



도로유형이 개인용 이동장치의 운행속도에 미치는 영향 분석 : 자전거 도로를 중심으로^{*,**}

Analysis of the Effect of Road Type on Personal Mobility Traffic : Focusing on the Bicycle Path

황주원^{***} · 장성만^{****}

Hwang, Juwon · Jang, Seongman

Abstract

Personal mobility (PM) vehicles are mandated to use the road edge without dedicated bicycle paths, resulting in discomforting scenarios for both PM operators and vehicular traffic. Encouraging PM users to employ bicycle lanes exclusively rather than conventional roadways becomes imperative through expanding such infrastructure to promote harmonious coexistence among citizens. However, the scarcity of research addressing the comparative efficiency of PM operation on bicycle lanes versus general roads presents a gap in the existing knowledge base. This study primarily aims to ascertain the efficiency of bicycle paths for PMs. Hence, we calculated the average driving speed of PMs across different road types. The research was focused on the districts of Gangseo-gu and Yangcheon-gu in Seoul, with the analysis conducted using shared PM operation data. The analytical method and results are detailed as follows. A comparative dataset of PM was constructed by linearly processing data points containing PM operation information about PM travel using a geographic information system (GIS). The speed for each road type was derived by considering departure time, arrival time, and travel distance from the constructed PM travel route dataset. The study subsequently established the driving efficiency of PMs across various road types, including bicycle lanes, conventional roads, and mixed pedestrian roads. This study quantitatively analyzed the effect of bicycle lanes on PM operation. The findings of this research can inform policy development aimed at enhancing PM utilization and contributing to establishing a sustainable urban environment with reduced car dependency.

주제어 개인용 이동장치, 도로 유형, 자전거 도로, 운행속도
Keywords Personal Mobility, Road Type, Bicycle Path, Speed

1. 서론

개인용 이동장치(Personal Mobility, 이하 PM)는 「도로교통법」 제2조 제19의 2에서 규정하고 있는 교통수단이다. PM의 중

류로는 일반적으로 흔히 볼 수 있는 전동킥보드와 세그웨이로도 불리는 전동이륜평행차 그리고 스로틀 방식 전기자전거라고도 불리는 전동기의 동력으로만 움직일 수 있는 자전거가 있다(「도로교통법」 시행규칙 제2조의3). PM 중 본 연구에서는 전동킥보

* 이 논문은 2020년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단 기초연구사업과 2021년도 국토교통부 / 국토교통과학기술진흥원의 국토교통기술촉진연구사업의 지원을 받아 수행되었음(NRF-2020R111A1A01067265) (RS-2021-KA164289)
** 이 논문은 대한국토도시계획학회 2022 추계학술대회 참가논문을 수정·보완하여 작성하였음.
*** Master's Course, Department of Urban and Regional Development, Mokpo National University (First Author: hoangb2022@mokpo.ac.kr)
**** Assistant Professor, Department of Urban and Regional Development, Mokpo National University (Corresponding Author: sjang@mnu.ac.kr)

드형 PM을 주 연구 대상으로 분석하였다. PM의 도입 초창기에는 비교적 소수의 사람만 이용하였으나, 공유 PM 서비스 도입으로 인해 시민들에게 큰 인기를 얻게 되었다. 공유 PM 서비스가 급격히 인기를 얻게 된 이유는 전기모터와 배터리로 구동함에 오는 주행 편의성, 스마트폰 및 QR 코드를 통해 언제 어디서나 기기의 사용료 결제와 대여·반납 등을 신속하게 진행할 수 있는 접근 편의성 등의 장점 때문으로 보인다. 위와 같은 장점 때문에 작은 규모로 시작된 공유 PM 사업은 네이버, 카카오 등의 대기업들도 뛰어들기 시작하면서 공유 PM 시장이 급팽창하였다(신재용, 2020; 조항훈 외, 2021). 시장의 팽창에 따라 전체 공유 PM 이용자는 2020년 기준 2019년 대비 2배 이상 증가했으며, 전동킥보드 형태의 공유 PM 이용자는 3배 이상 급증했다(한국소비자원, 2021).

PM 이용자가 급증한 상황에서 도로 정비를 포함한 규정의 미비와 안전의식 약화는 무질서한 주행과 주정차로 이어졌다. 이에 따라 PM 운전자와 시민 간에 갈등이 발생하게 되어 시민들의 불만과 민원이 폭증하게 되었다. PM 운전자와 시민 간에 갈등은 PM의 주행 도로에서 특히 심화되었는데 이를 단적으로 볼 수 있는 사례로 PM 운행자에 대한 ‘키크라니’라는 멸칭의 확산이다. 키크라니는 일부 무질서한 주행을 일삼는 PM 운전자가 도로에서 불쑥 튀어나와 운전자를 당황하게 하는 고라니와 닮았다고 하여 확산된 멸칭이다(임규철, 2021).

일반운전자와 PM 운전자 간의 갈등을 도로교통법 개정으로 완화하려는 노력이 있었으나, 아직 갈등을 해소하지 못하였다. 개정된 법안에 따르면 PM은 자전거 도로를 주행해야 하며, 자전거 도로 부재 시 차도의 가장자리를 이용해야 한다고 규정되어있다. 그러나 이 규정은 비교적 운행속도가 빠른 일반 차량 운전자와 25km/h의 속도 제한이 걸린 PM 운행자 모두 불편하며 위험을 느끼고 있다(어양숙·변병설, 2022). 이와 같은 상황 때문에 PM 운행자가 일반 차량을 피해 일반도로가 아닌 보행자도로로 주행하게 되는 일이 늘어나면서 보행자를 포함한 3자 모두가 피해를 보고 있다.

도로 위에서 일반 차량 운전자, 보행자, PM 운행자 모두 만족하며 공존할 방안은 자전거 도로의 확대를 통해 각각의 통행 수단을 분리하여 운행하도록 유도하는 것으로 보인다. 이렇게 각각의 운행 수단별로 분리하여 운행하는 것을 위해 「도로교통법」 및 「자전거 이용 활성화에 관한 법률」 등이 개정되어 시행되었음에도 불구하고 PM의 자전거 도로 주행이 사람들의 인식과 사회 전반적인 합의가 부족하여 잘 지켜지지 않고 있는 것이 현실이다. 이러한 시대적 흐름에 따라 PM이 자전거 도로를 주행해야 하는 필요성의 확산과 이를 통한 바람직한 PM의 이용문화 형성을 위해 PM과 자전거 도로의 관계를 정량적으로 분석한 연구는 없는 것으로 확인되었다. 따라서 본 연구는 자전거 도로가 PM의 운행에 있어서 얼마나 효율적인지를 정량적인 지표로 분석이 가능한 운

행속도에 집중하여 분석하는 것이 연구의 목적이며, 이를 해결하기 위한 연구의 세부 내용은 다음과 같다.

첫 번째, 도로의 유형이 PM의 운행속도에 어떠한 영향을 미쳤는지 분석하였다. 두 번째, PM 주행환경을 개선한다면 PM의 통행 거리 및 속도가 어떻게 달라질 것인지 분석하였다. 이러한 분석의 결과를 바탕으로 PM의 자전거 도로 주행 필요성의 근거가 되어 시민들의 바람직한 PM 이용문화의 확산에 도움이 될 것이며, 더 나아가서 PM의 이용률을 높이는 정책의 기초자료로써 활용되어 지속 가능한 도시를 만드는 것에 도움이 될 것이다.

II. 선행연구 검토

1. PM과 관련된 선행연구

본 연구에서 핵심적인 요소 중 하나인 PM은 비교적 최근에 등장한 교통수단으로서 다른 교통수단과 차별화되는 특징들을 가지고 있다. 이러한 PM에 관련한 선행연구를 크게 2가지로 나누어 검토하여 연구에 참고하였다.

첫 번째로는 다른 교통수단과 차별화되는 PM만의 장점을 분석한 선행연구이다. Ulrich(2005)는 PM이 도로의 차량 통행을 상당량 대체하여 교통혼잡을 감소시킬 수 있으며, 전기를 동력으로 이용하고 있어 환경공해가 적은 장점을 제공한다고 주장하였다. 최민정(2019)은 PM의 공공 셰어링을 통해 많은 사용자가 같이 사용함으로써 환경오염을 저감하게 도와주었으며, 현대도시의 자동차 사용량 증가로 인한 공간 문제를 해결할 방안으로 기대받는다고 주장하였다. 김아름 외(2020)는 PM을 이용한다면 대중교통 접근성과 서비스권역을 개선할 수 있다고 주장하였으며, PM 이용 시 대부분의 운행자가 보행 시간이 5분 이상인 경로에서 통행시간을 80% 이상 단축하였음을 확인할 수 있었다. 김아름·김희경(2021)은 도시지역의 교통 문제의 주요한 근본적 원인은 5km 전후의 중·단거리 통행이라고 밝혔으며, 이러한 중·단거리 통행을 PM을 이용해 대체할 수 있다고 주장하였다. 추가로 출발 접근(First-Mile Mobility) 및 도착접근>Last-Mile Mobility) 서비스를 제공하여 대중교통 이용의 활성화를 가져와 교통 문제를 해소하고 통행시간을 줄일 수 있을 것으로 예측하였다. 정경옥 외(2021)는 PM은 최근 몇 년간 국내·외에서 새로운 단거리 교통수단으로 인기가 높아지고 있으며, COVID-19의 유행으로 보급과 이용이 더욱 증가하고 있다고 주장하였다. 이현애 외(2022)는 PM의 포괄적인 분류인 스마트 모빌리티의 경제적 파급효과를 확인하였다. 스마트 모빌리티에 관광 경제적 측면을 포함하여 분석하였을 때, 서울과 다른 지역 모두 고속도, 고부가가치를 창출하는 것으로 분석하였다. 최혜정·장성만(2022)은 PM이 대중교통을 이용하는 시민들에게 부정적인 영향을 미치는 차 외 통행시간을 극적으로 줄여, 대중교통의 활용을 원활하고 편리하게 도와

주고 있다고 주장하였다.

위와 같은 선행연구들을 통하여 PM은 국내·외 새로운 교통수단으로 인기가 높아지고 있음을 알 수 있었다. 특히 PM은 친환경 교통수단임과 동시에 자동차로 인한 교통혼잡 및 공간 문제 해결할 대안이며 통근 시간을 줄일 수 있는 교통수단임을 확인하였다. 이를 통한 통근 시간의 감소는 도시민들의 삶의 질과 만족도 향상(이윤영·차운아, 2023)으로까지 이어질 수 있는 등 PM의 사회·경제적 파급효과를 확인할 수 있었다.

두 번째로는 최근에 등장한 PM의 통행에 있어서 문제점이나 개선방안에 관련된 연구를 검토하였다. 이수일 외(2018)는 해외에 비해 국내의 경우 법 제도와 보험상품이 미흡하여 안전상의 문제가 지속되고 있다고 주장하였다. 이에 PM의 사고분석과 현장 실험, 보험고객의 설문조사 등을 통하여 PM 안전대책에 대한 방향성을 제시하였다. 신희철 외(2019)는 PM의 확산에 비해 제도가 미흡하여 활성화에 한계가 있다고 주장하였다. 이에 4개의 연구 방법을 토대로 PM의 주행 안전기준을 제시하였다. Tan et al.(2019)은 싱가포르의 PM으로 인한 부상 및 사망률에 대해서 분석하였으며, PM은 모터가 없는 이동장치에 비해 부상의 위험을 3배 증가시켰으며, 입원이 필요한 위험을 2배 증가시켰다고 주장하였다. Qingyu et al.(2020)은 PM이 타 교통수단보다 안전에 관한 연구가 비교적 부족하다고 주장하였다. 다양한 환경에서 운전자의 특성에 초점을 맞춘 분석을 통해 진동, 속도 및 제한된 환경으로 인해 안전 문제가 증가한다고 분석하였다. 한상연 외(2021)는 최근 3년간 발생한 PM 교통사고와 자전거 교통사고를 수집하였다. 이를 토대로 PM과 자전거의 사고 특성 비교분석을 통해 PM의 보행자와 사고 비율이 자전거 사고 비율에 비해 높게 나타났다고 분석하였다. 이러한 분석에 근거하여 PM의 통행 방법에 관한 규정이 추가로 필요하다고 주장하였다.

위와 같은 선행연구 검토를 통해 PM에 관한 대부분의 연구는 주로 PM 운행의 안전과 관련된 문제를 보완하려는 것에 주안점을 맞추어 발표되고 있다. 그러나 신지원 외(2019)는 시민들이 PM을 운행할 때 안전성뿐만 아니라 효율성도 중요한 요인으로 생각하고 있다고 밝혔다. 하지만 이러한 연구는 안전성에 관한 연구에 비해 부족한 것으로 파악된다.

2. 자전거 도로와 관련된 선행연구

PM의 자전거 도로 통행 허용 등 통행 방법과 운전자 주의의무 등을 규정하는 「도로교통법」 및 「자전거 이용 활성화에 관한 법률」 등이 개정되어 시행(20.12.10)되었다. 이에 따라 자전거 도로는 일반 자전거뿐만 아니라 PM도 주행해야 할 도로가 되었다. 하지만 개정 이전부터 자전거 도로의 개선을 요구한 연구들이 있었음에도 자전거 도로와 같은 기반 시설의 실질적인 변화는 크지 않은 것으로 확인되었다. 이러한 이유로 자전거 도로의 개선을 위

한 논의가 계속되고 있으며 이에 관련한 선행연구를 크게 2가지로 나누어 검토하였다.

