

이영민

변필성

황명화

최혜림



마이크로 공간데이터를 활용한 중심지 분석도구 개발 연구

Development of the Tool
(QGIS Plugin) for Analyzing
Central Places Using
Micro-Geospatial Data



기본 24-07

마이크로 공간데이터를 활용한 중심지 분석도구 개발 연구

Development of the Tool(QGIS Plugin) for Analyzing
Central Places Using Micro-Geospatial Data

이영민, 변필성, 황명화, 최혜림

■ 저자

이영민, 변필성, 황명화, 최혜림

■ 연구진

이영민 국토연구원 부연구위원(연구책임)
변필성 국토연구원 선임연구위원
황명화 국토연구원 국토모니터링연구센터장
최혜림 국토연구원 연구원

■ 연구심의위원

김명수 국토연구원 연구부원장
임은선 국토연구원 선임연구위원
이재용 국토연구원 공간정보정책연구센터장
김준기 국토연구원 선임연구위원
박정은 국토연구원 연구위원
이차희 국토연구원 부연구위원
이경주 한국교통대학교 교수
안윤상 국토교통부 국토정책과 사무관

주요 내용 및 정책제안

FINDINGS & SUGGESTIONS



본 연구보고서의 주요 내용

- 1 인구감소, 지방소멸, 고령화 등 최근 국토 공간이 직면한 위기에 대응하여 콤팩트&네트워크(compact&network) 공간전략의 필요성 증대
- 2 콤팩트&네트워크 공간전략 구상에 있어 중심지 및 이들과 주변 지역과의 연계 현황 파악이 중요하지만, 이를 지원할 수 있는 과학적 조사·진단 방법과 도구는 미흡한 실정
- 3 마이크로 공간데이터를 활용한 중심지 분석방법을 제안하고, 이를 실무에서 쉽게 활용할 수 있는 분석도구 개발
 - 거주인구, 근무인구, 관심지점 등의 공간데이터를 활용하여 중심지를 추출하고, 통근통행(추정) OD 데이터에 기초한 중심지-주변 간 통행 연계를 분석·시각화하는 방법 제시
 - 잠재적 사용자 요구사항을 토대로 중심지 분석도구를 설계하고, 주요 기능(유입·유출 중심성 지수 분석, 중심지 추출, 중심지와 주변 간 통행 연계 분석·시각화)을 오픈소스 GIS인 QGIS 플러그인 방식의 프로토타입으로 구현
- 4 잠재적 사용자를 대상으로 한 프로토타입 기능 테스트 및 활용 방안 논의 결과, 개발된 도구는 정량적·객관적인 데이터와 과학적 방법을 바탕으로 중심지를 간편하게 분석할 수 있어 공간계획 수립 및 관리 등의 실무에서 유용하게 활용할 것으로 기대

본 연구보고서의 학술적 기여 및 정책제안

- 1 (학술적 기여) 마이크로 공간데이터를 활용한 중심지 분석방법에 관한 지식 기반을 강화하고, 중심지 등 공간구조 분석을 위한 분석도구 개발과 관련된 방법론적 기반 제공
- 2 (정책적 활용방향) 도시·군기본계획의 공간구조 설정, 농촌공간 전략계획의 농촌공간 연계구조 분석, 대중교통 결절점 입지선정, 국토모니터링 등에 본 연구에서 개발한 중심지 분석도구 활용 가능
- 3 (분석도구 활용 확대 방안) 「도시·군기본계획수립지침」 변경, 도시계획 관련 정보시스템 내 중심지 분석 기능 탑재, 도시·지역계획 담당 공무원 대상 교육 프로그램 운영 등 제도 및 지원체계 개선 필요



1. 연구의 개요

□ 연구의 배경 및 필요성

- 인구감소, 지방소멸, 고령화 등 최근 국토 공간이 직면한 위기에 대응하여 콤팩트&네트워크(compact&network) 공간전략의 필요성 증대
- 콤팩트&네트워크 공간전략은 사람들의 다양한 활동이 고밀도로 집적해 있는 장소인 중심지를 집중적으로 육성하고, 중심지로의 용이한 접근을 위해 중심지와 주변 지역 간의 연계를 활성화하는 것이 주요 내용
- 해당 전략 구상에 있어 중심지 및 이들과 주변 지역과의 연계 현황 파악이 중요하나, 관련 공간구조 현황을 과학적으로 조사·진단할 수 있는 지원 수단은 미흡한 실정
 - 특히 지자체는 지역 주도적 콤팩트&네트워크 공간계획 수립을 통해 현장감 높은 정책을 도출하려 하나, 데이터 및 분석 기반 부족으로 증거 기반 정책 수립에 어려움을 겪고 있음
- 최근 다양한 마이크로 공간데이터의 보급이 확대되면서 해당 데이터를 활용하여 중심지를 포함한 공간구조를 분석하는 연구가 늘고 있으나, 대부분 사례지역 시범분석에 그쳐 그 결과를 정책/계획 수립 실무에 적용하는 데는 한계 존재
 - 마이크로 공간데이터를 활용한 분석결과는 지역 현황을 미시적으로 보여주므로 정책 입안자와 계획수립 주체가 지역의 구체적 여건을 파악할 수 있게 하며, 지역 맞춤형 정책 및 계획수립의 데이터 근거로 역할 가능
- 국내외에서 마이크로 공간데이터를 활용한 새로운 분석 접근법이 제시되고 있으나, 이들은 주로 공간구조의 한 요소에만 초점을 두어 중심지를 다각도에서 종합적으로 이해하는 데는 한계 존재
- 국토 공간에 관한 데이터와 분석기법의 최신 발전성과를 종합하여, 마이크로 공간데이터를 토대로 중심지를 미시적으로 분석할 수 있는 방법을 정립하고, 이의 실무 적용을 위한 분석도구를 개발하여 정책·계획 수립 지원 필요

□ 연구 목적 및 내용

- 본 연구는 마이크로 공간데이터를 활용한 중심지 분석방법을 제안하고, 이의 실무 적용을 위한 분석도구를 개발함으로써 공간적 관점의 증거 기반 정책 마련에 기여하고자 함
- 거주인구, 근무인구, 관심지점(point-of-interest, POI) 등의 공간데이터를 활용하여 중심지를 추출하는 방법과 통근통행(추정) OD(origin-destination) 데이터를 토대로 중심지와 주변 간 통행 연계를 분석하는 방법론을 정립
- 잠재적 사용자 요구사항을 토대로 중심지 분석도구를 설계하고, 주요 기능(유입·유출 중심성 지수 분석, 중심지 추출, 중심지와 주변 간 통행 연계 분석·시각화)을 오픈소스 GIS인 QGIS 플러그인 방식의 프로토타입으로 구현
- 잠재적 사용자를 대상으로 한 프로토타입 기능 테스트를 통해 개발된 도구는 정량적·객관적인 데이터와 과학적 방법을 바탕으로 중심지를 간편하게 분석할 수 있어 공간계획 수립 및 관리 등의 실무에서 유용하게 활용할 것으로 기대

□ 연구의 기대효과

- (학술적 기대효과) 마이크로 공간데이터를 활용한 중심지 분석방법에 관한 지식 기반을 강화하고, 중심지 등 공간구조 분석을 위한 분석도구 개발에 관한 방법론적 기반을 제공
- 마이크로 공간데이터 기반의 중심지 추출, 중심지와 주변 간의 연계 분석방법에 관한 최신 연구 동향 파악에 기여
- 중심지 분석에 대한 두 접근법인 상호작용 접근과 밀도 접근 간의 통합 방안에 관한 학술적 논의 활성화
- 중심지 등 공간구조 분석을 위한 분석도구 개발을 목적으로 하는 후속 연구에서 활용할 수 있는 분석도구 개발 방법의 이론적·실증적 토대 마련
- (정책적 기대효과) 중심지 분석도구 개발을 통해 유연한 분석방법을 제공함으로써 공간계획 수립과 정책 개발에 있어 실질적인 지원을 제공할 것으로 기대
- 공간계획 수립 시 마이크로 공간데이터를 기반으로 하여 미시적 수준의 공간구조를 분석하고, 그 결과를 토대로 공간구조 구상을 진행할 수 있음
- 인구감소, 고령화 등 다양한 사회경제적 문제에 대응하는 공간전략 개발에 있어 중요한 기초 자료와 도구를 제공함으로써 지역 공간계획의 질을 높이는 데 기여

2. 중심지 분석도구 개발 동향 및 중심지 분석방법 고찰

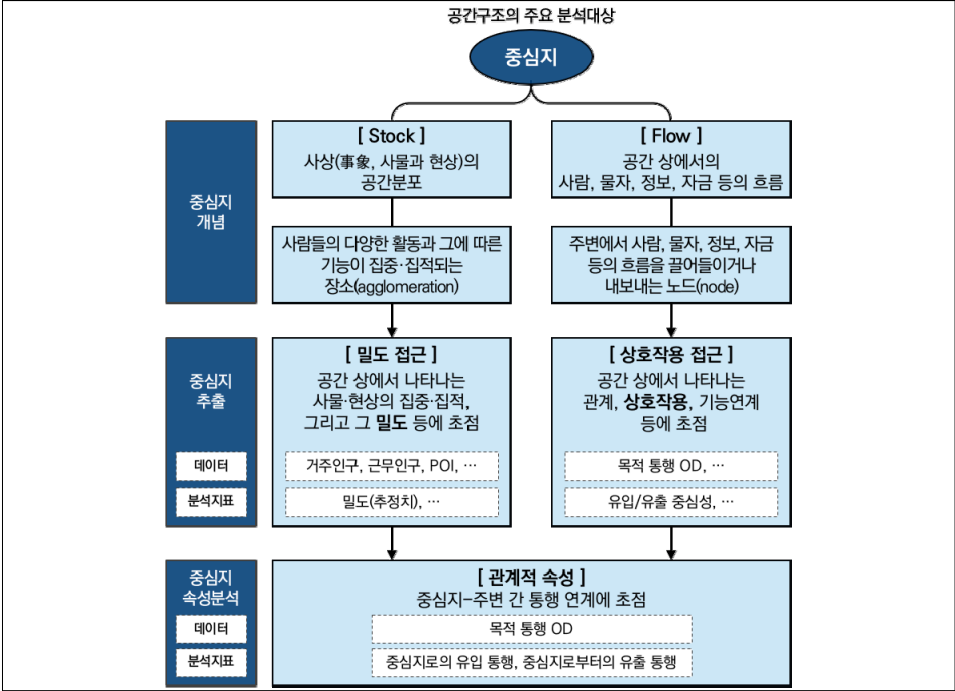
□ 중심지 분석도구 개발 동향

- 도시 네트워크 분석도구, 대도시 형태 분석도구, 도시 스프롤 메트릭 분석도구 등 국외의 중심지 분석도구 개발 사례를 살펴본 결과, 데이터와 과학적 방법론을 기반으로 지역 실정에 맞는 유연한 분석 환경을 지원하고자 하는 공통의 목적이 있음을 확인
- 중심지 분석도구 개발 방법 차원에서는 다음과 같은 시사점을 도출
 - 데이터 기반의 이론적 토대를 갖춘 분석방법을 자체적으로 구현하여 분석도구 기능으로 제공
 - 지역 여건과 특성에 따라 다양한 데이터 및 분석방법/지표를 선택적으로 활용할 수 있도록 하는 유연성을 제공
 - 분석도구는 데이터 분석지표 등을 입력/선택할 수 있는 인터페이스를 갖추고 있으며, 분석결과를 통계값, 지도 시각화 등을 통해 알기 쉽게 제공하는 등의 사용자 편의성을 제공

□ 중심지 분석방법

- 중심지 분석에 대한 접근법은 공간 내부 사상(事象)의 공간분포와 집적도를 분석대상으로 하는 밀도 접근과 공간에서의 사람, 물자, 정보 등의 상호작용(유입·유출 흐름)을 분석대상으로 하는 상호작용 접근으로 나뉨(<그림 1>)
- 중심지 분석방법에 관한 선행연구 검토 결과, 대체로 밀도 접근과 상호작용 접근 중 한 가지 접근에만 초점을 맞춰 중심지 추출을 시도하였으나, 본 연구에서는 두 접근방법을 모두 활용
 - 중심지 분석의 설명력을 높이기 위해서는, 인구밀도와 고용밀도와 같이 공간 구조 형태를 반영할 수 있는 밀도 접근, 그리고 통행과 같은 기능적 연계에 초점을 맞추는 상호작용 접근을 통합하는 다차원 접근이 필요하기 때문
 - 또한, 중심지 추출과 더불어, 중심지의 관계적 속성으로서 중심지와 주변 간 통행 연계 분석·시각화도 수행

그림 1 | 중심지 분석방법 개념

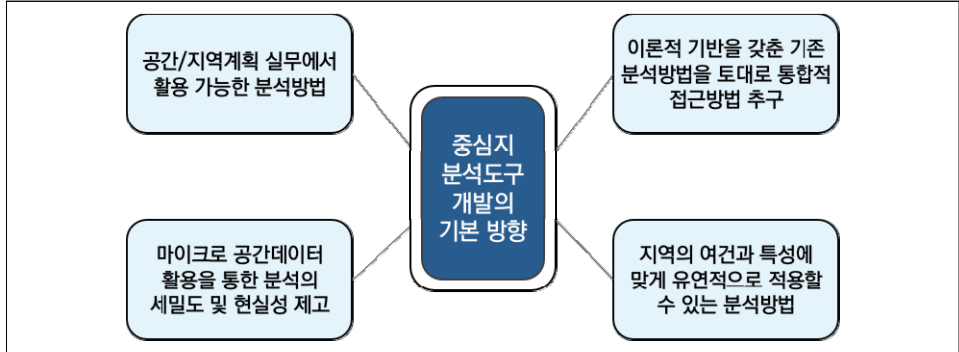


자료: 저자 작성.

□ 중심지 분석도구 개발의 기본 방향

- 중심지 분석도구 개발 동향 및 분석방법 고찰 결과를 바탕으로 다음과 같이 중심지 분석도구 개발의 기본 방향을 설정(<그림 2>)
 - 공간계획 실무에서 활용 가능한 분석방법을 구현하여 분석도구의 유용성 확보
 - 마이크로 공간데이터 활용으로 분석의 정밀도 및 현실성 제고
 - 밀도 및 상호작용 접근법을 통합하여 분석방법의 이론적 토대 강화
 - 지역의 여건과 특성에 따라 유연하게 적용할 수 있도록 분석방법 구현

그림 2 | 중심지 분석도구 개발의 기본 방향



자료: 저자 작성.

3. 중심지 분석도구 개발구상 및 기능 정립

□ 중심지 분석도구 기본구상

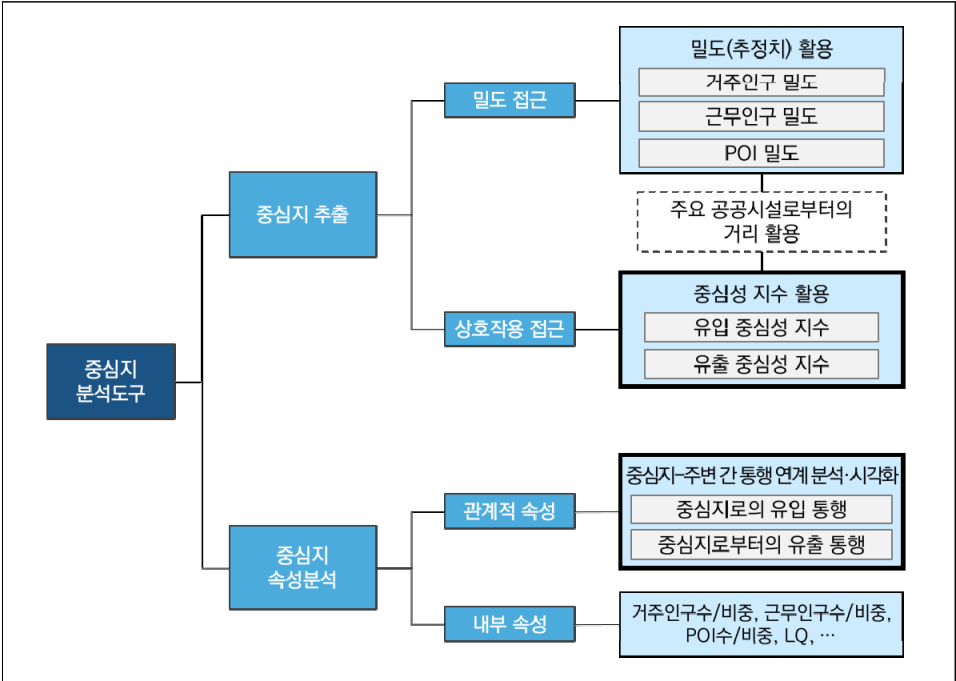
- 본 연구가 개발하는 중심지 분석도구에서 구현하는 분석방법은 중심지 추출과 추출한 중심지의 관계적 속성(중심지와 주변 간의 통행 연계)을 분석하는 두 부분으로 구성됨(<그림 3>)
 - 중심지 추출 기능은 중심지 추출의 두 가지 접근법인 ‘밀도(추정지)’를 활용하는 밀도 접근법과 ‘유입·유출 중심성 지수’를 활용하는 상호작용 접근법을 포괄하며, 보조 기능으로서 ‘주요 공공시설로부터의 거리’를 활용하는 기능 포함
 - 추출한 중심지의 관계적 속성을 분석하기 위하여 해당 중심지와 주변 간 통행 연계를 분석·시각화하는 기능 포함
- 중심지 분석에 필요한 기능을 기존 GIS 소프트웨어에서 제공하는지를 검토하여 중심지 분석에 필요하나 기존 소프트웨어에서 제공하지 않는 기능을 중점적으로 개발하고자 함
 - GIS 소프트웨어를 대상으로 본 연구에서 정의한 중심지 분석방법을 적용하는 데 필요한 기능을 제공하는지를 검토한 결과, <표 1>과 같이 ‘유입·유출 중심성 지수 산출 기능’과 ‘중심지와 주변 간 통행 연계 분석·시각화 기능’은 제공하지 않는 것을 확인하고 해당 기능을 중점 개발

표 1 | 중심지 분석 기능 제공 여부 검토

기능		기존 GIS 소프트웨어 (QGIS, ArcGIS Pro, ArcGIS)	본 연구
중심지 추출	밀도(추정치) 산출	○	X
	유입·유출 중심성 지수 산출	X	○
	특정 지점으로부터의 거리 산출	○	X
중심지 속성분석	중심지와 주변 간 통행 연계 분석·시각화	X	○
	중심지 내부 속성 확인	○	X

자료: 저자 작성.

그림 3 | 중심지 분석도구 기능 구성



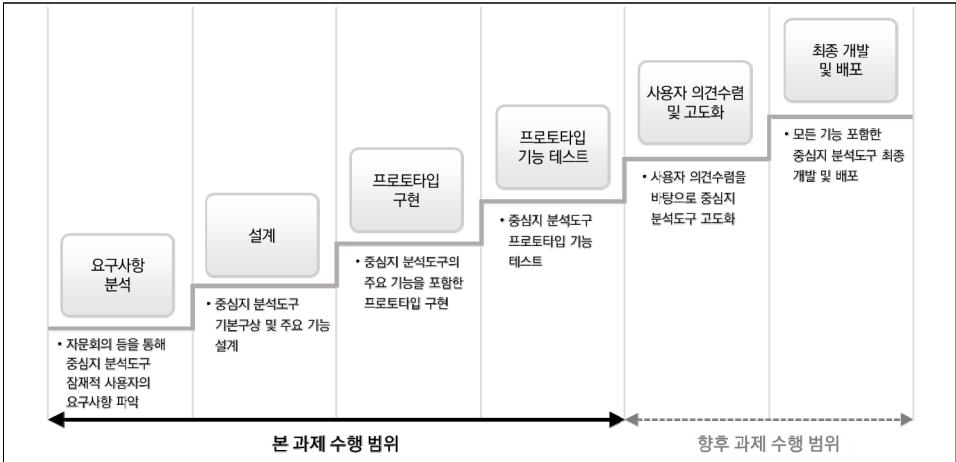
주: 굵은 선으로 표시한 부분은 기존 GIS 소프트웨어에서 제공하지 않아 본 연구에서 신규로 개발하고자 하는 기능을 의미하며, 점선으로 표시한 부분은 보조지표로 활용되는 기능을 의미함.

자료: 저자 작성.

□ 중심지 분석도구 개발 프로세스

- 소프트웨어 개발 방법론 중 하나인 프로토타이핑 모델 개발 프로세스를 바탕으로 중심지 분석도구 개발을 위한 전체 프로세스를 <그림 4>와 같이 6단계로 구성
- 사용자 요구사항을 분석하여 중심지 분석도구에 대한 기본구상을 세우고, 이를 토대로 주요 기능을 담은 프로토타입을 구현하여, 그 기능을 테스트하는 단계까지를 본 연구의 수행 범위로 한정

그림 4 | 중심지 분석도구 개발 프로세스



자료: 저자 작성.

□ 중심지 분석도구 사용자 정의 및 요구사항

- 중심지 분석도구의 사용자 그룹은 <그림 4>에서 제시한 중심지 분석도구 개발 프로세스에 따라 <표 2>와 같이 구분

표 2 | 중심지 분석도구 개발 프로세스별 잠재적 사용자 정의

개발 프로세스	잠재적 사용자
프로토타입 구현 및 기능 테스트	국책연구기관 및 시·도 연구기관 소속 전문가
최종 개발 및 배포	국책연구기관 및 시·도 연구기관 소속 전문가
	엔지니어링 회사 소속 전문가
	지자체 업무 담당자

주: 중심지 분석도구의 사용자는 QGIS 프로그램을 활용할 수 있는 사람으로 한정함.

자료: 저자 작성.

- 중심지 분석도구 잠재적 사용자의 요구사항을 분석한 결과, <표 3>과 같이 마이크로 공간데이터의 활용이 필요하며, 표준화된 데이터 및 분석방법을 제공하면서도 각 지역 실정에 맞는 다양한 데이터, 분석방법 및 기준을 적용할 수 있어야 함을 공통으로 제시

표 3 | 중심지 분석도구의 잠재적 사용자 요구사항

잠재적 사용자	요구사항
농촌계획 분야 국책연구기관 전문가	• 지역의 다양한 여건을 반영할 수 있도록 데이터, 지표, 분석방법, 격자 크기를 다양화하고, 중심지 추출을 위한 임계치 설정 시 지역 특성에 맞게 조정 가능해야 함
도로·교통정책 분야 국책연구기관	• 표준화된 데이터 및 분석방법을 제공하면서도 각 지역 실정에 맞는 다양한 데이터, 분석방법 및 기준을 적용할 수 있어야 함
시·도 연구기관 전문가	• 마이크로 공간데이터의 활용이 필수적이며, 표준화된 분석기법 및 데이터, 그리고 공통지표를 활용 가능하도록 지원하고, 각 지역 실정에 맞는 중심지 분석을 수행할 수 있어야 함
도시계획 분야 엔지니어링업체 전문가	• 마이크로 데이터를 활용한 분석결과를 읍·면·동, 시·군·구 같은 행정구역 단위로 환산하여 제공하는 기능을 필수로 제공해야 하며, 다양한 공간단위의 데이터를 활용할 수 있도록 지원
지자체 공무원	• 계획 수립 실무자들이 분석지표 및 방법, 분석결과 등을 활용할 수 있도록 하는 오픈 플랫폼 지원이 필요하며, 각 지방자치단체 실정에 맞는 유연한 분석 기준을 적용할 수 있어야 함

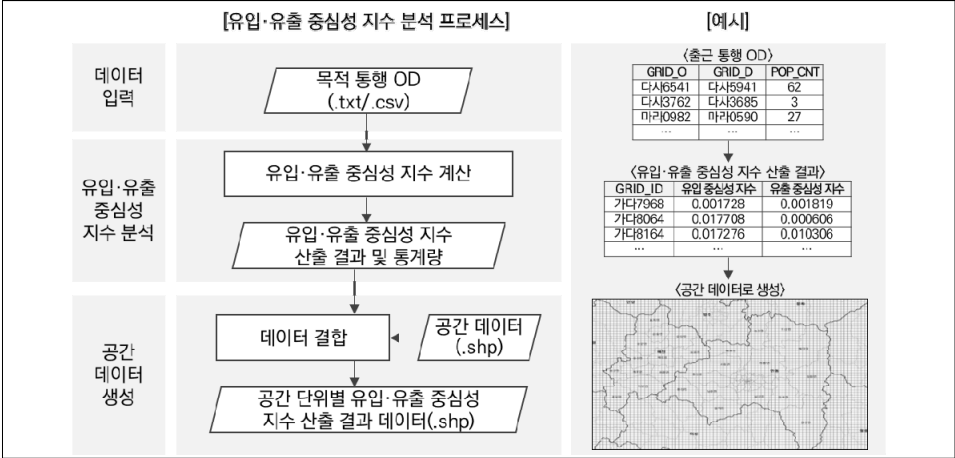
자료: 국토교통부 2023, 241-251 내용을 활용하여 저자 작성.

4. 중심지 분석도구 설계 및 프로토타입 구현

□ 중심지 분석도구 설계

- 유입·유출 중심성 지수 분석 기능은 데이터 입력, 유입·유출 중심성 지수 산출, 공간 데이터 생성의 3단계로 구성(<그림 5>)

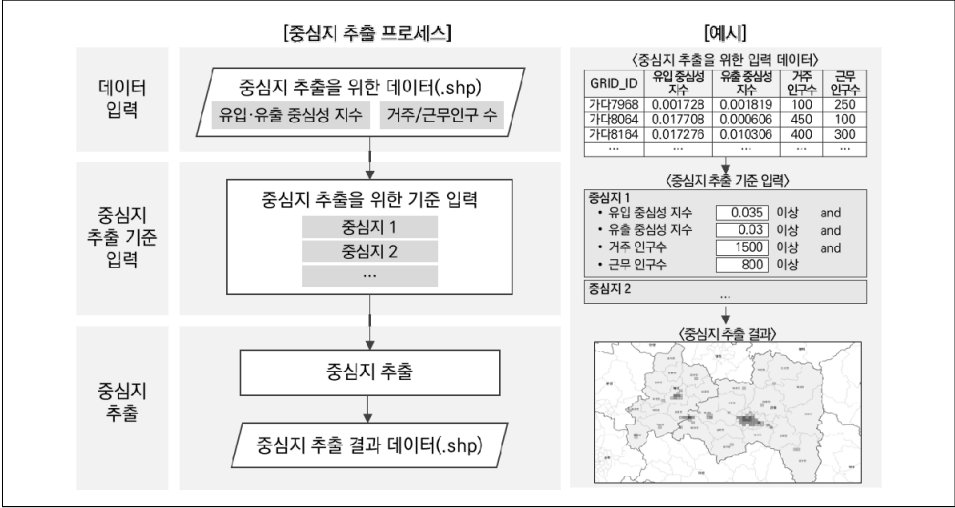
그림 5 | 유입·유출 중심성 지수 분석 기능 프로세스



자료: 저자 작성.

- 중심지 추출 기능은 데이터 입력, 중심지 추출 기준 입력, 중심지 추출의 3단계로 구성(<그림 6>)

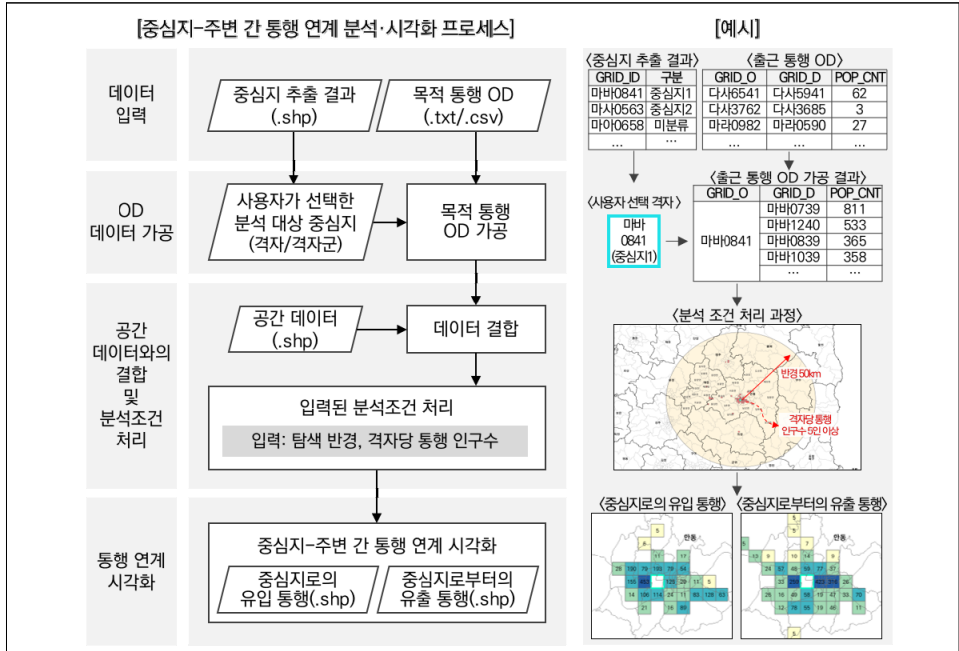
그림 6 | 중심지 추출 기능 프로세스



자료: 저자 작성.

- 중심지와 주변 간 통행 연계 분석·시각화 기능은 분석대상 중심지(개별 격자/격자군)로의 유입 통행, 그리고 분석대상 중심지(개별 격자/격자군)로부터의 유출 통행으로 구분하여 분석 및 시각화하는 부분을 포함(<그림 7>)

그림 7 | 중심지-주변 간 통행 연계 분석·시각화 기능 프로세스



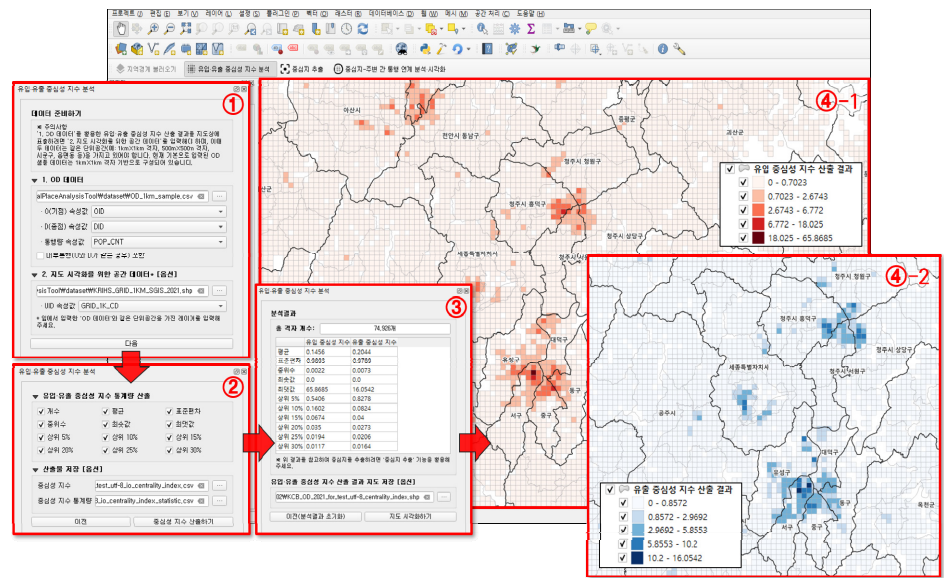
자료: 저자 작성.

□ 중심지 분석도구 프로토타입 구현

- 중심지 분석도구 설계안에 따라 QGIS 플러그인 기반으로 중심지 분석도구 프로토타입 구현을 진행
- ‘유입·유출 중심성 지수 분석기능’, ‘중심지 추출 기능’, ‘중심지-주변 간 통행 연계 분석·시각화 기능’ 구현 결과는 각각 <그림 8>, <그림 9>, <그림 10>과 같음

그림 8 | 유입·유출 중심성 지수 분석 기능 구현 결과

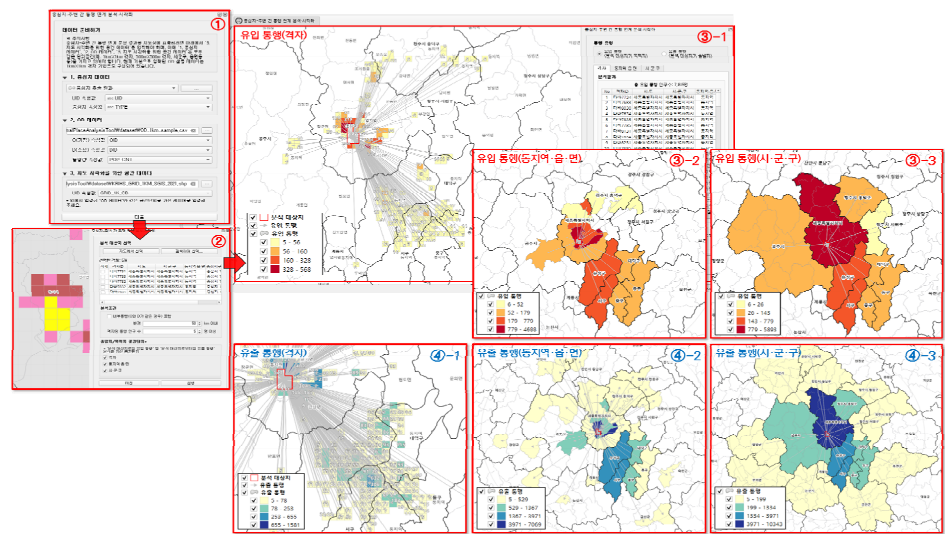
	기능	내용
입력	① 데이터 입력	• OD 데이터 및 지도 시각화용 공간데이터 입력
기준설정	② 통계량 및 산출물 저장 경로 설정	• 산출을 원하는 통계량 선택 및 분석 결과 산출물 저장 경로 설정
결과	③ 통계량 보기 및 지도 시각화 선택	• ②에서 설정한 통계량 산출 결과 보기 및 지도 시각화하기 선택
	④-1 유입 중심성 지수 분석결과	• 유입 중심성 지수 분석결과 지도 생성(natural break 5단계)
	④-2 유출 중심성 지수 분석결과	• 유출 중심성 지수 분석결과 지도 생성(natural break 5단계)



자료: QGIS에서 중심지 분석도구 플러그인을 활용하여 저자 작성.

그림 10 | 중심지-주변 간 통행 연계 분석·시각화 기능 구현 결과

	기능	내용
입력	① 데이터 입력	• 중심지 데이터, OD 데이터, 지도 시각화를 위한 공간데이터 입력
기준설정	② 분석대상 중심지 선택 및 분석조건 입력	• 분석대상 중심지를 지도에서/검색하여 선택 → 분석조건(반경, 격자당 통행 인구수) 입력 → 출발지/목적지 공간단위 선택(격자/동(洞)지역 읍 면/시·군·구)
결과	③ 유입 통행 분석결과	• 분석대상 중심지로의 유입 통행 분석·시각화(③-1: 격자, ③-2: 동지역 읍 면, ③-3: 시·군·구)
	④ 유출 통행 분석결과	• 분석대상 중심지로부터의 유출 통행 분석·시각화(④-1: 격자, ④-2: 동지역 읍 면, ④-3: 시·군·구)



주: 분석대상지를 ‘개별 격자’ 또는 ‘격자군’으로 설정할 수 있는데, 상기 그림에서는 분석대상지를 ‘격자군’으로 설정한 예시를 보여주고 있음.

자료: QGIS에서 중심지 분석도구 플러그인을 활용하여 저자 작성.

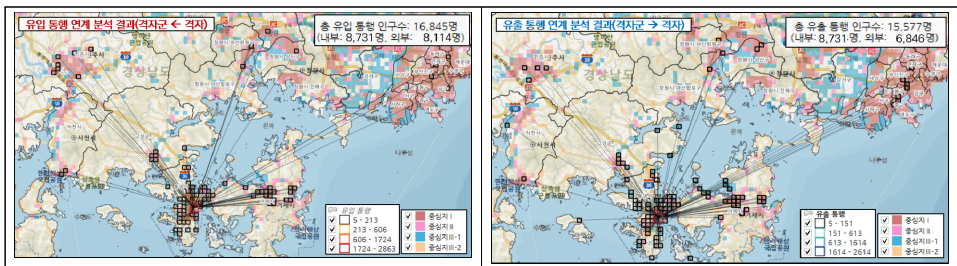
□ 중심지 분석도구 활용방향

- 도시·군 기본계획 수립 시 데이터와 과학적 방법론에 기반하여 현재 공간구조를 파악하고 장래 공간구조를 구상하고자 할 때 지원도구로 활용 가능
- 「도시·군기본계획수립지침」에서는 계획수립을 위해 기존 중심지 구조 등을 분석하여 공간구조 개편 방향을 설정하도록 명시하고 있으나, 중심지 분석을

위한 데이터, 방법 및 활용 가능 분석도구에 대한 지침은 부재하여 실증적 근거에 기반한 객관적·과학적 계획수립에 한계

- 본 연구에서 개발한 중심지 분석도구를 통해 분석한 중심지와 주변 간 통행 연계 분석 및 시각화 결과를 통영·용인 도시·군기본계획 수립을 위한 컨설팅 회의 (2024. 3. 7.)에서 활용(<그림 11>)

그림 11 | 중심지 분석도구를 활용한 중심지-주변 간 통행 연계 분석·시각화 사례(통영시)



자료: 국토연구원 2024, 30-31.

- 농촌 지역의 공간 계획 수립에 있어서 참고 가능한 보완적 분석방법으로 활용 가능
 - 최근 발표된 ‘농촌공간 전략계획 수립 가이드라인’에서 이동통신 데이터, OD 데이터 등 마이크로 공간데이터를 활용하여 농촌공간구조를 분석하도록 명시
- 인구감소에 대응한 대중교통노선 설계 및 최적화를 위한 대중교통 서비스 입지 선정 시 중심지 분석도구 활용 가능
 - 대중교통 서비스 공급체계를 효율화하기 위한 방법으로, 본 연구에서 개발한 중심지 분석도구를 활용한 대중교통 결절점 입지 선정 방안을 정책 개선 방안으로 제시
- 「국토기본법」 제25조의2에 근거한 ‘국토모니터링’에서 각 지역에 적합한 분석기준을 적용하여 지역 특성에 따른 중심지를 추출하고자 할 때 지원 도구로 활용 가능
 - 국토모니터링은 전국을 범위로 1km×1km 격자 등의 마이크로 공간데이터 기반의 중심지를 분석하였으며, 지역의 여건과 특성에 맞추어 분석기준을 변경하여 중심지를 추출하도록 권장

5. 결론 및 향후 과제

□ 결론 및 시사점

- 콤팩트&네트워크 공간전략 추진 지원을 위한 차원에서 마이크로 공간데이터를 활용한 중심지 분석방법을 제안하고, 이를 실무에서 쉽게 활용할 수 있는 분석 도구 개발
- 분석도구 프로토타입에 대한 기능 테스트를 통해 중심지 분석도구의 유용성을 확인하고, 도시/농촌 등 공간계획 수립, 국토모니터링 등에 중심지 분석도구를 활용하기 위한 기반 확충 방향을 모색
- 연구의 중요한 발견 중 하나는 밀도 접근과 상호작용 접근의 통합적 사용으로, 밀도 접근은 인간 활동과 기능이 집중되어 있는 장소를 중심지로 정의하는 반면, 상호작용 접근은 흐름의 노드로서의 중심지를 강조하며, 이 두 접근법의 통합은 중심지 분석결과의 설명력을 높일 수 있음

□ 연구의 한계와 향후 과제

- 본 연구에서 개발한 중심지 분석도구의 사용자는 QGIS를 활용할 수 있는 사람에 국한하므로 향후 QGIS에 대한 기반지식이 없는 사용자까지 확대하기 위해서는 웹 기반으로 활용할 수 있는 형태로 제공할 필요
- 중심지 분석에 활용한 일부 마이크로 공간데이터는 민간 빅데이터로, 일반 사용자가 구득하기 어렵다는 한계가 있어, 일관된 분석방법을 적용하기 위해서는 안정적인 데이터 수급 방안을 마련할 필요
- 현재는 본 연구에서 정한 범위 내의 기능만을 중심지 분석도구 프로토타입으로 구현하였는데, 향후에는 중심지 분석기능 전체를 하나의 완성도 있는 분석도구로 개발해야 할 필요가 있으며, 이와 연결하여 지속적인 사용자 피드백을 통한 기능 개선 등 분석도구 고도화 작업이 필요
- 본 연구에서 개발한 중심지 분석도구가 도시 및 지역계획 분야에서 활발히 활용될 수 있도록 교육·홍보를 활성화할 필요

차례

CONTENTS

주요 내용 및 정책제안 iii

요 약 v

제1장 서론

1. 연구의 배경 및 목적 3

2. 연구의 범위 및 방법 6

3. 연구 틀 및 흐름 8

4. 선행연구 검토 및 차별성 11

5. 연구의 기대효과 13

제2장 중심지 분석도구 개발 동향 및 분석방법 고찰

1. 중심지 분석도구 개발 동향 19

2. 중심지 분석방법 30

3. 시사점 : 중심지 분석도구 개발의 기본 방향 38

제3장 중심지 분석도구 개발구상 및 기능 정립

1. 중심지 분석도구 기본구상 43

2. 중심지 분석도구 개발 프로세스 51

3. 중심지 분석도구 사용자 정의 및 요구사항 53

4. 중심지 분석도구 기능 정립 56

제4장 중심지 분석도구 설계 및 프로토타입 구현

1. 중심지 분석도구 설계	77
2. 중심지 분석도구 프로토타입 구현	91
3. 중심지 분석도구 활용방향 모색	96

제5장 결론

1. 요약 및 결론	109
2. 연구의 한계 및 향후 과제	110

참고문헌	113
------------	-----

SUMMARY	120
---------------	-----

부 록	124
-----------	-----

표차례

LIST OF TABLES

〈표 1-1〉 선행연구 요약 및 차별성	12
〈표 1-2〉 중심지 분석도구의 정책적 기대효과	14
〈표 2-1〉 도시 네트워크 분석도구에서 산출되는 지표	21
〈표 2-2〉 중심지 분석도구 개발 동향 조사 결과	29
〈표 2-3〉 중심지 분석을 위한 밀도 접근 및 상호작용 접근 비교	31
〈표 2-4〉 선행연구에서 활용한 중심지 분석 접근법 및 분석 지표	32
〈표 3-1〉 중심지 분석 기능 제공 여부 검토	46
〈표 3-2〉 분석도구 구현방법별 장단점 비교	49
〈표 3-3〉 GIS 소프트웨어 기반 구현방법별 장단점 비교	50
〈표 3-4〉 중심지 분석도구 개발 프로세스별 잠재적 사용자 정의	53
〈표 3-5〉 중심지 분석도구의 잠재적 사용자 및 개발자와의 자문회의	54
〈표 3-6〉 중심지 분석도구의 잠재적 사용자 요구사항	55
〈표 3-7〉 중심지 분석지표 산출을 위한 데이터 목록	58
〈표 3-8〉 거주인구/근무인구 밀도를 활용한 중심지 분석 프로세스 예시	59
〈표 3-9〉 유입·유출 중심성 지수를 활용한 중심지 추출·분류 방법 예시	65
〈표 3-10〉 밀도/상호작용 접근, 그리고 공공시설로부터의 거리를 활용한 분석 프로세스 예시(안동/예천)	67
〈표 3-11〉 중심지-주변 간 통행 연계 분석·시각화 프로세스 예시	70
〈표 4-1〉 유입·유출 중심성 지수 분석 기능 구현 결과	93
〈표 4-2〉 중심지 추출 기능 구현 결과	94
〈표 4-3〉 중심지-주변 간 통행 연계 분석·시각화 기능 구현 결과	95
〈표 4-4〉 중심지 분석도구의 잠재적 사용자 대상 자문회의	97
〈표 4-5〉 농촌공간 연계구조 분석 가이드라인	103
〈표 4-6〉 국토모니터링의 법적 근거	104
〈부표 1〉 중심지 분석도구 개발 관련 자문회의 내용(2023. 6.)	124
〈부표 2〉 인구감소/지역소멸에 대한 공간적 대응책 관련 논의 내용(2023. 4.)	125

〈부표 3〉 중심지 분석결과 활용방안 관련 논의 내용(2023. 6.)	125
〈부표 4〉 중심지 분석도구 기능 관련 논의 내용(2023. 11.)	126
〈부표 5〉 중심지 분석결과 활용방안에 대한 지방자치단체 담당자 의견수렴 내용(2023. 10.)	126
〈부표 6〉 중심지 분석도구 사용자 대상 주요 질문사항	127
〈부표 7〉 중심지 분석도구 유용성 및 활용방안 논의사항 1	129
〈부표 8〉 중심지 분석도구 유용성 및 활용방안 논의사항 2	131
〈부표 9〉 중심지 분석도구 데이터 논의사항	134
〈부표 10〉 사용자 인터페이스 및 경험 논의사항	137
〈부표 11〉 유입·유출 중심성 지수 계산을 위한 Python 코드	139
〈부표 12〉 중심지와 주변 간 통행 연계 분석·시각화를 위한 Python 코드	139

그림차례

LIST OF FIGURES

〈그림 1-1〉 중심지 분석방법 개념	9
〈그림 1-2〉 연구의 흐름	10
〈그림 2-1〉 도시 네트워크 분석도구 사용자 인터페이스	20
〈그림 2-2〉 도시 네트워크 분석도구의 주요 입력 데이터	20
〈그림 2-3〉 대도시 형태 분석도구의 사용자 인터페이스	23
〈그림 2-4〉 대도시 형태 분석도구의 도시 내 중심지 추출 방법	25
〈그림 2-5〉 도시 스프롤 메트릭 분석도구의 사용자 인터페이스	26
〈그림 2-6〉 도시 스프롤 메트릭 분석도구를 활용한 WUP 계산 화면(스웨덴 Lund 지역) ...	26
〈그림 2-7〉 도시 확장 아틀라스 내 서울 사례	27
〈그림 2-8〉 전국 농촌 지역(읍·면)의 규모별 중심지 분포	34
〈그림 2-9〉 충청남도 중심지 계층구조 현황(세종특별자치시 포함)	35
〈그림 2-10〉 국토모니터링의 중심지 분석결과	36
〈그림 2-11〉 중심지 분석도구 개발의 기본 방향	38
〈그림 3-1〉 중심지 분석도구의 분석방법 프레임워크	44
〈그림 3-2〉 GIS 소프트웨어에서 제공하는 ‘커널 밀도 추정’ 분석도구	47
〈그림 3-3〉 QGIS에서 제공하는 ‘반경으로 객체 선택’ 도구	47
〈그림 3-4〉 중심지 분석도구 기능 구상	48
〈그림 3-5〉 프로토타이핑 모델 개발 프로세스	51
〈그림 3-6〉 중심지 분석도구 개발 프로세스	52
〈그림 3-7〉 중심지 추출·분석 프로세스: 밀도 접근	59
〈그림 3-8〉 밀도 기반 중심지 추출 예시(충북/경북지역)	60
〈그림 3-9〉 중심지 추출·분석 프로세스: 커널밀도 추정법 활용	61
〈그림 3-10〉 POI 데이터에의 커널밀도 추정법 적용 예시(안동/예천)	63
〈그림 3-11〉 유입·유출 중심성 지수를 활용한 중심지 추출 예시(충북/경북지역)	66
〈그림 3-12〉 밀도/상호작용 접근, 그리고 주요 공공시설로부터의 거리를 활용한 중심지 추출 결과 예시	68

〈그림 3-13〉 중심지와 주변과의 통행 연계 분석·시각화 프로세스	69
〈그림 3-14〉 중심지 구성 개별 격자 기준 유입·유출 통행 시각화 예시(안동시)	71
〈그림 3-15〉 중심지 구성 개별 격자 기준 유입·유출 통행 화살표 기반 시각화 예시(안동시) ..	72
〈그림 3-16〉 분석대상 중심지(격자군) 기준 유입·유출 통행 시각화 예시(부여군)	73
〈그림 3-17〉 분석대상 시군구 기준 유입·유출 통행 분석·시각화 예시	74
〈그림 4-1〉 유입·유출 중심성 지수 분석 기능 프로세스	78
〈그림 4-2〉 유입·유출 중심성 지수 분석 기능 화면 설계 1: 초기 화면	78
〈그림 4-3〉 유입·유출 중심성 지수 분석 기능 화면 설계 2: 데이터 입력 및 통계량 선택	79
〈그림 4-4〉 유입·유출 중심성 지수 분석 기능 화면 설계 3: 분석결과	80
〈그림 4-5〉 중심지 추출 기능 프로세스	81
〈그림 4-6〉 중심지 추출 기능 화면 설계 1: 데이터 입력 및 중심지 기준 입력	82
〈그림 4-7〉 중심지 추출 기능 화면 설계 2: 중심지 추출 결과	83
〈그림 4-8〉 중심지-주변 간 통행 연계 분석·시각화 기능 프로세스	84
〈그림 4-9〉 유입·유출 통행의 2D 및 2.5D 시각화 예시	85
〈그림 4-10〉 통행 연계 분석·시각화 기능 화면 설계 1: 데이터 입력 및 분석대상지 선택	86
〈그림 4-11〉 통행 연계 분석·시각화 기능 화면 설계 2: 격자단위 분석결과	87
〈그림 4-12〉 통행 연계 분석·시각화 기능 화면 설계 3: 행정구역 단위 분석결과	88
〈그림 4-13〉 중심지 분석도구 프로토타입 기능 구성	92
〈그림 4-14〉 중심지 분석도구 프로토타입 구현 결과 화면	92
〈그림 4-15〉 용인시의 중심지 체계 구상도 및 중심지 분석 결과 비교	100
〈그림 4-16〉 통영/용인 도시·군기본계획 수립을 위한 컨설팅 회의(2024. 3. 7.) ..	101
〈그림 4-17〉 중심지 분석도구를 활용한 중심지-주변 간 통행 연계 분석·시각화 사례(통영시) ..	102
〈그림 4-18〉 분석도구 활용방향 구상	105



CHAPTER 1

서론

1. 연구의 배경 및 목적	3
2. 연구의 범위 및 방법	6
3. 연구의 틀 및 흐름	8
4. 선행연구 검토 및 차별성	11
5. 연구의 기대효과	13

01 서론

서론에서는 마이크로 공간데이터를 활용한 중심지 분석도구 개발의 필요성과 연구목적을 명시하였다. 분석도구 개발을 위한 연구의 범위와 그 수행방법을 기술하고 연구의 틀과 흐름을 제시한 후 선행연구와의 차별성을 검토하였으며, 끝으로 연구의 기대효과를 기술하였다.

1. 연구의 배경 및 목적

1) 연구의 배경 및 필요성

인구감소, 지방소멸, 고령화 등 최근 국토 공간상의 위기에 대응하여 콤팩트&네트워크(compact&network) 공간전략의 필요성이 증대하고 있다. 예를 들어 ‘제5차 국토종합계획(2020~2040)’에서는 도시 경쟁력을 강화하고 도시재생 효과를 증대하기 위한 기본공간구조로 콤팩트&네트워크 형태의 집약적 도시체계를 제시한다(권규상 외 2018; 오용준 외 2018). 또한, 최근(2023. 12. 28.) 개정된 「도시·군 기본계획수립지침」의 ‘공간구조개편방향’을 보면, “인구가 감소하는 성숙·안정형과 감소형의 시·군은 가급적 콤팩트-네트워크 도시가 구현되기 위한 공간구조를 목표로 하여야” 한다고 명시하고 있다(「도시·군기본계획수립지침」, 4-3-1 (2)).

콤팩트&네트워크 공간전략은 사람들의 다양한 활동이 고밀도로 집적해 있는 장소인 중심지를 집중적으로 육성하고, 중심지로의 용이한 접근을 위해 주변 지역과의 교통연계를 유지 및 강화하고자 함을 핵심 내용으로 포괄한다. 구체적으로 해당 전략은

① 중심지에 모든 사람이 살아가기 위해 최소한 필요로 하는 각종 기초 생활서비스 시설을 입지 및 집적시키고, ② 중심지 소재 시설로 이용자가 용이하게 이동하여 의료·교육·문화 등 각종 서비스를 공급받을 수 있게 함과 동시에, 공급자가 이용자에게 해당 시설을 통해 그에 대응하는 서비스를 전달할 수 있게 하는 공간발전 전략이다.

콤팩트&네트워크 공간전략 구상에 있어 중심지 추출 및 이들과 주변 지역과의 연계는 주요 내용이지만, 관련 공간구조 현황을 과학적으로 조사·진단할 수 있는 기반은 미흡한 실정이다. 특히 지자체는 지역 주도적 콤팩트&네트워크 공간계획 수립을 통해 현장감 높은 정책을 도출하려 하나, 데이터 및 분석 기반 부족으로 증거 기반 정책 수립에 어려움을 겪고 있다. 일례로 시·군이 도시·군기본계획 수립을 위해 준수해야 하는 「도시·군기본계획수립지침」의 ‘공간구조의 진단’ 부분을 보면, “시가지면적 변화추이 및 주요 교통축의 변화추이, 지역별 중심지 구조(단핵구조, 다핵구조)와 도시성장형태(확산, 축소, 정체) 등을 분석하여 공간구조를 진단”(「도시·군기본계획수립지침」, 4-3-1 (1))하도록 명시만 하고 있을 뿐이다. 중심지 체계 및 공간구조를 분석하기 위한 데이터나 방법은 구체적으로 다루지 않고 있다. 이와 관련하여, 해당 지침의 ‘공간구조개편방향’ 부분을 보면, “당해 시·군 및 주변 시·군의 지형·개발상태·환경오염 등 여건과 목표년도의 개발지표에 의한 중심지체계를 설정”(「도시·군기본계획수립지침」, 4-3-1 (2))하도록 되어 있으나, 중심지 체계를 설정하는 방법에 관한 내용은 포함되지 않았다.

이렇듯 지침에서 중심지 체계 및 공간구조 분석을 위한 구체적인 방법을 명시하고 있지 않아 대부분 법정 공간계획 수립 과정에서 공간구조 설정 시 정성적 평가에 의존하고, 평가에 관한 실증적 근거는 제시하지 못하는 한계가 있다(황명화 외, 2022a).

최근 다양한 마이크로 공간데이터의 보급이 확대되는 상황에서 해당 데이터를 활용하여 중심지를 비롯한 공간구조를 분석하는 연구가 늘고 있다. 마이크로 공간데이터를 활용한 중심지 분석결과는 지역의 현황을 미시적으로 파악할 수 있게 하므로, 정책 입안자와 계획 수립 주체가 지역의 구체적 여건을 파악하는 데 도움을 주며, 지역 맞춤형 정책 개발과 계획 수립의 기초가 될 수 있다. 그러나 해당 분석결과는 주로 대도시

지역에 한정되어 있고 사례지역을 시범적으로 분석한 결과를 제시하는 데에 그쳐 이를 정책 및 계획 수립 실무에 적용하기에는 한계가 있다.

물론 POI 기반의 중심지 추출(Yu et al., 2020; 김선재·이수기, 2021), 다종 빅데이터를 융합 활용한 도시 내부 중심성 진단(이수빈·남진, 2021), 격자단위 구글 이용자 이동 데이터 기반의 세계 주요 도시별 계층성 진단(Bassolas et al., 2019), 스마트 교통카드 데이터를 활용한 런던 도시 내 기능연계권 도출(Zhang et al., 2021) 등 공간 빅데이터 기반의 새로운 분석 접근법이 제시되고 있다. 그러나 이러한 분석방법은 지역별 중심성 수준, 중심지 형태와 계층성, 기능연계권 추출 등 도시공간구조의 한 요소에만 초점을 두어 중심지를 다각도에서 종합적으로 이해하기에는 한계가 있다.

국토 공간과 관련하여 증가하는 빅데이터와 최신 연구 결과를 토대로 하여 마이크로 공간데이터를 활용하여 중심지를 미시적이고 종합적으로 분석하는 방법을 정립하고, 이의 실무 적용을 위한 분석도구를 개발하여 정책 및 계획의 수립을 지원할 필요가 있다.

