

# API 경로안내 정보를 활용한 대중교통 서비스 취약지 분석\*

- 서울시 고용 중심지로의 이동성을 중심으로 -

## An Analysis of Vulnerable Areas for Public Transit Services using API Route Guide Information

- Focused on the Mobility to Major Employment Centers in Seoul, Korea -

하재현\*\* · 이수기\*\*\*  
Ha, Jaehyun · Lee, Sugie

### Abstract

This study examines the vulnerable areas of public transit services focusing on the mobility to major employment centers in Seoul, Korea. To account for real traffic conditions of peak hours and congestion, we used the route guide information provided by Google Map Direction API and SK Planet T-map API. We have identified the vulnerable areas of public transit services in terms of transportation mobility, travel demand, and household income level. We used demographic and socioeconomic information to identify vulnerable areas for public transit services where average income level is low and the travel demand to major employment centers are high. The contribution of this research is as follows. First, we provided new methods to identify vulnerable areas of public transit services based on real-world traffic conditions using a route guide information system such as Google Map Direction API and SK T-map API. Second, we have specifically identified both the most vulnerable areas and potentially vulnerable areas of public transit services based on residents' income and transportation mobility. Third, this study discussed the efficiency and equity of public transit services in the context of transportation planning. This study should contribute to transportation planning to achieve the higher mobility of low-income communities to major employment centers in Seoul, Korea.

키 워 드 ■ 대중교통 서비스, 취약성 분석, 이동성, 형평성, 길안내 시스템, API

Keywords ■ Public Transit Service, Vulnerability Analysis, Mobility, Equity, Route Guide System, API

### I. 서론

20세기 후반의 우리나라 도시계획은 대부분 수퍼 블록(super blocks)이나 주요 도로 위주의 자동차

차 중심계획이 주를 이루었다. 이러한 계획 및 설 계방식은 자동차를 이용하는 도시민들의 증가, 수도권으로의 인구유입과 같은 그 당시의 사회현상과 맞물려 수도권의 토지이용 패턴 및 공간구조에 막

\* 이 논문은 2015년 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구(한국연구재단-NRF2015H1A2A1034449-글로벌박사양성사업)이며, 본 논문은 「공공데이터를 활용한 2015 서울연구논문 공모전」에서 수상작으로 선정된 논문을 수정·보완한 것임

\*\* Dept. of Urban Planning & Engineering, Hanyang University (jaehyunha@hanyang.ac.kr)

\*\*\* Dept. of Urban Planning & Engineering, Hanyang University (Corresponding author: sugielee@hanyang.ac.kr)

대한 영향을 미치게 되었다. 이뿐만 아니라, 교외 지역에 공급된 주거지 중심의 신도시는 직장과 주거지의 분리를 촉진하였고 도시민들은 통근뿐만 아니라 여가나 쇼핑과 같은 일상생활을 위해 불필요하게 긴 시간을 이동하는데 투자하게 되었다. 이에 따라 주요 서비스 입지 지역과 주거지 간의 공간적 격리를 극복하기 위한 통행을 할 수 있는 능력, 다시 말해 지역 간 이동성(mobility)은 도시민들이 도시에서의 기본적인 일상생활을 영위하게 하는 데 가장 중요한 요소로 자리 잡게 되었다(Hanson & Giuliano, 2004).

수요와 공급지역 간의 공간적 격리가 심화하고 있는 상황에서 사회·경제적인 행위를 위한 도시민들의 이동성은 도시민들의 생존을 위한 최소한의 권리로, 우리나라는 대중교통 서비스의 공급을 통해 어느 정도 보장해왔다고 볼 수 있다. 실제로, 서울시 도시민들의 통근통행 시 대중교통 의존도는 48.7%로 높은 비중을 차지할 뿐만 아니라, 다른 국가의 도시에 비하여 서울시의 대중교통 경쟁력이 높은 것으로 보고하고 있다(김동준 외, 2006). 그러나 최근에 몇몇 연구는 그동안 정부에서 실시한 대중교통 인프라 공급정책이 효율성이라는 가치에 비중을 두고 진행되었다는 점을 지적하며, 대중교통 서비스 공급 시 형평성에 대한 개념이 고려되어야 함을 언급하고 있다(배윤경, 2013). 특히, 공공재의 성격이 강한 대중교통 서비스는 개개인의 소득수준이나 특성과 관계없이 사회·경제적인 행위를 위한 도시민(수요자)들의 고용중심지(공급지)로의 통행을 상당 부분 보조해주어야 하며, 이는 앞으로 사회의 지속가능성, 형평성 및 기회의 균등한 정도와 연관성이 깊다고 볼 수 있다.

지난 10여 년 동안 수도권에 공급된 지하철 9호선, 국제공항철도, 신분당선, 의정부 경전철 및 버스 전용차로 등의 대중교통 서비스 향상 정책은 대중교통 경쟁력 향상과 도시민들의 대중교통 이용 촉

진에 긍정적인 영향을 주었다. 그러나 대부분의 대중교통 정책은 높은 밀도로 형성된 주거지나 주요 고용중심지를 위주로 시행되는 등 효율성에 가치를 두어 추진됐고, 지역 간 교통서비스의 격차와 같은 부작용이 나타남에 따라 형평성을 고려한 계획이 관심을 받고 있다. 이에 따라 대중교통 서비스 공급정책의 사회적 형평성 가치에 대한 논의는 공급 규모, 이용 편의성, 요금, 자원분담 등 다양한 측면에서 이루어지고 있으며, 더 나아가 형평성의 수혜 자격 측면에서 인구 특성, 소득, 공간적 입지, 교통 약자 등에 따라 논의되고 있다(정일호 외, 2011). 그러나 형평성에 대한 정의가 효율성에 비해 모호하고 절대적인 수치로 측정할 수 없을 뿐만 아니라, 시대적인 여건과 도시민들의 수요 및 의식에 따라 평가할 수 있는 상대적인 특징을 가지고 있어, 그간에는 주로 형평성의 기본적인 개념과 정책적 대안에 관한 연구가 주를 이루었다.

기존에 이루어진 대중교통 서비스 형평성 관련 연구가 지역 내 대중교통 서비스 시설로의 접근성(accessibility)만을 주로 다루고 있고, 지역 간 이동성(mobility)을 다루는 연구가 부족하다. 이는 도시민들이 정상적인 생활을 하기 위한 중요한 요소인 이동성 측면에서의 형평성을 심도 있게 고려하지 못한 것을 의미한다. 더 나아가, 도시민들의 일상생활 또는 대중교통에 대한 수요와 같은 현실성 있는 조건들을 반영한 연구가 거의 없어 대중교통 서비스 공급 정책에서 실질적인 형평성을 충분히 고려하기에는 한계가 있다.

본 연구는 Google Map의 대중교통 Direction API와 SK Planet의 T map 타임머신 자동차 길 안내 API에서 제공하는 경로안내 정보를 활용하여 서울시를 대상으로 고용 중심지로의 이동성 측면에서 더 현실적인 대중교통 서비스 취약지를 파악하고자 한다. 이와 더불어, 행정동별 소득수준과 고용중심지로의 통행수요를 대리하는 변수인 주택 실거래가

및 핵심생산인구비율을 이용하여 대중교통 서비스 개선이 우선시 되어야 하는 지역을 분석한다. 결과적으로, 서울시 대중교통 서비스의 사회적 형평성을 분석·평가하여 대중교통 서비스 취약지를 도출하고 도시 및 교통계획 정책에서 형평성을 높이기 위한 정책적 시사점을 제시한다.

## II. 이론적 고찰 및 선행연구 검토

### 1. 교통정책에서의 효율성과 형평성

교통정책에서의 목표는 크게 효율성과 형평성으로 대별할 수 있다. 우선, 효율성은 한정된 재원으로 정책을 집행했을 때 발생하는 이익과 비용의 정도를 의미하며, 가능한 정책 대안 중 최소의 비용으로 최대의 이익을 도출할 수 있는 대안을 선택하는 것이 효율성의 가치에 중요성을 더 두는 것으로 볼 수 있다(노시학, 1996). 효율성에만 중점을 둔 정책집행은 결국 정책의 효과와 이익을 극대화할 수 있는 중심주거지 또는 주요고용지만이 정책의 혜택을 누리게 함으로써, 형평성의 가치를 중시했을 때와는 다소 상반되는 결과를 가져올 수 있다.

반면, 교통정책에서의 형평성 가치는 소득계층별 공간적 입지에 따라 교통 서비스의 수준 격차가 발생하고 이로 인해 사회적 소외나 배제가 나타남에 따라 주목받게 되었다. 교통 서비스 공급 측면에서의 형평성은 모든 이용자가 합리적이고 공평하게 개인의 능력과는 상관없이 서비스를 받을 수 있게 하는 것을 의미한다(정일호, 2011). 형평성은 경제, 사회, 도시 등의 분야에서 다양하게 정의되어 왔고, 교통 분야에서의 형평성은 수평적 형평성과 수직적 형평성으로 구분하고 있다. 수평적 형평성은 “공평(fairness)과 유사한 개념으로 유사한 상황의 개인들은 유사하게 그리고 다른 상황의 개인들은 다르

게 다루어지는 원칙이라 할 수 있다”(노시학, 1996, p. 39). 이는 교통인프라 공급·운영에 따른 편익과 비용 배분의 공정성 문제에 관한 것으로, 지불한 정도만큼 혜택을 받도록 하는 것이다(Hodge, 1988). 이와는 다르게, 수직적 형평성과 관련된 문제로는 노인, 장애인 및 저소득 계층의 교통문제 등 주로 이동과정에서 다양한 형태의 제약을 받을 수 있는 계층들의 통행문제가 있을 수 있다. 교통 부문에서는 개인적인 상황에 따라 개인의 통행 과정에 불이익이 발생하는 경우, 이는 곧 그 개인의 삶의 질에 상당한 영향을 미칠 수 있으므로 수직적 형평성과 관련된 문제가 특히 중요하게 다루어져야 한다고 볼 수 있다(노시학, 1996).

