

도시성장관리를 위한 공간구조의 확산-압축패턴 측정

Measurement of Urban Form in Urban Growth Management
: Urban Sprawl versus Compactness

임은선 국토연구원 국토정보연구센터 책임연구원 (제1연구자)

이종열 국토연구원 국토정보연구센터 소장

이희연 서울대학교 환경대학원 교수

※ 주요단어: 도시외연확산, 압축도시, 도시공간구조, 도시성장관리

목 차

I. 서론

II. 도시성장관리에서 공간구조에 대한 논의

1. 도시공간구조의 개념과 발달과정
2. 도시공간구조 측정에 관한 연구
3. 외연적 확산과 압축도시 개발에 대한 논의

III. 도시공간구조 측정을 위한 분석방법론

1. 도시확산-압축 패턴 측정지표
2. 거시적 측정을 위한 통계적 분석방법
3. 미시적 측정을 위한 GIS기반 공간분석방법

IV. 도시공간구조의 확산-압축 수준 측정

1. 경기도 시군의 확산-압축 수준 측정
2. 사례도시의 공간구조 패턴 측정
3. 도시공간구조의 모형화

V. 결론 및 시사점

I. 서론

최근 도시를 평면적으로 확산하는 저밀도·외연적 주거지 개발(Urban Sprawl)을 지양하고, 주거지 집단화를 통해 압축도시(Compact City)를 건설하려는 노력이 도시성장관리¹⁾의 새로운 정책 패러다임으로 대두되고 있다²⁾. 도시의 삶의 질에 관한 논의가 중요하게 다루어지면서 도시성장관리 정책 수단의 적정성에 대해서 상반된 견해가 대두되고 있다.

도시의 외연적 확산과 압축도시라는 공간구조의 양면성에 대한 논의가 쟁점을 이루고 있으나 둘 중 어느 것이 바람직하다고 단정지을 수 없는 문제다³⁾. 때문에 외국에서는 도시성장관리 측면에서 공간구조의 변화를 측정하려는 실증적인 연구가 활발히 이루어지고 있는 반면, 우리나라에서는 도시의 외연적 확산 또는 압축도시의 특성을 측정하려는 연구가 미미한 실정이다.

도시성장관리는 일정한 도시공간 내에서 성장을 억제하는 것이 아니라, 과도한 성장과 무질서한 확산으로 인해 발생할 수 있는 부작용을 최소화하고 도시성장을 바람직한 방향으로 유도하고 조정하는 정책수단에 관한 연구가 주를 이루고 있다. 박재길 등(2001)은 지속가능한 도시발전을 위

해서 개발밀도를 적정하게 제어할 성장관리수단의 필요성을 제시하였다. 현행 개발밀도 관리제도의 분석 및 바람직한 개발밀도관리방안을 모색하고 도시성장관리를 위한 개발밀도관리방안을 제시하였다⁴⁾. Burton, E.(2001)은 압축도시의 개념과 사회정의의 관련성을 분석하기 위하여 압축도시의 특성을 제시하였다. 압축도시를 측정할 수 있는 관련지표들을 이용하여 지속가능한 개발을 위하여 압축도시의 성취도를 측정함으로써, 도시의 압축도(Compactness) 측정을 위하여 변수 간의 상관관계를 분석하였다⁵⁾. Fulton, W. et al(2001)은 미국의 대도시를 대상으로 인구변화와 도시화면적 데이터를 이용하여 성장패턴을 측정하고 분류하였다. 지역별 도시성장의 특성을 분석하고 그 결과를 지도로 표현한 연구로, 도시지역의 확산과 도시의 인구밀도의 변화를 인구증가와 비교하여 측정하였다⁶⁾.

기존의 연구들은 도시성장관리를 위해 개발밀도에 대한 유연적인 정책이 필요함을 제시하고 성장관리에 필요한 수단들을 소개한 연구가 대부분이다. 도시성장관리 차원에서 도시공간구조가 외연적으로 확산하고 있는지, 압축도시로서의 특징을 가지는지를 파악할 수 있는 기초적인 측정지표들을 적용한 국내 연구는 미미하다. 특히 도시성

1) 도시성장관리(Urban Growth Management)는 합리적이고 지속가능한 도시발전을 위해 도시의 과도한 성장을 억제하여 부작용을 최소화하기 위한 일련의 수단이다. 도시성장관리는 경제성장과 환경보호와의 균형, 적절한 수준의 공공서비스의 제공, 도시기반시설의 제공 등에 대해 주요 관심을 가진다. 도시성장관리가 도시계획제도 측면에서 본격적으로 거론되기 시작한 것은 1960년대 말, 1970년대 초 미국에서부터이다.

2) 이왕권. 2003. 도시성장관리의 새로운 패러다임: 스마트 성장. 국토 256 : pp81-89.

3) Neuman, M. 2005. "The Compact City Fallacy". *Journal of Planning Education and Research* 25 : pp11-12.

4) 박재길 외 3인. 2001. 도시성장관리를 위한 개발밀도에 관한 연구. 경기 : 국토연구원.

5) Burton, E. 2001. "The Compact City and Social Justice". *Housing, Environment and Sustainability*.

6) Fulton, W. et al. 2001. "Who Sprawls Most? How Growth Patterns Differ Across the U.S.". *Center on Urban & Metropolitan Policy* : NW.

장관리 차원에 시사점을 줄 수 있는 방법론의 개발이나 사례적용에 대한 연구가 부족한 편이다.

또한 외국의 도시공간구조 형태나 측정지표는 우리나라 실정에 부합되지 않는 경우가 많기 때문에 우리나라 도시성장의 특성을 반영한 공간구조 측정방법이 연구되어야 한다. 특히, 도시공간구조의 분석은 단순히 통계데이터에 의존한 계량분석으로는 한계가 있는 반면, 각종 지도와 GIS기반 공간분석방법을 도입하면 효율적으로 공간구조의 특성을 분석할 수 있다. 도시의 공간구조가 외연적으로 확산된 스포플패턴인지 또는 압축패턴인지를 측정하기 위해서 시공간데이터와 GIS기반 공간분석방법론을 적극적으로 활용할 수 있다. 예를 들어, 도시의 종합적인 밀도, 도로망의 구조, 시간에 따른 토지이용의 변화 등은 GIS를 활용하면 효과적으로 측정 가능하다⁷⁾.

이 연구의 목적은 도시공간구조를 분석하기 위해 도시의 확산과 압축 수준을 측정할 수 있는 지표를 선정하고, 도시성장 유형을 외연확산형과 압축형 도시로 구분하는 등 공간구조를 측정할 수 있는 방법론을 정립하는 것이다. 공간데이터를 이용하여 공간구조의 특성을 측정하고 그 결과를 도시성장관리 측면에서 어떻게 활용할 수 있는지 시사점을 도출하는 것이다. 공간구조의 측정은 거시

적 차원과 미시적 차원에서 분석하며, 특히 미시적 차원에서 GIS의 각종 공간분석기법을 적용하여 도시공간구조의 패턴을 규명하고 3차원의 그래픽 모델로 제시하는 것이다.

정보화 수준이 고도화됨에 따라 GIS를 이용하여 공간분석을 하고 각종 정책에 필요한 부가가치 높은 정보를 산출하는 데 좋은 환경이 오고 있다. 이 연구를 통해 GIS기술을 기반으로 한 도시공간구조 측정방법을 도출함으로써, 도시성장관리 측면에서 각종 사업에 대한 공간변화를 시뮬레이션하는 데 활용할 수 있는 방법론으로 활용될 수 있을 것이다.

II. 도시성장관리에서 공간구조에 대한 논의

1. 도시공간구조의 개념과 발달과정

도시공간구조(Urban Spatial Structure)에 대한 개념은 연구자의 학문적 배경이나 접근방법에 따라 다양하게 정의된다. Bourne(1982)는 도시공간 요소들 간의 형태(Urban Form), 요소들 간의 상호관계(Interaction)를 공간구조를 형성하는 구성원리로 보았다⁸⁾. Dicken과 Hepple(1990)은 도시공간구조를 인구, 고용, 자본, 도시하부구조 등

7) 도시공간구조 측정에 GIS기반 공간분석방법을 활용하면 기존의 통계자료 위주 서술적 분석방법의 한계를 극복할 수 있다. GIS를 이용하여 행정구역단위보다 상세한 공간단위를 구축하고 각종 공간통계분석방법을 이용하면, 국지적인 토지이용행태의 특징이나 개발밀도에 대한 세부적인 공간구조의 변화나 특징을 나타낼 수 있다.

8) Bourne, L. S. 1982. "Urban Spatial Structure: An Introductory Essay on Concepts and Criteria" in L. S. Bourne(ed.), *Internal Structure of the City*. New York : Oxford University Press : pp28-45. Bourne는 도시공간구조를 하나의 공간체계(A Spatial System)로 보고 있으며, 공간구조를 설명하기 위해 핵(Nucleus), 체계의 영역, 하위체계인 요소(Elements), 조직원리, 체계의 행태, 외부 환경, 시간 경로를 제시하였다. 특히 도시체계 내 요소의 조정, 상호관계, 행태를 결정하는 일련의 규칙과 규제인 조직원리(Organizing Principle)란 개념을 통해 도시공간구조의 형성과정을 설명하였다. 그는 공간구조를 형성하는 조직원리는 경쟁적 토지시장, 정부와 공공제도의 기능, 사회행태상 수용된 규범과의 상호작용 메커니즘에 의해 형성되는 것이라고 주장하여 도시공간구조를 단지 물리적 배치로만 보아온 전통적 관점을 크게 확대시켰다.

을 포함하는 다양한 지역적 집합체의 분포상태로 간주하고 있다⁹⁾. Bunge(1962)는 다양한 현상들이 상호작용하는 공간과정에서 산출된 지표현상의 배열이라고 주장하였고¹⁰⁾, Nystuen(1963)은 공간구조란 방향, 거리, 연결성이 상호작용하여 이룬 개념적 공간이라고 보았다¹¹⁾.

한편 Alber 외 2인(1971)은 공간구조란 공간분포의 입지적 조직이라고 인식하고 있고¹²⁾, Dollfus와 Dastes(1975)는 공간구조란 분포와 국지적인 지역화를 나타내는 결속력을 지닌 요소들의 결합으로 된 일련의 공간세트라고 보고 있다¹³⁾. Haggett 외 2인(1977)은 공간구조는 사람이나 이동, 교통로, 결절, 계층, 경향면, 확산 등의 단계를 거쳐 구조화된 공간이라고 인식하였다¹⁴⁾. 또한 Morrill과 Dormitzer(1979)는 거리, 규모, 형상, 상대적 입지, 접근성 등의 변수들이 공간구조의 구성요소라고 보았다¹⁵⁾.

