

COVID-19에 따른 대중교통수단 변화에 미치는 영향 분석 및 대책에 관한 연구

김수민* · 정헌영**

Kim, Su Min*, Jung, Hun Young**

Influence of COVID-19 on Public Transportation Mode Change and Countermeasures

ABSTRACT

The number of public transportation users has dropped drastically due to COVID-19. In this work, my survey was conducted to uncover the factors that influence citizens' travel patterns. Data were collected and logistic regression analysis on the shifts in transportation was undertaken. Additionally, an importance-performance analysis was carried out to investigate how to effectively operate public transportation systems and improve facilities. The main research findings were as follows: First, the more individuals were concerned about COVID-19 (+) and being infected when using public transportation (+), the greater the tendency to switch to private transportation modes. Secondly, when it came to personal traits, respondents who could drive a car (+) or owned a car (+) or did more online shopping (+) or used public transportation for trips (+) tended to switch over, compared with respondents who could not drive or did not own a car used public transportation to commute. In addition, respondents who were vaccinated (-) or had more household members tended not to switch transportation modes, compared with those who were not vaccinated or had fewer household members. Third, it is important to continue the following efforts to safeguard hygiene linked to public transportation: wearing masks, disinfecting hands, controlling diseases, and general cleaning. The conclusion was that it is important to put traffic congestion and ventilation issues first, especially in regards public transportation, which was not rated as satisfactory enough compared to its importance. The research findings can provide useful basic data when establishing countermeasures to the current COVID-19 circumstances in the areas of public transportation operation and management and in the event of an infectious disease outbreak in the future.

Key words : COVID-19, Public transportation, Logistic regression model, Importance performance analysis

초록

COVID-19로 인해 대중교통 이용객이 큰 폭으로 감소한 것으로 나타났다. 이에 본 연구에서는 COVID-19로 인한 시민들의 통행행태에 변화에 미친 영향 요인을 파악 하고자 설문을 통하여 통행특성에 대한 자료를 수집하고 수단전환에 대한 로지스틱 회귀 분석을 진행하였다. 또한, 중요도-만족도 분석을 실시하여 대중교통 운영·시설 개선방안에 대해 고찰하였다. 연구의 주요 결과는 다음과 같다. 첫째, COVID-19에 대한 불안감을 가질수록(+), 대중교통에서의 감염 불안을 가질수록(+), 개인교통수단으로 전환하는 것으로 나타났다. 둘째, 개인속성으로 운전면허가 없는 응답자에 비해 운전할수록(+), 가구에 차량이 없는 응답자에 비해 가구에 차량을 보유할수록(+), 온라인 쇼핑이 증가한 집단일수록(+), 통행목적이 출근인 집단보다 여행인 집단 일수록(+), 수단 전환이 더 많이 일어난 것으로 나타났다. 또한, 백신 접종을 하지 않은 집단보다 백신을 접종한 집단일수록(-), 가구원 수가 많을수록(-) 수단전환을 하지 않는 것으로 나타났다. 셋째, 현재 잘 이루어지고 있는 대중교통 내 마스크의

* 부산대학교 도시공학과 석사 (Pusan National University · mmm4080@naver.com)

** 종신회원 · 교신저자 · 부산대학교 도시공학과 교수 (Corresponding Author · Pusan National University · huyjung@pusan.ac.kr)

Received February 14, 2022/ revised February 22, 2022/ accepted March 11, 2022

무착용, 손 소독·방역, 버스·도시철도 쾌적성 유지에 대해 지속적인 노력이 필요한 것으로 나타났다. 아울러 높은 중요도에 비해 만족도가 낮은 대중교통 내의 혼잡도 및 환기에 대한 우선적 개선이 중요한 것으로 도출되었다. 본 연구의 결과는 현 시점 및 향후 전염병 발생 시 대중교통 운영 및 관리 대책수립의 기초자료로서 활용성이 기대된다.

검색어 : 코로나바이러스감염증-19, 대중교통, 로지스틱 회귀 모형, 중요도-만족도 분석

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

COVID-19(코로나('CO'rona) + 바이러스('VI'rus) + 감염증('D'isease) + 발병시기(20'19'))는 중국 우한에서 시작되어 전 세계에 확산되고, 한국에는 2020년 1월 20일 최초 확인되었다. COVID-19의 대유행은 시민의 일상과 통행방식 등에 많은 변화를 일으켰고, 대중교통 체계에도 많은 영향을 주었다. Ministry of Land, Infrastructure and Transport(2021)의 연구 결과에 따르면 '교통카드 빅 데이터 통합정보시스템' 분석 결과 2020년 대중교통(도시철도·버스) 이용률이 2019년도 대비 27 % 감소한 것으로 나타났다. 그중에서 특히 COVID-19의 주요 확산 변화 시점에 따라서 많은 변동이 일어난 것으로 보였다. 또한, 주말·공휴일의 대중교통 탑승 건수는 2019년도에 대비 36.1 % 감소했고, 평일의 23.9 %보다 많은 감소 폭이 나타났다. 이를 통해 COVID-19는 대중교통 이용 감소에 많은 영향을 주었고, 출퇴근 등의 필수 통행보다 공휴일·주말에 나타나는 여가·여행 등의 목적 통행에 더 많은 영향을 주는 것을 확인하였다.

COVID-19, 메르스(Middle East Respiratory Syndrome), 사스(Severe Acute Respiratory Syndrome) 등 인류에 전 세계적으로 피해를 준 감염병은 4~6년 주기로 지속해서 발생하고 있다. 효율적인 교통관리전략을 사용하면 바이러스 확산피해를 감소시키는 데 많은 도움을 준다고 한다(Lee, 2020). 하지만 COVID-19에 대한 인과관계 등의 연구는 많이 이루어지고 있으나 수단 전환에 대한 연구는 부족한 실정이다. 이에 해당 부분을 중점으로 COVID-19와 개인 특성 및 통행행태에 따른 대중교통 수단전환 영향에 관하여 연구할 필요성이 있다. 따라서 본 연구는 COVID-19가 통행행태, 개인 특성 등에 따라 교통수단 전환에 어떤 영향을 주는지, 대중교통 시설 및 운영에 대한 중요도·만족도 분석을 통해 개선 사항에 대해 검토하여 향후 전염병에 대비한 관리대책 수립에 기초적인 자료 제공을 목적으로 한다.

1.2 연구 방법

본 연구는 COVID-19와 메르스 등 전 세계에서 보고된 전염병 사태들에 대한 대응 및 변화 연구와 분석 방법 등의 연구 동향을 살펴보고, COVID-19 이후 시민들의 통행 행태 변화를 파악하기

위한 조사, 분석을 진행하였다.