첫 번째로 PM의 효율적인 이용을 위한 자전거 도로의 개선방안을 제시한 선행연구이다. 지우석 외(2018)는 기존 자전거 도로는 일반 자전거 이용에 초점이 맞추어져 있다고 분석하였다. 따라서 새롭게 진입할 것으로 예상하는 PM의 특성을 고려하여 안정성과 효율성을 개선할 필요가 있다고 주장하였으며 자전거 도로의 정비방안을 제시하였다. 김승호 외(2020)는 PM의 수요는 늘어나는 것에 반해 자전거 도로의 변화는 미흡하다고 주장하였다. 따라서 PM의 사고율을 줄이고 안전한 이용을 위하여 자전거 도로의 환경디자인에 대해 조성방안을 제시하였다. 주혜연 외(2023)는 설문조사를 통해 PM의 자전거 도로 적정통행 속도, 위험성, 적정 이용 나이 등의 문제를 나이를 기준으로 분류하여 분석하였다. 이러한 분석을 통해 자전거 도로의 유형별로 차등을 둔 단속 속도 등과 같은 추가적인 규제방안을 제시하였다.

위와 같은 선행연구들을 검토할 때 PM의 안전과 속도를 위해 자전거 도로를 물리, 제도적으로 개선방안을 제시하는 논문들은 존재한다. 그러나 이러한 개선방안에 뒷받침되어야 할 근거들은 대부분 PM 운행자들의 설문조사와 국내외의 사례조사가 대부분인 것으로 확인되었다. 하지만 이러한 연구방법론은 실제 통행데이터에 기반을 두지 않기 때문에 객관적인 근거가 부족하다고 판단된다. 이러한 상황에서 PM이 아닌 실제 자전거 통행데이터를 이용하여 분석해 자전거 도로 개선을 위한 자료로 활용하고자 하는 연구들은 몇 차례 진행되었다.

두 번째로는 실제 자전거 통행데이터와 같은 실증적인 데이터를 이용하여 자전거 도로의 효율성을 분석해 자전거 도로를 개선하기 위한 지표로서 사용한 선행연구이다. 홍두호 외(2012)는 공공자전거에 장착된 GPS 수신기를 활용해 자전거 주행속도 자료를 산출하였다. 이를 통해 모든 자전거 도로에 적용할 수 있는 구간 단위의 자전거 주행환경을 평가하는 방법론을 제시하였다. 주신혜·오철(2014)은 자전거 이용 활성화를 위해 빠르고 쾌적하며, 안전한 자전거 주행환경을 제공해야 한다고 주장하였다. 이를 위해 개별 자전거 속도자료를 이용하여 도로환경과 운영상황을 반영할 수 있으므로 자전거 도로 평가 시 유의한 변수로 활용 가능하다고 판단하여 분석에 사용하였다. 정창욱(2013)은 자전거 도로 설치에서 실제 이용효율 및 활성화 방안보다 전시행정에 큰 비중을 두고 있는 것으로 파악하였다. 그리하여 실질적인 자전거 도로의 효율성을 12가지 항목을 이용해 정량적으로 측정하여 평가 기준을 제시하였다. Hood et al.(2011)은 자전거 운행자의 스마트폰의 GPS 데이터를 이용해 분석을 진행하여 자전거 운행환경에 대한 투자 효과를 확인하고 모델을 구축하여 제시하였다.

위와 같은 선행연구를 검토하였을 때 자전거의 운행속도와 같은 실증적인 데이터들을 기반으로 자전거 도로의 효율성을 분석하려는 연구는 다수 존재하는 것으로 확인되었다. 그러나 변화한

시대에 따라 자전거와 다른 특징을 가진 PM의 데이터를 이용하여 자전거 도로의 속도를 분석하는 논문은 없는 것으로 확인되었다.

3. 본 연구의 차별점

본 연구의 차별점은 크게 세 가지로 볼 수 있다. PM에 관련한 연구는 대부분 PM의 운행 안전성에 관련하여 분석하고 있는 것을 선행연구를 통해 확인할 수 있었다. 그러나 PM의 운행속도로 대표되는 효율성도 안전성만큼 중요하다고 분석한 선행연구(신지원 외, 2019)도 있으므로, 본 연구는 비교적 많이 연구된 PM의 운행 안정성보다 PM의 여러 가지 효율성 중 정량적인 지표로 분석이 가능한 운행속도에 집중하여 분석을 진행한 것이 본 연구의 첫 번째 차별점이다.

서울시 승용차 통행속도 통계(서울시 기본통계, 2021년 기준)를 확인했을 때, 통근의 목적으로 통행할 때의 시간대인 오전 7시~오전 10시는 통행속도가 다른 시간대에 비해 빠른 것을 확인할 수 있었다. 이처럼 통근을 목적으로 하는 통행은 여가 통행 등 다른 통행 목적보다 통근 시간의 감소를 위해 운행속도를 더욱 중요하게 생각할 것이다. 이에 운행속도를 분석하고자 하는 본 연구의 목적에 따라 통근을 목적으로 하는 PM의 운행을 집중적 분석하였다. 그리고 PM의 운행속도와 자전거 도로의 관계를 분석하기 위하여 관련 법규에 따른 자전거 도로를 대상으로 분석을 진행한 것이 본연구의 두 번째 차별점이다.

PM은 관련법 개정에 따라 “자전거 등”으로 일반 자전거와 법적으로 비슷한 취급을 받으며 자전거 도로의 통행을 원칙으로 하게 되었다. 하지만 다수의 선행연구(지우석 외, 2018; 김승호 외, 2020; 최낙헌·김정화, 2021)를 검토한 바로는 PM이 본격적으로 자전거 도로를 주행하게 되자 여러 문제점이 발생하게 되었으며 이를 해결하기 위해 자전거 도로의 추가적인 법률 및 규정의 개선이 필요하다고 주장하였다. 하지만 이러한 연구의 근거들은 대부분 설문조사와 사례조사를 통한 정성적인 분석인 것으로 파악되어 실증적인 근거가 부족한 것을 확인할 수 있었다. 이에 본 연구는 실제 PM 주행 데이터 중 속도를 중심으로 사용하여 자전거 도로의 유형별로 분석해 정량적인 근거를 도출하였다. 이를 토대로 연구의 목적을 달성한 것이 본 연구의 세 번째 차별점이다.

III. 연구의 흐름 및 기초데이터와 범위

1. 연구의 흐름

본 연구의 흐름은 <Figure 1>과 같이 8단계로 이루어져 있다. 1단계는 연구의 서론과 배경을 통해 목적을 논의하였다. 2단계는 선행연구 검토를 토대로 연구방법론을 설정하였으며, 본 논문의 차이점을 제시하였다. 3단계는 본 논문의 흐름에 대해 논의하고

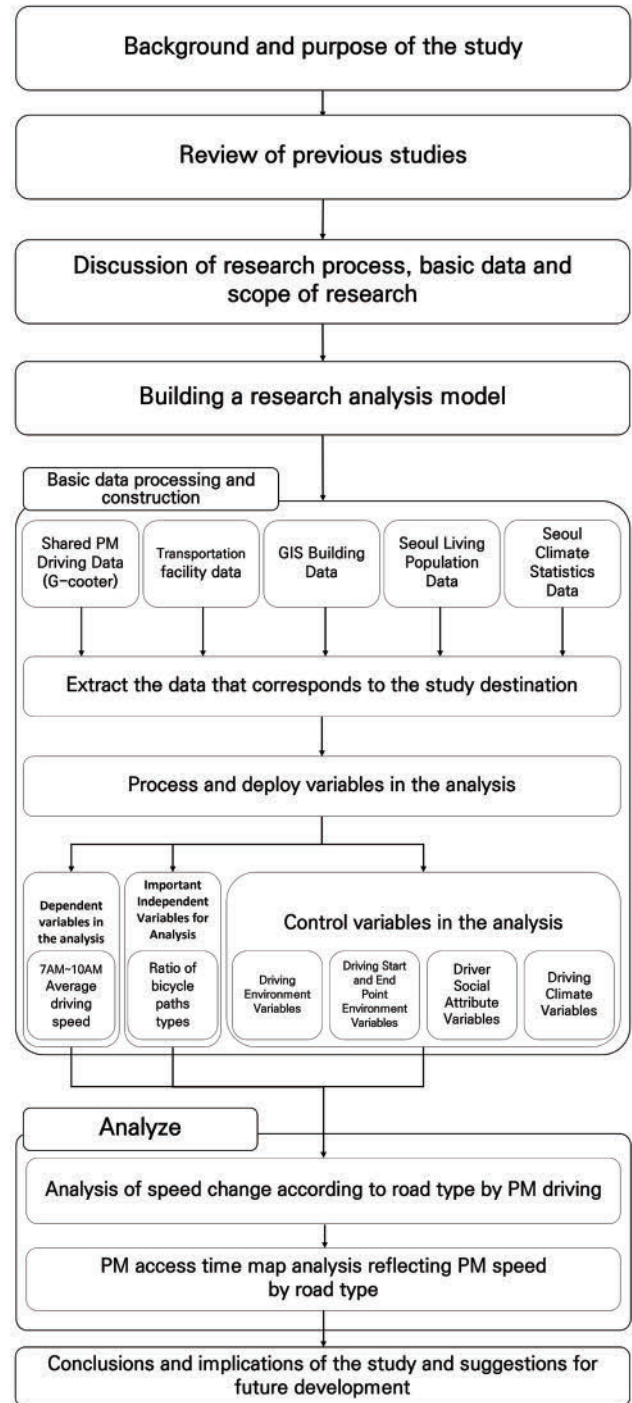


Figure 1. Process of research

연구 범위와 기초데이터를 확인하였다. 4단계는 연구의 분석 방법을 설정하고, 분석 모형을 구축하였다. 5단계는 연구 목적에 맞는 기초데이터들을 수집 후 연구에 적합하게 가공하여 변수들을 구축하였다. 6단계는 구축한 변수들을 이용해 회귀분석을 진행하는 것으로 자전거 도로가 PM에 운행속도에 있어서 어떠한 영향을 미쳤는지 확인하였다. 7단계는 회귀분석을 통해 도출한 계수들을 이용하여 PM 접근 시간 지도를 제작하였다. 이를 통해 자전거 도로가 설치된다면 도달 가능 거리로 확인할 수 있는 속도의 변화를 확인하였다. 마지막 8단계는 6단계, 7단계의 분석을 통한

결과를 토대로 자전거 도로가 PM 운행에 있어서 어떠한 영향을 미쳤는지 확인하였다. 그리고 연구의 결론과 시사점 그리고 향후 발전방안을 끝으로 논문을 마무리하였다.

2. 연구의 기초데이터와 범위

이 연구를 수행할 때 사용한 기초데이터는 크게 5가지로 구분되어 있다. 공유 PM 운행 건수별 통행 경로 데이터, 교통시설 데이터, 건축물 데이터, 생활인구 데이터, 기후통계 데이터이다.

1) 공유 PM 운행 건수별 통행 경로 데이터 (이하 PM 운행 데이터)

본 연구에서는 개개인의 PM 운행 데이터가 아닌 공유 PM의 운행 데이터를 사용하였다. 이러한 데이터를 사용한 이유는 불특정 다수가 이용하는 공유 PM의 특성상 이용자가 편향되지 않으며, 비교적 많은 데이터를 얻을 수 있어 높은 객관성을 가지기 때문이다. 공유 PM 운행 데이터는 국내 공유 PM 시장에서 가장 높은 점유율인 25.6%(2021년 4월 10일 기준)를 가지고 있는 지쿠터에서 제공받은 운행 데이터를 사용했다. 이러한 PM 운행 데이터는 서비스지역 중에서도 지쿠터가 활성화되어 활발하게 이용되는 지역인 강서구와 양천구를 중심으로 데이터를 제공받았으며, 이에 따라 연구의 공간적 범위를 강서구와 양천구로 설정하였다. 또한 2021년 3월 5주차부터 6월 4주차까지의 범위에서 데이터를 제공받을 수 있었으므로 연구의 시간적 범위는 2021년 3월 29일부터 6월 27일까지로 총 90일로 지정하였다. PM 운행 데이터는 PM 운행자의 탑승 건수별로 운행한 경로 선형과 탑승 시·중점의 시간, 좌표, 탑승자의 성별과 생년 등을 속성값으로 포함한 공간 데이터이다. 이와 같은 이유로 PM 운행 데이터가 본 연구의 목적과 잘 맞다고 판단하여 연구의 기초데이터로 사용했다.

2) 교통시설 데이터

교통시설 데이터는 2022년 전국 도로중심선 데이터, 2022년 서울 자전거길 안내지도, 전국 버스정류장 위치정보 데이터, 전국 지하철 출구 정보 데이터, 서울시 교통안전시설물 횡단보도 정보 데이터로 총 5개로 이루어져 있다.

첫 번째 교통시설 데이터는 2022년 전국 도로중심선 데이터(이하 도로중심선 데이터)이다. 도로중심선 데이터는 국토지리정보원이 국가정보 포털에서 공개한 연속 수치지형도 중 2021년에 해당하는 2022년 데이터를 이용하였다. 도로중심선 데이터는 노선별로 15가지의 속성 데이터를 가지고 있는 공간정보 데이터이다. 이 중 도로 중심선형과 도로 폭 속성값을 연구의 기초데이터로 사용하였다.

두 번째 교통시설 데이터는 2022년 서울 자전거길 안내지도(이하 자전거 도로 지도)이다. 자전거 도로 지도는 서울시청에서

2021년에 발행되어 서울특별시의 모든 자전거 도로를 표시한 지도이다. 자전거 도로 지도에는 자전거 이용시설 설치 및 관리 지침(행정안전부·국토교통부, 2020.12.)에 따른 5가지 자전거 도로 유형(Table 1)을 모두 표시하고 있지만, 연구대상지에는 자전거 전용차로가 없으므로 제외하여 총 4가지 자전거 도로 유형을 연구에 사용했다.

