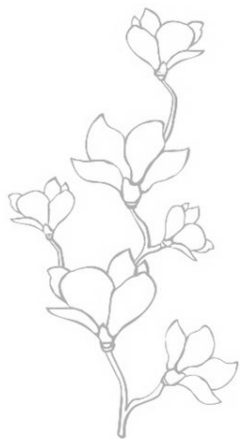


# 자전거 접근성 분석을 위한 오픈소스 분석도구 설계와 구현

지상훈 이승연 황태건 이원도



# Contents



## 1. Introduction

## 2. Research Design

## 3. Data Collection

## 4. Algorithm Development

- 접근 시간 계산 모듈
- 도달 범위 산출 결과 검증
- E2SFCA 접근성 지수 산출 모듈

## 5. Case Study

- 주거/ 상업/ 공공 및 교육/ 업무/ 산업 분류 별

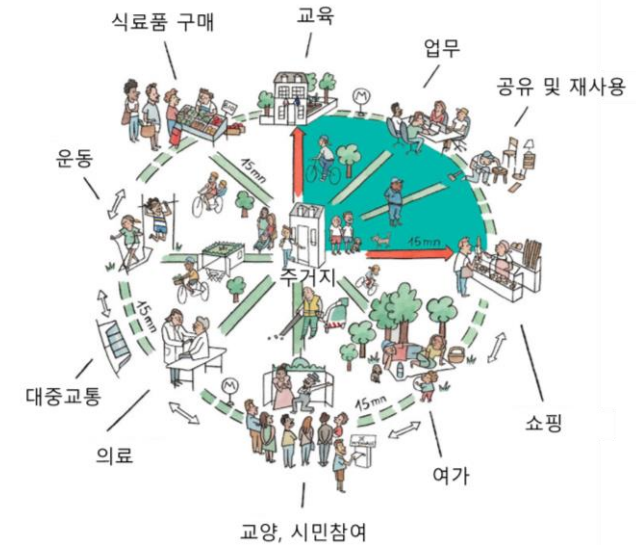
## 6. Conclusion

## 연구 동기

## - 15분 도시(15 Minute City)

도시민들의 생활에 필요한 시설들이 도보나 자전거로 15분 내에 접근할 수 있도록 도시환경을 개선해가는 지향성(Moreno et al., 2021; Weng et al., 2019).

1. 본 마곡 학회장 인근 따릉이 대여소에서 자전거를 타고 15분 내 도달 가능한 마트의 수는?
2. 을지로 입구 인근 따릉이 대여소에서 자전거를 타고 15분 내 도달 가능한 마트의 수는?
3. 지역별로 이용 가능한 마트 수에 차이가 있다면,  
그 접근성의 차이는 왜? 그리고 어떻게 나타나는 것인가?



Source : <https://www.paris.fr/pages/la-ville-du-quart-d-heure-en-images-15849>

01

## 접근성 (Accessibility)

02

03

- 1) 특정 출발지로부터 다른 목적지까지 얼마나 쉽고 편리하게 도달할 수 있는가를 계량화하여 분석(Hansen, 1959)
- 2) 도시 내 개인이 특정 교통 수단을 이용해 도달할 수 있는 활동이나 목적지의 범위로 정의(Dalvi and Martin, 1976; Geurs & van Wee, 2004).

04

- 접근성을 평가하는 관점,

05

- 1) 기반 시설 중심(infrastructure-based)

- 2) 지점 중심(location-based)

06

- 지점 중심의 접근성 평가 방법은 정량적 분석이 용이

- 결과에 대한 해석이 쉬워 연구자를 비롯한 정책 결정자들로부터 주로 활용

- 3) 개별이동자 중심(person-based)

- 4) 효용성 중심(utility-based)

- 접근성 평가 방법의 선정

- 1) 이론적 타당성(theoretical basis)