조사의 시공간적 범위는 인터넷을 활용한 설문조사를 통해 부산광역시 거주 중이고 COVID-19 발생 이후 도시철도, 버스 각각을 이용 경험이 있는 시민 500명을 대상으로 COVID-19 전후 통행행태 등 문항으로 설문을 진행하였다. COVID-19가 발생한 이후 대중교통수단을 이용한 경험이 있는 시민을 대상으로 설문을 진행함으로써 보다 객관적 분석이 가능하다고 판단한다. 분석 방법으로는 먼저, COVID-19에 대한 의식의 영향을 알아보고자 요인분석을 통해 요인을 추출해 변수로 활용하였다. 다음으로 주 교통수단 수단, 개인 특성, 요인분석을 통한 변수 등의 데이터를 활용하여 로지스틱 회귀분석을 통해 교통수단 전환의 인과관계를 살펴보았다. 마지막으로 중요도·만족도(Importance-Performance Analysis; IPA) 로 먼저 해결해야 할 개선사항을 도출하였다.

1.3 선행연구 고찰

감염병이 수단 전환에 미치는 요인을 파악하기 위해 COVID-19, 메르스가 교통에 미친 영향 등의 선행 연구를 중점적으로 살펴보았다.

Sung(2016)은 국내 메르스의 발생 및 확산의 공포가 대중교통의 이용자 수에 어떤 영향을 주는지 파악하기 위해 서울 메트로의 일별 이용자 수를 분석했다. 주 통행목적이 통학, 통근인 오전 시간대에는 즉시 감소하는 양상을 띠지 않았지만, 주 통행목적이 쇼핑과 같은 오후 시간에는 이루어지는 통행의 경우 즉시 감소하는 반응을 보였다. 메르스 확산이 급증한 시기에는 오전과 오후 모든 시간대에 대중교통의 이용량이 큰 폭으로 감소함을 보였다. 메르스에 대한 또 다른 연구 Jeong et al.(2015)에서는 언론 보도에서 메르스의 상황 심각성 및 완화 등의 발표에 따라 시민들이 대중이용 시설에 대한 불안감을 가지게 되고 서울 메트로의 이용률에도 영향을 미치는 것을 보였다. 이를 미루어 볼 때 시민들에게는 메르스 감염 확산에 대한 심각성과 공포가 대중교통 이용에 직접적인 영향을 준다는 것을 알 수 있다.

Lim(2020)은 COVID-19가 지역별 일평균 교통량에 미친 영향을 분석하였다. 주중보다 주말 일평균 교통량이 상대적으로 크게 감소하였음을 보였고, 월평균 COVID-19 감염자 수와 월평균 일교통량의 변화율 간에 강한 음의 상관관계가 있음을 시계열 분석을 통해 보였다. 또, 다른 연구에서는 COVID-19 이후 수도권외 대중교통 이용률이 급감하였고, 차량 통행 속도는 소량 증가, 도로의

교통량은 소량 감소, 택배 물량은 급증하였음을 밝혔다(Kim and Han, 2021). Jang et al.(2020)은 COVID-19에 따른 교통에서의 영향을 분석하기 위하여 수도권 대중교통(버스, 택시, 도시철도)과 시외버스·고속버스·철도 등의 교통을 구분하여 일자별 통행량 자료를 수집하여 분석을 진행하였다. 2020년 1월 3주 차에 비해 3월 1주 차의 고속도로 교통량은 약 16 % 감소했지만, 2020년 1월 3주 차에 비해 3월 1주 차의 시외버스 이용량은 66 % 감소했다. 이는 시민들이 통행에서 COVID-19 전염되지 않기 위해 지역 이동 간에 대중교통의 이용을 줄이고 비대면으로 이루어지는 택배를 많이 이용했고, 이동 시 자가용을 더 이용하는 양상을 보인 것을 확인 할 수 있었다. Lee et al.(2021)는 대중교통 이용의 전반적 인식 설문조사를 실시하였고, 55.3 %의 응답자가 대중교통이 COVID-19 감염으로부터 불안감을 가진다고 인식함을 밝혔다. 그리고 순서형 로지스틱 모형을 활용한 분석 결과 대중교통의 안전성에 대하여 여성일수록, 사무직일수록, 60대 이상일수록, 도시철도 이용자일수록, 복합수단 이용 횟수가 많을수록 대중교통 이용 안전성을 낮게 인식하였음을 밝혔다.

이러한 연구 결과들을 종합해 볼 때, 시민들은 COVID-19, 메르스 등 비말에 의해 전파가 이루어지는 전염병으로 인해 대중 이용수단인 대중교통을 기피하게 된 것을 확인 할 수 있었다. 또, 출근, 등교 등 필수적인 이동이 이루어지는 평일 대비 여가와 여행 등의 비필수적인 이동의 주말 통행이 더 큰 폭으로 감소가 이루어진 것을 확인할 수 있었다. 그리고 COVID-19로 인해 대중교통 수단에서 자가용 등의 개인교통수단(승용차, 도보, 택시, 이륜차, PM 등)으로 전환이 이루어졌다고 판단 할 수 있었고 통행목적에 따라 통행 횟수의 변화가 있었음을 확인 할 수 있었다. 기존 선행연구에서는 대체로 정량적인 데이터를 통해 각 수단별 통행 빈도 변화 그리고 영향 관계에 대해서 분석한 연구가 대부분이었다. 본 연구에서는 선행연구에서 도출한 결과를 바탕으로 부산시의 교통량 변화를 확인하고 설문조사를 진행해 개인의 특성, 시민들의 의식과 통행수단 변화에 대한 인과관계 연구하였다. 또한, 중요도, 만족도

분석을 활용하여 대중교통 시설·운영에서 먼저 개선하여야 할 대책을 제시해 선행연구와의 연구 차별성을 두었다.

2. 대중교통·주요교차로 교통 현황 및 조사의 개요

2.1 대중교통 이용 현황

COVID-19로 인한 부산광역시의 대중교통의 변화를 살펴보기 위해 2019년(COVID-19 발생 이전)과 2020년-2021년(COVID-19 발생 이후)의 교통카드를 기반으로 조사된 버스·도시철도의 승차 데이터를 부산시버스정보관리시스템(BIMS)에서 다운받아 월별로 정리하여 COVID-19 대규모 집단 감염사태 시기를 집중적으로 비교하였다.