교통부문의 형평성과 관련된 연구가 비교적 적게 진행된 데에는 형평성의 의미가 모호하고 형평성을 분석·측정하는 기준이 다양하기 때문이다. 이에 관해 정일호 외(2011)는 형평성이 비용 또는 편익이 어떻게 배분되는지에 대한 문제인 것으로 인식하고, 형평성 분석요소를 비용요소와 편익요소로 구분하고 있다. 비용요소로는 교통비, 세금, 시간, 통행 편의성, 사회적 비용, 편익요소로는 투자, 접근성, 이동성, 외부효과, 서비스 품질, 경제적 영향 등을 제시하였다(표 1 참조). 한편, 표 1의 내용 중 편익요소에 해당하는 ‘접근성’과 ‘이동성’에 대한 개념은 각 분야에서 다르게 해석되고 있다. 이에 대해, 윤종진·우명제(2015)는 지리학, 지역경제에서 사용하는 ‘접근성’ 개념은 다른 지역으로의 이동가능성을 의미하지만, 도시설계분야에서는 교통시설이 공평하게 배치되어 있는지와 관련이 있는 것으로 설명하였다. 표 1에서 볼 수 있듯이, 정일호 외(2011)에서 채택한 ‘접근성’에 대한 개념은 도시설계분야에서 사용하는 개념과 유사하며, 이 연구에서는 지리학, 지역경제 분야에서 사용하는 ‘접근성’ 개념, 다시 말해 표 1에 제시된 이동성 개념을 다룬다.

또한, 정일호 외(2011)는 교통 서비스의 형평성

표 1. 교통형평성 분석의 주요요소  
Table 1. Main factors for an analysis of transportation equity

구분 Category		관련 요소 Related factors
비용 요소  Cost factors	교통비 Transportation cost	교통서비스 이용에 따른 금전적 지출비용으로 대중교통 요금, 유류비, 차량구입 및 유지관리비, 통행료, 주차비 등 Financial expenses for using transportation service (including public transit fare, vehicle ownership and operating expenses, road tolls, parking fees, etc.)
	세금 Tax	통행자 측면에서 자동차세, 유류세 등 교통부문의 시설 투자 및 정책집행에 활용되는 재원과 관련 세금 등 Vehicle taxes and government fees, and fuel taxes
	시간 Time cost	통행시간, 환승 소요시간, 접근시간, 차내 시간, 평균속도 등 Travel time, transfer time, access time, average speed, etc.
	통행 편의성 Travel convenience	환승 횟수, 환승 거리, 환승 시간 등 No. of transfer, transfer distance, transfer time, etc.
	사회적 비용 Social cost	CO <sub>2</sub> 및 오염 물질, 혼잡으로 인한 시간 손실, 교통사고 등 CO <sub>2</sub> and pollution, time loss caused by congestion, traffic accident, etc.
편익 요소  Benefit factors	투자 Investment	대중교통 운영수입과 관련한 비용회수율, 정부재정 투자 및 보조금 등 Ratio of cost return (related with public transit operating revenue), government investment and subsidies, etc.
	접근성 Accessibility	대중교통 노선 수, 운행횟수, 대형마트 접근성, 고속도로 I.C. 인접성, 터미널 및 철도역 등 주요 대중교통시설 접근시간 및 비용 등 No. of public transit route, frequency of public transit service, accessibility to major markets, proximity to highway I.C., accessibility to main public transit facilities, etc.
	이동성 Mobility	통행속도, 지체율, 60분 도달거리, 지점 간 통행거리 대 직선거리 비율 등 Travel speed, delay rate, distance that can be accessed within 60-minute, ratio of actual travel distance and air line distance between two points, etc.
	외부효과 External effects	도보 및 자전거 이용자의 건강증진, 커뮤니티 활성화 등 Health promotion of walking or biking people, community activation, etc.
	서비스 품질 Service quality	권역 내 이용 가능한 교통수단 수, 안전성, 정시성, 안락성, 배차간격 등 No. of travel modes available in an area, traffic safety, punctuality, comfort, transit allocation interval, etc.
경제적 영향 Economic impacts	통근거리·시간 등 고용 접근성 및 그와 관련된 고용기회의 변화, 철도 등 주요 교통시설 입지에 따른 지가상승 등 Access to employment (related with economic opportunities), impacts on property values effected by main transport facilities, etc.	

Source: Extracted from Jung et al. (2011, p.9).

을 공간적·사회적·경제적 형평성으로 나누어 분석하였는데, 공간적 형평성은 대중교통시설물까지의 접근성이 소득계층별로 차이를, 사회적 형평성은 소득계층별 출퇴근 통행시간 격차가 일상 활동 시간

을 제약하는지를 살펴보고 있다. 또한, 교통 인프라의 공간적 형평성 문제는 단순히 이동과정에서의 불편뿐만 아니라 개인들의 일상적인 활동과 경제적 인 활동을 제약하는 사회적 형평성 문제로 확대될

수 있다는 시사점을 제공하였다. 더 나아가, 대중교통시설의 공급 부족으로 인하여 발생하는 공간적 형평성의 악화는 저소득층이 자가용에 의존하는 정도를 높이고 이는 결국 경제적 형평성을 악화시키는 결과로 이어질 수 있다고 지적하였다(정일호 외, 2011, p. 8). 앞서 살펴봤듯이, 대중교통 서비스 형평성에 대한 개념이 다각적으로 논의되고 있고, 계층별 대중교통 서비스의 차이가 단순히 계층별 통행의 효율성 측면과 아울러, 소외계층의 소득수준, 사회·경제적인 활동, 여가활동 및 일상 활동을 제약하는 악순환이 나타날 수 있음을 파악할 수 있다. 이에 따라, 본 연구에서는 고용중심지로의 통근 통행 측면에서 대중교통 수단의 편의요소인 이동성의 형평성에 대해 실증적으로 다루고자 한다.

## 2. 관련 선행연구 검토

관련 선행연구는 국외와 국내로 대별하여 나누어 살펴보고자 한다. 이는 국외와 국내에서 대중교통 서비스 정책의 공급대상이나 사회적인 의미가 다르기 때문이다. 첫째, 국외의 대중교통 서비스는 우리나라만큼 보편화되지 않았을 뿐만 아니라, 도시의 형태나 밀도 측면에서도 확연히 차이를 보인다. 예를 들어, 서울의 특성과는 다르게 대부분 미국 대도시의 경우에는 저밀도의 확산한 도시로 자동차 위주의 생활양식을 보인다. 둘째, 대중교통 실수요자의 측면에서도 차이가 있는데, 국내의 경우에는 일반적인 도시민들이 이동을 목적으로 대중교통을 이용하는 비율이 높은 반면, 국외의 경우에는 주로 자동차를 이용할만한 능력이 없는 사회적 소외계층 또는 교통약자를 위해 대중교통이 공급되고 있다. 한편, 세 번째 절에서는 본 연구에서 활용한 API(Application Programming Interface) 서비스가 무엇인지 살펴보고 API 서비스의 활용이 가지는 잠재력을 설명하고자 한다.

### 1) 국외의 대중교통서비스 형평성연구

도시에서의 이동성은 개인이나 집단이 주요 시설이나 사회·경제적인 기회를 얻을 수 있는 능력과 관련성이 높다는 것을 인식하면서 교통과 관련된 사회적 배제(social exclusion)에 관한 연구가 진행되었다. Church & Frost(1999)는 다양한 관점에서 도시교통으로 인해 나타나는 사회적 배제 현상을 유형화하고, 유형별로 고려해야 하는 집단들에 대해 살펴보았다. 본 연구에서 주안점을 두고 있는 사회적 배제의 유형은 지리적 배제, 시설물로부터 배제, 경제적 배제와 연관성이 높으며 구체적인 내용 및 본 연구와의 관련성은 표 2에 정리되어 있다.

이와 비슷한 맥락에서 Kenyon et al.(2002)은 도시민들의 통행 및 이동성과 관련된 사회적 배제를 '이동성이 필수적인 요소로 구성된 사회에서 이동성이 낮은 집단이 사회·경제적인 활동에 참여가 제한되는 과정'이라고 정의하였다(노시학, 2007). 또한, Kenyon et al.(2002)은 이러한 현상이 20세기 이후 자동차 위주의 교통체계 및 토지이용 패턴과도 관련이 있다고 언급해, 서울시의 경우에도 도시민들의 이동성을 보장해주기 위한 일환으로 대중교통 서비스 취약지를 파악하고 이를 개선하는 방법에 관한 연구가 필요할 것으로 시사하고 있다.

