



서울시 장애인 콜택시 이용특성 및 대기시간 영향 요인 분석

: 장애인 콜택시 빅데이터와 Community Detection을 활용하여*

Analysis of Characteristics of Call Taxi Usage and Factors Influencing the Waiting Time for the Mobility Disabled in Seoul, Korea

: Using the Disability Call Taxi Big Data and Community Detection

이지민** · 이수기***

Lee, Jimin · Lee, Sugie

Abstract

The factors influencing mobility and community living zones for the disabled were analyzed using the call taxi big data and a community detection method in Seoul, Korea. A spatial statistical model was used to analyze the factors affecting the mobility for the disabled. The results of the analysis showed a significant difference between the community living zones of the 2030 Seoul community plan and the actual community living zones determined using the Louvain algorithm. This study also identified the characteristics of mobility for the handicapped. The primary destinations for the individuals with mobility disabilities were hospitals and nursing homes. The mobility of the handicapped was closely related to the operating hours of medical and service facilities. The average waiting time for call taxis for the disabled was 87–90 minutes, with a minimum wait time of 16 minutes and a maximum wait time of 241 minutes. Furthermore, this study confirmed that the handicapped who live in low-income neighborhoods wait longer for call taxis. This finding indicates that public mobility services for the handicapped should be improved in low-income neighborhoods. The results of this study provide valuable insights for the development of public policies that promote the mobility of the handicapped.

주제어 교통약자, 이동특성, 생활권, 장애인 콜택시, 대기시간

Keywords Mobility Disabled, Mobility Characteristics, Living Zone, Call Taxi for the Disabled, Waiting Time

1. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

헌법에는 '누구나 인간다운 생활을 할 권리를 갖는다'라고 명시

되어 있으며, 이는 장애인도 인간다운 삶을 보장받아야 함을 내포한다. 특히 장애인들은 신체의 불편함으로 인해 이동권을 보장받지 못하는 경우가 많다. 이동의 제한은 사회적 활동에 영향을 끼치며, 이로 인해 정상적으로 사회와 소통하지 못하고 단절되는 경우가 빈번하다. 이를 해결하기 위해 정부에서는 「장애인·노

* 이 논문은 2022년 대한국토·도시계획학회 추계학술대회에서 발표하여 우수논문상 수상 논문을 수정·보완한 것이며, 한국연구재단의 지원(NRF-2018R1A5A7059549)을 받아 수행됨.

** Master Student, Department of Urban Planning & Engineering, Hanyang University (First Author: urbbb00@hanyang.ac.kr)

*** Professor, Department of Urban Planning & Engineering, Hanyang University (Corresponding Author: sugielee@hanyang.ac.kr)

인·임산부 등의 편의증진 보장에 관한 법률」(이하 장애인등편의법), 「장애인 복지법」, 「장애인 차별 금지 및 권리구제 등에 관한 법률」(이하 장애인차별금지법) 등을 제정하였다.

또한 교통약자의 이동권을 보장하기 위한 방안으로 '특별 교통수단'의 도입이 활발하게 이루어지고 있다. 각 지자체는 「교통약자의 이동편의 증진법」에 근거하여 특별교통수단을 운영하도록 강제하고 있다(석중수, 2014). 관련 법 제정에도 불구하고 특별교통수단의 실효성은 부족하며, 장애인 이동권은 여전히 사회적 문제로 대두되고 있다. 따라서 이에 대한 더욱 구체적인 법·제도적 방안이 필요한 실정이다.

특히 매년 장애인 인구는 꾸준히 증가하는 추세이며, 초고령화 사회로 진입하면서 교통약자인 노인 인구도 급증하는 추세이다. <그림 1>, <표 1>과 같이 2017년 기준 서울시 장애인 인구는 약 39만 명이며, 전체인구 대비 장애인 인구 비율은 약 3.86%이다. 또한 2018년에는 3.90%, 2019년에는 3.94%, 2020년은 3.97%, 2021년은 4.02%가량으로 매해 꾸준히 증가하고 있다. 서울시 전체 인구가 감소하고 있는 데 반해 장애인 인구 비율이 꾸준히 증가한다는 것은 이들과 관련된 법·제도적 장치가 필요함을 시사한다. 또한 현 정부에서 제시한 120대 국정과제 중 장애인 이동권 관련 내용이 주요 정책으로 제시되어 본 연구의 필요성이 대두되는 실정이다.

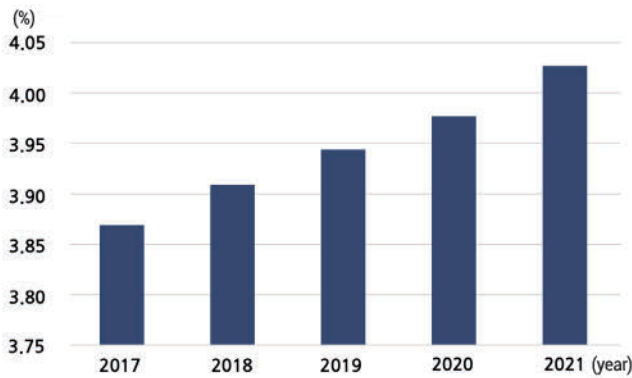


그림 1. 서울시 장애인 인구 비율(2017-2021)
Figure 1. Population rate for the disabled (2017-2021)

Source: Seoul Open Data Plaza (2017-2021)

표 1. 서울특별시 장애인 인구 수

Table 1. Population of the disabled in Seoul

Year	Population of the disabled	Population	Percent (%)
2017	391,753	10,124,579	3.86
2018	392,920	10,049,607	3.90
2019	394,843	10,010,983	3.94
2020	394,190	9,911,088	3.97
2021	392,123	9,736,027	4.02

Source: Seoul Open Data Plaza (2017-2021)

2. 연구의 목적

본 연구에서는 특별교통수단 중 하나인 서울시 장애인 콜택시 데이터를 활용하여 장애인들의 이동 특성을 파악하고, 이동권 보장 및 개선에 필요한 부분이 무엇인지 실증 분석을 통해 알아내고자 한다.

첫째, 기술통계분석을 통해 첨두시간, 장거리 통행 지역 등 장애인 콜택시 이용자의 통행 특성을 파악하고자 한다.

둘째, 행정동별 대기시간과 연평균 소득과의 관계를 파악하여 경제적 요인에 따른 장애인 이동성 서비스의 공간적 불평등이 존재하는지 살펴보고자 한다. 나아가 장기 대기시간 비율이 높은 행정동 및 콜택시 서비스 취약지역을 도출하고자 한다.

셋째, PageRank Index를 활용한 중심성 분석을 통해 통행량이 많고 공간구조상 중요한 지역을 도출하고자 한다.

마지막으로 Louvain 알고리즘을 활용한 장애인 생활권을 도출하여, 2030 서울시 생활권 계획과 비교하고자 한다. 이를 통해 장애인 이동권 보장 및 편의 증진을 도모하고, 추후 교통약자 관련 시설 계획을 위한 정책적 시사점을 제공하고자 한다.

II. 선행연구 고찰

1. 교통약자 및 특별교통수단

교통약자의 정의는 광의적, 협의적으로 다양하게 사용되고 있으며, 이를 분류하는 기준 또한 다양하다(김태호 외, 2012). 「교통약자법」 제1장 제2조에 따르면 교통약자란 장애인, 고령자, 임산부, 영유아를 동반한 사람, 어린이 등 일상생활에서 이동에 불편을 느끼는 사람을 의미한다.

국외에서는 교통약자의 개념이 신체적 제약뿐만 아니라 사회제도적, 경제적 등 다양한 원인에 의해 이동이 자유롭지 못한 사람들을 칭하는 포괄적인 의미로 사용된다(김태호 외, 2012). 예를 들어 'the transportation vulnerable'은 보행자와 자전거 이용자, 고령자, 장애인, 어린이 등을 나타낸다. 'the transportation poor'는 경제적인 관점에서의 이동 약자를 의미하는데 자가용을 구매할 수 없는 저소득계층을 지칭하는 경우 등에 사용한다. 특히 세계보건기구(WHO)에서는 <표 2>와 같이 '기능적 장애, 능력 장애, 사회적 불리'로 교통약자의 정의를 크게 3가지로 분류하였다.

교통약자를 정의하는 데 있어 가장 핵심적인 내용은 "이동의 불편함"이다. 이동은 사람과 사람을 연결해주는 수단이며, 새로운 정보를 받아들이고 여가 활동을 하는 등 삶의 공간을 넓혀가는 통로의 역할을 한다. 따라서 이동이 자유롭지 못한 교통약자는 일상생활 및 경제 활동 등에 제약이 있을 수 있다. 나아가 고령자의 경우, 이동이 정서적인 부분에도 영향을 끼치므로 교통약자의 이동권 보장은 중요하다(Kim, 2011; Ravulaparthi et al.,

표 2. 교통약자 정의

Table 2. Definition of the mobility disabled

Type	Definition
기능장애 Impairment	Impairment is any loss or abnormality of psychological, physiological, or anatomical structure or function.
능력 장애 Disability	Disability is any restriction or lack of ability to perform an activity in the manner or within the range considered normal for a human being.
사회적 불리 Handicap	Orientation is the individual's ability to orient himself in relation to his surrounding.

Source: World Health Organization (1980)

2013). 교통약자는 신체적으로 제약이 많기에 이동에 불편함을 느끼며 스스로 이동할 수 없는 경우가 많다. 또한 비장애인에 비해 환경, 시간 등 다양한 요인에 영향을 받기 때문에 보조이동수단 및 타인의 도움을 받는 경우가 많다(김태호 외, 2012).

「교통약자법」 제2조 8호에서는 이동에 심한 불편을 느끼는 교통약자의 이동을 지원하기 위하여 휠체어 탑승 설비 등을 장착한 차량을 특별교통수단이라고 정의한다. 동법 제16조 제1항 및 「교통약자법 시행규칙」 제5조 제1항에 의하면, 특별시장·광역시장·특별자치시장·도지사·특별자치도지사는 이동에 불편을 느끼는 교통약자의 이동편의를 위하여 장애인 150명당 1대 이상의 특별교통수단을 운행해야 한다.