2) 연구의 목적

본 연구는 마이크로 공간데이터를 활용한 중심지 분석방법을 제안하고, 이의 실무 적용을 위한 분석도구를 개발함으로써 공간적 관점의 증거 기반 정책 마련에 기여하고자 하였다. ① 거주인구, 근무인구, 관심지점(point-of-interest, POI) 등의 공간데이터를 활용하여 중심지를 추출하는 방법과 통근통행(추정) OD(origin-destination) 데이터를 토대로 중심지와 주변 간 연계를 파악하는 분석방법을 제시하였다. ② 잠재적 사용자 요구사항을 토대로 한 분석도구 설계안을 제시하고, 주요 기능을 프로토타입으로 구현하였다. ③ 프로토타입 기능 테스트를 통해 중심지 분석도구의 유용성 제고를 위한 방안을 도출하였고, 도시/농촌 등 공간계획 수립, 국토모니터링, 대중교통 결절점 입지선정 등에 중심지 분석도구를 활용하기 위한 기반 확충 방향도 논의하였다.

2. 연구의 범위 및 방법

(1) 국내외 문헌연구 및 사례, 현황 고찰

중심지 관련 이론적 논의와 분석방법에 관한 내용을 개념적 차원에서 고찰하였고, 밀도 접근과 상호작용 접근으로 구분하여 살펴보았다. 중심지 설정 관련 기존 도시 및 지역계획 사례, 그리고 마이크로 공간데이터를 활용한 중심지 분석 연구 사례도 고찰하였다. 또한 중심지 추출 및 중심지와 주변 간 통행 연계 분석에 활용 가능한 데이터 현황을 검토하였다. 그리고 중심지 분석도구 설계 및 프로토타입 구현을 위해 중심지 분석도구 개발 사례를 살펴보았다.

(2) 마이크로 공간데이터를 활용한 중심지 분석방법 정립

마이크로 공간데이터를 활용하여 중심지 분석방법을 개발하기 위한 기본 방향과 프레임워크를 제시하였고, 중심지 분석방법을 정립하기 위해 중심지 개념, 분석지표, 데이터, 중심지 추출 방법, 중심지와 주변 간 통행 연계 분석·시각화에 관한 논의를 진행하였다.

(3) 전문가 및 실무자 자문

중심지 분석도구의 사용자를 정의한 후, 수요 조사를 통해 의견을 수렴하였다. 중심지 분석방법에 대한 최신 동향, 공간계획 측면의 이슈, 중심지 분석도구의 활용방안에 관해 전문가 및 정책 실무자를 대상으로 자문회의를 개최하였고, 중심지 분석도구 구현을 위한 공간 분석·시각화를 위해 전문 개발자에게 자문을 받았다. 이를 토대로 하여 중심지 분석도구 기본구상 및 설계를 진행하였다. 구현된 중심지 분석도구 기능 테스트를 통해 사용자의 요구사항을 수렴하고, 본 연구에서 개발하여 제시하는 중심지 분석도구의 활용도를 높이기 위한 기반 마련에 대해 논의하였다.

(4) 마이크로 공간데이터 수집·구축

거주인구, 근무인구, POI 관련 밀도와 통근통행(추정) 흐름 지표로 사용 가능한 공공 및 민간 빅데이터(통계지리정보서비스(SGIS) 총조사 인구, 코리아크레딧뷰로(KCB) 직장주소지 인구, POI 데이터, KCB 자택주소지-직장주소지 OD)를 수집·가공하였다. 본 연구의 기준 시점은 활용 가능한 데이터를 대상으로 데이터 간 시간적 정합성을 확보할 수 있는 2021년으로 설정하였다.

(5) 마이크로 공간데이터 기반 중심지 분석·시각화 및 중심지 분석도구 프로토타입 개발

거주인구, 근무인구, POI 등 각종 밀도 지표 및 통행 연계 관련 지표를 산출 및 시각화 하였으며, 분석은 전국을 대상으로 수행하였다. 또한, 오픈 소스 기반 GIS 소프트웨어인 QGIS 플러그인 형태로 분석도구를 개발하였다. 개발과정에서 분석도구의 프로토타입에 대한 기능 테스트도 수행하였다.

3. 연구 틀 및 흐름

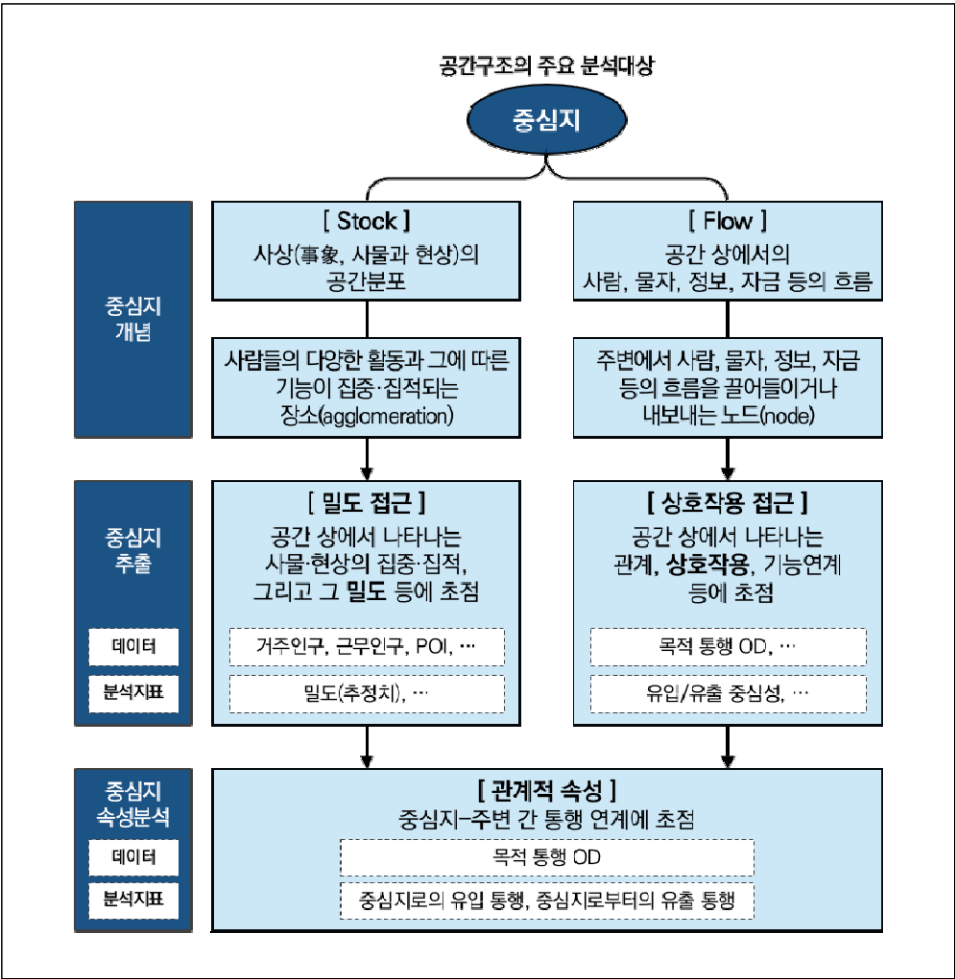
1) 중심지 개념의 틀

중심지(center)에 대한 구체적 정의는 연구의 범위와 목적에 따라 다양하나, 일반적으로 중심지는 지역의 중심 역할을 하는 장소라는 개념을 내포한다. 중심지에 대한 합리적인 개념 정립을 위해서는 중심지가 갖는 다양한 측면(인구, 고용, 활동 등)을 통합하고, 지역적 맥락을 고려하는 것이 중요하다(Yu et al., 2021). 본 연구에서는 선행연구(Deng et al., 2019; Krehl·Siedentop, 2019; Long et al., 2022; Veneri, 2013; Yu et al., 2021; Zhang et al., 2021; 김선재·이수기, 2021, 황명화 외, 2022a)의 관점을 참고하여, 중심지를 공간구조의 주요 구성요소이자 분석대상으로 바라보고, 중심지도 공간구조의 두 가지 측면인 ‘스톡(stock)’과 ‘흐름(flow)’을 내포하는 것으로 개념화하였다. 즉 본 연구에서 ‘중심지는 사람들의 다양한 활동과 그에 따른 기능이 집중·집적되어 있는 장소(agglomeration)로, 그러한 상태의 원인 또는 결과로 공간에 나타나는 사람, 물자, 정보 등의 흐름을 끌어들이거나 내보내는 노드(node)’로 정의하였다(<그림 1-1>).

2) 분석의 틀

중심지 분석방법은 <그림 1-1>과 같이 중심지 추출 방법과 추출한 중심지의 속성을 분석하는 방법으로 구성된다. 중심지 추출 방법은 상기에서 정의한 중심지 개념에 따라, 사상(事象)의 공간분포와 밀도 등에 초점을 맞추는 ‘밀도 접근 방법’(stock)과 공간에 나타나는 사람, 물자, 정보 등의 상호작용 등에 초점을 맞추는 ‘상호작용 접근 방법’(flow)으로 구분된다. 또한 중심지 속성 분석은 중심지 내 다양한 사상과 활동의 특성 파악에 초점을 두며, 특히 공간구조 측면에서는 관계적 속성 파악이 중요하다. 중심지의 관계적 속성은 주로 중심지와 주변 간 통행 연계 분석을 통해 파악하며, 중심지의 유입 통행과 중심지로부터의 유출 통행으로 구분하여 분석이 가능하다.

그림 1-1 | 중심지 분석방법 개념

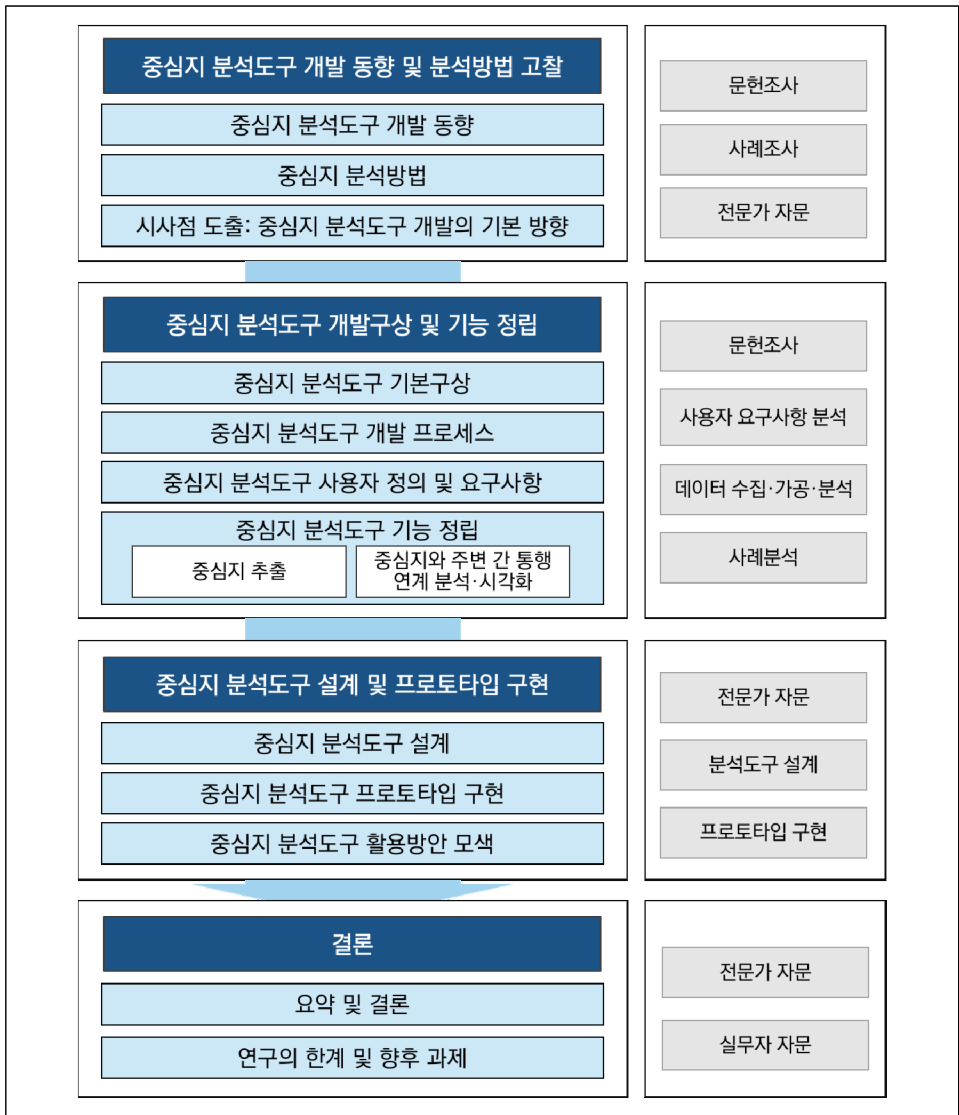


자료: 국토교통부 2023, 105, <공간구조> 그림을 수정.

3) 연구의 흐름

본 연구는 <그림 1-2>와 같은 흐름으로 추진하였다.

그림 1-2 | 연구의 흐름



자료: 저자 작성.

4. 선행연구 검토 및 차별성

본 연구와 관련된 선행연구는 크게 다음과 같이 두 가지로 구분된다. 첫째는 마이크로 공간데이터를 활용한 중심지 분석방법 연구, 그리고 농촌 연구로서 농림축산식품부의 농촌중심지 활성화사업 및 기초생활거점 조성사업에 관한 연구이다. 최근의 마이크로 공간데이터를 활용한 중심지 분석방법 연구는 주로 수도권 및 대도시를 대상으로 하였으며, 해당 방법론이 비수도권 시·군 이하 등 다양한 규모의 지역에 적용할 수 있는지는 검토된 바 없다. 또한 농림축산식품부의 농촌중심지 활성화사업 및 기초생활거점 조성사업에 관한 연구가 다수 이루어졌는데, 중심지 계층구조 등을 동·읍·면 단위에서 파악하는 데 그쳐 지역 공간구조 실제 상황을 파악하는 데에는 한계가 있다.

박진경·김상민(2017) 및 한이철 외(2022)는 통계자료를 활용하여 지역별 인구감소 현황과 특성 등을 분석하였으나 공간적 대응에 초점을 두지 않았으며, 인구 관련 지표를 시·군·구 또는 읍·면 단위에서 분석하는 데 머물러 지역 내 미시적인 특성 파악에 활용하기가 어렵다. 송미령 외(2020) 및 이상준·유예나(2018)의 연구에서는 콤팩트&네트워크 공간 발전 전략을 다루었으나, 중심지 계층구조, 주변과의 연계 등을 동·읍·면 단위에서 분석하는 데 그쳐, 활동이 집적되는 실질적 중심지와 주변 지역과의 관계 등 지역 공간구조를 미세하게 파악하는 데 한계가 있다. 황명화 외(2022a)는 마이크로 공간데이터를 활용한 중심지 분석방법을 개발하였으나, 대도시(천안·아산, 울산)를 대상으로 하여 해당 방법론이 다양한 규모의 지역에 적용될 수 있는지는 검토된 바 없으며, 제안한 방법을 시범적으로 적용한 결과만을 제시하여 해당 방법을 실무에 활용하기 어려운 상황이다.

요컨대, 기존 중심지 분석 관련 연구들은 주로 분석방법 개발 및 시범 적용 결과 제시에 머물러, 해당 방법을 실무에 활용하기가 용이하지 않았다. 본 연구는 상기 선행 연구와 달리 마이크로 공간데이터를 활용한 중심지 분석방법을 제안하고, 이를 실제 업무에서 활용할 수 있도록 하는 중심지 분석도구를 개발하고자 한다는 점에서 차별성이 있다.

표 1-1 | 선행연구 요약 및 차별성

구 분	선행연구와의 차별성		
	연구목적	연구방법	주요 연구내용
주요 선행 연구	1 - 과제명: 인구구조 변화에 대응한 유형별 지역발전전략 연구. 한국지방행정연구원 - 연구자(연도): 박진경, 김삼민(2017) - 연구목적: 인구감소에 대응한 지역발전전략 모색을 위해 국내 지방자치단체의 유형별 인구구조 변화 특성을 분석하고, 인구유출의 원인 및 인구격차 실태를 분석	- 문헌연구 및 관련 사례 고찰 - 인구대응 관련 정책 분석 - 통계자료 분석 - 시군구 유형분류 및 특성분석 - 인구유출 원인분석 - 사례지역 분석 - 관계자 인터뷰/면담 - 전문가 자문	2000~2016년의 총인구증감, 자연증감, 사회증감을 고려하여 전국 226개 시·군·구를 5개 유형으로 구분 5개 유형별 연령대별 인구구조 특성 분석 및 유형별 인구유출 원인 분석 - 유형별 사례지역 선정 후 지역 현황 및 여건 분석과 정책분석 수행 - 지방자치단체 유형별 인구감소 대응 정책방안 및 제도개선방안 도출
	2 - 과제명: 충남 중심지 간 연계협력 활성화를 위한 정책과제. 충남연구원 - 연구자(연도): 이상준, 유예나(2018) - 연구목적: 중심지의 이용성을 고려한 새로운 연계협력 권역 설정을 통한 지역 간 연계협력 활성화 방안 제시	- 연계협력 관련 문헌연구 및 정책동향 파악 - 중심지 계층구조 분석 - 사례지역 분석 - 시계열 분석 - 주민 생활서비스 이용현황 설문조사 - 전문가 자문	- 충청남도 내 동·읍·면을 대상으로 중심지 계층 구분 수행 - 중심지 간 실질적 인적·물적 교류 현황 파악을 위해 '청양군 정삼면' 주민 대상으로 상품 구입 및 서비스 이용 설문조사 실시 - 지역 간 연계협력 활성화를 위한 정책제언 도출
	3 - 과제명: 농촌중심지활성화사업 개편 방향 연구: 농촌중심지 유형 구분 및 거점서비스 진단 기준 개발을 중심으로. 한국농촌경제연구원 - 연구자(연도): 송미령 외(2020) - 연구목적: 농촌중심지의 진단 기준과 중심지 유형의 구분 방법을 도출하여 농촌중심지 활성화사업의 개편 방향을 제시	- 농촌중심지 관련 문헌연구 및 정책동향 파악 - 농촌중심지 활성화사업 성과와 문제점 검토 - 농촌중심지 계층구조 분석 - 중심성 분석 - 서비스시설 접근성 분석 - 사례지역 분석 - 주민 설문조사 및 현장조사	- 읍·면을 대상으로 농촌중심지 계층 유형 도출, 생활권 범위 및 중심지 수준, 서비스 시설 접근성 등 분석 - 사례지역 주민 대상 시군청/동읍면 소재지 방문횟수 변화 및 그 이유에 대한 설문조사 - 농촌중심지의 기능 진단 기준과 유형화 방안을 제시하고, 정책 추진 과제 도출
	4 - 과제명: 마이크로 공간데이터를 활용한 도시공간구조 분석방법 개발. 국토연구원 - 연구자(연도): 황명하 외(2022a) - 연구목적: 마이크로 공간데이터를 융합 활용하여 도시 내 중심지를 분석하는 방법을 개발하고, 분석방법의 정책적 활용 방향 제시	- 도시공간구조 관련 문헌 고찰 - 사례 및 현황조사 - 데이터 수집 및 구축 - 도시 내 중심지 분석방법 개발 - 사례지역 분석 - 현장조사 - 전문가 및 실무자 자문	- 선행연구 검토를 통한 마이크로 공간데이터 활용 필요성 도출 - 마이크로 공간데이터 기반 중심지 식별 및 위계 설정 방법 정립 - 천안·아산 및 울산에 대상으로 중심지 분석방법 시범 적용 - 중심지 분석방법의 정책적 활용방향 및 활용촉진 필요사항 제언
	5 - 과제명: 인구감소 농촌의 기초생활서비스 확충 방안. 한국농촌경제연구원 - 연구자(연도): 한이철 외(2022) - 연구목적: 인구감소 농촌의 기초생활서비스 이용 현황 분석을 통한 서비스 확충 방안 제시	- 문헌연구 관련 사례 고찰 - 통계자료 분석 - 기초생활서비스 이용 현황 및 수요 설문조사 - 사례지역 조사 - 관계자 인터뷰/면담	- 전국 읍·면을 대상으로 2010~2020년의 인구변화를 분석하여 인구감소 지역의 특징 도출 - 인구감소 농촌의 기초생활서비스 이용 현황 및 시설 변화 분석 - 기초생활서비스 운영 사례조사를 통해 지속적 서비스 운영 방안 제시
본 연구	- 과제명: 마이크로 공간데이터를 활용한 중심지 분석도구 개발 연구 - 연구목적: 마이크로 공간데이터를 활용한 중심지 분석방법을 제안하고, 이를 실무에 활용할 수 있는 분석도구 개발	- 문헌연구 및 관련 사례 고찰 - 마이크로 공간데이터 수집 및 구축 - 공간분석 및 시각화 - 중심지 분석도구 프로토타입 개발 - 사례지역 분석 - 전문가 및 실무자 자문	- 중심지 분석도구 개발 동향 및 분석방법 - 중심지 분석도구 개발구상 및 기능 정립 - 중심지 분석도구 설계 및 프로토타입 구현 - 중심지 분석도구 활용방안 모색

자료: 저자 작성.

5. 연구의 기대효과

1) 정책적 기대효과

본 연구에서 제시하는 중심지 분석방법, 그리고 그것을 토대로 한 분석도구를 활용하면, 공간계획 수립 시 마이크로 공간데이터를 기반으로 하여 미시적 수준의 공간구조를 분석하고 그 결과를 활용하여 공간구조 구상을 진행할 수 있다. 특히 중심지 분석도구를 통해 기존 계획에서 구상한 도시공간구조와 현실적 여건이 얼마나 부합하는지 등을 수시로 평가할 수 있다. 그러한 평가 과정을 통해, 특정 지역 내 어디를 주요 대상으로 어떻게 개발 혹은 관리해야 할지에 대한 방향을 제시할 수 있을 것이다. 요컨대, 중심지 분석도구를 활용함으로써 마이크로 공간데이터를 활용하여 현재 시점에서 공간구조를 편리하게 수시로 분석할 수 있고, 더 나아가 그 결과를 근간으로 하여, 기존 공간계획 및 정책에서 구상한 공간구조 발전 방향을 현실적 여건에 맞게 적시에 갱신해 나갈 수 있다. 따라서 본 연구에서 제시하는 분석도구는 기존의 전통적인 중심지 분석방법으로는 파악하기 어려운 계획 대상 도시 및 지역의 현황과 변화상에 효과적인 모니터링 수단이 될 수 있다.

기존에는 「도시·군기본계획 수립지침」상 중심지 설정과 관련된 별도의 기준과 방법이 없어 시·군별 공간구조 설정을 제각각 수행해 왔으며, 대부분이 경험을 기반으로 한 기정 공간구조 답습(원도심: 도심, 대규모 택지개발 조성지: 부도심, 읍면소재지: 지역중심 등), 상위 및 관련 계획 검토, 개발사업 현황 검토 등의 정성적 기법에 의해 중심지를 분석해 왔다. 중심지 분석도구를 활용함으로써 기존의 정성적 기법과 함께, 마이크로 공간데이터 기반의 객관적이고 정량적인 분석이 가능할 것으로 보인다. 또한 중심지 분석도구 개발을 통해 유연한 분석방법을 제공함으로써 공간계획 수립과 정책 개발에 있어 실질적인 지원을 제공할 것으로 기대된다. 특히 인구감소, 고령화 등 다양한 사회경제적 문제에 대응하는 공간 전략 개발에 있어 중요한 기초 자료와 도구를 제공함으로써 지역 공간계획의 질을 높이는 데 기여할 것으로 보인다.

표 1-2 | 중심지 분석도구의 정책적 기대효과

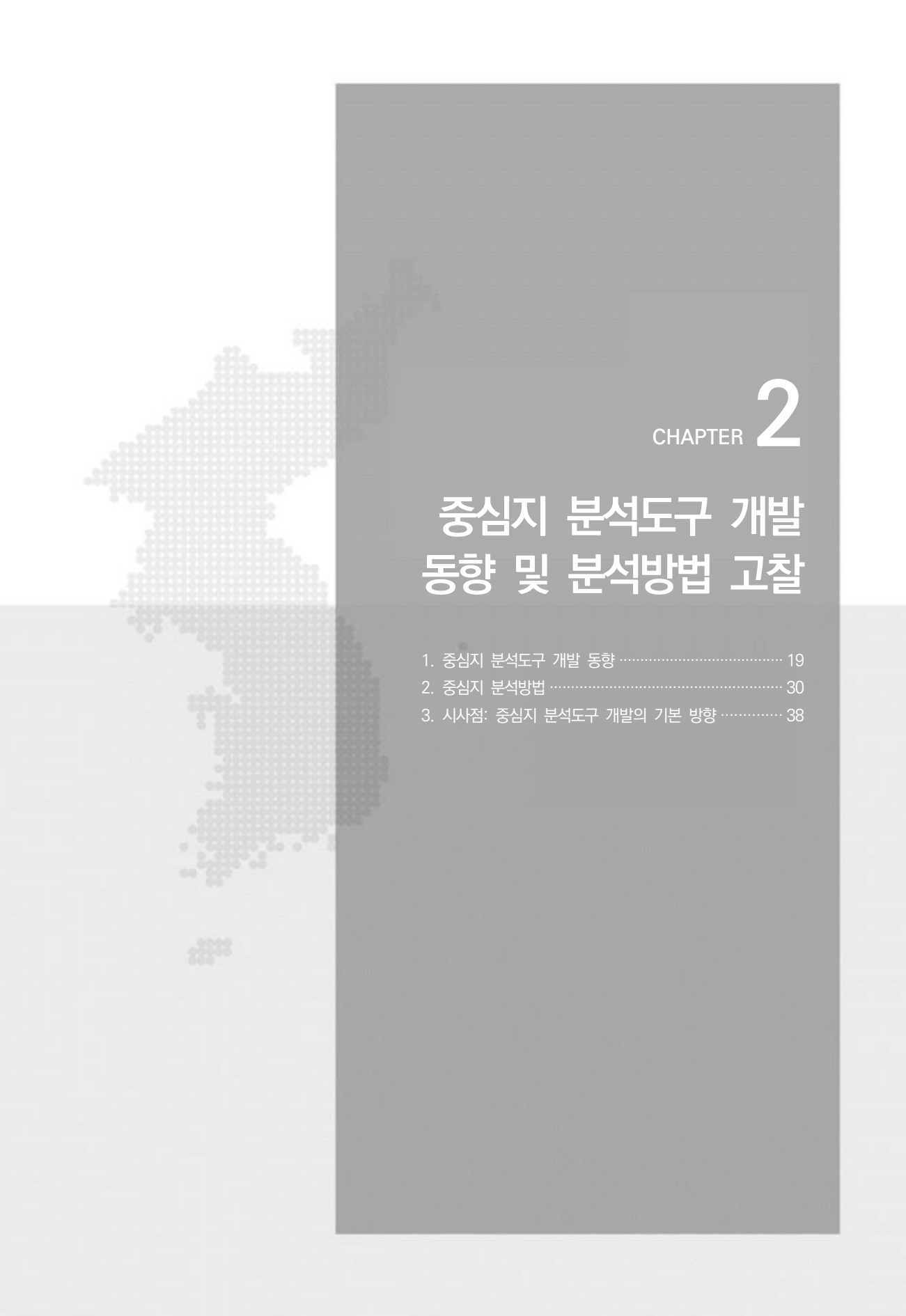
As-Is		To-Be
기정 공간구조 검토 상위 및 관련 계획 검토 개발사업 현황 검토 ... 현상 → [정성적 기법] → 공간구조/중심지 체계 구성		데이터 + 방법론 현상 → [중심지 분석도구] → 공간구조/중심지 체계 구성
공간구조 설정 방법	기정 공간구조 답습, 상위 및 관련 계획 검토, 개발사업 현황 검토 등 정성적 기법을 활용하여 공간구조 설정	기존의 정성적 기법과 더불어 중심지 분석도구를 활용하여 마이크로 공간데이터 기반의 정량적, 객관적 분석을 통해 공간구조 설정
분석기준	분석기준 없어 시·군별로 공간구조 제각각 설정	마이크로 공간데이터를 기반으로 공간구조 분석의 정합성 확보
주변 지역 고려 여부	해당 시·군 현상만 고려	마이크로 공간데이터를 기반으로 계획 수립 대상지와 인접 지역 함께 고려함으로써 공간구조의 광역적 접근 용이
계획 구상 후 모니터링	계획 구상 후 모니터링 수단 부재	계획 구상과 현실 여건 부합 평가 및 모니터링 가능
도시·지역 기능 분석	실질적 기능을 고려하지 않아 기존 시가지 기능의 이전·분화로 도시 활력 저하 등의 문제 발생	마이크로 공간데이터 기반의 도시·지역 기능 분석 가능
사업 대상지의 공간 범위 설정	도시/지역 계획 및 사업 대상지의 공간 범위 설정 어려움	도시·지역 계획 및 사업 대상지의 공간 범위를 구체적으로 지정 가능

자료: 저자 작성.

2) 학술적 기대효과

중심지 추출, 중심지와 주변 간의 통행 연계 분석 등에 관한 마이크로 공간데이터 기반 접근법에 대한 선행연구 고찰을 통해 중심지 분석방법에 관한 최신 연구 동향 파악에 일조할 수 있다. 무엇보다도 중심지 분석에 대한 두 접근법, 즉 상호작용 접근과 밀도 접근 간의 통합 방안에 논의를 활성화할 수 있다. 원칙적으로 상호작용 접근과 밀도 접근은 상호 배타적이지 않으며 오히려 상호보완적이다.

마이크로 공간데이터의 활용이 보편화되고, 이를 활용한 분석방법이 다양해지면 이를 별도의 분석도구로 개발하고자 하는 수요가 증가할 것으로 보인다. 그러한 맥락에서 본 연구에서 개발한 중심지 분석도구의 개발 방법은, 유사한 도시공간구조 분석 방안으로 활용 가능할 것으로 보인다.



CHAPTER 2

중심지 분석도구 개발 동향 및 분석방법 고찰

- 1. 중심지 분석도구 개발 동향 19
- 2. 중심지 분석방법 30
- 3. 시사점: 중심지 분석도구 개발의 기본 방향 38

02 중심지 분석도구 개발 동향 및 분석방법 고찰

이 장에서는 중심지 분석도구 개발 동향을 파악하고, 중심지 분석의 주요 방법론을 살펴보았으며, 이를 토대로 시사점을 도출하여 중심지 분석도구 개발의 기본 방향을 설정하였다.

1. 중심지 분석도구 개발 동향

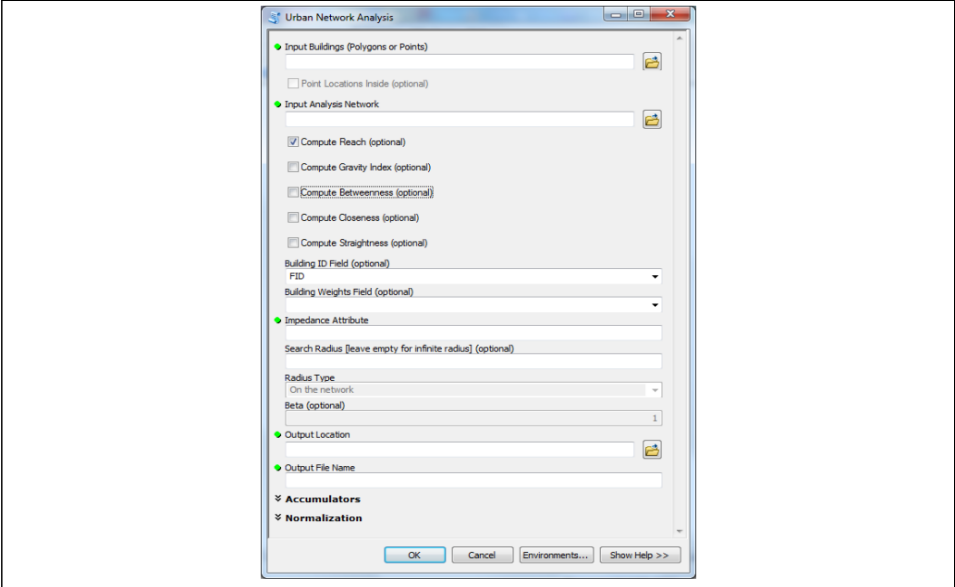
중심지 분석도구 개발을 위한 본 연구의 기본 방향을 설정하기 위해 국외의 중심지 분석도구 개발 동향을 살펴보았다.

1) 도시 네트워크 분석도구

도시 네트워크 분석도구(Urban Network Analysis Toolbox for ArcGIS)¹⁾는 MIT의 City Form Lab에서 2012년에 개발한 툴박스로, 도로 네트워크와 건물 데이터를 토대로 도로 네트워크 거리 기반의 개별 건물의 연결성, 중심성(중력/매개/근접), 일직선성(Straightness) 지표를 산출하는 소프트웨어이다.

1) Urban Network Analysis Toolbox for ArcGIS. <https://cityform.mit.edu/projects/urban-network-analysis> (2024년 3월 27일 검색).

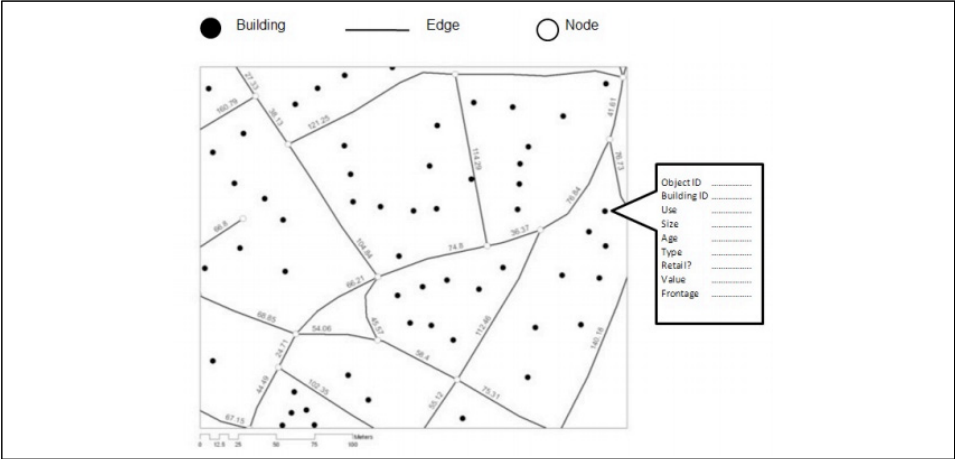
그림 2-1 | 도시 네트워크 분석도구 사용자 인터페이스



자료: Sevtsuk-Mekonnen 2012, 292.

도시 네트워크 분석도구에서는 도로 네트워크를 구성하는 선, 노드(node)뿐만 아니라, 도로 네트워크 주변의 건물들을 주요 분석 노드로 간주한다는 특징이 있다(그림 2-2).

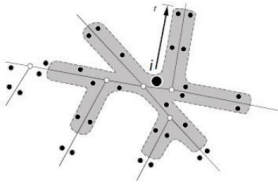
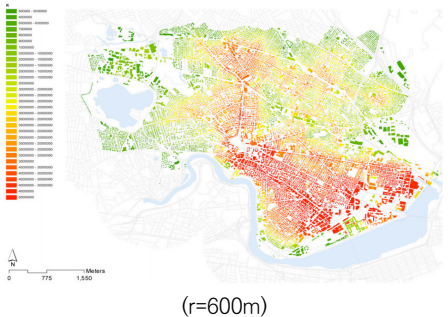
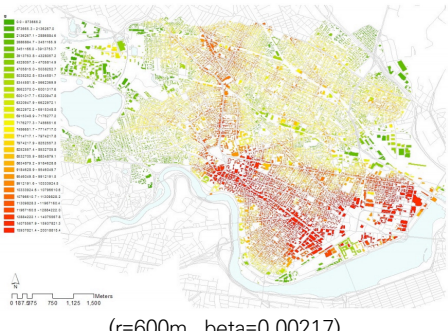
그림 2-2 | 도시 네트워크 분석도구의 주요 입력 데이터



자료: Sevtsuk-Mekonnen 2012, 291.

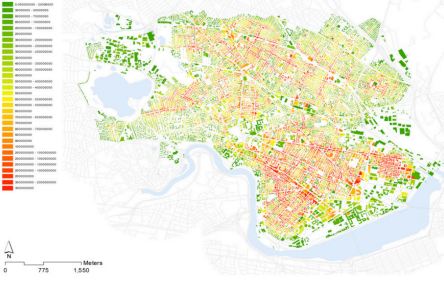
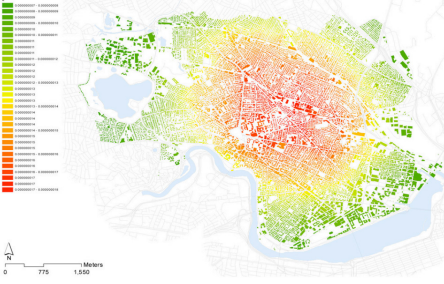
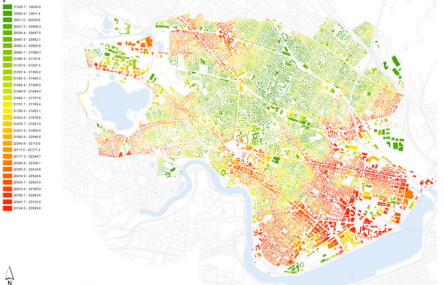
도시 네트워크 분석도구에서 산출되는 주요 지표는 <표 2-1>의 다섯 가지로, 분석 노드인 건물의 다양한 속성을 부가적 가중치 정보로 활용할 수 있다.

표 2-1 | 도시 네트워크 분석도구에서 산출되는 지표

지표	지표 산식	지표 산출 결과 예시
연결성 (Reach)	- 도로 네트워크상에서 건물 i에서 반경 r 내 위치한 건물 j의 속성(예: 인구)의 합 - 개념도  - 산식 $Reach[i]^r = \sum_{j \in G - \{i\}, d[i,j] \leq r} W[j]$ - 표준화 산식 $Reach[i]^r_{norm} = \frac{Reach[i]^r}{\sum_{j \in G - \{i\}} W[j]}$	 ($r=600m$)
중력 중심성 (Gravity)	- 도로 네트워크상에서 건물 i에서 반경 r 내 위치한 건물 j의 매력도 속성(예: 인구)값을 $i-j$ 간 거리 기반의 거리 조락 함수값(거리 비용)으로 나누어 합산한 값 - 산식 $Gravity[i]^r = \sum_{j \in G - \{i\}, d[i,j] \leq r} \frac{W[j]}{e^{\beta \cdot d[i,j]}}$ - 표준화 산식 $Gravity[i]^r_{norm} = e^{\beta} \cdot \frac{Gravity[i]^r}{Reach[i]^r}$	 ($r=600m, \beta=0.00217$)

자료: Sevtsuk·Mekonnen 2012, 293-300; City Form Lab 2016, 19.

표 2-1(계속) | 도시 네트워크 분석도구에서 산출되는 지표

지표	지표 산식	지표 산출 결과 예시
매개 중심성 (Betweenness)	- 도로 네트워크에서 반경 r 내에 위치한 건물 j와 k 사이의 모든 이동 경로 중, 건물 i를 거치는 경로의 비중과 건물 j의 속성(예: 인구)을 곱한 수치의 합 - 산식 $Betweenness[i]^r = \sum_{j,k \in G-(i), d[i,j] \leq r} \frac{n_{jk}[i]}{n_{jk}} \cdot W[j]$ - 표준화 산식 $Betweenness[i]^r_{norm} = \frac{Betweenness[i]^r}{(\{j \in G-(i), d[i,j] \leq r\} - 1) \cdot Reach[i]^r}$	 ($r=600m$)
근접 중심성 (Closeness)	- 도로 네트워크상에서 건물 i에서 반경 r 내 위치한 건물 j의 매력도 속성(예: 인구)값과 $i-j$ 간 거리를 곱하여 합한 값의 역수 - 산식 $Closeness[i]^r = \frac{1}{\sum_{j \in G-(i), d[i,j] \leq r} (d[i,j] \cdot W[j])}$ - 표준화 산식 $Closeness[i]^r_{norm} = Closeness[i]^r \cdot Reach[i]^r$	 (반경 제한 없음)
일직선성 (Straightness)	- 도로 네트워크상에서 건물 i에서 반경 r 내 위치한 건물 j까지의 도로 네트워크 거리 대비 유클리드 거리 비율을 건물 j 속성(예: 인구)에 곱하여 합산한 값 - 산식 $Straightness[i]^r = \sum_{j \in G-(i), d[i,j] \leq r} \frac{\delta[i,j]}{d[i,j]} \cdot W[j]$ - 표준화 산식 $Straightness[i]^r_{norm} = \frac{Straightness[i]^r}{Reach[i]^r}$	 (반경 제한 없음)

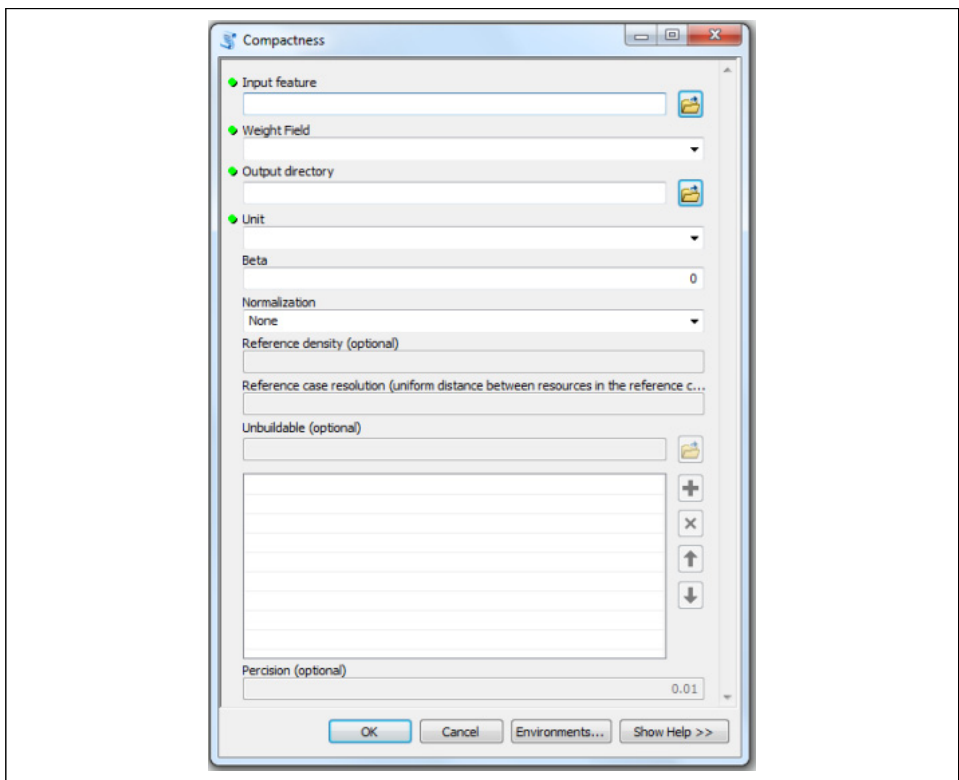
자료: Sevtsuk·Mekonnen 2012, 293-300; City Form Lab 2016, 19.

가중치 속성으로 건물 내 상주인구, 근무인구, 활동인구, 연면적, 소비자 수 등을 이용하면, 지역 내 가로망, 건물 배치 상황을 감안하면서 인구 중심지, 건물 밀집지(연면적 기준), 잠재적으로 유동량이 높은 지역, 랜드마크 입지 적정지역 등이 파악 가능하여, 도시 중심지 및 공간구조 진단에 활용 가능하다.

2) 대도시 형태 분석도구

대도시 형태 분석도구(Metropolitan Form Analysis Toolbox for ArcGIS)²⁾는 MIT City Form Lab에서 2012년에 개발한 툴박스로, 대도시의 형태적 특성에 관한 6대 지표인 커버리지(Coverage), 다핵화(Polycentricity), 압축도(Compactness), 확장성(Expandability), 불연속도(Discontiguity), 토지혼용도(Landuse mix)와 그 외에도 도시의 크기와 밀도를 계산하는 소프트웨어이다.

그림 2-3 | 대도시 형태 분석도구의 사용자 인터페이스



자료: City Form Lab 2015, 4.

2) Metropolitan Form Analysis Toolbox for ArcGIS. <https://cityform.mit.edu/projects/metropolitan-form-analysis-toolbox-for-arcgis> (2024년 3월 27일 검색).

대도시 형태 분석도구의 주요 지표는 다음과 같다(Amindarbari·Sevtsuk, 2013).

- ① 커버리지(분석단위 - 도시): 도시의 전체 면적 중 특정 토지용도에 해당하는 면적의 비율 또는 도시 내 개발가능 토지 중 실제 개발된 토지의 면적 비중

- ② 다핵화(분석단위 - 도시): $HI \times N \times R_c$ ($HI = -\sum_{i=1}^L \frac{(z_i) \ln(z_i)}{\ln(L)}$, L: 추출된 중심지의 수, z_i : 도시 내 전체 일자리 수 중 중심지 i 의 일자리 수 비중, N: 중심지의 수, R_c : 도시 내 전체 일자리 수 중 중심지 내 일자리 수의 비중)

- ③ 압축도(분석단위 - 도시, 단위 지역): 가중 평균 중력지수 $G = \frac{\sum_{i \in G} W[i] \cdot G_i}{\sum_{i \in G} W[i]}$,

$$G_i = \sum_{j \in G - \{i\}} \frac{W[j]}{e^{\beta \cdot d[i, j]}} \quad (W[i]: \text{지역 } i \text{의 속성, } d[i, j]: \text{지역 } i-j \text{간 거리, } \beta: \text{거리조락계수})$$

- ④ 확장성(분석단위 - 도시): 기존 개발 토지 면적 대비 확장 가능 토지 면적의 비중, 확장 가능 토지는 도시 경계를 기존 개발지 면적의 2배가 될 때까지 버퍼링한 후 기존 개발지 및 개발 불능 지역을 제외하여 산출

- ⑤ 불연속도(분석단위 - 도시): 도시 클러스터 추출 후 클러스터를 면적에 따라

내림차순으로 정렬 후 지표 계산 - $DC = \sum_{n=1}^N \left(\frac{\sum_{i=n+1}^N A_i}{A_n} \right) \left(\frac{\sum_{i=n}^N A_i}{A_{total}} \right)$ (N: 클러스터의 수, A_n : 클러스터 n 의 면적, A_{total} : 클러스터 전체의 면적)

- ⑥ 토지혼용도(분석단위 - 도시): 전체 지역의 토지용도 n 의 면적 대비 특정 지역

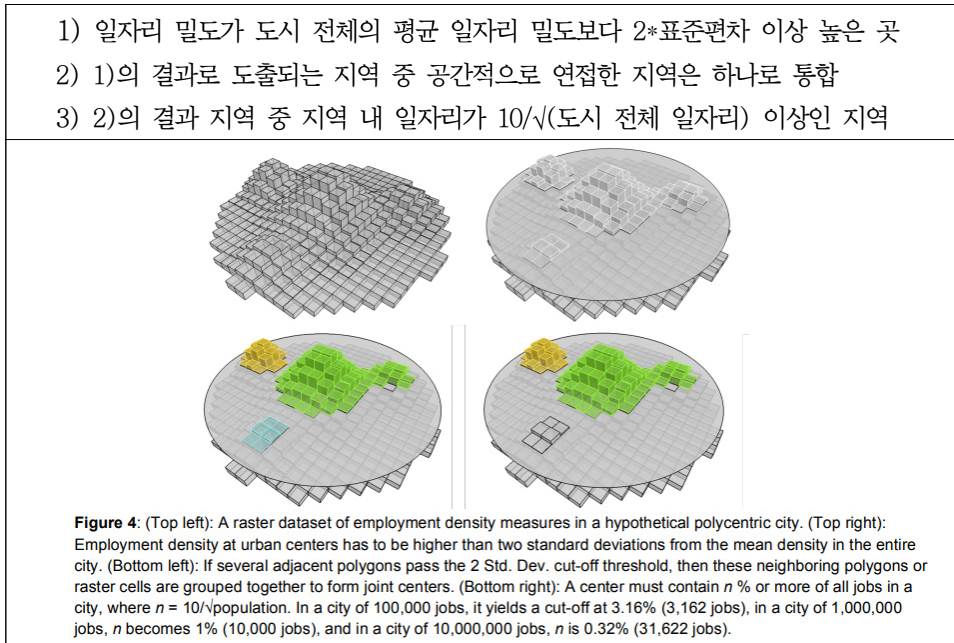
i 내 토지용도 n 의 면적 비중인 $S_{n:i} = \frac{w[LU_{n:i}]}{\sum_{n=1}^N w[LU_{n:i}]}$ 산출 $\rightarrow$ 지역 i 에서 평균적으로

기대되는 토지용도 n 의 면적 $S_{n:i}$ 를 계산하고 $M_{n:i} = 1 - |S_{n:i} - ES_{n:i}|$ 산출 $\rightarrow$

지역 i 내 모든 토지용도 면적 합의 S 를 이용하여 $MX_i = S_i \cdot \left(\prod_{n=1}^N M_{n:i} \right)$ 산출 $\rightarrow$

MX_i 의 평균값을 최종 토지혼용도로 산출

그림 2-4 | 대도시 형태 분석도구의 도시 내 중심지 추출 방법



자료: Amindarbari-Sevtsuk 2013, 10.

3) 도시 스프롤 메트릭 분석도구

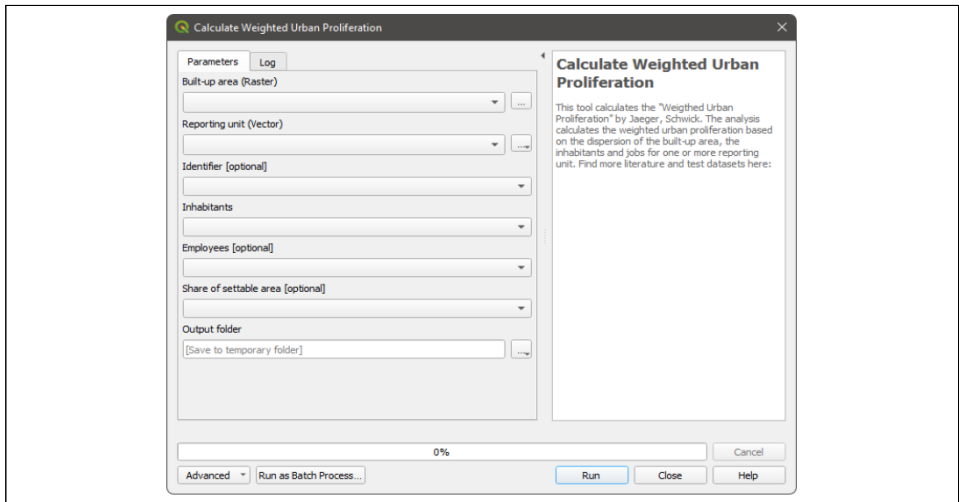
도시 스프롤 메트릭(Urban Sprawl Metric, USM)³⁾은 도시 확산을 정량적으로 분석하기 위하여 개발된 QGIS 플러그인 기반의 분석도구이다. 해당 도구에서는 가중 도시확산지수(Weighted Urban Proliferation, WUP) 및 도시 확산의 다양한 구성요소인 1인당 토지이용면적(Land Uptake per Person, LUP), 도시 분산도(Degree of Urban Dispersion, DIS) 등을 계산하는 기능을 제공한다. WUP는 도시침투지수(Urban Permeation, UP), DIS 가중치 및 LUP 가중치의 곱으로 계산하며⁴⁾, 도시 확산에 적합하지 않은 지역(예: 호수 등의 수역, 내륙 습지 등)은 제외하고 계산할 수 있다.

3) USM toolset(Urban Sprawl Metric toolset). https://plugins.qgis.org/plugins/usm_calculator-main/ (2024년 3월 27일 검색).

4) $WUP = UP \times w1(DIS) \times w2(LUP)$.

주요 입력 데이터로는 지역 현황을 담은 래스터 파일, 벡터 파일, 지역의 거주 인구수 및 일자리 수를 활용할 수 있다.

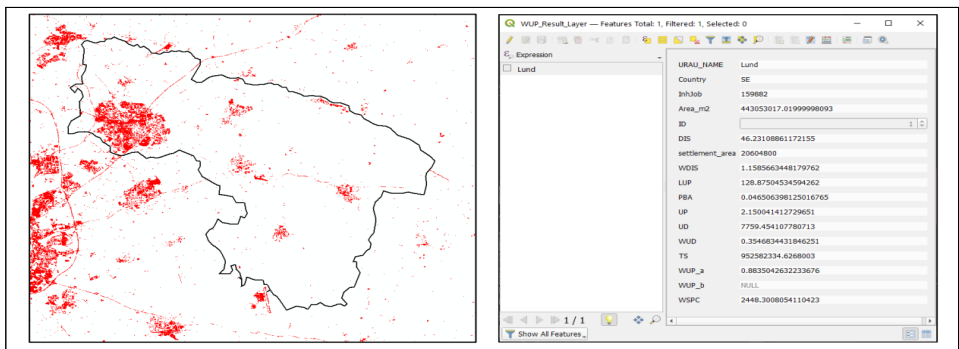
그림 2-5 | 도시 스프롤 메트릭 분석도구의 사용자 인터페이스



자료: Pourtaherian et al. 2023, 12.

Pourtaherian·Jaeger(2022)는 도시 스프롤 메트릭을 활용하여 60개의 유럽 도시를 대상으로 그린벨트 유무에 따른 도시 확산 정도를 비교하였으며, 녹지대가 미치는 도시 확산 완화 효과를 분석한 바 있다(<그림 2-6>).

그림 2-6 | 도시 스프롤 메트릭 분석도구를 활용한 WUP 계산 화면(스웨덴 Lund 지역)



자료: Pourtaherian et al. 2023, 23.

4) 도시 확장 아틀라스

뉴욕대학교, UN-Habitat, 링컨토지정책연구소의 도시 확장 아틀라스(Atlas of Urban Expansion)⁵⁾는 글로벌 도시 확장 현상의 정량적·정성적 특성을 모니터링하기 위한 연구 사업의 일환으로 2016년도에 개발된 웹 기반 대시보드형 정보 전달 도구이다. 세계 주요 도시의 인구, 도시 경계, 밀도, 도로 등에 관한 시계열 데이터를 수집하여 그 변화에 관한 통계 데이터(csv, excel), 차트, 지도 등을 제공한다. 도시 내부 지역 유형 분류(도시 시가화, 교외 시가화, 도시 공지 등), 개발 유형(충진식, 확장, 립프로그, 포용 등)은 자체적 분석기법을 적용하였다.