한편, 소외계층에 해당하는 도시민들이 주거지와 주거지 주변 직장지와의 물리적인 거리보다는 중심 고용지와의 통행이 어려워 소외계층이 직장을 구하는 데 어려움이 있음을 보고한 연구도 있다(Kawabata, 2003; Ong & Miller, 2005). 더 나아가, 이러한 문제는 자동차를 이용하지 않았을 때 고용 중심지로의 통행이 어떠한지에 대해 분석한 연구와도 관련이 있다. Kawabata(2003)는 대중교통을 이용했을 때의 주요 고용지로의 높은 이동성은 도시민들에게 취업의 기회, 전일제로 근로할 기회 등을 제공해준다고 보고하였다. 이 외에도 대중교통

표 2. 교통으로 인한 사회적 배제 유형 및 본 연구와의 관련성

Table 2. Types of social exclusion in transportation and the relevance with this research

구분 Category	배제의 형태 및 주요 대상 집단 Type of social exclusion and groups	본 연구와의 관련성 Relevance with this research
지리적 배제 Geographical exclusion	<ul style="list-style-type: none"> <li>공간적인 고립 또는 불충분한 교통시설로 이동 및 접근 제한 (농촌, 도시주변, 소규모 도시지역 주민)</li> <li>Inaccessibility caused by spatial isolation or inefficient transit facilities (Residents in rural area, peripheral area, or small urban area)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고용중심지에서 거리가 먼 지역에 거주하는 도시민들이 이동성 측면에서 제약이 있는지 살펴봄</li> <li>Examine the inaccessibility of residents who live in long-distant urban areas from the major employment centers</li> </ul>
시설물로부터 배제 Exclusion from facilities	<ul style="list-style-type: none"> <li>주거지와 일상생활을 위한 시설 간의 공간적 격리로 인한 접근 제약</li> <li>Lack of accessibility between residential area and daily-living facilities</li> <li>자가용 승용차를 이용할 수 없는 집단</li> <li>Groups with no automobiles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>소득이 낮아 자가용을 이용할 수 없는 집단의 직주간 격리가 심할 것으로 보고, 이에 대해 살펴보고자 함</li> <li>Examine the relationship between the spatial distributions of low income group and job locations</li> </ul>
경제적 배제 Economic exclusion	<ul style="list-style-type: none"> <li>이동과정에 발생하는 금전·시간적 비용으로 인한 접근 제약, 소득 감소</li> <li>Lack of accessibility caused by transportation costs in terms of both monetary and temporal costs</li> <li>저소득, 기혼 여성 근로자</li> <li>Low income, married-female labors</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>대중교통을 통한 이동성이 낮아, 많은 비용을 수반하는 자가용에 의존할 수밖에 없는 지역을 파악하여 대중교통 형평성 개선을 위한 시사점 제공</li> <li>Identify urban areas depending on high-cost automobiles with lower mobility with public transportation systems</li> </ul>

Source: Extracted from Noh (2007, p. 462)

서비스 체계가 사회적 약자 계층에 속하는 근로자들에게 통근통행을 원활하게 해준다는 점을 다른 연구가 있다(Manaugh & El-Geneidy, 2012). 한편, Foth et al.(2013)은 실제로 관측되는 고용 중심지로의 통행시간은 지역 전반의 이동성을 대변할 수 있는 중요한 지표임을 시사 하였고, 이는 단순히 특정 지역 주변에 일자리의 기회가 얼마나 있는지를 살펴보는 것보다 더 효과적임을 보고하였다. 이처럼 대중교통 서비스의 형평성을 다루고 있는 국외의 연구에서 살펴볼 수 있듯이, 대중교통 서비스는 단순한 통행 측면에서의 의미가 아닌 교통약자, 소외계층의 일상생활 영위, 정상적인 사회적인 활동과 관계가 매우 깊음을 알 수 있다. 이에 따라, 본 연구는 실제로 도시민들이 경제적인 활동을 위해 주된 목적으로 설정할법한 고용중심지로의 이동성 측면에서 형평성 개념을 다룬다.

## 2) 국내의 대중교통서비스 형평성연구

노시학(1996)은 교통부문에서 나타날 수 있는 사회적인 문제점을 지역 사회의 황폐화, 효율성과 형평성의 가치, 교통 약자의 접근성 문제 등의 측면에서 제기하였다. 더 나아가, 이러한 문제점들은 장기간에 걸쳐 심화하기 때문에 효율성만 강조했던 기존 인식을 주의해야 함을 강조했다. 특히, 통행자 자신이 원하는 장소로 도달하는 능력은 개인적인 특성에 따라 차이를 보이기 때문에, 이는 결국 그들 삶의 질에 영향을 줄 수 있음을 지적하기도 하였다. 더 나아가, 사회적인 측면에서 형평성 있는 교통체계는 주민들이 원하는 장소로의 이동이 용이해야 함을 주장하였다. 한편, 그는 자동차 중심의 교통체계는 자동차를 교통수단으로써 선택할 수 없는 교통약자들에게 일상생활을 위한 다른 지역으로의 이동을 제한하여, 이들을 사회의 주류로부터 배

제되게 하는 것으로 보고하였다(노시학, 2007). 그의 후속 연구에서는 대부분 저소득계층이 도시 외곽에 거주할 경향이 있지만, 주요 취업기회는 여전히 도심에 위치함으로써 저소득계층 도시민들이 고소득계층에 비해 직장과 거주지 간 불일치 문제에 더 민감할 수 있음을 지적하였다(노시학, 2014).

이와 유사한 맥락에서 배윤경(2013)은 교통약자들의 접근성과 이동성을 향상하기 위해 적절한 교통시설을 제공해야 함을 주장하였다. 또한, 효율성을 간과할 수는 없으나, 형평성도 고려해야만 사회의 불평등을 줄일 수 있을 것으로 보았다. 한편, 김유찬·이남수(2015)는 교통정책은 사회 구성원들의 가치판단에 따라 다르게 결정될 수 있음을 언급하면서, 효율성과 형평성 중 한쪽에만 치우친 교통정책은 부작용이 나타난다고 지적하였다.

김아연·전병운(2012)은 버스 및 지하철 서비스권역과 지역주민의 사회경제적 특성을 통해 대중교통 접근성 차이에 따른 형평성을 분석하였다. 분석결과, 사회적 약자의 비율이 높은 지역일수록 환경적 불형평성이 있는 것으로 나타났다. 이와 유사한 연구로, 장경욱 외(2011)는 대중교통 서비스권역, 배차 간격, 운행시간에 대한 사각지대 지표를 바탕으로 대중교통 사각지대 선정 및 평가방법을 제시하였다. 위 두 연구는 접근성 측면에서 대중교통 서비스 취약지를 도출하고자 하였다는 점에서는 의의가 있지만, 이동성 측면에서의 형평성을 고려하지 못했다는 한계점을 가지고 있다. 비교적 최근에 이루어진 윤종진·우명제(2015)의 연구에서는 서울시를 대상으로 대중교통 접근성을 행정동 단위에서 산출하고, 로렌츠 커브와 지니계수를 통해 5개 생활권별 불형평성 정도를 비교하였다. 이 연구는 서울시 생활권별 대중교통 접근성 측면에서 평등하지 않은 지역이 존재하는 것으로 보고하였고, 특기할만한 점으로 공공임대주택공급이 지하철 접근성이 열악한 지역에 주로 이루어져 왔음을 지적하였다.

### 3) API 서비스의 활용가능성

API(Application Programming Interface)는 응용프로그램 프로그래밍 인터페이스를 의미한다. 또한, 오픈 API는 공공 및 민간기관에서 구축한 자료를 일반인들도 이용할 수 있도록 개방하는 서비스를 말한다(강영욱·김현덕, 2014). 특히 다음(Daum), 네이버(Naver), 구글(Google)과 같은 대표적인 포털 사이트의 지도 API뿐만 아니라, SK Planet에서 제공하는 지도 API는 대부분 무료로 누구나 활용할 수 있어 주목받고 있다.

강영욱과 김현덕(2014)은 구글 API를 이용해 공공데이터를 지리적으로 시각화하는 방법을 모색하여, 오픈 API가 지리 및 도시 분야에서 어떻게 활용될 수 있는지에 대한 방안을 제시하기도 하였다. 한편, 구글 API의 경우에는 서비스를 통하여 두 지점 간 길찾기 정보, 특정 지점에 대한 지오코딩 서비스, 표고 정보, 지도 이미지, 스트리트 뷰(street view) 이미지 자료를 수집할 수 있어, 도시계획 분야 연구에서의 활용잠재력이 높을 것으로 판단된다.

실제로 Wang & Xu(2011)는 구글 맵 API와 GIS 도로망 자료를 각각 이용하여 지역 간 통행시간을 산출하고, 이를 비교하였다. 더 나아가, 이들은 구글 맵 API를 이용할 때 교통체증이 높은 지역 및 첨두시간대의 특성을 고려할 수 있음을 보였다. 이러한 측면에서, 지점 간 통행정보를 API를 통하여 수집하고, 더 나아가 고용중심지로의 이동성 측면에서 대중교통 서비스 취약지를 파악하는 것은 더욱 현실적인 여건을 반영한다고 볼 수 있다. 한편, Socharoentum & Karimi (2015)는 Bing(Bing), 구글(Google), 맵퀘스트(MapQuest)에서 제공하는 API정보를 활용하여, 서로 다른 API를 이용하여 수집한 정보가 일관성이 있는지 살펴보았다. 분석결과, 각 API 서비스에서 제공하는 지역 간 이동경로, 이동시간 등이 다소 차이가 날 수 있음을 보였다.

### 3. 본 연구의 차별성

대중교통 형평성에 대해 분석한 국내 연구는 대부분 도시민의 이동성보다는 대중교통 시설로의 접근성만을 다룬다는 점에서 한계가 있다. 접근성으로는 대중교통 노선이나 정류장이 공평하게 배치되어 있는지를 분석할 수 있지만, 도시민들의 실제 통행 수요를 반영하지 못한다는 점에서 대중교통 서비스 취약지를 파악하는데 한계가 있다. 또한, 교통시설 물로의 접근성은 「교통약자의 이동편의 증진법」이나 「대중교통법」을 통해 어느 정도 보장되기 때문에 접근성만으로는 형평성 개념을 충분히 다룰 수 없다. 한편, 주요 고용중심지로의 이동성을 다룬 국외 연구는 통행실태조사자료를 바탕으로 주요 고용중심지까지의 통행시간을 가늠하여 조사하였다는 점에서 한계가 있다. 설문조사를 통해 이루어지는 통행실태조사자료 특성상, 정확한 통행시간을 파악할 수 없으며, 표본조사의 한계로 모든 지점에 대한 통행시간 및 통행거리 정보를 구득하기 어렵다.

