

국토정책 Brief

국토연구원에서 수행한 주요 연구과제의 핵심 내용과 정책제안 등을 압축해 국민께 알려드리고자 하는 발간물입니다.

2023. 11. 6.
No. 939



발행처 국토연구원
발행인 심교언
www.krihs.re.kr

황명화 국토데이터랩 팀장
변필성 국토모니터링연구센터장
이영민 부연구위원
심지수 부산대학교 조교수

마이크로 공간 데이터를 활용한 도시공간구조 분석방법 개발 및 정책 활용방향

주요 내용

- 인구감소·저성장, 교통·ICT 발달 등 최근의 사회·경제적 변화로 도시공간의 이용양상이 빠르게 변화함에 따라 사람의 실제 활동을 토대로 도시공간구조를 세밀히 분석할 필요성 증가
- 기존 계획의 도시공간구조 진단·구상은 대부분 정성적 평가나 행정구역 통계를 토대로 하여, 도시공간구조 설정의 현실성과 구체성이 낮고 계획 관할구역에 한정된다는 점이 한계로 지적
- 도시공간구조 분석을 위한 기존 방법의 한계를 보완하기 위해 사람의 실제 활동에 대한 정보를 세밀한 공간 단위로 기록하는 마이크로 공간 데이터를 이용해 새로운 분석방법을 개발
 - 250m×250m 격자 및 점(포인트) 단위의 근무인구, 신용카드 가맹점, 상주인구 밀도와 수를 토대로 중심지의 공간적 위치와 경계를 식별하고 도심/부도심/지역중심으로 위계 설정
 - 중심지 내 활동 집중도, 흐름 유발 정도, 산업 및 서비스 구성의 세 가지 측면에서 특징을 분석하여 중심지 도출결과의 타당성을 검토하는 교차 확인 단계를 함께 포함
- 사례지역(천안/아산시, 울산광역시) 적용결과, 개발된 분석방법은 현실에 가깝고 자연스러운 형태로 중심지 경계를 추출할 수 있어 도시의 실제 여건에 부합하는 공간구조계획 수립과 관리에 유용할 것으로 판단

활용방안

- ① 도시·군기본계획 내 공간구조 진단 및 장래 공간구조 구상 단계에서 마이크로 공간 데이터 기반의 도시공간구조 분석방법 활용 가능
- ② 개발된 분석방법을 통해 도시 내 사람 활동의 집중·집적 양상을 파악할 수 있으므로 도시공간의 압축적 이용 모니터링(도시공간 이용 모니터링 체계)과 국토모니터링 제도 내 국토공간구조 분석에 활용 가능
- ③ 개발된 분석방법의 활용 촉진을 위해서는 데이터 기반 도시계획 수립 문화 조성, 마이크로 공간 데이터의 공급 인프라 확충, 실무자를 위한 SW 개발·보급, 지자체수요 맞춤형 분석 컨설팅 체계 마련 등의 정책적 노력 필요

01. 마이크로 공간 데이터 기반 도시공간구조 분석의 필요성

도시공간구조의 개념 및 중요성

도시공간구조란 도시 내부에서 사상(事狀, 사물과 현상)이 공간적으로 분포한 상태(Stock 또는 '스톡')와 이러한 상태의 결과 혹은 원인으로 도시공간상에 나타나는 사람, 물자, 자금의 상호작용(Flow 또는 '흐름')을 의미

- 도시 내에서 스톡, 즉 활동, 시설, 인구 등의 집중·집적을 유발하거나, 또는 흐름을 끌어당기거나 내보내는 역할을 하는 도시중심지(urban center)는 도시공간구조 이해에 있어 특히 중요한 요소

도시공간구조(이하 '공간구조')는 도시 관리, 도시문제 해결, 도시민의 삶의 질에 큰 영향을 미치기 때문에, 도시여건에 부합하는 공간구조 형성은 도시계획 및 정책의 중요 관심사로 작용

빠르게 변화하는 최근의 도시공간 이용 패턴을 실제와 가깝고 세밀하게 파악할 수 있는 공간구조 분석방법 필요

인구감소·저성장은 우리나라 많은 지역에서 도시의 저밀도화를 유발하여, 인구 성장을 전제로 한 도시계획과 현실 간 괴리가 확대되는 추세

- 또한, 고속철도와 도로망의 발달, 교통수단의 다양화가 온라인 플랫폼 기술과 융합되어 플랫폼 경제가 비약적으로 발전하면서 업무, 생산, 소비, 주거, 물류/유통 등 도시기능의 입지 패턴도 다변화

도시공간의 실제 이용 패턴을 반영하여 도시계획의 현실성을 제고하기 위해서는, 사람의 실제 활동에 관한 데이터를 이용하여 도시공간 이용 패턴의 세부적인 특징을 파악할 수 있는 미시적 공간구조 분석 필요

