

통합 모빌리티 서비스 이용만족도에 미치는 영향요인 분석 : 대구광역시를 대상으로

Analysis of Factors Affecting User Satisfaction with Mobility as a Service : A Case Study of Daegu Metropolitan City

정재훈* · 권오훈**

* 주저자 : 계명대학교 도시계획및교통공학전공 석사과정

** 교신저자 : 계명대학교 교통공학전공 부교수

Jae Hoon Jeong* · Oh Hoon Kwon**

* Dept. of Urban Planning and Transportation Eng., Univ. of Keimyung

** Dept. of Transportation Eng., Univ. of Keimyung

† Corresponding author : Oh Hoon Kwon, ohoonkwon@kmu.ac.kr

Vol. 22 No.2(2023)

April, 2023

pp.117~132

pISSN 1738-0774

eISSN 2384-1729

[https://doi.org/10.12815/kits.](https://doi.org/10.12815/kits.2023.22.2.117)

2023.22.2.117

Received 23 December 2022

Revised 9 January 2023

Accepted 15 February 2023

© 2023. The Korea Institute of
Intelligent Transport Systems. All
rights reserved.

요약

MaaS(Mobility as a service)란 기존 대중교통 수단 이외에도 다양한 교통서비스를 하나의 플랫폼에 제공하여 교통수단을 유연하게 예약 및 결제할 수 있게 하는 통합 모빌리티 서비스이다. MaaS 활성화를 위해서는 이용자들의 서비스 만족 수준이 높아야 하며, 이를 위해서는 전반적인 만족 수준에 어떠한 요인이 영향을 미치는지에 대한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 구조방정식(SEM)을 활용하여 전반적인 만족 수준에 미치는 요인의 영향력을 파악하였으며, 중요도-만족도 분석과 의사결정나무 모형을 기반으로 이용만족도를 높일 수 있는 개선방안을 도출하였다. 분석 결과 이용자들이 사용하는 MaaS 앱의 연계 원활 수준의 개선이 필요한 것으로 분석되었다.

핵심어 : 통합 모빌리티 서비스, 이용자 만족도, 영향요인, 구조방정식모형, 의사결정나무

ABSTRACT

Mobility as a Service(MaaS) is an integrated mobility service that enables flexible reservation and payments for various transportation services on one platform, including existing public transportation. To popularize MaaS, users need to be satisfied with the service, and the factors that lower satisfaction need to be improved. In this study, the structural equation model was used to identify the influence of factors on the overall satisfaction level. Improvement plans to increase user satisfaction were derived based on importance-satisfaction analysis and the decision tree model. The analysis revealed the level of connectivity in MaaS apps to be a significant factor that needs to be improved for a higher user satisfaction level of MaaS

Key words : MaaS, User satisfaction, Influence factor, Structural Equation Model, Decision Tree

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

MaaS(Mobility as a Service)란 기존 대중교통 수단인 버스와 지하철 이외에도 개인형이동수단(PM: Personal Mobility), 공유자전거, 수요응답형 교통수단(DRT: Demand Responsive Transport) 등 다양한 교통서비스를 하나의 플랫폼에서 제공하여 교통수단을 유연하게 예약 및 결제할 수 있게 하는 통합 모빌리티 서비스이다 (Park, 2016). 최근 MaaS와 관련된 다양한 연구 활동이 이루어지고 있지만 대부분의 MaaS에 대한 연구는 개념을 정리하거나, MaaS 활성화에 대한 연구들이 대부분을 차지하고 있다. 국내에서 MaaS는 초기 연구 주제인 만큼 MaaS가 이용자의 만족도에 어떤 영향을 미치는지에 관한 연구는 찾아보기 어려운 실정이다.

국내의 대표적인 사례로 플랫폼 기반의 MaaS 제공을 목표로 국토교통과학기술진흥원의 스마트시티 혁신성장동력프로젝트 사업단이 총괄 및 지원하는 ‘스마트 모빌리티 및 주차공유 공유지원 기술 개발’ R&D가 추진되었다. 사업단은 크게 ‘스마트 모빌리티 서비스 시나리오 개발 및 실증’, ‘실시간 교통현황 및 이동수단(개인, 교통수단) 이동정보 수집기술 개발’, ‘이용자 맞춤형 빅데이터 분석 및 최적경로 알고리즘 개발’, ‘이용자 맞춤형 스마트 모빌리티 서비스 제공기술 개발’, ‘스마트 모빌리티 서비스 이동수단 연계 및 제공기술’ 5가지의 연구 개발을 목표로 대구광역시를 대상으로 서비스를 제공하고자 하였다. 서비스는 대중교통 이용률이 낮고, 자가용 이용률이 높은 대구광역시의 도시교통문제를 해결하고자 대구광역시를 대상으로 새로운 모빌리티 서비스를 도입하고 기존 대중교통 수단과 연계한 통합 모빌리티 서비스를 제공하여 대구광역시 시민들의 서비스 만족도 및 대중교통 이용률을 높이는 것이 핵심 목표이다.

대구광역시를 대상으로 한 MaaS는 대구광역시의 기존 대중교통 수단과 공유 PM 및 전기자전거, DRT 등과 같은 다양한 교통수단들을 포함하여 서비스를 제공한다. 이용자들은 앱을 통해서 다양한 수단들을 포함한 경로 선택이 가능하며, 서비스 이용 시 다양한 수단들에 대해서 하나의 앱을 통해 통합 결제가 가능하다. 이러한 기능들의 성능을 확인하기 위하여 실시한 실증은 실제 대구광역시 관련 데이터 분석을 통해 도출된 대구광역시 교통 문제점들을 기반으로 실증 시나리오가 개발되었다.

본 논문은 대구광역시를 대상으로 실시한 MaaS 실증을 통해 MaaS 이용만족도 향상 및 활성화 방안 도출을 위하여 실증기간 동안 수집한 설문 결과를 기반으로 MaaS 이용만족도에 관한 분석을 수행하였다. 연구는 다양한 모형 및 분석기법을 적용하여 MaaS의 전반적인 만족도에 영향을 주는 요인 및 우선 개선사항 도출을 목표로 한다. 수집된 설문 자료를 통해 전반적인 만족수준에 미치는 평가지표별 영향력을 정량적으로 파악하고자 구조방정식모형(SEM: Structural Equation Model)을 활용한다. 더불어 중요도-만족도 분석(IPA: Importance-Performance Analysis)을 통해 중요도에 따른 만족 수준을 파악하여 구체적인 개선 방향을 제시하고, 의사결정나무(Decision Tree)를 통하여 전반적인 만족도를 높이기 위한 요소별 만족도 규칙을 요인 간 상관성을 고려하여 도출하고자 한다. 이렇게 특성이 상이한 3가지 모형 및 분석을 종합하여 최종적으로 MaaS 만족도를 높이기 위해 중점적으로 개선해야 할 사항을 도출하고자 한다.