특별교통수단 관련 연구로는 크게 특별교통수단의 통행특성 파악 및 운영 효율화 방안에 관한 연구, 수요에 영향을 끼치는 요인 분석 및 수요예측에 관한 연구가 있다.

우선, 통행특성을 파악한 연구를 살펴보면 김홍균·김도경(2022)은 K-means 클러스터링 분류를 수행하여 클러스터별 주요 특성분석을 수행했다. 그 결과 대기시간이 가장 긴 클러스터에는 주로 심야, 새벽시간이 속해 있는 것으로 나타났다. 또한 의료 및 보건시설이 밀집한 지역은 상대적으로 대기시간이 짧은 것으로 나타났다. 본 연구는 대기시간별로 클러스터를 나누어 대기시간 특성을 분석했지만, 대기시간에 영향을 끼치는 요인을 통계분석 등을 통해 구체적으로 파악하지 못했다는 한계점이 존재한다.

둘째로, 장애인 콜택시 대기시간에 영향을 끼치는 요인을 분석한 연구들이 있다. 손중훈 외(2022)는 모수적 생존분석 모형(AFT)을 활용하여 중도절단¹⁾ 자료를 포함한 대기시간에 영향을 끼치는 요인을 체계적으로 분석했다. 분석 결과, 최근접 차고지와의 거리, 평균통행속도는 대기시간을 증가시키는 요인으로 나타났다, 장애인구 계수, 차량이용가능도 등은 대기시간을 감소시키는 요인으로 나타났다. 이를 통해 장애인 콜택시 운영 효율화를 위한 제안을 했다는 시사점이 있지만, 대기시간과 인구사회학적 요인, 물리적 환경과의 관계만 살펴보았다는 한계점이 존재한다. 해당 연구에서는 경제적 요인 등 비물리적 요인과의 관계는

고려하지 않았다.

마지막으로 수요 예측에 관한 연구는 다음과 같다. 이은경 외(2022)는 2019년도 장애인 콜택시 데이터를 활용하여 Spatio-temporal Multi-graph Convolution Network for Ride-Hailing Demand Forecasting(ST-MGCN) 모델로 수요를 예측했다. 3가지 인접행렬(인접한 행정동 여부, 탐색거리, 기능적 유사도)을 변수로 활용하여, 행정동별 공간적 특성을 반영한 수요를 추정했다. 예상 수요가 높은 행정동을 도출한 결과를 통해 효율적 운영 방안에 기여할 수 있을 것이다. 하지만 통행목적 혹은 주중, 주말 통행을 고려하지 않고 수요를 추정했다는 한계점이 존재하며, 수요예측 결과를 정책적 시사점과 연계하는 부분을 보완할 필요가 있다.

2. 장애인 이동성과 공간적 형평성

장애인의 사회적 배제에 관한 연구는 지속적으로 수행되었으며, 윤대식·안영희(2003)에 의하면 장애인의 사회적 배제는 환경적 요인과 장애 특성에 따라 조절되는 것으로 나타났다. 특히 이동과 편의시설 등 물리적 특성에 따라 사회적 배제의 수준이 상이했는데 이는 물리적 환경 요인이 중요함을 입증한다. 또한 접근성과 이동성은 장애인들의 사회참여를 위한 근간이자 삶의 질을 향상시키는 주요 원인이다.

장애인의 이동성, 접근성 관련 문제는 「교통약자 이동편의 증진법」, 「장애인 차별 금지 및 권리구제 등에 관한 법률」 등을 통해 보장되어 왔다. 이와 관련된 법률은 다음의 <표 3>과 같다.

1995년 「장애인편의시설 및 설비의 설치기준에 관한 규칙」,

표 3. 장애인 이동권 관련 제도 및 법률

Table 3. Policy and law for the disabled

Year	Policy and law
1981	장애인 복지법 Act on Welfare of Persons with Disabilities
1995	교통약자의 이동편의 증진법(약칭: 교통약자법) Act on Promotion of the Transportation Convenience of Mobility Disadvantaged Persons
1998	장애인·노인·임산부 등의 편의증진 보장에 관한 법률 (약칭: 장애인등편의법) Act on the Guarantee of Convenience Promotion of Persons with Disabilities, Senior Citizens, Pregnant Women and Nursing Mothers
2008	장애인차별금지 및 권리구제 등에 관한 법률 (약칭: 장애인차별금지법) Act on the Prohibition of Discrimination against Persons with Disabilities and Remedy against Infringement of Their Rights
2021	장애인·노인·임산부 등의 편의증진 보장에 관한 법률 Act on the Guarantee of Convenience Promotion of Persons with Disabilities, Senior Citizens, Pregnant Women and Nursing Mothers

1998년에는 「장애인등편의법」이 시행되었다. 이후 「장애인등편의법」에서 이동권 관련 내용을 발췌하여 「교통약자법」으로 개편하였다. 이렇듯 관련 법률의 제정으로 장애인들의 최소한의 이동권은 보장되었지만, 여전히 이동에 불편함을 겪는 사례가 빈번히 일어나고 있다. 이에 관련 연구 및 제도의 실효성 있는 시행이 시급한 실정이다.

장애인 이동권 관련 연구로는 우선 박창석 외(2021)는 접근권과 이동권을 구별하고 있으며, 교통약자법 제3조에 의해 “교통약자는 인간으로서의 존엄과 가치 및 행복을 추구할 권리를 보장받기 위하여 교통약자가 아닌 사람들이 이용하는 모든 교통수단, 여객시설 및 도로를 차별 없이 안전하고 편리하게 이용하여 이동할 수 있는 권리를 가진다.”고 정의한다. 또한 장애인의 접근성과 이동권이 헌법에서 제시하는 기본권에 해당하여 이를 보장받아야 할 권리가 있다고 주장한다.

노호창(2020)은 교통약자의 이동권과 관련된 사례를 바탕으로 개선 사항이나 조치들이 무엇인지 법률 개정에 대해 제시했다. 해당 연구는 입법적 측면에서 법률들을 검토하고 장애인 이동권 향상을 도모하기 위한 정책적 시사점을 제공했다는 의의가 있다. 그러나 실제 장애인 통행 데이터를 기반으로 한 연구가 아니기에 구체적인 정책 방안은 제시하지 못했다.

공간적 형평성에 관한 연구는 다음과 같다. 이호준 외(2017)는 교통 취약계층의 이동성을 위해 스마트카드 데이터를 활용하여 대중교통 이동성 취약지를 식별하였다. 실제 통행 데이터를 활용해 이동성 지수를 산출하고 취약지를 제시하여 대중교통 정책의 기초자료로 활용할 수 있는 시사점을 제시하였다. 하지만 기초통계분석 및 시각화를 중심으로 분석하여 통계적인 유의성을 검증할 수 없으며, 취약지 도출에 대한 추가 분석이 필요할 것으로 보인다. 한편 김연수·박보식(2013)은 의성군에 거주하는 교통약자를 대상으로 설문조사를 시행하여, 교통수단, 편의시설 등의 접근성에 관한 연구를 수행했다. 설문 결과를 바탕으로 편의시설, 도로환경 등의 개선 필요성을 제안했지만, 구체적으로 형평성에 관해 논의하지는 않았다.

3. 연구의 차별성

선행연구를 살펴본 결과, 특별교통수단의 통행 특성을 분석한 연구가 활발히 진행되었으며 이를 통해 특별교통수단의 효율적 운영에 시사점을 제공하였다. 그럼에도 불구하고 선행연구들은 다음과 같은 한계점을 지닌다.

첫째, 통행량 외에 대기시간에 영향을 끼치는 요인을 분석한 연구는 미비한 실정이다. 대기시간의 시공간적 특성을 파악한 연구는 있으나, 대기시간에 영향을 끼치는 요인을 통계적으로 분석한 연구는 드문 것으로 나타났다.

둘째, 대부분의 연구가 물리적 환경 및 인구·사회학적 변수를

사용하였다. 장애인 콜택시 서비스가 필요한 저소득 계층을 중심으로 경제적 요인과 대기시간의 관계를 파악하지는 못했다는 한계점이 존재한다.

셋째, 대중교통의 형평성에 관한 연구는 활발히 진행되었으나 장애인 콜택시와 같은 특별교통수단의 형평성에 관한 연구는 부족한 실정이다. 특히 기존의 특별교통수단 형평성에 관한 연구는 거시적인 측면에서 일부 교통시설을 개선해야 한다는 결론만 제시할 뿐 구체적으로 형평성에 대해 논의하지 않았다.

마지막으로 특별교통수단 및 이동권 관련 기존 연구는 연구의 결과를 토대로 구체적인 정책적 시사점을 제시하지 못했다는 한계가 존재한다. 대부분의 연구가 특별교통수단의 효율화를 위해 장애인 콜택시 법정 대수를 확대해야 한다는 대략적인 결론만 제시했다. 구체적으로 어떤 지역에 콜택시 대기시간 문제가 심각한지 또한 어느 지역에 추가 배치가 필요한지에 대해 충분히 제시하지 못했다.

본 연구는 선행연구의 한계점을 보완하였으며, 다음과 같은 차별성을 지닌다. 첫째, OLS(Ordinary Least Square Model), SEM(Spatial Error Model), SLM(Spatial Lag Model)를 활용하여 콜택시 이용량과 대기시간에 영향을 끼치는 요인에 대해 살펴보았다. 각 모형을 비교하여 설명력이 가장 우수한 모형을 제시하였고, 구체적으로는 출발 통행밀도, 도착 통행밀도, 대기시간을 종속변수로 설정하여 3가지 모형을 분석하였다. 이를 통해 영향 요인을 구체적으로 제시했으며, 장애인 이동성 서비스의 공간적 불평등 여부를 살펴보았다.