학자마다의 개념을 종합해보면 도시공간구조란 도시의 구성 요소들과 그들이 맺고 있는 기능적 관계 및 분포패턴을 지칭하는 것이다. 공간상에 나타나는 다양한 현상들이 질서를 이루면서 일련의 관계를 맺고 입지적으로 배열을 이루는 형태라고 볼 수 있다. 인간과 물자 및 정보 등 요소들

의 상호작용에 의해 형성된 공간관계가 안정된 틀을 가지고 있으며, 구성 요소들 간의 순환적·인과적 관계가 공간에 반영된 것이다.

도시공간구조는 도시화(Urbanization) 과정 속에서 형성된다. 도시화는 물리적·공간적·사회적·경제적 변화를 수반하는 전체적인 변모의 과정이다. 즉, '비도시지역이 도시적 성격의 지역으로 변화되는 것' 또는 '어떤 지역에 도시적 요소가 점차 늘어나는 과정'이다.¹⁶⁾ 도시화는 지리적 의미에서 공간화과정(Spatial Process)으로서의 의미가 크며, 4가지의 공간질서 형성과정으로 해석할 수 있다. 특정지역에 대한 공간적 집중화(Spatial Concentration)과정, 접근성(Accessibility)증대과정, 중심지로부터 주변지역으로의 확산(Diffusion)과정, 인간정주체계(Human Settlement System)의 형성과정을 경험한다. 특히 도시화는 접근성의 증대에 의한 일상생활권의 대폭적인 확대를 초래하여, 도시지역이 공간적으로 확대되는 도시팽창(Urban Sprawl)의 과정을 의미한다.

이러한 도시의 공간구조가 형성되고 변화되는 지배적인 법칙성, 즉 도시공간구조가 형성되는 원리에 대하여 Bourne는 세 가지 원리¹⁷⁾를 제시하

9) Dicken, P and Hepple, P. E. 1990. *Location in space*. Harper collins publishers. Inc.

10) Bunge, W. 1962. *Theoretical Geography*, Lund, C. W. K. Gleup : p211.

11) Nystuen, J. D. 1963. "Identification of some fundamental spatial concepts". Papers of the Michigan Academy of Science, Arts, and Letters, Vol 48 : p379.

12) Abler, R. F. J. S. Adams and P. R. Gould. 1971. *Spatial Organization: The Geographer's View of the World*. Englewood Cliffs. Prentice-Hall : p60.

13) Dollfus, O. & Dastes, F. D. 1975. "Some remarks on the notions of 'Structure' and 'System' in Geography", *Geoforum* Vol 6 : p85.

14) Haggett, P. Cliff, A. D. and Frey, A. 1977. *Locational Analysis in Human Geography*. London : Edward Arnold.

15) Morrill, R. L. & Dormitzer, J. M. 1979. *Spatial Order*. North Scituate. Mass. Duxbury Press : pp360-368.

16) 김안제·노용희·최상철. 1986. 도시행정론 : p14.

<표 1> 도시공간구조를 비교·평가하는 기준이 되는 측정지표

수준	측정지표	설명
배경, 환경 (Context)	시간	발전 시기와 장소
	기능적 특징	지배적인 생산 방식과 형태(예: 서비스 센터 vs 광산촌, 사회주의 국가의 도시 vs 자본주의 국가의 도시)
	외부 환경	도시에 착근된 사회경제학적, 문화적 환경
	상대적 입지	상위 도시 시스템 속에서의 위치(예: 중심-주변의 대비)
거시적 형태 (Macro-form)	규모	지역, 인구, 경제 기반, 소득 등의 규모
	형태	도시 영역의 지리적 형태
	대지 및 정밀사진	도시가 세워진 기반의 물리적 경관
	교통망	교통시스템의 형태와 구성
내부형태 및 기능 (Internal Form and Function)	밀도	평균 밀도, 밀도변화(예: 인구)
	균질성	용도, 활동, 사회 계층의 혼합(분리) 정도
	집중성	용도, 활동 등이 도심 주변에 구역으로 조직된 정도
	지구	용도, 활동 등이 도심 주변에 선형으로 조직된 정도
	접촉 용이성	도시의 결절점이나 하위지구가 교통망이나 사회적 상호작용으로 연결되는 정도
	방향성	상호작용의 패턴에 있어서 특정 방향성 정도(예: 주거 이동)
	적합성	기능과 형태의 일치 정도
	대체성	한 가지 기능을 위한 도시 형태가 다른 기능으로 사용되는 정도(예: 건물, 영역, 공공용도)
조직화와 행동 (Organization and Behavior)	조직화의 원리	공간 분류와 통합의 기본적 메커니즘
	인공지능의 특성	피드백의 정도; 변화에 대한 형태의 민감성
	규제 메커니즘	감시와 통제의 내부적 수단 (예: 용도지역제, 건축규제, 금융 제한)
	목표 지향성	도시구조가 우선 목표를 향해 발전해가는 정도

출처: Bourne, L. S. 1982. "Urban Spatial Structure: An Introductory Essay on Concepts and Criteria" in L. S. Bourne(ed.), *Internal Structure of the City*. New York : Oxford University Press : p41.

17) ① 청사진 원리(Blueprint Principle) : 명확하게 예정된 계획적인 과정으로서 신도시의 경우처럼 도시 내 공간구조가 미리 배정된 법칙과 설계에 의해 형성되고 변화되는 원리, ② 과정적 원리(Process Principle): 도시공간구조의 점진적인 진화과정으로서 시행착오를 거치면서 적응을 통해 발전해 간다는 원리, ③ 관계성의 원리(Relation Principle): 도시공간구조가 최소노력, 거리저항의 최소화, 엔트로피 극대화와 같은 물리적 관계성의 조합에 의하여 형성된다는 원리(Muth, R. F. 1985 : pp604-605. 최남희. 1997 : p267에서 재인용).

었다. 도시공간구조는 어떤 하나의 요인에 의해 형성되는 것이 아니라 도시의 인구증가, 교통통신의 발달, 주민의 사회적 행태변화, 도시의 성격변화, 정부의 정책변화 등 경제·사회·정책적 요인 등 여러 가지 복합적 요인들에 의해 형성된다. 도시공간구조는 시간의 흐름에 따라 동태적으로 변화하게 되는데 공간구조 변화의 의미를 살펴보면, 생태학적 측면은 주거지의 분화(교외화)방향과 토지이용의 구조적 특성이 달라지는 것을 의미하며, 도시경제학적 측면에서는 지대와 교통투입 간의 조합에 의해 토지이용패턴이 달라지는 것이다¹⁸⁾. 공간통계학의 입장에서는 중심점의 이동, 분포의 집중분산, 밀도 경사함수의 경사성이 달라지는 것을 의미한다.

2. 도시공간구조 측정에 관한 연구

많은 학자들이 도시의 공간구조를 분석하기 위해 사용된 측정지표를 살펴보면, 밀도 및 밀도 경사, 기능분포, 분산도, 상호연관관계, 규모 등 외에 여러 지표가 도입되었다. 우리나라의 경우 특정도시를 사례로 도시공간구조를 분석하기 위해 사용한 변수들로는 인구수, 지가, 업무용 전화 가입자수, 음식점점·병원·금융기관 등 서비스 기능의 공간분포 자료, 사무실 면적, 통행량 등의 자료가 사용되었다.

공간구조측정 방법으로는 로렌츠 곡선과 관련 계수, 중심성측정치, 밀도경사도측정치 등 도시 형태 측정기법, 상호연관관계, 집중 정도, 영향력, 공간구조형태 및 공간이용패턴과의 상호작용

분석 등의 방법이 사용되었다. 이와 같이 공간구조를 측정하기 위해 사용된 지표들이 매우 다양하며, 공간구조에 대한 판별기준도 다양하게 논의되고 있다.

Bourne(1982)이 제시한 도시 간 공간구조를 연구하고 평가하는 틀을 제공하기 위해 제시한 기준 및 측정지표를 보면 <표 1>과 같다. 도시의 내부적 형태 및 기능, 그리고 도시의 공간구조를 형성해 나가는 조직과 행태원리를 들고, 20개의 기준과 측정지표를 구분하였다. 그러나 실증적으로 거시적인 측면에서 도시별 공간구조의 특성을 비교하는 경우 가장 흔하게 사용되고 있는 측정 지표로는 크게 인구밀도, 인구밀도 경사도 및 율곡도를 구축하여 사용하고 있다. 먼저 인구밀도 지표는 도시의 토지 소비수준을 측정하는 것으로 도시별 평균 인구밀도 지표를 통해 인구밀도가 높은 도시일수록 개인당 토지소비면적이 적음을 알려준다. 그러나 이 경우 인구밀도를 측정할 때 도시의 행정구역 면적보다는 시가화된 면적을 기준으로 하여야만 도시 간 인구밀도를 비교하는데 정확한 지표로 활용될 수 있다. 인구밀도를 도시 공간구조를 파악하는 데 사용하고 있는 중요한 이유는 지표를 측정하는 것이 용이하기 때문이지만, 인구밀도 자체가 토지시장, 지형, 정부의 정책 등이 복잡하게 상호작용하면서 이루어진 것임을 반영해 주기 때문이다.

3. 외연적 확산과 압축도시 개발에 대한 논의

도시의 외연적 확산은 도시 스스로가 방향성

18) 김타열. 1992. 도시성장과 도시공간구조의 관계 연구 : pp72-96.

을 지니고 교외지역을 발전시킨 결과로 나타난 공간패턴이라고 이해하는 관점이 있고, 거대도시의 주변부에 발달한 저밀도의 주거지로 이해되기도 한다¹⁹⁾. 일반적으로 도시의 외연적 확산을 크게 네 가지 측면에서 정의한다.

낮은 토지이용밀도, 분산된 개발, 파편화된 개발(Strip), 비지적 개발로 정의하곤 한다. 반면, 도시의 압축패턴은 고밀도 혹은 단핵개발이라고 정의하기도 한다.²⁰⁾ 그러나 도시의 외연적 확산에 대한 일치된 정의를 내리는 것은 매우 어려운 일이다. ‘스프롤 현상’은 정확히 표현하기 어려운 용어다.

Neuman(2005)은 미국에서 나타나는 도시의 외연적 확산과 압축개발의 특성을 <표 2>와 같이 정의하였다. 도시성장관리의 궁극적 목표는 사실상 지속가능한 도시발전에 있다고 전제할 때 서구의 많은 도시들은 지속가능한 도시발전을 압축도시(Compact City)에서 찾고 있다.