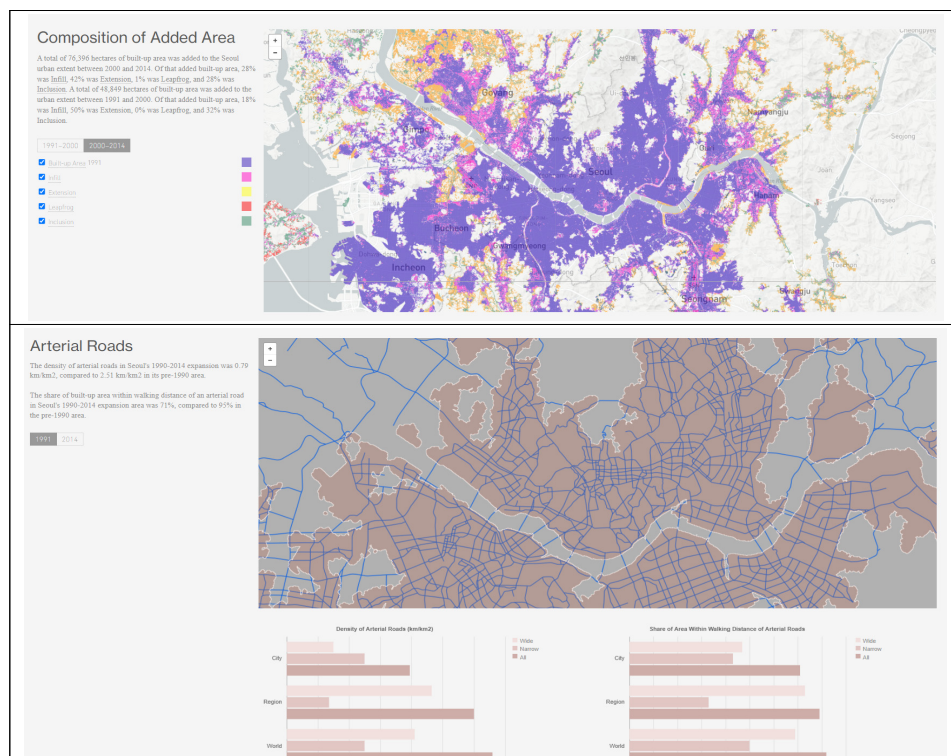
그림 2-7 | 도시 확장 아틀라스 내 서울 사례



자료: Atlas of Urban Expansion. <http://atlasofurbanexpansion.org/data> (2023년 6월 19일 검색).

5) Atlas of Urban Expansion. <http://atlasofurbanexpansion.org/data> (2023년 6월 19일 검색).

그림 2-7(계속) | 도시 확장 아틀라스 내 서울 사례



자료: Atlas of Urban Expansion. <http://atlasofurbanexpansion.org/data> (2023년 6월 19일 검색).

중심지 분석도구 관련 개발 사례들의 개발 목적, 개발 형태, 필요 데이터 등 주요 특징을 <표 2-2>와 같이 정리하였다.

표 2-2 | 중심지 분석도구 개발 동향 조사 결과

분석도구	개발 목적	개발 형태	데이터	분석지표/기능
도시 네트워크 분석도구 (2012)	지역 내 인구 중심지, 건물 밀집지, 잠재적 유동량 많은 지역, 랜드마크 입지 적정 지역 등 분석	ArcGIS 툴박스	- 도로 네트워크 - 건물 위치 및 속성(건물 내 상주/근무/활동인구, 건물 내 연면적 등)	네트워크 거리 기반의 건물 연결성/중심성(중력/매개/근접)/일직선성
대도시 형태 분석도구 (2012)	대도시의 형태적 특성에 관한 6대 지표를 계산하고, 정량적 지표로 도출	ArcGIS 툴박스	분석하려는 지표에 따라 인구, 건물, 토지 등 다양한 데이터 접목 가능	크기, 밀도, 커버리지, 다핵화, 압축도, 확장성, 불연속도, 토지혼용도
도시 스프롤 메트릭 분석도구 (2023)	도시 확산에 대한 지표들을 계산하고 정량적으로 도시 확산을 분석	QGIS 플러그인	- 기존 도시 지역 레스터 데이터 - 기존 지역 구조/속성 - 거주 인구/일자리 수	- 가중도시확산지수(WUP) 1인당 토지이용면적(LUP) - 토지이용밀도(UD) - 도시분산도(DIS) - 도시침투도(UP)
도시 확장 아틀라스 (2016)	글로벌 도시 확장 현상의 정량적, 정성적 특성 모니터링	웹기반 대시보드	세계 주요 도시의 인구, 도시 경계, 밀도, 도로 등 시계열 데이터	- 도시 내부 지역 유형 분류 - 개발 유형 - 분석결과 통계 데이터, 차트 등으로 함께 제공

자료: 본문 내 사례 정리한 내용을 바탕으로 저자 작성.

중심지 분석도구 관련 개발 사례를 살펴본 결과, 각 사례는 서로 다른 목적을 가지고 각자의 방법론을 활용하여 다양한 형태의 분석도구를 개발하였으나, 큰 틀에서는 도시·지역 계획의 경직성을 극복하고, 데이터와 과학적 방법론을 기반으로 지역의 여건과 특성에 맞는 유연한 분석 환경을 지원하고자 하는 공통의 목적을 가지고 있음을 확인하였다. 특히, 중심지는 해당 지역의 인구규모, 도시성장 형태, 지형적 특성 등에 따라 지역별로 상이하게 나타나기 때문에 다양한 분석기준을 적용할 수 있도록 지원해야 할 필요성이 있다.

분석도구의 개발 방법 차원에서는 다음과 같은 시사점을 얻을 수 있었다. 첫째, 데이터 기반의 이론적 토대를 갖춘 분석방법을 자체적으로 구현하여 분석도구의 기능으로 제공한다. 둘째, 지역 여건과 특성에 따라 다양한 데이터 및 분석방법/지표를

선택적으로 활용할 수 있도록 하는 유연성을 제공한다. 셋째, 분석도구는 데이터 분석 지표 등을 입력/선택할 수 있는 인터페이스를 갖추고 있으며, 분석결과를 통계값, 지도 시각화 등을 통해 알기 쉽게 제공하는 등 사용자 편의성을 제공한다.

분석도구를 개발하는 일차적인 이유가 기존의 상용 소프트웨어에서 제공하지 않는 분석기능을 제공하기 위한 것이다 보니, 중심지 분석도구에서 이론적 토대를 갖춘 분석방법을 제공하는 것이 중요하며, 이때 지역 여건과 특성에 맞는 데이터와 분석 지표를 유연하게 적용할 수 있는 분석방법을 탑재하는 것이 중요해 보인다. 이에 따라 다음 절에서는 중심지 분석방법에 대한 고찰을 통해 중심지 분석도구가 제공할 분석 방법의 방향성을 탐색해 보고자 한다.

2. 중심지 분석방법

중심지 분석방법을 논하기에 앞서 먼저 중심지에 대한 개념을 다루고자 한다. 중심지는 선행연구(Deng et al., 2019; Krehl·Siedentop, 2019; Long et al., 2022; Veneri, 2013; Yu et al., 2021; Zhang et al., 2021; 김선재·이수기, 2021, 황명화 외, 2022a) 고찰 결과를 토대로, 중심지 분석에 대한 접근법에 맞춰 정의할 수 있다. 중심지 분석에 대한 접근법은 공간 내부 사상(事象)의 공간분포와 집적도를 분석 대상으로 하는 밀도 접근과 공간에서의 사람, 물자, 정보 등의 상호작용(유입·유출 흐름)을 분석대상으로 하는 상호작용 접근으로 나뉜다(Yu et al., 2021; Zhang et al., 2021; 황명화 외, 2022b)(〈표 2-3〉).

먼저, 밀도 접근에서 중심지는 집적·규모의 경제가 실현될 정도로 다양한 활동과 그에 따른 기능이 ‘고밀도로 집중·집적되는 장소(agglomeration)’라고 정의한다. 그리고 상호작용 접근에서 중심지는 주변에서 사람, 물자, 자금 등의 흐름을 끌어들이거나 주변으로 내보내는 ‘유입·유출 흐름의 노드(node)’로 정의한다. 여기서 밀도 접근과 상호작용 접근은 상호 배타적이지 않으며, 상호 보완 관계를 형성한다(Veneri, 2013; Yu et al., 2021). 따라서 본 연구는 두 접근을 모두 아우르는 차원에서 중심지를

‘사람들의 다양한 활동과 그에 따른 기능이 집중·집적되어 있는 장소(agglomeration)로, 그러한 상태의 원인 또는 결과로 공간에 나타나는 사람, 물자, 정보 등의 흐름을 끌어들이거나 내보내는 노드(node)’로 정의하였다.

표 2-3 | 중심지 분석을 위한 밀도 접근 및 상호작용 접근 비교

분석대상	밀도 접근	상호작용 접근
개념	다양한 인간활동의 ‘고밀도 집적지(agglomeration)’	사람, 물자, 정보 등에 관한 유입·유출 흐름의 ‘노드(node)’
데이터	(고용 중심지 추출) 단위공간 면적 대비 일자리 수, 즉 고용밀도에 관한 데이터 (활동(인구) 중심지 추출) 건물 밀도(단위공간 면적 대비 (비주거용) 건물 연면적), 기차국 신호 수신 휴대전화 수로부터 추정된 활동 인구밀도, 단위공간 면적 대비 대중교통(택시 등) 승하차 인원수, 사람들의 활동과 직결되는 시설(예: 음식점, 소매점포, 업무용 건물, 버스정류장 등)의 POI 밀도 등	- 목적통행(예: 통근) OD 데이터 - 취업자 수(거주지 기준, 근무지 기준, 거주지-근무지 조합별)
분석 방법	(컷오프 방식) 단위공간별 밀도값에 기준값을 적용하여 기준값 이상인 공간상에 연결된 일군의 단위공간을 중심으로 추출(예: 총 일자리 수 기준 적용) (밀도함수의 모수적 또는 비모수적 추정 방식) 분석대상 지역에 대해 (고용) 밀도함수를 추정한 후 중심지를 추출하거나, 비모수적 추정의 경우 국지 가중 회귀 등을 주로 활용 (공간적 자기상관 지표 적용) 단위공간별로 산출한 밀도값에 국지적 Moran's I 등 공간적 자기상관지표를 적용하여 중심지 추출	- 사회연결망 분석방법을 토대로 한 중심지 지수 등을 산출한 후, 기준값(예: 1)을 적용하여 중심지 추출 - 중심지로의 통행(예: 통근)과 중심지로부터의 통행(예: 역통근)에 관한 분석지표를 활용하여, 중심지와 계층관계를 형성하는 주변 배후지 추출 - 커뮤니티 탐지, 계층적 합역법(Intramax), 요인분석법 등을 활용하여, 복수의 중심지-주변 배후지 관계가 중첩되어 형성되는, 일종의 커뮤니티와 같은 연계 권역 도출
분석의 한계	(컷오프 방식) 컷오프 기준값을 자의적으로 선정할 수 밖에 없어 이 경우 분석 지역에 대한 충분한 사전지식이 필수 (밀도함수의 모수적 또는 비모수적 추정 방식) 분석 과정이 복잡하고, 추정 결과가 분석 지역의 특성을 충분히 반영하지 못할 가능성이 있으며, 비모수적 추정의 경우, 도시 외곽에 위치하고 총 일자리 수가 적은 단위 공간을 중심으로 추출할 위험이 있고, 국지 가중 회귀를 사용할 때 국지적 이웃 반영 선정에 자의성이 내재되어 있으며, 모수적 추정은 (고용)밀도함수가 공간적 대칭성을 갖는다는 비현실적 가정에 근거 (공간적 자기상관 지표 적용) 분석단위 공간의 크기에 따라 분석결과가 달라질 수 있으며, 공간적 자기상관을 고려하는 이웃 선정에 자의성 내재	- 마이크로 공간 단위에서는 목적통행 등 유입·유출 흐름 데이터의 구득이 쉽지 않음 - 마이크로 공간단위에서 OD 행렬 데이터를 구득하더라도, 단위 공간의 크기가 작아질수록 행렬의 사이즈가 커져 분석 부담이 급증 - 특정 도시 지역에 한정하여 OD 행렬을 분석할 수 있으나, 이 경우 도시 지역 내 단위 공간 간의 흐름만을 분석하게 되어 현실을 충분히 반영하지 못할 위험 존재

자료: 황명화 외 2022b, 33.

선행연구에서 중심지 분석을 위해 활용한 중심지 분석지표를 정리하면 <표 2-4>와 같다. 밀도 접근은 인간활동이 고밀도로 집적되어 있는 장소를 중심지로 정의하며, 중심지 추출을 위해 주로 근무인구(고용) 밀도와 수, 거주인구 밀도와 수, 또는 사업체 밀도 등을 주요 분석지표로 활용한다. 황명화 외(2022a)에서는 근무인구 및 거주인구의 커널밀도 추정치를 산출하여 활용하였고, 김선재·이수기(2021)는 사업체 POI 커널밀도 추정치를 활용하였다. 앞서 설명한 바와 같이 상호작용 접근은 사람, 물자, 정보 등에 대한 유입 및 유출 흐름을 기반으로 중심적 기능을 수행하는 노드(node)를 중심지로 정의한다. 예를 들어, Zhang et al. (2021)에서는 영국 지하철 교통카드 사용 데이터를 활용하여 지하철역 간 통행 OD 행렬을 기반으로 런던 지역 내 공간구조의 변화를 분석하였다.

표 2-4 | 선행연구에서 활용한 중심지 분석 접근법 및 분석지표

선행연구	접근법	중심지 분석지표
전명진(1995)	밀도	• 지역별 통행밀도(업종별종업원수*업종별 통행유발원 단위/면적), 일자리 수 및 고용밀도, 인구수 및 인구밀도
하성규·김재익·전명진(1995)		• 고용밀도
임은선 외(2006)		• 인구밀도, 연속성, 토지혼용도, 중심성
홍남희·이명훈(2011)		• 인구수, 세대 수, 지가, 주거/상업/업무 용도의 건물 연면적
오용준 외(2018)		• 인구밀도, 도심까지의 거리
정현욱(2019)		• 사무실/중심상업/근린상업 용도의 건물 연면적 및 밀도
이수빈·남진(2021)		• 거주인구밀도 및 수, 평균 공시지가, 서비스업 종사자 밀도, 서비스업 사업체 수, 제3종 일반주거지역 이상의 상위용도지역의 비율, 노후도가 양호가 건축물의 수, 최근 5년간 신축된 건물의 수, 비거주용 건축물의 수, 인구유발시설의 수, 대로3류 이상의 도로율, 지하철역 반경 500m인 역세권의 수, 생활인구수, 주중 평균 신용카드 매출액, 주말 평균 신용카드 매출액, 지하철역 승하차 인원수
Deng et al.(2019) Yu et al.(2020) 김선재·이수기(2021)		• POI 밀도
제천시(2021)		• 전화번호부 수록 사업체 수
황명화 외(2022a)		• 근무인구 밀도와 수, 카드가맹점 밀도와 수, 상주인구 밀도와 수
Bassolas et al.(2019)	상호작용	• 지역 내부 통행 총 유출량
Zhang et al.(2021)		• 지하철역 간 인구이동 수
오용준(2022)		• 내향 연결중심성, 모바일 인구이동수와 비율

자료: 황명화 외 2022a, 34, <표 2-2>를 토대로 내용 추가 및 재구성.

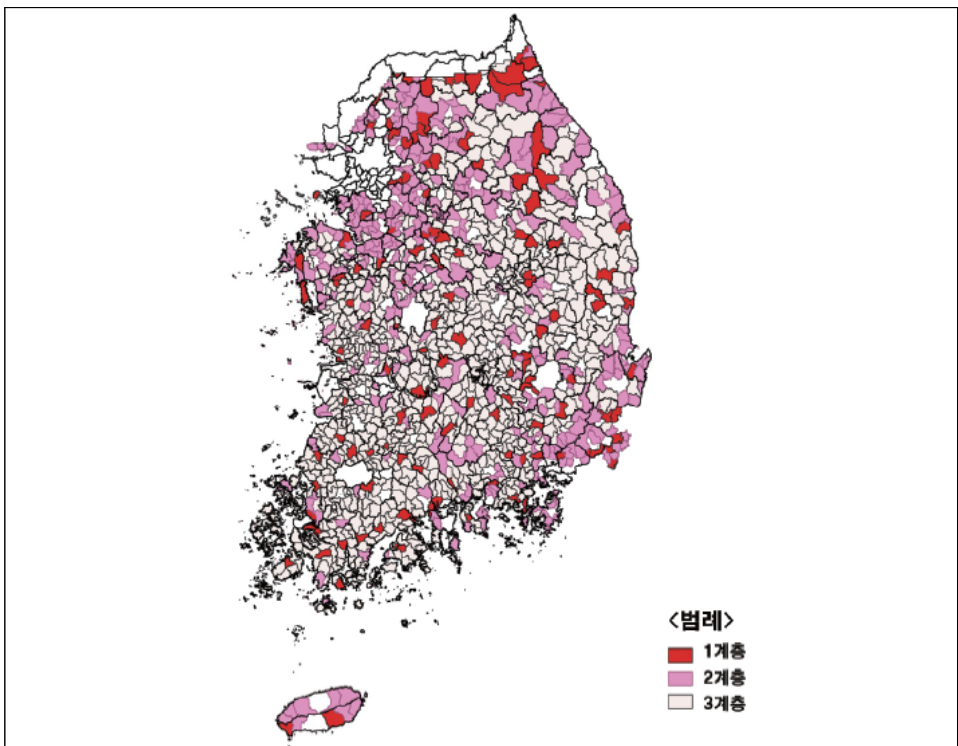
선행연구 검토 결과, 대체로 밀도 접근과 상호작용 접근 중 한 가지 접근에만 초점을 맞춰 중심지 추출을 시도하였으나, 본 연구에서는 두 접근 방법을 모두 활용하고자 한다. 이는 중심지 분석의 설명력을 높이기 위해서는, 인구밀도와 고용 밀도와 같이 공간구조 형태를 반영할 수 있는 밀도 접근, 그리고 통행과 같은 기능적 연계에 초점을 맞추는 상호작용 접근을 통합하는 다차원 접근이 필요하기 때문이다(Yu et al., 2021). 또한 중심지 추출과 더불어, 중심지의 관계적 속성으로서 중심지와 주변 간 통행 연계 분석·시각화도 수행하였다.

한편 공간정책 분야에서도 중심지 분석을 수행하였는데, 특히 농촌 중심지 육성·활성화 사업을 지원하기 위해 분석을 수행하였다. 실제로 정부는 인구감소, 고령화, 과소화, 지역소멸 위험 등 국토여건 변화에 따라 농촌 중심지 기능을 강화하거나 육성하기 위한 정책을 꾸준히 추진해 온 바 있다(송미령 외, 2020). 농촌의 중심지 활성화를 위해 ‘농촌중심지활성화사업’과 ‘기초생활거점사업’을 추진해 왔다(송미령 외, 2020; 「2023년 일반농산어촌개발 사업시행규칙」, 2023). 농촌중심지활성화사업은 농촌 지역에서 중심 기능을 수행하는 읍·면 소재지를 대상으로 교육·복지·문화 등의 공공 기능을 확충하고, 이러한 서비스를 배후 마을로 전달하기 위한 거점으로 육성하기 위한 사업이다. 기초생활거점사업은 상위 중심지의 기능을 보완하면서, 해당 중심지에서 제공하는 서비스에 접근하기 어려운 배후 지역에 필수적인 생활 서비스를 공급할 수 있는 작은 거점을 조성하기 위한 사업이다.

이 같은 현행 농촌중심지사업은 데이비스 기능 지수법을 활용하여 중심지 계층을 분리하고 계층별로 농촌중심지활성화사업 대상인 중심지 또는 기초생활거점사업 대상인 중심지로 구분하여 추출하였다. 이러한 유형 구분은 농촌 중심지의 특성을 제대로 반영하기 어렵다. 이는 농촌 중심지가 대도시 접근성과 공간 계층구조 등에 따라 역할과 중심성 수준이 다양하다는 점을 충분히 고려하지 못하기 때문이다(송미령 외, 2020). 분석의 단위 공간으로서 읍면을 활용함에 따라, 읍면 내에서 실제 중심지의 위치나 범위는 파악하기 어렵고, 그에 따라 농촌중심지사업의 사각지대가 발생할 우려가 있다(심재현, 2023).

농촌중심지사업을 지원하기 위한 중심지 분석의 한계를 보완하기 위해, 송미령 외 (2020)는 향후 농촌중심지활성화사업 개편 방향에 관한 논의의 일환으로서 농촌 중심지 추출 기준과 중심지 유형 구분 방안을 제시하였다. 하지만 중심지 계층을 읍·면 단위에서 분석하는 데 그쳐 사람의 활동이 집적되는 실질적 중심지를 추출하거나, 또는 중심지로의 접근성 등 지역의 공간구조 현황을 미세하게 파악하는 데 한계가 있다(그림 2-8).

그림 2-8 | 전국 농촌 지역(읍·면)의 규모별 중심지 분포

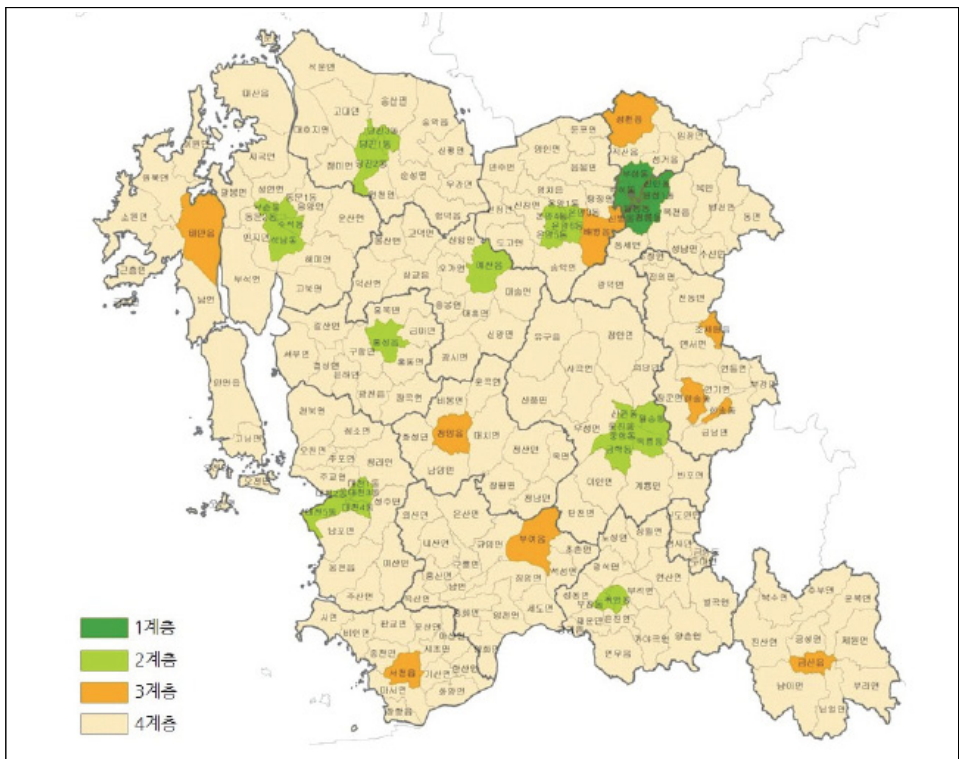


주: 전국 농촌 읍·면 지역별로 농촌 중심지 규모에 따라 지도로 표시.

자료: 송미령 외 2020, 42, <그림 3-3>.

이상준·유예나(2018)는 인구감소 대응을 위한 콤팩트&네트워크 공간발전 전략 차원에서 지역 간(지방자치단체 간, 중심지 간 등) 연계협력 활성화 방안을 제시하기 위해 지역 중심지를 추출하고 계층구조를 분석하였다. 그러나 중심지 계층구조, 주변과의 연계 등을 동·읍·면 단위로 분석하여 지역 내 중심지와 주변 지역과의 관계 등 지역 공간 구조를 세밀하게 파악하기는 어렵다는 한계가 있다(〈그림 2-9〉).

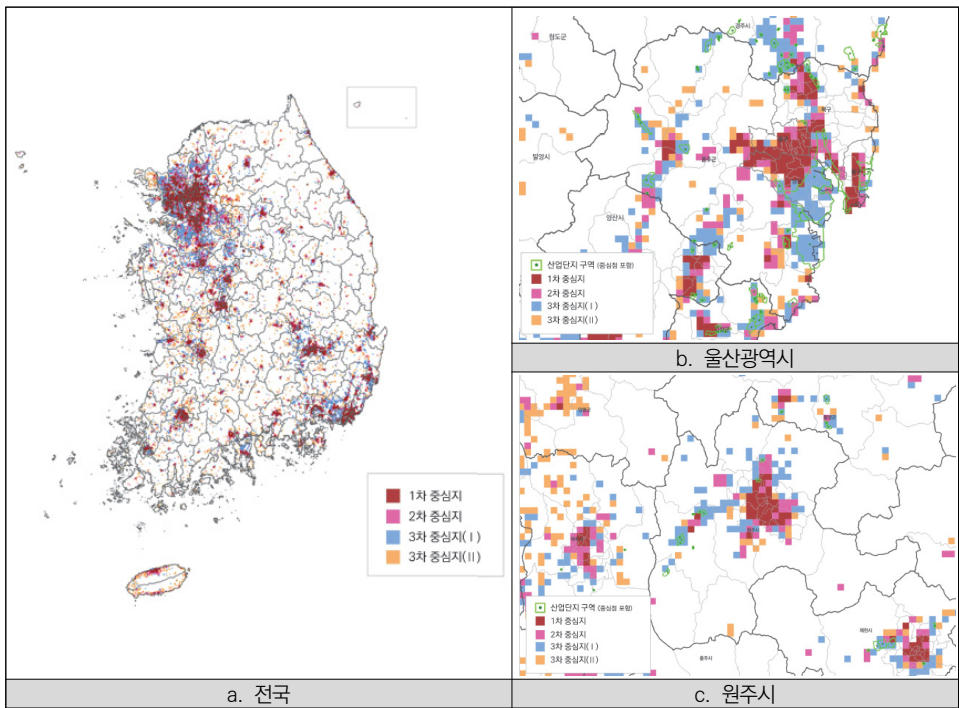
그림 2-9 | 충청남도 중심지 계층구조 현황(세종특별자치시 포함)



자료: 이상준·유예나 2018, 24, 〈그림 3-1〉.

국토모니터링 사업(국토교통부, 2023)에서는 데이터 기반의 과학적·체계적 국토 모니터링 추진을 목표로, 1km×1km 격자 기반의 거주인구, 근무인구, 자택-직장주소지 OD 매트릭스 등의 데이터를 활용하여 전국을 대상으로 중심지를 네 종류로 구분하여 분석·추출하였다(〈그림 2-10〉). 해당 연구는 기존 연구와 비교해 봤을 때 마이크로 공간 데이터를 활용하여 지역별 중심지 현황을 미세하게 파악했다는 데 의의가 있다. 그러나 전국을 동일한 기준을 통해 분석하였기에 수도권의 경우, 대부분의 지역이 중심지로 도출되는 반면 지방 소도시는 상위 중심지가 도출되지 않는 차이가 발생한다. 따라서 해당 연구에서는 지역의 여건과 특성에 맞추어 분석기준을 변경하여 적용할 것을 권장하고 있다.

그림 2-10 | 국토모니터링의 중심지 분석결과



자료: 국토교통부 2023, 54(a), 58(b), 60(c).

국토모니터링 사업(국토교통부, 2023)을 제외하고 대부분의 공간 정책 연구에서는 행정구역 단위 데이터를 활용하였는데, 앞으로는 마이크로 공간데이터를 활용하여 중심지를 분석할 필요가 있으며, 이러한 방법은 다음과 같은 차별성을 가진다. 미시적 단위로 데이터가 구축되어 이를 다양한 시공간적 스케일(포인트, 격자, 읍·면·동, 시·군·구)에서 분석할 수 있고, 이는 도시 및 지역 계획의 유형에 따라 원하는 형태로 가공하여 활용할 수 있으므로 활용성이 높다고 볼 수 있다. 데이터의 시공간적 상세도가 높아 중심지를 세밀하게 추출할 수 있고, 변화상 또한 시계열적으로 탐지 가능하다. 행정구역과 같이 사전에 정의된 공간 경계에 의존적이지 않아, 자연적인 도시 발달 형태도 파악하기 용이하다.

그러나 마이크로 공간데이터 기반 중심지 분석방법은 다음과 같은 한계가 있다. 마이크로 공간데이터는 수집 시간이 많이 소요되고 비용이 높은 편이며, 데이터 용량이 커지면 수집·관리에 어려움이 있을 수 있다. 데이터의 해상도가 높아질수록 분석에 필요한 컴퓨팅 자원이 늘어나며, 그로 인해 분석 과정이 복잡해지고 시간이 더 많이 소요될 수 있다. 마이크로 데이터는 특정 지역에 대한 정보는 상세하게 제공할 수 있으나, 이를 다른 지역에 일반화하는 데는 한계가 있다. 공간단위가 작아질수록 개인정보보호 문제로 마스킹 처리되는 값이 있어 분석결과에 오류가 발생할 수 있다.

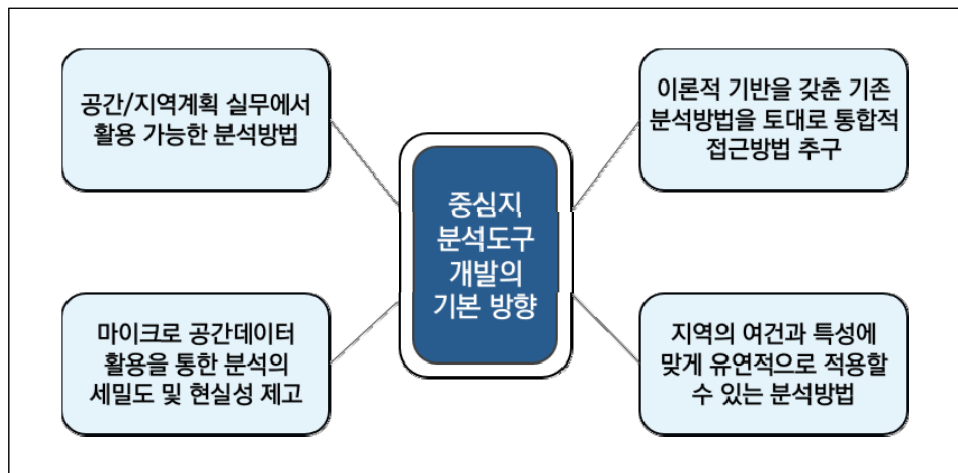
이러한 한계에도 불구하고, 중심지 분석에 마이크로 공간데이터를 활용해야 할 필요성은 다음과 같이 정리할 수 있다. 첫째, 행정구역과 같이 인위적으로 정의된 공간이 아닌 사람들이 실제 생활하고 경험하는 공간을 대상으로 중심지를 추출하고 중심지와 기능 연계를 형성하는 권역(또는 중심지 영향권)을 파악함으로써 공간 계획 및 정책의 현실성을 높일 수 있다. 둘째, 최근 인구감소, 지방소멸 등 국토 공간상의 변화에 공간 계획 및 정책이 민감하게 대응하기 위해서는 각 지역의 여건과 특성을 미세하게 파악할 수 있어야 하며, 지속적으로 마이크로 공간데이터를 구축, 활용하여 중심지 추출 및 공간 구조 진단도 요구받고 있다.

3. 시사점 : 중심지 분석도구 개발의 기본 방향

국내의 사례 고찰을 통해 중심지 분석에 있어 다양한 데이터와 분석지표를 통합한 다차원적 접근이 필요하며, 지역 현황을 미세하게 파악할 수 있는 마이크로 공간데이터의 활용이 필요함을 확인하였다. 또한, 지역 여건과 특성에 맞는 데이터와 분석지표 등을 선택하여 분석할 수 있도록 지원해야 할 필요가 있음을 확인하였다. 결과적으로 도시·지역계획의 경직성을 극복하고, 데이터와 과학적 방법론을 기반으로 지역 여건과 특성에 맞는 유연한 분석환경을 지원하기 위한 중심지 분석도구가 필요하다는 결론을 도출할 수 있다.

중심지 분석도구 개발 동향과 중심지 분석방법 고찰을 통해 도출한 시사점을 바탕으로 <그림 2-11>과 같이 중심지 분석도구의 기본 방향을 네 가지로 설정하였다.

그림 2-11 | 중심지 분석도구 개발의 기본 방향



자료: 저자 작성.

첫째, 도시·군기본계획, 농촌공간전략계획 등 각종 공간계획의 실무에서 수시로 활용 가능한, 중심지 분석방법을 제시함으로써 분석도구의 유용성을 높인다. 도시·

군기본계획 수립 지침상에 지역별 중심지 체계 등을 분석하여 공간구조를 진단하도록 법에서 명시하고 있으나, 기존의 도시·군기본계획 대부분은 정성적 방식 위주로 기존 중심지 체계를 진단하고 이를 바탕으로 미래 중심지 체계를 구상해 왔다. 그런데 최근 일부 지역에서 데이터에 기반한 분석결과를 바탕으로 시·군 내 중심지를 분석하기 위한 시도가 있으나, 이를 지원하기 위한 활용 가능 데이터, 분석방법 등에 관한 체계적인 기준이나 가이드라인이 미비한 실정이다.

둘째, 마이크로 공간데이터를 활용한 분석방법을 탑재한 분석도구를 개발함으로써 분석의 세밀도 및 현실성을 제고한다. 읍·면·동 등의 행정구역보다 세밀한 공간단위(격자, 포인트 등)에서 측정된 사람들의 실제 거주지와 근무지, 시설 등에 대한 데이터를 이용하여 중심지를 분석하는 방법을 포괄하는 분석도구를 개발하고자 한다. 이는 마이크로 공간데이터를 활용한 분석결과는 지역의 미시적 현황과 특징을 반영하므로, 현실 상황에 맞는 중심지 체계를 설정하고 공간계획을 수립하는 데 도움을 줄 수 있기 때문이다.

셋째, 분석도구는 기존 중심지 분석방법을 개선하는 효과를 도모함으로써 분석방법의 실무 활용 가능성을 제고할 뿐만 아니라 이론적 토대도 견고히 한다. 본 연구는 선행 연구(김선재·이수기, 2021; 오용준, 2022; 황명화 외, 2022a; Deng et al., 2019)에서 제안한 중심지 분석방법 개선 차원에서 분석도구를 개발하였다. 예를 들어 황명화 외(2022a)는 공간구조 분석의 두 가지 요소인 밀도 접근과 상호작용 접근 방식 중 밀도 접근 차원에서만 중심지 분석을 수행하였는데, 본 연구는 공간구조 분석의 두 가지 접근인 밀도 접근과 상호작용 접근의 두 방법을 분석도구에 담고자 하였다.

넷째, 지역의 여건과 특성에 따라 유연적으로 적용할 수 있는 분석방법을 분석도구를 통해 구현한다. 중심지 추출에 있어 특정 임계치와 같은 하나의 획일적인 고정 기준을 적용하는 것보다는 해당 지역의 다양한 특성을 반영할 수 있는 방법을 분석도구에서 구현할 필요가 있다. 즉 중심지 추출을 위한 특정 기준값(임계치)을 제시하는 것은 본 연구 범위에 해당하지 않으나, 참고로 할 수 있는 기준값을 분석도구에서 활용할 수 있게 하였다.

CHAPTER 3

중심지 분석도구 개발구상 및 기능 정립

- 1. 중심지 분석도구 기본구상 43
- 2. 중심지 분석도구 개발 프로세스 51
- 3. 중심지 분석도구 사용자 정의 및 요구사항 53
- 4. 중심지 분석도구 기능 정립 56

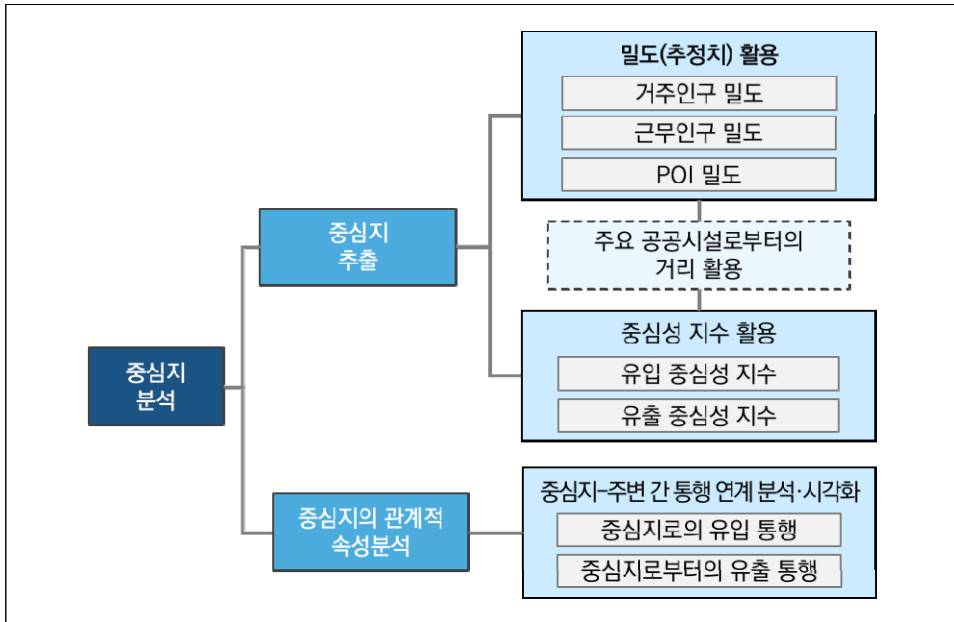
03 중심지 분석도구 개발구상 및 기능 정립

이 장에서는 먼저, 중심지 분석도구 개발을 위한 기본구상을 마련하고, 개발 프로세스를 정립하였다. 다음으로, 중심지 분석도구의 사용자를 정의한 후 사용자 요구사항을 분석하고, 활용 가능한 데이터를 검토하였다. 그리고 본 연구에서 개발하는 중심지 분석도구에서 제공할 기능을 정립하기 위해 중심지 추출 기능의 분석지표 및 데이터와 중심지 분석방법을 논의하고, 중심지의 관계적 속성 분석에 해당하는 중심지와 주변 간 통행 연계 분석·시각화 기능의 분석지표 및 데이터를 정의하였다. 끝으로 통행 연계 분석·시각화 방법을 논의하였다.

1. 중심지 분석도구 기본구상

중심지 분석도구 개발의 기본방향에 따라 중심지 분석방법의 프레임워크를 설정하였다. 본 연구가 개발하는 분석도구에서 구현하는 분석방법은 중심지 추출과 추출한 중심지의 관계적 속성(중심지와 주변 간의 통행 연계)을 분석하는 두 부분으로 구성된다(〈그림 3-1〉).

그림 3-1 | 중심지 분석도구의 분석방법 프레임워크



주: 점선으로 된 박스는 보조지표를 의미함.

자료: 저자 작성.

첫 번째로, 분석도구의 중심지 추출 기능은 중심지 추출의 두 가지 접근법인 ‘밀도(추정치)’를 활용하는 ‘밀도 접근법’과 ‘유입·유출 중심성 지수’를 활용하는 ‘상호작용 접근법’ 모두를 포괄한다. 그리고 보조 기능으로서 ‘주요 공공시설로부터의 거리’를 활용하는 기능도 구현한다.

밀도 접근법에서는 거주인구, 근무인구, POI 밀도를 분석지표로 활용하여 중심지를 분석하며, 상호작용 접근법에서는 목적 통행 OD 데이터를 활용하여 유입·유출 중심성 지수를 계산하여 중심지를 추출하는 상호작용 접근법을 적용한다. 밀도 접근법과 상호작용 접근법은 상호 배타적이지 않고 상호 보완적(Veneri, 2013; Yu et al., 2021)이라는 점을 고려하여 두 가지 접근법을 통합하여 분석도구에서 구현하고자 하였다. 두 접근의 통합은 중심지의 두 가지 측면, 즉 ① 중심지가 공간상에서 사람들의 다양한 활동과 연결되는 ‘거주인구, 일자리, 각종 시설, 토지이용’ 등이 ‘(고밀도로) 집적해

있는 장소'임과 동시에, ② 사람들의 '통행을 끌어들이거나 내보냄으로써 주변에 의미 있게 영향을 가하는 장소'라는 점을 효과적으로 반영할 수 있다.

한편, 마이크로 공간데이터를 활용해 분석 시 일부 비수도권 시·군(특히 해당 시·군 내 읍면부)의 경우, 마이크로 단위공간(격자)별 거주인구 또는 근무인구 밀도가 낮아 밀도 접근법 및 상호작용 접근법을 통해 중심지 추출을 시도하더라도 읍·면 사무소 소재지에 준하는 중심지가 추출되지 않는 경우가 발생할 우려가 있다. 이러한 경우를 보완하기 위하여 중심지 추출의 보조 기능으로서 '주요 공공시설⁶⁾로부터의 거리', 즉 해당 시설로부터 특정 거리 내에 위치한 폴리곤을 중심지 후보로 추출하는 방법을 분석 도구 기능에 포함시켰다. 즉 밀도 접근과 상호작용 접근의 통합과 더불어 주요 공공시설로부터의 거리를 보조지표로 함께 활용할 수 있도록 함으로써, 비수도권 시·군(또는 읍면부)의 중심지를 보다 효과적으로 추출할 수 있게 하였다.

두 번째로, 추출한 중심지의 관계적 속성을 분석하기 위하여 해당 중심지와 주변 간 통행 연계를 분석·시각화하는 기능을 분석도구에 추가하였다. 이때 목적 통행 OD 데이터를 활용하고자 하였으나, 마이크로 공간단위 데이터 구득의 한계로, KCB의 '주택주소지-직장주소지 매트릭스'를 '통근통행 OD'로 가정하고, 해당 데이터를 활용하였다. 중심지-주변 간 통행 연계는 중심지로부터의 유출 통행과 중심지로의 유입 통행으로 구분하여 분석·시각화할 수 있도록 기능을 구현하고자 하였다.

6) 행정복지센터(동·읍·면 사무소 등), 보건소/보건지소, 초등학교 또는 파출소/지구대 등을 포함한다.

본 연구에서 정의한 중심지 분석방법은 크게 ‘중심지 추출’과 ‘중심지 속성분석’ 부분으로 나뉘는데, 각 분석방법을 적용하는 데 필요한 기능을 오픈소스 및 상용 GIS 소프트웨어에서 제공하는지를 검토하여, 중심지 분석에 필요하나 GIS 소프트웨어에서 제공하지 않는 기능을 중점적으로 개발하고자 하였다. 가장 널리 활용되는 GIS 소프트웨어로는 오픈소스 기반의 QGIS와 Esri의 ArcGIS Pro 및 ArcMap이 있다. 전술한 GIS 소프트웨어를 대상으로 본 연구에서 정의한 중심지 분석방법을 적용하는 데 필요한 기능을 제공하는지를 검토한 결과, <표 3-1>과 같이 유입·유출 중심성 지수 산출 기능과 중심지와 주변 간 통행 연계 분석·시각화 기능은 제공하지 않는 것을 확인하였다.

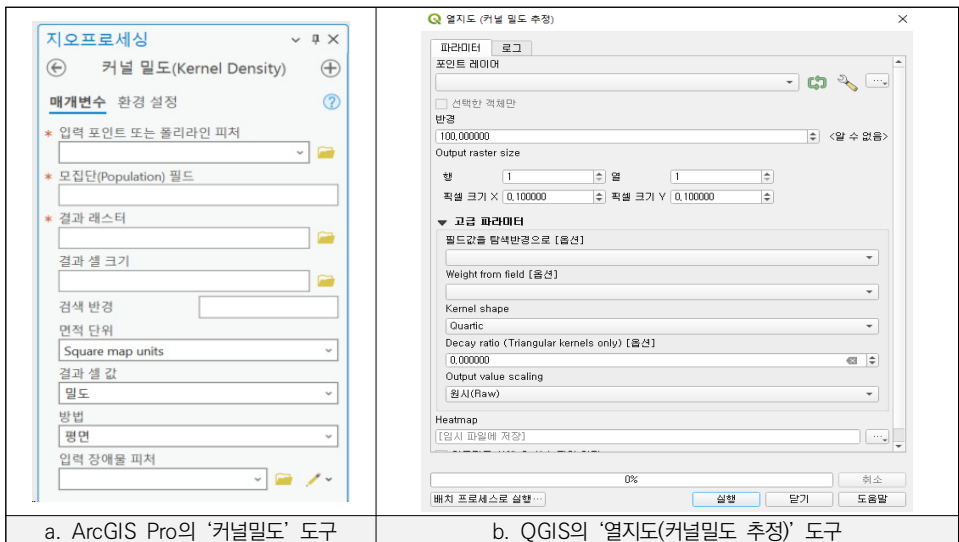
표 3-1 | 중심지 분석 기능 제공 여부 검토

기능		기존 GIS 소프트웨어 (QGIS, ArcGIS Pro, ArcMap)	본 연구
중심지 추출	밀도(추정치) 산출	○	X
	유입·유출 중심성 지수 산출	X	○
	특정 지점으로부터의 거리 산출	○	X
중심지 속성분석	중심지와 주변 간 통행 연계 분석·시각화	X	○
	중심지 내부 속성 확인	○	X

자료: 저자 작성.

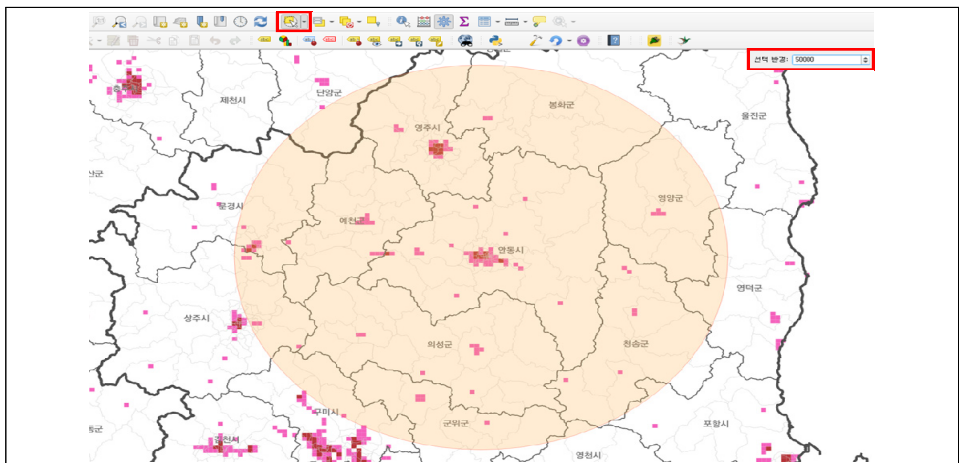
밀도 및 밀도 추정치(커널밀도) 산출 기능(그림 3-2)과 특정 지점으로부터의 거리를 바탕으로 한 객체 선택 기능(그림 3-3), 그리고 내부 속성을 확인하는 기능은 GIS 소프트웨어에서 제공하고 있는 것을 확인하였다.

그림 3-2 | GIS 소프트웨어에서 제공하는 ‘커널 밀도 추정’ 분석도구



자료: ArcGIS Pro(좌) 및 QGIS(우) 화면 캡처.

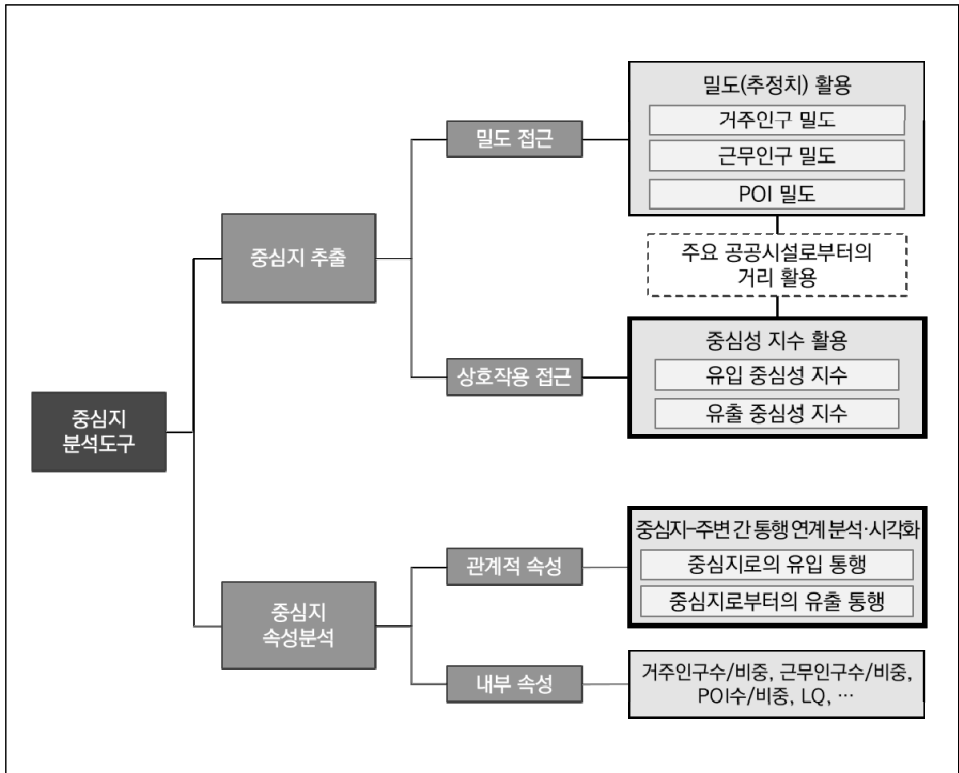
그림 3-3 | QGIS에서 제공하는 ‘반경으로 객체 선택’ 도구



자료: QGIS 화면 캡처.

본 연구에서는 중심지 분석에 필요하지만, 현재 GIS 소프트웨어에서 제공하지 않는 기능인 유입·유출 중심성 지수 산출 기능과 중심지와 주변 간 통행 연계 분석·시각화 기능을 중점적으로 개발하고자 한다(<그림 3-4>의 굵은 선으로 표시된 부분 참조).

그림 3-4 | 중심지 분석도구 기능 구상



주: 굵은 선으로 표시한 부분은 기존 GIS 소프트웨어에서 제공하지 않아 본 연구에서 신규로 개발하고자 하는 기능을 의미하며, 점선으로 표시한 부분은 보조자료로 활용되는 기능을 의미함.

자료: 저자 작성.

중심지 분석도구 구현방법은 웹, 앱, 하이브리드, GIS 소프트웨어 확장 방식 등 다양하며 각 구현방법별 장단점은 <표 3-2>와 같다.

표 3-2 | 분석도구 구현방법별 장단점 비교

구현방법	장점	단점/제약사항
웹 기반 프로그램	• 다양한 라이브러리 사용 • 외부 접근성 양호 • 모든 기기와 운영체제에서 사용 가능	• 데이터 경량화 필요 • 복잡한 계산 시 많은 시간 소요 • 다양한 접속 환경 테스트 필요 • 인터넷 연결 필요
앱 기반 프로그램 (PC 설치)	• 큰 용량(수십 GB)의 데이터 핸들링 가능 • 복잡한 계산 가능	• 다양한 기능 구현에는 많은 시간이 소요 • 로컬 환경에서만 구동 • 업데이트와 유지 보수의 어려움
인트라넷 웹	• 다양한 라이브러리 사용 • 사내 접근성 양호 • 약속된 접속 환경	• 100~200MB의 데이터 용량만 수용 가능 • 복잡한 계산은 오래 걸림
하이브리드 (인트라넷 서버+클라이언트 PC)	• 다양한 라이브러리 사용 가능 • 대용량(수십 GB)의 데이터를 서버에서 계산하여 결과 화면만 클라이언트로 전송 • 복잡한 계산 가능	• 인트라넷 환경에서만 구동 • 통신 프로그래밍 복잡
오픈소스 코드	• 사용자 인터페이스를 구현할 필요가 없으므로 개발 시간 단축 가능	• 프로그래밍 지식이 없는 사람은 접근하기 어려움 • 분석도구가 여러 개로 분할되어 사용성이 떨어질 수 있음
GIS 소프트웨어 기반 확장	• 타 방법에 비해 구현이 용이한 편 • 기존에 개발된 다양한 공간분석 기능 활용 가능	• ArcGIS, QGIS 등 GIS 소프트웨어를 설치해야만 사용할 수 있으므로 해당 소프트웨어에 대한 기초지식이 없으면 활용하기 어려움 • 로컬 환경에서만 구동

자료: 김승범 2023, 19-20의 내용을 토대로 저자 작성.

본 연구에서는 구현에 소요되는 시간과 구현 난이도를 고려하여 빠른 시간 내에 효율적인 개발이 가능한 GIS 소프트웨어 플러그인 방식을 채택하였다. GIS 소프트웨어 중 무료로 활용할 수 있고, 소스코드 유지 보수가 용이한 오픈소스 기반의 QGIS에 대한 ‘플러그인’ 형태로 개발을 진행하였다(<표 3-3>).⁷⁾

7) 공간분석 도구 개발 전문가와의 자문회의(2023년 6월 22일)를 통해, 본 연구에서 개발하고자 하는 중심지 분석 도구는 GIS 소프트웨어 플러그인 방식이 적합할 것으로 판단하였다. 스크립트나 툴박스는 기존 기능을 활용하여 도구를 구성하므로 기능 구현에 제약이 있지만, 플러그인 방식은 기존에 존재하지 않는 분석기능을 개발할 수 있다는 장점이 있다.

표 3-3 | GIS 소프트웨어 기반 구현방법별 장단점 비교

구현방법		장점	단점/제약사항
GIS 소프트웨어 기반 확장	모델빌더	• 코드 작성 없이 UI만을 활용하므로 구현이 용이한 편	• GIS 소프트웨어에서 제공하는 기존 기능만 활용 가능
	스크립트	• QGIS 소프트웨어에서 제공하는 기능을 활용하여 비교적 쉽게 구현 가능 • 툴박스 방식과 유사하나, 코드 작성을 통해 구현된다는 차이가 있음	
	툴박스	• QGIS 소프트웨어에서 제공하는 기능을 활용하여 비교적 쉽게 구현 가능 • 스크립트 방식과 유사하나, UI를 활용하여 구현된다는 차이가 있음	
	플러그인	• 기존에 없던 기능을 원하는 형태로 구현할 수 있음 • GIS 소프트웨어 기반 구현방식 중 가장 자유로운 방식	• 새로운 기능 개발을 위한 별도 코드 작성 필요

자료: 김승범 2023에서 논의한 내용을 바탕으로 저자 작성.

본 연구는 마이크로 공간데이터⁸⁾를 활용한 중심지 분석방법을 제안하고, 제안한 분석방법을 바탕으로 분석도구를 개발하는 데에 초점을 맞추었다. 중심지 추출을 위한 특정 기준값(임계치)을 제시하는 것은 본 연구 범위에 해당하지 않으나,⁹⁾ 참고로 할 수 있는 기본값은 제시하였다. 즉, 본 연구는 마이크로 공간데이터를 활용한 중심지 분석방법을 제안하고, 해당 방법을 소프트웨어로 구현한 중심지 분석도구의 개발을 목표로 하며, 분석도구에서 중심지 추출, 그리고 통행 연계 분석·시각화를 위한 각 기준값은 사용자가 자유롭게 조절할 수 있도록 제공하고자 하였다. 중심지 분석도구는 그 특성상 읍·면·동·시·군·구 단위의 데이터도 입력값으로 활용할 수는 있지만,¹⁰⁾ 본 연구에서 제안하는 중심지 분석방법은 격자와 같은 마이크로 공간데이터를 활용했을 때 보다 의미 있는 결과를 도출할 수 있다.

8) 본 연구는 집계구 단위 이하의 크기를 가지는 격자 등과 같은 데이터를 마이크로 공간데이터로 정의한다.

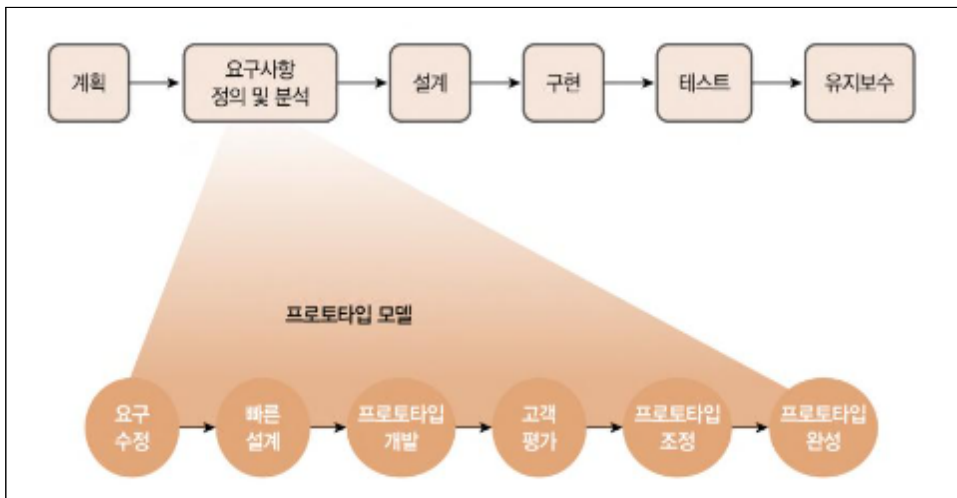
9) 분석대상 지역이 다양한 특성을 지니고 있다는 점을 감안하면, 중심지 분석·추출 방법 및 기준을 일관되게 적용하기는 어렵다(Taubenböck et al., 2017; Thurstain-Goodwin·Unwin, 2000; Yu et al., 2021). 중심지 분석 대상 지역에 대한 정보와 지식이 중요해질 수밖에 없다.