본 연구는 주요 고용중심지로의 통행을 중심으로 대중교통 서비스의 형평성을 다룬다는 점에서 기존 소수 연구와 유사하지만, 다음과 같은 차별성을 가진다. 첫째, Google Map과 SK Planet API에서 제공하는 경로안내 정보를 통해 대중교통을 이용한 이동성 측면에서, 보다 정확하고 현실적인 대중교통 서비스 취약지를 살펴본다. 둘째, 소득수준을 대리할 수 있는 변수인 부동산 실거래가 자료와 핵심생산인구비율을 함께 고려하여, 대중교통 공급의 형평성 측면에서 이동성의 개선 우선순위 지역을 파악한다. 셋째, 기존에 이루어진 대중교통 서비스 형평성 관련 연구는 접근성 개념을 다루고 있는 반면, 본 연구에서는 고용중심지로의 이동성 개념을 다루어, 공간적 형평성뿐만 아니라, 사회적·경제적 형평성을 고려하였다.

### Ⅲ. 분석자료 및 분석방법

#### 1. 분석자료 및 수집방법

##### 1) 서울시 내 고용중심지 설정

고용중심지로의 이동성 측면에서 대중교통 서비스 취약지를 파악하기 위해, 서울시 내 고용중심지를 설정하였다. API 서비스를 이용한 경로안내 자료 수집은 출발지와 도착지의 지점좌표를 요구하기 때문에, 다음과 같은 과정을 거쳐 고용중심지를 설정하였다. 첫째로, 최근에 수립된 2030 서울도시기본계획의 서울시 중심지 체계를 살펴보았다. 서울의 도시공간구조는 '3도심, 7광역중심, 12지역중심'으로 계획되고 있으며, 여기서 3도심은 기존의 도심지역과 함께, 영등포와 강남지역을 포함한다. 둘째로, 2010년 가구통행실태조사자료를 이용하여 서울시 25개 자치구를 기점으로, 서울시의 3도심(강남구, 서초구, 영등포구, 종로구, 중구)을 종점으로 하는 통행의 비율을 산출하였다. 그 결과, 3도심 지역을 제외한 나머지 20개 자치구에서 출발하는 통근통행 중 평균적으로 38%가 3도심 지역에 도착하는 것으로 나타났다. 이를 통해 2030 서울도시기본계획에서 계획한 3도심 지역이 고용중심지로서의 중요한 역할을 어느 정도 하고 있는 것으로 파악하였다.

마지막으로, 경로안내 API를 통한 분석자료 수집 과정에서 목적지로 설정한 지점을 선정하였다. 이 연구는 대중교통 수단을 중심으로 살펴보고 있으므로, 도시민들이 대중교통을 이용해 고용중심지로 이동할 때 목적지로 삼을 가능성이 큰 지점을 선택하고자 하였다. 이에 따라, 출근시간대 지하철 하차 인원이 높고, 버스전용차선 혹은 버스정류장이 밀집해 있어 대중교통 시설이 잘 갖춰져 있는 지점을 고려하였다. 앞선 일련의 과정을 통해, 도심 지역은 을지로입구역이, 강남·서초 지역은 강남역이, 영등

포 지역은 여의도역이 API 경로안내 서비스를 통한 자료수집 시 설정할 목적지로 선정되었다.

2) 경로안내 API를 통한 분석자료 수집

본 연구에서 활용한 API 서비스의 내용 및 방법은 표 3과 같다. 우선, Google Map과 SK Planet API를 이용한 자료 수집 시 활용할 출발좌표를 지정하였다. 이를 위해 GIS 프로그램의 fishnet 기능을 이용하여 서울시를 100m×100m의 격자로 나눈 후, 생성된 60,689개 지점 중 수계나 녹지에 해당하는 지점은 제외하고, 42,343개 지점에 대한 좌표만 출발지로 설정하였다. 자료 수집은 100m×100m 격자 수준보다 더 정교히 시행하는 것이 가능하나, 각 API 서비스 기관에서 허용하는 일별 쿼리(query) 할당량과 컴퓨터 프로그래밍에서의 자료 수집 시간을 고려하여, 100m 격자 내에서는 통행 특성이 크게 차이 나지 않을 것으로 판단하였다.

다음으로, 서울시 내 42,343개 지점에서 고용중심지로 통행시간과 통행거리를 수집하였으며, 이는

대중교통과 자동차 두 수단에 대해 각각 이루어졌다. API 서비스를 활용한 자료수집 시 대중교통수단의 경우에는 Google Map API를 활용하였으며, 자동차 수단은 SK Planet API를 이용하였다. 표 3은 본 연구에서 활용한 API 서비스의 개념 및 활용방법을 설명하고 있으며, Google Map API의 경우에는 R 3.1.3, SK Planet API의 경우에는 IPython 툴을 활용하여 자료를 수집하였다.

대중교통수단과 자가용 수단을 이용할 때의 통행 특성은 Google Map API와 SK Planet API를 통해 각각 파악하였는데, 이는 Google Map API가 대중교통수단에 대한 경로안내만, SK Planet API는 대중교통수단을 제외한 자동차와 보행 수단에 대한 경로안내만 제공하고 있기 때문이다. 한편, API를 통한 자료 수집 시, 모든 통행의 도착시각이 주중 오전 9시가 되도록 경로안내를 요청하였다. 이는 대중교통 수단의 경우에는 출근시간대의 배차 간격, 교통체증 등을, 자동차 수단의 경우에는 출근시간대의 교통체증 등을 고려하기 위함이었다.

표 3. API 서비스 내용 및 활용방법  
Table 3. Descriptions of the API services

Category	Google Maps Direction API	SK Planet T-map route search API
교통수단 Travel Mode	대중교통 Public transportation	자동차 Vehicle
출발지 좌표 Coordinates of origin	GIS fishnet 기능을 통해 지정한 서울시 내 42,343개 지점 42,343 points created by GIS fishnet tool in Seoul	
도착지 좌표 Coordinates of destination	본 연구에서 설정한 서울시 내 고용중심지 3지역 Three major employment centers in Seoul	
좌표계 Coordinates system	경위도(GCS) Longitude & latitude (GCS)	경위도(WGS84GEO) Longitude & latitude (WGS84GEO)
기준 도착시간 Arrival time set	주중 오전 09:00 (도착 시간 설정) 09:00 AM in weekdays (fixed arrival time)	
경로 탐색방법 Method for route search	최단경로 Shortest-path constraint	교통최적+추천 Optimum-route constraint
일별 쿼리 요청 할당량 API usage limits per day	2,500 request per day per ip	500,000 request per day (custom)
API 요청시 활용프로그램 Used program for API	R 3.1.3	IPython (Py 2.7)

## 2. 분석방법

### 1) 대중교통 서비스 측정 변수

본 연구는 서울시 내 고용중심지로의 통근통행 측면에서 대중교통 서비스 취약지를 파악하고자 Google Map API와 SK Planet Tmap API를 통해 수집한 교통수단별 통행특성 자료를 활용하였다. 정일호 외(2011)에서 제시한 대중교통 형평성 측정 변수 중 통행시간, 통행거리 개념을 분석에 활용하였으며, 변수별 측정방법 및 선정이유는 다음과 같다. 첫째로, 통행시간은 API를 통하여 분석자료 수집 시 설정하였던 서울시 내 42,343개 지점에서 대중교통과 자동차를 각각 이용했을 때, 고용중심지 3개 지점까지의 평균 통행시간을 활용하였다. API 서비스는 실제 이동 경로의 특성을 고려하기 때문에, API 서비스를 통해 파악한 통행시간은 대중교통의 환승 소요시간, 운행횟수, 배차 간격 등이 간접적으로 반영되었고, 자동차 수단의 경우 또한 출근시간대의 도로별 교통체증 상황이 고려된 것으로 볼 수 있다. 둘째로, 통행거리 역시 API 서비스를 이용하여 자료를 수집하였고 이는 정일호 외(2011)에서 제시한 변수 중 '지점 간 통행거리 대 직선거리 비율' 변수를 보완하여 사용하였다. '지점 간 통행거리 대 직선거리 비율'의 경우, 대중교통을 이용했을 때 직선거리보다 얼마나 더 많은 비율로 우회하는지를 파악할 수 있지만, 자연녹지나 수계로 인해 불가피하게 우회할 수밖에 없는 경우가 있을 수 있기 때문에 지점 간 직선거리가 아닌 자동차 통행거리를 통해 기존 변수를 보정하고자 하였다.

한편, 대중교통 서비스 취약지는 두 관점으로 나누어 살펴보았다. 첫째, 대중교통을 이용했을 때의 지점 간 통행특성의 절대적인 수치를 확인하였다. 둘째, 자동차를 이용했을 때의 통행특성을 반영하여 대중교통 서비스 취약지를 살펴보았다. 대중교통수

단을 이용했을 때의 통행시간과 통행거리에서 자동차수단을 이용했을 때의 통행시간과 통행거리를 각각 제해주었고, 이를 통해 대중교통수단의 통행특성을 자동차수단의 통행특성으로 보정해주기 위한 목적이 있다. 여기서 정일호 외(2011)가 제시한 '지점 간 통행거리 대 직선거리 비율'처럼 비율이 아닌 통행특성 값 간의 차이를 살펴본 이유는 다음과 같다. 비율을 살펴볼 경우, 고용중심지와 거리가 가까울수록 비율이 높아지는 경향이 보였고, 분석이 왜곡될 것으로 판단하였다. 이뿐만 아니라 통행자의 관점에서 대중교통과 자동차 두 수단 중에 하나의 수단을 선택할 때, 발생하는 비용(통행시간이나 통행거리)이 증가하는 비율보다는 증가하는 절대적인 시간과 거리를 고려한다는 점을 반영하였다.