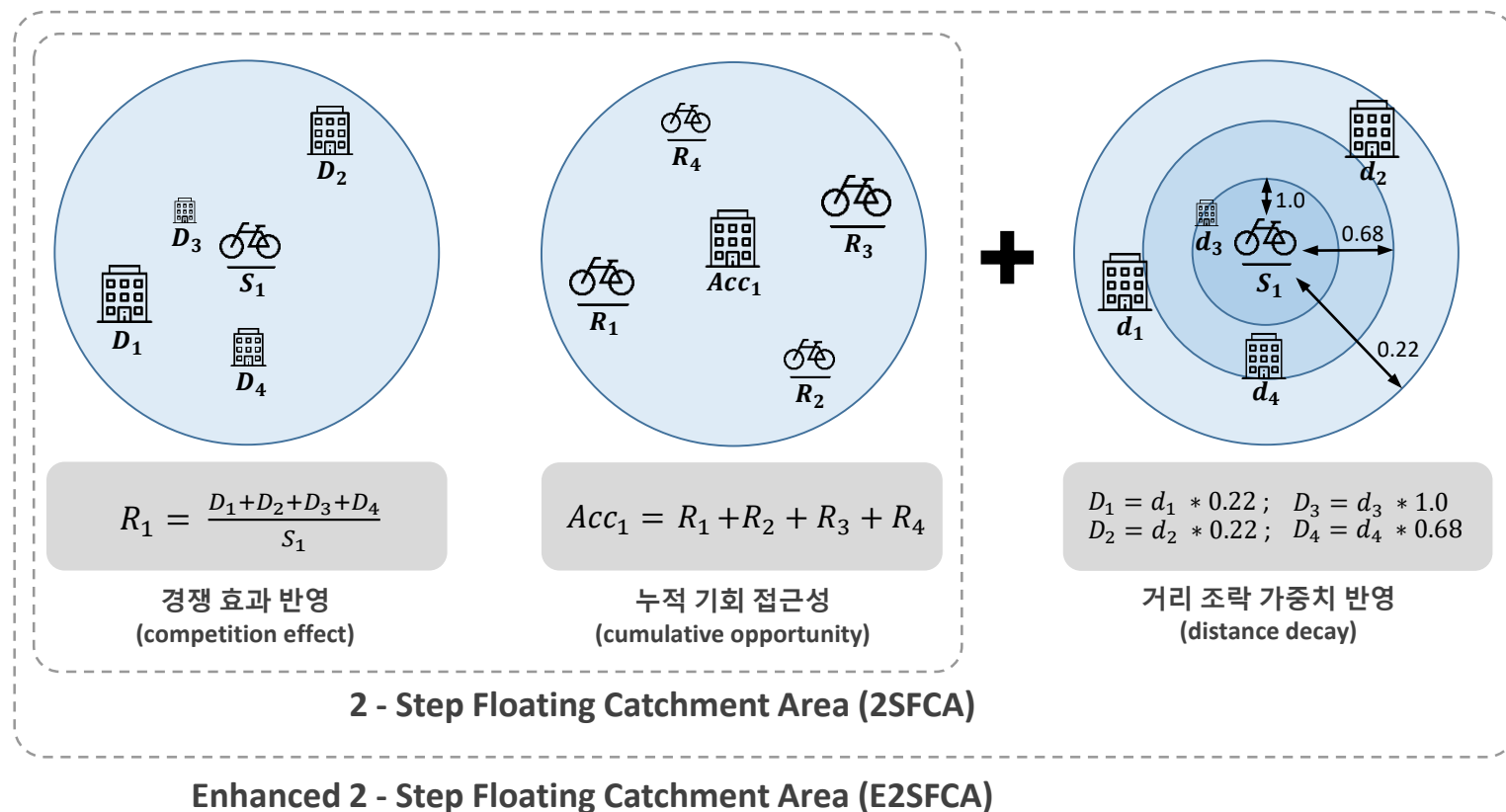
- 2) 분석 및 측정 가능성(operationalization)

- 3) 결과에 대한 해석 및 범용성(interpretability and communicability)

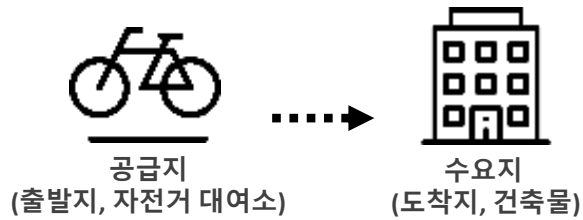
- 4) 사회적 지표로서의 활용성(accessibility as a social indicator)

- 5) 경제적 지표로서의 활용성(accessibility as a economic indicator)

## 누적될 수 있는 접근 기회(cumulative opportunities)



## 도달 시간 및 범위의 기준



- 공급지와 수요지 사이의 거리 계산 방법

- 1) 단순 직선 거리 (Euclidean distance)
- 2) 네트워크 거리 (Network distance)

- 더 정확하고 현실적인 도달 범위 계산을 위해선  
네트워크 거리 반영 필요



Apparicio, P., Gelb, J., Dubé, A. S., Kingham, S., Gauvin, L., and Robitaille, E., 2017, The approaches to measuring the potential spatial access to urban health services revisited: distance types and aggregation-error issues, *International Journal of Health Geographics*, 16(1), 32.

### 연구의 구성과 방법

- 1) 활용 가능한 공개 데이터 검토 및 전처리
- 2) 최적의 네트워크 거리 기준의 도달 범위 산정을 위한 최단 경로 탐색 알고리즘 적용 및 모듈 설계
- 3) 서울의 도로와 지형적 특성 감안, 경사도에 따른 자전거 통행 속도 변화 및 횡단보도 통과 시간 반영한 접근 시간 계산
- 4) 접근 기회에 대한 공급과 수요 측면의 경쟁 효과와 거리 마찰에 따른 거리 조락 효과를 반영한 현실적인 접근성 계산 모듈 설계
- 5) 개발 분석도구 활용 사례로, 서울 지역 내 건물별 접근성을 산출한 뒤 용도별 접근성의 지역적 편차를 시각화하여 제시

## 공간정보 수집 및 구축

### 1) 도로 네트워크 데이터

- 도달 범위 산정을 위한 네트워크 데이터
- 서울열린데이터광장 > 서울시 도보 네트워크 데이터

### 2) 서울 DEM(수치표고모형)

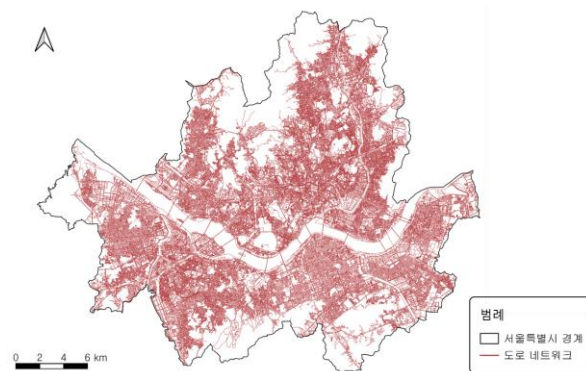
- 접근 시간 계산 시 경사도에 따른 통행 속도 반영 설계
- 도로 네트워크 노드 내 고도 값 속성 입력
- USGS(미국지질조사국) > SRTM(Shuttle Radar Topography Mission)
- 30M 해상도 래스터 데이터, Interpolation을 통해 5m 해상도 래스터 데이터로 가공