둘째, 최근접 차고지까지의 거리, 토지이용혼합도 등 물리적 환경요인뿐만 아니라 연평균 소득, 공시지가와 같은 경제적 요인을 독립변수로 설정했다는 차별성이 존재한다. 특히 연평균 소득과 대기시간과의 관계를 중점적으로 살펴보았으며, 이를 통해 장기대기시간이 긴 저소득 지역을 서비스 취약지역으로 선정하였다.

셋째, PageRank Index를 활용하여 장애인 통행 기반의 중심성 분석을 수행하였다. 이를 통해 통행량이 많고 공간구조상 중요한 지역인 중심지를 도출했다. 도출한 결과를 비장애인 통행 기반의 PageRank Index와 비교하여 장애인 통행 특성을 분석하고자 한다.

마지막으로 Community Detection 및 장애인 콜택시 데이터를 활용하여 장애인 생활권을 도출하였다. 이를 2030 서울시 생활권계획과 비교하여 장애인 생활권의 특징을 살펴보았다. 생활권 계획은 도시 관리계획의 지침적 역할을 수행하는 것으로, 장애인 관련 시설 배치 시 장애인 생활권 계획이 필요할 것으로 판단된다. 이를 통해 Top Down 방식의 기존 생활권 계획의 한계점을 보완하고자 한다.

III. 방법론

1. 연구의 범위 및 활용 자료

〈그림 2〉와 같이 공간적 범위는 서울특별시이다. 서울 장애인 콜택시의 경우, 서울특별시 및 인천국제공항, 서울시 인접 12개의 시에서 운행한다. 본 연구는 서울특별시를 대상으로 진행하기 위해 서울시 내부 통행 건수만 고려하였으며, 분석단위는 행정동이다.

시간적 범위의 경우 서울시설공단에서 직접 제공받은 콜택시 이용량 데이터 중 COVID-19 영향을 받지 않은 2018년을 대상 연도로 설정하였다.

〈표 4〉와 같이 장애인 콜택시 데이터에는 접수일시, 승차일시, 하차일시, 출발동, 목적지동, 탑승목적 등의 정보가 포함되어 있다. 2018년 기준 제공받은 데이터의 총 개수는 약 117만 개이며, 예약 탑승, 서울 외부 통행, 이상치 제거 후 본 연구에서는 총 65.1만 건을 사용하였다. 예약 탑승의 경우 탑승 하루 전날 콜을 접수하여 실제 대기시간을 산출하기 어려우므로 본 연구에서는 제외하였다.

통행유형별 이용량은 〈표 5〉와 같다. 통행유형별 이용량을 살펴보면, 귀가 통행, 재활/치료, 기타, 통학/출근 순으로 높았다. 연도별 이용량은 2018년은 117.1만 건, 2019년 117.9만 건, 2020년은 97만 건, 2021년에 122만 건으로 나타났다. 2020년의 경우 COVID-19의 영향으로 인해 이용량이 감소한 것으로 예상된다.

연구에서 활용한 변수 및 데이터 출처는 〈표 6〉과 같다. 종속변



그림 2. 연구 대상지
Figure 2. Study area

표 4. 서울 장애인 콜택시 정보

Table 4. Information of call taxi for the disabled

Data	Components
장애인 콜택시 운영 기록	일시, 시간, 콜 목적지, 출발 행정동, 장애 유형, 탑승 목적 등
Call taxi run history	Date, time, call destination, origin (Dong), disability type, the purpose of boarding, etc.

표 5. 서울 장애인 콜택시 이용량(건, %)

Table 5. Volume of call taxi for the disabled by trip purpose (ea, %)

귀가 Returning home	재활/치료 Hospital or medical service	기타 Other type	통근 Commute	종교 Religion activities	쇼핑 Shopping
422,565 (36.07%)	410,593 (35.05%)	255,831 (21.83%)	46,738 (3.98%)	29,551 (2.52%)	6,145 (0.52%)

수로 서울시 장애인 콜택시 데이터를 활용하였다. 서울 장애인 콜택시는 서울시설공단에서 운영·관리하고 있으며, 보행상 장애가 있는 1~3급 장애인이 이용할 수 있다. 장애인 콜택시 데이터는 서울 열린 데이터 광장에서 구독 가능하나 본 연구에서는 탑승 목적, 승차거리 등 보다 구체적인 정보 수집을 위해 서울시설공단에 직접 요청하여 구독했다.

2. 분석과정 및 방법

연구는 크게 3단계로 진행되었다. 우선 장애인 콜택시 데이터의 기본적인 특성을 파악하고자 기초통계분석을 시행하였으며, 이를 통해 평균 대기시간, 승차시간, 주요 목적지 등에 대한 정보를 파악하였다. 또한 대기시간과 소득과의 관계를 파악하여 서비스 취약지역을 도출하였다.

다음으로 중심성 및 생활권 분석을 통해 장애인 콜택시 이용자의 생활 환경 및 통행 특성, 중심지를 도출하였다. 생활권 분석 결과를 2030 서울시 생활권계획과 비교하여 장애인 생활권의 특성을 분석하고자 하였다. 마지막으로 OLS, SEM, SLM²⁾ 등의 공간통계모형을 활용하여 장애인 콜택시 이용에 영향을 끼치는 요인을 파악하였다. 공간통계모형의 설명력을 비교하여 설명력이 가장 높은 SEM을 최종 모형으로 선택하였다.

1) 기술통계분석

장애인 콜택시 데이터를 활용하여 장애인 및 특별교통수단의 이동 특성을 파악하고자 기술통계분석을 시행하였다. 평균 탑승거리, 대기시간, 이동거리 등을 분석하고 주요 출발동, 도착동을 파악하였다. 또한 각 행정동의 유출입 통행량을 시각화하여 수요의 공간적 분포를 나타내었다.

다음으로 소득과 대기시간과의 관계를 중점적으로 살펴보았다. 조작적 정의를 통해 평균 대기시간 이상 건수를 장기대기시간으로 설정하였으며, 연평균 소득이 낮은 지역의 장기대기 통행 건수를 살펴보았다. 또한 저소득 지역 중 전체 통행 건수에서 장기 대기시간 건수의 비율이 40% 이상인 곳을 서비스 취약지역으로 설정하였다.

2) 중심성 및 생활권 분석

PageRank Index는 중심지 및 도시 활력을 정량화하는 데 활

표 6. 변수 및 데이터 출처 Table 6. Description of variables and date sources

Variables		Description	Data source
종속변수 Dependent variable	통행밀도 Trip density	출발 Origin Average of origin trip by administrative dong/ Administrative dong area	Seoul Facilities Corporation (2018)
		도착 Destination Average of destination trip by administrative dong/ Administrative dong area	
	대기시간 Waiting time	Boarding time – Reception time (minute)	
인구요인 Pop. factors	전체 인구 수 Population	Total population (person)	Seoul Open Data Plaza (2018)
	장애인 인구 수 Population for the disabled	Population for the disabled by administrative dong (person)	
	고령화 지수 Aging Index	Number of people aged 65 and over/the total number of people*100	
토지이용 요인 Land use factors	토지이용혼합도 Land Use Mix (LUM)	Entropy index of residential, commercial, office uses	New Address DB (2018)
	상업시설 연면적 Total floor area of commercial facility	Total floor area of commercial facility (km ²)	
	업무시설 연면적 Total floor area of office facility	Total floor area of office facility (km ²)	
	주거시설 연면적 Total floor area of residential facility	Total floor area of residential facility (km ²)	
교통약자 관련 요인 Facility factors for the disabled	사회복지시설 연면적 Total floor area of welfare facility	Total floor area of welfare facility by administrative dong (km ²)	New Address DB (2018)
	시장 연면적 Total floor area of market facility	Total floor area of market facility by administrative dong (km ²)	
	의료시설 연면적 Total floor area of medical facility	Total floor area of medical facility by administrative dong (km ²)	
	숙박시설 연면적 Total floor area of residential facility	Total floor area of residential facility by administrative dong (km ²)	
교통 요인 Transport factors	차고지까지의 거리 Dist. to garage	Distance from the central point of administrative dong to the garage (km ²)	Seoul Facilities Corporation (2018)
	대기시간 Waiting time	Boarding time – Reception time (minute)	
	이동거리 Trip distance	Distance from origin to destination (km)	
경제 요인 Economic factors	연평균 소득 Annual income	Annual Income by administrative dong	Big Data Environment (2018)
	공시지가 Appraised value of land	Appraised value of land by administrative dong (10,000 won)	
	기초수급자 수 Recipient of basic living	Number of recipient of basic living by administrative dong	
접근성 요인 Accessibility factors	사회복지시설까지의 거리 Dist. to social welfare facility	Average distance from the central point of administrative dong to welfare facilities (km ²)	New Address DB (2018)
	의료시설까지의 거리 Dist. to medical facility	Average distance from the central point of administrative dong to medical facilities (km ²)	
	주거지까지의 거리 Dist. to residential facility	Average distance from the central point of administrative dong to the residential facilities (km ²)	
	자동차 등록 대수 Total registered motor vehicles	Number of the total registered moter vehicles in an administrative dong	
			Public Data Portal (2018)

용되며, 본 연구에서는 장애인 통행 기반의 중심지를 도출하는데 활용하였다. In-bound Link는 유입통행, Out-bound Link는 유출통행으로 산출되며, 해당 지역들은 통행량이 많고 공간구조상 중요한 지역임을 나타낸다.

두 번째로 네트워크 방법론의 일환인 Community Detection을 활용하여 생활권을 도출하였다. 이 방법론은 통행 및 실제 생활 환경을 고려한 생활권을 도출한다는 특징이 있다(강재원 외, 2022; 하정원·이수기, 2022; Poorthuis, 2018). 네트워크 방법론 중 하나로 최근 공간분석 기법에서 주목받고 있으며 OD 데이터로 영향력이 높은 집단을 분류하는 기법이다(Guimera et al., 2005; Newman, 2006; 하재현·이수기, 2016). 본 연구에서는 Louvain 알고리즘을 활용하여 장애인의 생활권을 도출하였으며, 계산식은 아래 식 (1)과 같다(Igraph, 2022).

$$Q = \frac{1}{2m} \sum_{ij} [A_{ij} - \gamma \frac{k_i k_j}{2m}] \delta(c_i, c_j) \quad (1)$$

3) 공간통계모형

김선재 외(2021) 연구에서는 공간통계모형을 활용하여 도시환경 특성이 범죄유형별 발생밀도에 미치는 요인에 대해 분석하였다. 해당 연구에서는 최소제곱법 모형(OLS), 공간오차모형(SEM), 공간시차모형(SLM), 공간터빈모형(SDM)을 활용하여 분석을 진행하였고, 각 모형의 결과를 비교분석하였다. 본 연구에서는 최소제곱법 모형(OLS), 공간오차모형(SEM), 공간시차모형(SLM)을 활용하여 통행밀도에 영향을 끼치는 요인을 파악하고자 한다. 공간통계모형의 식은 다음과 같다(식 (2), 식 (3), 식 (4) 참조).