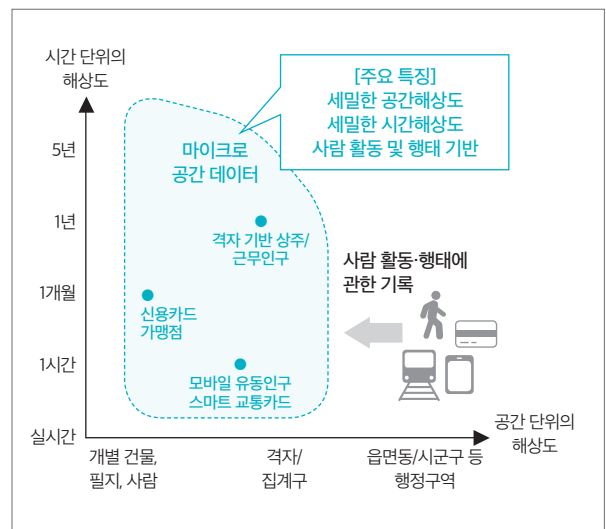
- 기존 도시·군기본계획의 공간구조 진단·구상은 대부분 정성적 평가나 행정구역 통계를 토대로 하여 공간구조 설정의 현실성과 구체성이 낮고, 계획 관할구역에 한정되어 도시의 실제 여건 반영에 한계 노출
- 최근 학계에서는 기존의 행정구역 단위 통계나 조사와 더불어, 미시적 공간 단위로 수집된 다시점 혹은 시계열 빅데이터를 이용하여 공간구조 분석을 다각화하고 있으나 정책적 적용이나 활용은 아직 저조한 실정

사람의 실제 활동에 대한 정보를 세밀한 공간 단위로 기록한 마이크로 공간 데이터를 이용한 공간구조 분석 필요

마이크로 공간 데이터란 가능한 최소의 공간 단위로 측정된 미시적 기록의 집합으로, 위치/장소를 포함하거나 추출할 수 있으며, 시간이나 다른 속성도 보유

- 사람들의 실제 활동과 행태에 관한 정보를 다양한 공간 단위에서 보여줄 수 있어 미시적 도시 분석에 직접 활용 가능
- 사람들이 행정 서비스, 교통 인프라, 상업 서비스 등을 이용하는 과정에서 축적된 기록을 토대로 하므로 인구조사, 가구통행실태조사 등 조사 기반의 데이터에 비해 상대적으로 높은 적시성, 최신성을 가지고 있어 도시공간의 최신 변화상을 파악하기에 유용
- 최근 상당수의 공공·민간 빅데이터가 세밀한 공간과 시간 단위로 수집·제공되어 마이크로 공간 데이터의 가용성 또한 크게 향상

그림 1 마이크로 공간 데이터의 주요 특징



자료: Akiyama 2014, 18의 그림을 토대로 저자 작성.

마이크로 공간 데이터는 현실성이 높고, 미시적인 공간구조 분석에 활용하기 쉬운 것으로 판단되므로, 마이크로 공간 데이터에 기반한 공간구조 분석방법을 개발하여 기존 공간구조 진단·구상방법의 한계를 보완할 필요

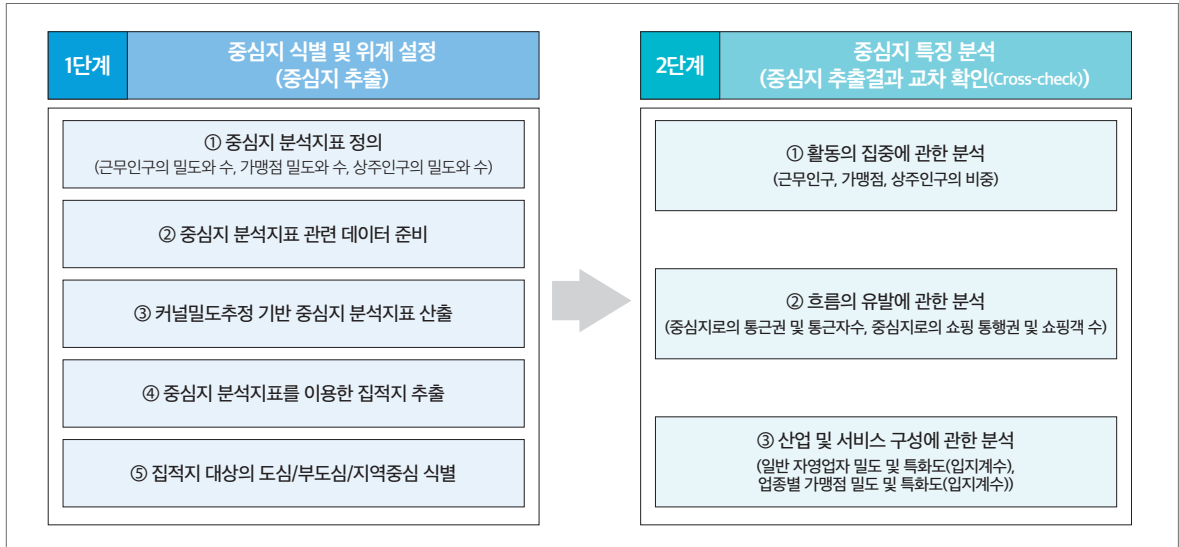
02. 마이크로 공간 데이터 기반 도시공간구조 분석방법 개발

분석방법의 기본 방향과 프레임워크

도시공간구조의 진단·구상에 있어 핵심 요소인 도시 내 중심지를 마이크로 공간 데이터로 식별한 후 위계를 설정하는 방향으로 분석방법을 개발하였으며, 이 분석방법은 ① 중심지 식별 및 위계 설정, ② 중심지 특징(활동 집중도, 흐름 유발 정도, 산업/서비스 구성 등) 분석의 2단계 절차로 구성

