

기능적 도시권 설정을 위한 계층적·계산적 접근의 비교 : Flowbca와 Combo를 중심으로*

Comparing Hierarchical and Computational Approaches to Functional Urban Area Delineation

: Focusing on Flowbca and Combo

윤종진** · 김지민*** · 박인권**** · 우명제*****

Yun, Jongjin · Kim, Jimin · Park, In Kwon · Woo, Myungje

Abstract

Current regional development discourse encompasses both the emergence of super-metropolitan areas through intercity linkages and the implementation of strategic infrastructure optimization for smart shrinkage initiatives, reflecting the coexistence of growth and shrinkage patterns throughout the national territory. In this context, the scientific and objective delineation of functional urban areas (FUAs) has become increasingly important for the provision and maintenance of infrastructure involving multiple municipalities—such as metropolitan transport networks and other public facilities. Methods for defining FUAs have been developed by adopting new techniques that minimize arbitrariness, with network-based approaches that further limit researcher discretion increasingly being adopted. However, eliminating arbitrariness does not resolve all previously noted issues; it remains necessary to compare recently developed algorithms and assess their potential for complementary application. Accordingly, this study compares the strengths and weaknesses of a hierarchical approach (Flowbca) and a computational approach (Combo), and evaluates their outcomes when applied to purpose-specific origin–destination (OD) flows between regions. The results show that: First, the Flowbca algorithm can reveal the hierarchical structure of FUAs and the nesting relationships among them. Second, the Combo algorithm can identify relatively independent spatial units characterized by high internal cohesion within a network. Based on specific policy objectives, these algorithms should be used complementarily to ensure scientific objectivity in FUA delineation.

주제어 기능적 도시권, 통행, 알고리즘, Flowbca, Combo
Keywords Functional Urban Area, Travel, Algorithm, Flowbca, Combo

1. 서론

도시권은 중심도시와 사회·경제적으로 의존하는 배후지역(도시)을 포함하며, 활발한 교류를 통해 기능적으로 연결되는 영역을 의미한다(노승철 외, 2012; 이세원·이희연, 2015). 우리나라

는 제1차 국토종합계획부터 다핵형 국토공간구조를 형성하기 위해 도시권을 설정해 왔다. 1차 계획은 4대권-8중권-17소권 등 도시권 간 3단계 위계를 설정하였고, 2차 계획은 5대도시-17지방도시-6농촌도시 등 28개 지역생활권으로 구분하고 계층화하였다. 3·4차 계획은 광역시와 도로 구성된 행정경계 기반의 권역이 제

* 이 논문은 서울대학교 융복합 연구과제 지원사업(0434-20250065)의 지원을 받아 수행된 연구임.

** Associate Research Fellow, Namyangju Research Institute (First Author: jjyun@nyj.re.kr)

*** Master's Student, Department of Urban Planning and Design, University of Seoul (ehdld0801@uos.ac.kr)

**** Professor, Graduate School of Environmental Studies, Seoul National University (parkik@snu.ac.kr)

***** Professor, Department of Urban Planning and Design, University of Seoul (Corresponding Author: mwoo@uos.ac.kr)

안되었으며, 5차 계획은 도시권을 연대와 협력에 기반한 유연한 공간(권역)으로 정의하여 행정구역의 제약에서 벗어나고자 하였다. 또한 3차 계획 이후부터는 광역권의 하위 개념인 기초생활권·지역행복생활권 등이 제안되었다. 두 개념은 교육·문화·복지 등 삶의 질을 보장하기 위해 일상생활에 필요한 사회기반시설을 공급하기 위한 권역으로, 지역 간 과다경쟁 혹은 중복투자를 방지하기 위해 도입되었다. 즉, 우리나라는 광역적 발전 혹은 기초 인프라의 공급 등 목적을 위해 도시권을 설정해 왔다.

최근 메가시티 등 초광역권과 스마트 축소 정책 또한 도시권 설정에 대한 기존 논리의 연장선에 있다. 메가시티의 주된 전략은 도시 간 연계성을 높여 생산요소를 효율적으로 배분하고, 경제적 집중을 높여 집적경제 등 외부효과가 발생할 가능성을 높이는 것이다(윤영모 외, 2025). 한편, 스마트 축소는 인구감소로 인해 과잉 공급된 기반시설과 토지이용 축소 및 재배치(박창석 외, 2020), 중·고차서비스의 통합적 공급을 강조한다. 메가시티 등 초광역권은 기능적 연계를 통한 성장을 추구하지만, 스마트 축소는 인구감소지역의 기반시설을 효율적으로 재편하는 것을 목적으로 한다. 즉, 국토공간에 대한 성장과 축소의 논리가 공존하기 위해서는 과학적이고 객관적인 도시권 설정이 중요하다.

도시권의 설정은 데이터와 분석 방법에 의존적이며 연구자의 주관적 판단이 개입될 수밖에 없다(권규상, 2019; 노승철 외, 2012; 이세원·이희연, 2015). 국내 선행연구에서는 2000년대 통근 및 노동 지표를 이용해 설정하거나, 2010년대 통행패턴 기반의 군집을 식별하는 방법, 지역노동시장권의 설정 방법 등 방안이 제안되었다. 최근에는 네트워크 과학 분야의 커뮤니티 발견법이 도시권 설정에 활용되면서, 연구자의 임의성 개입을 최소화하려는 시도가 모색된다. 그러나 도시권 설정을 위한 알고리즘의 장·단점을 비교하고 방법론 결과를 논의한 연구는 미흡하다.

최근 주요 선행연구들은 도시권 설정을 위해 크게 두 가지 알고리즘을 사용하고 있다. 첫 번째 방법은 임의성이 일부 개입되지만, 도시권 설정 과정 정보를 알 수 있는 계층적 접근이고, 두 번째 방법은 임의성을 최소화하면서 최적화를 주된 목적으로 하는 계산적 접근이다. 두 알고리즘은 임의성 문제를 최소화하며, 재현성이 높고, 비중첩 구조를 전제한다는 공통점이 있다. 그러나 두 접근방식은 각기 다른 강조점과 장·단점을 가지고 있어서, 이를 정확하게 이해하고 결과를 비교하여 보완적으로 활용할 수 있는지 검토할 필요가 있다.

이에 본 연구는 계층적 접근방식과 계산적 접근방식의 대표적 알고리즘들을 비교하여 각각의 장·단점과 적용 가능성을 파악하고자 한다. 구체적으로 최근에 개발되어 사용되고 있는 계층적 접근방식인 Flowbca 알고리즘과 계산적 접근방식인 Combo 알고리즘의 장·단점과 지역 간 목적 OD에 적용한 결과를 비교한다. 경제학 분야에서 제안된 Flowbca 알고리즘은 국가 간 무역, 투입-산출 모형 등 관계형 흐름 데이터를 기반으로 서로 병합하는

응집형 계층적 클러스터링이며, 중심도시의 설정과 설명이 가능한 장점이 있다(Meekes and Hassink, 2018). 기존 IntraMax·마코프연쇄모형·TTWA 등 방법론이 중심도시 설정이나 기준값 설정에서 연구자의 임의성을 완전히 배제하지 못한 반면, Flowbca는 흐름 데이터로부터 중심지를 내생적으로 도출하고 계층 구조를 단계적으로 파악할 수 있다. 한편, Combo는 Louvain 등 커뮤니티 발견법의 다른 알고리즘 대비 높은 성능을 보이면서, 초기 구성의 무작위성에도 불구하고 결과가 변동하지 않으며 안정적이다(Sobolevsky et al., 2014). 두 방법론은 국내 도시권 연구에 적용된 사례가 없으며, 이론적 원리와 우리나라에 적용한 결과를 비교 분석하여, 향후 도시권 설정 연구와 정책적 활용에 필요한 기초자료를 제시하고자 한다.

II. 도시권 설정 방법론

세계적으로 지역 경제 혁신의 원동력으로서 도시권의 개념이 주목받기 시작함에 따라, 2000년대부터 국내 도시계획 학계에서는 도시권을 설정하는 연구가 등장하였다. 초기의 도시권 설정 연구에서는 주로 통근과 고용 관련 지표를 이용했다. 대표적으로 권창기·정현욱(2007)의 연구에서는 광역시를 중심도시로 설정한 후 중심도시에 대한 주변 도시의 직업존도, 직업점유율, 통근 통행량의 3가지 지표에서 2가지 이상이 기준을 만족할 때 도시권에 포함하였다. 지표를 이용한 방법은 본래 1950년부터 2000년대 초반까지 미국, 일본, 캐나다 정부의 통계 관련 부처에서 사용한 방법으로, 주로 인구를 기준으로 중심도시를 우선 설정한 후 중심도시로의 통근통학 비율, 취업인구 수 등을 기준으로 도시권에 포함하는 방식으로 진행되었다(이성호, 2021). 그러나 지표의 선정과 적절한 기준값에 대해 합의가 없어 연구자의 개입이 매우 크고 객관성이 부족하다는 한계가 존재했다.

도시권은 도시 간 교류를 기반으로 설정되는 개념이기 때문에, 2010년대부터는 요인분석(factor analysis)을 활용해 실제 통행 데이터의 패턴을 관측하여 도시권을 설정하였다. 요인분석은 지역 간 통행 데이터를 바탕으로 출발지나 도착지의 통행량이 유사한 지역을 하나의 권역으로 인식하는 방법이다. 지표를 이용한 방법과 달리 기준값 설정이 필요하지 않다는 점에서 장점이 존재하지만, 통행패턴이 유사하다는 개념이 도시 간 교류가 크다는 것을 보장하지는 않기 때문에 도시권 설정 방법론으로 적합하지 않다는 반론이 제기되었다(조대현, 2011; 권규상, 2019).

이런 배경에서 도시 간 교류 흐름에 대한 네트워크 자료를 기반으로 군집을 찾는 인트라맥스(Intramax)와 마코프연쇄모형(Markov-chain) 방법론이 제안된다. 1970~80년대부터 국외 학계에서 논의된 두 방법은 계층적 클러스터링(hierarchical clustering)에 의한 방법으로, 국내에서는 2010년대 후반 도시권 설정 연구에 등장하였다. 구체적으로, 인트라맥스는 도시권 내부

의 통행은 최대화하고 도시권 간 통행은 최소화하는 목적함수를 바탕으로 공간 단위 합계를 추출하는 방식이다. 구형모(2012)는 인트라맥스와 같은 계층적 클러스터링 방법론이 데이터의 세부 사항을 최대한 보존하면서도 효율적이고 직관적인 알고리즘으로 평가하였다. 그러나 도시권이 불연속적으로 나타날 수 있다는 점과 특정 도시권의 면적이 과다하게 커질 수 있다는 점을 한 계로 지적하며 이를 개선한 알고리즘을 제시하였다. 새로운 알고리즘은 기존의 인트라맥스 알고리즘이 가지는 두 가지의 한계를 극복하면서도 내부 흐름 비율을 높이는 결과가 도출되었다. 하지만 도시권의 개수의 설정에 있어 수도권 전체 시·군의 개수를 참고해 34개로 설정했다는 점에서 연구자의 주관성이 개입되었다고 할 수 있다. 마코프연쇄모형은 중심도시를 설정한 후 지역 간 연계성을 기능적 거리로 도출하는 방식이다. 이상걸·우명제(2016)와 김도형·우명제(2019), 전재병·우명제(2024)는 광역시 등 중심도시로 설정한 후, 마코프연쇄모형의 평균최초도달시간(MFPT: Mean First Passage Time) 값으로 지역 간의 연계성을 도출하고 군집분석을 실시하였다. 이 방법 역시 중심도시를 연구자가 먼저 설정해야 하는 임의성이 존재한다(Farmer and Fotheringham, 2011).

Coombes et al.(1986)은 이러한 계층적 클러스터링 방법론이 실제 도시권 정책으로 이어지기에는 통계적 기준에 과하게 의존하고 결정론적이라고 비판하며, 단계적 통합 방법론(multistage aggregation)에 기초한 지역노동시장권(TTWA: Travel To Working Area)을 제시하였다. 지역노동시장권은 구인자의 구직 범위와 채용자의 채용 범위가 일치하는 공간적 권역을 의미한다(남기찬, 2023). 지역노동시장권은 노동자급률이 75%를 넘는 도시를 중심도시로 설정한 후, 해당 기준에 도달하지 못한 도시들이 권역 내에서 기준을 충족할 때까지 병합과 해체를 반복하여 최종적인 권역을 설정하는 방법이다(이세원·이희연, 2015). 국내에서는 남기찬(2023)이 2018년 하반기 지역별고용조사 원자료의 주거지와 직장 소재지를 사용해 전국 대상의 지역노동시장권을 직업분류별로 살펴보았다. 농림·어업직, 숙박·음식직, 영업·판매직은 소규모 범위의 다수 권역이, 연구·기술직, 교육·법률직, 경영·사무직 등 직종은 여러 시·군이 병합되며 광역적 범위의 소수 권역이 식별되는 등 직종 특성에 따라 권역의 범위가 다르게 나타났다. 지역노동시장권은 실제 영국의 정책 결정 과정에 큰 영향을 미쳤으며(Hamilton and Rae, 2020), 스페인, 뉴질랜드, 호주 등 다양한 국가의 도시권 연구에서 채택되었다(이세원·이희연, 2015). 그러나 여전히 75%라는 수치에 대해서 임의성이 존재하며, 연구마다 수치가 조금씩 달라지는 등 상황에 따라 기준이 달라지는 점에 대해 비판이 이어졌다(Cörvers et al., 2009).