### 3) 통행 공급(발생) 지점 데이터

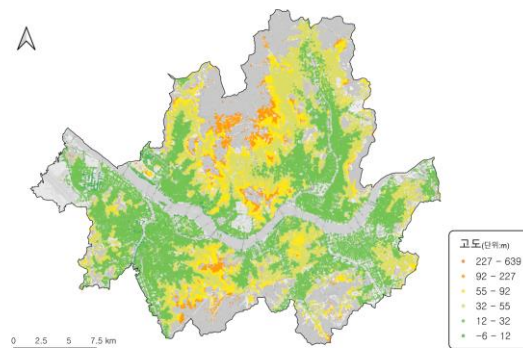
- 공유자전거 따릉이 대여소
- 서울열린데이터광장 > 서울시 공유자전거 따릉이 대여소

### 4) 통행 수요(종료) 지점 데이터

- 서울시 내 건축물 데이터
- 국가공간정보포털 > 국가중점 데이터 > 부동산 개방데이터 > GIS건물통합정보



전처리 완료된 서울시 도보 네트워크 링크 데이터(280,632개)



전처리 완료된 서울시 도보 네트워크 노드 데이터(214,151개),  
고도 속성값에 따른 단계 구분도



## 공간정보 수집 및 구축 - 네트워크 데이터

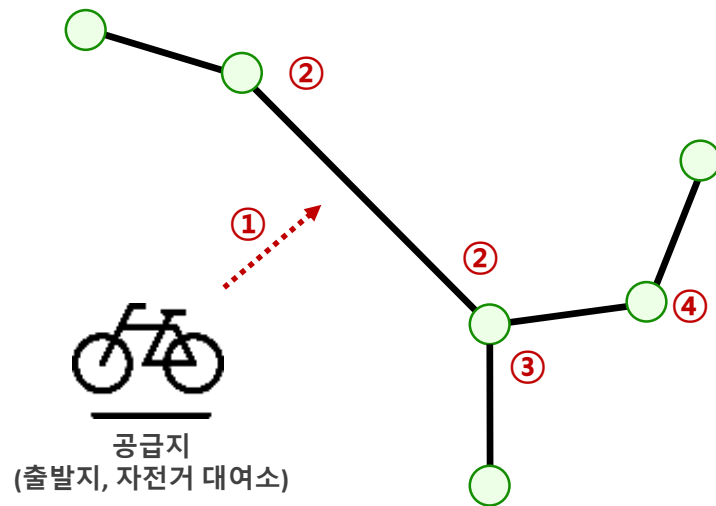
## - 서울시 도보 네트워크 공간정보

- 1) 전국표준노드링크보다 상세한 수준의 도로 표현
- 2) 쉽게 무료로 수집이 가능한 공개 데이터
- 3) 주관 기관의 존재로 정기적으로 유지관리, 최신성 및 안정성 측면 장점
- 4) 횡단보도 등의 상세한 도로 교통 체계가 반영 (하단 좌측 그림의 초록색 링크)



속성 분류	세부속성	비고
공간객체	1) 노드링크 유형 구분	NODE/ LINK
	2) Well-known text(WKT)	POINT/ LINESTRING
	3) ID	정수(integer)
	4) 링크의 시작/종료 노드 ID	정수(integer)
	5) 링크의 길이	단위: 미터(m)
행정구역	1) 시군구 단위 행정구역명/코드	법정동 구분
	2) 읍면동 단위 행정구역명/코드	법정동 구분
보행환경	1) 고가도로/교량/터널/육교/횡단보도 여부	미해당(0)/ 해당(1)
	2) 지하철 네트워크 연결 여부	미해당(0)/ 해당(1)
	3) 공원/녹지/건물 내 위치 여부	미해당(0)/ 해당(1)

## 1. 접근 시간 계산 모듈



$$\text{Uphill Velocity} = 5 - [(+ \text{slope}) * (40)] \text{ meter per sec}$$

$$\text{Downhill Velocity} = 5 - [(- \text{slope}) * (150)] \text{ meter per sec}$$

경사도에 따른 통행 속도 계산 및 반영  
(이광원, 2011, "GIS에 의한 이용자의 이동특성을 고려한 자전거 노선 선정 방법예 관한 연구" 인천대학교 박사학위 논문)

## [ 1. 공급지-노드 간 도달 시간 계산 ]

## ① 대여소에서 가장 가까운 링크 탐색

## ② 진출 가능 경로 및 노드 탐색

- 이웃 노드까지 예상 도달시간 계산
- 링크의 경사도를 통행 속도에 반영
- 작업 목록(heap, 이하 힙)에 작업 내역(queue, 이하 큐) 추가
- 힙은 입력 큐 중 예상 도달시간이 적은 순서로 정렬 및 반환

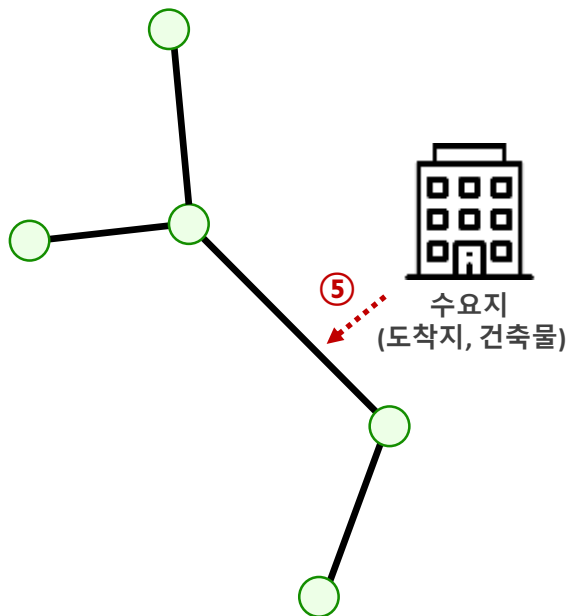
## ③ 힙에서 큐 호출, 추가 작업 진행 여부 판단

- 조건1) 예상 도달시간, 기존 노드 기록보다 적어야함
- 조건2) 예상 도달시간, 제한 시간 이내
- 조건 만족 시, 진출 노드 기록 갱신
- 조건 불만족 시, 작업 종료 및 힙에서 다음 큐 호출