### 2) 대중교통 서비스 취약지 및 개선 우선 순위지역 선정방법

앞서 살펴본 대중교통 서비스 측정을 위한 변수는 기존에 선정한 42,344개 지점에 대해 각각 구축하였으며, 이후 서울시 내 423개 행정동 단위로 평균값을 산출해 활용하였다. 대중교통 서비스 취약지는 대중교통과 자동차 수단을 이용했을 때 각각 나타나는 통행특성 자료를 활용하여 취약지 점수를 산출하였다. 취약지 점수는 통행시간 차(대중교통 수단 선택 시 통행시간 - 자동차 수단 선택 시 통행시간)와 통행거리 차(대중교통 수단 선택 시 통행거리 - 자동차 수단 선택 시 통행거리)의 값을 행정동 단위에서 10분위 점수로 각각 산출한 후, 합하는 방식으로 도출되었다. 이는 다시 말해, 특정 행정동에서 3개 고용중심지까지 이동할 때, 자동차 대신 대중교통 선택 시 통행시간과 통행거리가 가장 많이 증가할 때 대중교통 서비스 취약지로 선정된다는 것을 의미한다. 산출된 취약지 점수는 10분위 점수로 재환산하여 활용되었으며, 상위 20%,

30%, 40%, 50%에 대해 각각 살펴보았다.

다음으로, 앞선 과정을 통해 도출된 대중교통 서비스 취약지 중, 서비스 개선이 가장 시급한 지역을 선정하기 위해 행정동별 인구·사회적인 특성을 추가로 고려하였다. 첫째, 행정동별 소득수준을 대리할 수 있는 변수로 주택 가격(천원/m<sup>2</sup>)을 고려하였는데, 소득 수준(주택 가격)이 낮을수록 경제적으로 자동차 수단을 이용하기에 어려움이 있을 것으로 판단하였다. 둘째, 행정동별 핵심생산인구(25~49세)의 비율을 고려하였으며, 핵심생산인구 비율이 높을수록 본 연구에서 설정한 3개 주요 고용중심지로의 통행수요가 높은 비율을 차지할 것으로 판단하였다. 두 종류의 인구·사회적인 특성 또한, 각각 10분위수를 산출해 분석에 활용하였고, GIS의 raster calculator 기법을 통해 특정 조건에 해당하는 지역을 파악하였다. 결과적으로, 대중교통 서비스가 취약함과 동시에, 소득수준이 낮아 대중교통

수단에 의존할 가능성이 높을 뿐만 아니라 핵심생산인구 비율이 높아 3개 고용중심지로의 통행이 잦을 것으로 보이는 경우, 대중교통 서비스 개선이 시급히 이루어져야 하는 지역일 것으로 판단하였다.

#### IV. 분석결과

##### 1. 분석자료 기초분석

본 절에서는 대중교통 서비스 취약지 분석을 위해 API 서비스를 통하여 수집한 자료에 대한 기초 분석 내용을 다룬다. 우선, 본 연구에서 설정한 서울시 내 42,343개 지점에서 3개 고용중심지로의 수단별 통행특성 자료를 423개 행정동 단위로 평균값을 산출하였으며, 이에 대한 구체적인 내용은 표 4에 제시되어 있다. 표 4에서는 423개 행정동별로 산출한 을지로입구역, 강남역, 여의도역으로의 대중

표 4. 행정동별 고용중심지로의 통행시간 및 통행거리 기초통계량

Table 4. Descriptive statistics for travel time and distance to employment centers from admin. dong

변수 설명 Variable description			평균값 Mean	최솟값 Min.	최댓값 Max.	표준편차 Std.dev
목적지 Destination	교통수단 Mode	구분* Category				
City center (Euljiro 1-ga STN) lat: 37.566056 long: 126.982662	Transit	Travel time	40.2	6.3	68.9	11.8
		Travel distance	12293.8	1211.6	23583.7	5358.9
	Vehicle	Travel time	34.9	5.5	63.5	13.4
		Travel distance	11400.7	1174.3	25153.3	4830.8
Gangnam (Gangnam STN) lat: 37.497942 long: 127.027621	Transit	Travel time	47.4	10.6	85.2	16.1
		Travel distance	15561.4	1556.3	34198.6	6381.8
	Vehicle	Travel time	44.3	7.5	75.1	16.2
		Travel distance	13882.3	1743.2	29859.9	5717.8
Yeongdeungpo (Yeouido STN) lat: 37.521724 long: 126.924271	Transit	Travel time	40.2	9.5	76.7	14.6
		Travel distance	14257.9	1451.7	31975.8	7348.7
	Vehicle	Travel time	32.6	6.0	61.5	12.5
		Travel distance	15024.4	1724.2	35062.6	8292.2
Average travel characteristics to 3 emp. centers	Transit	Travel time (Pt)	42.6	22.3	76.1	11.2
		Travel distance (Pd)	14037.7	6590.5	26780.3	4449.7
	Vehicle	Travel time (Ct)	37.3	16.7	66.7	11.8
		Travel distance (Cd)	13435.8	6050.1	27763	4935.8

\* Units for travel time and distance is 'minute' and 'meter', respectively.

교통 및 자동차 두 교통수단별 평균통행시간 및 거리를 다루고 있으며, 3개 지역으로의 통행특성 평균값을 산출하여 추가로 나타내고 있다. 표 4에서 볼 수 있듯이, <Pt>와 <Ct>는 각각 대중교통과 자동차를 이용한 3개 고용중심지로의 평균 통행시간을 의미하며, <Pd>와 <Cd>는 각각 대중교통과 자동차를 이용할 때의 평균 통행거리를 의미한다.

표 4의 내용 중 3개 고용중심지로의 평균통행특성에서 파악할 수 있듯이 대중교통 수단을 이용하여 3개 고용중심지로 접근할 때 평균적으로 약 43분이 소요되며 14.0km를 이동하는 것으로 나타났고, 반면에 자동차 수단을 이용했을 때는 약 37분 소요하여 13.4km를 이동하는 것으로 파악되었다. 이를 통해 볼 수 있듯이, 자동차 이용이 가능한 집단이 자동차 이용이 불가능한 집단에 비해 고용중심지로의 통행시간이나 거리 측면에서 비용이 덜 발생하는 것으로 나타났다. 또한, 서울시 423개 행정동에서 고용중심지로 이동할 때, 대중교통과 자동차 교통수단 모두의 경우에 이동하는데 소요되는 비용이 여의도역, 을지로입구역, 강남역 순으로 적은 것으로 파악되었다.

앞서 살펴본 기초분석 내용을 바탕으로 대중교통 취약지 분석을 위해 추가로 도출한 분석자료에 대한 내용은 표 5에 제시되어 있다. 표 5에서 볼 수

있듯이 자동차 수단 대신 대중교통을 이용하여 3개 고용중심지로 이동할 때, 통행시간은 평균적으로 약 5분, 통행거리는 약 0.6km 증가하는 것으로 나타났다. 특기할만한 내용으로, 자동차 대신 대중교통을 이용했을 때, 행정동에 따라서 고용중심지로 통행시간이 최대 약 10분 감축되고 최대 약 21분까지 증가할 수 있는 것으로 나타났다. 또한, 대중교통 서비스 개선 우선순위 지역 선정 시 활용할 행정동별 핵심생산인구비율과 소득수준의 기초분석 내용은 표 5에 제시되어 있다.

## 2. 대중교통 이동성 취약지 분석

이 연구에서 다루는 대중교통 서비스 취약지는 대중교통을 이용하여 고용중심지로 이동이 쉽지 않은 지역으로, 절대적인 개념과 상대적인 개념으로 나누어 살펴보았다. 우선, 절대적인 개념에서의 취약지는 대중교통을 이용한 고용중심지로의 평균통행시간과 평균통행거리의 절대적인 값 자체가 높은 지역을 의미하며, 이는 표 4에 있는 <Pt>와 <Pd> 각각의 10분위수를 합산한 후, 합산된 값을 10분위수로 다시 환산하는 방식으로 산출하였다(그림 1 참고).