먼저 Fig. 1은 COVID-19 신규 확진자 수 추이에 따른 부산광역시 도시철도 탑승객 변화에 대한 내용으로 첫 집단감염 사태가 발발되었던 2020년 3월에는 2019년 3월 탑승객 약 2천7백만 명에서 2020년 3월 약 1천4백만 명으로 전년 대비 약 50 % 감소로 가장 많은 감소 폭을 보인다. 2차 유행인 2020년 9월에는 2019년도에 비해 약 32 %, 3차 유행이었던 2020년 12월에는 2019년도에 비해 약 44 %로 COVID-19 신규 확진자 수 추이에 따라 변화폭이 큰 것을 확인했다. 다음으로 Fig. 2는 COVID-19 추이에 따른 부산 시내버스 탑승객 변화로 19년 3월 약 3천8백만 명에서 2020년 3월 약 2천1백만 명으로 전년 대비 약 42 % 감소로 감소폭이 가장 큰 것을 알 수 있다. 다음 2차 유행인 2020년 9월에는 2019년도에 비해 약 26 %, 3차 유행이었던 2020년 12월에는 2019년도에 비해 약 35 % 감소로 도시철도와 비교하면 감소 폭이 적으나 마찬가지로 COVID-19 신규 확진자 수 추이에 따라 변화하는 것을 알 수 있다. 버스와 도시철도의 통행량을 COVID-19 대유행 시점을 비교해 보았을 때 다수가 이용하는 대중교통에서는 주요 집단감염 시점에 약 25~50 % 가량의 큰 감소가 나타난 것을 알 수 있다.

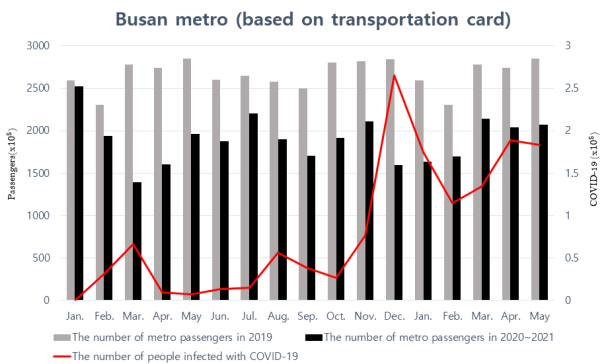


Fig. 1. Busan Metro Usage before and after COVID-19

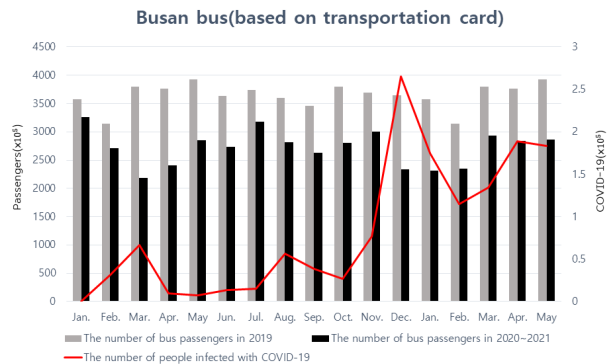


Fig. 2. Busan Bus Usage before and after COVID-19

2.2 주요교차로 교통 현황

COVID-19 발생 이후 대중교통의 이용량 감소를 먼저 확인하였고, 다음으로는 부산광역시 주요교차로 교통량에 대해서 살펴보았다. 자료는 부산 교통정보 서비스 센터의 스마트교차로 데이터를 활용하여 2019 ~ 2021년(COVID-19 사태 전후)의 교통량 데이터를 비교했다. 주요 교차로의 선정은 교통량이 많은 교차로 중 2019년 ~ 2021년 데이터의 누락이 적은 교차로로 내성, 만덕, 수영, 주례 이렇게 총 4개의 교차로를 선정하였다.

Fig. 3에서 내성교차로의 월별 일평균 교통량은 2019년 대비 COVID-19 3차 대유행이었던 2020년 12월에 약 19 %의 가장 큰 감소를 나타내었고, 다음으로 2020년 3월에 약 16 %, 2020년 8월에 약 11 %의 감소를 보인다.

Fig. 4의 만덕교차로 월별 일평균 교통량은 월별 일평균 교통량을 살펴보면 2019년 대비 COVID-19 1차 대유행이었던 2020년 3월에 약 18 %로 가장 큰 감소 폭을 보이고, 다음으로 2021년 1월에 약 14 %, 2020년 8월에 약 8 %의 감소율을 나타내었다.

Fig. 5에서 수영교차로의 월별 일평균 교통량은 2019년 대비 COVID-19 3차 대유행이었던 2020년 12월에 약 13 %로 가장

큰 감소를 보이고, 다음으로 2020년 3월에 약 11 %, 2020년 8월에 약 2 %의 감소율을 나타내었다.

Fig. 6의 주례교차로 월별 일평균 교통량은 2019년 대비 2020년 07월에 가장 큰 폭인 약 40 % 감소를 보였지만 이는 COVID-19 외에 당시 도로 싱크홀, 상수관 파열 등 외부적 요인으로 보인다. 다음으로 1차 대유행인 2020년 03월에 약 17 % 감소, 3차 대유행인 2020년 12월에 약 14 %의 감소를 보였다.

만덕, 수영, 주례, 내성교차로의 통행량을 COVID-19 유행 시점을 비교해 보았을 때 2 ~ 19 % 정도만 감소했고, 25 ~ 50 %의 대중교통의 감소에 비하면 적은 폭을 나타냈다. 이를 통해 시민들은 COVID-19 신규 확진자 추이 변동에 따라 다중 이용수단인 대중교통보다 자가용 등의 개인교통수단 이용을 더 선호하는 것으로 보인다.

2.3 조사의 개요

본 연구에서는 앞부분에서 부산시 대중교통 이용 승객 수 및 주요교차로 교통량 변화를 살펴봄으로써 COVID-19로 인한 영향을 확인하였다. 이를 통해 COVID-19에 의한 시민의 통행행태

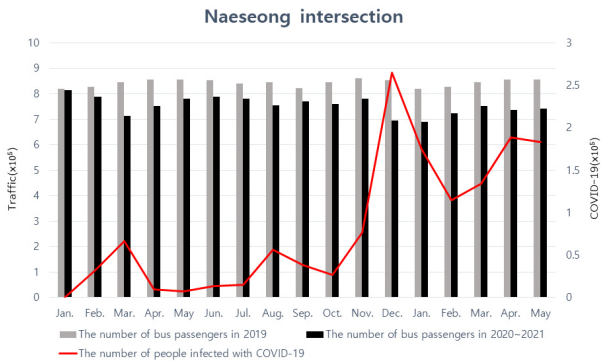


Fig. 3. Average Daily Traffic Volume per Month at Naeseong Intersection before and after COVID-19