압축도시는 무질서한 개발확산(Sprawl)에 대응하기 위한 도시개발모형으로 제기된 것이다. 개발확산은 일반적으로 비지형 개발(Leap-frog Development), 산재형 개발(Scattered Development), 대상형 개발(Strip Development)이 주를 이루나 유럽과 미국에서는 여기에 덧붙여 사회적 비용을 크게 초래하는 저밀도 혹은 주거 등 단일 용도로의 특화된 개발을 문제시하고 있다²¹⁾. 압축

도시(Compact City)는 고용집적과 주거지 집단

<표 2> 도시의 외연적 확산과 압축개발의 특성

도시외연적 확산 특성
1. 낮은 주거 밀도
2. 제한되지 않은 새로운 개발의 외부 확산
3. 구역제에 의해 다른 유형 토지이용의 공간적 분리
4. 비지적 개발
5. 집중화되지 않은 토지 소유 혹은 토지개발계획
6. 개인 소유의 자가용에 영향을 받는 교통
7. 많은 지방정부 간 토지이용의 지배권 분열
8. 지방정부의 재정 능력 간의 큰 차이
9. 주요 도로를 따라 발생하는 넓은 상업지구 개발
10. 저소득가구를 위한 주거제공 과정에 대한 신뢰

압축도시 특성
1. 높은 거주 밀도와 고용 밀도
2. 토지이용의 혼합
3. 토지이용의 Fine Grain(다양한 이용으로의 접근성과 상대적으로 작은 규모의 토지 필지)
4. 증가된 사회적·경제적 상호작용
5. 끊임없는 개발(일부 필지 및 건물들은 비어 있거나 버려지거나 주차공간이 됨)
6. 억제된 도시 개발, 법적 한계
7. 도시기반시설 확충, 특히 하수 설비 및 상하수도관
8. 다양한 교통시설
9. 높은 접근성: Local/Regional
10. 높은 도로 연결성(내부적/외부적), 보도와 자전거 도로를 포함
11. 높은 불침투성의 표면 포장
12. 낮은 공지 비율
13. 토지개발계획의 단일 통제 혹은 공동 작용된 통제
14. 도시시설과 기반시설에 자금을 조달할 수 있는 충분한 정부 재정능력

출처: Neuman. 2005. The Compact City Fallacy.

19) 여러 문헌들에 언급된 바로는 인구의 증가가 있든 없든 관계없이 모든 종류의 근교형 성장을 스프롤로 간주하기도 한다.

20) Gordon과 Richardson. 1997. Ewing. 1997은 토지이용의 혼용뿐만 아니라 고용과 주거의 집중을 의미하였다. Anderson 외. 1996은 도시의 압축에도 단핵·다핵형태가 모두 존재한다고 정의하였다. Bertaud· Malpezzi.1999는 CBD까지의 평균 거리와 개발 분포가 동일하다고 가정된 원형 도시에서의 거리와의 비율을 이용하였다. Galster 외. 2001은 개발지역을 군집시키고 주변 지역의 개발을 최소화하는 것으로 표현하였다.

21) Reid Ewing. "1997. Is Los Angeles Style Sprawl Desirable?". *Journal Of The American Planning Association* 63(1) : p108.

화(Clustering) 및 혼합토지이용을 핵심으로 하고 있다. 그 자체가 고밀개발을 지향하거나 단핵개발을 주장하는 것은 아니지만 주거지를 집산화하여 저밀도를 지양하고자 개발밀도를 어느 정도 향상시키는 것을 함축하고 있다. 도시성장관리의 주요 기법 중 하나인 기반시설의 연동(Concurrency)도 사실은 압축도시의 연장선에서 활용되는 수법이다.²²⁾

많은 계획가들이 현재의 도시성장이 외연적으로 확산되고 있는 현실을 직면하면서 ‘압축도시’를 이상적인 도시 형태로 인식하고 있다. 압축도시에서는 도심재생, 농촌지역의 개발 억제, 고밀도, 복합용도 개발, 대중교통 장려를 의미하고 있지만, 아직까지 압축도시에 대한 합의된 정의가 내려져 있는 것은 아니며, 사용하는 학자들마다 다소 다른 함의로 사용하고 있다.

그러나 일반적으로 공간구조적 접근에서의 압축형 도시는 단핵형 패턴 또는 다핵형의 분산된 집중형 패턴을 강조하고 있으며, 반대로 저밀도라는 이미지로서 ‘Sprawl’형이라고 불리는 확산형 도시공간구조는 대상(帶狀), 산재형(散在形), 도약형의 개발이 이루어진 경우들을 포함하고 있다.

압축도시를 장려하는 것이 과연 가치 있는 것인가에 대해 많은 논의가 이루어지고 있다. 도시의 외연적 확산을 방지하기 위해 현실적인 편익은 거의 없으면서 밀집된 도시에서 생활해야 하고 필요보다 과도한 방지정책으로 삶의 질이 더 나빠진다면 과연 압축형 도시형성을 위한 정책이 필요한

것인가라는 근본적인 질문들도 나올 것이다.

따라서 과도한 도시의 외연적 확산을 일으키는 원동력에 대한 이해와 적절한 개선책에 대한 논의가 필요하다. 도시의 외연적 확산을 저지 또는 방지하기 위한 정책을 펼 때에는 무엇보다도 도시의 외연적 확산을 일으키는 원동력과 그 메커니즘에 대해서 논의되어야 할 것이다.

III. 도시공간구조 측정을 위한 분석방법론

1. 도시확산-압축 패턴 측정지표

국내의 14개의 연구성과에서 파악한 도시확산 및 압축 패턴 측정 지표를 <표 3>에 수록하였다²³⁾. 가장 많이 이용된 지표는 인구밀도나 주택밀도다. 토지용도면적의 변화나 인구증가에 따른 도로면적 증가율 등을 지표로 하여 난개발 현상 또는 도시의 확산 수준을 측정하는 연구도 있다.

압축형 도시공간구조를 측정하기 위한 연구는 2000년에 들어서면서 주로 미국을 비롯한 서구 선진국가들에서 매우 활발하게 이루어졌으며, 국내에는 압축형 도시를 측정하는 연구성과가 없었다.

압축형 도시를 측정하기 위해 사용된 가장 대표적인 지표는 인구밀도 지표, 혼합적 토지이용 지표, 대중교통 이용률 관련 지표, 그리고 토지이용의 강도 등이다.

22) 박재길 외 3인. 2001. 도시성장관리를 위한 개발밀도에 관한 연구. 국토연구원 : p8.

23) 정현욱 외 1인. 2003, 사공호상. 2004, 하성규 외 1인. 2005, 김철홍 외 2인. 2002, 서순탁. 2000, 조재성. 2002, Nelson. 1999, Brueker. 2000, Smart Growth America. 2002, USA Today, Sierra Club, Galster et al. 2001 etc. Neuman, M. 2005, Burton, E. 2001, compact city policy(www.rdg.ac.uk), Kaji Hideki. 2003, Burton, E. 1999 etc.

<표 3> 도시확산과 압축 패턴 측정지표 사례

횟수	도시확산 측정지표	지표분류	압축도시 측정지표	횟수	
4	인구밀도 또는 주택밀도	주택 및 인구 관련지표	인구밀도	6	
2	인구증가율		주택밀도	2	
1	인구이동				
2	교통흐름 관련 지표	기반시설 관련지표	높은 대중교통이용률	2	
1	도로네트워크 접근성		하수급수 등 도시기반시설	1	
			다수단 대중교통	1	
			대중교통 연결성	1	
1	기반시설 지출비용		접근성	1	
			도로연결성	1	
			비투수성 포장비용	1	
2	도시화지역	시가화면적 및 토지이용 관련지표	서비스 및 기반시설들	1	
4	토지증가율 vs 인구증가율		성장경계 내 내충적 개발	2	
3	농지 및 숲 보존지표(API)		용도 혼합	5	
1	준농림지역 중 도시적 용도로 이용되는 토지면적		토지이용 강도	2	
1	농업용에서 도시용으로 토지용 도전환		토지이용의 세분화	1	
1	시가화면적 거주인구비율		낮은 공지비율	1	
2	용도혼합		연속적 개발	1	
2	고용분산도		개발가능한 역 주변 공간	1	
2	토지가격		고용밀도	1	
1	공장/제조장의 입지분포 분석		사회경제적 상호작용	1	
2	중심성	산업 및 경제 관련지표	사회적 정의	1	
1	연속성		도시구조 관련지표	직주균형 위계적 도시구조	2
1	근접성			중심지 활성화	1
1	집중성			명확한 장소성	1
1	다핵성			부도심 밀도	1

2. 거시적 측정을 위한 통계적 분석방법

이 연구에서는 거시적 관점에서 개개 도시의 공간구조가 확산형인지 또는 압축형인지를 비교적 간단하게 측정하기 위하여 네 가지 유형의 지표를 사용하였다.

1) 도시의 불균형 수준 측정지표²⁴⁾

도시공간구조를 측정하는 지표로 가장 흔하게 사용되는 지표는 도시 내의 인구 또는 고용의 불균형 수준을 측정하는 것이다. 인구분포의 불균형 정도를 측정하기 위해 일반적으로 소득의 불균형 수준을 측정하는 지니(Gini) 계수를 사용하고 있다²⁵⁾. 만일 지니계수 값이 상당히 높게 산출된 도시라면

24) ① 상이성 지수(Dissimilarity): 각 동(洞)별 면적 비율에서 인구 비율을 뺀 값을 절대화한 후 그 값의 합을 1/2로 나누어 산출
 ② 지니의 집중도 비율(Gini's Concentration Ratio) 계수: 지니의 집중도 비율은 로렌즈 곡선과 완전균형선 사이의 '집중면적'을 측정하는 계수. 이 면적은 완전평균선과 좌표축에 의해 만들어진 삼각형에 대한 비율로 계산되어진다. 따라서 '집중면적'의 범위는 0에서 1까지이다.
 ③ 타일(Theil) 지수: 타일지수는 도시 내 동별 인구분포의 불균형 정도를 측정하는 지표, 그룹 간과 그룹 내의 불균형을 함께 고려하는 지표로 각 하위그룹 내에서의 불균형 정도를 가중치를 두어서 전체 불균형 수준을 측정한다.
 25) 로렌즈 곡선의 완전균형선에 대한 실질적인 소득분포를 바탕으로 소득불균형을 측정하는 데 사용되는 지니계수를 통해 특정 도시의 인구 또는 고용분포의 불균형 또는 집중도를 측정할 수 있다.