II. 선행 연구 고찰

Arias-Molinares and García-Palomares(2020)은 MaaS를 이용자 중심의, 다중 모드 및 지능형 이동성 관리 및 배포 시스템으로 설명하고, 여기서 MaaS 공급자는 이동성을 원활히 하기 위한 여러 모빌리티 서비스 공급자

(공공 및 사설)의 수단을 통합하고 하나의 플랫폼으로 비용을 지불하고 최종 이용자에게 모빌리티 서비스를 제공하는 주체로 정의하였다. 또한, Yun and Ki(2019)은 MaaS는 기존의 공급 중심 교통 정책의 한계에서 나온 대안으로 교통서비스를 보다 효율적으로 활용하고 지속할 수 있는 교통체계를 구축하는 것이 주된 목적이라고 정의하였다.

현재 국내의 구글, 네이버, 카카오 등의 길찾기 서비스에서는 출발지와 목적지를 입력하면 적절한 지하철과 버스 등과 같은 대중교통 수단들의 노선 조합을 제안한다. MaaS는 여기서 나아가 대중교통 이외의 PM, 공유자전거, DRT와 같은 교통수단을 고려하여 하나의 플랫폼에서 한 번에 관련 정보들을 확인할 수 있다는 차이가 있다.

Sochor et al.(2018)은 MaaS의 형태를 4가지 단계로 구분하였다. Level 0 ~ Level 4까지 분류가 되어 있으며, Level 0은 교통수단에 대한 각각의 교통서비스를 제공한다. Level 1은 정보의 통합 단계로, 경로 및 비용에 대한 정보를 통합 플래너를 통해 제공된다. Level 2는 경로 검색, 교통수단의 예약 및 지불의 통합 단계로, 이용자가 하나의 플랫폼을 통해 통행을 결정하고 예약 및 결제까지 완료할 수 있는 단계이다. Level 3는 이용자의 통행에 대한 요구사항을 포함하는 대안을 제공하며, 이 단계부터 개별 소유 차량에 대한 대안으로 구성한다고 볼 수 있다. Level 4는 단순한 통행의 수요와 공급의 관계를 넘어서 개별 소유 차량 사용 감소 및 환경 보호와 같은 사회적 목표의 통합을 나타내는 단계이다.

또한 국내에서도 MaaS의 도입을 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. The Seoul Institute.(2019)는 서울시의 MaaS 도입 가능성을 평가하기 위하여 효과성을 우선순위로 검토한 후 실현가능성이 양호한 서비스를 검토하였다. 그 결과 승차 공유, 수요대응형 교통서비스, 통합교통 정보·예약·결제앱, 주차장 위치 및 여유 공간 안내 및 예약 서비스가 효과성이 높은 서비스로 평가하였다.

Seo et al.(2020)은 기존에 연구된 문헌을 바탕으로 MaaS가 사회에 미치는 영향을 이동성 및 효율성, 자동차 소유, 교통수단 이용 관점으로 정리하였으며, 이를 송도국제도시 내 MaaS의 도입 가능성을 평가하였다. 또한, 송도국제도시 입주민을 대상으로 설문한 내용을 활용하여 MaaS 도입 확률을 높이는 개인 특성, 교통수단별 이용 빈도 및 환경 요인 등을 분석하였다.

Kim and Hwang(2012)은 구조방정식모형을 활용하여 제주도 주요간선도로와 지역 간 도로변의 VMS와 웹사이트를 통해 제공된 교통정보에 대한 이용자의 만족도와 교통정보 확장여부에 영향을 미치는 요인들 간의 관계를 파악하였다. VMS 이용에 대한 만족도를 높이기 위해서는 VMS를 통해 제공되는 교통정보 이외에도 돌발상황 정보에 대한 신속한 정보제공과 대응이 수반되어야 하는 결과를 도출하였다.

Kim and Han(2012)은 대구광역시의 아파트 단지의 주차장 유형별 이용자 만족도 영향을 미치는 잠재변수를 접근성, 안전성, 환경성, 편의성으로 설정하고, 구조방정식 모형을 활용하여 잠재변수별 전체 이용만족도에 영향을 미치는 영향 관계를 도출하였다.

Ahn and Choi(2014)은 구조방정식모형을 활용하여 외생잠재변수(Exogenous latent variable)와 내생잠재변수(Endogenous latent variable)간의 인과관계를 통계적으로 검증하고 설치율과 만족도를 동시에 고려한 교통약자 이동편의시설의 투자우선순위 결정모형을 제시하였다.

Lee et al.(2015)은 버스 이용자의 통행시간 만족도를 개선하기 위하여 구조방정식모형을 활용한 투자우선순위 결정모형을 제시하였다. 버스의 시설 및 운영서비스와 직접적으로 관련된 통행시간을 외생변수로 통행시간 만족도를 내생변수로 사용하여 통행시간과 통행시간 만족도 간의 인과관계를 통계적으로 검증하였고, 통행시간에 영향을 주는 항목들에 대해 우선순위를 도출하였다.

Kim et al.(2021)은 주차공유 활성화를 위해 자동차 운전자를 대상으로 주차공유플랫폼을 통해 제공이 필요한 정보에 대한 조사를 수행하고 구조방정식모형과 중요도-만족도 분석을 수행하였다. 중요도-만족도 분석

결과를 통해 이용자가 요구하는 정보의 우선순위를 도출하였고, 이용자들은 주차공유플랫폼을 통해 주차면 수, 주차 요금정보, 주차요금 수준, 환승 주차장 수 등과 같은 정보를 우선적으로 제공받기를 원하는 결과를 도출하였다.

Han et al.(2022)은 전국 단위 설문조사를 통해 도로 이용자가 체감하는 도로 서비스의 만족도와 중요도를 정량적으로 평가하고자 하였으며, 교통서비스의 평가체계를 정립하여 설문을 실시하였다. 수집된 설문자료와 AHP를 활용한 도로 기능 및 객체에 대한 상대적 중요도 및 만족도를 평가하고, IPA를 활용하여 장래 유망 교통서비스를 도출하였다.

Kang et al.(2017)은 의사결정나무를 활용하여 교통사고 가운데 인적피해를 동반한 교통사고에 대해 교통사고를 경상, 중상, 사망으로 분류하고, 교통사고 심각도에 따른 시공간적 특성을 분석하고, 사고심각도가 높은 교통사고를 유발하는 규칙을 도출하였다.

Ha et al.(2010)은 고속도로 비반복적 혼잡을 일으키는 교통사고로 인한 돌발상황에 대하여 처리시간 예측 모형을 개발하고 주요 영향인자를 도출하였다. 또한, 돌발상황 특성에 따른 돌발상황 관리체계 구축을 위하여 의사결정나무를 제시함으로써 고속도로 운영 및 관리에 적용할 수 있는 방안을 제시하였다.