도시권 설정에 대해 여러 가지 접근의 방법론이 등장하였지만 공통적으로 ‘연구자의 임의성’이라는 문제를 해결하지 못하던 중, 네트워크 과학 분야에서 주목을 받은 커뮤니티 발견법(commu-

nity detection)이 대안으로 제시되었다. 커뮤니티 발견법은 물리학자 Newman and Girvan(2004)에 의해 제안된 방법으로, 네트워크 체계에서 그룹 내 연결 밀도는 높고 그룹 간 연결 밀도는 낮게 하는 최적값을 찾는 개념에 기초한다. 이는 도시 간 관계를 하나의 네트워크로 간주하여 도시권을 식별하는 방법으로 임의성을 배제하고 직관적이라는 점에서 우수하다(Farmer and Fotheringham, 2011). 커뮤니티 발견법은 기존 방법과 달리 중심도시를 설정할 필요가 없으며, 중심지와 주변 도시 간의 관계뿐만 아니라 중심도시 간 통행, 서로 다른 권역 간의 통행 등 다양한 통행을 모두 포함하기 때문에 다핵 구조도 발견이 가능하다(권규상, 2019).

커뮤니티 발견법은 모듈성 최적화(modularity optimization), 스펙트럴 클러스터링(spectral clustering), 확률적 모델(probabilistic model) 등 여러 방법론이 있으며(Li et al., 2024), 국내에서는 모듈성을 최적화하는 방법론인 Louvain, Lambiotte 알고리즘과 맵방정식을 최소화하는 방법인 InfoMap 알고리즘 등이 주로 활용되었다. 모듈성은 커뮤니티 내부 연결 수에서 무작위 네트워크상의 연결 기댓값을 제외한 값이 전체 네트워크에서 차지하는 비중을 계산한 것으로, 커뮤니티 내 연결이 강하고 커뮤니티 간 연결이 약할수록 증가하는 개념이다(권규상, 2019). 모듈성을 최적화하는 대표적인 방법인 Louvain 알고리즘은 응집적 방법(agglomerative method)과 탐욕적 검색(greedy search)을 절충한 것으로, 각 방법의 단점을 보완하면서 빠르고 정확하게 계산이 가능한 장점이 있다. 국내 연구에서는 휴대전화 빅데이터를 기반으로 서울시의 생활권을 구분하거나(김수현 외, 2020), 통근통행을 기반으로 세종시의 생활권을 분석하였다(변은주 외, 2023). 한편, 김규혁 외(2021)는 모바일 생활이동데이터를 활용해 시간대별 및 인구 규모별 서울시의 생활권 분화 양상을 분석하기 위하여 커뮤니티 개수 조정이 가능한 Lambiotte 알고리즘을 사용하였다. 다른 최적화 방법으로는 InfoMap 알고리즘이 통용된다. 네트워크 내 무작위 서퍼가 임의보행을 한다고 했을 때 최소한의 경로 설명으로 커뮤니티를 나누도록 하는 개념이며, 목적함수인 맵방정식(map equation)을 최소화하는 것이 목적이다. 하재현·이수기(2016)는 가구통행실태조사를 바탕으로 수도권의 공간 위계별 생활권을 도출하였으며, 권규상(2019)은 지역 간 목적 OD를 바탕으로 전국 시·군을 20개의 도시권으로 구분하였다. 한편, 박소현 외(2020)는 기업 간 거래망에 기초한 기능적 경제권역 설정을 위해 위계적 InfoMap 알고리즘을 활용하였다. 기존의 InfoMap 알고리즘을 위계적 차원으로 확장한 개념으로 커뮤니티 내부에 하위 커뮤니티 존재 여부를 탐색한다. 해당 연구에서는 대부분의 산업 거래망에서 수도권 중심성이 상당히 높은 우리나라의 특성을 반영하기 위해 위계적 InfoMap 알고리즘을 선택하였다. 한편, 변필성 외(2020)는 네트워크 제약지수를 사용해 중심도시의 영향권을 식별하고, InfoMap 알고리즘에 의

한 기능적 연계권을 비교하였다. 2012·2017년 출근·쇼핑·여가 통행을 분석한 결과, 네트워크 제약지수를 통해 확인된 포섭 관계가 기능적 연계권과 연관된 것으로 해석하였다.

선행연구를 종합하면, 국내 도시권 설정 연구는 2000년에는 주로 통근과 노동 관련 지표를 이용해 설정했다. 하지만 지표를 선정하는 과정이 매우 임의적이라는 단점이 지적되었고, 이후 인트라맥스와 마코프연쇄모형, 지역노동시장권 등 통행패턴에 기반해 도시권을 식별하는 방법론이 채택되었다. 그리고 최근에는 네트워크 과학 분야에서 개발된 커뮤니티 발견법이 임의성을 최소화하는 대안으로 주목을 받고 있다(표 1).

도시권 설정 방법론은 임의성 문제를 최소화하면서, 새로운 과

학적 방법론을 적용하는 방식으로 확장되었다. 그러나 이러한 새로운 방식이 합리적인 결과를 얻거나(권규상, 2019), 그간 제기된 문제를 모두 해결하지는 못했다. 커뮤니티 발견법을 활용한 선행 연구들은 알고리즘 완료 후 네트워크 중심성 지표 등을 사후적으로 산출하여 중심도시를 식별하는 방식을 채택하였으며, 그 결과는 광역시 등 기존 연구와 대체로 정합성을 보이는 경우가 많다(권규상, 2019; 변필성 외, 2020). 그러나 이러한 사후적 식별 방식은 어떤 중심성 지표를 선택하느냐에 따라 결과가 달라질 수 있어 중심도시 식별 단계에서 새로운 임의성이 재도입될 가능성이 있다. 그리고 도시권 형성 과정과 중심지 정의 간의 방법론적 일관성이 알고리즘 내에서 구조적으로 보장되지 않는다는 특성을

Table 1. Methods for delineating functional urban areas: Advantages and disadvantages

Methods	Delineation method	Advantages and disadvantages	Previous studies
Indicator-based approach	After identifying a core city, areas that meet specified thresholds on commuting and employment indicators between the core and surrounding cities are delineated as the FUA.	Due to the lack of consensus on which indicators to use and on appropriate threshold values, the method relies heavily on researcher judgment.	Kwon (2001) Kim and Kim (2004) Kwon and Jung (2007) Kim et al. (2008) Noh et al. (2012) Byun et al. (2020) Lee (2021)
Factor analysis	- The core city is identified using factor scores. - Using the origin–destination matrix, destinations (origins) are treated as variables; destinations (origins) that exhibit similar profiles of outbound (inbound) trips across origins (destinations) are grouped into a single cluster.	- This method captures similarity in interaction patterns rather than the intensity of inter-regional interactions, making it ill-suited to reflect the concept of an FUA. - Because the overall travel patterns are reduced to a small number of factors, not all patterns are adequately represented, leading to a discrepancy from real-world conditions.	Kim and Goo (2011) Sohn (2014) Cho et al. (2011) Noh et al. (2012)
IntraMax	An objective function is defined to maximize intra-regional trips and minimize inter-regional trips; zones are then progressively merged to satisfy this objective, yielding the final delineation of the FUA.	The process of selecting the final number of FUA relies on researcher judgment	Koo (2012)
Markov-chain	After designating the core city based on population size, interregional connectivity is derived using the mean first-passage time from a Markov chain model, followed by cluster analysis.	The criteria for designating the core city vary across researchers.	Lee and Woo (2016) Kim and Woo (2019)
Travel To Working Area (TTWA)	Cities that meet the population-size and worker self-containment thresholds are designated as core cities; surrounding cities are then iteratively merged and split within the region until the criteria are satisfied.	The thresholds for population size and worker self-containment involve an element of arbitrariness.	Coombes et al. (1986) Lee (2008) Lee and Lee (2015) Nam (2023)
Network detection	The method identifies the partition that maximizes modularity, yielding high within-group and low between-group link densities.	- No subjective choices about centers or region counts, reducing arbitrariness. - Captures diverse flows beyond core–periphery patterns. - Detects both mono- and polycentric urban regions. - Algorithmic consistency enables longitudinal comparability.	Newman and Girvan (2004) Ha and Lee (2016) Kwon (2019) Park et al. (2020) Kim et al. (2020) Byun et al. (2020) Kim et al. (2021) Byun et al. (2023)

가진다. 따라서 임의성이 개입되더라도 도시권 설정 과정에 대한 정보를 제공하는 계층적 접근과 임의성을 최소화하면서 최적화를 목적으로 하는 계산적 접근을 병행할 필요가 있다. 두 접근방식의 장·단점을 토대로 도시권 설정 결과를 정책 의사결정에 보완적으로 활용할 수 있기 때문이다.

III. Flowbca와 Combo 알고리즘

1. Flowbca 알고리즘

Flowbca는 흐름(flow) 또는 관계형(relational) 데이터를 기반으로 군집을 형성하는 흐름 기반 클러스터 알고리즘이다 (Meekes and Hassink, 2018). Flowbca는 응집형 계층적 군집 (agglomerative hierarchical clustering) 알고리즘의 일종이며, 두 개의 개체를 하나로 병합하는 과정을 반복적으로 수행한다. 이때, 병합하는 기준은 전체 쌍방향 흐름(bilateral flows) 가운데 최댓값을 선택하는 것이다. 가장 큰 흐름이 시작되는 출발 개체가 해당 흐름이 도착하는 개체로 병합되고, 이후 병합된 개체를 하나의 개체로 다시 정의한 뒤 쌍방향 흐름을 계산해 병합하는 과정을 반복한다. 이때 최대 흐름을 보인 목적지를 군집의 중심지(core)로 정의한다. Flowbca의 구체적인 알고리즘 과정은 다음과 같다. 먼저, 입력값인 $F^{(K)}$ 는 K 개 지역 간의 흐름에 대한 K 차원 정방행렬이며, 행(row)은 출발지를, 열(column)은 도착지를 의미한다. 행렬의 원소 f_{ij} ($i \neq j$)는 지역 i 에서 지역 j 로 향하는 절대적인 흐름의 크기를, f_{ii} 는 정방행렬의 대각성분으로 지역 i 의 내부 흐름 크기를 의미한다. 이때, 행표준화(row-normalized)에 의해 상대적인 크기로 재정의된 행렬 $G^{(K)}$ 는 다음 식 (1)과 같다

$$G^{(K)} = \begin{bmatrix} g_{11} & g_{12} & \cdots & g_{1K} \\ g_{21} & g_{22} & \cdots & g_{2K} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ g_{K1} & g_{K2} & \cdots & g_{KK} \end{bmatrix}$$

$$g_{ij} = f_{ij} / \sum_{j=1}^K f_{ij} \quad i, j = 1, 2, \dots, K \quad (1)$$

다음 단계는 최적화 함수를 활용해 행렬의 원소 가운데 최댓값을 선택하는 것이다. 이때, i 와 j 가 같은 원소는 제외하며, 최댓값에 해당하는 원소의 값이 0이거나 $K=1$ 인 경우에는 알고리즘이 중단된다. $g_{r,s}$ 는 지역 r 에서 지역 s 로 향하는 흐름의 상대적 크기가 g_{ij} 가운데 가장 큰 값을 의미하며, 지역 s 는 지역 r 에 대한 중심지(core)로 정의된다. 따라서 지역 r 은 지역 s 로 병합되며, 이는 단위 열벡터(unit column vector)로 구성된 행렬 $C^{(K)}$ 를 활용해 표현될 수 있다. 지역 r 이 지역 s 로 병합된 $(K-1)$ 차원의 정방행렬 $F^{(K-1)}$ 은 다음 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$(r, s) = \arg \max_{i, j (i \neq j)} g_{ij}$$

$$C^{(K)} = (e_1, \dots, e_r + e_s, e_{r+1}, \dots, e_{s-1}, e_{s+1}, \dots, e_K)$$

$$e_i: i \text{ 번째 지역에 대한 단위 열벡터}$$

$$F^{(K-1)} = (C^{(K)})^T F^{(K)} C^{(K)} \quad (2)$$

이후 $F^{(K-1)}$ 가 새로운 입력값으로 적용되며, 최적화 함수에 대한 중지 기준(stopping criterion)에 도달할 때까지 알고리즘을 반복 수행한다. 따라서 K^* 개의 클러스터로 구성된 $F^{(K^*)}$ 는 다음 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$F^{(K^*)} = C^T F^{(K)} C$$

$$C = C^{(K)} C^{(K-1)} C^{(K-2)} \dots C^{(K^*)} \quad (3)$$

Flowbca 알고리즘은 각 개체가 하나의 클러스터에만 속하도록 하여 중복 없이 비중첩(non-overlapping)된 군집구조를 형성하며, 클러스터 기준에 대한 다양한 유연성을 제공한다. 첫째, $F^{(K)}$ 의 정의하는 방식에 따라 방향성이 있는 네트워크(directed network) 또는 방향성이 없는 네트워크(undirected network)에 적용할 수 있으며, 행표준화 여부에 따라 절대적 흐름(absolute flow) 혹은 상대적 흐름(relative flow)을 기준으로 군집화할 수 있다. 또한, 쌍방향 흐름의 합을 고려할지, 단일 방향 흐름만을 고려할지 선택할 수 있어 네트워크의 성격에 따라 방법을 결정할 수 있다. 둘째, 알고리즘이 종료된 후에는 내부 흐름의 평균(L_{AVG}), 가중평균(L_{WAVG}), 최솟값(L_{MIN}) 등 지표들을 통해 각 클러스터에 대한 자기 포함성(self-containment)을 평가할 수 있다. 식 (4)와 같이 클러스터 내부 흐름의 비중이 클수록, 내부 연결성이 크다는 것을 의미하며, 다른 클러스터와의 관계를 상대적으로 비교할 수 있다.

$$L_{AVG} = \frac{1}{K^*} \sum_{i=1}^{K^*} g_{ii}, \quad L_{WAVG} = \frac{1}{K^*} \sum_{i=1}^{K^*} f_{ii},$$

$$L_{MIN} = \min_i g_{ii} \quad (4)$$

셋째, K 의 변화에 따라 순차적으로 병합하는 계층적 방식을 따르므로, 클러스터가 형성되는 과정을 단계별로 살펴볼 수 있다. 특히, 병합 순서 등 클러스터 변화의 양상을 구조적으로 파악할 수 있다. 넷째, 병합 과정에서 도착지가 클러스터의 중심지(core)로 설정되기 때문에, 클러스터 내 영향력이 큰 지역을 식별할 수 있다. 단, 병합된 이후 다른 지역과의 관계가 재정의되므로, 중심지(core)로 지정된 지역은 초기 병합 기준에서 가장 처음 선택된 지역임을 유의해야 한다.