그 도시의 인구가 매우 불균형하게 분포되었음을 말해주며, 반대로 지니계수 값이 '0'에 가까울 정도로 매우 낮게 나타났다면, 이 도시의 인구는 매우 균등하게 분포되어 있음을 말해준다. 따라서 만일 도시가 확산형(Sprawl) 구조라면 지니계수 값이 상대적으로 낮게 나타날 것이며, 압축형(Compact) 구조라면 지니계수 값이 높게 나타날 것으로 보는 것이다.

그러나 지니계수는 도시 내 동별 인구분포의 불균형 정도를 측정하는 지표로, 이러한 불균형 수준에 대한 세부적 정보를 제공하지는 못한다. 즉, 어떻게 불균형 수준이 도출되었는가에 대한 정보를 알려주지 못한다. 이러한 점을 보완하기 위해 개발된 지수가 타일(Theil) 지수다. 타일 지수는 불평등 수준을 그룹 내의 요인과 그룹 간의 요인으로 분해하여 보여줄 수 있다는 장점을 지니고 있다.

2) 도시의 분산도 수준 측정지표

각 도시의 인구 분산도 또는 집중도를 측정할 때 엔트로피(Entropy)²⁶⁾ 지수가 사용될 수 있다. 이 지수는 Shannon의 정보이론(Information Theory)을 토대로 하고 있다. 최대 엔트로피(H_{max})란 각 동에 인구가 균등하게 분포되어 있다고 가정할 경우의 값을 의미한다. 특정도시를 대상으로 하여 분산 또는 집중 경향을 시계열적으로 분석하는 경우에는 절대 엔트로피를 사용할 수 있

으나, 여러 도시들을 비교하는 경우 각 도시의 동의 수에 따라 엔트로피 값이 영향을 받기 때문에 상대 엔트로피를 산출하여 비교하여야 한다.

상대 엔트로피 지수는 Shannon과 Theil 지수로부터 유도된 것으로, 각 도시들을 비교하는 경우 각 도시들의 행정동의 수에 영향을 받지 않기 때문에 각 도시들의 확산-압축 수준을 비교하는데 적합하다. Theil(1967)에 의해 고안된 상대 엔트로피(R^*)는 최대엔트로피와의 차로 계산한다 ($R^* = H_{max} - H$). R^* 의 값이 0에 가까울수록 매우 균등하게 분산된 패턴을 나타내며, R^* 값이 증가할수록 집중된 패턴을 나타내는 것이라고 해석할 수 있다. 따라서 R^* 값이 0에 가까울수록 확산된 구조라고 볼 수 있으며, R^* 값이 커질수록 압축된 구조라고 볼 수 있다.

3) 도시의 군집도 수준 측정지표

높은 인구밀도를 나타내는 동이나 인구수가 상대적으로 많은 동들이 군집(Clustering)되었는지, 또는 임의적(Random)인 분포를 보이는지에 대한 정보를 측정하기 위해 사용될 수 있는 방법은 Moran 지수(Moran I)²⁷⁾다. 전역적(Global) Moran 지수는 공간적 자기상관 정도를 측정하기 위해 개발된 지수이지만 도시공간구조의 군집도를 측정하는데도 활용되고 있다. 인접한 지역과의 공분산 정도를 측정하기 때문에 높은 인구밀도를 가진 동들이 군집되어 있는가를 측정하는 데 매우 유용하다.

26) $H = -\sum_{i=1}^n P_i \ln(1/P_i) = -\sum_{i=1}^n P_i \ln P_i$ $H_{max} = -\sum_{i=1}^n \frac{1}{n} \ln \frac{1}{n} = \ln n$ P_i : 각 동의 인구비율, n : 동의 수, H_{max} : 엔트로피 최대값

27) $I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})}{(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}) \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$ 여기서 N : 동의 수, X_i : i 동의 인구수, X_j : j 동의 인구수, \bar{X} : 평균 인구수, W_{ij} : i, j 동의 가중치

뿐만 아니라 모란 지수를 통하여 단핵구조인지 아니면 다핵구조인지, 또는 분산된 확산형, 집중된 분산형인지 또는 비지적 형태인가에 대해서도 어느 정도 식별 가능하다. 일반적으로 모란 지수를 산출하는 경우 '인접성'을 가중치로 두고 산출하나, 이 연구에서는 군집도 수준을 측정하는 데 초점을 두었기 때문에 각 동들 간에 거리의 역수를 가중치로 두었다. 일반적으로 모란 지수의 값은 -1~1 사이의 값을 갖게 되는데, 1의 값에 가까울수록 고밀도 동들이 서로 군집되어 있음을 나타내며, 0값에 가까울수록 고밀도 동들이 임의적으로 분포하고 있음을 말해준다.

4) 도시의 평균편차거리 측정지표

모란 지수가 동일하게 나타난 경우라도 도시공간구조 형태는 다르게 나타날 수 있다. 이는 군집하고 있는 동들의 상대적인 위치에 따라서 공간구조의 형태는 달라질 수 있기 때문이다. 즉, 모란 지수로는 고밀도의 동들이 보다 도심지에 가까운 곳에서 군집하고 있는지, 아니면 보다 외곽지역에 고밀도 동들이 군집되어 있는지에 대한 정보를 줄 수 없다. 이러한 점을 보완해줄 수 있는 지표로 본 연구에서는 평균편차거리(Mean of Deviation Distance)²⁸⁾ 지표를 사용하였다. 평균편차거리는 인구중심점(Weighted Centroid)으로부터 각 동

들과의 거리와 인구를 함께 고려하여 공간구조의 특성을 측정하는 것이다. 평균편차거리가 작을수록 인구중심점에 가깝게 집중된 분포라고 볼 수 있으며, 평균편차거리가 클수록 인구분포가 널리 분산되어 있다고 볼 수 있다. 그러나 평균편차거리는 각 도시 단위지역의 분할 크기와 수에 영향을 받기 때문에 대도시들이 소도시보다 평균편차거리 값이 더 크게 산출되는 경향이 있다. 각 도시의 평균편차거리는 인구 중심점으로부터 어느 정도 떨어져 있는 동들에 인구들이 어떻게 분포되어 있는가를 측정할 수 있는 지표이기 때문에 상대적 분산도를 알 수 있다. 같은 모란 지수를 보이더라도 평균편차거리에 따라 공간구조가 어떻게 차이가 나는가를 비교할 수 있다.

3. 미시적 측정을 위한 GIS기반 공간분석방법

1) 공간분석을 위한 데이터 구축

도시의 공간구조 측정을 위해서는 보다 상세한 인구분포에 대한 정보를 이용하여 인구밀도를 분석할 필요가 있다²⁹⁾. 이 연구에서는 인구밀도의 분포를 분석하기 위해서 필지와 건축물정보를 활용하였다. 현재 취득가능한 필지와 건축물 정보는 자료의 정확도와 최신성 등의 한계를 가지고 있는 실정이다³⁰⁾. 이 연구에서는 필지데이터에 건축물 연

28)

$$Md = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n p_i (x_i - \bar{X})^2}{\sum_{i=1}^n p_i} + \frac{\sum_{i=1}^n p_i (y_i - \bar{Y})^2}{\sum_{i=1}^n p_i}} \quad x_i, y_i \text{는 각 동의 중심점 좌표, } p_i \text{는 각 동의 인구수}$$

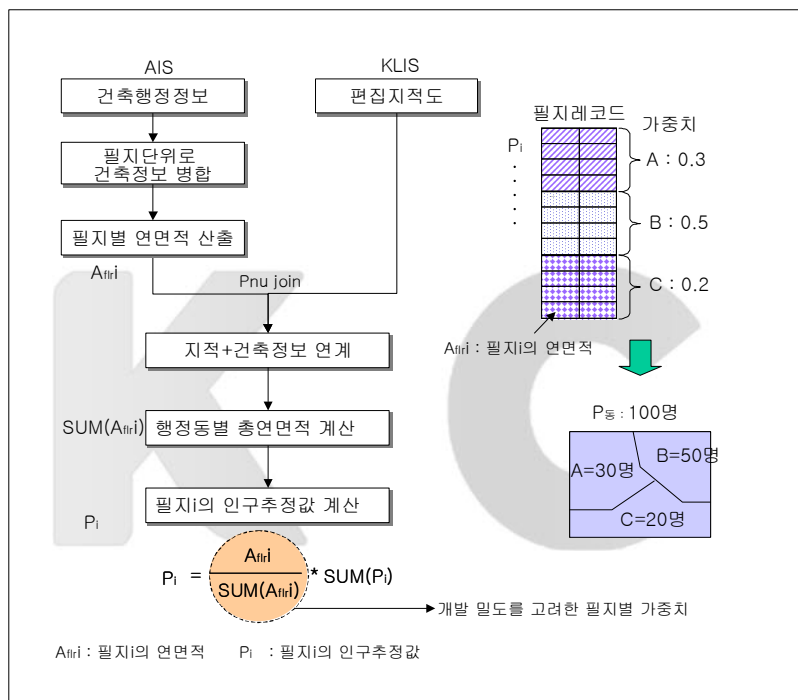
29) 현재 우리나라에서 실제 인구분포에 대해 얻을 수 있는 최소 단위정보는 통계청에서 제작하고 있는 통계 기초단위구다. 그러나 지금까지는 통계기초단위구 인구데이터가 공표되지 않은 상태이며, 이를 활용하려면 다소 시간이 걸릴 것으로 예상된다.

30) 이 연구에서는 한국토지정보시스템(KLIS)의 편집지적도의 지번정보와 건축행정정보시스템(AIS)의 건축물 대장 정보를 이용하

면적 데이터를 접목하고 이를 가중치로 삼아 동별 인구를 각 필지단위에 배분하였다. 개별 필지정보와 건축물대장정보를 연계하는 방법은 <그림 1>과 같다. 건축물 정보의 시군구코드와 번지정보, 토지이용구분정보를 이용하여 새로운 PNU코드³¹⁾를 생성하여 자료 간 연계 속성으로 사용하였다. 건축물 정보는 개별 건축동에 대한 정보이기 때문에 필지정보와 연계하기 위해서 동일한 지번 내에 있는

건축물에 대한 정보는 합계를 하여 필지에 값을 부여하였다. 다음으로는 각 필지별 인구분포를 추정하기 위해 필지별 가중치를 산정한다. 필지별 가중치는 행정동별 연면적 합에 대한 필지의 연면적 비율로 계산하며, 행정동의 인구에 가중치를 곱하여 필지별 인구를 배분하였다. 배분된 인구자료는 실제 인구밀도를 계산하는 기초자료로 활용한다. 또한 토지이용도³²⁾는 건축행정정보에 있는 건축물

<그림 1> 개발밀도를 활용한 필지별 인구배분방법



여 각 필지의 개발밀도를 토대로 인구분포와 토지이용현황을 분석하였다. 두 데이터를 연결하여 사용할 때 건축행정정보 자체의 정보 누락문제와 편집지적도가 갱신되지 않은 등의 문제로 데이터의 연계 시 누락물이 상당히 나타났으나 이 연구는 1km² 격자 내의 인구밀도와 토지의 용도를 측정하는 데 사용하였기 때문에 누락 데이터가 연구결과에 큰 오류를 가져오는 것은 아니다. 개별 행정동 인구를 1km² 격자로 배분하는 단계에서 연면적으로 가중치를 적용하는 중규모(Meso Scale) 차원의 분석이다. 그러나 개별 건축물 정보를 활용한 미시적인 공간구조의 특징을 연구할 때 개별 건축물정보를 이용할 경우라면 건축물의 층수, 용도, 연면적의 정확도 문제는 해결되어야 할 것이다.