독립변수에서 활용한 고유벡터 중심성(eigenvector centrality)은 공간구조상 중요한 노드와 연결되었을 때 해당 노드의 중심성도 높다고 판단된다. 또한 노드 수뿐만 아니라 인접지역 간의 관계도 함께 고려하는 방법이다(이종상·서덕수, 2020). 간선의 가중치와 함께 해당 지역과 연결된 노드들의 영향력을 고려하는 방법으로 계산식은 식 (5)와 같다(하정원·이수기, 2022).

$$Y = X\beta + \eta + \epsilon \quad (2)$$

$$Y = \rho WY + X\beta + \eta + \epsilon \quad (3)$$

$$Y = X\beta + \lambda W\epsilon + \eta + \epsilon \quad (4)$$

$$x_i \propto \sum_j x_j \quad (5)$$

IV. 분석결과

1. 기초통계분석

장애인 콜택시의 수요 특성을 알아보기 위해 우선 연도별 콜택시

이용량에 대해 살펴보았다. 2018년, 2019년에는 약 117만 건의 이용내역이 있었고 주중과 주말을 나누어 비교해보았을 때 주중의 이용량이 월등히 많은 것으로 나타났다.

2018년도의 경우 평일의 이용량은 약 20만 건이며, 주말은 평균 8.5만 건으로 나타났다. 2018년에서 2021년의 연간 이용량을 살펴보면 매년 전체 이용량은 늘어나는 추세이며, 예외적으로 2020년의 경우 COVID-19 등의 영향으로 이용량이 소폭 감소한 것으로 나타났다(〈표 7〉 참조). 자세히 살펴보면 2020년의 평일 이용량보다 주말 및 금요일의 이용량의 감소폭이 큼을 알 수 있다. 2021년은 타 연도에 비해 기타 통행량이 많아 장애인 콜택시 통행의 일반적인 특성을 대변하는 데 어려움이 존재한다고 판단하여, 본 연구 대상에서 제외하였다. 장애인 콜택시 이동특성을 파악하기 위한 기초통계분석 결과는 다음과 같다.

1) 침두시간

통행 목적별 침두시간을 살펴본 결과 〈그림 3〉, 〈그림 4〉와 같이 귀가 목적 통행은 오후 4시, 그 외 시설로의 통행은 오전 9시가 침두시간인 것으로 나타났다.

표 7. 연도별 장애인 콜택시 이용량

Table 7. Usage of call taxi for the disabled by year

Type	2018	2019	2020	2021
Weekdays	1,002,529	1,008,438	849,467	1,073,661
Weekend	168,894	170,615	122,722	146,918
Total	1,171,423	1,179,053	972,189	1,220,579

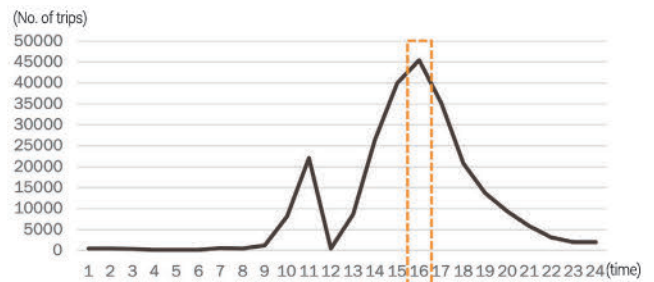


그림 3. 시간대별 귀가목적 통행량 분포
Figure 3. Travel volume of returning home trips by time

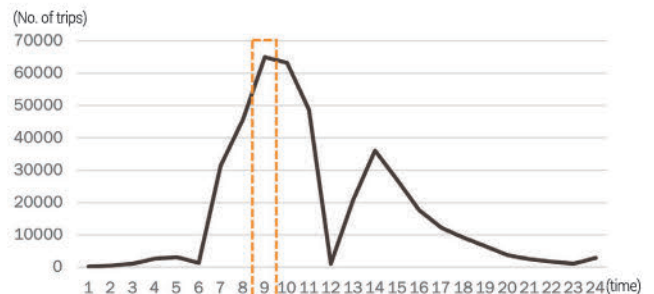


그림 4. 시간대별 기타목적 통행량 분포
Figure 4. Travel volume of all other trips by time

이를 종합하여 장애인들의 통행을 살펴보면, 주요 목적지인 의료시설을 방문하기 위해 오전 9시에 장애인 콜택시를 많이 이용함을 의미한다. 또한 오후 4시에는 집으로 귀가하는 통행이 많은 것으로 나타났는데, 이는 주요 이동지인 병원에서 집으로 귀가하는 통행인 것으로 미루어 볼 수 있다. 비장애인들의 통행 침두시간은 주로 출퇴근 시간인 오전 8~9시, 오후 5~7시이기에 장애인의 침두시간과 상이한 것을 알 수 있다. 특징적인 것은 귀가 통행 및 의료시설 등 기타 시설로의 통행 둘 다 오후 12시에 통행량이 현저히 감소한다. 이는 장애인들의 주요 목적지인 의료시설, 사회복지시설의 휴식시간(점심시간 등)과 관련 있을 것으로 예상된다.

2) 이동거리 및 장거리 통행

귀가 통행의 평균 이동 거리는 <표 8>과 같이 7.9km이며 최대 이동거리는 71km로 나타났다. 의료시설 등 그 외 시설로의 통행에서는 평균 8km, 최대 67.69km 이동한 것으로 나타났다.

자치구별 통행량을 살펴보면 강남구에서 타 지역으로 귀가하는 통행량이 가장 많은데 이는 강남구가 서울시 자치구 중 의료시설이 가장 많은 지역(자치구 평균 의료시설 692개, 강남구 2594개)인 것과 연관이 있는 것으로 볼 수 있다. 기타시설(의료시설 및 사회복지시설 등)로의 통행은 강서구, 강남구가 높다. 장거리 통행량을 살펴본 결과 귀가 통행의 경우 가양 제1동, 영등포동 순으로

높았으며, 그 외 통행의 경우 성수2가 제3동, 중계 2·3동 순으로 높게 나타난다(<표 9> 참조).

3) 행정동별 대기시간과 연평균 소득과의 관계

장애인 콜택시 서비스의 공간적 불평등이 존재하는지 알아보기 위해 행정동별 대기시간과 연평균 소득과의 관계를 살펴보았다(<그림 5> 참조). 본 연구에서는 가구동향조사 시 분위수(1~10분위)를 측정하는 것과 동일한 기준으로 연평균 소득 하위 10%를 저소득 계층, 상위 10%를 고소득층으로 분류하였다.

먼저 귀가 통행의 경우 평균 대기시간 이상 통행건수가 저소득층은 9,166건, 고소득층은 7,737건으로 나타났다. 소득계층별 통행량을 고려하여 비율로 살펴봤을 때 귀가 통행의 경우, 저소득층의 장기대기건수는 14.4%, 고소득층의 장기대기건수는 12.7%로 나타났다.

그 외 시설로의 통행의 경우, 평균 대기시간 이상 통행건수가 저소득층은 11,266이며, 고소득층은 9,474건으로 나타났다. 하지만 삼성동 등 일부 강남 지역(고소득 지역)의 대기시간이 긴 것으로 나타났는데, 이는 강남구의 의료시설 밀집 지역에서 시설 운영 시간(오전 9시, 오후 4시)에 통행이 집중되어 일시적으로 대기시간이 길어진 것으로 볼 수 있다.

대기시간 및 연평균 소득을 살펴본 결과를 토대로 통행 유형별

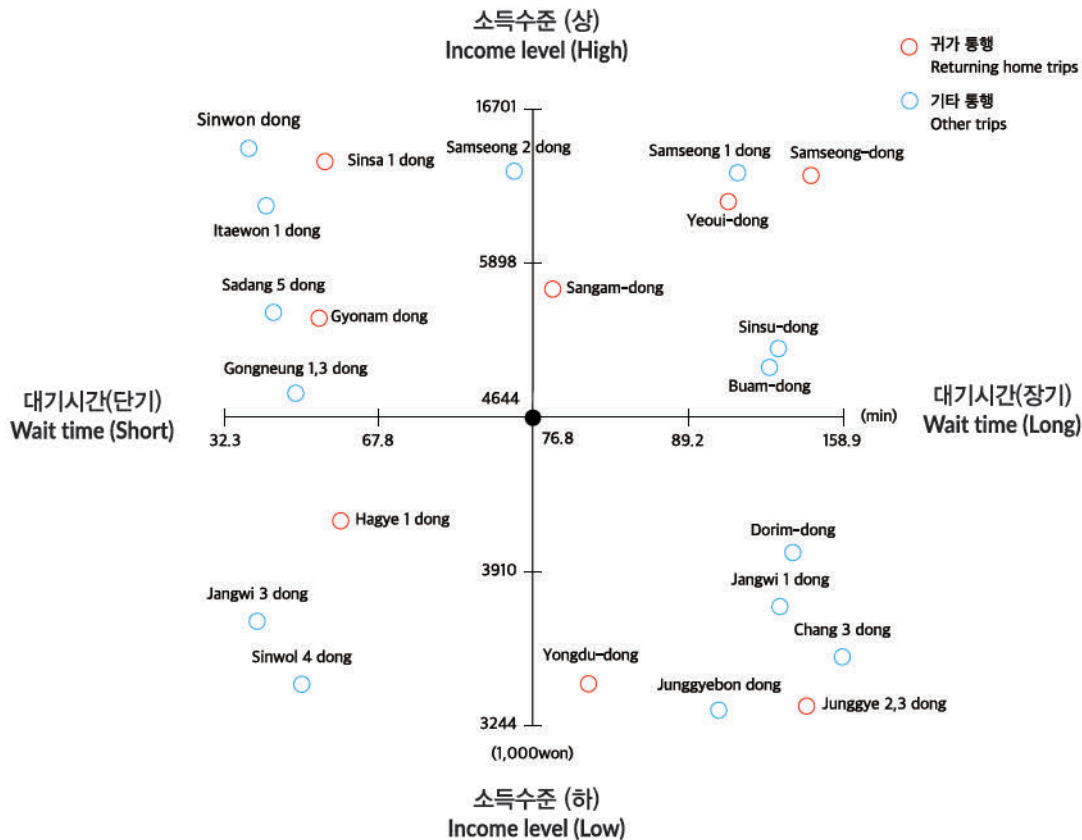


그림 5. 행정동별 대기시간과 연평균 소득과의 관계
 Figure 5. Relationship between waiting time and average annual income