Park et al.(2016)은 고속도로 공사구간의 교통사고 심각도에 영향을 미치는 주요 요인들을 파악하고 사고 심각도와외의 관계를 파악하고자 2011년부터 2015년 고속도로 교통사고 자료를 기반으로 의사결정나무 기법을 적용하여 공사구간과 일반구간의 사고 심각도에 영향을 끼치는 요인들을 파악하였다. 분석 결과를 통해 교통사고 특성 및 영향요인의 차이점을 비교하였으며, 그 결과 교통량이 적고 중차량 비율이 낮을수록 구간 속도가 증가하여 사고 심각도 높은 것으로 나타났다.

본 연구에서는 MaaS 실증을 통해 수집된 사용자 만족도 조사 결과를 활용하여 구조방정식모형을 통한 만족도에 영향을 주는 주요 평가지표를 분석하였다. 또한, IPA를 통해 중점 개선이 필요한 요소 및 현상유지 요소 등을 제시하였고, 의사결정나무를 이용하여 영향 요소에 따라 만족도의 변화 특성을 도출하였다.

Ⅲ. MaaS 이용자 만족도 조사

1. 평가지표 설정 및 설문자료 수집

본 연구는 사전 연구(Park et al., 2021)를 통해 개발된 MaaS 평가지표 및 설문 문항을 이용하여 수집된 설문 결과를 기반으로 분석을 수행하였다. 사전 연구에서는 MaaS의 다양한 수단과 경로 선택이 가능한 특성을 고려하여 이용자의 니즈를 파악할 수 있고, 객관적인 서비스 평가를 할 수 있는 대중교통 서비스 및 MaaS 관련 평가지표 후보안을 문헌조사를 통해 선정하였다. 선정된 후보안 중에 전문가 대상 설문 조사를 통해 중요도가 높은 평가지표 5가지를 최종 선정하였다(Park et al., 2021). 최종적으로 선정된 평가지표는 경제성, 연계성, 이동성, 접근성 그리고 정시성으로, 각각 경제성은 MaaS 이용 요금의 적절한 정도, 연계성은 다양한 교통수단 간 환승과 앱의 전체 기능 연계 수준, 이동성은 MaaS 이용 시 합리적인 시간과 경로를 통해 최종 목적지까지 도달할 수 있는 정도, 접근성은 MaaS 이용으로 대체된 First/Last Mile 도보 거리 및 이동 시간 만족 수준, 정시성은 MaaS에서 제공되는 교통수단 출·도착시각의 정확 수준을 의미한다. 전문가 자문을 통해 평가지표의 적절성을 평가하였으며, 가중치를 산정하기 위하여 AHP(Analytic Hierarchy Process) 분석을 수행하였다. 설계한 이용만족도 설문의 구조와 산정한 평가지표별 가중치 및 순위는 각각 <Table 1>, <Table 2>와 같다(Park et al., 2021).

이용자 만족도 설문조사는 MaaS 실증에 참가한 신서혁신지구 내 직장인 및 대구 지역 대학생을 대상으로 실시하였으며, 실증은 2021년 10월 27일~29일, 2022년 5월 10일~13일 총 2번 진행되었다. 설문은 정성적인 항목을 정량적으로 평가하기 위해 Likert 5점 척도를 사용하여 총 104건의 설문을 수집하였다.

<Table 1> Composition of user satisfaction survey

Index	Contents
Overall Satisfaction	Overall level of satisfaction with MaaS use
Economics	Satisfaction level of usage fee
	Satisfaction level of applied discount rate
Connectivity	Smooth level of app linkage
	Satisfaction level of integrated payment service
	Level of transfer improvement
Accessibility	Satisfaction level of first mile walking distance
	Satisfaction level of first mile travel time
	Satisfaction level of last mile walking distance
	Satisfaction level of last mile travel time
Mobility	Satisfaction level of total travel time
	Satisfaction level of provided route
Punctuality	Accuracy level of transportation departure and arrival time
	Precise level of estimated time of arrival

<Table 2> Weight and ranking by evaluation index

Index	Weight	Rank
Connectivity	0.2637	1
Accessibility	0.2227	2
Mobility	0.2044	3
Punctuality	0.2015	4
Economics	0.1077	5
Sum	1.0000	-

2. MaaS 이용자 만족도

설문조사 시 사용한 Likert 5점 척도를 100점 척도로 변환하여 문항별 점수를 통해 만족도 점수를 산출한 결과는 <Table 3>과 같다. 전문가 자문을 통하여 평가지표별 가중치를 통해 최종 MaaS 이용자 만족도 점수는 <Table 4>와 같다. 응답자 성비는 남성 64.4%, 여성 35.6%였으며, 연령대는 20대 50.0%, 30대 34.6%, 40대 13.5%, 50대 1.9% 순으로 나타났다. MaaS 이용시간대는 08시 ~ 09시 40.9%, 18시 ~ 19시 26.8%, 07시 ~ 08시 15.4%, 17시 ~ 18시 8.1%, 19시 ~ 20시 4.7%, 그 외 야간시간대 4.0% 순으로 조사되었다.

평가지표별 이용만족도 점수를 산정한 결과는 접근성 74.6점, 이동성 71.6점, 정시성 67.4점, 연계성 64.0점, 경제성 62.5점 순으로 나타났으며, 접근성 중에서도 Last Mile 도보 거리 만족 수준 76.9점, First Mile 도보 거리 만족 수준 76.7점, First Mile 이동 시간 만족 수준 73.5점, Last Mile 이동 시간 만족 수준 71.6점 순으로 나타났다. 평가지표 중 가장 점수가 높은 접근성에서도 First/Last Mile의 도보 거리에 대부분 만족하는 것으로 나타났고, 이러한 이유는 대중교통을 이용하기 위해 기존에는 대부분 도보를 통해 이동하였으나, 실증에서는 PM 및 전기자전거와 같은 신교통수단의 도입으로 인하여 First/Last Mile의 도보 거리가 감소하여 나온 결과로 판단된다.