세 번째 교통시설 데이터는 전국 버스정류장 위치정보 데이터이다. 전국 버스정류장 위치정보 데이터는 국토교통부에서 국가대중교통정보센터와 연계된 버스정류장 위치정보 등의 속성정보를 기재한 데이터임으로 분석의 범위에 해당하는 버스정류장의 위치 데이터를 분석의 변수에 활용하기 위해 사용하였다.

네 번째 교통시설 데이터는 2021년 전국 지하철 출구 정보 데이터이다. 이 데이터는 산림빅데이터 거래소에서 제공하는 자료로서 전국 지하철 출구 번호와 좌표 등의 속성정보를 기재한 위치정보 데이터임으로 지하철의 출구 데이터를 분석의 변수에 활용하기 위해 사용하였다.

다섯 번째 교통시설 데이터는 서울시 열린데이터 광장에서 제공하고 있는 서울시 교통안전시설물 횡단보도 정보 데이터이다. 서울시의 횡단보도의 위치정보와 기타 속성정보들을 기재한 데이터임으로 분석의 범위에 해당하는 횡단보도의 위치정보를 분석의 변수에 활용하기 위해 사용하였다.

3) GIS 건물통합정보 데이터(이하 건축물 데이터)

GIS 건물통합정보 데이터는 국가정보포털에서 제공하는 국가중점데이터이며, 연속지적도형정보를 기반으로 건물 공간정보와 건축행정시스템(세움터)의 건축물대장 속성정보를 건물 단위로 통합하여 구축한 공간 기반의 건물통합정보 데이터이다. 건물의 29가지 속성정보가 기재되어 있는 데이터임으로 분석의 범위에 해당하는 건물의 좌표와 용도, 층수, 면적 등을 분석의 변수에 활용하기 위해 사용하였다.

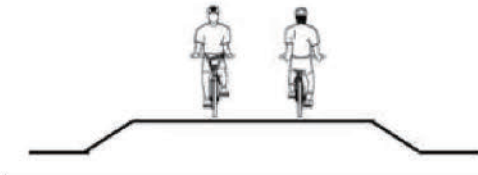
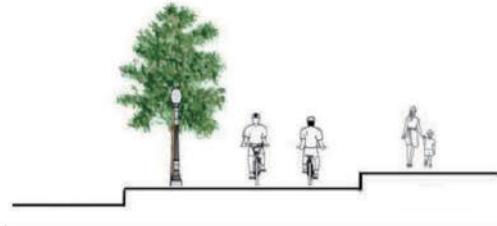
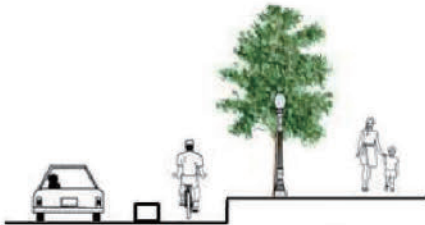
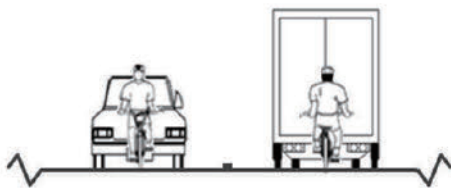


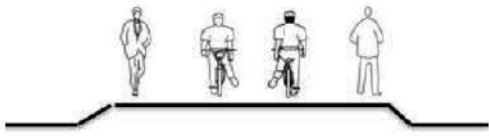
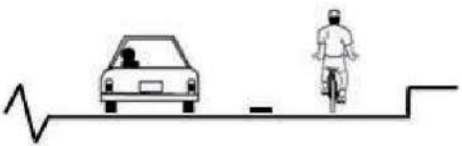
4) 서울시 생활인구 데이터

서울시 생활인구 데이터는 서울 열린데이터 광장에서 제공하는 유동인구 데이터이다. 서울시와 KT가 공공빅데이터와 통신데이터를 이용하여 추계한 서울의 특정 지역, 특정 시점에 존재하는 모든 인구를 말하는 것이며, 분석의 범위에 해당하는 집계구들에 기재된 생활인구를 분석의 변수에 활용하기 위해 사용하였다.

5) 기후통계 데이터

기후통계 데이터는 기상청 기상자료개방포털에서 제공하며 기온, 강수량, 풍속 등을 포함한 20개의 속성정보를 기재한 기상·기후통계 데이터이다. 1시간 및 지역별로 해당 속성의 평균값이 기재되어 있으며, PM에 영향이 있을 것으로 판단되는 기상 데이터들을 분석의 변수에 활용하기 위해 사용하였다.

Table 1. Bicycle paths type

Type	Installation type	Categorization criteria
		Roads installed independently in local areas, parks, rivers, dunes, etc. (stand-alone type)
Bicycle-only paths		Roads installed three-dimensionally separated from general roads in urban areas by curbside, flower beds, guardrails, etc. (walk height type)
		Roads installed separately from roadways in urban areas as separate facilities (driving road height type)
Bicycle-priority lane		A paths on which a bicycle, etc. can travel by utilizing the entire area of an automobile driving road.
		On a paths with a wide road width, a road where bicycles, etc. can travel like a car in the right edge area of the road.
Pedestrian with bicycle paths	Splitting 	A paths installed by separating bicycle, etc. and pedestrian passage space by road markings.
	Non splitting 	Paths installed in rivers, parks, etc. in the form of bicycles, etc. and pedestrians.
Exclusive bicycle lane		A paths separated by installing lanes and road markings on the lane as a passageway for bicycles, etc.

Note: Guidelines for the Installation and Management of Bicycle Facilities, Ministry of Public Administration and Security · Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2020.12.

IV. 분석 모형 구축 및 기초데이터 가공 및 구축

1. 연구의 분석 모형 구축

본 연구의 목적 달성을 위해 자전거 도로의 유형이 PM의 운행 속도에 어떠한 영향을 미쳤는지 분석하였다. 이러한 분석을 위해 아래의 식 (1)과 같이 분석 모형을 구축하였으며, 분석에 활용된 12개의 변수는 다음과 같다.

첫 번째 변수는 오전 7시~10시 공유 PM 통행 건수별 평균 운행속도(이하 7시~10시 통행별 운행속도)이다. 앞서 차별점에서 언급했듯이 통근을 목적으로 하는 통행일수록 운행속도를 중요하게 생각할 것이다. 하지만 본 연구에서 활용하고 있는 PM 운행 데이터에는 통행의 목적이 구분되지 않았기 때문에 통근을 목표로 하는 통행이 주로 이루어지는 오전 7시부터 오전 10시(9시 59분)까지의 통행을 따로 추출하여 이용하였다. 이 변수를 통해 PM의 운행속도를 확인할 수 있으므로 종속변수로 활용하였다.

$$y = \alpha + \sum_{n=1}^4 \beta_n \chi_n + \beta_r \chi_r + \beta_d \chi_d + \beta_p \chi_p + \beta_c \chi_c + \beta_b \chi_b + \beta_s \chi_s + \sum_{n=1}^8 \beta_q \chi_q + \beta_a \chi_a + \beta_g \chi_g + \sum_{n=1}^3 \beta_w \chi_w \quad (1)$$

were, y: 7AM~10AM average speed

α : constant

β : parameter

n: percentage of each road used by PM

1: bicycle-only paths

2: bicycle-priority paths

3: pedestrian with bicycle paths (splitting)

4: pedestrian with bicycle paths (nonsplitting)

r: average road width (ln)

d: riding distance (ln)

p: average population density (person/km²)

c: number of crosswalks

s: distance from the start and end point to the subway (m)

b: distance from the start and end point to the bus stop (m)

q: 25m radius building use area of the starting point of the operating route

1: other area use of building with 25m radius of start point

2: commercial area use of building with 25m radius of start point

3: business area use of building with 25m radius of start point

4: residential area use of building with 25m radius of start point

5: other area use of building with 25m radius of end point

6: commercial area use of building with 25m radius of end point

7: business area use of building with 25m radius of end point

8: residential area use of building with 25m radius of end point

a: driver's age (ln)

g: driver's gender (man 1, woman 0)

w: climate at the time of riding

1: temperature at the time of riding

2: precipitation at the time of riding

3: wind speed at the time of riding

두 번째 변수는 PM 통행별 각 도로의 이용 비율이다. 일반도로, 자전거전용도로, 자전거 우선도로, 자전거보행자점용도로-분리, 자전거보행자점용도로-비분리 총 5개의 도로 유형으로 이루어져 있다. 하지만 회귀 분석상 한 개의 변수가 빠져야 하므로 일반도로를 기준으로 하여 일반도로보다 빨라지는지 느려지는지를 확인할 수 있도록 분석 식을 구축하였다. PM의 주행 중 도로 유형들을 얼마나 이용했는지 확인할 수 있는 자료로 연구의 목표와 직접적인 관계를 가진 중요한 지표이기 때문에 독립변수로 활용하였다.

세 번째 변수는 운행노선별로 이용한 도로의 평균 도로 폭이다. 도로의 폭에 따라서 주행 여건이 다르므로 주행속도에 영향을 미칠 것으로 판단하여 변수를 통제하기 위해 통제변수로 활용하였다.

네 번째 변수는 운행노선별 탑승 거리 변수이다. 운행자별로 운행 거리의 차이가 있으므로 주행속도에 영향을 미칠 것으로 판단하여 변수를 통제하기 위한 통제변수로 활용하였다.

다섯 번째 변수는 운행노선별 평균 인구밀도이다. PM의 운행에 있어 해당 지역에 사람들이 북적인다면 주행속도에 영향을 미칠 것으로 판단하여 변수를 통제하기 위한 통제변수로 활용하였다.

여섯 번째 변수는 운행노선의 횡단보도 개수이다. PM 운행 중

횡단보도를 건너게 된다면 주행속도에 영향을 미칠 것으로 판단하여 변수를 통제하기 위한 통제변수로 활용하였다.

일곱 번째와 여덟 번째 변수인 기·종점에서 버스정류장과 지하철 입구와의 거리 변수이다. 선행연구 등에서 대중교통 이용을 위한 접근수단으로 PM이 많이 이용된다는 것을 확인했다. 이러한 점이 PM 운행속도에 영향을 미칠 것으로 판단하여 변수를 통제하기 위한 통제변수로 활용하였다.

아홉 번째 변수로는 기·종점의 반경 25m 건물용도 면적 데이터이다. 기·종점 인근의 건물 용도 연면적을 분석하는 것을 통해 PM 운행자의 출발 및 목적지를 간접적으로 확인하였으며 이러한 변수가 주행속도에 영향을 미칠 것으로 판단하여 변수를 통제하기 위한 통제변수로 활용하였다.

열 번째 변수는 PM 운행자별 연령이다. 연령에 따라 교통수단의 주행 양상이 다르므로 PM의 주행속도에 영향을 미칠 것으로 판단하여 변수를 통제하기 위한 통제변수로 활용하였다.

열한 번째 변수는 PM 운행자의 성별이다. 남녀 성별에 따라 교통수단의 주행 양상이 다르므로 PM의 주행속도에 영향을 미칠 것으로 판단하여 변수를 통제하기 위한 통제변수로 활용하였다.

열두 번째 변수는 각 운행별 탑승시점의 기온, 강수량, 풍속으로 PM은 가림막 등이 없기에 분명하게 날씨의 영향을 받는 교통수단이다. 따라서 PM 운행속도에 영향을 미칠 것으로 판단하여 변수를 통제하기 위한 통제변수로 활용하였다.

2. 연구의 기초데이터 가공 및 변수 구축

앞서 언급한 기초데이터들을 연구 목적에 맞게 가공하였다. 우선 연구대상지인 강서구와 양천구에 해당하는 PM 운행 데이터와 도로중심선 데이터를 얻기 위해 해당 지역 내의 데이터만 남도록 가공하였다. 결과로 대상지 내 74,887개의 PM 운행 데이터를 7시~10시 통행데이터인 9,198개만 남도록 가공하였으며(Figure 2), 38,662개의 도로중심선 데이터로 가공하였다(Figure 3). 건축물 데이터는 44,311개의 데이터를 추출하여 가공하였으며(Figure 4), 서울시 생활인구 데이터는 2,052개의 데이터를 추출하여 가공하였다(Figure 5).

이렇게 가공한 데이터를 이용해 분석에 사용될 변수들을 다음과 같이 구축하였다. 첫 번째, 종속변수인 통행별 운행속도를 산출하기 위해 PM 운행 데이터에서 통행별 운행경로 선행데이터를 추출하였다. 그리고 탑승 시간과 하차 시간 데이터를 추가로 추출 후 조합하여 통행별 운행속도를 산출하였다. 산출한 운행경로 데이터의 이상치($m-2\sigma \sim m+2\sigma$ 이외)를 제거하고 남은 6,589개의 데이터를 분석에 활용하였다.

