creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

교육학석사 학위논문

교육 서비스의 공간적 형평성에서의 성별 차이에 관한 연구

- E2SFCA 기법을 활용한 서울특별시 고등학교로의 접근성 분석 -

2022년 2월

서울대학교 대학원

사회교육과 지리전공

유 동 한

교육 서비스의 공간적 형평성에서의 성별 차이에 관한 연구

- E2SFCA 기법을 활용한 서울특별시 고등학교로의 접근성 분석 -

지도교수 이 상 일

이 논문을 교육학석사 학위논문으로 제출함
2021년 11월

서울대학교 대학원
사회교육과 지리전공
유 동 한

유동한의 석사 학위논문을 인준함
2022년 2월

위 원 장 신 정 엽

부위원장 김 민 성

위 원 이 상 일

국문초록

교육의 형평성은 교육 환경과 교육 성취의 형평성으로 나누어 볼 수 있는데, 교육 환경의 형평성은 교육 성취의 전제가 되므로 더 중요하다. 교육 환경의 한 요소인 교육 기회는 공간적 접근성의 측면에서 파악할 수 있는데, GIS와 공간통계 기법의 발달로 공간적 접근성에 대한 분석이 발전하고 있지만, 교육 서비스에 대한 공간적 접근성에 대한 국내 연구는 미진한 상황이다. 또한 우리나라에는 단성학교가 존재하여 성별에 따른 접근성 차이가 나타날 수 있으므로 이에 관한 연구도 필요하다. 따라서 본 연구는 E2SFCA 기법을 활용하여 성별에 따른 교육 서비스에 대한 접근성을 분석하고 시각화하였다. 접근성 지수의 계산에는 서울의 228개 고등학교를 공급지로, 서울의 18,848개의 집계구를 수요지로 이용하였고, 보다 엄밀한 수요지 설정을 위하여 대시메트릭 매핑을 통해 집계구 데이터를 수정하여 이용하였다. 또한 네트워크 분석을 통하여 시간거리를 계산하였고 이를 바탕으로 접근성 지수를 산출하였다. 접근성 지수 계산 이후에는 지니계수, Moran's I, Getis-Ord's G_i^*, Lee's L_i를 이용하여 집중도와 군집도를 분석하고, 지도, 히스토그램, 로렌츠곡선, 산포도, 박스 플롯 및 바이올린 플롯을 활용하여 시각화하였다. 연구 결과는 다음과 같다.

첫째, 서울시의 교육 서비스에 대한 접근성 지수는 균등하게 분포되어 있다. 즉, 집중도의 측도인 접근성 지수에 대한 지니계수가 낮게 나타났다. 전역적 군집도의 측도인 Moran's I 값은 높게 나타났으나, 이는 접근성 지수의 특성에 기인한 것으로 판단된다.

둘째, 교육 서비스에 대한 접근성은 성별에 따른 차이보다는 지역 간 차이가 더 유의하게 나타났다. 남성과 여성의 접근성 지수의 차에 대한 Getis-Ord's G_i^*를 통하여, 남성 접근성 지수는 서울 중심부에서, 여성 접근성 지수는 서울 동쪽에서 상대적으로 높게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 두 지수는 강한 양의 상관관계를 보였으며, 남성 접근성

지수와 여성 접근성 지수에 대한 Lee's L_i 값을 5% 유의수준에서 확인하였을 때 두 지수의 차이가 나타나는 지역은 상대적으로 적었고 두 지수가 동시에 높거나 동시에 낮은 지역이 더 넓게 분포하였다. 여성 접근성 지수가 낮은 지역은 서울 중심부에 위치하였고 두 지수가 모두 낮은 지역은 주로 서울시의 가장자리에 위치하였으며, 이에 대한 향후 대책이 필요하다.

셋째, 학교 성별에 따른 접근성 지수를 나타내었을 때, 남고와 여고 접근성 지수는 서울의 중심부에서, 남녀공학의 접근성 지수는 서울의 중심에서 벗어난 주변부에서 높게 나타났다. 이는 역사적 맥락의 영향으로 추정된다.

위와 같은 실증적 연구와 분석을 통하여, 교육 서비스에 대한 공간적 접근성이 낮은 지역을 파악하고 이에 대한 대책이 마련될 수 있을 것이다. 또한 GIS 소프트웨어를 사용하여 접근성 분석을 수행하고 그 과정을 제시한 본 연구는 향후 공간적 접근성 연구가 진행되는 데에 기여할 것으로 기대된다.

주요어 : 교육 형평성, 교육 기회, 성별 차이, 접근성 분석, E2SFCA, 공간 통계
학 번 : 2020-20385

목 차

제 1 장 서론 ····· 1

제 1 절 연구 배경 및 목적 ····· 1

제 2 절 연구 대상 및 절차 ····· 3

1. 연구 대상 및 범위 ····· 3

2. 연구 절차 ····· 5

제 2 장 이론적 배경 및 연구 방법 ····· 7

제 1 절 교육의 형평성 ····· 7

1. 교육에서의 형평성 ····· 7

2. 교육의 공간적 형평성 ····· 10

제 2 절 공간분석 방법 ····· 17

1. 공간적 접근성 ····· 17

2. 집중도와 군집도 ····· 23

제 3 장 교육 서비스의 공간적 접근성 분석 ····· 31

제 1 절 연구 자료 및 접근성 분석 과정 ····· 31

1. 연구 자료 ····· 31

2. 데이터 가공 과정 ····· 32

3. 접근성 분석 과정 ····· 43

제 2 절 교육 서비스의 공간적 접근성 분석 결과 ····· 46

1. 전체 교육 서비스에 대한 접근성 분포 ····· 46

2. 성별에 따른 교육 서비스의 접근성 비교 ····· 52

3. 학교 성별에 따른 접근성 비교 ····· 65

제 4 장 요약 및 결론 ····· 72

참고문헌 ····· 75

부록 ····· 86

Abstract ····· 99

표 목 차

[표 1-1] 학교급별 단성학교 비율 ····· 4
[표 2-1] Cobb(2020)가 제안한 GIS 및 공간 통계 분석 방법과 이를 적용할 수 있는 교육지리학의 연구주제 ····· 11
[표 2-2] 2SFCA 기법과 E2SFCA 기법 비교 ····· 21
[표 3-1] 2019년 서울시 10대가 통근통학시 이용하는 교통수단 33
[표 3-2] 집계구별 전체 접근성 지수의 집중도 및 전역적 군집도 46
[표 3-3] 전체 접근성 지수의 집중도 및 전역적 군집도 ····· 48
[표 3-4] 성별에 따른 집계구별 교육 서비스 접근성 지수의 집중도 및 전역적 군집도 ····· 52
[표 3-5] 성별에 따른 교육 서비스 접근성 지수의 집중도 및 · 전역적 군집도 ····· 56
[표 3-6] 남녀 접근성 지수의 차에 대한 G_i^* 상위 행정동 ····· 59
[표 3-7] 학교 성별에 따른 교육 서비스 접근성 지수의 집중도 및 전역적 군집도 ····· 67
[표 3-8] 교육 서비스 접근성 지수의 집중도와 전역적 군집도 · (종합) ····· 71

그 림 목 차

[그림 1-1] 연구의 흐름도 ····· 6
[그림 2-1] 로렌츠곡선 ····· 24
[그림 2-2] 공간적 자기상관의 예 ····· 26
[그림 2-3] 공간근접성행렬 설정 방법 ····· 28
[그림 3-1] 2019년 집계구별 10-14세 인구밀도 지도(단계구분도) ···· 35
[그림 3-2] 2019년 집계구별 10-14세 인구밀도 지도(대시메트릭 매핑) 35
[그림 3-3] 추가 보정 작업 전 ····· 37
[그림 3-4] 추가 보정 작업 후 ····· 37
[그림 3-5] 서울시 용도지역 구분 지도 ····· 38
[그림 3-6] 서울시 거주가능 지역 지도 ····· 38
[그림 3-7] 서울시 집계구별 중심점(센트로이드) ····· 40
[그림 3-8] 분석에 사용할 최종 수요지 포인트 데이터 ····· 40
[그림 3-9] 서울시 고등학교 성별 위치 ····· 41
[그림 3-10] 분석에 사용할 최종 공급지 포인트 데이터 ····· 42
[그림 3-11] QGIS의 '최단 경로(포인트에서 레이어로)' 기능 사용의 예
(시작점 : 배재고등학교) ····· 44
[그림 3-12] 집계구별 전체 접근성 지수 지도 ····· 47
[그림 3-13] 집계구별 전체 접근성 지수 히스토그램 ····· 47
[그림 3-14] 집계구별 전체 접근성 지수 로렌츠곡선 ····· 47
[그림 3-15] 동별 전체 접근성 지수 지도 ····· 50
[그림 3-16] 동별 전체 접근성 지수 히스토그램 ····· 50
[그림 3-17] 동별 전체 접근성 지수 로렌츠곡선 ····· 50
[그림 3-18] 전체 교육 서비스의 집계구별 접근성 지수의 구별 박스 및
바이올린 플롯 ····· 51
[그림 3-19] 남성 접근성 지수와 여성 접근성 지수 산포도 ····· 53
[그림 3-20] 성별 접근성 지수 박스 플롯 및 바이올린 플롯 ····· 53
[그림 3-21] 집계구별 남성 접근성 지수 지도 ····· 54

[그림 3-22] 집계구별 남성 접근성 지수 히스토그램 ····· 54
[그림 3-23] 집계구별 남성 접근성 지수 로렌츠곡선 ····· 54
[그림 3-24] 집계구별 여성 접근성 지수 지도 ····· 55
[그림 3-25] 집계구별 여성 접근성 지수 히스토그램 ····· 55
[그림 3-26] 집계구별 여성 접근성 지수 로렌츠곡선 ····· 55
[그림 3-27] 동별 남성 접근성 지수 지도 ····· 57
[그림 3-28] 동별 남성 접근성 지수 히스토그램 ····· 57
[그림 3-29] 동별 남성 접근성 지수 로렌츠곡선 ····· 57
[그림 3-30] 동별 여성 접근성 지수 지도 ····· 58
[그림 3-31] 동별 여성 접근성 지수 히스토그램 ····· 58
[그림 3-32] 동별 여성 접근성 지수 로렌츠곡선 ····· 58
[그림 3-33] 집계구별 남녀 접근성 지수의 차 지도 ····· 60
[그림 3-34] 집계구별 남녀 접근성 지수의 차에 대한 G_i^* 지도 60
[그림 3-35] 동별 남녀 접근성 지수의 차 지도 ····· 61
[그림 3-36] 동별 남녀 접근성 지수의 차에 대한 G_i^* 지도 ····· 61
[그림 3-37] 집계구별 남녀 접근성 지수에 대한 L_i 지도 ····· 63
[그림 3-38] 집계구별 남녀 접근성 지수에 대한 L_i 지도(5% 유의수준) ····· 63
[그림 3-39] 동별 남녀 접근성 지수에 대한 L_i 지도 ····· 64
[그림 3-40] 동별 남녀 접근성 지수에 대한 L_i 지도(5% 유의수준) · 64
[그림 3-41] 남고 접근성 지수와 여고 접근성 지수 산포도 ····· 66
[그림 3-42] 학교 성별 접근성 지수 박스 플롯 및 바이올린 플롯 67
[그림 3-43] 공학 접근성 지수 지도 ····· 68
[그림 3-44] 공학 접근성 지수 히스토그램 ····· 68
[그림 3-45] 공학 접근성 지수 로렌츠곡선 ····· 68
[그림 3-46] 남고 접근성 지수 지도 ····· 69
[그림 3-47] 남고 접근성 지수 히스토그램 ····· 69
[그림 3-48] 남고 접근성 지수 로렌츠곡선 ····· 69
[그림 3-49] 여고 접근성 지수 지도 ····· 70

[그림 3-50] 여고 접근성 지수 히스토그램 ····· 70
[그림 3-51] 여고 접근성 지수 로렌츠곡선 ····· 70

제 1 장 서론

제 1 절 연구 배경 및 목적

교육은 우리나라에서 매우 중요한 이슈 중 하나이다. 전통적인 한국 사회에서 교육은 사회계층을 이동할 수 있는 수단으로 여겨졌고, IMF 경제위기 이후 사회·경제적 양극화가 심화되면서 교육 불평등에 대한 관심이 증가하였다(최은영, 2007). 교육 불평등은 교육형평성 관점에서 바라볼 수 있는데, 교육형평성은 다시 교육 기회(access to education), 교육 과정(education process), 교육 결과(education outcome)의 형평성으로 나눌 수 있다(서현, 2018). 교육 기회와 교육 과정과 같은 교육 환경의 형평성은 교육 결과라는 교육 성취의 형평성의 전제가 된다(구형모, 2020). 즉, 교육 환경의 평등이 바탕이 되어야 교육 성취의 평등이 실현될 수 있는 것이다. 따라서 교육 성취의 평등에 앞서 교육 환경 측면에서의 평등이 선행되어야 하고, 이를 위해 교육 기회가 얼마나 평등한지 파악할 필요가 있다. 이러한 교육 기회의 형평성 문제는 학교나 학원 등의 교육시설이 얼마나 평등하게 또는 차별적으로 위치하여 접근할 수 있는가라는 교육 서비스의 공간적 접근성(spatial accessibility) 차원에서 바라볼 수 있다(이동민, 2012).

지리정보시스템(Geographic Imformation System, 이하 GIS) 소프트웨어와 각종 통계 분석 프로그램이 발달하면서 공간분석 기법은 고도화 및 다양화되고 있고, Cobb(2020)는 이에 따라 GIS 및 공간 통계 분석 방법과 이를 적용할 수 있는 교육지리학의 연구주제를 제안하였는데, 이 중 하나가 공간적 접근성 지수(spatial accessibility index)를 이용한 교육 기회의 분석이다. 하지만 국내에서 GIS를 활용한 교육 서비스의 공간적 접근성에 관한 연구는 활발하지 않다(이도훈 등, 2015, 김솔희 등, 2017; 김솔희 등, 2020). 공간적 접근성을 분석하는 방식에는 누적 기회 모형

(cumulative opportunity), 포텐셜(중력) 모형(potential accessibility), 효용 기반 모형(utility based accessibility), 네트워크 위상 모형(network topological measure), 시공간 제약 모형(space-time constrained accessibility) 등이 있는데(이건학, 2008), 2SFCA(two-step floating catchment area) 분석은 누적 기회 모형을 개선한 분석법이다(조대헌 등, 2010). 국내에서는 교육 서비스의 공간적 접근성을 2SFCA 기법을 활용하여 분석한 바 없으며, 본 연구는 2SFCA 분석이 발전된 기법인 E2SFCA(enhanced two-step floating catchment area) 분석법을 활용하여 접근성 분석을 수행하였다.

아시아 문화권에는 다른 문화권과 달리 단성(單性, single sex)학교가 존재한다. 단성학교란 남녀공학 학교와는 다르게, 다른 성별의 학생이 같은 학교에 다니지 못하고 남학생 혹은 여학생만 다니는 학교를 의미한다. 공공데이터포털에서 제공하는 '교육부 정보공시 초중등학교 기본정보'에 따르면 2019년 우리나라의 단성학교 비율은 약 12.8%이고, 학교급이 올라감에 따라 단성학교의 비율이 증가하여, 고등학교에서의 단성학교 비율은 약 34.6%이다[1]. 특정한 공간에 위치하는 공간적 객체의 특성상, 각 객체의 위치에 따라 접근성의 차이가 나타나게 되고, 단성학교가 서로 다른 곳에 위치함에 따라 학교에 대한 접근성은 성별 차이에 의해 다르게 나타난다. 이는 교육 서비스의 공간적 접근성이 성별에 따라 다르게 나타나고, 교육 서비스의 공간적 형평성에서의 성별 차이가 나타날 수 있음을 의미한다.

따라서 본 연구의 목적은 교육 서비스의 공간적 형평성에서의 남녀 차이가 존재하는지 밝히는 것이다. 이를 위하여 공간적 접근성 분석인 E2SFCA 기법을 이용하여 서울특별시의 고등학교로 대변되는 교육 서비스에 대한 공간적 접근성 지수와 더불어 남성과 여성 각각의 교육 서비스에 대한 공간적 접근성 지수를 산출하고 지도화하였으며, 이에 대한 집중도와 군집도를 여러 공간 통계량을 이용하여 나타내고 다양한 방식으로 시각화하여 탐색하였다.

---

1) 특수학교, 고등공민학교, 방송통신중학교, 방송통신고등학교를 제외한 수치이다.

제 2 절 연구 대상 및 절차

1. 연구 대상 및 범위

본 연구에서는 서울특별시 고등학교를 사례로 분석을 진행하였다. 성별에 따른 차이를 연구하기 위해서는 단성학교의 비율이 높은 학교급을 대상으로 하여야 효과적인데, 공공데이터포털에서 제공하는 '교육부 정보공시 초중등학교 기본정보'에 따르면 고등학교급에서 단성학교 비율이 가장 높아, 고등학교를 연구 대상으로 선정하였다. 서울특별시교육청(2020)에 따르면, 고등학교 진학은 서울특별시 거주자라면 서울특별시 내부에서만 가능하다. 다른 광역자치단체도 이와 같은 규정을 적용하기 때문에, 시도의 경계를 넘어서 고등학교를 진학하는 것은 불가능하다. 따라서 연구의 범위를 서울특별시로 한정하면, 서울특별시 내부의 고등학교만을 대상으로 공간적 접근성 분석이 가능하다.

서울특별시는 국내 다른 지역과 비교했을 때 교육격차가 크고, 그 내부에서도 지역 간 차이가 크기 때문에 서울특별시를 대상으로 하는 연구가 필요하다(정재훈·김경민, 2014; 김수혜, 2020). 또한 서울특별시교육청에서 제공하는 '서울시 학교별 현황 정보'(2019.04. 기준)에 따르면, 서울에는 320개의 고등학교가 있고, 이 중 남녀공학은 161개교, 남자고등학교는 74개교, 여자고등학교는 85개교로, 단성학교의 비율은 약 49.7%이며, 이는 전국 비율 34.6%보다 높아 더 유의미한 결과가 나올 수 있다. 그리고 서울특별시의 고등학교에는 다양한 유형이 있는데, 이 중 일반고(190개교)와 자율형 공립고(18개교), 자율형 사립고(20개교)[2]를 분석대상으로 하고, 특수목적고등학교와 특성화고등학교는 제외하고 분석하고자 한다. 특수목적고등학교와 특성화고[3]는 학생이 지원해서 진학하는 학교이고,

---

2) 자율형 사립고 21개교 중 하나고등학교는 제외하였다. 하나고등학교의 경우 2019년 기준 기숙사 이용률이 99.8%로, 개별 수요지로부터 공간적 접근성이 무의미하기 때문이다.

3) 서울과학고등학교, 과학계열의 고등학교(세종과학고, 한성과학고), 예술계열의 고등학교(국립국악고, 국립전통예술고, 덕원예술고, 서울공연예술고, 서울예술고, 선화예술고),

특수목적고등학교의 경우 셔틀버스와 기숙사를 운영하여 공간적 접근성을 극복하고 있으며, 특성화고등학교의 경우 산업현장에 필요한 인재 양성을 목적으로 하는 학교로 일반적인 고등학교와는 결이 다르기 때문이다. 분석대상인 228개교의 단성학교 비율은 56.6%이고, 세부 내용은 표 1-1과 같다.

표 1-1. 학교급별 단성학교 비율

(단위: 개)

학교급	전체	남녀공학	남학교	여학교	단성학교	단성학교 비
전체[4]	12101	10550	788	763	1551	12.8%
초등학교	6266	6265	1	0	1	0.01%
중학교	3260	2539	382	339	721	22.1%
고등학교	2397	1568	405	424	829	34.6%
고등학교 (서울)	320	161	74	85	159	49.7%
분석대상	228	99	70	59	129	56.6%

자료 : 교육부 통합제공 정보공시 초중등학교 기본정보, 서울시 학교별 현황 정보

본 연구의 공간 단위는 집계구로 선정하였다. 집계구는 통계자료를 집계하기 위한 구역으로 인구 500명 정도의 규모이며, 크기는 읍면동의 1/25 정도이다[5]. 2019년 서울특별시의 집계구는 총 18,848개로 이는 행정동(425개)보다 더 작은 공간 단위이기 때문에, 공간해상도가 높아 이를 사용하면 더 자세한 분석을 할 수 있다. 통계지리정보서비스(SGIS)에서는 집계구 단위의 공간데이터를 제공하고 있다.

체육계열의 고등학교(서울체육고등학교), 서울미술고등학교, 마이스터고(미림여자정보과학고, 서울도시과학기술고, 서울로봇고, 수도전기공업고), 특성화고등학교(70개교, 특성화고 입학 홈페이지 하이잡 참조), 외국어·국제계열 특수목적고등학교(서울국제고, 대원외국어고, 대일외국어고, 명덕외국어고, 서울외국어고, 이화여자외국어고, 한영외국어고)가 있다.

4) 특수학교, 고등공민학교, 방송통신중학교, 방송통신고등학교를 제외한 수치이다.

5) https://sgis.kostat.go.kr/view/board/expAndNoticeStatsWord (2021년 10월 29일 검색)

2. 연구 절차

본 연구는 GIS 프로그램 및 공간 통계의 발달에 따라 이를 활용하여 성별에 따른 교육 서비스의 공간적 접근성을 분석하고자 하였다. 연구 구성은 크게 4개 부분으로 구분할 수 있다.

첫째, 교육의 형평성에 대한 논의를 살펴보았다. 즉, 교육에서 형평성이란 무엇인지 선행연구를 바탕으로 정리하여 교육 기회의 형평성의 중요성과 연구 필요성을 나타내고, 지리적 관점에서 교육의 공간적 형평성을 다룬 선행연구를 정리하였다. 특히 교육 서비스의 공간적 접근성을 분석한 선행연구를 비판적으로 검토한 후, 본 연구의 필요성에 대해 제시하였다.

둘째, 연구에 사용될 공간분석 방법에 대해 정리하였다. 다시 말해, 공간적 접근성 분석에 대해 살펴본 뒤, 본 연구의 주요 분석 방법인 E2SFCA 기법에 대해 정리하고, 분석 결과를 재가공할 공간분석의 측도로서 집중도와 군집도를 나타내는 로렌츠곡선(Lorenz curve)과 지니계수(Gini's coefficient), Moran's I, Getis-Ord's G_i^*, Lee's L_i에 대해 정리하였다.

셋째, 분석 과정에 대해 살펴보았다. 즉, GIS 상에서 도로 네트워크 데이터, 수요지 데이터, 공급지 데이터를 가공하는 방법을 각각 제시하고, E2SFCA 기법을 이용하여 서울특별시 고등학교로의 공간적 접근성에 대해 분석하는 과정을 설명하였다. 여기서 수요지 데이터를 가공할 때 대시메트릭 매핑(dasymetric mapping)을 사용하여 단순히 주어진 집계구 데이터를 사용한 것보다 엄밀히 분석하였다.

넷째, 접근성 분석 결과를 정리하고 해석하였다. 다시 말해, 앞의 과정을 통해 산출한 교육 서비스에 대한 공간적 접근성 지수를 전체를 대상으로, 성별에 따라, 학교 성별에 따라 나타내고 지니계수, Moran's I, Getis-Ord's G_i^*, Lee's L_i을 이용하여 집중도와 군집도를 분석한 뒤, 지도, 히스토그램, 로렌츠곡선, 산포도(scatter plot), 박스 플롯(box plot) 및 바이올린 플롯(violin plot)을 활용하여 시각화하였다.

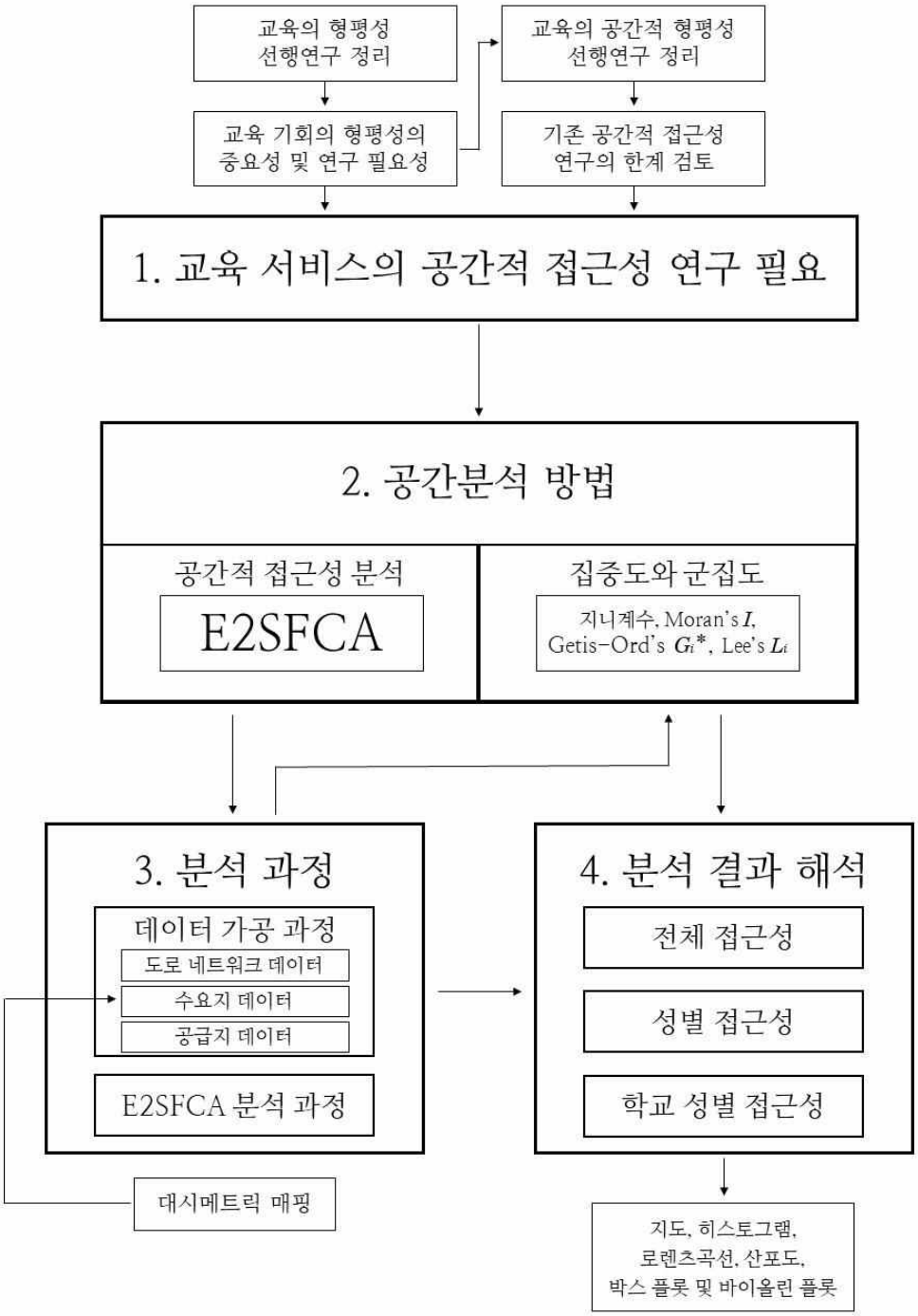

교육의 형평성
선행연구 정리
교육의 공간적 형평성
선행연구 정리
교육 기회의 형평성의
중요성 및 연구 필요성
기존 공간적 접근성
연구의 한계 검토
1. 교육 서비스의 공간적 접근성 연구 필요
2. 공간분석 방법
공간적 접근성 분석
E2SFCA
집중도와 군집도
지니계수, Moran's I,
Getis-Ord's Gi*, Lee's Li
3. 분석 과정
데이터 가공 과정
도로 네트워크 데이터
수요지 데이터
공급지 데이터
E2SFCA 분석 과정
대시메트릭 매핑
4. 분석 결과 해석
전체 접근성
성별 접근성
학교 성별 접근성
지도, 히스토그램,
로렌츠곡선, 산포도,
박스 플롯 및 바이올린 플롯

그림 1-1. 연구의 흐름도

제 2 장 이론적 배경 및 연구 방법

제 1 절 교육의 형평성

1. 교육에서의 형평성

국립국어원의 표준국어대사전에 따르면, ‘형평성(equity)’이란 “형평을 이루는 성질”이고[6], 여기서 ‘형평’이란 “균형이 맞음. 또는 그런 상태”이다[7]. 그러나 형평성은 불평등의 문제와 관련하여 과거부터 “철학”, “법학, 정치학, 사회학, 경제학, 행정학 등 제 학문 분야에서 다루어졌고”, “평등, 균등, 정의, 형평, 공평, 공정 등 여러 유사개념들이 존재”하며 “다양한 의미로 사용될 수 있기 때문에”, 간단하게 정의하기 어렵다(조대헌, 2004). 여기서 형평과 평등은 특히 혼동되는데, 이 둘을 구분하면, “평등은 동등한 나눔(equal shares)을”, “형평성은 공정한 나눔(fair shares)을” 의미하는 것으로(Jones *et al.*, 1978; 김헌진, 2012 재인용), 형평성은 “정의(justice), 평등(equality), 인간성(humanity), 도덕성(morality), 그리고 권리(right) 등 질적 속성”을 내포하고 있다고 볼 수 있다(Alexander, 1982; 반상진, 2005 재인용). 다시 말해, 형평성은 일반적으로 평등이 의미하는 “절대적(absolute)·수치적(nemerical)·기계적·획일적 평등”이 아닌, 여러 상황을 감안하여, 같은 속성을 지닌 집단은 같게 대하고 다른 속성을 지닌 집단은 다르게 대하는, “비례적(proportional)·상대적(relative) 평등”의 개념으로, “불평등한 대우에 대한 정당화의 논리까지 포함”하고 있다(조대헌, 2004). 비슷한 맥락에서, 행정학에서의 형평성은 사회적 형

---

6) https://stdict.korean.go.kr/search/searchView.do?word_no=372219&searchKeywordTo=3 (2021년 10월 28일 검색)

7) https://stdict.korean.go.kr/search/searchView.do?word_no=375168&searchKeywordTo=3 (2021년 10월 28일 검색)

평성(social equity) 개념으로 등장하였는데, 이것의 기본 이념은 “합당한 평등”과 “합당한 불평등”을 바탕으로, 모든 사람에게 합당한 대우를 제공하는 것이다(서현, 2018). 즉, 사회적 형평성에는 수평적 형평성(horizontal equity)과 수직적 형평성(vertical equity)이 있는데, 수평적 형평성은 합당한 평등으로서 “동일한 집단에게 동일한 처우(equal treatment of equals)”를, 수직적 형평성은 합당한 불평등으로서 “다른 조건에 있는 집단에게는 다른 처우(unequal treatment of unequals)를 해야 함”을 의미한다(Berne and Stiefel, 1994; 정동욱 등, 2011).

교육에서의 형평성은 행정학적 관점과 교육사회학적 관점으로 바라볼 수 있다. 다시 말해, 공공서비스로서의 교육 시설의 형평성과 교육형평성으로 나누어볼 수 있다.

먼저, “공공서비스는 시민의 복리 증진을 위해 정부 및 공공기관에서 제공하는 재화와 서비스”를 의미하며 모든 사람의 삶의 질과 안전을 공정하게 보장하는 서비스를 의미한다(안영웅 등, 2020). “행정학계에서는 1967년 미국에서의 미노우브룩 회의(Minnowbrook conference)를 기점으로, 능률성·경제성·효율성·효과성을 주요 행정가치로 받아들였던 이제까지의 행정적 사조를 비판하면서 사회적 형평성(social equity)에 관심을 두기 시작”하였다(Marini, 1971; 최현묵, 2014 재인용). 이에 따라 공교육 서비스는 공공서비스로서, 경제적 효율성 차원뿐 아니라 사회적 형평성 차원에서도 고려되어야 한다. 특히 공공서비스로서의 공교육 시설은 서비스의 “범위가 상대적으로 좁아 개인의 편익을 위해 제공되는 가치재에 속하고”, “타인에 대한 배제가 가능하고 개인적으로 이용하는 사유재”의 특성을 가지며, “개인의 신체적·지적·심리적 잠재력 향상을 목적으로 하는 발전적 서비스”이기 때문에, 서비스 “이용자의 편리성을 고려한 사회적 형평성이 중요”하게 여겨져야 한다(우종현, 2002). 또한 공공서비스는 보장형 공공서비스와 선택적 공공서비스로 구분할 수 있는데, 공교육 서비스는 보장형 공공서비스에 속하고, 이러한 “보장형 공공서비스는 수평적 형평성에 해당하는 서비스”로서 “모든 서비스 대상자”가 “사회적·경

제적 지위를 떠나 균등"하게 서비스를 누릴 수 있도록 제공되어야 한다(안영웅 등, 2020).

국립국어원에 따르면, '교육형평성'이란 "교육에서 균형을 이루는 성질"로, "모든 사람이 성별, 인종, 계급, 거주 지역과 관계없이 사회에서 원하는 지위를 획득할 수 있는 기회를 주려는 평등주의 교육의 기초"이다[8]. 이는 우리나라의 교육기본법 제4조(교육의 기회균등 등) 1항 "모든 국민은 성별, 종교, 신념, 인종, 사회적 신분, 경제적 지위 또는 신체적 조건 등을 이유로 교육에서 차별을 받지 아니한다."에 잘 명시되어있다. OECD는 교육형평성이 공정성과 포용의 의미를 포함한다고 하였는데, 여기서 공정성이란 "제도교육의 맥락에서 개인의 의지, 능력, 노력 이외의 요인에 의해 교육의 기회, 과정, 결과차원에서 방해받지 않을 원리"이고, 포용이란 "개인이 사회적으로 합의할 수 있는 일정 수준의 기준을 설정하여 누구라도 이 기준에 도달할 수 있도록 공적으로 지원함으로써 사회적으로 배제되지 않도록 하는 것"이다(류방란·김경애, 2011). 덧붙여서, 서현(2018)은 교육형평성의 개념을 '교육 기회', '교육 과정', '교육 결과'라는 3가지 영역으로 구분하였는데, 여기서 '교육 기회'의 형평성은 헌법에 명시된 평등권에 근거하여 성별·인종·종교 등에 의한 차별 없이 교육 기회의 균등한 제공을 의미"한다. 교육 기회의 형평성은 교육 과정과 교육 결과의 형평성을 위한 전제조건이 된다(이동민, 2012). 즉, 출발선에서부터 공정하지 않은 조건이라면 그 과정이나 결과에서의 형평성은 지켜지기 더 어려울 것이고, 교육 기회의 형평성은 다른 교육형평성의 선행조건이며 선결되어야 할 문제라고 할 수 있다. 현재 우리나라의 제도적 차원에서는 교육 기회의 형평성이 보장되지만[9], 학생의 거주공간으로부터 학교까지의 실질적인 공간적 접근성 측면에서 교육 기회의 형평성

---

8) https://opendict.korean.go.kr/dictionary/view?sense_no=980784&viewType=confirm (2021년 10월 28일 검색)

9) 대한민국 헌법 제31조 1항 "모든 국민은 능력에 따라 균등하게 교육을 받을 권리를 가진다.", 교육기본법 제4조(교육의 기회균등 등) 1항 "모든 국민은 성별, 종교, 신념, 인종, 사회적 신분, 경제적 지위 또는 신체적 조건 등을 이유로 교육에서 차별을 받지 아니한다."

은 다른 차원의 문제이다.

교육 기회의 형평성 문제는 학교나 학원 등 교육 시설에 접근하고 해당 시설에서 제공되는 교육 서비스를 이용할 기회가 얼마나 공정하게 주어지는지의 문제로 바라볼 수 있다(이동민, 2012). 교육 서비스를 제공하는 시설은 특정 지점에 위치하게 되고, 교육 서비스의 수요자는 서비스를 이용하기 위하여 그것의 공급지인 교육 시설로 이동해야만 한다. 따라서 교육 기회의 형평성 측면에서 교육 시설의 입지는 중요하고, 이러한 교육의 공간적 형평성은 지리적 관점인 공간적 접근성 측면에서 분석할 수 있다.

