001, “토지이용변화 확률모형 구축 및 적용에 관한 연구”, 국토계획, 제 36권, 제 4호.
- 박양호·김현식·이문원·이원섭, 2000, 「수도권 과밀해소 및 지방육성방안」, 국토연구원.
- 사공호상·박성미·김영표, 2000, 「인공위성 영상자료를 이용한 국토자원 분석방법에 관한 연구」, 국토연구원.
- 사공호상·임정호, 2003, “IKONOS 영상의 토지피복분류 방법에 관한 실증 연구”, 한국지리정보학회지, Vol. 6, No. 3.
- 사공호상·황승미, 2002, 「원격탐사와 GIS 연계활용방안 연구」, 국토연구원.
- 안철호, 1984, "LANDSAT Data에 의한 서울시에 있어서의 도시역변화의 추출". 한국측지학회지, 제 2권 제 1호.
- 연상호, 1985, LANDSAT DATA를 이용한 주요 도시역의 경년변화의 추출에 관한 연구, 서울대학교 석사학위 논문.
- 이병설, 丸山明好, 竹内章司(1984). "리모트센싱기법에 의한 서울대도시지역의 토지이용변화분석". 「대한지리학회지」 vol.30.
- 정재준, 2001, 수도권의 도시성장 분석 및 예측을 위한 셀룰라오토마타 모델링, 박사학위논문, 서울대학교.
- 최남희, 1995, 수도권 공간구조의 동태적 변화와 영향요인에 관한 연구, 성균관대학교, 박사학위논문.
- 召田 眞 編(1996), “景相生態學”, 朝倉書店.
- Anthony Gar-On Yeh and Xia Li(2001), "Measurement and Monitoring of Urban Sprawl in a Rapidly Growing Region Using Entropy", Photogrammetric Engineering & Remote Sensing vol.67, no.1.
- Anthony Gar-On Yeh, and Xia Li,(1996). "Urban growth management in the Pearl river

- delta: an integration remote sensing and GIS approach", ITC Journal, vol.1.
- Chen, J. and Z.Y. Qiu., 1990, "Integrated Utilization of Remote Sensing and GIS in Shshi's Urban General Planning". in Proceedings of the 11th Asia Remote Sensing Congress.
- Clarke, Keith C. and Gaydos, Leonard J.(1998), Loose-coupling a cellular automaton model and GIS: long-term growth prediction for San Francisco and Washington/ Baltimore, IJGIS, vol.12, no.7.
- Hans de Boruwer, Carlos R Vaelnzuela, Luz M Valencia and Koert Sijmons,(1990). "Rapid assessment of urban growth using GIS-RS techniques", ITC Journal, vol.3.
- Richards, J.M., D.A. Landgrake, and P.H. Swain, 1992, "A Means for Utilizing Ancillary Information in Multispectral Classification", Remote Sensing of Environment, Vol. 12 No. 3.
- R. Meaille and L. Wald(1990). "Using geographical information system and satellite imagery within numerical simulation of regional urban growth". Int. J. Geographical Information Systems, vol.4. no.4.

K C I

ABSTRACT

Characteristics of Urban Sprawl in Seoul Metropolitan Region: An Integration of Remote Sensing and GIS Approach

Hosnag Sakong

※ Keywords: GIS, Remote Sensing, Seoul Metropolitan Region, Urban Sprawl

This study shows how the urbanization of the Seoul Metropolitan Region(SMR) has progressed for the last 30 years and what its characteristics are. So far, the urbanization of the SMR has been analyzed through societal and economic indicators or statistical data. Here, however, the urbanization of the SMR is analyzed in the aspect of urban planning that places more emphasis on the spatial relation. More specifically, this study examines the urbanization of the SMR from the land use changes, accompanying to the urbanization, and the spread process and characteristics of the urbanized area.

In order to analyze the dynamic urbanization process of the SMR effectively, here, remote sensing and GIS techniques are used. The satellite images used are Landsat MSS and TM, which are a total of six from 1973 to 2000 for time series analysis.

The urbanization of the SMR began to expand to the satellite cities adjacent to Seoul in 1980s. The rapid expansion of urbanization has reached a climax with the construction of five new cities in the SMR since 1990. Although the urbanized area seems to have no specific direction and pattern regionally, it has regular direction and pattern when it is seen as a whole of the SMR. The development direction is closely related to the development condition. If we understand this relationship, we can predict the development direction.