- 중심지 추출과 함께 중심지 특징을 분석하여 중심지 추출결과의 타당성도 확인 가능

그림 2 분석방법의 프레임워크



분석방법 1단계: 중심지 식별 및 위계 설정

본 연구에서 중심지란 “사람들의 다양한 활동 또는 다양한 활동인구가 고밀도로 집중·집적하는 장소”를 의미하며, 이러한 중심지를 식별하기 위해 마이크로 공간 단위로 측정된 ① 근무인구 수와 밀도, ② 가맹점 수와 밀도, ③ 상주인구 수와 밀도의 세 가지 분석지표를 활용

- (분석지표의 종류) 중심지 식별에 관한 선행연구 검토결과, 많은 연구에서 업무, 상업, 기타 활동의 밀도에 관한 지표를 공통적으로 사용하여, 본 연구에서도 상기 세 가지 지표를 최종 분석지표로 선정
- (분석지표의 공간 단위) 도시공간 이용 패턴의 미시적 분석과 지표 간 융합 용이성을 위해 행정구역보다 작고 구획이 일정한 마이크로 공간 단위를 검토하였고, 민간 빅데이터 활용 시 비식별처리로 인한 데이터 누락률과 데이터 구매비용 등을 감안하여 본 연구에서는 분석의 공간 단위를 250m×250m 격자로 선정
- (분석 데이터) 상기 세 가지 분석지표의 미시적 분석을 위해 <표 1>에 기재된 데이터 사용

표 1 중심지 분석지표와 데이터

분석지표	데이터 이름	공간 단위	데이터 출처	데이터 기준시점
근무인구 수와 밀도	직장 근무자 주소 기준 경제활동인구	250m 격자	코리아크레딧뷰로(KCB)	2021년 12월
가맹점 수와 밀도	신용카드 가맹점 위치	포인트(개별 주소)	신한카드사	2021년 12월
상주인구 수와 밀도	격자 기반 주민등록인구	250m 격자	국토지리정보원 국토정보플랫폼	2020년 10월

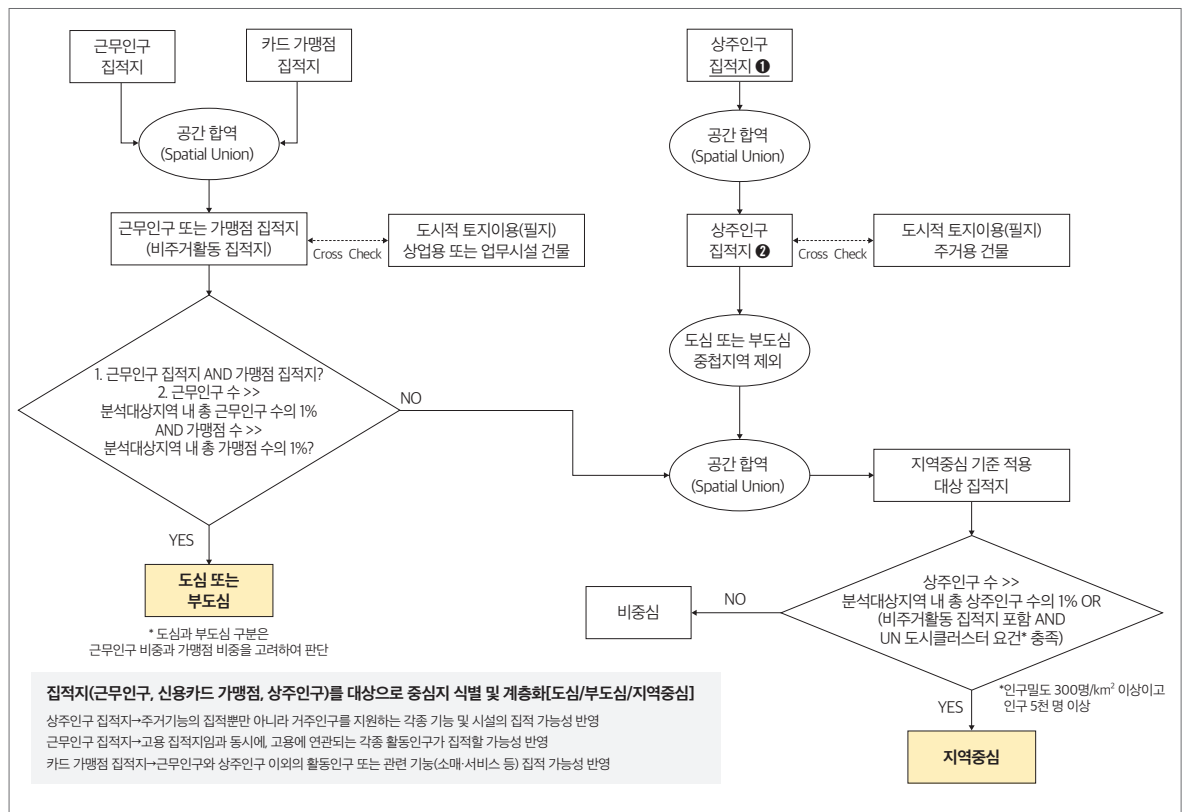
중심지 식별과 위계 설정을 위해 먼저 <표 1>의 분석 데이터에 커널밀도추정기법을 적용하여 밀도 값의 형태로 중심지 분석지표를 산출한 후, 이 지표를 토대로 밀도가 특히 높은 집적지를 추출

