

마코프-연쇄 모형을 이용한 광역도시권 설정 및 권역 변화 분석에 관한 연구 : 5개 대도시권을 대상으로*

Delineation of Metropolitan Regions Using Markov-chain Model and Analysis of Their Changes: Focused on Five Metropolitan Areas

이상걸** · 우명제***
Lee, Sang Geol · Woo, Myungje

Abstract

As many planning issues in transportation, environment, and the economy transcend beyond existing political boundaries, regional planning at the metropolitan level has become more important than ever. We do not have clear metropolitan boundaries within which regional planning is developed and implemented. Although there have been existing studies that delineated city-regions using commuting data and other variables, most authors used a cut-off method that is somewhat arbitrary and requires local knowledge by authors. The purposes of this study are to delineate functional regions with mathematical methods, specifically Markov-chain model and cluster analysis, and analyze the regions in terms of changes of boundaries. The results show that the identified functional regions are wider than those identified in previous studies, effectively addressing the influence of central city and thoroughly incorporating sprawled regions.

키 워 드 ■ 광역도시권, 마코프-연쇄 모형, 기능적 거리, 중심도시, 평균 최초 통행시간
Keywords ■ Conurbation, Markov-chain Model, Functional Distance, Central City, Mean First Passage Time

I. 연구의 배경 및 목적

도시 성장 단계에서 안정화 단계를 넘어선 우리나라는 수도권과 광역시를 중심으로 교외화 현상이 진행되어짐에 따라, 단일 도시보다 더 확장된 공간 개념인 광역도시권에 대한 중요성이 더욱 높아지고 있다. 특히, 도시지역의 인구 집중으로 인한 과밀 문제 및 주택가격 상승, 교외지역 교통기반시설의

확충, 소득 증가에 따른 전원지역의 쾌적한 주거환경에 대한 욕구 등은 도시외곽지역의 외연적 확장을 가속화시키고 있다. 이에 따른 중심도시와 교외 도시들 간의 증가된 상호작용 역시 도시성장관리에 있어 광역적 접근의 중요성을 증대시키고 있다. 또한, 도시의 광역화는 기존 행정구역 경계와 상관없이 사회·경제·문화적 측면에서 동질성을 가지는 새로운 생활권을 형성하게 하며, 단일 도시의 경계를

* 이 논문은 2016년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF-2015R1A2A2A01007793).

** The University of Seoul (First Author: ugarc21@uos.ac.kr)

*** The University of Seoul (Corresponding Author: mwoo@uos.ac.kr)

넘는 교통, 환경, 기반시설 등 광역적 도시문제를 야기한다(심재연·조연호, 2011). 이와 같은 문제를 다루기 위해 광역적 차원의 여러 정책들이 제시되어왔으며, 「국토의계획및이용에관한법률」의 출범과 함께 제시된 ‘2020 광역도시계획’이 그 예라고 할 수 있다. 하지만 이러한 계획은 본래 취지인 도시시간 연계를 통한 광역적 차원의 문제해결 보다는 개발제한구역의 조정하는 이슈 등에 초점을 두었으며, 획일적인 광역도시권 설정 기준을 사용하는 등의 한계를 지니고 있다(김동주 외 4인, 2010). 뿐만 아니라, 광역도시권 설정을 위한 기존 연구들은 대부분 통근비용, 직업의존도, 직업점유율 등의 지표에 기준치를 설정하여 이를 만족하는 지역을 선정하는 다소 자의적인 방법이 사용되어 왔다.

이에 본 연구의 목적은 보다 객관적인 광역도시권 설정을 위한 수학적이고 계량적인 방법을 제시하고, 통근통행 기종점 자료를 이용하여 전국 5개 대도시권의 광역도시권을 설정하며, 광역도시권 경계의 변화와 기존 연구 결과들과의 비교 분석을 통해 지역계획 및 국토계획에 시사점을 제공하는 데 있다.

II. 국내 선행연구 동향

도시권을 설정하는 기존 연구들에서는 중심도시와 주변지역과의 연계성을 측정하는 방식이 사용되어 왔다. 분석 대상의 범위 설정에 있어서는 기본적으로 중심도시에서 일정 반경 이내의 지역을 설정하는 방법이 적용되었는데, 권창기·정현욱(2007)과 장환영·문태준(2012)의 연구에서는 해당 중심도시에서 반경 50km 이내의 지역을 분석대상으로 사용하였다. 서비스 권역 분석을 통해 네트워크 거리를 반영하여 대상지역을 선정할 경우에는 심재현·조현오(2011)가 도로 네트워크를 이용하여

60km 이내의 지역으로 권역을 설정하였고, 주승민 외(2014)의 연구에서는 도로별 제한속도를 반영하여 자동차 1시간 도달거리 이내의 지역이 설정된 바 있다.

연계성 측정 방식에서는 통근통행량이 지역 간 연계성을 측정하는 데에 있어 가장 중요한 변수로 사용되어 왔다. 대부분 연구에서 통근통행량 기종점 자료를 사용하여 중심도시와 주변지역 간 통근량 비율인 통근율을 산정하여 지역 간 연계성 지표로 활용되었는데, 권창기·정현욱(2007)의 연구와 노승철 외(2014)의 연구에서는 통근량을 토대로 직업의존도, 직업점유율을 지표로 하여 도시권을 설정하였다.

또한 권용우(2001), 김동주 외(2010), 이희연·송종홍(1995) 등 많은 연구에서 중심도시와 주변지역 간의 연계성을 일차적 우선 지표로, 지역의 도시적 특성의 정도를 도시권 설정 여부의 보조기준으로 활용하였으며, 대표적인 도시적 특성 지표로는 전업농가율, 인구밀도, 도시적 토지이용 비율 등이 있다. 그러나 중심도시와의 연계성을 더 우선하고 도시적 특성 지표를 보조적으로 사용하는 방식을 취하고 있어 지역 간 연계성에 더 많은 비중을 두고 있음을 알 수 있다.

대부분 기존 연구에서는 분석에 사용된 지표가 일정한 수치 혹은 주변지역의 평균을 넘어서는 지역을 도시권으로 반영하는 방식을 채택하여 왔다. 특히 이희연·송종홍(1995)의 연구에서는 지역 간 연계성 지표와 도시적 특성 지표를 표준화한 후 일정 구간으로 나누어 점수를 산정하고, 그 합이 설정 기준을 만족하는 경우에 도시권으로 포함하는 방법을 사용하는 방법 등 다양한 방법이 시도되어왔다. 그러나, 이와 같은 방법은 기준치를 설정하고 판단하는데 있어 연구자의 주관적인 판단이 반영되어 객관성이 담보되지 못하는 한계점이 지적되고 있다.

