

군집분석을 이용한 수도권 도시의 유형화에 관한 연구 Charaterization of Cities in Seoul Metropolitan Area by Cluster Analysis

송민경* · 장 훈**

Song, Min Kyung · Chang, Hoon

要 旨

본 논문은 수도권 내 지역을 도시적 특성에 따라 군집 분석하여 수도권의 지역유형을 구분하고 그 특성을 파악하고자 하였다. 수도권 도시의 유형화를 위해 2005년을 시점으로 도시의 구성요소인 인구, 활동, 토지 및 시설을 나타내는 지표 10가지를 선정하였으며, 주성분분석을 통해 변수들의 공통된 특성이나 유사한 성질에 따라 공통인자를 추출하였다. 추출된 인자에 대한 인자특점을 이용하여 군집분석을 행하였고, 군집분석의 방법은 계층적 군집방법인 최단연결법, 최장연결법, 평균연결법, 와드법을 이용하였다. 그 결과 수도권을 5개의 군집으로 유형화 할 수 있었다.

핵심용어 : 수도권, 지역유형, 군집분석

Abstract

This paper has analyzed Seoul metropolitan area on the basis of cluster characteristics and it is to understand the traits of each clusters. In order to modelize the area, 10 different indicators were selected among components of a city such as population, activities, land and facilities. Also through principal component analysis, similar characteristics or congenialities of the variables were derived as a common factor. The result was organized by factor score from hierarchical clustering method and as a final result, metropolitan area was clustered into five areas.

Keywords : Seoul metropolitan area, Ragonal characterization, Cluster analysis

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

지역(region)은 어떠한 의도에 따라 사용되는가에 따라 그 정의가 달라지지만 대부분 행정구역을 지역과 동일시하고 있다. 행정구역상으로 나누어진 개별도시 또는 지방자치단체들은 자체적으로 그 지역의 문제를 해결하거나 지역발전을 위한 계획을 수립하고 시행한다. 하지만 교통 및 통신의 발달에 따라 사람들의 사회경제적 활동의 공간적 범위가 넓어지게 되고 특정 행정구역의 경계를 초월하여 지역 간 상호의존관계를 형성하였으며, 개별도시 또는 지방자치단체 구역별 대응에 대한 한계가 나타나기 시작했다.

특히 도시의 팽창에 따른 주택난, 교통난 및 환경오염 문제 등은 개별 자치단체 내에서 해결하는 것보다는

여러 자치단체를 포괄하여 해결하는 것이 효과적인 수 있으며, 또한 도시기반시설이나 각종 공공서비스의 공급 역시 하나의 행정구역의 경계를 넘어서 형성된다. 따라서 이러한 문제를 효과적으로 해결하기 위해서는 행정구역을 초월하여 지역단위를 함께 묶은 새로운 공간단위를 형성하는 것이 중요시되고 있다.

한국은 1960년부터 고도의 경제성장을 이루면서 산업화와 도시화가 급격히 진행되었다. 도시지역을 중심으로 인구와 산업이 집중하고 과밀화 현상이 일어났으며 동시에 도시광역화 현상도 진행되었다. 특히 경제개발정책에 따라 서울로의 산업집중과 함께 인구의 서울 유입이 가속화 되었다. 1970년대 후반에는 서울의 혼잡현상이 심해지자 서울 외곽지역으로의 교외화 현상이 나타나게 되었고, 도로 및 교통시설의 보급으로 인해 교외화 현상은 더욱 급속도로 진행되었으며 서울을

2010년 2월 16일 접수, 2010년 3월 10일 채택

* 정희원 · 연세대학교 도시공학과 석사(mksong@yonsei.ac.kr)

** 교신저자 · 연세대학교 도시공학과 교수(hchang@yonsei.ac.kr)

중심으로 한 수도권 지역은 빠르게 성장하고 있는 대표적인 광역도시권(metropolitan area)을 형성하였다. 수도권의 광역화 현상에 따라 국가에서는 수도권의 관리를 위해서 수도권정비계획을 수립하고 이에 따라 과밀억제권역, 성장관리권역, 자연보전권역으로 구분하여 관리하고 있다.