- (집적지 추출) 근무인구 밀도, 가맹점 밀도, 상주인구 밀도의 각 분석지표에서 밀도 값이 같은 등치선도를 추출하고 특정 임계치 이상인 지역만 추출하여 근무인구 집적지, 가맹점 집적지, 상주인구 집적지로 정의
- (집적지 의미) 근무인구 집적지는 고용 집적과 고용에 연관된 각종 활동인구가 집적될 가능성이 높은 지역을, 가맹점 집적지는 고용 또는 주거 이외 목적의 활동인구와 소매·서비스 등의 기능이 집적될 가능성이 높은 지역을, 상주인구 집적지는 주거 집적 및 거주인구 지원 기능·시설이 집적될 가능성이 높은 지역을 의미

집적지 간 공간적 중첩관계 및 인구/가맹점 규모를 고려하여, 집적지에서 도심/부도심/지역중심의 세 가지 위계에 해당하는 중심지를 식별(<그림 3> 참조)

- (도심/부도심 식별) 근무인구 집적지 및 신용카드 가맹점 집적지이면서, 근무인구 수가 분석대상지역 전체 근무인구 수의 1%보다 크고 가맹점 수도 분석대상지역 내 총 가맹점 수의 1%보다 큰 지역을 도심 또는 부도심으로 선정(도심과 부도심의 구분은 근무인구 비중과 가맹점 비중을 고려하여 분석자가 판단)
- (지역중심 식별) 도심/부도심이 아닌 집적지 중 상주인구 수가 분석대상지역 전체 상주인구 수의 1%를 초과하거나, 근무인구 또는 가맹점 집적지, 즉 비주거활동 집적지를 포함하면서 UN의 도시클러스터 지정요건(인구밀도 300명/km² 이상이고 인구 5천 명 이상)을 충족하는 지역을 지역중심으로 선정

그림 3 집적지 대상의 도심/부도심/지역중심 식별방법



분석방법 2단계: 중심지 특징 분석

분석방법 1단계에서 도출된 결과가 타당하지 2차로 검토하는 단계로, 식별된 중심지에서 활동의 집중·집적도가 높은지, 유입·유출이 발생하는지, 여러 기능이 복합적으로 입지하는지의 관점에서 중심지별 특징을 분석

- 중심지별 특징에 관한 지표와 이를 산출하는 데 사용한 데이터는 <표 2>와 같은데, 중심지에서의 유·출입 패턴을 미시적으로 분석하기 위해 1km×1km 격자 단위의 직장주소지-주택주소지 OD별 (유사) 통근통행, 1km×1km 격자 단위의 주택주소지-가맹점주소지 OD별 (유사) 쇼핑통행 데이터를 활용하는 차별성 존재 여부 판단(분석 데이터 및 방법의 세부사항은 황명화 외(2022) 참조)

표 2 중심지 특징 분석을 위한 지표와 데이터

분석지표	중심지 특징 지표	데이터	공간 단위	데이터 기준시점
활동 집중	근무인구/가맹점/상주인구의 비중	<표 1>의 데이터와 동일	250m 격자/점	2021년 12월, 2020년 10월
흐름 유발	중심지로의 통근권 및 통근자수 중심지로의 쇼핑통행권 및 쇼핑객수	직장주소지-주택주소지 OD별 인구(KCB) 주택주소지-가맹점주소지 OD별 인구(신한카드사)	1km 격자	2021년 12월
산업/ 서비스구성	일반 자영업자의 밀도 및 특화도 업종별 가맹점의 밀도 및 특화도	직장주소지 주소 기준 경제활동인구(KCB) 신용카드 가맹점 위치 및 업종(신한카드사)	250m 격자/점	2021년 12월

03. 천안/아산시와 울산광역시 시범 적용결과

시범 적용의 개요

본 연구에서 개발한 분석방법이 실제 작동가능한지, 어떠한 장점과 한계점이 있는지, 적절한 활용을 위해 고려해야 할 사항은 무엇인지 등을 파악하기 위해 사례지역을 대상으로 시범 적용