Table 1. Summary of Existing Studies

Studies	Case study areas	Geographical scope of impact areas	Cut-off Values of Variables				
			Commuting flows	Job dependency & Job share	Ratio of full-time farmers	Population density	Ratio of urban land uses
Kwon(2001)	Seoul metropolitan area	Gyeonggi-do	Commuting rates (average)	-	Average	Average	Average
Kwon and Chung(2007)	Seoul, Busan, Daegu metropolitan areas	within 50km	Commuting rates(5%)	5%(each)	-	-	-
Kim et al.(2010)	Busan-Ulsan, Daegu, Daejeon, Kwangju metropolitan areas	-	Commuting rates(5%) Commuting rates+ Reverse commuting rates(10%) Daily traffic rates(20%)	-	Average	Average	Average
Kim and Ha(2001)	Jinju and the east part of Gyeongsangnam-do	Distance of 30 minutes by car	Commuting rates(10%)	-	-	-	-
Noh et al.(2012)	the nation	-	Commuting rates(10%)	10%(sum)	-	-	-
Shim and Cho(2011)	Busan metropolitan area	within 60km of road-network distance (service area analysis)	Commuting rates (average)	-	Average	Average	Average
Lee and Song(1995)	Seoul and Gyeonggi-do	-	Scoring through standardization	-	Scoring through standardization	Scoring through standardization	-
Jang and Moon(2012)	Busan, Daegu, Daejeon, Kwangju metropolitan areas	within 50km	Commuting rates (average)	-	-	-	-
Joo et al.(2014)	Daegu metropolitan area	Distance of 60 minutes by car	Commuting rates (average)	-	Average	Average	Average

Ⅲ. 연구의 범위 및 방법

1. 연구 자료 및 범위

본 연구에서는 국가교통DB센터에서 제공하는 2011 전국 지역 간 목적통행 O-D 자료의 평일 통근통행 자료를 이용하였으며, 연구의 공간적 범위는 전국 시군구를 단위로 하여, 국내 5개 광역권(수도권, 대전권, 대구권, 부산권, 광주권)을 대상으로 통근통행의 영향권을 분석하였다. 단, 내륙과의 통행량이 없는 경북 울릉군은 분석의 대상에서 제외하였다. 권창기·정현욱(2007)과 노승철·심연호·이희연(2012), 국토연구원(2010) 등 대부분의 기존 연구가 5개 광역권 전체 혹은 일부를 대상으로 하였으며, 본 연구에서는 기존 연구 결과와 비교하기 위해 위의 5개 광역권을 연구대상으로 설정하였다.

2. 연구 방법

분석자료는 표1에 나타난 바와 같이 기존 연구에서 가장 중요한 요소로 활용된 지역별 통근통행 기종점 자료를 기초로 활용한다.

분석 방법으로는 지역 간 연계성을 기능적거리로 측정하는 마코프-연쇄 모형(Markov-Chain Model)과 평균 최초 도달시간(Mean First Passage Time) 개념을 사용한다. 마코프-연쇄 모형은 시간의 경과에 따라 상태가 확률적으로 변화하는 과정을 이용하여 미래의 변화를 예측하는 추계적 과정으로, 러시아 수학자 Andrey Markov에 의해 개발된 확률모형이다. 미래의 상태가 현재의 상태만 주어지면 과거의 상태와 무관하게 결정되며, 이는 현재의 상태만을 이용하여 장기적인 상태의 변화를 확률적으로 추산할 수 있음을 의미한다. 또한 주어진 현재 단계의 전이확률로 구성된 전이 매트릭스

(transition matrix)를 연속적으로 거듭제곱하면, 모든 행벡터가 점차 일정한 벡터로 수렴하게 되는데, 이는 출발지와 무관하게 각각의 특정한 확률로 도착지로 도달하게 되는 평형 상태에 이르게 됨을 의미한다. 이를 제한 매트릭스(limiting matrix)라고 하면, 어떠한 행동의 최종 상태에 대한 가장 적절한 예측은 제한 매트릭스 상태의 행동인 것이다.

평균 최초 도달시간(Mean First Passage Time, 이하 MFPT)은 한 지역에서 다른 지역으로 최초로 도달할 때 걸리는 시간에 대한 평균으로, 마코프-연쇄 모형을 이용하여 계산된 제한 매트릭스를 활용하여 전이횟수와 그 확률을 곱하여 산출된다. 출발지별로 도착지 간의 기능적 영향권을 설정하는 방법으로, 통근통행 기종점 자료를 이용하여 지역 간 기능적 거리를 측정할 수 있는 추계적 방법이다. Hirst(1975)는 동아프리카를 대상으로 한 연구에서 도시의 계층적 구조를 파악하는 방법으로 지역 간 전화통화 기종점 자료를 이용하여 도시별 중심지로의 MFPT를 산출하고, 이를 기능적 거리로 활용하여 중심지 주변지역의 범위를 측정하였다. Brown(1970)의 연구에서는 미국 100개 SMSA를 대상으로 중심지와 인접지역 간의 연결구조를 파악하며, 이때 지역 간 이동량을 토대로 MFPT를 산출하여 연결구조를 파악하는데 활용한 바가 있다. 또한 최근 Ross & Woo(2009)는 통근통행 및 물류이동 데이터를 이용한 마코프-연쇄모형을 미국 전역에 적용한 메가리전 식별 방법을 제안한 바 있다. 본 연구에서는 이러한 기능적 거리의 개념을 적용하여 광역도시권을 설정하는 변수로 MFPT를 사용한다. 아래 기술되어 있는 MFPT 산출에서는 통근통행 기종점 행렬 연산을 위해 Matlab 소프트웨어가 사용되었으며 R 소프트웨어를 이용한 군집분석을 통해 유사한 MFPT를 갖는 시군구를 하나의 기능적 도시권으로 설정한다.

3. MFPT 산출 과정

MFPT를 산출하는 구체적 방법은 다음과 같다. 모형의 첫 번째 단계로, 전이 매트릭스와 제한 매트릭스를 산출한다. 국가교통DB센터에서 제공한 2010년 가구통행조사자료 중 기종점 통근통행 자료를 사용하여, 전체 표본 지역을 대상으로 통행량을 출발지(행)-도착지(열)의 행렬로 전환하며, 여기에서 기본 분석 단위는 전국 250개 시·군·구가 된다.

출발지별로 통행량의 합을 계산하고, 이 합으로 각각의 셀을 나누어 확률을 구하면 이는 현재 상태에 대한 통행의 조건부 확률, 즉 전이확률이 된다. 모든 출발지에서 이러한 전이확률을 산출한 후 행렬로 전환하여 전이행렬(Transition Matrix)을 구축하게 된다.

이 전이행렬을 P 라고 할 때, 이 전이행렬을 무한히 제공하게 되면 마코프 연쇄 모형의 성질에 의해 출발지에서 도착지로의 전이확률분포가 출발지에 상관없이 모두 같은 분포를 가지도록 수렴하게 된다. 즉, 모든 출발지의 확률분포가 동일한 행벡터로 수렴하게 되는데, 이를 제한 벡터(Limiting Vector) 또는 안정 상태 벡터(Stationary Vector)라고 한다. 이 제한 벡터를 α 라고 하면

$$\alpha^* P = \alpha \quad (1)$$

와 같은 식의 해가 되는 벡터 α 가 존재한다. 이 벡터를 행으로 하여 모든 행이 동일한 벡터인 제한 행렬(limiting matrix)이 산출된다.