하지만 도시광역화 현상에 따라 수도권은 서울을 중심으로 그 지리적으로 그 범위가 확산될 뿐만 아니라 인구정주학적으로도 급격히 성장하고 있다. 또한 수많은 사·군들로 이루어진 수도권 내부는 다양한 지역공간 구조와 인구구조, 경제구조를 지니고 있으며, 지역별로 많은 차이를 나타내고 있다. 따라서 수도권이라는 일방적 접근 및 정책은 근본적으로 한계를 가질 수밖에 없으며(윤효진, 2004), 이러한 지역에 대한 체계적이고 효율적 관리를 위해서는 적절한 지역구분이 필요하다. 이에 대해 김오형(2009)은 수도권 차원에서 각 지역의 유사성을 고려한 성장관리정책이 필요하며, 이를 위해서는 지역유형구분에 관한 연구가 선행되어야 한다고 지적하였다.

이러한 배경을 바탕으로 본 연구는 도시적 특성에 따라 수도권 내 지역을 군집분석 해봄으로써 수도권의 지역유형을 구분하고 그 특성을 파악하는데 목적을 두고 있다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 수도권 도시의 유형화를 위해 도시를 구성하는 요소를 나타내는 변수를 설정하고, 이 변수들에 대해 주성분분석을 실시하여 공통인자를 추출하였다. 추출된 인자에 대한 인자특성을 이용하여 군집분석을 실시하여 지역의 유형을 구분하였다.

연구의 공간적 범위는 수도권으로 분류된 서울시와 인천시, 그리고 경기도 전역을 포함한다. 분석의 공간적 단위는 서울시와 인천시의 경우 '구'로, 경기도 지역의 경우 '시·군'으로 설정하여 전체 66개 시·군·구 지역(서울 25개, 인천 10개, 경기도 31개 지역)을 설정하였으며, 연구시점은 2005년이다.

분석을 위한 통계적 도구로는 SAS 9.2와 SPSS 12.0을 사용하였으며, 결과는 ArcGIS v.9.3을 이용해 나타내었다.

2. 선행연구고찰

지역유형을 구분하기 위한 기준지표는 연구에 따라 다양하게 사용되고 있지만 공통적으로 연계성과 동질성을 나타내는 지표를 사용하고 있다. 연계성 지표를

이용한 지역구분은 주로 통행자료를 이용하여 기능지역을 구분하고 있으며, 동질성 지표를 이용한 연구는 주로 국토종합개발계획, 정주권 개발계획, 광역개발계획, 특정지역 개발계획, 개발촉진구 개발계획, 한계농지 개발계획, 과소지역, 낙후지역, 농공단지 개발 등 주로 광역적 국토 및 지역개발과 농촌개발을 위한 유형구분이 이루어지고 있다(송두범, 1995).

지역유형 구분을 위한 연구방법은 주로 단순통계기법과 다변량분석기법 중 하나인 주성분분석, 요인분석, 군집분석 등이 사용되는데, 특히 지역의 다면적 특성을 반영하기 위해 다양한 지표를 설정하여 요인분석 후, 요인점수에 대해 군집 분석함으로써 지역을 구분하는 방법이 널리 이용되고 있다. 이종상(2002)은 지역유형을 구분하는데 요인분석 결과를 이용하여 군집분석 할 경우의 문제점을 지적하며, 요인수를 달리하여도 군집의 결과에 영향을 주지 않도록 요인점수에 설명 분산 가중치를 반영한 군집분석 방법론을 제시하기도 하였다.

본 연구에서는 수도권 도시의 지역구조를 규명하기 위하여 도시를 구성하는 요소를 지표로 설정하여 등질 지역구조를 분석함으로써 수도권을 유형화 하였다.