31) PNU = 시군구(5) + 읍면동(5) + 구분(1) + 본번(4) + 부번(4)

32) 이 연구에서 입수된 필지정보의 코드는 최신 자료로 갱신이 되지 않은 상태이기 때문에 공시지가의 지역코드와 일치하지 않는 등의 문제가 있어서 공시지가 정보의 용도자료를 활용할 수 없었다. 보다 상세한 토지이용분석을 위해서는 공시지가 활용을 위한 데이터 정비가 필요하다.

주용도를 이용하여 건축물이 점유하고 있는 필지의 용도로 분류하였다. 건축행정정보에서 관리하고 있는 주용도를 주거와 비주거로 구분하고, 비주거는 좀 더 세부적으로는 주거, 상업, 업무, 공업, 공공, 도로 및 녹지로 구분하여 사용하였다.

2) 도시공간형상의 정량화 분석방법

(1) 밀도(Density)

인구밀도는 일반적으로 행정구역의 면적에 대한 거주 인구의 수다. 그러나 행정구역 단위의 통계적 인구밀도는 도시의 공간적 특성을 반영하지 못한다. 이 연구에서는 실제 거주 인구의 위치를 나타낼 수 있도록 행정구역의 면적을 일정한 그리드 방안으로 구분하여 단위면적당 인구밀도 측정 방법을 제시하였다. 세분화된 인구밀도를 측정하고 도시 간 평균 인구밀도를 비교하여 도시공간이 상대적으로 고밀도로 개발되었는지 저밀도로 개발되었는지에 따라 스프롤 정도를 측정할 수 있다.

$$DENS(i)u = P(i)u / Au = \sum_{m=1}^M [P(i)m] / Au$$

i: 토지이용의 특정 유형[주거용 또는 비주거용]
 u: 가장 큰 공간단위 [전체 도시지역 면적(UA)]
 m: 중간규모의 공간단위 [1km×1km (mesh)]
 P(i)u: 도시지역면적 u에서 토지이용 i의 전체 인구수
 P(i)m: 1km 토지이용 i의 인구수
 Au: 도시지역 지역 중 개발가능한 토지면적

(2) 연속성(Continuity)

도시의 확산은 기존 '시가화 지역 주변에 연속되어 외연적으로 확산이 이루어지거나 특정한 장애물' 등 환경적 여건에 따라 불연속적으로 비지형

(Leap-Frog) 개발이 되기도 한다.

토지이용의 연속성을 측정하기 위하여 밀도에 따라 저밀도로 개발된 부분은 비연속적으로 간주하고 고밀도 지역이 연속적으로 나타나는 면적을 이용하여 도시공간구조의 연속성 측정이 가능하다. 비연속적인 성향이 강한 도시는 스프롤화되어 가는 것으로 판단할 수 있다.

$$Dcnt(i)m = \sum_{m=1}^m [D(i)m > meanD(i)m \\ = 1; zero otherwise] / m$$

$$CONT(i)u = ACONTj / ADcnt(i)u$$

D(i)m: m 규모의 셀(1km×1km)에서 개발 가능한 지역에 대한 토지이용 i의 밀도
 Dcnt(i)m: 연속성 측정을 위해 평균밀도 이상인 1km×1km 격자 ACONTj: 평균밀도 이상인 m 규모의 셀이 연속된 지역 j의 면적 격자 간 연속성은 노드 또는 arc를 공유하고 있으면 연속되어 있는 것으로 간주

(3) 토지혼용도(Mixed Use)

토지이용의 혼용(Mixed Use)과 분리(Segregation) 정도를 측정하는 것으로, 일정한 면적이 얼마나 다양한 용도로 이용되고 있는지를 측정한다. 토지이용의 혼용도가 낮다는 것은 토지이용을 위한 이동거리가 멀어짐을 의미한다. 이는 도시의 스프롤화 특성을 가진다. 반면, 토지혼용도가 높다는 것은 압축적으로 개발이 이루어지고 있음을 의미한다. 이를 위해 필지 단위의 토지이용상태를 그리드로 변환하고 1km×1km 블록 안에 나타나는 토지이용의 다양성을 측정한다. 측정방법은 Grid Data에 대한 Neighborhood Analysis 중 Block Statistics 방법을 적용할 수 있다.

사례 연구에서는 50m 해상도의 토지이용도를 바탕으로 150m 블록단위로 주용도 값을 계산한 후, Kernel을 20×20 cell로 하여 블록 안의 토지 이용 혼용도 값을 산출하였다. 토지혼용도 값이 클수록 토지의 분리가 많이 된 것으로 상대적으로 스프롤화되었다는 것을 의미한다.

$$MIXUSE = \sum (R/A_i)$$

R_i/A_i= 복합적 토지이용면적/도시지역의 면적
 i: 토지이용 혼용 수
 A_i: 도시지역의 면적 (i는 3 이상)
 R_i: Kernel 20×20 Cell(1km²) 블록 안의 토지혼용수별 면적

(4) 중심성(Centrality)

도시공간이 CBD를 중심으로 개발이 이루어져 있는지 중심성을 측정하는 것이다. 이 지표는 각 토지이용 Cell과 CBD와의 평균거리, 각 Cell의 인구를 이용한다. 전체 인구나 면적 제공근의 곱

<표 4> 경기도 25개 도시의 확산 압축수준 측정지표와 S/C지수

도시명	2000년 인구수	불균형 수준	분산도 수준	군집도 수준	평균편차 거리	S/C지수	경기도 순위
광명	334,089	0.5519	0.5005	0.3820	0.9498	0.5960	1
성남	914,590	0.6063	0.5211	0.4199	0.7387	0.5715	2
하남	120,513	0.5912	0.4109	0.3222	0.9005	0.5562	3
고양	763,971	0.5974	0.5731	0.3233	0.6896	0.5459	4
군포	263,760	0.4853	0.4422	0.2260	0.9923	0.5364	5
안산	562,920	0.5620	0.4767	0.3009	0.7654	0.5262	6
오산	102,697	0.2977	0.5587	0.2309	0.9191	0.5016	7
안양	580,544	0.2946	0.5012	0.2561	0.9023	0.4886	8
수원	946,704	0.2831	0.5882	0.1923	0.8127	0.4691	9
부천	761,389	0.1747	0.5070	0.2334	0.9040	0.4548	10
구리	160,839	0.2762	0.3611	0.2244	0.9512	0.4532	11
의정부	355,380	0.2195	0.4945	0.2321	0.8563	0.4506	12
평택	345,306	0.4191	0.4194	0.4526	0.4735	0.4412	13
김포	150,194	0.3630	0.3815	0.4559	0.5547	0.4388	14
동두천	73,502	0.1824	0.3207	0.3002	0.8611	0.4161	15
과천	66,706	0.4000	0.1238	0.0599	1.0000	0.3959	16
의왕	117,821	0.3453	0.3177	0.0093	0.8656	0.3845	17
안성	113,969	0.2943	0.4152	0.3464	0.4448	0.3752	18
남양주	280,242	0.2447	0.6663	0.1421	0.4464	0.3749	19
시흥	305,268	0.1779	0.5299	0.1351	0.6387	0.3704	20
용인	386,124	0.3448	0.5101	0.2434	0.3733	0.3679	21
이천	179,719	0.2877	0.4886	0.1689	0.4425	0.3469	22
파주	178,434	0.2762	0.3442	0.1694	0.3979	0.2969	23
광주	125,943	0.0669	0.2241	0.1106	0.5638	0.2413	24
화성	189,467	0.0110	0.3946	0.1833	0.1557	0.1861	25

을 인구가중치가 적용된 평균거리의 합으로 나누어 계산한다.

$$CBDDIST = P(i)u(A^{1/2}) / \sum_{m=1}^M F(k,m)P(i)m$$

F[k, m]: 그리드 k와 그리드 m의 센트로이드 간의 거리
P(i)m: m의 인구수

IV. 도시공간구조의 확산-압축 수준 측정

1. 경기도 시군의 확산-압축 수준 측정

다음에서는 앞서 제시한 네 가지 통계분석방법을 도입하여 개별 측정지표를 산출하고, 이를 합성하여 도시공간구조의 확산과 압축 수준을 측정하기 위한 통계적 지수를 산출하였다. 산출된 네 가지 측정지표들을 선형변환 방법을 통해 표준화시킨 후에 확산-압축지수(S/C: Sprawl/Compact)를 산출하였다.³³⁾ <표 4>는 경기도 25개 도시들의 상대적인 확산-압축 수준을 측정한 결과를 제시한 것이다³⁴⁾.

이를 토대로 미시적 관점에서 공간구조를 측정하기 위한 사례지역을 선정하였다. 공간데이터 수집 가능여부와 자료의 최신성 등을 확보할 수 있는 도시 중 비슷한 규모의 인구가 확산과

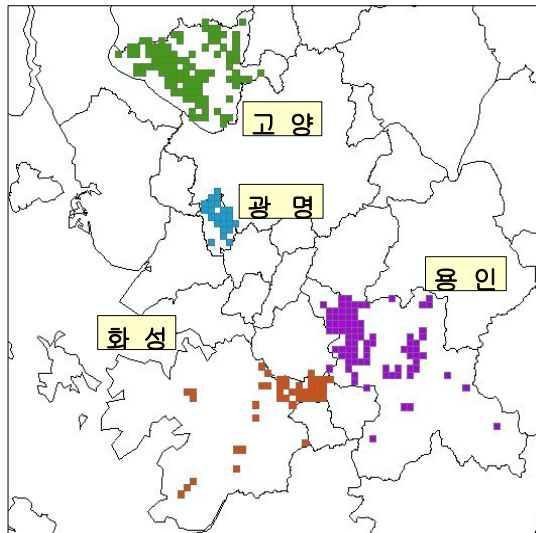
압축구조의 대조적인 형태가 나타날 것으로 기대되는 도시를 사례지역으로 선정하였다.