MFPT를 계산하는 과정은 다음과 같다. 기본적인 가정은 각 시점의 기댓값을 모든 시점에 대해 합한 것으로, 전이횟수와 그 전이확률의 곱을 모두 합산함으로써 다음 식과 같이 적용될 수 있다.

$$MFPT = \sum_{n=1}^{\infty} n^* f_{ij}^n \quad (2)$$

f_{ij}^n : n 번째 제공된 전이행렬의 i 에서 j 로의 전이확률

하지만 이는 원소 단위의 계산이라 실제로 결과를 산출하기는 어렵다. 이를 행렬의 차원에서 계산하는 방법으로 Kemeny & Snell(1960)이 제안한 방법을 제시하면 다음과 같다. 이 방법에서는 MFPT의 행렬 M 은 전이행렬 P 와 제한 행렬 A 를 이용하여 아래와 같이 산출한다.

$$M = (I - Z + EZ_{diag})D \quad (3)$$

이때 I 는 항등행렬(주대각선 방향으로 1의 원소가 있고 그 외에는 모두 0으로 구성된 행렬)이고 Z 는 기본행렬

$$Z = (I - (P - A))^{-1} \quad (4)$$

이며, E 는 단위행렬(모든 원소가 1로 이루어진 행렬), Z_{diag} 는 Z 의 대각행렬(주대각선 방향으로의 원소만 남기고 나머지 요소는 모두 0으로 이루어진 행렬), 마지막으로 D 는 A 의 대각행렬에서 각 원소 α_{ij} 의 역수를 취한 행렬이다. 이 식을 통해서 각 출발지와 도착지별로 MFPT를 산출한다.

각 지역을 출발지로 하여 중심도시 내 지역으로의 통근 MFPT를 모두 합하여, 이를 출발지별 중심도시와의 기능적 거리(functional distance)를 보여 줄 수 있는 지표로 사용한다. 여기서 기능적 거리가 작을수록 평균 최초 도달시간의 정의에 따라 중심도시와 기능적으로 가깝다는 의미가 되므로 중심도시와의 연계성이 더욱 크다는 것을 의미한다. 산출된 MFPT를 이용하여 군집분석을 통해 최종적인 기능적 도시권을 설정할 수 있다. 본 연구에서는 R 소프트웨어의 NbClust 패키지를 통해 최적 군집수와 각 지역의 군집을 설정한다.¹⁾ 마지막으로 설

정된 군집을 ArcGIS의 ArcMap 프로그램으로 도식화하여 중심도시와 주변지역 간의 연계성 분포를 확인하고, 이 결과를 토대로 최종적으로 광역도시권을 설정한다.

도권 전역과 강원도 철원에 이르고 있음을 알 수 있다. 이는 북쪽과 동쪽으로는 중심도시 서울의 영향권이 이미 경기도의 범위를 넘어 강원도로 뻗어 나가고 있음을 보이며, 이는 남쪽에 위치한 대전광역시 지역의 영향권이 수도권 광역도시권에 인접하여 영

IV. 분석 결과

1. 광역도시권의 설정 결과

1) 수도권 광역도시권의 설정

위의 분석 과정을 통해 전국 시군구를 대상으로 각 지역별 서울시와의 기능적 거리를 산출하고, 군집분석을 실시한 결과 8개 군집이 추출되었다.

표 2와 그림 1에 나타난 바와 같이, 군집 1은 경기도와 인천광역시를 포함한 수도권 전체와 강원도 철원을 포함하는 총 55개 시군구로, 8개 군집 중 서울과의 기능적 거리가 가장 가까운 지역에 해당된다. 군집 2부터는 군집 1과 비교했을 때 기능적 거리가 두 배 이상 차이가 나며 동해안지역까지 포함하므로, 군집 1이 서울시와의 기능적 거리를 기준으로 경계가 뚜렷이 형성됨을 확인할 수 있다.

따라서, 서울과의 통근통행량으로 측정된 광역도시권은 그림2와 같이 나타나며 서울의 중심성이 수

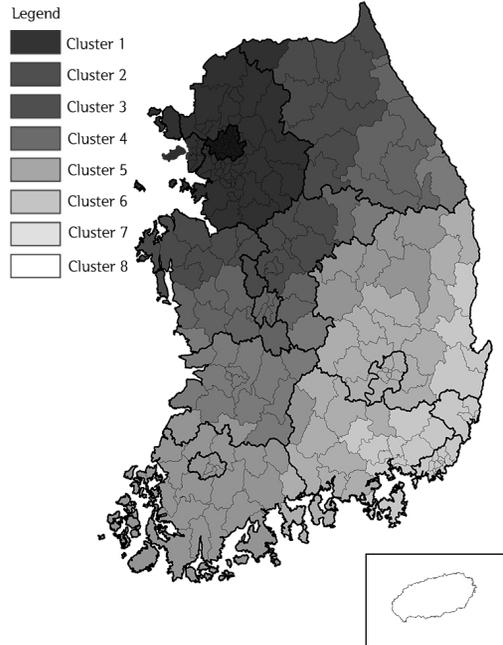


Fig 1. Result of Cluster Analysis for Seoul Metropolitan Area

Table 2. Result of Cluster Analysis for Seoul Metropolitan Area

Clusters	Functional Distance		Counts of Samples
	Avg.	Std.	
1	1307.15	126.56	55
2	2657.71	218.72	25
3	3374.72	209.05	22
4	4756.21	378.50	19
5	5654.40	156.94	34
6	6367.69	176.56	32
7	6941.73	80.04	36
8	298679.93	132.41	2



Fig 2. Seoul Metropolitan Area

향을 미치기 때문에 판단된다.

2) 대전 광역도시권 설정

같은 방법으로 중심도시 대전광역시를 기준으로 전국 시군구의 기능적 거리를 산출하여 군집분석을 실시한 결과 총 4개의 군집이 추출되었다.

표 3과 그림 3의 결과를 살펴보면, 군집 1은 충청남·북도 중 대전광역시로부터 북동쪽에 위치한 제천시와 단양군, 남서쪽에 위치한 서천군을 제외한 전 지역으로, 4개 군집 중 대전과의 기능적 거리가 가장 가까운 총 27개 시군구가 해당된다. 제주도인 군집 4를 제외한 군집 2와 3 지역은 비슷한 기능적 거리 분포를 가지며, 이는 군집 1과 비교했을 때 기능적 거리에 있어 뚜렷한 차이를 보인다.