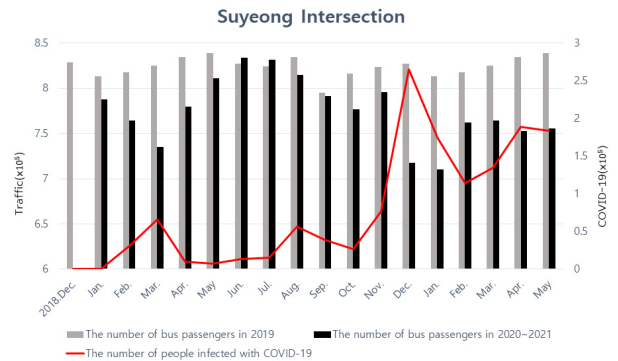


Fig. 5. Average Daily Traffic Volume per Month at Suyeong Intersection before and after COVID-19

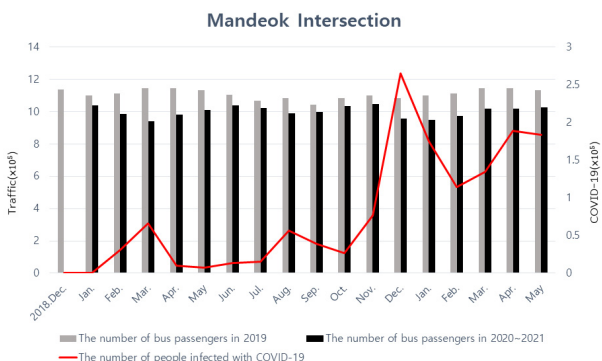


Fig. 4. Average Daily Traffic Volume per Month at Mandeok Intersection before and after COVID-19

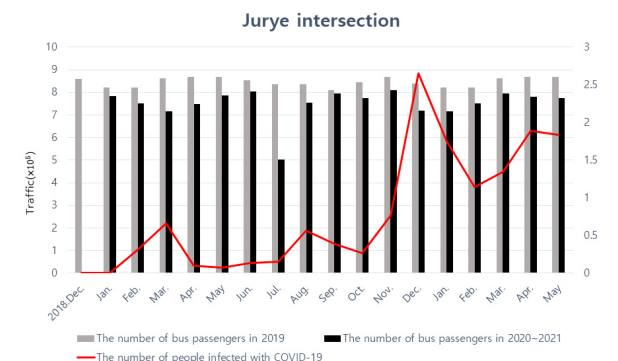


Fig. 6. Average Daily Traffic Volume per Month at Jurye Intersection before and after COVID-19

변화가 있을 것을 판단해 세부적으로 분석하고자 설문을 진행하였다. 설문조사는 인터넷 조사를 활용해 COVID-19가 발발한 이후 도시철도·버스 각각을 탑승한 경험이 있는 20대 ~ 60대 이상의 부산시민을 대상으로 통행 목적별로 설문을 진행했으며 해당 통행 목적이 없는 경우 다음 문항으로 넘어가는 방식으로 진행하였다. 문항으로는 COVID-19 발생 전후 목적 통행별 횟수 및 주 교통수단, COVID-19에 대한 인식, 대중교통 시설·운영의 중요도, 만족도 그리고 개인 특성 등이 있다. 조사 기간은 2021년 8월 9일부터 2021년 8월 17일까지 8일간이었다. 500부의 설문조사 중 목적통행별로 여가목적통행 500건, 출근·등교목적통행 391건, 여행목적통행 270건으로 총 1,161건의 설문이 조사되었다. 본 연구의 목적은 대중교통수단 이용의 변화에 대한 분석으로 1,161건의 설문 중 COVID-19 이전에 주 교통수단이 대중교통인 542건을 분석에 활용하였다.

3. COVID-19에 따른 대중교통수단 변화 분석

3.1 COVID-19에 대한 내재적 동기 요인분석

COVID-19에 대한 시민들의 인식이 수단 전환에 미치는 영향을 파악하기 위해 조사된 COVID-19에 대한 시민의식 항목을 활용하여 요인분석을 진행하였다. 최대우도 방법을 통해 변수 간의 다중공선성 문제를 피할 수 있는 베리맥스(Varimax) 방법으로 회전하여 분석을 진행하였다. Table 1에 제시된 바와 같이 신뢰도는 0.926 (Cronbach 알파)으로 매우 높은 신뢰성을 나타냈으며, KMO (Kaiser - Meyer - Olkin) 값이 0.903으로 상당히 높은 값으로 나타나

요인분석을 진행하기에 적절하다고 판단되었다. 또한, Bartlett검정 결과 유의확률 0.000으로 상관관계 행렬이 단위행렬로 일정한 형태의 그래프 모양을 가지지 않는다는 귀무가설을 기각하여 적절한 결과가 도출된 것으로 나타났다. 요인분석 결과 두 가지 요인으로 도출되었으며, COVID-19에 대한 불안감, 대중교통에서의 감염 불안으로 명명하였다. 설명력 66.004 %로 나타나 설명력이 확보되었기에 잠재요인별 점수를 산출해 본 연구에서는 독립변수로 활용하였다.

3.2 모형 개요

본 연구에서는 COVID-19 이전 주 교통수단으로 대중교통을 이용하는 집단이 개인교통수단으로 전환하는 것에 대한 예측모형을 구축하고자 로지스틱 회귀 모형을 사용하였다. 모형은 COVID-19 이전 대중교통을 주 교통수단으로 이용한 542건의 목적통행을 분석에 활용하였다. 이 중 361건은 대중교통을 그대로 유지한 집단이고 181건은 대중교통수단에서 개인교통수단으로 전환한 것으로 나타나 전환에 미치는 영향요인을 파악하고자 하였다. 응답자의 개인 특성 및 통행 특성, 대중교통에서의 감염 불안, COVID-19에 대한 불안감 변수를 독립변수로 로지스틱 회귀 분석을 진행하였다. 다중공선성 여부를 판단하기 위한 분석 결과로는 VIF (Variance Inflation Factors) 값이 1 ~ 2 사이 값을 나타내 독립변수의 다중공선성은 없는 것으로 나타났고 변수의 구성은 다음 Table 2과 같다.