2005년 기준으로 인구 20~30만 도시에는 광명과 화성을 선정하였으며, 인구 60만 이상의 도시에서는 고양과 용인을 선정하였다³⁵⁾.

2. 사례도시의 공간구조 패턴 측정

다음에서는 광명, 고양, 화성, 용인시를 대상으로 미시적 차원에서 공간구조의 패턴을 측정하였다. 도시공간구조를 상호 비교할 때는 도시의 법적 행정구역 면적에 의한 영향을 배제해야 한다. 행정구역 범위에는 비도시지역도 포함되어 있기

<그림 2> 사례분석을 위한 도시지역(UA) 설정



33) 확산-압축 지수는 어느 하나의 지표만으로 도시들의 공간구조를 비교할 수 없기 때문에 네 가지 지표를 종합하여 산출하였다. 또한 거시적 차원에서 도시 간의 상대적 수준을 비교하기 위한 것으로 개별 도시의 지형과 같은 자연적 여건은 고려되지 않는다. (S/C)i = (Ai + Bi + Ci + Di)/4 Ai : 불균형 수준[(Gini+Theil)/2] Bi : 분산도 수준 [(R*+T*)/2] Ci : 군집도 수준(Moran I) Di : 평균편차거리(Mean Deviation Distance).

34) S/C지수가 작을수록 확산된 구조를, 지수가 클수록 압축된 구조를 나타냄.

35) 경기도 전체에 대한 분석은 행정동 지도의 최신성 문제로 2000년 인구를 사용하였으나, 이후 사례도시 분석은 2005년 인구를 사용하였다. 2005년 용인의 인구는 70만을 넘어 고양과 인구규모 면에서는 비교할 만한 대상으로 선정하였다.

<표 5> UA지역설정 결과와 밀도분석

지역	통계(KOSIS)정보			공간통계에 의한 UA설정 ^c		
	총인구 ^a (명)	인구밀도 ^b (명/km ²)	면적 (km ²)	UA면적 (km ²)	UA지역추정 인구(명)	평균 밀도 (명/km ²)
광명	327,828	8,648.5	38.5	23.0	319,990	13,912
화성	296,530	416.7	688.1	44.0	151,181	3,435
고양	910,602	3,343.6	267.4	107.0	848,954	7,934
용인	713,101	1,098.2	591.5	86.0	632,248	7,351

주: a: 통계청. 2005. 주민등록인구. 용인시만 2006년 3월 현재 인구자료임.

b: 통계청. 2004. 인구밀도(주민등록인구기준).

c: AIS 건축대장 정보와 KLIS 편집지적자료를 이용하여 1km² 격자로 세분화한 인구밀도로부터 경기도 평균인구밀도 1,049명/km² 이상인 셀을 도시지역으로 설정한 것.

<표 6> 도시공간구조 측정 지표

구분	인구밀도 (Density)	연속성 (Continuity)	토지혼용도 (Mixed Use)	중심성 (Centrality)
평균	8,033	0.7225	0.2870	2.7669
표준편차	4,340	0.1565	0.3015	0.7815
광명	13,912	0.957	0.262	3.6289
화성	3,435	0.636	0.046	1.8754
고양	7,434	0.654	0.719	3.1649
용인	7,351	0.643	0.120	2.3983

때문에 실제 도시화된 지역을 대상으로 공간구조를 측정해야 한다. 이 연구에서는 사례지역 간의 도시 확산-압축 정도를 분석하기 위해서 경기도 평균인구밀도인 1,049명/km² 이상인 지역을 도시지역(UA: Urban Area)³⁶으로 설정을 하고 분석을 실시하였다. <그림 2>는 사례지역의 도시지역을 추출해낸 것이다. 1km² 격자단위로 인구밀도를 계산했을 때 1,049명/km² 이상인 도시지역이다.

<표 5>는 지역별 인구밀도와 분석결과를 요약한 것이다.

사례지역의 인구 밀도, 연속성, 토지혼용도, 중심성을 측정한 결과는 <그림 3>, <표 6>과 같다. 인구의 밀도는 광명이 13,912명/km²로 가장 높고 화성이 3,435명/km²로 가장 낮게 나타났다. 연속성은 도시지역의 연단화된 정도를 측정한 것으로 연속성지수가 크게 나올수록 도시가 압축된 형태를 가지며, 낮게

36) 도시화지역은 도시적 용도로 토지가 점유되는 지역, 도심으로 통근하는 인구가 거주하는 지역 등 연구의도와 목적에 따라 다양하게 정의될 수 있다. 이 연구에서는 인구밀도자료를 이용하여 평균을 상회하는 수준의 인구가 집중된 지역을 도시지역으로 전제하였다.

<표 7> 지표 표준화와 Composite Index

구분	인구밀도 (Density)	연속성 (Continuity)	토지혼용도 (Mixed Use)	중심성 (Centrality)	Composite Index
광명	1.35460	1.49840	-0.0828	1.10300	3.45418
화성	-1.05944	-0.55271	-0.7970	-1.14075	-3.44866
고양	-0.13801	-0.43769	1.4332	0.50927	1.41193
용인	-0.15714	-0.5079	-0.5526	-0.4716	-1.41647

나올수록 도시확산이 이루어진 것으로 해석할 수 있다. 분석결과 광명이 0.95로 가장 연속성이 높게 나타났다으며, 다른 도시들은 연속성지수가 0.63에서 0.65 정도로 유사하게 측정되었다.

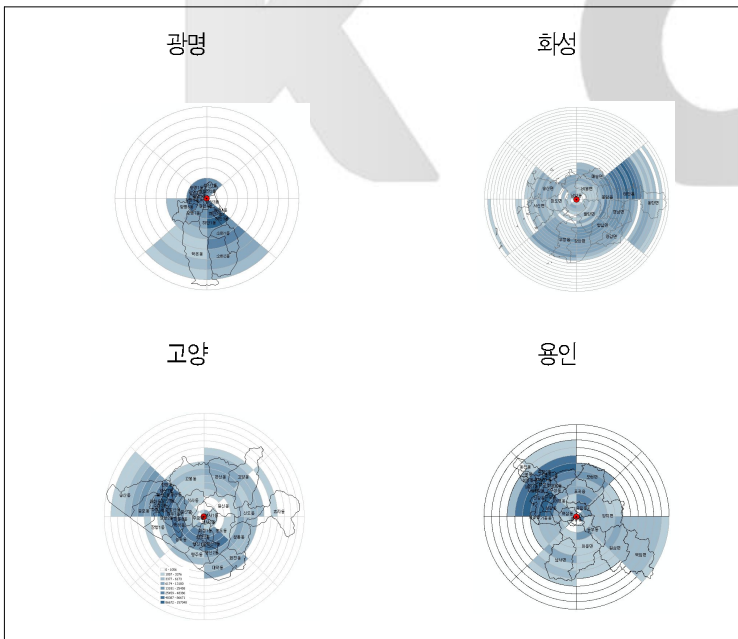
토지혼용도는 고양, 광명, 용인, 화성순으로 나타났다. 중심성은 인구와 면적에 대한 상대적인 측정치이므로 행정구역 전체를 측정하여 비교하는 것이 의미가 있을 것이다. 이 연구에서는 전 지역을 대

상으로 중심성을 측정하였다. 광명과 고양의 중심성이 상대적으로 높은 것으로 나타났다. <표 7>은 4개 측정지표를 표준화하여 종합적으로 확산-압축 수준을 지수화한 것이다.

도시공간구조 측정지표를 종합적으로 지수화한 결과 광명, 고양은 압축된 패턴을, 화성과 용인은 확산된 패턴을 나타냈다. 그러나 정량화된 지표는 구체적인 공간의 형태(Form)를 구분하거나

도시가 가지는 독특한 특징을 확인할 수가 없다. 다음에서는 보다 시각적이고 현실감 있는 공간구조의 측정을 위해서 GIS의 공간분석방법을 도입하여 도시모형을 만들었다.