따라서, 그림 4와 같이 대전과의 기능적 거리가 가장 가깝고, 다른 군집들과 뚜렷한 차이를 보이는 군집 1을 대전 광역도시권으로 설정할 수 있다. 이와 같이, 2011년 O-D 자료 분석결과에 의하면, 대전광역시의 영향권은 충청남·북도 전역에 미치고 있으며, 북쪽으로는 충청남·북도 대부분 지역에 미치고 있는 반면 남쪽으로는 전라북도가 근접해 있음에도 불구하고 전라북도의 시·군·구는 포함되지 않은 채 충청남도와 전라북도의 경계에서 광역권이 형성되고 있다. 이는 충청도와 전라도의 경계가 지역 간 상호작용의 경계 역할을 어느 정도 하고 있다고 볼 수도 있으나, 이보다는 전라북도의 북쪽 지역들이 대전과 남쪽으로 비슷한 거리에 인접해

Table 3. Result of Cluster Analysis for Daejeon Metropolitan Area

Clusters	Functional Distance		Counts of Samples
	Avg.	Std.	
1	8023.18	967.28	27
2	10282.18	251.09	142
3	11698.06	259.83	74
4	196019.67	82.75	2

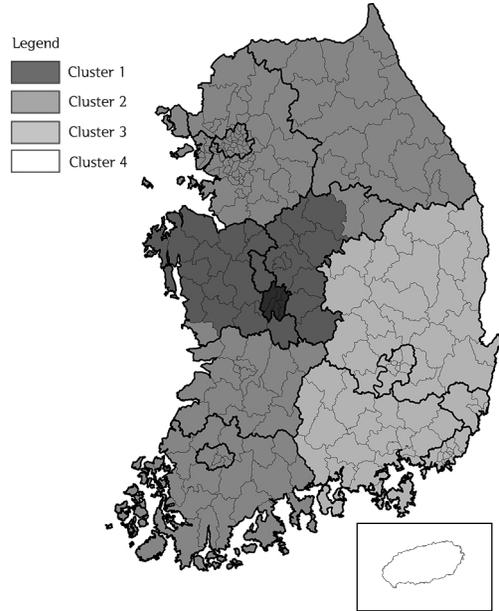


Fig 3. Result of Cluster Analysis for Daejeon Metropolitan Area

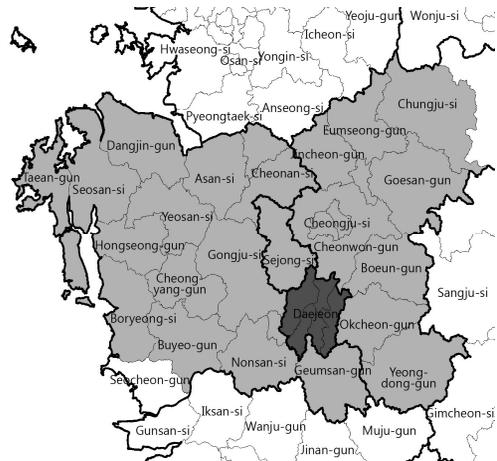


Fig 4. Daejeon Metropolitan Area

있는 전주시에 영향권에 포함되기 때문인 것으로 판단된다.

3) 대구 광역도시권

중심도시 대구광역시를 기준으로 전국 시군구의

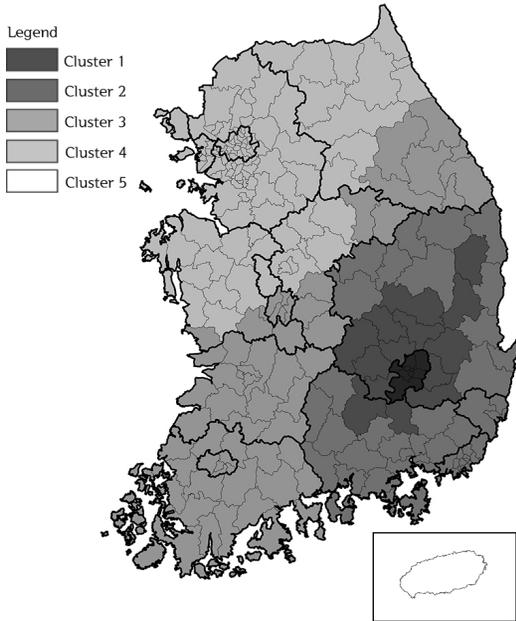


Fig 5. Result of Cluster Analysis for Daegu Metropolitan Area

기능적 거리를 산출하여 군집분석을 실시한 결과 총 5개의 군집이 추출되었다.

표 4와 그림 5에 나타난 바와 같이, 군집 1은 경상남·북도에 걸친 14개 시군구로, 5개의 군집 중 대구와의 기능적 거리가 가장 가까운 지역에 해당된다. 군집 2부터는 제주도인 군집 5를 제외하면 군집 1과 기능적 거리 분포에 있어 확연한 차이를 보이며, 이는 다른 군집에 비해 군집 1이 중심도시 대구와 가장 강한 기능적 연계성을 보이고 있음을

Table 4. Result of Cluster Analysis for Daegu Metropolitan Area

Clusters	Functional Distance		Counts of Samples
	Avg.	Std.	
1	7832.68	964.50	14
2	11197.38	703.15	52
3	16427.90	644.84	63
4	18583.83	377.85	111
5	315581.13	132.40	2

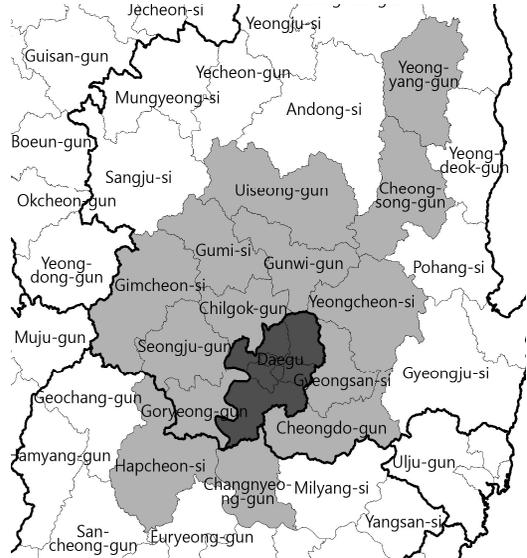


Fig 6. Daegu Metropolitan Area

시사한다. 따라서, 대구의 광역도시권은 그림 6에서와 같이 중심도시 대구와 가장 뚜렷한 기능적 연계성을 보이는 군집 1로 설정될 수 있다. 대구광역시의 영향권 역시 남쪽보다는 영양군을 포함하여 북쪽과 서쪽으로 확장되어 있는 것을 볼 수 있으며, 이는 동남쪽에 위치한 울산광역시와 부산광역시의 영향권이 대구광역도시권에 근접하여 미치고 있기 때문으로 판단된다.

4) 광주 광역도시권

광주광역시를 중심도시로 하여 전국 시군구의

Table 5. Result of Cluster Analysis in Kwangju Metropolitan Area

Clusters	Functional Distance		Counts of Samples
	Avg.	Std.	
1	6986.29	1599.93	19
2	12770.79	1231.96	18
3	17994.67	781.95	26
4	19858.62	314.25	180
5	205783.10	82.72	2

기능적 거리를 산출, 군집분석을 실시한 결과 아래와 같이 총 5개의 군집으로 나타났다.