분석결과, 주로 서울시 외곽 지역에 위치해 있는

표 5. 행정동별 고용중심지로의 이동성 측면에서 취약지 분석을 위한 변수의 기술통계  
Table 5. Descriptive statistics of variables to analyze vulnerable areas for transit services

변수 설명 Variable description	평균값 Mean	최솟값 Min.	최댓값 Max.	표준편차 Std.dev
대중교통 통행시간(Pt) - 자동차 통행시간(Ct) (분) Transit travel time (Pt) - Vehicle travel time (Ct)	5.3	-10.0	21.2	5.9
대중교통 통행거리(Pd) - 자동차 통행거리(Cd) (m) Transit travel distance (Pd) - Vehicle travel distance (Cd) (m)	601.9	-4787.7	4791.3	1245.5
행정동별 핵심생산인구(25~49세) 비율 (%) Ratio of prime age (25-49) worker for administrative dong	41.4	30.0	61.3	3.7
행정동별 소득(주택가격) 수준 (천원/m <sup>2</sup> ) Average income (housing price) for administrative dong	5415.6	0.0	16147.2	2251.6

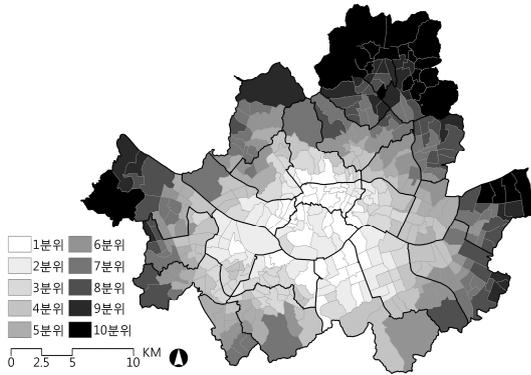


그림 1. 행정동별 고용중심지로 이동성 측면에서의 대중교통 서비스 취약지역 (절대적인 개념)  
Figure 1. Vulnerable areas for public transit service in mobility to employment centers (Absolute concept)

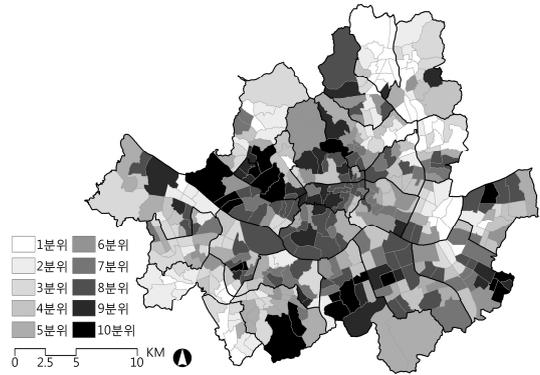


그림 2. 행정동별 고용중심지로 이동성 측면에서의 대중교통 서비스 취약지역 (상대적인 개념)  
Figure 2. Vulnerable areas for public transit service in mobility to employment centers (Relative concept)

자치구가 절대적인 통행특성 측면에서 취약지인 것으로 파악되었으며, 도봉구, 노원구, 강북구, 강동구, 중랑구 순으로 대중교통을 이용한 고용중심지로의 이동성이 낮은 것으로 나타났다. 그러나 위에 열거한 자치구가 고용중심지 3지역으로부터 거리가 멀어 통행시간이나 통행거리 자체가 높을 수밖에 없으며, 대중교통 취약지인 것으로 판단하기에는 어렵다. 도시경제학적인 측면에서 보면, 소득이 낮은 집단은 통근비용(통근시간 또는 통근거리)을 높게 지불하더라도 저렴한 주택가격을 선택하기 때문에, 서울 외곽 자치구에 거주하는 도시민들은 그들의 선택 때문에 고용중심지로 이동이 용이하지 않을 수 있다. 하지만, 낮은 소득수준으로 인해 외곽에 거주할 수밖에 없는 도시민들은 어쩔 수 없이 높은 통행비용을 감수해야 하는 측면에서 절대적인 개념에서의 취약지 점수 또한 중요한 지표로 볼 수 있다. 한편, 일반적인 결과일 수 있겠지만, 고용중심지 주변에 거주할수록 통행시간과 거리가 낮은 것으로 나타났고, 특기할만한 점으로 절대적인 개념에서의 대중교통 이동성 취약지가 한강 이남보다 이북지역

에 주로 분포하는 것을 볼 수 있다.

다음으로, 상대적인 측면에서의 대중교통 이동성 취약지는 대중교통과 자가용 이용 시 나타나는 각각의 통행특성을 비교하여 살펴본 것이다. 이는 자가용 대신에 대중교통을 이용했을 때 증감하는 통행시간과 통행거리를 10분위수로 산출한 후, 이를 합산한 값을 10분위수로 재산출하여 파악되었다(그림 2 참고). 상대적인 개념에서의 취약지는 그림 2에서 볼 수 있듯이, 주로 서대문구, 중구, 마포구, 용산구, 서초구, 종로구, 강남구에 분포해 있어, 서울시 서북생활권과 동남생활권이 취약한 것으로 나타났다. 더 나아가, 절대적인 관점에서 대중교통 취약지인 것으로 보였던 노원구나 도봉구는 상대적인 관점에서는 취약지가 아닌 것으로 나타나 이들 지역에 거주하는 도시민들은 대중교통이나 자가용 두 수단간 통행특성의 차이가 작게 나는 것으로 파악되었다. 한편, 도시 외곽에 위치한 강동구, 강서구, 양천구 지역은 상대적인 개념에서 측정된 대중교통 취약지가 적은 수로 분포하였는데 이는 지하철 5호선의 입지를 통해 설명할 수 있다. 지하철 5호선의

두 종점인 방화역과 상일동역 및 마천역은 강서구와 강동구에 위치해 있는데, 이 지역에 거주하는 도시민들은 5호선을 통해 여의도역이나 을지로입구역으로의 이동이 용이하여 대중교통을 이용한 고용중심지로의 접근이 쉬운 것으로 볼 수 있다.

위 분석내용을 통해 볼 수 있듯이, 대중교통을 이용한 고용중심지로의 이동성 취약지는 관점에 따라 다르게 나타날 수 있으며, 두 지표는 상호보완적인 역할을 할 수 있음을 생각해볼 수 있다. 가령, 절대적인 개념에서는 취약지로 보이더라도 상대적인 개념에서는 취약지 아닌 것으로 나타날 수 있는데 이에 해당하는 지역은 자가용 대신에 대중교통을 이용하더라도 통행특성에 큰 차이가 나타나지 않기 때문에 긍정적인 것으로 평가될 수 있지만 어떠한 수단을 이용하더라도 고용중심지로의 통행비용(시간과 거리)이 높다는 점에서 부정적으로 생각해볼 수 있다.

### 3. 대중교통 이동성 서비스 개선 우선순위 지역 도출

앞선 절에서는 API 서비스를 통해 수집한 경로안내 자료만을 활용해, 고용중심지로의 이동성 측면에서 대중교통 서비스 취약지를 살펴보았다. 본 절에서는 대중교통과 자가용의 통행특성자료와 더불어, 행정동별 소득수준을 대리할 수 있는 변수인 주택가격과 핵심생산인구비율을 동시에 고려하여 대중교통 서비스 개선이 가장 우선시되어야 하는 지역을 살펴본다.

대중교통 서비스 개선 우선순위지역을 도출하기 위한 개념은 그림 3과 같다. 대중교통 서비스가 가장 취약한 지역은 대중교통 취약지 점수가 상대적으로 높고, 주택가격이 낮은 저소득층 주거지역이며 핵심생산 인구비율이 높아 대중교통수요가 높은 지역을 의미한다. 그림 3에 나타나 있는 개념을 구체

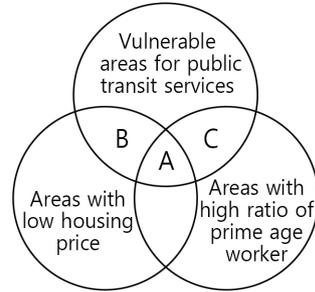


그림 3. 대중교통 서비스 개선 우선순위지역 유형별 개념

Figure 3. Concepts of priority area types for improvement in public transit service

적으로 적용하여 행정동별 대중교통 서비스 우선순위지역 도출하면 표 6과 같이 나타낼 수 있다. 취약지 점수, 소득 수준, 핵심생산인구비율에 대한 10분위수를 산출하여, 각 10분위수의 조건별로 해당하는 지역을 살펴보았다. 여기서 행정동별 대중교통 취약지 점수는 앞 절에서 산출한 상대적인 개념에서의 대중교통 취약지 점수의 10분위수를 활용하였으며, 10분위값이 높을수록 대중교통을 이용한 고용중심지로의 이동이 용이하지 않음을 의미한다.

표 6에 제시되어 있듯이, 유형 A는 세 가지의 변수를 동시에 모두 고려하였으며, 유형 B는 대중교통 취약지 점수와 소득수준 변수만을, 유형 C는 대중교통 취약지 점수와 핵심생산인구비율을 중심으로 고려하였다. 우선, 유형 A에 해당하는 지역은 소득 수준이 낮아 대중교통 수단에 의존할 가능성이 크고, 핵심생산인구비율이 높은 편으로 고용중심지로의 통행 수요가 높지만, 상대적인 개념에서의 대중교통 이동성 취약지 점수가 높게 나타나는 지역으로 대중교통 이동성 서비스 개선이 가장 시급한 유형으로 볼 수 있다. 한편, 유형 B에 해당하는 지역은 핵심생산인구비율은 낮은 편으로 고용중심지로의 통행수요가 높다고는 볼 수 없지만, 소득 수준이 낮아 대중교통에 대한 의존성이 높은 도시민들이 거주할 가능성이 높고 대중교통 취약지 점

표 6. 대중교통 서비스 개선을 위한 우선순위 지역 유형  
Table 6. Priority area types for the improvement in public transit services

유형 구분 Type	소득 수준 (주택 가격) Income level (housing price)	핵심생산 인구비율 Ratio of prime age worker	대중교통 서비스 수준 Vulnerability of transit service	행정동수 No. of admin. dong.	유형 설명 및 해당 행정동 Interpretations and case dong areas for each type	
A	1	1~2 decile	9~10 decile	9~10 decile	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Areas where improvements on public transit service are urgent due to low levels of public transit service, low income levels, and high demand for commuting to major employment centers.</li> <li>• 28 administrative donges including Ihwa, Jangchung, Seongsan-1, Nakseongdae.</li> </ul>
	2	3 decile	8 decile	8 decile	4	
	3	4 decile	7 decile	7 decile	9	
	4	5 decile	6 decile	6 decile	14	
B	1	1~2 decile	1~5 decile	9~10 decile	8	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Areas where public transit services are low, while both the income level and demand for commuting to major employment centers are low.</li> <li>• 38 administrative donges including Changsin, Pil, Jeongneung, Insu, Chang-3, Eungam, Hongeun, Bukgajwa.</li> </ul>
	2	3 decile		8 decile	8	
	3	4 decile		7 decile	8	
	4	5 decile		6 decile	14	
C	1	6~10 decile	9~10 decile	9~10 decile	8	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Areas where public transit services are low, while both the income level and demand for commuting to major employment centers are high.</li> <li>• 80 administrative donges including Sinchon, Sadang-4,5, Seocho-1, Bangbae-1, Daechi, Yeoksam-1,2.</li> </ul>
	2		8 decile	8 decile	22	
	3		7 decile	7 decile	23	
	4		6 decile	6 decile	27	

수 역시 높아 유형 A에 해당하는 지역만큼 시급한 것은 아니지만 형평성 제고를 위해 대중교통 서비스 개선이 필요한 지역이다. 마지막으로 유형 C의 경우에는 소득 수준이 높은 편으로 대중교통에 의존하는 정도가 높을 것으로 보이지는 않으나, 핵심생산인구비율이 높아 고용중심지로의 통행수요가 높을 것으로 판단되고 상대적인 개념에서 산출한 대중교통 이동성 취약지가 높은 지역이다.