2. 교육의 공간적 형평성

교육지리학은 다양한 교육 현상에 대한 지리적 분석 및 통찰로 볼 수 있다(Hones and Ryba, 1972). “교육지리학의 연구주제는 교육시스템의 공간적 조직, 교육 성과의 공간적 불일치와 그 원인에 대한 연구, 학교 분리와 학생 이동에 대한 연구, 학교와 지역사회의 관계”, “국제교육” 등 매우 다양한데(이소영, 2020), 이러한 교육지리학에 대한 학문적 관심은 GIS 프로그램 및 공간 통계의 발달과 함께 더욱 증가하였다(Taylor, 2009). 이와 관련하여 Cobb(2020)는 교육지리학에서 유용하게 사용할 수 있는 GIS 및 공간 통계 분석 방법과 이를 적용할 수 있는 연구주제 표 2-1과 같이 제안하였다. 교육지리학은 앞에서 언급한 바와 같이 다양한 주제를 연구할 수 있지만, 이것의 전통적인 핵심 개념은 ‘지역적 격차’이다(이소영, 2020). 교육 시설은 특정 지점에 위치하고 인구는 사회·경제적 지위 등 여러 요인에 따라 차별적으로 분포하기 때문에, 교육의 공급은 재정(financing)적, 질(quality)적 차원에서 균등하지 않게 나타나고 교육 기회와 교육 결과 차원에서도 공간적 차이가 나타난다(Butler and Hamnett, 2007). 따라서 교육지리학에서는 이러한 교육의 공간적 격차를 공간적 형평성 차원에서 주요하게 다루고 있다.

표 2-1. Cobb(2020)가 제안한 GIS 및 공간 통계 분석 방법과 이를 적용할 수 있는 교육지리학의 연구주제

분석 방법 및 개념	연구주제
Average nearest neighbor analysis (최근린 분석)	Access to education (교육 기회)
GIS compactness measures (GIS 압축 분석)	Location study (입지 연구)
Kernel density estimates (커널 밀도 분석)	Local education market (지역 교육 시장)
Spatial regression techniques (공간 회귀 분석)	Catchment areas (통학 가능 거리)
Kriging(크리깅)	Gerrymandering(게리맨더링)
Spatial lag regression model (공간 지체 회귀 분석)	School choice and segregation (학교 선택과 분리)
Geographically weighted regression (지리 가중 회귀분석, GWR)	Other resources bearing upon education (기타 교육 관련 주제)
Spatiotemporal analysis (시공간 분석)	
Spatial accessibility index (공간적 접근성 지수)	

자료: Cobb, 2020, 재구성

교육지리학 관점에서, 교육의 공간적 형평성에 관한 국내 연구는 크게 교육 성취와 교육 환경 차원으로 나누어볼 수 있다. 다시 말해, 교육 결과의 측면과 교육 기회 및 교육 과정 측면에서 바라볼 수 있다.

1) 교육 성취

교육 성취에 관한 선행연구는 그 성취를 무엇으로 측정했는가로 구분할 수 있는데, 대학수학능력시험이나 학업성취도 평가 등 '국가 수준의 시험 성적'을 이용한 연구와 대학교나 특수목적고등학교 '진학률'을 이용한 연구로 나누어볼 수 있다.

우선, 국가 수준의 시험 성적을 이용한 연구로는 성기선(2004), 주경

식·정효선(2012) 등이 있는데, 성기선(2004)은 8학군[10]의 효과를 검증하기 위하여 서울특별시 내 고등학교 학생의 대학수학능력시험 모의고사 1학년 성적과 3학년 성적을 변수로, 학군을 더미 변인으로 적용하여 회귀분석을 하였다. 주경식·정효선(2012)은 구·신시가지의 거주 여부와 교육성취의 관련성을 연구하였는데, 성남의 구·신시가지별 동을 단위로 전국연합학력평가 성취도와 부모의 직업, 학력 등 사회·경제적 특성의 공간적 관련성을 분석하였다. 한편 김지우·이건학(2019)은 교육 성취에 영향을 줄 수 있는 지역적 특성 요인을 지리 가중 회귀분석(GWR)을 사용하여 연구하였다. 이 연구는 학업성취도 평가 성적에 영향을 줄 수 있는 지역적 특성 요인의 공간적 이질성을 서울특별시의 중학교와 고등학교를 단위로 미시적으로 분석하였다.

다음으로, 권상철(2010)과 김성숙 등(2011)은 지역의 규모를 변인으로 하여 공간적 차이의 국가 수준 시험의 성적에 대한 영향을 파악하고자 하였다. 권상철(2010)은 학생의 성적에 미치는 개인적 속성, 교육 환경, 개인적 속성-교육 환경 간 상호작용의 영향을 회귀분석의 확장 방법을 이용하여 다차원 분석하였다. 김성숙 등(2011)은 지역 간 학력 차이를 유발하는 학교의 주요 특성을 비교 연구하였는데, 2009년 학업성취도 평가 결과를 바탕으로 지역 수준에서 상위 10%와 하위 10%에 해당하는 지역교육청을 군집화하고, 설문을 통해 학교 특성 변인을 지수화하여 그 차이를 분석하였다.

덧붙여서, 박찬석·주경식(2011)과 정재훈·김경민(2014)은 교육 성취의 시·공간적 특성을 분석하였는데, 박찬석·주경식(2011)은 경기도 시군을 사례로 1995년부터 2010년까지 5년 간격으로 4번의 대학수학능력시험의 성적 분포와 그것의 시계열적 변화를 연구하였다. 정재훈·김경민(2014)은 서울특별시를 사례로 교육 성취의 공간적 분포와 시간에 따른 변화를 연구하였는데, 그는 2000학년도, 2005학년도, 2009학년도 3개년 대학수학능력시험 자료를 이용하여, 서울특별시의 학교별, 구별로 교육 성취의 분포 특징과 변화를 분석하였다.

---

10) 서울특별시의 고등학교 학군제도에서 강남에 강남구와 서초구에 해당하는 학군이다.

진학률을 이용한 연구로는 손준종(2004), 류주현(2006) 등이 있는데, 손준종(2004)은 서울특별시의 학군과 구를 단위로 교육, 경제, 인구, 사회의 주요 통계 지표의 상관관계 분석하였다. 류주현(2006)은 서울특별시와 버밍엄을 사례로 주거지 불평등과 교육 성취도의 상관관계를 연구하였다. 윤형호·강민정(2008)은 서울특별시의 자치구별 상위권 대학교 진학률 차이에 대한 거주지 효과를 요인 분석을 통해 연구하였다. 이화정 등(2013)은 대학진학률을 이용한 앞선 연구와 달리, 특수목적고등학교 진학률을 이용하여 서울특별시의 중학교와 중학구 수준에서 학교 선택과 인구 이동의 상관관계를 분석하였다.

국가 수준의 시험 성적과 진학률을 모두 이용한 연구도 진행되었는데, 최은영(2004)은 서울특별시의 구와 동을 단위로 대학수학능력시험 성적과 서울 소재 4년제 대학 및 명문대 진학률을 가지고 공간의 학력 재생산을 연구하였다. 추경모(2012)는 전국 시군구를 단위로 중학교 수준에서 교육의 지역 차를 3개의 변수로 구분하고 표준화하여 비교 분석하였다. 하영주·이원호(2013)은 서울특별시의 구별 교육 환경, 교육 성취, 사회·경제적 지표를 비교 분석하였다.

2) 교육 환경

교육 환경에 대한 선행연구는 다시 교육에 대한 접근성 측면과 교육의 질적 측면으로 나누어볼 수 있다. 다시 말해, 교육 기회와 교육 과정으로 구분할 수 있는데 교육 과정보다는 교육 기회와 관련한 연구가 이루어졌다.

우선, 지리적 관점에서 교육 과정의 질에 관한 연구로는 김근영(2001)의 인구교외화가 교육의 질에 미치는 영향에 대한 연구가 있는데, 해당 논문은 1986년부터 1999년까지 서울특별시의 인구 및 초등학교 교육 과정 관련 지표의 거시적인 변화 경향을 분석하였다. 또한 학교 교육 과정의 교육 환경에 대한 지역적 차이를 다룬 연구로 최은영(2007)과 이동민(2012)이 있는데, 최은영(2007)은 서울특별시 강남구와 광진구, 충청북도 청주시와 보은군의 초등학교의 학교 시설, 교사 및 지원 인력, 또래집단

등의 차이를 분석하였다. 이동민(2012)은 서울특별시의 구별 학교 원어민 보조교사에 대한 접근성을 연구하였는데, 해당 연구는 원어민 보조교사 1인당 학생 수를 학교급별로 등급을 부여한 뒤 위계적 군집분석 기법을 통해 분석하였다.

교육 기회와 관련한 연구로는 먼저 교육 시설의 분포에 관한 연구가 있는데, 서태열(1987)은 서울특별시의 고등학교 분포를, 우종현(2002)는 대구광역시의 고등학교 분포를 분석하였다. 이를 통해 학군 설정과 미래의 교육 시설의 입지와 관련한 대안적 정책을 제시하였다. 공교육 시설의 분포에 관한 두 연구와 달리, 주경식·김경숙(2004)은 사교육 시설의 공간적 분포 패턴에 관한 연구를 진행하였다. 이들은 1970년대부터 2000년대 초반까지 서울특별시의 구별·동별 입시·보습 학원의 성장 과정을 정리하고, 그 공간적 분포 패턴의 변화를 분석하였다. 이후 구형모(2020)는 전국 시군구를 단위로 2015년부터 2019년까지 5개년의 자료를 분석하여 공교육 및 사교육 환경의 공간불평등 정도와 그 분포의 시·공간적 변화를 탐색하였다. 덧붙여서, 류주현(2014)은 특수교육 대상 학생의 학교 선택 및 통학 여건을 분석하였다.

다음으로, 교육 시설에 대한 접근성에 관한 연구가 있는데, 최은영(2007)은 서울특별시 강남구와 광진구, 충청북도 청주시와 보은군의 초등학교 도보 통학로 및 버스 통학을 분석하였다. 여기서 도시 지역의 통학로 분석은 통학 거리, 큰길을 횡단하는지의 여부 및 횟수나 인도와 차도의 분리 여부 등의 보도 여건을 직선거리와 직접 관찰한 내용을 바탕으로 진행하였고, 촌락 지역의 통학로 분석은 통학버스의 노선과 운행거리를 통해 진행하였다. 이 연구는 현장 조사를 통한 분석으로 현실성을 반영하였지만, 분석 과정에서 GIS를 사용하지 않았고 지도화한 자료는 유클리드 직선거리만을 표현하고 있다는 한계가 있다.

그 후 이도훈 등(2015)은 분당 신도시와 은평 뉴타운의 교육 시설에 대한 보행 접근성을 분석하였다. 상술하면, 국토지리정보원에서 제공하는 수치지형도와 위성사진을 활용하여 두 지역의 공간 정보 모델을 구축하

였고, ArcGIS의 Network Analyst를 이용하여 주거동 안의 건축물에서부터 초등학교까지의 최단 경로를 탐색하였다. 그리고 보행 경로 선택 영향 요인에 가중치를 부여하여 보행 경로 선택 모형을 구축하고 보다 현실적인 보행 접근성을 분석하였다. 또한 분석 이후 현장 조사를 통해 해당 연구의 결과를 검증하고자 하였다. 해당 연구는 직선거리가 아닌 실제도로를 기반으로 분석하였으며, 보행 경로 선택 영향 요인을 이용하여 보다 현실적인 접근성 분석을 하였고, 현장 조사를 통해 이를 확인하였다는 의의가 있지만, 연구 대상이 초등학교로 한정되어 물리적 접근성만을 물리적 거리를 이용하여 파악하였고, 접근성에 수요나 공급의 규모를 반영하지 못했다는 아쉬움이 있다.

김솔희 등(2017)은 농촌지역에서 초·중등 교육 시설에 대한 접근성 및 영향 요인을 연구하였는데, 평창군 행정리 수준의 마을을 공간 단위로, 초등학교, 중학교, 고등학교에 대한 물리적 접근성, 잠재적 접근성, 추정 학생수를 고려한 학교별 접근성을 분석하였다. 여기서 물리적 접근성은 교육 시설과 마을회관까지의 거리를 ㈜다음의 지도 서비스를 기반으로 제공되는 Open API(Open Application Programming Interface)를 이용하여 산출하였고, 잠재적 접근성은 각 학교 학생의 평균 통학 거리를 사용하였다. 그리고 추정 학생수를 고려한 학교별 접근성에서, 추정 학생수는 학교의 총 학생수를 마을별 인구 규모에 따라 할당하였고, 학교별 접근성은 마을별로 최단 거리를 기준으로 선정된 학교까지의 거리와 추정 학생수를 곱한 뒤 이를 합산하고 다시 학교의 총 학생수로 나누어 계산하였다. 이 연구는 직선거리가 아닌 실제도로를 기반으로 Open API를 활용하여 거리를 분석하였고, 초·중·고등학교를 연구 대상으로 하였다는 의의가 있다. 하지만 연구에서 중·고등학교의 통학권 평가에 이용한 지표(최대 3000m)는 도보거리가 기준이기 때문에(교육부, 2017), 통학 시 버스를 주로 이용하는 농촌지역의 연구에 이용한 물리적 거리 및 기준으로서는 적합하지 않았고, 추정 학생수를 단순히 마을의 인구 규모로 할당하였다는 한계가 있다.

이후 김솔희 등(2020)은 폐교로 인한 통학 접근성의 변화 분석 및 도

농 간 교육형평성을 비교 연구하였는데, 강원도의 법정리와 행정동을 단위로, 2000년과 2019년의 단위별 교육시설까지의 물리적 접근성을 파악하고 비교하였다. 즉, 국토교통부의 지능형교통체계관리시스템(Intelligent Transport Systems, ITS)에서 제공하는 표준노드링크 도로망과 국토지리정보원에서 제공하는 수치지형도를 이용하여 도로망도를 구축하고, ArcGIS의 Network Analysis를 사용하여 마을회관으로부터 각 초등학교 및 폐교까지의 거리를 계산한 후, 2000년과 2019년 사이에 폐교된 상황을 반영하여 물리적 거리 변화를 분석하였다. 해당 연구는 직선거리가 아닌 실제도로를 기반으로 분석을 진행하였고, 시간에 따른 도농의 교육시설에 대한 접근성의 변화를 분석하였다는 점에서 의의가 있으나, 연구대상이 초등학교로 한정되어 물리적 거리를 이용하여 접근성을 파악하였고, 접근성에 수요나 공급의 규모를 반영하지 못했다는 아쉬움이 있다.

선행연구를 정리한 결과, 교육 결과에 관련한 연구가 교육 기회 및 과정에 관련한 연구보다 더 많이 이루어졌고, 교육 기회에 관한 연구 중에서도 교육 시설에 대한 접근성을 분석한 연구는 매우 적었다. 또한 교육시설에 대한 접근성을 분석한 연구는 시간거리가 아닌 물리적 거리를 계산하였으며, 김솔희 등(2017)을 제외하고는 모두 초등학교만을 대상으로 분석을 진행하였다는 한계가 있다(최은영, 2007; 이도훈 등, 2015; 김솔희 등, 2017; 김솔희 등, 2020). 또한 이도훈 등(2015)을 제외하고는 연구의 공간 단위가 시군구 혹은 동리(洞里)로 상당히 컸다(최은영, 2007; 김솔희 등, 2017; 김솔희 등, 2020). 그리고 김솔희 등(2017)을 제외하면 접근성에 수요나 공급의 규모 측면이 반영되지 않았으며, 김솔희 등(2017) 또한 수요를 실제 수요 인구가 아닌 마을의 인구수에 비례해서 할당했다는 한계가 있다.

본 연구는 초등학교가 아닌 고등학교에 대한 접근성을 물리적 거리가 아닌 시간 거리를 사용하여 분석하였고, 연구의 공간 단위는 시군구나 동리보다 미시적인 공간 단위인 집계구를 사용하였으며, 이는 대시메트릭 매핑을 통해 더 현실적인 공간 단위로 전환되어 분석되었다. 그리고

집계구의 연령별 인구 데이터와 학교의 교실 수를 이용하여 실제적 수요와 공급의 규모를 반영한 접근성 분석을 수행하였다.

제 2 절 공간분석 방법

1. 공간적 접근성

1) 공간적 형평성과 공간적 접근성

교육 기회의 공간적 격차는 교육 결과의 공간적 차이로 연결될 수 있어, 교육 기회의 지역적 차이는 주요하게 다루어져야 하는 주제이다(이소영, 2020). 앞선 선행연구 정리를 통해 교육 기회, 교육 과정, 교육 결과의 공간적 격차 및 지역의 영향을 파악할 수 있었고, 이것의 시발점은 교육 기회의 공간적 격차라고 볼 수 있다. 다시 말해, 교육의 공간적 형평성을 위해서는 교육 기회부터 공간적 차원에서 바라볼 필요가 있는 것이다. 이러한 공간적 차원의 교육 기회는 교육 시설이 얼마나 평등하게 혹은 차별적으로 위치하여 접근하고 이용할 수 있는지에 대한 공간적 접근성 차원에서 바라볼 수 있다(이동민, 2012).

국립국어원의 표준국어대사전에 따르면, 접근성의 사전적 의미는 "통행 발생 지역으로부터 특정 지역이나 시설로 접근할 수 있는 가능성"으로, "일반적으로 거리·통행 시간·매력도 따위에 의하여 결정된다."[11] 지리학에서 접근성은 "교통 시스템 및 계획, 토지이용 패턴, 주요 시설물이나 서비스, 기회 등에 대한 접근 수준"을 다루는 주요 개념으로 오랫동안 이용되었는데(조대헌, 2010), 그 "정의는 합의된 형태가 없으며, 관점이나 응용 방법에 따라서 조작적으로 정의된다"(Dalvi and Martin, 1976; Kwan, 1998; 조대헌, 2010 재인용). 허우긍(2004)은 앞선 학자들의 논의를 바탕으로 접근성의 정의를 3가지로 정리하였는데, "① 한 장소가 다른 장소에 대해 갖는 상대적 위치로 본 개념 ② 해당 장소가 제공하는

11) https://stdict.korean.go.kr/search/searchResult.do?pageSize=10&searchKeyword=%EC%A0%91%EA%B7%BC%EC%84%B1 (2021년 11월 5일 검색)

활동까지 아우르는 개념 ③ 개인이 어떤 활동에 참여하고 교통체계를 이용함으로써 얻는 편익의 개념"이 그것이다.

접근성에 대한 합의된 정의를 내리긴 어려울 수 있어도, 이를 측정하는 방법은 누적 기회 모형, 포텐셜(중력) 모형, 효용 기반 모형, 네트워크 위상 모형, 시공간 제약 모형 등 크게 5가지 정도가 있다(이건학, 2008). 누적 기회 모형은 "각 수요지별로 설정된 임계 거리 내에서 제공되는 서비스의 총량으로 측정"하는 방식이고(조대헌 등, 2010), 포텐셜 모형은 "특정 영역과 기회 사이의 가능한 모든 상호작용의 합계를 측정하는 것"이다(Harris, 1954; Hansen, 1959; 이건학, 2008 재인용). 효용 기반 모형은 인간이 순이익 또는 효용을 극대화하는 방식으로 선택한다고 가정하고 "교통 요소와 활동 요소가 주는 효용을 접근성"으로 측정하며(허우긍, 2004), 네트워크 위상 모형은 "그래프 이론의 영향을 받아 네트워크의 위상을 이용하여 접근성을 분석하는 방법"이다(Wheeler, 1999; 이건학, 2008). 시공간 제약 모형은 "시공간적 틀(framework)을 이용하여" "시공간적 이동가능성을 접근성"으로 파악한다(허우긍, 2004; 이건학, 2008). 이 중 본 연구에 사용할 E2SFCA 분석은 누적 기회 모형을 개선한 분석법이다(조대헌 등, 2010).

2) E2SFCA 기법

E2SFCA 기법의 전신인 2SFCA 기법은 Luo와 Wang(2003)이 접근성을 분석을 위해 개발한 중력 모델의 특수한 형태로, FCA(Floating Catchment Area)의 개념을 개선한 방법이다. 2SFCA 기법은 직관적으로 결과값을 해석할 수 있으며(Yang *et al.*, 2006), 개별 공급지마다 수요량이 계산되므로 "하나의 공급지가 둘 이상의 수요지를 관할하더라도 공급량이 분산되지 않는" 장점을 가진다(조대헌, 2010). 그리고 "유클리드 직선거리 대신 통행 시간을 통해 임계 거리를 제한하기 때문에 현실을 반영한 보다 정교한 계산이 가능하다"(김하나, 2014). 그러나 "임계 거리 설정의 기준이 명확하지 않으며, 임계 거리 내에서 발생할 수 있는 거리 조락의 효과를 반영하지 못하는 한계"가 있다(McGrail and Humphreys,

2009; 조대헌, 2010 재인용).

2SFCA 기법은 '2-Step'이라는 그 명칭에서 알 수 있듯이, 두 단계를 통하여 접근성을 분석한다(Luo and Wang, 2003).

$$R_j = \frac{S_j}{\sum_{k \in \{d_{kj} \le d_0\}} P_k} \qquad \text{식 (1)}$$

$$A_i^F = \sum_{j \in \{d_{ij} \le d_0\}} R_j = \sum_{j \in \{d_{ij} \le d_0\}} \frac{S_j}{\sum_{k \in \{d_{kj} \le d_0\}} P_k} \qquad \text{식 (2)}$$

먼저, 첫 번째 단계에서는 개별 공급지의 인구대비공급비 R_j를 계산한다. 아래 식 (1)에서 S_j는 특정 공급지 j의 규모이고, P_k는 특정 공급지 j로부터 거리에 의해 규정되는 특정 영역 내에 포함되는 특정 수요지 k의 인구이다. d_{kj}는 수요지 k로부터 공급지 j까지의 거리이고, d_0는 임계 거리이다. 즉, 개별 공급지로부터 임계 거리 안에 포함되는 영역을 설정하고, 그 영역에 포함되는 수요지의 인구를 합산한 다음, 그 값으로 공급지의 규모를 나눈 것이 각 공급지의 인구대비공급비 값이다.

첫 번째 단계에서 공급지를 중심으로 분석했다면, 두 번째 단계에서는 이를 수요지 중심으로 전환하는 것이다. 식 (2)의 A_i^F는 특정 수요지 i를 중심으로 주어진 거리 d_0 내에 포함되는 인구대비공급비 R_j를 모두 합산한 것이다. 이렇게 나온 식 (2)의 A_i^F는 각 수요지의 접근성 지수라고 볼 수 있다.

McGrail and Humphreys(2009) 등이 지적한 임계 거리 안에서 발생할 수 있는 거리 조락의 효과 문제를 개선하기 위해, Luo and Qi(2009)는

2SFCA 기법을 발전시킨 방식인 E2SFCA 기법을 제안하였다. E2SFCA 기법은 임계 거리 안에서 구간을 나누고, 먼 거리에 있을수록 점수를 낮게 부여한다. E2SFCA 기법 제안 이후에도 2SFCA 기법의 문제점을 개선하는 여러 기법이 제안되었다(Wan *et al.*, 2012; Delamater, 2013; Kim *et al.*, 2018, Wang *et al.*, 2021).

E2SFCA 기법은 2SFCA 기법과 마찬가지로 두 단계를 통하여 접근성을 분석한다(Luo and Qi, 2009).

$$R_j = \frac{S_j}{\sum_{k \in \{d_{kj} \in D_r\}} P_k W_r} = \frac{S_j}{\sum_{k \in \{d_{kj} \in D_1\}} P_k W_1 + \sum_{k \in \{d_{kj} \in D_2\}} P_k W_2 + \sum_{k \in \{d_{kj} \in D_3\}} P_k W_3} \quad \text{식 (3)}$$

$$A_i^F = \sum_{j \in \{d_{ij} \in D_r\}} R_j W_r = \sum_{j \in \{d_{ij} \in D_1\}} R_j W_1 + \sum_{j \in \{d_{ij} \in D_2\}} R_j W_2 + \sum_{j \in \{d_{ij} \in D_3\}} R_j W_3 \quad \text{식 (4)}$$

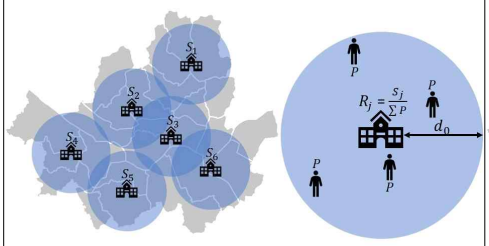
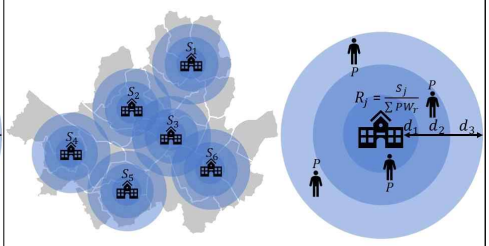
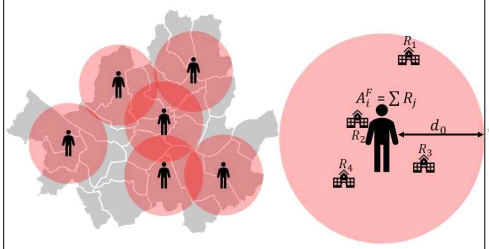
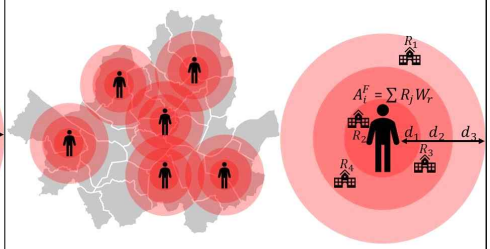
우선, 첫 번째 단계에서는 인구대비공급비에 가중치를 부여한 개별 공급지의 R_j를 계산한다. 아래 식 (3)에서 S_j는 특정 공급지 j의 규모이고, P_k는 특정 공급지 j로부터 거리에 의해 규정되는 특정 영역 내에 포함되는 특정 수요지 k의 인구이다. d_{kj}는 수요지 k로부터 공급지 j까지의 거리이고, D_r은 거리에 따라 영역을 3단계로 구분한 것이다. 여기서 단계는 더 많아질 수도 있다. W_r은 거리 단계(D_r)에 따라 부여된 가중치이다. 식 (3)의 R_j는 특정 수요지로부터의 거리(d_{kj})에 의해 규정되는 특정 영역(D_r) 내에 포함되는 특정 공급지 j의 인구(P_k)대비공급(S_j)비에

가중치(W_r)를 부여한 것이다.

두 번째 단계는 2SFCA 기법에서와 같이, 첫 번째 단계에서 계산한 공급지의 인구대비공급비 R_j를 개별 수요지로 전환한다. 식 (4)의 A_i^F는 특정 수요지 i를 중심으로 주어진 거리 내에 포함되는 R_j에, 거리 단계(D_r)에 따라 가중치(W_r)을 부여하여 합산한 것이다. 이렇게 나온 식 (4)의 A_i^F를 개별 수요지의 접근성 지수라고 볼 수 있다.

2SFCA 기법의 두 단계와 E2SFCA 기법의 두 단계를 시각화하면 아래 표 2-2와 같다.

표 2-2. 2SFCA 기법과 E2SFCA 기법 비교

	2SFCA	E2SFCA
1단계		
2단계		

자료 : Kim *et al.*, 2018, 5, 재구성

2SFCA 기법과 이를 발전시킨 기법들은 주로 보건 및 의료 서비스 접근성 연구에 많이 이용되며(Luo and Wang, 2003; Yang *et al.*, 2006; Luo and Qi, 2009; McGrail and Humphreys, 2009; Dai, 2010; Wan *et al.*, 2012; Delamater, 2013; Vadrevu and Kanjilal, 2016), 최근에는 교육 서비스의 접근성에 관한 연구도 진행되고 있다(Ye *et al.*, 2018; Rekha *et al.*, 2020, Wang *et al.*, 2021). 국내에서는 보건 및 의료 서비스(김하나, 2014; 박정환·김영훈, 2016; 박정환·김영훈, 2018; Kim *et al.*, 2018; 강전영·박진우, 2021), 주야간보호서비스(류경희, 2015)에 관한 연구가 수행되었고, 최근에는 보육 서비스에 대한 분석도 진행된 바 있으나(Kim and Wang, 2019; 이정원 등, 2020), 아직까지 교육 서비스의 접근성에 관한 연구는 진행된 바 없다.

본 연구는 Cobb(2020)가 제안한 GIS 및 공간 통계 분석 방법과 이를 적용할 수 있는 교육지리학의 연구주제 중 공간적 접근성 지수를 활용하여 교육 기회에 대한 연구를 하고자 하였다. 즉, 공간적 접근성 지수 계산 방법인 E2SFCA 기법을 활용하여 국내에서 아직 진행된 바 없는 교육 서비스의 접근성에 대한 분석을 수행하고자 하였다. E2SFCA 기법은 2SFCA 기법의 장점은 유지하면서도 그 단점인 거리 조락의 효과 문제를 개선하였고, 한계라고 지적받는 임계 거리 기준의 설정은 교육부(2017)에서 제시한 적정 통학범위를 이용하면 해결할 수 있다. 교육부(2017)에 따르면 중·고등학교의 경우 '근린주거구역으로부터 대중교통을 이용하여 30분 정도'가 적정 통학범위로 정의되었다. 본 연구에서는 수요지를 집계구, 공급지를 학교, 공급지의 규모는 학교의 교실수로 설정하였고, 전체 인구에 대한 전체 학교로의 접근성 지수뿐 아니라 남성 인구에 대한 남고와 공학, 여성 인구에 대한 여고와 공학으로의 접근성 지수와 더불어, 남성 인구에 대한 남고, 여성 인구에 대한 여고, 전체 인구에 대한 공학으로의 접근성 지수까지 각각 산출하였다.

2. 집중도와 군집도

공간적 불평등을 나타내기 위해 공간의 분리에 관한 다양한 측도가 개발되었고, Massey and Denton(1988)은 요인 분석을 통하여 이를 5개의 요인으로 나누었다. 이 5개의 요인은 균등도(evenness), 노출도(exposure), 집중도(concentration), 중심화 정도(centralization), 군집도(clustering)이다. 이후 Brown and Chung(2006)은 이를 간소화하여, 집중을 균등과 군집을 노출과 연결하여 균등-집중, 노출-군집이라는 차원으로 압축하였다. 즉, "한 집단이 도시 내 일부 지역에 집중되어 있다는 것은 불균등하게 분포되어 있음을 의미"하기 때문에 균등도와 집중도가 연결될 수 있고, "한 집단의 구성원들이 서로 이웃하여 군락을 형성한다는 것은 그만큼 다른 집단에게 노출되지 않음"을 의미하기 때문에 노출도와 군집도가 연결될 수 있다(정수열, 2015). 이렇게 크게 두 가지로 나누어진 공간 분리의 차원은 이후 연구에서 지속적으로 이용되기에(정수열, 2009; 정수열, 2015; 전창우, 2017), 본 연구에서도 집중도와 군집도라는 두 가지 측면에서 접근성 지수의 분포를 살펴보고자 한다. 공간분석 차원에서 집중도는 비공간적 지표이고, 군집도는 공간적 지표이다. 다시 말해, 집중도는 주변 공간을 고려하지 않고 값들이 균등하게 분포하는지 파악한다면, 군집도는 "주변 공간과의 상호작용 즉, 공간적 자기상관(spatial autocorrelation)이 반영"되어 비슷한 값들이 모여있는지 파악한다(전창우, 2017).

1) 집중도

본 연구에서 집중도는 로렌츠곡선과 지니계수를 이용하여 파악하고자 한다. 지니계수는 소득의 불평등 정도를 나타내는 대표적인 지표 중 하나이며, 이는 로렌츠곡선을 이용하여 계산할 수 있다[12]. 로렌츠곡선과 지니계수는 "일반적인 경제량 분포의 집중도 또는 불균등도를 측정"하는

12) http://kostat.go.kr/incomeNcpi/income/income_dg/4/1/index.static (2021년 11월 10일 검색)

연구에 이용되지만(한상열, 2006), 공간적 변수를 적용하여 이용하면 해당 변수 분포의 집중도를 파악하기 위한 측도로 활용할 수 있다(국토연구원, 2004).

먼저, 로렌츠곡선은 인구와 해당 인구의 소득을 누적분포함수로 표현한 것이다(Lorenz, 1905). 즉, 총인구와 총소득을 각각 백분율로 환산하고, 가로축에는 소득이 낮은 사람부터 높은 사람 순으로 전체 인구비율을 누적시킨 뒤, 세로축에는 사람들의 소득을 차례로 누적한 소득누적비율을 나타낸 것이다. 이를 시각화하면 그림 2-1과 같은데, 여기서 대각선은 모든 사람이 같은 소득을 보유하여 균등한 소득 분배가 나타나는 균등분포선(equality line)이고, 로렌츠곡선이 "균등분포선에서 멀어질수록 소득분배의 불평등 정도가 심하다"고 할 수 있다(류운지, 2019).

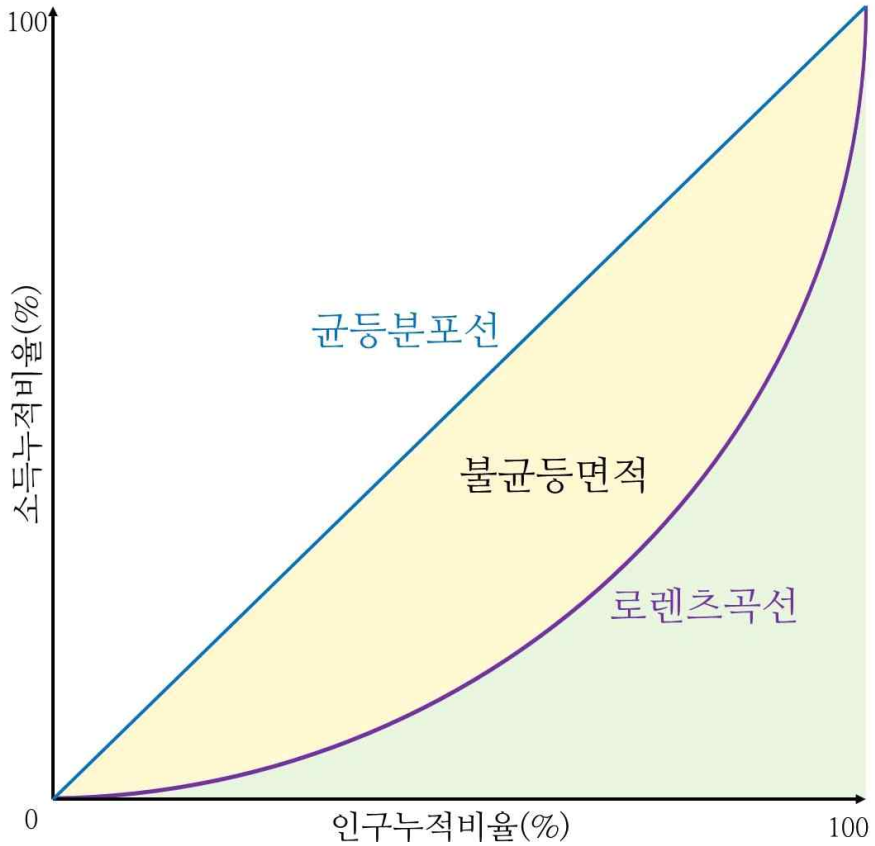


그림 2-1. 로렌츠곡선

다음으로, 지니계수는 “Gini(1912)가 고안한 개념으로 소득분포에 관한 통계적 법칙인 ‘지니의 법칙’에서 나왔으며”(정성관·이우성, 2008), 소득의 불평등 정도를 나타내는 소득분배지표이다. 지니계수는 균등분포선과 로렌츠곡선 사이의 면적에 해당하는 불균등면적(그림 2-1의 노란색 부분)과 균등분포선 아래 직각삼각형의 면적(그림 2-1의 노란색 부분과 초록색 부분의 합)의 비율로 계산할 수 있고(Kakwani, 1980; 정성관·이우성, 2008 재인용), 그 식은 식 (5), (6)과 같다.

$$G = \frac{(0.5 - \sum_{k=1}^{n} S_k)}{\frac{1}{2}} = 2 \times (0.5 - \sum_{k=1}^{n} S_k) \qquad \text{식 (5)}$$

$$\sum_{k=1}^{n} S_k = \sum_{k=1}^{n} \left[(X_k - X_{k-1}) \times (Y_k - Y_{k-1}) \times \frac{1}{2} \right] \qquad \text{식 (6)}$$

식 (5)에서 G는 지니계수이며, S_k는 로렌츠곡선 아래 면적을 의미한다. 식 (6)의 X_k는 가로축의 누적백분율, 즉 인구누적비율이고, Y_k는 세로축의 누적백분율, 즉 소득누적비율이다. 여기서 소득 분배가 완전히 평등할 경우 로렌츠곡선은 균등분포선과 일치하여 불균등면적이 0이 되어 지니계수가 0이 되고, 소득분배가 완전히 불평등할 경우 로렌츠곡선은 직각을 이루어 불균등면적과 균등분포선 아래 삼각형의 면적이 같게 되어 지니계수는 1이 된다[13]. 다시 말해, 지니계수가 0에 가까울수록 균등한 분배가 이루어진 것이고, 1에 가까울수록 불균등한 분배가 이루어진 것이며, 일반적으로 지니계수가 0.4 이상이면 불균등의 정도가 상당한 수준이다(박노경, 2002; 한상열, 2006; 정수열·이우성, 2008). 본 연구에서는 가로축에 집계구의 누적백분율을, 세로축에 접근성 지수의 누적백분율을

13) http://kostat.go.kr/incomeNcpi/income/income_dg/4/1/index.static (2021년 11월 10일 검색)

넣고 지니계수를 계산하였다.