<Table 3> Average score by evaluation index

Category	Contents	Score per question	Average score
Economics	Satisfaction level of usage fee	60.5	62.5
	Satisfaction level of applied discount rate	64.5	
Connectivity	Smooth level of app linkage	55.0	64.0
	Satisfaction level of integrated payment service	69.7	
	Level of transfer improvement	67.3	
Accessibility	Satisfaction level of first mile walking distance	76.7	74.6
	Satisfaction level of first mile travel time	73.5	
	Satisfaction level of last mile walking distance	76.9	
	Satisfaction level of last mile travel time	71.6	
Mobility	Satisfaction level of total travel time	73.2	71.6
	Satisfaction level of provided route	70.0	
Punctuality	Accuracy level of transportation departure and arrival time	67.3	67.4
	Precise level of estimated time of arrival	67.6	

<Table 4> Final user satisfaction score

Evaluation index	Average score per indicator	Weight per indicator	Final score
Economics	62.5	0.1077	68.4
Connectivity	64.0	0.2637	
Accessibility	74.6	0.2227	
Mobility	71.6	0.2044	
Punctuality	67.4	0.2015	

3. 신뢰도 분석(Reliability analysis) 및 상관분석(Correlation analysis)

본 연구에서 활용하고 있는 설문자료는 응답자들의 주관적인 평가에 의해 수집되었기 때문에 설문자료의 신뢰성을 검증하기 위해 Cronbach's α 계수를 이용한 내적일관성 평가를 수행하였으며, 결과는 <Table 5>와 같다. Cronbach's α 계수의 값이 높을수록 신뢰성이 높으며, 일반적으로 0.7 이상이면 자료의 신뢰성이 있다고 판단한다. 분석결과 Cronbach's α 계수가 0.878로 분석에 활용될 자료가 신뢰성이 있는 것으로 분석되었다.

<Table 5> Reliability analysis

Number of questions	Cronbach's α	Reliability index
13	0.878	Cronbach's $\alpha > 0.7$ Reliable

또한, 전반적인 만족도에 대한 평가지표별 문항들의 상관성을 파악하기 위해 상관분석을 수행하였으며, 결과는 <Table 6>와 같다. 상관분석 결과 전반적인 만족수준에 평가지표별 문항들은 전부 95% 신뢰구간에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났으며, 전반적인 만족수준과 연계성이 양의 상관성이 있는 것으로 나타났다. 전반적인 만족수준과 가장 상관성이 적은 평가지표는 접근성으로 나타났으며, 그 다음으로 정시성, 이동성,

경제성 순으로 나타났다.

<Table 6> Correlation analysis

Category	Contents	Pearson correlation coefficient	P
Economics	Satisfaction level of usage fee	0.247	***
	Satisfaction level of applied discount rate	0.351	***
Connectivity	Smooth level of app linkage	0.512	***
	Satisfaction level of integrated payment service	0.430	***
	Level of transfer improvement	0.377	***
Accessibility	Satisfaction level of first mile walking distance	0.295	***
	Satisfaction level of first mile travel time	0.329	***
	Satisfaction level of last mile walking distance	0.188	***
	Satisfaction level of last mile travel time	0.232	***
Mobility	Satisfaction level of total travel time	0.339	***
	Satisfaction level of provided route	0.340	***
Punctuality	Accuracy level of transportation departure and arrival time	0.355	***
	Precise level of estimated time of arrival	0.497	***

Remarks)***: P<0.05

IV. 연구모형 개발

1. 구조방정식모형 개요

구조방정식모형(SEM, Structural Equation Model)이란 특정 현상을 파악하기 위해 구조모형 이론의 분석 방법을 이용하여 확증적인 형태의 모형에서 상호 변수들 간 인과 관계와 이들의 유의성을 검증하는 통계적 방법이다. 구조방정식모형은 요인분석(Factor analysis)과 회귀분석(Regression analysis)의 특성을 결합한 기법이며, 잠재변수를 측정하는 측정모형(Measurement model)과 측정된 잠재변수 간의 인과 관계를 분석하는 구조모형(Structural model)로 구성된다. 일반적인 구조방정식모형을 개념도 나타내면 <Fig. 1>와 같다.

구조방정식모형은 측정모형을 통해 외생잠재변수와 내생잠재변수를 생성하고, 생성된 것들을 구조모형으로 결합하여 연구 목표 형태의 모형을 생성하는 것이다. 요인분석을 통한 잠재변수들 간의 인과관계를 파악하는 모형이 구조모형이다(Kim, 2010). 구조방정식모형은 Eq. (1), (2), (3)과 같이 정리된다. 외생잠재변수를 생성하는 측정모형을 Eq. (1)과 같이 정리할 수 있다.

$$x_m = \lambda_{mn}\xi_n + \delta_m \dots\dots\dots (1)$$

여기서, λ_{mn} = 경로계수
 ξ_n = 외생잠재변수
 δ_m = 오차, 잔차

내생잠재변수를 생성하는 측정모형은 Eq. (2)와 같이 정리할 수 있다.

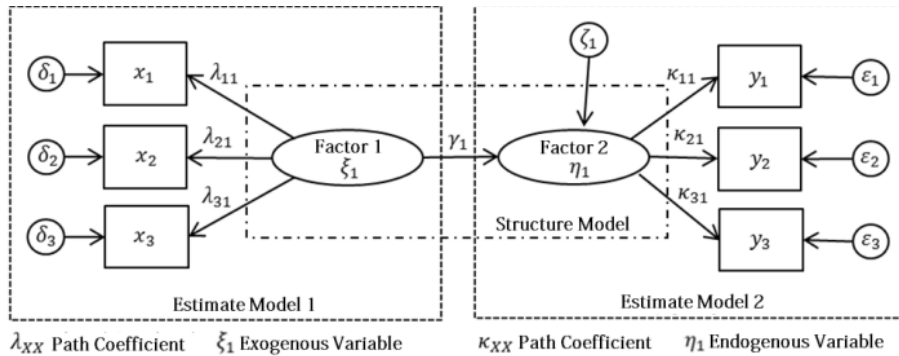
$$y_p = \kappa_{pq}\eta_q + \epsilon_p \dots\dots\dots (2)$$

여기서, κ_{pq} = 경로계수
 η_q = 내생잠재변수
 ϵ_p = 오차, 잔차

측정모형을 통해 외생변수와 내생변수의 인과 관계를 만드는 구조모형은 Eq. (3)과 같이 정리할 수 있다.

$$\eta_q = \gamma_{ab}\xi_n + \zeta_c \dots\dots\dots (3)$$

여기서, γ_{ab} = 경로계수
 ξ_n = 외생잠재변수
 ζ_c = 오차, 잔차



<Fig. 1> Basic structure of structural equation model

2. 연구가설 설정

본 연구에서는 잠재변수로 MaaS 이용자 만족도 설문조사 설계 시 설정하였던 위계와 같이 평가지표인 경제성, 연계성, 이동성, 접근성, 정시성으로 선정하고, 각 지표별 만족도는 MaaS의 전반적인 만족도에 양(+)의 영향을 줄 것으로 가설을 설정하였다. 모형의 변수 설정은 <Table 7>과 같으며, 위와 같이 설정한 가설을 검증하기 위해 모형의 적합도를 검정하였다.