3. 연구방법

3.1 군집분석방법연구

군집분석(cluster analysis)은 이질적인 요소가 섞여 있는 대상을 그것들의 유사도(similarity)에 기초해서 서로 닮은 것끼리 모아 몇 개의 군집으로 분류하는 방법이다(신운철, 2003). 유사도에 근거하여 개체들을 알려지지 않은 군집을 형성하고, 형성된 군집의 특성을 분석함으로써 군집들 간의 관계를 분석 할 수 있다. 군집분석의 목적은 분류된 군집에 있어서 주어진 군집 내에 있는 개체들끼리는 어떤 의미로 서로 유사하게 되는 경향이 있고, 서로 다른 군집에 속한 개체들 간에는 가능한 서로 유사하지 않게 되는 경향이 있도록 배치하는 것이다(이성석, 1997).

군집분석을 수행하기 위해서는 각 개체의 유사성을 측정하는 기준척도가 필요한데 대부분 '거리(distance)'의 개념으로 이를 대체하고 있다. 거리가 상대적으로 가까운 개체들끼리 같은 군집을 이루게 하여 군집내의 변동이 군집간의 변동보다 작게 하는 것이 군집분석의 기본적 절차라 할 수 있다. 여기서 사용되는 거리는 산출방법에 따라 유클리드(Euclid) 거리, 마할라노비스(Mahalanobis) 거리, 민코우스키(Minkowski) 거리, 도시블럭(city-block) 거리 등이 있다.

군집분석은 군집의 추출방법에 따라 다양한 방법들

표 1. 분석에 사용된 변수

구분		변수	계산식
사회문화적요소	인구	인구밀도	총인구/행정구역면적
		경제활동인구비	15-64세인구/총인구
		노령화지수	65세이상인구/15세미만인구
	활동	1인당지방세징수액	지방세징수액/총인구수
		농가인구비	농가인구/총인구수
		300인이상사업체수	300인이상사업체수/총사업체수
물리적요소	토지 및 시설	외부통행량	타지역으로부터의 통행비율
		단독주택구성비	단독주택수/총가구수
		병상수	인구 1000명당 병상수
		공공기관수	인구 1000명당 공공기관수

이 있는데, 본 연구에서 사용된 계층적 방법(hierarchical method)는 가장 보편적이면서 많이 사용되는 방법으로, 거리가 가까운 개체들이 군집을 이루어 가면서 최종적으로 모든 개체들이 하나의 군집을 이루도록 하는 방법이다. 계층적 군집방법은 군집간의 거리를 어떻게 정의하느냐에 따라 최단연결법, 최장연결법, 평균연결법, 와드법으로 구분된다.

군집분석의 실용적 측면에서 군집의 개수를 정하는 것은 중요한 작업 중 하나이다. 적절한 군집의 개수를 정하는 것은 아직 명확한 기준이 없어 연구자의 해석에 따라 차이를 가질 수 있지만, 일반적으로 적절한 군집수를 결정하기 위해서는 군집의 개수에 대응되는 판정기준의 값을 플롯(plot)하여 판정기준의 값이 급격한 증가 혹은 감소가 발생하는 곳에서 대응되는 군집의 수를 이용한다(김기영, 1990). 여기에 사용되는 판정기준으로는 R-square, semipartial R-square, pseudo-F, pseudo-t square, cubic clustering criterion 등이 있다. R²는 개체들 간의 총변동량 중에서 군집 간의 변동에 의하여 설명되는 비율을 말하며, 그 값이 급격히 증가했다가 완만해지는 지점에서 적절한 군집의 수를 결정하게 된다. Pseudo-F(PSF) 통계량은 Calinski and Harbasz(1974)에 의해 개발되었으며, 적정 군집의 수는 값이 급격히 증가하는 PSF값에 대응하는 군집의 수로 결정한다. Cubic Clustering Criterion(ccc)는 Sarle(1983)에 의해 처음 소개된 것으로, ccc의 최고값이 2-3보다 크면 적절한 군집의 수이며, 0-2 사이 값은 유의성이 높지 않은 잠재적 군집으로, 절대값이 -30보다 큰 음수인 경우 이상치(outlier)로 해석할 수 있다.