2) 군집도

공간적 자기상관과 같은 공간단위 사이에 드러나는 속성값의 연관성을 파악할 수 있는 공간연관성통계량(spatial association statistics, 이하 SAS)은 군집도를 측정하는 데에 이용할 수 있다(이상일 등, 2015; 이소영 등, 2016; 전창우, 2017). 여기서 공간적 자기상관이란 “공간 단위 간의 지리적 근접성과 공간 단위가 보유한 속성값의 수치적 유사성, 이 둘 간의 특정한 관련성”으로 정의할 수 있다(이상일, 2015). 부연하면, 공간단위가 지리적으로 가까이 위치할수록 속성값도 유사해진다면 ‘양(+)의 공간적 자기상관’이라고 할 수 있고, 반대의 경우 ‘음(-)의 공간적 자기상관’이라고 할 수 있다(그림 2-2 참고).

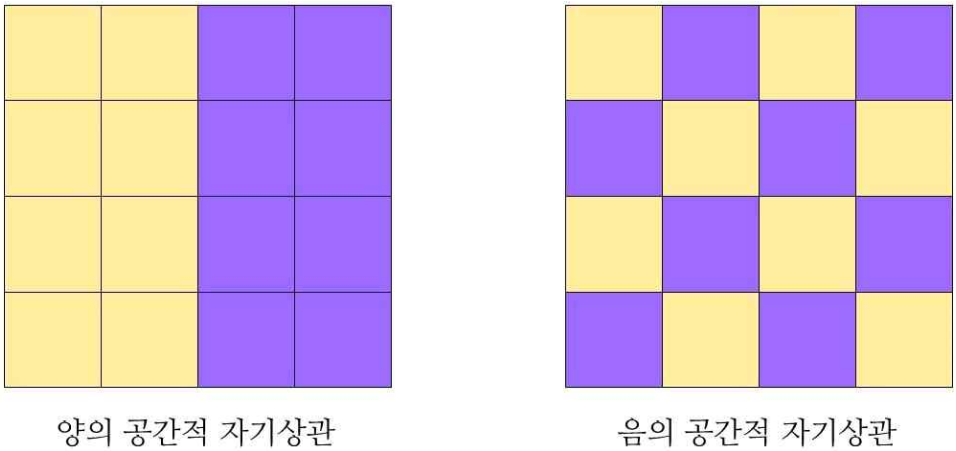


그림 2-2. 공간적 자기상관의 예

또한 SAS는 연구지역 전체를 대표하는 전역적 SAS와 개별 지역의 값을 측정하는 국지적 SAS가 있다. 전역적 SAS는 전체에서 하나의 값만 나오기 때문에 전체적인 군집 정도의 경향성을 파악할 수 있으나 개별 “공간 단위의 특성과 지리적 분포를 알기 어렵다”(전창우, 2017). 반면, 국지적 SAS는 개별 공간 단위의 측도이기 때문에 개별값이 산출되어, “공간 분포에 대한 묘사 및 시각화, 특이한 값을 보이는 공간 단위

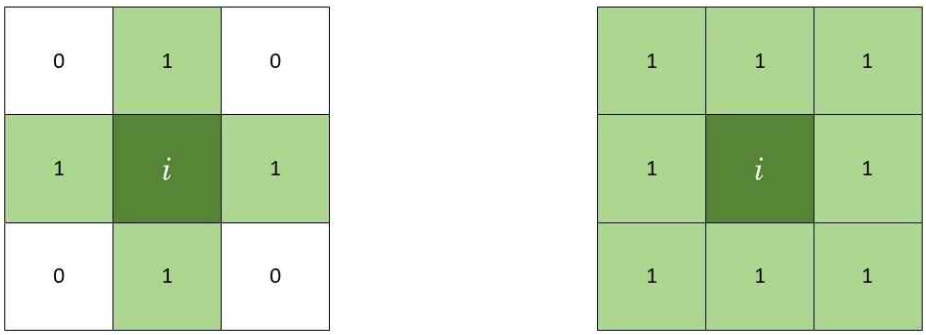
혹은 공간 특이점의 확인, 특징적인 공간연관성을 보이는 패턴의 발견(핫스팟 혹은 콜드스팟)” 등 탐색적 공간데이터분석(exploratory spatial data analysis, ESDA)에 적절하다(이상일 등, 2016). 본 연구에 이용되는 Moran’s I는 전역적 SAS에 해당하고 Getis-Ord’s G_i^*와 Lee’s L_i은 국지적 SAS에 해당하며, 다시 Getis-Ord’s G_i^*는 국지적 일변량 SAS이고 Lee’s L_i는 국지적 이변량 SAS이다. 즉, Getis-Ord’s G_i^*는 한 개의 변수에 대한 분석만 가능하지만, Lee’s L_i는 두 개의 변수에 대한 공간분석이 가능하여 “근접한 두 공간 단위 간에 두 변수 간의 연관성(양 혹은 음)이 얼마나 유사(혹은 상이)한지 파악”하는 데에 활용할 수 있다(이소영 등, 2016).

먼저, Moran’s I는 Moran(1948)이 제안한 측도로서, Cliff and Ord에 의해 정교화되었고(Cliff and Ord, 1969; 1973; 1981; 이상일 등, 2015 재인용), “속성값이 등간/비율 척도인 경우 가장 널리 사용되어 온” 대표적인 전역적 SAS이다(이상일 등, 2015; 전창우, 2017). Moran’s I는 -1에서 1 사이의 값을 가지는데, 값이 1에 가까울수록 강한 양의 공간적 자기상관성을 가지며, -1에 가까울수록 강한 음의 공간적 자기상관성을 가진다고 해석할 수 있다. 이것의 식은 아래 식 (7)과 같다.

$$I = \frac{n}{\sum_i \sum_j w_{ij}} \times \frac{\sum_i \sum_j w_{ij}(x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2} \qquad \text{식 (7)}$$

식 (7)에서 n은 연구지역의 총 공간 단위 수이고, i와 j는 개별 공간 단위를 의미한다. x_i와 x_j는 각각 i와 j의 변수값이고, $\bar{x}$는 변수 x의 평균값이다. w_{ij}는 공간가중치로, 공간근접성행렬(spatial proximity matrix, 이하 SPM)에 의해 규정되는데, i와 j가 이웃하고 있으면 1을, 그렇지 않으면 0을 넣어준다. SPM은 이웃 설정 방법이 중요한데, i에 대해 연접한 공간 단위만을 이웃으로 고려할 것인지, i에서부터 특정 거리 안에

들어오는 공간 단위를 이웃으로 고려할 것인지 설정해야 한다. 또한 연접한 이웃 설정은 일반적으로 루크(rook) 방식이나 퀸(queen) 방식을 이용하는데, 루크 방식은 자신과 경계면을 공유하고 있는 공간 단위를 연접하다고 보는 방식이고, 퀸 방식은 자신의 경계면이 닿아있는 공간 단위를 연접하다고 보는 방식이다(그림 2-3 참고). 본 연구에서는 연접한 공간 단위를 이웃으로 규정하였고, 퀸 방식으로 공간가중치를 부여하였으며, 변수값은 접근성 지수이다.



루크(rook) 방식　　퀸(queen) 방식

그림 2-3. 공간근접성행렬 설정 방법

다음으로, Getis-Ord's G_i^*는 Getis와 Ord가 제안한 국지적 SAS로서(Getis and Ord, 1992; Ord and Getis, 1995; Getis and Ord, 1996), "공간 클러스터(spatial clusters) 탐지 분석"에 "가장 널리 활용되어온" SAS이다(이상일 등, 2016). 해당 지표는 통계적으로 유의한 공간 클러스터인 핫스팟(hot-spot)과 콜드스팟(cold-spot) 탐지가 직관적으로 가능하다(이상일 등, 2010). 다시 말해, "Getis-Ord's G_i^*의 통계량은 결과 자체만으로 Z-score를 나타내기 때문에 유의성 검정을 따로 진행할 필요가 없으며", 값이 양수(+)이면 상대적으로 높은 변수값을 가진 공간 단위가 군집을 이루는 핫스팟을 의미하고 값이 음수(-)이면 상대적으로 낮은 변수값을 가진 공간 단위가 군집을 이루는 콜드스팟을 의미한다(정명구, 2017). Getis-Ord's G_i^*는 식 (8)과 같은 방법으로 산출된다.

$$G_i^* = \frac{\sum_j w_{ij}x_j - \left(\sum_j w_{ij}\right)\bar{x}}{\sqrt{\frac{\sum_i \left(x_i - \bar{x}\right)^2}{n}} \times \sqrt{\frac{n\sum_j w_{ij}^2 - \left(\sum_j w_{ij}\right)^2}{n-1}}} \qquad \text{식 (8)}$$

식 (8)의 식 (7)에서의 설명과 비슷하게, n은 연구지역의 총 공간 단위 수이고, i와 j는 개별 공간 단위를 의미하며, x_i와 x_j는 각각 i와 j의 변수값이고, $\bar{x}$는 변수 x의 평균값이다. w_{ij}는 공간가중치로, 이웃 설정 방법에 따라 i와 j가 이웃하고 있으면 1을, 그렇지 않으면 0을 넣어준다. 본 연구에서는 연접한 공간 단위를 이웃으로 규정하였고, 퀸 방식으로 공간가중치를 부여하였으며, 변수값은 '남성 인구에 대한 남고와 공학으로의 접근성 지수'에서 '여성 인구에 대한 여고와 공학으로의 접근성 지수'를 뺀 값으로 하였다. 이를 통하여 나타난 핫스팟은 남성 인구의 접근성 지수가 상대적으로 높은 공간이 군집하는 지역을 의미하고 콜드스팟은 여성 인구의 접근성 지수가 상대적으로 높은 공간이 군집하는 지역을 의미한다.

마지막으로, Lee's L_i은 Lee가 제안한 국지적 이변량 SAS로서(Lee, 2001a; 2001b; 2009), 두 개의 변수값을 사용하여, 이웃하는 공간 단위 사이에 두 변수의 연관성이 얼마나 유사하거나 상이한지 분석할 수 있다. 가령 두 변수가 X, Y라고 할 때, 특정 공간 단위에서 두 변수값이 모두 높거나(high-high) 낮고(low-low) 이와 이웃하는 공간 단위에서도 두 변수값이 모두 높거나 낮다면 이는 양(+)의 이변량 공간연관성을 가지는 것이고, X값은 높은데 Y값이 낮거나(high-low) X값이 낮은데 Y값은 높은 경우(low-high)가 이웃하게 되면 이는 음(-)의 이변량 공간연관성을 가지는 것이다(이소영 등, 2016). 즉, Lee's L_i값이 양수로 나타나면 특정 공간 단위와 이웃 공간 단위에서 두 변수값이 양의 연관성(high-high 혹은 low-low)이, 음수 나타나면 특정 공간 단위와 이웃 공간 단위에서 두 변수값이 음의 연관성(high-low 혹은 low-high)이 지배적인 것으로 판단할 수 있다. 이는 식 (9)와 같은 방법으로 계산할 수 있다.

$$L_i = \frac{n^2}{\sum_i \left(\sum_j v_{ij}\right)^2} \times \frac{\left(\sum_j v_{ij}\left(x_j - \bar{x}\right)\right) \times \left(\sum_j v_{ij}\left(y_j - \bar{y}\right)\right)}{\sqrt{\sum_i \left(x_i - \bar{x}\right)^2} \times \sqrt{\sum_i \left(y_i - \bar{y}\right)^2}} \qquad \text{식 (9)}$$

식 (9) 또한 앞의 식 (7), (8)의 설명과 유사하다. 여기서 n은 연구지역의 총 공간 단위 수이고, i와 j는 개별 공간 단위를 의미한다. x_i와 x_j는 각각 i와 j의 x변수값이고, $\bar{x}$는 변수 x의 평균값이며, y_i와 y_j는 각각 i와 j의 y변수값이고, $\bar{y}$는 변수 y의 평균값이다. v_{ij}는 공간가중치로, 이웃 설정 방법에 따라 i와 j가 이웃하고 있으면 1을, 그렇지 않으면 0을 넣어준다. 본 연구에서는 연접한 공간 단위를 이웃으로 규정하였고, 퀸 방식으로 공간가중치를 부여하였으며, 변수 x에 '남성 인구에 대한 남고와 공학으로의 접근성 지수'를, 변수 y에 '여성 인구에 대한 여고와 공학으로의 접근성 지수'를 넣어, 두 접근성 지수의 공간연관성을 파악하고자 하였다. 다시 말해, Getis-Ord's G_i^*를 통하여 남성의 교육 서비스 접근성과 여성의 교육 서비스 접근성의 상대적 우위가 나타나는 지역을 탐색하였다면, Lee's L_i를 통해서는 성별에 따른 교육 서비스 접근성의 절대적 공간연관성과 군집을 탐색하였다.

제 3 장 교육 서비스의 공간적 접근성 분석

제 1 절 연구 데이터 및 접근성 분석 과정

1. 연구 자료

E2SFCA 분석을 하기 위해서는 기본적으로 수요지와 공급지, 그리고 그 규모가 필요하다. 본 연구에서 수요지 i는 서울특별시의 각 집계구로, 공급지 j는 제1장 제2절에서 한정한 228개 고등학교로 설정하였고, 수요지의 인구는 각 집계구의 10-14세 인구(전체, 남성, 여성)로, 공급지의 규모 S_j는 교실 수로 설정하였다. 교육 서비스 관련 선행연구에서는 교육시설의 정원, 교실 수, 교사 수를 규모로 이용했는데(Ye *et al.*, 2018; Rekha *et al.*, 2020; 이정원 등, 2020), 서울특별시교육청(2019)에서는 고등학교의 정원 데이터를 제공하고 있지 않고, 교사 수는 교실 수에 비해 유동적이므로, 비교적 안정적인 변수인 교실 수를 학교의 규모로 사용하였다.

다음으로 거리를 계산해야 하는데, 거리 d_{ij}는 수요지로부터 공급지까지의 시간거리를 계산하였다. 거리 계산을 유클리드 거리가 아닌 시간거리로 하기 위해서는 네트워크 분석을 해야 하고, 이를 위하여 도로 네트워크 데이터가 필요하다. 본 연구에서 임계 거리는 교육부(2017)에서 제시한 적정 통학 거리인 30분으로 설정하고, 10분 간격으로 거리 단계 D_r을 3단계로 구분하였으며, 가중치(W_r)는 선행연구에서 널리 이용되고 있는 가우시안 밀도함수(Gaussian function)에 따라 1, 0.68, 0.22를 적용하여 분석을 진행하였다(Luo and Qi, 2009; Dai, 2010; Kim *et al.*, 2018; 강전영·박진우, 2021).

본 연구의 수요지 데이터는 SGIS에서 제공하는 2019년의 집계구 데이터와 집계구별 성별·연령별 인구 데이터를 사용하였고, 공급지 데이터

는 서울특별시교육청에서 제공하는 '서울시 학교별 현황 정보(2019.04. 기준)'를 사용하였다. 그리고 도로 네트워크 데이터는 도로명주소 사이트에서 제공하는 '도로명주소 전자지도'의 도로구간 데이터를 사용하였다. 덧붙여서 본 연구에서는 코로나19 발생 이전의 상황을 기반으로 분석을 진행하기 위하여 2019년도의 데이터를 가능한 한 이용하였다.

자료 분석 도구로 Excel 2015와 RStudio v1.4.1106을 이용해 집계구별 인구 및 학교 데이터를 가공하였고, QGIS v3.16을 통해 도로 등의 공간 데이터 가공 및 E2SFCA 분석을 진행하였다. 그리고 RStudio v1.4.1106을 활용하여 접근성 지수에 대한 집중도와 군집도와 관련한 각종 통계 분석 및 시각화를 하였고, 분석된 자료는 QGIS v3.16을 통해 지도화하였다.

2. 데이터 가공 과정

E2SFCA 분석을 진행하기 위해서는 수요지와 공급지의 공간데이터가 각각의 규모에 해당하는 속성데이터를 가지고 있어야 하며, QGIS 상에서 네트워크 거리 및 시간거리 계산을 위한 네트워크 분석을 하기 위해서는 각 도로는 속도값을 가져야 하고, 수요지와 공급지는 도로상에 위치해야 한다. 여기서는 도로 네트워크, 수요지, 공급지 데이터별 가공 과정에 대해 상술하고자 한다.

1) 도로 네트워크 데이터

도로 네트워크 데이터는 도로명주소 사이트에서 제공하는 도로명주소 전자지도의 도로구간 데이터를 사용하였다. 먼저 도로 데이터에 속도 값을 부여하였다. 도로명주소의 도로구간 데이터에는 도로위계구분(ROA_CLS_SE) 속성데이터가 포함되어있는데, 그 데이터값 1은 '고속도로', 2는 '대로', 3은 '로', 4는 '길'을 의미한다[14].

14) '대로'는 8차선 이상의 도로를, '로'는 2차로에서 7차로까지의 도로를, '길'은 '로'보다 좁은 도로를 의미한다(도로명주소 https://www.juso.go.kr/CommonPageLink.do?link=/street/GuideBook, 2021년 10월 28일 검색).

표 3-1. 2019년 서울시 10대가 통근통학시 이용하는 교통수단

단위: %

분류	도보	자전거	버스	지하철	버스 +지하철	승용차	기타
10대	40.2	8.9	34.8	3	11.6	1.1	0.4

자료: 서울열린데이터광장[15)]

표 3-1에 따르면, 서울에 거주하는 10대의 경우, 통근·통학 시 83.9%가 도보, 자전거, 버스를 이용한다. 일반적으로 통학거리가 멀어 버스+지하철을 주로 이용하는 대학생(만 18, 19세)과 직장인이 포함된 것을 감안하면, 중고등학생은 대부분 도보, 자전거, 버스를 이용한다고 판단할 수 있다. 버스는 '길'이 아닌 '로'와 '대로'에서 운행이 주로 이루어지며, 2019 서울특별시 차량통행속도 보고서에 의하면 통학이 이루어지는 오전 시간대(07:00~09:00)의 버스 통행속도는 18.0km/h이다. 도보의 경우, 박세진 등(2007)에 의하면 10대의 평균 보행속도가 1.35m/s[16)](약 4.86km/h)이라고 하였으나, 국토부(2019)에서는 도보 속도를 3km/h로 사용하고 있기에 이를 절충하여 '길'에는 4km/h를 적용하고자 한다. 또한 서울 내에서 통학이 이루어지기에 통학과정에서 고속도로는 이용되지 않을 것으로 판단된다. 따라서 도로 데이터의 도로위계구분 값을 기반으로 '고속도로'를 추출하여 제거하고, '대로'와 '로'에는 18km/h를, '길'에는 4km/h를 속도값으로 speed(km/h)라는 열을 만들어 속성값을 부여하였다.

이후 도로 네트워크 데이터의 불완전성 때문에 보정작업을 해주었다. 우선 QGIS의 '도형을 레이어에 스냅' 기능을 이용, 허용오차를 2m로 하여 레이어를 스냅시켰고, 도로 레이어 뒤에 카카오맵 레이어를 띄워 일부 지역을 직접 수정을 한 뒤, 다시 한번 허용범위를 2m로 하여 스냅시키고, '도형 수정' 작업을 해주었다. 다음으로 도로의 연결성을 위하여 '라인으로 분할'을 한 뒤, 도형 객체 수를 줄이기 위하여 도로명(RN)으로 '디졸브(dissolve)' 작업을 수행하였다. 마지막으로 '도형 수정' 작업을 해

15) https://data.seoul.go.kr/dataList/10283/S/2/datasetView.do?tab=C (2021년 10월 29일 검색)

16) 10대 남성 1.3m/s, 10대 여성 1.4m/s

준 뒤, 이후 분석 과정에서 보다 빠른 계산을 위하여 '공간 인덱스 생성'을 해주었다.

2) 수요지 데이터

수요지의 공간데이터는 SGIS에서 제공한 2019년 서울특별시 집계구 데이터를 사용하고, 속성데이터는 집계구별 성별·연령별 인구 데이터를 사용하였다. 먼저 공간데이터와 속성데이터를 결합해주었다. SGIS에서는 5세 단위로 집계구별 성별·연령별 인구 데이터를 제공하는데, 본 연구에서는 고등학교를 다닐 예정인 만 10-14세 인구를 RStudio와 Excel을 통해 추출하여 가공하였다. 만 15-19세 인구의 경우 대학생(18, 19세)이 포함되어 기숙사, 자취, 하숙 등을 통해 대학교 인근에 이동하여 거주하는 인구가 있어 자료가 다소 왜곡될 수 있다는 판단이 되어 연구 대상에서 제외하였다. 또한 집계구별 인구 데이터는 인구수가 1명 이상 4명 이하일 경우 개인을 특정하는 데에 오용될 우려가 있어 해당 데이터값은 N/A 값으로 주어지는데, 여기서 N/A 값은 1과 4 사이인 2로 변환하여 이용하였다. 이렇게 재가공한 만 10-14세 인구 값을 QGIS 상에서 서울특별시 집계구 공간데이터에 결합(join)하였다. 해당 자료를 기반으로 인구밀도 단계구분도를 제작하면 그림 3-1과 같다.

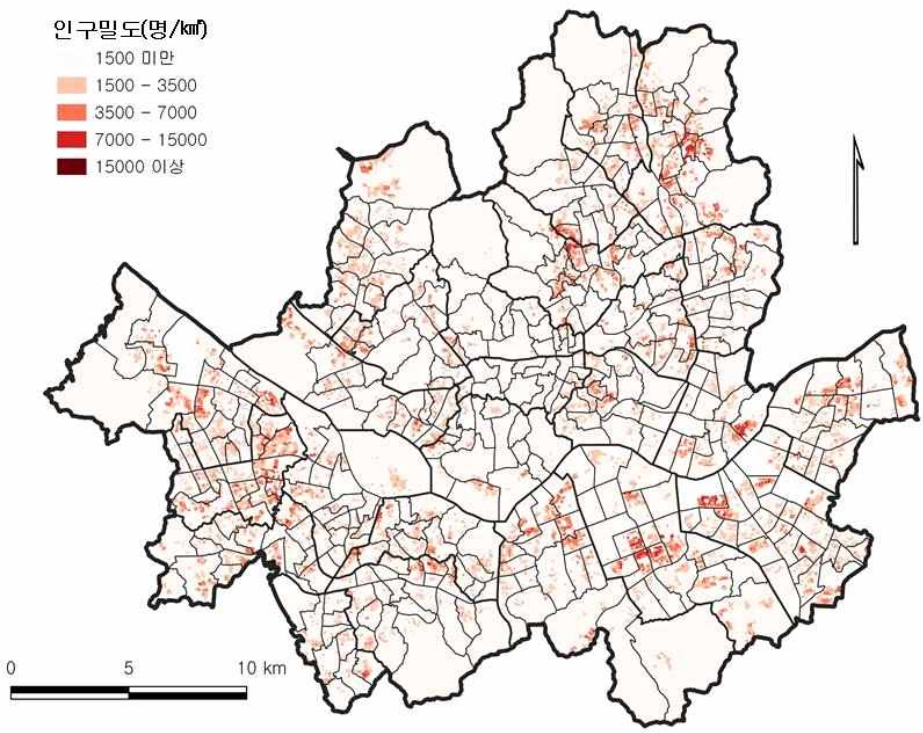


그림 3-1. 2019년 집계구별 10-14세 인구밀도 지도(단계구분도)

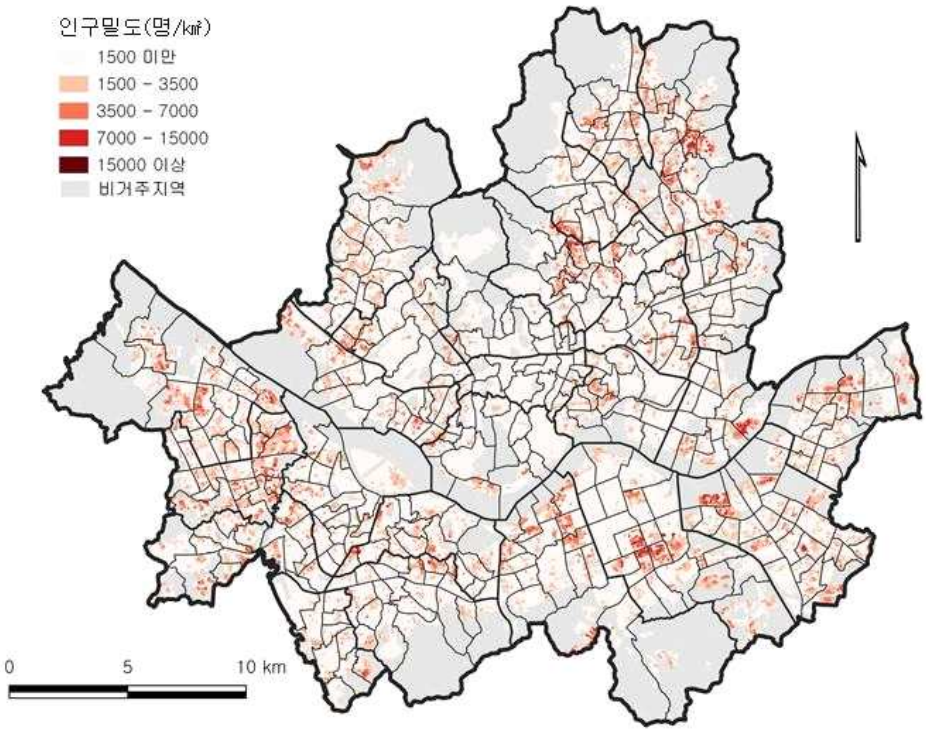


그림 3-2. 2019년 집계구별 10-14세 인구밀도 지도(대시메트릭 매핑)

다음으로 수요지에 대한 더 자세한 공간데이터 제작을 위해 대시메트릭 매핑을 사용하였다. 대시메트릭 매핑이란 “개별 공간단위 내에는 인구 분포의 공간적 변동(spatial variation)이 존재하지 않는다는 불합리한 가정을 하는” 코로플레스 매핑(choropleth mapping, 단계구분도)의 문제를 극복하고자 개발된 지도화 기법으로서, “해당 변수(예를 들어 인구밀도)와 공간적 연관성을 가지는 보조정보(ancillary information)(예를 들어 토지 이용 데이터)를 사용하여”, 해당 변수의 공간적 변동을 반영하는 매핑 기법이다(이상일, 김감영, 2007). 다시 말해, 보조데이터를 사용하여 기존 방법보다 정확하게 변수의 분포 패턴을 재현하는 방법이다. 대시메트릭 매핑에는 ‘바이너리(binary) 방법’, ‘3-클래스(three-class) 방법’, ‘제한 변수(limiting variable) 방법’이 있는데(Eicher and Brewer, 2001; Slocum *et al.*, 2005; 이상일, 김감영, 2007 재인용), 여기서는 바이너리 방법을 사용하였다. “바이너리 방법은 토지 분류를 거주가능지(도시지역과 농경지 및 초지)와 비거주가능지(삼림지)의 두 가지로만 구분하고 인구가 오로지 거주가능지에만 분포한다는 가정하에 대시메트릭 매핑을 실행하는 것이다”(이상일, 김감영, 2007). 논자는 서울열린데이터광장에서 내려받은 서울특별시의 2020년 주거지역, 상업지역, 공업지역, 녹지지역 데이터를 바탕으로(그림 3-5), 주거지역, 상업지역, 공업지역을 거주 지역으로, 녹지지역을 비거주 지역으로 설정하고, 그림 3-3에서 그림 3-4와 같은 추가 보정작업을 통해 사람이 살 수 있는 지역의 공간데이터(그림 3-6)를 만들었으며, 이를 기존 집계구 데이터와 결합(join)시켜 그림 3-2와 같이 지도화하였다. 이렇게 생성된 집계구의 평균 크기는 0.0198㎢이고, 대시메트릭 매핑을 통하여 구성한 집계구 지도(그림 3-2)에서 ‘중심점’ 기능을 사용하여 그림 3-7과 같이 각 집계구의 중심점(이하 센트로이드)을 추출하였다.

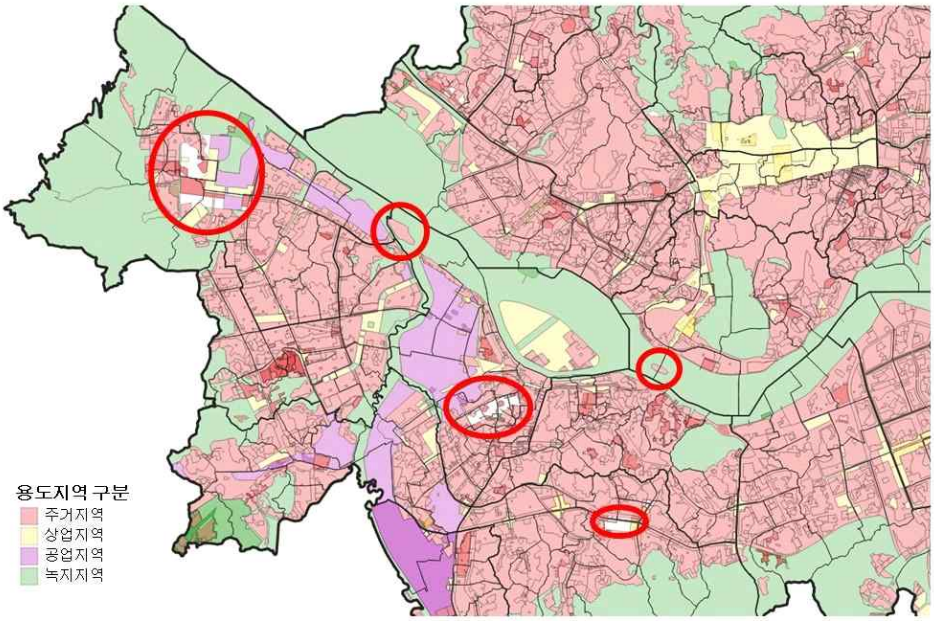


그림 3-3. 추가 보정 작업 전

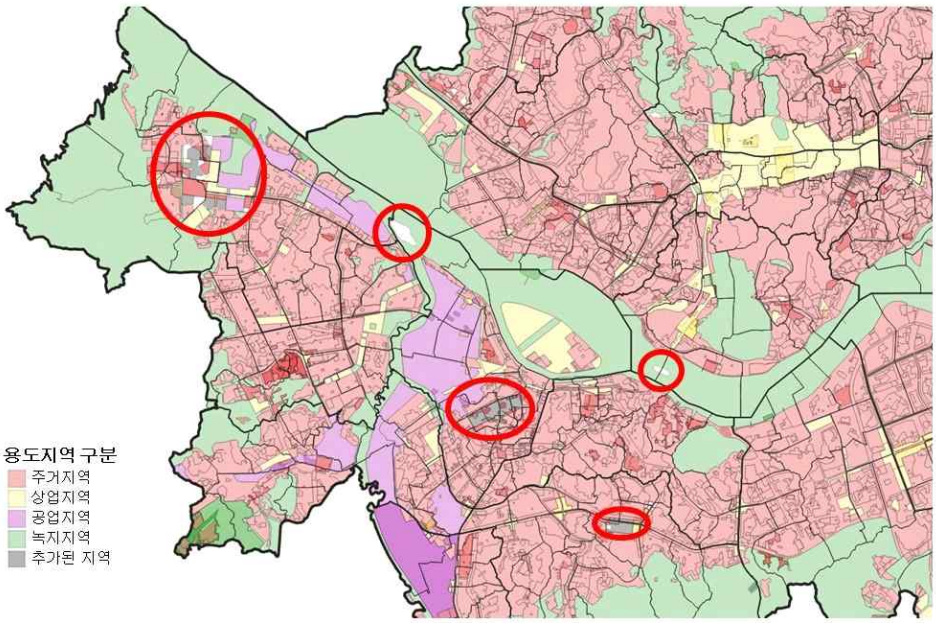


그림 3-4. 추가 보정 작업 후

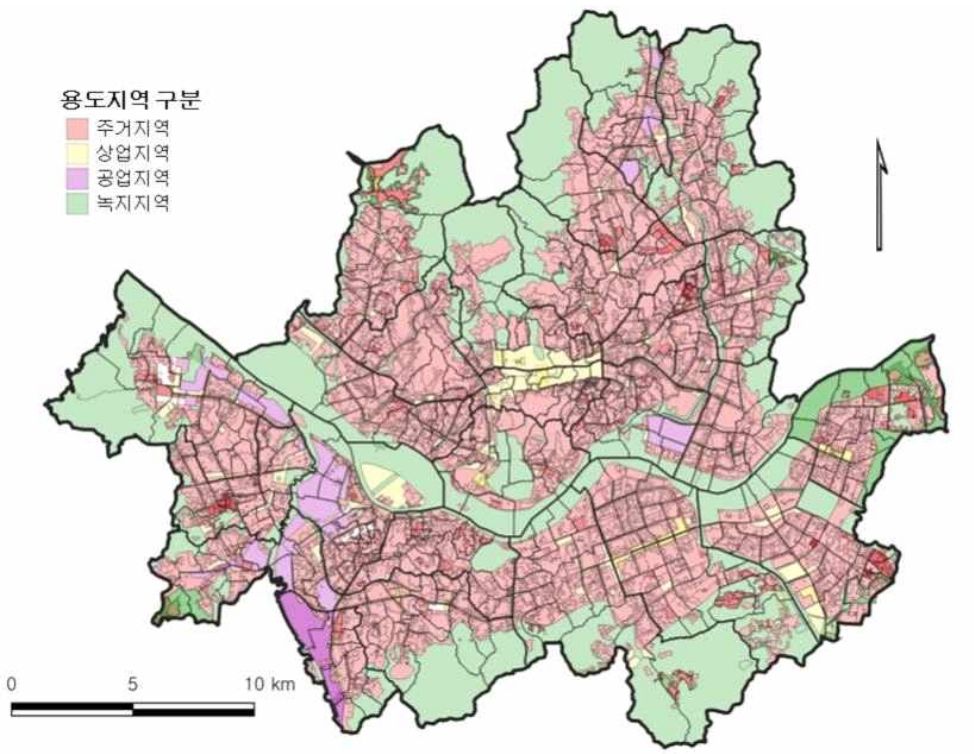


그림 3-5. 서울시 용도지역 구분 지도

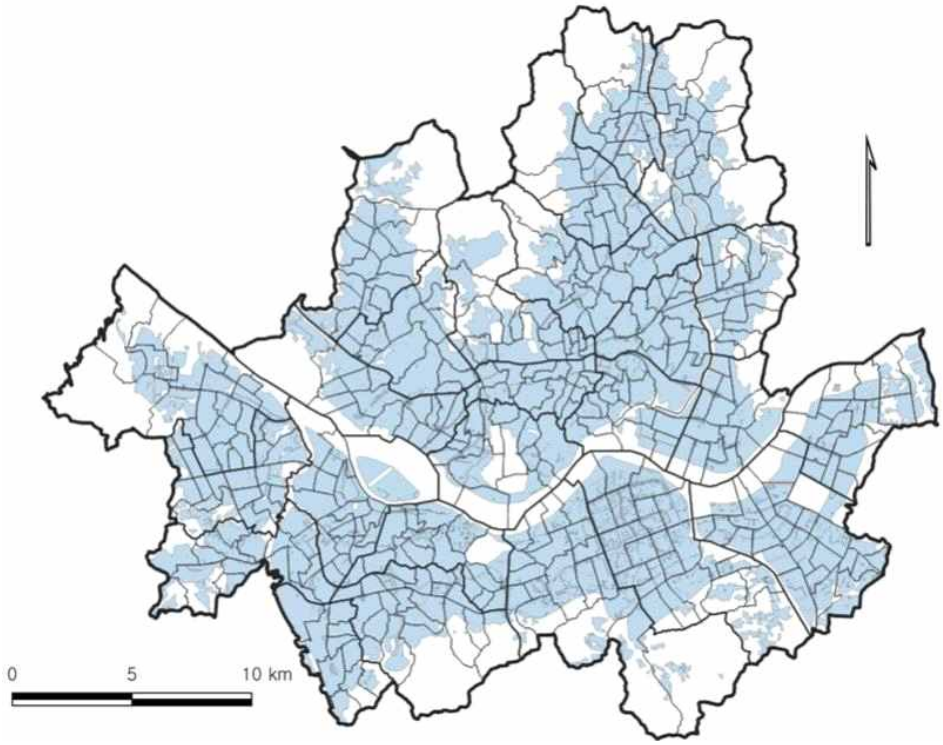


그림 3-6. 서울시 거주가능 지역 지도

마지막으로 도로상에 수요지를 위치시키기 위해, 각 센트로이드로부터 가장 가까운 도로 네트워크 데이터의 노드를 찾아내고 해당 노드까지의 거리와 함께 센트로이드의 속성데이터를 넣어주는 작업을 QGIS를 이용하여 수행하였다. 이를 위해 '꼭짓점 추출' 기능을 사용하여 도로 네트워크 데이터의 모든 노드(이하 도로 노드)를 추출하고, '필드계산기'를 사용하여 각 노드에 'id'를 부여하였다. 그리고 '도형 속성 추가' 기능을 사용하여 각 노드에 x, y 좌표값을 부여하였다. 이후 '최근접 허브까지의 거리(포인트)' 기능에서 원본 포인트 레이어는 센트로이드, 대상 허브 레이어는 도로 노드, 허브 레이어 이름 속성은 'id', 단위는 미터로 설정하고 사용하여 '허브까지의 거리 레이어'를 생성하고, 'id'를 이용하여 도로 노드의 x, y 좌표값을 결합하였다. 이렇게 만들어진 '허브까지의 거리 레이어'를 csv 형식으로 내보내고, 다시 도로 노드의 x, y좌표값을 이용하여 QGIS의 맵뷰 상에 생성하였다. 이렇게 생성된 포인트 데이터의 경우 도로 네트워크 데이터 상에 미세한 차이로 존재하지 않을 수 있어, '최근접 거리를 이용하여 속성을 결합' 기능에서 입력 레이어는 도로 노드, 입력 레이어2는 생성된 포인트 데이터를 두고 최대 최근접 이웃수를 8로 설정하고 실행하였다. 여기서 최대 최근접 이웃수를 8로 설정한 이유는 최대 8개의 센트로이드에서 가장 가까운 도로 노드가 겹치는 경우가 있었기 때문이다. 그리고 '표현식으로 객체 선택' 기능에서 "id"="HubName" 표현식을 사용하여 객체를 선택한 뒤, 선택된 객체를 다른 이름으로 저장하여 도로상에 위치한 수요지 공간데이터(그림 3-8, 이하 센트로이드 노드)를 제작하였다.