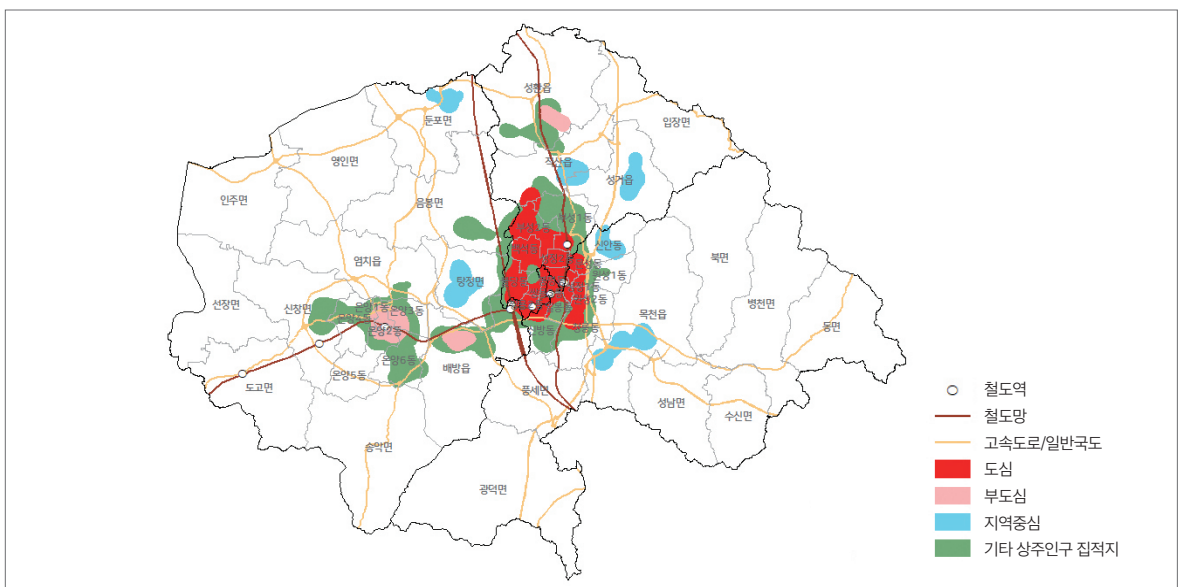
- 2017~2021년의 5년 동안 인구, 고용 등의 변화가 많고, 역외 다른 도시와의 교류가 도시 내부 공간구조에 미치는 영향이 비교적 적은 기능연계권에 해당하는 지역을 선정
 - 시급 지역으로 천안/아산시(사례지역 선정을 위한 기초 분석결과 천안시와 아산시가 하나의 기능연계권으로 도출되었기 때문에 2개 지역을 묶어 공간구조 분석), 광역시급 지역으로 울산광역시를 선정

천안/아산시의 공간구조 분석결과

천안/아산시를 대상으로 본 연구에서 개발한 분석방법을 적용해 본 결과, 2020~2021년 기준 천안/아산시는 1도심, 3부도심, 6지역중심 체계를 띠는 것으로 나타남(<그림 4> 참조)

- (도심) 천안아산역-천안역, (부도심) 온양온천역, 배방, 성환, (지역중심) 둔포, 탕정, 직산, 성거, 상명대(신안), 목천
- 천안/아산시의 경우 도심과 아산시의 배방/탕정 일원 및 온양온천역에 이르는 지역에서 중심지가 연담화되는 양상을 보이는 특징이 있음

그림 4 천안/아산시의 중심지 식별 및 위계 설정결과

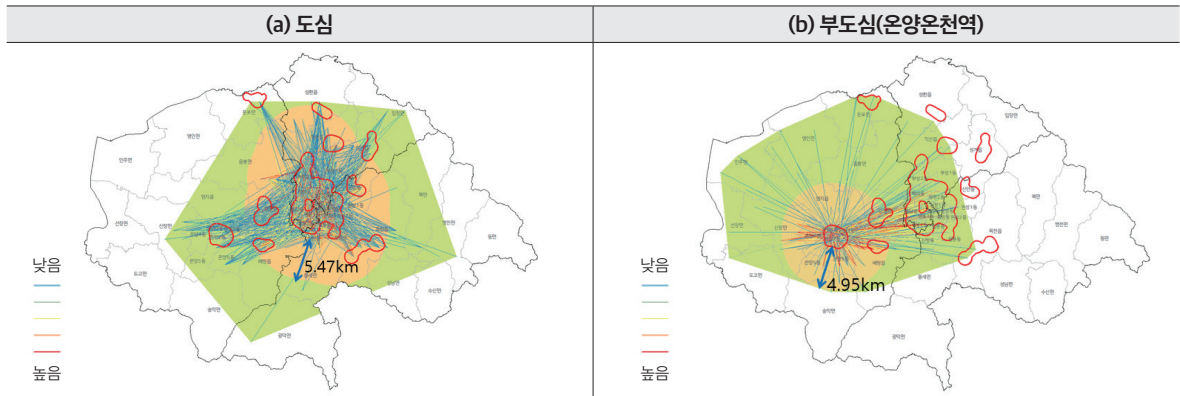


자료: KCB 근무인구, 신한카드 가맹점, 국토지리정보원 격자인구, KTDB GIS 도로망도, 새주소안내시스템 전자지도를 활용하여 저자 작성.