표 8. 기술통계분석

Table 8. Descriptive statistical analysis

Variables		Obs	Mean	Std. dev.	Min.	Max.	VIF	
종속변수 Dependent variables	통행밀도 Trip density	출발 Origin	423	6.33	1.26	2.17	9.40	
		도착 Destination	423	6.63	1.13	0.28	9.83	
	대기시간 Waiting time	귀가 Returning home	423	87	52.73	16	241	
		그 외 Others	423	90	52.99	16	241	
인구요인 Pop. factors	인구 Population	423	24,064.87	9,375.04	3,073	63,727	4.35	
	장애인 인구 수 Population for the disabled	423	929.75	498.45	7	3,901	5.83	
	고령화 지수 Aging Index	423	14.48	2.99	6.42	31.55	4.42	
토지이용 요인 Land use factors	고유벡터 중심성 Eigenvector centrality	423	0.06	0.11	0	1	1.10	
	토지이용 혼합도 Land Use Mix (LUM)	423	0.641	0.178	0.11	0.98	1.19	
	상업시설 연면적 Total floor area of commercial facility	423	3,673.37	13,810.73	436	265,602	2.34	
	업무시설 연면적 Total floor area of office facility	423	8,565.25	12,745.97	0	128,207	2.11	
	주거시설 연면적 Total floor area of residential facility	423	5,434.85	9,726.49	309	110,142	2.27	
	사회복지시설 연면적 Total floor area of social welfare facility	423	4,218.24	10,194.26	0	182,654	1.10	
교통약자 관련 요인 Facility factors for the disabled	시장 연면적 Total floor area of market	423	5,065.48	33,210.75	0	469,350	1.03	
	의료시설 연면적 Total floor area of medical facility	423	7,856.75	33,778.79	0	580,889	1.31	
	숙박시설 연면적 Total floor area of accommodations	423	6,220.67	20,515.11	0	219,117	1.31	
	차고지까지의 거리 Dist. to garage	423	1,747.7	918.0014	48	5,194	1.50	
교통 요인 Transport factors	이동 거리 Trip distance	귀가 Returning home	423	7.90	6.91	0.10	71.00	1.31
		그 외 Others	423	8.06	6.93	0.15	67.69	1.30
경제 요인 Economic factors	연평균 소득 Annual income	423	5,604.844	2,551.714	3,244	16,701	1.45	
	공시지가 Appraised value of land	423	3,565,998	2,291,634	321,000	22,442,610	1.61	
	기초생활수급자 수 Number of recipient of basic living	423	682.420	515.7749	1	4,199	5.23	
접근성 요인 Accessibility factors	사회복지시설까지의 거리 Dist. to social welfare facility	423	379.862	177.1874	0	1,146	2.81	
	의료시설까지의 거리 Dist. to medical facility	423	294.839	241.6565	0	1,119	1.34	
	주거시설까지의 거리 Dist. to residential facility	423	393.976	140.5508	163	1,071	3.92	
	자동차 등록대수 Total registered motor vehicles	423	22,042.98	17,474.77	80	67,157	1.50	

표 9. 장거리 통행(상위 10개)

Table 9. Long distance trip (top 10)

Origin (returning home)	Average trip distance (km)	Origin (others)	Average trip distance (km)
Gayang1 dong	62.9	Seongsu2-ga 3 dong	67.1
Yeongdeongpo dong	56.0	Junggye2,3 dong	63.8
Doksan3 dong	55.9	Deungchon1 dong	60.4
Gongneung2 dong	54.3	Myeonmok3,8 dong	58.4
Oryu2 dong	50.6	Gongneung2 dong	55.6
Yeoui dong	47.8	Nangok dong	53.1
Mok5 dong	47.7	Yeoui dong	51.3
Jamsil3 dong	47.0	Ssangmun4 dong	51.2
Sanggye3,4 dong	45.4	Pungnap2 dong	50.7
Banghwa2 dong	45.4	Garibong dong	48.8

서비스 취약지역을 도출했으며, 결과는 <표 10>과 같다. 우선 귀가 통행의 경우 노원구 중계본동, 강북구 미아동, 동대문구 신설동 순으로 장기대기시간이 높게 나타났으며, 해당 지역들은 서비스 취약지역에 속한다. 저소득 지역 중 장기 대기건수가 52.4%로 나타난 중계본동은 백사마을이 위치한 지역으로 다수의 임대주택이 위치한다. 비교적 저소득 장애인들이 거주하는 지역이기에 원활한 콜택시 서비스가 필요함에도 불구하고, 귀가 목적의 통행에서 콜택시 이용량의 절반 이상이 장기 대기시간의 문제를 겪는 것으로 나타났다.

표 10. 소득 하위 10위 행정동의 대기시간 현황(서비스 취약지역)

Table 10. Waiting time in low income areas (vulnerable areas of service)

귀가 통행(Returning home trips)			
Dong	Total trip	Trip volume more than ave. waiting time	%
Cheongnyangni dong	146	45	30.8%
Junggye1 dong	212	50	34.2%
Junggye2 dong	969	242	24.9%
Junggyebon dong*	101	53	52.4%
Yongdu dong	479	128	26.7%
Sinseol dong*	831	395	47.5%
Jegi1 dong	118	30	25.4%
Jegi2 dong*	357	156	43.6%
Mia dong*	464	211	45.4%
Samyang dong	91	30	32.9%

*Vulnerable areas of service

그 외 시설로의 통행의 경우, 평균 대기시간 이상 통행건수가 저소득층은 11,266이며, 고소득층은 9,474건으로 나타났다. 하지만 삼성동 등 일부 강남 지역(고소득 지역)의 대기시간이 긴 것으로 나타났는데, 이는 강남구의 의료시설 밀집 지역에서 시설 운영 시간(오전 9시, 오후 4시)에 통행이 집중되어 일시적으로 대기시간이 길어진 것으로 볼 수 있다.

귀가 목적의 통행을 제외한 그 외 시설로의 통행에서는 강북구 미아동, 동대문구 청량리동, 강북구 삼각산동 순으로 장기대기시간 건수가 높게 나타났다. 특히 장기대기건수가 70% 이상인 강북구 미아동은 북한산 국립공원이 위치한 고도 제한 지역으로, 빌라 및 저층 주택이 밀집한 곳이다. 서울시 자치구별 의료시설 현황에 따르면, 강북구는 의료시설이 적은 하위 6번째 지역으로 장애인 관련 인프라가 부족한 실정이다. 이로 인해 의료목적의 타 지역으로의 통행이 빈번할 것으로 예상되지만, 장기대기건수가 많아 서비스의 개선이 필요한 지역이다.

2. 중심성 분석

중심성 분석 결과는 <그림 6>, <표 11>과 같다. 장애인 통행 기반 PageRank Index는 이화동, 신촌동, 여의동 순으로 높게 나타난 반면, 일반 통행 DB 기반의 PageRank Index는 상업·업무 시설이 밀집한 역삼1동, 명동 등이 높게 나타났다(금창익, 2022).

이화동은 서울대 병원 인근, 신촌동은 연세대 세브란스 병원, 여의동은 가톨릭대 성모병원이 위치한 곳으로, 종합병원으로의 통행 등이 빈번하여 타 지역과의 연결성이 높아 중심성 수치가 높게 나타난 것으로 판단된다. 반면, 이태원2동, 창신3동, 반포본동 등은 PageRank Index가 낮는데 해당지역은 초·중·고등

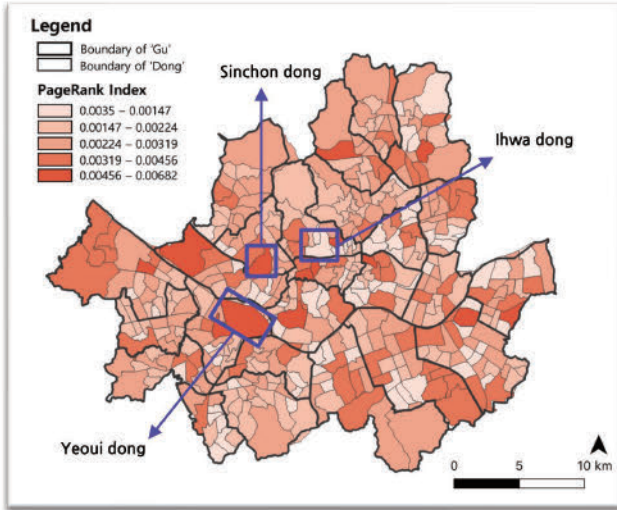


그림 6. 페이지랭크 지수
Figure 6. PageRank Index

표 11. 중심성 지수 순위

Table 11. Ranking of Centrality Index

Level	Centrality Index				
Top 5	Ihwa dong	Sinchon dong	Yeoui dong	Wangsimni doseon dong	Jongro 1,2,3,4 dong
	0.0064	0.0063	0.0058	0.0055	0.0054
Bottom 5	Itaewon2 dong	Changsin3 dong	Banpobon dong	Gaepo1 dong	Dunchon1 dong
	0.00087	0.00077	0.00075	0.00054	0.00047

학교가 밀집해 있거나 한강공원, 야외식물원 등의 여가공간이 위치한 곳이기 때문에 장애인들의 통행이 적은 것으로 생각된다. 이러한 물리적 환경으로 인해 통행량 및 중심성 지수가 낮은 것으로 판단된다.