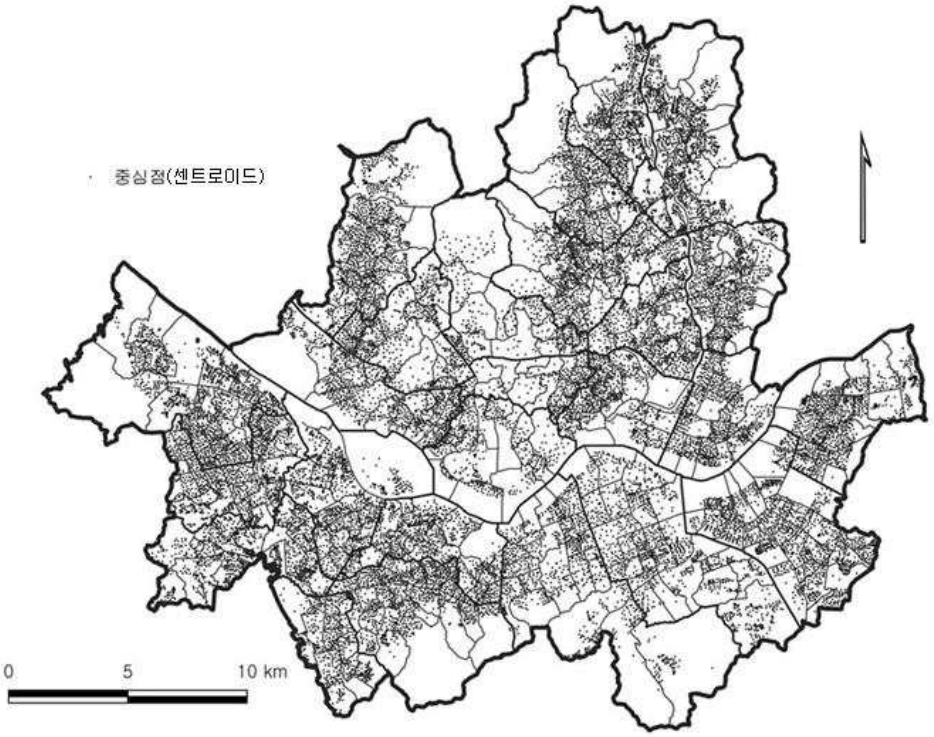


그림 3-7. 서울시 집계구별 중심점(센트로이드)

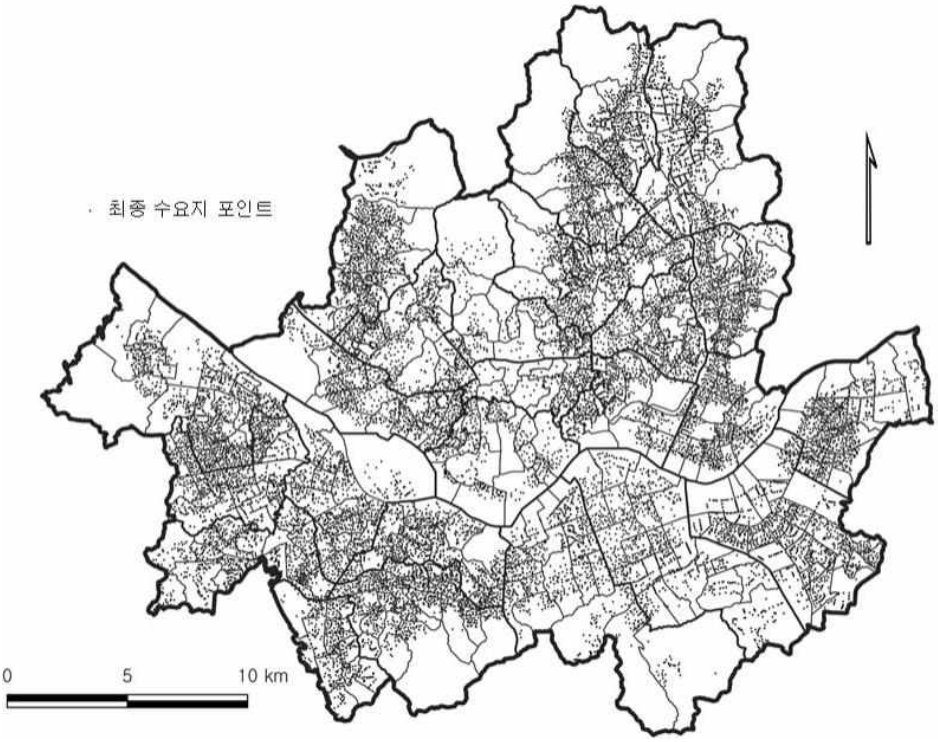


그림 3-8. 분석에 사용할 최종 수요지 포인트 데이터

3) 공급지 데이터

공급지 데이터는 서울특별시교육청에서 제공하는 '서울시 학교별 현황 정보(2019.04. 기준)'에서 연구 대상인 228개 학교를 추출하고, 지오코딩(geocoding)하여 사용하였다. 지오코딩에 대해 상술하면, '서울시 학교별 현황 정보'에는 학교별 주소 데이터가 포함되어있는데, 구글에서 Geocode by Awesome Table을 설치하고 Google Sheets에서 해당 기능을 사용하여 각 학교의 주소 데이터를 경위도 좌표계로 변환하였다. 이렇게 지오코딩된 학교 데이터를 지도상에 나타내면 그림 3-9와 같다.

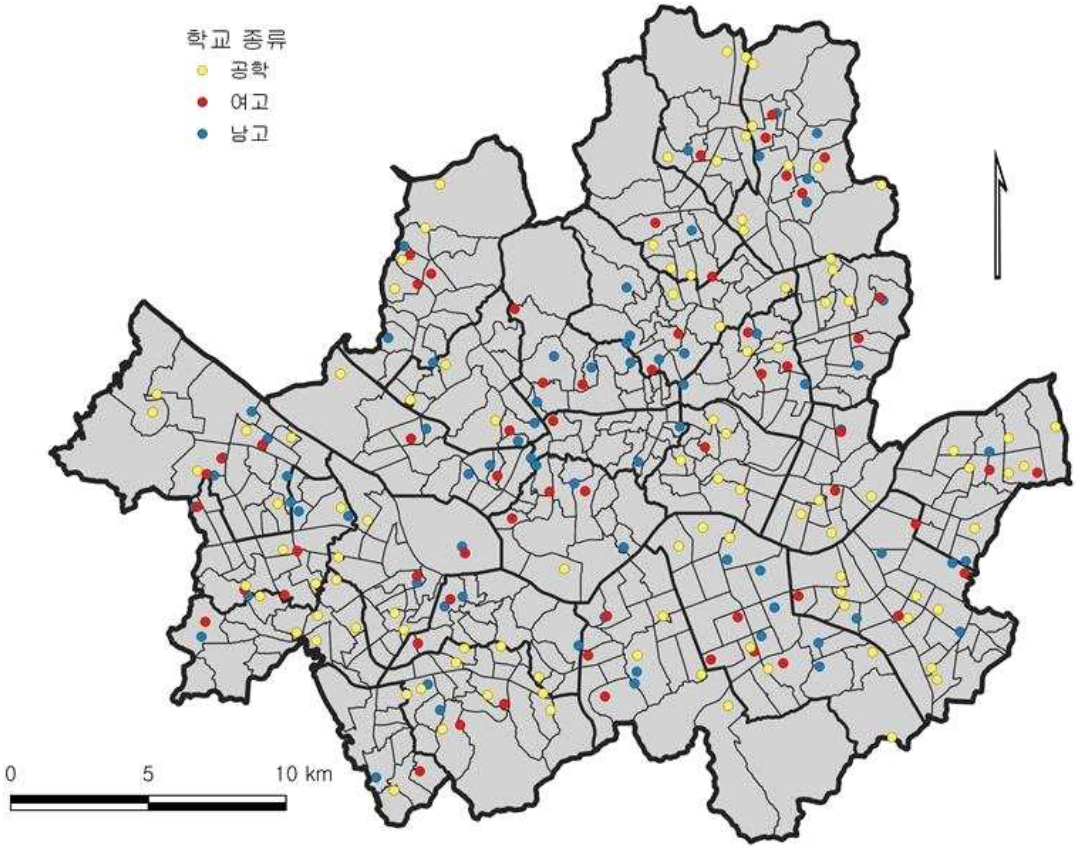


그림 3-9. 서울시 고등학교 성별 위치

다음으로 수요지와 같이 도로상에 공급지를 위치시키기 위해, 각 학교로부터 가장 가까운 도로 네트워크 데이터의 노드를 찾아내고 해당 노드까지의 거리와 함께 학교의 속성데이터를 넣어주는 작업을 진행하였다.

학교는 집계구와 달리 그 수가 적어 과정이 다소 간략화될 수 있었다. 먼저 '최근접 허브까지의 거리(포인트)' 기능에서 원본 포인트 레이어는 학교, 대상 허브 레이어는 도로 노드, 허브 레이어 이름 속성은 'id', 단위는 미터로 설정하고 사용하여 '허브까지의 거리 레이어'를 생성하였다. 다음으로 '최근접 거리를 이용하여 속성을 결합' 기능에서 입력 레이어는 도로 노드, 입력 레이어2는 '허브까지의 거리 레이어'를 두고 최대 최근접 이웃수를 5로 설정하고 실행하였다. 그리고 '표현식으로 객체 선택' 기능에서 "id"="HubName" 표현식을 사용하여 객체를 선택한 뒤, 선택된 객체를 다른 이름으로 저장하여 도로상에 위치한 공급지 공간데이터(그림 3-10, 이하 학교 노드)를 제작하였다.

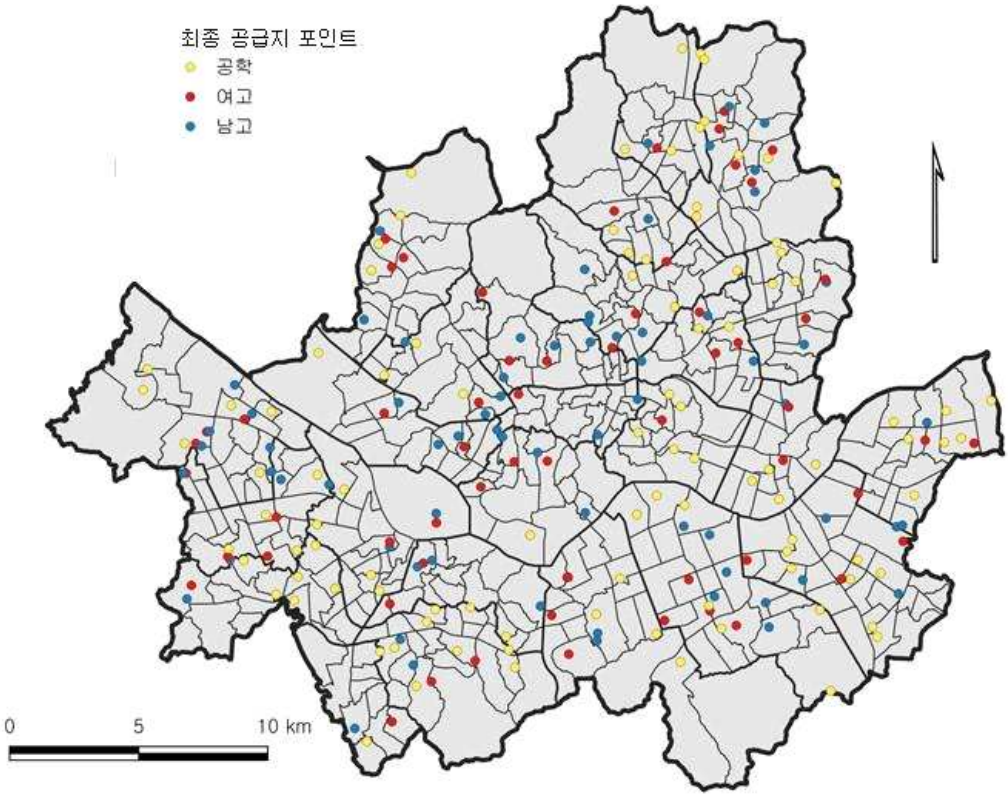


그림 3-10. 분석에 사용할 최종 공급지 포인트 데이터

3. 접근성 분석 과정

1) 1단계 : 개별 공급지의 인구대비공급비 R_j 계산

개별 공급지의 인구대비공급비를 구하기 위해서는 우선 개별 공급지로부터 각 수요지까지의 시간거리를 구해야 한다. 이를 위해 QGIS의 '최단 경로 분석(포인트에서 레이어로)' 기능을 사용하였다. 여기서 네트워크를 나타내는 레이어는 도로 네트워크 데이터로, 계산할 유형은 '최속'으로, 시작점은 각 학교 노드의 좌표(학교 노드의 'feature_x', 'feature_y' 열)로, 종단 포인트를 가진 레이어는 센트로이드 노드로, 속도 필드는 도로 데이터의 'speed(km/h)'열로, 기본 속도는 4로, 위상 허용 오차는 1로 두고 이용하였고(그림 3-11 참고), 해당 작업을 통해 각 학교 노드로부터 개별 센트로이드 노드까지의 시간거리 값을 구할 수 있다. 이 작업은 시작점을 매번 다음 학교 노드로 변경하면서 작업해주어야 하기에 이를 Python으로 자동화하여 진행하였다.

다음으로 거리 단계(D_r)에 포함되는 수요지를 선택하였다. 즉, 위 단계에서 구한 시간거리, 학교에서 학교 노드까지의 시간거리(학교 노드의 'HubDist' ÷ 4000[17]), 센트로이드에서 센트로이드까지의 시간거리(센트로이드 노드의 'HubDist' ÷ 4000[18]) 세 개의 합이 10분 이하(D_1), 20분 이하(D_2), 30분 이하(D_3)인 센트로이드 노드를 각각 선택하였다[19]. 그리고 선택된 객체의 10-14세 전체 인구, 남성 인구, 여성 인구를 합을 각각 계산하였고, 1, 0.68, 0.22의 가중치를 부여하기 위하여, 30분 이하에는 0.22, 20분 이하에는 0.46, 10분 이하에는 0.32를 곱하여 더해주었다.

---

17) 학교 노드의 'HubDist' 열은 학교와 학교 노드 사이의 거리(단위 m) 데이터를 가지고 있다. 학교 노드에서 학교까지 걷는다(4km/h = 4000m/h)고 가정하면, 시간 = 거리 ÷ 속력이므로, 학교와 학교 노드 사이의 시간거리 = 'HubDist' ÷ 4000 이라고 할 수 있다.
18) 학교의 경우와 마찬가지로, 센트로이드 노드의 'HubDist' 열은 센트로이드와 센트로이드 노드 사이의 거리(단위 m) 데이터를 가지고 있다. 센트로이드 노드에서 센트로이드까지 걷는다(4km/h = 4000m/h)고 가정하면, 시간 = 거리 ÷ 속력이므로, 센트로이드와 센트로이드 노드 사이의 시간거리 = 'HubDist' ÷ 4000 이라고 할 수 있다.
19) QGIS에서 시간의 기본단위는 '시간(hour)'이어서, 1/6(10분), 1/3(20분), 1/2(30분)로 설정하였다.

마지막으로 인구대비공급비 값을 구하기 위하여, 위에서 구한 각 학교의 범위 안에 포함되는 가중치를 부여한 인구값으로 교실 수를 나누어주면 총 3종류의 인구대비공급비(교실 수/전체 인구, 교실 수/남성 인구, 교실 수/여성 인구)가 나온다. 이를 학교명을 이용하여 학교 노드에 결합해주었다.

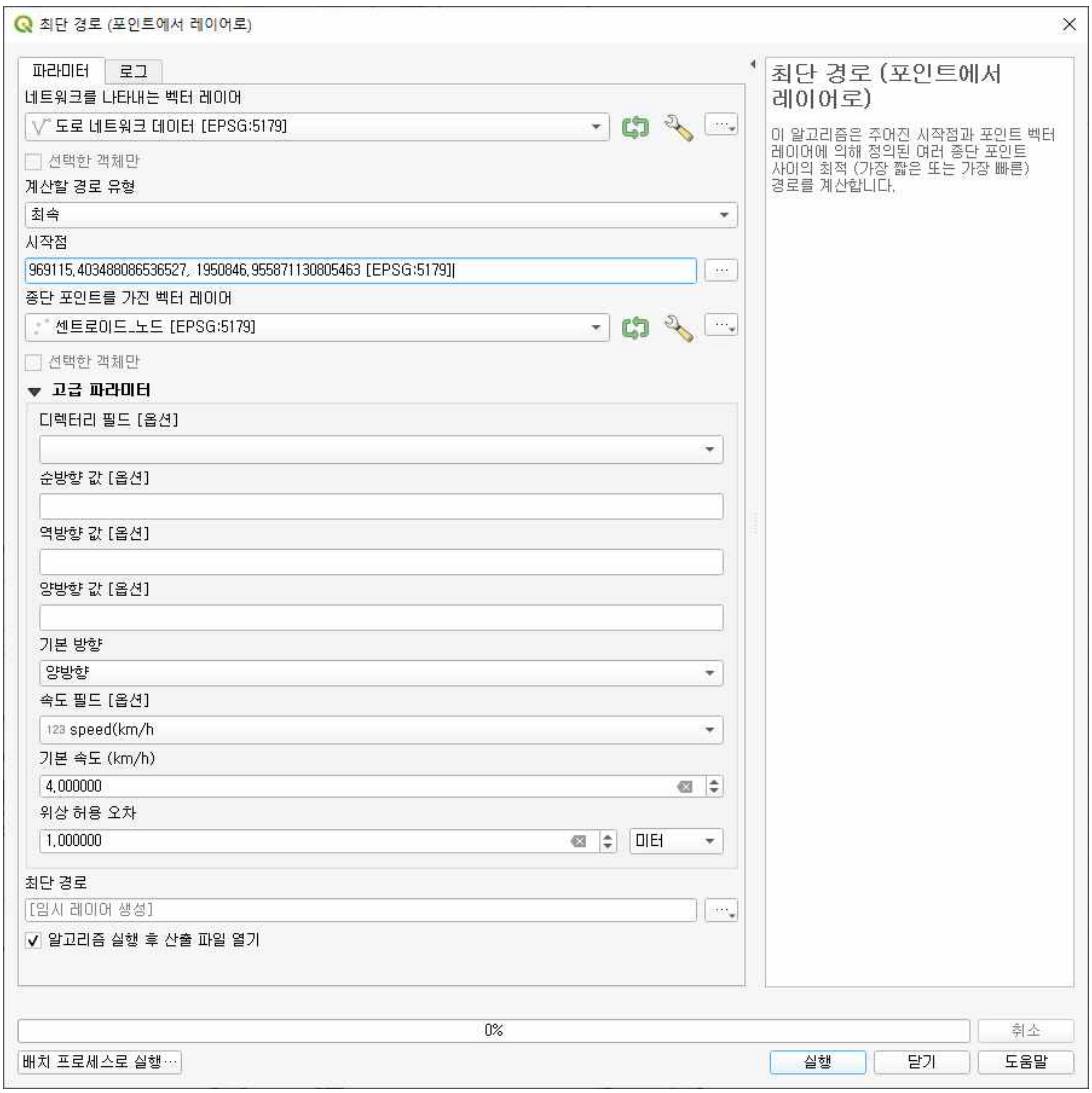


그림 3-11. QGIS의 '최단 경로(포인트에서 레이어로)' 기능 사용의 예
(시작점 : 배재고등학교)

2) 2단계 : 개별 수요지의 접근성 지수 A_i^F 계산

개별 수요지의 접근성 지수를 계산하는 것은 개별 공급지의 인구대비 공급비를 계산하는 과정과 상당히 유사하다. 먼저 개별 수요지로부터 각 공급지까지의 시간거리를 구한다. 이는 QGIS의 '최단 경로 분석(포인트에서 레이어로)' 기능을 사용하여 구하였다. 여기서 네트워크를 나타내는 레이어는 도로 네트워크 데이터로, 계산할 유형은 '최속'으로, 시작점은 각 센트로이드 노드의 좌표(센트로이드 노드의 'feature_x', 'feature_y' 열)로, 종단 포인트를 가진 레이어는 학교 노드로, 속도 필드는 도로 데이터의 'speed(km/h)'열로, 기본 속도는 4로, 위상 허용 오차는 1로 두고 이용하였고, 이 작업 또한 Python으로 자동화하여 진행하였다. 이렇게 각 센트로이드로 노드로부터 학교 노드까지의 시간거리 값을 구하였다.

다음으로 거리 단계(D_r)에 포함되는 공급지를 선택하였다. 즉, 위 단계에서 구한 시간거리, 학교에서 학교 노드까지의 시간거리(학교 노드의 'HubDist' ÷ 4000), 센트로이드에서 센트로이드까지의 시간거리(센트로이드 노드의 'HubDist' ÷ 4000) 세 개의 합이 10분 이하(D_1), 20분 이하(D_2), 30분 이하(D_3)인 학교 노드를 각각 선택하였다. 그리고 선택된 객체 중 전체 학교(남녀공학, 남고, 여고)의 전체 인구대비공급비, 공학과 남고의 남성 인구대비공급비, 공학과 여고의 여성 인구대비공급비, 남고의 남성 인구대비공급비, 여고의 여성 인구대비공급비, 공학의 전체 인구대비공급비의 합을 각각 계산하였고, 1, 0.68, 0.22의 가중치를 부여하기 위하여, 30분 이하에는 0.22, 20분 이하에는 0.46, 10분 이하에는 0.32를 곱하여 더해주었다. 이 값의 계산에 포함된 인구대비공급비는 10-14세 인구로서, 5개의 연령을 수요지의 인구로 계산한 값인데, 학교는 3개의 연령이 같이 다니므로 이 값에 5/3을 곱해주고[20], 여기에 100을 곱하면 이는 학생 100명당 교실 수와 유사한 의미를 지니는 접근성 지수가 된다. 이렇게 만들어진 접근성 지수를 기존 대시메트릭 매핑을 한 집계구 데이터에 집계구 코드를 이용하여 결합해주었다.

---

20) 인구대비공급비 × 5/3
= 교실 수 ÷ ('10-14세 인구' × 3/5) = (교실 수 / '10-14세 인구') × 5/3

제 2 절 교육 서비스의 공간적 접근성 분석 결과

1. 전체 교육 서비스에 대한 접근성 분포

전체 인구에 대한 전체 학교(공학, 남고, 여고)의 집계구별 접근성 지수(이하 전체 접근성 지수)는 그림 3-12와 같이 나타난다. 그림 3-13은 이에 대한 히스토그램이고, 3-14는 가로축에 집계구의 누적백분율, 세로축에 전체 접근성 지수의 누적백분율을 넣어 만든 로렌츠곡선이다. 이에 대한 지니계수는 0.1424으로 도출되었고, 그 값이 0.4 이하이므로 접근성의 집중도는 높지 않은 것으로 판단된다. 한편, 군집도를 파악하기 위해서는 공간객체들이 서로 붙어있어 이웃관계를 확인해야 하는데, 대시메트릭 매핑 과정에서 일부 지역이 고립된 경우가 발생하였고, 이 문제를 해결하기 위하여, 기존 집계구 공간데이터에 산출된 접근성 지수를 대입하여 이웃관계를 설정해주었다. 이런 과정을 거쳐 계산한 Moran's I는 0.8129으로, 양의 공간적 자기상관이 강하게 나타나 전역적 군집도가 매우 높다는 것을 확인할 수 있다(표 3-2 참고). 이렇게 전역적 군집도가 높게 나타나는 이유는 공간 단위가 작고 접근성을 계산하는 과정에서 동일한 네트워크를 이용하여, 한 지역의 접근성이 이웃한 지역과 크게 달라지기 힘들기 때문으로 판단된다. 즉, 학교까지의 접근성을 계산할 때 비슷한 경로를 이용하고, 공간 단위 사이의 간격이 멀지 않아 이웃 지역과의 접근성 지수의 차이가 크지 않으므로, 양의 공간적 자기상관이 강하게 나타나는 것이다.

표 3-2. 집계구별 전체 접근성 지수의 집중도 및 전역적 군집도

공간단위	집중도	전역적 군집도
	지니계수	Moran's I
집계구	0.1424	0.8129(0.000)

주: 괄호 안의 수치는 p-value를 나타냄

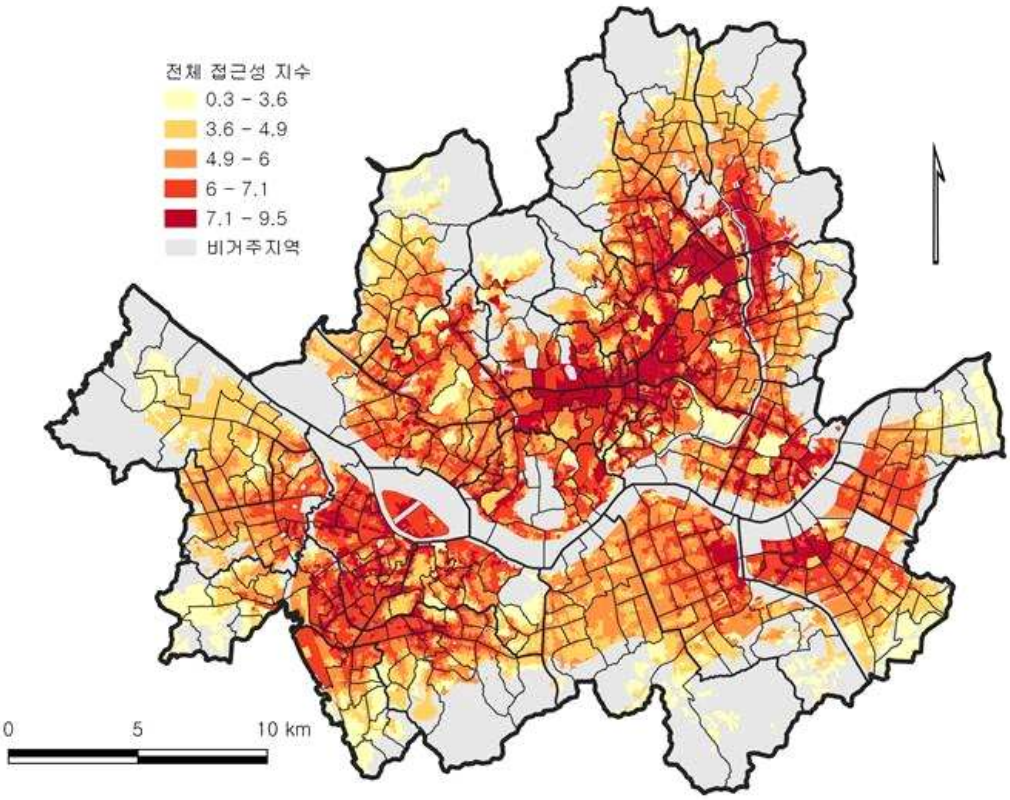


그림 3-12. 집계구별 전체 접근성 지수 지도

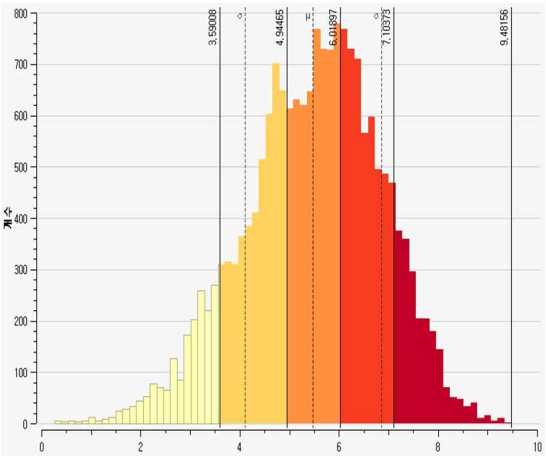


그림 3-13. 집계구별
전체 접근성 지수 히스토그램

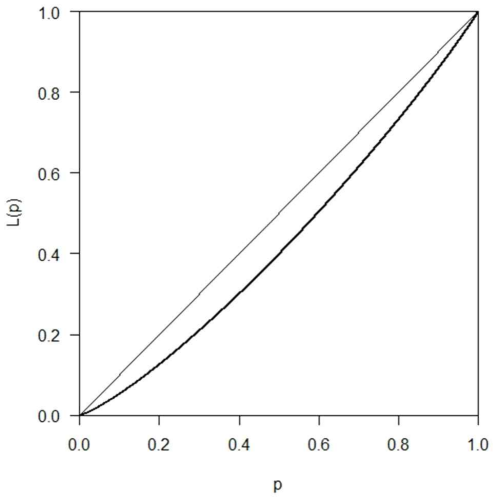


그림 3-14. 집계구별
전체 접근성 지수 로렌츠곡선

다음으로, 동별 교육 서비스 접근성 지수를 살펴보고자 하는데, 이는 집계구 데이터를 표준화해서 산출하였다(부록 참고). 상술하면, 각 행정동에 속하는 집계구의 접근성 지수와 해당 집계구 면적의 곱을 모두 더하고, 이를 행정동에 속하는 집계구 면적의 합으로 나누어주어 개별 행정동의 접근성 지수를 계산하였다. 동별로 표준화한 데이터를 시각화하면 그림 3-15와 같고, 그림 3-16은 이에 대한 히스토그램이며, 3-17은 가로축에 행정동의 누적백분율, 세로축에 전체 접근성 지수의 누적백분율을 넣어 만든 로렌츠곡선이다. 전체 인구에 대한 전체 학교의 동별 접근성 지수의 지니계수는 0.114이고, Moran's *I*는 0.6607로 산출되었다(표 3-3 참고).

표 3-3. 전체 접근성 지수의 집중도 및 전역적 군집도

공간단위	집중도	전역적 군집도
	지니계수	Moran's *I*
행정동	0.1140	0.6607(0.000)
집계구	0.1424	0.8129(0.000)

주: 괄호 안의 수치는 p-value를 나타냄

여기서 동별 집중도와 군집도는 집계구별 집중도와 군집도보다 낮게 나타났는데(표 3-3 참고), 그 까닭은 공간 단위 임의성의 문제(Modifiable Areal Unit Problem, 이하 MAUP)에 의한 것으로 판단된다. MAUP이란 연구에 사용되는 "공간 단위의 선택이 임의적이며, 연구의 결과는 임의적으로 선택된 공간 단위에 의존"한다는 문제이다(이상일, 1999; 이소영, 2020). 다시 말해, 공간분석에 이용되는 공간 단위가 수정 가능(modifiable)하므로 임의적 특성이 있고, 이러한 공간 단위로 공간을 구성하여 도출된 통계값은 해당 공간 단위에 대한 의존성이 있다는 것이다(Lee *et al.*, 2019). MAUP은 "합역(合域, spatial aggregation)과 스케일(scale)이 야기하는 효과"로 볼 수 있는데(Longley *et al.*, 2005; 이상일 등 역, 2009), 집중도는 합역의 측면에서, 군집도는 합역과 스케일의 측

면에서 설명이 가능하다. 먼저, 합역은 여러 단위 공간을 합쳐 큰 단위 공간으로 변환하는 과정에서 속성값을 표준화시키기 때문에, “합역 전의 이상치(outliers)가 다른 지역의 값들과 합산되면서 평균값을 향해 수렴하는 경향”이 나타나므로, 변수의 변량이 감소하는 균질화 효과(smoothing effect)가 발생하게 된다(Fotheringham and Wong, 1991; Wong, 1996; 이상일, 1999 재인용). 따라서 균질화 효과에 의해 이상치가 줄어들고 접근성 지수의 분포가 균등해지면서 집중도가 감소한 것이다. 한편 군집도는 합역에 의한 균질화 효과와 더불어 스케일의 영향도 받는다. 다시 말해, 공간 단위가 작을수록 공간적 자기상관의 값은 커지는데(Chou, 1995; 이상일, 1999 재인용; Lee *et al.*, 2019), 이는 공간 단위가 작으면 공간 단위 사이의 거리가 짧게 나타나고 Tobler(1970)의 지리학의 제1 법칙[21]인 거리조락의 원리에 의해 공간 단위 사이의 거리가 먼 경우보다 이웃 지역과 유사하므로 양의 공간적 자기상관으로 이어지는 것으로 해석할 수 있다.

덧붙여서, 집계구별 전체 접근성 지수를 구별로 구분하여 박스 플롯 및 바이올린 플롯으로 나타내면 그림 3-18과 같다. 박스 플롯과 바이올린 플롯은 자료의 분포를 매우 직관적으로 보여주는 그래프인데, 박스 플롯은 최대값과 최소값, 중위값, 사분위값(quartile)을 표현하고 이상치를 점으로 나타낸다. 바이올린 플롯은 히스토그램과 같이 데이터 전체의 분포를 나타내는데, 데이터에 1개 이상의 피크(peak)가 있을 때 피크의 위치와 상대적인 진폭을 효과적으로 표현하여, 다른 범주의 데이터와 비교할 때 유용하게 쓰인다.