두 번째, 독립변수인 PM 운행별로 각 도로의 이용 비율을 산출하기 위해 도로중심선 데이터에 자전거 도로 지도에 기록되어 있는 5가지 도로 유형 정보를 수기로 기재하였다. 그리고 통행별

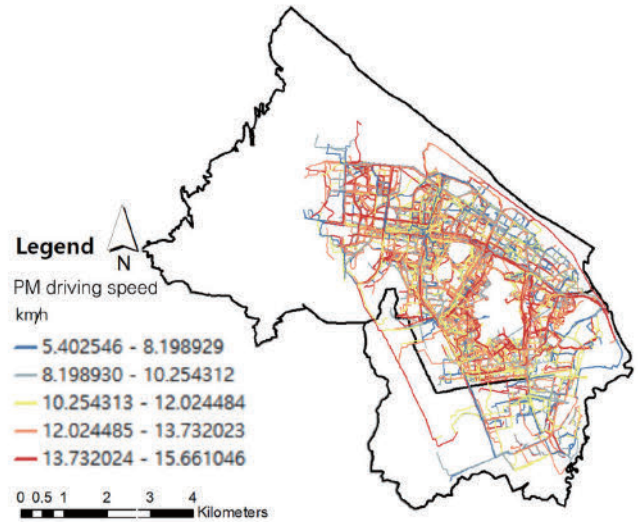


Figure 2. PM driving data in study site AM 7:00~AM 10:00 (speed)

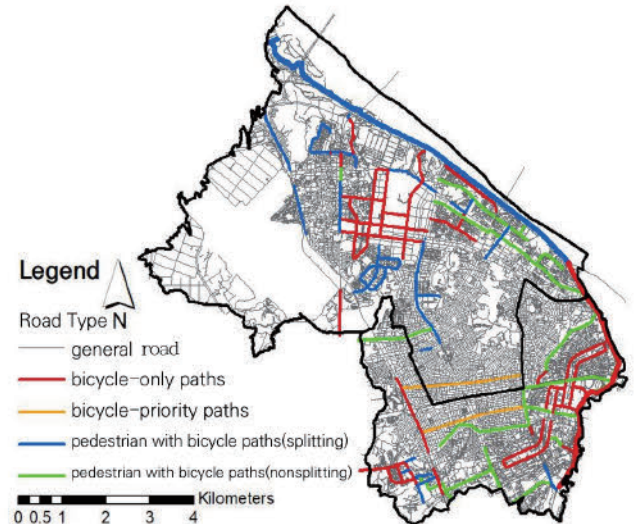


Figure 3. Type of bicycle paths within the study site

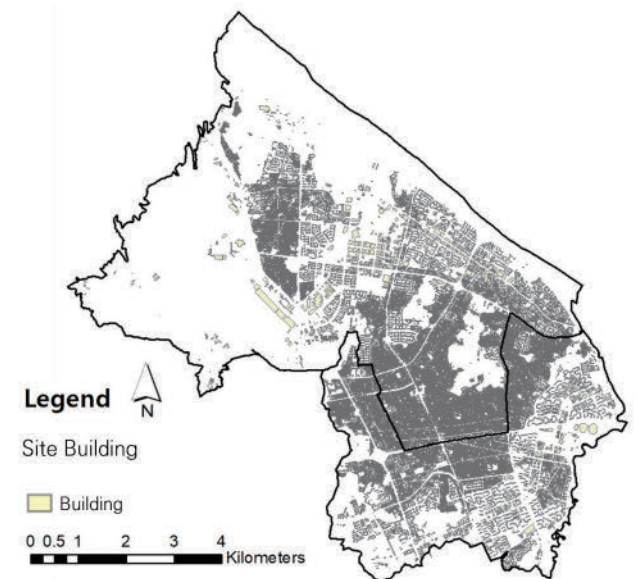


Figure 4. GIS building information data in the study site

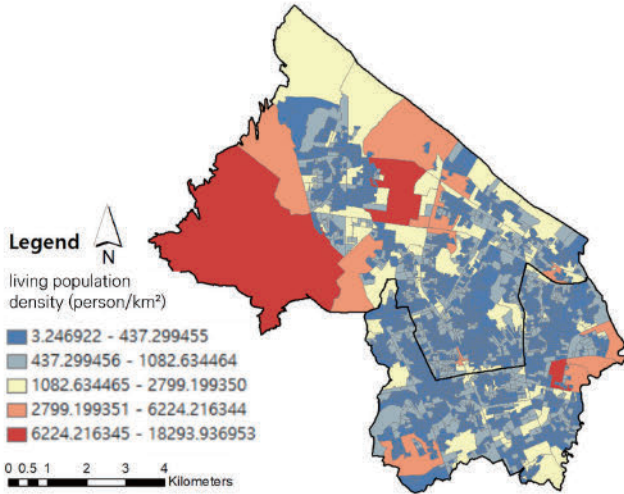


Figure 5. Density of living population in the study site

PM 운행경로 선형데이터와 조합하여 PM 통행별 각 도로의 이용 비율을 산출하여 활용하였다.

세 번째, 통제변수인 운행별로 이용한 도로의 평균 도로 폭을 산출하기 위해 통행별 운행경로 선형데이터와 도로중심선 데이터의 도로 폭 속성값을 추출하였다. 그리고 두 데이터를 조합해 산출하여 각 통행별 이용한 도로의 평균 도로 폭을 산출하였다.

네 번째 통제변수인 운행별 탑승 거리를 산출하기 위해 PM 운행 데이터에서 주행 선형의 길이를 계산하여 구축하였다.

다섯 번째, 통제변수인 운행노선별 인구밀도를 산출하기 위해 서울시 생활인구 데이터에 기재되어있는 집계구들의 생활인구와 면적을 이용해 집계구별 인구밀도를 계산하였고, 통행별 PM 운행경로 선형데이터와 조합하여 PM 운행 선형별로 평균 생활인구를 산출해 구축하였다.

여섯 번째, 통제변수인 운행노선별 횡단보도 개수는 서울시 교통안전시설물 횡단보도 정보 데이터와 통행별 PM 운행경로 선형 데이터를 조합하여 운행 선형이 횡단보도에 걸친 개수를 산정해 구축하였다.

일곱 번째와 여덟 번째 통제변수인 운행노선의 기·종점과 버스 정류장 및 지하철역 입구와의 거리는 PM 운행노선의 기점과 종점의 좌표를 점으로 만들어 그 점과 버스정류장 그리고 지하철역 입구와의 거리를 측정해 구축하였다.

아홉 번째, 통제변수인 운행노선의 기·종점 25m 반경 건물용도 면적은 PM 운행노선의 기종점 좌표를 점으로 만들고 그 점을 기준으로 25m 반경의 원에 걸리는 건축물의 용도별 연면적을 산출해 구축하였다. 건축물의 용도의 구분은 선행연구(이재욱·장성만, 2022)를 참고하여 기타, 상업, 업무, 주거 용도로 구분하였다. 기타용도는 주거, 업무, 상업용도를 제외한 창고, 종교, 교육 용도의 건물들로 설정하였으며, 상업용도는 상업시설의 비율이 가장 높은 제1종 근린생활시설로 설정하였다. 제2종 근린생활시설은 업무시설의 비율이 높으므로 업무용도로 구분하여 설정하

였으며 마지막으로 단독주택과 아파트 등의 주거용 건물들을 주거 용도로 설정하였다. 이렇게 총 4가지의 용도 면적 데이터를 이용하여 기·종점 건축물 용도 면적 데이터를 산출해 구축하였다.

열 번째, 통제변수인 운전자 연령 변수는 PM 운행 데이터의 속성값인 생년을 추출하여 산출하였다.

열한 번째, 통제변수인 성별 변수는 PM 운행 데이터에 기재된 성별을 통해 남성1로 지정하고 여성을 0으로 지정하여 분석에 활용하였다.

열두 번째, 통제변수인 PM 운행별 탑승 시점 기후는 PM 운행 데이터에 기재된 탑승 시간과 지역을 기준으로 1 시간별 온도와 강수량, 풍속 데이터를 추출하여 분석에 활용하였다.

이렇게 구축한 연구의 기초데이터들의 기초 통계량은 <부록 1>에 기재하였다.

V. 분석

1. PM 통행별 도로 유형에 따른 속도 증감 분석

앞서 구축한 분석 모형에 따라 회귀분석을 실시하기 이전에 독립변수들의 잔차의 정규성을 확인하였다. 확인 결과 운전자 나이, 운행노선별 평균 도로 폭, 운행노선별 탑승 거리 변수는 잔차의 정규성을 벗어남을 확인하였다. 그리하여 운전자 나이 변수에 자연로그(ln)를 씌워 잔차의 정규성을 개선 후(부록 2) PM 통행별 속도에 대한 선형 회귀분석을 실시하였다. PM의 운행 평균속도에 대해 25개의 변수가 영향을 미친 정도를 표준화 계수로 확인하였으며, 유의확률의 값이 0.05 이하로 분석되어 유의미하지 않은 값으로 확인된 기점의 25m 반경 건물용도 면적_상업, 강수량, 종점의 25m 반경 건물용도 면적(상업), 종점의 25m 반경 건물용도 면적_주거, 기온, 검용도로(분리)의 운행비율, 기점에서 버스정류장과의 거리, 종점의 25m 반경 건물용도 면적_기타, 기점의 25m 반경 건물용도 면적_주거, 기점의 25m 반경 건물용도 면적(업무) 등 9개의 변수는 제외하고 설명하였다.

PM의 운행 평균속도에 가장 큰 양(+)의 영향을 미친 변수는 운행노선별 탑승 거리(0.327)이며 자전거 전용도로 이용 비율(0.236), 운전자 성별(0.104), 기점에서 지하철 입구와의 거리(0.049), 운전자 연령(0.031), 종점의 25m반경 건물용도 면적_업무(0.03) 순으로 확인되었다. 이는 탑승 거리가 늘어날수록, 자전거 전용도로로 많이 주행할수록, 운전자의 성별이 남자일수록, 기점과 지하철 입구 사이 간의 거리가 멀어질수록, 운전자의 연령이 많을수록, 종점의 25m 반경 내에서 업무 용도로 사용되는 건물의 면적이 넓을수록 PM의 평균 운행속도도 증가한 것으로 분석할 수 있다.

반대로 PM 평균속도에 음(-)의 영향을 가장 크게 미친 변수는 검용도로(비분리)의 이용 비율(-0.239)이며 운행노선별 평균 도

로 폭(-0.203), 운행노선의 횡단보도 개수(-0.096), 종점에서 지하철 입구와의 거리(-0.9), 운행노선별 평균 인구밀도(-0.049), 종점에서 버스정류장과 거리(-0.032), 자전거 우선도로 이용 비율(-0.027), 풍속(-0.026), 기점의 25m 반경 건물용도 면적_기타(-0.022) 순으로 영향을 미친 것을 확인하였다. 이는 비분리된 자전거 겸용도로로 많이 주행할수록, 도로 폭이 클수록, 운행노선의 횡단보도 개수가 많을수록, 종점과 지하철 입구와의 거리가 멀수록, 운행노선의 인구밀도가 높을수록, 종점과 버스정류장의 거리가 멀수록, 자전거 우선도로를 많이 주행할수록, 탑승할 때

의 풍속이 높을수록, 기점의 반경 25m 내에서 기타 용도로 사용되는 건물의 면적이 넓을수록 PM의 평균운행속도는 감소한 것으로 확인되었다(Table 2). 이러한 분석에 대한 해석은 다음과 같이 5개의 항목으로 묶어서 분류해 설명하였다.

1) PM 통행별 각 도로의 이용 비율

PM의 일반도로 주행과 비교하여 분석한 4가지의 자전거 도로 유형이 PM의 운행속도에 어떠한 영향을 미쳤는지 확인하였다. 자전거 전용도로 운행비율이 PM 운행속도에 어떠한 영향을

Table 2. 7AM~10AM linear regression analysis of PM riding speed

Independent variables (Modified R2=0.225)	Unstandardized coefficient		Standardized coefficient	Multicollinearity		p-value
	B	Standard error	beta	Tolerance	VIF	
Constant (7 AM~10 AM average speed)	2.945	0.490				0.000
The rate of bicycle-only paths	1.811	0.127	0.236	0.429	2.332	0.000
The rate of bicycle-priority paths	-3.806	1.569	-0.027	0.970	1.030	0.015
The rate of pedestrian with bicycle paths (splitting)	0.449	0.287	0.018	0.873	1.145	0.118
The rate of pedestrian with bicycle paths (nonsplitting)	-8.957	0.425	-0.239	0.913	1.095	0.000
Average road width (ln)	-0.069	0.005	-0.203	0.469	2.133	0.000
Riding distance (ln)	1.278	0.051	0.327	0.687	1.456	0.000
Average population density (person/km ²)	-0.008	0.002	-0.049	0.735	1.361	0.000
Number of crosswalks	-0.036	0.005	-0.096	0.669	1.496	0.000
Distance from the starting point to the subway (m)	0.000	0.000	0.049	0.712	1.405	0
Distance from the end point to the bus subway (m)	-0.001	0.000	-0.09	0.895	1.117	0
Distance from the starting point to the bus stop (m)	-0.001	0.000	-0.019	0.882	1.134	0.109
Distance from the end point to the bus stop (m)	-0.001	0.000	-0.032	0.920	1.087	0.004
Other area use of building with 25m radius of start point	-3.610E-08	0.000	-0.022	0.972	1.029	0.045
Commercial area use of building with 25m radius of start point	-1.482E-11	0.000	0.000	0.962	1.040	0.999
Business area use of building with 25m radius of start point	1.566E-09	0.000	0.021	0.950	1.052	0.055
Residential area use of building with 25m radius of start point	7.307E-08	0.000	0.019	0.975	1.025	0.077
Other area use of building with 25m radius of end point	2.284E-08	0.000	0.019	0.918	1.089	0.090
Commercial area use of building with 25m radius of end point	2.003E-08	0.000	0.006	0.986	1.014	0.572
Business area use of building with 25m radius of end point	1.262E-08	0.000	0.030	0.959	1.042	0.008
Residential area use of building with 25m radius of end point	1.325E-07	0.000	0.012	0.966	1.035	0.282
Driver's age (ln)	0.266	0.095	0.031	0.952	1.051	0.005
Driver's gender (man 1, woman 0)	0.550	0.058	0.104	0.981	1.020	0.000
Temperature at the time of riding (°C)	0.006	0.005	0.013	0.952	1.050	0.230
Precipitation at the time of riding (mm)	0.027	0.116	0.003	0.988	1.012	0.815
Wind speed at the time of riding (m/s)	-0.066	0.028	-0.026	0.979	1.022	0.018

미쳤는지 확인하였을 때 자전거 전용도로를 많이 주행할수록 속도가 빨라지는 것을 확인할 수 있었다. 이렇게 분석된 이유로는 다른 도로와 입체적으로 분리된 주행환경으로 보인다. 자전거 이용시설 설치 및 관리지침(2020.12.)에서 밝힌 설계속도에 따르면 자전거 전용도로는 자전거 도로 중 가장 빠른 설계속도(30km)로 계획되어 있으므로 연석과 화단, 가드레일 등으로 분리되어 독립적인 통행 공간을 보장받는다. 이와 같은 이유로 PM 주행에 있어서 다른 교통수단의 방해가 가장 덜한 도로이기 때문에 일반도로 주행 비율이 높을 때보다 자전거전용도로의 운행비율이 높을 때 PM의 운행속도가 빨라진 것으로 보인다.