2. Combo 알고리즘

Combo는 병합(merging), 분할(splitting), 노드의 이동(moving node) 등 탐색 전략(search strategies)을 모두 조합한 최적화를 통해 사용자가 정의한 목적함수를 기반으로 네트워크의 커뮤니티를 찾는 알고리즘이다(Sobolevsky et al., 2014). Combo 알고리즘은 세 단계로 구성된다.

첫째, 네트워크에서 임의로 구성된 커뮤니티로 분할하고 재조합한다. 이때, 임의로 구성된 두 개의 커뮤니티를 A(original community)와 B(source community)라고 할 때, 재조합하는 방법은 기존의 A와 B, A와 B를 병합한 커뮤니티, B의 무작위 부분 집합을 A로 병합한 커뮤니티 등 세 유형이 적용된다. 즉, 초기 구성의 임의성(random initial configuration)과 재조합하는 방법에 따라 다양한 네트워크 샘플을 고려하며, 알고리즘 결과가 국지적 최댓값(local maximum)으로 유도되지 않고 안정성을 갖게 된다. 둘째, 네트워크들을 대상으로 Kernighan-Lin-style 절차를 수행한다. Kernighan-Lin 알고리즘은 커뮤니티 간 엣지의 수를 최소화하기 위해 고안되었으며, 커뮤니티 내 엣지와 커뮤니티 간 엣지 간의 차이를 나타내는 이득함수(benefit function)를 최적화하는 구조를 갖는다(Fortunato, 2010). 먼저 초기 분할된 네트워크에 대해 노드를 반복적으로 교환하며 이득함수의 손실과 이득을 계산하고, 이득함수의 증가량이 최대화가 되도록 노드를 재배치한다. 이후, 재배치된 네트워크를 새로운 입력값으로 사용하여 이득함수가 개선되지 않을 때까지 반복적으로 실행한다. Combo는 이와 같은 탐욕적(greedy) 전략을 차용한다. 먼저, 첫 번째 단계에서 생성된 네트워크 샘플을 대상으로 각 노드를 다른 커뮤니티로 이동하며 사용자가 정의한 목적함수의 손실과 이득을 계산한다. 이후, 목적함수가 최대화(또는 최소화)되도록 노드를 이동하고, 이를 입력값으로 사용해 다시 목적함수가 최대화(또는 최소화)되는 방향으로 반복적으로 최적화한다. 그다음은 Kernighan-Lin-style로 최적화된 네트워크들을 대상으로 사용자가 정의한 목적함수를 계산해 가장 좋은 결과를 선택한다.

목적함수는 모듈성(modularity)이나 InfoMap 알고리즘의 정보압축(code length compression)이 활용될 수 있다. 본 연구에서는 모듈성을 중심으로 살펴본다. Newman and Girvan (2004)이 제안한 모듈성은 무작위 그래프일수록 클러스터 구조가 아닐 가능성이 크다는 아이디어에 기반한다(Fortunato, 2010). 모듈성은 초기 그래프의 구조적 특성(노드에 연결된 엣지 수의 분포)을 나타내는 기준 모델(null model)과 커뮤니티 내부 및 외부의 연결 강도(strength)를 비교한다. Newman and Girvan (2004)의 모듈성은 비가중 무방향 네트워크(unweighted and undirected network)에 적용되며 식 (5)와 같이 계산한다.

$$Q = \frac{1}{2m} \sum_{ij} (A_{ij} - P_{ij}) \delta(C_i, C_j) \quad (5)$$

$$P_{ij} = 2mp_i p_j = k_i k_j / 2m$$

A_{ij} 는 노드 i 와 노드 j 간 연결 여부를 나타낸다. 먼저 k_i 는 기준 모델에서 관측된 노드 i 에 연결된 엣지 수를, m 은 무방향 네트워크의 엣지 수를 나타낸다. 이때, p_i 는 노드 i 에 엣지의 절반(stub)이 선택될 확률($k_i/2m$)을 의미하며, p_i 와 p_j 가 서로 독립적일 때 서로 연결될 확률은 $p_i p_j$ 이다.¹⁾ 따라서, P_{ij} 는 노드 i 와 노드 j 가 서로 연결될 확률에 대한 기댓값을 의미한다. 한편, $\delta(C_i, C_j)$ 는 노드 i 와 노드 j 가 같은 커뮤니티에 속할 때 1, 그렇지 않으면 0을 반환하는 지시 함수(indicator function)다. 즉, 모듈성 Q 는 같은 커뮤니티 내 노드 간 관측된 연결 수와 기대되는 연결 수의 차이를 합한 값이며, 이 값이 클수록 커뮤니티 내부의 연결 수가 기준 모델로부터 기대되는 값보다 큰 것을 의미한다. 따라서 Q 가 클수록 네트워크의 구조가 명확하게 드러난다.

모듈성은 네트워크의 가중치와 방향성 등 형태에 따라 일반적인 형태로 확장된다(Arenas et al., 2007). 식 (6)에서 노드 i 와 노드 j 간의 가중치인 W_{ij} 는 연결 여부를 나타내는 A_{ij} 를, 모든 가중치의 합인 W 는 $2m$ 을 대체한다. 한편, s_i^{out} 는 노드 i 에서 다른 노드로 향하는 엣지들의 가중치를, s_j^{in} 는 노드 j 로 들어오는 엣지들의 가중치를 의미하며 각각 k_i 와 k_j 와 대응된다. 따라서, 가중치와 방향성을 고려하여 일반화된 모듈성 Q' 은 Q 와 의미가 다르지 않다.²⁾

$$Q' = \frac{1}{W} \sum_{ij} (W_{ij} - \frac{s_i^{out} s_j^{in}}{W}) \delta(C_i, C_j) \quad (6)$$

Combo는 Louvain 등 기존 알고리즘 대비 계산 시간이 더 소요되지만 모듈성이 더 크다(Sobolevsky et al., 2014). Blondel et al.(2008)의 Louvain은 커뮤니티 탐색에서 모듈성을 최적화하는 대표적인 방법으로, 노드를 재배치하여 모듈성이 코드로 국지적(local)인 하위 커뮤니티를 구성한 후, 하위 커뮤니티를 노드로 취급하여 모듈성이 증가하도록 통합하는 계층적 방법이다(Fortunato, 2010; Li et al., 2024). Louvain은 Combo 대비 복잡도가 낮고 속도가 빠르지만, 초기 구성의 임의성과 병합 과정 따라 국지적 최댓값에 도달할 수 있다. 즉, 전역적(global)으로 최적화된 네트워크의 분할에 다소 한계가 있다.

3. 두 알고리즘의 비교

Combo는 병합(merging)·분할(splitting)·노드의 이동(moving node)을 조합한 최적화 알고리즘으로, Flowbca는 응집형 계층적 클러스터링으로 요약할 수 있다. 두 알고리즘 모두 입

Table 2. Comparison of the combo and Flowbca algorithms

Category	Combo	Flowbca (flow-based cluster algorithm)
Researchers	Sobolevsky et al. (2014)	Meekes and Hassink (2018)
Summary	Optimization combining merging, splitting, and moving nodes	Agglomerative hierarchical clustering
Algorithm process	① Extracts network samples based on random initial configurations and recomposes them ② Moves nodes using the Kernighan–Lin-style algorithm ③ Repeats until the objective function no longer improves, then selects the best result	① Merges two nodes with the highest flow, setting the one with the higher incoming flow as the target node ② Recalculates flows between nodes after merging ③ Repeats until the stopping criteria are satisfied
Objective function	Modularity (Other objective functions can also be set)	Self-containment
Stopping criteria	When further improvement in the objective function is no longer possible	User-defined criteria (e.g., average, weighted average, or minimum of self-containment)
Strengths	Achieves higher modularity than other algorithms (e.g., Louvain); shows high stability with variation under 0.1%	Defines the core of a cluster based on maximum flows and enables interpretable hierarchical clustering
Weaknesses	Due to memory limitations, can handle up to ~30,000 nodes within a reasonable time	Sequential merging makes early steps critical; in small or densely connected networks, small clusters may be absorbed into larger ones
User inputs	- Network structure - Objective function	- Network structure - Stopping criteria

력값으로 네트워크의 형태와 목적함수 및 중지 기준을 설정한다. 알고리즘 작동 방식과 장·단점을 비교한 결과는 <표 2>와 같다.

두 알고리즘의 공통점부터 살펴보면, 첫째, 방향성·가중치·정규화(row-normalized) 여부와 관계없이 다양한 형태의 네트워크에 적용이 가능하다. 둘째, 재현성(reproducibility)이 높다. Flowbca는 최대 흐름을 기반으로 병합하는 결정적인 방식으로, 반복 실행하여도 동일한 결과가 도출된다. 한편, Combo는 초기 과정에서 네트워크 샘플을 임의로 구성하지만, Louvain 등 다른 알고리즘 대비 결과의 변동성이 작고 안정적이다. 셋째, 비중첩(non-overlapping) 구조를 전제하므로, 각 노드는 하나의 커뮤니티에만 속한다. 이로 인해 결과를 이해하고 해석하는 것이 명확하다. 한편, 두 알고리즘의 가장 큰 차이는 결과에 대한 설명가능성(interpretability)과 중심지(core) 식별 여부다. Flowbca는 병합 과정에서 최대 흐름의 도착지를 중심지로 정의하고, 병합하는 과정을 계층적 구조로 알 수 있다. 반면, Combo는 초기 네트워크 샘플이 임의적으로 결정되므로, 결과가 동일하더라도 그 과정은 실행마다 다를 수 있다. 단, Flowbca는 계층적 구조의 특성상 초기 병합의 영향력이 크며, 네트워크가 작거나 조밀할 경우 규모가 작은 클러스터가 큰 클러스터에 흡수되는 경향이 있다. 또한, 목적함수 측면에서는 두 알고리즘 모두 커뮤니티(클러스터) 내부에 있는 노드 간의 연결성을 측정하지만, Combo는 초기 네트워크와 상대적으로 비교하고, Flowbca는 내부 절대량을 사용하는 차이가 있다.

IV. 도시권 설정 결과

분석의 목적은 국가교통 DB에서 제공하는 2022년 기준 지역 간 목적 OD의 전체, 출근, 등교, 업무, 귀가, 기타 등 6개의 여객통행유형에 대하여 Flowbca와 Combo 알고리즘을 적용한 도시권 설정 결과를 비교 분석하는 것이다. 이때, 데이터는 방향성이 있는 가중치 네트워크로 구축한 후, 행 표준화를 적용한 상대적인 값을 기준으로 한다. 단, 지역 간 관계에 초점을 맞추기 위해 출발지와 목적지가 같은 내부통행량은 모두 0의 값으로 처리한다. 연구의 공간적 범위는 제주도·울릉군·옹진군 등 3개 도·시·군을 제외한 159개 시·군이 해당하며, 두 알고리즘에는 동일한 데이터가 입력된다.

목적OD를 유형별로 분석하는 이유는 통행 목적이 반영하는 도시 기능의 차이에 따라 도시권의 범위가 달라지는지 파악하기 위한 것이다. 출근 통행은 노동시장권을, 등교 통행은 통학권을, 업무 통행은 경제권을, 귀가 통행은 거주지 중심 생활권을, 기타 통행은 쇼핑 등 서비스권을 각각 반영한다.

1. Flowbca 알고리즘

본 연구에서는 모든 시·군이 도시권에 편입될 수 있도록, 클러스터의 자기 포함성에 대한 최소값이 0을 초과할 때 중지하도록 설정하였다. 159개 시·군의 전체 통행에 대한 병합 과정은 <그림 1>, <부록 표 1>과 같다. 먼저, 경산시에서 대구광역시로의 상대적 흐름이 0.78로 가장 큰 값을 보이며, 대구광역시를 중심도시로 한

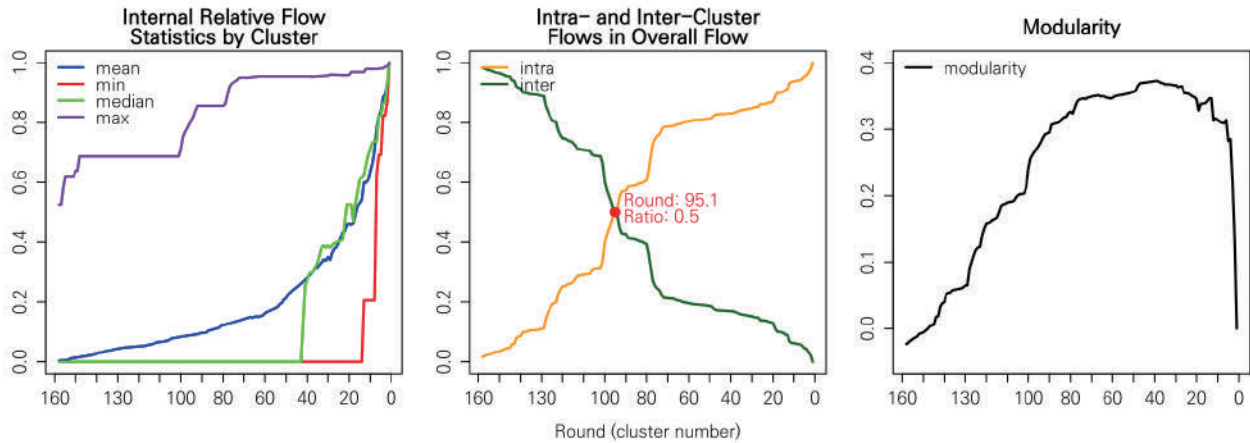


Figure 1. Round statistics of the Flowbca algorithm relative to the overall traffic volume

도시권이 형성된다. 이후 158개 시·군 간의 상대적 흐름을 다시 계산하여 병합이 반복된다. 라운드별 자기 포함성의 통곶값을 살펴보면, 평균은 지수 함수의 형태이며, 중간값은 라운드 41 이후 평균과 유사한 값을 보인다. 특히, 최대·최소값은 계단 함수(Step function)를 보이는데, 단계별 변화 지점에서 주요 정보를 제공한다. 예를 들어, 최댓값은 라운드 148~101까지 0.69를 보였으나, 이후 100~92단계에서 0.86으로 증가한다. 이 시점은 인천·김포·시흥·안산·안양·군포·의왕·성남·광주 등 수도권 서남부 및 경기 남부 시·군이 서울을 중심으로 한 도시권으로 편입되며 자기 포함성이 증가하는 시기다. 한편, 최솟값은 0의 값이 지속되다가 라운드 13에서 0.21의 값으로 변화하는데, 이는 13개 도시권이 모두 2개 이상의 시·군으로 구성되었음을 의미한다. 즉, 이전까지는 도시권을 형성하지 않은 시·군이 존재한다.