Table 1. Factor Analysis of Feelings about COVID-19

Factor	Classification	Factor loading	
		1	2
General COVID-19 anxiety	Avoid going out after COVID-19	0.755	0.275
	Avoid eating with others after COVID-19	0.754	0.282
	Avoid crowded places after COVID-19	0.708	0.519
	COVID-19 anxiety while using public transportation	0.704	0.248
	Feeling anxious about getting infected with COVID-19	0.642	0.161
COVID-19 anxiety specific to public transport	COVID-19 is spreading on public transportation	0.215	0.884
	Current public transport congestion rates are affecting the spread of COVID-19	0.245	0.767
	Avoid using public transport after COVID-19	0.607	0.661
	Avoid objects (handles, switches, etc.) used by others after COVID-19	0.538	0.557
Cronbach's α		0.926	
Rotation sums of squared loadings		66.004 %	
KMO (Kaiser - Meyer - Olkin)		0.903	
Bartlett's Test of sphericity	Chi-square	3375.624	
	df (p)	36 (.000)	

Table 2. Variable Definitions and Basic Statistics

Classification		Freq.	%	Mean	SE	Min	Max
Dependent variable	Change of transportation mode	0=Public (bus, metro)	361	66.6			
		1=Personal (car, taxi, PM, walking, motorcycle)	181	33.4			
Independent variable	Gender	1=Male (ref.)	230	42.4			
		2=Female	312	57.6			
	Driving	1=No license (ref.)	70	12.9			
		2=Not driving	200	36.9			
		3=Driving	272	50.2			
	Car ownership	1=None (ref.)	112	20.7			
		2=1 vehicle	328	60.5			
		3=2 or more	102	18.8			
	Online shopping	1=Reduction (ref.)	26	4.8			
		2=No change	189	34.9			
		3=Increase	327	60.3			
	Vaccination	1=Not vaccinated (ref.)	303	55.9			
		2=1st inoculation completed	179	33.0			
		3=Final inoculation completed (2nd completed or J&J vaccination)	60	11.1			
	Trip purpose	1=Go to work (ref.)	235	43.4			
		2=Travel	53	9.8			
		3=Leisure	254	46.9			
	Housing type	1=Apartment (ref.)	354	65.3			
		2=Detached house	62	11.4			
		3=Townhouse	80	14.8			
4=Studio/efficiency apartment		39	7.2				
5=Other		7	1.3				
Number of household members (1 person)		542	100.0	2.85	1.14	1	5
Age (10's)		542	100.0	3.85	1.47	2	6
Income (1 million won)		542	100.0	2.94	1.81	1	9
Perception of COVID-19	Anxiety	542	100.0	0.91	0.00	-3.9	2.1
	Anxiety using public transportation	542	100.0	0.92	0.00	-2.8	2.6

3.3 교통수단전환 모형 결과 및 검증

모형의 적합도는 유의확률 $p=0.000$ 으로 나타나 투입된 설명변수를 통해 구성된 모형이 적합한 것으로 판단되었으며 모형의 설명력을 의미하는 유사 결정계수(Nagelkerke) 값이 34.1 %로 나타나 수용 가능한 것으로 판단된다. Hosmer and Lemeshow test 결과 0.501로 실제치와 모형에 의한 예측치가 일치해 이는 귀무가설을 기각하지 않았기에 적합한 모형으로 판단된다. 교통수단 전환모형의 결과는 Table 3과 같다.

COVID-19 발생 후 주 교통수단 변화에 대한 로지스틱 회귀 분석 결과 COVID-19에 대한 불안감과 대중교통에서의 감염 불안

이 높아질수록 수단 전환하는 확률이 높아지는 것으로 나타났다. COVID-19에 대한 감염 불안감은 수단 전환에도 영향을 미치기에 대중교통의 시설·운영의 효율적인 개선을 통해 시민들의 불안감을 낮추어 줄 수 있는 정책이 필요한 것으로 판단된다. 또한 선행연구에서 대중교통의 안전성을 낮게 인식한 집단인 여성의 경우 본 연구에서는 유의하게 나타나지 않았으나 이는 여성의 경우 남성보다 운전을 하는 경우가 많지 않기 때문에 이러한 결과를 나타낸 것으로 판단된다.

개인 특성 중 운전 여부와 가구 차량 보유 여부의 경우 운전면허가 없는 응답자에 비해 운전한다고 응답한 집단이 3.81배, 가구에

Table 3. Result of Logistic Regression Analysis on the Transition from Public Transportation to Personal Transportation

Classification	B	S.E.	Wald	df	p	Exp (B)	95 % confidence interval	
							Lower bound	Upper bound
Ref. [Gender = 1]								
[Gender = 2]	0.045	0.235	0.037	1	0.847	1.046	0.660	1.660
Age	-0.026	0.088	0.092	1	0.762	0.974	0.820	1.156
Income	0.155**	0.064	5.774	1	0.016	1.167	1.029	1.324
Ref. [Drive = 1]			21.226	2	0.000			
[Drive = 2]	0.107	0.416	0.066	1	0.797	1.113	0.492	2.515
[Drive = 3]	1.338***	0.428	9.761	1	0.002	3.810	1.646	8.819
Ref. [Car ownership = 1]			10.008	2	0.007			
[Car ownership = 2]	0.901**	0.396	5.173	1	0.023	2.461	1.133	5.347
[Car ownership = 3]	1.466***	0.467	9.854	1	0.002	4.331	1.734	10.815
The number of household members	-0.247**	0.113	4.744	1	0.029	0.781	0.626	0.976
Ref. [online shopping = 1]			22.037	2	0.000			
[online shopping = 2]	-0.048	0.579	0.007	1	0.934	0.953	0.307	2.964
[online shopping = 3]	1.070*	0.552	3.752	1	0.053	2.915	0.987	8.606
Ref. [Vaccination = 1]			7.686	2	0.021			
[Vaccination = 2]	-0.512*	0.269	3.622	1	0.057	0.599	0.354	1.015
[Vaccination = 3]	-0.931**	0.389	5.746	1	0.017	0.394	0.184	0.844
Ref. [Trip purpose = 1]			9.701	2	0.008			
[Trip purpose = 2]	1.128***	0.363	9.649	1	0.002	3.090	1.516	6.298
[Trip purpose = 3]	0.298	0.231	1.670	1	0.196	1.347	0.857	2.118
Anxiety	0.257**	0.129	3.971	1	0.046	1.294	1.004	1.667
Anxiety in public transport	0.310**	0.129	5.799	1	0.016	1.363	1.059	1.754
Ref. [Housing type = 1]			0.707	4	0.950			
[Housing type = 2]	0.006	0.340	0.000	1	0.985	1.006	0.517	1.959
[Housing type = 3]	0.131	0.330	0.157	1	0.692	1.140	0.597	2.177
[Housing type = 4]	-0.346	0.520	0.443	1	0.506	0.707	0.255	1.960
[Housing type = 5]	-20.542	13078.330	0.000	1	0.999	0.000	0.000	
Constant term	-2.773***	0.818	11.491	1	0.001	0.062		
MF test			Chi-squared		152.632			
			df		13			
			p		.000			
Hosmer and Lemeshow test			Chi-squared		7.335			
			df		8			
			p		0.501			
-2Log likelihood			537.811					
Pseudo-R2	Nagelkerke		.341					