자전거·보행자 겸용도로(비분리) 운행비율이 PM 운행속도에 어떠한 영향을 미쳤는지 확인하였을 때 자전거·보행자 겸용도로(비분리)를 많이 주행할수록 속도가 감소한 것을 확인할 수 있었다. 자전거·보행자 겸용도로(비분리)는 보행자와 자전거 등이 분리되지 않은 한 도로에서 통행하게 되는 도로이기 때문에 PM 운행에 있어 방해받는 상황이 다수 일어날 것이기에 속도의 감소영향이 큰 것으로 보인다. 그리고 자전거·보행자 겸용도로(비분리)는 보도블록으로 포장되어있는 경우가 많다. 이러한 보도블록은 강수 및 기온에 따른 동결융해 등 여러 가지 원인으로 파손과 단차가 발생하여 도로 표면에 요철이 생기기 쉽다(홍상희, 2011). 이렇게 발생한 작은 요철에도 바퀴의 지름이 작은 전동킴보드형 PM은 크게 반응하여 주행성이 쉽게 저하된다(정경옥 외, 2021; 한상연 외, 2021). 보행자와 분리되지 않은 통행 공간과 보도블록 요철로 인한 주행성 감소로 인해 PM의 주행속도 감소가 도로 유형 중 가장 큰 것으로 파악된다. 위와 같은 이유로 PM의 일반도로 주행 비율이 높을 때보다 자전거·보행자 겸용도로(비분리)의 운행비율이 높을 때, PM의 운행속도가 느려진 것으로 보인다.

자전거 우선도로 운행비율이 PM 운행속도에 어떠한 영향을 미쳤는지 확인하였을 때 자전거 우선도로를 많이 주행할수록 속도가 감소한 것을 확인할 수 있었다. 자전거 우선도로는 자전거 등이 자동차 주행차로의 전 영역을 활용하여 주행할 수 있는 도로이거나 우측 가장자리 영역에서 자전거 등이 차량과 병진하는 도로를 말한다. 자전거 우선도로는 차량 이용자들이 자전거 우선도로에 대해 무지한 점과 주행자가 차도 내 주행환경이 안전하지 못하다고 느끼는 점을 문제점으로 가지고 있다(성태엽, 2021). 이러한 문제점 때문에 PM 운행자가 안전을 위하여 운행속도를 낮추어 주행한 것으로 보인다. 위와 같은 이유로 도로 유형 중에서 PM의 일반도로 주행 비율보다 자전거 우선도로의 운행비율이 높을 때, PM의 운행속도가 소폭 느려진 것으로 보인다.

2) PM 통행별 운행환경 특성

PM 통행별 운행환경 특성 변수 중 PM 통행별 평균 도로 폭이 PM의 운행속도에 어떠한 영향을 미쳤는지 확인하였을 때 PM의 통행별로 평균 도로 폭이 넓을수록 속도가 감소한다는 것을 확인

하였다. 이는 큰 도로일수록 다른 교통수단의 속도가 일반적으로 빠르므로 다른 교통수단과 같이 주행하는 PM 운전자가 위험을 느끼거나 속도를 줄여야 하는 상황이 많이 발생하여 PM의 속도가 감소하는 경향을 보인 것으로 파악된다.

PM 통행별 운행환경 특성 변수 중 운행노선별 탑승 거리가 PM의 운행속도에 어떠한 영향을 미쳤는지 확인하였을 때 탑승 거리가 늘어날수록 속도가 증가함을 확인하였다. 일반적으로 탑승 거리가 짧으면 짧을수록 높은 속력을 낼 수 있는 거리가 부족하다는 의미이며, 본 연구의 경우 PM의 평균 운행속도를 종속변수로 이용하고 있기에 최고속도의 제한이 있는 PM의 경우 탑승 길이가 길수록 속력의 평균값을 높이는 것에 유리할 것임으로 탑승 거리가 늘어날수록 PM의 속도가 빨라진 것으로 파악된다.

PM 통행별 운행환경 특성 변수 중 운행노선별 평균 인구밀도가 PM의 운행속도에 어떠한 영향을 미쳤는지 확인하였을 때 운행하는 지역의 평균 인구밀도가 높을수록 속도가 감소하였음을 확인할 수 있었다. 인구밀도가 높으면 일반적으로 가로가 혼잡하므로 PM의 주행에 방해가 되는 요소가 많아져 속도가 감소한 것으로 파악된다.

PM 통행별 운행환경 특성 변수 중 운행노선별 횡단보도 개수가 PM의 운행속도에 어떠한 영향을 미쳤는지 확인하였을 때 운행할 때 횡단보도를 많이 지나가면 속도가 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 횡단보도 대부분에는 신호등이 있으며 신호등이 없는 횡단보도라도 대기시간이 발생할 것이다. 이에 PM도 예외는 아닐 것이며 PM 운행 중에 횡단보도를 많이 지날수록 속도가 감소하는 것은 자연스러운 것이라고 볼 수 있다.

3) PM 통행별 기종점 환경 특성

PM 운행노선의 기점과 종점의 환경 특성 변수들이 PM의 운행속도에 어떠한 영향을 미쳤는지 확인하였다.

PM 통행별 기종점 환경 특성 중 기점과 종점에서 지하철 입구와의 거리 특성이 PM의 운행속도에 어떠한 영향을 미쳤는지 확인하였다. PM 운행자가 지하철역에서 먼 곳에서 운행을 시작할수록 PM의 운행속도가 빨라지고, 지하철역과 가까운 곳에서 운행을 마칠수록 PM의 운행속도가 빨라졌음을 확인할 수 있다. 위와 같은 행태는 선행연구에서 확인할 수 있었던 출발접근(First-Mile Mobility) 용도로 PM을 사용하고 있으므로 이해할 수 있었다. 분석 대상 시간대에서 출발접근 용도로 PM을 이용하는 사람은 대부분 통근을 목적으로 운행하는 사람이며, 속도를 중요하게 생각하여 주행함으로 이러한 결과로 이어졌을 것으로 파악된다.

PM 통행별 기종점 환경 특성 중 종점에서 버스정류장과의 거리 특성이 PM의 운행속도에 어떠한 영향을 미쳤는지 확인하였다. 앞선 종점에서 지하철 입구와의 거리 변수와 유사하게 버스정류장에서 가까운 곳에서 운행을 마칠수록 PM의 운행속도가 빨

라졌음을 확인할 수 있으며, 출발접근 용도로 PM을 사용하고 있음을 확인할 수 있었다. 이에 따라 지하철 입구 변수와 유사한 영향을 받아 속도가 변화했으므로 파악된다. 하지만 지하철 입구 거리 변수와는 다르게 기점에서 버스정류장까지의 거리 변수는 유의미하지 않은 것으로 분석되었다. 이는 버스정류장을 목적으로 하는 PM의 출발접근 용도 활용이 지하철보다 적었기 때문으로 유추되며, 이는 지하철역의 절대적인 개수가 버스정류장보다 적기 때문에 버스정류장 간의 거리는 일반적인 운행자와 비교적 가까울 것이다. 이러한 점 때문에 지하철 입구와의 거리 변수와는 차이점을 보이는 것으로 파악된다.

PM 통행별 기종점 환경 특성 중 기점의 25m 반경 건물용도 면적_기타 특성이 PM의 운행속도에 어떠한 영향을 미쳤는지 확인하였으며, 종점의 25M 반경 건물용도 면적_업무 특성이 PM의 운행속도에 어떠한 영향을 미쳤는지 확인하였다. 기타용도의 건물이 많은 지역에서 탑승을 시작할수록, 업무용도의 건물이 많은 지역에 탑승을 종료할수록 PM의 운행속도가 빨라지는 것을 확인할 수 있었다. 미국의 오스틴을 대상으로 한 선행연구(Caspi et al., 2020)에서 PM 이동패턴을 확인하였을 때 높은 고용률, 중심업무지구와 같은 직장인들과의 관계성이 높다고 주장하였으며, 오전에는 주거지역에서 상업지역, 중심업무지구, 고용센터 등으로 이동하는 패턴을 보인다고 하였다. 이에 따르면 본 연구에서도 주거지역에서 업무, 상업지역으로 이동하는 사람들은 통근 및 출근 목적의 통행으로 인해 속도가 빨라져야 하지만 본 연구 결과와는 차이를 보이는 것을 확인했다. 이렇게 차이를 보이는 이유는 미국과 한국과의 도시환경 및 시민들의 생활양식의 차이로 보인다.

4) PM 운행자의 사회적 특성

PM 운행자의 연령 요인이 PM의 운행속도에 어떠한 영향을 미쳤는지 확인하였다. PM 운행자의 연령이 많을수록 속도가 증가한 것으로 확인하였다. 이렇게 분석된 이유는 본 연구의 분석 대상 시간대를 오전 통근 시간대인 오전 7시~오전 10시로 하였기 때문으로 보인다. 이혁성 외(2019)의 연구에서 설문조사로 확인한 공유 PM 이용자의 평균연령은 30.75세라고 밝혔다. 본 연구에서도 운전자 평균연령이 27.53세 그리고 운전자 연령 중위값이 26세인 것을 기반으로 통계청 경제활동인구를 확인하였을 때, 주로 PM을 이용한 연령대가 포함된 20~29세는 경제활동 참여율이 64.5%이며 나이가 늘어날수록 경제활동 참여율이 30세~39세는 79.5% 40세~49세는 79.7%로 늘어남에 따라 통근 목적을 하는 인구가 늘어날 것이다. 통근을 목적으로 하는 통행은 속도를 더욱 추구하기 때문에 나이가 증가할수록 PM의 이동속도가 빨라짐을 확인할 수 있었다. 앞선 이혁성 외(2019)의 연구에서 50대 이상의 경우 공유 PM을 이용해 본 적이 없는 것으로 확인되는 등 공유 PM을 잘 이용하지 않기 때문에 일반적으로 생각되는 50대 이상

의 고령 운전자의 특징인 속도보다는 안전성을 중요시하는 행동 양상은 PM 운행속도에 영향을 미치지 못한 것으로 확인된다.

PM 운행자의 성별 요인이 PM의 운행속도에 어떠한 영향을 미쳤는지 확인하였다. 분석 결과로 PM 운행자가 여성이 아닌 남성일수록 PM의 운행속도가 빨라짐을 알 수 있었다. 이는 다수의 연구에서 확인할 수 있는 것처럼 일반 차량을 운전할 때, 남성 운전자가 여성 운전자보다 더 자주 과속하며 속도위반에 더 자주 단속되는 것으로 분석되었다(정다운·김홍순, 2008; 박정순 외, 2017). 이와 같은 경향이 PM에서도 이어졌기 때문으로 보인다.

5) PM 탑승 시점 기후 특성

PM 탑승 시점의 기후 종점의 환경 특성 변수들이 PM의 운행속도에 어떠한 영향을 미쳤는지 확인하였다. 분석 결과로는 3가지 요인 중 풍속만이 유의미한 영향을 미친 것으로 분석되었으며, 풍속이 빠를수록 속도가 느려지는 것을 확인하였다. 이는 PM과 유사한 자전거와 풍속의 관계를 생각해볼 때 풍속이 빨라 바람이 강하게 불수록 공기역학적으로 속도가 느려지는 것은 일반적인 사실이다. 하지만 PM은 일반 자전거와 달리 사람의 힘이 아닌 전기모터로 주행하기 때문에 자전거 보다는 운행속도에 영향이 적었던 것으로 보인다.

2. PM의 도로 유형별 속도를 반영한 PM 접근 시간 지도 분석

PM 주행환경을 개선한다면 PM의 통행 거리 및 속도는 어떻게 달라질 것인지 분석하였다. 이를 위해 앞선 분석으로 도출한 도로 유형별 PM 운행속도(비표준화 계수)와 도로 유형이 기재되어 있는 대상지 내 도로중심선 데이터를 이용해 ARCGIS의 Network를 구축하였다(Figure 6).