앞서 살펴본 유형 B와 유형 C, 두 집단 중 대중교통 서비스 개선의 우선순위를 판단하기는 쉽지 않다. 유형 B를 선택하면, 소득수준이 낮은 계층의 대중교통 이동성 개선이 가능하다는 측면에서 긍정적이지만 고용중심지로의 통행수요나 효율성이라는 측면에서 낮은 핵심생산인구비율을 간과하게 된다.

또한, 유형 C의 경우에도 높은 핵심생산인구비율로 고용중심지로의 통행수요가 높다는 점에서 서비스 개선이 바람직하지만, 소득수준이 높은 편이라는 점에서 유형 B와 비교하면 우선순위라고는 볼 수 없다. 정리하자면, 유형 A의 경우에는 본 연구에서 다룬 취약지 접수, 소득 수준, 고용중심지로의 통행수요 측면에서 모든 조건을 충족하여 고용중심지로의 이동성 측면에서 대중교통 서비스가 개선이 우선시되어야 하는 것으로 보인다. 한편, 유형 B와 유형 C의 경우에는 소득이 낮은 지역을 중심으로 형평성을 개선할 것인지, 또는 통행수요가 많은 지역을 중심으로 개선할 것인지에 대한 논의가 필요할 것으로 판단된다.

표 6에는 각 유형 및 세부 유형별 의미 및 이에

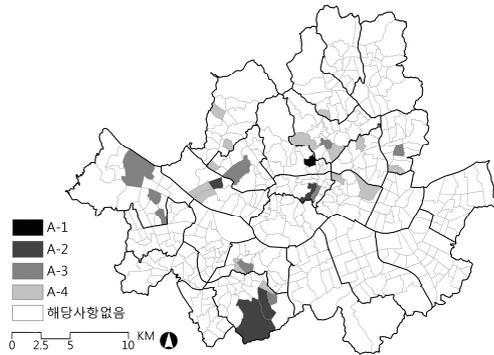


그림 4. 행정동별 고용중심지로 이동성 측면에서의 대중교통 서비스 개선 우선순위지역 (유형 A)  
 Figure 4. Priority dong areas for the improvement in public transit services (Type A)

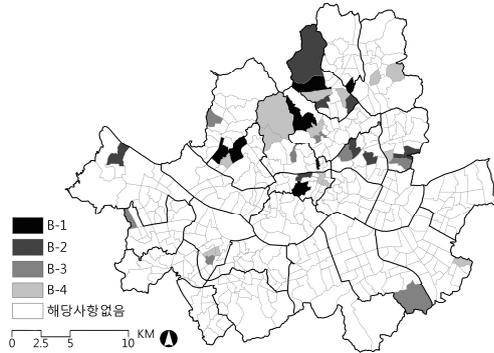


그림 5. 행정동별 고용중심지로 이동성 측면에서의 대중교통 서비스 개선 고려지역 (유형 B)  
 Figure 5. Priority dong areas for the improvement in public transit services (Type B)

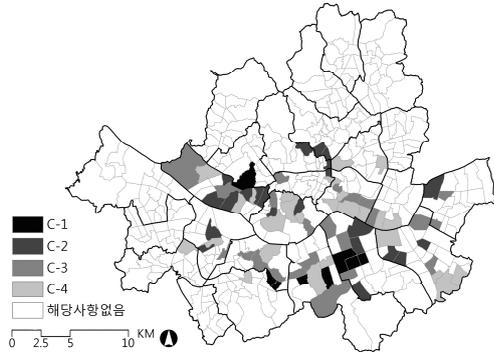


그림 6. 행정동별 고용중심지로 이동성 측면에서의 대중교통 서비스 개선 고려지역 (유형 C)  
 Figure 6. Priority dong areas for the improvement in public transit services (Type C)

해당하는 행정동 수를 살펴보고 있다. 유형 구분은 앞서 제시한 세 변수를 중심으로 이루어졌고, 세부 유형의 경우에는 각 10분위수의 정도에 따라 구별하였다. 유형 및 세부 유형별 해당 지역의 공간적인 분포는 그림 4~6에 제시되어 있다. 우선, 그림 4에서 알 수 있듯이, 서울 동남권에는 유형 A에 해당하는 지역이 없는 것으로 나타나고 있고, 이는 동남권 지역의 소득 수준(주택가격)이 높기 때문으로 볼 수 있다. 한편, 종로구 이화동은 대중교통 취약지 상위 20%, 소득 수준 하위 20%, 핵심생산인구비율 상위 20%에 해당하는 유일한 지역인 것으로 나타났고, 고용중심지 중 하나인 을지로입구역과 근접하더라도 대중교통 취약지일 수 있음을 알 수 있다. 유형 A에 해당하는 다른 지역의 경우 주로 관악구나 강서구에 위치해 있는 것으로 나타났으며, 이 외에도 중구, 성북구, 서대문구, 마포구에 소속된 소수 행정동이 파악되었다. 이들 지역은 대중교통을 이용한 고용중심지로의 이동이 어려움과 동시에 대중교통 수단에 의존할 가능성이 크고, 고용중심지로의 통행이 잦을 것으로 판단되어, 대중교통 서비스 개선이 가장 시급한 지역으로 볼 수 있다.

한편, 핵심생산인구비율은 낮은 편이지만 소득 수준이 낮고 대중교통을 이용한 고용중심지로의 이동이 어려운 지역인 유형 B는 그림 5에 나타나 있다. 주로, 강북구, 성북구, 서대문구, 중랑구 등의 자치구에 많이 위치해 있음을 알 수 있고, 유형 B의 경우에는 한강 이남 지역보다는 이북 지역에 대다수 위치한 것으로 나타나 대중교통 취약성뿐만 아니라 소득 수준 측면에서 차이가 심각한 것으로 볼 수 있다. 유형 B의 세부 유형 중, 대중교통 취약지 점수가 상위 20%, 소득수준이 하위 20%에 해당하는 지역은 창신2동, 필동, 정릉3동, 인수동, 창3동, 응암3동, 흥은2동, 북가좌2동으로 나타나, 이들 지역 역시 이동성 측면에서의 대중교통 서비스가 개선될 필요가 있는 것으로 나타났다.

마지막으로, 소득수준이 낮은 편은 아니지만, 대중교통 취약지 점수가 높고 핵심생산인구비율이 높아 고용중심지로의 통행 수요가 높을 것으로 판단되는 지역은 그림 6에 제시되어 있다. 이들 지역은 대중교통을 이용한 고용중심지로의 이동이 용이하지 않다고 하더라도, 소득수준을 고려했을 때 자가용을 이용한 이동이 가능한 집단으로 볼 수 있다. 그림에도 불구하고, 핵심생산인구비율이 높으므로 여전히 사회적 형평성 제고를 위해 대중교통 서비스 개선이 이루어져야 하는 지역들이다. 유형 C의 경우에는 앞서 살펴본 유형 B와는 다르게 동남생활권에 다수 위치해 있고, 이 외에도 용산구, 성동구, 마포구, 동작구에 다수 위치해 있음을 알 수 있다. 앞서 설명했듯이, 대중교통 서비스 개선 우선순위지역으로 유형 B와 유형 C를 비교하기는 어렵다. 유형 B의 경우에는 소득이 낮은 집단의 대중교통 서비스 수준을 개선해줄 수 있지만, 통행수요가 적을 것으로 예상되고, 유형 C의 경우에는 더욱 많은 사람들의 대중교통 서비스 수준을 제고해 줄 수 있지만, 소득이 높은 편으로 대중교통수단에 대한 의존성이 높지 않을 수 있기 때문이다.

## V. 결론

본 연구는 서울시를 대상으로 고용중심지로의 이동성 측면에서 대중교통 서비스 취약지를 살펴보았다. 현실적인 통행 특성을 반영하고자 실제 통행특성자료를 Google Map의 대중교통 Direction API와 SK Planet의 T-Map 타임머신 자동차 길 안내 API에서 수집하여 활용하였다. 또한, API를 통해 수집한 자료의 분석결과를 통해 도출한 대중교통 이동성 취약지 중, 소득 수준이 낮아 대중교통수단에 대한 의존성이 높고 핵심생산인구비율이 높아 고용중심지로의 통행수요가 높을 것으로 판단되는

지역을 파악하여 대중교통 서비스 개선이 우선시되어야 하는 지역을 도출하였다.