알고리즘 과정에서 클러스터를 평가하기 위해 전체 통행 가운데 도시권 내 통행의 비중과 모듈성에 대한 지표를 살펴본다. 먼저, 병합에 따른 도시권 내 통행의 비중은 지속 상승하는데, 라운드 95지점에서 도시권 간 통행량을 역전하게 된다. 특히, 통행량이 큰 용인·수원·화성이 서울 도시권으로 병합되는 라운드

79~77에서 도시권 내 통행량 비중이 급증하는 모습을 보인다. 모듈성 측면에서는 라운드 46의 0.37에 도달한 후 소폭의 증감을 반복하다가, 라운드 11 이후 급감하는 패턴을 보인다. 따라서 네트워크의 구조적 측면에서는 일정 수준 도달한 이후 개선이 없으나, 규모가 큰 도시권이 서로 병합되면서 네트워크 구조가 불분명해진다고 볼 수 있다. 또한, 본 연구의 중지 시점인 라운드 13의 모듈성은 0.35로 나타나 최댓값에 근접한 크기를 보였다.

6개 통행유형에 Flowbca 알고리즘을 적용한 결과는 다음과 같다(표 3). 모든 통행유형에서 도시권의 계층 구조는 2단계로 나타나, 상위 도시권이 하위 도시권을 포섭하는 체계가 식별된다. 이때, 계층 구조가 2단계로 나타나는 이유는 알고리즘 초기 개별 시·군으로 구성된 도시권이 처음으로 식별되고, 이후 도시권 간의 상대적 흐름에 따라 도시권 간에도 병합되기 때문이다. 예를 들어, 81단계에서 칠곡이 구미에 병합되며 도시권이 처음 형성되었으나, 18단계에서 구미 도시권이 대구 도시권으로 흡수되는 구조를 보인다. 모듈성은 0.35 내외의 값을 보였으나, 업무가 0.24로 가장 작고, 등교가 0.68로 가장 컸다. 한편, 중지 시점의 도시권 내 통행의 비중은 0.9 내외로 대부분의 통행을 포함하였으며, 자기포

Table 3. Results of Flowbca algorithm

Type		Overall	H2W	H2S	W2W	W2H	Other
Stopping point		13 rounds	26 rounds	27 rounds	19 rounds	13 rounds	12 rounds
Number of FUA	Total	26	30	36	30	33	24
	Lower	13	26	27	19	13	12
	Upper	13	4	9	11	20	12
Modularity		0.35	0.32	0.68	0.24	0.32	0.38
Proportion of intra-network		0.91	0.89	0.89	0.89	0.92	0.88
Self-containment	Mean	0.60	0.55	0.65	0.51	0.57	0.65
	Minimum	0.21	0.18	0.27	0.32	0.19	0.36
	Median	0.62	0.54	0.67	0.51	0.67	0.66
	Maximum	0.97	0.97	0.97	0.97	0.98	0.96

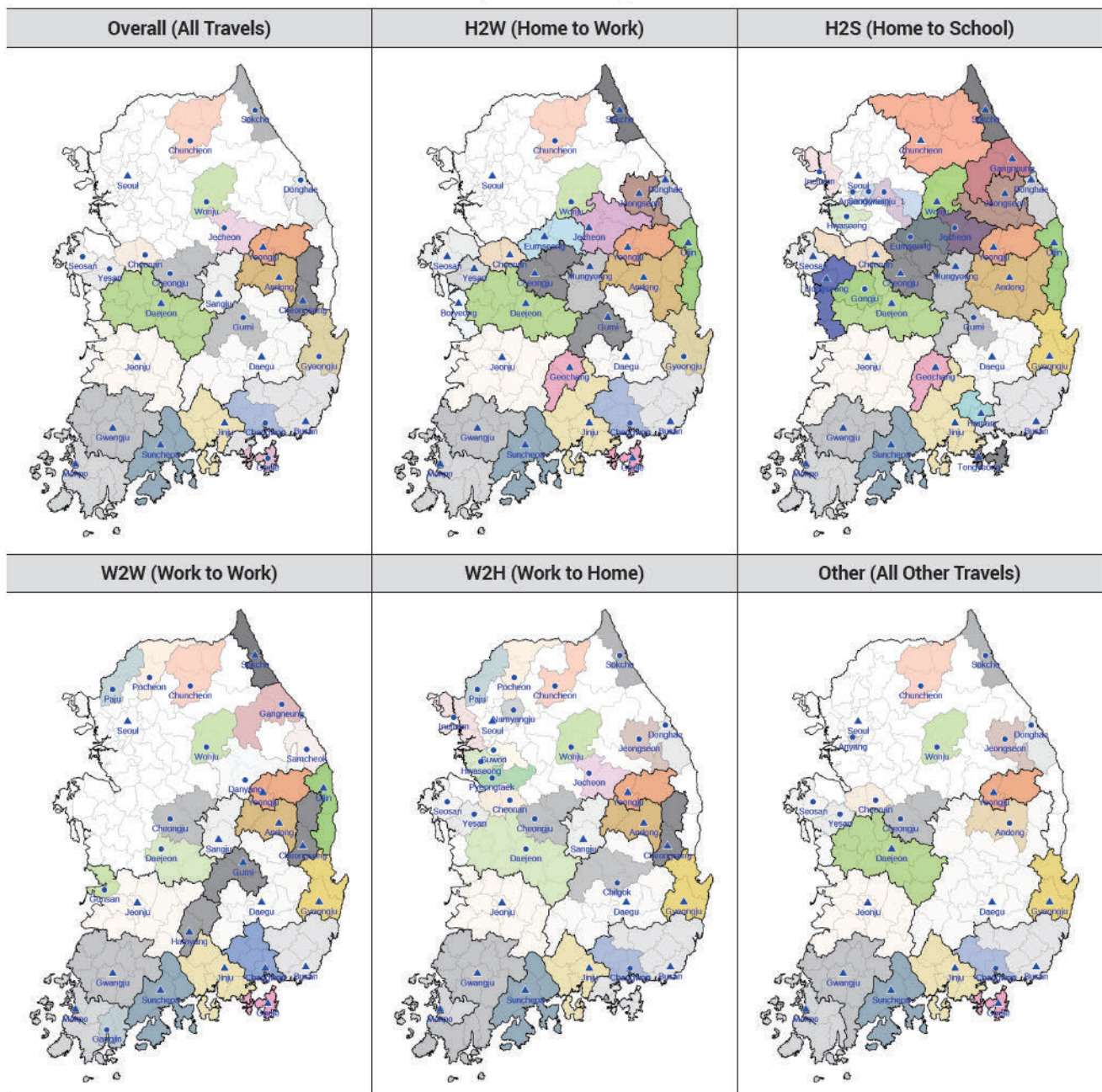
Note: Overall (All Travels), H2W (Home to Work), H2S (Home to School), W2W (Work to Work), W2H (Work to Home), Other (All Other Travels)

함성에 대한 평균 등 통행값도 서로 큰 차이를 보이지 않았다.

Flowbca 알고리즘에 의한 도시권 설정 결과는 <표 4> 및 <표 5>와 같다. ▲는 상위 도시권의 중심도시를, ●는 하위 도시권의 중심도시를 의미하며, ●의 하위 도시권은 ▲의 상위 도시권에 포섭된다고 볼 수 있다. 먼저 전체 통행에 대한 결과를 살펴보면, 각각 13개의 상위 및 하위 도시권으로 구분된다. 권역별로 살펴보면, 수도권은 70개 시·군이 포함되며, 이들 시·군은 경기, 인천, 강원도, 충청도 및 경상도 일부로 나타난다. 특히, 수도권의 하위 도시권은 춘천권·속초권·원주권·제천권·동해권·천안권·예산권·서산권·청주권 등 9개이며, 중심도시인 서울과 거리가 멀다. 서울과 가까운 시·군은 서울에 대한 의존도가 커 별도의 도시권

을 형성하지 못한 것으로 판단된다. 주목할 점은 2~3개의 시·군으로 형성된 하위 도시권이 서로 병합하거나 인근의 광역시로 흡수되지 않는 점이다. 강원도의 춘천·속초·원주·동해권은 서로 병합되지 못하였고, 충청도의 서산·예산·청주·제천권은 인근에 대전권이 있음에도 수도권으로 병합되었다.³⁾ 즉, 수도권의 기능과 시장 영향력이 확대되면서 충청·강원도까지 권역이 확대되었음을 알 수 있다. 이밖에 하위 도시권을 포함한 권역은 부산권과 대구권이다. 14개 시·군으로 구성된 부산권은 창원권(3개), 거제권(2개), 경주권(2개)을, 14개 시·군으로 구성된 대구권은 구미권(3개)을 하위 도시권으로 포함하였다. 반면, 광주권(10개)과 대전권(11개)은 광역시임에도 하위 도시권이 나타나지 않았다. 이밖

Table 4. Results of functional urban areas delineation by the Flowbca algorithm



Note: Triangles (▲) represent urban centers of upper-level FUAs, and circles (●) represent those of lower-level FUAs.

Table 5. Hierarchy and extent of functional urban areas by travel type according to the Flowbca algorithm

FUA		Overall	H2W	H2S	W2W	W2H	Other	FUA		Overall	H2W	H2S	W2W	W2H	Other
Seoul-Incheon - Gyeonggi Province	Seoul	▲(70)	▲(43)	▲(33)	▲(75)	▲(81)	▲(70)	Daegu		▲(14)	▲(8)	▲(10)	▲(9)	▲(14)	▲(20)
	Incheon			●(2)				Busan		▲(14)	▲(11)	▲(6)	▲(5)	▲(12)	▲(9)
	Namyangju					●(2)		Jinju		▲(5)	▲(7)	▲(7)	▲(6)	▲(5)	▲(6)
	Seongnam			●(2)				Gumi		●(3)	▲(3)	●(2)	▲(3)		
	Suwon					●(2)		Changwon		●(3)	●(4)		▲(4)	●(3)	●(3)
	Anyang			●(2)			●(3)	Geoje		●(2)	▲(2)		▲(2)		▲(2)
	Gwangju			●(2)		●(5)		Gyeongju		●(2)	●(2)	▲(2)	▲(2)	▲(2)	▲(2)
	Paju				●(2)	●(2)		Sangju		▲(2)			▲(2)	▲(2)	
	Pyeongtaek					●(2)		Andong		▲(2)	▲(4)	▲(5)	▲(2)	▲(2)	●(2)
	Pocheon				●(2)	●(2)		Yeongju		▲(2)	▲(2)	▲(2)	▲(2)	▲(2)	▲(2)
	Hwaseong			●(2)		●(2)		Cheongsong		▲(2)			▲(2)	▲(2)	
	Chungcheong Province	Daejeon	▲(11)	▲(10)	▲(10)	●(5)	●(11)	▲(11)	Geochang			▲(2)	▲(2)		
Cheongju		●(4)	▲(4)	▲(9)	●(4)	●(4)	●(4)	Mungyeong			▲(2)	▲(3)			
Seosan		●(2)	▲(3)	▲(2)		●(2)	●(2)	Ulsjin			▲(2)	▲(2)	▲(2)		
Yesan		●(2)	▲(2)			●(2)	●(2)	Chilgok						●(4)	
Jecheon		●(2)	▲(3)	●(2)		●(2)		Tongyeong				▲(2)			
Cheonan		●(2)	▲(2)	▲(3)		●(2)	●(2)	Haman				▲(2)			
Gongju				●(2)				Hamyang					▲(2)		
Danyang					●(3)			Jeonju		▲(12)	▲(14)	▲(15)	▲(13)	▲(12)	▲(13)
Boryeong			▲(2)					Gwangju		▲(10)	▲(8)	▲(7)	▲(10)	▲(15)	▲(10)
Eumseong			▲(3)	●(2)				Mokpo		▲(9)	▲(9)	▲(9)	▲(9)	▲(4)	▲(8)
Hongseong				▲(4)				Suncheon		▲(6)	▲(6)	▲(6)	▲(6)	▲(6)	▲(6)
Gangwon Province		Sokcho	●(3)	▲(3)	▲(3)	▲(3)	●(3)	●(3)	Gangjin					●(2)	
	Chuncheon	●(3)	●(3)	▲(6)	●(3)	●(2)	●(3)	Gunsan					●(2)		
	Donghae	●(2)	▲(2)	▲(2)		●(2)	●(2)	Note: 1) Overall (All Travels), H2W (Home to Work), H2S (Home to School), W2W(Work to Work), W2H (Work to Home), Other (All Other Travels) 2) ▲ indicates upper-level FUA, while ● denotes lower-level FUA. 3) Parentheses indicate the number of si/gun within each FUA.							
	Wonju	●(2)	●(2)	▲(2)	●(2)	●(2)	●(2)								
	Gangneung			▲(2)	●(2)										
	Samcheok				●(2)										
Jeongseon		▲(2)	▲(3)		●(2)	●(2)									

에 전주권(12개), 목포권(9개), 순천권(6개), 진주권(5개) 등 중소 도시권과 상주권(2개), 안동권(2개), 영주권(2개), 청송권(2개) 등 2개의 시·군으로 구성된 도시권이 식별되었다.