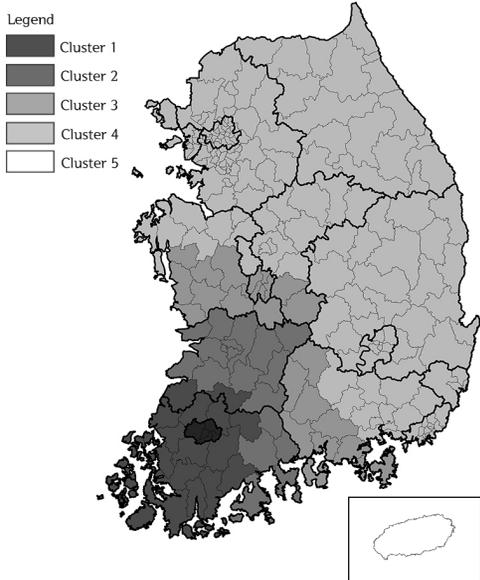


Fig 7. Result of Cluster Analysis for Kwangju Metropolitan Area

표5와 그림 7에 나타난 바와 같이, 군집 1은 고흥군, 여수시, 광양시, 순천시, 구례군을 제외한 전라남도 전체와 전라북도의 순창군, 고창군 지역을 포함한 총 19개 시군구 군집으로, 광주와 기능적 거리가 가장 가까운 지역에 해당 된다. 군집 1은 다른 군집과 비교하여 기능적 거리와 물리적 거리 측면에서 뚜렷한 차이를 보이며 광주광역시의 광역도시권으로 설정될 수 있다. 광주광역시의 영향권은 대다수 전라남도 지역과 일부 전라북도 지역을 포함하고 있으나, 전주시가 위치한 북쪽과 순천, 여수, 광양시 등이 위치한 동쪽보다는 남쪽으로 확장되어 있는 모습을 보이고 있다.

5)부산 광역도시권

부산광역시를 중심도시로 하여 전국 시군구의 기능적 거리를 산출, 이를 변수로 군집분석을 실시한

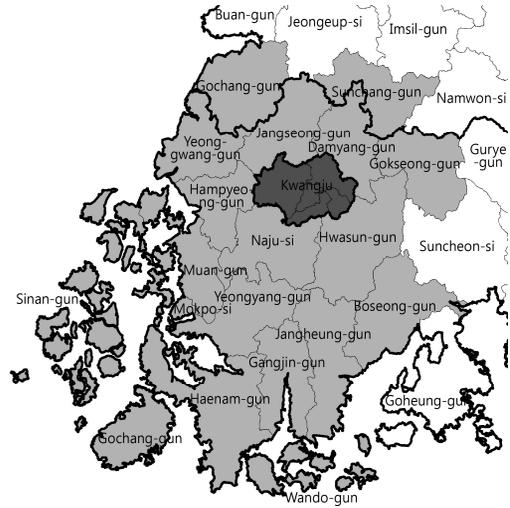


Fig 8. Kwangju Metropolitan Area

결과 총 6개의 군집이 추출되었다.

표6과 그림 9에 의하면, 군집 1은 통합장원시 전체와 울산광역시 전체, 밀양시, 거제시, 통영시, 양산시, 함안군, 의령군 등 총 18개 시군구로 이루어진 군집으로, 부산과의 기능적 거리가 가장 가까운 지역들을 포함하고 있다. 또한, 다른 군집들과 비교하여 기능적 거리에 뚜렷한 차이를 보이고 있어, 군집 1이 부산광역시의 광역도시권으로서의 특징을 보인다고 할 수 있다. 부산광역시광역도시권의 경우 남쪽으로는 바다와 접해있고, 북쪽으로는 대구광역시광역도시권과 인접해 있어 지리적 성장에 한계가 있을 것

Table 6. Result of Cluster Analysis for Busan Metropolitan Area

Clusters	Functional Distance		Counts of Sample
	Avg.	Std.	
1	23011.30	2775.88	18
2	32473.00	2179.43	35
3	39769.64	1415.81	50
4	44751.65	897.26	36
5	47255.55	385.58	93
6	640130.36	264.79	2

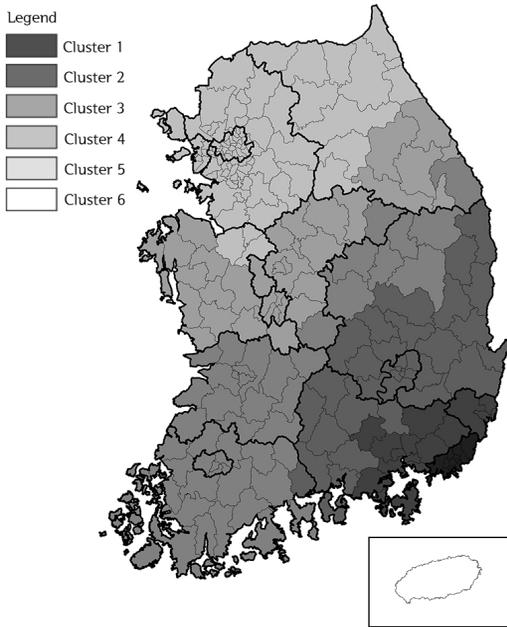


Fig 9. Result of Cluster Analysis for Busan Metropolitan Area

로 보이며, 5개 광역도시권 중 가장 작은 면적을 차지하고 있다.

6)소결

본 연구를 통해 설정된 5개 광역권을 종합하면 그림 11과 같다. 그림 11에 의하면 서울, 대구, 광주 광역도시권에서 중심도시가 입지해 있는 도 경계를 넘어 도시권이 형성되어있다. 또한 대전 광역도시권에서도 전라남도와 전라북도 대부분의 지역을 아우르는 영역을 도시권으로 포함하고 있다. 이는 통근통행 관점에서 도시지역이 스프롤됨에 따라 중심도시의 영향권 또는 도시권이 기존 행정구역 경계와는 상관없이 확장되어 형성되고 있음을 상기시켜주고 있으며, 도시 단위를 넘어선 도시-지역 단위의 계획체계에 대한 논의가 더욱 활발해져야 할 필요성을 제기하고 있다.



Fig 10. Busan Metropolitan Area 또한 5개 광역도시권의 기능적 거리 분포에 대한

기초통계량을 비교해 보면(표7), 서울광역도시권에 포함된 행정구역들(시군구)이 중심도시와 가장 큰 기능적 연계성을 보이며, 부산광역도시권의 행정구역들이 중심도시와 가장 작은 기능적 연계성을 보임을 알 수 있다. 이는 도시스프롤의 관점에서 광역도시권의 공간적 크기를 고려할 때, 서울광역도시권이 공간적 크기가 가장 큼에도 불구하고 도시권 내 중심도시에 대한 의존성이 가장 강하게 나타나고 있어 도시스프롤 정도가 다른 광역권에 비해 심각함을 보여주고 있다.