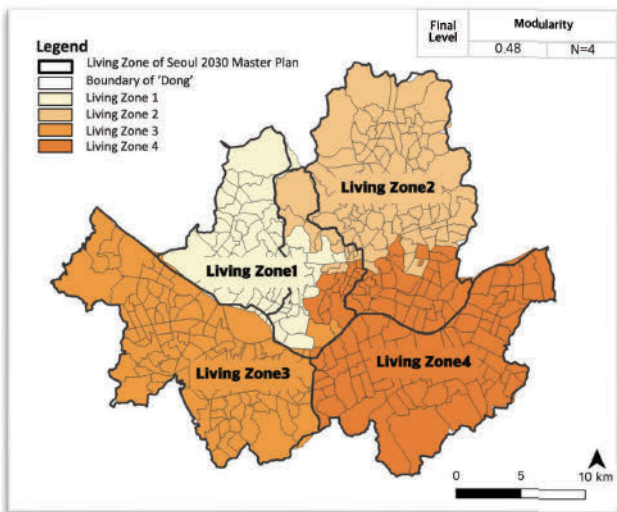


그림 7. 장애인 생활권
Figure 7. Living zones of the disabled

3. 장애인 생활권 분석

〈그림 7〉은 Community Detection 중 Louvain 알고리즘을 활용하여 도출한 장애인 생활권이다. 모듈성(Modularity) 클러스터 내 가중치가 크고 클러스터 간 가중치는 낮은 형태로 분류될 때 1에 가까운 수치를 보이며 1에서 -1 사이 값을 가진다(하정원·이수기, 2022). 생활권 분석 결과 모듈성은 0.48, N=4로 나타났다.

이를 2030 서울 생활권 계획과 비교한 결과, 도심 생활권에 속하는 Zone5가 가장 큰 차이점으로 나타났다. 기존에 도심생활권은 서울의 중추핵으로 역사문화공간이 집중된 곳인데, 장애인의 경우 여가문화시설보다는 의료시설과 집으로의 통행이 많기 때문에, 해당 도심 생활권이 인근 생활권으로 분화 및 편입되었다고 볼 수 있다.

분석 결과를 통해 현재 2030 도시기본계획의 하위계획으로 설정된 생활권과 장애인의 생활권은 상이함을 알 수 있다(〈그림 8〉 참조). 생활권 계획은 관리계획의 지침적 역할을 수행하는 것으로, 장애인 관련 시설 배치 시 장애인 통행 기반의 생활권이 필요할 것으로 생각된다. 특히 의료시설, 사회복지시설 통행 기반의 생활권은 장애인의 주요 통행 목적지를 대표하는 것으로, 이와 관련된 연구도 추후 진행될 필요성이 있다.

4. 공간통계분석

장애인 콜택시의 이용량 및 대기시간에 영향을 끼치는 요인을 파악하고자 공간통계분석을 수행하였다. 출발 통행밀도, 도착 통행밀도, 대기시간을 종속변수로 하여 총 3가지 모형을 설정하였다.

세 모형 모두 최소제곱법 모형(OLS), 공간오차모형(SEM), 공간시차모형(SLM) 분석을 수행하였으며, 그 결과는 〈표 12〉와

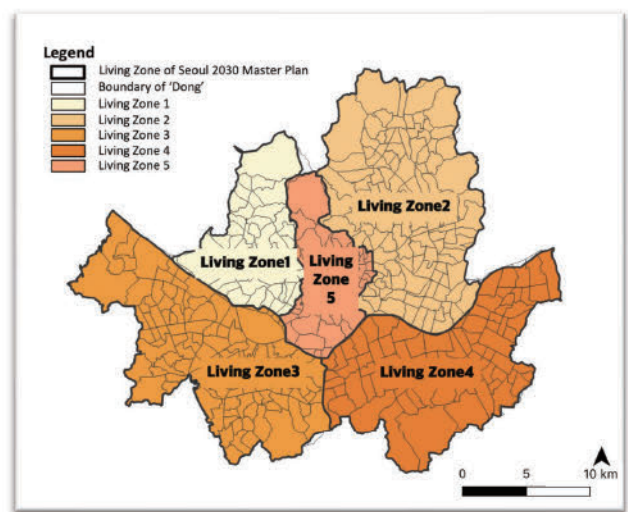


그림 8. 2030 서울 생활권 계획
Figure 8. Living zones of 2030 Seoul Plan

같다. AIC 값은 각각 5025.39, 4800.65, 5103.10으로 SEM 모형이 가장 낮았으며, 해당 모형이 설명력이 높은 모델임을 알 수 있었다.

분석결과를 살펴보면, 3가지 모형에서 모두 연평균 소득이 유의미한 변수로 도출되었으며, 장애인 인구 수, 토지이용 혼합도, 고유벡터 중심성, 이동거리 등이 유의한 변수로 나타났다 (<표 13> 참조). 세부적인 모형의 분석 결과는 다음과 같다.

1) 출발 통행 모형

우선 출발 통행 밀도 모형은 교통약자 관련 시설 요인, 접근성 요인을 제외한 나머지 요인에서 유의미한 변수들이 도출되었다. 우선 고령화 지수가 높을수록 장애인 콜택시 통행밀도가 높게 나타났는데 연령대가 높은 장애인들이 콜택시 이용을 빈번하게 함을 알 수 있다. 이는 최근 이슈가 되고 있는 장애인의 고령화 문제와도 관련 있는 것으로 보인다. 고령화 사회로 진입하면서 장애인의 고령화도 사회적 문제로 대두되는 실정이다. 두 번째로 연평균 소득이 낮은 행정동일수록 콜택시 통행밀도가 높은 것으로 나타났다. 즉, 이는 저소득 장애인이 콜택시를 이용하는 경우가 많은 것으로 해석할 수 있다. 따라서 장애인 콜택시가 공공 서비스 차원의 교통수단으로서 역할을 잘 감당해야 함을 시사한다. 또한 이동거리가 짧을수록 통행밀도가 높게 나타났는데 이를 통해 단거리 통행이 많음을 알 수 있다.

2) 도착 통행 모형

도착 통행 모형의 경우 토지이용혼합도, 고유벡터 중심성, 의료시설 연면적이 증가할수록 도착지 통행밀도가 높은 것으로 나타났다. 이는 장애인들의 주요 통행 목적지를 잘 나타내는 대목이다. 기술통계분석에서 볼 수 있듯이 장애인은 주로 의료시설, 사회복지시설을 방문하는데, 대부분의 종합 병원이 위치한 곳은 관련 시설들이 밀집하여 중심성이 높기 때문에 이러한 특성이 반영된 것으로 해석된다.

연평균 소득은 도착지 행정동의 통행밀도에 음(-)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 장애인 콜택시의 목적지가 대부분 집, 의료시설인 것으로 미루어 보아, 연평균 소득이 낮은 지역의 도착 통행량이 많은 것은 저소득 가구 밀집 지역에 통행량이 많은 것으로 유추할 수 있다.

표 12. 모형별 AIC 값 비교

Table 12. Comparison of AIC values by model

Model	AIC		
	OLS	SEM	SLM
Origin trip model	5061.01	5025.39	5062.49
Destination trip model	4801.87	4800.65	4802.64
Waiting time model	5108.31	5103.10	5109.38

또한, 시장 연면적이 작을수록 도착 통행밀도가 증가하는데, 이를 통해 장애인들이 시장 인근지역에서 콜택시를 이용하는 경우가 적음을 알 수 있다.

3) 대기시간 모형

도착 통행 행정동의 연평균 소득이 낮을수록 대기시간이 증가한다. 이는 장애인 콜택시가 저소득 계층에게 공공 서비스 차원의 교통수단으로서 역할을 제대로 감당하지 못할 수도 있다는 것을 뜻한다. 또한 시장 연면적, 자동차 등록대수가 많을수록 대기시간이 긴 것으로 나타났다. 즉, 시장으로 인해 유동인구 및 차량 이동이 많은 곳은 혼잡하기 때문에 교통체증을 불러일으켜 대기시간이 길어진 것으로 예상할 수 있다.

세 모형 결과를 종합하면, 상당수의 저소득 계층 장애인이 콜택시를 이용하나 저소득 가구가 밀집한 지역의 대기시간이 타 지역보다 길어 서비스 불균형이 발생함을 알 수 있다.

V. 결론

본 연구는 장애인 이동권 개선과 관련하여 장애인 콜택시의 수요 파악 및 원활한 서비스 제공을 위한 장애인 콜택시 이동 특성 및 생활권 분석을 수행하였다. 2018년 서울특별시를 대상으로 연구를 진행하였으며, 서울시 내부 주중 통행만을 고려하여 분석했다.

통행 특성 분석 결과는 다음과 같다. 첫째, 귀가 통행 침두시간은 오후 4시이며, 그 외 기타시설 통행 침두시간은 오전 9시로 나타났다. 이는 장애인들의 통행은 의료시설 등의 관련 시설 운영 시간과 밀접한 연관이 있는 것으로 판단된다. 또한, 장애인 콜택시의 평균 대기시간은 87~90분으로 나타났으며, 최소 16분, 최대 241분까지 소요되었다. 특히 비장애인 택시의 대기시간이 10분인 것(김영식, 2021)을 감안하면 장애인 콜택시의 대기시간은 심각한 수준이며, 무려 9배가량 높은 수치이다.