* P<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01

차량이 없는 응답자에 비해 1대 보유한 응답자가 2.461배, 2대 이상 보유한 응답자가 4.331배 수단 전환이 더 이루어지는 것으로 나타났다. 이는 면허가 없거나 가구에 차량이 없는 집단이 교통수단

선택에 있어 비교적 자유롭지 못해 나타난 결과로 보인다. 또한 월 소득의 경우 소득이 한 단위 증가할수록 전환될 확률이 1.167배 증가하는 것으로 나타났다. 즉 소득은 수단 선택에 있어 지대한

영향이 있음을 알 수 있다. 이를 종합해 보았을 때 전염병 사태에서 비교적 교통약자인 저소득, 차량이 없는 가구, 운전면허가 없는 집단이 선택할 수 있는 수단이 부족하다고 판단된다. 그러므로 전염병 사태 시 이를 지원 할 수 있는 인프라 구축을 늘리는 것이 중요할 것이다. 또, 가구원 수가 한 단위 증가할 때마다 0.781배 수단 전환이 더 적게 나타났다. 가구원 수가 많을수록 인당 가구 차량 보유 대수가 줄어들기 때문에 이러한 결과를 나타낸 것으로 보인다. 이는 가구 차량 보유 대수의 결과와도 일치하는 결과로 볼 수 있다.

백신 접종 여부의 경우 백신 접종을 하지 않은 집단보다 1차 접종을 완료한 집단이 0.599배, 최종접종(2차 및 안센)을 접종한 집단이 0.394배 수단 전환이 더 이루어지지 않는 것으로 나타났다. 백신 접종은 시민들에게 코로나 감염에 대한 불안감을 낮추어 줄 수 있는 중요한 정책 중 하나로 판단된다.

온라인 쇼핑 비중의 경우 온라인 쇼핑이 감소한 응답자에 비해 온라인 쇼핑이 증가한 집단이 2.915배 수단 전환이 더 이루어지는 것으로 나타났다. 현재 상황에서 감염을 최소화하기 위해 비대면으로 이용 할 수 있는 온라인 쇼핑을 적극적으로 활용하는 만큼 좀 더 조짐성을 가지기에 수단 전환에서도 더 적극적인 반응을

한 결과로 사료된다.

통행목적의 경우 통행목적이 출근인 집단보다 여행인 집단이 3.090배 수단 전환이 더 이루어지는 것으로 나타났다. 이는 여행목적통행의 경우 1회성 통행으로 통행이 잦은 출근목적통행에 비해 수단 전환에 있어 부담이 적어 이런 결과를 나타낸 것으로 판단된다. 또한, 여가목적통행의 경우 유의하지 않게 나타났는데 이는 대부분의 여가통행이 퇴근 이후 이루어져 출근목적통행 교통수단의 영향 있어 이러한 결과가 도출된 것으로 판단된다.

수단 전환 모델을 통해 시민들의 대중교통수단 선택변화 경향을 파악하고 교통 수요 감소요인을 개관하였다. 이에 따른 구체적인 대책을 모색하기 위해서는 대중교통 시설과 운영에 대한 중요도 만족도 등의 세밀한 의식분석이 필요하다고 판단된다.

4. 대중교통 운영·시설의 개선항목도출

4.1 대중교통 운영·시설 중요도 만족도

대중교통 운영 및 시설의 중요도·만족도에 대한 리커트 7점 척도 분석 결과는 Table 4와 같으며 Fig. 7과 같이, 대중교통의 시설·운영을 제한된 자원 내 먼저 개선해야 할 항목을 도출하고자

Table 4. Results of Importance and Satisfaction with Public Transportation Operation and Facilities

	Variable	Importance		Satisfaction	
		Average	Standard deviation	Average	Standard deviation
1	Ventilation in public transportation	5.95	1.174	4.13	1.234
2	Disinfection in public transportation.	6.12	1.081	4.43	1.180
3	Mandatory to wear a mask on public transportation	6.39	1.014	5.59	1.286
4	Placing hand sanitizer on public transport	5.87	1.136	4.70	1.274
5	Bus dispatch time	5.22	1.200	4.20	1.265
6	Bus punctuality	5.23	1.239	4.44	1.222
7	Congestion on the bus	5.69	1.157	4.18	1.228
8	Bus stop congestion	5.41	1.225	4.30	1.116
9	Bus stop waiting time	5.18	1.218	4.10	1.188
10	Seating arrangement in the bus	5.33	1.158	4.25	1.047
11	Cleanliness in the bus	5.94	1.084	4.53	1.135
12	Bus operation time (first, last train, etc.)	5.11	1.188	4.26	1.170
13	Metro dispatch time	5.21	1.210	4.39	1.163
14	Congestion in the metro	5.73	1.096	3.98	1.209
15	Metro station congestion	5.63	1.114	4.07	1.164
16	Seating arrangement in the metro	5.43	1.205	4.01	1.223
17	Cleanliness in the metro	5.87	1.072	4.41	1.132
18	Operating hours of the metro (first, last train, etc.)	5.12	1.228	4.29	1.153
	Overall average	5.58	1.16	4.35	1.19