본 연구의 결과로 나타난 5개 광역권에 대한 면적, 인구, 고용 및 지역내총생산(GRDP) 지표는 표 8과 같다. 이들 광역도시권의 면적은 전 국토의 절반 정도에 해당하나, 우리나라 전체 인구의 81%가 5개 광역권 내에 집중되어 있으며 전체 고용의 81%가 이들 지역에 분포하고 있음을 알 수 있다. 또한 전체 GRDP의 94%가 이들 5개 광역도시권 내에서 생산되고 있어 경제적·사회적으로 우리나라의 핵심지역임을 알 수 있다. 따라서, 국토의 효율

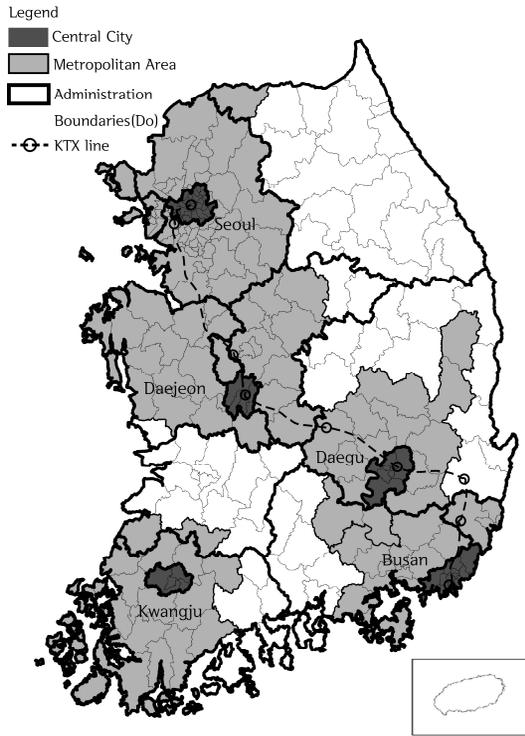


Fig 11. Five Metropolitan Areas

적 이용 및 경쟁력 향상 측면에서 이들 광역도시권에 대한 지속적인 모니터링이 수반될 필요가 있다.

2. 2005-2011년 광역도시권 비교

위와 같은 방법으로 2005년 통근통행 목적 OD 자료를 이용해 2005년 기준의 광역도시권을 설정한

Table 7. Comparison of Descriptive Statistics among Five Metropolitan Areas

Central City	Functional Distance		Number of Samples
	Avg.	Std.	
Seoul	1,307.15	126.56	55
Daejeon	8,023.18	967.28	27
Daegu	7,832.68	964.50	14
Kwangju	6,986.29	1,599.93	19
Busan	23,011.30	2,775.88	18

후, 광역도시권들의 시간적 변화를 비교해보면 다음과 같은 특징이 나타난다.

첫째, 그림 12에 의하면 2011년의 5개 광역도시권 경계는 2005년에 비해 지리적으로 더 넓게 확장되었음을 알 수 있으며, 이는 5개 광역도시권 모두 통근분포가 점점 확장되고 있음을 보여준다. 부산광역도시권의 경우 위로는 대구광역도시권과 아래로는 바다라는 지리적 여건으로 인해 확장 영역이 가장 적었던 반면, 대전광역도시권의 경우 남쪽으로의 확장은 없었으나 북쪽으로는 서울광역도시권과 맞닿을 정도로 큰 확장을 보였으며 약 6년간 5개 광역도시권 중 지리적으로 가장 크게 증가한 도시권으로 나타났다. 이는 세종특별자치시의 영향이 매우 크게 작용한 것으로 보이며, 서울광역도시권과 경계를 공유하게 됨으로써 세종특별자치시 계획 초기에 제기되었던 수도권외연적확산(권일, 2006)까지는 아니지만 향후 이와 유사하게 서울광

Table 8. Area, Population, Employment, and GRDP for Five Metropolitan Areas

Central City	Area(km ²)	Population (2010)	Employees of Business (2010)	GRDP (2011, million won)
Seoul	12,815 (12.8%)	21,217,034 (43.7%)	9,802,175 (44.2%)	581,249,393 (43.7%)
Daejeon	14,693 (14.6%)	4,825,241 (9.9%)	2,234,933 (10.1%)	155,340,380 (11.7%)
Daegu	10,923 (10.9%)	3,769,972 (7.8%)	1,689,483 (7.6%)	89,862,863 (6.8%)
Kwangju	11,044 (11.0%)	6,900,419 (14.2%)	1,159,958 (5.2%)	90,519,380 (6.8%)
Busan	6,444 (6.4%)	2,543,590 (5.2%)	3,032,081 (13.7%)	334,484,273 (25.1%)
Total	(55.8%)	(80.8%)	(80.7%)	(94.0%)

(00%) : Percentages of national area, population, employees, and GRDP

역도시권과 대전광역도시권 간의 개발 연담화가 더욱 가속화 될 것으로 예상된다.

둘째, 서울광역도시권, 대전광역도시권, 대구광역도시권, 부산광역도시권이 모두 지리적으로 인접하게 됨에 따라 하나의 메가리전을 형성하게 되었다. 2005년에는 대구와 부산광역도시권만이 인접했던 반면 2011년에는 서울과 대전광역도시권까지 경부축을 중심으로 확대된 것은 앞서 언급한 세종특별자치시의 출현과 함께 2004년 개통된 KTX의 영향이 큰 것으로 판단된다. 미국 대도시권 사례에서 논의되어 온 바와 같이 전국적으로 광역네트워크 기반시설의 확충과 함께 메가리전으로 표현되는 이러한 광역도시권 간의 연담화 추세는 앞으로도 지속될 것으로 예상되며(Ross, Woo, and Wang, 2016), 수도권정비계획 및 국토종합계획 수립 시 국토의 균형개발 및 경쟁력 차원에서 적극적으로 고려될 필요가 있다.

3. 기존 광역도시권 연구와의 비교

표 9는 본 연구 결과(2011년 기준)와 전국 5개 광역권을 대상으로 한 연구 중 통근통행 지표의 기준치를 사용한 기존 연구들의 결과를 비교하고 있다.

본 연구의 결과와 기존 연구들의 결과 간의 차이점으로 첫째, 권역의 경계가 연구자들 간 서로 다르게 나타나고 있는데, 이는 권역 설정을 위한 지표 및 기준치 선정에 있어 연구자의 견해에 따라 다르게 설정될 수 있기 때문이며, 이러한 지표의 차이가 권역 설정 결과에 반영되었다. 예를 들면, 대전광역도시권의 경우 김동주 외(2010)의 연구와 노승철·심재현·이희연(2012)의 연구에서는 통근통행 비율 등을 다르게 적용하고 있으며, 이에 따라 권역의 크기가 매우 다르게 나타나고 있다. 둘째,