둘째, 대기시간과 행정동 연평균 소득과의 관계를 살펴본 결과, 귀가 통행의 평균 대기시간 이상 통행건수가 저소득층은 9,166건, 고소득층은 7,737건으로 나타나, 소득에 따라 대기시간의 차이가 나타났다. 그 외 시설로의 통행에서는 저소득층의 평균 대기시간 이상 통행건수가 11,266건, 고소득층은 9,474건으로 나타났다. 특히 공급이 우선적으로 필요한 저소득층이 장기대기건수가 더 많은 것으로 나타나 공공 서비스의 형평성 문제가 두드러짐을 알 수 있었다.

셋째, 중심성 지수인 PageRank Index는 비장애인 통행의 경우 상업·업무 시설이 밀집한 행정동 순으로 높은 것(금창익, 2022)에 비해 장애인 콜택시 DB 기반의 PageRank Index는 주로 종합병원이 위치한 이화동(서울대병원 인근), 신촌동(세브란스 병원), 여의동(가톨릭대 성모병원)이 높음을 확인했다. 이를 통해 장애인과 비장애인의 통행 패턴 및 중심지가 상이함을 알 수 있다.

표 13. 공간통계분석 결과 Table 13. Result of spatial statistical analysis

변수 Variables		출발 통행 모형 Origin trip model		도착 통행 모형 Destination trip model		대기시간 모형 Waiting model	
		Spatial error model		Spatial error model		Spatial error model	
		Coef.	z	Coef.	z	Coef.	z
인구요인 Pop. factors	인구 Population	0.001	1.45	0.001 *	1.72	-0.000	-0.42
	장애인 인구 수 Population for the disabled	-0.006	-0.96	0.052 ***	3.22	0.017	0.79
	고령화 지수 Aging Index	0.049 **	2.34	-0.008 *	-1.65	0.000	0.04
토지이용 요인 Land use factors	고유벡터 중심성 Eigenvector centrality	2.628 *	6.09	2.835 ***	8.53	19.404	0.55
	토지이용 혼합도 Land Use Mix (LUM)	0.046	1.66	0.074 ***	3.47	-11.947	-0.98
	상업시설 연면적 Total floor area of commercial facility	0.001	1.25	-0.000	-1.61	0.001	0.76
	업무시설 연면적 Total floor area of office facility	0.000 *	1.85	0.000	1.61	-0.000	-1.44
	주거시설 연면적 Total floor area of residential facility	0.001 *	1.85	0.001	2.51	-0.000	-0.70
교통약자 관련 요인 Facility factors for the disabled	사회복지시설 연면적 Total floor area of social welfare facility	0.000	0.01	0.000	0.60	-0.000	-0.05
	시장 연면적 Total floor area of market	-0.000	-1.48	-0.000 **	-1.77	0.000 **	1.97
	의료시설 연면적 Total floor area of medical facility	0.000	0.90	0.000 **	1.98	0.000	0.60
	숙박시설 연면적 Total floor area of accommodations	-0.000	-0.05	0.000	0.23	0.000	0.80
교통 요인 Transport factors	차고지까지의 거리 Dist. to garage	-0.054	-0.56	0.044	0.27	0.008	1.58
	대기시간 Waiting time	-0.000	-0.40	-0.016	-0.48	-	-
	이동거리 Trip distance	-0.076 ***	-12.16	-0.001	-0.29	-0.011 **	-1.75
경제 요인 Economic factors	연평균 소득 Annual income	-0.007 ***	-2.79	-0.005 ***	-2.83	-0.003 **	-2.09
	공시지가 Appraised value of land	-0.000	-0.82	0.000	0.68	-0.000	-1.42
	기초생활수급자 수 Number of recipient of basic living	-0.003	-0.15	0.004	0.30	-0.005	-0.25
접근성 요인 Accessibility factors	사회복지시설까지의 거리 Dist. to social welfare facility	0.014	0.35	-0.024	-0.79	-0.009	-0.70
	의료시설까지의 거리 Dist. to medical facility	0.0296	1.41	0.024	1.55	-0.013	-0.36
	주거시설까지의 거리 Dist. to residential facility	-0.102	-1.21	-0.001	-0.02	0.056	-0.59
	자동차 등록대수 Total registered motor vehicles	-0.000	-0.77	-0.000	-0.05	0.000 **	0.61
Lamda		0.152 **	2.22	0.148 **	2.41	-0.064	2.01
Constant		750.515 ***	19.42	785.243 ***	26.42	392.257 ***	13.31
No. obs.		423		423		423	
R-squared		0.509		0.495		0.116	
AIC		5025.39		4800.65		5103.1	
SC		5130.56		4901.77		5200.18	
Log Likelihood		-2486.694		-2375.324		-2527.551	

*p<0.10, **p<0.05, ***p<0.01

넷째, 2030도시기본계획상 생활권계획과 장애인 생활권을 비교한 결과, 도심생활권(Zone5)가 가장 큰 차이점으로 나타났다. 도심생활권(Zone5)이 서울의 역사문화공간이 집중된 곳으로, 의료시설, 집으로의 통행이 많은 장애인의 통행 특성을 고려할 때, 도심생활권이 타 생활권으로 분화 및 편입되는 특징이 나타났다. 또한 장애인 생활권은 2030 서울생활권 계획(5개 대생활권)과 달리 4개의 대생활권으로 분류되는 차이점을 보였다.

마지막으로 공간통계모형을 분석한 결과 공간오차모형(SEM)이 가장 설명력이 좋은 것으로 나타났고, 출발 통행밀도, 도착 통행밀도, 대기시간 모두 연평균 소득과 음의 관계가 있는 것으로 나타났다. 즉, 장애인 콜택시 이용자의 상당수가 저소득 계층이지만 이들이 거주하는 지역의 대기시간이 타 지역보다 길어 공공서비스 불균형이 발생한다. 또한 출발통행 모형에서 고령화 지수가 높을수록 장애인 콜택시 통행밀도가 높았는데, 이는 최근 이슈가 되는 장애인 고령화 문제와 연관된 것으로 해석할 수 있다.

분석결과를 종합하여 <그림 9>와 같은 정책 제안을 하고자 한다. 현재 장애인 콜택시는 장기 대기시간, 서비스의 수요와 공급 불일치 등의 문제가 있다. 본 연구는 기초통계분석, 중심성 및 생활권 분석, 공간통계분석을 통해 장애인 콜택시 침두시간 등 주요 통행 특성과 서비스 취약지역을 도출하였다. 이를 토대로 침두시간과 주요 통행 목적지에 장애인 콜택시 법정 대수를 확대하고, 서비스 취약지역 인근에 차고지 추가 설치 및 우선 배차를 제안한다. 또한 제도적 문제 중 장거리 운행 기피, 저임금 문제를 해결하기 위해 운행 거리별 인센티브를 제공하여 운영할 것을 제안한다. 이를 통해 장애인 이동권 향상을 위한 맞춤형 통합지원으로 장애인 자립생활 기반 강화를 도모코자 한다.

본 연구는 그동안 연구가 미비하였던 장애인 이동성과 관련하여 통행유형별로 통행 특성을 귀가 통행, 그 외 기타시설로의 통행으로 나누어 파악했다는 점에서 의의가 있다. 나아가 중심성 분석 및 생활권 분석을 통해 심도 있는 연구를 진행하여 선행연구의 한계점을 보완하였다는 의의가 있다. 또한, 공간통계모형을 활용하여 종속변수와 독립변수 간의 관계뿐만 아니라 종속변수 및 오차항 간의 공간적 자기상관관계를 파악하여 보다 정밀한 분석을 수행하였다.

나아가 선행연구와 달리 대기시간에 영향을 끼치는 환경·경제·사회적 요인을 모두 고려하여 종합적으로 분석하였다는 차별성이 존재하고, 소득과 대기시간과의 영향 관계를 파악하여 장애인 이동성 증진을 위한 정책적 시사점을 제공한다. 특히 소득이 낮은 지역일수록 통행량 및 대기시간이 증가하는 관계를 파악했으며, 저소득 지역의 장기대기시간 문제를 도출하였다. 서비스 취약지역 도출 결과 노원구 중계본동, 강북구 미아동 등이 취약지역으로 나타났으며, 이와 같은 저소득 밀집 지역에 장애인 이동성 서비스 개선을 위한 콜택시 배차를 증가시킬 필요가 있음을 제안한다.

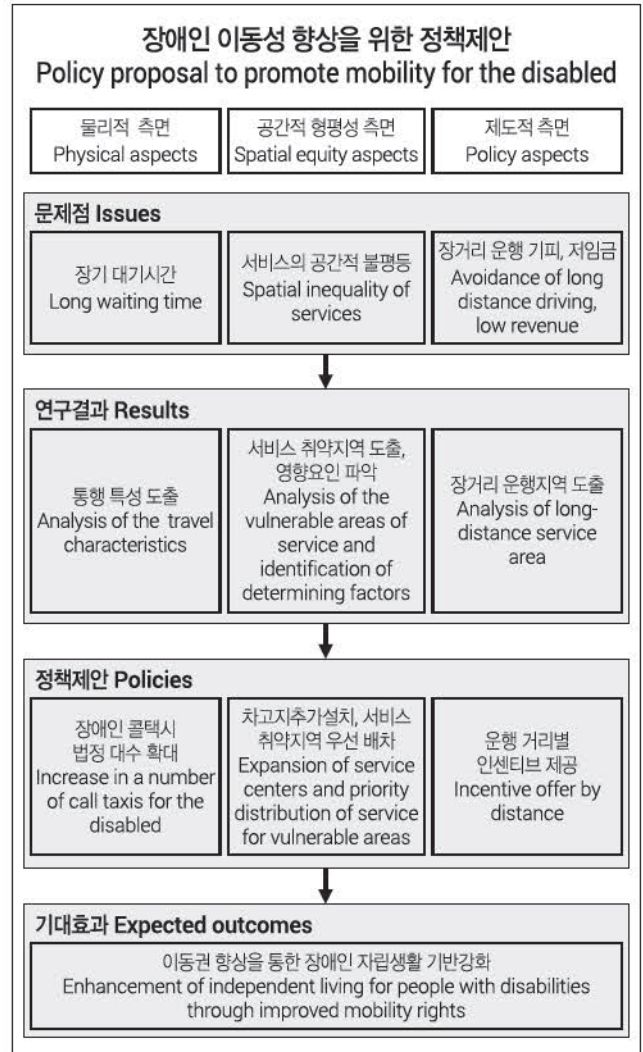


그림 9. 정책 제안 및 기대효과
Figure 9. Policy proposal and expected outcomes

본 연구는 장애인 콜택시의 이동성에 관한 중요한 정책적 시사점을 가짐에도 불구하고, 날씨 등 통행에 영향을 끼치는 제3의 변수를 고려하지 못했다는 한계가 존재한다. 또한 COVID-19의 영향을 받지 않은 2018년도 장애인 콜택시 데이터만 활용했기에 추후 시계열 분석이 필요할 것으로 생각된다.