10) 일반적으로 GIS 분석도구에서는 분석을 위한 입력 데이터가 사전에 정해진 지오메트리 조건(포인트, 폴리곤 등)만 만족하면 데이터의 공간단위에 관계없이 분석 가능하도록 구현되어 있다. 가령 폴리곤 데이터를 입력하도록 되어 있는 분석도구의 경우, 해당 데이터가 폴리곤 형태이면 격자, 읍·면·동, 시·군·구 등 어떤 형태의 공간단위든 분석이 가능하다.

2. 중심지 분석도구 개발 프로세스

큰 틀에서 중심지 분석도구 개발 프로세스를 정립하기 위하여 <그림 3-5>와 같이 소프트웨어 개발 방법론 중 하나인 프로토타이핑 모델(prototyping model) 개발 프로세스를 참고하였다. 프로토타입(prototype)은 완전한 소프트웨어를 제작하기 이전에 사용자 요구사항을 기반으로 주요 기능을 담아낸 시험적 성격의 모형을 의미한다. 프로토타이핑 모델은 사용자가 요구한 주요 기능을 프로토타입으로 구현한 후 사용자 피드백을 바탕으로 수정 및 개선하는 과정을 통해 최종 제품을 개발하는 방법으로, 새로운 기술을 적용하거나 비용이 많이 투입되는 대형 개발 프로젝트에서 사전에 그 실현 가능성을 점검하기에 적합한 방식으로 알려져 있다(김치수, 2021; 정철웅, 2017).

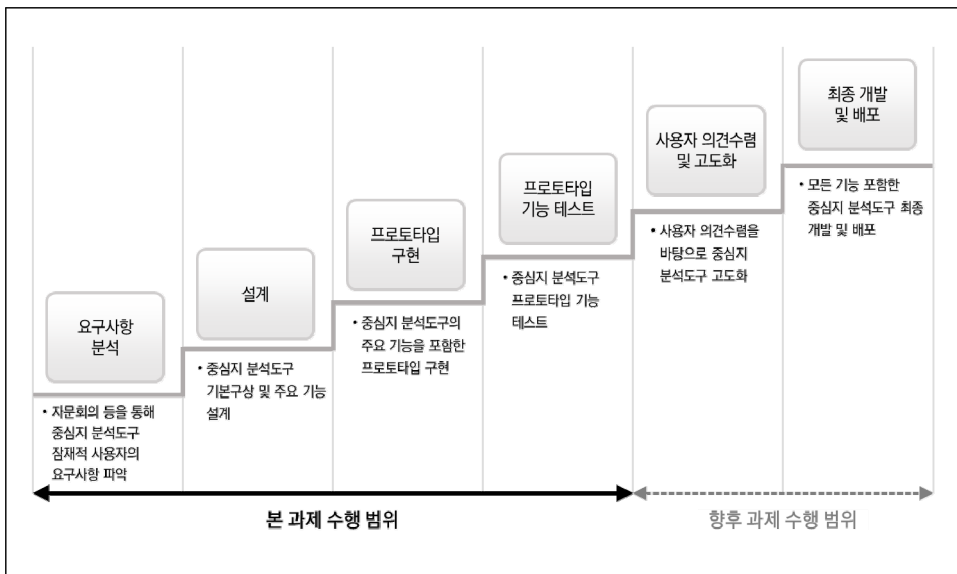
그림 3-5 | 프로토타이핑 모델 개발 프로세스



자료: 김치수 2021, 35, <그림 1-17>.

프로토타이핑 모델 방식을 바탕으로, 중심지 분석도구 개발을 위한 전체 프로세스를 <그림 3-6>과 같이 요구사항 분석, 설계, 프로토타입 구현, 프로토타입 기능 테스트, 사용자 의견수렴 및 고도화, 최종 개발 및 배포의 6단계로 구성하였다. 그중 요구사항을 분석하여 중심지 분석도구에 대한 기본구상을 세우고, 이를 토대로 주요 기능을 담은 프로토타입을 구현하여, 그 기능을 테스트하는 단계까지를 본 연구의 수행 범위로 한정하였다. 그 이후 단계, 즉 프로토타입에 대한 사용자 의견수렴을 바탕으로 중심지 분석도구를 고도화하고, 모든 기능을 포함하는 최종 개발 및 배포 과정은 향후 과제 범위로 설정하였다. 다시 말해, 본 연구 범위는 중심지 분석도구의 최종 개발에 앞서 분석도구의 주요 기능을 담은 프로토타입을 구현하고, 해당 기능을 테스트하는 단계까지를 포함한다.

그림 3-6 | 중심지 분석도구 개발 프로세스



자료: 저자 작성.

3. 중심지 분석도구 사용자 정의 및 요구사항

본 연구에서 개발하는 중심지 분석도구의 사용자는 도시·군 기본계획, 농촌공간 전략계획 등 각종 공간계획 수립을 위해 데이터를 수집하고 분석을 수행하는 실무자로, 국책연구기관 및 시·도 연구기관 소속 전문가, 엔지니어링 회사 소속 전문가, 그리고 지자체 업무 담당자의 세 가지 그룹으로 정의하였다.

중심지 분석도구의 사용자 그룹은 앞서 <그림 3-6>에서 제시한 중심지 분석도구 개발 프로세스에 따라 <표 3-4>와 같이 구분하였다. 먼저, 본 연구 범위에 해당하는 프로토타입 구현 및 기능 테스트 단계에서의 잠재적 사용자는 국책연구기관 및 시·도 연구기관 소속 전문가로 설정하였다. 그리고 최종 개발 및 배포 단계에서는 국책연구기관 및 시·도 연구기관 소속 전문가는 물론 엔지니어링 회사 소속 전문가와 지방자치단체 업무 담당자까지를 포함하여 사용자의 범위를 확대해 나가는 것으로 설정하였다.

표 3-4 | 중심지 분석도구 개발 프로세스별 잠재적 사용자 정의

개발 프로세스	잠재적 사용자
프로토타입 구현 및 기능 테스트	국책연구기관 및 시·도 연구기관 소속 전문가
최종 개발 및 배포	국책연구기관 및 시·도 연구기관 소속 전문가
	엔지니어링 회사 소속 전문가
	지자체 업무 담당자

주: 중심지 분석도구의 사용자는 QGIS 프로그램을 활용할 수 있는 사람으로 한정함.

자료: 저자 작성.

중심지 분석도구에 대한 사용자 요구사항을 파악하기 위해 관련 기관과의 자문회의를 개최하였으며, 중심지 분석도구 설계 및 구현 과정에서 기술적 자문을 얻기 위해 공간 분석 및 시각화 관련 개발자 그룹을 자문회의 대상에 포함하였다(〈표 3-5〉). 또한, 2023년 1월부터 2024년 1월 사이에 본 연구와 유사한 주제로 수행된 자문회의 및 세미나, 문헌 등에서 논의된 중심지 분석 관련 이슈사항을 파악하였다.

표 3-5 | 중심지 분석도구의 잠재적 사용자 및 개발자와의 자문회의

잠재적 사용자 및 개발자		일시/참석자	주요내용
사용자	농촌계획 분야 국책연구기관	• 2023. 6. 2. 10:30~12:00 • ○○○ 연구위원	• 농촌공간에 관한 이슈/테마, 관련 농촌공간계획의 입법 동향
	도로·교통정책 분야 국책연구기관	• 2024. 1. 26. 10:00~11:30 • ○○○ 센터장, ○○○ 전문연구원, ○○○ 연구원	• 이용수요를 반영한 대중교통 노선 계획에서의 중심지 분석결과 활용방안 논의
	도시계획 분야 엔지니어링 업체 (데이터 기반 계획 수립 전문)	• 2023. 11. 1. 14:00~16:00 • ○○○ 부사장	• 중심지 분석도구 개발 목적 및 활용방안 논의
개발자	공간분석 및 시각화 도구 개발 전문가	• 2023. 5. 31. 11:00~12:00 • ○○○ 소장	• 중심지 분석방법 기반 도구화 방법 및 효과적인 시각화 방법
	GIS 및 공간분석도구 개발 전문가	• 2023. 6. 22. 13:00~16:00 • ○○○ 연구소장	• QGIS를 활용한 분석도구 개발 방안 논의
		• 2023. 10. 26. 14:00~16:00 • ○○○ 연구소장	• QGIS 플러그인을 활용한 중심지 분석도구 개발 방법

자료: 저자 작성.

중심지 분석도구 잠재적 사용자의 요구사항을 분석한 결과, 마이크로 공간데이터의 활용이 필요하며, 표준화된 데이터 및 분석방법을 제공하면서도 각 지역 실정에 맞는 다양한 데이터, 분석방법 및 기준을 적용할 수 있어야 함을 공통적으로 제시하였다 (<부록 1> 및 <표 3-6>).

표 3-6 | 중심지 분석도구의 잠재적 사용자 요구사항

잠재적 사용자	요구사항
농촌계획 분야 국책연구기관 전문가	• 지역의 다양한 여건을 반영할 수 있도록 데이터, 지표, 분석방법, 격자 크기를 다양화하고, 중심지 추출을 위한 임계치 설정 시 지역 특성에 맞게 조정 가능해야 함
도로·교통정책 분야 국책연구기관	• 표준화된 데이터 및 분석방법을 제공하면서도 각 지역 실정에 맞는 다양한 데이터, 분석방법 및 기준을 적용할 수 있어야 함
시·도연구기관 전문가	• 마이크로 공간데이터의 활용이 필수적이며, 표준화된 분석기법 및 데이터, 그리고 공통지표를 활용 가능하도록 지원하고, 각 지역 실정에 맞는 중심지 분석을 수행할 수 있어야 함
도시계획 분야 엔지니어링업체 전문가	• 마이크로 데이터를 활용한 분석결과를 읍·면·동, 시·군·구와 같은 행정구역 단위로 환산하여 제공하는 기능을 필수로 제공해야 하며, 다양한 공간단위의 데이터를 활용할 수 있도록 지원
지자체 공무원	• 계획 수립 실무자들이 분석지표 및 방법, 분석결과 등을 활용할 수 있도록 하는 오픈 플랫폼 지원이 필요하며, 각 지방자치단체 실정에 맞는 유연한 분석 기준을 적용할 수 있어야 함

자료: 국토교통부 2023, 241-251 내용을 활용하여 저자 작성.

중심지 분석도구 잠재적 사용자의 요구사항을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 유연성 있는 중심지 분석도구 설계: 중심지는 지역별로 다양한 형태를 보이기 때문에 중심지 분석도구는 각 지역의 여건과 특성에 맞는 데이터, 분석방법, 분석기준 등을 유연하게 적용할 수 있도록 지원하여야 한다.

둘째, 마이크로 공간데이터(격자 등)를 활용한 분석방법을 적용할 수 있는 기능 제공: 기본적으로 격자와 같은 마이크로 공간데이터를 활용하여 중심지를 분석하는 방법을 제공하여야 하며, 마이크로 공간데이터를 활용한 분석결과를 읍·면·동, 시·군·구 등과 같은 행정구역 단위로 환산할 수 있도록 지원하여야 한다.

셋째, 전국을 대상으로 분석 가능한 표준화된 데이터 형태, 분석방법 제시: 기본적으로 전국 대상으로 분석 가능하도록 지원하며, 사용자가 원하는 지역을 선택하여 해당 지역만을 대상으로 분석하는 기능도 제공되어야 한다.

넷째, 지역의 여건과 상황에 맞는 기준을 적용할 수 있도록 지원: 중심지 추출 및 속성분석에 있어 특정 임계치와 같은 하나의 고정된 기준을 적용하기보다는 대상 지역이 가지고 있는 다양한 특성을 반영할 수 있는 장치를 도입하여야 한다. 단 참고할 수 있는 임계치는 시범적으로 제시하면 좋다.

4. 중심지 분석도구 기능 정립

앞서 논의한 중심지 분석도구 개발의 기본방향과 사용자 요구사항을 반영하여 이에 부합할 수 있는 중심지 분석도구의 구체적인 모습을 구상하고자 한다,

1) 중심지 추출 기능

중심지를 추출하는 방법을 정의하기 위해서는 ① 중심지 개념, ② 중심지 분석지표, ③ 중심성 분석지표를 측정할 수 있는 데이터, ④ 분석방법 정의가 필요하다(Yu et al., 2021).

(1) 분석지표 및 데이터

선행연구에서 중심지 분석을 위해 공통적으로 활용한 지표는 주로 인구밀도와 인구수, 고용밀도와 규모, 상업/업무 용도 건물 연면적과 밀도 등이다. 해당 지표에 대해 1km×1km 격자나 포인트 등과 같이 행정구역보다 세밀한 공간단위 데이터 구득이 가능한지를 검토하여, 결과적으로 거주인구 밀도, 근무인구 밀도, POI 밀도를 분석 지표로 선정하고, 중심지 분석에서 활용 가능한 데이터를 <표 3-7>과 같이 조사하였다.

먼저, 거주인구 밀도는 SGIS 통계청에서 제공하는 1km×1km 격자단위 인구주택총조사 인구 데이터¹¹⁾를 활용하여 산출 가능하다. 다음으로, 근무인구 밀도는 KCB에서 제공하는 1km×1km 격자단위 직장주소지 기준 인구 데이터를 활용하여 산출 가능하다. 해당 데이터는 KCB와의 협의를 통해 원하는 시점 및 특정 공간단위의 데이터를 유료로 구매할 수 있는데, 유료 데이터 구매가 어렵다면 대안으로 SGIS에서 제공하는 1km×1km 격자단위 사업체 종사자 수 데이터를 활용하는 방법도 고려해 볼 수 있다.¹²⁾ 다만, KCB의 직장주소지 기준 인구 데이터는 금융거래 실적을 기반으로 조사하는 반면, SGIS의 사업체 종사자 수는 사업체 조사를 기반으로 하므로 개인농업, 특수고용, 단기고용 등의 근무인구는 통계에서 제외된다는 차이가 있음을 유의하여야 한다. 또한, POI 밀도는 카카오맵 POI 데이터를 활용하여 산출 가능하다.¹³⁾ 중심지-주변 간 통행 연계 분석을 위한 데이터는 KCB의 1km×1km 격자단위 자택주소지-직장주소지 매트릭스를 통근통행 OD 데이터로 가정하고 해당 데이터를 가공하여 활용할 수 있다. KCB OD 데이터는 실제 이동을 기반으로 한 통행 데이터는 아니지만, 자택주소지-직장주소지는 출근을 목적으로 한 통행이 발생할 가능성이 높은 조합으로, 이를 통근통행 OD로 가정하고 분석을 수행하였다. <표 3-7>은 본 연구에서 시범적으로 활용 가능하다고 판단한 데이터로, 중심지 분석도구에서는 해당 표에 수록된 데이터 외에도 지표 성격이 유사한 다른 데이터나 공간단위가 다른 데이터도 활용 가능하다.

11) SGIS 통계청 인구 데이터는 주민등록인구 데이터와 달리 주민등록상 거주지가 아닌 실제 거주지를 기준으로 하므로 실거주 인구의 공간분포 현황을 파악하기에 적합하다. 또한, SGIS에서는 1년 주기로 전국 범위의 데이터를 무료로 제공하므로 지속적인 데이터 구축이 가능하다.

12) KCB의 1km×1km 격자단위 직장주소지 기준 인구 데이터(2021년 기준)와 SGIS의 1km×1km 격자단위 사업체 종사자 수 데이터(2021년 기준)의 Pearson 상관계수는 0.96으로, 두 데이터의 상관도가 높다고 할 수 있다.

13) 카카오맵의 로컬 API를 통해 한 달 300만 건 및 일일 10만 건의 POI 데이터를 무료로 수집할 수 있으며, 해당 수치 이상의 데이터 수집 시 비용을 지불하여야 한다. kakao developers. <https://developers.kakao.com/docs/latest/ko/quota/common> (2024년 3월 14일 검색).

표 3-7 | 중심지 분석지표 산출을 위한 데이터 목록

지표		데이터명	기준년도 (갱신주기)	공간단위	범위	출처	가격	비고
중심지 추출	거주인구 밀도	통계지리정보 서비스(SGIS) 인구주택총조사 인구	2021년 (1년)	1km × 1km	전국	통계청 SGIS 14)	무료	• SGIS에 회원 가입 후 자료신청 통해 '격자통계(인구)' 무료 다운로드 가능
	근무인구 밀도 (고용)	코리아크레딧 뷰로(KCB) 직장주소지 기준 인구	2021년 말 (6개월)	1km × 1km	전국	KCB	유료	• KCB와 협의를 통해 원하는 시점 및 특정 공간단위의 데이터를 유료로 구매 가능
		SGIS 사업체 종사자	2021년 (1년)	1km × 1km	전국	통계청 SGIS	무료	• SGIS에 회원 가입 후 자료신청 통해 '격자통계(종사자)' 무료 다운로드 가능
	POI 밀도	카카오맵 POI	데이터 수집일 기준 (실시간)	점(point)	전국	카카오 맵	조건부 무료	• 카카오 로컬 API를 통해 한 달 300만 건/일일 10만 건의 데이터 무료 수집 가능
	유입·유출 중심성	주택주소지-직장 주소지 매트릭스 (통근통행(추정) OD)	2021년 말 (6개월)	1km × 1km	전국	KCB	유료	• 해당 데이터는 주택주소지(O)와 직장주소지(D)로 구성됨 • KCB와 협의를 통해 원하는 시점 및 특정 공간단위의 데이터를 유료로 구매 가능

자료: 저자 작성.

(2) 분석방법

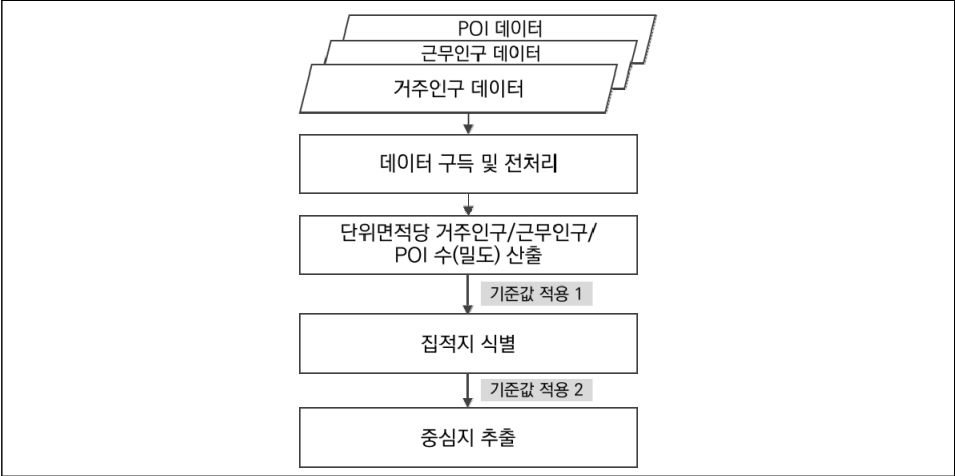
가. 밀도 접근

① 밀도 활용

밀도 기반 중심지 추출 방법은 공간상에서 사람들의 다양한 활동과 연결되는 거주 인구, 일자리, 각종 시설, 토지이용 등이 (고밀도로) 집적해 있는 장소, 즉 집적지(agglomeration)를 일차적으로 추출하고, 추출한 집적지를 대상으로 중심지를 추출하는 단계로 구성된다(<그림 3-7>, <표 3-8>).

14) SGIS 통계청 자료제공 목록. <https://sgis.kostat.go.kr/view/pss/openDataIntrcn> (2023년 6월 14일 검색).

그림 3-7 | 중심지 추출·분석 프로세스: 밀도 접근



자료: 저자 작성.

표 3-8 | 거주인구/근무인구 밀도를 활용한 중심지 분석 프로세스 예시

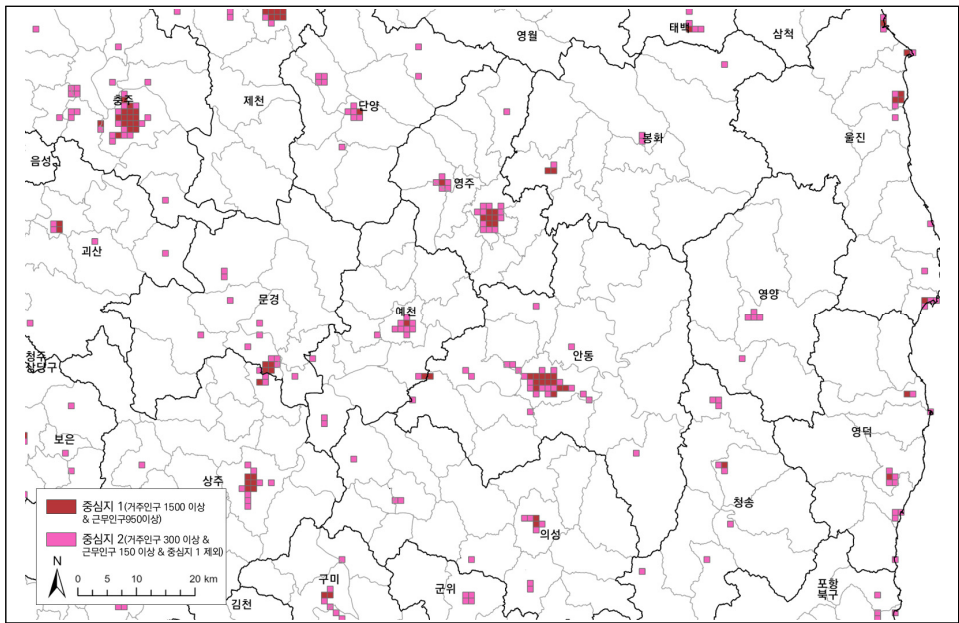
[1단계: 전국 1km×1km 격자 분류 및 그룹화]	
1-①. <u>거주인구 300 이상</u> 이면서 <u>근무인구 150 이상</u> 인 격자: ‘그룹 A’	
1-②. ‘그룹 A’ 중에서 <u>거주인구 1,500 이상</u> 이면서 <u>근무인구 950 이상</u> 인 격자: ‘그룹 B’	
거주인구 기준	- 통계청 도시화 지역 확정 과정에서 추출하게 되는 cluster type인 ‘urban centre’와 ‘urban cluster’에 관한 기준을 준용함. 단 공간 연접성과 총인구에 관한 기준은 적용하지 않음 ※ ① urban centre: 거주인구가 1,500 이상인 1km×km 격자가 공간상에 연접하여 형성하는 격자군으로서 총인구가 5만 이상 ② urban cluster: 거주인구가 300 이상인 1km×km 격자가 공간상에 연접하여 형성하는 격자군으로서 총인구가 3,000 이상
근무인구 기준	- 전국의 거주인구 300 이상인 격자 8,331개 중 하위 10%에 해당하는 근무인구 수가 146이라는 점을 고려하여 설정 - 전국의 거주인구 1,500 이상인 격자 4,722개 중 하위 20%에 해당하는 근무인구 수가 926.4라는 점을 고려하여 설정
[2단계: 격자단위 중심지 추출 및 구분]	
2-①. ‘그룹 B’에 속하는 격자: ‘중심지 1’	
2-②. ‘그룹 A’에서 ‘그룹 B’에 해당하는 격자를 제외하고 남은 격자: ‘중심지 2’	

주: 밀출 친 부분, 즉 중심지 추출 및 구분을 위한 기준값은 해당 지역의 특성이나 분석 목적에 따라 변경 가능.

자료: 저자 작성.

거주인구(SGIS 총조사 인구)와 근무인구(KCB 직장주소지 인구) 데이터를 활용하여 밀도 접근 기반으로 중심지를 추출한 예시는 <그림 3-8>과 같다.

그림 3-8 | 밀도 기반 중심지 추출 예시(충북/경북지역)



자료: SGIS 총인구, KCB 근무인구 데이터를 기반으로 ArcGIS Pro를 활용하여 저자 작성.

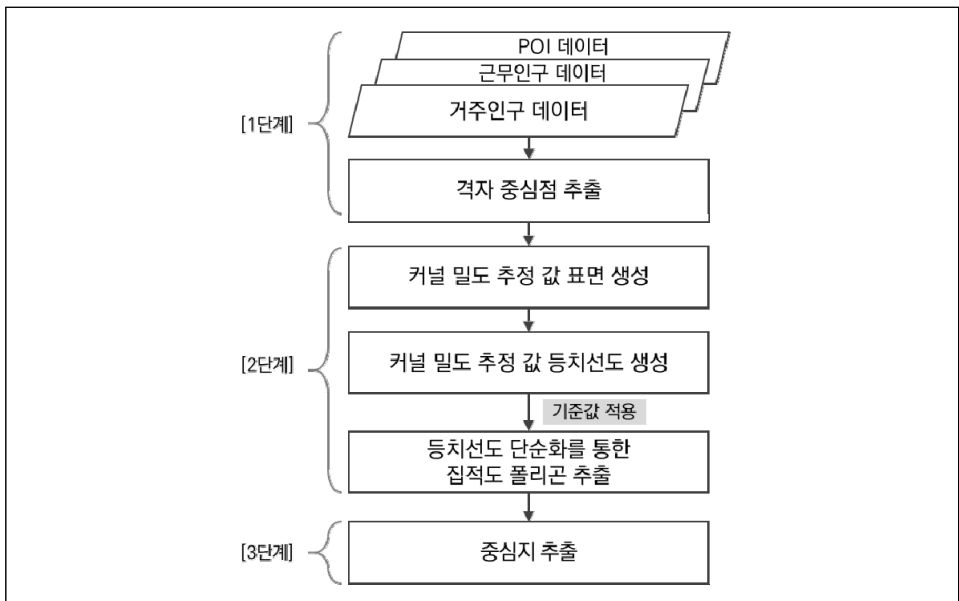
② 커널밀도(추정치) 활용

격자의 크기가 작아지면 개인정보보호를 위해 비식별 처리되는 값이 많아지는 문제 발생하는데, 이 경우 연속적인 밀도 표면을 생성하기 위해 커널밀도 추정 기법을 활용할 수 있다. 커널밀도 추정 기법은 공간상에 이산적(discrete)으로 분포하는 사상(사물과 현상: 거주인구, 근무인구 등)을 나타내는 지표의 관측값을 활용하여, 해당 사상이 입지하거나 발생할 확률을 공간상의 지점(location point)별로 추정하는 방법이다. 구체적으로, 이산적 공간분포를 보이는 위치 기반 지표값(예: 거주인구수, 근무인구수 등)을 대상으로 커널밀도함수를 적용함으로써, 해당 지표의 커널밀도 추정값 표면(density surface)을 도출한다. 커널밀도 추정값 표면은, 지표가 나타내는 사상이 위치

하거나 발생할 확률을 공간상의 지점별로 시각화한 것이다. 지표의 커널밀도 추정값이 크면 클수록, 해당 사상이 입지하거나 발생할 확률이 상대적으로 커지게 된다.

커널밀도 추정 기반 중심지 추출·분석 과정은 크게 3단계로 구성된다(〈그림 3-9〉). 먼저, 1단계에서 격자 데이터의 중심점을 추출하고, 2단계에서는 격자 중심점을 바탕으로 커널밀도 추정값 표면을 생성한 후 이를 활용하여 커널밀도 추정값 등치선도를 생성한 다음, 임계치를 적용하여 등치선도 단순화를 통해 집적도 폴리곤을 추출한다. 마지막으로 3단계에서는 중심지를 추출하고 중심지 유형을 분류한다.

그림 3-9 | 중심지 추출·분석 프로세스 : 커널밀도 추정법 활용



자료: 저자 작성.

③ 커널밀도(추정치) 활용: POI 데이터에 적용

최근 ICT의 발전으로 웹 기반 지도 서비스에서 제공하는 POI 데이터를 비교적 쉽게 수집할 수 있게 됨에 따라 해당 데이터를 활용하여 중심지를 분석하고자 하는 연구 흐름이 등장하였다. POI는 “위치, 명칭, 카테고리 등의 속성 정보를 포함하는 점(point)

형태의 공간 객체로, 학교, 병원, 은행 등 사람들의 일상생활과 밀접한 관련이 있는 지리적 요소”를 의미한다(Chuang et al. 2016; Liu et al. 2019; Zhang et al. 2010; 이영민 2022에서 재인용). 주로 행정구역 단위로 제공되는 통계 데이터와 비교해 보면 POI 데이터는 위치 좌표를 포함하는 점 객체로, 정밀도가 높고 상대적으로 업데이트가 빠르다는 장점이 있다(Deng et al. 2019; Yu et al. 2020; 이영민 2022에서 재인용).

POI가 사람들의 활동을 유발하는 속성이 있다는 점에 착안하여, POI 데이터를 활용하여 도시의 활동 중심지(activity center)를 추출하는 연구(김선재·이수기 2021; 이영민 2022; Deng et al. 2019; Jing et al. 2018; Yu et al. 2020)를 수행하였다. 본 연구에서는 거주인구, 근무인구 외에 사람들의 일상생활과 밀접한 관련이 있는 POI 데이터를 활동인구/유동인구를 나타내는 대리지표로 활용하고자 하였다. POI 데이터는 음식점, 편의점, 약국 등과 같이 오프라인상에서 직접 상품이나 서비스를 제공하면서 이용객을 유발할 수 있는 시설을 포함하는데, 공공시설로부터의 거리를 측정하는 보조지표를 활용하므로, 서비스업과 관련된 POI만을 포함하였다.

안동/예천 지역을 대상으로 카카오에서 제공하는 로컬(local) API¹⁵⁾를 활용하여 데이터 수집 시점(2023년 9월 8일) 기준 최신 POI 데이터를 수집하였다.¹⁶⁾ 데이터 수집 시 카테고리¹⁷⁾ 그룹 코드와 1km 격자의 중심좌표(x, y), 탐색반경(1km)을 활용하였다. 수집한 POI를 활용하여 시범적으로 안동/예천 지역의 활동 중심지를 추출한 결과, 안동시 동지역, 예천군 예천읍, 그리고 경북도청 신도시가 입지한 예천군 호명면과 안동시 풍천면의 경계 지역이 중심지로 도출되었다(<그림 3-10>). 해당 결과는 앞서 거주인구 및 근무인구 밀도를 활용하여 밀도 기반으로 추출한 중심지(<그림 3-8>)와 유사함을 알 수 있다. 인구, 고용, 활동 분포는 상호 연관성이 높기 때문이며, 이들 지표를 통합하여 도시의 다양한 특징을 반영한 중심지를 추출할 수 있다(Yu et al., 2021).

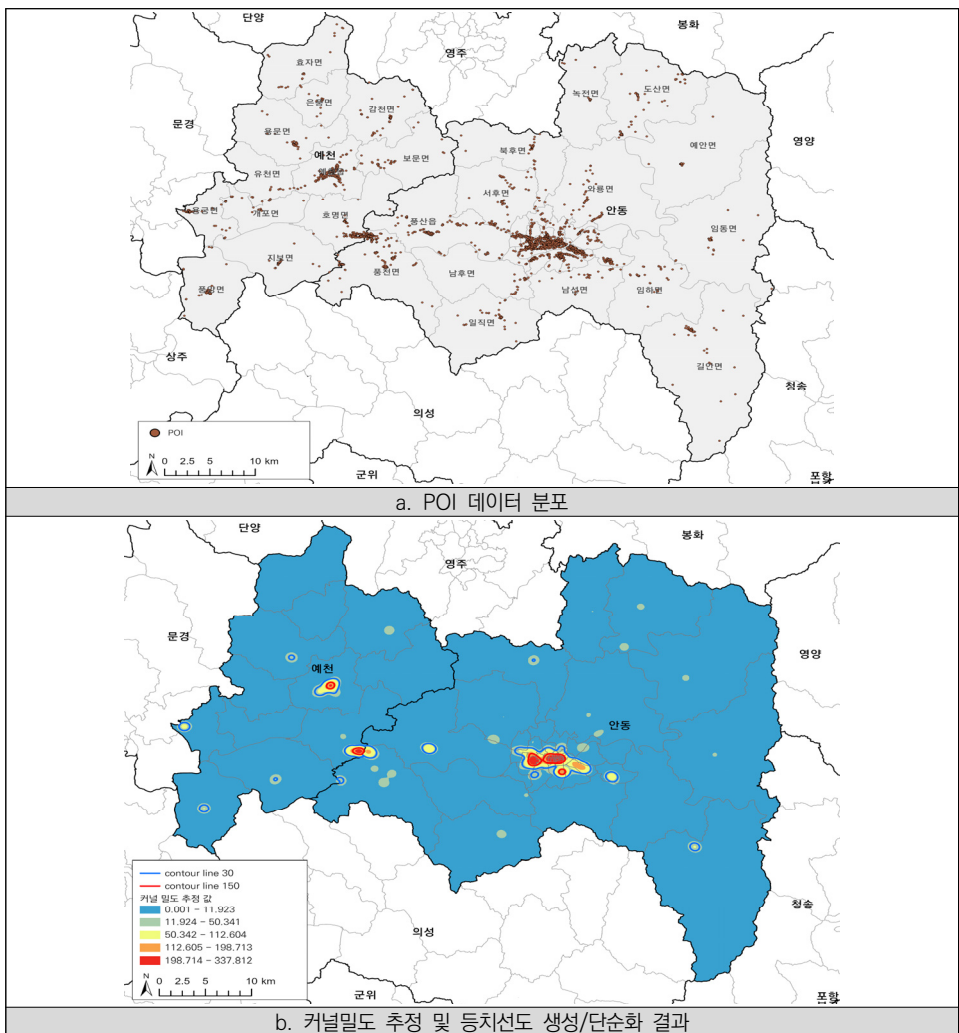
15) kakao developers. <https://developers.kakao.com/docs/latest/ko/local/common> (2023년 9월 9일 검색).

16) 카카오맵(Kakao map), 네이버 지도(Naver map), 구글 지도(Google maps) 등의 지도 플랫폼에서 국내 POI 데이터를 제공하고 있는데, 본 연구에서는 카카오맵에서 제공하는 POI 데이터를 수집 활용하였다.

17) 카카오맵에서 제공하는 장소 카테고리는 “대형마트”, “편의점”, “어린이집/유치원”, “학교”, “학원”, “주유소/충전소”, “지하철역”, “은행”, “문화시설”, “중개업소”, “공공기관”, “관광명소”, “숙박”, “음식점”, “카페”, “병원”, “약국”을 포함한다.

단 POI 데이터는 POI에 해당하는 시설 또는 업체의 구체적인 내부속성(시설 이용 인구, 업체의 출입 인구 등)은 반영하기 어려운 한계가 있으므로 이를 염두에 두고 분석을 진행하여야 한다.

그림 3-10 | POI 데이터에의 커널밀도 추정법 적용 예시(안동/예천)



주: 커널밀도 추정값을 Jenks natural breaks 5단계로 구분.

자료: ArcGIS Pro를 활용하여 저자 작성.

나. 상호작용 접근

① 유입·유출 중심성 지수를 활용한 중심지 추출 방법

유입·유출 중심성 지수를 활용한 중심지 분석방법은 실제로 사람들의 통행을 끌어들이거나 내보냄으로써 주변에 의미 있는 영향을 가하는 장소를 ‘거점(center, central place)’으로 정의하고, 거점과 그로부터 영향을 받는 ‘주변 배후지(hinterland)’ 파악에 초점을 둔다. 통행을 끌어들이거나 내보냄으로써 주변에 가하는 영향력의 크기는 ‘유입 중심성 지수’와 ‘유출 중심성 지수’로 분석 가능하며, 중심성 지수값에 기준을 적용하여 거점을 추출할 수 있다. 여러 중심성 지수 중 Bonacich(1987)의 권력 중심성(power centrality)은 한 노드가 영향력을 미칠 수 있는 정도를 권력(power)으로 보고, 전체 네트워크상 노드들이 서로 영향력을 미치는 정도를 반영할 수 있다. 권력 중심성 지수는 <수식 3-1>과 같이 계산할 수 있으며, 이때 c_i 는 노드 i 에서의 중심성 지수, R 은 네트워크 인접 행렬, α 는 중심성 지수값을 표준화하는 상수, β 는 감쇠 파라미터를 의미한다.

수식 3-1

$$c_i(\alpha, \beta) = \sum_j (\alpha + \beta c_j) R_{ij}.$$

자료: Bonacich 1987, 1173.

유입 중심성 지수가 상대적으로 높은 노드는 주변으로부터 다양한 목적(예: 출근, 쇼핑, 여가·오락, 친교, 업무 등)의 통행을 끌어들이므로써 주변 지역에 각종 서비스와 일자리를 제공하는 역할을 할 가능성이 크다. 즉, 유입 중심성 지수 값이 크면 ‘근무인구(즉 고용)가 집적해 있을 가능성’이 큰 것으로 볼 수 있다. 반면에 유출 중심성 지수가 상대적으로 높은 지역은 주변으로 다양한 목적(예: 출근, 쇼핑, 여가·오락, 친교, 업무 등)의 통행을 내보냄으로써 주변 지역에 노동력 등 생산요소를 제공하는 역할을 할 가능성이 크다. 즉 유출 중심성 지수값이 크면 ‘거주인구가 집적해 있을 가능성’이

큰 것으로 볼 수 있다. 중심성 지수값의 해석은 특정 노드(격자)의 중심성 지수값이 1이라면, 체계 전체 내의 총 노드 수와 무관하게 해당 노드(격자)가 중간 정도의 중심성을 지닌다고 볼 수 있고, 중심성 지수가 1보다 높을 경우에는 체계 내에서 중심부의 위상을 갖는 것으로 보며, 중심성 지수가 1보다 낮은 경우에는 주변부의 위상을 갖는 것으로 해석할 수 있다.

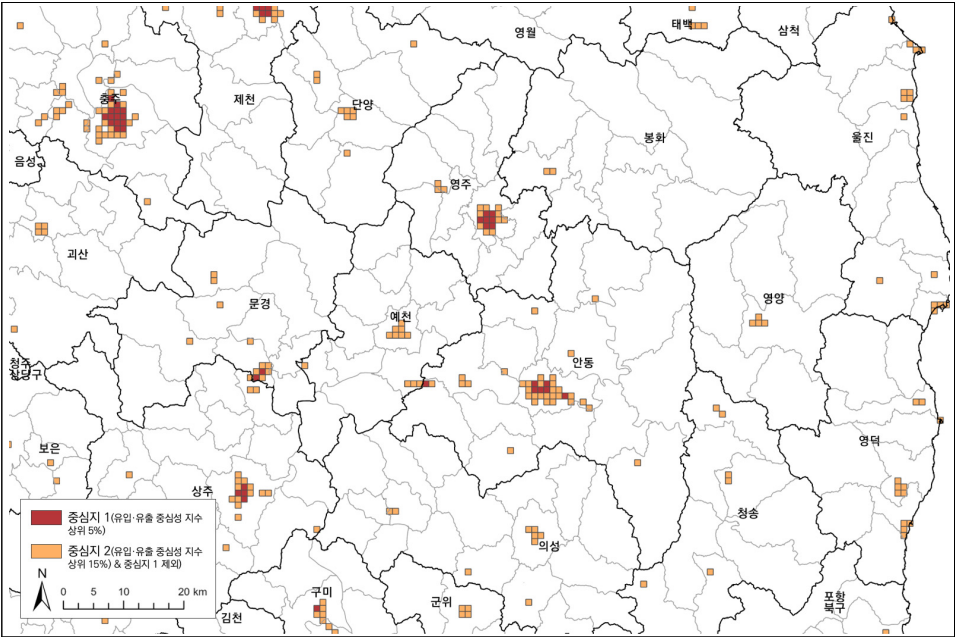
표 3-9 | 유입·유출 중심성 지수를 활용한 중심지 추출·분류 방법 예시

[중심지 추출·분류기준: 유입·유출 중심성 지수 활용] ① 중심지 추출 - 유입 중심성 지수 0.068 이상이고 유출 중심성 지수 0.040 이상* * 전국 7만 4,926개 격자(node) 중 상위 15%에 해당하는 유입 중심성 지수값 0.067375와 유출 중심성 지수값 0.04001을 고려 ② ‘중심지 1’ 분류 - 유입 중심성 지수 0.541 이상이고 유출 중심성 지수 0.828 이상** ** 전국 7만 4,926개 격자(node) 중 상위 5%에 해당하는 유입 중심성 지수값 0.540619와 유출 중심성 지수값 0.827775를 고려 ③ ‘중심지 2’ 분류 - ①의 중심지 중에서, ②의 중심지 1 격자를 제외한, 나머지 격자를 중심지 2로 분류
--

주: 밑줄 친 부분, 즉 중심지 추출 및 분류를 위한 기준값은 해당 지역의 특성이나 분석 목적에 따라 변경 가능.
 자료: 저자 작성.

유입·유출 중심성 지수를 활용한 중심지 추출 결과를 보면, 안동시 동지역과 경북도청 신도시가 위치한 안동시 풍천면에 ‘중심지 1’이 도출되었다(그림 3-11). 해당 결과는 거주인구 및 근무인구를 활용한 밀도 접근 기반의 중심지 추출 결과(그림 3-8)에 비해 ‘중심지 1’로 도출된 격자 수가 적으나, 전반적인 공간분포는 유사함을 보인다.

그림 3-11 | 유입·유출 중심성 지수를 활용한 중심지 추출 예시(충북/경북지역)



자료: SGIS 총인구, KCB 근무인구 데이터를 기반으로 ArcGIS Pro를 활용하여 저자 작성.

다. 통합 접근

본 연구에서 개발하는 중심지 분석도구는 밀도 접근법과 상호작용 접근법을 함께 활용할 수 있으며, 보조지표로 주요 공공시설로부터의 거리까지 함께 활용 가능하다 (<표 3-10>, <그림 3-12>).

표 3-10 | 밀도/상호작용 접근, 그리고 공공시설로부터의 거리를 활용한 분석 프로세스 예시(안동/예천)

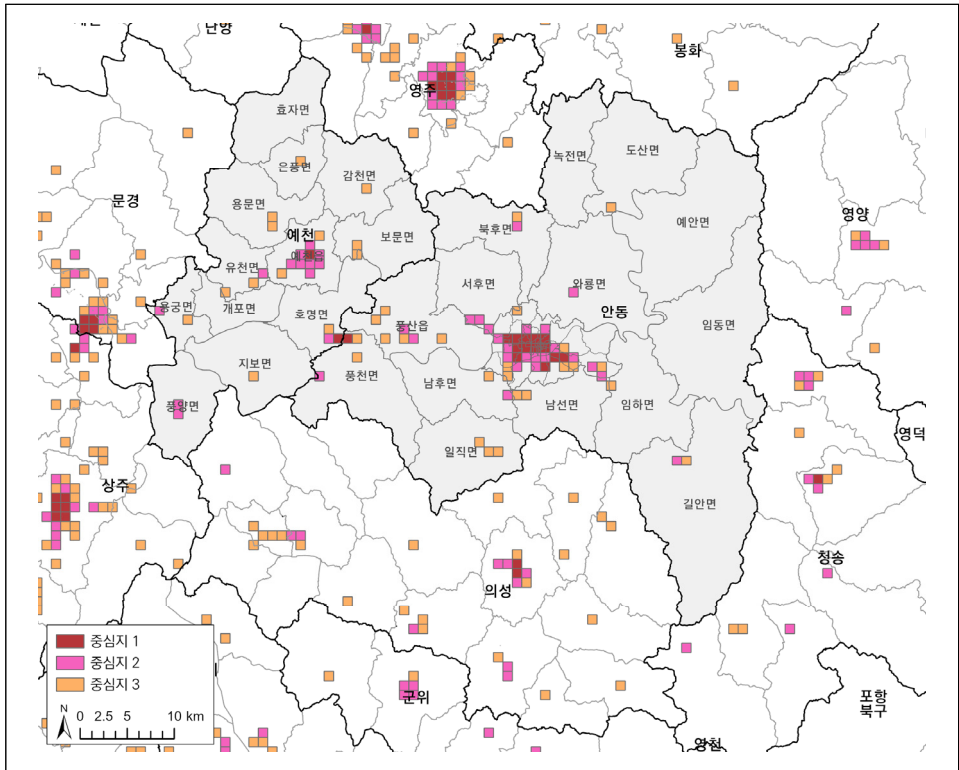
[1단계: 전국 1km×1km 격자 분류 및 그룹화] 1-①. <u>거주인구 150 이상</u> 격자: '그룹 A' 1-②. '그룹 A' 중에서 <u>거주인구 300 이상</u> 이면서 <u>근무인구 150 이상</u> 이고, <u>유입 중심성 지수값 0.068 이상</u> 이면서 <u>유출 중심성 지수값 0.04 이상</u> 이고, <u>POI 55 이상</u> 인 격자: '그룹 B' 1-③. '그룹 B' 중에서 <u>거주인구 1,500 이상</u> 이면서 <u>근무인구 950 이상</u> 인 격자(유입 중심성 지수값 0.068 이상이면서 유출 중심성 지수값 0.04 이상이고, POI 55 이상을 만족): '그룹 C'	
거주인구 기준	- 통계청 도시화 지역 확정 과정에서 추출하게 되는 cluster type인 'urban centre'와 'urban cluster'에 관한 기준을 준용함. 단 공간 연결성과 총인구에 관한 기준은 적용하지 않음 ※ ① urban centre: 거주인구가 1,500 이상인 1km×1km 격자가 공간상에 연결하여 형성하는 격자군으로서 총인구가 5만 이상 ② urban cluster: 거주인구가 300 이상인 1km×1km 격자가 공간상에 연결하여 형성하는 격자군으로서 총인구가 3,000 이상
근무인구 기준	- 전국의 거주인구 300 이상인 격자 8,331개 중 하위 10%에 해당하는 근무인구 수가 1460이라는 점을 고려하여 설정 - 전국의 거주인구 1,500 이상인 격자 4,722개 중 하위 20%에 해당하는 근무인구 수가 926.4라는 점을 고려하여 설정
유입·유출 중심성 지수 기준	자택 주소 격자와 직장 주소 격자 간 통행인구(동일 격자 내 내부 통행은 제외)가 1 이상인, 전국 7만 4,926개 격자(node) 중 상위 15%에 해당하는 유입 중심성 지수값 0.067375와 유출 중심성 지수값 0.04001을 고려하여 설정
POI 기준 (안동/예천)	안동/예천 지역을 구성하는 격자 2,196개 중 POI 수가 1개 이상인 396개 격자 중 상위 5%에 해당하는 값이 54.5라는 점을 고려하여 설정
[2단계: 격자단위 중심지 추출 및 분류] 2-①. '그룹 C'에 속하는 격자: '중심지 1' 2-②. '그룹 B'에서 '그룹 C'에 해당하는 격자를 제외하고 남은 격자: '중심지 2' 2-③. '그룹 A'에서 '그룹 B'에 해당하는 격자를 제외하고 남은 격자 중 주요 공공시설*로부터 반경 1.5km 이내에 위치**하는 격자: '중심지 3' * 행정복지센터, 보건소/보건지소/보건진료소/, 초등학교, 또는 치안시설(파출소 등) ** 개별 격자의 일부 또는 전체가 반경 안에 들어감을 의미	

주: 밀도 친 부분, 즉 중심지 추출 및 분류를 위한 기준값은 해당 지역의 특성이나 분석 목적에 따라 변경 가능.
 자료: 저자 작성.

밀도 접근과 상호작용 접근을 함께 활용하는 것은 중심지의 두 가지 측면, 즉 중심지가 사람들의 다양한 활동이 집적해 있는 장소임과 동시에 사람들의 유입·유출 통행을

유발하면서 주변 지역에 영향을 가하는 장소라는 점을 효과적으로 반영할 수 있다. 또한, 추가적으로 주요 공공시설로부터의 거리를 활용함으로써 상대적으로 거주인구/근무인구/POI 밀도가 낮은 비수도권 중소도시 지역의 읍·면사무소 소재지도 추출하고자 하였다. 일례로 <그림 3-12>를 보면, 주요 공공시설로부터의 거리를 활용함으로써 안동시 도산면, 임하면, 일직면, 풍천면, 그리고 예천군 은풍면, 감천면, 보문면, 용문면, 개포면, 지보면의 읍·면 소재지가 도출된 것을 알 수 있다.

그림 3-12 | 밀도/상호작용 접근 및 주요 공공시설로부터의 거리를 활용한 중심지 추출 결과 예시



자료: ArcGIS Pro를 활용하여 저자 작성.

2) 중심지와 주변 간 통행 연계 분석·시각화 기능

(1) 분석지표 및 데이터

중심지-주변 간 통행 연계 분석을 위해 KCB의 1km×1km 격자단위 자택주소지-직장주소지 매트릭스를 통근통행 OD 데이터로 가정하고 활용하였다.

(2) 분석·시각화 방법

밀도 기반 접근과 상호작용 기반 접근을 통해 중심지를 추출하는 부분이 ‘콤팩트&네트워크’ 전략 중 ‘콤팩트’에 해당한다면, 추출된 중심지를 대상으로 해당 중심지와 주변 지역과의 통행 연계를 분석·시각화하는 부분은 ‘네트워크’에 해당한다. 중심지와 주변 간 통행 연계 분석·시각화는 중심지로의 ‘유입 통행’과 중심지로부터의 ‘유출 통행’으로 구분된다.

KCB의 1km×1km 격자 단위 자택주소지-직장주소지 매트릭스를 통근통행 OD 데이터로 가정하고, 해당 OD 데이터를 가공·활용하여 중심지와 주변 지역 간 통행 연계를 분석 및 시각화하였다.

그림 3-13 | 중심지와 주변 간 통행 연계 분석·시각화 프로세스



자료: 저자 작성.

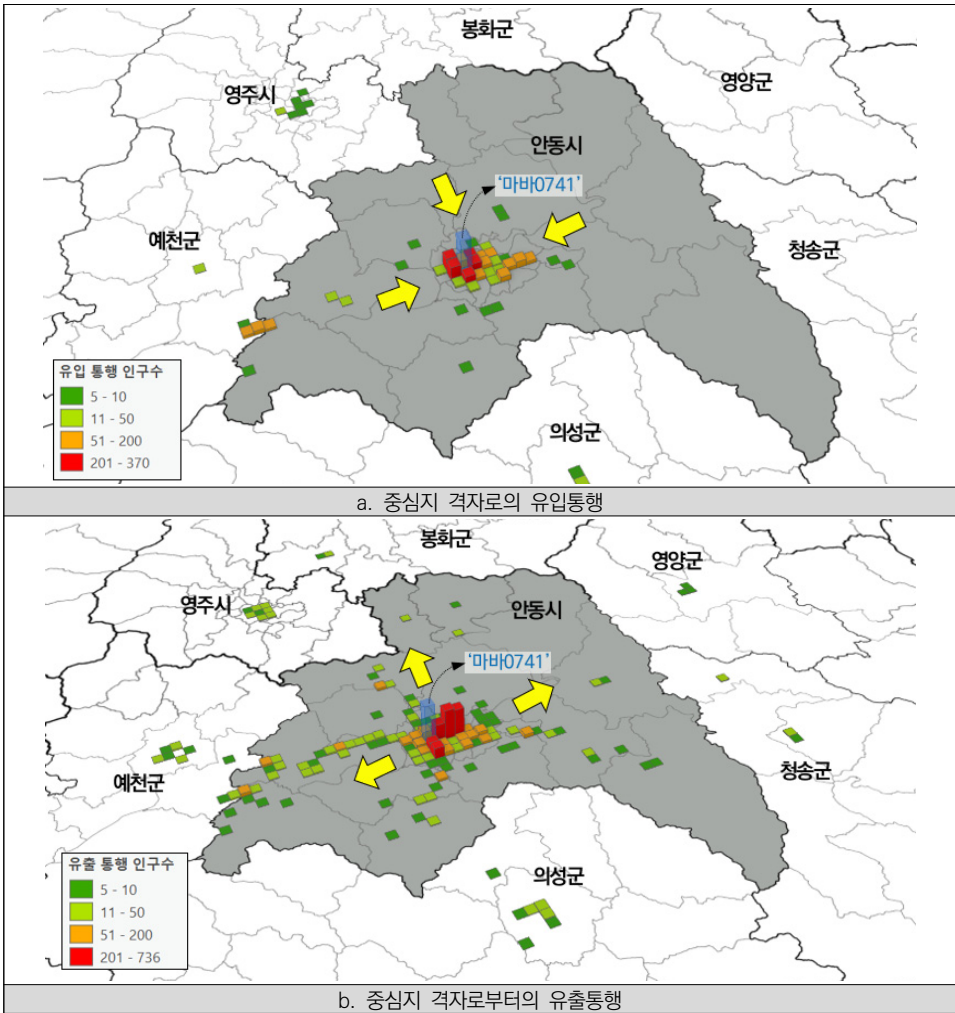
표 3-11 | 중심지-주변 간 통행 연계 분석·시각화 프로세스 예시

[분석대상 중심지가 ‘개별 격자’] ① 분석대상으로 선택한, ‘중심지’ 구성 개별 격자로부터 반경 50km 이내에 위치하면서 통행 인구수 5명 이상인 격자만 추출 ② ‘중심지로의 유입 통행’ 그리고 ‘중심지로부터의 유출통행’으로 구분하여 시각화
[분석대상 중심지가 ‘격자군’] ① ‘중심지’ 구성 격자 중 연접해(rook contiguity) 있는 ‘격자군’을 추출 ② 해당 ‘중심지 구성 격자군’으로부터 반경 50km 이내에 위치하면서 통행 인구수 5명 이상인 격자만 추출 ③ ‘중심지 격자군’과 주변 간의 유입통행, 그리고 유출통행 각각을 시각화
[분석대상 중심지가 ‘행정구역’ 단위(시·군·구·읍·면·동지역)] ① 1kmX1km 격자 단위 ‘자택주소자-직장주소지 매트릭스’를 행정구역(시·군·구/동지역·읍·면) 단위 OD 데이터로 병합하여 가공 ② 행정구역 폴리곤 중심점으로부터 반경 50km 이내인 행정구역(시·군·구/동지역·읍·면)을 대상으로, 통행 인구수 5명 이상인 격자만 추출하여 해당 행정구역(시·군·구/동지역·읍·면) 별로 병합 ③ ‘해당 행정구역(시·군·구/동지역·읍·면)으로의 유입통행’ 그리고 ‘해당 행정구역(시·군·구/동지역·읍·면)으로부터의 유출통행’으로 구분하여 시각화

자료: 저자 작성.

중심지-주변 간 통행 연계 분석·시각화 방식을 분석대상 중심지가 ‘개별 격자’, ‘격자군’, ‘행정구역’ 단위(시·군·구/동지역·읍·면)인 경우 각각에 대해 검토하였다. 먼저, 분석 대상 중심지, 그리고 해당 중심지와 연계되는 출발지·목적지가 모두 ‘개별 격자’ 일 때, 해당 격자로의 유입통행과 해당 격자로부터의 유출통행을 격자 분포로 보여 주는 시각화 방식을 <그림 3-14>와 같이 검토하였다.