<그림 4> 섹터모형을 이용한 공간구조 표현



3. 도시공간구조의 모형화

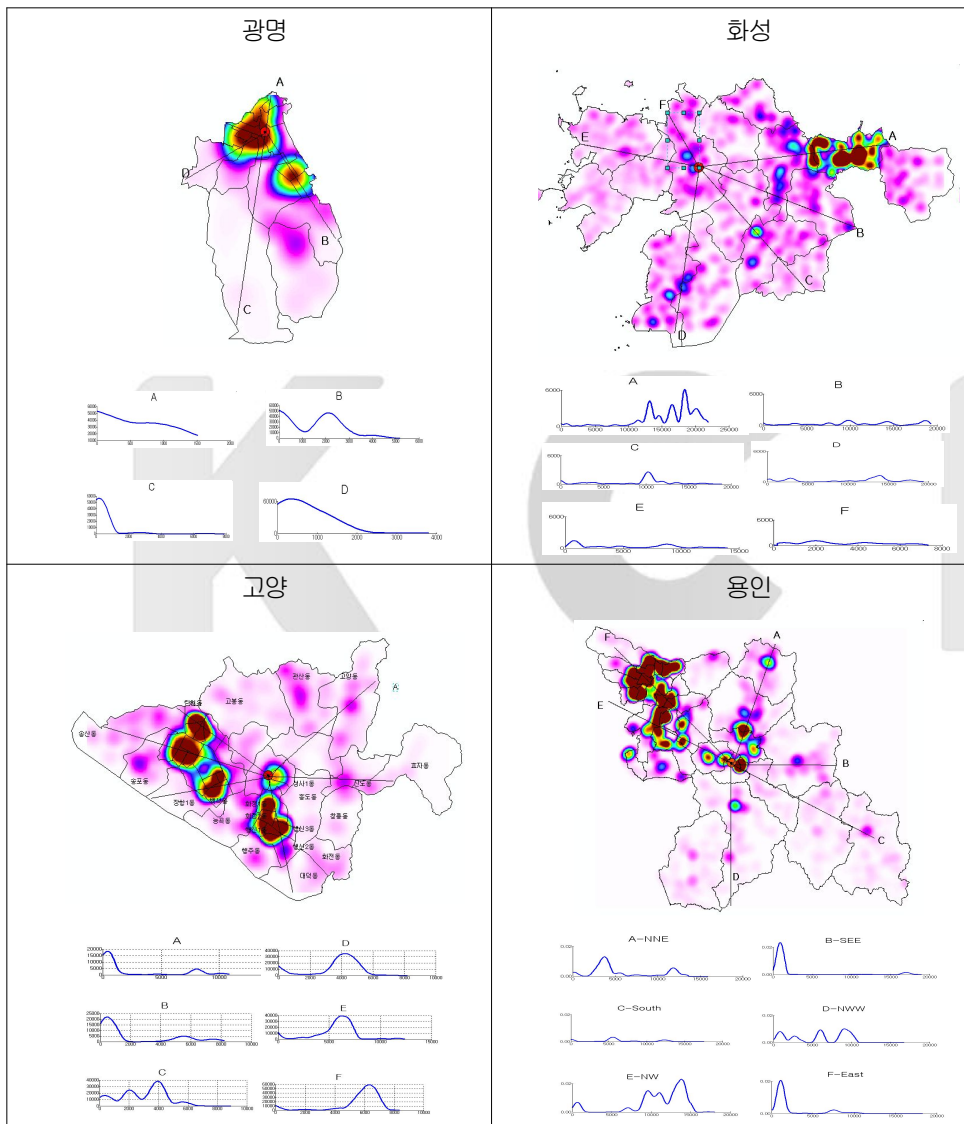
1) 섹터모형

도시의 기본 구조는 동심원 모형에 의해서 설명될 수 있다. 사례지역을 CBD로부터의 동심원을 만들고 방위에 따라 섹터를 구분하여 인

구밀도의 분포를 모형화하였다. <그림 4>는 사례 도시의 인구밀도분포를 섹터별로 분석한 것이다. 이 모형을 통해 도시의 성장축 또는 개발방향을 짐작할 수 있다. 도시발달과정에서 주로 도로 등과 같은 교통수단을 따라 도시가 성장하기 때문에 도시는 성장과정 중 선형의 섹터에 특징적인 모습

을 가지게 된다. 분석결과 도시별로 섹터발달이 다양하게 나타났다. 광명은 신시가지인 철산과 하안동 섹터의 이용밀도가 가장 높게 나타나며, 화성은 용인과 연결된 도로를 따라 개발이 이루어지고 있는 것을 볼 수 있다. 고양은 신시가지와 고속화 교통연결성이 우수한 섹터가 많이 발달해 있고,

<그림 5> 인구밀도 단면도



용인은 성남과 연결되는 색터가 많이 발달해 있다.

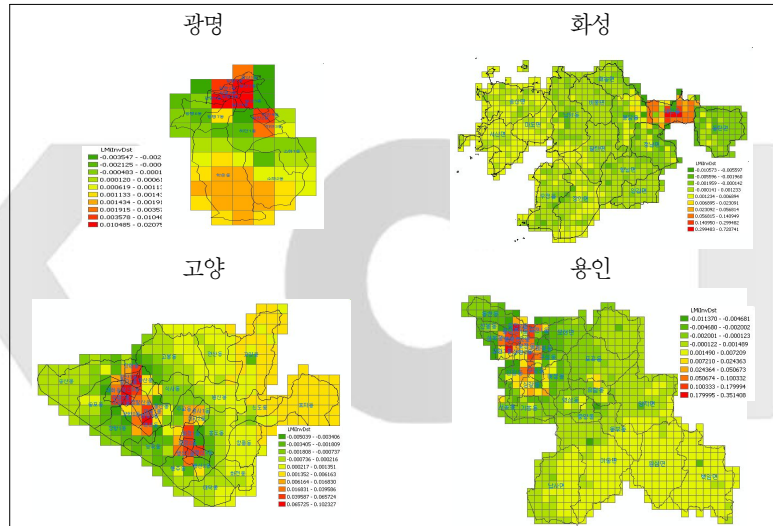
2) 인구밀도 단면도

인구분포의 연속적 경향에 대해 분석하고자 할 때 그리드 데이터기반의 공간분석기법을 이용할 수 있다. 셀 또는 그리드 데이터를 이용하여 공간 추정법(보간법)³⁷⁾을 이용하여 연속적인 경향면을 형성할 수 있다³⁸⁾. <그림 5>는 공간보간법을 적용하여 인구밀도 경향을 측정하고, 도시의 여러 축에 대한 인구밀도 단면도를 모형화한 것이다. 개별 필지에 인구를 배분한 지점데이터에 대하여 공간보간법에 의해 새로운 밀도 경향 면을 생성하고 상세한 정보를 활용하여 보다 구체적인 도시공간의 형태를 파악할 수 있다. 광명은 실제 CBD 중심에 도시의 인구가 많이 밀집되어 있으며 외곽으로 갈수록 인구밀도가 감소하는 전형적인 도시의 구조를 보여주고 있다. 화성은 CBD 주변지역이 저밀도인 반면, 용인과 연결되는 지역에서 인구가 밀집되어 있다. 이 지역은 화성과 용인의 개발

효과가 지역적으로 연결되어 나타난 결과로 볼 수 있다. 고양은 CBD 주변에도 일부 고밀도 지역이 나타나나 주변에 3~4개의 큰 부심이 형성되어 있음을 알 수 있다. 용인은 CBD 주변은 구시가지가 지속적으로 유지되고 있는 반면, 성남 분당구의 개발과 연속된 지역에 대단위의 크고 작은 인구밀 집지역이 나타나고 있다. 도시별로 공간구조의 발달은 교통로와 주변의 개발효과 등에 영향을 많이 받는 것으로 나타났다.

3) 도시 클러스터 패턴

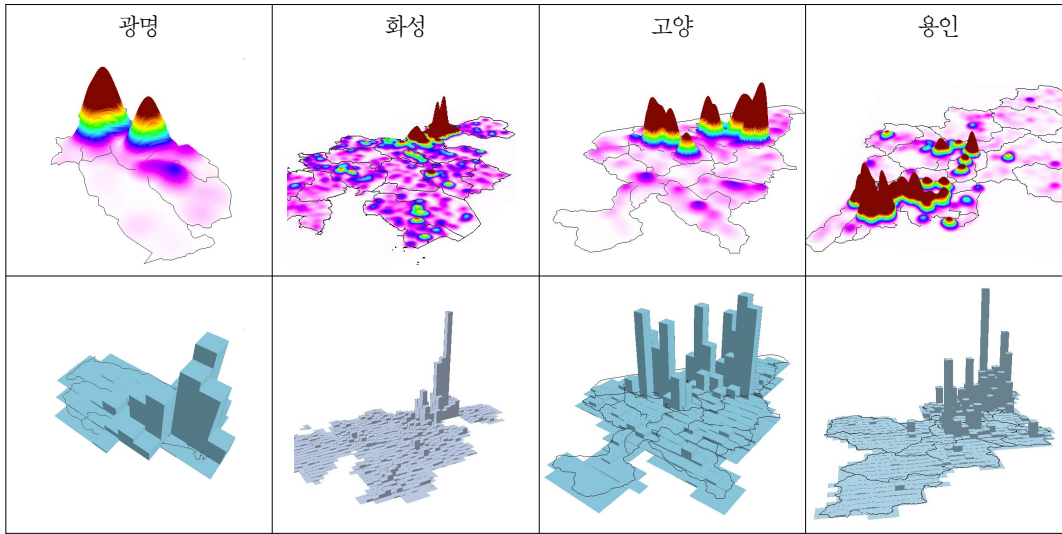
<그림 6> Local Moran's I Index 를 이용한 도시의 클러스터 상태



37) 공간보간법(Spatial Interpolation)은 Tobler의 공간적 자기상관(Spatial Autocorrelation)의 개념을 토대로 한다. 공간상에서 가까이 있는 지점일수록 멀리 떨어져 있는 변수지점들보다 유사한 값을 가지는 경향이 있다는 것이다. 따라서 주위에 이미 알려진 지형의 표고값을 이용하여 알려지지 않은 특정 지점의 표고값을 추정할 수 있고, 보다 복잡한 함수를 적용하여 향후 진행될 패턴을 예측한다던가, 특정 변이에 대한 공간상의 확산 등과 같이 난이도가 높은 추정을 할 수 있다.

38) 공간추정은 알려지지 않은 지점에 대한 속성값을 추정하기 위하여 주위를 에워싸고 있는 이미 알려진 속성값을 이용하여 예측하려는 내삽법(Interpolation)과 이미 속성값을 알고 있는 지역의 외부에 존재하는 지점에 대한 속성값을 추정하는 외삽법(Extrapolation)이 있다. 내삽법은 알려진 점들을 이용하여 만들어진 선형식(Linear Function)이나 회귀분석(Regression Analysis), 스플라인(Spline), 이동평균법(Moving Average), 크리깅(Kriging) 등을 이용하는 것이다.

<그림 7> TIN을 이용한 도시공간구조와 도시개발밀도의 3차원 모델



Anselin의 Local Moran's I Index를 이용하여 도시에 토지이용밀도가 높은 클러스터가 어떻게 형성되고 있는지를 모형화하였다. 아직까지 도시의 클러스터에 의한 도심의 다핵화에 대한 논의는 계속되고 있다. 이 연구에서는 국지적 공간변이를 활용한 군집분석(Local Moran's I)을 이용하여 도시의 패턴을 측정하였다³⁹⁾. <그림 6>에서 보는 바와 같이 광명과 화성은 단핵도시로의 특성이 나타나고 있으며, 고양과 용인은 두 개의 도시핵이 존재하는 양상이 보이고 있다. 도시의 성장단계로 볼 때 도시의 분화가 예상되는 도시들로 생각해 볼 수도 있다.

4) 3차원 모델

위에서 분석한 결과를 가지고 보다 현실감 있고

입체적인 도시공간구조 모형을 구축하여 보았다.

<그림 7>은 그리드 데이터로부터 생산된 3차원의 인구밀도 표면지도와 1km² 격자 정보를 활용한 도시의 개발 밀도를 3차원으로 모델링한 것이다. 광명은 크게 두 개의 중심지가 나타났고 전체 도시면적이 좁은 것을 감안하면 집약적 토지이용이 이루어지고 있음을 짐작할 수 있다. 화성은 대부분 작은 생활권 중심으로 인구가 분포하고 있으며, 용인과 연결되는 부분에 점차 발전이 예상되는 고밀도 지역이 나타나고 있다. 고양은 3~4개 정도의 대규모 아파트 밀집지역이 첨예하게 나타나고 있다. 대규모 아파트 밀집지역의 모습이 표현된 것이다. 용인은 분당 인접지역에 고밀 아파트 지구가 생성되어 있는 모습이 연속적으로 나타나고 있다. 3차원 모형은 보다 시각적이고 직관적인 정보를 제공

39) 국지적 모란 지수를 통하여 단핵 구조인지 아니면 다핵구조인지, 또는 분산된 확장형, 집중된 분산형인지 또는 비지적 형태인지 어느 정도 식별이 가능하다. Tsai, 2005. Quantifying Urban Forms: Compactness versus 'Sprawl' : p148.