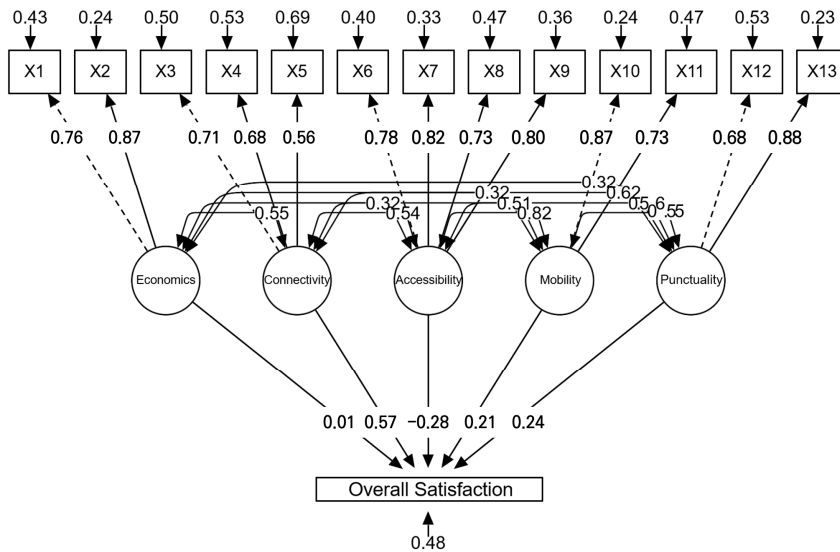
<Table 7> Configure the variables of the model

Category		Contents	
Endogenous latent variable	User satisfaction	Overall level of satisfaction	
Exogenous latent variable	Economics	X1	Satisfaction level of usage fee
		X2	Satisfaction level of applied discount rate

Category		Contents	
	Connectivity	X3	Smooth level of app linkage
		X4	Satisfaction level of integrated payment service
		X5	Level of transfer improvement
	Accessibility	X6	Satisfaction level of first mile walking distance
		X7	Satisfaction level of first mile travel time
		X8	Satisfaction level of last mile walking distance
		X9	Satisfaction level of last mile travel time
	Mobility	X10	Satisfaction level of total travel time
		X11	Satisfaction level of provided route
	Punctuality	X12	Accuracy level of transportation departure and arrival time
		X13	Precise level of estimated time of arrival

3. 모형 개발 및 검증

MaaS 이용만족도에 대한 구조방정식모형을 추정한 결과는 <Fig. 2>과 같다. 구조방정식모형 적합도 평가로 절대 적합도 지수(Absolute Fit Index)와 증분 적합도 지수(Incremental Fit Index)가 있다. 절대 적합도 지수에는 GFI(0.9 이상 적정), RMR(0.05 이하 적정), RMSEA(0.1 이하 적정)가 있으며, 증분 적합도 지수에는 NFI(0.9 이상 적정), CFI(0.9 이상 적정) 등이 있다. 따라서 본 연구에서 도출한 구조방정식모형을 절대 적합도 지수와 증분 적합도 지수를 통해 검증한 결과 절대 적합도 지수에서는 적절한 수준으로 나타났으나, 증분 적합도 지수에서는 기준 값에 조금 미치지 못한 결과가 나타났으며, 결과는 <Table 8>와 같다. 적합도 평가에서 적정 기준에 조금 미치지 못했다고 하더라도 각 5개의 외생잠재변수(경제성, 연계성, 접근성, 이동성, 정시성)와 각 설문문항 지표 값(Xi)은 설문문항 구성상 계층적으로 연결하여 문항을 설계하였기 때문에 구조방정식모형의 구조는 <Fig. 2>과 같이 분석을 실시하였다.



<Fig. 2> User satisfaction structural equation

<Table 8> Goodness of fits for the structural equation model

Category	Absolute fit index			Incremental fit index	
	GFI	RMR	RMSEA	NFI	CFI
Acceptance criteria	More than 0.9	Below 0.05	Below 0.1	More than 0.9	More than 0.9
Research Model	0.9	0.05	0.1	0.81	0.87

4. 구조방정식모형 결과

MaaS 이용만족도 영향요인 분석 결과, 설정한 구조모형의 가설 채택 유무는 Regression Weights의 C.R. 값으로 가설 유무를 채택한다. <Table 9>와 같이 95% 신뢰구간에서 전반적인 만족 수준에 통계적으로 유의한 평가지표는 연계성으로 나타났으며, 다른 평가지표들은 통계적으로 유의성이 없는 것으로 나타났다. 전반적인 만족 수준에 영향력이 큰 평가지표는 연계성으로 요인적재량은 0.569로 나타났으며, 연계성은 다양한 수단을 하나의 플랫폼으로 통합 결제하는 특성상 이용자 관점에서 수단 및 경로 선택에서부터 결제까지 모든 과정이 원활히 이루어지는 것이 만족도 결정에 중요한 역할을 하는 것으로 분석되었다. 접근성의 경우 요인적재량이 -0.278로 유일하게 음(-)의 영향을 주는 것으로 나타났다. 접근성이 이용만족도에 음(-)의 영향을 미치는 것은 전기자전거 및 PM과 같은 수단의 등장으로 First/Last Mile의 도보 거리 및 이동 시간에 대한 만족도가 대부분 높은 수준이고, 이를 반영한 접근성 지표는 이용자들의 전반적인 만족도 결정에 크게 반영이 되지 않은 것으로 판단된다. 경제성의 경우 요인적재량 0.011로 가장 영향력이 적고 통계적으로도 가장 유의하지 않은 것으로 나타났으며, 그 이유는 현재 MaaS의 요금체계 및 환승 할인에 대한 구체적인 체계가 존재하지 않아 전반적인 만족도에 유의한 영향을 주지 않는 것으로 판단된다. 이동성과 정시성의 경우 요인적재량 0.208과 0.242로 전반적인 만족수준에 양(+)의 영향을 주는 경향이 있지만, 통계적으로 유의하지 않게 나타나 뚜렷한 영향을 보이지 않았다. 이동성과 정시성의 경우 총 통행시간의 만족 수준과 도착 예상 시각의 정확 수준과 같은 문항으로 MaaS 이용만족도 결정에 다소 영향이 적은 것으로 판단된다.

세부 문항별로 경제성의 경우 할인 요금 만족 수준, 연계성은 앱 연계 원활 수준, 접근성은 First/Last Mile의 이동시간 만족 수준, 이동성은 총 통행시간 만족 수준, 정시성은 도착 예상 시각의 정확 수준이 영향력이 큰 것으로 나타났다. 그 중 접근성의 경우 Last Mile보다 First Mile의 이동 시간 만족 수준이 전반적인 만족도 큰 영향을 주는 것으로 분석되었다.