통행유형별 도시권 설정결과를 비교하면, 도시권의 수는 등교 36개, 귀가 33개, 출근과 업무 각 30개, 전체 26개, 기타 24개 순이다. 출근과 귀가는 전체와 유사한 결과를 보이면서, 통행 목적에 따라 도시권 혹은 중심도시가 변화하는 특징을 보인다. 출근은 보령·음성·정선·거창·울진 등 전체에서 식별되지 않은 도시권이 나타난다. 반면, 귀가는 수도권 내 인천·파주·포천·남양주·수원·화성·평택 등 하위 권역이 새로 식별되고 철곡 등 중심도시가 바뀐 경우가 나타난다. 이는 대구와 인접한 철곡에 거주하면서, 일자리가 많은 구미로 출근하는 것으로 해석될 수 있다.

한편, 수도권의 새로 식별된 하위 권역은 거주 인구나 도시활동 인구 간 규모의 차이에 의해 출근 통행에서 발견되지 못한 도시권으로 볼 수 있다. 귀가 통행에서 새로 식별된 하위 권역에 속한 시·군들은 개발사업을 통해 거주 인구가 큰 폭으로 증가한 도시들이다. 이들 도시의 유출통행량 대부분이 서울로 통근하므로, 전체 유출통행량에서 서울이 차지하는 비중이 크다. 따라서 출근 등 목적을 위해 이동한 인구가 거주하는 지역으로 복귀하는 통행으로부터 형성된 중심지가 이들 귀가 중심지라고 할 수 있다.

등교는 대학교 등 고등교육기관이 위치한 인천·안양·성남·광주·화성·강릉·공주·통영·울진 등 권역이 식별되거나, 춘천·안동 등 권역이 확대되는 특징을 보인다. 한편, 업무는 모든 통행유형 중 수도권의 영향력이 가장 컸으며, 부산·대구 등 모든 광역시

에서도 하위 도시권이 별도로 식별되지 않았다. 단, 비수도권에 서는 군산권이 전주권에, 강진권이 목포권에 병합되는 구조를 보였다. 기타 유형의 경우, 대구권의 영향력이 넓어졌으며, 이는 경상북도의 쇼핑 등 소비 수요를 대구광역시가 흡수하기 때문으로 판단된다.

상위 도시권은 모든 통행유형에서 대부분 식별되었으나, 하위 도시권은 통행유형에 따라 차이를 보인다. <표 5> 수도권은 서울 중심의 상위 권역 아래 등교·업무·귀가 등 유형에 따라 하위 권역이 일부 식별된다. 충청도는 업무로 식별되는 도시권이 대전·청주·단양 등 소수이며, 강원도는 강릉·삼척·정선이 목적에 따라 나타난다. 경상도는 출근·등교에 의해 거창 등 7개 시·군이,

전라도는 업무에 의해 강진·군산이 식별된다. 따라서 전체 통행에서 식별되지 못하더라도, 특정 통행의 목적에 따라 기능적인 하위 도시권을 형성하고 있음을 알 수 있다. 이는 통행유형별 도시·군에서 유발되는 통행량의 차이가 반영되는 결과로 해석될 수 있을 것이다.

2. Combo 알고리즘

Combo 알고리즘을 적용한 주요 결과는 <표 6> 및 <표 7>과 같다. Combo는 계층 구조가 나타나지 않으며, 도시권은 등교가 10개로 가장 많았고, 다른 통행유형은 모두 7개의 도시권이 식별

Table 6. Results of functional urban areas delineation by the Combo algorithm

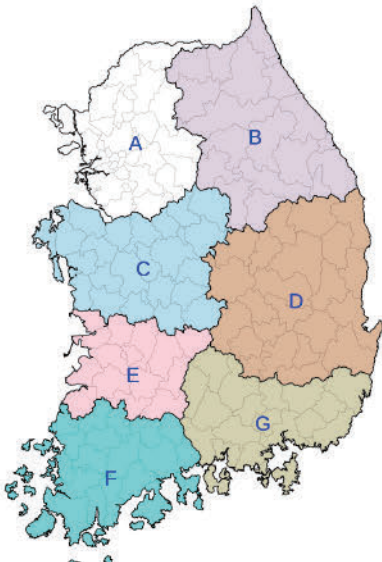
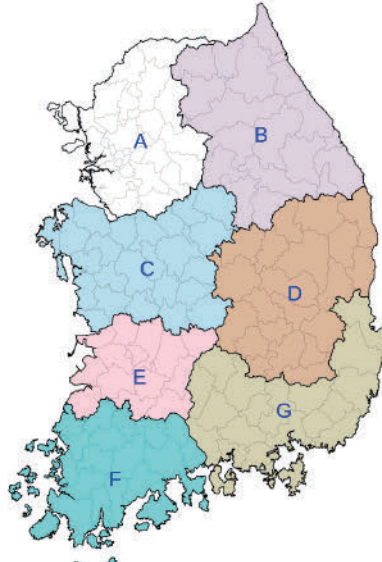
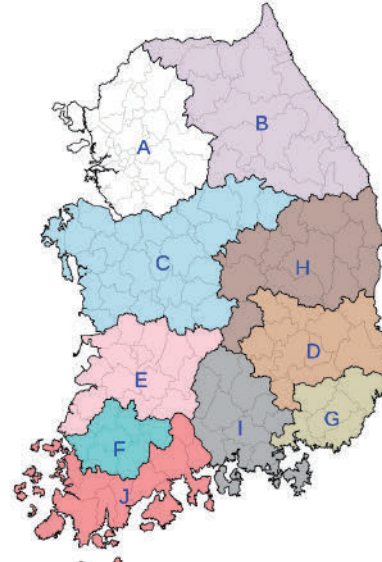
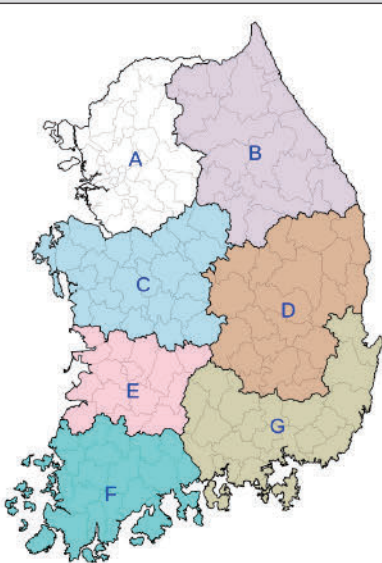
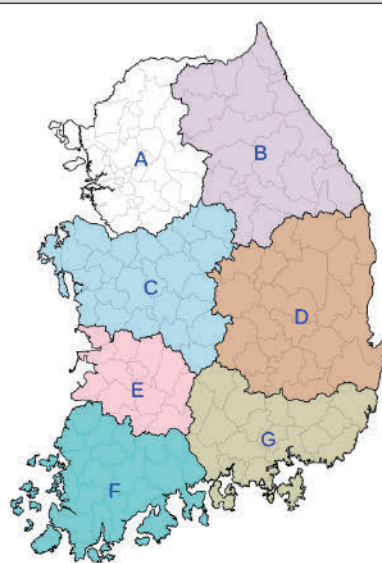
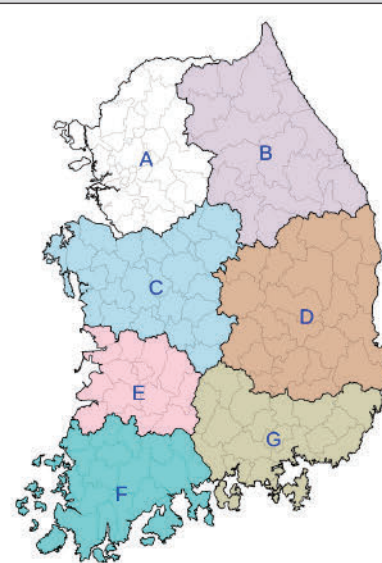
Overall (All Travels)	H2W (Home to Work)	H2S (Home to School)
		
W2W (Work to Work)	W2H (Work to Home)	Other (All Other Travels)
		

Table 7. Results of Combo algorithm

Type	Overall	H2W	H2S	W2W	W2H	Other	
Stopping point	7	7	10	7	7	7	
Modularity	0.65	0.70	0.81	0.66	0.63	0.65	
Proportion of intra-network	0.90	0.94	0.96	0.89	0.89	0.87	
Self-containment	Mean	0.81	0.84	0.94	0.78	0.79	0.81
	Minimum	0.65	0.71	0.90	0.66	0.57	0.69
	Median	0.84	0.85	0.94	0.78	0.84	0.83
	Maximum	0.95	0.97	0.98	0.94	0.96	0.92

Note: Overall (All Travels), H2W (Home to Work) H2S (Home to School), W2W (Work to Work), W2H (Work to Home), Other (All Other Travels)

되었다. 모듈성은 등교가 0.81로 가장 컸으며, 출근 0.70, 업무 0.66, 전체 및 기타 0.65, 귀가 0.63 순으로 나타났다. 즉, 등교가 다른 통행 유형 대비 네트워크 구조가 상대적으로 명확하다고 볼 수 있다. 전체 통행량 가운데 도시권 내 통행의 비중도 등교가 0.96으로 가장 컸으며, 다른 통행 유형은 0.90 내외의 값을 보였다. 자기 포함성의 평균도 등교가 0.94로 가장 컸고, 다른 통행 유형은 0.8 내외로 나타난다. 이밖에 통행량에 대해서도 통행유형 간 큰 차이를 보이지 않았다.

도시권의 분포를 살펴보면, 등교를 제외한 통행유형의 7개 도시권은 시·도에 대한 행정경계를 중심으로 유사한 형태를 보였다(표 6, 표 8). 먼저, 수도권(A)은 서울·경기·인천과 철원군으로, 강원권(B)은 철원군을 제외한 강원도 시·군으로 구성된다. 충청권(C)은 출근 유형에서만 서천군이 포함되고, 귀가·기타 유형에서는 무주군이 포함되었다. 한편, 전북권(E)은 통행유형에 따라 서천·무주군 혹은 고창군의 편입 여부가 달라지는 등 도시권 경계가 일부 차이를 보였다. 대구권(D)은 경상북도와 대구광역시

Table 8. Number of functional urban areas based on the Combo algorithm

FUA	Overall	H2W	H2S	W2W	W2H	Other
A	34	34	33	34	34	34
B	19	19	18	19	19	19
C	25	26	28	25	26	26
D	23	21	12	21	23	23
E	15	14	15	15	13	14
F	23	23	7	23	24	23
G	20	22	6	22	20	20
H	0	0	12	0	0	0
I	0	0	13	0	0	0
J	0	0	15	0	0	0

Note: Overall (All Travels), H2W (Home to Work) H2S (Home to School), W2W (Work to Work), W2H (Work to Home), Other (All Other Travels)

를, 부산권(G)은 경상남도과 부산광역시를 포괄한다. 단, 출근 및 업무 유형에서 경주·포항시가 부산권에 편입되는 특징이 나타났다. 등교를 제외한 통행유형에서는 도시권 경계에 위치한 시·군의 편입 여부가 일부 차이를 보였으나, 대부분 시·도 경계에 맞춰 도시권이 형성되었다. 단, 경주·포항시는 출근·업무 기능에 대하여 부산권에 기능적으로 통합된 것으로 보인다. 한편 등교 유형에서는 경상도와 전라남도에서 도시권이 세분화되어 나타났다. 전라남도는 광주권(F)과 목포·여수권(J)으로, 경상남도는 부산권(G)과 진주권(I)으로, 경상북도는 대구권(D)과 안동권(H)으로 구분된다. Flowbca 알고리즘의 결과와 같이 Combo에서도 등교는 대학교 등 고등교육기관 입지와 교육청 관할구역에 의해 통행패턴이 국지적으로 구분되는 것으로 판단된다.

3. 도시권 설정 결과 비교

1) 국토종합계획 비교

알고리즘에 의해 설정된 도시권이 과거 정책적으로 설정한 도시권과 정합하는지 비교 분석하였다(표 9). 비교 대상은 국토종합계획 1차, 2차, 4차 수정계획에 대한 도시권을 활용한다(표 10). 3차 및 4차 국토종합계획은 광역시와 도로 구성된 도시권으로 4차 수정계획과 큰 차이를 보이지 않으며, 5차 국토종합계획에서는 유연한 협력체계 구축의 목적 아래 도시권을 별도로 설정하지 않아 비교 대상에서 제외하였다. 지역행복생활권의 경우 모든 시·군에 대해 도시권을 설정하지 않았고, 중추도시생활권·도농연계생활권·농어촌생활권 간 중첩되어 분석 대상에서 제외하였다. 도시권 설정 결과는 지표를 활용해 정량적으로 비교한 후 특징을 도출하였다. 도시권 간 유사성은 조정 랜드지수(Adjusted Rand Index)를 사용해 정량적으로 비교하며, 1에 가까울수록 두 클러스터의 분류 결과가 유사하다고 볼 수 있다.⁴⁾