---

21) “Everything is related to everything else, but near things are more related than distant things.(모든 것은 다른 모든 것과 연관되어 있다. 그러나 가까이 있는 것이 멀리 있는 것보다 더 연관되어 있다.)”

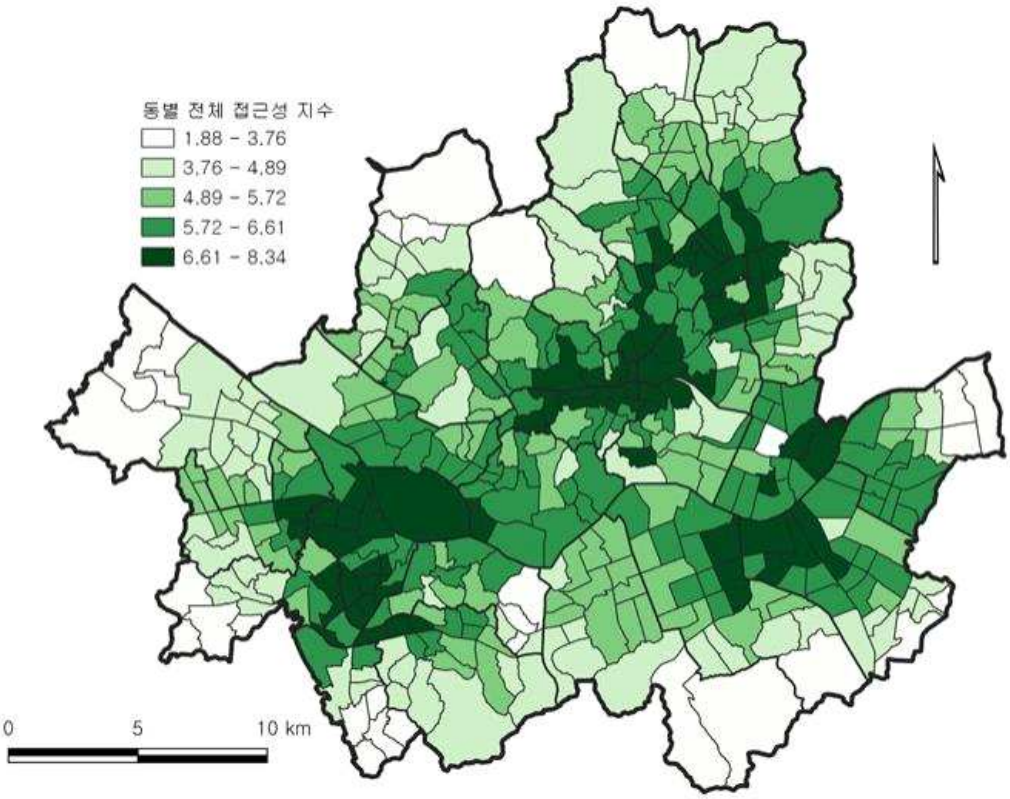


그림 3-15. 동별 전체 접근성 지수 지도

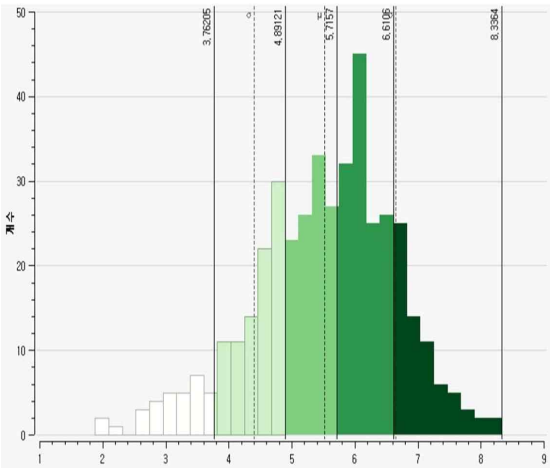


그림 3-16. 동별 전체 접근성 지수 히스토그램

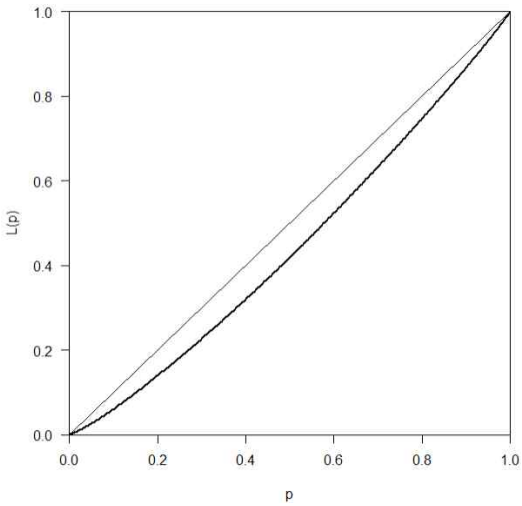


그림 3-17. 동별 전체 접근성 지수 로렌츠곡선

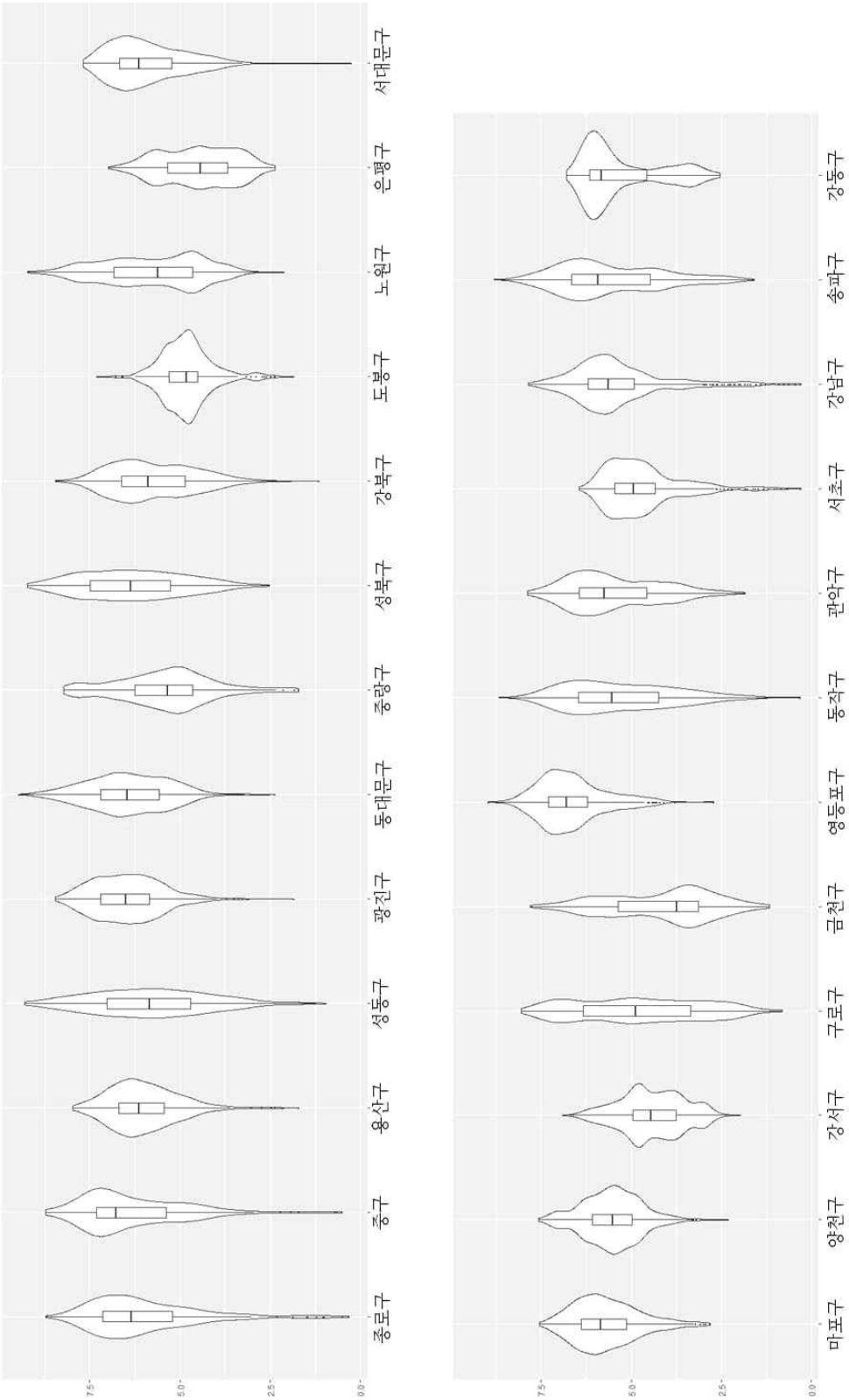


그림 3-18. 전체 교육 서비스의 집계구별 접근성 지수의 구별 박스 및 바이올린 플롯

2. 교육 서비스에 대한 접근성의 성별 차이 비교

교육 서비스에 대한 공간적 접근성의 성별 차이를 비교하기 위하여, 남성 인구에 대한 공학과 남고로의 집계구별 접근성 지수(이하 남성 접근성 지수)와 여성 인구에 대한 공학과 여고로의 집계구별 접근성 지수(이하 여성 접근성 지수)를 이용하고자 한다. 먼저, 두 지수의 산포도를 나타내면 그림 3-19와 같으며, 박스 플롯 및 바이올린 플롯으로 비교하면 그림 3-20과 같다. 여기서 두 지수의 피어슨 상관계수(Pearson's r)는 0.8822(p-value<0.000)로 강한 양의 상관관계를 이루고 있다. 다음으로 이를 지도화하면, 남성 접근성 지수는 그림 3-21과 같이 나타나고, 그림 3-22는 이에 대한 히스토그램이며, 그림 3-23은 가로축에 집계구의 누적백분율, 세로축에 남성 접근성 지수의 누적백분율을 넣어 만든 로렌츠곡선이다. 이에 대한 지니계수는 0.1419로 도출되었고, 전역적 군집도에 해당하는 Moran's I는 0.8087으로 계산되었다(표 3-4 참고). 반면, 여성 접근성 지수 지도는 그림 3-24와 같이 나타나며, 그림 3-25는 이에 대한 히스토그램이고, 그림 3-26은 가로축에 집계구의 누적백분율, 세로축에 여성 접근성 지수의 누적백분율을 넣어 만든 로렌츠곡선이다. 이에 대한 지니계수는 0.1489로 도출되었고, Moran's I는 0.8313으로 계산되었다(표 3-4 참고). 지도를 보면 둘의 분포는 유사하게 나타났지만, 남성 접근성 지수가 서울 중심부에서 더 높게 나타남을 확인할 수 있다. 또한 남녀 모두 접근성 지수의 집중도는 낮고, 전역적 군집도는 높게 나왔지만, 상대적으로 여성 접근성 지수의 집중도와 전역적 군집도가 남성 접근성 지수의 집중도와 전역적 군집도보다 높게 나타났다.

표 3-4. 성별에 따른
집계구별 교육 서비스 접근성 지수의 집중도 및 전역적 군집도

공간단위	성별	집중도	전역적 군집도
		지니계수	Moran's I
집계구	남성	0.1419	0.8087(0.000)
	여성	0.1489	0.8313(0.000)

주: 괄호 안의 수치는 p-value를 나타냄

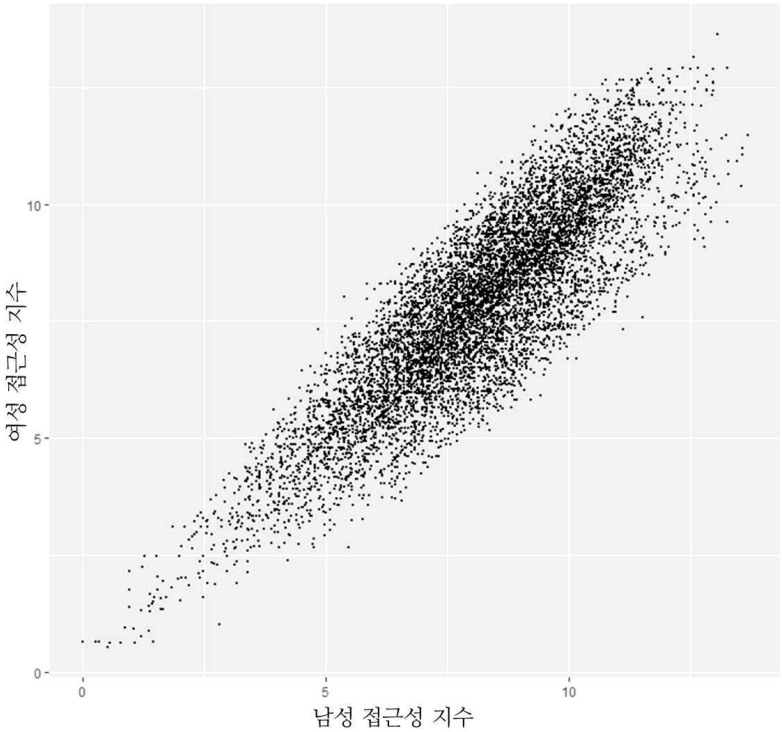


그림 3-19. 남성 접근성 지수와 여성 접근성 지수 산포도

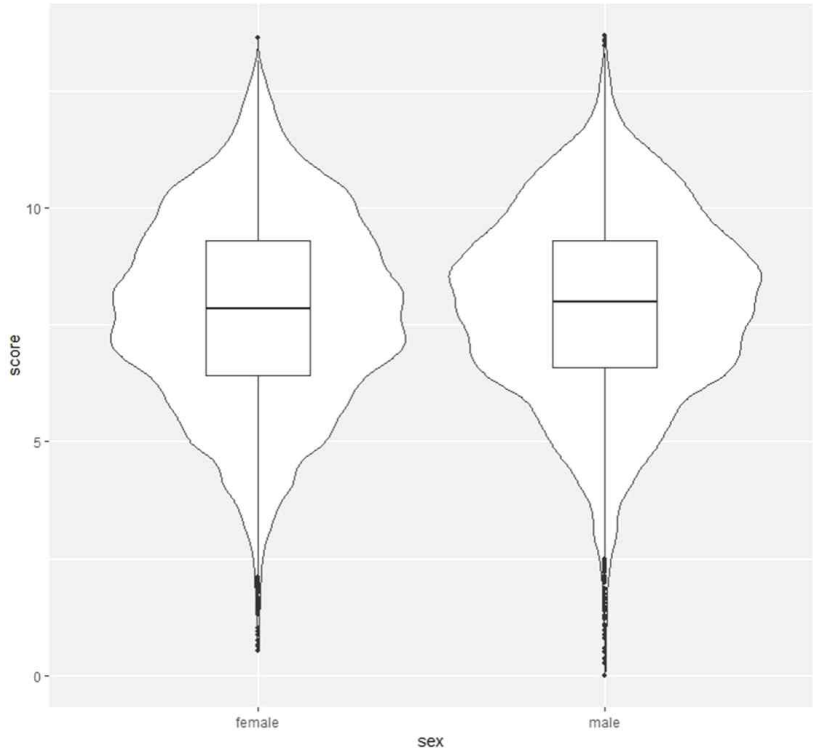


그림 3-20. 성별 접근성 지수 박스 플롯 및 바이올린 플롯

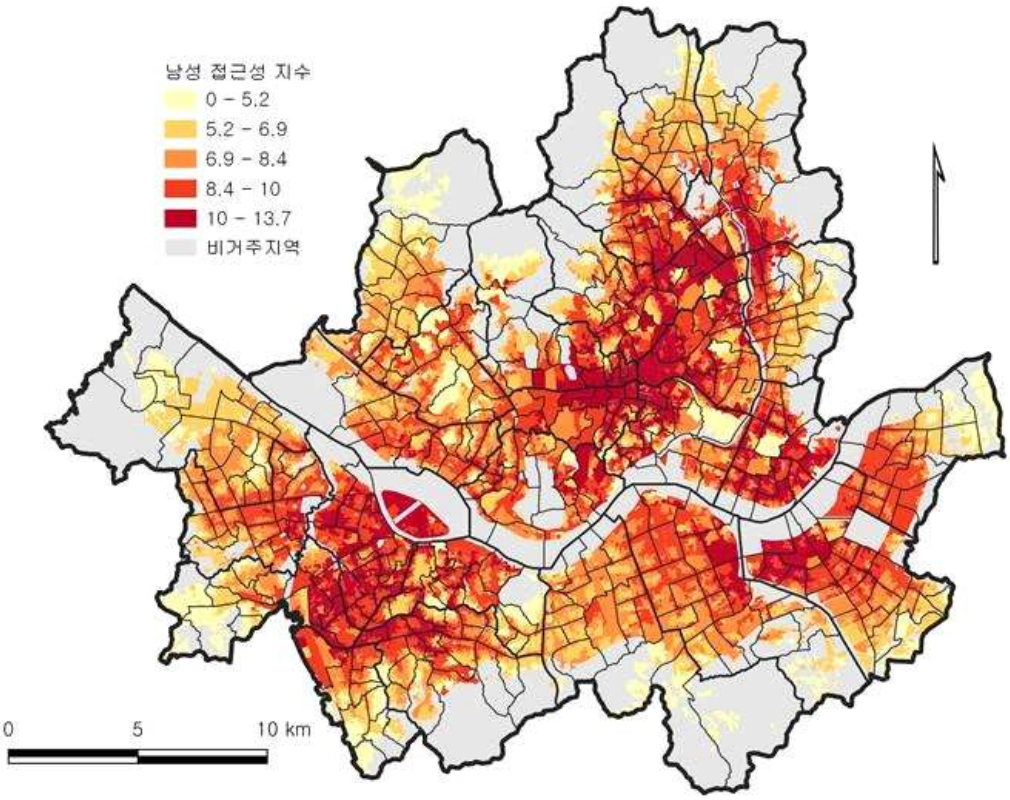


그림 3-21. 집계구별 남성 접근성 지수 지도

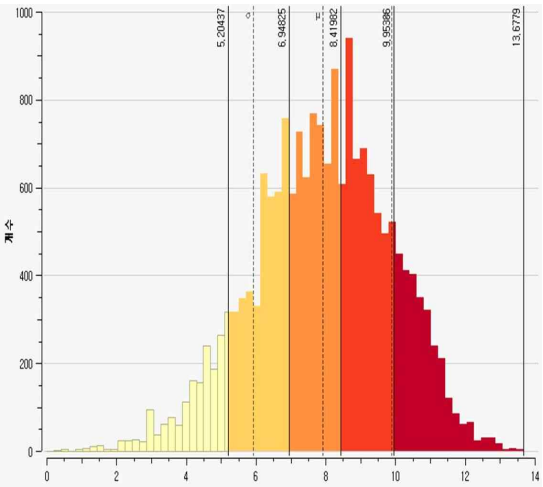


그림 3-22. 집계구별
남성 접근성 지수 히스토그램

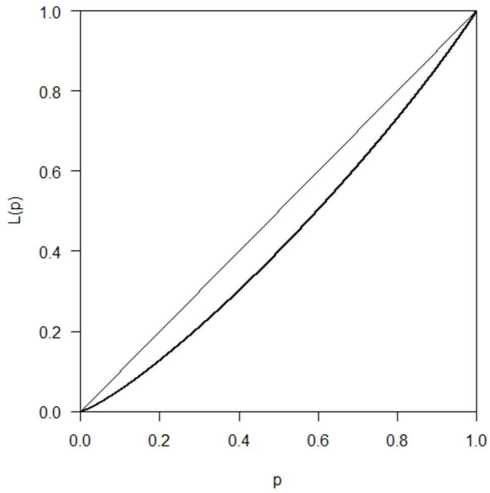


그림 3-23. 집계구별
남성 접근성 지수 로렌츠곡선

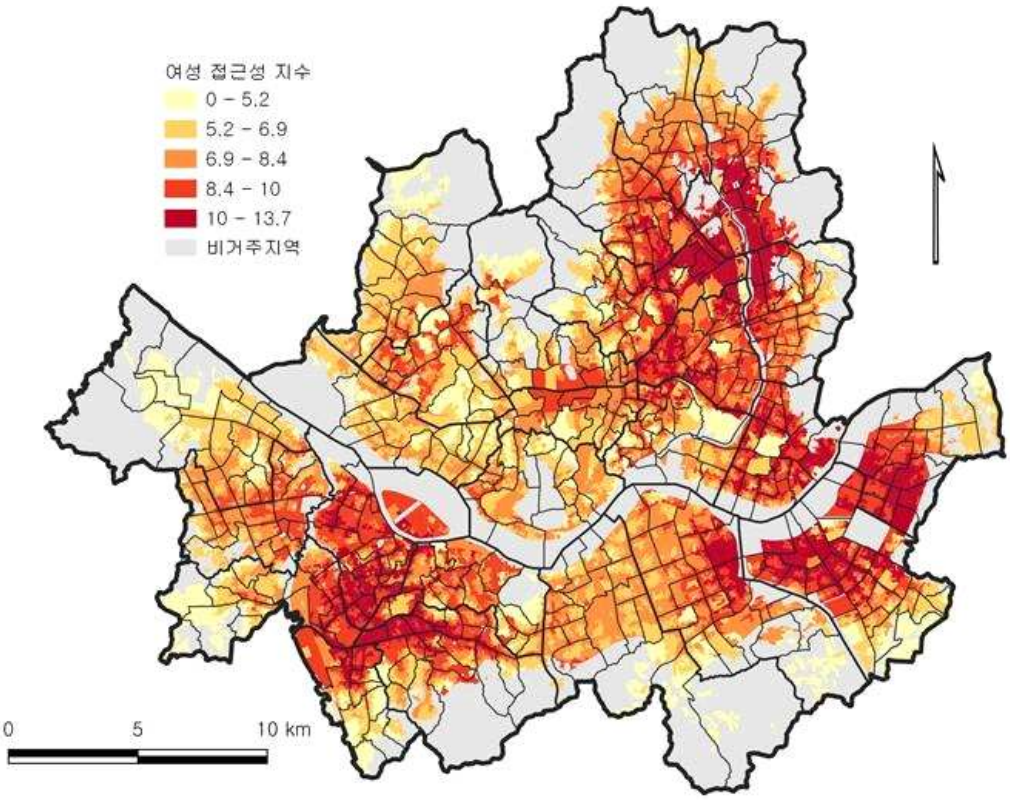


그림 3-24. 집계구별 여성 접근성 지수 지도

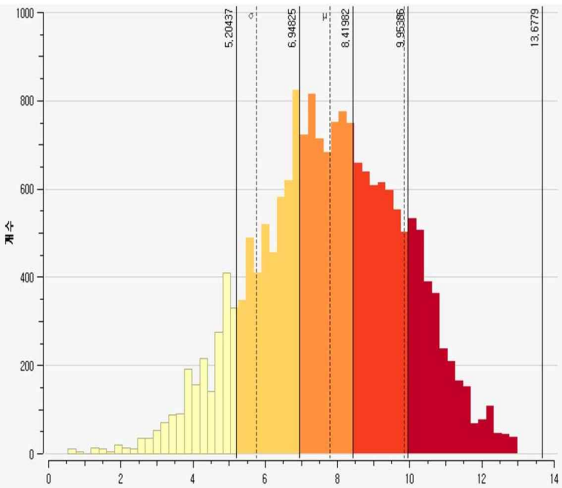


그림 3-25. 집계구별
여성 접근성 지수 히스토그램

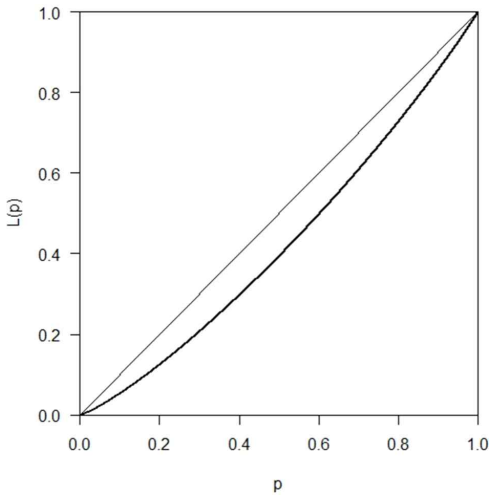


그림 3-26. 집계구별
여성 접근성 지수 로렌츠곡선

다음으로, 공간 단위를 행정동으로 확장하여 보기 위하여, 집계구별 접근성 지수를 동별 접근성 지수로 변환하였다(부록 참고). 동별 남성 접근성 지수를 시각화하면 그림 3-27과 같고, 그림 3-28은 이에 대한 히스토그램이며, 그림 3-29는 가로축에 행정동의 누적백분율, 세로축에 남성 접근성 지수의 누적백분율을 넣어 만든 로렌츠곡선이다. 남성 인구에 대한 공학과 남고의 동별 접근성 지수의 지니계수는 0.1133이고, Moran's *I*는 0.6592로 산출되었다(표 3-5 참고). 반면, 동별 여성 접근성 지수를 시각화하면 그림 3-30과 같고, 그림 3-31은 이에 대한 히스토그램이며, 그림 3-32는 가로축에 행정동의 누적백분율, 세로축에 여성 접근성 지수의 누적백분율을 넣어 만든 로렌츠곡선이다. 여성 인구에 대한 공학과 여고의 동별 접근성 지수의 지니계수는 0.1235이고, Moran's *I*는 0.6900으로 산출되었다(표 3-5 참고). 여기서도 전체 접근성 지수의 경우와 마찬가지로 MAUP으로 인하여 동별 집중도와 전역적 군집도가 집계구별 집중도와 전역적 군집도보다 낮게 나타난 것으로 보이나, 여성 접근성 지수의 집중도와 전역적 군집도가 남성 접근성 지수의 집중도와 전역적 군집도보다 높게 나타나는 것은 집계구의 경우와 다름이 없고 그 차는 오히려 증가하였다.

표 3-5. 성별에 따른
교육 서비스 접근성 지수의 집중도 및 전역적 군집도

공간단위	성별	집중도	전역적 군집도
		지니계수	Moran's *I*
집계구	남성	0.1419	0.8087(0.000)
	여성	0.1489	0.8313(0.000)
행정동	남성	0.1133	0.6592(0.000)
	여성	0.1235	0.6900(0.000)

주: 괄호 안의 수치는 p-value를 나타냄

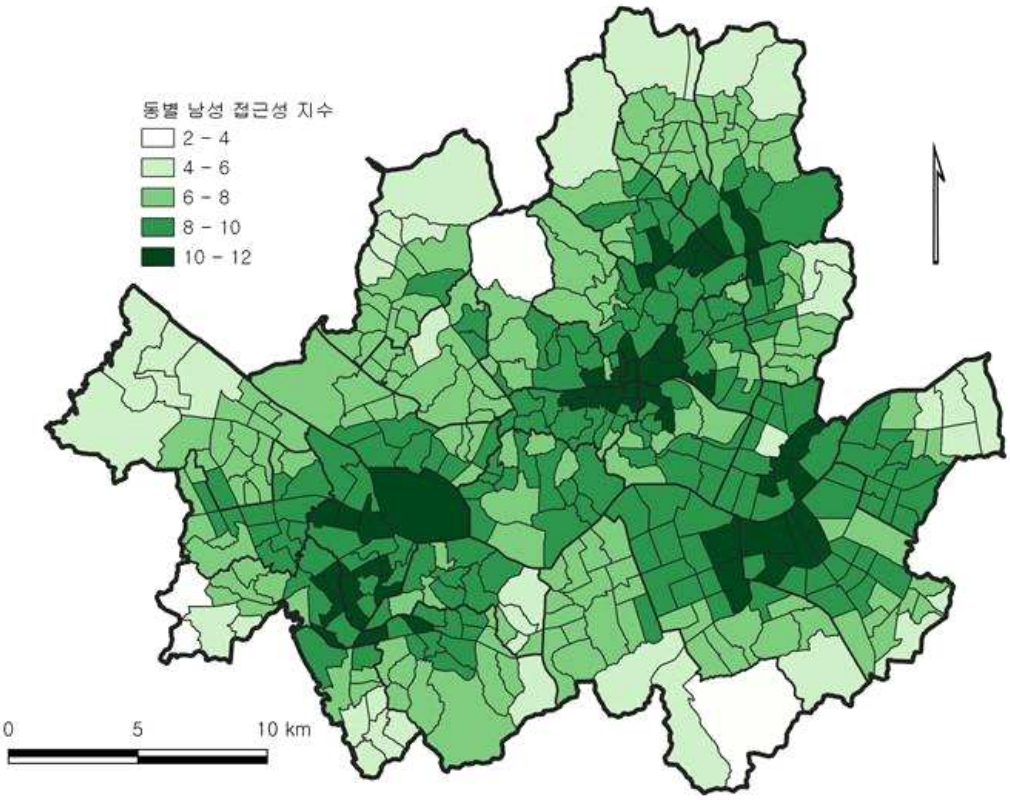


그림 3-27. 동별 남성 접근성 지수 지도

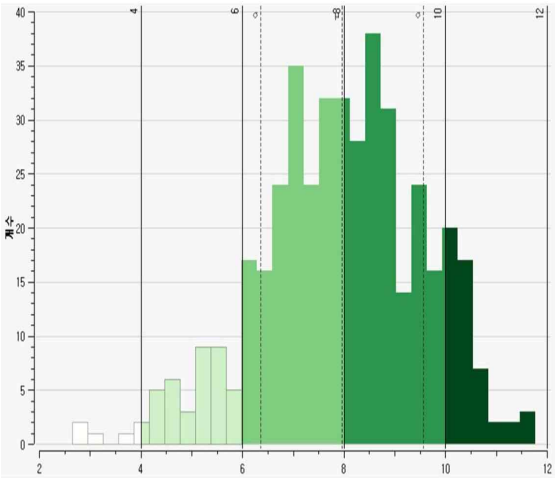


그림 3-28. 동별 남성 접근성 지수 히스토그램

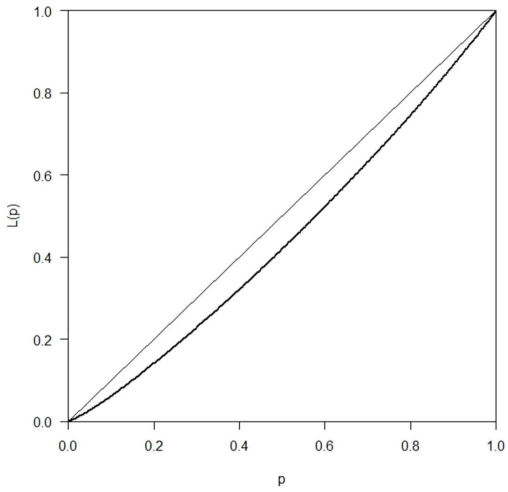


그림 3-29. 동별 남성 접근성 지수 로렌츠곡선

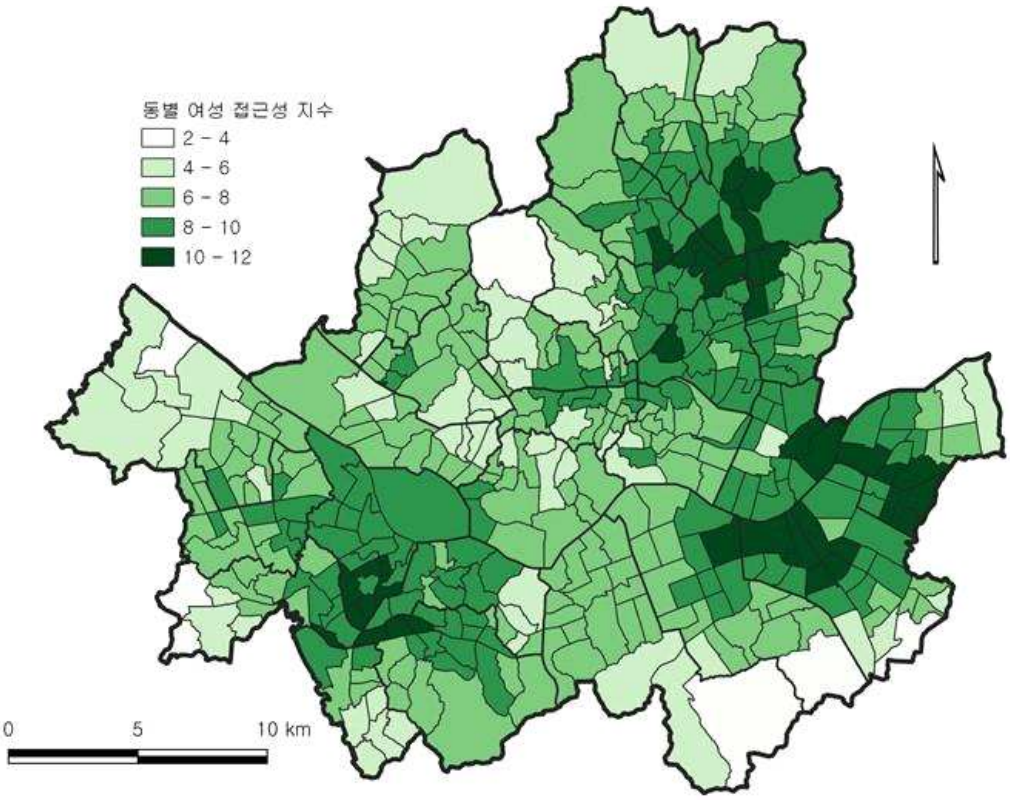


그림 3-30. 동별 여성 접근성 지수 지도

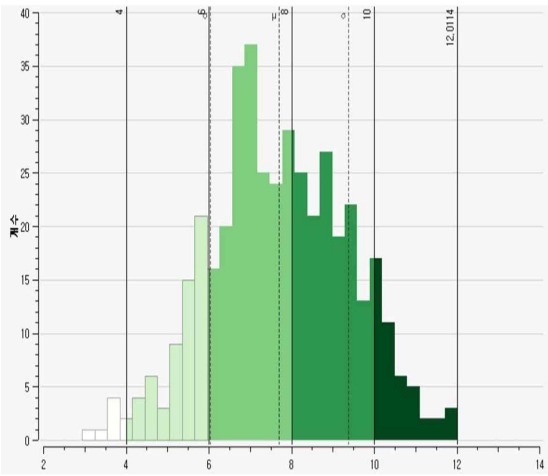


그림 3-31. 동별 여성 접근성 지수 히스토그램

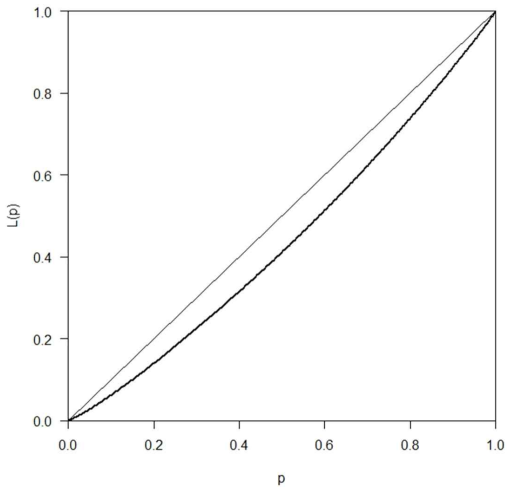


그림 3-32. 동별 여성 접근성 지수 로렌츠곡선

덧붙여서, 교육 서비스 접근성에 대한 남녀의 상대적 우위를 알아보기 위하여, 집계구별 남성 접근성 지수에서 집계구별 여성 접근성 지수를 빼고 이를 시각화하면 그림 3-33과 같다. 여기서 양수는 남성 접근성 지수가, 음수는 여성 접근성 지수가 더 큰 것이므로, 지도에서 빨간색 부분은 남성 접근성 지수가 더 높은 지역이고, 파란색 부분은 여성 접근성 지수가 더 높은 지역이다. 또한 앞에서 구한 값의 국지적 군집도를 확인하기 위하여 Getis-Ord's G_i^*를 계산한 후 이를 지도화하면 그림 3-34와 같다. 여기서 남성의 상대적 접근성이 좋은 공간이 군집한 핫스팟은 주로 서울의 중심부에 분포하였으며, 여성의 상대적 접근성이 좋은 공간이 군집한 콜드스팟은 서울의 동쪽에 주로 분포하였다.