## ④ 새로운 경로 탐색 및 큐 추가

- 힙 내부에서는 신규 큐 추가 및 정렬, 반환 과정 반복
- 힙이 모두 빌 때까지 작업 ②-③ 작업 반복

## 1. 접근 시간 계산 모듈



## [ 2. 노드-수요지 간 도달 시간 계산 ]

⑤ 대여소-노드 간 도달 시간 계산 완료 후,

수요지의 네트워크 진입 시간 계산

- 노드에는 최단거리 기록만 남겨짐

⑥ 근접 노드 입력 값 참조, 공급-수요지 간 도달 시간 계산

- 수요지 속성 정보로 공급지로부터의 구체적인 도달 시간 입력

- 전체 공급지 X 수요지 간 도달 시간 값으로 행렬 구성

⑥

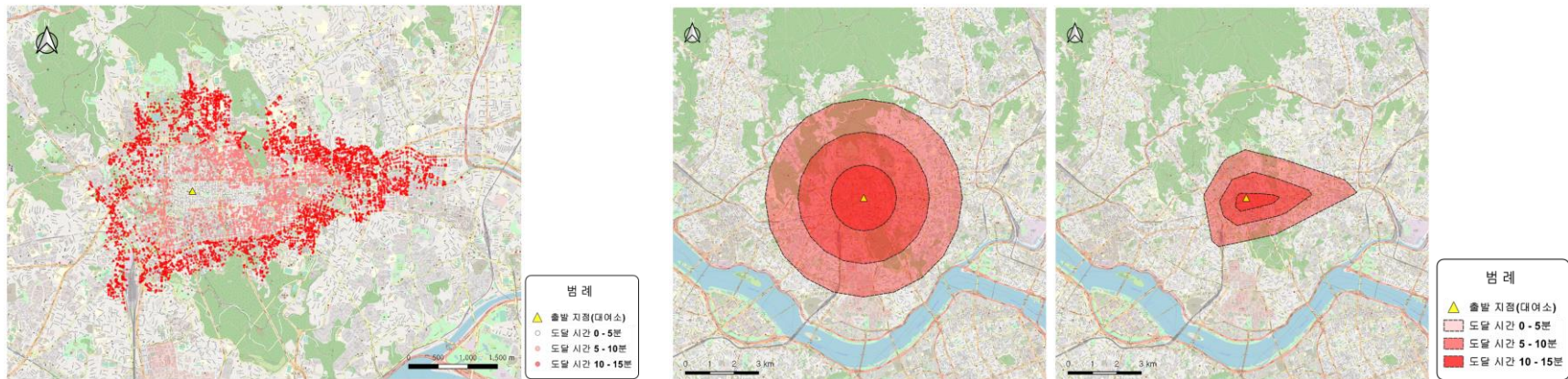
공급지  
(출발지, 자전거 대여소)수요지  
(도착지, 건축물)

## 1-1. 도달 범위 산출 결과 비교 - 직선 거리 기준, 네트워크 거리 기준

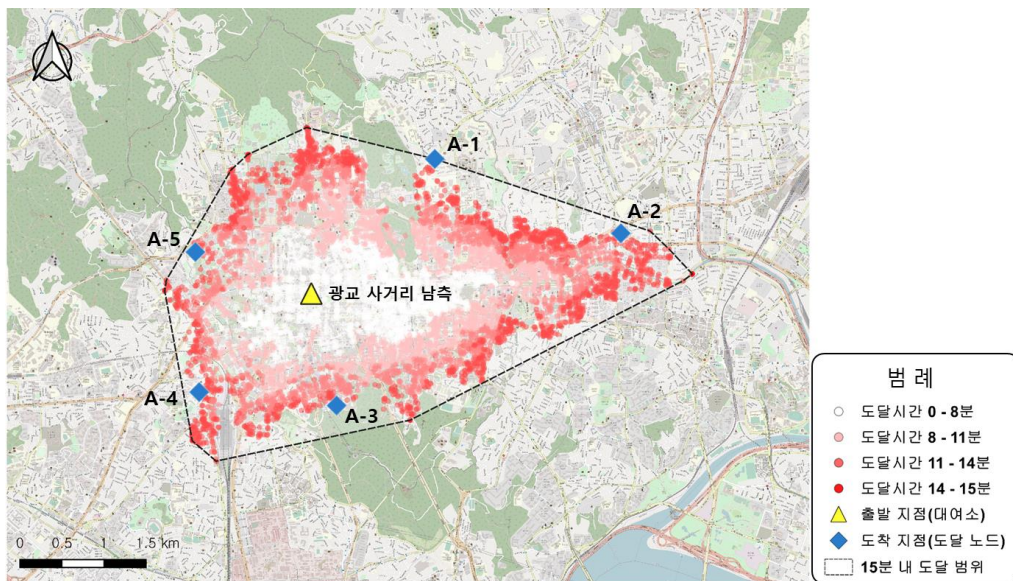
해당 결과를 면 형태의 도달 범위로 살펴보기 위해 convex hull 알고리즘을 적용해 폴리곤 형태로 가공하였다. convex hull은 주어진 포인트 객체를 모두 포함하는 최소 크기의 볼록 다각형을 반환한다.