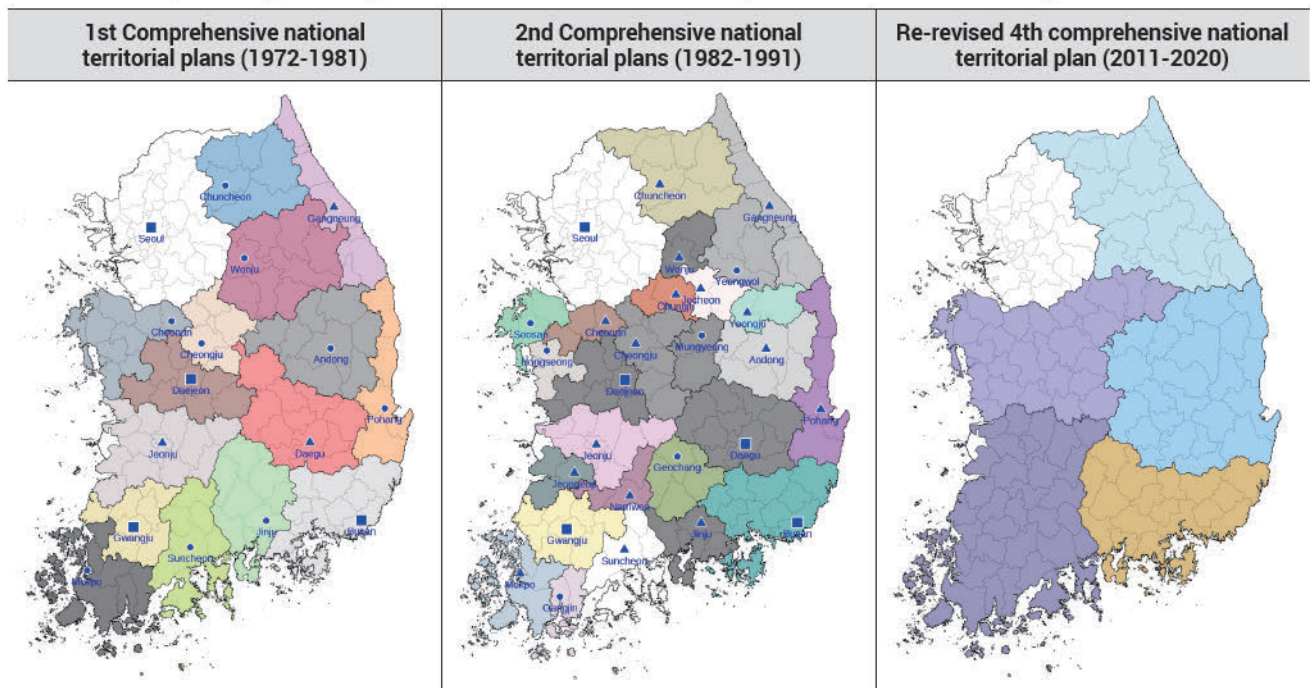
먼저 국토종합계획 간의 지표를 살펴보면, 1차와 2차 간 ARI는 0.83으로 컸으나, 1·2차와 4차 간에는 0.57 및 0.52로 낮게 나

Table 9. Comparison of functional urban areas and comprehensive national territorial plan regions using the Adjusted Rand Index

Type		Comprehensive national territorial plan			Flowbca	Combo
		1st	2nd	4th		
Comprehensive national territorial plan	1st	1	0.83	0.57	0.61	0.68
	2nd		1	0.52	0.58	0.59
	4th			1	0.39	0.85
Flowbca					1	0.46
Combo						1

Note: The ARI ranges from 0 to 1, with values closer to 1 indicating a higher likelihood of being classified as the same urban regions.

Table 10. Metropolitan regions designations in the 1st, 2nd, and 4th comprehensive national territorial plans



Note: 1) The 1st- and 2nd-tier metropolitan regions were classified in accordance with the 159 cities and counties. The figure illustrates only the boundaries of the lowest-level hierarchy.

2) Squares (■) denote the 3rd-tier hierarchy (four major regions and metropolitan living spheres); triangles (▲) denote the 2nd-tier hierarchy (eight sub-regions and provincial urban living spheres); and circles (●) denote the 1st-tier hierarchy (17 sub-areas and rural-urban living spheres).

탄한다. 1차 및 2차는 3개의 층위를 갖는 도시권 체계로 권역 경계가 매우 유사하다. 또한, 2차는 1차의 일부 권역이 세분화되는 형태를 보인다. 예를 들어, 천안권은 서산·홍성·천안권으로, 원주권은 원주·충주·제천·영월권으로, 안동권은 안동·문경·영주·전주권은 전주·정읍·남원 등으로 분화된다. 이외 광역시 등 도시권은 일부 경계가 조정되지만 1차 권역의 경계와 일치한다. 한편, 4차 계획은 광역시와 도로 구성된 도시권으로, 1차 및 2차 도시권의 경계를 포괄하고 있다.

Flowbca와 1·2차는 0.6 내외를 보였으며, 4차는 0.39로 낮게 나타났다. 1·2차 도시권과의 주요 차이점을 살펴보면, 먼저 수도권 권역이 강원도 일부 시·군을 포함하면서 광역화되어 나타났다. 2차의 강릉·영월 및 충주가 독자적인 권역으로 식별되지 않았고, 춘천시의 영향권이 상대적으로 작았다. 두 번째 특징은 부산·대구권 내 하위 권역이 식별된 점이다. Flowbca는 대구권 내 구미권을, 부산권 내 창원·거제·경주권을 포함하고 있다. 제3차 국토종합계획에서 동남해안에 산업단지 등 공업벨트를 조성하면서, 인구가 집중되며 도시가 성장하며 인접 시·군과 연담화되었기 때문이다. 반면, 2차 계획에서 제안된 정읍·남원·거창 등 시·군은 도시권을 형성하지 못하였다. 충청권의 경우 1·2차의 주요 도시가 도시권을 형성하고 있으나, 수도권에 포섭되는 형태를 띠었다. 이러한 차이로 인해 도시권이 세분화되었음에도 ARI가 낮게 나타난 것으로 판단된다.

한편, Combo는 1차 간 0.68, 2차 간 0.59 등 Flowbca의 ARI

와 유사한 크기를 보였으며, 4차는 0.85로 가장 큰 값을 보였다. 시·도의 행정경계 중심으로 설정된 결과로 판단되며, 1·2차의 도시권 경계 또한 도의 경계를 중심으로 설정되어 있기 때문에 유추된다.

2) 선행연구 비교

선행연구와 비교 분석한 결과는 다음과 같다(표 11, 표 12). 비교 대상은 2010년 통근 자료에 대하여 지역노동시장권을 설정한 이세원·이희연(2015)의 연구, InfoMap 알고리즘을 활용한 권규상(2019)의 연구, 2017년 통근 자료에 대하여 InfoMap 알고리즘과 네트워크 제약지수를 활용한 변필성 외(2020)의 연구가 있다. 세 연구는 통근을 기준으로 한 공통점이 있으며, 권규상(2019)과 변필성 외(2020)의 연구는 InfoMap으로 도시권을 동일하게 설정하였다. 그다음은 2015년 및 2019년 총통행 자료를 사용해 마코브연쇄모형의 평균최초도달시간(MEPT)을 군집화한 김도형·우명제(2019)와 전재병·우명제(2024)의 연구가 있다. 한편, 박소현 외(2020)는 비통행 자료인 전산업에 대한 기업 간 거래건수에 대해 InfoMap 알고리즘을 적용하였다. 선행연구 간 ARI 지표를 살펴보면, 이세원·이희연(2015), 권규상(2019), 변필성 외(2020), 김도형·우명제(2019)의 연구는 서로 약 0.7 내외의 값을, 전재병·우명제(2024)와 박소현 외(2020)는 0.86으로 나타난다. 즉, 도시권 설정 결과가 유사한 두 개의 유형으로 구분되며, 이는 분석 자료 혹은 방법의 차이로 인한 결과로 판단된다. 예를 들어, 전재

Table 11. Functional urban areas delineated by previous research

TTWA approach using 2010 home-to-work (Lee and Lee, 2015)	Network detection (InfoMap) approach using 2010 home-to-work (Kwon, 2019)	Network detection (InfoMap) and Network Constraint Index approach using 2017 home-to-work (Byun et al., 2020)
Markov-chain and K-means approach using 2015 all travels (Kim and Woo, 2019)	Markov-chain and DBSCAN approach using 2019 all travels (Chun and Woo, 2024)	Network detection (InfoMap) approach using 2018 all-Industry transaction counts (Park et al., 2020)

Note: Triangles (▲) represent urban centers of upper-level FUAs, and circles (●) represent those of lower-level FUAs.

병·우명제(2024)는 군집분석의 일환인 DBSCAN에 대해 강릉시가 도시권을 형성하는 MFPT값을 임계치로 설정하였으며, 도시권 간 MFPT가 임계치보다 작은 경우에는 하나의 도시권으로 병합하였다. 한편, 박소현 외(2020)는 기업 간 거래가 시·도 경계를 넘어서는 광역적 특징이 데이터에 반영되어 있다.

그러나 본 연구의 Flowbca와 Combo 알고리즘과 선행연구 간의 ARI는 약 0.4~0.5 내외로 나타나 상대적으로 낮은 값을 보였다. Flowbca는 4개의 선행연구와 ARI가 0.4 내외의 값을 보

였고, 전재병·우명제(2024)와 박소현 외(2020)의 연구와는 각각 0.30 및 0.35로 나타났다. 한편, Combo는 4개 선행연구와 0.5 내외의 값을 보였고, 이세원·이희연(2015)과 전재병·우명제(2024)의 연구와 0.38로 나타난다. 이는 Flowbca와 Combo가 기존 결과에서 식별되지 않거나 차이를 보이는 도시권을 제시하고 기존 대비 차별화된 결과를 제시할 수 있는 방법론임을 보여 준다.⁵⁾

Table 12. Comparison of functional urban areas and previous research using the Adjusted Rand Index

Type	Lee and Lee (2015)	Kwon (2019)	Byun et al. (2020)	Kim and Woo (2019)	Chun and Woo (2024)	Park et al. (2020)	Flowbca	Combo
Lee and Lee (2015)	1	0.77	0.67	0.65	0.21	0.22	0.37	0.38
Kwon (2019)		1	0.78	0.73	0.26	0.29	0.39	0.47
Byun et al. (2020)			1	0.77	0.28	0.33	0.43	0.53
Kim and Woo (2019)				1	0.33	0.37	0.43	0.54
Chun and Woo (2024)					1	0.86	0.30	0.38
Park et al. (2020)						1	0.35	0.47
Flowbca							1	0.46
Combo								1

Note: 1) The ARI ranges from 0 to 1, with values closer to 1 indicating a higher likelihood of being classified as the same urban regions.

2) Where previous studies excluded certain regions or failed to delineate FUAs, individual regions were assumed to be FUAs for the calculation of the ARI.

V. 결론 및 논의

본 연구에서는 계층적 접근방식인 Flowbca 알고리즘과 계산적 접근방식인 Combo 알고리즘의 장·단점을 비교하고, 지역 간 목적 OD에 적용한 결과를 비교하였다. 두 알고리즘은 방향성·가중치·정규화 여부 등 다양한 네트워크에 적용할 수 있으며, 비중첩 구조를 전제하고 재현성이 높은 공통점을 갖는다. 단, Flowbca는 병합과정에서 중심지를 설정하고, 단계별 정보를 활용해 설명이 가능하지만, Combo는 목적함수의 최적화를 위해 반복 수행되기 때문에 가장 좋은 결과를 도출한다. 2022년 목적 OD에 두 알고리즘을 적용한 결과는 다음과 같다.

Flowbca는 전체 통행 기준 13개의 상위 및 하위 도시권으로 구분되며 계층적 구조를 보였다. 수도권은 경기 남부를 편입하며 자기 포함성이 증가하는 형태를 보이는 등 알고리즘의 단계별 정보를 활용해 도시권 형성 과정의 주요 정보를 확인할 수 있다. 수도권은 경기도와 인접한 충청도의 일부 시·군과 강원도 시·군을 포섭하며 가장 영향력이 컸으며, 부산·대구 등 광역시를 중심도시로 한 도시권에서도 하위 도시권이 일부 식별되었다. 또한, 통행의 목적에 따라 기능적인 하위 도시권을 형성하고 있었으며, 통행유형 중에서는 등교와 귀가가 가장 세분화된 권역을 구별했다. 이때, 등교는 교육청의 관할구역에 의해, 귀가는 상위 중심지의 영향력을 제외함으로써 형성된 것으로 판단된다. 한편, 업무 유형에서 수도권의 영향권이 가장 큰 것으로 나타났다.

Combo는 등교를 제외한 통행유형에서 시·도의 행정경계를 중심으로 도시권을 설정하였다. 또한, 시·도 행정경계에 위치한 시·군의 편입 여부가 일부 차이를 보였으나, 그 결과는 거의 유사하였다. 한편, 등교 유형에서 전라도 및 경상도의 도시권이 분할되며 가장 많은 도시권 수를 보였다.

각 두 알고리즘은 생활권 및 초광역권과 경계가 유사하게 설정되며, 이는 알고리즘의 특징에 따른 결과로 유추된다. Flowbca

는 미시적으로 두 도시 간 관계에 기반해 단계적으로 도시권을 설정하기 때문에 의존도가 높은 도시 간 권역이 먼저 형성되지만, Combo는 거시적으로 여러 도시 간 관계를 종합적으로 고려해 내부의 응집도가 가장 크도록 최적화하는 과정에서 한꺼번에 설정된다. 즉, 방법론에서 도시권을 정의하는 시각에 따라 최종 형성된 도시권의 공간적 단위의 크기는 차이를 보였다. 국토종합계획과 비교한 결과에서도 Flowbca는 생활권 중심의 1·2차 계획과 유사하였고, Combo는 시·도 행정경계 중심의 4차 계획과 유사하였다. 그리고 두 알고리즘은 선행연구의 도시권 설정 결과와 유사성이 낮았으며, 이는 기존 방법론 대비 차별화된 정보를 제공할 수 있음을 시사한다.

도시권 설정 결과를 토대로 두 알고리즘이 시사하는 바는 다음과 같다. 첫째, Flowbca 알고리즘은 도시권의 계층 구조와 도시권 간의 포섭하는 체계를 분석할 수 있다. Flowbca는 가장 큰 상호작용을 보인 두 객체를 병합한다는 단순한 관점에 기반하여, 단계별로 그 결과를 제시해 도시권 설정 과정을 알 수 있다. 특히, 병합 이후 객체 간의 관계를 다시 재정의함에 따라, 병합된 객체도 포섭되는 계층적 구조를 나타낸다. 이는 도시권의 다핵화를 파악할 수 있을 뿐 아니라, 도시권 간의 관계 및 상위 중심지의 식별 등 정보를 제공하며, 기능의 분담과 위계를 조정하기 위한 근거로 활용될 수 있다. 예를 들어, 생활SOC 등 기반시설은 하위 도시권을 중심으로, 광역교통망은 허브 앤 스포크(Hub and Spoke) 형태로 상위 도시권과 하위 도시권 간 제안될 수 있을 것이다.