<그림 4>에서 식별된 천안/아산시 중심지는 근무인구, 가맹점, 상주인구의 비중, 즉 활동의 집중도가 비교적 높고(세 가지 지표 평균 약 68.74%), 천안/아산시 전체 내부 통행의 53~57%를 끌어당기는 것으로 확인

- 천안/아산시는 도심/부도심/지역중심 대다수에서 문화/여가, 의료, 패션잡화 등의 고차서비스 특화도가 높고, 일반 자영업자의 집적도도 높게 나타남
- 도심은 천안/아산시 대부분을 대상으로, 부도심의 경우 아산시 전역이나 천안 서북구를 대상으로, 지역중심은 인접 지역을 대상으로 통행 흐름을 유발하는 것으로 확인(<그림 5> 참조)

그림 5 천안/아산시 도심/부도심의 통근권 분석결과



주: 초록색은 통근권, 주황색은 평균 통근거리, 선(Line)의 색상은 통행량을 나타냄.
자료: KCB 데이터를 활용하여 저자 작성.

울산광역시의 공간구조 분석결과

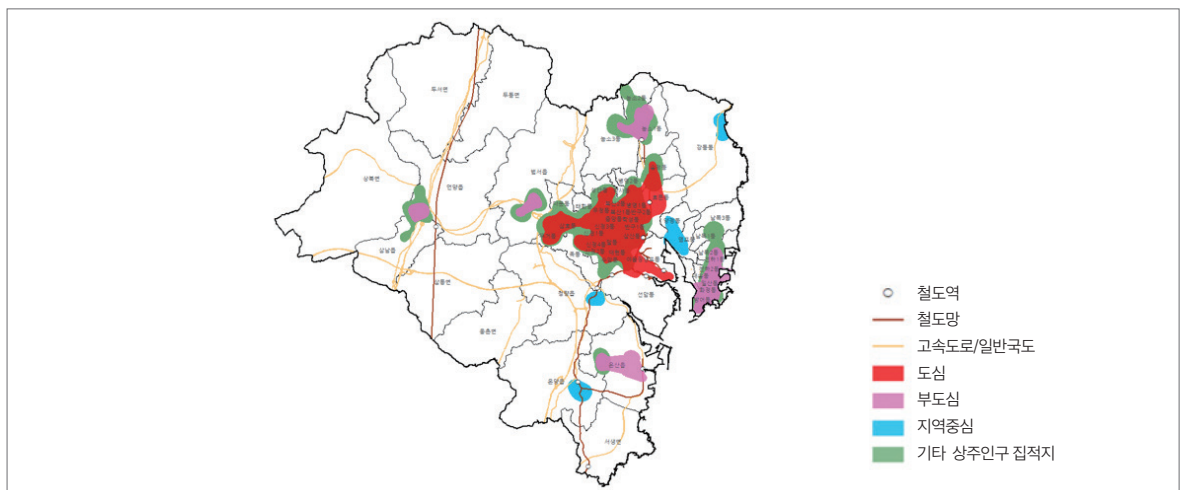
울산광역시를 대상으로 앞서 설명한 분석방법을 적용해 본 결과, 2020~2021년 기준 울산광역시는 1 도심, 5 부도심, 4 지역중심 체계를 띠는 것으로 나타남(<그림 6> 참조)

- (도심) 울산 중구/남구 동지역 일원, (부도심) 울산 동구 동지역, 울주군 온산읍, 울산 북구 농소동 일원, 울주군 범서읍, 울주군 언양읍, (지역중심) 울산 북구 양정/염포, 울주군 온양, 울산 북구 강동, 울주군 청량

<그림 6>에서 식별된 울산광역시 중심지는 근무인구, 가맹점, 상주인구의 비중 등 활동의 집중도가 상당히 높고(세 가지 지표 평균 약 86.23%), 울산광역시 전체 내부 통행의 약 85%를 끌어당기는 것으로 확인

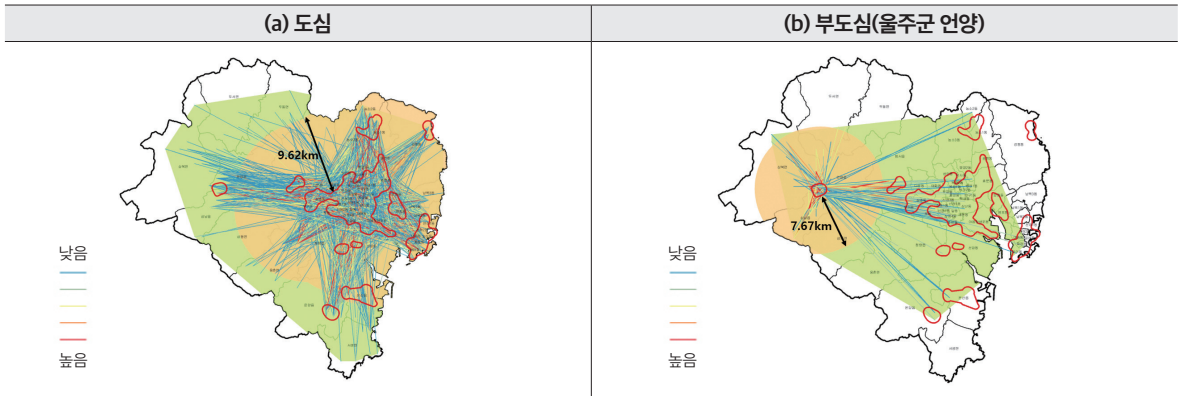
- 울산광역시의 도심/부도심/지역중심 대다수에서 문화/여가, 의료 등의 고차서비스 특화도가 높고, 일반 자영업자의 집적도는 천안/아산시에 비해 낮게 나타남
- 일부 지역중심을 제외하면 중심지 대다수가 울산광역시 전역에서 통행 흐름을 유발하여(<그림 7> 참조), 부도심/지역중심은 중심지별 통근권, 쇼핑통행권이 다소 국지적이었던 천안/아산시와 대조적