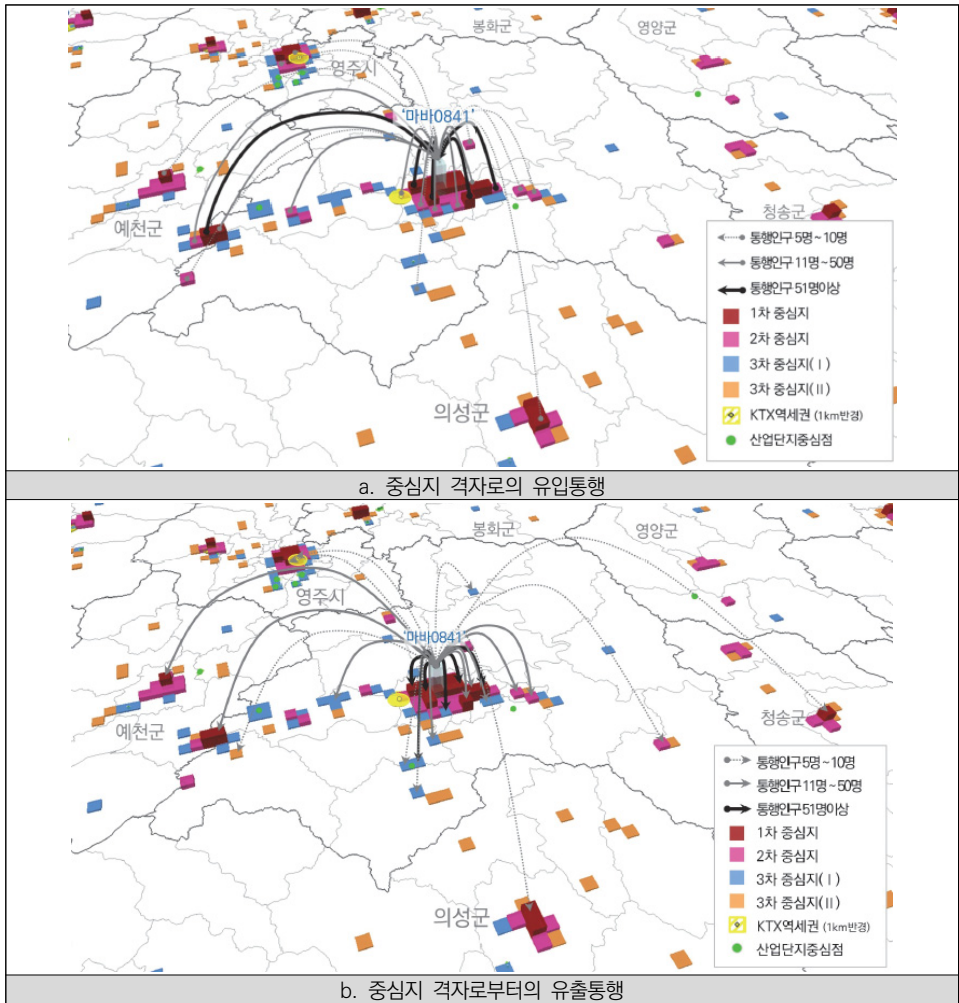
그림 3-14 | 중심지 구성 개별 격자 기준 유입·유출 통행 시각화 예시(안동시)



자료: ArcGIS Pro LocalScene을 활용하여 저자 작성.

다음으로, <그림 3-15>와 같이 분석대상 중심지가 개별 격자일 때 해당 격자로의 유입통행과 해당 격자로부터의 유출통행을 2.5D 기반으로 화살표의 이동을 통해 시각화 하는 방식을 검토하였다. 해당 시각화 방식의 경우, 유입·유출 통행량은 분석대상 격자와 근거리에 있는 지역이 많으므로, 해당 화살표들이 중첩되는 효과 때문에 시각적 가독성이 떨어질 가능성이 존재함을 확인할 수 있었다.

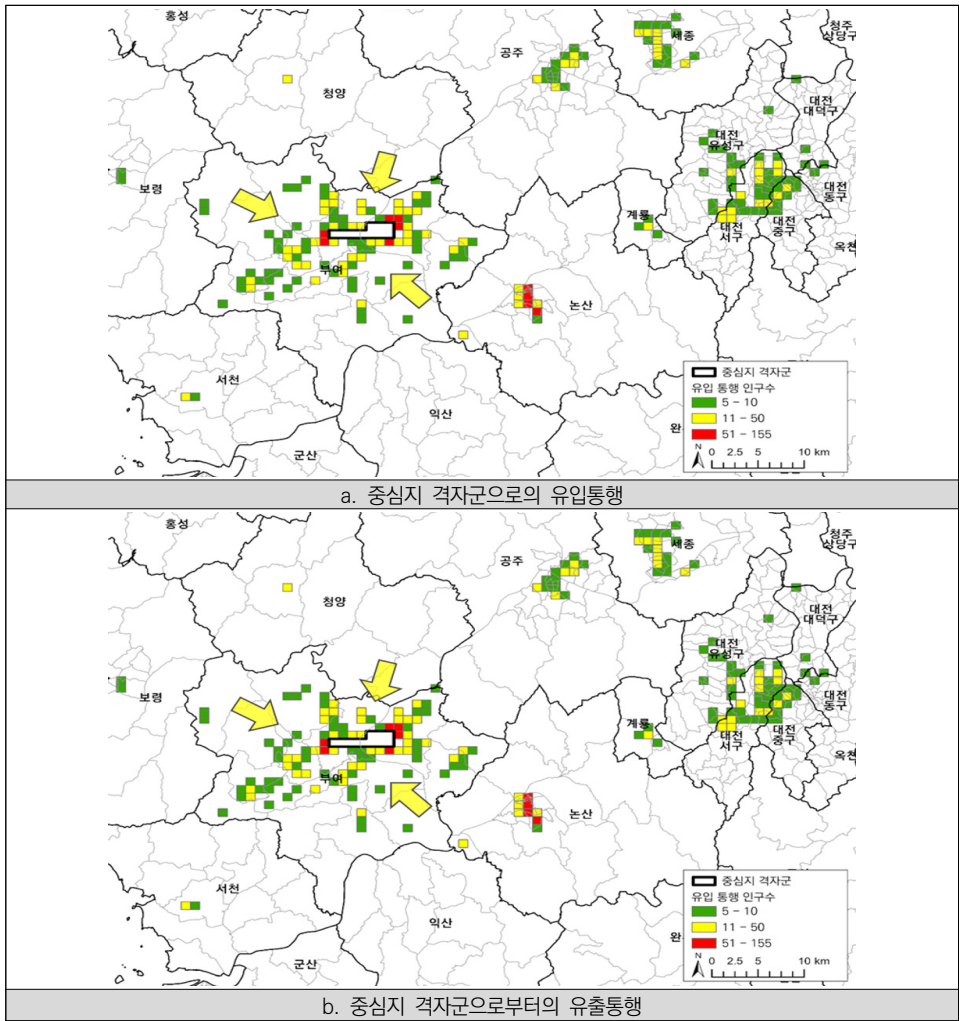
그림 3-15 | 중심지 구성 개별 격자 기준 유입·유출 통행 화살표 기반 시각화 예시(안동시)



자료: 국토교통부 2023, 64(a), 65(b).

두 번째로, 분석대상 중심지가 ‘격자군’ 이고 분석대상 중심지와 연계되는 출발지/목적지가 ‘격자’ 일 때의 시각화 방식을 검토하였다. 이를 위해 중심지 구성 격자 중 연결해(rook contiguity) 있는 격자군을 추출하여 ‘중심지 구성 격자군’ 으로부터 반경 50km 이내에 위치하면서 통행 인구수 5명 이상인 격자만 추출한 후 ‘중심지 격자군’ 과 주변 간의 유입통행 그리고 유출통행 각각을 시각화하였으며, 해당 예시는 <그림 3-16>과 같다.

그림 3-16 | 분석대상 중심지(격자군) 기준 유입·유출 통행 시각화 예시(부여군)



자료: 국토교통부 2023, 68.

CHAPTER 4

중심지 분석도구 설계 및 프로토타입 구현

- 1. 중심지 분석도구 설계 77
- 2. 중심지 분석도구 프로토타입 구현 91
- 3. 중심지 분석도구 활용방향 모색 96

04 중심지 분석도구 설계 및 프로토타입 구현

이 장에서는 중심지 분석도구의 기능을 설계하고, 해당 설계 내용을 바탕으로 QGIS 플러그인 기반의 중심지 분석도구 프로토타입을 구현하고, 이의 기능을 테스트하였다. 끝으로 중심지 분석도구의 활용 기반 마련을 위한 방안을 논의하였다.

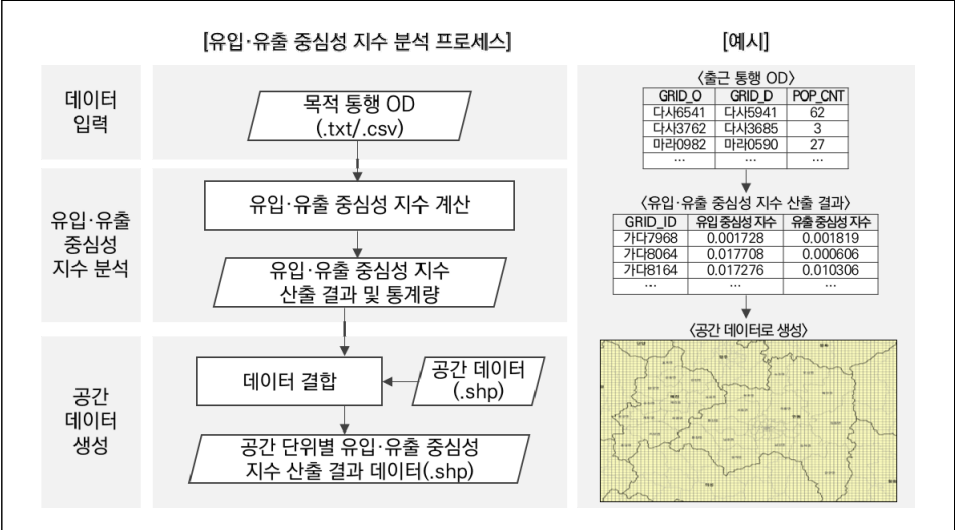
1. 중심지 분석도구 설계

1) 중심지 추출

(1) 유입·유출 중심성 지수 분석 기능

유입·유출 중심성 지수 분석 기능은 데이터 입력, 유입·유출 중심성 지수 산출, 공간 데이터 생성의 3단계로 구성된다(<그림 4-1>). 먼저, 목적 통행 OD 데이터를 입력으로 받아 유입·유출 중심성 지수를 계산하여 해당 값과 통계량을 산출하는데, 이때 해당 결과를 지도상에 시각화하고자 하는 경우, 별도의 공간데이터(.shp 확장자를 가진 격자 등의 데이터)와 결합하여 공간데이터를 생성하는 과정을 거쳐야 한다. 유입·유출 중심성 지수 기능의 작동 프로세스를 바탕으로 QGIS에서 유입·유출 중심성 지수 분석 기능이 작동하는 화면을 설계하였다.

그림 4-1 | 유입·유출 중심성 지수 분석 기능 프로세스



자료: 저자 작성.

그림 4-2 | 유입·유출 중심성 지수 분석 기능 화면 설계 1: 초기 화면

Q 중심지 분석도구

프로젝트 (P) 편집 (E) 보기 (V) 레이어 (L) 설정 (S) 플러그인 (P) 벡터 (Q) 래스터 (R) 데이터베이스 (D) 웹 (W) 메시 (M) 공간 처리 (C) 도움말 (H)

유입·유출 중심성 지수 중심지 식별 중심지-주변 간 통행 연계

레이어

☒ 시·군·구

☒ 동지역·읍·면

유입·유출 중심성 지수

데이터 준비하기

※ 주의사항

1. OD 데이터를 활용한 유입·유출 중심성 지수 산출 결과를 지도상에 표시하려면 2. 지도 시각화를 위한 공간 데이터를 입력해야 하며, 이때 두 데이터는 같은 단위공간을 가지고 있어야 합니다.

1. OD 데이터

출근 통행 OD_2021(샘플).csv

이(가)를 속성값 O_ID

D(출) 속성값 D_ID

통행량 속성값 POP_CNT

☐ 내부통행(O와 D가 같은 경우) 포함

2. 지도 시각화를 위한 공간 데이터 [옵션]

전국 1kmX1km 격자(인구수 포함)

UID GRID_1K_CD

다음

내용

- 사용자 편의 증대 차원에서, 유입·유출 중심성 지수 분석 기능을 실행하면 자동으로 '시·군·구' 및 '동지역·읍·면' 레이어(2021년 기준)가 표출되도록 설계함

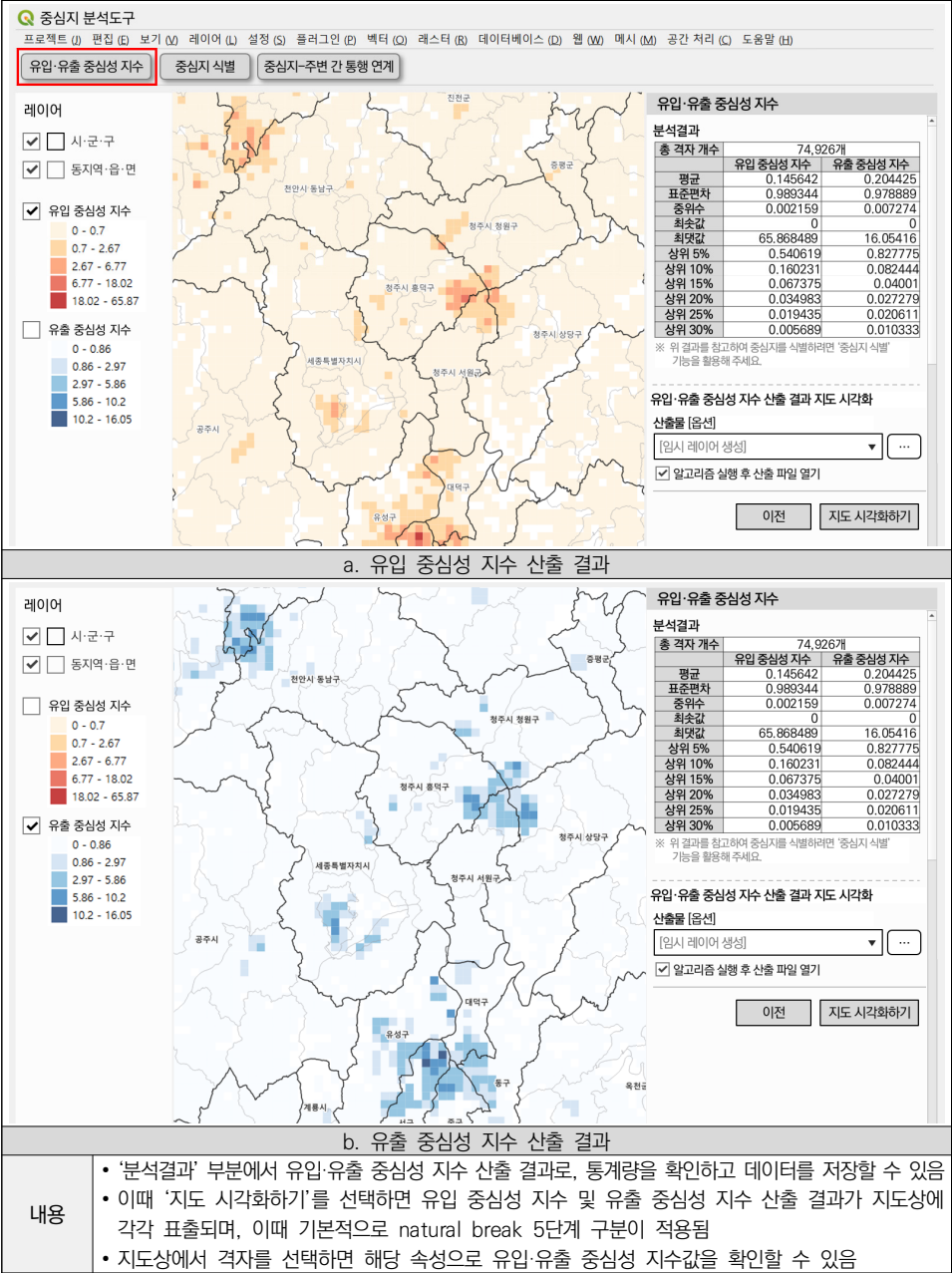
자료: 저자 작성.

그림 4-3 | 유입·유출 중심성 지수 분석 기능 화면 설계 2: 데이터 입력 및 통계량 선택

유입·유출 중심성 지수		유입·유출 중심성 지수	
데이터 준비하기 ※ 주의사항 '1. OD 데이터'를 활용한 유입·유출 중심성 지수 산출 결과를 지도상에 표출하려면 '2. 지도 시각화를 위한 공간 데이터'를 입력해야 하며, 이때 두 데이터는 같은 단위공간을 가지고 있어야 합니다.		유입·유출 중심성 지수 통계량 산출 ☒ 개수 ☒ 평균 ☒ 표준편차 ☒ 중위수 ☒ 최솟값 ☒ 최댓값 ☒ 상위 5% ☒ 상위 10% ☒ 상위 15% ☒ 상위 20% ☒ 상위 25% ☒ 상위 30%	
1. OD 데이터 ▶ 샘플 데이터를 기본으로 넣어주기 출근 통행 OD_2021(샘플).csv O(기점) 속성값 O_ID D(종점) 속성값 D_ID 통행량 속성값 POP_CNT ☐ 내부통행(O와 D가 같은 경우) 포함 기본 제공 데이터를 기본으로 넣어주기 2. 지도 시각화를 위한 공간 데이터 [옵션*] 전국 1kmX1km 격자(인구수 포함) UID GRID_1K_CD 다음		산출물 저장 [옵션] 출근 통행 OD_2021_유입 유출 중심성 지수.csv 출근 통행 OD_2021_유입 유출 중심성 지수_통계량.csv 이전 중심성 지수 산출하기	
a. 데이터 입력 화면		b. 통계량 선택 및 산출물 저장 경로 지정 화면	
내용	• 목적 통행 OD에 해당하는 데이터를 입력해야 하는데, 이때 해당 결과를 지도상에 시각화하고자 하는 경우, 입력한 통행 OD 데이터와 같은 공간 해상도를 갖는 공간데이터(.shp)를 추가로 입력할 수 있음 • 사용자 편의성 증대를 위해 1km×1km 격자 기반 통근통행(추정) 샘플 데이터 제공 • 지도 시각화를 위한 공간데이터로 1km×1km 격자 기반 거주인구수(SGIS) 및 사업체 종사자 수(SGIS) 데이터 제공	• 'a' 화면에서 '다음' 버튼을 클릭하면 전환되는 화면으로, 산출할 통계량과 결과를 저장할 폴더 및 파일명을 설정하고, '중심성 지수 산출하기'를 클릭하면, 입력 데이터에 대한 유입·유출 중심성 지수가 계산됨	

자료: 저자 작성.

그림 4-4 | 유입·유출 중심성 지수 분석 기능 화면 설계 3: 분석결과

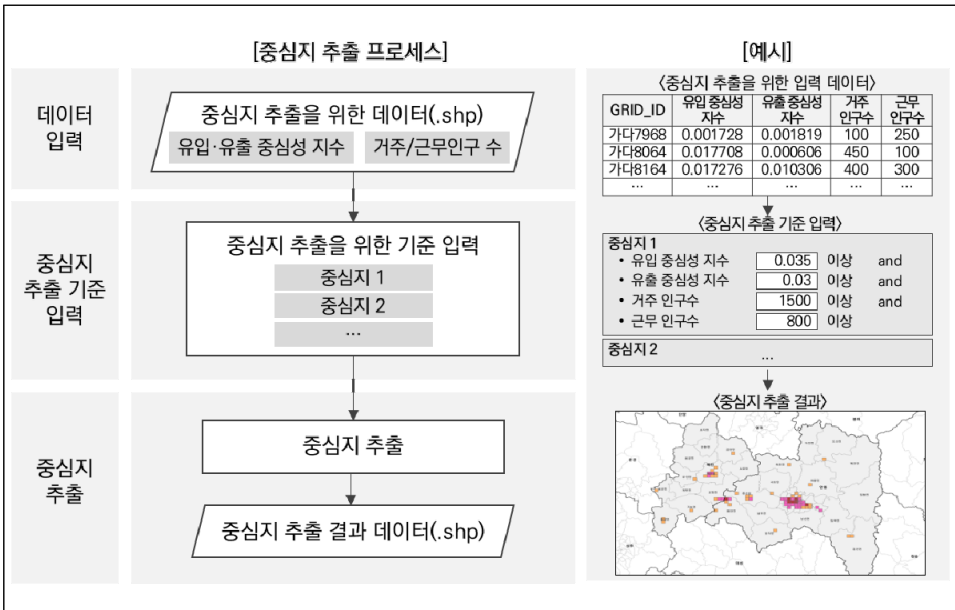


자료: 저자 작성.

(2) 중심지 추출 기능

중심지 추출 기능은 데이터 입력, 중심지 추출 기준 입력, 중심지 추출의 3단계로 구성된다(〈그림 4-5〉). 먼저, 중심지 추출을 위한 데이터를 입력으로 받아야 하는데, 이때 앞서 산출한 유입·유출 중심성 지수를 활용할 수 있으며, 추가적으로 거주/근무 인구수 데이터를 함께 활용할 수 있다. 유입·유출 중심성 지수 기능 프로세스를 바탕으로 QGIS에서 해당 기능이 작동하는 화면을 설계하였다.

그림 4-5 | 중심지 추출 기능 프로세스



자료: 저자 작성.

그림 4-6 | 중심지 추출 기능 화면 설계 1: 데이터 입력 및 중심지 기준 입력

중심지 추출

중심지 추출을 위한 데이터 입력

유입·유출 중심성 지수 산출 결과

...

중심지 추출에 활용할 기준 선택

중심성 지수 기준

☒ 유입 중심성 지수

pc_in

and

☒ 유출 중심성 지수

pc_out

and

※ 위 속성이 없다면 '유입·유출 중심성 지수' 기능을 활용하여 해당 값을 생성하세요.

인구수 기준

☒ 거주 인구수

POP_R

and

☒ 근무 인구수

POP_W

※ 위 속성이 없다면 '결합' 기능을 활용하여 해당 속성을 포함한 데이터와 '중심지 식별을 위한 데이터'를 결합하여 해당 값을 생성하세요.

다음

중심지 추출

중심지 추출 기준 입력

[참고] 통계량

	유입 중심성 지수	유출 중심성 지수	거주 인구수 (명)	근무 인구수 (명)
데이터 수*	74,962		72,388	58,272
평균	0.146	0.204	686.70	422.47
표준편차	0.989	0.979	2,994.52	2,178.44
중위수	0.002	0.007	43.00	19.00
최소값	0	0	5.00	3.00
최대값	65.368	16.054	43,853.00	115,378.00
상위 5%	0.541	0.828	3,114.65	1,915.00
상위 10%	0.160	0.082	403.00	683.0
상위 20%	0.035	0.027	143.00	182.0

* 유입·유출 중심성 지수의 경우, 해당 단위공간의 유입·유출 중심성 지수가 모두 N/A가 아닌 값의 개수를 의미하며, 거주/근무 인구수의 경우, 해당 단위공간의 거주/근무 인구수가 각각 0이 아닌 값의 개수를 의미함

1. 중심지 1

※ 초기값: 유입·유출 중심성 지수 상위 5%, 거주 인구수 1500명, 근무 인구수 800명 및 최대값

• 유입 중심성 지수

0.541 이상

35.869 이하

and

• 유출 중심성 지수

0.828 이상

16.054 이하

and

• 거주 인구수(명)

1500 이상

43853 이하

and

• 근무 인구수(명)

800 이상

115378 이하

중심지 추출 기준 추가하기

a. 데이터 입력 및 분석기준 선택 화면

b. 참고 통계량 확인 및 중심지 기준 입력 화면

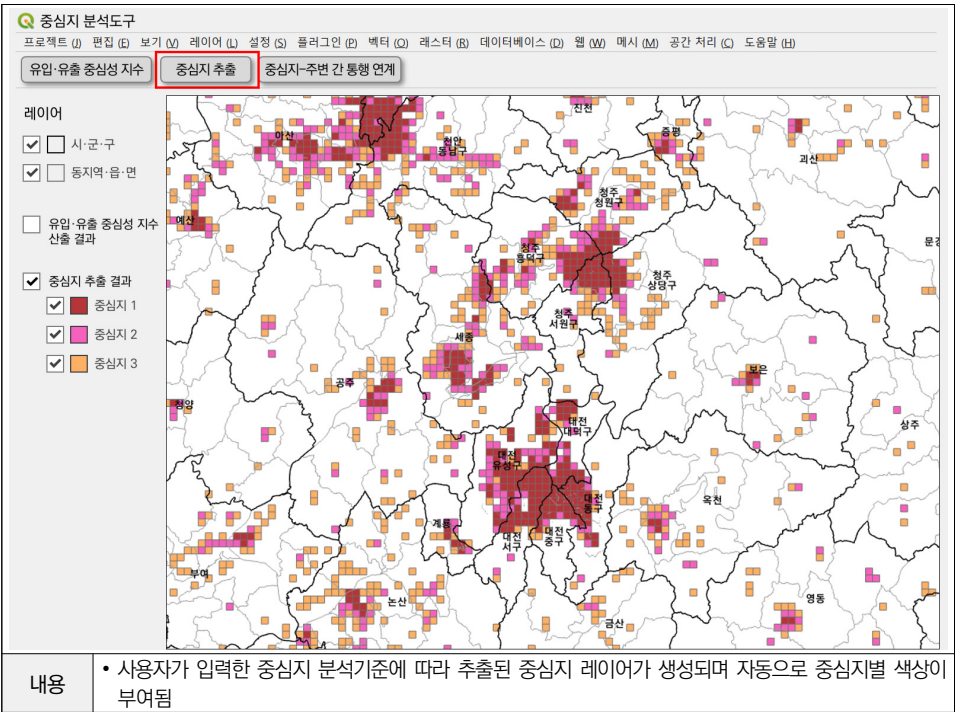
내용

- 앞서 '유입·유출 중심성 지수 분석' 기능을 활용하여 결과를 저장하였다면, 해당 레이어가 자동으로 입력됨
- 중심지 추출에 활용할 기준으로 유입·유출 중심성 지수, 거주/근무 인구수를 선택할 수 있음

- 중심지 추출 시 기준으로 활용할 수 있는 통계량에 대한 정보가 상단에 표출됨
- 'a' 화면에서 선택한 기준에 해당하는 조건을 바탕으로 중심지 추출을 위한 기준을 사용자가 원하는 만큼 생성할 수 있도록 함
- '중심지 1'이 가장 높은 기준값을 가지도록 설정

자료: 저자 작성.

그림 4-7 | 중심지 추출 기능 화면 설계 2: 중심지 추출 결과

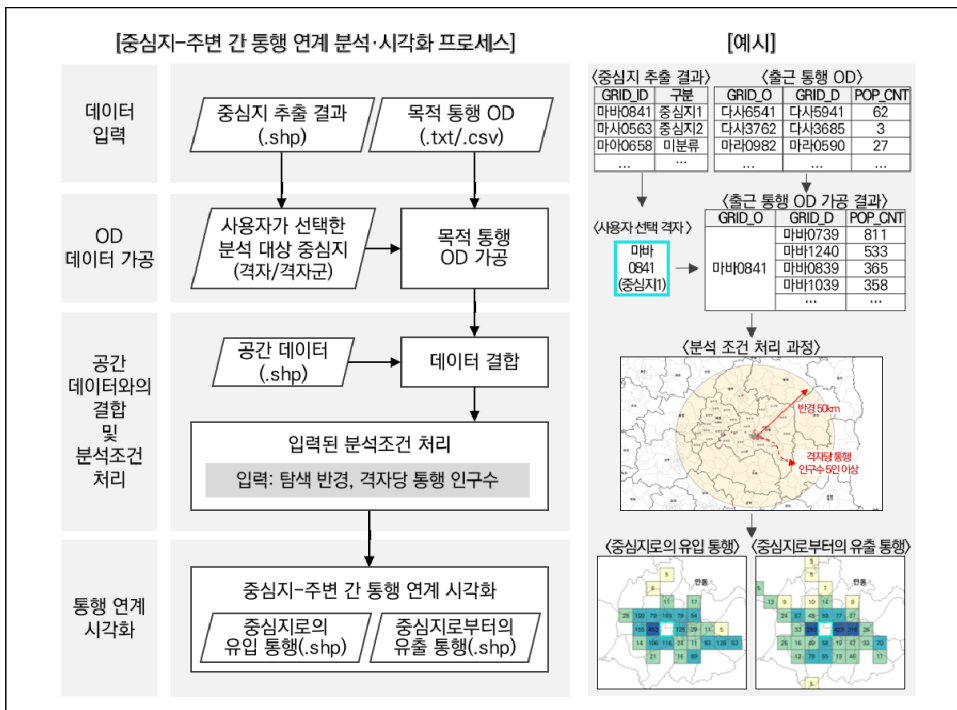


자료: 저자 작성.

2) 중심지와 주변 간 통행 연계 분석 및 시각화

중심지와 주변 간 통행 연계 분석·시각화 기능은 ‘분석대상 중심지(개별 격자/격자군)로의 유입통행’, 그리고 ‘분석대상 중심지(개별 격자/격자군)로부터의 유출통행’으로 구분하여 분석 및 시각화하는 부분을 포함한다(<그림 4-8>). 사용자가 선택한 중심지 격자 또는 격자군을 대상으로 통근통행 OD 데이터¹⁸⁾를 가공한 후에 공간데이터와 결합하는 과정을 거친다. 그 후에 사용자가 입력한 탐색 반경과 격자당 통행 인구수를 바탕으로 분석 조건을 처리한 후에 최종적으로 중심지로의 유입통행과 중심지로부터의 유출통행을 시각화한다.

그림 4-8 | 중심지-주변 간 통행 연계 분석·시각화 기능 프로세스

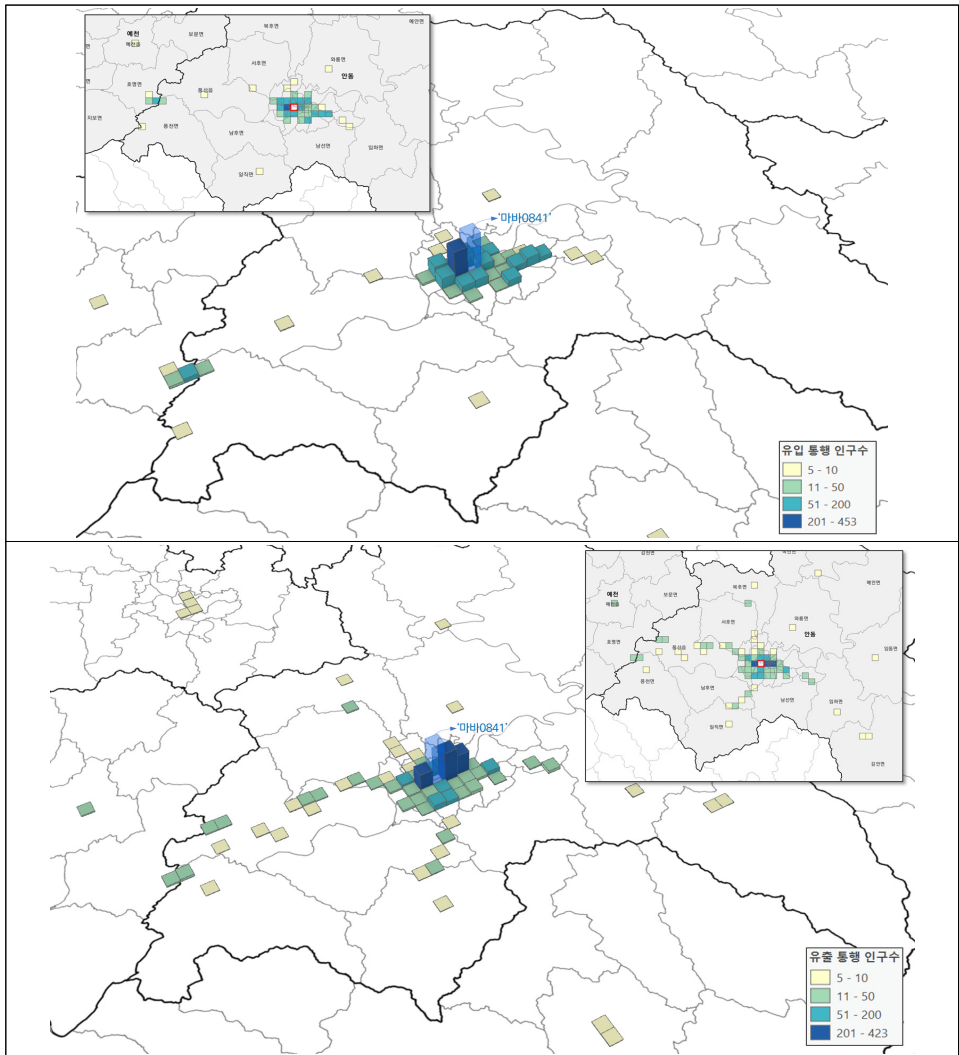


자료: 저자 작성.

18) 소핑, 여가 등 다른 목적 통행 OD 데이터도 입력 가능하다.

다음으로, 통행 연계 시각화 시 2D 및 2.5D 시각화 방식을 검토하였다. 탐색적 데이터 분석결과, 대체로 인근 격자로의 유입·유출 통행량이 많아 화살표를 이용한 시각화 시 지도상 통행 연계 사항을 파악하기 어려움을 확인하였다. 따라서 화살표를 이용한 시각화 보다는 유입·유출 통행의 분포를 보여 주는 방식을 추가 검토하였다(<그림 4-9>).

그림 4-9 | 유입·유출 통행의 2D 및 2.5D 시각화 예시



자료: 저자 작성.

중심지와 주변 간 통행 연계 분석·시각화 기능 프로세스를 바탕으로 QGIS에서 해당 기능이 작동하는 화면을 설계하였다.

그림 4-10 | 통행 연계 분석·시각화 기능 화면 설계 1: 데이터 입력 및 분석대상지 선택

중심지-주변 간 통행 연계

데이터 준비하기

※ 주의사항

분석 결과를 지도상에 표출하려면 '3. 지도 시각화를 위한 공간 데이터'를 입력해야 하며, 이때 '1. 중심지 데이터', '2. OD 데이터', '3. 지도 시각화를 위한 공간 데이터'는 모두 같은 단위공간을 가지고 있어야 합니다.

1. 중심지 데이터

중심지 추출 결과

UID

GRID_1K_CD

2. OD 데이터

출근 통행 OD_2021(샘플).csv

O(기점) 속성값

O_ID

D(종점) 속성값

D_ID

통행량 속성값

POP_CNT

3. 지도 시각화를 위한 공간 데이터 [옵션*]

전국 1kmX1km 격자(인구수 포함)

UID

GRID_1K_CD

다음

중심지-주변 간 통행 연계

분석 대상지 선택

지도에서 선택

검색하여 선택

소재지	격자 ID	시·도	시·군·구	동지역·읍·면	중심지 구분
○ 마바0841	경북	안동시	동지역	중심지 1	

분석조건

반경

50

km 이내

격자당 통행 인구수

5

명 이상

출발지/목적지 공간단위

☒ 격자
 ☒ 동지역·읍·면
 ☒ 시·군·구

이전

실행

검색하여 선택

시도

시군구

동지역읍면

중심지 구분

☒ 명칭
 ☐ 격자 ID

행정구역명을 입력하세요

선택	격자 ID	시도	시군구	동지역읍면	중심지 구분
☒	마바0841	경상북도	안동시	동지역	중심지 1
☐	마바0741	경상북도	안동시	동지역	중심지 1
☐	마바0641	경상북도	안동시	동지역	중심지 2
☐	마바0541	경상북도	안동시	봉산읍	중심지 2
☐	마바0441	경상북도	안동시	풍천면	중심지 1
☐	마바0341	경상북도	안동시	풍천면	중심지 2

확인

취소

a. 데이터 입력 화면

내용

- '중심지 추출' 기능을 통해 추출한 중심지 데이터를 자동으로 입력함
- 통행 연계 분석을 위해서는 목적 통행 OD에 해당하는 데이터를 입력해야 하며, 사용자 편의성 증대를 위해 1km×1km 격자 기반 통근통행(추정) 샘플 데이터 제공
- 지도 시각화를 위한 공간데이터로 1km×1km 격자 기반 거주인구수(SGIS) 및 사업체 종사자 수(SGIS) 데이터 제공

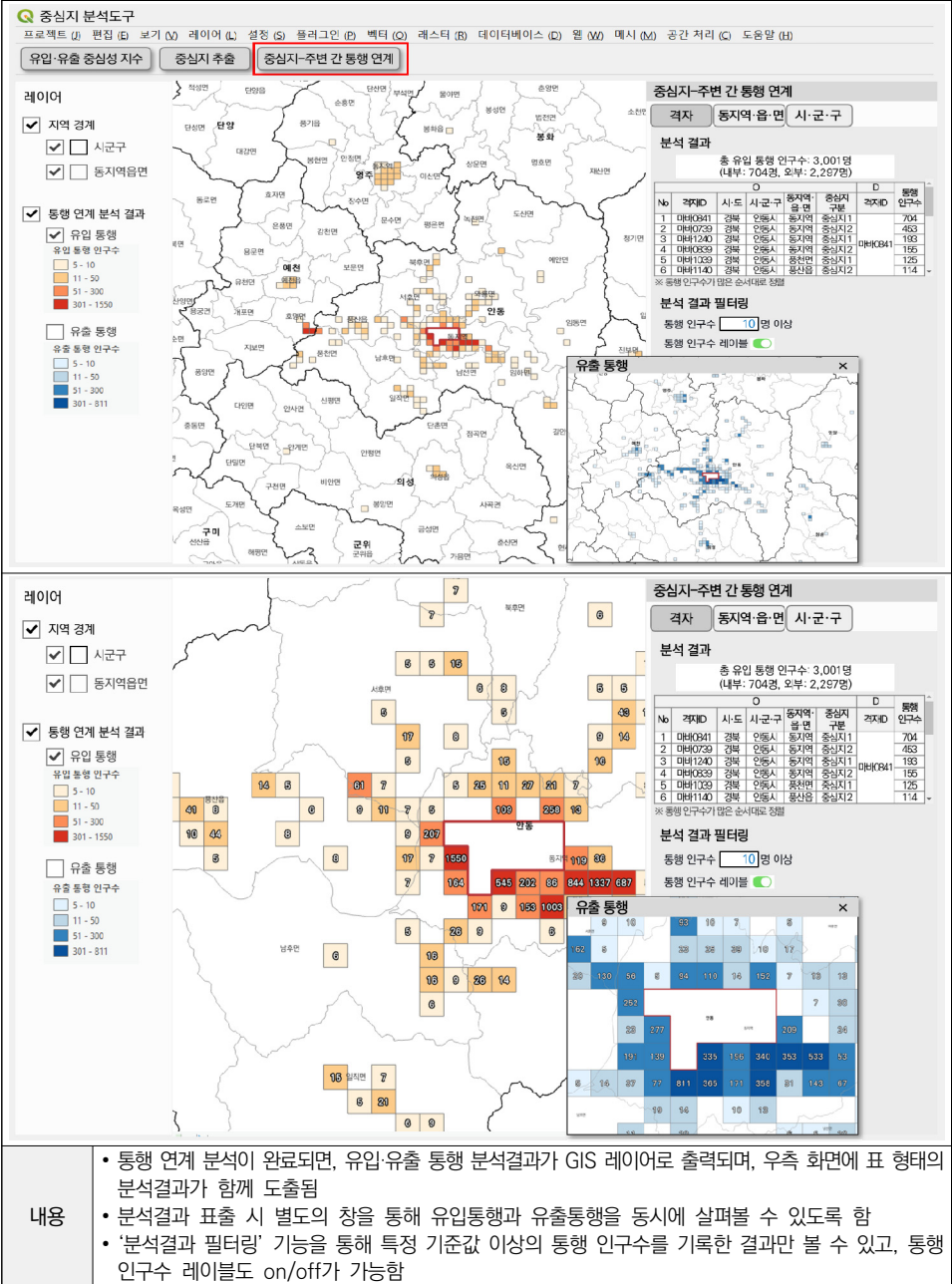
b. 분석대상지 선택 및 분석조건 입력 화면

- 'a' 화면에서 추출한 중심지에 대한 레이어를 바탕으로 사용자가 원하는 분석대상 중심지(개별 격자/격자군)를 지도상에서 선택하거나, 또는 검색을 통해 선택 가능
- 사용자가 '분석조건' 부분에 '반경[분석대상 중심지로부터 해당 반경 내에 위치하는(intersect 연산) 격자만 분석에 포함하도록 함] 및 '격자당 통행 인구수'(주변 격자 중 해당 통행 인구수 이상의 속성을 가지는 격자만 분석·시각화에 포함하도록 함) 기준 입력

자료: 저자 작성.

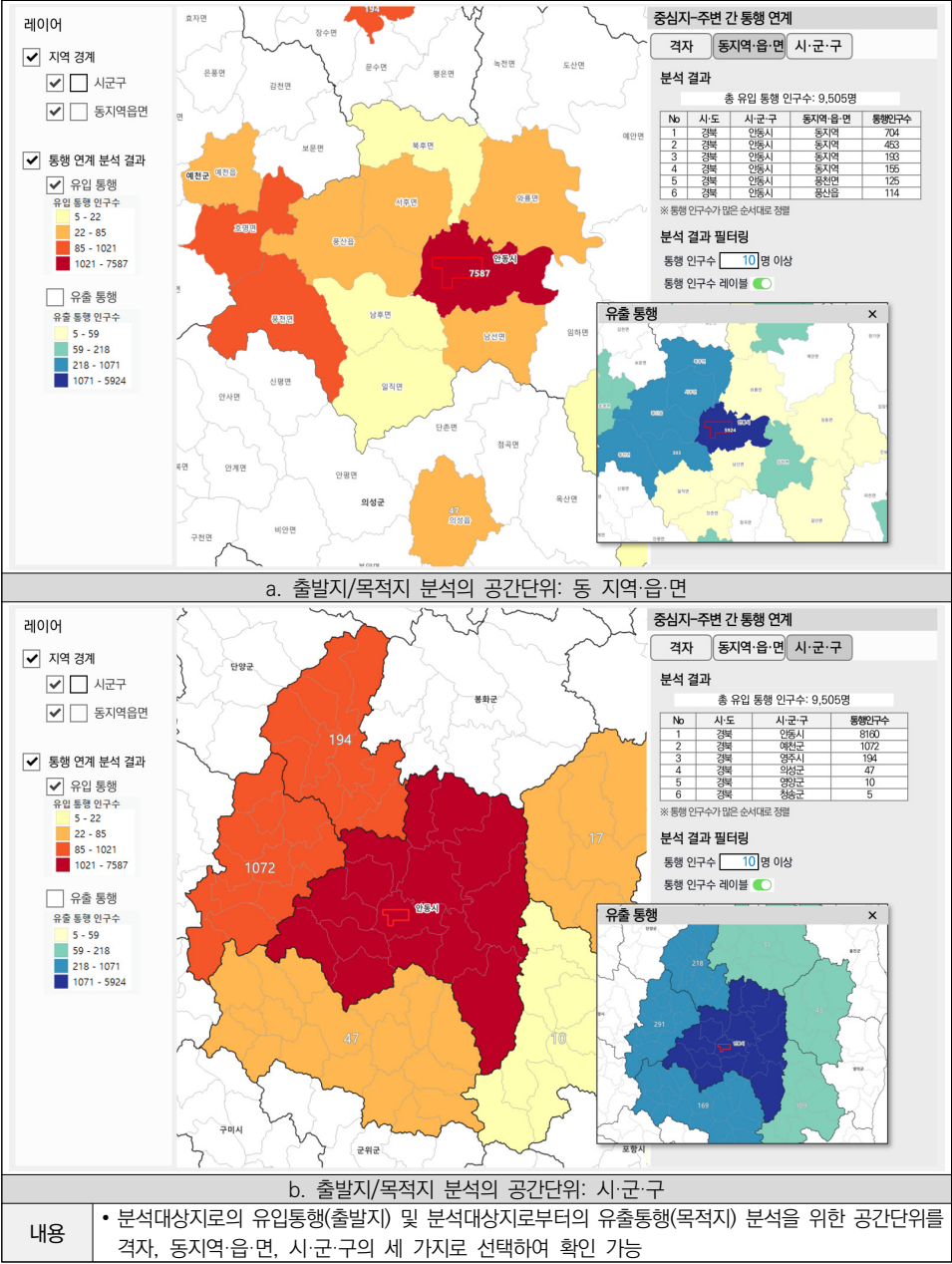
86

그림 4-11 | 통행 연계 분석·시각화 기능 화면 설계 2: 격자단위 분석결과



자료: 저자 작성.

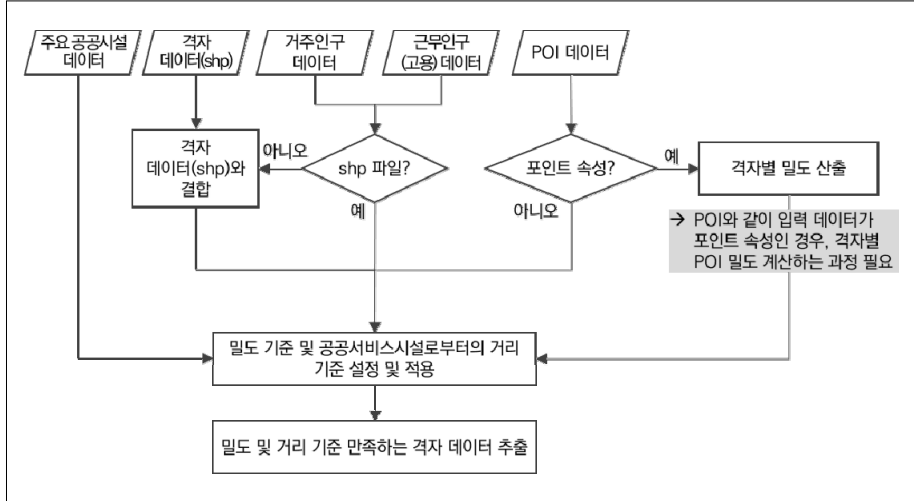
그림 4-12 | 통행 연계 분석·시각화 기능 화면 설계 3: 행정구역 단위 분석결과



자료: 저자 작성.

참고 **밀도 및 주요 공공시설로부터의 거리를 활용한 중심지 추출 도구 설계(안)**

〈밀도 및 주요 공공시설로부터의 거리를 활용한 중심지 추출 프로세스〉



자료: 저자 작성.

〈밀도 및 주요 공공시설로부터의 거리를 활용한 중심지 추출 예시〉

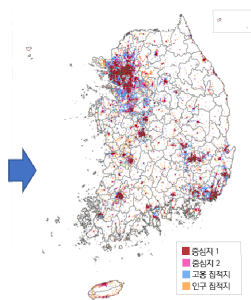
〈입력 데이터 예시: 1kmX1km 격자 기반 거주·근무 인구수.shp〉

ID	Shape	GRIB_1K_CD	SD_CD_A	SD_CD_L	SD_NM_R	SD_NM_R_sh	CE	SGG_CD_A	SGG_CD...	SGG_NM_R	EMD_CD_L	EMD_NM_L_R	POP_R	POP_M
100001	충청권	C441273	39	50	충주읍 행정자치도	충주	0	29620	50130	서귀포시	50130101	서귀포	6072	787
100002	충청권	C441279	39	50	충주읍 행정자치도	충주	0	29620	50130	서귀포시	50130101	서귀포	0	0
100003	충청권	C441271	39	50	충주읍 행정자치도	충주	0	29620	50130	서귀포시	50130101	서귀포	0	0
100004	충청권	C441272	39	50	충주읍 행정자치도	충주	0	29620	50130	서귀포시	50130101	서귀포	1280	1570
100005	충청권	C441275	49	40	광주광역시	광주	0	29620	50130	서귀포시	50130101	서귀포	0	0
100006	충청권	C441301	39	50	충주읍 행정자치도	충주	0	29620	50130	서귀포시	50130101	서귀포	0	0
100007	충청권	C441372	39	50	충주읍 행정자치도	충주	0	29620	50130	서귀포시	50130101	서귀포	178	130

〈밀도 기준 및 주요 공공시설로부터의 거리 기준 입력〉

	중심지 1	중심지 2	고용 집적지	인구 집적지
인구밀도	1500명/1㎢ 이상	300명/1㎢ 이상	-	150명/1㎢ 이상
고용밀도	950명/1㎢ 이상	150명/1㎢ 이상	150명/1㎢ 이상	-
POI밀도	___개/1㎢ 이상	20개/1㎢ 이상	-	-
기초공공서비스시설)로부터의 거리	-	-	-	1.5km 이내

〈결과 데이터 예시: 중심지 추출 결과〉

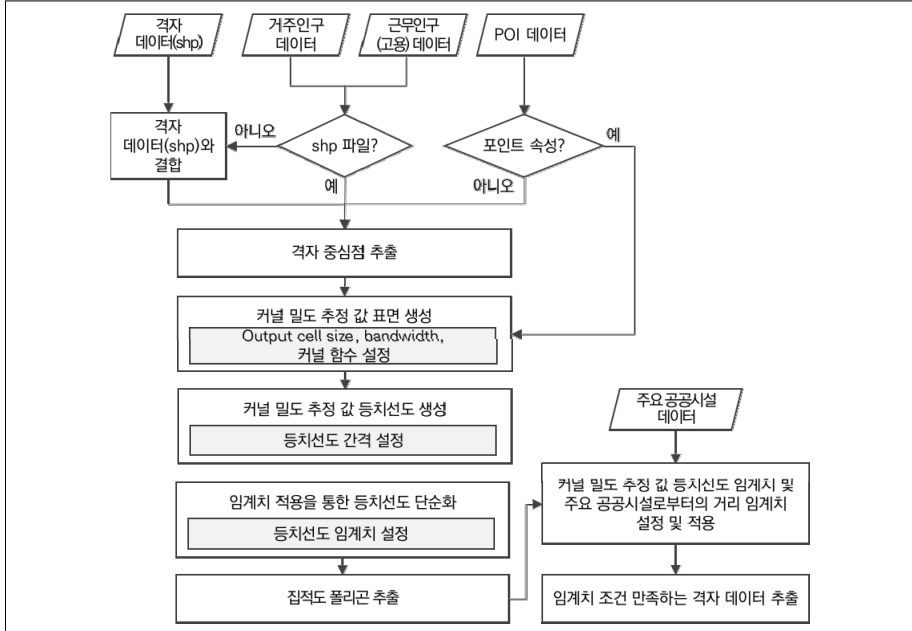


자료: 저자 작성.

참고

커널밀도 및 주요 공공시설로부터의 거리를 활용한 중심지 추출 도구 설계(안)

〈커널밀도 및 주요 공공시설로부터의 거리를 활용한 중심지 추출 프로세스〉



자료: 저자 작성.

〈커널밀도 및 주요 공공시설로부터의 거리를 활용한 중심지 추출 예시〉

〈입력 데이터 예시: 1kmX1km 격자 기반 거주·근무 인구수.shp〉

ID	Shape	SHR0_1K_CDB	SD_CDB_A	SD_CDB_S	SD_NMR_N	CC	SGG_CDB_A	SGG_CDB_S	SGG_NMR_N	EMSD_CDB_S	EMSD_NMR_N	POP_0	POP_1K	
100001	충주군	CU41213	39	50	직주동행정지도	직주	0	39620	50130	서귀포시	50130101	서귀동	0	1012
100002	충주군	CU41213	39	50	직주동행정지도	직주	0	39620	50130	서귀포시	50130101	서귀동	0	1012
100003	충주군	CU41213	39	50	직주동행정지도	직주	0	39620	50130	서귀포시	50130101	서귀동	0	1012
100004	충주군	CU41213	39	50	직주동행정지도	직주	0	39620	50130	서귀포시	50130101	서귀동	0	1012
100005	충주군	CU41213	39	50	직주동행정지도	직주	0	39620	50130	서귀포시	50130101	서귀동	0	1012
100006	충주군	CU41213	39	50	직주동행정지도	직주	0	39620	50130	서귀포시	50130101	서귀동	0	1012
100007	충주군	CU41213	39	50	직주동행정지도	직주	0	39620	50130	서귀포시	50130101	서귀동	0	1012

〈커널 밀도 추정 및 등치선도 생성 기능 화면 예시〉

데이터 입력(연구, 고용, POI, 자기 등)

커널 밀도 추정 기법 매개변수 설정

output cell size: 50m

bandwidth: 750m

kernel function: Querc

등치선도 생성 매개변수 설정

interval: 100m

〈밀도 기준 및 주요 공공시설로부터의 거리 기준 입력〉

	중심지 1	중심지 2	고용 집적지	인구 집적지
인구 커널 밀도 추정값 등치선도 임계치	600 이상	200 이상	-	150 이상
고용 커널 밀도 추정값 등치선도 임계치	500 이상	300 이상	150 이상	-
POI 커널 밀도 추정값 등치선도 임계치	500 이상	300 이상	-	-
주요 공공시설로부터의 거리	-	-	-	1.5km 이내

〈결과 데이터 예시: 중심지 추출 결과〉

자료: 저자 작성.

2. 중심지 분석도구 프로토타입 구현

중심지 분석도구 설계안에 따라 QGIS 플러그인 기반으로 중심지 분석도구 프로토타입 구현을 진행하였다. 해당 중심지 분석도구 프로토타입은 Python 언어를 기반으로 PyQGIS API¹⁹⁾와 PyQt UI 프레임워크²⁰⁾ 및 Qt Designer²¹⁾를 이용하여 개발하였다.

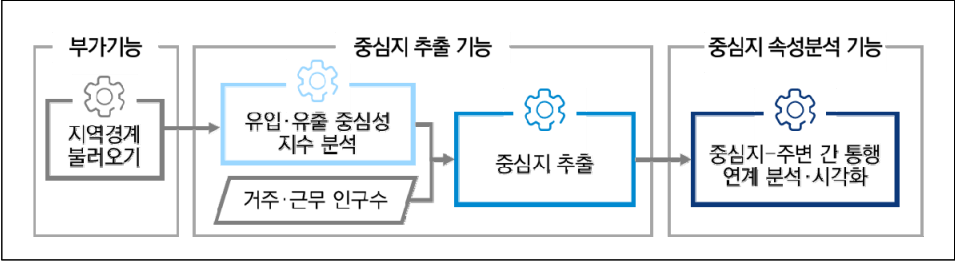
본 연구에서 개발하는 중심지 분석도구 프로토타입은 <그림 4-13>과 같이 크게 중심지 추출 기능과 중심지 속성분석 기능, 그리고 부가기능으로 구성된다. 중심지 추출 기능은 유입·유출 중심성 지수를 분석하는 기능과 유입·유출 중심성 지수 분석결과 및 거주·근무 인구수에 대한 기준을 적용하여 중심지를 단계별로 추출하는 기능의 두 부분으로 나뉜다. 중심지 속성분석 기능으로는 중심지-주변 간 통행 연계 분석·시각화 기능을 포함한다. 이에 따라 중심지 분석도구 프로토타입에서는 주요기능으로 ‘유입·유출 중심성 지수 분석’, ‘중심지 추출’, ‘중심지-주변 간 통행 연계 분석·시각화’ 기능을 구현하였다. 또한, 중심지 분석결과 해석을 위한 보조 수단으로 활용할 수 있도록, 시·군·구 및 동지역·읍·면 폴리곤 데이터(2021년 기준)를 불러오는 ‘지역경계 불러오기’ 기능을 추가적으로 구현하였다(<그림 4-14>). 각 플러그인은 <그림 4-13>과 같이 순차적으로 활용하는 것을 권장하나, 분석목적과 상황에 따라 개별적으로도 활용 가능하다.

19) Python으로 QGIS 기능을 활용할 수 있는 라이브러리이다. QGIS 플러그인 기반의 분석도구를 개발하기 위해서는 PyQGIS 사용이 필수적이며, 이를 활용하면 사용자는 Python을 통해 QGIS의 기능을 확장하거나 자동화하는 등 맞춤형 GIS 도구를 개발할 수 있다.

20) Python을 사용하여 Qt 기능을 활용할 수 있도록 하는 툴킷으로, 그래픽 사용자 인터페이스(Graphical User Interface, GUI)를 만드는 데 사용된다. 이를 활용하면 Python 코드로 GUI를 개발할 수 있으며, QGIS 플러그인의 인터페이스를 만들 때 주로 활용된다.