<Table 9> Standardized regression weight in SEM

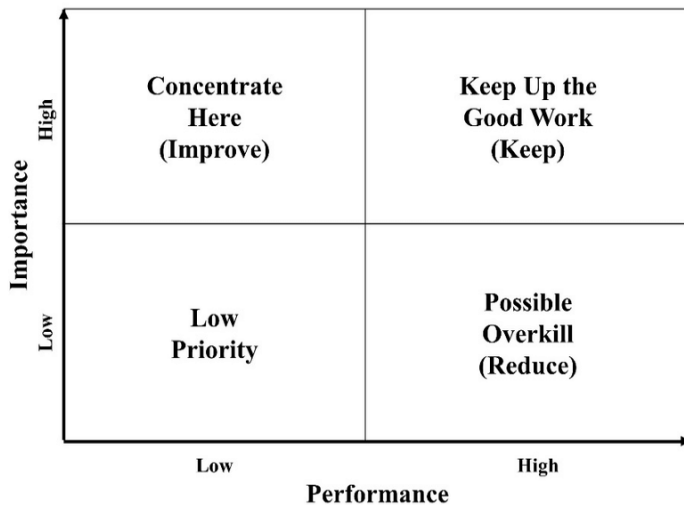
Category	Estimate	S.E.	C.R.	P
Overall satisfaction ← Economics	0.011	0.201	0.090	0.945
Overall satisfaction ← Connectivity	0.569	0.228	3.321	***
Overall satisfaction ← Accessibility	-0.278	0.363	-1.349	0.243
Overall satisfaction ← Mobility	0.208	0.331	1.013	0.410
Overall satisfaction ← Punctuality	0.242	0.246	1.702	0.107
X1 ← Economics	1.000	-	-	-
X2 ← Economics	1.260	0.242	4.922	***
X3 ← Connectivity	1.000	-	-	-
X4 ← Connectivity	0.738	0.100	5.751	***

Category	Estimate	S.E.	C.R.	P
X5 ← Connectivity	0.575	0.126	4.847	***
X6 ← Accessibility	1.000	-	-	-
X7 ← Accessibility	1.296	0.133	8.614	***
X8 ← Accessibility	0.917	0.208	7.539	***
X9 ← Accessibility	1.033	0.176	8.346	***
X10 ← Mobility	1.000	-	-	-
X11 ← Mobility	1.139	0.145	7.373	***
X12 ← Punctuality	1.000	-	-	-
X13 ← Punctuality	1.150	0.169	5.843	***

Remarks)***: P<0.05

5. 중요도-만족도 분석 결과

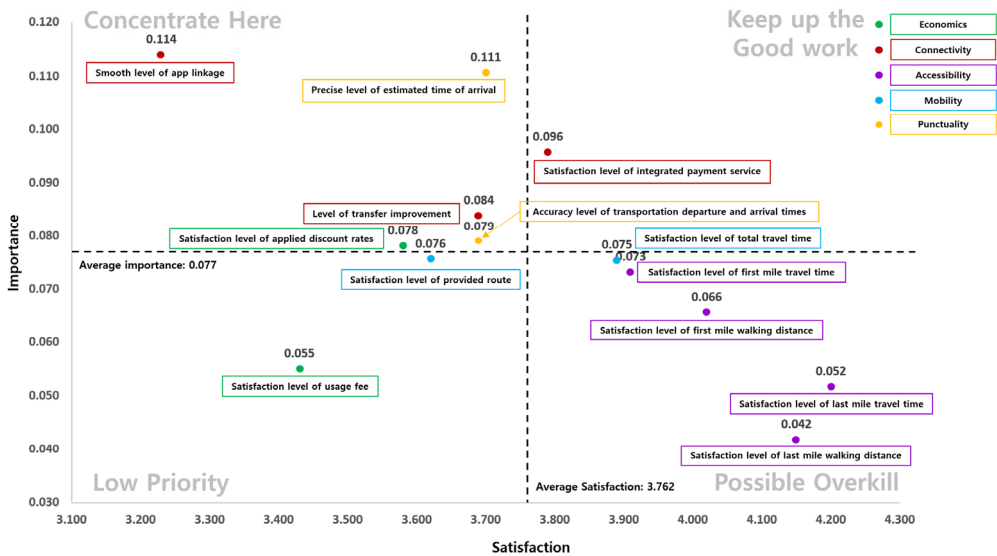
중요도-만족도 분석(Importance-Performance Analysis)은 중요도와 만족도를 활용하여 서비스에 대한 우선순위를 도출하는 방법이다. IPA는 보통 설문조사 결과를 기반으로 중요도와 만족도로 구성된 사분면에 표기하여 위치에 따라 우선순위를 도출할 수 있다. IPA의 사분면은 위치에 따라 중점개선영역, 우위유지영역, 낮은 우선순위영역, 현상유지영역으로 구분되며, 구조는 <Fig. 3>과 같다. 1사분면(Concentrate here)은 중요도는 높으나, 만족도가 낮은 영역이다. 다른 사분면에 비해 지속적인 관리 및 개선이 필요한 영역이다. 2사분면(Keep up the good work)은 만족도와 중요도가 높게 나오는 영역으로, 현재 상태를 유지하거나 지속적인 관리가 필요한 영역이다. 3사분면(Low priority)은 중요도와 만족도가 모두 낮은 영역으로, 이 영역은 중요도가 높지 않기 때문에 개선 및 관리에서 낮은 우선순위를 가지는 것을 뜻한다. 4사분면(Possible overkill)은 중요도는 높지 않지만 만족도는 높은 영역으로, 과잉 투자로 인해 더 이상은 개선 대상에 제외할 수 있는 영역이다.



<Fig. 3> Basic structure of importance-performance analysis

중요도-만족도 분석(IPA) 결과 <Fig. 4>와 같이 만족도의 평균은 3.762, 중요도는 전반적인 만족 수준 평균

점수와 문항별 평균 점수의 상관관계수에서 전체 상관관계수의 합을 나눈 값으로 산정하였으며, 중요도의 평균은 0.077로 산출되었다. 중요도는 높지만, 만족도가 낮은 1사분면(Concentrate here)에 연계성의 앱 연계 원활 수준과 환승 개선 수준, 정시성의 도착 예상 시각의 정확 수준과 교통수단 출·도착시각의 정확 수준, 경제성의 적용된 할인 요금 만족 수준이 개선이 필요한 것으로 나타났다. 그 중 앱 연계 원활 수준이 만족도는 낮지만 가장 중요도가 높은 것으로 보아 앱 연계 수준에 대한 개선이 제일 시급한 것으로 판단된다. 중요도가 높고 만족도도 높은 2사분면(Keep up the good work)에서는 연계성의 통합결제서비스 만족 수준이 위치하였으며, 이는 통합결제서비스에서는 만족하나 서비스 이용 시 승·하차 및 환승 태깅에 대한 개선이 필요한 것으로 판단된다. 중요도가 낮고 만족도도 낮은 3사분면(Low priority)에서는 경제성의 이용요금 만족 수준, 이동성의 제공된 경로의 만족 수준이 위치하였으며, 중요도는 낮지만 만족도가 높은 4사분면(Possible overkill)에서는 모든 접근성에 대한 만족 수준과 이동성의 총 통행시간에 대한 만족 수준이 위치하였다. 접근성의 경우 구조방정식모형 결과에서도 음(-)의 영향력을 보여주었으며, 중요도-만족도 분석에서도 접근성의 문항 4개 전부 4사분면에 위치한 것으로 보아 현재 접근성의 개선은 필요하지 않은 것으로 판단된다. 중요도-만족도 결과와 구조방정식모형 결과를 비교하였을 때 연계성이 가장 영향력이 큰 평가지표로 나타났고, 중요도-만족도 분석에서 개선 우선순위가 높아 MaaS 이용에 대한 이용자들의 만족도를 높이기 위해서 MaaS의 연계성에 대한 개선이 가장 필요한 것으로 나타났다.