그림 6 울산광역시의 중심지 식별 및 위계 설정결과



자료: KCB 근무인구, 신한카드 가맹점, 국토지리정보원 격자인구, KTDB GIS 도로망도, 세주소안내시스템 전자지도도를 활용하여 저자 작성.

그림 7 울산광역시 도심/부도심의 통근권 분석결과



주: 초록색은 통근권, 주황색은 평균 통근거리, 선(Line)의 색상은 통행량을 나타냄.
 자료: KCB 데이터를 활용하여 저자 작성.

시범 적용결과와 시사점

시범 적용결과, 본 연구의 분석방법으로 천안/아산시와 울산광역시의 중심지 형태를 구체적으로 파악할 수 있음을 확인

- 천안/아산시는 지역 연담화가, 울산광역시는 중심지로의 활동, 흐름 등의 집중 심화가 진행 중임을 함께 확인
- 상기 시범 적용결과는 본 연구의 분석방법이 현실성 높고 자연적인 형태로 중심지 경계를 구체적으로 추출할 수 있어, 행정구역 기반의 기존 중심지 분석방법 대비 미시적 도시공간 관리에 도움을 줄 수 있음을 시사
- 특히, 1km 격자의 마이크로 공간 단위 통근/쇼핑통행과 같은 미시적 흐름 데이터를 기초로 한 중심지 특징 분석은 중심지 형태와 함께 도시 내에서 중심지와 이외 지역 간 연계관계(일상생활권 등)를 살펴볼 때 유용

민간 빅데이터 이용, 분석절차의 복잡성, 개발 예정지에 대한 미고려, 수도권 및 중소도시 지역에 대한 검증 부족 등은 본 연구에서 개발한 분석방법을 활용하는 데 진입장벽이 될 수 있으나, 향후 점진적으로 개선 가능

- 마이크로 공간 단위의 근무인구, 가맹점, (유사) 통근/쇼핑 통행 데이터 등은 현재 민간에서만 구득할 수 있어 예산에 부담이 될 수 있으나, 공공 데이터 개방 확대로 향후 비슷한 성격의 공공 데이터로 대체가 가능
- 집적지 추출을 위한 밀도 임계치에 따라 분석결과가 변할 수 있고, 커널밀도추정, 공간중첩연산 등 여러 분석 과정을 거쳐야 해서 사용자가 어려워할 수 있으나, 이후 관련 분석도구 SW 개발 시 사용성 문제 개선 가능
- 외부지역과의 교류가 중심지에 큰 영향을 미치고 사람 활동이 광범위한 영역에 걸쳐 집중·집적된 수도권 지역이나 시범 적용을 거치지 못한 중소도시의 경우, 본 연구에서 제시한 분석방법의 세부 절차나 기준을 변경해야 할 수 있는데, 이의 구체적인 사항을 파악하기 위해서는 후속 연구 수행 필요

04. 정책 활용방향

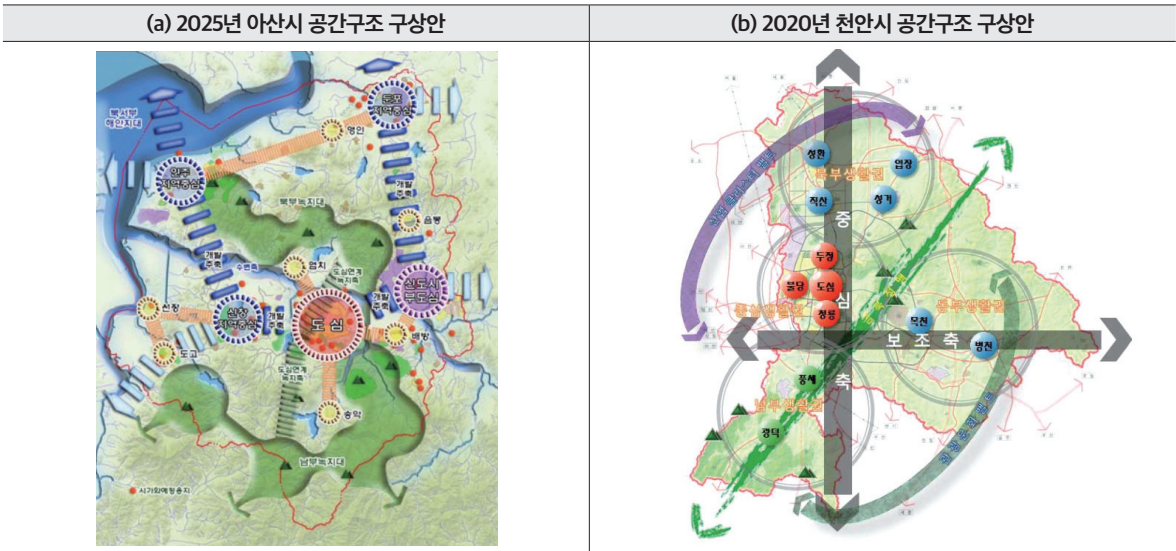
본 연구의 분석방법은 도시·군기본계획, 지역계획 수립, 도시공간 이용 모니터링, 국토모니터링에서 활용 가능