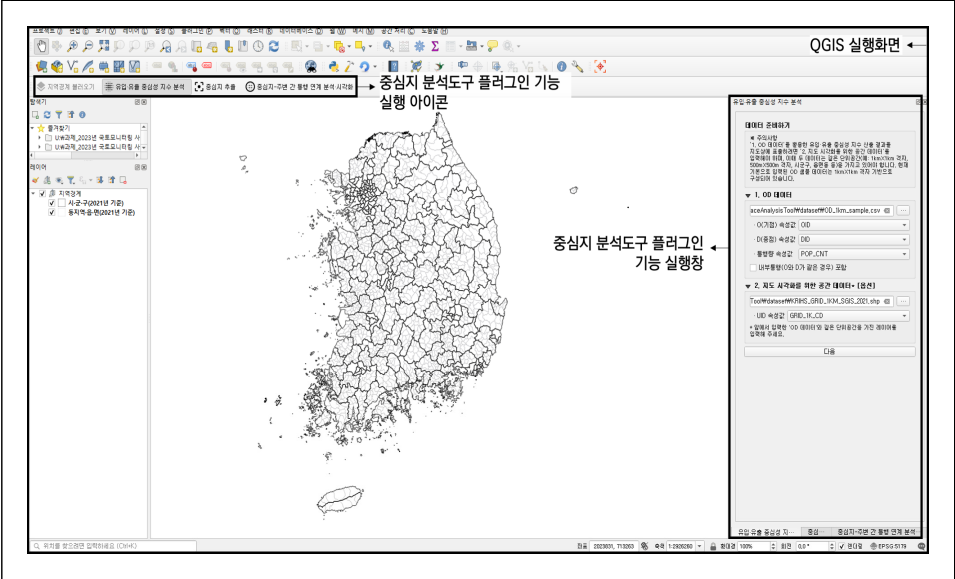
21) Qt 프레임워크를 사용하여 GUI를 시각적으로 설계할 수 있는 도구로, 이를 활용하면 사용자가 코드를 직접 작성하지 않고도 드래그 앤 드롭 방식으로 인터페이스를 쉽고 빠르게 설계할 수 있도록 지원한다.

그림 4-13 | 중심지 분석도구 프로토타입 기능 구성



자료: 저자 작성.

그림 4-14 | 중심지 분석도구 프로토타입 구현 결과 화면



주: 상단 메뉴에서 '지역경계 불러오기' 기능을 실행한 후, '유입·유출 중심성 지수 분석' 기능을 선택했을 때의 화면임.
자료: QGIS에서 중심지 분석도구 플러그인을 활용하여 저자 작성.

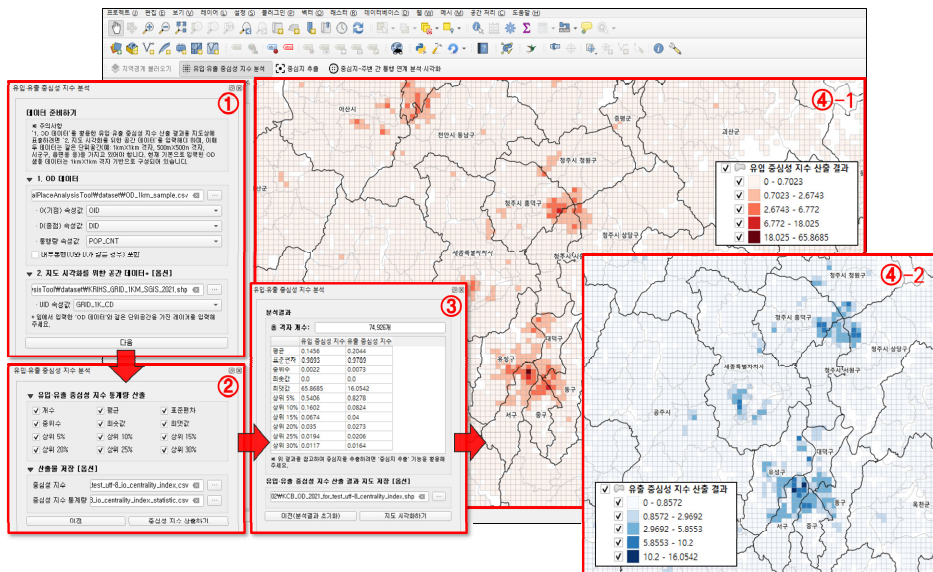
1) 중심지 추출

(1) 유입·유출 중심성 지수 분석 기능

OD 데이터를 활용하여 유입 중심성 지수와 유출 중심성 지수를 각각 분석할 수 있는 ‘유입·유출 중심성 지수 분석’ 기능 구현 결과는 <표 4-1>과 같다.

표 4-1 | 유입·유출 중심성 지수 분석 기능 구현 결과

기능		내용
입력	① 데이터 입력	• OD 데이터 및 지도 시각화용 공간데이터 입력
기준설정	② 통계량 및 산출물 저장 경로 설정	• 산출을 원하는 통계량 선택 및 분석 결과 산출물 저장 경로 설정
결과	③ 통계량 보기 및 지도 시각화 선택	• ②에서 설정한 통계량 산출 결과 보기 및 지도 시각화하기 선택
	④-1 유입 중심성 지수 분석결과	• 유입 중심성 지수 분석결과 지도 생성(natural break 5단계)
	④-2 유출 중심성 지수 분석결과	• 유출 중심성 지수 분석결과 지도 생성(natural break 5단계)



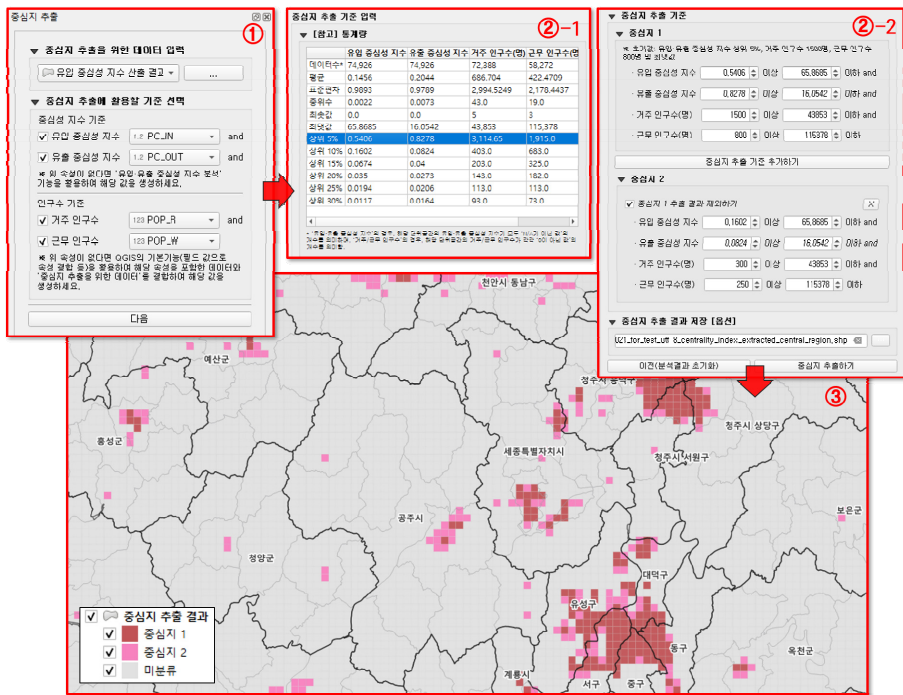
자료: QGIS에서 중심지 분석도구 플러그인을 활용하여 저자 작성.

(2) 중심지 추출 기능

사용자가 유입·유출 중심성 지수 및 거주·근무 인구수에 대한 분석조건을 직접 설정하여 중심지를 기준별로 추출할 수 있는 ‘중심지 추출’ 기능 구현 결과는 <표 4-2>와 같다.

표 4-2 | 중심지 추출 기능 구현 결과

	기능	내용
입력	① 데이터 입력 및 기준 선택	• 중심지 추출을 위한 데이터 입력 및 기준 선택
기준설정	②-1 참고 통계량 보기	• ②-2에서 중심지 추출 기준 설정 시 참고할 수 있는 통계량 산출
	②-2 중심지 추출 기준 설정	• 중심지 추출을 위한 항목별 기준값 설정(1개 이상의 기준 설정 가능)
결과	③ 중심지 추출 결과	• ②-2의 기준에 따른 중심지 추출 결과 지도 생성



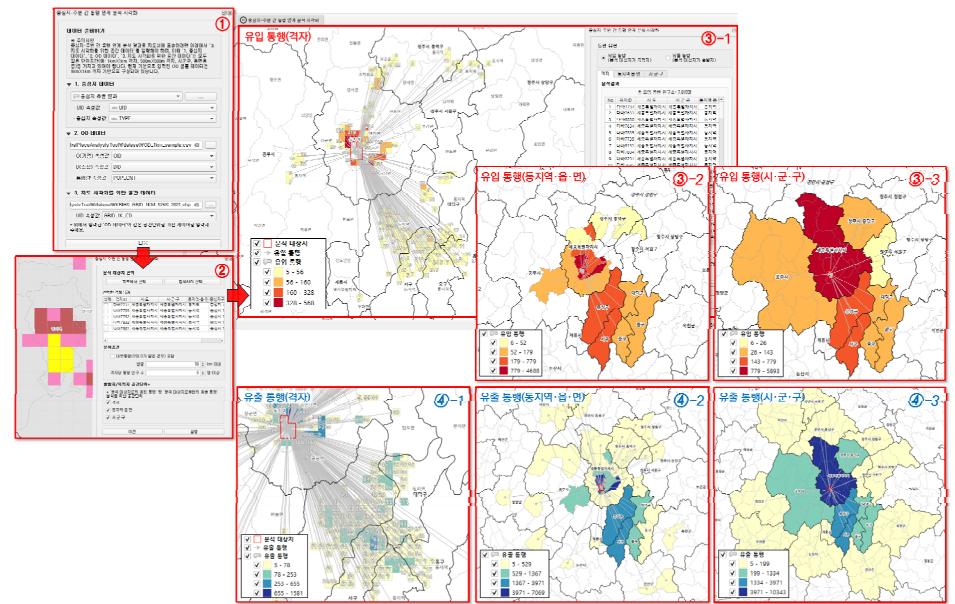
자료: QGIS에서 중심지 분석도구 플러그인을 활용하여 저자 작성.

2) 중심지와 주변 간 통행 연계 분석 및 시각화

중심지 추출 결과를 바탕으로 사용자가 원하는 분석대상 중심지를 선택하고, 분석조건을 설정하여 해당 중심지와 주변 지역 간 통행 연계를 분석하고 시각화할 수 있는 ‘중심지-주변 간 통행 연계 분석·시각화’ 기능 구현 결과는 <표 4-3>과 같다.

표 4-3 | 중심지-주변 간 통행 연계 분석·시각화 기능 구현 결과

	기능	내용
입력	① 데이터 입력	• 중심지 데이터, OD 데이터, 지도 시각화를 위한 공간데이터 입력
기준설정	② 분석대상 중심지 선택 및 분석조건 입력	• 분석대상 중심지를 지도에서/검색하여 선택 → 분석조건(반경, 격자당 통행 인구수) 입력 → 출발지/목적지 공간단위 선택(격자/동(洞)지역·읍·면/시·군·구)
결과	③ 유입 통행 분석결과	• 분석대상 중심지로의 유입 통행 분석·시각화(③-1: 격자, ③-2: 동지역·읍·면, ③-3: 시·군·구)
	④ 유출 통행 분석결과	• 분석대상 중심지로부터의 유출 통행 분석·시각화(④-1: 격자, ④-2: 동지역·읍·면, ④-3: 시·군·구)



주: 분석대상지를 ‘개별 격자’ 또는 ‘격자군’으로 설정할 수 있는데, 상기 그림에서는 분석대상지를 ‘격자군’으로 설정한 예시를 보여주고 있음.

자료: QGIS에서 중심지 분석도구 플러그인을 활용하여 저자 작성.

‘중심지-주변 간 통행 연계 분석·시각화’ 기능에서는 분석대상 중심지를 ‘개별 격자’ 또는 ‘격자군’으로 선택할 수 있으며, 분석대상 중심지의 유입·유출 통행을 ‘개별 격자’ 및 행정구역(‘동지역·읍·면’/‘시·군·구’) 단위로 분석·시각화 가능하다. 즉, 분석대상 중심지를 선택하면, 해당 중심지로 유입되는 통행과 해당 중심지로부터 유출되는 통행을 ① 격자 단위, 그리고 이를 ② 동지역·읍·면 및 ③ 시·군·구 단위로 집계한 결과 등 세 가지 공간단위로 확인할 수 있으며, 이를 통해 다양한 공간 스케일에서의 통행 연계 분석이 가능하다. 통행 연계 시각화 시에는 분석대상 중심지와 유입/유출 통행 발생지(격자/동지역·읍·면/시·군·구)를 직선 화살표로 연결하여 표현하고, 유입/유출 통행 발생지 폴리곤에 해당 통행량을 표출함으로써 통행의 방향과 규모를 직관적으로 파악 가능하도록 하였다.

중심지 분석도구 플러그인에 대한 기능별 상세설명은 <부록 5>에 기술하였다.

3. 중심지 분석도구 활용방향 모색

1) 프로토타입 기능 테스트를 통한 활용도 제고방안 논의

중심지 분석도구 프로토타입 개발 완료 후, <표 4-4>와 같이 분석도구의 잠재적 사용자인 국책연구기관 소속 전문가, 엔지니어링 회사 소속 실무자, 시도 연구기관 소속 전문가를 대상으로 자문단을 구성한 후 프로토타입 기능 테스트를 진행하여 중심지 분석도구의 유용성을 확인하고 활용도를 제고하기 위한 방안을 도출하고자 하였다. 먼저, 국책연구기관 소속의 공간정보 및 도로 분야 연구자 중 GIS 공간분석 경험이 있는 연구자를 중심으로 1차 자문단을 구성하여, 개발된 중심지 분석도구 프로토타입의 기능을 테스트하고, 연구 업무 관련 활용방안을 논의하였다. 다음으로, 도시·군기본계획 등 계획 수립 경험이 있는 엔지니어링 회사 소속의 실무자를 중심으로 2차 자문단을 구성하여 중심지 분석도구 프로토타입의 기능을 테스트하고, 도시/지역 계획 실무에서의

중심지 분석도구의 활용방안을 논의하였다. 또한, 농촌 등 공간계획 수립 및 국토모니터링 등에 중심지 분석도구를 활용하기 위한 기반 확충 방향도 논의하였다.

표 4-4 | 중심지 분석도구의 잠재적 사용자 대상 자문회의

분류(날짜)	대상	참여자	주요내용
1차 (2024. 3. 7.)	국책연구기관 소속 전문가	공간정보 및 도로 분야 등 GIS 공간 분석 경험이 있는 연구자 5인	- 중심지 분석도구의 가능별 오류 검토 및 기능 개선사항 논의 - 중심지 분석, 대중교통노선계획 등 연구 분야에서 중심지 분석도구의 활용방안 논의
2차 (2024. 3. 7.)	엔지니어링 회사 소속 전문가	도시·군 기본계획 등 계획 수립 경험이 있는 엔지니어링 회사 소속 실무자 6인	- 중심지 분석도구의 가능별 오류 검토 및 기능 개선사항 논의 - 기존 실무에서의 중심지 분석방법 및 중심지 분석도구의 실무 활용 가능성 논의 - 도시·군 기본계획, 농촌공간전략계획 등 실무에서 중심지 분석도구를 활용하기 위한 기반 확충 방향 논의
3차 (2024.4.8.)	국책연구기관 소속 전문가	도시재생, 생활권 분석 등 공간데이터 분석 경험이 있는 연구자 4인	- 지역생활권 분석에의 중심지 분석도구 활용방안 논의 - 중심지 분석 시 활용한 데이터, 분석방법 등을 지역생활권 분석에 활용 가능할 것으로 보임 - 생활권으로 확정된 격자군 집합을 중심지 분석도구의 중심지-주변 간 연계 분석 시 활용 가능할 것으로 보임
4차 (2024. 4. 11.)	국책연구기관 소속 전문가	농촌공간계획 관련 연구자 1인	「농촌공간재구조화법」에 근거한 농촌공간종합정보체계 시스템에서의 중심지 분석도구 활용방안 논의 - 해당 시스템 설계 시 중심지 분석에 활용한 데이터, 분석방법, 코드 등을 활용할 수 있을 것으로 보임
5차 (2024. 4. 22.)	시도 연구기관 소속 전문가	도시계획, 인구정책 등 GIS 공간분석 경험이 있는 연구자 2인	- 중심지 분석도구 활용 확대방안 논의 - 지역의 거점 판별 기능은 지역발전계획 수립 시 활용도가 높을 것으로 보임 - 중심지 분석 관련 데이터, 분석방법, 분석도구 등을 함께 공유할 수 있는 커뮤니티를 마련함으로써 분석도구 활용 저변 확대 가능

자료: 저자 작성.

먼저, 기존에 실무에서 활용하던 중심지 분석방법과 본 연구에서 개발한 중심지 분석도구 활용을 통한 업무상 개선점에 관한 의견수렴 결과, 기존에는 대부분 문헌조사, 지정 공간구조와의 비교, 주요 교통축과 개발사업 현황 등을 바탕으로 한 정성적 평가 기준에 따라 중심지를 분석했고, 읍·면·동 등 주로 행정구역 단위로 분석해 온 것으로

파악되었다. 따라서 본 연구에서 개발한 중심지 분석도구를 활용하면 마이크로 공간 데이터를 통해 중심지를 분석할 수 있으므로 보다 객관적이고 정량적이며 합리적인 결과를 도출할 수 있을 것으로 기대한다는 의견을 주로 수렴하였다. 또한, 기존에는 Excel, QGIS, ArcGIS, Python 등 다양한 프로그램을 여러 단계에 걸쳐 활용하여 분석을 수행하는 데 많은 시간과 비용이 소요되었지만, 단일 프로그램 기반의 분석 도구를 활용하여 시간과 비용을 절감할 수 있다는 의견도 있었다. 그리고 샘플 데이터와 분석기준 가이드를 제공하고, 명확하고 직관적인 인터페이스 구성 등 사용자 친화적으로 개발되어, 기능 활용 및 분석 수행에 도움이 된다는 의견을 수렴하였다.

중심지 분석도구의 활용방안으로는 도시·군기본계획 수립에서 도시기본구상도 작성 시 현재의 도시공간구조를 진단하여 이를 기반으로 장래 공간구조(거점/축/생활권 등)를 설정하는 데 활용하고, 부문별 계획의 교통계획에서 신규 교통노선을 제안할 때 중심지 결과를 고려한 합리적인 노선 설정이 가능할 것이라는 의견이 있었다. 또한, 도시재생 전략계획, 주거환경정비기본계획, 각종 개발사업 등에서 재생사업, 정비사업, 개발사업 등의 각종 후보지 발굴 시, 중심지 결과값의 시계열 데이터가 제공된다면 쇠퇴지역 또는 중심성이 강화되는 지역에 대한 정량적 파악이 가능하여 이를 기반으로 후보지 발굴이 가능할 것으로 보인다는 의견을 수렴하였다. 이외에도 교통, 인구감소, 환경계획 등 다양한 분야의 분석도구 활용 및 연계 방안이 제시되었다. 중심지 분석도구에서 도출된 분석결과를 활용할 경우, 교통 인프라 등 공공시설 분포의 지역적 탐색이 가능하며, 기타 타 분야와 연계/활용 방안으로는 인구 전입·전출 데이터를 활용한 사회적 인구감소 분석 및 대응 계획, 상권 및 부동산 분석, 재난 취약지역 분석 및 대응계획 수립 등이 제시되었다.

다음으로, 분석도구의 유용성 제고를 위한 기능 개선 요구사항을 도출하였다. 개선 요구사항은 크게 두 가지로 구분된다. 첫 번째는 사용자 편의성 제고를 위한 목적으로, 분석기준 표출/저장 기능 추가, 세부 기능에 대한 설명 추가(격자군 선택, 통계값 복사 기능 등), 분석결과 저장 폴더 별도 지정, 레이어 스타일을 함께 저장할 수 있는 qml

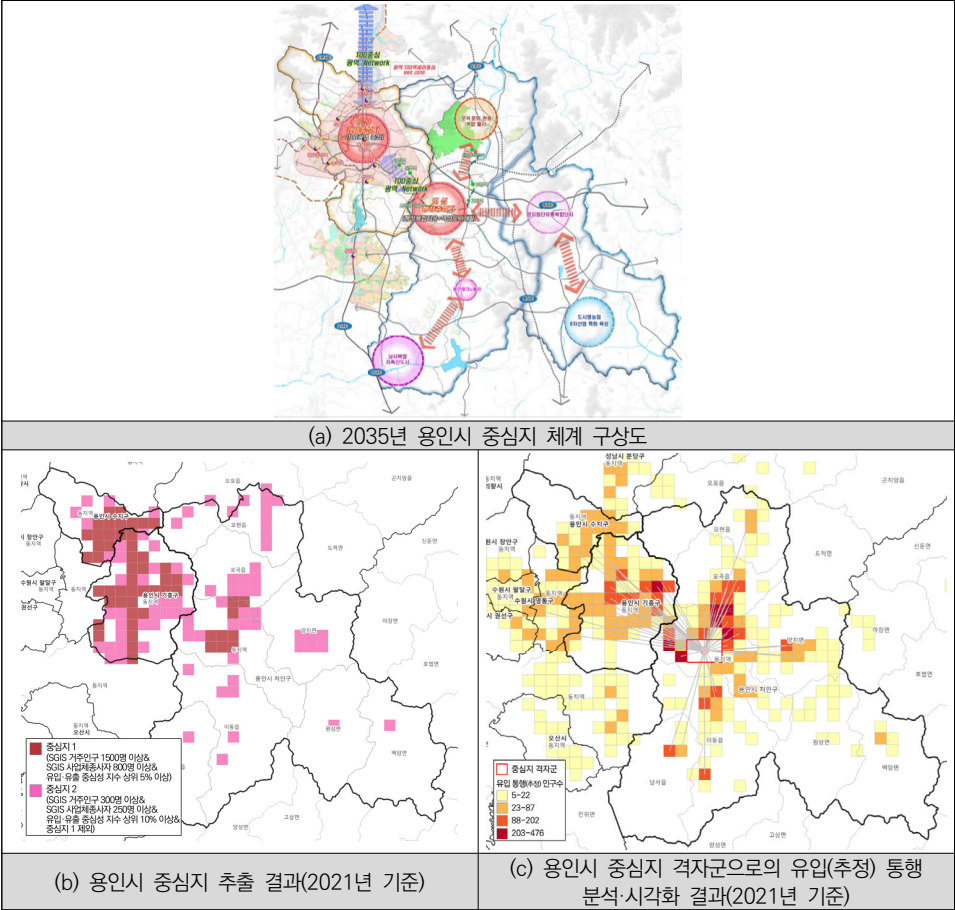
파일 저장 지원 등의 요구사항이 논의되었다. 두 번째는 분석기능 관련 요구사항으로, 통계 그래프 산출 기능, 중심지 유형 분류 후 거점 자동 형성 기능, 시계열 데이터 분석기능에 관한 기능 개선 요구사항이 있었다.

중심지 분석도구를 활용하기 위한 기반 확충 방향으로는, 누구나 접근 가능한 플랫폼을 활용한 중심지 분석도구의 제공방안의 모색이 필요하다는 의견과 매뉴얼 및 교육 제공 등을 통한 홍보가 필요하다는 의견을 수렴하였다. 보다 상세한 자문회의 주요 질문사항과 의견은 <부록 3> 및 <부록 4>에 각각 수록하였다.

2) 중심지 분석도구 활용방향

첫째는 도시·군 기본계획에서의 활용이다. 「도시·군기본계획수립지침」에서는 계획 수립을 위해 기존 중심지 구조 등을 분석하여 공간구조 개편방향을 설정하도록 명시하고 있으나, 중심지 분석을 위한 데이터, 방법 및 활용가능 분석도구에 대한 지침은 부재하여 대다수 계획이 여전히 정성적인 방법에 의존하는 실정이며, 이로 인해 실증적 근거에 기반한 객관적·과학적 계획 수립에 한계가 있다. 본 연구에서 개발한 중심지 분석도구는 마이크로 공간데이터를 활용한 중심지 분석방법을 간편하게 적용할 수 있는 기능을 제공하므로, 도시·군기본계획 수립 시 데이터와 과학적 방법론에 기반하여 현재 공간 구조를 파악하고 장래 공간구조를 구상하고자 할 때 지원도구로 활용 가능할 것으로 보인다. 가령 <그림 4-15>의 (a)와 같은 ‘2035년 용인도시기본계획’ (2018년 수립)의 ‘중심지 체계 구상도’를 현재(2021년)의 중심지 현황(<그림 4-15> (b)) 및 중심지-주변 간 연계 현황(<그림 4-15> (c))과 비교·분석하고자 할 때 중심지 분석도구 활용 가능하다.

그림 4-15 | 용인시의 중심지 체계 구상도 및 중심지 분석 결과 비교



자료: (a) 용인시 2018, (b)/(c) QGIS에서 중심지 분석도구 플러그인을 활용하여 저자 작성.

일례로, 본 연구에서 개발한 중심지 분석도구를 통해 분석한 중심지와 주변 간 통행 연계 분석 및 시각화 결과를 「2040년 통영도시기본계획」 수립을 위한 컨설팅회의 (2024. 3. 7., 2024. 4. 18.)에서 활용하였다(<그림 4-16>). 중심지 분석도구 프로토타입을 활용하여 통영시 동지역의 중심지 격자군을 설정한 후 해당 격자군으로의

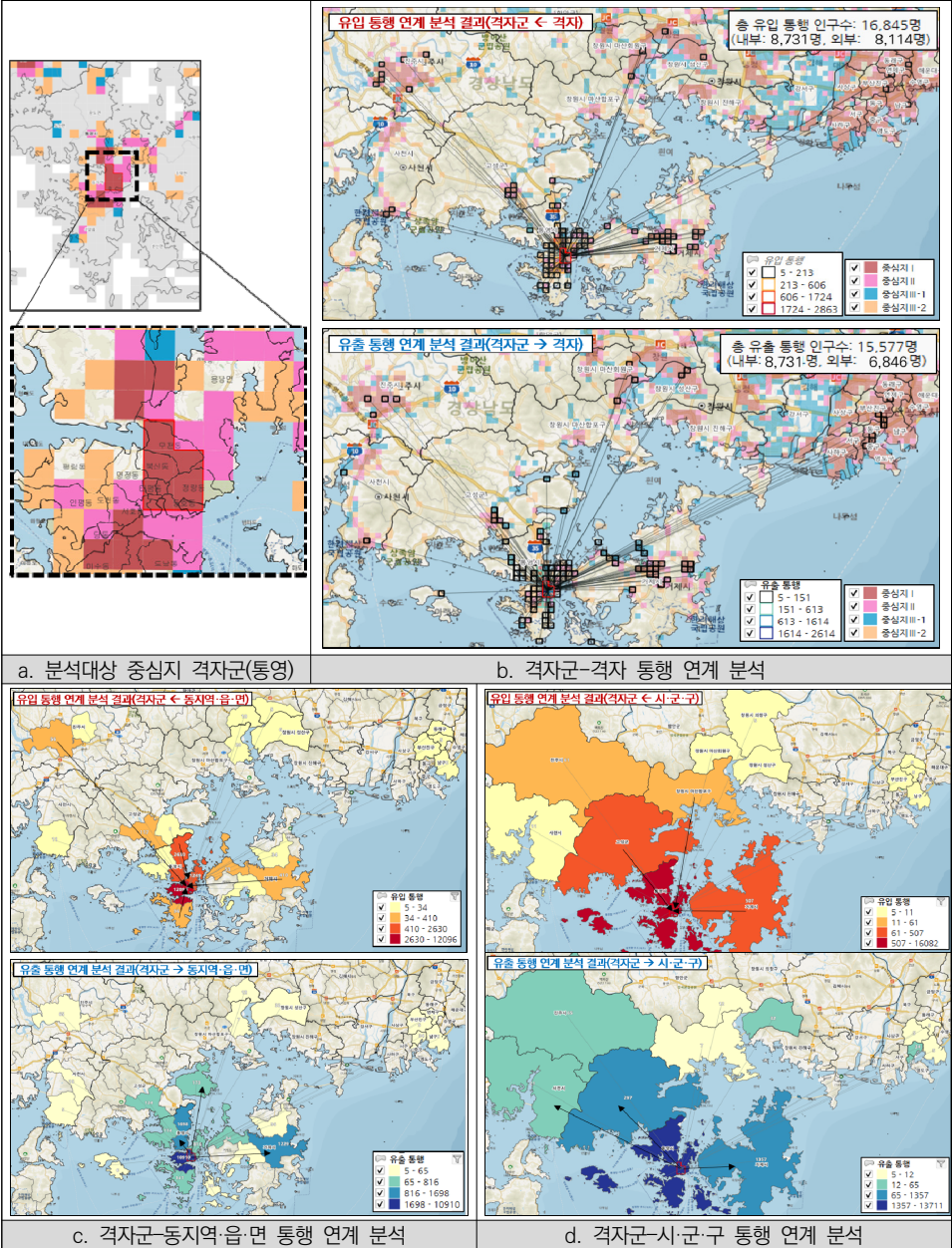
유입통행과 해당 격자로부터의 유출통행을 격자, 동지역·읍·면, 시·군·구 단위에서 각각 분석하였다(<그림 4-17>).

그림 4-16 | 통영/용인 도시·군기본계획 수립을 위한 컨설팅 회의(2024. 3. 7.)



자료: 저자 작성.

그림 4-17 | 중심지 분석도구를 활용한 중심지-주변 간 통행 연계 분석·시각화 사례(통영시)



두 번째는 농촌 지역의 공간 계획에서 본 연구 결과를 활용할 수 있을 것으로 보인다. 최근 발표된 「농촌공간 전략계획²²⁾ 수립 가이드라인」(농림축산식품부, 2021)에서 이동통신 데이터, OD 데이터 등 마이크로 공간데이터를 활용하여 농촌공간구조를 분석하도록 명시하고 있다(<표 4-5>). 따라서 본 연구 결과는 농촌 지역의 공간 계획 수립에 있어 참고 가능한 보완적 분석방법으로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

표 4-5 | 농촌공간 연계구조 분석 가이드라인

※ 이동통신 데이터, OD 자료 등 해당 시·군에 거주하는 주민들의 이동 현황을 파악할 수 있는 자료를 분석하여 일상적으로 생활(이동)하는 공간 범위(일상생활권)를 설정
- 연계구조는 인근 시·군 간 목적별 통행에 따른 통행 패턴을 분석하여 연계 관계 도출
- 시·군 내에서 각 읍·면·동 간의 이동빈도·경로, 통행량 등을 고려(가능한 경우 인접한 타 시·군의 읍·면·동과의 관계도 고려)
- 적용 기준, 방법, 고려요소 등을 증빙자료로 제시(예: SKT 이동통신 데이터 4월 둘째 주 자료, 충남도 홍성군 OD 자료)
- 참고자료: 미래 국토 전망과 농촌의 계획적 정비방안 연구(3/3차년도, 2019)
※ 현황도는 A3 사이즈로 작성하며, A4 사이즈에 맞추어 접어서 제출

자료: 농림축산식품부 2021, 14.

세 번째로는 국토모니터링에서 본 연구 결과를 활용할 수 있을 것으로 보인다. 국토의 변화상을 주기적 또는 수시로 점검하기 위해 시행되는 국토모니터링(「국토기본법」 제25조의2에 근거)에서는 전국을 범위로 1km×1km 격자 등의 마이크로 공간데이터 기반의 중심지를 분석하여 그 결과를 공표하고 있다. 그러나 전국을 동일한 기준을 통해 분석하여 수도권의 경우, 대부분의 지역이 중심지로 도출되고, 지방 소도시는 상위 중심지가 도출되지 않는 등의 차이가 발생한다. 그래서 해당 연구에서는 지역의 여건과 특성에 맞추어 분석기준을 변경하여 중심지를 추출하도록 권장하고 있다. 따라서 본 연구에서 개발한 중심지 분석도구를 활용하면 각 지역에 적합한 분석기준을 적용하여 지역 특성에 따른 중심지를 추출할 수 있을 것이다.

22) '농촌공간 전략계획'은 농촌협약 체결을 위해 시·군이 수립해야 하는 20년간의 농촌공간에 대한 장기 발전계획으로, 수립 대상은 일반농산어촌 시·군임. 공모를 통해 농촌협약 체결 대상이 되는 시·군은 5년간 국고보조 최대 300억 원을 제공받는다(농림축산식품부 보도자료 2021, 2).

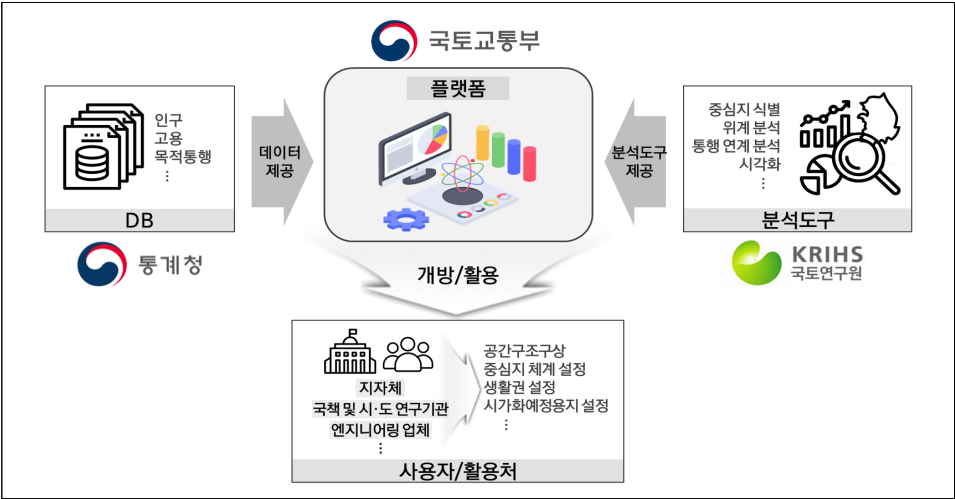
표 4-6 | 국토모니터링의 법적 근거

「국토기본법」 제25조의2(국토모니터링의 추진 등) ① 국토교통부장관은 국토의 변화상과 국토계획 및 정책에 대한 추진상황을 주기적 또는 수시로 점검(이하 “국토모니터링”이라 한다)할 수 있다. ② 중앙행정기관의 장 및 지방자치단체의 장은 국토계획 및 정책을 수립 할 때, 국토모니터링 결과를 반영 하도록 노력하여야 한다. 국토기본법 시행령 제10조의3(국토모니터링의 추진 등) ① 국토교통부장관이 법 제25조의2제1항에 따라 국토모니터링을 할 수 있는 사항은 다음 각 호와 같다. 1. 국토 현황의 시계열·부문별 분석 및 향후 여건 변화 전망 2. 국토 현황 및 향후 여건 변화 전망에 대한 국민의 인식 3. 국토종합계획과 국토계획평가 대상이 되는 계획의 추진상황에 대한 진단 및 평가 자료: 「국토기본법」 제25조의2.

마지막으로, 인구감소에 대응한 대중교통 서비스 입지선정 시 중심지 분석도구를 활용 가능할 것으로 보인다. 일례로 김혜란 외(2024)에서는 대중교통 서비스 공급체계 효율화를 위한 지방 중소도시 대중교통 서비스 기본 모델을 제안하면서, 이를 실현하기 위한 방법으로 “중심지 분석 결과를 활용한 결절점 입지 선정 방안”을 제시하였다. 또한 인구감소 대응 차원에서 중심 거점과 주변 거점을 연결하는 대중교통노선 계획을 수립을 위한 목적으로 중심 거점 및 주변 거점이 어디에 위치하고 어떤 특성을 보유하는지 파악하고자 할 때에도 본 연구에서 개발한 중심지 분석도구를 활용할 수 있을 것으로 보인다.

현재 중심지 분석도구는 QGIS 플러그인 기반으로 구현되어 QGIS 프로그램에서만 구동 가능하며 사용자 확대에는 한계가 있다. 따라서 향후에는 중심지 분석도구를 국토 및 도시 분야 정보시스템(플랫폼)에 탑재함으로써 활용도를 제고할 수 있을 것으로 보인다. 이때 통계청과 같은 데이터 제공 기관, 도시계획 기초조사정보체계, 국토이용 정보 통합플랫폼(KLIP), V-World, 국토정보플랫폼 등 공공 정보시스템 운영기관과의 협력을 통해 연계체계를 마련하면 사용자 편의성 및 분석도구 활용도를 제고할 수 있을 것이다(<그림 4-18>).

그림 4-18 | 분석도구 활용방향 구상



자료: 저자 작성



CHAPTER 5

결론

- 1. 요약 및 결론 109
- 2. 연구의 한계 및 향후 과제 110

05 결론

이 장에서는 주요 연구 결과를 정리하고, 연구 결과의 활용 기반 마련 방안에 관해 논의한다. 또한, 연구의 한계를 정리하고, 향후 연구 과제를 제시함으로써 본 연구에서 개발한 중심지 분석 도구를 개선하고 활용을 확대하기 위한 후속 연구의 방향에 대해 논의한다.

1. 요약 및 결론

본 연구는 인구감소, 지방소멸 등 국토 공간상의 위기에 대응하기 위한 콤팩트&네트워크 공간전략 추진 지원을 위한 차원에서 마이크로 공간데이터를 활용한 중심지 분석방법을 제안하고, 이를 실무에서 쉽게 이용할 수 있는 분석도구를 개발하였다.

중심지 개념을 밀도 접근과 상호작용 접근 측면에서 정립하고, 각 접근방법에 따른 중심지 분석지표 및 데이터를 정리하였다. 거주인구, 근무인구, POI, 통근통행(추정) OD와 같은 마이크로 공간데이터를 활용하여 중심지를 추출하는 방법을 제안하고, 상기 중심지와 주변 간 연계를 분석 및 시각화하는 방법을 제시하였다. 연구의 중요한 발견 중 하나는 밀도 접근과 상호작용 접근의 통합적 사용이라고 할 수 있다. 밀도 접근은 인간 활동과 기능이 집중되어 있는 장소를 중심지로 정의하는 반면, 상호작용 접근은 흐름의 노드로서의 중심지를 강조하며, 이 두 접근법의 통합은 중심지 분석결과의 설명력을 높일 수 있다.

중심지 분석방법과 잠재적 사용자의 요구사항을 바탕으로 중심지 분석도구를 설계하고, 주요 기능을 QGIS 플러그인 기반의 프로토타입으로 구현하였다. 구현된 프로토타입에 대한 기능 테스트를 통해 중심지 분석도구의 유용성을 확인하고, 활용도를 높이기 위한 방안을 도출하였고, 도시/농촌 등 공간계획 수립, 국토모니터링, 대중교통 결절점 입지선정 등에 중심지 분석도구를 활용하기 위한 방향을 논의하였다.

2. 연구의 한계 및 향후 과제

본 연구에서 개발한 중심지 분석도구는 QGIS 플러그인 기반으로 구현되어 QGIS 프로그램에서만 구동 가능하여 사용자 확대에는 한계가 있다. 따라서 향후에는 중심지 분석도구를 국토 및 도시 분야 정보시스템(플랫폼)에 탑재하여 활용도를 제고할 필요가 있다. 가령 도시계획 기초조사정보체계, 국토이용정보 통합플랫폼(KLIP), V-World, 국토정보플랫폼 등 기존 도시계획 관련 공공 정보시스템에 중심지 분석도구를 탑재하여 사용자 저변 확대 및 이를 위한 관계 기관 간 협력체계 구축과 법적 근거 마련이 필요하다.

중심지 분석에 활용한 일부 마이크로 공간데이터는 민간 빅데이터로, 일반 사용자가 구득하기 어렵다는 한계가 있다. 지역별로 획득 가능한 데이터의 범위와 특성이 상이할 수 있으므로, 일관된 분석방법을 적용하기 위해서는 안정적인 데이터 수급방안을 마련할 필요가 있다. 또한, 거주/근무 인구와 같은 정적인 인구 데이터 외에 활동인구, 유동인구 등과 같은 동적인 데이터를 활용한 분석방법의 도입이 필요하나, 해당 빅데이터는 비용 문제로 안정적인 데이터 수급 측면에서 어려움이 예상된다. 따라서 현장 수요에 부합하는 데이터 기반 분석 지원을 위한 기초데이터 인프라 기반 마련이 필요하다.

유입·유출 중심성 지수 산출 및 통행 연계 분석 시 KCB의 자택-직장주소지 매트릭스를 활용하였는데, 이는 실제 통행을 기반으로 한 데이터가 아니므로 분석결과 해석 시 유의해야 한다. 향후 마이크로 공간 빅데이터의 공급이 확대되어 실제 통행 데이터를 활용할 수 있으면 더욱 정확한 분석이 가능할 것으로 보인다.

현재는 본 연구에서 정한 범위 내의 기능만을 중심지 분석도구 프로토타입으로 구현하였는데, 향후에는 본 연구에서 제안한 것과 같이 중심지 분석기능 전체를 하나의 완성도 있는 분석도구로 개발해야 할 필요가 있으며, 이와 연결하여 지속적인 사용자 피드백을 통한 기능 개선 등 분석도구 고도화 작업이 필요하다. 또한, 현재의 중심지 분석도구는 현황은 잘 분석할 수 있으나, 시계열 데이터 부족으로 변화 추이 진단 및 장래 계획 반영에 한계가 있다. 추후 시계열 데이터 축적, 관련 분석 기능 추가 등을 통해 과거 추세를 반영하고 미래를 예측할 수 있는 기능 개발 검토가 필요하다.

지역별 특수성을 고려하면, 단일한 중심지 분석기준을 적용하는 것은 거의 불가능에 가깝지만, 그럼에도 각 지역의 특성(성숙·안정형/소멸형, 도시성장 형태)에 따라 적절한 분석기준을 연구하여 제시함으로써 사용자 편의성을 제고할 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구에서 제시한 분석도구와 방법론은 실제 정책 및 계획 수립에 적용되었을 때의 효과에 대한 실증적 검증이 부족하며, 이는 도구의 실제적 유용성과 효과를 평가하는 데 한계가 있다. 중심지 분석의 이론적 토대와 실무적 적용 사이에는 간극이 있을 수 있으므로, 이론적 모델이 실무적 상황에 효과적으로 적용하기 위해서는 추가적인 연구를 통한 조정이 필요해 보인다.

향후에는 도시·지역계획 지원을 위한 데이터 및 분석도구 공유 플랫폼 마련이 필요할 것으로 보인다. 도시·군기본계획 및 지역계획 수립 지원기관(예: 국토계획평가센터, 국토모니터링센터)을 중심으로 실무자가 사용할 수 있는 데이터, 분석도구를 제공하는 플랫폼을 운영하고 지속적으로 갱신하는 체계를 갖추어야 한다.

마지막으로 본 연구에서 개발한 중심지 분석도구가 도시 및 지역계획 분야에서 활발히 활용될 수 있도록 도시·지역계획 담당 공무원 및 관련 전문가를 대상으로 정기적인 데이터 분석 및 중심지 분석도구 활용 교육 프로그램을 운영하여 실무 적용 능력 향상할 필요가 있다.

참고문헌

REFERENCE



【 인용문헌 】

- 국토교통부. 2023. 2023년 국토모니터링 최종보고서.
_____. 2024. 국토모니터링 성과 활용 컨설팅. 내부자료.
- 국토연구원. 2024. 통영/용인 도시·군기본계획 수립을 위한 컨설팅 회의자료. 3월 7일.
내부자료.
- 권규상, 다무라 후미노리, 김영룡. 2018. 콤팩트-네트워크 도시의 실천방안과 추진과제.
세종: 국토연구원.
- 김선재, 이수기. 2021. POI 빅데이터를 활용한 도시활동 중심지 도출과 중심지 기능 분석:
서울 대도시권을 중심으로. 국토계획 56권, 6호: 36-52.
- 김승범. 2023. 반응형 시각화 활용 상권분석 개발 사례. 5월 31일. 내부자료.
- 김치수. 2021. 쉽게 배우는 소프트웨어 공학. 한빛아카데미.
- 김혜란 외. 2024. 활력있는 초고령사회를 위한 대중교통 정책 연구. 세종: 국토연구원.
- 농림축산식품부. 2021. 농촌공간 전략계획 수립 가이드라인.
_____. 2023. 2023년 일반농산어촌개발 사업시행지침.
- 박진경, 김상민. 2017. 인구구조 변화에 대응한 유형별 지역발전전략 연구. 강원: 한국
지방행정연구원.
- 송미령, 성주인, 정문수, 김태완, 나현수. 2020. 농촌중심지활성화사업 개편 방향 연구:
농촌중심지 유형 구분 및 거점서비스 진단 기준 개발을 중심으로. 전남: 한국농촌
경제연구원.
- 심재현. 2023. 농촌지역의 콤팩트-네트워크 전략 동향 및 기타 자문. 6월 2일. 내부자료.

-
- 오용준. 2022. 충청남도 공간구조 분석과 정책적 시사점. 국토연구원 내부 세미나. 4월 26일. 세종: 국토연구원.
- 오용준, 최정현, 윤갑식. 2018. 인구감소시대 공간구조 변화 특성을 고려한 충청남도 공간정책방향 및 과제. 충남: 충남연구원.
- 용인시. 2018. 2035년 용인도시기본계획.
- 이상준, 유예나. 2018. 충남 중심지 간 연계협력 활성화를 위한 정책과제. 충남: 충남연구원.
- 이수빈, 남진. 2021. 서울시 도시공간 중심성의 변화와 그 요인분석: 2011년과 2019년을 중심으로. 국토계획 56권, 6호: 22-35.
- 이영민. 2022. POI(관심지점) 데이터를 활용한 활동 중심지 추출 및 분석 방법: 세종시를 사례로. 세종: 국토연구원.
- 임은선, 이종열, 이희연. 2006. 도시성장관리를 위한 공간구조의 확산-압축패턴 측정. 국토연구 51권: 223-247.
- 전명진. 1995. 다핵도시공간구조하에서의 통근행태: 서울대도시권을 중심으로. 국토계획 30권, 2호: 223-236.
- 정철웅. 2017. 성공하는 실전 IT프로젝트 관리전략. 엔터큐브.
- 정현욱. 2019. 울산광역시 압축도시(Compact City) 구축을 위한 방향과 전략 연구. 울산: 울산연구원.
- 제천시. 2021. 2022~2041 제천시 농촌공간 전략계획 예비계획. 충북: 제천시.
- 하성규, 김재익, 전명진. 1995. 대도시공간구조 변화패턴에 관한 연구: 서울시를 중심으로. 국토계획 30권, 5호: 141-152.
- 한이철, 이순미, 정학성, 박대식, 안규미. 2022. 인구감소 농촌 지역의 기초생활서비스 확충 방안. 전남: 한국농촌경제연구원.
- 홍남희, 이명훈. 2011. 지속가능한 개발 관점에서의 서울시 도시공간구조 변화특성에 관한 연구: 토지이용변화를 중심으로. 국토계획 46권, 1호: 39-50.

황명화, 변필성, 이영민, 심지수. 2022a. 마이크로 공간데이터를 활용한 도시공간 구조 분석방법 개발. 세종: 국토연구원.

_____. 2022b. 마이크로 공간데이터를 활용한 도시공간구조 분석방법 개발 중간연심회 자료. 내부자료.

Amindarbari, R. and Sevtsuk, A. 2013. *Measuring Growth and Change in Metropolitan Form*. presented at Urban Affairs Annual Conference 2012 in San Francisco.

Bassolas, A., Barbosa-Filho, H., Dickinson, B., Dotiwalla, X., Eastham, P., Gallotti, R., Ghoshal, G., Gipson, B., Hazarie, S. A., Kautz, H., Kucuktunc, O., Lieber, A., Sadilek, A., Ramasco, J. J. 2019. *Hierarchical organization of urban mobility and its connection with city livability*. Nature Communications 10, 4817. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-12809-y> (2024년 4월 30일 검색).

Bonacich, P. 1987. *Power and centrality: A family of measures*. American journal of sociology. 92, no. 5: 1170-1182.

Chuang, H.-M., Chang, C.-H., Kao, T.-Y., Cheng, C.-T., Huang, Y.-Y. and Cheong, K.-P. 2016. *Enabling maps/location searches on mobile devices: constructing a POI database via focused crawling and information extraction*. International Journal of Geographical Information Science 30, no. 7: 1405-1425. <https://doi.org/10.1080/13658816.2015.1133820> (2024년 4월 30일 검색).

City Form Lab. 2015. *Metropolitan Form Analysis Toolbox for ArcGIS v10.2 and v. 10.3.1*. USA Cambridge: Harvard University.

City Form Lab. 2016. *Urban Network Analysis: Toolbox for ArcGIS 10/10.1/10.2 Help*. USA Cambridge: Harvard University.

-
- Deng, Y., Liu, J., Liu, Y. and Luo, A., 2019. *Detecting urban polycentric structure from POI data*. ISPRS International Journal of Geo-Information 8, no. 6: 283.
- Jing, Y., Liu, Y., Cai, E., Liu, Y. and Zhang, Y. 2018. *Quantifying the spatiality of urban leisure venues in Wuhan, Central China - GIS-based spatial pattern metrics*. Sustainable Cities and Society 40: 638-647.
<https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.05.015> (2024년 4월 30일 검색).
- Krehl, A. and Siedentop, S. 2019. *Towards a typology of urban centers and subcenters-evidence from German city regions*. Urban Geography 40, no. 1: 58-82.
- Liu, X., Andris, C. and Rahimi, S. 2019. *Place niche and its regional variability: Measuring spatial context patterns for points of interest with representation learning*. Computers, Environment and Urban Systems 75: 146-160.
<https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2019.01.011> (2024년 4월 30일 검색).
- Long, Y., Song, Y. and Chen, L. 2022. *Identifying subcenters with a nonparametric method and ubiquitous point-of-interest data: A case study of 284 Chinese cities*. Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science 49, no. 1: 58-75.
- Pourtaherian, P. and Jaeger, J. A. 2022. *How effective are greenbelts at mitigating urban sprawl? A comparative study of 60 European cities*. Landscape and Urban Planning 227: 104532.
- Pourtaherian, P., Nazarnia, N., Schwick, C., Maurer, Y., Schwab, J. and Jaeger, J. A. 2023. *Urban Sprawl Metrics (USM) Toolset-User Manual for QGIS*.
- Veneri, P. 2013. The identification of sub-centres in two Italian metropolitan areas: A functional approach. Cities 31: 177-185.

-
- Sevtsuk, A. and Mekonnen, M. 2012. *Urban Network Analysis Toolbox*. International Journal of Geomatics and Spatial Analysis 22, no. 2: 287-305.
- Taubenböck, H., Standfuß, I., Wurm, M., Krehl, A. and Siedentop, S. 2017. *Measuring morphological polycentricity – A comparative analysis of urban mass concentrations using remote sensing data*. Computers, Environment and Urban Systems 64: 42-56.
<https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2017.01.005> (2024년 4월 30일 검색).
- Thurstain-Goodwin, M. and Unwin, D. 2000. *Defining and Delineating the Central Areas of Towns for Statistical Monitoring Using Continuous Surface Representations*. Transactions in GIS 4: 305-317.
<https://doi.org/10.1111/1467-9671.00058> (2024년 4월 30일 검색).
- Yu, L., Yu, T., Wu, Y. and Wu, G. 2020. *Rethinking the Identification of Urban Centers from the Perspective of Function Distribution: A Framework Based on Point-of-Interest Data*. Sustainability 12: 1543.
<https://doi.org/10.3390/su12041543> (2024년 4월 30일 검색).
- Yu, L., Zheng, W., Yu, T. and Wu, Y. 2021. *How to identify urban centers/subcenters in metropolises? An analytical review*. Habitat International 115: 102397.
<https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2021.102397> (2024년 4월 30일 검색).
- Zhang, H., Mo, Q. and Huang, H. 2010. *Structured Poi data extraction from Internet news*, in: 2010 4th International Universal Communication Symposium. 116-122.
<https://doi.org/10.1109/IUCS.2010.5666648> (2024년 4월 30일 검색).
- Zhang, Y., Marshall, S., Cao, M., Manley, E. and Chen, H. 2021. *Discovering the evolution of urban structure using smart card data: The case of London*. Cities 112: 103157.

【 보도자료 】

농림축산식품부. 2021. 2022년 농촌협약 대상 20개 시·군 선정. 6월 17일. 보도자료.
<https://www.korea.kr/briefing/pressReleaseView.do?newsId=156456925> (2023년
6월 22일 검색).

【 인터넷 】

ArcGIS Pro Tool Reference, <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/how-fuzzy-overlay-works.htm> (2023년 6월 20일
검색).

Atlas of Urban Expansion, <http://atlasofurbanexpansion.org/data> (2023년 6월 19일
검색).

kakao developers, <https://developers.kakao.com/docs/latest/ko/local/common>
(2023년 9월 9일/2024년 3월 14일 검색).

Metropolitan Form Analysis Toolbox for ArcGIS.
<https://cityform.mit.edu/projects/metropolitan-form-analysis-toolbox-for-arcgis> (2024년 3월 27일 검색).

SGIS 통계청 자료제공목록. https://sgis.kostat.go.kr/view/pss/open_DataIntren
(2023년 6월 14일 검색).

Urban Network Analysis Toolbox for ArcGIS.
<https://cityform.mit.edu/projects/urban-network-analysis> (2024년 3월 27일
검색).

USM toolset(Urban Sprawl Metric toolset).
https://plugins.qgis.org/plugins/usm_calculator-main/ (2024년 3월 27일 검색).

【 법령 】

국토기본법. 2022. 법률 제18829호(2022년 2월 3일 일부 개정).

도시·군기본계획 수립지침. 2023. 국토교통부훈령 제1694호, 2023년 12월 28일 일부 개정).

SUMMARY



Development of the Tool(QGIS Plugin) for Analyzing Central Places Using Micro-Geospatial Data

Lee Youngmin, Byun Pilsung, Hwang Myunghwa, Choi Hyerim

Key words: Central Places, Analysis Tool, QGIS Plugin,
Micro-Geospatial Data, Spatial Planning

In response to recent spatial crises in national territory, such as population decline, rural depopulation, and aging demographics, the necessity for compact & network spatial strategies has significantly increased. While the identification of central places and their linkages with surrounding areas are crucial components in conceptualizing these spatial strategies, there is a notable lack of scientific methods and tools to investigate and diagnose the current spatial structure effectively. Local governments, in particular, aim to formulate context-specific compact & network spatial plans to derive highly contextual policies. However, they face considerable challenges in establishing evidence-based policies due to insufficient data and analytical foundations.

With the increasing availability of diverse micro-geospatial data, there has been a growing body of research analyzing spatial structures, including central

places, utilizing these resources. However, the application of these analytical results in policy and planning practices faces limitations, as they are predominantly confined to metropolitan areas and often present only pilot analyses of case study regions. Furthermore, while novel analytical approaches using micro-geospatial data are being introduced both domestically and internationally, these methods typically focus on only one aspect of spatial structure, limiting comprehensive understanding of central places from multiple perspectives. In light of these challenges, this study aims to contribute to the development of evidence-based policies from a spatial perspective by proposing a method for analyzing central places microscopically and comprehensively using micro-geospatial data, based on national spatial big data and cutting-edge research findings. Additionally, the study develops this method into an analytical tool applicable to practical settings.