기준 대여소로부터 도달 범위를 산정하는 방법의 차이를 나타낸다. 우측은 유클리드 거리 기준의 도달 범위를 나타내며, 이때 버퍼의 반경은 본 연구에서 적용한 기본 자전거 주행속도인 5m/s를 적용하여 5분 내 도달 거리로는 1.5km, 10분 내 도달 거리로는 3km, 15분 내 도달 거리로는 4.5km를 적용하였다. 좌측은 본 연구에서 산출한 네트워크 기반의 도달 범위로, 유클리드 기준의 도달 영역과 큰 차이를 확인할 수 있다. 자전거 도로가 형성되어 빠른 속도로 주행이 가능한 동쪽으로는 도달 범위가 유클리드 거리와 유사

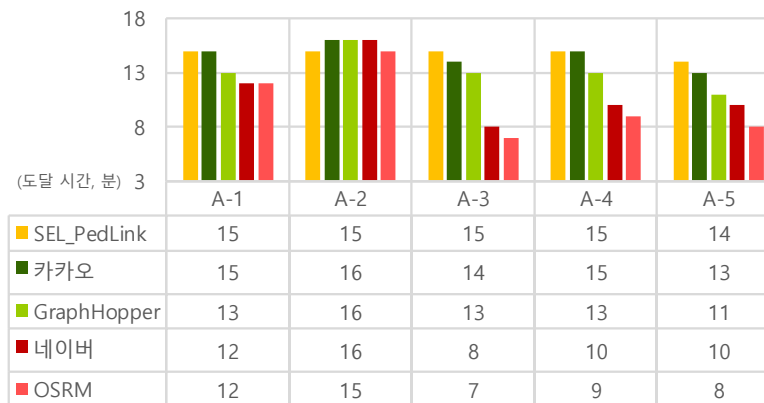
하지만 지형적인 특성으로 일반적인 자전거 주행이 어려운 남, 서, 북측 방향으로서는 도달 범위에 큰 차이가 나타난다. 해당 결과는 유클리드 거리 기준의 도달 범위 산정 방법이 네트워크 기준의 도달 범위 산정 방법과 실제 얼마나 큰 차이를 나타내고, 현실성 측면에서의 한계점을 보여준다. 따라서 현실적인 접근 가능 영역 도출과 접근성 분석을 위해서는 네트워크 기반의 접근시간 도출이 필수적이라 할 수 있음.



## 1-2. 도달 범위 산출 결과 비교 - 15분 이내 지점

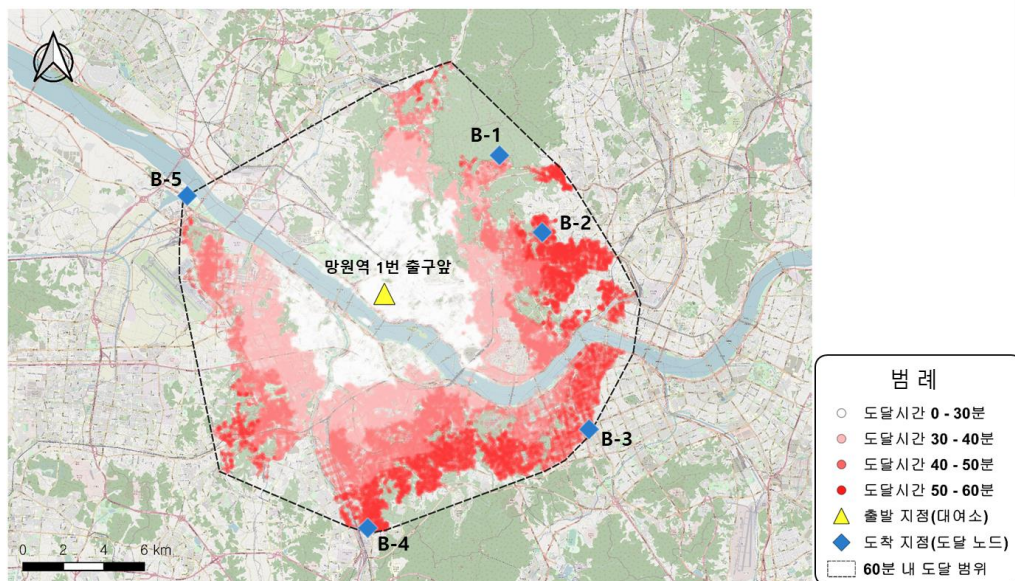


그룹 (기준 시간)	출발지	목적지 구분	목적지
A (15분 이내)	광교사거리 남측 대여소 (서울특별시 중구 다동 85 소재)	A-1	서울특별시 종로구 창경궁로 242-1
		A-2	서울특별시 동대문구 천호대로 4
		A-3	서울특별시 중구 예장동 8-179
		A-4	서울특별시 중구 중림로 36
		A-5	서울특별시 종로구 사직동 317-1