이를 행정동으로 공간 단위를 넓혀서 살펴보기 위하여, 동별 남성 접근성 지수에서 동별 여성 접근성 지수를 빼고 이를 지도화하면 그림 3-35와 같다. 여기서도 그림 3-33과 같이 빨간색 부분은 남성 접근성 지수가 더 높은 지역이고, 파란색 부분은 여성 접근성 지수가 더 높은 지역이다. 여기서는 집계구에서와 달리 여성 접근성 지수가 남성 접근성 지수보다 2이상 큰 지역(진한 파란색 지역)이 나타나지 않았다. 그리고 이에 대한 국지적 군집도를 확인하기 위하여 Getis-Ord's G_i^*를 산출하고 지도화하면 그림 3-36와 같다. 여기서 값이 낮게 나온 지역은 공릉1동, 길동, 묵1동, 상봉1동, 하계2동 순이었으며, 높게 나온 지역은 신당동, 장충동, 삼선동, 용산2가동, 창신1동 순이었다(표 3-6 및 부록 참고). 그림 3-34와 36은 전체적인 경향은 유사하게 나타났으나, 송파구 남서부의 핫스팟이 나타나지 않는 등의 일부 지역에서 차이를 보이기도 하였다.

표 3-6. 남녀 접근성 지수의 차에 대한 Getis-Ord's G_i^* 상위 5개 행정동

콜드스팟	G_i^* 값	핫스팟	G_i^* 값
공릉1동	-4.3641	신당동	5.8359
길동	-4.2206	장충동	5.6562
묵1동	-4.0783	삼선동	5.4216
상봉1동	-3.8320	용산2가동	5.1448
하계2동	-3.8166	창신1동	5.0183

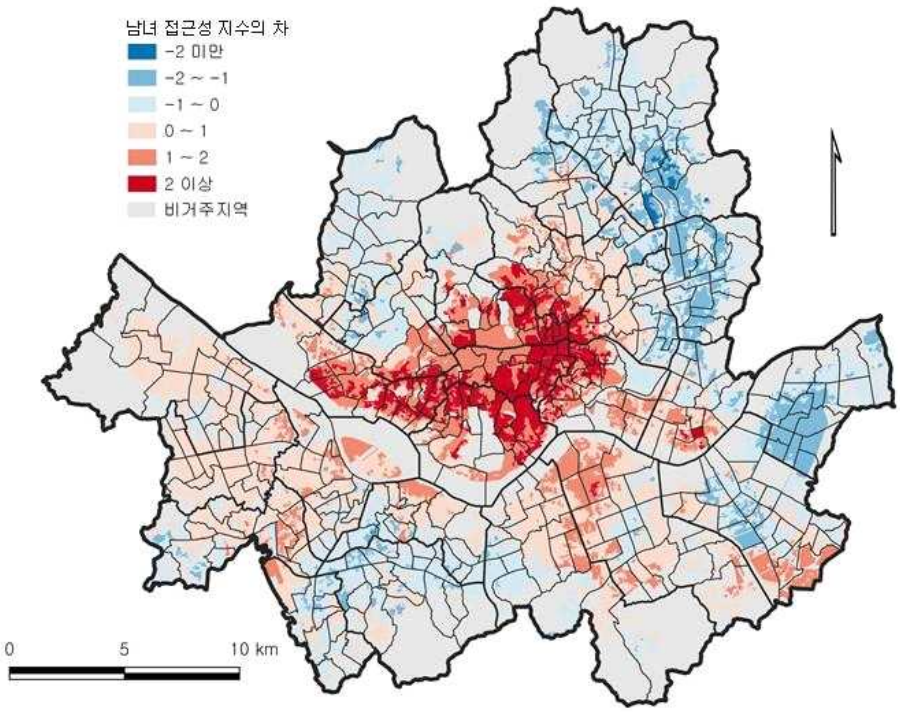


그림 3-33. 집계구별 남녀 접근성 지수의 차 지도

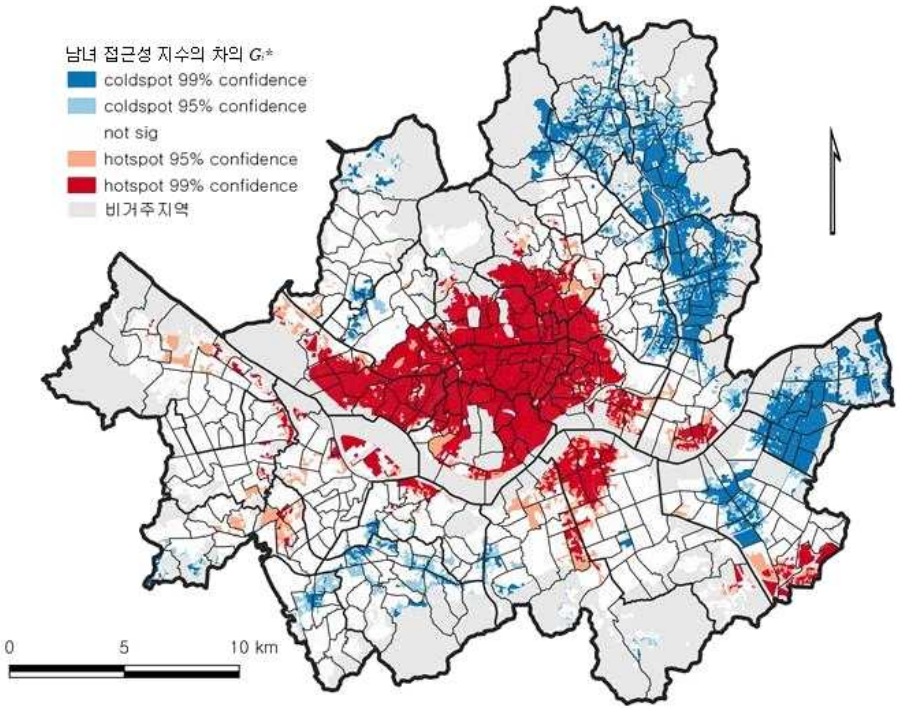


그림 3-34. 집계구별 남녀 접근성 지수의 차에 대한 G_i^* 지도

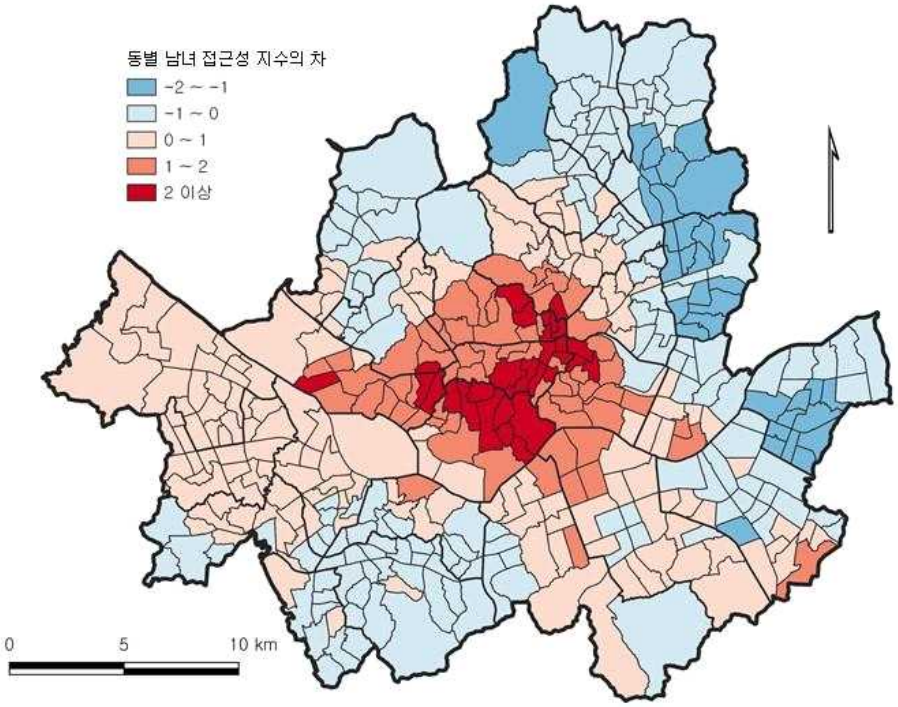


그림 3-35. 동별 남녀 접근성 지수의 차 지도

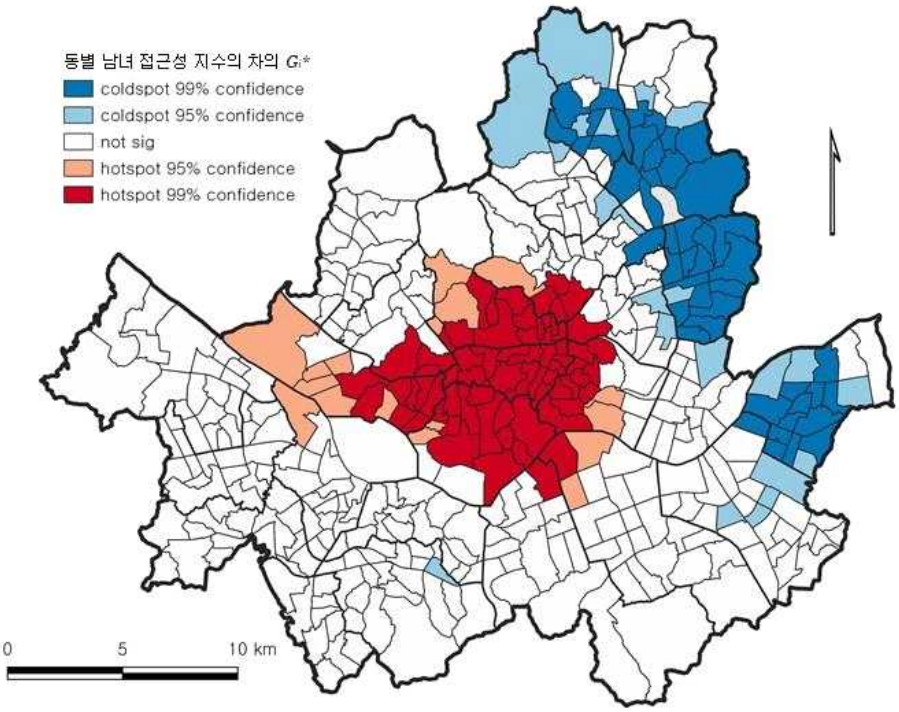


그림 3-36. 동별 남녀 접근성 지수의 차에 대한 G_i^* 지도

마지막으로, 두 접근성 지수의 공간연관성과 군집을 탐색하기 위하여, 남성 접근성 지수와 여성 접근성 지수를 변수로, 국지적 이변량 SAS인 Lee's L_i을 구하고 이를 지도화하면 그림 3-37과 같다. 여기서 음의 이변량 공간연관성보다는 양의 이변량 공간연관성이 넓게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 즉, 남성 접근성 지수는 높은데 여성 접근성 지수는 낮은 지역(high-low, 주황색)이나 여성 접근성 지수는 높은데 남성 접근성 지수가 낮은 지역(low-high, 초록색)보다는 남녀 접근성 지수 모두 높거나(high-high, 빨간색) 모두 낮은 지역(low-low, 파란색)이 넓다는 것이다. 5% 유의수준에서 확인해보면(그림 3-38), 남성 접근성 지수가 여성 접근성 지수보다 높게 나타나는 지역의 군집(high-low, 주황색)은 서울 중심부(중구-용산구)에서 나타났고, 여성 접근성 지수가 남성 접근성 지수보다 높게 나타나는 지역의 군집(low-high, 초록색)은 거의 나타나지 않았다. 또한 두 지수가 모두 높은 지역의 군집(high-high, 빨간색)은 영등포구 일대와 송파구-광진구 일대, 동대문구-성북구의 동부 일대에서 나타났고, 두 지수 모두 낮은 지역의 군집(low-low, 파란색)은 서울의 가장자리에서 주로 나타났다.

이를 행정동으로 공간 단위를 넓혀서 살펴보기 위하여, 동별 남성 접근성 지수와 동별 여성 접근성 지수를 변수로, Lee's L_i을 계산하고(부록 참고) 이를 시각화하면 그림 3-39와 같다. 그리고 5% 유의수준에 해당하는 지역만 추출해서 나타내면 그림 3-40과 같이 나타난다. 전체적인 경향은 집계구를 공간 단위로 살펴본 그림 3-38과 비슷하나, 용산구에서 남성 접근성 지수가 여성 접근성 지수보다 높게 나타나는 지역의 군집(high-low, 주황색)이 나타나지 않았으며, 노원구와 중랑구, 강북구에서 두 지수 모두 낮은 지역의 군집(low-low, 파란색)이 나타나지 않았다. 정책 결정자가 행정동 수준에서 교육 서비스의 공간적 접근성을 파악하고 이에 대한 정책을 수립한다면 용산구에 거주하는 여학생이나 노원구, 중랑구, 강북구에 거주하는 학생은 소외될 수 있다. 따라서 어떤 현상을 집계구와 같이 미시적인 공간 단위로 분석하고 활용하는 것은 소외지역을 만들지 않고 이에 대한 정책을 수립하는 데에 필요하다고 판단된다.

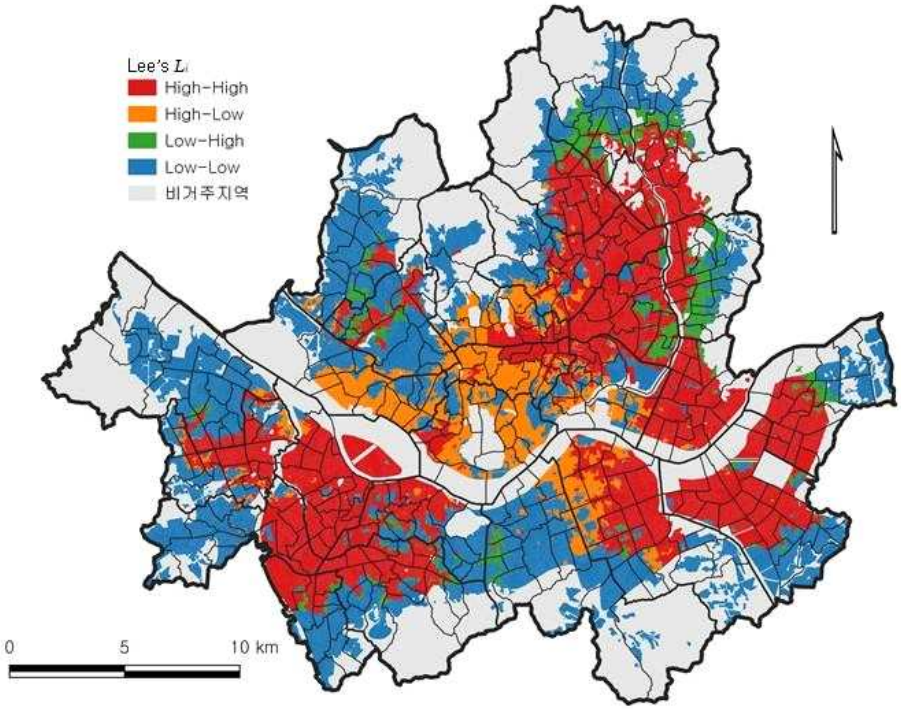


그림 3-37. 집계구별 남녀 접근성 지수에 대한 L_i 지도

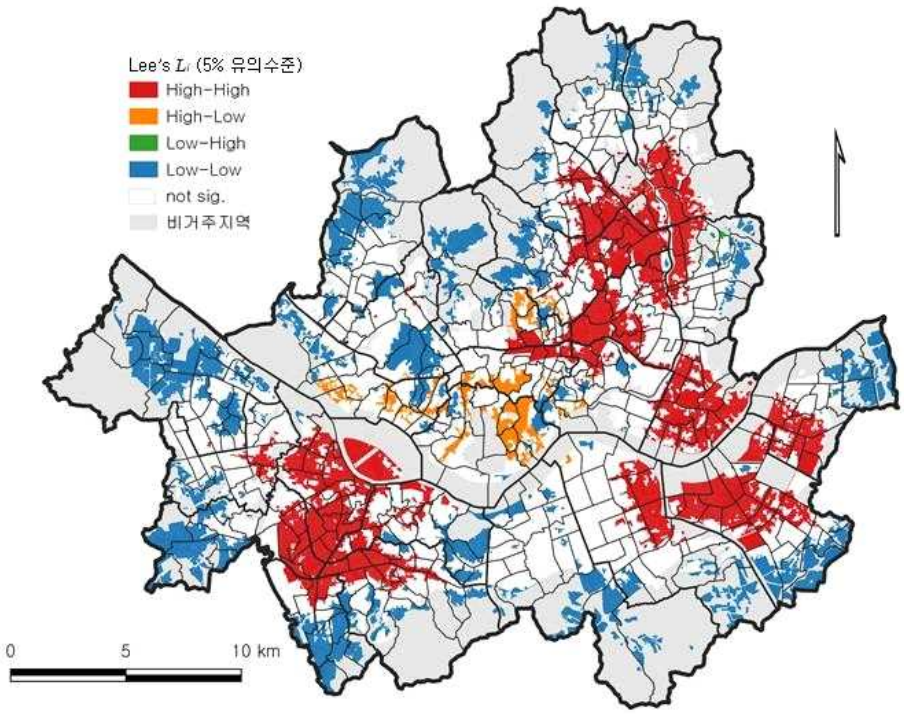


그림 3-38. 집계구별 남녀 접근성 지수에 대한 L_i 지도(5% 유의수준)

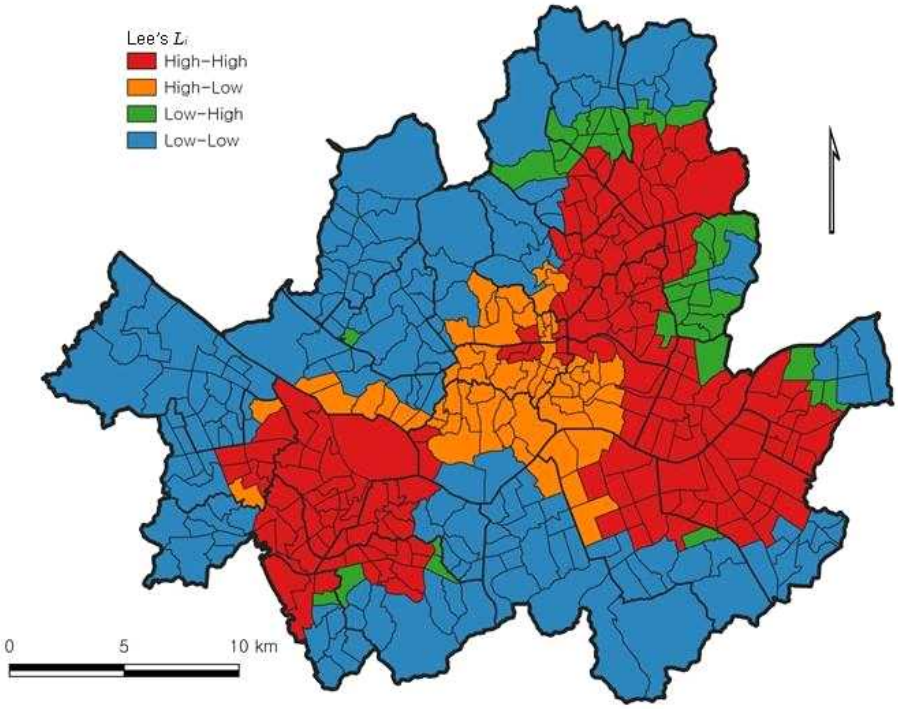


그림 3-39. 동별 남녀 접근성 지수에 대한 L_i 지도

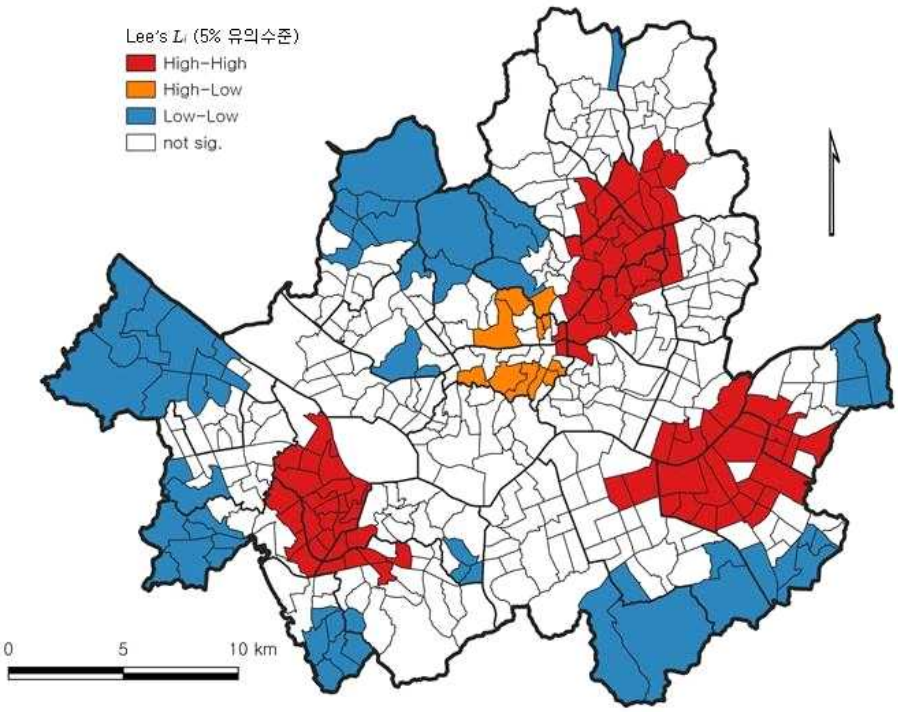


그림 3-40. 동별 남녀 접근성 지수에 대한 L_i 지도(5% 유의수준)

3. 학교 성별에 따른 접근성 비교

현대사회는 포스트모더니즘 사회로 접어들면서 소비자의 선택권을 강조하고 있다. 교육 서비스의 소비자인 학생에게 학교 성별에 대한 선호도가 존재할 수 있으므로, 여기서는 남녀공학, 남고, 여고에 대한 접근성 지수를 비교하고 제시하고자 한다. 즉, 남녀공학에 대한 전체 인구의 접근성 지수(이하 공학 접근성 지수), 남고에 대한 남성 인구의 접근성 지수(이하 남고 접근성 지수), 여고에 대한 여성 인구의 접근성 지수(이하 여고 접근성 지수)를 집계구별로 나타내고 그 집중도와 전역적 군집도를 계산하였다. 여기서 남고 접근성 지수나 여고 접근성 지수는 인구대비공급비를 계산할 때 수요지의 인구에 남성 혹은 여성 인구만 이용하였지만 남녀공학의 경우에는 수요지의 인구에 남녀 모두를 사용했으므로, 공학 접근성 지수의 인구대비공급비에 2를 곱하여 이를 보완해주었다[22].

남고 접근성 지수와 여고 접근성 지수의 산포도는 그림 3-41과 같으며 피어슨 상관계수는 0.7275(p-value<0.000)로 산출되었고, 이는 남성 접근성 지수와 여성 접근성 지수의 산포도(그림 3-19)에 비해 퍼져있고 이들의 상관계수에 비해 그 값이 낮다. 이것은 접근성 지수 산출에 공통으로 들어가는 남녀공학이 제거되니 그 차이가 커진 것으로 보인다. 다음으로, 공학(coed), 여고(female), 남고(male) 접근성 지수를 박스 플롯 및 바이올린 플롯으로 비교하면 그림 3-42과 같다. 지도화하면, 공학 접근성 지수는 그림 3-43과 같이 나타나고, 그림 3-44은 이에 대한 히스토그램이며, 그림 3-45은 가로축에 집계구의 누적백분율, 세로축에 공학 접근성 지수의 누적백분율을 넣어 만든 로렌츠곡선이다. 이에 대한 지니계수는 0.1780로 나왔고, Moran's I는 0.8750으로 계산되었다(표 3-7 참고). 남고 접근성 지수는 그림 3-46과 같이 나타나고, 그림 3-47은 이에 대한 히스토그램이며, 그림 3-48은 가로축에 집계구의 누적백분율, 세로축에 남고 접근성 지수의 누적백분율을 넣어 만든 로렌츠곡선이다. 이에

---

22) 공학 접근성 지수의 인구대비공급비 × 2
= 공학 학교의 교실 수 / (전체 인구 ÷ 2) = (공학 학교의 교실 수 / 전체 인구) × 2

대한 지니계수는 0.2154로 도출되었고, Moran's *I*는 0.8754로 계산되었다(표 3-6 참고). 여고 접근성 지수는 그림 3-49과 같이 나타나고, 이에 대한 히스토그램은 그림 3-50이며, 그림 3-51은 가로축에 집계구의 누적백분율, 세로축에 여고 접근성 지수의 누적백분율을 넣어 만든 로렌츠곡선이다. 이에 대한 지니계수는 0.1757로 도출되었고, Moran's *I*는 0.8219로 계산되었다(표 3-6 참고). 전체적으로 집중도는 낮고 전역적 군집도는 높으나, 남고 접근성 지수의 집중도가 다른 두 학교 성별의 집중도에 비해 상대적으로 높고, 여고 접근성 지수의 전역적 군집도가 다른 두 학교 성별의 전역적 군집도에 비해 상대적으로 낮은 것을 확인할 수 있다. 그림 3-39, 42, 45를 비교하면, 남고와 여고 접근성 지수는 서울의 중심부에서 더 높게 나타나고 공학 접근성 지수는 서울의 주변부에서 더 높게 나타난다. 이는 과거에 세워진 학교는 유교의 남녀유별 사상의 영향으로 단성학교가 주로 세워졌는데, 당시 서울은 사대문의 안쪽인 현재 서울시의 중심부여서 이를 기점으로 많이 설립되었고, 후에 설립된 남녀공학 고등학교가 이를 벗어난 지역에 세워진 역사적 맥락이 반영된 것으로 추정된다.

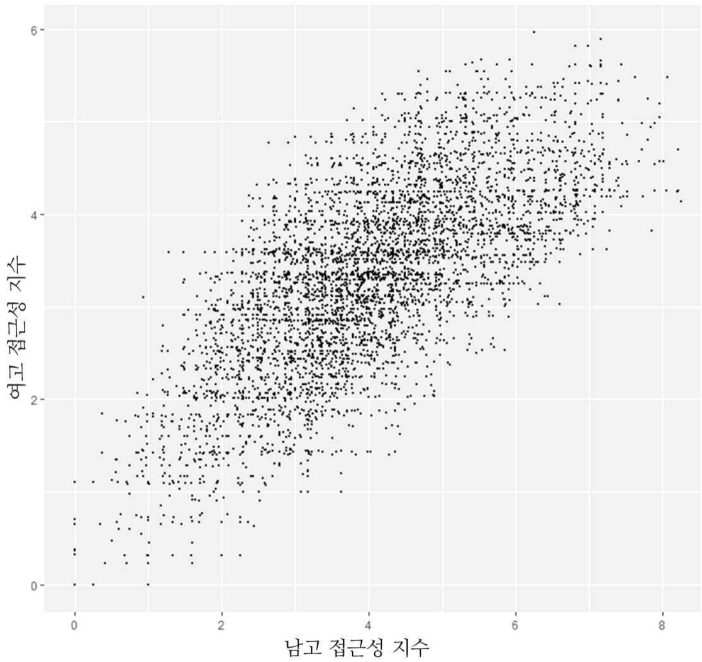


그림 3-41. 남고 접근성 지수와 여고 접근성 지수 산포도

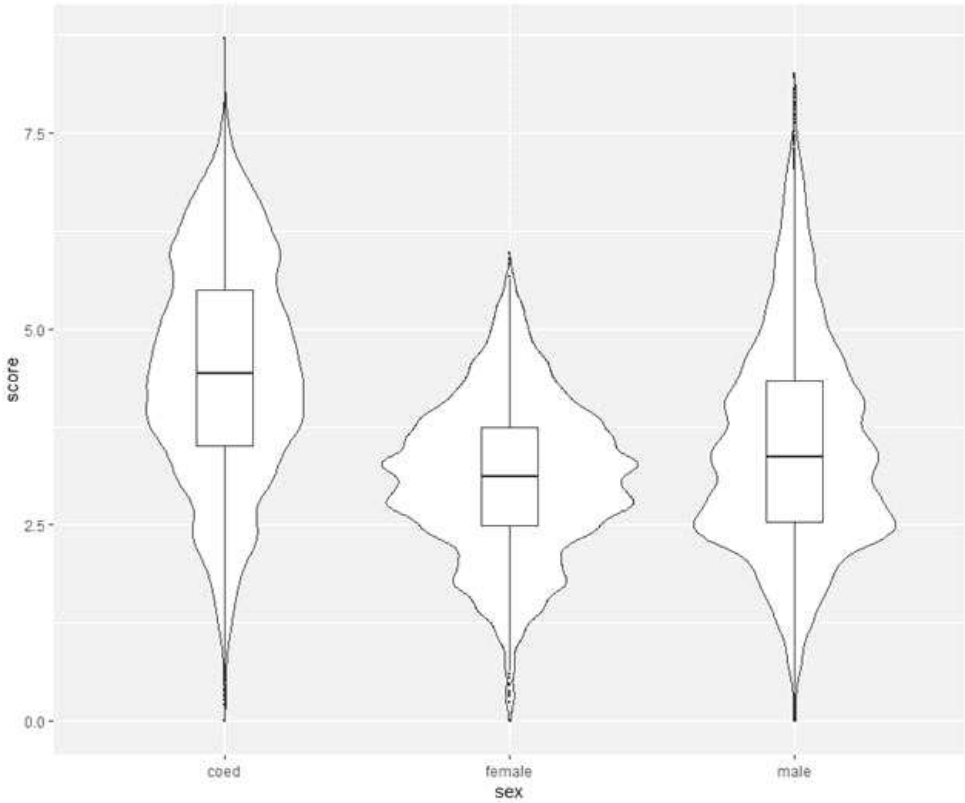


그림 3-42. 학교 성별 접근성 지수 박스 플롯 및 바이올린 플롯

표 3-7. 학교 성별에 따른
교육 서비스 접근성 지수의 집중도 및 전역적 군집도

학교 성별	집중도	전역적 군집도
	지니계수	Moran's I
남녀공학	0.1780	0.8750(0.000)
남고	0.2154	0.8754(0.000)
여고	0..1757	0.8219(0.000)