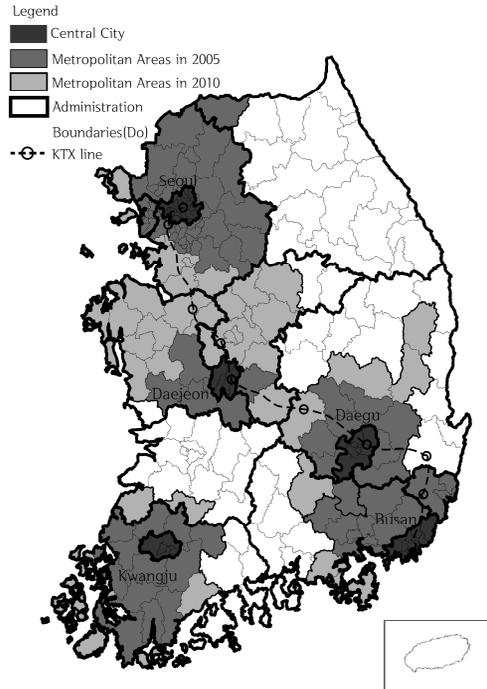
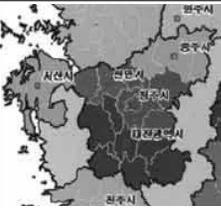
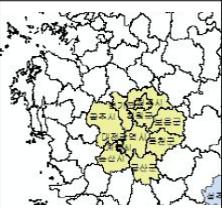
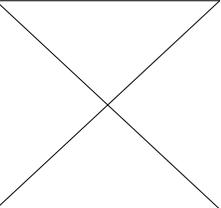
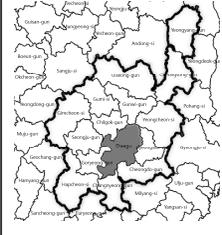
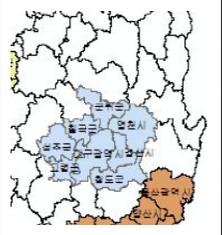
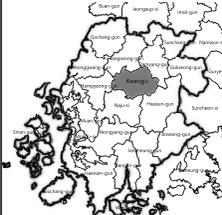
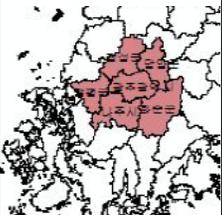
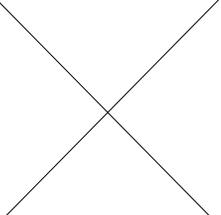
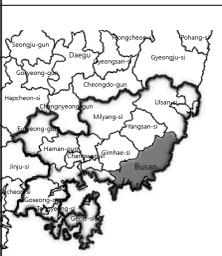
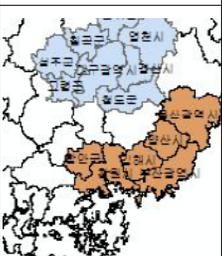
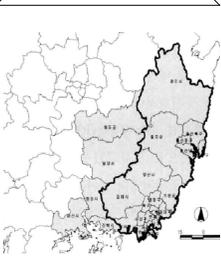


Fig 12. Changes of Boundaries for Five Metropolitan Areas between 2005 and 2011

기존 연구들에서 설정된 권역 크기가 본 연구에서 설정한 권역보다 작은 지리적 규모를 보이고 있다. 이는 기존 연구들에서 설정한 통근통행 지표의 기준치가 실제 중심도시의 영향력을 측정할 수 있는 값보다 높게 설정되었을 수 있음을 보여준다. 또한, 기존 연구들이 실행된 시점과 본 연구와의 시간적 차이와, 이로 인해 최근에 진행된 도시스프롤 현상이 이전 연구에서는 반영이 되지 않았을 가능성이 있다. 특히 지하철 및 철도의 확장으로 인한 통근권의 확장과, 2000년대 이후 국내 도시지역에서 일어난 신시가지개발 등은 중심도시로의 통근인구를 증가시켜 본 연구의 권역 설정 결과에 영향을 주었을 것으로 판단된다.

이러한 결과의 차이는 다음과 같은 문제를 발생시킬 수 있다. 첫째, 지표에 대한 자의적인 기준치 설정은 중심도시의 영향권에 있는 지역이 권역에서

Table 9. Comparison between This Study and Previous Studies

Study areas	Cases / Indices and Methods			
	This Study	Noh, Sim, and Lee(2012)	Kim et al.(2010)	Kwon and Chung(2007)
Seoul Metropolitan Area	Functional Distance (Markov-Chain Model) + Cluster Analysis	Commuting rates(10%)	Commuting rates(5%) + Reverse Commuting Rates(10%) & Daily Traffic Rates(20%)	Commuting rates(5%)
Daejeon Metropolitan Area				
Daegu Metropolitan Area				
Kwangju Metropolitan Area				
Busan Metropolitan Area				

제외되거나 그렇지 않은 지역이 권역에 포함되는 경우가 발생할 수 있다. 특히, 지표의 기준치는 지역에 따라 값이 달라질 수 있으며, 대상 지역에 대한 기본 지식(local knowledge)이 없을 경우 부정확한 기준치가 적용될 우려가 있다(McMillen & McDonald, 1998). 둘째, 지역계획적인 측면에서, 과소한 권역 설정은 기능적으로 포함되어야 하는 외곽지역이 계획구역에서 제외되어 외곽지역의 무계획적 개발로 인한 도시스프롤 현상을 야기할 수도 있으며, 광역 차원의 도시기반시설 계획에 있어서도 지역 간 상호작용을 과소평가하게 되는 오류를 낳을 수 있다.

본 연구에서 사용한 마코프-연쇄 모형의 기능적 거리와 군집분석은 중심도시의 영향권을 기능적 측면에서 효과적으로 측정함으로써 중심도시와 연계된 도시스프롤을 공간적으로 확인할 수 있으며, 중소도시를 대상으로 한 국내 다른 지역의 도시권 설정에도 보다 객관적인 방법을 제시해 줄 수 있을 것으로 기대된다.

V. 결론

기존 광역도시권 설정 연구에서는 기준치를 사용한 방법이 광범위하게 이용되어 왔으며, 이는 연구자가 설정하는 기준치의 정도가 권역설정 결과에 큰 영향을 끼치는데 반해, 그 기준치는 자의적일 수밖에 없어 객관적인 측정이 어렵다는 문제점이 지적되어 왔다. 이에 본 연구에서는 마코프-연쇄 모형과 기능적 거리, 군집분석 등 보다 객관적인 도시권 설정 방법을 통해 전국 5개 광역도시권을 설정하였으며, 2005년과 2011년의 광역도시권 경계 및 규모변화, 기존 연구결과들과의 비교 분석을 통해 도시권 설정 및 계획에 시사점을 제공하고자 하였다.

본 연구의 결과 및 시사점은 다음과 같다. 첫째, 5개 광역도시권 모두 중심도시가 임지한 도 경계를 넘어서는 공간적 범위의 권역이 설정되었다. 이는 통근통행의 관점에서 행정구역 경계와는 무관하게 중심도시의 영향권이 형성됨을 보여주며, 기존 행정구역 단위의 계획을 넘어서는 지역계획의 체계에 대한 논의가 더욱 필요함을 시사한다.