Approaches to central place analysis can be categorized into two main methodologies: the density approach, which analyzes the spatial distribution and concentration of phenomena within a space, and the interaction approach, which focuses on the interactions of people, goods, and information across spatial units. A review of existing literature reveals that previous studies have predominantly employed either the density approach or the interaction approach in isolation when attempting to identify central places. In contrast, this study utilizes both approaches concurrently. This integrated methodology is necessitated by the need for a multi-dimensional approach to enhance the explanatory power of central place analysis, combining the density approach, which reflects the morphological aspects of spatial structure through metrics such as population and employment density, with the interaction approach,

which focuses on functional linkages exemplified by travel patterns. Furthermore, in addition to central place identification, this study also conducts analysis and visualization of travel patterns between central places and their peripheral areas, examining the relational attributes of central places.

Based on a comprehensive review of trends in the development of central place analysis tools and methodologies, we have established the following fundamental directions for the development of our central place analysis tool: Firstly, we aim to enhance the utility of the analysis tool by presenting central place analysis methods that can be practically applied in various spatial planning processes, such as urban-rural basic plans and rural spatial strategy plans. Secondly, we seek to improve the granularity and precision of the analysis by developing a tool that incorporates analysis methods utilizing micro-geospatial data. Thirdly, the analysis tool is designed to not only improve the practical applicability of analysis methods but also to strengthen their theoretical foundation by advancing existing central place analysis methodologies. Fourthly, we aim to implement analysis methods through the tool that can be flexibly applied according to regional circumstances and conditions.

The analysis methods implemented in the central place analysis tool are structured into two main components: the extraction of central places and the analysis of their relational attributes (travel patterns between central places and their surrounding areas). This study focused on developing functionalities essential for central place analysis but not typically provided by GIS software, primarily the calculation of inflow and outflow centrality indices and the analysis and visualization of travel patterns between central places and

peripheral areas. To achieve this, we analyzed user requirements to inform the design of the central place analysis tool and proceeded with the implementation of a QGIS plugin-based prototype. The prototype is primarily composed of two main functions: 'central place extraction' and 'analysis and visualization of travel patterns between central places and surrounding areas'. The central place extraction function is further subdivided into two components: analyzing inflow and outflow centrality indices and extracting central places. Consequently, we implemented three functionalities as QGIS plugins: 'Inflow-Outflow Centrality Index Analysis', 'Central Place Extraction', and 'Central Place-Periphery Travel Pattern Analysis and Visualization'.

Following the development of the central place analysis tool prototype, we conducted functional tests and advisory meetings in this study with potential users, including experts from national research institutes, engineering firms, and municipal research institutions. These efforts facilitated discussions on the tool's utility and potential improvements. The central place analysis tool developed in this study is expected to be applicable in urban and rural planning, transportation planning, and national land monitoring. Future developments may necessitate the establishment of data infrastructure, empirical validation, and web-based expansion. Finally, to promote the active utilization of this central place analysis tool in urban and regional planning fields, there is a need to enhance education and promotional efforts.



▣ 부록 1: 중심지 분석도구 사용자 요구사항 조사

- 중심지 분석도구에 대한 사용자 요구사항을 파악하기 위해 관련 기관과의 자문 회의를 개최하였으며, 본 연구와 유사한 주제의 타 연구에서 수행한 자문회의 및 세미나, 문헌 등에서 논의된 중심지 분석 관련 이슈사항을 파악
- 농촌공간 전략계획을 수립하는 국책연구기관에서는 중심지 분석도구 개발 시 각 지역의 다양한 여건을 반영할 수 있도록 데이터, 지표, 분석방법, 격자 크기를 다양화하고, 중심지 추출을 위한 임계치 설정 시 지역 특성에 맞게 조정 가능해야 함을 제안(<부표 1>)

부표 1 | 중심지 분석도구 개발 관련 자문회의 내용(2023. 6.)

XXX연구원(국책연구기관) XXX 연구위원

- 중심지 분석도구 개발 시 지역의 다양한 여건을 반영한 분석을 수행할 수 있도록 **데이터, 지표, 분석방법 등을 다양하게 구성**해야 하며, **다양한 격자 크기를 활용**할 수 있도록 지원해야 함
- 중심지는 많은 사람이 모이고, 상업시설이 밀집해 있을 가능성이 크므로 이와 관련된 데이터를 바탕으로 기본적인 분석을 수행하고, 추가적인 분석은 **지역의 여건과 특성에 맞게 커스터마이징하는 방식**이 적절함
- 가령 농촌 중심지는 제조업 위주의 산업단지보다는 복지, 교육, 문화 등과 같은 생활 서비스 시설과 밀접한 관련이 있으므로, 이를 반영할 수 있는 데이터를 활용할 수 있도록 지원해야 함
- **중심지 추출을 위한 임계치 설정 시** 시·군별로 다양한 인구와 규모를 바탕으로 **서로 다른 기준값을 적용할 수 있는 기능**이 필요함

자료: 심재현 2023 회의 내용을 바탕으로 저자 작성.

- 공간계획을 수립하는 시·도 연구기관에서는 인구감소, 지역소멸 등 최근 국토 공간상의 위기에 대응한 공간계획 구상 시 마이크로 공간데이터의 활용이 필수적임을 지적하였으며, 표준화된 분석기법 및 데이터, 그리고 공통지표를 활용 가능하도록 지원하고, 각 지역 실정에 맞는 중심지 분석을 수행할 수 있어야 함을 제안(<부표 2>)

부표 2 | 인구감소/지역소멸에 대한 공간적 대응책 관련 논의 내용(2023. 4.)

XX대학교 XXX 교수, XX연구원(시·도 연구기관) XXX 센터장 등

- 기간 인구감소/지역소멸에 대한 대응책 모색에서 공간적 관점 및 접근이 사실상 결여되어 있으며, 시·군·구·동·읍·면 등 행정구역에 의존하는 경향을 탈피해야 할 필요가 있어, **격자 통계 등 마이크로 공간데이터 활용이 필수적임**
- 전국을 대상으로 수행한 분석결과를 공표함과 동시에, **표준화된 분석기법 및 데이터, 그리고 공통지표 활용을 가능하도록 지원해야 함**
- 지방자치단체 또는 관련 시·도 연구기관은 전국 대상의 분석결과로부터 자체적으로 시사점을 도출하거나, **지역 실정에 맞게 구체적으로 분석을 수행하고 그 결과를 활용함으로써, 정책 및 사업을 마련할 수 있을 것임**

자료: 국토교통부 2023, 282 내용을 바탕으로 저자 작성.

- 중심지 분석결과 활용방안 관련 논의에서도, 공간구조 및 중심지 체계 구상 마련 시 마이크로 데이터를 활용한 공간분석이 필요하며, 지역 특성에 맞게 분석기법을 수정할 수 있도록 지원해야 함을 강조(<부표 3>)

부표 3 | 중심지 분석결과 활용방안 관련 논의 내용(2023. 6.)

XX연구원(시·도 연구기관) XXX 선임연구원 등

- 공간계획 수립 주체가 **마이크로 데이터를 활용한 공간분석**을 통해 계획의 공간구조 및 중심지 체계 구상을 마련할 수 있도록 하고, 활용 주체가 **분석기법 수정 및 다양한 해석이 가능하도록 지원해야 함**
- 이를 통해 시·군 등 지방자치단체 국고보조사업 공모 준비에 중심지 분석결과를 활용할 수 있을 것임

자료: 국토교통부 2023, 245 내용을 바탕으로 저자 작성.

- 도시계획 분야 엔지니어링 업체 소속 전문가는 중심지 분석도구가 마이크로 데이터를 활용한 분석결과를 읍·면·동, 시·군·구와 같은 행정구역 단위로 환산하여 제공하는 기능을 필수로 제공해야 하며, 다양한 공간단위의 데이터를 활용할 수 있도록 지원해야 함을 제안(<부표 4>)

부표 4 | 중심지 분석도구 기능 관련 논의 내용(2023. 11.)

XX엔지니어링(도시계획 분야 엔지니어링업체) XXX 부사장

- 중심지 분석도구는 마이크로 데이터를 활용한 분석결과를 **읍·면·동, 시·군·구와 같은 행정구역 단위로 환산**하여 제공하는 기능을 필수로 제공해야 함
- 각 지역 특성에 맞는 분석을 수행할 수 있도록 **행정구역, 격자 등 다양한 공간단위의 데이터를 활용**할 수 있도록 지원해야 함
- 사용자가 분석도구를 쉽게 사용할 수 있도록 **기본 임계치 값을 제공**하는 것이 좋음

자료: 자문회의 내용을 바탕으로 저자 작성.

- 또한, 지방자치단체 지역·도시계획 업무 담당자를 대상으로 한 중심지 분석결과 활용방안에 대한 의견수렴 사항 중에는, 계획 수립 실무자들이 분석지표 및 방법, 분석결과 등을 활용할 수 있도록 하는 오픈 플랫폼 지원이 필요하며, 각 지방자치단체 실정에 맞는 유연한 분석 기준을 적용할 수 있어야 한다는 내용이 포함(<부표 5>)

부표 5 | 중심지 분석결과 활용방안에 대한 지방자치단체 담당자 의견수렴 내용(2023. 10.)

지방자치단체 지역·도시계획 업무 담당자(엔지니어링 회사, 지방자치단체 공무원 등)

- 계획 수립 실무자들이 분석지표 및 방법, 분석결과 등을 활용할 수 있도록 하는 **오픈 플랫폼 형태의 서비스**가 필요함
- 중심지 분석 시 **지방자치단체 실정에 맞는 유연적인 분석 기준**을 설정할 수 있도록 하고, **다양한 격자 크기**를 선택할 수 있도록 지원해야 함
- 중심지 분석 관련 용어는 직관적으로 이해할 수 있도록 설정해야 하며, 용어 정의 및 설명도 함께 제공되어야 함

자료: 국토교통부 2023, 246 내용을 바탕으로 저자 작성.

▣ 부록 2: 중심지 분석도구 사용자 대상 자문회의: 주요 질문사항

부표 6 | 중심지 분석도구 사용자 대상 주요 질문사항

구분	질문 문항	답변
중심지 분석도구 유용성 및 활용방안	1 (참고) 문헌조사, 직접 데이터를 구득한 후 QGIS나 ArcGIS과 같은 SW 활용하여 분석 등	
	2 (참고) 1) 중심지 구조를 분석하기 위해 기존에는 문헌조사 및 경험을 통해 정성적으로 구상하였는데 중심지 분석도구를 통해 데이터를 기반으로 정량적·체계적으로 분석 가능, 2) 지역 중심지와 주변 지역 간 연계관계를 데이터 기반으로 파악할 수 있는 수단이 없었으나, 중심지 분석도구를 통해 분석 가능	
	3 (참고) 도시·군기본계획수립 시 공간구조 설정을 위한 지역별 중심지 구조 분석, 도시성장 형태 분석, 또는 생활권 설정 및 인구배분계획에 활용, 농촌공간 전략계획 수립 시 농촌공간구조 분석에 활용, 통계청 도시화 지역 확정, 대중교통 노선 계획 시 지역별 중심지와 연결성이 확보된 지역 파악 등	
	4 (참고) 통행 연계의 2.5D 시각화 기능, 통계 그래프 산출 기능, 시계열 데이터 분석 기능, 리포트 생성 기능 등	
	5 지역 특성에 따라 중심지 분포 패턴이 다르므로, 지역별로 중심지 추출 기준을 다르게 적용해야 할 필요가 있습니다. 그러한 관점에서, 본 연구에서 개발한 중심지 도구가 지역별 중심지 현황을 파악하는 데 유용하게 활용될 것으로 생각하십니까?	
	6 향후 중심지 분석 관련 업무나 과제를 수행하실 때 본 연구에서 개발한 중심지 분석도구를 사용할 의향이 있으신가요? 그 이유도 함께 말씀해 주시면 감사하겠습니다.	
	7 중심지 분석도구의 활용성을 높이기 위한 방법으로 어떠한 것들이 있을지 자유로운 의견 부탁드립니다.	

구분	질문 문항		답변
데이터	1	현재 중심지 분석도구에서는 1) 시·군·구 및 동지역(법정동)·읍·면 경계 데이터(2021년 기준), 2) 1kmX1km 격자단위 거주인구(SGIS) 및 사업체 종사자 수(SGIS) 데이터(2021년 기준), 그리고 3) KCB 자택-직장주소지 기준 OD 샘플 데이터를 제공해 드리고 있습니다. 이렇게 제공해 드리는 데이터가 유용하다고 생각하시는지요? 그 이유도 함께 언급해 주시면 감사하겠습니다.	
	2	현재 기본으로 제공되는 데이터 외에 추가적으로 필요하다고 생각하시는 데이터와 그 이유를 말씀해 주시면 감사하겠습니다.	
	3	현재 중심지 분석도구는 다양한 공간단위의 데이터(시·군·구, 읍·면·동, 1km 격자 등)를 활용할 수 있습니다. 이와 관련하여 1) 그동안 중심지 분석을 위해 어떤 공간단위의 데이터를 주로 활용하셨고, 2) 앞으로 중심지 분석도구에서 어떤 공간단위의 데이터를 주로 활용하실 것으로 생각하시나요?	
	4	데이터와 관련하여 건의하고 싶은 사항이 있다면 자유롭게 의견을 부탁드립니다.	
사용자 인터페이스 및 경험	1	기존에 QGIS 플러그인을 사용해 보신 적이 있나요? QGIS 플러그인 기반의 중심지 분석도구의 장점은 무엇이라고 생각하시나요?	
	2	중심지 분석도구 인터페이스는 직관적으로 이해하기 쉬운지요?	
	3	중심지 분석도구 내 용어와 기준 등을 쉽게 이해 가능하신지요?	
	4	인터페이스 내 텍스트와 아이콘 등은 명확하게 인식되시나요?	
	5	중심지 분석도구에 데이터 및 분석 관련 설명글이 작성되어 있는데, 해당 내용이 명확하게 인식되시나요? 좀 더 부가 설명이 필요한 부분이 있다면 의견 부탁드립니다.	
	6	필요한 기능(유입·유출 중심성 지수, 중심지 추출, 중심지-주변 간 통행 연계)이 무엇인지 쉽게 인지하고, 접근하실 수 있나요?	
	7	사용 중 경험한 버그나 오류가 있었나요?	
	8	중심지 분석도구 인터페이스상에 개선이 필요한 부분이 있다면 어떤 부분일까요?	
기타	1	이외 건의하고 싶은 사항이 있거나 우려되는 사항이 있다면 자유롭게 의견을 부탁드립니다.	

자료: 저자 작성.

부록 3: 중심지 분석도구 사용자 대상 자문회의: 주요 의견

부표 7 | 중심지 분석도구 유용성 및 활용방안 논의사항 1

구분	원내/외	자문 위원	중심지 분석도구 유용성 및 활용방안 1		
			기존 중심지 분석방법	중심지 분석도구 활용의 업무 개선점	중심지 분석도구의 업무 활용방안
1	원외	김○○ 상무	- 정성적 기법에 의한 중심지 분석 (원도상: 도심, 대규모 택지개발 조성지: 부도심, 읍/면 행정복지센터: 지역중심 등)	객관적 데이터 기반의 정량적 분석을 가능케 하여 분석결과의 객관성 확보	- 격자단위의 인구 분석 기반으로 인접 시·군과의 광역적 중심지 구조 분석에 용이함 - 유입·유출 통행지역을 확인할 수 있으므로, 인접 시·군과의 연계, 생활권 계획, 기반시설 계획 등 수립에 용이함
2	원외	김○○ 대리	- 직접 다운로드, 지방자치단체 수령 등을 통해 데이터 수집 후 엑셀과 QGIS, ArcGIS를 복합적으로 사용 (예: 엑셀로 유입 중심성지수의 순위 선정 후 상위 10%를 추출해 QGIS에서 조인)	- 기존에는 여러 가지 툴을 조합해서 분석하여 시간이 많이 소요됨 - 또한 연계 데이터는 데이터 수집부터 어려움이 있어 분석에 사용하지 못하였으나, 샘플 데이터로 제공된다면 용이할 것으로 보임	공간구조 설정을 위한 중심지 구조 분석뿐만 아니라 전입·전출 OD 분석을 통해 좀 더 자세한 생활권 계획이나 도시계획시설(SOC 시설 등)을 배치하는 데에 도움이 될 것 같음
3	원외	문○○ 과장	문헌조사 및 기존 중심지 비교, 주요 교통축과 개발사업 현황을 고려해 정성적 평가기준으로 설정	- 인접 지방자치단체와의 관계분석(인구 유입·유출에 대한 데이터 분석 수행) - 정량적 평가기준 적용(시계열데이터 구축 시 ‘공간구조의 진단 및 문제점 도출’, ‘가정계획의 평가’ 시 평가기준으로 활용 가능)	- 인접 지방자치단체와의 관계성 파악(기존 인구이동에 대한 수치 데이터의 시각화로 인구계획 수립 시 가시성 확보) - 교통축 및 개선 방향 제시(동행량조사와 더불어 공신력 있는 데이터 제시로 교통축 및 개선 방향 제시)
4	원외	나○○ 대리	정책사항, 당초 도시기본계획의 도시기본구상도, 개발사업 등 각종 문헌 자료를 정성적 방법으로 종합적 활용하여 분석을 실시함	당초에는 정성적 기준에 의한 분석이었기 때문에 실무자 또는 담당자의 주관에 따라 결정되는 경향이 있으나, 중심지 분석도구 활용 시 명확한 정량적 데이터를 통해 분석하는 것이기에 보다 객관적이고 합리적인 결과 도출이 가능할 것으로 기대	- 도시기본계획 수립 시 - 도시기본구상도 작성 시 현재의 도시공간구조를 진단하여 이를 기반으로 장래 공간구조(거점/축/생활권 등) 설정 - 부문별 계획의 교통계획에서 신규 교통노선을 제안할 때 중심지 결과를 고려한 합리적인 노선 설정 가능

구분	원내/외	자문 위원	중심지 분석도구 유용성 및 활용방안 1		
			기존 중심지 분석방법	중심지 분석도구 활용의 업무 개선점	중심지 분석도구의 업무 활용방안
					2. 도시재생 전략계획, 주거환경정비 기본계획, 각종 개발사업 등 • 재생사업, 정비사업, 개발사업 등의 각종 후보지 발굴 시, 중심지 결과값의 시계열 데이터가 제공된다면 쇠퇴지역 또는 중심성이 강화되는 지역에 대한 정량적 파악이 가능하여 이를 기반으로 후보지 발굴이 가능할 것으로 보임
5	원내	심○○ 부연구위원	• 교통카드 자료 및 내비게이션 자료 등 O-D 데이터를 직접 구득 후 QGIS 및 GeoPandas 등을 이용하여 분석	• 분석을 위한 직접 코드 작성의 필요성을 없애 간편한 분석을 지원함. 사용자 인터페이스가 매우 잘 구성되어 있고, 분석결과를 순차적으로 활용할 수 있도록 기능 간 연계가 잘 되어 있음	• 대중교통 정류장 등 필수 공공시설의 분포가 적절하지 않은 지역의 탐색 및 분석이 가능하며, 다양한 분야의 향후 계획 수립에 활용 가능할 것으로 판단
6	원내	최○○ 연구원	• MDIS 자료를 직접 다운로드하고, Python으로 전 처리하여 ArcGIS를 활용하여 시각화 및 분석 수행	• 분석을 위한 전 처리 작업을 없애 사용자가 데이터 분석에 좀 더 쉽게 접근할 수 있으며, 중심지 분석 단계별 기능이 순차적으로 연계되어 분석에 대한 이해도 쉬움	• 도시·군 기본계획 수립 시, 공간구조 구상 및 생활권 설정에 활용 가능 • 인구감소 대응 시 사회적 인구감소를 파악하기 위한 전출입 인구 파악에 활용 가능
7	원내	허○○ 연구원	• 데이터 구득 후 QGIS 혹은 Python으로 분석	• 직접 데이터를 구득하지 않고도, 또는 분석틀을 사용하지 않고도 간편하게 분석하고 바로 시각화하여 확인할 수 있다는 점에서 유용함	• 지역별 환경 및 지속가능성 계획 수립, 재난 취약 지역 분석 및 대응 계획 수립
8	원내	손○○ 연구원	• 공공데이터를 수집하여, Python 또는 QGIS 소프트웨어를 사용	• 파이프라인 구축 과정 없이 활용 가능하여 비용 절약 가능	• 도시·군 기본계획 수립 시, 공간구조 구상 및 생활권 설정에 활용 가능
9	원내	지○○ 책임연구원	• 공간구문론(Space Syntax)을 활용한 중심지 분석 경험 있음 • 통합도와 같은 공간분석지표를 활용해 중심지를 추출 • 복잡한 분석을 보다 효율적으로 수행하기 위해, 자체적으로 개발한 소프트웨어 도구를 사용함	• 개발한 도구는 사용자 친화적 인터페이스를 갖추고 있음 • 또한, 분석결과를 직관적으로 시각화할 수 있어, 분석 이해도를 높이는 데 큰 도움이 됨	• 이 도구는 상권 분석, 부동산 투자 분석, 도시계획 및 정책 수립 등 다양한 분야에서 중요한 의사결정 지원 도구로 활용될 것으로 기대됨

부표 8 | 중심지 분석도구 유용성 및 활용방안 논의사항 2

구분	원내/외	자문 위원	중심지 분석도구 유용성 및 활용방안 2			
			중심지 분석도구에 필요한 추가 기능	지역별 중심지 현황 파악의 용이성	향후 중심지 분석도구 업무 활용 의향	중심지 분석도구의 활용성 제고 방안
1	원외	김○○ 상무	• 사용자가 다양하게 설정 가능한 통계 그래프 산출 기능 • (시·군별 특성을 반영한 시각화된 그래프의 경우 비전문가 또는 정책결정자 설득 용이)	• 시·군별 인구밀도를 고려하여 중심지 추출 기준을 달리할 경우, 중심지 현황 파악에 유용함	• 생활권 계획, 도시·군기본계획 등 광역 차원의 계획 수립 시 활용 예정(인접 생활권, 시·군과의 연계성 검증에 용이)	• 현재 계획/공사 중인 대규모 개발사업의 인구 등을 현황에 반영할 방안 필요
2	원외	김○○ 대리	• 데이터 수급에 어려움이 있다고 했지만 시계열 데이터 분석이 가장 필요할 것이라 생각함	• 유입·유출 중심성 지수 결과값에서 제공되는 평균, 상위 5% 등의 값을 분석하여 중심지 추출기준을 설정하는 데 도움이 될 것이라 생각함 • 다만, 기준이 없다 보니 지방자치단체에서 원하는 결과값을 도출하기 위해 임의로 조정이 가능한 것이 우려됨	• 기존에 여러 가지 톨과 직접 함수값을 입력하여 분석하였던 시간을 훨씬 단축할 수 있어 분석도구가 제공된다면 용이하게 사용할 것 같음	• 무료로 제공되는 데이터만을 활용해도 유의미한 값이 도출되는 분석도구라면 활용성이 높아질 것이라 생각함
3	원외	문○○ 과장	• 시계열 데이터 분석 기능(도시 성장 추세, 기존 계획의 달성률, 현황기준 중심지의 평가가 가능해질 것) • 정량적 평가기준 적용방안(정책사항, 개발사업 등) • 단순 통행 외 거주인구 이동 데이터	• 성숙·안정형 및 소멸형 도시의 경우 시계열 데이터 제공 시 변화추이 및 제공 데이터의 활용이 용이하나, 성장형의 경우 정책사항 등의 반영이 필요할 것으로 사료됨	• 일부 사용 예정(기존 공간구조의 분석 및 해당 지방자치단체·인접 지방자치단체 현황 파악에 용이)	• 거점 외 쇠퇴지역 등도 분석하여 소멸도시에 적용이 가능한 지표를 생성
4	원외	나○○ 대리	• 중심지 유형이 분류된 최종 결과값을 토대로 별도의 정량적 기준을 설정하여 격자군을 만들고	• 지역 특성에 따라 중심지 추출기준을 제시해 주지 않는다면 개략적인 현황 파악 및 검토는 가능하나, 이를 기반으로	• 중심지 분석에 필요한 기초 데이터가 함께 제공된다면 사용의향 있음	• 중심지 분석기준을 분석도구 사용자가 희망하는 기준값에 따라 조절할 수 있는 점은 긍정적으로

구분	원내/외	자문 위원	중심지 분석도구 유용성 및 활용방안 2			
			중심지 분석도구에 필요한 추가 기능	지역별 중심지 현황 파악의 용이성	향후 중심지 분석도구 업무 활용 의향	중심지 분석도구의 활용성 제고 방안
			그 격자군을 원형 또는 선형으로 정형화하여 거점을 자동으로 만들어 주는 기능이 있으면 좋을 것 같음	도시기본계획 수립 시 활용은 다소 어려울 것으로 보임. 최소한 다음의 기준에 따라 유형별 추출기준이 제시된다면 활용 시 유용할 것으로 보임 • 도시·군기본계획 수립지침에서 제시하는 도시 위상에 따른 유형별 기준(거점도시/강소도시/자립도시) • 도시입지 특성에 따른 기준(내륙/해안)		생각하지만, “중심지 분석도구 활용성 및 활용방안”의 5번 질문사항의 답변에 따른 특정 유형별 분석 기준을 만들고,플러그인상에서 해당 유형에 맞는 버튼을 생성한다면 보다 사용자 친화적인 분석도구가 될 것으로 보임
5	원내	심○○ 부연구위원	• 시각화 기능 및 그래프/리포트 생성 기능 등이 추가된다면 UX 측면의 개선이 있을 수 있으나, 현재 기능만으로도 분석도구 역할을 충실히 할 수 있을 것으로 사료됨	• 분석도구에 사용자가 원하는 기준을 직접 조정할 수 있는 기능이 추가되어 있어 지역별 중심지 현황 파악 시에도 유용하게 활용 가능함	• 대중교통 소외지역 등 교통 인프라 미비 지역에 대한 분석 시 활용 예정	• 플러그인 패키지 설치 시 제공되는 샘플 데이터의 최신성 및 다양성이 제고된다면 지속적인 도구 활용이 가능할 것으로 판단됨
6	원내	최○○ 연구원	• 현재 기능으로 충분히 활용 가능	• 분석을 수행하는 과정에서 사용자가 직접 분석기준을 조절할 수 있고, 분석기준을 조절할 때 결과가 어떻게 바뀌게 되는지 사용자 스스로 파악이 가능하므로 지역별 중심지 현황 파악에 유용함	• 인구의 전입·전출 데이터에 활용할 예정 • (분석결과 확인에 매우 편리하고, 시각화 UI도 잘 구성되어 있음)	• 행정경계 및 격자 등 바탕 경계 파일을 함께 제공하면 다양한 공간단위의 분석을 수행할 수 있음 • 다양한 분야의 적용을 위한 용어수정 기능 제공(예: 유출량, 유입량 등으로 용어를 수정하면 타 분야 활용에 용이할 것)
7	원내	허○○ 연구원	• 기능이 추가된다면 좋겠지만, 기능이 많아질수록 무게가 무거워진다는 점에 있어서 현재 레벨에서도 충분하다고 생각됨	• 격자단위의 분석이 가능하므로 지역별 비교에 있어 유용할 것으로 기대됨	• 고령자 대상의 대중교통 분석에 해당 툴을 활용한다면 따로 데이터 구득, 분석툴을 사용하지 않고도 간편하게 활용 가능	• 원내 직원들을 대상으로 교육 실시

구분	원내/외	자문 위원	중심지 분석도구 유용성 및 활용방안 2			
			중심지 분석도구에 필요한 추가 기능	지역별 중심지 현황 파악의 용이성	향후 중심지 분석도구 업무 활용 의향	중심지 분석도구의 활용성 제고 방안
8	원내	손○○ 연구원	• 추가 의견 없음	• 사용자에게 따라 유연하게 조정 가능하므로, 중심지 파악에 기존 접근 방식보다 활용성이 높음		• 새로 유입·유출될 수 있는 개발 사업 진행 시 가중치를 조정하는 알고리즘 추가 • 도시·군기본계획은 관할 지방자치단체와 인근 시·군과의 관계가 중요한데, 이 플러그인은 전국이 분석되므로, 시·군·구별로 분할하여 분석할 수 있다는 안내가 필요
9	원내	지○○ 책임연구원	• 추가적으로 사용자가 외부 데이터를 불러와 분석할 수 있는 기능이 통합된다면, 다양한 분석 요구사항에 대응하고 결과의 신뢰도를 높일 수 있을 것임	• 지역별 특성을 고려해 중심지 추출 기준을 탄력적으로 적용한 기능은 보다 정밀한 지역 맞춤형 분석이 가능해지며, 이는 지역발전전략 수립에 중요한 기여를 할 수 있을 것으로 판단됨	• 본 연구에서 개발된 도구의 사용을 고려하고 있음. 특히 도구의 직관적인 사용성과 효과적인 시각화 기능은 업무 수행의 효율성을 크게 증진시킬 것으로 예상됨	• 사용자의 피드백을 적극적으로 반영하고, 지속적인 업데이트를 통해 분석도구를 개선하는 것이 중요함 • 교육 자료나 워크숍을 통해 사용자의 분석 역량을 강화하고, 이를 통해 도구의 활용도를 높일 수 있음

부표 9 | 중심지 분석도구 데이터 논의사항

구분	원내/외	자문 위원	중심지 분석도구 데이터 논의사항				
			제공된 샘플 데이터의 유용성	필요한 추가 데이터	기존에 활용한 데이터의 공간단위	향후 활용할 데이터 공간단위	기타 데이터 건의 사항
1	원외	김○○ 상무	도시 공간구조 현황 분석에 필요한 자료를 격자단위로 제공함에 따라 현황 파악에 용이	- 각 부문별 계획 수립에 필요한 데이터 제공 필요 1) 산업: 중분류 업종, 사업체 규모 2) SOC: 공공시설 현황	읍·면·동 단위 데이터를 활용	격자단위 데이터 활용 예정	과거 시계열 데이터 제공 필요
2	원외	김○○ 대리	앞서 중심지 분석도구 활용성 2. 질문에서 답변한 것과 같이 연계관계 데이터는 데이터 수급부터 어려움이 있어 분석에 사용하지 못하였나 샘플 데이터라도 제공된다면 용이할 것으로 보임	여건변화를 분석할 수 있는 시계열 데이터, 인구뿐 아니라 산업특성 등을 분석할 수 있는 LQ 지수 데이터, 세분화된 인구(가임여성, 노인 등)가 제공되면 더 디테일한 공간 분석이 가능할 것이라 생각함	현재까지는 인구, 산업 등의 데이터가 대체로 읍·면·동 단위까지만 제공되기 때문에 읍·면의 규모가 크고 읍·면 내에서 인구, 중심성 차이가 큰 부분들을 분석하는 데 미흡하였음	격자단위를 활용하면 좀 더 세밀한 분석이 가능 할 것이라 생각되어 데이터 수급이 가능하다면 격자단위를 활용할 것 같음	없음
3	원외	문○○ 과장	근무인구, 유동인구에 대한 데이터 제공이 유용(기존 데이터는 주민등록인구에 한정)	상주인구의 이동 데이터 제공(인구계획 수립 시 용이)	대체로 통계청 자료와 지방자치단체에서 제공하고 있는 포인트 데이터를 조인하여 사용	유동인구 파악, 근무인구 파악	시계열 데이터 제공 중요
4	원외	나○○ 대리	유료데이터인 KCB OD 데이터는 오픈소스로 활용이 어려우니, 유료데이터가 아닌 공공 개방 데이터를 중심지 분석의 기초데이터로	- 다양한 유형(개발/환경/교통 등)의 중심지 분석이 가능한 데이터 제공 및 카테고리 제시 - 여러 기수립된 기본 계획을 샘플링하여	주로 읍·면·동 공간단위 활용	1km 격자와 읍·면·동 공간단위를 함께 활용할 것 같음	- 데이터의 활용처가 명확하면 좋을 것 같음 - 활용가이드라인 등 국토모니터링 설명자료 추후 배포 시 활용방안에 관한 챗터가 있다면,

구분	원내/외	자문 위원	중심지 분석도구 데이터 논의사항				
			제공된 샘플 데이터의 유용성	필요한 추가 데이터	기존에 활용한 데이터의 공간단위	향후 활용할 데이터 공간단위	기타 데이터 건의 사항
			활용하는 등 데이터 배포상의 문제를 고려할 필요가 있다고 생각됨	중심지(거점)의 특성이 어떠한 것이 있는지 파악하고 그 결과에 따라 중심지의 유형을 개발/환경/교통 등 다양한 카테고리별로 제시하면 좋을 것 같고, 이에 따라 카테고리별 필요 데이터가 도출될 것 같음 • (다양한 분야의 중심성이 도출될 수 있다고 생각)			구체적인 적용 예시와 함께 상세히 제공하면 활용도가 높을 것 같음
5	원내	심○○ 부연구위원	• 매우 유용함. 샘플 데이터 제공 시 신규 사용자의 기능 활용도 및 응용 분석에 도움이 될 것으로 판단됨	• 1km 이하의 다양한 격자단위의 데이터가 포함될 경우 국소 단위에서의 분석 활용성이 높아질 것으로 기대함	• 중심지 분석을 수행한 바는 없으나, 기존에는 500m 단위의 격자 데이터를 활용해 왔으며, 앞으로도 활용 예정	• 500m 단위의 격자 향후에도 활용 예정	
6	원내	최○○ 연구원	• 샘플 데이터를 활용하여 사용자가 분석을 스스로 수행하면서 분석도구 기능 이해에 매우 유용함	• 현재 데이터로 분석도구 이해가 충분할 것으로 보임	• 중심지 분석을 수행한 바는 없지만, 1km 격자와 집계구, 행정동 수준의 분석을 주로 수행했었음	• 행정경계 수준 분석의 한계로 1km나 500m 격자단위 데이터를 주로 활용할 예정	
7	원내	허○○ 연구원	• 1), 2)를 통해 경제활동의 흐름, 3)을 통해 해당 지역으로의 접근성과	• 도로 네트워크, 교통량과 같은 교통 관련 데이터 - 중심지와와의 연결성	• 데이터마다 공간단위가 달라 단위 통합의 한계가 있음. 그동안 읍·면·동	• KCB 데이터와 같은 마이크로 데이터를 활용한다면 더 작은	• 원자료와 분석결과 파일이 분리된다면 분석가가 다루기 조금 더

구분	원내/외	자문 위원	중심지 분석도구 데이터 논의사항				
			제공된 샘플 데이터의 유용성	필요한 추가 데이터	기존에 활용한 데이터의 공간단위	향후 활용할 데이터 공간단위	기타 데이터 건의 사항
			연결성을 파악할 수 있으며 이를 통해 복합적인 중심지 분석이 가능하다는 점에서 유용함	분석에 있어 중요한 정보	단위가 주 분석 공간단위였음	격자단위의 분석도 활용성이 높을 것으로 기대됨	편리할 것으로 기대됨
8	원내	손○○ 연구원	다른 플러그인과 달리 기본 자료가 제공되어 있어, 사용자가 응용 가능한 점이 유용	추가 의견 없음	도시·군 기본계획은 관할 지방자치단체 내에 읍·면·동별 유출·유입 인구가 중요한데, 1km 격자로 분석 시 동 지역은 분석하기 어려울 것으로 보임. 1km로 동 지역이 분석하기 어려운 이유를 안내할 필요 있음(예: 동이 1km 격자보다 작아서 격자에 할당할 동 지역이 없을 수 있음 등)		추가 의견 없음

부표 10 | 사용자 인터페이스 및 경험 논의사항

구분	원내/외	자문 위원	사용자 인터페이스 및 경험				
			QGIS 플러그인 기반 개발 방향의 장점	개발된 인터페이스의 직관성	개발된 인터페이스의 명확성(텍스트, 아이콘 등)	데이터 및 분석 설명의 추가 요청 사항	추가 필요 기능 및 기타 개선/오류사항
1	원외	김○○ 상무	기존 데이터와의 연계 용이함	직관적으로 이해하기 용이함	가시성 높음		
2	원외	김○○ 대리	- QGIS 플러그인을 사용한 적이 있음(경관분석) - 분석도구의 장점으로는 시간 단축이 가장 크다고 생각함. 또한, 데이터가 있어도 분석방법(함수값 설정 등)에 대해 잘 알지 못할 때 분석도구를 통해 결과값을 바로 알 수 있어서 좋을 듯함	직관적으로 이해하기 용이함	유입·유출 중심성 지수와 통행 연계 아이콘은 명확하게 이해하기 어려움	주의사항과 데이터 준비하기의 설명글이 이해하기 쉬웠음	- 내용을 알고 분석도구를 사용한다면 이해하기 쉬우나 처음 분석하려는 사람들에게는 유입·유출 중심성 지수가 가장 이해하기 어려워 보임 - 오류 발생(geopandas 미설치 오류)
3	원외	문○○ 과장	사용자 편의성, 인구이동의 가시성이 가장 큰 장점	충분히 직관적임	가시성 높음		인터페이스 설명서에 일부 첨부가 추가로 필요
4	원외	나○○ 대리	추후 분석도구 이후 답변 예정				데이터의 활용처가 명확하면 좋을 것(활용 가이드라인 등 국토모니터링 설명자료 추후 배포 시 활용방안에 관한 챗터가 있다면, 구체적인 적용예시와 함께 상세히 제공되면 활용도가 높을 것)

구분	원내/외	자문 위원	사용자 인터페이스 및 경험				
			QGIS 플러그인 기반 개발 방향의 장점	개발된 인터페이스의 직관성	개발된 인터페이스의 명확성(텍스트, 아이콘 등)	데이터 및 분석 설명의 추가 요청 사항	추가 필요 기능 및 기타 개선/오류사항
5	원내	심○○ 부연구위원	중심지 분석에 필요한 기능을 사용자 친화적으로 제공하여 복잡다단한 세부 절차 없이 수행 가능함	직관적으로 이해하기 용이함	가시성 높음		
6	원내	최○○ 연구원	플러그인 형태로 접근되어 추가적인 시스템 기능 숙지 등이 필요하지 않으며, QGIS라는 시스템의 장점을 그대로 활용할 수 있음	이해하기 쉬움	이해하기 쉬움	- 중심지 추출 기준에 가이드로 제시된 기준을 간단하게 복사 붙여넣기 할 수 있는 기능 설명 정도 필요 - 이외에는 없음	분석도구를 QGIS 안에서 플러그인으로 설치 및 구동할 경우, 분석결과가 인코딩이 깨진 채로 저장되는 오류가 있음
7	원내	허○○ 연구원	직관적인 인터페이스	이해하기 쉬움	이해하기 쉬움		분석결과물 파일이 Input용 샘플 데이터가 위치한 경로상에 자동 저장되지 않도록, 결과물 신규 저장 폴더가 새롭게 생성되었으면 함
8	원내	손○○ 연구원	기본 데이터가 같이 제공되어 첫 분석에 용이	이해하기 쉬움	이해하기 쉬움		표출되는 통계값이 소수점으로 표현될 수 없는 항목인데, 소수점으로 표현되는 오류 있음

▣ 부록 4: 중심지 분석도구 기능 구현 코드

1) 유입·유출 중심성 지수 분석

부표 11 | 유입·유출 중심성 지수 계산을 위한 Python 코드

```
# KCB OD(주택주소지-직장주소지) 2021년 데이터 불러오기
df = pd.read_csv("KCB_OD_2021.csv")

# 총합(JOB_CLASS == 0)인 rows만 추출하고 3인 미만(POP_CNT == -1) 값은 1로 대체
df = df[(df['JOB_CLASS'] == 0)].assign(POP_CNT=lambda x: x['POP_CNT'].replace(-1, 1))

# 중복된 행 제거
df = df.drop_duplicates(['GRID_CD_O', 'GRID_CD_D'])

# 필요한 컬럼만 추출
df = df[['GRID_CD_O', 'GRID_CD_D', 'POP_CNT']]

# 내부 통행 제외
df = df[df['GRID_CD_O'] != df['GRID_CD_D']]

# 유입 중심성 지수 계산
df_in = df.groupby('GRID_CD_D')['POP_CNT'].sum().reset_index()
df_in['temp'] = df_in['POP_CNT']**2
alpha_in = (len(nodes_all) / df_in['temp'].sum())**0.5
df_in['pc_in'] = df_in['POP_CNT'] * alpha_in
df_in = df_in[['GRID_CD_D', 'pc_in']].rename(columns={'GRID_CD_D': 'GRID_CD'})

# 유출 중심성 지수 계산
df_out = df.groupby('GRID_CD_O')['POP_CNT'].sum().reset_index()
df_out['temp'] = df_out['POP_CNT']**2
alpha_out = (len(nodes_all) / df_out['temp'].sum())**0.5
df_out['pc_out'] = df_out['POP_CNT'] * alpha_out
df_out = df_out[['GRID_CD_O', 'pc_out']].rename(columns={'GRID_CD_O': 'GRID_CD'})

# 유입 및 유출 중심성 지수 병합
merge = pd.merge(df_in, df_out, on='GRID_CD', how='outer').fillna(0)
```

2) 중심지와 주변 간 통행 연계 분석·시각화

부표 12 | 중심지와 주변 간 통행 연계 분석·시각화를 위한 Python 코드

```
## 1. 분석 대상 중심지가 '개별 격자'일 때
### 1.1 분석조건(반경, 격자당 통행인구수) 없을 때

# 데이터 전처리 함수
def preprocess_data(file_path):
    df = pd.read_csv(file_path)
```

```

# 3인 미만 (POP_CNT == -1) 값을 1로 대체
df['POP_CNT'] = df['POP_CNT'].replace(-1, 1)

# JOB_CLASS == 0인 데이터만 추출
df = df[df['JOB_CLASS'] == 0]

# GRID_CD_O, GRID_CD_D별로 POP_CNT 값 합산
df = df.groupby(['GRID_CD_O', 'GRID_CD_D']).agg({'POP_CNT': np.sum}).reset_index()

# 칼럼명 변경
df.rename(columns={'POP_CNT': 'POP_0'}, inplace=True)

# 내부 통행 제외
df = df[df['GRID_CD_O'] != df['GRID_CD_D']]

return df

# 유입/유출 통행 분석 함수 1
def analyze_flow(df, grid_code, direction):
    if direction == "inflow":
        filtered_df = df[df['GRID_CD_D'] == grid_code]
        grouped_df = filtered_df.groupby('GRID_CD_O').agg({'GRID_CD_D': 'first', 'POP_0': np.sum})
    elif direction == "outflow":
        filtered_df = df[df['GRID_CD_O'] == grid_code]
        grouped_df = filtered_df.groupby('GRID_CD_D').agg({'GRID_CD_O': 'first', 'POP_0': np.sum})

    return grouped_df.sort_values(by='POP_0', ascending=False)

# OD 데이터 경로
data_dir = "KCB_OD_2021.csv"

# 데이터 전처리
df = preprocess_data(data_dir)

# 사용자가 선택한 개별 격자(코드)
selected_grid = '마비0841'

# 유입 통행 분석
inflow_result = analyze_flow(df, selected_grid, direction="inflow")

# 유출 통행 분석
outflow_result = analyze_flow(df, selected_grid, direction="outflow")

### 1.2 분석조건(반경, 격자당 통행인구수) 설정 시

# 격자 데이터를 결합하는 함수
def merge_grid_data(df, grid_file):
    grid = gpd.read_file(grid_file)

    # OD 데이터와 격자 데이터 결합
    df_merge_1 = pd.merge(df, grid, left_on='GRID_CD_O', right_on='GRID_1K_CD', how='left')
    df_merge_1.rename(columns={'geometry': 'geometry_O'}, inplace=True)
    df_merge_2 = pd.merge(df_merge_1, grid, left_on='GRID_CD_D', right_on='GRID_1K_CD', how='left')
    df_merge_2.rename(columns={'geometry': 'geometry_D'}, inplace=True)

    return df_merge_2, grid

# 유입/유출 통행 분석 함수 2
def analyze_flow_radius(df, grid, selected_grid, direction, buffer_radius=50000, min_pop=5):

```

```
if direction == 'inflow':
    # 유입 통행 (Destination 기준)
    df_filtered = df[df['GRID_CD_D'] == selected_grid]
    name_col = "Name_D"
    grid_col = 'GRID_CD_D'
elif direction == 'outflow':
    # 유출 통행 (Origin 기준)
    df_filtered = df[df['GRID_CD_O'] == selected_grid]
    name_col = "Name_O"
    grid_col = 'GRID_CD_O'
df_filtered[name_col] = direction.capitalize()

# 선택한 격자 정보 가져오기
grid_user_select = grid[grid['GRID_1K_CD'] == selected_grid]
gdf = gpd.GeoDataFrame(grid_user_select)

# 다각형을 병합하고 중심점 추출
merged_polygon = gdf.unary_union
center_point = merged_polygon.centroid

# 반경 조건 적용 (버퍼 영역 생성)
buffered_area = center_point.buffer(buffer_radius)

# 버퍼 영역에 포함되는 폴리곤 추출
df_filtered = gpd.GeoDataFrame(df_filtered)
if direction == 'inflow':
    result = df_filtered[df_filtered['geometry_O'].intersects(buffered_area)]
elif direction == 'outflow':
    result = df_filtered[df_filtered['geometry_D'].intersects(buffered_area)]

# 격자당 최소 통행 인구수 조건 적용
result = result[result['POP_O'] >= min_pop]
return result.sort_values(by='POP_O', ascending=False)

# OD 데이터 및 격자 데이터 경로
data_dir = "KCB_OD_2021.csv"
grid_dir = "KRIHS_grid_1km_속성데이터_2021_읍면동.shp"

# 데이터 전처리 및 격자 데이터 결합
df = preprocess_data(data_dir)
df_merge_2, grid = merge_grid_data(df, grid_dir)

# 사용자가 선택한 격자 코드
selected_grid = '마비0841'

# 유입 통행 분석
inflow_result = analyze_flow_radius(df_merge_2, grid, selected_grid, direction="inflow")

# 유출 통행 분석
outflow_result = analyze_flow_radius(df_merge_2, grid, selected_grid, direction="outflow")

## 2. 분석 대상 중심지가 '격자군'일 때

# 유입/유출 통행 분석 함수 3 (격자군 처리 포함)
def analyze_flow_grids(df, grid, selected_grids, direction, buffer_radius=50000, min_pop=5):
    if direction == 'inflow':
        # 유입 통행 (Destination 기준)
        df_filtered = df[df['GRID_CD_D'].isin(selected_grids)]
        name_col = "Name_D"
```

```

        grid_col = 'GRID_CD_D'
    elif direction == 'outflow':
        # 유출 통행 (Origin 기준)
        df_filtered = df[df['GRID_CD_O'].isin(selected_grids)]
        name_col = "Name_O"
        grid_col = 'GRID_CD_O'
    df_filtered[name_col] = direction.capitalize()

    # 선택한 격자군 정보 가져오기
    grid_user_select = grid[grid['GRID_1K_CD'].isin(selected_grids)]
    gdf = gpd.GeoDataFrame(grid_user_select)

    # 다각형을 병합하고 중심점 추출
    merged_polygon = gdf.unary_union
    center_point = merged_polygon.centroid

    # 반경 조건 적용 (버퍼 영역 생성)
    buffered_area = center_point.buffer(buffer_radius)

    # 버퍼 영역에 포함되는 폴리곤 추출
    df_filtered = gpd.GeoDataFrame(df_filtered)
    if direction == 'inflow':
        result = df_filtered[df_filtered['geometry_O'].intersects(buffered_area)]
    elif direction == 'outflow':
        result = df_filtered[df_filtered['geometry_D'].intersects(buffered_area)]

    # 격자당 최소 통행 인구수 조건 적용
    result = result[result['POP_O'] >= min_pop]

    # 결과 정렬 및 반환
    return result.sort_values(by='POP_O', ascending=False)

# 그룹화 및 공간데이터 병합 함수
def group_and_merge(result, grid, direction):
    if direction == 'inflow':
        name_col = 'Name_D'
        grid_col = 'GRID_CD_O'
    else:
        name_col = 'Name_O'
        grid_col = 'GRID_CD_D'
    grouped_result = result.groupby([name_col, grid_col]).agg({'POP_O': np.sum}).reset_index()

    # 공간데이터와 병합
    final_result = pd.merge(grouped_result, grid, left_on=grid_col, right_on='GRID_1K_CD')

    return final_result

# OD 데이터 및 격자 데이터 경로
data_dir = "KCB_OD_2021.csv"
grid_dir = "KRIHS_grid_1km_속성데이터_2021_읍면동.shp"

# 데이터 전처리 및 격자 데이터 결합
df = preprocess_data(data_dir)
df_merge_2, grid = merge_grid_data(df, grid_dir)

# 사용자 선택 격자군 (예: 안동시 중심지 격자군)
selected_grids = grid[(grid['sido_nm_k'] == '경상북도') & (grid['sgg_nm_k'] == '안동시') & (grid['type'] == '중심지1')]['GRID_1K_CD'].unique()

# 유입 통행 분석

```



```

inflow_result = analyze_flow_grids(df_merge_2, grid, selected_grids, direction="inflow")
grouped_inflow = group_and_merge(inflow_result, grid, direction="inflow")

# 유출 통행 분석
outflow_result = analyze_flow_grids(df_merge_2, grid, selected_grids, direction="outflow")
grouped_outflow = group_and_merge(outflow_result, grid, direction="outflow")

## 3. 분석 대상 중심지가 '격자' 또는 '격자군'이고, 분석 대상 중심지 기준 출발지/목적지가 읍면동지역/시군구일 때
### 3.1. 분석 대상 중심지: 격자, 분석 대상 중심지 기준 출발지/목적지: 읍면동지역

# 읍면동 단위로 그룹화 및 공간데이터 병합
def aggregate_by_emd(result, lemd_data, direction):
    if direction == 'inflow':
        name_col = 'Name_D'
        emd_col = 'emd_cd_x'
        sgg_col = 'sgg_cd_x'
    else:
        name_col = 'Name_O'
        emd_col = 'emd_cd_y'
        sgg_col = 'sgg_cd_y'

    # 읍면동 단위로 그룹화
    result_df = result.groupby([lemd_col]).agg({
        'POP_O': 'sum',
        'GRID_CD_D': 'first',
        'GRID_CD_O': 'first',
        f'GRID_1K_CD_x': 'first',
        f'sido_cd_x': 'first',
        f'sgg_cd_x': 'first',
        f'sido_nm_k_x': 'first',
        f'sgg_nm_k_x': 'first',
        f'emd_nm_k_x': 'first',
        f'geometry_O': 'first'
    }).reset_index()

    # 읍면동 공간데이터와 병합
    merged_result = result_df.merge(lemd_data, left_on=[sgg_col, emd_col], right_on=[sgg_cd, 'emd_cd'],
    how='inner')
    merged_result = merged_result[[f'GRID_CD_{direction}', 'GRID_CD_O', 'POP_O', f'GRID_1K_CD_{direction}', f'sido_cd_{direction}',
    f'sgg_cd_{direction}', f'emd_cd_{direction}', f'sido_nm_k_{direction}', f'sgg_nm_k_{direction}', f'emd_nm_k_{direction}',
    'geometry']]

    return merged_result

# OD 데이터, 격자 데이터, 동지역읍면 데이터 경로
data_dir = "KCB_OD_2021.csv"
grid_dir = "KRIHS_grid_1km_속성데이터_2021_읍면동.shp"
lemd_dir = "읍면동지역_법정동_2021.shp"

# 데이터 전처리 및 격자 데이터 결합
df = preprocess_data(data_dir)
df_merge_2, grid = merge_grid_data(df, grid_dir)
lemd_data = gpd.read_file(lemd_dir)

# 사용자 선택 격자군 (예: 세종시 중심지 격자군)
selected_grids = grid[grid['GRID_1K_CD'].isin(['다바7635', '다바7735', '다바7835', '다바7634', '다바7734',
'd바7834', '다바7934', '다바7633', '다바7733', '다바7732',
'd바7832', '다바7731', '다바7831'])][['GRID_1K_CD'].unique()]

```

```

# 유입 통행 분석
inflow_result = analyze_flow_grids(df_merge_2, grid, selected_grids, direction="inflow")
aggregated_inflow = aggregate_by_emd(inflow_result, lemd_data, direction="inflow")

# 유출 통행 분석
outflow_result = analyze_flow_grids(df_merge_2, grid, selected_grids, direction="outflow")
aggregated_outflow = aggregate_by_emd(outflow_result, lemd_data, direction="outflow")

### 3.2. 분석 대상 중심지: 격자, 분석 대상 중심지 기준 출발지/목적지: 시군구

# 시군구 단위로 그룹화 및 공간데이터 병합
def aggregate_by_sgg(result, sgg_data, direction):
    if direction == 'inflow':
        name_col = 'Name_D'
        sgg_col = 'sgg_cd_x'
    else:
        name_col = 'Name_O'
        sgg_col = 'sgg_cd_y'

    # 시군구 단위로 그룹화
    result_df = result.groupby([sgg_col]).agg({
        'POP_O': 'sum',
        'GRID_CD_D': 'first',
        'GRID_CD_O': 'first',
        'GRID_1K_CD_x': 'first',
        'sido_cd_x': 'first',
        'emd_cd_x': 'first',
        'sido_nm_k_x': 'first',
        'sgg_nm_k_x': 'first',
        'emd_nm_k_x': 'first',
        'geometry_O': 'first'
    }).reset_index()

    # 시군구 공간데이터와 병합
    merged_result = result_df.merge(sgg_data, left_on=[sgg_col], right_on=[sgg_cd], how='inner')
    merged_result = merged_result[['GRID_CD_D', 'GRID_CD_O', 'POP_O', 'GRID_1K_CD_x', 'sido_cd_x',
                                   'sgg_cd_x', 'sido_nm_k_x', 'sgg_nm_k_x', 'geometry']]

    return merged_result

# OD 데이터, 격자 데이터, 시군구 데이터 경로
data_dir = "KCB_OD_2021.csv"
grid_dir = "KRIHS_grid_1km_속성데이터_2021_읍면동.shp"
sgg_dir = "sgg_2021.shp"

# 데이터 전처리 및 격자 데이터 결합
df = preprocess_data(data_dir)
df_merge_2, grid = merge_grid_data(df, grid_dir)
sgg_data = gpd.read_file(sgg_dir)

# 사용자 선택 격자군 (예: 특정 시군구 격자군)
selected_grids = ['마바0841'] # 예시 격자 ID

# 유입 통행 분석
inflow_result = analyze_flow_grids(df_merge_2, grid, selected_grids, direction="inflow")
aggregated_inflow = aggregate_by_sgg(inflow_result, sgg_data, direction="inflow")

# 유출 통행 분석
outflow_result = analyze_flow_grids(df_merge_2, grid, selected_grids, direction="outflow")
aggregated_outflow = aggregate_by_sgg(outflow_result, sgg_data, direction="outflow")