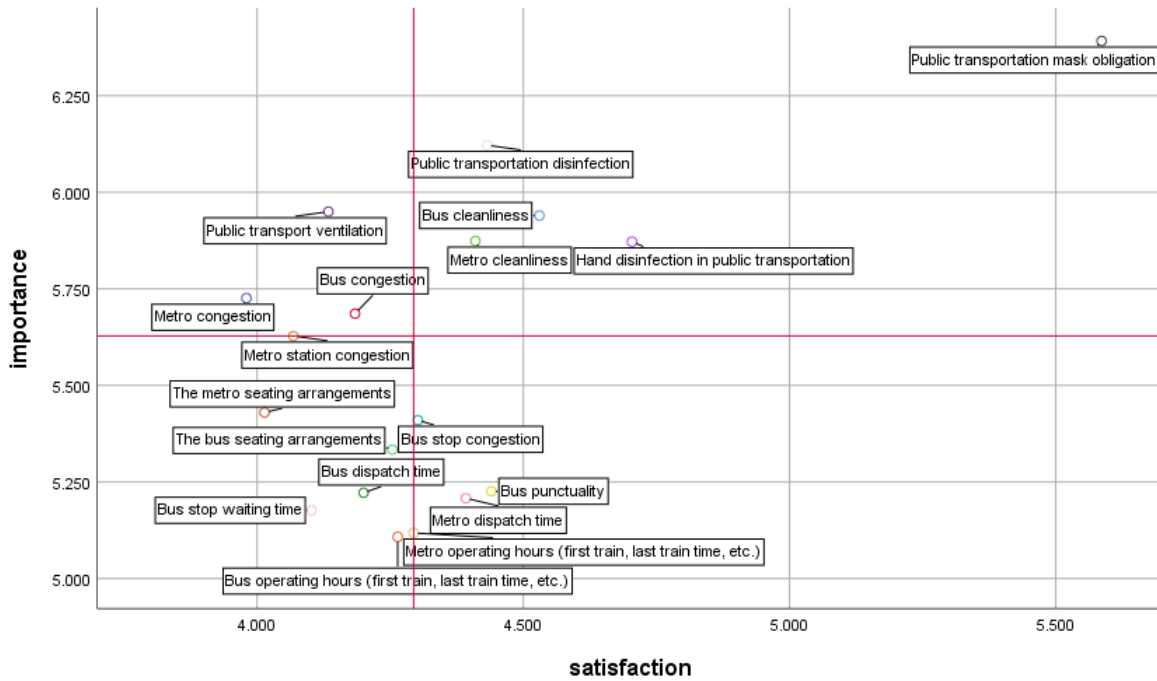


Fig. 7. The Results of Importance-Performance Analysis of Public Transportation Operation and Facilities

IPA를 진행하였다. 만족도 결과에서는 대중교통에서 마스크 의무 착용이 5.59점으로 최고점을 기록했고, 도시철도에서의 혼잡도가 3.98점으로 최저점을 기록했다. 또, 중요도의 결과로는 대중교통 마스크 의무착용이 6.39점으로 최고점을 기록했고, 버스 운영 시간 (첫·막 차 시간 등)이 5.11점으로 최저점을 기록했다. IPA에서 먼저 만족도·중요도 모두 높게 평가된 제 1사분면은 대중교통 마스크 의무착용, 대중교통에서 방역, 도시철도의 쾌적성, 버스의 쾌적성, 대중교통에서 손 소독 항목으로 향후 지속해서 유지에 노력이 필요한 것으로 나타났다. 다음으로 제 2사분면은 만족도가 낮고, 중요도가 높게 평가된 사분면으로 대중교통에서의 환기, 도시철도·버스·도시철도 역사 내의 혼잡도 항목이 집중적인 개선이 필요한 것으로 나타났다. 다음으로 제 3사분면은 중요도·만족도가 모두 낮게 평가된 사분면으로 개선이 필요하긴 하나 제 2사분면에 비하면 우선순위가 낮은 항목으로 버스·도시철도에서의 좌석 배치, 버스 배차 시간, 정류장에서 대기시간, 도시철도·버스 운영 시간이 있다. 마지막으로 제 4사분면은 만족도는 높고, 중요도가 낮게 평가된 사분면으로 버스정류장에서의 혼잡도, 도시철도의 배차 시간, 버스 정시성은 현상을 유지하고 해당 항목의 앞으로 기여할 노력을 제 2사분면에 투자한다면 보다 높은 효과를 나타낼 것으로 보인다. 제 2사분면의 도시철도, 버스 혼잡도, 도시철도 역사의 경우 만족도가 낮게 나왔지만 제 4사분면의 버스 정류장의 만족도는 높게 나타났는데 제 2사분면에 나타난 항목의 경우 밀폐된 공간이지만 버스 정류장의 환기가 따로 필요 없는 밀폐되지 않은 공간이기

때문에 이러한 결과를 나타낸 것으로 판단된다.

다음으로 중요도의 평균이 5.58점인 것에 비해 만족도는 1점 이상 낮은 4.35점으로 나타나 COVID-19의 따른 대중교통의 운영에 대해서 시민들이 중요하게 생각하는 것에 비해 만족도가 따라오지 못한 것으로 보인다.

4.2 COVID-19가 대중교통수단 변화에 미치는 영향 및 개선항목 분석

대중교통수단 이용의 감소에 대해 로지스틱 회귀분석과 운영 및 시설개선에 관하여 IPA를 통해 확인했다. 이를 통해 현재뿐만 아니라 향후 다른 감염병 재난 시 대응 방안을 제시하면 다음과 같다. 먼저 로지스틱 회귀 분석 결과로 시민들은 대중교통에서 또는 일상에서의 COVID-19 불안감으로 인해 주 교통수단 변화에 영향을 주는 만큼 대중교통 운영·시설에서 개선을 통해 이를 해결할 수 있는 대안이 필요한 것으로 판단된다.

우선 개선항목은 현재 시민들이 부족하다고 판단하는 대중교통 환기이다. 특히 버스정류장에서의 혼잡도는 만족도가 높게 나온 반면 도시철도 역사에서는 혼잡도는 낮게 도출되었다. 이에 밀폐된 지하 공간이라는 특성상 시민들에게 더 높은 불안감을 불러일으킨다고 판단되어, 버스와 도시철도 실내의 환기시스템을 개선하여 교통에서의 감염률을 낮추고 더불어 대중교통 내에서의 감염률을 저해시킬 수 있는 방안 마련이 필요하다.

다음으로 대중교통 혼잡에 대한 항목으로 실외에서 이용하는

버스정류장은 밀폐되어 있지 않은 반면, 실내에서 이용하는 버스, 도시철도, 도시철도 역에서의 혼잡도에 대한 개선이 필요한 것으로 나타났다. 이러한 항목을 개선하기 위해서는 혼잡한 첨두시간대에 우선 통행량을 분산 시켜 혼잡을 완화 시킬 수 있도록 COVID-19가 심각한 상황에는 유연근무제, 배차 간격 조율, 승용차 요일제 한시적 해제 등 통행량을 분산시키는 혼잡을 완화 시킬 수 있는 방안이 필요하다.

환기 시설 개선, 환잡률 완화 정책 등은 시민들의 불안감을 낮추어 줄 수 있는 좋은 대책으로 판단된다. 추가로 면허가 없고, 차량이 없는 가구, 월 소득이 낮은 집단의 경우 대중교통을 더 이용하는 결과를 나타냈다. 이러한 결과는 가구에 차량이 많이 보유하거나 운전할 수 있는 시민에 비해 가구에 차량이 없거나 운전면허가 없는 집단이 상대적으로 수단선택에 대한 자유도가 떨어져 이러한 결과가 나타난 것으로 보인다. 이는 이러한 집단이 강력한 전염병이 발발하였을 시 대책으로 이용할 수 있는 교통 인프라가 부족하다고 추론할 수 있다. 이에 향후에 타 감염병 재난 시 임시 자전거전용도로, 공유 PM 등의 수단 등 일시적으로 분산해 이용할 수 있는 인프라 구축 및 제도개선을 통해 대중교통의 혼잡률 관리가 필수적으로 이루어져야 할 것이다.