주1. 관측기간 동안 장애인콜택시 호출에 대해 차량배차가 완료되었는지 여부를 알 수 없는 데이터(손준훈 외, 2022).
주2. OLS (Ordinary Least Square Model), SEM (Spatial Error Model), SLM (Spatial Lag Model).

인용문헌
References

1. 강재원·조진희·심용주·박선옥·윤성민, 2022. “중심지위계별 통행네트워크분석을 적용한 지방중소도시생활권설정 연구: 나주시를 사례로”, 『국토계획』, 57(3): 38-51.
Kang, J.W., Cho, J.H., Sim, Y.J., Park, S.O., and Yoon, S.M., 2022. “A Study on the Analysis of Neighborhood Units in Small and Medium-sized Cities by Applying Traffic Network Analysis by Central Hierarchy: The Case Study of Naju City”, *Journal of Korea Planning Association*, 57(3): 38-51.
2. 금창익, 2022. “서울시 행정동별 중심성 변화요인 분석: 2010-2018년 OD 차이를 중심으로”, 한양대학교 도시대학원 석사학위논문.
Geum, C.I., 2022. “Identifying the Determinants of Centrality Changes by Administrative Divisions in Seoul: Focusing on the Differences in OD Patterns between 2010 and 2018”, Master’s Dissertation, Hanyang University.
3. 김선재·조월·이수기, 2021. “도시환경 특성과 범죄발생의 연관성 분석: 도시 빅데이터와 공간더빈 모형을 활용하여”, 『도시설계』, 23(3): 143-162.
Kim, S.J., Cao, Y., and Lee, S., 2021. “Analysis of the Association between Urban Environmental Characteristics and Crime Incidence: Using Urban Big Data and Spatial Durbin Model”, *Journal of the Urban Design Institute of Korea Urban Design*, 23(3): 143-162.
4. 김연수·박보식, 2013. “의성군의 교통약자이동편의증진에 관한 연구”, 『한국지방행정학보』, 10(2): 143-169.
Kim, Y.S. and Park, B.S., 2013. “A Study on the Stands of Transportation Improving Mobility of Uiseong”, *Korean Local Administration Review*, 10(2): 143-169.
5. 김영식, 2021.6.17. “장애인 콜택시 대기시간 1시간 30분 ... 비장애인 10분”, 세계로컬타임즈.
Kim, Y.S., 2021, June 17. “Waiting Time for a Call Taxi for the Disabled is 1 hour and 30 Minutes ... 10 Minutes for Non-disabled People”, *Segye Local Times*.
6. 김태호·최재선·박준태·이수범, 2012. “교통약자의 이동편의 향상을 위한 국내의 정책사례”, 『대한토목학회지』, 60(3): 32-40.
Kim, T.H., Choi, J.S., Park, J.T., and Lee, S.B., 2012. “A Case Study on the Improvement of Mobility Conveniences for the Vulnerable Pedestrians Utilizing Research Paper Analysis”, *Korean Society of Civil Engineers Magazine*, 60(3): 32-40.
7. 김홍균·김도경, 2022. “K-평균 알고리즘 기반의 클러스터링을 통한 장애인 콜택시 대기시간 특성분석”, 『교통기술과정책』, 19(3): 52-56.
Kim, H.G. and Kim, D.K., 2022. “The Characteristics of Waiting Time of Taxi Services for the Disabled People through the Classification of Clustering based on K-means Algorithm”, *Transportation Technology and Policy*, 19(3): 52-56.
8. 노호창, 2020. “교통약자의 이동권 및 교통편의 증진을 위한 법개정에 관한 연구”, 『법학연구』, 20(3): 163-195.
Noh, H.C., 2020. “A Study on Revision of the Law to Improve the Right to Move of Mobility Disadvantaged Persons and Their Convenience of Movement”, *Law Review*, 20(3): 163-195.
9. 박창석, 2021. “기본권으로서의 장애인의 이동권”, 『법학논총』, 38(4): 77-110.
Park, C.S., 2021. “‘The Right to Move of the Disabled’ as a Basic Right”, *Hanyang Law Review*, 38(4): 77-110.
10. 석종수, 2014. “인천광역시 장애인콜택시 운영 특성 분석”, 『교통기술과정책』, 11(3): 51-58.
Seok, J.S., 2014. “Analysis of Taxi Services for Disabled People in Incheon City”, *Transportation Technology and Policy*, 11(3): 51-58.
11. 손종훈·류민환·김도경, 2022. “중도절단 자료를 포함한 서울시 장애인콜택시 대기시간의 시공간적 영향요인 분석”, 『한국도로학회논문집』, 24(3): 61-72.
Son, J.H., Ryu, M.H., and Kim, D.K., 2022. “Spatiotemporal Factors Influencing the Waiting Time of Call Taxi for the Disabled Including Censoring Data in Seoul”, *International Journal of Highway Engineering*, 24(3): 61-72.
12. 윤대식·안영희, 2003. “고령자의 통행특성과 통행행태에 관한 연구”, 『국토계획』, 38(7): 91-107.
Yoon, D.S. and Ahn, Y.H., 2003. “Analysis of the Elderly’s Travel Characteristics and Travel Behavior”, *Journal of Korea Planning Association*, 38(7): 91-107.
13. 이은경·황혜지·최호식·김도경, 2022. “딥러닝을 활용한 서울시 행정동별 장애인콜택시 수요예측 방법 연구”, 86회 대한교통학회 학술발표대회, 경주: 화백컨벤션센터, 316-317.
Lee, E.K., Hwang, H.J., Choi, H.S., and Kim, D.K., 2022. “A Study of the Method for Estimating Waiting Time for the Mobility Handicapped by Administrative Building in Seoul using Deep Learning”, Paper presented at 86th Conference Korean Society of Transportation, Gyeongju: Hwabaek Convention Center, 316-317.
14. 이종상·서덕수, 2020. “통근통행에 의한 직·간접 흐름을 이용한 지역의 중심성 분석”, 『농촌지도와 개발』, 27(3): 125-134.
Lee, J.S. and Seo, D.S., 2020. “Analysis of Regional Centrality by Investigating Direct and Indirect Flows of Commuters”, *Journal of Agricultural Extension & Community Development*, 27(3): 125-134.
15. 이호준·하재현·이수기, 2017. “스마트카드 자료를 활용한 서울시 대중교통 서비스 형평성 분석: 취약계층 유형별 이동성을 중심으로”, 『지역연구』, 33(3): 101-113.
Lee, H.J., Ha, J.H., and Lee, S., 2017. “An Analysis on the Equity of Public Transit Service using Smart Card Data in Seoul, Korea: Focused on the Mobility of the Disadvantaged Population Groups”, *Journal of the Korean Regional Science Association*, 33(3): 101-113.
16. 하재현·이수기, 2016. “통행특성별 OD자료와 Community Detection 기법을 활용한 공간위계별 생활권 설정 연구: 2010년 수도권 가구통행실태조사자료를 중심으로”, 『국토계획』, 51(6): 79-98.
Ha, J. and Lee, S., 2016. “A Study on the Designation of Living Zones by Its Spatial Hierarchy Using OD Data and Community Detection Technique: Focused on the 2010 Household Travel Survey Data of the Seoul Metropolitan Area”, *Journal of Korea Planning Association*, 51(6): 79-98.
17. 하정원·이수기, 2022. “서울시 모발일꾼 위치 기반 생활이동 빅

데이터와 Community Detection을 활용한 생활권 분석”, 대한 국토도시계획학회 춘계산학술대회, 제주: 시리우스 호텔.

Ha, J.W. and Lee, S., 2022. “Analysis of Living Zones Using Mobile Phone Location-Based Origin-Destination Bigdata and Community Detection in Seoul, Korea”, Paper presented at 2022 Spring Conference of Korea Planning Association, Jeju: Hotel Sirius.

18. Guimera, R., Mossa, S., Turtschi, A., and Amaral, L.A., 2005. “The Worldwide Air Transportation Network: Anomalous Centrality, Community Structure, and Cities' Global Roles”, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(22): 7794-7799.

19. Kim, S., 2011. “Transportation Alternatives of the Elderly after Driving Cessation”, *Transportation Research Record*, 2265(1): 170-176.

20. Newman, M.E., 2006. “Modularity and Community Structure in Networks”, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(23): 8577-8582.

21. Poorthuis, A., 2018. “How to Draw a Neighborhood? The Potential of Big Data, Regionalization, and Community Detection for Understanding the Heterogeneous Nature of Urban Neighborhoods”, *Geographical Analysis*, 50(2): 182-203.

22. Ravulaparthi, S., Yoon, S.Y., and Goulias, K.G., 2013. “Linking Elderly Transport Mobility and Subjective Well-being: A Multivariate Latent Modeling Approach”, *Transportation Research Record*, 2382: 28-36.

23. World Health Organization, 1980. *International Classification of Impairments, Disabilities, and Handicaps: A Manual of Classification Relating to the Consequences of Disease*, Geneva.

24. Igraph, “Python-igraph API Reference”, Accessed March 10, 2022. <https://igraph.org/python/api/latest/>

Date Received 2022-12-03
 Date Reviewed 2023-01-13
 Date Accepted 2023-01-13
 Date Revised 2023-02-03
 Final Received 2023-02-03