주: 괄호 안의 수치는 p-value를 나타냄

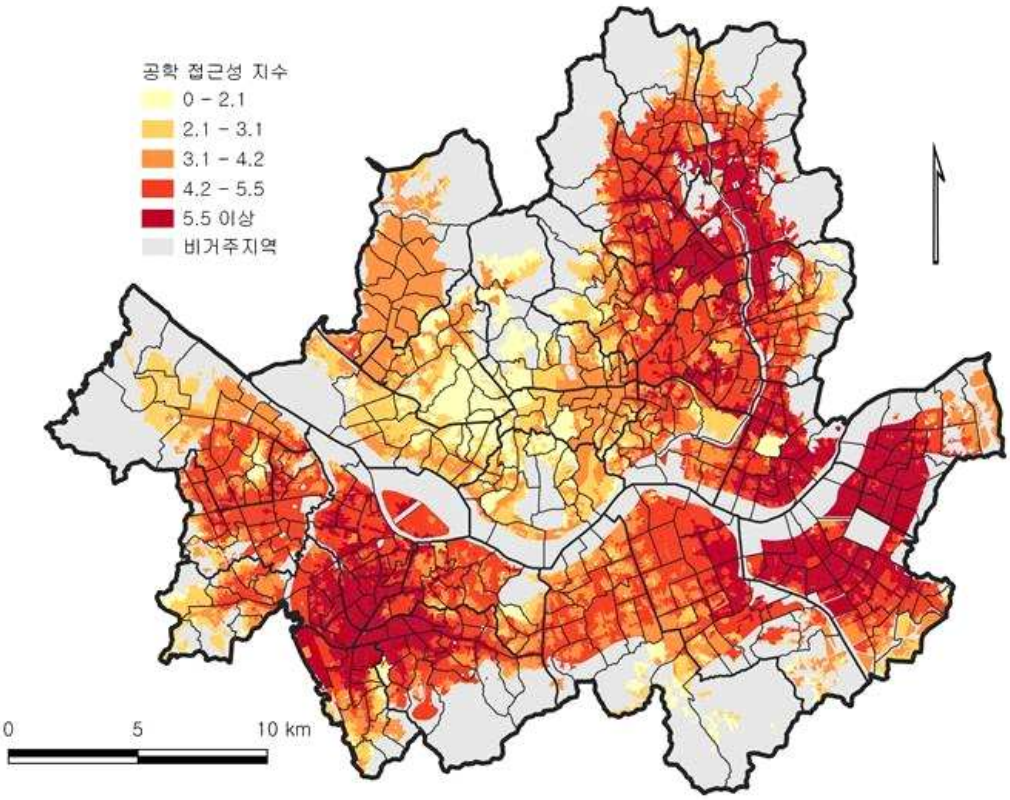


그림 3-43. 공학 접근성 지수 지도

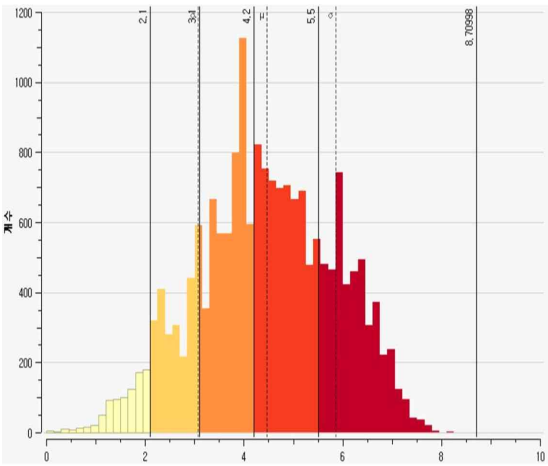


그림 3-44. 공학 접근성 지수 히스토그램

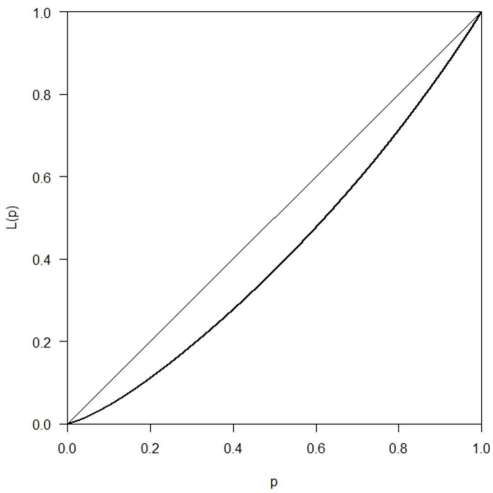


그림 3-45. 공학 접근성 지수 로렌츠곡선

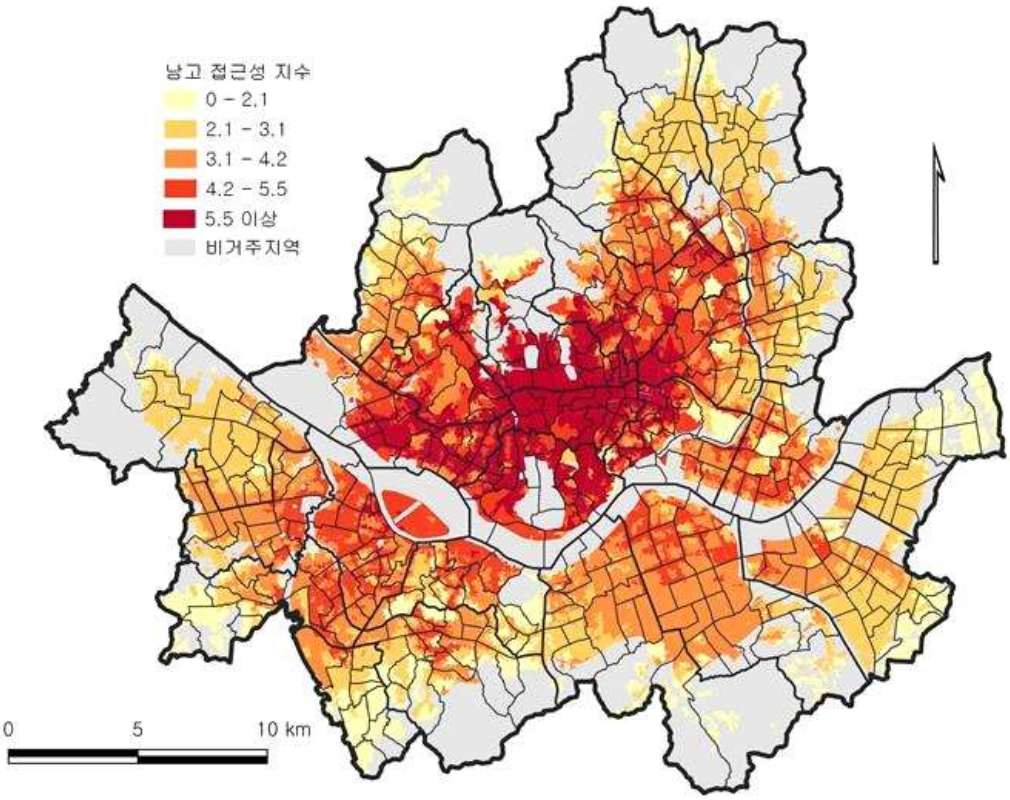


그림 3-46. 남고 접근성 지수 지도

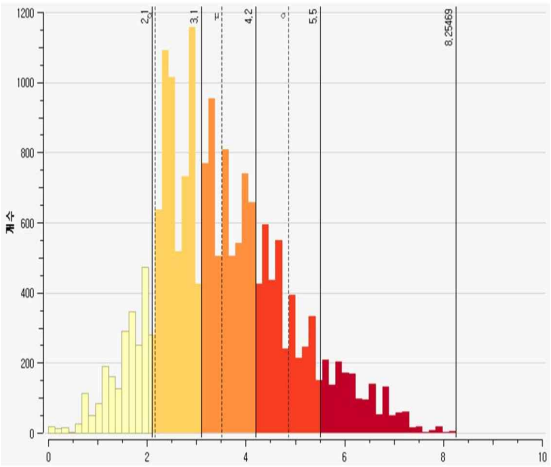


그림 3-47. 남고 접근성 지수 히스토그램

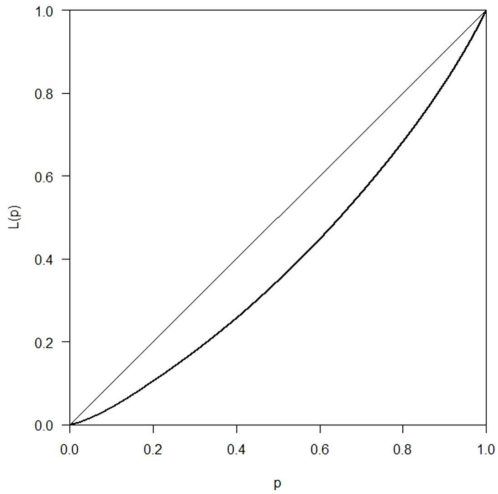


그림 3-48. 남고 접근성 지수 로렌츠곡선

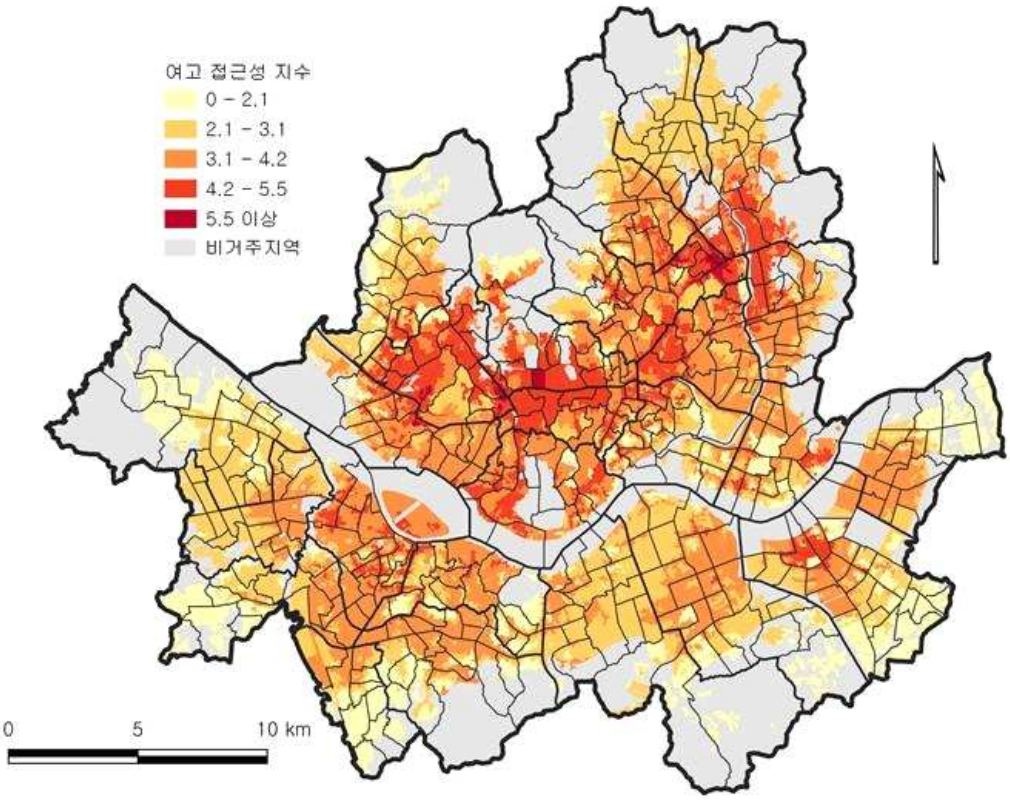


그림 3-49. 여고 접근성 지수 지도

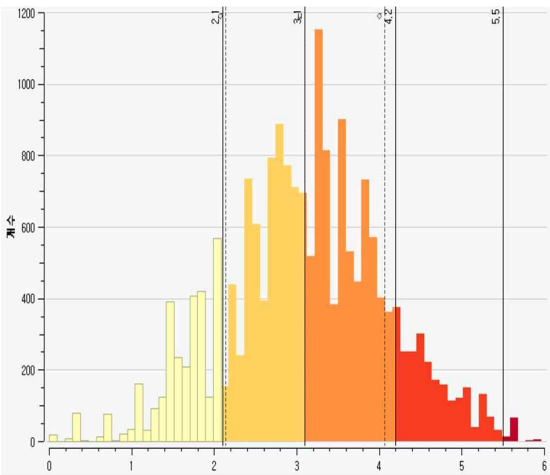


그림 3-50. 여고 접근성 지수 히스토그램

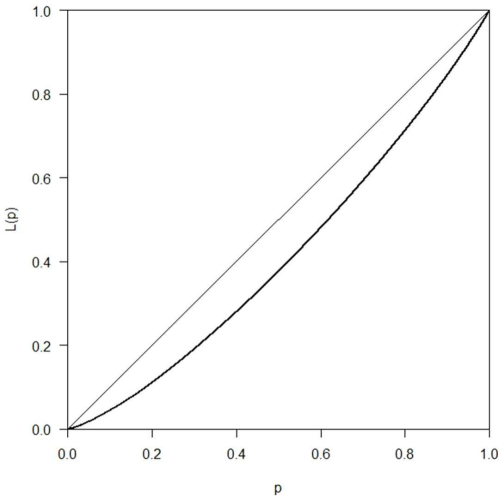


그림 3-51. 여고 접근성 지수 로렌츠곡선

이상으로 제3장 제1절 3.에서 계산한 여러 유형의 접근성 지수와 그것의 집중도 및 군집도를 산출하고, 지도, 히스토그램, 로렌츠곡선, 산포도, 박스 플롯 및 바이올린 플롯 등을 이용하여 다양한 형태로 살펴보았다. 제3장 제2절에서 계산한 접근성 지수의 집중도와 전역적 군집도를 종합하면 표 3-8과 같다. 전반적으로 교육 서비스 접근성 지수의 집중도는 낮았으며 전역적 군집도는 높았고, 집계구 단위로 나타냈을 때보다 행정동 단위로 나타냈을 때 낮게 나타났으며 이는 MAUP에 기인한 것으로 보인다.

표 3-8. 교육 서비스 접근성 지수의 집중도와 전역적 군집도(종합)

공간단위	성별	집중도	전역적 군집도
		지니계수	Moran's I
집계구	전체	0.1424	0.8129(0.000)
	남성	0.1419	0.8087(0.000)
	여성	0.1489	0.8313(0.000)
집계구 (학교 성별)	공학	0.1780	0.8750(0.000)
	남고	0.2154	0.8754(0.000)
	여고	0..1757	0.8219(0.000)
행정동	전체	0.114	0.6607(0.000)
	남성	0.1133	0.6592(0.000)
	여성	0.1235	0.6900(0.000)

주: 괄호 안의 수치는 p-value를 나타냄

제 4 장 요약 및 결론

우리나라의 최대 관심사 중 하나인 교육 문제는 여러 관점에서 분석되는데, 교육의 형평성의 관점에서도 바라볼 필요가 있다. 교육의 형평성은 교육 기회, 교육 과정, 교육 결과의 형평성으로 구분할 수 있는데, 교육 기회의 형평성은 교육 결과의 형평성에 바탕이 되기 때문에 매우 중요하다. 교육지리학 관점에서 이러한 교육 기회의 형평성은 연구될 필요가 있는데, 이의 일환인 접근성에 관한 연구는 교육 시설에 대한 접근 가능성이 균등하게 분포하고 있는지 파악하고자 한다. 이는 GIS와 각종 공간 통계 분석 기법이 발전하면서 발달하고 있지만, 아직 국내 연구는 미진하다. 또한 우리나라에는 남고, 여고와 같은 단성학교가 존재하므로 성별에 따라 교육 시설에 대한 접근성이 달라질 수 있어 이에 대한 연구도 필요하다.

본 연구는 교육 서비스의 공간적 형평성에서의 성별 차이가 존재하는지 밝히기 위하여, 교육 서비스의 공간적 접근성 지수를 E2SFCA 기법을 사용하여 성별에 따라 계산하고 이를 분석 및 시각화하였다. 공간적 접근성 지수는 서울특별시의 고등학교를 공급지로, 집계구를 수요지로 하고 네트워크 분석을 통하여 시간거리를 기반으로 계산하였으며, 대시메트릭 매핑을 통하여 공간 단위인 집계구를 수정하여 좀 더 현실적 분석을 시도하였다. 이 과정에서 무료 GIS 프로그램인 QGIS를 사용하였고, 그 과정을 데이터 가공 단계부터 접근성 지수 산출 과정까지 상세히 정리하였다는 점에서도 의의가 있다. 또한 집계구별 분석 결과를 바탕으로 표준화를 통하여 동별 접근성 지수도 산출하였으며, 전체 접근성과 성별에 따른 접근성뿐 아니라 교육 서비스의 소비자인 학생의 선택권을 위해 학교 성별에 따른 접근성 지수도 계산하여 제시하였다. 그리고 이렇게 나온 접근성 지수의 집중도와 군집도를 지니계수, Moran's I, Getis-Ord's G_i^*, Lee's L_i를 이용하여 분석하였으며, 그 결과를 지도, 히

스토그램, 로렌츠곡선, 산포도, 박스 플롯 및 바이올린 플롯을 활용하여 다양하게 시각화하였다.

연구 결과는 다음과 같이 정리할 수 있다. 첫째, 서울특별시의 교육 서비스의 접근성 지수는 균등하게 분포되어 편이다. 집중도 차원에서 보았을 때 전체 접근성 지수, 남성 접근성 지수, 여성 접근성 지수의 지니계수는 높지 않았다. 전역적 군집도는 높았으나 이는 접근성 지수의 특성으로 기인한 것으로 판단된다. 상대적인 집중도나 전역적 군집도를 비교하기 위해서 향후 다른 시도의 교육 서비스에 대한 공간적 접근성 지수에 관한 연구가 필요하다. 둘째, 교육 서비스에 대한 공간적 접근성 지수는 성별 차이보다 지역 차이가 크게 나타난다. 남성과 여성 접근성 지수의 차에 대한 Getis-Ord's G_i^*를 통하여 남성의 상대적 접근성이 좋은 지역은 주로 서울의 중심부에 분포하고 여성의 상대적 접근성이 좋은 지역은 서울의 동쪽에 주로 분포하는 것을 확인할 수 있었지만, 이는 어디까지나 상대적 차이일 뿐이다. 남성과 여성 접근성 지수는 강한 양의 상관관계를 보였으며, 두 지수를 변수로 한 Lee's L_i의 지도를 통하여 음의 이변량 공간연관성이 나타나는 지역은 상대적으로 좁게 나타나고 양의 이변량 공간연관성이 나타나는 지역은 넓게 나타남을 확인할 수 있다. 여기서 여성 접근성이 낮게 나타나는 지역의 군집은 서울의 중심부에 위치하였으며, 두 지수가 모두 낮게 나타나는 지역의 군집은 주로 서울의 가장자리에 위치하였고 이는 학교의 선택권이 서울특별시의 경계를 벗어나지 못하는 점이 작용한 것으로 보인다. 따라서 향후 서울의 중심부에 거주하는 여학생과 서울의 가장자리에 거주하는 학생의 통학 여건 및 학교 선택권을 위한 대책이 필요할 것으로 보인다. 셋째, 학교 성별에 따른 접근성 지수를 보았을 때, 단성 고등학교의 접근성은 서울의 중심부에서 더 높고 남녀공학의 접근성은 서울의 중심부에서 벗어난 지역이 유리하다. 이는 서울시의 고등학교 설립의 역사적 맥락이 반영된 것으로 추정된다.

한편, 본 연구의 한계는 크게 데이터의 한계와 방법론적 한계로 나누어볼 수 있다. 먼저 데이터의 한계로는 실제 도로를 완벽하게 재현하는

도로 데이터가 부재함을 지적할 수 있다. 그래서 구득할 수 있는 도로 데이터 중 가장 자세한 데이터를 수정·보완해서 이용하였지만, 이를 가공한 연구자 역량의 한계 때문에 연구에 이용한 도로 데이터가 완벽하다고 할 수 없다. 또한 수요지의 인구로 집계구별 10-14세 인구를 이용하였는데, 이는 실제 고등학교의 수요 인구보다는 수요 예정 인구에 가깝고, 이는 고등학교 진학을 이유로 서울로 전입하는 인구를 반영하지 못한다. 다음으로, 방법론적 한계로는 실제 대중교통 노선 및 데이터를 활용하지 못했다는 점을 지적할 수 있다. 적정 통학범위는 '대중교통을 이용하여 30분 정도'이지만, 본 연구에서는 정확한 버스 노선을 반영하지 못하고 전체 도로에 오전 시간대 버스의 평균 통행속도를 대입하여 네트워크 분석을 수행하였다. 하지만 서울특별시 내 버스 교통망이 매우 발달했다는 점을 감안하고, 유클리드 직선거리나 물리적 거리가 아닌 시간거리를 이용하여 분석을 했다는 점에서는 의의를 가진다고 할 수 있다. 마지막으로, 코로나-19 상황 및 시간적 한계로 인하여 현장에 나가 조사를 하지 못한 점을 지적할 수 있다. 향후 연구에서는 전체, 남성 혹은 여성 접근성 지수가 낮게 나타난 지역의 학부모나 학생을 대상으로 인터뷰를 통하여 실제로 고등학교 선택 및 통학에 어려움이 있는지에 관한 내용을 추가할 필요가 있다.

참 고 문 헌

강전영·박진우, 2021, “코로나-19 상설선별진료소 및 임시선별검사소의 공간적 접근성 분석 - 서울시를 사례로 -,” 대한지리학회지, 56(2), 231-244.

교육부, 2017,「교육환경보호제도 운영 안내서」, 세종: 교육부.

구형모, 2020, “교육 환경 불평등의 시·공간 변화 탐색,” 한국사진지리학회지, 30(3), 55-72.

국토교통부, 2019,「지역의 기초생활인프라 공급 현황 자료 및 분석 안내서」, 세종: 국토교통부.

국토연구원, 2004,「공간분석기법」, 파주: 한울.

권상철, 2010, “학업결과에 대한 개인, 교육환경의 다차원 분석: 확장방법의 적용,” 한국지리환경교육학회지, 18(3), 281-296.

김규식, 2015, “공공보육서비스 이용 기회의 공간적 형평성에 관한 연구: 서울시 국공립어린이집을 대상으로,” 서울대학교 석사학위 논문.

김규식, 2016, “공공보육서비스 이용 기회의 공간적 형평성 평가 - 2009년과 2014년의 서울시 국공립어린이집을 대상으로,” 서울도시연구, 17(1), 45-64.

김근영, 2001, “The Study for Spatial Change of Educational Conditions of Elementary Schools in Seoul,” 한국지역개발학회지, 13(3), 213-232.

김성숙·송미영·김준엽·이현숙, 2011, “국가수준 학업성취도 평가 결과의 지역간 학력 차이에 따른 초·중·고 학교특성 분석,” 교육평가연구, 24(1), 51-72.

김솔희·김태곤·서교, 2017, “농촌지역 초·중등 교육시설에 대한 마을단위 접근성 평가,” 농촌계획, 23(3), 121-131.

김솔희·전정배·서교, 2020, “농촌 초등교육시설의 통폐합에 따른 통학접근성을 고려한 교육형평성 평가,” 한국농공학회논문집, 62(1), 29-38.

김수혜·손수경·임혜정·노언경, 2020, “OECD 형평성 지표로 본 교육격차 추이: - 서울교육종단연구 1~9차연도 자료 분석을 바탕으로 -,” 서울도시연구, 21(2), 127-144.

김지우·이건학, 2019, “지리가중회귀 모델을 이용한 학교급별 학업성취도 영향 요인 분석,” 대한지리학회지, 54(5), 561-576.

김하나, 2014, “공공보건의료시설의 공간적 접근성 측정을 통한 의료 접근성에 대한 연구,” 서울대학교 석사학위 논문.

김헌진, 2012, “우리나라 무상보육정책과 사회적 형평성: 사회 정의론적 관점의 접근,” 한국영유아보육학, 72, 419-445.

류경희, 2015, “수도권 주야간보호서비스의 공간 접근성 탐색,” 서울대학교 석사학위 논문.

류방란·김경애, 2011, 「공정사회 실현을 위한 교육복지정책방안」, Position paper, 8(1), 서울 : 한국교육개발원.

류주현, 2006, “거주지별 교육환경의 차별화,” 한국지리환경교육학회지, 14(1), 69-78.

류주현, 2014, “특수교육 접근 기회의 지역적 불균등에 대한 기초 연구 - 특수학교를 중심으로-,” 한국지리환경교육학회지, 22(2), 81-93.

류운지, 2019, “공공스포츠시설 접근성의 공간적 형평성 평가 및 효과 검증 연구 : 서울시 공간데이터 분석을 중심으로,” 서울대학교 박사학위 논문.

박노경, 2002, “지니계수와 로렌츠곡선을 이용한 국내항만의 화물집중도 분석,” 무역학회지, 27(3), 285-304.

박세진·이준수·강덕희·정은희·전효정·박성빈, 2007, “연령에 따른 보행속도 및 보폭에 대한 고찰,” 대한인간공학회 학술대회논문집, 430-434.

박정환·김영훈, 2016, “2SFCA과 거리조락기능에 기반한 노인연령층의 충남 내 응급의료기관에 대한 접근도 비교분석,” 한국지역지리학회 학술대회발표집, 24-26.

박정환·김영훈, 2018, “응급의료서비스의 공간적 접근성 시계열 연구 -

충청남도 유소년층을 사례로 -," 한국지역지리학회 학술대회발표집, 78-79.
박찬석·주경식, 2011, "대학수학능력시험 성적의 분포 특성 - 경기도를 사례로-," 한국지리환경교육학회지, 19(2), 53-68.
반상진, 2005, "대학교육의 평등성과 수월성," 한국교육학회 학술대회논문집, 55-103.
서울특별시, 2020,「2019 서울특별시 차량통행속도 보고서」, 서울: 서울특별시.
서울특별시교육청, 2019,「2019 초·중등학교 정보공시 지침서」, 서울: 서울특별시교육청.
서울특별시교육청, 2020,「2021학년도 서울특별시 고등학교 입학전형 기본계획」, 서울: 서울특별시교육청.
서태열, 1987, "서울시 고등학교의 분포와 학군에 대한 연구," 지리교육논집, 18, 1-21.
서현, 2018, "유아교육과정의 공공성과 접근성: 형평성을 중심으로," 한국유아교육학회 정기학술발표논문집, 2018(1), 89-124.
성기선, 2004, "강남8학군, 정말 교육 효과 있나?," 교육비평, 15, 188-210.
손준종, 2004, "교육공간으로서 강남(江南) 읽기 - 교육정책에 주는 함의 -," 교육사회학연구, 14(3), 107-131.
안영웅·임윤택·이상호, 2020, "대전시 소방서비스의 공간적 형평성," 한국콘텐츠학회논문지, 20(3), 560-571.
우종현, 2002, "도시공공서비스 측면에서의 대구시 고등학교 분포 특성," 한국지역지리학회지, 8(3), 314-325.
윤형호·강민정, 2008, "서울시 자치구별 상위학교 진학률에 대한 거주지 효과 분석," 서울도시연구, 9(4), 87-106.
이건학, 2008, "An Analysis of Broadband Accessibility at the County Level in the United States: a Spatial Analytical Approach Using GIS," 대학지리학회지, 43(2), 202-219.

이도훈·윤태준·박현수, 2015, “보행 네트워크 분석을 통한 교육시설의 보행 접근성 평가에 관한 기초적 연구,” 대한건축학회 논문집 - 계획계, 31(7), 111-118.

이동민, 2012, “도시공간에서 교육 기회의 공간적 불평등에 관한 연구 - 학교 원어민 보조교사를 통한 교육 기회의 문제를 중심으로,” 공간과 사회, 22(1), 82-113.

이상일, 1999, “機能地域의 設定과 ‘空間單位 修正可能性의 문제(MAUP)’,” 한국지리환경교육학회지, 7(2), 757-783.

이상일·김감영, 2007, “GIS-기반 대시메트릭 매핑(dasymetric mapping) 기법을 이용한 서울시 인구밀도 분포의 재현,” 한국지도학회지, 7(2), 53-67.

이상일·신정엽·김현미·홍일영·김감영·전용완·조대헌·김종근·이건학 역, 2009, 「지리정보시스템과 지리정보과학」, 시그마프레스 (Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J. and Rhind, D.W., 2005, Geographic Information Systems and Science, 2nd ed., John Wiley & Sons).

이상일·조대헌·손학기·채미옥, 2010, “공간 클러스터의 범역 설정을 위한 GIS-기반 방법론 연구,” 대한지리학회지, 45(4), 502-520.

이상일·조대헌·이민파, 2015, “일변량 공간연관성통계량에 대한 비교 연구 (I): 전역적 S 통계량을 중심으로,” 한국지리학회지, 4(2), 329-345.

이상일·조대헌·이민파, 2016, “일변량 공간연관성통계량에 대한 비교 연구 (II): 국지적 S_i 통계량을 중심으로,” 한국지리학회지, 5(3), 375-396.

이소영, 2020, “교육지리학 관점에 기반한 네이버후드 효과 연구 - 공간적 자기상관을 고려한 다수준 모형의 활용,” 서울대학교 박사학위 논문.

이소영·조대헌·전창우·주뢰, 2016, “국회의원 선거 결과의 공간 패턴 변화 분석: 19대 및 20대 국회의원 선거를 중심으로,” 한국지도학

회지, 16(3), 29-47.
이정원·임미화·김학열, 2020, “접근성 기반의 유치원 입지 및 수요 분석 : 전라북도 전주시를 대상으로,” 도시정책연구, 11(2), 59-78.
이화정·이상일·조대헌, 2013, “거주지 이동을 통한 학교 선택의 공간성에 관한 연구,” 대한지리학회지, 48(6), 897-913.
전창우, 2017, “서울시 저소득 독거노인의 공간분포 특성과 유형에 관한 연구,” 서울대학교 석사학위 논문
정동욱·홍지영·지윤경·이호준, 2011, “시·도 교육청별 단위학교 간 교육자원 배분의 형평성 비교 분석 - 전국 공립초등학교를 중심으로 -,” 한국교육행정학회, 29(4), 275-295.
정명구, 2017, “지리가중회귀모형을 이용한 지역별 차별 출산력 분석,” 서울대학교 석사학위 논문.
정성관·이우성, 2008, “환경도시 건설을 위한 도시녹지의 관리권역 설정-창원시를 대상으로,” 한국조경학회지, 35(6), 64-73.
정수열, 2009, “Neighborhood Characteristics of Racial/Ethnic Segregation in US Cities,” 국토지리학회지, 43(4), 497-514.
정수열, 2015, “사회경제적 양극화와 도시 내 계층별 거주지 분리,” 한국경제지리학회지, 18(1), 1-16.
정재훈·김경민, 2014, “교육의 공간 불평등 연구,” 한국경제지리학회지, 17(2), 385-401.
조대헌, 2004, “공간적 형평성(spatial equity)의 평가 방법에 대한 연구: 도시 공공서비스에의 접근성을 중심으로,” 지리교육논집, 48, 100-120.
조대헌, 2010, “농촌지역 공공 보건 서비스에 대한 공간적 접근성 분석,” 한국지역지리학회지, 16(2), 137-153.
주경식·김경숙, 2004, “서울시 학원의 공간적 분포 패턴 변화,” 한국지리환경교육학회지, 12(3), 363-378.
주경식·정효선, 2012, “고등학생 학업성취도의 공간적 분포에 관한 연구 : 성남시를 사례로,” 교원교육, 28(3), 211-228.

최은영, 2007, “지역특성별 학교 간 교육환경의 격차,” 공간과 사회, 27, 150-171.

최은영, 2004, “학력자본 재생산의 차별화와 빗장도시의 형성,” 대한지리학회지, 39(3), 374-390.

최현묵, 2014, “지역 공공도서관 서비스의 형평성 분석에 관한 연구: 전국 17개 광역자치단체를 중심으로,” 한국지역개발학회지, 26(5), 115-140.

추경모, 2012, “교육의 지역적 격차에 관한 연구: 중학교 교육현황을 사례로,” 한국지리학회지, 1(1), 33-52.

하영주·이원호, 2013, “교육환경과 주택가격 간 관계와 사회공간적 격차에 대한 함의 -서울시의 사례연구-,” 한국경제지리학회지, 16(1), 86-98.

한상열, 2006, “지니계수와 로렌츠곡선을 이용한 산악형 국립공원의 탐방 집중도 분석,” 한국산림과학회지, 95(4), 476-483

허우긍, 2004, “교통지리정보시스템(GIS-T)에 기반한 접근성 분석,” 지리학논총, 43, 1-31.

Alexander, K., 1982, Concepts of equity, in McMahon, W. W. and Geske, T. G. (ed.), *Financing education: Overcoming inefficiency and inequity*, Urbana, IL: University os Illinois Press.

Berne, R. and Stiefel. L.. 1994, Measuring Equity at the School Level: The Finance Perspective. *Educational Evaluation and Policy Analysis,* 16(4), 405-421.

Brown, L. A. and Chung, S. Y., 2006, Spatial segregation, segregation indices and the geographical perspective, *Population, space and place*, 12(2), 125-143.

Butler, T. and Hamnett, C., 2007, The Geography of Education: Introduction, *Urban Studies*, 44(7), 1161 - 1174.

Cobb, C. D., 2020, Geospatial Analysis: A New Window Into

Educational Equity, Access, and Opportunity, *Review of Research in Education*, 44(1), 97-129.

Chou, Y.-H., 1995, Spatial pattern and spatial autocorrelation. in *International Conference on Spatial Information Theory,* Springer, Berlin, Heidelberg, 365-376.

Cliff, A.D. and Ord, J.K., 1969, The problem of spatial autocorrelation, in Scott, A.J., ed., *Studies in Regional Science*, London: Pion, 25-55.

Cliff, A.D. and Ord, J.K., 1973, *Spatial Autocorrelation*, London: Pion.

Cliff, A.D. and Ord, J.K., 1981, *Spatial Processes: Models and Applications*, London: Pion.

Dai, D., 2010, Black residential segregation, disparities in spatial access to health care facilities, and late-stage breast cancer diagnosis in metropolitan Detroit. *Health and Place*, 16(5), 1038-1052.

Dalvi, M. Q. and Martin, K.m., 1976, The measurement of accessibility: Some preliminary results, *Transportation*, 5, 17-42

Delamater, P. L., 2013, Spatial accessibility in suboptimally configured health care systems: A modified two-step floating catchment area (M2SFCA) metric, *Health & Place*, 24, 30-43.

Fotheringham, A. S. and Wong, D. W., 1991, The modifiable areal unit problem in multivariate statistical analysis, *Environment and planning A*, 23(7), 1025-1044.

Getis, A. and Ord, J. K., 1992, The analysis of spatial association by use of distance statistics, *Geographical Analysis*, 24(3), 189-206.

Getis, A. and Ord, J. K., 1996, Local spatial statistics: An overview, in Longley, P. and Batty, M. (eds.), *Spatial Analysis:*

Modelling in a GIS Environment, GeoInformation International, Cambridge, 261-277.

Gini, C., 1912, *Variabilità e Mutabilità : Contributo allo Studio delle Distribuzioni e delle Relazioni Statistiche*, Bologna : Tipografia di Paolo Cuppini.

Hansen, W.G., 1959, How accessibility shapes land use, *Journal of the American Institute of Planners*, 25, 73-76.

Harris, C., 1954, The market as a factor in the localization of industry in the US, *Annals of the Association of the American Geographers*, 44(4), 315-348.

Hones, G. H. and Ryba, R. H., 1972, Why Not a Geography of Education?, *Journal of Geography*, 71(3), 135-139.

Jones, K., Brown, J., and Bradshaw, J., 1978, *Issues in Social Policy*, London: Routledge & Kegan Paul.

Kakwani, N. C., 1980, *Income inequality and poverty*. New York: World Bank.

Kim, H. and Wang, F., 2019, Disparity in Spatial Access to Public Daycare and Kindergarten across GIS-Constructed Regions in Seoul, South Korea, *Sustainability*, 11(19):5503, 1-14.

Kim, Y., Byon, Y. and Yeo, H., 2018, Enhancing healthcare accessibility measurements using GIS: A case study in Seoul, Korea, *PloS one*, 13(2), 1-19.

Kwan, M. P., 1998, Space-time and integral measures of individual accessibility: A comparative analysis using a point-based framework, *Geographical Analysis*, 30(3), 191-216.

Lee, S.-I., 2001a, Developing a bivariate spatial association measure: An integration of Pearson's r and Moran's I, *Journal of Geographical Systems*, 3(4), 369-385.

Lee, S.-I., 2001b, Spatial association measures for an ESDA-GIS

Framework: Developments, significance tests, and applications to spatio-temporal income dynamics of U.S. labor market areas, 1969-1999., Ph.D. Dissertation, The Ohio State University.

Lee, S.-I., 2009, A generalized randomization approach to local measures of spatial association, *Geographical Analysis*, 41(2), 221-248.

Lee, S.-I., Lee, M., Chun, Y. and Griffith, D.A., 2019, Uncertainty in the effects of the modifiable areal unit problem under different levels of spatial autocorrelation: A simulation study, *International Journal of Geographical Information Science*, 33(6), 1135-1154

Lorenz, M. O., 1905, Methods of Measuring the Concentration of Wealth, *Publications of the American Statistical Association*, 9(70), 209 - 219.

Luo, W. and Wang, F., 2003, Measures of spatial accessibility to health care in a GIS environment: synthesis and a case study in the Chicago region, *Environment and Planning B: Planning and Design*, 30, 865-884.

Luo, W. and Qi, Y., 2009, An enhanced two-step floating catchment area(E2SFCA) method for measuring spatial accessibility to primary care physicians, *Health & Place*, 15, 1100-1107.

Massey, D. S. and Denton, N. A., 1988, The Dimensions of Residential Segregation, *Social Forces*, 67(2), 281 - 315.

Marini, F. 1971. *Toward a New Public Administration*, San Francisco Oaks, CA: Sage Publications.

McGrail, M. R. and Humphreys, J, S., 2009, Measuring spatial accessibility to primary care in rural areas: Improving the effectiveness of the two-step floating catchment area method,

Applied geography, 29, 533-541.

Moran, P.A., 1948, The interpretation of statistical maps, *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, 10(2), 243-251.

Ord, J. K. and Getis, A., 1995, Local spatial autocorrelation statistics: Distributional issues and an application, *Geographical Analysis*, 27(4), 286-306.

Rekha, R. S., Radhakrishnan, N., and Mathew, S., 2020, Spatial accessibility analysis of schools using geospatial techniques, *Spatial Information Research*, 28(6), 699-708.

Taylor, C., 2009, Towards a geography of education, *Oxford Review of Education*, 35(5), 651-669.

Tobler, W. R., 1970, A Computer Movie Simulating Urban Growth in the Detroit Region, *Economic Geography*, 46:sup1, 234-240.

Vadrevu, L. and Kanjilal, B., 2016, Measuring spatial equity and access to maternal health services using enhanced two step floating catchment area method (E2SFCA) - a case study of the Indian Sundarbans, *International Journal for Equity in Health*, 15(87), 1-12.

Wan, N., Zou, B., and Sternberg, T., 2012, A three-step floating catchment area method for analyzing spatial access to health services, *International Journal of Geographical Information Science*, 26(6), 1073-1089.

Wang, Y., Liu, Y., Xing, L. and Zhang, Z., 2021, An Improved Accessibility-Based Model to Evaluate Educational Equity: A Case Study in the City of Wuhan. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(7):458, 1-24.

Wheeler, D.C. and O'Kelly, M.E., 1999, Network topology and city accessibility of the commercial Internet, *The Professional*

Geographer, 51(3), 327-339.

Wong, D. W. S., 1996, Aggregation effect in geo-referenced data, in Arlinghaus, S. L., Griffith, D. A., Arlinghaus, W. C., Drake, W. D. and Nystuen, J. D. (eds.), *Pratical Handbook of Spatial Statistics*, Boca Raton: CRC Press, 83-106.

Yang, D., Goerge, R., and Mullner, R., 2006, Comparing GIS-Based Methods of Measuring Spatial Accessibility to Health Services, *Journal of medical systems*, 30(1), 23-32.

Ye, C., Zhu, Y., Yang, J., and Fu, Q., 2018, Spatial equity in accessing secondary education: Evidence from a gravity-based model, *The Canadian geographer*, 62(4), 452-469.

<홈페이지>

공공데이터포털, https://www.data.go.kr/

국립국어원 우리말샘, https://opendict.korean.go.kr/

국립국어원 표준국어대사전, https://stdict.korean.go.kr/

도로명주소, https://www.juso.go.kr/

서울 열린데이터 광장, https://data.seoul.go.kr/

서울시 교통정보 시스템, https://topis.seoul.go.kr/

서울특별시교육청, http://www.sen.go.kr/

서울특별시교육청 서울고교홍보사이트, https://hinfo.sen.go.kr/

서울특별시교육청 특성화고 입학 홈페이지 하이잡, http://high-job.sen.go.kr/

통계지리정보서비스, https://sgis.kostat.go.kr/

통계청 소득 누리집, http://kostat.go.kr/incomeNcpi/income/

학구도안내서비스, https://schoolzone.emac.kr/

부록

부록 1. 행정동별 교육 서비스의 접근성 지수

구	행정동	전체 접근성 지수	남성 접근성 지수	여성 접근성 지수	G_i^*	L_i (5% 유의수준)
종로구	사직동	5.9572	7.7387	5.9197	3.1851	not sig.
	삼청동	6.0424	8.0632	6.3422	3.4989	not sig.
	부암동	4.9860	6.2864	5.9519	1.9837	Low-Low
	평창동	2.9389	3.7248	3.7704	0.6004	Low-Low
	무악동	5.7089	7.2078	5.9478	2.3077	not sig.
	교남동	6.4582	8.0562	6.7794	2.8959	not sig.
	가회동	6.0232	8.2276	6.3193	2.8727	not sig.
	종로1·2·3·4가동	7.3017	9.8669	8.3008	4.9262	High-Low
	종로5·6가동	7.6280	10.6060	8.7050	4.3745	not sig.
	이화동	6.0606	8.7857	6.5058	3.8601	not sig.
	창신1동	7.2683	10.6777	8.0856	5.1448	not sig.
	창신2동	5.3525	7.7913	5.8101	4.4621	High-Low
	창신3동	6.1852	9.0999	6.8370	4.0915	High-Low
	숭인1동	7.0858	10.4297	7.9514	4.7725	not sig.
	숭인2동	7.4901	11.0557	8.5528	4.8811	High-High
	청운효자동	5.5722	7.2554	5.4756	2.1353	not sig.
	혜화동	6.1705	8.8947	6.6205	4.1253	High-Low
중구	소공동	6.3976	8.4872	6.6743	3.4701	not sig.
	회현동	7.2136	9.7281	7.8368	4.4305	High-Low
	명동	7.2553	9.5889	8.2630	4.0056	not sig.
	필동	5.5777	8.0270	5.5902	4.6560	High-Low
	장충동	6.2948	9.1077	6.9391	5.6562	High-Low
	광희동	7.3365	10.3008	8.3499	4.2547	not sig.
	을지로동	7.6533	10.3708	8.9160	3.6681	not sig.
	신당5동	7.1731	10.5046	8.1403	4.8136	not sig.
	황학동	7.7308	11.3219	8.7397	4.8011	High-High
	중림동	6.0732	8.1600	6.1667	3.7664	not sig.
	신당동	7.1400	10.4438	7.9795	5.8359	not sig.
	다산동	6.2645	8.9916	6.9263	4.7678	High-Low
	약수동	4.8087	6.9640	5.2346	4.0332	not sig.