분석과정에서 조건별로 유형화한 내용 중, 유형 A에 해당하는 지역인 이화동, 성산1동, 낙성대동, 대학동, 다산동, 면목본동, 동선동, 연희동, 화곡 4·6동, 가양1동, 상동4동, 인현동 등의 지역은 대중교통 수단에 대한 의존성이 높으며, 고용중심지로의 통행수요가 높은 데 반해, 대중교통을 이용한 고용중심지로의 이동이 어려운 것으로 나타나 대중교통 서비스 개선이 가장 우선시되어야 하는 지역으로 판단된다. 더 나아가, 분석과정에서 살펴본 유형 B와 유형 C 중 대중교통 서비스 개선 우선순위에 대해서는 저소득 계층이 거주하는 지역을 우선으로 개선할 것인지, 혹은 고용중심지로의 통행수요가 높은 지역을 우선시할 것인지에 대해 효율성 및 형평성 등의 측면에서 사회적인 합의가 이루어져야 함을 제언할 수 있다. 유형 B를 우선시할 경우에는 통행수요 및 효율성보다는 저소득계층의 이동성에 초점을 두는 것이며, 유형 C를 우선시할 경우 반대로 저소득계층의 이동성 향상보다는 통행수요 및 효율성에 무게를 두는 것이 된다.

본 연구는 다음과 같은 측면에서 의미를 가진다. 첫째, 이 연구는 서울시 내 대중교통 서비스의 사회적 형평성을 제고하기 위해 대중교통 서비스 개선 정책이 우선시되어야 하는 지역을 파악함으로써 실질적인 정책집행에 반영될 수 있을 것으로 판단된다. 둘째, 본 연구는 서울시 대중교통 서비스의 사회적 형평성에 대해서도 살펴보았으며, 이 연구의 분석 결과를 바탕으로 대중교통 서비스의 형평성을 평가하고 정책을 개발하는데 기여할 것으로 본다. 이를 통해 대중교통에 의존할 수밖에 없는 도시민이 어느 지역에 거주하더라도 고용중심지로 원활하게 이동할 수 있는 토대를 마련할 수 있을 것이다. 셋째, 공공뿐만 아니라 민간에서 제공하는 API 서비스 자료를 이용함으로써, 향후 시간대별·요일별

교통체증, 대중교통 환승 및 서비스 체계를 고려한 도시교통 연구가 가능할 것으로 기대한다. 더 나아가, Open API 서비스의 활용가치 및 잠재력을 제시하여 학술연구 측면에 기여할 수 있을 것으로 본다. 마지막으로 본 연구의 결과를 통해 고용중심지로의 이동성 측면에서 대중교통 서비스가 개선되어 단순히 지역별 이동성 차이뿐만 아니라, 소외계층의 소득수준 및 사회·경제적인 활동의 기회, 여가 및 일상활동시간의 보장 측면에서의 형평성이 제고될 것으로 기대한다.

인용문헌

References

1. 강영욱·김현덕, 2014. “구글 API를 활용한 공공데이터의 지리적 시각화 연구”, 『한국지도학회지』, 14(1): 1-15.  
Kang, Y., & Kim, H. D., 2014. “A Study on Geographic Visualization of Public Data Using Google API in Cloud Computing Environment”, *Journal of the Korean Cartographic Association*, 14(1):1-15.
2. 김동준·김혜자·장원재·성현근, 2006. “세계주요도시의 대중교통 경쟁력 비교”, 『대한교통학회지』, 24(4): 81-91.  
Kim, D., Kim, H., Jang, W. J., & Sung, H., 2006. “A Comparison of Public Transportation Competitiveness in World Major Cities”, *Journal of Korean Society of Transportation*, 24(4): 81-91.
3. 김아연·전병운, 2012. “대구시 대중교통서비스의 접근성에 대한 환경적 형평성 분석”, 『한국지리정보학회지』, 15(1): 76-86.  
Kim, A. Y., & Jun, B. W., 2012. “Environmental Equity Analysis of the Accessibility to Public Transportation Services in Daegu City”, *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*, 15(1): 76-86.
4. 김유찬·이남수, 2015. “교통정책에서의 효율성과 형

- 평성 간 상충관계 사례 연구”, 『국토계획』, 50(5): 201-213.  
Kim, Y. C., & Lee, N. S., 2015. “Case Study on the Trade-off Relationship between Efficiency and Equity in Transportation Policy”, *Journal of Korea Planning Association*, 50(5): 201-213.
5. 노시학, 1996. “도시교통의 사회적 영향”, 『한국지역지리학회지』, 2(2): 37-47.  
Noh, S. H., 1996. “Social Impacts of Urban Transportation”, *Journal of the Korean Association of Regional Geographers*, 2(2): 37-47.
6. 노시학, 2007. “교통이 사회적 배제에 미치는 영향”, 『국토지리학회지』, 41(4): 457-467.  
Noh, S. H., 2007. “Impacts of Transportation on Social Exclusion”, *The Geographical Journal of Korea*, 41(4): 457-467.
7. 노시학, 2014. “교통의 사회적 영향에 관한 이론적 고찰 : 형평성과 사회적 배제 개념을 중심으로”, 『교통연구』, 21(4): 67-86.  
Noh, S. H., 2014. “A Theoretical Aspect of the Social Impacts of Transportation: Focused on the Concepts of Equity and Social Exclusion”, *Journal of Transport Research*, 21(4): 67-86.
8. 배윤경, 2013. “교통정책 평가시 형평성 반영에 관한 연구”, 『교통 기술과 정책』, 10(6): 52-63.  
Bae, Y. K., 2013. “A Study on Incorporating Equity in Transportation Decision Process”, *Transportation Technology and Policy*, 10(6): 52-63.
9. 서울특별시, 2014. 『2030 서울도시기본계획』, 서울. Seoul Metropolitan Government, 2014. *2030 Seoul Master Plan*, Seoul.
10. 윤종진·우명제, 2015. “서울시 대중교통 접근성의 공간적 정의에 대한 실증연구”, 『국토계획』, 50(4): 69-85.  
Yun, J., & Woo, M., 2015. “Empirical Study on Spatial Justice through the Analysis of Transportation Accessibility of Seoul”, *Journal of Korea Planning Association*, 50(4): 69-85.
11. 장경욱·김황배·김영석·오재학, 2011. “GIS를 이용한

- 시내버스와 도시철도 공급서비스 수준 측면의 대중교통 사각지대 분석에 관한 연구”, 「대한토목학회논문집」, 31(3D): 383-389.
- Chang, K. U., Kim, H. B., Kim, Y. S., & Oh, J. H., 2011. “A Study of Blind Spot Analysis for Public Transportation by Level of Service (LOS) in Public Transportation Supply Service”, *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, 31(3D): 383-389.
12. 정일호, 2011. “사회적 형평성 제고를 위한 교통 정책 방향”, 「국토」, 354: 6-15.
- Chung, I. H., 2011. “Guides to Transportation Policy for Enhancing Social Equity”, *Planning & Policy*, 354: 6-15.
13. 정일호·이백진·김혜란, 2011. 「공정한 사회를 위한 인프라 정책의 사회적 형평성 제고 방안」, 경기: 국토연구원.
- Jung, I. H., Lee, B. J., & Kim, H., 2011. *The Strategies of Equity Improvement Toward Fair Society: Focusing on the Equity in Transportation Policy*, Gyeonggi: Korea Research Institute for Human Settlements.
14. Church, A. & Frost, M., 1999. *Transportation and Social Exclusion in London: Exploring Current and Potential Indicators*, London: London Transport Planning.
15. Foth, N., Manaugh, K., & El-Geneidy, A. M., 2013. “Towards Equitable Transit: Examining Transit Accessibility and Social Need in Toronto, Canada, 1996-2006”, *Journal of Transport Geography*, 29: 1-10.
16. Garrett, M., & Taylor, B., 1999. “Reconsidering Social Equity in Public Transit”, *Berkeley Planning Journal*, 13(1): 6-27.
17. Hanson, S., & Giuliano, G. (Eds.), 2004. *The Geography of Urban Transportation*, New York: Guilford Press.
18. Hodge, D. C., 1988. “Fiscal Equity in Urban Mass Transit Systems: A Geographic Analysis”, *Annals of the Association of American Geographers*, 78(2): 288-306.
19. Kawabata, M., 2003. “Job Access and Employment Among Low-Skilled Autoless Workers in US Metropolitan Areas”, *Environment and Planning A*, 35: 1651-1668.
20. Kenyon, S., Lyos, G., & Rafferty, J., 2002. “Transportation and Social Exclusion: Investigating the Possibility of Promoting Inclusion through Virtual Mobility”, *Journal of Transport Geography*, 10: 207-219.
21. Manaugh, K., and A. El-Geneidy. 2010. “Who benefits from new transportation infrastructure? Evaluating social equity in transit provision in Montreal.” Paper presented at the 57th annual North American meetings of the Regional Science Association International, Denver, Colorado: Grand Hyatt.
22. Ong, P., & Miller, D., 2005. “Spatial and Transportation Mismatch in Los Angeles”, *Journal of Planning Education and Research*, 25: 43-56.
23. Socharoentum, M., & Karimi, H. A., 2015. “A Comparative Analysis of Routes Generated by Web Mapping APIs”, *Cartography and Geographic Information Science*, 42(1), 33-43.
24. Wang, F., & Xu, Y., 2011. “Estimating O-D Travel Time Matrix by Google Maps API: Implementation, Advantages, and Implications”, *Annals of GIS*, 17(4): 199-209.

Date Received 2016-02-26

Date Reviewed 2016-04-01

Date Accepted 2016-04-01

Date Revised 2016-10-13

Final Received 2016-10-13