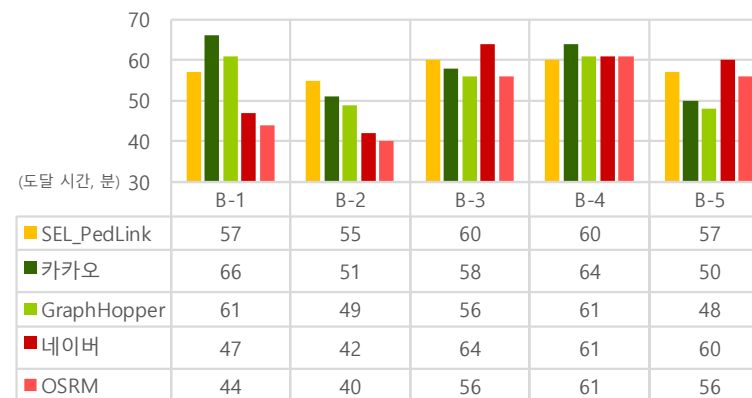




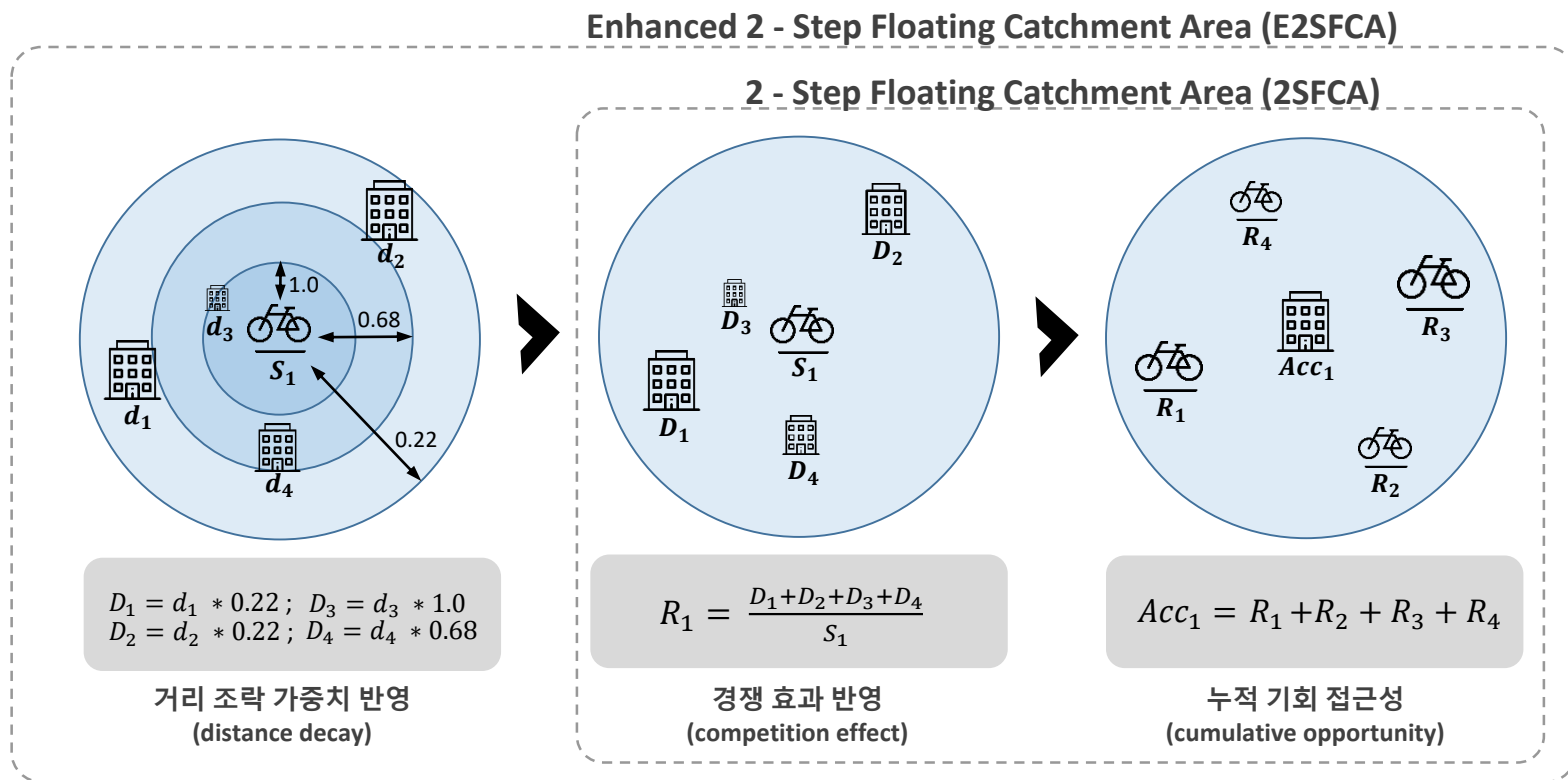
## 1-3. 도달 범위 산출 결과 비교 - 60분 이내 지점



그룹 (기준 시간)	출발지	목적지 구분	목적지
B (60분 이내)	망원역 1번 출구 앞 대여소 (서울특별시 마포구 서교동 441-15 소재)	B-1	서울특별시 종로구 평창동 443-15
		B-2	서울특별시 종로구 창경궁로 242-1
		B-3	서울특별시 서초구 서초동 1321-8
		B-4	서울특별시 금천구 시흥동 992-47
		B-5	서울특별시 강서구 개화동 31-1