둘째, Combo 알고리즘은 네트워크를 기반으로 내부의 응집도가 높은 독립적인 공간 단위를 식별할 수 있다. Combo는 목적함수의 최적화를 위해 지역을 재배치하는 과정을 반복하여 국지적인 최적해에 도달할 오류가 적으며, 여러 초기 구성에 기반해 안정적인 결과를 도출한다. 따라서 행정경계 일치도와 공간구조의 응집도가 증가한다(Sobolevsky et al., 2014). 이러한 결과

는 초광역권 거버넌스를 구축하는 데 필요한 행정조직과 광역교 통망 체계의 공간적 단위를 지리적으로 구분하는 데 유용할 것으로 판단된다. 두 장점은 초광역권 등 지역정책 추진을 위해 경제권·생활권·행정권의 공간적 단위를 어떻게 설정할 것인지에 대한 과학적 근거자료로 활용될 수 있을 것이다.

두 알고리즘이 장점만 있지는 않다. Flowbca는 병합되는데 강한 상호작용을 요구하므로, 강릉시와 같이 여러 지역과 통행이 분산되는 경우 도시권을 형성하지 못한다. 또한, 수도권 등 초기에 많은 통행을 포함한 도시권의 영향력이 크다. 아울러 이 알고리즘에서 모든 시·군이 2개 이상의 시·군으로 구성된 도시권으로 설정되도록 강제할 경우, 자족성이 크거나 통행이 분산된 도시의 경우에는 적절치 않은 결과를 도출할 수 있다. 한편, Combo는 별도의 정보 없이 도시권을 구분한 결과만 제시하므로, 중심성 분석 등 다른 공간구조 분석 방법이 병행될 필요가 있다. 또한, 데이터의 특성과 연구자의 목적에 따라 결과를 주관적으로 해석해야 한다. 그리고 두 알고리즘 모두 공간적 인접성을 전제하지 않는다. 이와 같은 장·단점을 고려할 때, 도시권 설정은 분석의 목적과 데이터의 특성에 따라 여러 알고리즘이 병행될 필요가 있다. 정책 목적에 따라 알고리즘에 의한 결과를 보완적으로 활용하여 도시권 설정의 과학적인 객관성을 담보해야 한다.

본 연구의 한계는 분석 단위를 시·군으로 설정하여 기존 공간 단위를 사용한 점이다. 최근 모바일 빅데이터를 활용한 생활인구 및 이동이 개방되고 있으므로, 행정동 등 더 작은 공간 단위에서 분석이 시도될 필요가 있다. 알고리즘에 기반한 도시권 설정이 더 복잡한 네트워크에서 활용성이 높을 것으로 예상되기 때문이다. 한편, 알고리즘에 공간적 인접성을 전제하는 등 개선이 이뤄질 필요가 있다. 또한 통행 데이터는 교통 인프라, 주거·산업의 입지 등 도시구조를 직접적으로 반영하는 장점은 있으나, 재택근무·자본이동·온라인 경제활동 등 도시활동은 포착하지 못하는 한계가 있다.

주1. Newman(2003)은 구성 모형(configuration model)을 통해 네트워크를 일반화하였다. 차수(degree)는 각 노드에 연결된 엣지 수를 의미하는데, 모든 노드의 차수는 차수 분포(degree distribution)에 기반해 결정된다. 무방향 네트워크에서는 스텝(sub), 즉 '엣지의 한쪽 끝 혹은 절반' 개념을 도입해 차수의 분포를 유지하고자 하였다. 각 노드에 차수만큼의 '스텝(sub)'을 할당하고, 이 스텝들을 무작위로 짝지어 엣지를 형성함으로써 네트워크를 구성한다. 따라서, 무방향 네트워크의 엣지 수가 m 일 때, 스텝의 수는 $2m$ 이므로, 노드 i 에서 스텝이 발생할 확률인 p_i 는 k_i 를 $2m$ 으로 나눈 값이 된다. 반면, 유방향 네트워크에서는 각 노드가 in-degree와 out-degree를 구분하며, 이들을 방향에 따라 짝지어 엣지가 형성한다.

주2. Sobolevsky et al(2014)은 C++로 작성된 Combo 프로그램을 제공하고 있다. 프로그램 내 모듈성은 계산의 부하와 시간을 고려해 무방향의 가중치 네트워크로 변환하여 모듈성을 계산한다.

주3. 강릉시는 1차 및 2차 국토종합계획의 2차 위계의 중심도시로 지정될 만큼 강원도의 주요 도시로 인지되었으나, 평창군과 도시권을 형성하지 못하였다. 전체 통행량 가운데 평창군에서 강릉시로의 비중은 26.9%를 보

였는데, 도시권을 형성하기 위해서는 절반 이상의 통행 비중을 보여야 한다. <부록 표1> 예를 들어, 고성군은 속초시에 73.7%, 횡성군은 원주시에 53.6%로 비중이 크다. 반면, 평창군은 강릉시 26.9%, 원주시 12.7%, 서울시 9.7%, 횡성군 6.0%, 정선군 5.4%, 영월군 4.9% 등 주요 목적지가 분산되어 있다. 특히, 서울을 중심도시로 한 도시권이 경기 북부, 경기 남부, 강원도 순으로 병합하면서 강릉시 및 평창군에 대한 통행 비중이 늘어났고, 별도의 도시권을 형성하지 못한 채 병합된 것으로 판단된다.

주4. 랜즈지수(Rand Index)는 데이터의 쌍(pair)에 대한 두 개의 클러스터 결과를 비교할 때, 모두 같은 클러스터로 분류하거나 모두 다른 클러스터로 분류한 경우의 비중을 계산한다. 단, 클러스터의 수가 많아질수록 모두 다른 클러스터로 분류되는 수가 많아짐에 따라 1에 가까워지는 문제를 해결하기 위해, Hubert and Arabie(1985)는 무작위의 클러스터 결과에 따른 기댓값을 보정하는 조정 랜즈지수(Adjusted Rand Index)를 제안하였다.

주5. 단, ARI 값의 차이를 해석할 때는 주의가 필요하다. 비교 대상 선행연구는 데이터 종류와 분석 시점, 알고리즘이 모두 다르므로, 본 연구와의 낮은 ARI가 알고리즘의 차별성에 기인한다고 단정하기 어렵다. 따라서 선행연구와의 ARI 비교는 방법론적 차별성의 직접적 근거라기보다, 본 연구의 결과가 기존 연구들과 상이한 도시권 경계를 제시한다는 사실을 정량적으로 확인하는 기술적 지표로 해석하는 것이 적절하다.

인용문헌 References

- 구형모, 2012. "향상된 계층적 합적 방법을 이용한 서울 대도시권의 기능 지역 구분", 『한국지도학회지』, 12(2): 25-35.
Koo, H.M., 2012. "Improved Hierarchical Aggregation Methods for Functional Regionalization in the Seoul Metropolitan Area", *Journal of the Korean Cartographic Association*, 12(2): 25-35.
- 권규상, 2019. "네트워크 커뮤니티 발견법을 활용한 기능지역 구분의 의미와 효용성", 『대한지리학회지』, 54(3): 405-420.
Kwon, K.S., 2019. "Network Community Detection as a Method to Delimitate Functional Regions", *Journal of the Korean Geographical Society*, 54(3): 405-420.
- 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.
- 권창기·정현욱, 2007. "대도시 광역도시권 설정과 권역별 공간 특성 비교", 『국토연구』, 52: 39-58.
Kwon, C.K. and 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: 39-58.
- 김규혁·이동엽·김동호·원민수·홍성민·송태진, 2021. "모바일 생활통행데이터 기반 도시 인구 규모별 생활권 분류 및 특성 파악", 『대한교통학회지』, 39(5): 662-679.
Kim, K.H., Lee, D.Y., Kim, D.H., Won, M.S., Hong, S.M., and Song, T.J., 2021. "A Study on the Classification and Understanding of Travel Boundary by City Population Scale Based on Mobile Travel Data", *Journal of Korean Society of Transportation*, 39(5): 662-679.

6. 김도형·우명제, 2019. “기능적 상호작용에 따른 도시권 설정과 성장관계에 대한 연구”, 『국토계획』, 54(7): 5-23.
Kim, D.H. and Woo, M.J., 2019. “Study on the Delineation of City-Regions Based on Functional Interdependence and Its Relationships with Urban Growth”, *Journal of Korea Planning Association*, 54(7): 5-23.
7. 김동수·허문구·이두희, 2008. “한국 도시의 규모분포와 도시공간구조 분석 - 광역도시통계권을 중심으로”, 『한국경제지리학회지』, 11(4): 549-563.
Kim, D.S., Huh, M.G., and Lee, D.H., 2008. “Analysis of City Size Distribution and Spatial Structure - With Korean Metropolitan Statistical Areas (MSA)”, *Journal of the Economic Geographical Society of Korea*, 11(4): 549-563.
8. 김수현·임형준·허준, 2020. “휴대전화 빅데이터 기반 기종점 통행량 자료를 활용한 서울시 생활권 분석”, 『대한공간정보학회지』, 28(1): 3-10.
Kim, S.H., Lim, H.J., and Heo, J., 2020. “Analysis of Seoul Living Sphere Using Origin-Destination Data from a Mobile Phone Network”, *Journal of Korean Society for Geospatial Information Science*, 28(1): 3-10.
9. 김호철·김철수, 2004. “광역계획권 설정지표에 관한 연구”, 『국토계획』, 39(4): 7-18.
Kim, H.C. and Kim, C.S., 2004. “A Study on the Indicator for Delimitation of Metropolitan Planning Area”, *Journal of Korea Planning Association*, 39(4): 7-18.
10. 김효성·구동희, 2011. “우리나라 지방행정체계 개편방안: 지역 간 연계를 중심으로”, 『국토지리학회지』, 45(2): 249-264.
Kim, H.S. and Koo, D.H., 2011. “A Study on Reorganizing the Local Administrative System in Korea: Focused on Inter-regional Linkages”, *The Geographical Journal of Korea*, 45(2): 249-264.
11. 남기찬, 2023. “공간 미스매치 실업과 지역노동시장권의 효율성에 대한 연구”, 『지역연구』, 39(4): 3-17.
Nam, K.C., 2023. “Analysis of Spatial Mismatch Unemployment and the Efficient Local Labor Market Areas”, *Journal of the Korean Regional Science Association*, 39(4): 3-17.
12. 노승철·심재현·이희연, 2012. “지역 간 기능적 연계성에 기초한 도시권 설정 방법론 연구”, 『한국도시지리학회지』, 15(3): 23-43.
Noh, S.C., Sim, J.H., and 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.
13. 박소현·권규상·박소영, 2020. “기업 간 거래망에 기초한 기능적 경제권의 설정”, 『한국경제지리학회지』, 23(1): 1-17.
Park, S.H., Kwon, K.S., and Park, S.Y., 2020. “Delineation of Functional Economic Areas in Korea based on Inter-firm Transaction Network”, *Journal of the Economic Geographical Society of Korea*, 23(1): 1-17.
14. 박창석·신지영·최희선·신상철·송지연·박현주·이재경·송원경·김휘문·이은석, 2020. 「지속가능한 도시관리를 위한 스마트 축소 모형 연구(I)」, 세종: 한국환경정책·평가연구원.
Park, C.S., Shin, J.Y., Choi, H.S., Shin, S.C., Song, J.Y., Park, H.J., Lee, J.G., Song, W.G., Kim, H.M., and Lee, E.S., 2020. *Urban Model and Sustainable Planning Strategies for Smart Shrinking City (I)*, Sejong: Korea Environment Institute.
15. 변은주·이지민·이수기, 2023. “행정중심복합도시 건설에 따른 세종시와 인접 지역의 공간 구조 변화 분석: 인구이동과 통근통행자료를 중심으로”, 『국토계획』, 58(4): 48-63.
Byun, E.J., Lee, J.M., and Lee, S.G., 2023. “Analysis of Spatial Changes in the Sejong City Region by the Construction of Administrative City: Focusing on Migration and Commuting OD Data”, *Journal of Korea Planning Association*, 58(4): 48-63.
16. 변필성·권규상·이효란·김다윗·김동한·김승범, 2020. 「도시의 영향권과 기능 연계권 분석을 통한 도시권 확정 연구」, 세종: 국토연구원.
Byun, P.S., Kwon, G.S., Lee, H.R., Kim, D., Kim, D.H., and Kim, S.B., 2020. *A Study on the Delimitation of Metropolitan Regions in Korea*, Sejong: Korea Research Institute for Human Settlements.
17. 손승호, 2014. “수도권의 직주균형과 통근통행의 변화: 2005-2010년”, 『대한지리학회지』, 49(3): 390-404.
Son, S.H., 2014. “The Changes of Job-Housing Balance and Commuting Trip in Seoul Metropolitan Area: 2005-2010”, *Journal of the Korean Geographical Society*, 49(3): 390-404.
18. 윤영모·박경현·박종일·이혜민·오남경·권규상·이성현, 2025. 「국토 대전환을 위한 메가시티 정책방향 연구」, 세종: 국토연구원.
Yoon, Y.M., Park, K.G., Park, J.I., Lee, H.M., Oh, N.K., Kwon, K.S., and Lee, S.H., 2025. *Megacity Policy Direction for Grand Transition of National Territory*, Sejong: Korea Research Institute for Human Settlements.
19. 이상걸·우명제, 2016. “마코프-연쇄 모형을 이용한 광역도시권 설정 및 권역 변화 분석에 관한 연구: 5개 대도시권을 대상으로”, 『국토계획』, 51(7): 5-20.
Lee, S.G. and Woo, M.J., 2016. “Delineation of Metropolitan Regions Using Markov-chain Model and Analysis of Their Changes: Focused on Five Metropolitan Areas”, *Journal of Korea Planning Association*, 51(7): 5-20.
20. 이상호, 2008. “지역노동시장권(LLMAs)의 측정과 적용 가능성에 관한 연구”, 『노동정책연구』, 8(4): 147-182.
Lee, S.H., 2008. “A Study on the Measurement and Applicability of Local Labour Market Areas (LLMAs) in Korea”, *Quarterly Journal of Labor Policy*, 8(4): 147-182.
21. 이성호, 2021. “기능적 연계에 기초한 수원 도시권의 범위 설정과 변화 탐색”, 『대한지리학회지』, 56(2): 181-199.
Lee, S.H., 2021. “A Study on Exploring the Spatial Boundary and Characteristics of Suwon City-Region based on Functional Linkage”, *Journal of the Korean Geographical Society*, 56(2): 181-199.
22. 이세원·이희연, 2015. “지역노동시장권 설정방법에 기초한 도시권 확정과 공간구조 분석”, 『국토연구』, 84: 165-189.
Lee, S.W. and Lee, H.Y., 2015. “Delimitation of City-Regions Based on the Method of Travel-to-Working Area and Analyzing Spatial Structure of City-Regions”, *The Korea Spatial Planning Review*, 84: 165-189.
23. 전재병·우명제, 2024. “메가리전 식별 및 권역 간 성장패턴의 차이에 관한 연구”, 『국토계획』, 59(7): 22-34.