둘째, 2005년과 2011년의 광역도시권의 시간적 변화를 살펴보면 대부분 광역도시권이 지리적으로 확장되었고, 부산광역도시권에서는 지리적 여건으로 인해 가장 작은 확장이 나타난 반면 대전광역도시권에서는 가장 큰 지리적 확장이 일어나 북쪽으로는 서울광역도시권과 인접하여 연담화되고 있다. 또한 2005년에는 대구광역도시권과 부산광역도시권만이 인접해 있었으나 2011년 시점에는 경부축을 중심으로 서울광역도시권, 대전광역도시권, 대구광역도시권, 부산광역도시권이 지리적으로 인접한 메가리전을 형성하고 있다. 이러한 연담화된 광역도시권은 계획에 의해 형성된 것이 아니라 자생적으로 형성되고 있다는 점에서 앞으로도 이러한 현상이 지속될 것으로 예측되며, 수도권정비계획 및 국토종합계획 수립 시 고려되어야 필요가 있다.

셋째, 기존 연구들과의 비교 결과 연구별로 광역도시권 범위가 각각 다르게 나타났으며, 특히 본 연구에서 비교적 더 넓은 범위의 광역도시권이 설정되었다. 광역도시권 범위가 연구별로 다른 이유는 각기 다르게 설정된 지표의 기준치와 연구 시점에 기인한다고 볼 수 있다. 즉, 본 연구에서 설정된 광역도시권 범위가 기존의 연구에 비해 비교적 크게 나타난 것은 상이한 연구 시점에 따른 도시스프롤 반영 정도에 차이가 있을 수 있기 때문이며, 자의적으로 설정된 지표의 기준치가 실제의 도시스프롤을 충분히 반영하지 못하고 있음을 보여준다. 이에 대한 세밀한 분석이 향후 연구에서 진행될 필요가 있다.

주1. Rstudio의 NbClust는 집단의 적절한 군집의 수를 추출하는 R 패키지이다. 총 30개의 인덱스를 기준으로 하여 가장 적절한 군집의 수를 결정해주며, 이 군집의 수를 토대로 각 샘플을 결정된 군집의 수대로 분류한 결과를 제시해 준다.

인용문헌

References

1. 권용우, 2001. “수도권 광역도시권의 설정”, 「국토계획」, 36(7):197-219.
Kwon Y.W., 2001. “The Delineation of the Seoul Metropolitan Region in Korea”. *Journal of Korea Planning Association*, 36(7):197-219.
2. 권일, 2006. “제3장 우리나라 국토 불균형 현황과 대응방안”, 「성장관리의 이론과 실제」, 최상철 외, 서울: 동서문화사.
Kwon I., 2006. “Ch.3: Inequality of the National Territory and Its Responding Strategies in Korea.” in *Theories and Practice of Growth Management*, edited by Choi et al., 342-387, Seoul: Dongseo Munhwa Press.
3. 권창기·정현욱, 2007. “대도시 광역도시권 설정과 권역별 공간 특성 비교”, 「국토연구」, 52(3):39-58.
Kwon C. H., Chung H. W., 2007. “A Comparative Study on the Role of the Primate City in a Metropolitan Region in Korea”, *The Korea Spatial Planning Review*, 52(3):39-58.
4. 김동주·김현식·구정은·강민규·최인혜, 2010. 「글로벌 도시권 육성 방안 연구(I)」, 경기: 국토연구원.
Kim D. J., Kim H. S., Koo J. E., Kang M. K., & Cheoi I. H., 2010. *A Study On Global City-Regions in Korea (I)*, Gyeonggi: Korea Research Institute for Human Settlements.
5. 김영·하창현, 2001. “광역도시계획수립을 위한 도시권설정에 관한 연구”, 「공학연구원논문집」, 1:11-20.
Kim Y. & Ha C. H., 2001. “A Study on the Metropolitan Region Delineation Analysis for Metropolitan Urban Planning Establishment”, *Journal of Engineering Research Institute*, 1:11-20.
6. 노승철·심재현·이희연, 2012. “지역 간 기능적 연계성에 기초한 도시권 설정 방법론 연구”, 「한국도시지리학회지」, 15(3):23-43.
Noh S. C., Sim J. H., & Lee H. Y., 2012. “A Study on the Delimitation of City-Regions Based on Inter-Regional Functional Linkages in Korea”, *Journal of the Korean Urban Geographical Society*, 15(3):23-43.
7. 심재현·조연호, 2011. “네트워크 분석기법을 이용한 광역도시권 설정방안”, 「한국공간정보학회지」, 19(6):75-86.
Sim J. H. & Cho Y. H., 2011. “The Boundary Delimitation of Busan Metropolitan Area using Network Analysis”, *Journal of Korea Spatial Information Society*, 19(6):75-86.
8. 이희연·송종홍, 1995. “서울대도시권역의 설정과 지역구조에 관한 연구”, 「대한지리학회지」, 30(1):35-56.
Lee H. Y. & Song J. H., 1995. “A Study on the Establishment and Regional Structure of Seoul Metropolitan Region”, *Journal of the Korean Geographical Society*, 30(1):35-56.
9. 장환영·문태현, 2012. “연계성에 따른 지방 광역도시권의 설정과 발전 방향”, 「국토계획」, 47(1):5-18.
Jang H. Y. & Moon T. H., 2012. “Establishing City-Region based on Connectivity and Their Development Directions”, *Journal of Korea Planning Association*, 47(1):5-18.
10. 주승민·최진호·김봉준, 2014. “GIS 네트워크 분석을 활용한 대구광역시 광역도시권역 경계설정

- 에 관한 연구”, 『한국지역학회지』, 12(3):85-95.
- Joo S. M., Choi J. H., & Kim B. J., 2014. “A Study on Boundary Set-up of Metropolitan Areas in Dae-gu using Network Analysis in GIS”, *Journal of the Korean Cadastre Information Association*, 12(3):85-95.
11. Brown, L.A., Odland, J., & Golledge, R. G., 1970. “Migration, Functional Distance, and the Urban Hierarchy”, *Economic Geography*, 46(3):472-485.
12. Hirst, M.A., 1975. “Telephone Transactions, Regional Inequality and Urban Growth in East Africa”, *Tijdschrift voor economische en sociale geografie*, 66(5):277-295.
13. Kemery, J.G. & Snell, J.L., 1960. *Finite Markov Chains: With a New Appendix "Generalization of a Fundamental Matrix"*, New York, Berlin, Heidelberg, Tokyo: Springer-Verlag.
14. McMillen, D.P. & McDonald, J.F., 1998. “Suburban subcenters and employment density in metropolitan Chicago”, *Journal of Urban Economics*, 43:157-180.
15. Ross, C.L. & Woo, M., 2009. Identifying Megaregions in the US: Implications for Infrastructure Investment, In Ross, C.L. (Ed.), *Megaregions: Planning for Global Competitiveness*, pp. 53-80, Washington, Covelon, London: Island Press.
16. Ross, C.L., Woo, M., & Wang, F., 2016. “Megaregions and Regional Sustainability”, *International Journal of Urban Sciences*, 20(3): 1-19.

Date Received 2016-09-29
 Date Reviewed 2016-11-02
 Date Accepted 2016-11-02
 Date Revised 2016-11-29
 Final Received 2016-11-29