구축한 Network를 기반으로 안영수 외(2011)의 분석방법론

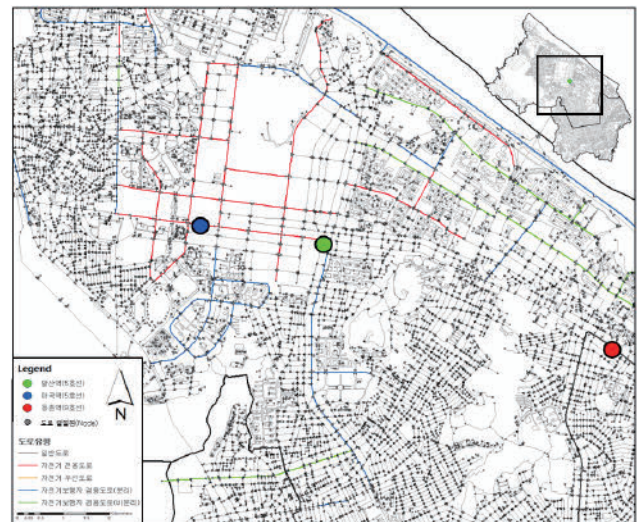


Figure 6. Building PM networks

일부를 인용해 Service Area 분석을 진행하였다. 발산역을 중심점으로 PM의 최대 접근 시간을 10분으로 지정하고, 도로 유형별 PM 운행속도를 입력하여 한계 경로(iso-route)를 산출하였다. 이를 통해 불규칙 삼각망(TIN)으로 이루어진 다각형을 생성하여 PM 접근 시간 지도(Figure 7)를 제작하였다.

분석의 중심점을 발산역으로 지정한 이유는 연구대상지의 중심에 위치하고 있을 뿐만 아니라 발산역을 기준으로 서쪽인 마곡역 방면과 우측인 등촌역 방면이 서로 도로의 구성 유형에 있어 차이를 보이기 때문에 양방향에 대한 비교분석이 용이할 것으로 판단하여 해당 역을 중심으로 지정하였다. 운행 가능 거리의 기준을 10분으로 지정한 것은 연구의 대상인 전동킴보드형 PM의 평균 이용 시간에 대한 조사의 부재로 같은 PM의 종류인 전기자전거 운영사업체(이레클)에서 밝힌 평균 운용 시간 10분을 기준으로 PM 접근 시간 지도를 제작하였다.

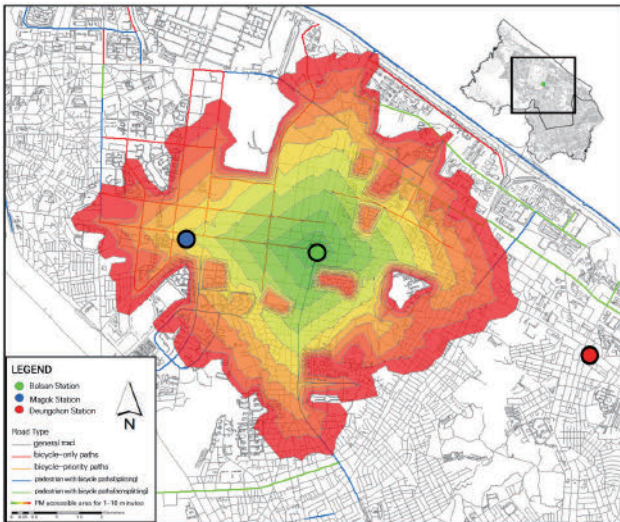


Figure 7. PM access time Map for 10 minutes before improvement (A)

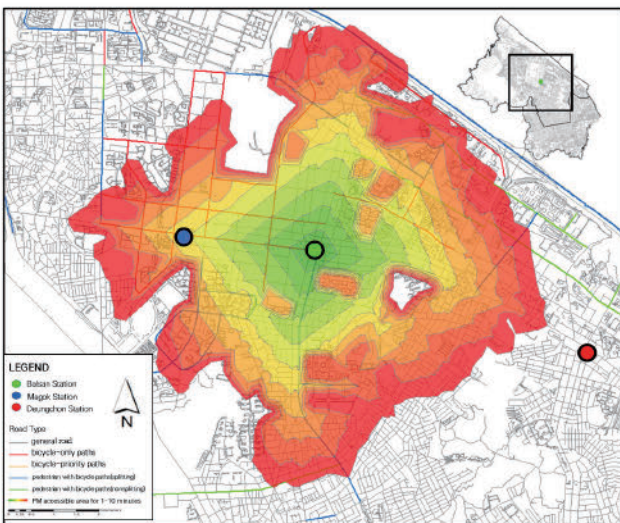


Figure 8. PM access time map for 10 minutes after improvement (B)

이렇게 제작한 PM 접근 시간 지도는 10분간 접근이 가능한 면적은 7,471,234.36㎡로 나타났다(Figure 8). 그리고 PM 주회환 경을 개선에 따른 PM 운행속도의 비교분석을 위해 대상지의 모든 도로를 이전 회귀분석에서 가장 빠르다고 분석된 자전거 전용도로로 개선했을 때의 개선 후 PM 접근 시간 지도를 제작하였다. 개선 후 PM 접근 시간 지도의 10분간 접근할 수 있는 면적은 9,034,552.97㎡로 나타났다(Figure 7). 두 지도의 10분간 접근 가능 면적을 비교하였을 때 작게는 20.62%의 차이가 났으며, 크게는 26.99%까지 차이가 발생하였다(Figure 9, Table 3).

VI. 결론

본 연구는 자전거 도로가 PM의 운행에 있어서 얼마나 효율적인지를 정량적인 지표로 분석이 가능한 운행속도에 집중하여 분

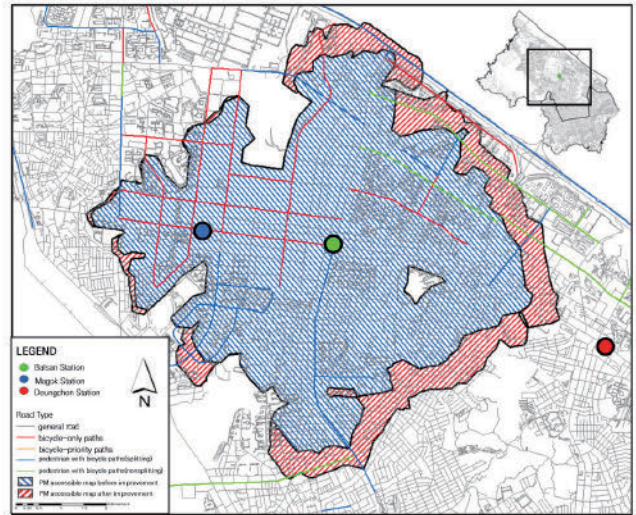


Figure 9. Comparison before and after PM access time map for 10 minutes

Table 3. Reachable area difference by PM access time map (m²)

Access time	Accessible area before improvement (A)	Accessible area after improvement (B)	Difference of accessible area before and after improvement ((B-A)/B%)
1 minute	76,943.77	94,645.58	23.01%
2 minute	284,819.34	353,968.54	24.28%
3 minute	632,496.25	762,923.23	20.62%
4 minute	1,094,725.20	1,336,647.52	22.10%
5 minute	1,707,202.70	2,079,865.41	21.83%
6 minute	2,390,239.19	2,954,359.71	23.60%
7 minute	3,240,565.33	4,115,320.11	26.99%
8 minute	4,323,682.47	5,384,030.91	24.52%
9 minute	5,617,425.34	6,913,959.35	23.08%
10 minute	7,471,234.36	9,294,898.78	24.41%

석하는 것이 연구의 목적이며, 이를 해결하기 위해 두 개의 연구 세부 내용을 제시하였다. 첫 번째, 도로의 유형이 PM의 운행속도에 어떠한 영향을 미쳤는지 분석하였다. 이를 위해 분석 모형을 구축 후 회귀분석을 실시해 다음과 같은 결과를 도출하였으며 유의확률이 0.05 이상인 9개의 변수를 제외하였다.

PM의 운행 평균속도의 증가에 영향을 미친 요인은 운행노선별 탑승 거리 > 자전거 전용도로의 운행비용 > 운행자 성별 > 기점에서 지하철 입구와의 거리 > 운행자 연령 > 종점의 25m 반경 건물용도_업무 순으로 분석되었다. 반대로 PM 평균속도의 감소에 영향을 미친 요인은 겸용도로(비분리)의 운행비용 > 운행별 평균 도로 폭 > 운행노선의 횡단보도 개수 > 종점에서 지하철 입구와의 거리 > 운행노선별 평균 인구밀도 > 종점에서 버스정류장과와의 거리 > 자전거 우선도로의 운행비용 > 탑승 시점의 풍속 > 기점의 25m 반경 건물용도_기타 순으로 분석되었다.

두 번째 연구의 세부 내용은 PM 주행환경을 개선한다면 PM의 통행 거리 및 속도가 어떻게 달라질 것인지 분석하는 것이다. 이를 위해 앞선 분석으로 도출한 현재 도로의 유형별 비표준화 계수를 이용해 발산역을 중심으로 10분간 PM 접근 시간 지도를 제작하였다. 그리고 대상지의 모든 도로를 회귀분석에서 가장 빠르다고 확인된 자전거 전용도로로 개선했을 때의 개선 후 10분간 PM 접근 시간 지도를 추가로 제작하여 PM 주행환경을 개선에 따른 PM 운행속도의 비교분석을 시행해 다음과 같은 결과를 도출하였다. 개선 전 10분간 PM 접근 시간 지도와 개선 후 10분간 PM 접근 가능 지도의 접근 가능 면적을 비교하였을 때 작게는 20.62% 차이가 났으며, 크게는 26.99%까지 차이가 발생한 것으로 분석되었다.

이러한 연구 결과를 바탕으로 본 시사점은 다음과 같다. 첫째, 본 연구의 결과를 통해 PM의 주행에 있어 자전거 전용도로가 일반도로보다 평균적으로 운행속도가 빠르다는 상식적인 사실을 정량적인 분석을 통해 실증적으로 확인했다는 것에 의의가 있다. 이는 PM의 자전거 도로 주행 필요성의 근거가 될 것이며, 이를 토대로 시민들의 바람직한 PM 이용문화의 확산에 도움이 되어 PM 운행자와 시민들의 갈등을 줄이는 것에 도움이 될 것이다. 더 나아가 PM의 자전거 도로 주행 의무가 잘 정착된다면 타 교통수단과 분리되어 주행하게 되는 것임으로 사고를 줄여 안전성 향상에도 도움이 될 것으로 보인다. 추가로 자전거 전용도로 이외의 3가지 자전거 도로 유형은 일반도로보다 속도가 느리거나 확실하게 확인할 수 없으므로 자전거 도로를 추가로 건설하게 되거나 신도시의 자전거 도로를 계획할 때 자전거 전용도로를 우선시하여 설치하여야 함을 확인했으며, PM의 운행속도를 조절하여야 하는 지역에서는 운행속도가 낮아지는 자전거 도로를 배치하는 것으로 PM의 속도를 조정할 수 있을 것이다.

둘째, 운행환경, 출발점 및 도착점 환경, 운행자의 사회적 요인과 기후 등 여러 가지 조건에 따라 PM의 주행속도에 서로 다른

영향을 미쳤다. 이러한 결과와 같이 PM의 주행에 영향을 미치는 요소들에 대해 충분한 이해를 통하여 공유 PM 서비스를 제공하게 된다면, 연구의 핵심 결론과 더불어 올바른 PM 이용문화를 만드는 것에 도움이 될 것이다.

마지막으로 실제로 자전거 도로를 설치하기 이전, 본 연구의 PM 접근 시간 지도 분석을 이용하면 자전거 도로의 개선 효과를 미리 확인할 수 있을 것이다. 이러한 분석을 토대로 출발접근(First-Mile Mobility)과 도착접근(Last-Mile Mobility) 서비스를 주로 제공하는 PM과 지하철 및 버스정류장의 실시간 도착 정보 시스템을 연계하는 지도 시스템을 구축한다면 불필요한 통행 수단 대기시간과 차 외 통행시간을 줄여 통근 시간을 줄일 수 있을 것이다.

본 연구의 한계점과 향후 연구방안은 다음과 같다. 첫째, 연구의 대상을 서울시 강서구와 양천구 두 개의 구로만 진행한 점이다. 이는 구득 데이터의 한계 때문에 다른 구나 시에 대한 비교와 분석 없이 해당 대상지에 한정되어 분석하였다. 추후 더 넓은 지역을 분석하여 지역별로 변화하는 PM 운행속도에 대한 분석과 해당 대상지에 없는 자전거 전용차로에 대한 추가적인 분석을 진행하는 것이 필요하다.

둘째, PM은 근래에 생겨난 새로운 교통수단으로 최근 연구가 많이 진행되어가고 있지만, 타 교통수단에 비해 부족한 실정이다. 이에 따라 PM의 주행속도에 영향을 주는 여러 가지 요인들을 타 교통수단에 비해 찾기 어려움에 따라 본 연구의 분석에 활용된 변수선정에 어려움이 있었다. 그리고 PM만의 특성을 확인할 연구가 부족하므로 다른 교통수단의 연구를 인용하거나 일반적인 사항으로 분석 결과를 경향적인 측면으로 해석한 부분이 있다. 추후 PM의 특성에 관한 연구가 많이 진행되었을 때 더욱 정확한 해석이 가능할 것이다.

마지막으로 본 연구는 지쿠터의 공유 PM에 장착된 GPS 신호를 통해 PM의 주행 경로를 확인하였다. 이 때문에 GPS의 단점인 위치가 튀는 현상(이진한, 2020)이 구득한 데이터에도 다수 존재하였다. 이러한 문제를 해결하기 위해 이상치 제거를 수행했음에도 모두 제거할 수 없었다. 또한 현행법상(도로교통법, 2020년 12월 시행) PM의 보도 통행은 불가하다고 규정되어있지만, 보도로 주행한 데이터들이 다수 존재하였으며 이를 분리하여 분석할 수 없었다. 이러한 점들이 본 연구의 회귀분석에서 설명력에 영향을 미쳐 비교적 낮게 도출되었다고 볼 수 있다. 차후 기술적 문제를 해결한 정확한 위치정보 데이터를 이용하여 더욱 효율적인 방법론의 분석을 진행한다면 더욱 정확한 결과를 확인할 수 있을 것이다.