## 2. E2SFCA 접근성 지수 산출 모듈



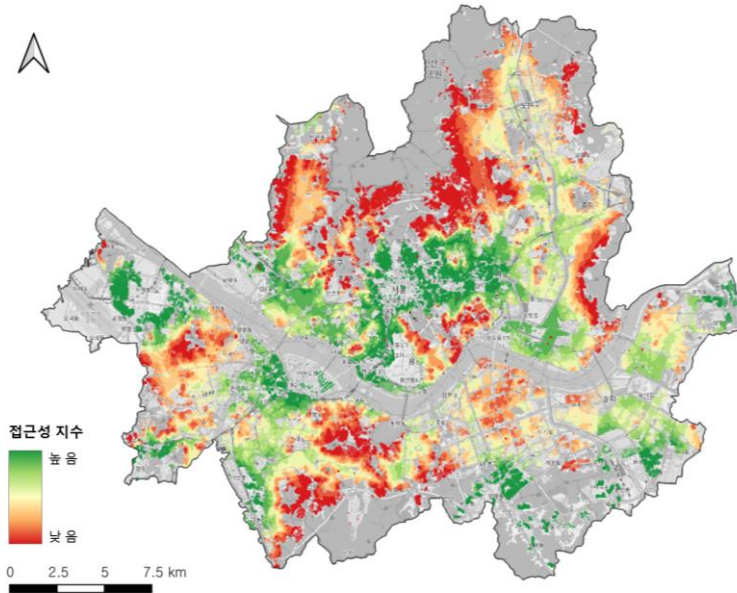
## 1. 서울 지역 건축물의 용도별 자전거 접근성

- 개발된 분석도구 활용 사례로 서울의 건축물의 용도별 접근성 산출
- 서울 지역 내 따릉이 공유자전거 대여소는 2,653개, 건축물 개수는 492,116개로 집계
- 공급량 : 자전거 거치대 수  
 수요량 : 건축물 연면적 정보 적용 (건축물 바닥 면적 \* 층수)  
 교통유발요인 관련 선행연구 사례(한국교통연구원, 2013) 참고
- 15분 내 도달 가능한 서울 시내 건물 별 접근성을 E2SFCA 방법론을 활용, 정량적 분석
- 각 용도 분류 별 접근성 산출, 공유 자전거 접근성의 지역적 편차를 시각화.
- 서울시 내에는 총 34개 용도 구분,  
 '주거', '상업', '공공 및 교육', '업무', '산업', '기타' 6개 분류로 구분
- 개수가 적어 중요성 낮은 '기타' 분류 제외 나머지 5개 분류에 대해 접근성 분석 진행

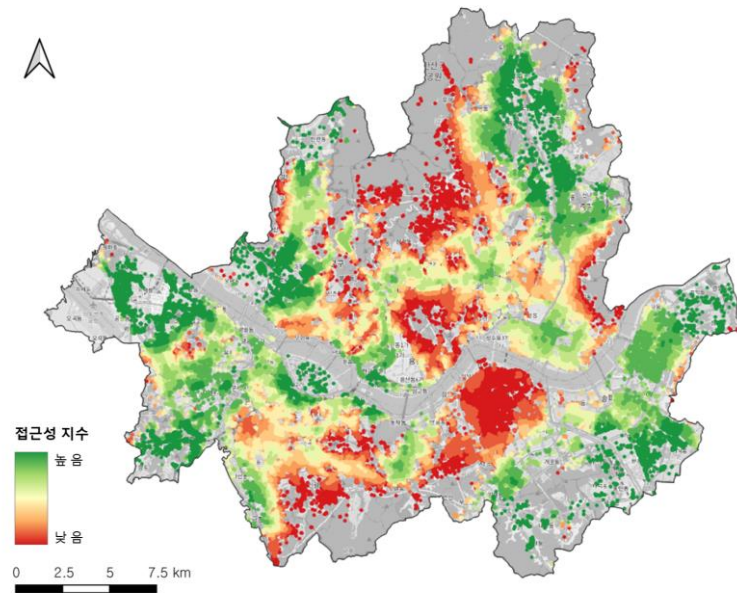
구분	병합한 건물 용도명	건축물 수
주거	공동주택, 단독주택 (계 2종)	364,721
상업	제1종근린생활시설, 제2종근린생활시설, 근린생활시설, 위락시설, 자동차관련시설, 판매시설, 숙박시설, 운동시설, 문화및집회시설, 관광휴게시설, 종교시설, 판매및영업시설 (계 12종)	106,485
공공 및 교육	교육연구시설, 의료시설, 노유자시설, 교육연구및복지시설, 공공용시설, 수련시설, 야영장시설 (계 7종)	9,676
업무	업무시설 (계 1종)	7,669
산업	창고시설, 공장, 운수시설, 위험물저장및처리시설, 자원순환관련시설, 분뇨.쓰레기처리시설, 묘지관련시설, 장례시설 (계 8종)	3,423
기타	동.식물관련시설, 교정및군사시설, 방송통신시설, 발전시설 (계 4종)	142



## 2. 용도별 접근성 분석 - 주거시설 / 상업시설

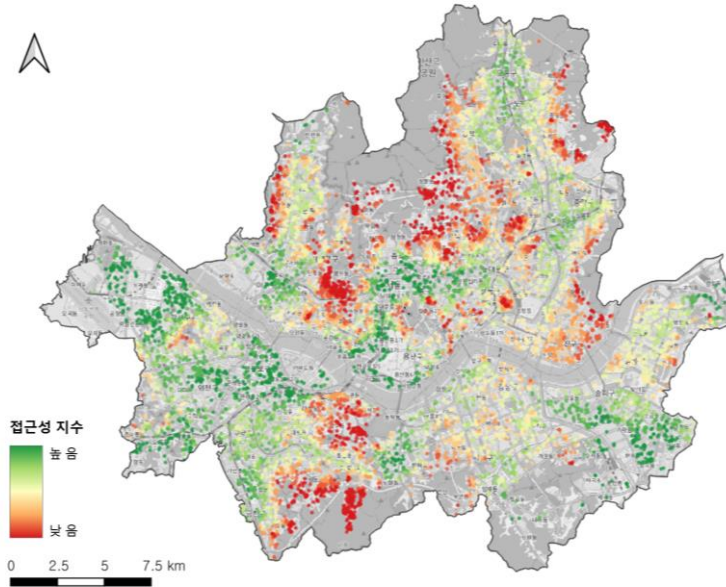


주거시설 :  
공동주택, 단독주택 (계 2종, 364,721동)