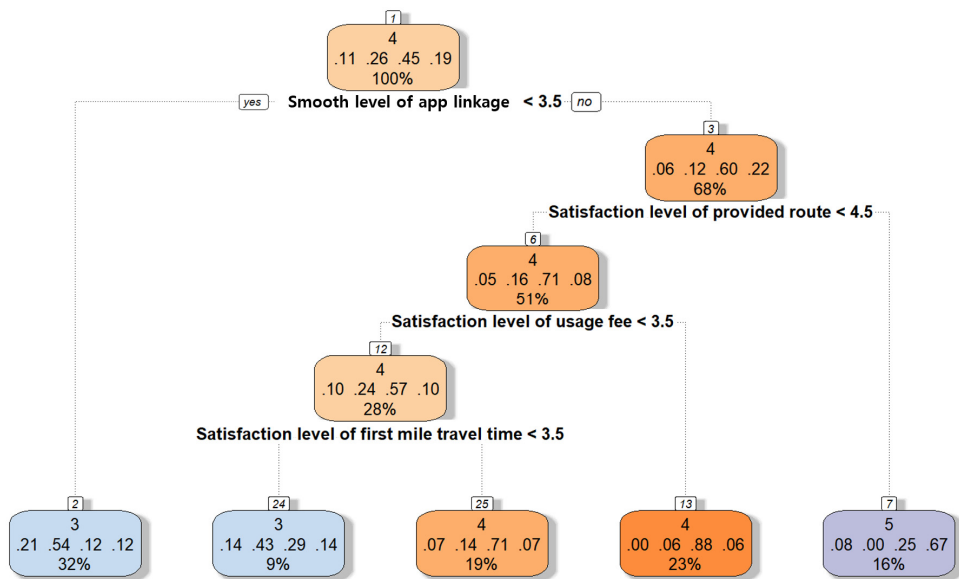
<Fig. 4> Results of importance-performance analysis

6. 의사결정나무모형 결과

의사결정나무(Decision Tree)는 데이터마이닝 분석의 대표적인 기법으로 주어진 데이터를 특정 기준에 따라 분류하거나 예측하는 분석방법이다. 의사결정나무의 구조는 나무를 세워 놓은 형태로서 각 부분은 기능에 따라 뿌리마디, 중간마디, 끝마디, 가지로 분류된다. 다시 말해, 의사결정나무 방법은 분석데이터 간의 관계를 바탕으로 뿌리에서 가지로 분류한 후, 분류된 가지 중에서 불필요한 가지를 가지치기 방법을 통하여 제거함으로써 유용한 자료를 분류 및 예측 나무 구조로 만들어 관계성을 파악하는 방법 중 하나이다.

의사결정나무(Decision tree)를 활용하여 MaaS 이용만족도에 대한 분석 결과로 전반적인 만족 수준에 가장 영향을 많이 주는 노드인 최상위 노드에서 평가지표 연계성의 앱 연계 원활 수준이 선정되었으며, 앱 연계 원활 수준이 3점(보통) 이하일 경우 전반적인 만족 수준이 보통 수준으로 분류가 되었다. 반대로 앱 연계 원활 수준이 4점(만족) 이상이면 제공된 경로의 만족 수준이 5점(매우 만족)일 경우 전반적인 만족 수준이 5점(매우 만족)으로 분류되는 것을 확인하였다. 제공된 경로 만족 수준이 4점(만족) 이하, 이용 요금 만족 수준이 3점(보통) 이하 그리고 First Mile 이동 시간 만족 수준이 3점(보통) 이하일 경우 전반적인 만족 수준이 3점(보통)으로, 같은 조건의 First Mile 이동 시간 만족 수준이 4점(만족) 이상일 경우 전반적인 만족 수준이 4점(만족)으로 분류되었다. 또한, 제공된 경로 만족 수준이 4점(만족) 이하이면서 이용요금 만족 수준이 4점(만족) 이상일 경우 전반적인 만족 수준이 4점(만족)으로 분류되었다.

이러한 결과를 통해서 구조방정식모형의 결과와 같이 MaaS 이용만족도에 평가지표 중 연계성이 가장 영향을 많이 미치는 것을 확인하였으며, 의사결정나무를 활용한 결과로 연계성 중 앱 연계의 원활 수준이 전반적인 만족 수준에 영향을 많이 미치는 것을 확인하였다. 중요도-만족도 분석에서도 앱 연계 원활 수준의 개선이 시급한 1사분면 영역에 위치하였던 결과를 통해 MaaS 이용만족도의 향상을 위해선 연계성에 관한 개선이 필요한 것으로 판단된다. 또한, 의사결정나무를 통해 앱 연계 원활 수준의 만족도가 높다고 하더라도 이동성 및 경제성과 같은 다른 평가지표에 대한 만족도가 낮을 경우 전반적인 만족 수준에 부정적인 영향을 미치는 것을 확인하였다.



<Fig. 5> Decision tree for user satisfaction of mobility as a service

V. 결 론

본 연구는 대구광역시 MaaS 실증에 따른 효과평가를 위해 평가지표를 선정하고, 평가지표별 설문 항목을 설계하였다. 설문은 대구광역시에서 이루어진 실증 참여자를 대상으로 MaaS 이용자 만족도 조사를 수행하

였고, 설문 내용을 바탕으로 구조방정식모형을 활용해 평가지표별 전반적인 만족 수준에 미치는 영향을 분석하였다. 또한, 중요도-만족도 분석과 의사결정나무를 활용하여 그 결과를 비교하고, 영향요인에 따라 만족도를 높이기 위한 개선 사항을 도출하였다.