3.2 변수의 선정

도시는 다양한 요소들이 상호관련성을 가지며 적절히 조합되어 운영되는 하나의 시스템으로, 일반적으로 도시를 구성하는 요소는 사회문화적 요소와 물리적 요소 두 가지로 나뉜다. 사회문화적 요소는 인구와 활동

이 있으며, 물리적 요소로서는 토지 및 시설을 들 수 있다. 본 연구에서는 수도권 도시의 유형화를 위해 도시를 구성하는 요소를 기준으로 동질성을 나타내는 지표를 사용하여 10개의 변수를 선정하였으며, 이 변수들은 시·군·구별로 2005년도 말에 조사된 자료를 이용하였다. 표 1은 본 연구의 분석에 사용된 변수와 계산식을 나타낸다.

4. 수도권 도시의 유형분석 결과

4.1 주성분분석을 이용한 인자추출

군집분석에 앞서 지역유형화를 위해 선정된 10개의 변수에 대해 변수들의 공통된 특성이나 유사한 성질에 따라 소수의 공통인자를 찾아내는 주성분분석을 실시하였다. 손승호(2005)는 군집분석을 실시함에 있어서 속성변수를 그대로 이용하지 않고 주성분분석을 통해 얻어진 인자특점을 이용하여 분석함으로써 명료한 지역구분이 가능하다고 지적하였다.

본 연구에서는 수집된 변수를 대상으로 주성분분석을 실시하는 것이 의미가 있는지를 파악하기 위하여 Kaiser-Meyer-Oklun(KMO)검정과 Bartlett의 구형성 검정을 실시하였다. 그 결과 KMO 값이 0.702로 주성분분석을 위한 변수들의 선정이 좋은 편으로 판명되었으며, 마찬가지로 Bartlett의 구형성 검정 결과 유의확률이 0.05보다 작은 0.000으로 수집된 변수들을 대상으로 한 주성분분석의 사용이 적합하며, 각 변수 간 공통인자가 존재한다고 결론지었다. 또한 베리맥스(varimax)회전법을 사용하여 인자추출과정에서 인자축을 직각회전 시켰는데, 이는 개별변수를 설명하는 인자의 수가 최소가 되도록 열을 단순화시키는 방향으로 요인 축을 회전시킴으로써 특정 변수가 어느 요인에 의하여 설명되는지를 명확하게 파악할 수 있게 한다.

주성분분석의 결과 고유치가 1이상인 인자들을 추출하였으며, 추출된 총 4개의 인자들은 전체에 대해

표 2. 주성분분석으로 추출된 인자들과 각 인자에 대한 부하량

변수	제1인자	제2인자	제3인자	제4인자
인구밀도	.908	-.073	-.180	.053
경제활동인구비	.865	-.400	.031	.103
외부통행량	.841	-.205	.322	.102
노령화지수	-.126	.960	.023	-.140
단독주택구성비	-.257	.929	-.038	-.150
농가인구비	-.630	.731	-.057	-.109
1인당지방세징수액	-.033	.052	.964	-.047
300인이상사업체수	.094	-.077	.950	.016
공공기관수	-.014	-.119	.043	.938
병상수	.213	-.157	-.078	.897
고유치	4.438	1.989	1.523	1.186
총분산에 대한 설명량(%)	28.141	25.746	19.824	17.650
누적 설명량(%)	28.141	53.887	73.711	91.361

91.3%의 설명력을 가진다. 추출된 인자들에 대한 부하량은 표 2와 같다.

제 1인자는 인구밀도가 높고 경제활동이 활발한 지역을 나타내며, 제 2인자는 도시화 진행속도가 느리고 낙후된 지역을 나타내고 있다. 제 3인자는 업무와 산업이 집중된 지역, 마지막으로 제 4인자는 공공시설 및 서비스수준이 양호한 지역을 나타내고 있다.

4.2 군집분석 결과 및 분석

주성분분석을 통해 추출된 4개의 인자에 대해 각 지역이 가지는 인자특점을 이용하여 계층적 군집방법에 속하는 최단연결법, 최장연결법, 평균연결법, 와드법을 이용하여 군집분석 하였다.

적절한 군집의 수를 결정하기 위해서 판정기준(R^2 ,

pseudo-F, ccc, pseudo- t^2)을 군집의 개수에 대하여 플롯으로 나타내었다. 판정기준에 따라 플롯을 분석한 결과 최단연결법, 최장연결법, 와드법은 군집의 수가 5개, 평균연결법은 군집의 수가 6개 일때 가장 적합한 것으로 판단되었다.