하기 때문에 도시의 성장관리 차원에서 계획가나 의사결정자에게 유용한 정보로 활용될 수 있다.

V. 결론 및 시사점

최근에는 도시를 평면적으로 확산하는 저밀도·외연적 주거지 개발(Urban Sprawl)을 지양하고, 주거지 집단화를 통해 압축도시(Compact City)로 도시성장관리를 유도하는 새로운 패러다임이 대두되고 있다. 이 연구는 지속가능한 도시 성장관리를 위해 도시성장 유형을 진단할 때 필요한 공간구조의 측정방법을 도출하는 것을 목적으로 수행되었다. 이를 위해 도시성장의 유형을 외연확산 패턴과 압축 패턴으로 구분하고, 공간구조를 측정할 수 있는 통계적 방법과 GIS를 이용한 공간분석방법을 제시하였다. 사례연구에 적용된 분석방법은 도시공간구조의 패턴 또는 특징에 관한 정량화된 정보를 그래픽 요소와 함께 제공하게 된다. 이 연구에서는 GIS의 공간분석기법을 활용하여 행정구역보다 작은 공간규모에서의 공간구조 측정 방법을 제시하였다. 기존의 도시공간구조의 분석은 단순히 통계데이터에 의존한 계량분석이 주로 수행되어 왔다. 필지단위의 상세한 정보를 이용하여 개발밀도의 분포를 분석하고, 건축물 정보에 담긴 토지이용패턴을 측정하는 방법론은 도시공간구조 연구에 있어 새로운 시도가 할 수 있다.

그러나 분석결과를 가지고 특정한 도시가 외연확산도시 또는 압축도시라고 단정지을 수 있는 명확한 근거로 활용할 수는 없다. 다만 해당 도시가 점차 성장하면서 나타나는 패턴이 확산과 압축의 두 축에서 상대적으로 어떤 상태에 있는지를 비교하고, 향후 도시의 성장관리 측면에서 공간구조를

이해하는 데 필요한 정보를 얻을 수 있다는 데 큰 의미가 있다.

이 연구를 통해 도출된 도시공간구조 측정방법은 도시공간구조의 성격을 진단하고 향후 도시성장관리 측면에서 검토되어야 할 각종 정책과 사업들을 시뮬레이션하는 데도 활용할 수 있다. 특히 부분적 개발과 확산이 일정한 범위의 도시권역구조에 미치는 영향들을 모니터링하면서 정책수립에 필요한 각종 정보를 정량화된 지수와 직관적 그래픽 모델로 활용할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 사례 연구에서 제시된 공간구조 측정을 위한 종합지수인 통계적 또는 공간통계적 S/C Index를 구성하는 여러 개의 개별 지표들은 도시의 공간구조를 각각의 특성을 가지고 나타내고 있다. 따라서 종합적 지수보다는 개별 지표들을 잘 이해하고 도시구조의 성격을 파악하는 것이 중요하다.

이제는 정보화 사업의 성과로 다양하고 풍부한 공간정보를 사용할 수 있게 되었다. 도시를 구성하는 각종 정보가 디지털 형태로 제공되면서 GIS를 활용하여 도시에서 발생하는 여러 현상의 분포 특성이나 공간구조를 정확하고 현실적으로 분석할 수 있게 되었다. 이 연구를 통해 제시된 GIS기반 도시공간구조 측정방법은 새로운 부가가치 정보로서 국토정책 및 도시관리 분야에 새로운 시각과 도구를 제공할 것으로 기대된다. 향후 과제에서는 복합적인 요소로 구성되어 있는 도시공간구조를 규명하고 이해하기 위해서 더욱 다양한 측정변수를 도입해야 할 것이다. 예를 들면, 도시의 지가 변화, 통근권 변화, 신규건축물의 분포와 연면적 변화추이와 같은 시계열적 자료는 도시공간구조 변화를 이해하는 데 풍성한 설명력을 가져올 수 있을 것이다. 따라서 앞으로는 도시의 경제활동과

토지이용패턴에 영향을 주는 다양한 요소를 포함하여 도시공간구조 측정방법을 발전시켜 나가야 할 것이다.

참고문헌

- 김재익·하성규·전명진·문태훈. 2004. 도시성장관리-정책과 수단. 서울 : 형설출판사.
- 김태열. 1993. "도시성장과 도시공간구조의 관계: 대구시를 상대로 한 사례분석". 도시문제 : pp76-96.
- 노춘희·김일태. 2000. 도시학개론. 서울 : 형설출판사.
- 노희순·이창무·최막중. 2004. "도시공간구조의 다핵화 과정에 관한 연구-인천광역시를 중심으로". 국토계획 39(2) : pp47-61.
- 박재길 외 3인. 2001. "도시성장관리를 위한 개발밀도에 관한 연구". 경기 : 국토연구원
- 사공호상. 2004. "원격탐사와 GIS를 이용한 수도권 도시화지역 확산특성에 관한 연구". 국토연구 40(3) : pp53-69.
- 이왕건. 2003. "도시성장관리의 새로운 패러다임: 스마트 성장". 국토 : pp 81-89.
- 최상철. 2000. "도시성장관리 : 한, 미, 일 도시성장관리정책의 비교와 교훈". 도시문제 : pp54-60.
- Anas, A. R. Arnott and K. Small. 1998. "Urban Spatial Structure". *Journal of Economic Literature* 36 : pp1426-1464.
- Anderson W. P. et al. 1996. "Urban Form, Energy and the Environment: A Review of Issues. Evidence and Policy". *Urban Studies* 33(1) : pp7-36.
- Bourne, L. 1982. *Urban Spatial Structure: An Introductory Essay on Concepts and Criteria* in L. S. Bourne(ed.). *Internal Structure of the City*. New York : Oxford University Press : pp28-45.
- Breheny, M. J. 1992. *The Contradictions of Compact City: A Review*. in Breheny, M. J.(ed). *Sustainable Development and Urban Form*. London : Pion Limited : pp138-159.
- Breheny, M. 1997. "Urban Compaction: Feasible and acceptable?". *Cities*. 14(4) : pp209-217.
- Brueckner, J. 2000. "Urban sprawl: Diagnosis and remedies". *International Regional Science Review* 23(2) : pp160-171.
- Bunge, W. 1962. *Theoretical Geography*. Lund, C. W. K. Gleoup.
- Burgess, R., 2000. *The compact city debate: a global perspective*. in Jenks, M. and Burgess, R.(eds.). *Compact Cities: Sustainable Urban Forms for Developing Countries*. London : Taylor & Francis : pp9-24.
- Burton, E. 2001. "The Compact City and Social Justice". *Housing, Environment and Sustainability*.
- Dicken, P and Hepple, P. E. 1990. *Location in Space*. Harper collins publishers. Inc.
- Downs, A. 1999. "Some Realities about Sprawl and Urban Decline". *Housing Policy Debate* 10 : pp955-973.
- Dollfus, O. & Dastes, F. D. 1975. "Some remarks on the notions of 'Structure' and 'System' in Geography". *Geoforum* Vol 6 : p85.
- Fulton, W. et al. 2001. *Who Sprawls Most? How Growth Patterns Differ Across the U.S.* Center on Urban and Metropolitan Policy. The Brookings Institute.
- Gordon, Peter and H. Richardson. 2000. "Critiquing Sprawl's Critics". *Policy Analysis*. The Cato Institute. No. 365.
- Haggett, P., Cliff, A. D. and Frey, A. 1977. *Locational Analysis in Human Geography*. London : Edward Arnold.
- Ingram, G. K. 1998. "Patterns of Metropolitan Development: What Have We Learned?". *Urban Studies* 35(7) : pp1019-1035.
- Jones, T. L., 2000. *Compact city policies for megacities: Core areas and metropolitan regions*. in Jenks, M. and Burgess, R.(eds.). *Compact Cities: Sustainable Urban Forms for Developing Countries* : pp37-62. London : Taylor & Francis.
- Morrill, R. L. & Dormitzer, J. M. 1979. *Spatial Order*. North Scituate. Mass. Duxbury Press : pp360-368.
- Nasser, H. and P. Overberg. 2001. February 22. "The USA Today Sprawl Index: How Index Measures Metropolitan Areas". In USA Today : p6A.

Nystuen, J. D. 1963. "Identification of some fundamental spatial concepts". Papers of the Michigan Academy of Science. *Arts and Letters* Vol 48 : p379.

Rickaby, N. et al. 1992. *Patterns of Land Use in English Towns: Implication for Energy Use Carbon Dioxide Emissions*. in Breheny. M. J.(ed), *Sustainable Development and Urban Form*. London : Pion Limited : pp182-196.

Tsai, Y.-H. 2005. "Quantifying Urban Form: Compactness versus Sprawl". *Urban Studies* 42(1) : pp141-161.

-
- 논문 접수일 : 2006. 10. 20
 - 심사 시작일 : 2006. 10. 23
 - 심사 완료일 : 2006. 11. 22

K C I

ABSTRACTS

Measurement of Urban Form in Urban Growth Management : Urban Sprawl versus Compactness

Eun-Sun Im Associate Research Fellow, Geospatial Information Research Center, KRIHS(Primary Author)

Jong-Yeol Lee Director, Geospatial Information Research Center, KRIHS

Hee-Yeon Lee Professor, Graduate School of Environmental Studies, Seoul National Univ.

※ Key words: Urban Sprawl, Compact City, Urban Form, Growth Management

Urban sprawl is commonly defined as the unplanned extension of relatively low-density urban land uses with leapfrog, commercial strip development pattern. It has evoked many environmental and social problems. Recently, compact settlement structure has been suggested to retard the haphazard urban development in urban growth management. Urban growth management is a rational program to control and accommodate the impacts of growth in a city. To examine the compactness of a city, it is needed to quantify urban form. The main objective of this study is to propose measurement methods of urban form - urban sprawl versus compactness. We develop two quantitative methods. The one is a statistical analysis that can be adopted at the macro level approach. The other is a GIS-based spatial analysis at the micro level spatial approach.

Statistical analysis includes five indices that are explored at Kyounggi-Do metropolitan area: Gini's concentration ratio, Theil index, Shannon's entropy, Moran's I, mean of deviation distance. GIS based spatial analysis method for measuring micro urban form uses four variables: density, continuity, mixed use, and centrality.

The results of analysis on urban form were presented using 3-dimensional modeling. The analytical methods proposed in this paper will be useful for urban planner to devise urban growth management policy.