5. 결론

본 연구에서는 설문을 통해 부산 시민의 COVID-19 전후 수단변화에 대해서 살펴보고 대중교통에 대한 대책에 대해 검토한 연구이다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 대중교통(도시철도·버스) 이용객 수는 COVID-19 사태 이전에 비해 COVID-19 대규모 집단감염 사태 시기에 25 ~ 50 %로 급격한 감소가 나타났다.

둘째, 반면 주요교차로의 교통량은 COVID-19 대규모 집단 감염사태 시기에 2 ~ 19 % 감소로 대중교통의 감소에 비해 적은 감소를 보여 COVID-19로 인해 대중교통수단에서 개인 교통수단으로 수단 전환이 나타난 것으로 판단한다.

셋째, 수단 전환 모델을 구축하기 이전 COVID-19에 대한 시민 의식이 수단 전환에 미치는 영향을 파악하기 위해 요인분석을 진행하였고, 그 결과 COVID-19에 대한 불안감, 대중교통에서의 감염 불안으로 명명한 두 가지 요인이 추출되어 모델의 변수로 활용했다.

넷째, 대중교통에서 개인 교통수단으로의 전환 여부에 대한 모델 구축으로 로지스틱 회귀 분석 결과 대중교통에서의 감염 불안을 가지는 집단일수록, COVID-19에 대한 불안감을 가질수록 개인교통으로 수단전환이 더 이루어지는 것으로 나타났다. 그리고 월 소득이 높을수록, 면허가 없는 사람보다 운전하는 사람일수록,

온라인쇼핑 감소한 사람보다 증가한 사람일수록, 출근보다 여행목적 통행일수록, 가구 차량이 없는 집단보다 1대 보유한 집단이, 2대 이상 보유한 집단일수록 수단 전환이 더 이루어졌다. 또한, 백신을 접종하지 않은 집단보다 1차 접종 완료한 집단일수록, 2차 접종(안센포함)을 완료한 집단일수록, 가구원 수가 많을수록 수단 전환이 더 하지 않는 것으로 나타났다.

다섯째, 대중교통 운영 및 시설의 개선에 대하여 알아보고자 IPA를 진행했고 결과를 바탕으로 정책적인 제안을 할 수 있었다. 현재 잘 이루어지고 있는 대중교통 마스크 의무착용, 대중교통에서의 방역, 버스·도시철도 쾌적성, 대중교통에서의 손 소독 등을 지속적인 유지를 위해 노력이 필요한 것으로 판단되었다. 또한, 우선적으로 개선해야 할 항목인 대중교통 환기, 도시철도·버스 혼잡도를 집중 개선을 한다면 보다 좋은 효과를 낼 수 있을 것으로 기대가 된다. 특히 버스정류장의 혼잡도는 만족도가 높게 나온 반면 도시철도 역사의 혼잡도 만족도는 낮게 나와 도시철도의 밀폐된 공간 특성상 더욱 신경 써야 될 것으로 보인다. 추가로 선형연구에서 직업이 사무직이거나, 60대 이상일수록, 버스보다 도시철도 이용자가, 복합수단 이용 횟수가 많을수록 대중교통의 안전성이 낮게 인식한 연구가 있었던 만큼 해당 집단도 고려한 정책이 더 필요한 것으로 보인다. 이는 향후에도 대규모 전염병 재난이 발발할 경우 해당 항목들을 선제적으로 조치한다면 전염의 전파율을 낮추는 데 큰 도움이 될 것으로 판단된다.

본 연구는 COVID-19로 인한 수단 전환 요인들에 대해 살펴보고 효율적인 방안 대책에 대해 검토하였다. 현재 그리고 향후에 신종 감염병 재난 시 활용될 효율적인 교통관리체계 수립을 위해 본 연구는 필요한 연구로 판단된다. 하지만 연구의 한계점으로는 COVID-19가 발생한 지 1년 이상의 시간이 지난 시점에 설문을 진행함으로써 감염병 초기 상황과 다소 차이가 있을 수 있으며, 향후 COVID-19 종식 이후 추가로 설문조사를 진행해 기존 연구와 비교하여 대중교통 이용률이 어떻게 변해 가는지 추가적인 연구가 필요하다고 사료된다.

감사의 글

이 논문은 국토교통부의 스마트시티 혁신인재육성사업으로 지원되었습니다.

References

- Jang, D. I., Im, S. H. and Seng, N. M. (2020). "Analysis of the impact of COVID-19 on land transportation and response direction." *Monthly KOTI Magazine on Transport*, Vol. 2021, No. 3, pp. 6-16 (in Korean).

- Jeong, K. D., Yoon, Y. K., Seo, J. S., Im, P. J. and Sin, S. W. (2015). "A study on urban railway passenger's safety strategy for emergency: a focus on the MERS case." *International Journal of Railway*, Vol. 2015, No. 10, pp. 1357-1362 (in Korean).
- Kim, C. M. and Han, A. R. (2021). "Urban transport policy in the era of COVID-19." *Korean Society of Transportation*, Vol. 18, No. 1, pp. 38-43 (in Korean).
- Lee, G. J., Choo, S. H., Kim, K. Y. and Joung, J. Y. (2021). "Analysis of factors on public transit safety recognition from COVID-19 infection using ordered logit model." *Proceedings of the KOR-KST Conference*, Vol. 2021, No. 2, pp. 27-27 (in Korean).
- Lee, J. (2020). "Analysis of the spread of COVID-19 from Daegu using traffic data." *Korea ITS Society*, Vol. 10, No. 3, pp. 3-7 (in Korean).
- Lim, S. H. (2020). "An analysis of change in traffic demand with coronavirus disease 2019." *The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, Vol. 19 No. 5, pp. 106-118 (in Korean).
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT) (2021). *Korea policy briefing: Public transportation use such as bus and subway decreased by 27% last year due to COVID-19*, Available at: <https://www.korea.kr/news/policyNewsView.do?newsId=148885347> (Accessed: March 23, 2021).
- Sung, H. G. (2016). "Impacts of the outbreak and proliferation of the middle east respiratory syndrome on rail transit ridership in the Seoul metropolitan city." *Journal of Korea Planning Association*, Vol. 51, No. 3, pp. 163-179 (in Korean).