계층적 군집방법의 네 가지 분석방법에 따라 군집분석 한 결과, 최단연결법을 제외한 나머지 방법들은 거의 비슷한 군집결과를 나타내고 있으며, 종합적 결과는 표 3과 같다.

군집 1은 서울시 전체와 서울시에 인접한 인천 일부 지역과 경기도 안양시를 포함하고 있다. 군집 1의 경우 제 1인자에 대한 인자특점이 다른 군집에 비해 높은 양의 값을 가지고 있어 이 군집은 인구밀도가 높고 경제활동이 활발한 지역이라 할 수 있다.

표 3. 군집별 지역분류 및 인자특점평균

군 집	지 역		제1인자	제2인자	제3인자	제4인자
군집1	서울시	종로구, 중구, 용산구, 성동구, 광진구, 동대문구, 중랑구, 성북구, 강북구, 도봉구, 노원구, 은평구, 서대문구, 마포구, 양천구, 강서구, 구로구, 금천구, 영등포구, 동작구, 관악구, 서초구, 강남구, 송파구, 강동구	0.97034	0.08358	0.01784	-0.02345
	인천시	중구, 동구, 남구, 부평구				
	경기도	안양시				
군집2	인천시	연수구, 남동구, 계양구, 서구	-0.83432	-0.55211	-0.21164	-0.32396
	경기도	의정부시, 광명시, 평택시, 동두천시, 안산시, 구리시, 남양주시, 오산시, 시흥시, 군포시, 의왕시, 하남시, 용인시, 파주시, 이천시, 양주시, 여주군, 화성시, 광주시, 포천시, 안성시, 김포시				
군집3	인천시	강화군, 옹진군	-1.10406	2.73163	-0.20944	-0.31686
	경기도	연천군, 가평군, 양평군				
군집4	경기도	수원시, 성남시, 부천시, 고양시	-0.25044	-0.27580	-0.10863	2.93874
군집5	경기도	과천시	-0.89599	-0.70752	6.44904	-1.04399