- Chun, J.B. and Woo, M.J., 2024. "A Research on the Identification of Megaregions and Differences on Their Growth Patterns across Regions", *Journal of Korea Planning Association*, 59(7): 22-34.
24. 조대현, 2011. "유동 패턴 분석 방법으로서의 요인 분석에 대한 비판적 검토", 『한국지도학회지』, 11(1): 33-46.
Cho, D.H., 2011. "A Critical Appraisal of Factor Analysis for Analyzing Flow Patterns", *Journal of the Korean Cartographic Association*, 11(1): 33-46.
25. 조일환·김소연·곽수정·홍서영, 2011. "통근, 통학, 업무 목적통행으로 본 수도권의 지역구조 변화", 『한국도시지리학회지』, 14(1): 49-66.
Cho, I.H., Kim, S.Y., Kwak, S.J., and Hong, S.Y., 2011. "Change in Regional Structure of the Metropolitan Area at a Viewpoint of the Trip for Commuting, Going to school, and Business", *Journal of the Korean Urban Geographical Society*, 14(1): 49-66.
26. 하재현·이수기, 2016. "통행특성별 OD 자료와 Community Detection 기법을 활용한 공간위계별 생활권 설정 연구: 2010년 수도권 가구통행실태조사자료를 중심으로", 『국토계획』, 51(6): 79-98.
Ha, J.H. and Lee, S., 2016. "A Study on the Designation of Living Zones by Its Spatial Hierarchy Using OD Data and Community Detection Technique: Focused on the 2010 Household Travel Survey Data of the Seoul Metropolitan Area", *Journal of Korea Planning Association*, 51(6): 79-98.
27. Arenas, A., Duch, J., Fernández, A., and Gómez, S., 2007. "Size Reduction of Complex Networks Preserving Modularity", *New Journal of Physics*, 9(6): 176.
28. Blondel, V.D., Guillaume, J.L., Lambiotte, R., and Lefebvre, E., 2008. "Fast Unfolding of Communities in Large Networks", *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, 2008(10): P10008.
29. Coombes, M.G., Green, A.E., and Openshaw, S., 1986. "An Efficient Algorithm to Generate Official Statistical Reporting Areas: The Case of the 1984 Travel-to-work Areas Revision in Britain", *Journal of the Operational Research Society*, 37(10): 943-953.
30. Cörvers, F., Hensen, M., and Bongaerts, D., 2009. "Delimitation and Coherence of Functional and Administrative Regions", *Regional Studies*, 43(1): 19-31.
31. Farmer, C.J. and Fotheringham, A.S., 2011. "Network-based Functional Regions", *Environment and Planning A*, 43(11): 2723-2741.
32. Fortunato, S., 2010. "Community Detection in Graphs", *Physics Reports*, 486(3-5): 75-174.
33. Hamilton, R. and Rae, A., 2020. "Regions from the Ground Up: A Network Partitioning Approach to Regional Delimitation", *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 47(5): 775-789.
34. Hubert, L. and Arabie, P., 1985. "Comparing Partitions", *Journal of Classification*, 2(1): 193-218.
35. Li, J., Lai, S., Shuai, Z., Tan, Y., Jia, Y., Yu, M., Zhang, S., Song, Q., Chen, Y., Zhou, T., and Lu, Y., 2024. "A Comprehensive Review of Community Detection in Graphs", *Neurocomputing*, 600: 128169.
36. Meekes, J. and Hassink, W.H., 2018. "Flowbca: A Flow-based Cluster Algorithm in Stata", *The Stata Journal*, 18(3): 564-584.
37. Newman, M.E., 2003. "The Structure and Function of Complex Networks", *SIAM Review*, 45(2): 167-256.
38. Newman, M.E. and Girvan, M., 2004. "Finding and Evaluating Community Structure in Networks", *Physical Review E*, 69(2): 026113.
39. Sobolevsky, S., Campari, R., Belyi, A., and Ratti, C., 2014. "General Optimization Technique for High-Quality Community Detection in Complex Networks", *Physical Review E*, 90(1): 012811.

Date Received 2026-02-20
Date Reviewed 2026-03-30
Date Accepted 2026-03-30
Date Revised 2026-04-19
Final Received 2026-04-19

부 록

Appendix

Appendix 1. Round-by-round results of Flowbca for the overall travel

Round	Origin	Destination	Cluster	g	Round	Origin	Destination	Cluster	g
158	Gyeongsan	Daegu	Daegu	0.775	79	Yongin	Seoul	Seoul	0.474
157	Geumsan	Daejeon	Daejeon	0.761	78	Suwon	Seoul	Seoul	0.675
156	Yeongcheon	Daegu	Daegu	0.753	77	Hwaseong	Seoul	Seoul	0.730
155	Goryeong	Daegu	Daegu	0.752	76	Osan	Seoul	Seoul	0.806
154	Hwasun	Gwangju	Gwangju	0.738	75	Icheon	Seoul	Seoul	0.668
153	Goseong	Sokcho	Seoul	0.737	74	Yeoju	Seoul	Seoul	0.815
152	Muan	Mokpo	Mokpo	0.727	73	Pyeongtaek	Seoul	Seoul	0.587
151	Sinan	Mokpo	Mokpo	0.757	72	Anseong	Seoul	Seoul	0.829
150	Cheongdo	Daegu	Daegu	0.725	71	Namhae	Jinju	Jinju	0.473
149	Haman	Changwon	Busan	0.681	70	Jeongeup	Jeonju	Jeonju	0.465
148	Yeongam	Mokpo	Mokpo	0.676	69	Seochon	Jeonju	Jeonju	0.462
147	Naju	Gwangju	Gwangju	0.674	68	Goheung	Suncheon	Suncheon	0.458
146	Jangseong	Gwangju	Gwangju	0.672	67	Boseong	Suncheon	Suncheon	0.551
145	Damyang	Gwangju	Gwangju	0.678	66	Chuncheon	Seoul	Seoul	0.452
144	Yangsang	Busan	Busan	0.665	65	Hongcheon	Seoul	Seoul	0.725
143	Seongju	Daegu	Daegu	0.646	64	Inje	Seoul	Seoul	0.587
142	Hanam	Seoul	Seoul	0.642	63	Wonju	Seoul	Seoul	0.464
141	Wanju	Jeonju	Jeonju	0.640	62	Pyeongchang	Seoul	Seoul	0.501
140	Okcheon	Daejeon	Daejeon	0.639	61	Gangneung	Seoul	Seoul	0.456
139	Asan	Cheonan	Seoul	0.618	60	Danyang	Jecheon	Seoul	0.450
138	Yeonggwang	Gwangju	Gwangju	0.617	59	Nonsan	Daejeon	Daejeon	0.447
137	Hampyeong	Gwangju	Gwangju	0.666	58	Buyeo	Daejeon	Daejeon	0.452
136	Gwangyang	Suncheon	Suncheon	0.611	57	Gochang	Gwangju	Gwangju	0.446
135	Uiryeong	Changwon	Busan	0.607	56	Sunchang	Gwangju	Gwangju	0.447
134	Hwacheon	Chuncheon	Seoul	0.581	55	Jindo	Mokpo	Mokpo	0.445
133	Gokseong	Gwangju	Gwangju	0.580	54	Haenam	Mokpo	Mokpo	0.474
132	Bonghwa	Yeongju	Yeongju	0.568	53	Yecheon	Andong	Andong	0.445
131	Gyeryong	Daejeon	Daejeon	0.564	52	Gurye	Suncheon	Suncheon	0.444
130	Yeosu	Suncheon	Suncheon	0.559	51	Tongyeong	Geoje	Busan	0.431
129	Yanggu	Chuncheon	Seoul	0.558	50	Hadong	Jinju	Jinju	0.430
128	Goyang	Seoul	Seoul	0.541	49	Hongseong	Yesan	Seoul	0.424
127	Paju	Seoul	Seoul	0.639	48	Sejong	Daejeon	Daejeon	0.409
126	Uijeongbu	Seoul	Seoul	0.584	47	Gongju	Daejeon	Daejeon	0.664
125	Yangju	Seoul	Seoul	0.687	46	Cheongyang	Daejeon	Daejeon	0.461
124	Dongducheon	Seoul	Seoul	0.763	45	Muju	Daejeon	Daejeon	0.410
123	Yeoncheon	Seoul	Seoul	0.765	44	Wando	Mokpo	Mokpo	0.405
122	Namyangju	Seoul	Seoul	0.627	43	Gangjin	Mokpo	Mokpo	0.464
121	Guri	Seoul	Seoul	0.870	42	Jangheung	Mokpo	Mokpo	0.427

다음 페이지에 계속(Continue on next page)

Round	Origin	Destination	Cluster	g	Round	Origin	Destination	Cluster	g
120	Pocheon	Seoul	Seoul	0.822	41	Hapcheon	Daegu	Daegu	0.397
119	Cheorwon	Seoul	Seoul	0.798	40	Gunwi	Daegu	Daegu	0.393
118	Gapyeong	Seoul	Seoul	0.645	39	Uiseong	Daegu	Daegu	0.416
117	Yangpyeong	Seoul	Seoul	0.678	38	Chungju	Seoul	Seoul	0.373
116	Hoengseong	Wonju	Seoul	0.536	37	Eumseong	Seoul	Seoul	0.451
115	Gwacheon	Seoul	Seoul	0.534	36	Jincheon	Seoul	Seoul	0.554
114	Ulsan	Busan	Busan	0.532	35	Jecheon	Seoul	Seoul	0.393
113	Gimhae	Busan	Busan	0.544	34	Yeongwol	Seoul	Seoul	0.653
112	Sacheon	Jinju	Jinju	0.532	33	Jeongseon	Seoul	Seoul	0.576
111	Sancheong	Jinju	Jinju	0.557	32	Taebaek	Seoul	Seoul	0.577
110	Miryang	Busan	Busan	0.527	31	Donghae	Seoul	Seoul	0.428
109	Jinan	Jeonju	Jeonju	0.523	30	Geochang	Daegu	Daegu	0.366
108	Imsil	Jeonju	Jeonju	0.561	29	Sokcho	Seoul	Seoul	0.363
107	Yangyang	Sokcho	Seoul	0.517	28	Mungyeong	Sangju	Sangju	0.354
106	Gwangmyeong	Seoul	Seoul	0.513	27	Namwon	Jeonju	Jeonju	0.352
105	Pohang	Gyeongju	Busan	0.504	26	Cheongju	Seoul	Seoul	0.345
104	Taeon	Seosan	Seoul	0.499	25	Uljin	Seoul	Seoul	0.350
103	Jangsu	Jeonju	Jeonju	0.498	24	Yeongdeok	Seoul	Seoul	0.353
102	Yeongdong	Daejeon	Daejeon	0.491	23	Dangjin	Seoul	Seoul	0.350
101	Bucheon	Seoul	Seoul	0.486	22	Seosan	Seoul	Seoul	0.399
100	Incheon	Seoul	Seoul	0.594	21	Boryeong	Seoul	Seoul	0.341
99	Gimpo	Seoul	Seoul	0.928	20	Yesan	Seoul	Seoul	0.355
98	Siheung	Seoul	Seoul	0.567	19	Cheonan	Seoul	Seoul	0.367
97	Ansan	Seoul	Seoul	0.540	18	Gumi	Daegu	Daegu	0.339
96	Anyang	Seoul	Seoul	0.534	17	Hamyang	Daegu	Daegu	0.342
95	Gunpo	Seoul	Seoul	0.659	16	Goseong (Gyeongsang)	Busan	Busan	0.332
94	Uiwang	Seoul	Seoul	0.779	15	Geoje	Busan	Busan	0.412
93	Seongnam	Seoul	Seoul	0.569	14	Gyeongju	Busan	Busan	0.318
92	Gwangju (Gyeonggi)	Seoul	Seoul	0.712	13	Yeongyang	Cheongsong	Cheongsong	0.309
91	Jeungpyeong	Cheongju	Seoul	0.484	12	Daejeon	Seoul		0.282
90	Goesan	Cheongju	Seoul	0.487	11	Jinju	Busan		0.270
89	Changwon	Busan	Busan	0.483	10	Sangju	Seoul		0.271
88	Changnyeong	Busan	Busan	0.601	9	Yeongju	Seoul		0.382
87	Samcheok	Donghae	Seoul	0.481	8	Andong	Seoul		0.457
86	Boeun	Cheongju	Seoul	0.480	7	Cheongsong	Seoul		0.187
85	Gimje	Jeonju	Jeonju	0.479	6	Mokpo	Gwangju		0.149
84	Iksan	Jeonju	Jeonju	0.507	5	Jeonju	Seoul		0.147
83	Gunsan	Jeonju	Jeonju	0.527	4	Suncheon	Gwangju		0.107
82	Buan	Jeonju	Jeonju	0.506	3	Gwangju	Seoul		0.089
81	Chilgok	Gumi	Daegu	0.474	2	Daegu	Seoul		0.132
80	Gimcheon	Gumi	Daegu	0.488	1	Busan	Seoul		0.132