구	행정동	전체 접근성 지수	남성 접근성 지수	여성 접근성 지수	G_i^*	L_i (5% 유의수준)
	청구동	6.1449	8.9325	6.7719	4.0704	High-Low
	동화동	5.9920	8.6715	6.7428	5.0183	High-Low
용산구	후암동	5.4136	7.5051	5.2787	4.1691	not sig.
	용산2가동	5.7106	8.0325	5.4843	5.2482	not sig.
	남영동	6.4932	8.9162	6.7542	4.1943	not sig.
	원효로2동	6.4929	8.5936	8.0578	2.0511	not sig.
	효창동	6.2278	8.5928	6.7832	3.2394	not sig.
	용문동	6.3371	8.5741	7.2972	2.0798	not sig.
	이촌1동	5.8572	7.9110	6.9535	1.1412	not sig.
	이촌2동	6.7577	9.0159	8.6087	1.5602	not sig.
	이태원1동	5.9538	8.5732	6.2285	4.3812	not sig.
	이태원2동	4.5223	6.6576	4.2839	4.3360	not sig.
	서빙고동	5.7453	8.0351	6.5946	3.0855	not sig.
	보광동	6.0528	8.5930	6.5708	3.1791	not sig.
	청파동	5.5234	7.5866	5.4940	3.9300	not sig.
	원효로1동	6.4760	8.8324	7.2645	3.1440	not sig.
	한강로동	6.0684	7.9914	6.9334	3.0767	not sig.
	한남동	6.4666	9.2289	6.9378	5.0134	not sig.
성동구	왕십리2동	6.7437	9.9695	7.7984	4.4796	not sig.
	마장동	6.7940	9.9545	8.6490	2.7722	not sig.
	사근동	4.6899	7.1147	6.0665	1.9169	not sig.
	행당1동	6.6106	10.0244	7.8626	3.4633	not sig.
	행당2동	5.6205	8.3960	6.7244	3.0036	not sig.
	응봉동	5.2501	7.7441	6.7381	3.2790	not sig.
	금호1가동	6.0590	8.8168	7.3459	3.7055	not sig.
	금호4가동	6.7704	9.7329	8.0738	2.9596	not sig.
	성수1가1동	5.3730	8.2746	6.9585	2.5256	not sig.
	성수1가2동	5.2012	8.0483	6.7867	2.1497	not sig.
	성수2가1동	5.4747	8.1940	7.3858	1.2589	not sig.
	성수2가3동	5.3939	8.1410	7.0820	1.4169	not sig.
	송정동	6.3686	9.4933	8.9870	0.5602	not sig.
	용답동	4.2326	6.0090	6.2008	0.9671	not sig.
	왕십리도선동	7.9624	11.7650	9.3060	4.6160	High-High
	금호2·3가동	5.0308	7.5041	5.6746	3.8372	not sig.
	옥수동	4.5415	6.7939	5.1821	3.6857	not sig.

구	행정동	전체 접근성 지수	남성 접근성 지수	여성 접근성 지수	G_i^*	L_i (5% 유의수준)
광진구	화양동	5.6038	8.5643	7.9068	0.8237	not sig.
	군자동	6.3607	9.5355	9.1497	-0.0972	not sig.
	중곡1동	6.5701	9.9369	9.9829	-1.1368	not sig.
	중곡2동	6.4417	9.5682	9.7339	-1.6369	not sig.
	중곡3동	5.7589	8.3636	9.3439	-1.7280	not sig.
	중곡4동	5.8375	8.4376	9.2714	-2.4231	not sig.
	능동	3.1867	4.5730	4.8637	-0.4996	not sig.
	구의1동	6.5224	10.0480	9.4237	0.8496	not sig.
	구의2동	6.7532	10.0480	10.1577	-0.6822	not sig.
	구의3동	6.5296	10.3566	9.5224	-0.3921	High-High
	광장동	6.6904	9.8183	10.3532	-1.7568	High-High
	자양1동	6.7825	10.5451	9.5120	1.1967	High-High
	자양2동	6.0717	9.8930	8.4862	0.3787	High-High
	자양3동	6.4859	9.7803	9.1422	0.9033	High-High
	자양4동	6.4865	9.4227	9.1066	1.2253	not sig.
동대문구	회기동	6.0535	8.6494	8.3340	-0.6413	High-High
	휘경1동	6.6272	9.3422	9.2647	-0.9809	High-High
	휘경2동	5.8085	8.0767	8.4604	-2.4801	not sig.
	청량리동	6.5382	9.2893	8.9325	0.3988	High-High
	용신동	7.9751	11.5960	9.8235	3.6674	High-High
	제기동	7.7074	10.9382	10.2373	1.4788	High-High
	전농1동	6.5720	9.4838	9.0772	0.1941	High-High
	전농2동	4.7887	6.7370	7.0777	-1.1318	not sig.
	답십리2동	6.0441	8.7956	9.0283	-1.3462	not sig.
	장안1동	5.6194	8.0506	8.6683	-1.5770	not sig.
	장안2동	5.6492	7.9466	8.9069	-2.3303	not sig.
	이문1동	6.7597	9.5498	9.5909	-1.6387	High-High
	이문2동	5.3937	7.5677	8.2543	-1.6613	High-High
	답십리1동	6.9687	10.2910	9.8165	0.3819	not sig.
중랑구	면목2동	6.1425	8.6026	9.3409	-2.3837	not sig.
	면목4동	5.3679	7.5446	8.8132	-2.8057	not sig.
	면목5동	5.6513	7.8112	8.9332	-3.1532	not sig.
	면목7동	4.9846	6.7412	8.1147	-2.8552	not sig.
	상봉1동	4.8912	6.3781	7.5160	-3.8320	not sig.
	상봉2동	6.0413	8.2484	9.1407	-3.2477	not sig.

구	행정동	전체 접근성 지수	남성 접근성 지수	여성 접근성 지수	G_i^*	L_i (5% 유의수준)
	중화1동	6.1019	8.1357	9.4936	-2.6425	not sig.
	중화2동	6.9148	9.3846	10.5315	-3.1133	High-High
	묵1동	7.1762	9.7652	11.1322	-4.0783	not sig.
	묵2동	7.6682	10.4692	11.8727	-3.3726	High-High
	망우3동	4.5673	6.1280	7.1617	-2.7011	not sig.
	신내1동	4.0122	5.2645	6.3383	-3.3117	not sig.
	신내2동	4.8864	6.4923	7.7632	-2.5976	not sig.
	면목본동	5.1786	6.9846	8.1745	-2.9338	not sig.
	면목3·8동	4.5728	6.0997	7.3583	-2.9755	not sig.
	망우본동	4.2657	5.6391	6.4932	-2.6692	not sig.
성북구	돈암1동	6.7019	9.7108	8.8169	1.5598	not sig.
	돈암2동	4.7651	6.8389	5.7250	1.5816	not sig.
	안암동	6.6730	9.6994	8.6239	3.0265	High-High
	보문동	6.8682	10.2886	7.9729	4.0200	not sig.
	정릉1동	6.2754	8.6145	8.3309	1.0053	not sig.
	정릉2동	5.2588	7.2663	6.9669	1.5277	not sig.
	정릉3동	4.4117	6.2363	5.4322	0.8348	Low-Low
	정릉4동	4.6569	6.5874	6.1165	-0.1394	Low-Low
	길음1동	5.8982	8.5444	7.8764	0.5480	not sig.
	길음2동	6.8807	10.1247	9.4868	0.3641	High-High
	월곡1동	6.1915	9.0744	8.9266	-0.3312	High-High
	월곡2동	5.9537	8.6165	8.5796	-0.9064	High-High
	장위1동	7.8430	10.7394	11.3220	-0.9111	High-High
	장위2동	8.3071	11.3999	12.0114	-1.2674	High-High
	장위3동	8.3364	11.7069	11.7590	-2.0869	High-High
	성북동	5.1120	7.4253	5.5213	2.5640	Low-Low
	삼선동	5.7542	8.4187	6.5835	5.4216	High-Low
	동선동	6.0390	8.6958	7.3963	3.2259	not sig.
	종암동	6.1581	8.9972	8.3244	0.8134	High-High
	석관동	6.6854	9.2284	10.0596	-2.8455	High-High
강북구	번1동	6.3833	9.3326	9.3966	-1.8337	not sig.
	번2동	6.1287	8.8844	8.9739	-1.1090	High-High
	번3동	5.7090	8.4594	8.3894	-1.9789	High-High
	수유1동	5.8625	8.5987	8.1842	-0.5763	not sig.
	수유2동	5.1772	7.3959	8.0840	-2.2805	not sig.

구	행정동	전체 접근성 지수	남성 접근성 지수	여성 접근성 지수	G_i^*	L_i (5% 유의수준)
	수유3동	5.8899	8.5498	8.7514	-1.6329	not sig.
	삼양동	5.2742	7.5818	7.5051	0.0972	not sig.
	미아동	6.1077	8.7390	8.7775	-0.8057	not sig.
	송중동	7.0567	10.0222	10.2318	-0.5611	High-High
	송천동	6.2498	9.0356	8.8268	0.0154	not sig.
	삼각산동	4.7377	6.9210	6.4936	0.2113	not sig.
	우이동	4.0206	5.6273	6.8018	-2.3515	not sig.
	인수동	4.5476	6.4825	7.0934	-1.2048	not sig.
도봉구	쌍문1동	4.7438	6.7139	7.5952	-2.6031	not sig.
	쌍문2동	4.9519	7.0940	7.8861	-2.7037	not sig.
	쌍문3동	5.4049	7.8108	8.5904	-2.9662	not sig.
	쌍문4동	5.1071	7.2972	8.1405	-2.2401	not sig.
	방학1동	4.7887	6.8432	7.5868	-3.1824	not sig.
	방학2동	4.3768	6.1225	6.9116	-1.8603	not sig.
	방학3동	4.9438	7.0193	7.8741	-3.0482	not sig.
	창1동	5.4448	7.9693	8.8282	-2.8793	not sig.
	창2동	5.3533	7.5898	8.5786	-1.8683	not sig.
	창3동	5.8439	8.3341	9.2167	-1.6837	not sig.
	창4동	4.9899	7.1915	8.0138	-2.6172	not sig.
	창5동	4.9239	7.0531	7.8262	-2.4428	not sig.
	도봉1동	3.4958	4.8527	5.6060	-2.5484	not sig.
	도봉2동	3.9225	5.4333	6.0967	-1.8772	Low-Low
노원구	월계1동	7.2668	10.0230	10.9713	-1.9189	High-High
	월계2동	6.5652	9.3587	9.8666	-3.4159	High-High
	월계3동	6.0282	8.1310	9.6699	-3.3344	High-High
	공릉2동	6.3197	8.6717	9.9064	-3.5019	not sig.
	하계1동	6.4975	9.0168	10.7154	-3.8166	High-High
	하계2동	7.2251	10.1657	11.6888	-3.8186	High-High
	중계본동	5.4139	7.6311	8.6618	-2.8998	not sig.
	중계1동	5.4478	7.8518	8.7974	-3.5479	not sig.
	중계4동	4.8312	6.9457	7.6462	-2.3892	not sig.
	상계1동	3.8515	5.4185	5.8636	-1.2701	not sig.
	상계2동	5.0864	7.4083	8.2111	-2.5950	not sig.
	상계5동	4.5884	6.5559	7.1728	-1.8506	not sig.
	상계8동	4.5592	6.4512	7.1179	-1.9432	not sig.

구	행정동	전체 접근성 지수	남성 접근성 지수	여성 접근성 지수	G_i^*	L_i (5% 유의수준)
	상계9동	4.3897	6.2256	6.7942	-2.1150	not sig.
	상계10동	4.8466	6.9496	7.7107	-2.5992	not sig.
	상계3·4동	4.0999	5.8175	6.3039	-1.3326	not sig.
	상계6·7동	5.4624	7.9597	8.9630	-3.4402	not sig.
	중계2·3동	6.4571	9.0937	10.7017	-3.2158	High-High
	공릉1동	7.5865	10.5575	11.6567	-4.3641	High-High
은평구	녹번동	5.9186	8.0102	7.8727	-0.6674	not sig.
	불광1동	4.6931	6.5367	6.6590	-0.8393	Low-Low
	갈현1동	3.5985	5.2082	5.4976	-1.1846	Low-Low
	갈현2동	3.8466	5.5663	5.7876	-0.9043	Low-Low
	구산동	3.8614	5.6591	5.7874	-0.7736	not sig.
	대조동	4.8714	6.7890	6.9478	-0.9753	Low-Low
	응암1동	4.9985	6.7082	6.9481	-0.8286	not sig.
	응암2동	5.1308	6.9343	7.3466	-0.9931	not sig.
	신사1동	4.9945	7.2009	6.9431	-0.6579	not sig.
	신사2동	4.8006	7.1857	6.5683	-0.1986	not sig.
	증산동	4.3247	6.1284	5.9533	-0.2168	not sig.
	수색동	5.2905	7.8083	7.1314	0.3257	not sig.
	진관동	3.0836	4.3588	4.9354	-0.9286	Low-Low
	불광2동	3.7620	5.3612	5.6774	-1.0448	Low-Low
	응암3동	5.1746	6.9366	7.4181	-0.7571	not sig.
	역촌동	4.6655	6.5766	6.7309	-0.7957	Low-Low
서대문구	천연동	6.1650	7.7344	6.4968	1.9235	not sig.
	홍제1동	5.7849	7.1832	7.0457	0.5595	not sig.
	홍제3동	6.2755	8.2100	7.8514	0.7481	not sig.
	홍제2동	6.3331	8.0088	7.8753	1.2993	not sig.
	홍은1동	6.0139	7.8941	7.3908	-0.6041	Low-Low
	홍은2동	4.6903	5.9555	6.1348	-0.9100	not sig.
	남가좌1동	6.3223	7.8414	8.4035	-0.8502	not sig.
	남가좌2동	6.2740	7.9548	8.3685	-1.3061	not sig.
	북가좌1동	5.7157	7.5943	7.4789	-0.1720	not sig.
	북가좌2동	5.7061	7.6889	7.8146	-1.1287	not sig.
	충현동	5.6941	7.3223	5.9341	4.0033	not sig.
	북아현동	5.3298	7.3786	5.2684	3.3769	Low-Low
	신촌동	4.5504	6.0743	4.7199	2.8028	Low-Low

구	행정동	전체 접근성 지수	남성 접근성 지수	여성 접근성 지수	G_i^*	L_i (5% 유의수준)
	연희동	5.6238	6.8543	7.0521	-0.1266	not sig.
마포구	용강동	6.0478	8.5409	6.9737	3.7164	not sig.
	대흥동	5.2202	7.1479	5.4754	3.3159	not sig.
	염리동	4.9466	6.7044	5.2426	3.5105	not sig.
	신수동	5.9740	8.3729	6.6648	2.4387	not sig.
	서교동	6.2626	8.4958	6.8499	3.6456	not sig.
	합정동	6.2507	8.9577	7.0930	2.5139	not sig.
	망원1동	6.0051	8.6845	6.4671	2.5036	not sig.
	망원2동	5.5994	7.8928	6.0240	2.1806	not sig.
	연남동	5.8805	7.5196	6.6246	1.6700	not sig.
	성산1동	5.3408	7.2873	5.8444	2.1822	not sig.
	성산2동	4.9884	6.8106	5.9932	1.9582	not sig.
	상암동	4.8385	6.8650	6.1291	2.0733	not sig.
	도화동	5.8697	7.9728	6.8537	3.4066	not sig.
	서강동	5.8879	8.1909	6.5914	3.0447	not sig.
	공덕동	5.7918	8.0609	5.8755	4.5008	not sig.
	아현동	5.4347	7.5793	5.4435	3.3395	not sig.
양천구	목1동	6.6878	9.5760	9.0058	0.6004	not sig.
	목2동	5.2498	7.6132	7.0728	0.4104	not sig.
	목3동	5.3618	7.8997	7.7122	0.3163	not sig.
	목4동	5.9604	8.6929	8.5797	0.4223	not sig.
	신월1동	5.4676	8.2045	7.8478	-0.0557	not sig.
	신월2동	5.5020	8.1431	7.8046	0.2185	not sig.
	신월3동	5.0118	7.3185	7.0486	0.1270	not sig.
	신월4동	5.5745	8.3397	8.0081	0.1281	not sig.
	신월5동	5.1766	7.6448	7.4871	-0.0286	not sig.
	신월6동	4.7337	6.9171	6.4834	0.1796	not sig.
	신월7동	4.7219	6.8834	6.5447	-0.2712	Low-Low
	신정1동	5.5446	8.1198	7.7442	0.4787	not sig.
	신정2동	6.7758	9.7200	8.9521	0.5731	not sig.
	신정3동	4.6434	6.7614	6.3685	0.0619	Low-Low
	신정6동	5.9849	8.6681	8.2191	0.6937	not sig.
	신정7동	5.5337	8.1392	7.5920	0.5640	not sig.
	목5동	5.8212	8.5082	7.8478	0.4280	not sig.

구	행정동	전체 접근성 지수	남성 접근성 지수	여성 접근성 지수	G_i^*	L_i (5% 유의수준)
	신정4동	6.0593	8.9127	8.5538	0.0930	not sig.
강서구	염창동	5.1522	7.6472	6.9770	0.7606	not sig.
	등촌1동	4.6365	6.9028	6.5863	0.5775	Low-Low
	등촌2동	4.2890	6.3273	6.0114	-0.1373	not sig.
	등촌3동	4.1480	6.2370	5.7825	0.5230	Low-Low
	화곡본동	4.7617	7.0280	6.9136	-0.1111	not sig.
	화곡2동	5.4039	7.8809	7.6873	-0.0092	not sig.
	화곡3동	4.7822	7.0426	6.9683	-0.0802	not sig.
	화곡4동	4.2033	6.0049	5.7524	0.0091	not sig.
	화곡6동	4.5537	6.7299	6.5150	0.0581	Low-Low
	화곡8동	5.0365	7.3645	7.2284	-0.0944	not sig.
	가양1동	3.8533	5.8418	5.2189	0.6851	Low-Low
	가양2동	4.6426	7.0523	6.2648	0.8049	Low-Low
	가양3동	4.4576	6.8004	6.1776	0.6272	not sig.
	발산1동	4.1178	6.0432	5.6824	0.1267	Low-Low
	공항동	3.7364	5.4804	4.9775	0.5621	Low-Low
	방화1동	3.4720	5.1712	4.5596	0.6351	Low-Low
	방화2동	3.0369	4.5593	4.0509	0.5735	Low-Low
	방화3동	2.9821	4.5558	3.9460	0.5850	Low-Low
	화곡1동	5.4631	8.1490	8.0004	-0.0781	not sig.
	우장산동	4.6607	6.9396	6.7437	0.0823	Low-Low
구로구	신도림동	5.5307	8.2978	7.7890	0.9514	High-High
	구로1동	5.0012	7.3901	7.5557	0.4400	not sig.
	구로3동	6.4309	9.5414	9.6195	-0.3416	High-High
	구로4동	6.9917	10.5488	9.9810	0.3896	High-High
	구로5동	6.6453	10.0465	9.2892	0.5957	High-High
	고척1동	4.8551	7.2438	6.7695	0.4586	not sig.
	고척2동	4.5371	6.7016	6.5206	0.3813	not sig.
	개봉2동	4.3452	6.6203	6.3978	-0.4056	Low-Low
	개봉3동	2.9715	4.4762	4.6273	-0.4339	Low-Low
	오류1동	4.0017	6.2061	5.8578	-0.5760	Low-Low
	수궁동	2.3065	3.2195	3.5760	-0.4596	Low-Low
	가리봉동	6.9317	10.3443	10.0147	-0.3637	not sig.
	구로2동	6.4673	9.8488	9.0155	0.3489	not sig.
	개봉1동	4.7301	7.1488	6.8070	-0.0372	Low-Low

구	행정동	전체 접근성 지수	남성 접근성 지수	여성 접근성 지수	G_i^*	L_i (5% 유의수준)
	오류2동	2.9331	4.2849	4.5930	-0.8701	Low-Low
	항동	2.0479	2.8330	3.5008	-0.8580	Low-Low
금천구	가산동	6.0876	9.1896	8.8688	-0.4414	not sig.
	독산1동	4.8033	7.1379	7.5657	-1.1785	not sig.
	독산2동	4.3612	6.8220	6.9017	-1.2149	Low-Low
	독산3동	6.0600	9.0060	9.7267	-1.4701	not sig.
	독산4동	4.6684	7.0030	7.4506	-1.4242	not sig.
	시흥1동	3.4146	5.3243	5.3775	-0.9512	Low-Low
	시흥2동	3.4689	5.3926	5.4963	-0.6508	Low-Low
	시흥3동	2.7094	4.0009	4.2786	-0.4693	Low-Low
	시흥4동	2.8212	4.4008	4.3192	-0.9619	Low-Low
	시흥5동	3.3111	5.0791	5.1594	-0.7932	Low-Low
영등포구	여의동	6.9178	10.1050	9.1567	1.4500	not sig.
	당산1동	7.0196	10.1644	9.5693	0.6953	High-High
	당산2동	6.7931	9.8015	9.3015	1.5588	High-High
	양평1동	7.1329	10.2070	9.7630	0.7742	High-High
	양평2동	5.9599	8.5250	8.0007	2.0580	not sig.
	신길1동	6.0491	8.7569	8.7142	0.3759	High-High
	신길3동	7.2709	10.4609	10.5055	-0.2502	High-High
	신길4동	7.1387	10.3304	10.1632	-0.5482	High-High
	신길5동	6.7844	9.8223	9.9917	-0.5267	High-High
	신길6동	7.0335	10.3812	10.3730	-1.2991	High-High
	신길7동	6.5048	9.4910	9.5262	-0.1730	High-High
	대림1동	6.7730	9.8892	10.1399	-0.7930	High-High
	대림2동	6.8268	10.1221	10.2667	-1.0052	High-High
	대림3동	6.9472	10.3264	10.0703	-0.0651	High-High
	영등포본동	6.4435	9.3831	9.0853	0.2418	High-High
	영등포동	6.9999	10.1231	9.4142	0.6165	High-High
	도림동	6.4194	9.4128	9.1321	0.0001	High-High
	문래동	6.6781	9.7699	9.1757	0.7438	High-High
동작구	노량진2동	5.1151	7.3776	7.1195	0.7128	not sig.
	상도1동	5.6527	8.0565	8.0254	-0.4218	not sig.
	상도2동	6.4641	9.4518	8.8816	-0.3832	not sig.
	상도3동	4.3762	6.4857	6.9352	-1.0029	not sig.
	상도4동	5.5239	8.0489	8.1549	-0.8425	not sig.

구	행정동	전체 접근성 지수	남성 접근성 지수	여성 접근성 지수	G_i^*	L_i (5% 유의수준)
	사당1동	4.5507	6.5513	7.1340	-1.7034	Low-Low
	사당3동	2.8647	4.0407	4.3311	-1.1621	Low-Low
	사당4동	3.7536	5.5613	5.7730	-1.5373	Low-Low
	사당5동	4.4053	6.2530	6.7164	-1.3177	not sig.
	대방동	5.8192	8.4283	8.6947	-0.4224	not sig.
	신대방1동	6.0513	9.0072	9.3965	-1.6232	High-High
	신대방2동	5.1024	7.5618	8.1529	-1.8652	High-High
	흑석동	6.1057	8.7298	8.2103	0.5729	not sig.
	노량진1동	6.4081	9.4273	8.2814	0.7553	not sig.
	사당2동	3.1971	4.7109	4.7211	-0.7219	not sig.
관악구	보라매동	5.6128	8.2963	8.7930	-1.5611	not sig.
	청림동	5.0395	7.0820	7.5605	-1.1873	not sig.
	행운동	5.3743	7.7086	8.3296	-2.2713	not sig.
	낙성대동	5.5425	7.9188	8.6728	-1.5527	not sig.
	중앙동	6.1983	8.6404	9.4042	-1.4025	not sig.
	인헌동	4.1941	6.1620	6.5688	-1.5397	not sig.
	남현동	3.9818	5.8520	6.2954	-1.7493	not sig.
	서원동	6.3740	9.4696	9.5794	-1.3123	High-High
	신원동	6.2097	9.3116	9.5715	-1.5966	not sig.
	서림동	5.6924	8.4262	8.4045	-1.1112	not sig.
	신사동	6.7495	9.9641	10.8560	-1.7798	High-High
	신림동	7.0302	10.3456	10.8272	-1.9529	High-High
	난향동	4.1858	6.5276	6.6162	-1.0390	Low-Low
	조원동	6.7631	10.1434	10.5808	-1.9389	High-High
	대학동	4.7901	7.1472	7.3818	-1.2164	not sig.
	은천동	5.7599	8.2974	8.7747	-1.6997	High-High
	성현동	5.9280	8.4324	8.6550	-1.7209	not sig.
	청룡동	5.5320	8.0094	8.3766	-1.9487	not sig.
	난곡동	4.5337	7.1002	7.2615	-1.0506	not sig.
	삼성동	4.2141	6.6417	6.8011	-0.9958	not sig.
	미성동	4.6663	6.9909	7.4979	-1.8387	not sig.
서초구	서초1동	5.0061	7.4074	6.7404	0.4656	not sig.
	서초2동	5.3994	8.0521	6.9799	0.7022	not sig.
	서초3동	5.1993	7.5322	7.4262	-0.4880	not sig.
	서초4동	5.2896	7.7796	7.0518	1.1220	not sig.

구	행정동	전체 접근성 지수	남성 접근성 지수	여성 접근성 지수	G_i^*	L_i (5% 유의수준)
	잠원동	5.2916	7.8747	6.8142	3.0247	not sig.
	반포본동	4.7502	6.5981	6.4783	0.5735	not sig.
	반포1동	5.2105	7.5989	6.9251	1.3006	not sig.
	반포2동	5.1811	7.3842	7.0244	0.5044	not sig.
	반포3동	5.2857	7.6881	6.9962	1.2072	not sig.
	반포4동	5.1902	7.5368	7.1940	0.0376	not sig.
	방배본동	5.3780	7.4686	7.7027	-0.4233	not sig.
	방배1동	4.7430	6.8944	7.2206	-1.2016	not sig.
	방배2동	4.8582	7.0081	7.5343	-1.6267	not sig.
	방배3동	4.8301	6.9895	7.4234	-0.9090	not sig.
	방배4동	4.9366	7.0085	7.4599	-1.1835	not sig.
	양재1동	3.8125	5.2029	5.1940	0.2108	not sig.
	양재2동	3.4397	4.9668	4.5145	-0.1547	Low-Low
	내곡동	1.8779	2.6422	2.9390	0.7326	Low-Low
강남구	신사동	5.7396	8.6974	7.4177	2.9559	not sig.
	논현1동	5.6915	8.6164	7.5295	2.0039	not sig.
	논현2동	5.8667	9.1544	7.7497	1.5432	not sig.
	삼성1동	6.9113	10.1682	10.1572	0.1226	High-High
	삼성2동	6.0847	8.8757	8.5780	0.4465	High-High
	대치1동	5.9094	8.5927	8.7351	-0.2904	not sig.
	대치4동	6.2315	8.8585	9.1818	-0.1950	not sig.
	역삼1동	5.6907	8.3089	7.6209	1.1491	not sig.
	역삼2동	5.9013	8.1953	8.2250	-0.2744	not sig.
	도곡1동	5.0570	7.2688	6.5808	0.1127	not sig.
	도곡2동	5.4881	7.5919	7.8217	0.3565	not sig.
	개포1동	4.7033	7.2177	6.4243	-0.0023	not sig.
	개포4동	4.1577	6.2420	5.4529	-0.1510	Low-Low
	일원본동	4.2318	6.3879	6.3434	0.2881	not sig.
	일원1동	4.9181	7.3135	7.3630	-0.6619	not sig.
	일원2동	5.3291	8.0463	7.9102	-0.1716	not sig.
	수서동	4.3918	6.8290	6.2187	-0.3761	Low-Low
	세곡동	2.6560	4.4248	3.8153	0.1019	Low-Low
	압구정동	5.4502	8.4333	7.3877	2.5124	not sig.
	청담동	5.8187	8.8027	8.0437	1.3986	not sig.
	대치2동	6.6935	10.0287	9.9865	-0.4026	not sig.

구	행정동	전체 접근성 지수	남성 접근성 지수	여성 접근성 지수	G_i^*	L_i (5% 유의수준)
	개포2동	5.2515	7.9589	7.3685	-0.5585	not sig.
송파구	풍납1동	6.0219	8.7650	9.7246	-2.6616	High-High
	풍납2동	6.1383	9.1664	9.6817	-1.7034	High-High
	거여1동	4.5453	7.1246	7.0460	-0.0103	Low-Low
	거여2동	3.9284	6.1866	6.1497	-0.1538	Low-Low
	마천1동	3.3537	5.2643	5.3907	-0.5664	not sig.
	마천2동	4.6403	7.1338	7.4384	-0.6084	not sig.
	방이1동	6.1561	9.4026	9.5130	-2.0188	High-High
	방이2동	6.4856	9.5668	10.0933	-1.7390	High-High
	오륜동	5.1371	7.6735	8.3232	-2.5410	High-High
	오금동	5.7424	8.8337	8.9794	-1.4717	not sig.
	송파1동	6.6570	9.5621	10.4937	-1.9276	High-High
	송파2동	6.2585	9.2075	9.8940	-2.1981	High-High
	석촌동	6.6043	9.4930	10.2795	-2.0694	High-High
	삼전동	6.3268	9.4865	9.4309	-1.4274	High-High
	가락본동	5.8127	8.7316	9.0407	-1.0811	not sig.
	가락1동	6.0329	8.4735	9.4779	-0.8288	not sig.
	가락2동	5.0284	7.7099	7.7011	-0.3244	not sig.
	문정1동	4.8907	7.4038	7.2905	0.1905	not sig.
	문정2동	4.0768	6.5768	5.7239	0.0619	Low-Low
	잠실본동	6.7620	10.3328	9.8582	-0.7473	High-High
	잠실4동	4.3784	6.9571	6.8750	-1.5440	not sig.
	잠실6동	7.2633	10.6757	10.9579	-1.3570	High-High
	잠실7동	5.9397	8.8098	8.6248	-0.3286	High-High
	잠실2동	7.2127	10.6916	10.7950	0.2378	High-High
	잠실3동	7.0390	10.1955	10.8179	-0.7682	High-High
	장지동	3.9050	6.3115	5.4768	0.3988	Low-Low
	위례동	2.6038	4.6521	3.5791	0.4101	Low-Low
강동구	강일동	3.0137	4.4016	5.3455	-1.5471	Low-Low
	상일동	3.5893	5.3528	6.1209	-2.4187	Low-Low
	명일1동	5.2981	7.6037	8.9712	-3.2671	not sig.
	명일2동	4.3803	6.4435	7.5475	-2.7663	not sig.
	고덕1동	3.7933	5.7479	6.5158	-2.8375	not sig.
	고덕2동	3.3691	4.9898	5.8289	-1.9372	Low-Low
	암사2동	5.7339	8.6806	9.4251	-2.2189	not sig.

구	행정동	전체 접근성 지수	남성 접근성 지수	여성 접근성 지수	G_i^*	L_i (5% 유의수준)
	암사3동	5.1137	7.7383	8.5094	-2.4507	not sig.
	천호1동	5.7911	8.3765	9.6435	-3.4174	not sig.
	천호3동	6.1312	8.9232	10.2630	-3.1485	High-High
	성내1동	6.1118	8.8997	9.9457	-2.7370	High-High
	성내2동	6.0192	8.7145	9.9570	-3.6804	High-High
	성내3동	6.1674	9.0362	10.2935	-3.6481	High-High
	둔촌1동	6.0172	8.9635	10.3178	-2.4121	not sig.
	둔촌2동	6.1407	8.9824	10.3415	-2.8666	High-High
	암사1동	5.4732	8.2190	9.0560	-3.0354	not sig.
	천호2동	6.1583	9.0234	10.1490	-3.4246	High-High
	길동	5.9638	8.6584	10.0740	-4.2206	not sig.

Abstract

Spatial equity in education by gender differences

- Spatial accessibility analysis of highschool in Seoul using E2SFCA method

YOU DONG-HAN

Department of Geography Education

The Graduate School

Seoul National University

Equity in education can be divided into equity of educational environment and educational achievement. Equity of educational environment is more important because it is a prerequisite for educational achievement. Access to Education, which is one element of the educational environment, can be identified in terms of spatial accessibility. Although the analysis of accessibility is in rapid growth with the development of GIS and spatial statistical techniques, domestic research on spatial accessibility of educational services is insufficient. Also, since there are many single-sex schools in Korea, there may be differences in spatial accessibility due to gender, so a study on this is necessary. Therefore, this study analyzed and

visualized spatial accessibility of education services by gender difference using the E2SFCA(Enhanced 2-Step Floating Catchment Area) method. For the calculation of the spatial accessibility index, 228 high schools in Seoul were used as supply sites and 18848 counting districts in Seoul were used as demand sites. In addition, the time distance was calculated through network analysis, and the spatial accessibility index was calculated based on this. After calculating the spatial accessibility index, concentration and clustering were analyzed using Gini's coefficients, Moran's I, Getis-Ord's G_i^*, Lee's L_i, and visualized using maps, histograms, Lorenz curves, scatter plots, box plots, and violin plots. The study results are as follows.

First, spatial accessibility index of educational services in Seoul is evenly distributed. In other words, the Gini coefficient of the spatial accessibility index, which is a measure of concentration, was low. Moran's I, a measure of the global clustering, was found to be high, but this is judged to be due to the characteristics of the spatial accessibility index.

Second, in terms of spatial accessibility to education services, regional differences were more significant than gender differences. Through Getis-Ord's G_i^* on the difference between male and female spatial accessibility indices, it was confirmed that male accessibility index was relatively high in central Seoul, and female accessibility index was relatively high in eastern Seoul. However, the two indices showed a strong positive correlation, and when Lee's L_i statistics for the male spatial accessibility index and the female spatial accessibility index were checked at the 5% significance level, the regions where the difference between the two indices appeared were relatively small, and regions where the two indices were high or low at the same

time were more widely distributed. Areas with a low female spatial accessibility index were located in the center of Seoul, and areas with low both indexes were located mainly at the edge of Seoul, and future policies are needed for this.

Third, when the spatial accessibility index according to school gender was shown, the spatial accessibility index of boys' high school and girls' high school was high in the center of Seoul, and the accessibility index of coeducational was high in the periphery outside the center of Seoul. This is presumed to be the influence of the historical context.

Through the above empirical research and analysis, this study identifies areas with low access to education, and the government can prepare countermeasures for this situation. In addition, this study, which performed analysis using free GIS software and presented the process, is expected to contribute to further spatial accessibility studies.

keywords : Educational Equity, Access to Education, Gender Difference, Spatial Accessibility Analysis, E2SFCA, Spatial Statistics

Student Number : 2020-20385