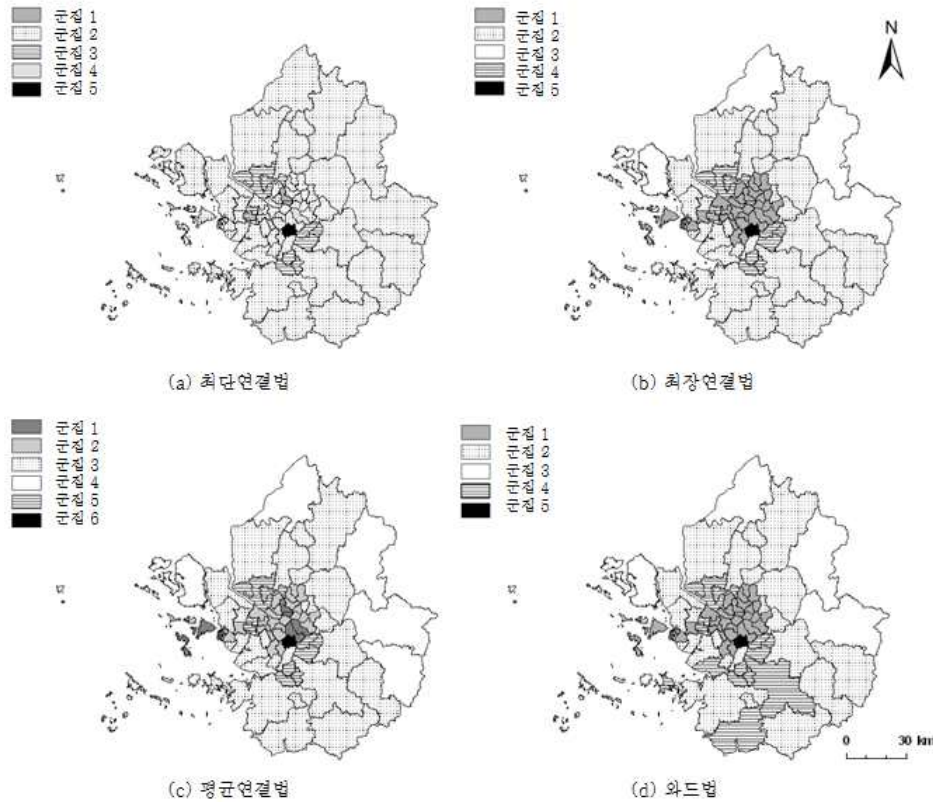


그림 1. 수도권 도시의 군집분석 결과

군집 2는 서울시를 제외하고 대부분의 경기도 지역을 포함하는 군집으로 모든 인자에 대해 음의 값을 가진다. 이 군집은 다른 지역에 비해 경제적 기능과 서비스 기능 등의 발달이 미약한 지역들로 이루어진 군집이다.

군집 3은 인천시의 강화군과 옹진군, 경기도 연천군, 가평군, 양평군이 하나로 분류된 군집으로 제 2인자에 대한 인자특점이 가장 높게 나타난 지역이다. 제 2인자의 경우 비도시성을 나타내는 인자로, 강화군과 옹진군의 경우 일부 섬지역이기 때문에 다른 지역과 단절되어 있는 특징을 가지고 있으며, 도시화가 덜 진행된 지역이며, 연천군, 가평군, 양평군은 다른 지역에 비해 노령화 지수가 매우 높은 지역이다. 따라서 군집 3의 경우 발달 수준이 낮고 낙후된 지역이라 할 수 있다.

군집 4는 수원시, 성남시, 부천시, 고양시로 이루어진 군집으로 다른 군집에 비해 제 4인자에 대한 인자특점 평균값이 매우 높게 나타났다. 제4인자의 경우 병상수와 공공기관수를 나타내는 변수를 포함하는 것으로 이것은 공공시설 및 서비스 수준을 의미하며, 따라서 이 지역은 다른 지역에 비해 공공시설 및 서비스 수준이

높은 지역이다.

군집 5는 과천시가 독립적인 군집을 이루고 있는데, 이것은 과천시가 다른 지역에 비해 지방세 징수액이 월등히 높기 때문에 나타난 결과로 해석된다. 과천시는 1인당 지방세 징수액이 800만원 이상으로 수도권지역의 평균치인 100만원과 비교할 때 매우 높은 편이며, 정부 행정기능이 집중되어 있는 행정중심지라는 특징을 가지고 있다.

최단연결법의 경우 군집의 형태가 긴 모양을 하면서 사슬효과를 일으켰는데, 이것은 최단연결법이 순서적 의미를 가지는 자료에 대해 좋은 결과를 가져다주는 특성에 기인하는 것으로, 본 연구와 같은 지역유형의 구분을 위한 분석에는 적합하지 않은 것으로 판단되었다.

5. 결 론

본 연구는 2005년을 기준으로 수도권 도시의 유형화를 위해 도시를 구성하는 요소를 나타내는 10개의 변수를 선정하여 주성분분석과 군집분석을 실시하였으며,

그 결과 수도권 지역을 5개의 군집으로 유형화 하였다.

분석 결과를 종합적으로 살펴보면 서울시는 인구와 산업이 집중된 대도시의 중심지 기능을 하고 있었으며, 이를 중심으로 도시적 특성이 동심원 형태로 퍼져나가는 것을 알 수 있었다. 즉, 수도권의 중심이라고 할 수 있는 서울시가 주변지역으로 그 영향력을 확장해 나가고 있다고 할 수 있으며, 외곽으로 나갈수록 도시적 특성이 미약하게 나타났다. 그동안 개발규제를 받아온 연천군, 가평군, 양평군 등의 지역은 개발수준이 낮고 도시적 용도변화가 미흡한 지역으로, 이들 지역에 대한 차별화된 대책이 필요할 것으로 사료된다. 지방세징수액이 매우 높아 단독으로 분류된 과천시와 경우 지방세징수액을 제외하고 분석하였을 때에도 단독 군집을 형성하는 것을 확인하였는데, 이를 통해 과천시가 다른 도시들과는 차별된 특성을 가지고 있다는 것을 알 수 있었다.