인용문헌 References

1. 김승호·김수홍·김주연, 2020. "개인형 이동수단의 자전거 도로 사용을 위한 도로환경디자인에 관한 연구", 「한국공간디자인학회 논문집」, 15(3): 149-160.
Kim, S.H., Kim, S.H., and Kim, J.Y., 2020. "A Study on the Road Environment Design for the Use of Personal Mobility on Bicycle Roads", *Journal of Korean Institute of Spatial Design*, 15(3): 149-160.
2. 김아름·김민정·우보람·정대한·김희경, 2020. "마이크로 모빌리티 (Micro mobility) 를 이용한 부산광역시 대중교통 서비스 개선에 관한 연구", 대한교통학회 제83회 학술발표회, 강릉: 세이 트즌스호텔, 363-368.
Kim, A.R., Kim, M.J., Woo, B.R., Jeong, D.H., and Kim, H.K., 2020. "Improvement of Public Transit Service Using Micro Mobility Modes in Busan Metropolitan Area", paper presented at the KOR-KST Conference, Gangneung: St. John's Hotel, 363-368.
3. 김아름·김희경, 2021. "경사를 고려한 마이크로 모빌리티 수단의 통행시간 산정 알고리즘의 개발과 실증", 「대한교통학회지」, 39(3): 357-368.
Kim, A.R. and Kim, H.K., 2021. "Development and Demonstration of a Slope-Dependant Travel Time Estimation Algorithm of Micro-Mobility Modes", *Journal of Korean Society of Transportation*, 39(3): 357-368.
4. 박정순·오주택·조규철, 2017. "신호교차로의 과속운전자 특성 및 심각도 분석", 「대한교통학회지」, 35(1): 11-24.
Park, J.S., Oh, J.T., and Cho, K.C., 2017. "Severity and Characteristics of Speeding Offenders at Signalized Intersection", *Journal of Korean Society of Transportation*, 35(1): 11-24.
5. 성태영, 2021. "자전거 우선도로 이용자 만족도 분석 및 개선방안 도출에 관한 연구", 석사학위논문 서울시립대학교 대학원.
Seong, T.Y., 2021. "A Study on the Analysis of User Satisfaction and Improvement Plan of Bicycle Priority Road", Master's Thesis, Graduate School, Myongji University.
6. 신재용, 2020. "거리의 무법자 전동킥보드, 이대로 괜찮나!", 「월간교통」, 57-61.
Shin, J.Y., 2020. "Outlaws on the Street Electric Kickboard, is This Okay?", *Monthly KOTI Magazine on Transport*, 57-61.
7. 신지원·이경준·박동건·정세준·윤명환, 2019. "사용자 경험 기반 개인용 이동 수단 연구 현황 분석 및 전망", 「한국경영과학회 학술대회논문집」, 4728-4740.
Shin, J.W., Lee, K.J., Park, D.G., Jeong, S.J., and Yoon, M.H., 2019. "A Systematic Analysis of Personal Mobility Vehicle: User Experience Perspective", *Journal of The Korean Operations Research and Management Science Society*, 4728-4740.
8. 신희철·정경옥·이재용·박성용·이동윤, 2019. 「개인형 이동수단 활성화 및 안전에 관한 연구」, 한국교통연구원.
Shin, H.C., Jung, K.O., Park, S.Y., and Lee, D.Y., 2020. *A Study on Improving Legislation for Promoting Utilization of Personal Mobility and its Safety Management*, Korea Transport Institute.
9. 안영수·장성만·이승일, 2011. "최적경로 알고리즘을 이용한 지하철역 보행 및 자전거 접근시간 지도 제작과 적용 연구", 「서울도시연구」, 12(3): 129-140.
An, Y.S., Jang, S.M., and Lee, S.I., 2011. "A Study on the Map of Walk-and Bicycle-Access Time to Subway Station Using a Shortest-part Algorithm for Gangnam Area of Seoul", *Seoul Studies*, 12(3): 129-140.
10. 어양숙·변병설, 2022. "자전거 도로의 실태분석과 계획적 함의", 2022년 한국환경정책학회 춘계학술대회, 서울: 서울대학교
Eo, Y.S. and Byun, B.S., 2022. "Analysis of the Actual Condition of Bicycle Paths and Their Implications", paper presented at 2022 Korea Environmental Policy and Administration Society Conference, Seoul: Seoul National University.
11. 이수일·김승현·김태호, 2018. "개인형 이동수단(PM)의 사고특성 분석", 「교통기술과정책」, 53-67.
Lee, S.I., Kim, S.H., and Kim, T.H., 2018. "Accident Analysis of Personal Mobility", *Transportation Technology and Policy*, 53-67.
12. 이윤영·차운아, 2023. "수도권 근로자의 통근시간이 삶의 만족도에 미치는 영향: 시간부족감과 피로감의 조절된 매개효과", 「사회과학연구」, 62(1): 213-242.
Lee, Y.Y. and Cha, O.A., 2023. "Metropolitan Workers' Commuting Time and Life Satisfaction: A Moderated Mediation Model of Perception of Time Inadequacy and Fatigue", *Journal of Social Science*, 62(1): 213-242.
13. 이재욱·장성만, 2022. "An Effect of Land Use Characteristics and Policy Changes on Shared Personal Mobility Use", 「국토계획」, 57(2): 153-167.
Lee, J.W. and Jang, S.M., 2022. "An Effect of Land Use Characteristics and Policy Changes on Shared Personal Mobility Use", *Journal of Korea Planning Association*, 57(2): 153-167.
14. 이형성·백광호·정진혁·김진희, 2019. "스마트 퍼스널 모빌리티 공유 서비스 이용자 특성에 관한 연구: 전동 킥보드 공유 서비스를 예시로", 대한교통학회 제81회 학술발표회, 여수엑스포컨벤션센터, 462-463.
Lee, H.S., Baek, K.H., Jung, J.H., and Kim, J.H., 2019. "User's Behaviors of Smart Personal Mobility Sharing Services: Empirical Evidence from Electric Scooter Sharing Service", paper presented at the KOR-KST Conference, Yeosu Expo Convention Center, 462-463.
15. 이현애·정남호·구철모, 2022. "서울 스마트관광 콘텐츠의 경제적 파급효과 분석: RAS(양비례조정법)를 활용하여", 「경영학연구」, 51(4): 931-956.
Lee, H.A., Chung, N.H., Koo, C.M., 2022. "Evaluating the Economic Effects of Seoul Smart Tourism Contents by Using RAS Method", *Korean Management Review*, 51(4): 931-956.
16. 임규철, 2021. "도로교통법상 개인형 이동장치에 대한 개선방향에 있어서의 비판적 연구", 「비교법연구」, 21(1): 343-375.
Lim, G.C., 2021. "A Critical Study on the Improvement of Personal Mobility Devices in Road Traffic Act", *The Journal of Comparative Law*, 21(1): 343-375.
17. 정경옥·이재용·이동윤, 2021. "스마트기기를 이용한 개인형 이동수단 빅데이터 구축과 활용: 자전거 도로 노면상태 자료 구축과 활용을 중심으로", 한국교통연구원 기본연구보고서, 1-186.
Jung, K.O., Lee, J.Y., and Lee, D.Y., 2021. *Utilization of Personal Mobility Big Data Collected by Smart Device*, Basic Research

- Korea Transport Institute, 1-186.
18. 정다운·김홍순, 2008. “운전자 특성에 따른 교통위반행태 분석”, 『서울도시연구』, 9(3): 119-131.
Jeong, D.W. and Kim, H.S., 2008. “An Analysis of the Traffic Offense Behavior by Drivers’ Characteristics”, *Seoul Studies*, 9(3): 119-131.
 19. 정창욱, 2013. “자전거 도로 이용요인 분석 및 평가지표 개발”, 석사학위논문 명지대학교 대학원.
Jung, C.W., 2013. “Analysis on the Factors of Bikeway Use with AHP Analysis”, Master’s Thesis, Graduate School, Myongji University.
 20. 조항훈·노한승·유호찬·강지은·정지은·김홍순, 2021. “전동킥보드 이용행태 및 안전에 관한 연구 -전동킥보드 소유자에 대한 설문을 중심으로-”, 『국토지리학회지』, 55(1): 43-55.
Jo, H.H., Noh, H.S., Yoo, H.C., Kang, J.E., Jung, J.E., and Kim, H.S., 2021. “A Study on the Use Behavior and Safety of Electric Scooters - Focused on the Survey of E-Scooter Owners -”, *The Korean Association of Professional Geographers*, 55(1): 43-55.
 21. 주신혜·오철, 2014. “공공자전거 GPS 속도데이터를 활용한 자전거 주행환경 분류”, 대한교통학회 제71회 학술발표회, 김천: 교통안전공단, 59.
Joo, S.H. and Oh, C., 2014. “Classification of Bicycle Driving Environment using GPS Speed Data for Public Bicycles”, paper presented at the KOR-KST Conference, Gimcheon: Korea Transportation Safety Authority, 59.
 22. 주혜연·최낙현·김정화, 2023. “기상환경과 생활권 특성에 따른 PM의 대중교통 연계 영향권 산출 연구”, 대한교통학회 제88회 학술발표회, 한국과학기술회관, 35.
Joo, H.Y., Choi, N.H., and Kim, J.H., 2023. “Calculation Study of Public Transportation Cooperation Influence Area of PM based on Weather Environment and Living Area Characteristics”, paper presented at the KOR-KST Conference, Seoul: The Korea Science Technology Center, 35.
 23. 지우석·박경철·윤정은, 2018. 「개인형 이동수단 이용 증가에 따른 자전거 도로 개선방안」, 경기연구원, 1-81.
Ji, W.S., Park, K.C., and Yoon, J.E., 2018. *Bicycle Lane Enhancement Measures for Increasing Use of Personal Mobilities*, Gyeonggi Research Institute, 1-81.
 24. 최낙현·김정화, 2021. “개인형 이동수단에 관한 법·제도 개선방안 연구: 연령별 차이를 중심으로”, 『대한토목학회논문집』, 41(5): 543-550.
Choi, N.H. and Kim, J.H., 2021. “A Comparative Study on the Perceptions towards Personal Mobility Vehicle between Adults and Minors”, *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, 41(5): 543-550.
 25. 최민정, 2020. “퍼스널 모빌리티(Personal Mobility ; PM)의 공공 셰어링 시스템 디자인에 대한 사례연구”, 석사학위논문 동아대학교 대학원.
Choi, M.J., 2020. “A Study of on the Public Sharing Foundation of Personal Mobility”, Master’s Thesis, Dong-A University.
 26. 최혜정·장성만, 2022. “대중교통 이용률을 높이기 위한 공유 전동킥보드의 수요 주도형 배분 방법 연구”, 『한국지적정보학회지』, 24(1): 126-137.
 - Choi, H.J. and Jang, S.M., 2022. “A Study on the Demand-Driven Layout Method of Shared Personal Mobility to Increase Public Transportation Utilization”, *Journal of the Korean Cadastre Information Association*, 24(1): 126-137.
 27. 한상연·이철기·윤일수·윤여일·나재필, 2021. “PM (Personal Mobility) 교통사고 특성 및 사망사고 발생 요인 분석”, 『한국 ITS학회 논문지』, 20(1): 100-118.
Han, S.Y., Lee, C.K., Yun, I.S., Yoon, Y.I., and Na, J.P., 2021. “Analysis of PM (Personal Mobility) Traffic Accident Characteristics and Cause of Death”, *The Journal of the Korea Institute of Intelligent Transportation Systems*, 20(1): 100-118.
 28. 홍두호·길은지·김수진·주신혜·오철, 2012. “GPS프로브 자전거 주행속도를 이용한 자전거 주행환경 평가방법론”, 『한국도로학회논문집』, 14(2): 73-81.
Hong, D.H., Kil, E.J., Kim, S.J., Joo, S.H., and Oh, C., 2012. “Methodology for Evaluating Cycling Environment using GPS-based Probe Bicycle Speed Data”, *International Journal of Highway Engineering*, 14(2): 73-81.
 29. 홍상희, 2011. “보도용 블록”, 『건설안전기술』, 52: 42-47.
Hong, S.H., 2011. “A Sidewalk Block”, *Journal of the Korean Construction Safety Engineers Association*, 52: 42-47.
 30. Caspi, O., Smart, M.J., and Noland, R.B., 2020. “Spatial Associations of Dockless Shared E-scooter Usage”, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 86: 102396.
 31. Hood, J., Sall, E., and Charlton, B., 2011. “A GPS-based Bicycle Route Choice Model for San Francisco, California”, *Transportation Letters The International Journal of Transportation Research* 3(1):63-75
 32. Qingyu, M., Yang, H., Mayhue, A., Sun, Y., Huang, Z., and Ma, Y., 2020. “E-Scooter Safety: The Riding Risk Analysis based on Mobile Sensing Data”, *Accident Analysis & Prevention*, 151: 105954.
 33. Tan, A.L., Trauma Coordinators and Trauma Service Representatives, Nadkarni, N., and Wong, T.H., 2019. “The Price of Personal Mobility: Burden of Injury and Mortality from Personal Mobility Devices in Singapore - A Nationwide Cohort Study”, *BMC Public Health*, 19: 880.
 34. Ulrich, K., 2005. “Estimating the Technology Frontier for Personal Electric Vehicles”, *Transp Res C Emerg Technol*, 13(5-6): 448-462
 35. 국토지리정보원, “연속수치지형도 도로중심선 데이터”, 2022. 8. 23. 읽음. <http://data.nsd.gov.kr/dataset/20180927ds0062>
National Geographic Information Institute, “Continuous Numerical Terrain Map, Road Centerline Data”, Accessed August 23, 2022. <http://data.nsd.gov.kr/dataset/20180927ds0062>
 36. 서울 열린데이터 광장, “서울시 승용차 통행속도 (시간대별) 통계”, 2023. 1. 5. 읽음. <https://data.seoul.go.kr/dataList/265/S/2/datasetView.do>
Seoul Open Data Plaza, “Seoul Passenger Car Traffic Speed (by Time Zone) Statistics”, Accessed January 5, 2023. <https://data.seoul.go.kr/dataList/265/S/2/datasetView.do>
 37. 서울특별시 자전거정책과 자전거 도로사업팀, “2022 서울시 자전거