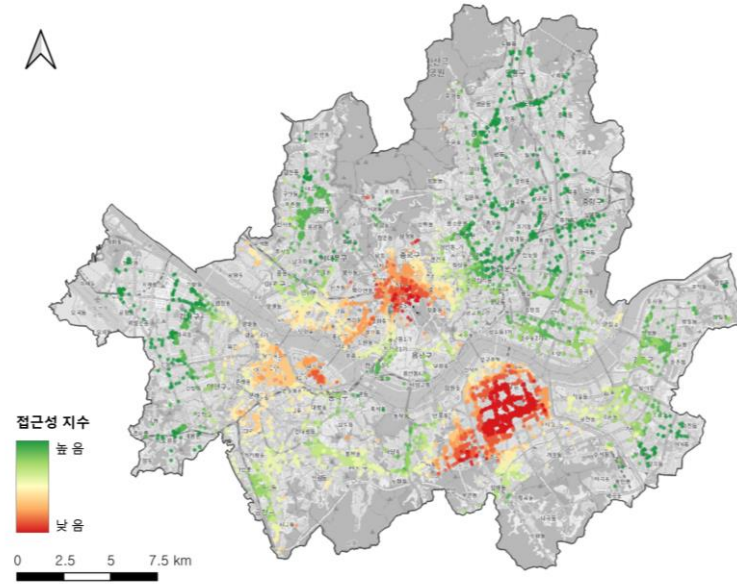


상업시설 :  
제1종근린생활시설, 제2종근린생활시설, 근린생활시설, 위  
락시설, 자동차관련시설, 판매시설, 숙박시설, 운동시설, 문  
화및집회시설, 관광휴게시설, 종교시설, 판매및영업시설  
(계 12종, 106,485동)

## 2. 용도별 접근성 분석 - 공공 및 교육시설 / 업무시설

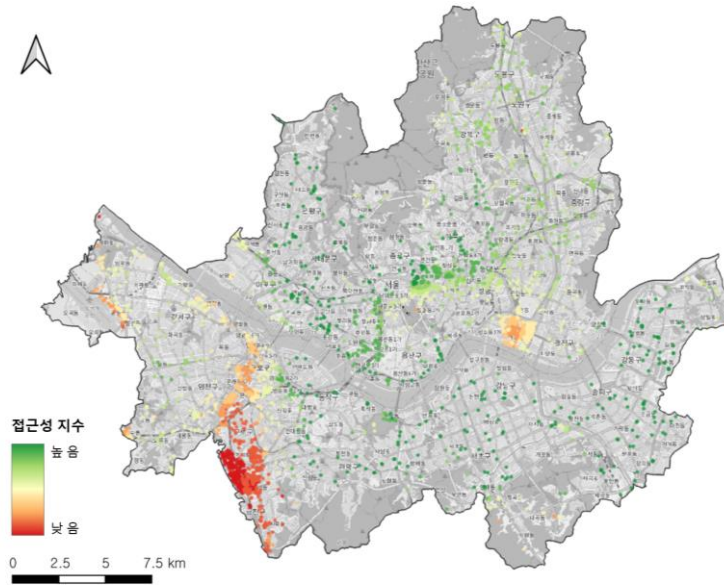


공공 및 교육시설:  
교육연구시설, 의료시설, 노유자시설, 교육연구및복지시설, 공공  
용시설, 수련시설, 야영장시설 (계 7종, 9,676동)



업무시설 (계 1종, 7,669동)

## 2. 용도별 접근성 분석 - 산업시설



산업시설:  
창고시설, 공장, 운수시설, 위험물저장및처리시설, 자  
원순환관련시설, 분뇨·쓰레기처리시설, 묘지관련시설,  
장례시설 (계 8종, 3,423)

## 연구 결론 및 의의

- 네트워크 거리 기준의 도달 범위 산정을 통한 현실적이고 구체적인 접근성 산출 도구 개발

### 1. 상용 소프트웨어 및 API 서비스의 경우

- 1) 구매비용 발생
- 2) 분석에 필요한 파라미터 및 변수 설정에 한계
- 3) 대규모 접근 시간 산출에 과도한 시간 소요

### 2. 개방형 공간정보 과학적 관점의 오픈소스 분석도구 개발을 위해

- 1) 누구나 수집이 가능한 데이터 활용
- 2) 쉽고 대중적인 프로그래밍 언어 파이썬(Python) 활용
- 3) 다양한 협업 및 응용이 가능하도록 소스 코드 공개
- 4) 링크 및 노드 속성에 따른 통행 시간 변수 반영이 가능하도록 설계

- 서울시 접근성 편차 분석 사례는 도시민의 복지 및 공공자전거 이용 증진을 위한 정책 수립에 근거 자료로 활용될 수 있음

- 공유자전거의 이용을 증진하여 도시의 탄소 배출 절감에 기여

- 공간 분석 연구자들이 상용 소프트웨어 사용에 대한 비용 투입과 의존성을 줄임

- 개방형 분석 도구의 활용 확대를 통해 분석도구 공유 환경 조성에 기여

- 개방성과 투명성을 바탕으로 다른 분야와의 협업 확대에 기여

2022 대한교통학회 국제학술대회

# 자전거 접근성 분석을 위한 오픈소스 분석도구 설계와 구현

Presented by : 지상훈 (Sanghoon Ji)

jish@khu.ac.kr

Geography, GIS

Department of Geography

Kyunghee University, Seoul, Korea

**Thank You** 