또한 계층적 군집방법에 속하는 최단연결법, 최장연결법, 평균연결법, 와드법의 분석결과를 각각 비교하였다. 최단연결법을 제외한 나머지 방법들은 대체적으로 비슷한 분석결과를 나타냄을 확인하였고, 최단연결법의 경우 군집결과가 사슬효과를 나타내면서 본 연구와 같은 지역의 구분에는 적합하지 않은 것으로 판단되었다.

산업화·도시화의 진행에 따라 인구와 산업이 집중되었던 서울시는 행정구역의 경계를 초월하여 그 영향력을 확산시키고 있으며, 서울을 중심으로 한 수도권 지역은 하나의 대도시권을 형성하고 있다. 그동안 수도권 지역은 수도권정비계획에 의해 과밀억제권역, 성장관리권역, 자연보전권역으로 구분되어 관리되었고, 그 결과에 따라 지역 간 격차도 크게 나타나게 되었다. 따라서 수도권지역의 체계적이고 효율적인 관리를 위해서는 수도권이라는 획일적 접근에서 벗어나 지역특성에 따른 차별화된 접근이 시도해야 할 것이다.

이러한 측면에서 본 연구는 지역특성에 따라 지역유형구분을 시도함으로써 그 의미를 가지며, 수도권을 도시적 특성에 따라 유형화하고 특성을 파악함으로써 향후 수도권 관리를 위한 계획 및 정책을 수립하는데 참고자료로 활용될 수 있을 것이다.

참고문헌

1. 김기영, 전명식, 1990, *고려대학교 통계연구소 통계분석강의총서 9, SAS 군집분석*, 자유아카데미.
2. 김동주, 1980, 군집분석을 이용한 우리나라 국토공간의 권역설정, 석사학위논문, 연세대학교.
3. 김재행, 장성민, 장영원, 남영우, 2009, “수원시 등질지역의 구조적 변화: 1995~2005년”, *한국도시지리학회지*, 제12권, 제1호, pp.45-63.
4. 서종국, 1997, “광역도시권 도시구조의 변화에 관한 연구-인천시의 동태적 변화를 중심으로”, *국토계획*, 제32권, 제6호, pp.67-90.
5. 손승호, 2004, “서울시 등질지역과 기능지역의 구조 분석”, *대한지리학회지*, 제39권, 제4호, pp.562-584.
6. 송두범, 1998, 지역사회단위별 유형구분에 관한 연구, 박사학위논문, 대구대학교.
7. 송중홍, 1994, 서울대도시권역의 설정과 지역구조에 관한 연구, 박사학위논문, 건국대학교.
8. 신운철, 2003, 지역권역설정에서 지역간 연결도와 도시화도의 측정 및 적용에 관한 연구, 박사학위논문, 단국대학교.
9. 윤효진, 2004, “사회경제 지표 설정에 의한 도시공간 등질지역 설정 연구”, *대한토목학회논문집*, 제24권, 제4D호, pp.631-639.
10. 이성석, 1997, “군집분석에서 군집갯수에 관한 연구”, *응용과학연구*, 제6권, 제1호, pp.217-229.
11. 이종상, 2002, “지역유형구분을 위한 요인점수의 군집 분석”, *국토계획*, 제37권, 제4호, pp.191-199.
12. 천대운, 2002, *통계자료분석, 사회조사분석, 정책 평가분석을 위한 종합 SAS 통계분석*, 교우사.
13. Brian, E., Sabine, L., and Morve, L., 2001, *Cluster Analysis, Fourth Edition*, NY: Oxford University Press.
14. Chris, F. and Adrian E. R., 1998, “How Many Clusters? Which Clustering Method? Answers Via Model-Based Cluster Analysis”, *The Computer Journal*, Vol. 41, No.8, pp.578-588.
15. Sarle, W. S., 1983, “Cubic Clustering Criterion”, *SAS Technical Report A-108*, Cary, NC: SAS Institution.