```

▣ 부록 5: 중심지 분석도구 사용자 매뉴얼

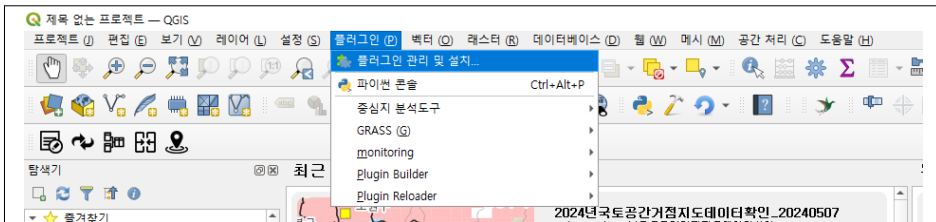
1) 중심지 분석도구 플러그인 사용 준비

1.1. 플러그인 설치

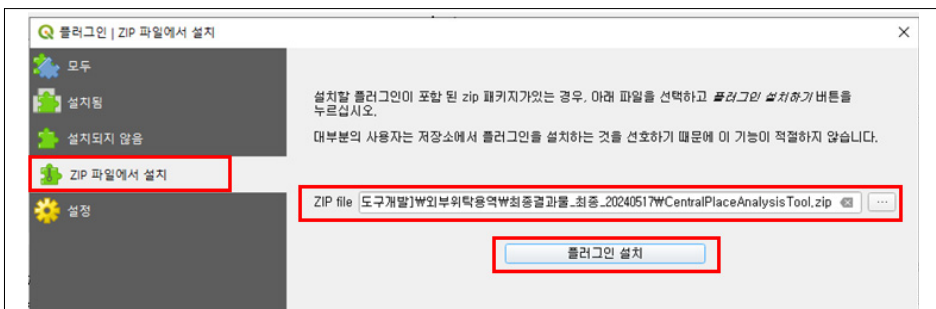
(1) QGIS* 실행

*QGIS는 3.34 이상 버전으로 설치하는 것을 권장함

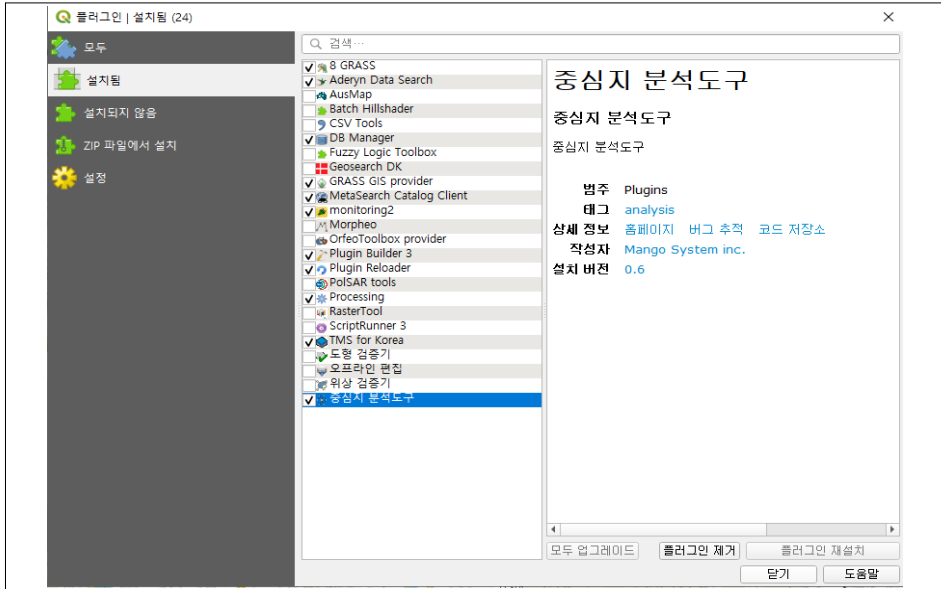
(2) QGIS 상단의 [플러그인] - [플러그인 관리 및 설치...] 메뉴 실행



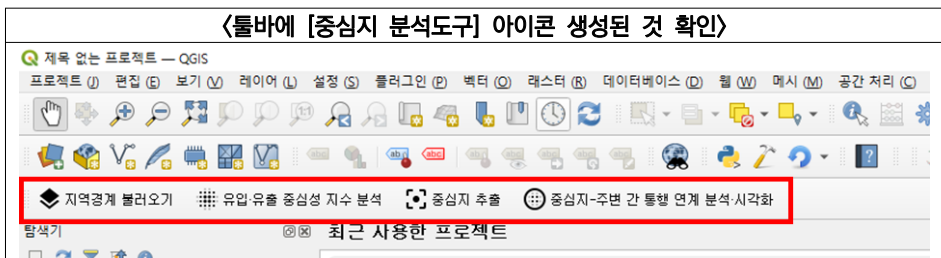
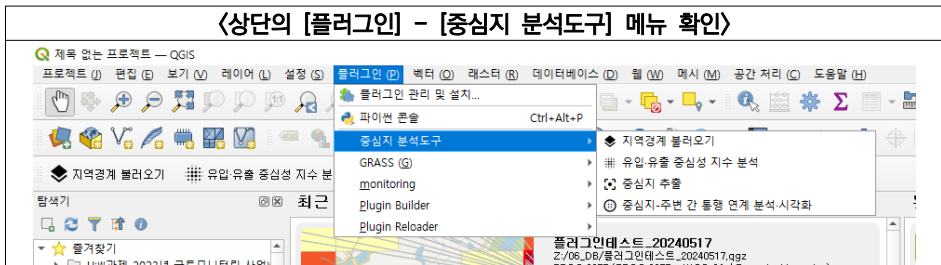
(3) [ZIP 파일에서 설치] 탭에서 제공한 [CentralPlaceAnalysisTool.zip] 파일 선택 후 [플러그인 설치] 버튼을 눌러 플러그인 설치



(4) [설치됨] 탭에서 정상적으로 설치 완료된 플러그인 정보 확인



(5) 플러그인 설치 확인 및 툴바 메뉴 생성 확인



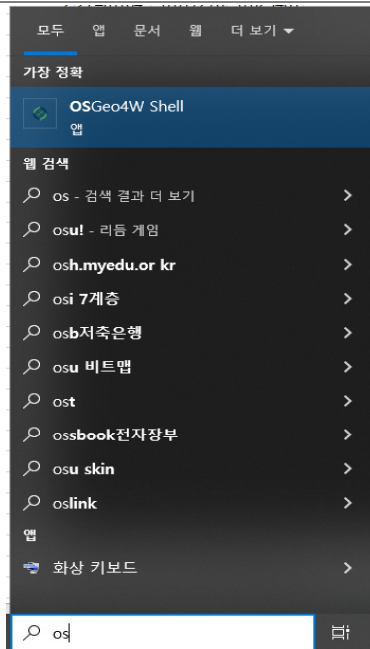
[참고] 오류 발생 시 대응 방법

아래와 같은 오류 발생 시 'OSGeo4W Shell'을 실행하여 'pip install geopandas' 입력

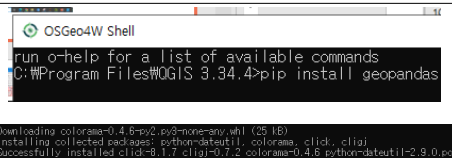
<geopandas 모듈이 없어 발생한 오류>



① 'OSGeo4W Shell' 실행

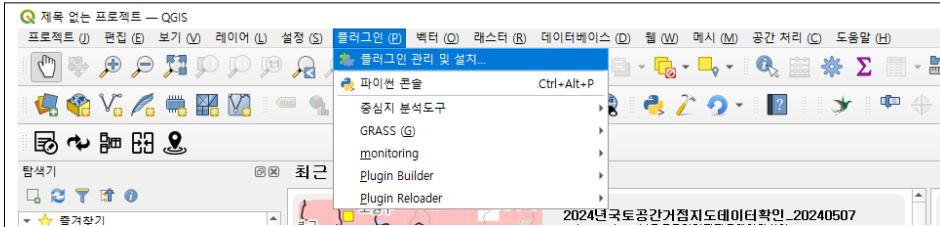


② shell 창이 열리면 'pip install geopandas' 입력 후 엔터 → 설치 완료 메시지 확인('Successfully installed ~')

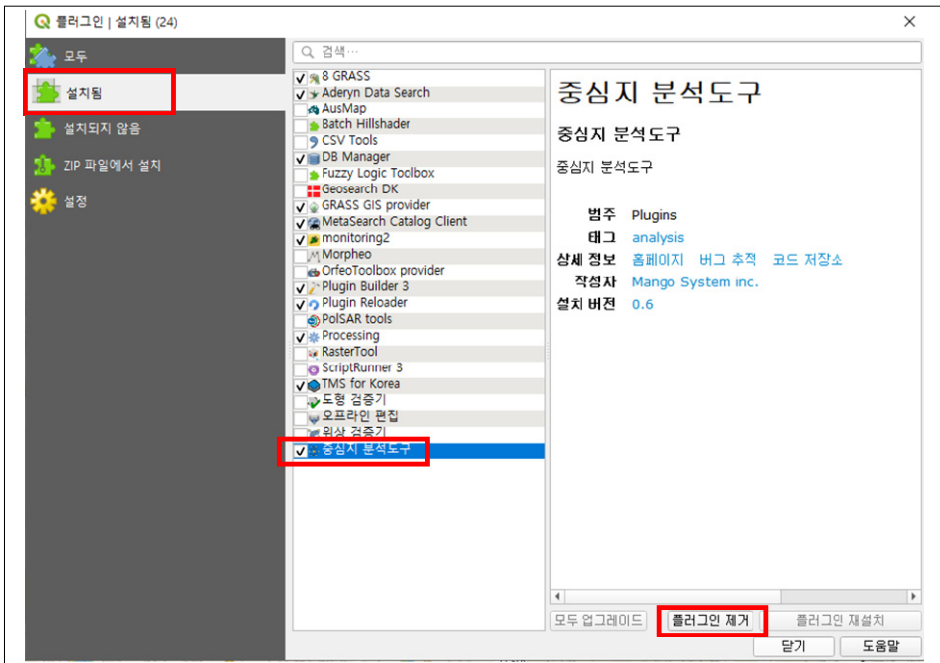


1.2. 플러그인 제거

(1) QGIS 상단의 [플러그인] - [플러그인 관리 및 설치...] 메뉴 실행



(2) [설치됨] - [중심지 분석도구] 플러그인 선택 후 우하단의 [플러그인 제거] 버튼 눌러 플러그인 삭제



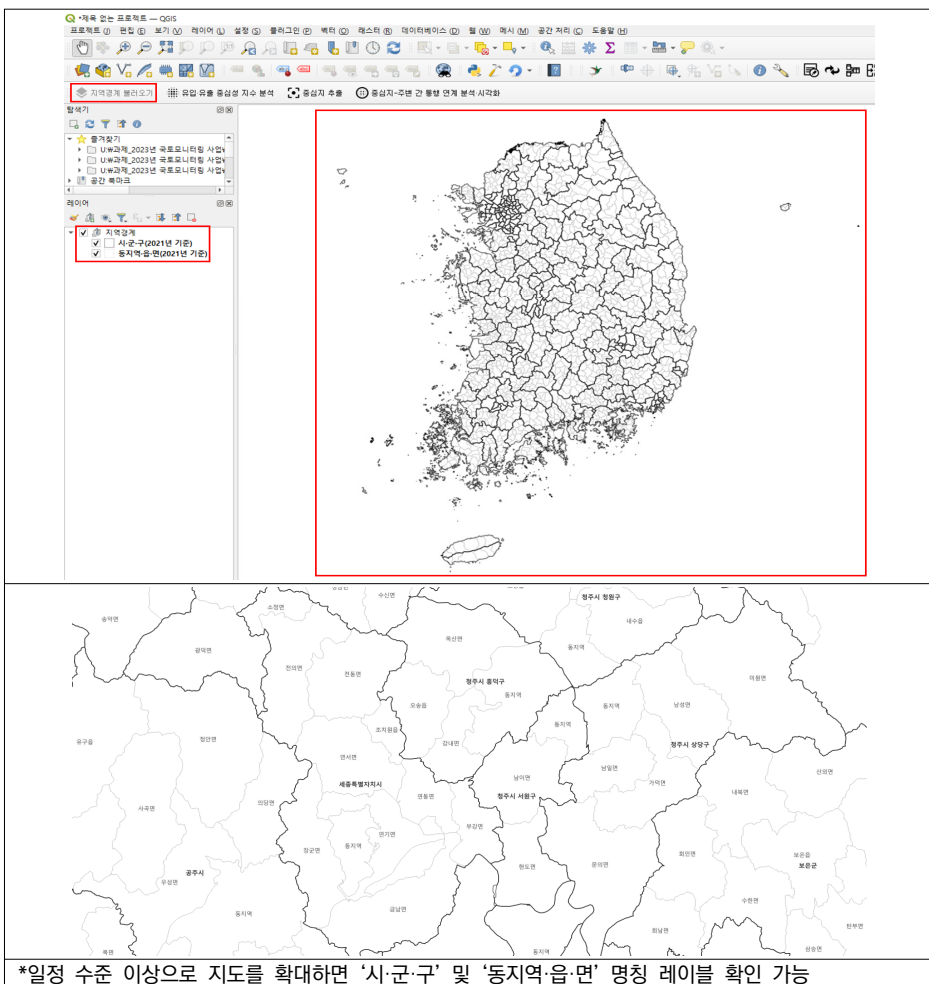
2) 중심지 분석도구 플러그인 활용

2.1. 지역경계 불러오기

- [지역경계 불러오기]는 분석결과 해석을 돕기 위해 ‘시·군·구’ 및 ‘동지역·읍·면’* 경계 데이터(2021년 기준)를 레이어로 불러오는 기능

* 법정동 기준(2021년 기준)으로, 동지역을 하나의 폴리곤으로 병합한 데이터

(1) 상단에서 [지역경계 불러오기] 버튼 Click

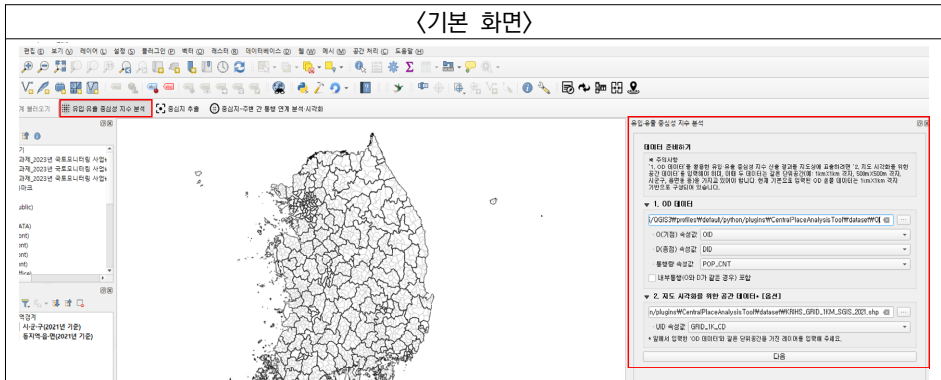


*일정 수준 이상으로 지도를 확대하면 ‘시·군·구’ 및 ‘동지역·읍·면’ 명칭 레이블 확인 가능

2.2. 유입·유출 중심성 지수 분석

- OD 데이터를 활용하여 ‘유입·유출 중심성 지수’를 분석하는 기능

(1) 상단에서 [유입·유출 중심성 지수 분석] 버튼 Click



(2) 데이터 준비하기

※ 주의사항

‘1. OD 데이터’를 활용한 유입·유출 중심성 지수 산출 결과를 지도상에 표출하려면 ‘2. 지도 시각화를 위한 공간데이터’를 입력해야 하며, 이때 두 데이터는 같은 단위공간(예: 1kmX1km 격자, 500mX500m 격자, 시군구, 읍면동 등)을 가지고 있어야 함

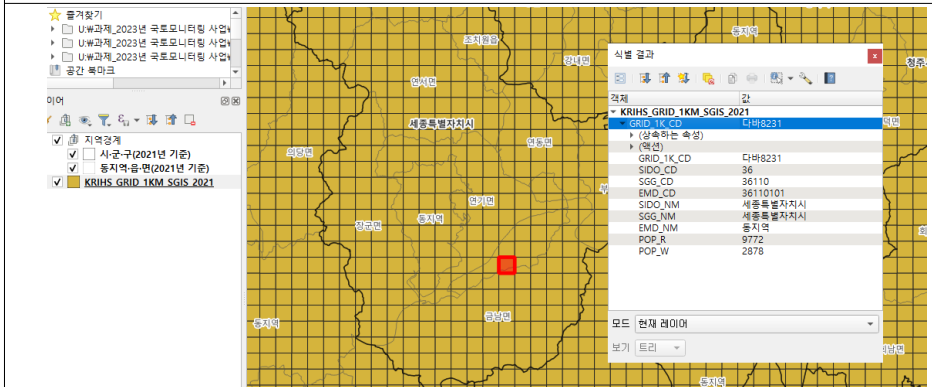
유입·유출 중심성 지수 분석 데이터 준비하기 ※ 주의사항 ‘1. OD 데이터’를 활용한 유입·유출 중심성 지수 산출 결과를 지도상에 표출하려면 ‘2. 지도 시각화를 위한 공간 데이터’를 입력해야 하며, 이때 두 데이터는 같은 단위공간(예: 1kmX1km 격자, 500mX500m 격자, 시군구, 읍면동 등)을 가지고 있어야 합니다. 현재 기본으로 입력된 OD 샘플 데이터는 1kmX1km 격자 기반으로 구성되어 있습니다. ▼ 1. OD 데이터 CentralPlaceAnalysisTool\dataset\WOD_1km_sample.csv · O(기점) 속성값: OID · D(종점) 속성값: DID · 통행량 속성값: POP_CNT ☐ 내부통행(O와 D가 같은 경우) 포함 ▼ 2. 지도 시각화를 위한 공간 데이터* [옵션] AnalysisTool\dataset\WKRIHS_GRID_1KM_SGIS_2021.shp · UID 속성값: GRID_1K_CD * 앞에서 입력한 ‘OD 데이터’와 같은 단위공간을 가진 레이어를 입력해 주세요. 다음	1. OD 데이터 - 현재 기본으로 입력된 OD 샘플 데이터는 KCB의 1kmX1km 격자 기반 자택-직장주 소지 OD 매트릭스 데이터(2021년 기준) 중 일부(약 5%)를 샘플링한 것 - OD 데이터의 컬럼명은 default 값으로 ‘OID’, ‘DID’, ‘POP_CNT’로 구성되어 있으며, 데이터에 따라 다른 값을 사용할 수 있음. 다른 값을 사용할 경우, 콤보박스에서 해당 값을 선택 2. 지도 시각화를 위한 공간데이터(옵션) ‘UID’ default 속성값은 ‘GRID_1K_CD’이며, 다른 값을 사용할 경우, 콤보박스에서 해당 값을 선택 - 현재 기본으로 입력된 공간데이터는 전국 범위의 1kmX1km 격자 shp 데이터로, SGIS 통계청의 총조사인구(‘POP_R’) 및 사업체종사자수(‘POP_W’) 값(2021년 기준)을 속성으로 포함하고 있음 • 데이터 삽입이 완료되면, ‘다음’ 버튼을 Click하여 다음 단계로 넘어가기
---	--

[참고]

〈입력값으로 활용 가능한 OD 데이터 예시:
KCB의 1kmX1km 격자 기반 자택-직장주소지 OD 데이터〉

OID	DID	POP_CNT
다라4191	다라4590	23
다사3544	다사4245	9
다사6662	다사5351	62
마라1990	마라0393	16
다사3364	다사5851	7
다사1372	다사1372	7
다사6054	다사6250	34
다사5443	다사5860	5
다사6111	다사7105	9
다마2270	다마2170	6
다사3555	다사2165	4
다다1805	다다1804	34
마마3502	마마4432	8
다사4549	다사3462	5
다사7056	다사4646	6

〈지도 시각화를 위한 공간데이터 예시: 전국 범위의 1kmX1km 격자 데이터〉



*POP_R: SGIS 통계청의 1kmX1km 격자 단위 인구주택 총조사 인구(2021년 기준)('총인구' 코드 활용)

POP_W: SGIS 통계청의 1kmX1km 격자 단위 사업체종사자수(2021년 기준)('총종사자수' 코드 활용)

(3) 유입·유출 중심성 지수 분석 옵션 선택

유입·유출 중심성 지수 통계량 산출

- 유입·유출 중심성 지수 분석을 통해 산출될 통계량의 기준을 체크박스를 통해 선택 가능

산출물 저장(옵션)

- 산출물이 저장될 경로 설정
- 기본적으로, 앞서 입력된 OD 데이터가 존재하는 폴더에 함께 저장됨
- 산출물은 기본적으로 '중심성 지수'의 경우, 'OD_1km_sample_io_centrality_index.csv'로 저장되며, '중심성 지수 통계량'은 'OD_1km_sample_io_centrality_index_statistic.csv'로 저장됨
- 선택 및 입력 완료 후 '중심성 지수 산출하기' 버튼을 Click하여 다음 단계로 넘어가기

(4) 유입·유출 중심성 지수 분석 결과 확인

분석결과

- 산출된 결과는 '분석결과' 테이블에 정리되어 표출됨
- 앞서 '산출물 저장'에서 설정한 경로에도 분석 결과를 생성됨(아래 그림 참조)

〈산출물 저장 예시〉

[도구개발] > 외부위탁용역 > 최종결과물_최종_20240517 > result

이름

KCB_OD_2021_for_test_io_centrality_index

KCB_OD_2021_for_test_io_centrality_index_statistic

〈OD_1km_sample_io_centrality_index_statistic.csv〉

	유입중심성지수	유출중심성지수
개수	74926	74926
평균	0.14564189	0.204424537
표준편차	0.989343976	0.978888859
중위수	0.002159453	0.007274475
최소값	0	0
최대값	65.86848854	16.05415973
상위 5%	0.540618971	0.827774615
상위 10%	0.160231387	0.082444048
상위 15%	0.067374923	0.040009612
상위 20%	0.034983133	0.027279281
상위 25%	0.019435074	0.020611012
상위 30%	0.011661044	0.016367568

유입·유출 중심성 지수 산출 결과 지도 저장(옵션)

- 유입·유출 중심성 지수 산출 결과 지도가 저장될 경로 설정
- 산출 결과 지도는 기본적으로 'OD_1km_sample_centrality_index.shp'로 저장됨
- 지도 저장 경로를 입력한 후 '지도 시각화하기' 버튼을 Click하여 다음 단계로 넘어가기

* 해당 분석 결과는 샘플 데이터가 아닌 원데이터, 즉 KCB의 1kmX1km 격자 기반 자택-직장주소지 OD 데이터(2021년 기준)를 활용한 결과

[참고]

〈유입·유출 중심성 지수 분석 결과 산출물인
‘OD_1km_sample_io_centrality_index.csv’ 데이터 예시〉

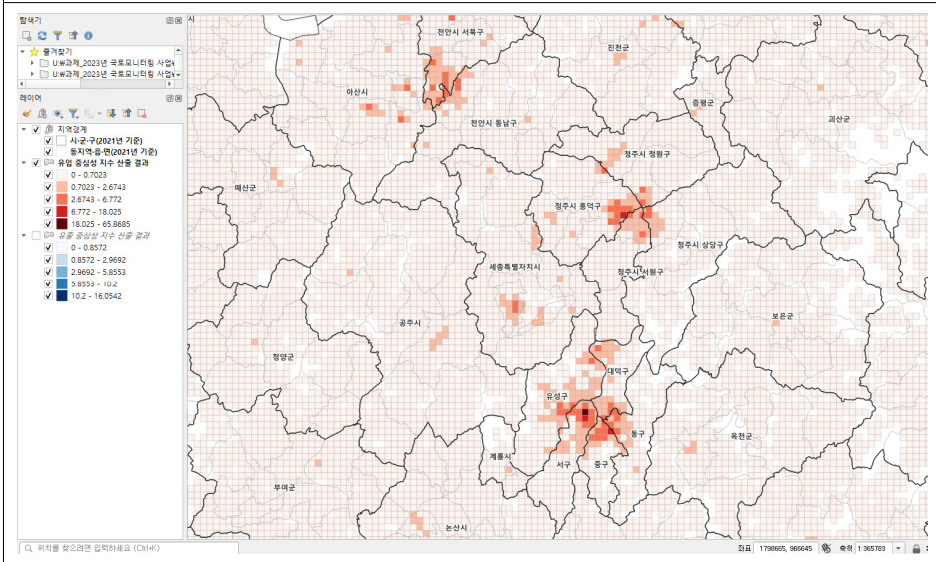
	UID	PC_IN	PC_OUT
0	가다7968	0.001728	0.000606
1	가다8064	0.017708	0.010306
2	가다8164	0.017276	0.025461
3	가라8834	0.019003	0.019399
4	가라8937	0.001728	0.004243
5	가라9606	0.000432	0.00485
6	가라9701	0.001728	0.00485
7	가라9702	0.000864	0.001212
8	가사4898	0.012093	0.011518
9	가사4995	0.002159	0.013337
10	가사4997	0.003023	0.000606
11	가사4998	0.001296	0.007274
12	가사4999	0.000432	0.007881
13	가사5095	0.002159	0.005456
14	가사5098	0.008638	0.015155
15	가사5099	0.050963	0.050315

*PC_IN: 유입 중심성 지수, PC_OUT: 유출 중심성 지수

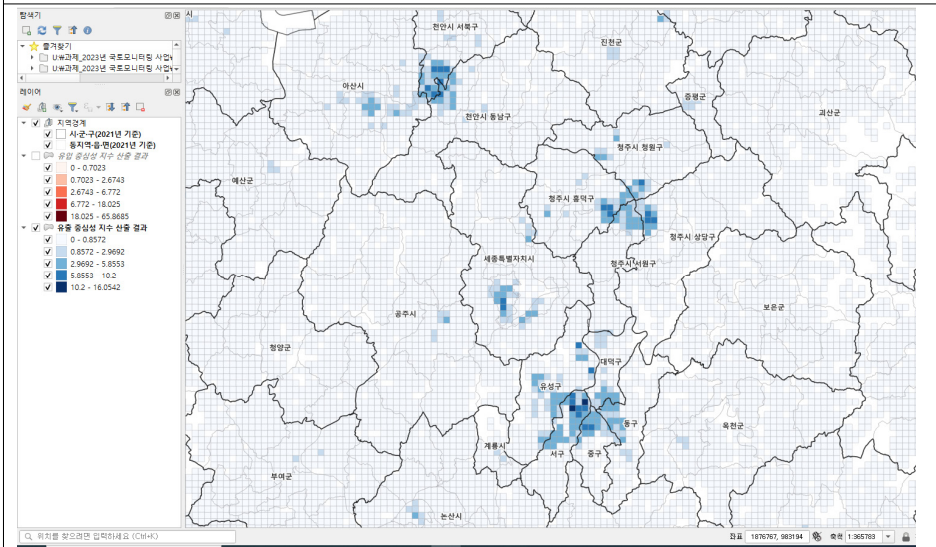
(5) 지도 시각화 결과 확인

지도 시각화 결과로, '유입 중심성 지수 산출 결과' 레이어와 '유출 중심성 지수 산출 결과' 레이어가 각각 생성되며, 각각 natural break 5단계로 자동 시각화됨

〈유입 중심성 지수 시각화 결과 예시: 대전-세종-충청〉



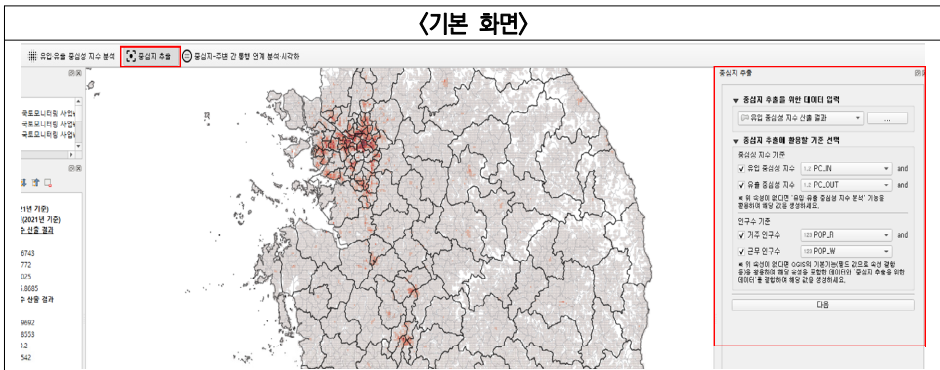
〈유출 중심성 지수 시각화 결과 예시: 대전-세종-충청〉



2.3. 중심지 추출

- ‘중심지 추출’ 기능에서는 앞서 ‘유입·유출 중심성 지수 분석’ 기능을 통해 산출된 결과물을 사용하거나, 다른 데이터(격자, 읍면동, 시군구 단위 등)를 활용하여 중심지를 추출

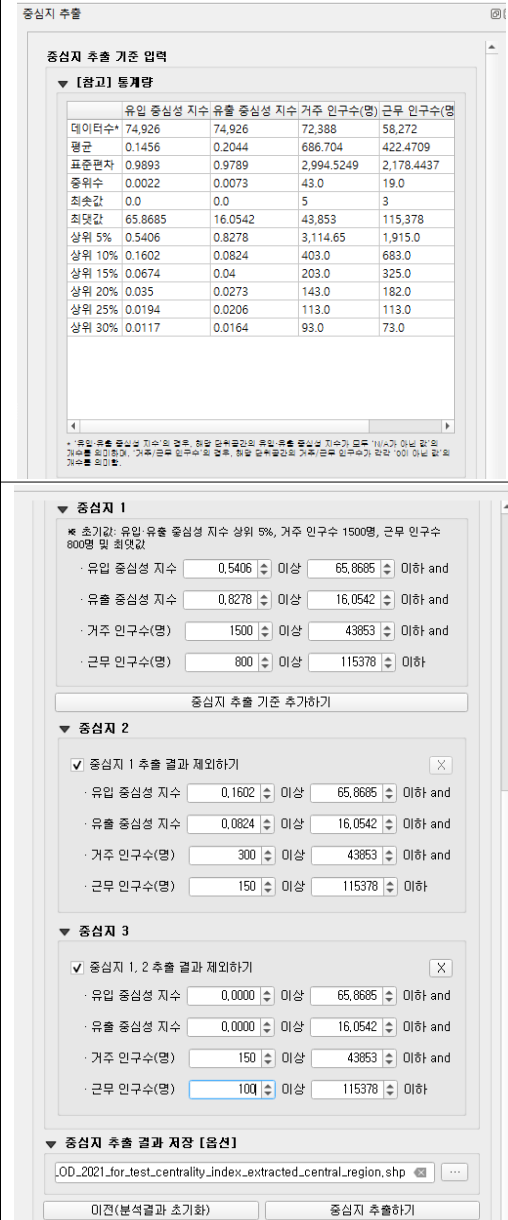
(1) 상단에서 [중심지 추출] 버튼 Click



(2) 데이터 입력 및 중심지 추출 기준 선택

중심지 추출	중심지 추출을 위한 데이터 입력
중심지 추출을 위한 데이터 입력 유입 중심성 지수 산출 결과 중심지 추출에 활용할 기준 선택 중심성 지수 기준 ☒ 유입 중심성 지수 1.2 PC_IN and ☒ 유출 중심성 지수 1.2 PC_OUT and ※ 위 속성이 없다면 '유입·유출 중심성 지수 분석' 기능을 활용하여 해당 값을 생성하세요. 인구수 기준 ☒ 거주 인구수 123 POP_R and ☒ 근무 인구수 123 POP_W ※ 위 속성이 없다면 QGIS의 기본기능(필드 값으로 속성 결합 등)을 활용하여 해당 속성을 포함한 데이터와 '중심지 추출을 위한 데이터'를 결합하여 해당 값을 생성하세요. 다음	중심지 추출을 위한 데이터 입력 - 앞서 산출된 '유입·유출 중심성 지수 산출 결과' 데이터가 자동으로 입력됨 - 만약 해당 데이터가 없다면 분석을 원하는 별도 데이터를 입력하면 됨. 다만, 해당 데이터를 아래의 '중심지 추출에 활용할 기준 선택'에서 활용할 기준에 대한 속성 값을 포함하고 있어야 함 중심지 추출에 활용할 기준 선택 1) 중심성 지수 기준 - 입력 데이터에서 '유입 중심성 지수' 및 '유출 중심성 지수'를 나타내는 속성값 지정 2) 인구수 기준 - 입력 데이터에서 '거주 인구수' 및 '근무 인구수'를 나타내는 속성값 지정 * 각 기준은 사용자 스스로 선택하거나 제외할 수 있음 * 모든 기준은 and 조건으로 설정됨 데이터 입력과 기준 선택이 완료되면, '다음' 버튼을 Click하여 다음 단계로 넘어가기

(3) 중심지 추출 기준 입력



[참고] 통계량

- 유입-유출 중심성 지수, 거주/군무 인구수 통계량을 제공하여 사용자가 중심지 추출 기준을 정할 때 참고하도록 지원

중심지 추출 기준

- 가장 상위 중심지에 해당하는 '중심지 1'의 '유입-유출 중심성 지수'는 상위 5% 값, '거주 인구수'는 1500명 이상, '군무 인구수'는 800명 이상이 default 값으로 설정되어 있으며, 각 값은 수정 가능함
- '중심지 추출 기준 추가하기' 버튼을 Click하여 중심지 추출 기준을 원하는 수만큼 설정할 수 있음
- 각 기준값은 스펜박스를 통해, 사용자가 직접 설정할 수 있음
- 이때 '[참고] 통계량' 표에서 원하는 값을 복사(ctrl c)한 후 중심지 추출 기준값 입력 창에 붙여넣기(ctrl v) 할 수 있음

중심지 추출 결과 저장(옵션)

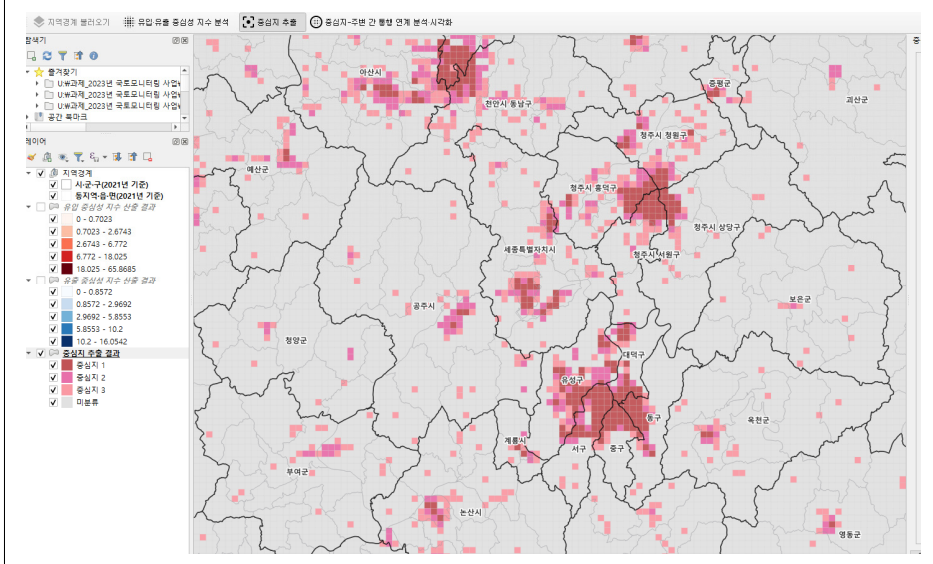
- 중심지 추출 결과 지도가 저장될 경로 설정
- 산출 결과 지도는 기본적으로 'OD_1km_sample_centrality_index_extracted_central_region.shp'로 저장됨
- 중심지 추출 결과는 'TYPE' 칼럼에 저장됨

- '중심지 추출하기'를 Click 하면, 주어진 기준값에 따른 중심지가 각각 구분되어 추출('TYPE' 속성 기준)

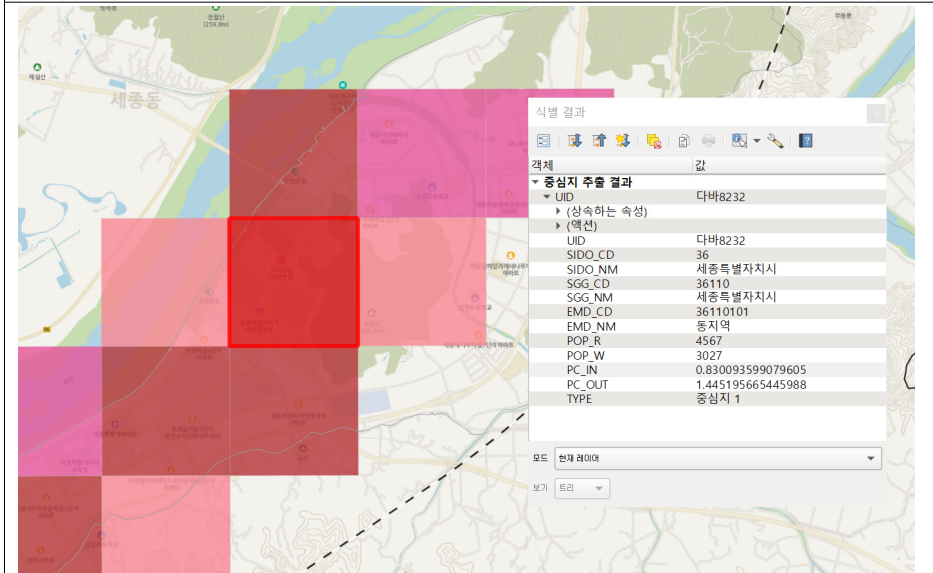
(4) 중심지 추출 결과 확인

'TYPE' 속성을 기반으로 한 지도가 중심지 추출 결과로 시각화됨

〈중심지 추출 시각화 결과 예시: 대전-세종-충청〉

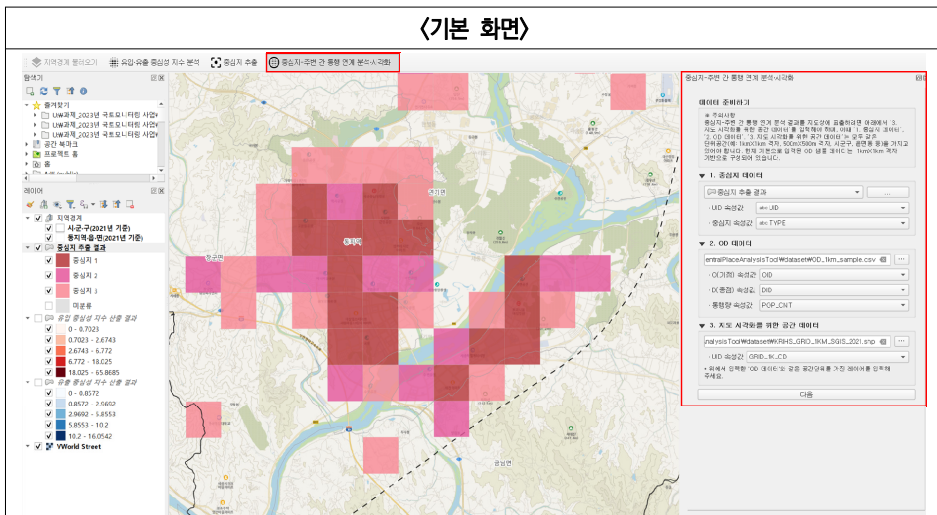


〈중심지 추출 시각화 결과 확대 예시: 세종시 반곡동 위치 격자〉



- 중심지 추출 결과와 OD 데이터를 이용하여 중심지와 주변 간의 통행 연계를 분석 및 시각화하는 기능

(1) 상단에서 [중심지-주변 간 통행 연계 분석·시각화] 버튼 Click



※ 주의사항

중심지-주변 간 통행 연계 분석 결과를 지도상에 표출하려면 ‘3. 지도 시각화를 위한 공간 데이터’를 입력해야 하며, 이때 ‘1. 중심지 데이터’, ‘2. OD 데이터’, ‘3. 지도 시각화를 위한 공간데이터’는 모두 같은 단위공간(예: 1kmX1km 격자, 500mX500m 격자, 시군구, 읍면동 등)을 가지고 있어야 함

중심지-주변 간 통행 연계 분석-시각화

데이터 준비하기

※ 주의사항

중심지-주변 간 통행 연계 분석 결과를 지도상에 표출하려면 아래에서 '3. 지도 시각화'를 위한 공간 데이터를 입력해야 하며, 이때 '1. 중심지 데이터', '2. OD 데이터', '3. 지도 시각화를 위한 공간 데이터'는 모두 같은 단위공간(예: 1km×1km 격자, 500m×500m 격자, 시군구, 읍면동 등)을 가지고 있어야 합니다. 현재 기본으로 입력된 OD 샘플 데이터는 1km×1km 격자 기반으로 구성되어 있습니다.

▼ 1. 중심지 데이터

중심지 추출 결과

...

· UID 속성값

abc UID

· 중심지 속성값

abc TYPE

▼ 2. OD 데이터

역방향통행결과물_최종_20240517WKCBC_OD_2021_for_test.csv

...

· O(기점) 속성값

OID

· D(종점) 속성값

DID

· 통행량 속성값

POP_CNT

▼ 3. 지도 시각화를 위한 공간 데이터

AnalysisTool\dataset\WKRIHS_GRID_1KM_SGIS_2021.shp

...

· UID 속성값

GRID_1K_CD

주요해서 입력한 'OD 데이터'와 같은 공간단위를 가진 계미어를 입력해주세요.

다음

1. 중심지 데이터

- 앞서 분석한 ‘중심지 추출 결과’ 레이어가 자동으로 입력되며, ‘UID 속성값’으로 ‘UID’, ‘중심지 속성값’으로 ‘TYPE’이 default 값으로 설정됨

2. OD 데이터

- 현재 기본으로 입력된 OD 샘플 데이터는 KCB의 1kmX1km 격자 기반 자택-직장주소지 OD 매트릭스 데이터 (2021년 기준) 중 일부(약 5%)를 샘플링한 것
- OD 데이터의 칼럼명은 default 값으로 'OID', 'DID', 'POP_CNT'로 구성되었으며, 데이터에 따라 다른 값을 사용할 수 있음. 다른 값을 사용할 경우, 콤보박스에서 해당 값을 선택

3. 지도 시각화를 위한 공간데이터

- 'UID' default 속성값은 'GRID_1K_CD'이며, 다른 값을 사용할 경우, 콤보 박스에서 해당 값을 선택
- 현재 기본으로 입력된 공간데이터는 전국 범위의 1kmX1km 격자 shp 데이터로, WGS(동계청)의 총조산대구('POP_R') 및 사업체종사자수('POP_W') 값(2021년 기준)을 속성으로 포함하고 있음
- 데이터 삽입이 완료되면, '다음' 버튼을 Click하여 다음 단계로 넘어가기

(3) 분석 대상지 선택 및 분석조건 입력

중심지-주변 간 통행 연계 분석 시각화

분석 대상지 선택

지도에서 선택 검색하여 선택...

선택한 객체: 3개

상제	격자ID	시도	시·군·구	동지역	읍·면	중심지구분
☐	다바7834	세종특별자치시	세종특별자치시	동지역		중심지 1
☐	다바7634	세종특별자치시	세종특별자치시	동지역		중심지 1
☐	다바7734	세종특별자치시	세종특별자치시	동지역		중심지 1

분석조건

☒ 내부통행(0와 D가 같은 경우) 포함

반경: 50 km 이내

격자당 통행 인구 수: 5 명 이상

출발지/목적지 공간단위

☒ 격자

☒ 동지역 읍면

☒ 시·군·구

이전 실행

분석 대상지 선택

- 통행 연계 분석에 활용할 단일(1개) 또는 다중(2개 이상) 격자를 지도상에서 또는 검색하여 선택할 수 있음
- 선택한 객체의 개수와 해당 속성 정보가 우측 화면에 나타남

분석조건

- 내부 통행(0와 D가 같은 경우)포함 여부, 분석 반경(이내), 분석에 포함할 격자당 통행 인구수(이상) 값을 설정 가능하며, 반경은 50km 이내, 격자당 통행 인구수는 5명 이상이 default 값으로 설정됨

출발지/목적지 공간단위

- 선택한 분석 대상지로의 유입 통행 및 분석 대상지로부터의 유출 통행 분석 결과를 다양한 공간단위(격자/동지역·읍·면/시·군·구)로 볼 수 있도록 모든 체크박스는 default로 선택되어 있음
- 조건 셋팅이 완료되면 '실행' 버튼을 Click하여 중심지-주변 간 통행 연계 분석·시각화를 실행

〈분석 대상지로의 유입 통행 시각화 결과 예시(격자 단위): 세종시 동지역 격자군〉

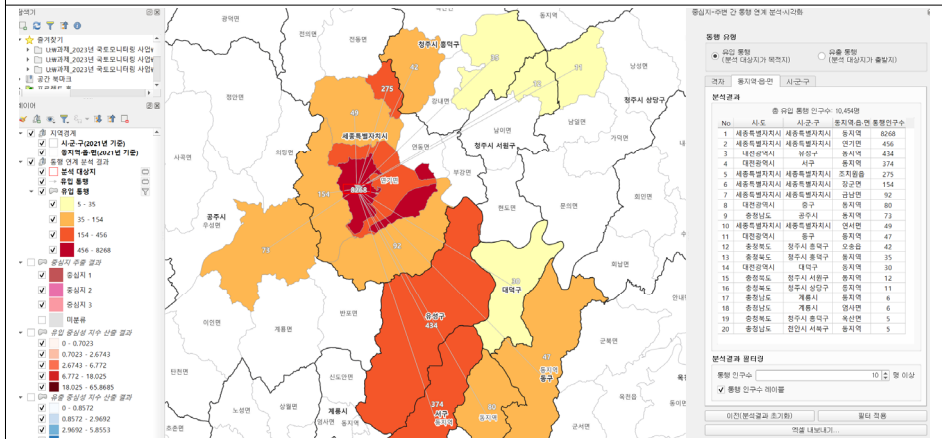


- 분석이 완료되면, 분석 조건에 맞는 유입 및 유출 통행 결과가 격자/동지역·읍·면/시군구 단위로 분류되어 분석결과 창에 도출되며, 관련 지도 시각화 내용은 레이어 창에 자동으로 설정되어 표시됨
- 유입 및 유출 통행의 방향은 화살표로 구분할 수 있으며, 유입 및 유출 통행량은 단계 구분값에 따라 색상으로 구분함(색이 진할수록 통행량 많음)

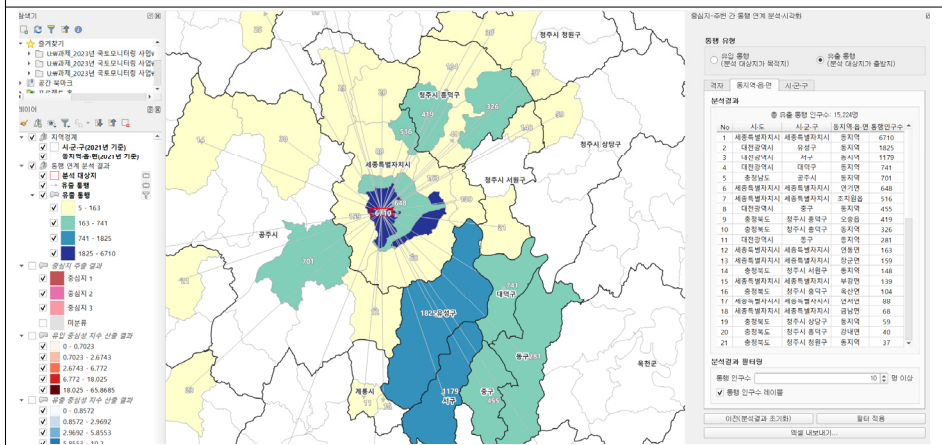
- **통행 인구수 레이블** 체크박스 클릭 시 화면상에서 **통행 인구수**를 시각적으로 표현하며, 격자당 **통행 인구수 조건** 입력 후 **‘필터 적용’** 버튼을 Click하면 분석결과와 필터링 가능
- **‘엑셀 내보내기’** 버튼을 Click하면 유입 및 유출 통행 분석 결과가 격자/동지역·읍·면/시군구 단위로 구분되어 엑셀파일로 저장됨

(4) 중심지-주변 간 통행 연계 분석·시각화 결과(2/3)

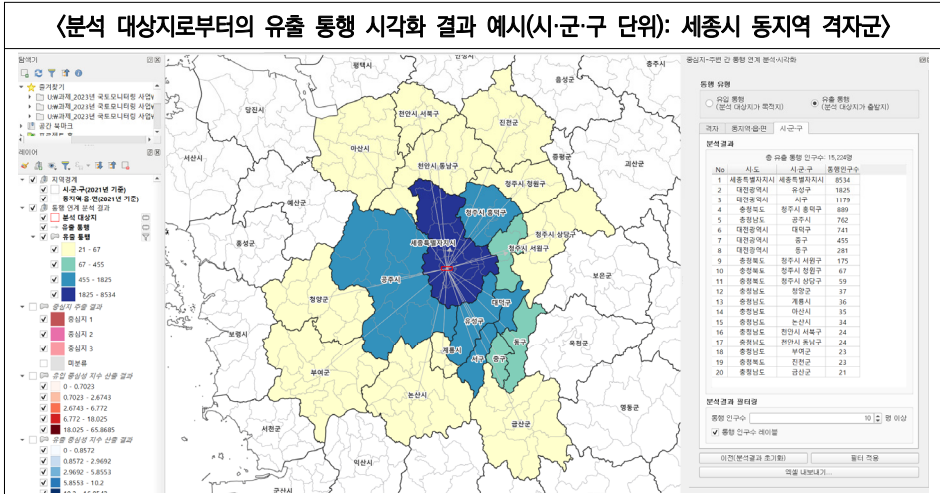
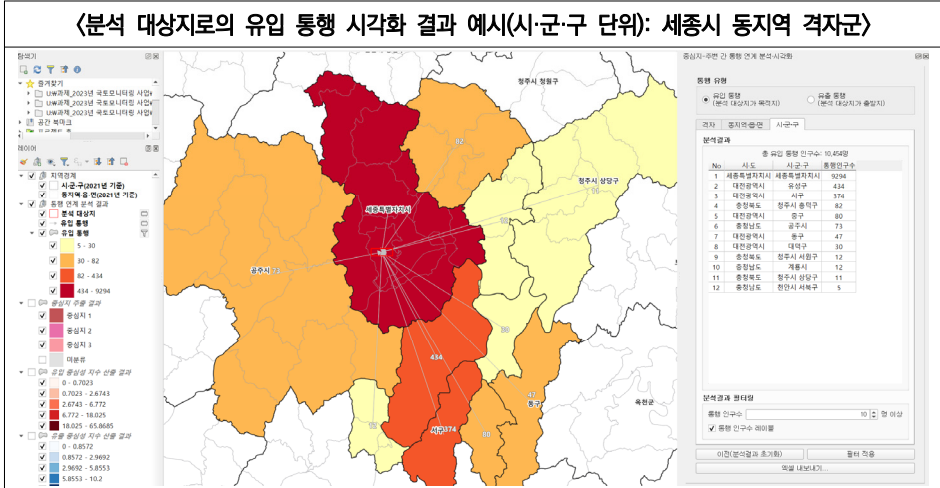
〈분석 대상지로의 유입 통행 시각화 결과 예시(동지역·읍·면 단위): 세종시 동지역 격자군〉



〈분석 대상지로부터의 유출 통행 시각화 결과 예시(동지역·읍·면 단위): 세종시 동지역 격자군〉



(4) 중심지-주변 간 통행 연계 분석·시각화 결과(3/3)



[참고]

〈‘엑셀 내보내기’ 기능을 통해 생성된 유입 및 유출 통행 분석 결과 파일 예시: 격자 유입〉

No	격자ID	시·도	시·군·구	동지역·읍·면	중심지구분	통행인구수
0	다바7734	세종특별자치시	세종특별자치시	동지역	중심지 1	1125
1	다바7834	세종특별자치시	세종특별자치시	동지역	중심지 1	784
2	다바7733	세종특별자치시	세종특별자치시	동지역	중심지 1	683
3	다바7634	세종특별자치시	세종특별자치시	동지역	중심지 1	673
4	다바7735	세종특별자치시	세종특별자치시	동지역	중심지 2	631
5	다바7732	세종특별자치시	세종특별자치시	동지역	중심지 1	563
6	다바7835	세종특별자치시	세종특별자치시	동지역	중심지 1	544
7	다바7934	세종특별자치시	세종특별자치시	동지역	중심지 1	362
8	다바7832	세종특별자치시	세종특별자치시	동지역	중심지 1	334
9	다바7633	세종특별자치시	세종특별자치시	동지역	중심지 2	318
10	다바8030	세종특별자치시	세종특별자치시	동지역	중심지 1	302
11	다바7731	세종특별자치시	세종특별자치시	동지역	중심지 1	283
12	다바7635	세종특별자치시	세종특별자치시	동지역	중심지 1	239
13	다바7936	세종특별자치시	세종특별자치시	동지역	중심지 3	232
14	다바7831	세종특별자치시	세종특별자치시	동지역	중심지 1	227
15	다바8233	세종특별자치시	세종특별자치시	연기면	중심지 1	171
16	다바8231	세종특별자치시	세종특별자치시	동지역	중심지 1	157
17	다바8131	세종특별자치시	세종특별자치시	동지역	중심지 1	149
18	다바8143	세종특별자치시	세종특별자치시	조치원읍	중심지 1	130
19	다바8333	세종특별자치시	세종특별자치시	동지역	중심지 2	128
20	다바7730	세종특별자치시	세종특별자치시	동지역	중심지 2	114
21	다바7833	세종특별자치시	세종특별자치시	동지역	중심지 2	111
22	다바7535	세종특별자치시	세종특별자치시	동지역	중심지 3	111
23	다바7534	세종특별자치시	세종특별자치시	장군면	중심지 3	91
24	다바7830	세종특별자치시	세종특별자치시	연기면	중심지 3	89
25	다바8232	세종특별자치시	세종특별자치시	동지역	중심지 1	82
26	다바7636	세종특별자치시	세종특별자치시	동지역	중심지 3	80
27	다바9017	대전광역시	서구	동지역	중심지 1	73
28	다바7933	세종특별자치시	세종특별자치시	연기면	중심지 2	69
29	다바8144	세종특별자치시	세종특별자치시	조치원읍	중심지 1	68
30	다바7935	세종특별자치시	세종특별자치시	연기면	중심지 3	62
31	다바8029	세종특별자치시	세종특별자치시	금남면	중심지 2	54
32	다바8319	대전광역시	유성구	동지역	중심지 1	53
격자 유입 격자 유출 동지역·읍·면 유입 동지역·읍·면 유출 시·군·구 유입 시·군·구 유출						

〈‘엑셀 내보내기’ 기능을 통해 생성된 유입 및 유출 통행 분석 결과 파일 예시: 동지역·읍·면 유입〉

No	시·도	시·군·구	동지역·읍·면	통행인구수
0	세종특별자치시	세종특별자치시	동지역	8268
1	세종특별자치시	세종특별자치시	연기면	456
2	대전광역시	유성구	동지역	434
3	대전광역시	서구	동지역	374
4	세종특별자치시	세종특별자치시	조치원읍	275
5	세종특별자치시	세종특별자치시	장군면	154
6	세종특별자치시	세종특별자치시	금남면	92
7	대전광역시	중구	동지역	80
8	충청남도	공주시	동지역	73
9	세종특별자치시	세종특별자치시	연서면	49
10	대전광역시	동구	동지역	47
11	충청북도	청주시 흥덕구	오송읍	42
12	충청북도	청주시 흥덕구	동지역	35
13	대전광역시	대덕구	동지역	30
14	충청북도	청주시 서원구	동지역	12

기본 24-07

마이크로 공간데이터를 활용한 중심지 분석도구 개발 연구

저 자 이영민, 변필성, 황명화, 최혜림

발 행 인 심교언

발 행 처 국토연구원

출판등록 제2017-9호

발 행 2024년 4월 30일

주 소 세종특별자치시 국책연구원로 5

전 화 044-960-0114

팩 스 044-211-4760

가 격 7,000원

I S B N 979-11-5898-954-5

홈페이지 <http://www.krihs.re.kr>

© 2024, 국토연구원

이 연구보고서를 인용하실 때는 다음과 같은 사항을 기재해주십시오.

이영민, 변필성, 황명화, 최혜림. 2024. 마이크로 공간데이터를 활용한 중심지 분석도구 개발 연구. 세종: 국토연구원.

이 연구보고서는 연구자 개인의 의견으로서, 정부나 국토연구원의 공식적인 견해와 다를 수 있습니다.
이 연구보고서는 한국출판인협회에서 제공한 KoPub 서체와 대한인쇄문화협회가 제공한 바른바탕체 등이 적용되어 있습니다.

제1장 서론

제2장 중심지 분석도구 개발 동향 및 분석방법 고찰

제3장 중심지 분석도구 개발구상 및 기능 정립

제4장 중심지 분석도구 설계 및 프로토타입 구현

제5장 결론

마이크로 공간데이터를
활용한 중심지 분석도구
개발 연구

Development of the Tool(QGIS Plugin)
for Analyzing Central Places Using
Micro-Geospatial Data



KRIHS 국토연구원

(30147) 세종특별자치시 국책연구원로 5 (반곡동)
Tel. (044) 960-0114 | Fax. (044) 211-4760

공공누리

공공 저작물 자유이용허락

값 7,000원



ISBN 979-11-5898-954-5