거길 안내지도”, 2022. 8. 23. 읽음. <https://news.seoul.go.kr/traffic/archives/507016>
 Seoul City Hall Bicycle Policy Division, Bicycle Road Project Team, “2022 Seoul Bicycle Path Guide Map”, Accessed August 23, 2022. <https://news.seoul.go.kr/traffic/archives/507016>

38. 이진한, 2020. “측위 기술의 양대산맥 GPS와 GLONASS”, Techworld Online News, 2023. 1. 5. 읽음. <https://www.epnc.co.kr/news/articleView.html?idxno=94150>
 Lee, G.H., 2020. “GPS and GLONASS, the Two Great Masters of Location Determination Technology”, Techworld Online News, Accessed January 5, 2023. <https://www.epnc.co.kr/news/articleView.html?idxno=94150>

39. 한국소비자원, 2021. “전동킥보드 공유서비스 안전실태조사”, 2023. 1. 5. 읽음. www.kca.go.kr/smartconsumer/sub.do?menukey=7301&W-mode=view&no=1003197854&page=9
 Korea Consumer Agency, 2021. “Safety Survey on Electric Kickboard Sharing Service”, Accessed January 5, 2023. <https://www.kca.go.kr/smartconsumer/sub.do?menukey=7301&W-mode=view&no=1003197854&page=9>

40. 행정안전부·국토교통부, “자전거 이용시설 설치와 관리 지침, 2020.12.9. 개정”, 2023. 1. 5. 읽음. https://www.mois.go.kr/frt/bbs/type001/commonW-SelectBoardArticle.do;jsessionid=nYbz48A31tGiND1fW-dIZpLkal.node10?bbsId=BB-SMSTR_00000000018&ntW-tId=81669
 Ministry of the Interior and Safe & Ministry of Land Infrastructure and Transport, “Guidelines for Installation and Management of Bicycle Facilities, December 9, 2020 Revision”, Accessed January 5, 2023. https://www.mois.go.kr/frt/bbs/type001/commonW-SelectBoardArticle.do;jsessionid=nYbz48A31tGiND1fW-dIZpLkal.node10?bbsId=BB-SMSTR_00000000018&ntW-tId=81669

Date Received 2023-02-07
 Reviewed(1st) 2023-05-30
 Date Revised 2023-07-18
 Reviewed(2nd) 2023-08-07
 Date Accepted 2023-08-07
 Final Received 2023-09-19

부록 Appendix

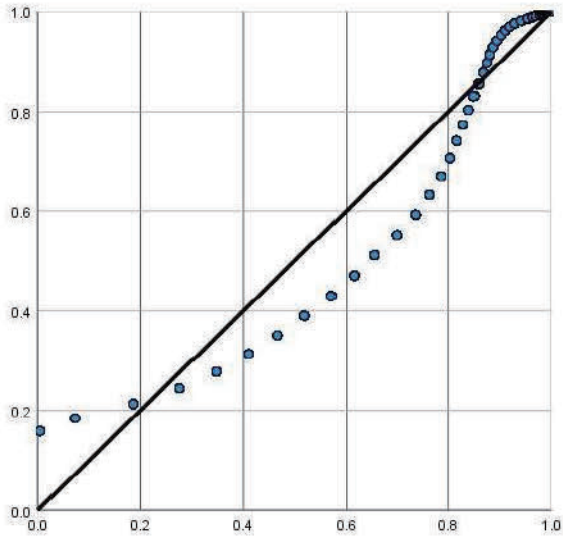
부록 1 Appendix 1. Results of basic statistical analysis

Number of samples (6,589)	Range	Minimum value	Maximum value	Median value	Average	Standard deviation	Variance	Skewness	Kurtosis
Constant (7AM~10AM average speed)	10.258	5.403	15.661	11.665	11.430	2.373	5.631	-0.370	-0.561
The rate of genal road	1.000	0.000	1.000	0.855	0.730	0.305	0.093	-0.963	-0.282
The rate of bicycle-only paths	1.000	0.000	1.000	0.002	0.213	0.309	0.095	1.278	0.281
The rate of bicycle-priority paths	0.498	0.000	0.498	0.000	0.002	0.017	0.000	16.701	355.915
The rate of pedestrian with bicycle paths (splitting)	1.000	0.000	1.000	0.000	0.036	0.096	0.009	3.781	17.624
The rate of pedestrian with bicycle paths (nonsplitting)	0.587	0.000	0.587	0.000	0.018	0.063	0.004	4.680	24.917
Average road width	6345.308	83.988	6429.297	12.893	1039.857	699.848	489787.761	2.094	6.613
Riding distanse	40.077	1.000	41.077	841.043	13.800	7.011	49.160	0.932	0.735
Average population density (person/km ²)	209.457	1.409	210.867	25.859	27.346	13.720	188.243	2.111	12.742

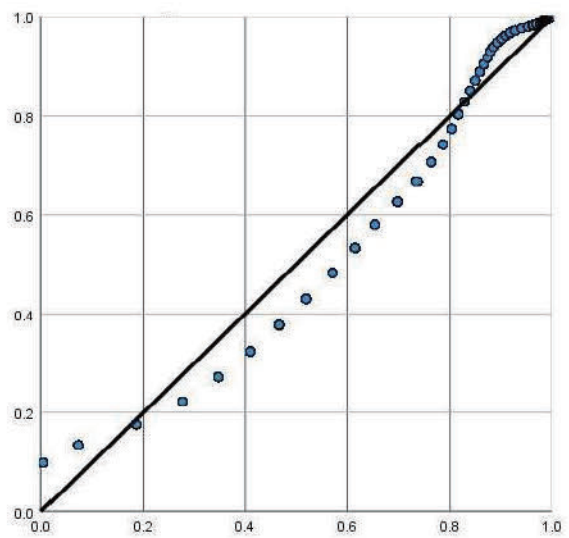
다음 페이지에 계속(Continue on next page)

Number of samples (6,589)	Range	Minimum value	Maximum value	Median value	Average	Standard deviation	Variance	Skewness	Kurtosis
Number of crosswalks	73.000	0.000	73.000	3.000	4.858	6.259	39.178	2.684	11.537
Distance from the start point to the subway (m)	1329.396	1.002	1330.398	76.844	409.826	290.773	84549.058	0.316	-0.580
Distance from the end point to the bus subway (m)	1406.157	1.382	1407.539	424.069	315.308	251.414	63208.759	0.940	0.804
Distance from the start point to the bus stop (m)	425.325	0.495	425.820	77.099	94.065	71.648	5133.503	1.195	1.306
Distance from the end point to the bus stop (m)	366.291	0.816	367.106	283.599	90.500	60.586	3670.673	1.120	1.125
Other area use of building with 25 m radius of start point	36.782	0.000	36.782	0.000	0.134	1.450	2.104	18.655	388.097
Commercial area use of building with 25 m radius of start point	64.330	0.000	64.330	0.000	0.297	3.195	10.208	13.219	188.467
Business area use of building with 25m radius of start point	501.312	0.000	501.312	0.000	3.830	32.414	1050.660	10.471	117.482
Residential area use of building with 25 m radius of start point	9.112	0.000	9.112	0.005	0.145	0.630	0.397	8.095	77.648
Other area use of building with 25 m radius of end point	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.120	1.125
Commercial area use of building with 25 m radius of end point	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.940	0.804
Business area use of building with 25 m radius of end point	40.790	0.000	40.790	0.000	0.323	1.993	3.971	10.952	149.693
Residential area use of building with 25 m radius of end point	20.570	0.000	20.570	0.000	0.099	0.731	0.534	15.146	297.793
Driver's age	61.000	17.000	78.000	26.000	27.526	8.487	72.030	1.432	2.745
Driver's gender (man 1, woman 0)	1.000	0.000	1.000	1.000	0.718	0.450	0.202	-0.970	-1.059
Temperature at the time of riding (°c)	22.300	3.100	25.400	14.300	14.613	5.323	28.335	0.021	-1.074
Precipitation at the time of riding (mm)	5.100	0.000	5.100	0.000	0.028	0.224	0.050	12.755	225.305
Wind speed at the time of riding (m/s)	4.500	0.300	4.800	2.200	2.211	0.936	0.876	0.466	-0.025

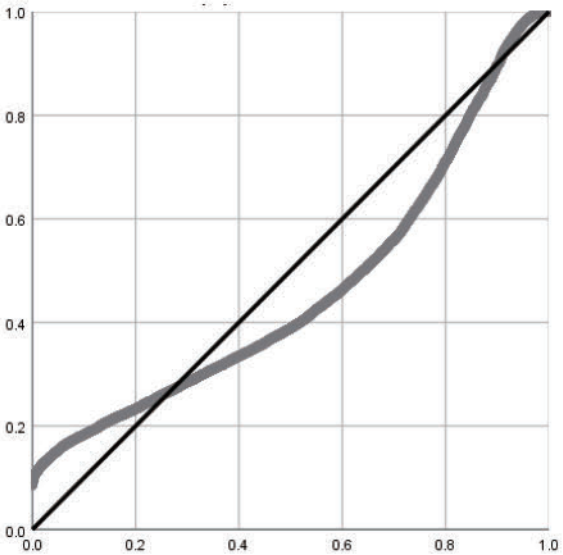
부록 2 Appendix 2. Regular p-p diagram of driver age



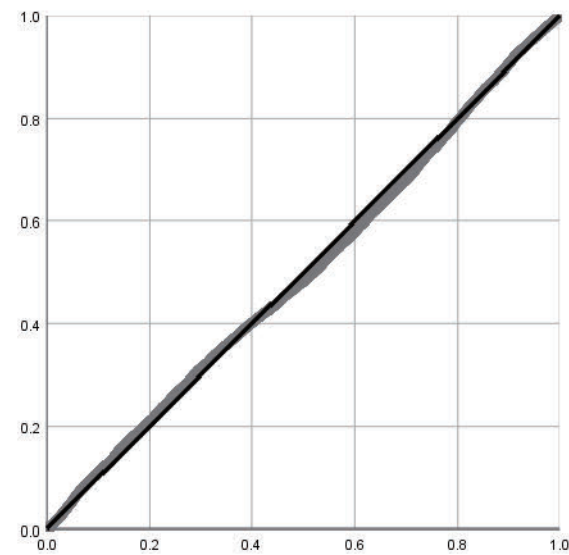
Driver's age P-P diagram before normality improvement



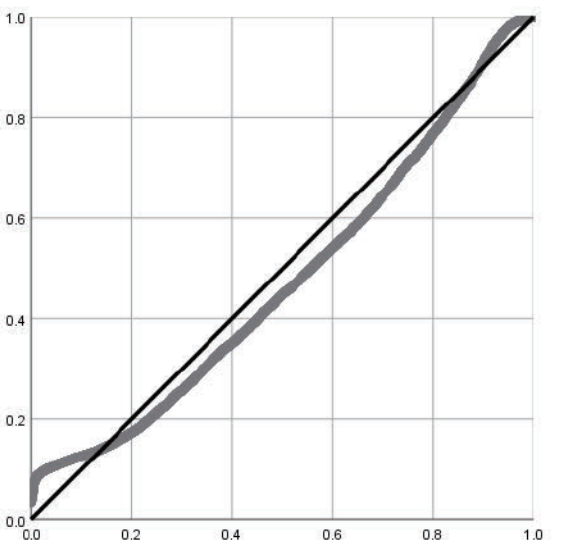
Driver's age P-P diagram after normality improvement (ln)



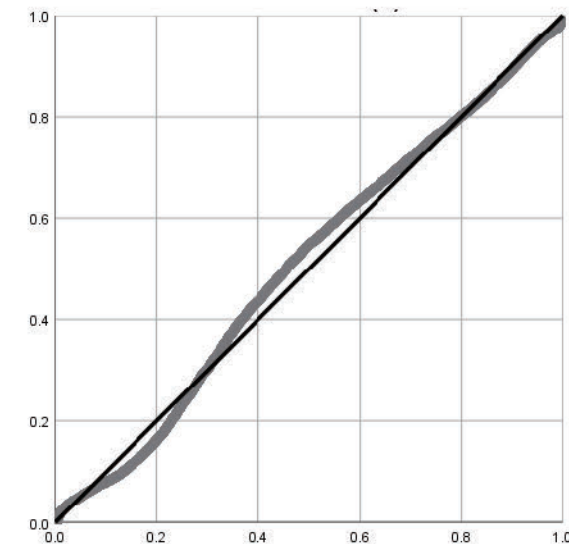
Ride distance P-P diagram before normality improvement



Ride distance P-P diagram after normality improvement



Width of a road P-P diagram before normality improvement



Width of road P-P diagram after normality improvement