「도시·군기본계획수립지침」에는 계획 수립 시 기정 공간구조를 진단하여 공간구조 개편방향을 설정하도록 하고 있으나, 구체적 방법에 대한 가이드가 없고 대부분 계획에서 정성적 평가에 의존하고 있으며 관련 실증 근거가 없음

본 연구에서 개발한 분석방법은 실제 사람 활동을 토대로 도시 내 중심지를 식별하므로, 데이터 분석 및 사람 행태에 기반하여 현재의 공간구조를 진단하고 장래 공간구조를 구상하고자 할 때 활용 가능

- 예를 들어, <그림 8>에서 2008년, 2012년에 설정한 ‘2025년 아산시 공간구조 구상안’과 ‘2020년 천안시 공간구조 구상안’을 현재(2020~2021년)의 실제 공간구조와 비교·평가할 때 <그림 4>의 분석결과 활용 가능

그림 8 천안/아산시의 기정 공간구조 구상안



자료: (a) 아산시 2008; (b) 천안시 2012.

또한, 인구감소·저성장 시대 진입에 따라 인구감소 추세에 도시공간이 스마트하게 적응하고 있는지 지속적으로 살펴보는 ‘도시공간 이용 모니터링’의 필요성이 대두되고 있는데, 이를 위해 앞서 소개한 분석방법을 활용 가능

- ‘도시공간 이용 모니터링 체계’는 도시공간 이용 상황의 변화를 세밀하게 파악해야 하고, 본 연구의 분석방법에서 추출하는 마이크로 공간 단위의 집적지, 중심지는 이러한 변화를 포착하기 위한 참고자료로 역할
- 국토공간 전체 차원에서 국토 변화상을 주기적으로 또는 수시로 점검하고자 하는 ‘국토모니터링’ 제도가 시행 중인데, 국토의 여러 변화상 중 국토공간구조의 변화를 파악할 때 본 연구의 분석방법을 활용 가능
- 전국의 여러 지역에 이 분석방법을 적용할 경우 지역별 근무인구, 상주인구, 가맹점 집적지 및 이를 토대로 한 지역중심지를 추출할 수 있으며, 이러한 분석결과를 종합하면 국토 전체에서 상대적으로 활동의 집중·집적 정도가 높아 거점 역할을 할 수 있는 대표 지역들을 파악할 수 있음

본 연구의 분석방법이 실제 계획·정책 실무에서 활용되려면 계획 제도 개선 및 문화, 인프라 측면에서의 개선이 필요

도시·지역계획 수립을 위한 각종 의사결정에 대해 데이터 근거를 제출하도록 하고, 데이터 분석이 계획 수립의 기본업무 수행방법이 되는 문화 형성을 유도할 수 있도록 도시·군기본계획수립지침 등의 제도 개선 필요

지자체에서 구득하기 어려운 마이크로 공간 데이터에 대해 중앙정부 차원에서 원천자료 및 가공·분석결과 데이터를 제공하는 플랫폼을 구축·운영하고 이미 구축된 지자체별 정보시스템과 연계 필요

- 더불어, 실무자용 공간구조 분석SW 개발·보급 및 지자체별 수요 맞춤형 분석 컨설팅 체계 마련 필요

참고문헌
 아산시. 2008. 2025년 아산 도시기본계획.
 천안시. 2012. 2020년 천안 도시기본계획(변경).

Akiyama, Y. 2014. *Applications of Micro Geo Data for Urban Monitoring*. International Conference of GIS 2014. August 26. Seoul: Coex.

※ 이 브리프는 “황명화, 변필성, 이영민, 심지수. 2022. 마이크로 공간 데이터를 활용한 도시공간구조 분석방법 개발. 세종: 국토연구원” 보고서를 요약·정리한 것임.

- **황명화** 국토연구원 국토데이터랩 팀장(mhhwang@krihs.re.kr, 044-960-0185)
- **변필성** 국토연구원 국토모니터링연구센터장(drbyun@krihs.re.kr, 044-960-0146)
- **이영민** 국토연구원 국토데이터랩 부연구위원(ymlee@krihs.re.kr, 044-960-0420)
- **심지수** 부산대학교 조교수(jsoosim@pusan.ac.kr, 055-350-5407)