MaaS 이용만족도에 유의하게 큰 영향을 미치는 지표는 연계성으로 다양한 수단을 하나의 플랫폼으로 통합 결제하는 특성상 이용자 관점에서 수단 및 경로 선택에서부터 결제까지 모든 과정이 원활히 이루어지는 것이 만족도 결정에 중요한 역할을 하는 것으로 분석되었다. 이용만족도에 음(-)의 영향을 미치는 접근성의 경우 전기자전거 및 PM과 같은 수단의 등장으로 First/Last Mile의 도보 거리 및 이동 시간에 대한 만족도가 대부분 높은 수준이고 이를 반영한 접근성 지표는 이용자들의 전반적인 만족도 결정에 크게 반영이 되지 않은 것으로 판단된다. 평가지표 중 통계적으로 가장 유의하지 않고, 전반적인 만족도에 영향력이 가장 적은 경제성의 경우 MaaS 이용요금 및 환승에 대한 구체적인 정책이 확정적이지 않아 유의미한 결과가 나오지 않은 것으로 판단된다. 이동성과 정시성은 MaaS 이용만족도와 양의 관계를 보이지만, 통계적으로 유의성이 부족하여 연계성만큼의 뚜렷한 영향을 확인할 수 없었다. 다만, 의사결정나무 모형에서는 연계성 항목과 복합적으로 다른 지표 관련 항목들이 전반적인 만족도에 영향을 주는 것을 확인하였다. 또한, 구조방정식모형 분석을 위해서 일반적으로 200개 이상의 표본이 필요하지만, 본 연구에서는 실증을 통한 자료 수집의 한계로 104개의 표본으로 분석이 진행되었기 때문에 향후 적정 표본 수의 자료를 통해 추가 분석이 필요한 것으로 판단된다.

중요도-만족도 분석과 의사결정나무 분석의 결과도 구조방정식모형의 결과와 유사하게 연계성이 MaaS 이용만족도에 크게 영향을 미치는 것으로 나타났다. 특히 중요도-만족도 분석 결과에서는 연계성의 앱 연계 원활 수준에 대한 개선이 시급한 것으로 나타났으며, 그 다음으로 정시성의 도착 예상 시각의 정확 수준과 출·도착시각의 정확 수준, 경제성의 적용된 할인 요금 만족 수준으로 나타났다. 또한 의사결정나무 결과에서도 연계성의 앱 연계 원활 수준이 만족 이상일 경우 MaaS 이용만족도가 높아지는 것으로 나타났으며, 연계성 다음으로 이동성의 제공된 경로의 만족 수준을 통해 전반적인 만족 수준이 결정되는 것으로 판단된다. 연계성 이외에도 다른 평가지표 또한 복합적으로 전반적인 만족 수준에 영향을 미치므로 연계성과 함께 개선이 이루어진다면 MaaS 이용만족도가 크게 향상될 것으로 판단된다.

따라서 대구광역시 MaaS의 활성화를 위해 실증기간 동안 MaaS의 가장 큰 특성 중 하나인 연계에 대한 부분의 개선이 필요하며, 특히 앱 연계 원활 수준에 대한 개선이 앞으로 MaaS 활성화를 위해 필요할 것으로 판단된다. 이를 통해 추후 상용화 및 확대 시 승용차 이용 감소, 이산화탄소 절감, 대중교통 이용 활성화로 이어질 수 있을 것으로 기대할 수 있다.

본 연구에서는 대구광역시 MaaS 실증의 정량적 평가를 위한 평가지표 및 설문을 설계하였으며, 구조방정식모형을 활용하여 이용만족도와 평가지표별 인과 관계 및 영향을 도출하였다. 그러나 실증은 대부분 직장인이 참여하였으며, 주요 지점에서 짧은 기간 동안 이루어져 시공간적 범위를 확대했을 경우 결과에 차이가 나타날 수 있다. 또한 앱 개발 단계에서의 실증으로 인한 잦은 오류 등이 이용자 만족도에 크게 작용했을 가능성이 있어 향후 앱 개발 완성 후 보다 넓은 연구의 시공간적 범위를 설정하여 다양한 연령대 및 직업을 가진 시민들을 대상으로 한 설문을 통해 이용만족도에 미치는 영향 및 인과 관계에 대한 지속적인 분석이 필요하다.

ACKNOWLEDGEMENTS

본 연구는 국토교통부 및 국토교통과학기술진흥원의 스마트시티 혁신성장동력 프로젝트(22NSPS-C14953-05) 지원으로 수행하였습니다.

REFERENCES

- Ahn, W. Y. and Choi, L. R.(2014), “Importance Factor Analysis on Mobility Facilities for the Transportation Disabled by Using Structural Equation Model”, *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, vol. 34, no. 3, pp.939-945.
- Aman, J. J. C. and Smith-Colin, J.(2022), “Application of crowdsourced data to infer user satisfaction with Mobility as a Service(MaaS)”, *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, vol. 15, no. 100672.
- Arias-Molinares, D. and García-Palomares, J. C.(2020), “The Ws of Maas: Understanding mobility as a service from a literature review”, *International Association of Traffic and Society Sciences Research*, vol. 44, no. 3, pp.253-263.
- EduNow, <https://sooupforlee.tistory.com/>, 2022.12.13.
- Ha, O. K., Park, D. J., Won, J. M. and Jung, C. H.(2010), “The prediction Models for Clearance Times for the unexpected Incidences According to Traffic Accident Classifications in Highway”, *The Journal of Korean Institute of Intelligent Transport Systems*, vol. 9, no. 1, pp.101-110.
- Han, D. S., Kim, Y. R., Jin, M. S. and Yoon, C. J.(2022), “Evaluation of Road Transportation Service and Future Service Demand Analysis Using AHP and IPA method”, *International Journal of Highway Engineering*, vol. 24, no. 4, pp.75-83.
- Kang, Y. O., Son, S. R. and Cho, N. H.(2017), “Analysis of Traffic Accidents Injury Severity in Seoul using Decision Trees and Spatiotemporal Data Visualization”, *Journal of Cadastre & Land InformatiX*, vol. 47, no. 2, pp.233-254.
- Kim, G. S.(2010), (*Amos 18.0*)*Structural Equation Model Analysis*, Hannarae Academic, Seoul, South Korea, pp.387-388.
- Kim, K. B. and Hwang, K. S.(2012), “A study on the effect of traffic information satisfaction&expansion by the attitude on traffic information media using the Structural Equation Modeling”, *Journal of the Korea Academia-Industrial*, vol. 13, no. 10, pp.4453-4461.
- Kim, K. H. and Han, M. K.(2012), “A Study on the User Satisfaction of Type of Parking Lot in Apartment Complex by Structural Equation Modeling”, *Journal of the Korea Society of Civil Engineers D*, vol. 32, no. 3D, pp.197-203.
- Kim, S. H., Lee, S., Ahn, W. Y., Kim, G. S. and Kim, J. H.(2021), “Importance-Performance Analysis on Parking Sharing Platform Using Structural Equation Model: Focused on Dague City”, *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 39, no. 6, pp.753-765.
- Kim, W. C.(2015), “Exploring Factors Influencing the use of Intercity-bus Services by means of a Structural Equation Model-Focusing on Intercity-bus User in Chungcheongna-do Province-”, *Journal of the Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, vol. 14, no. 6, pp.100-109.
- Lee, S., Ahn, W. Y. and Ahn, G. G.(2015), “Importance Factor Analysis on Bus User’s Travel Time Satisfaction Using Structural Equation Model with Focus on Metropolitan Cities”, *Journal of Transportation Research*, vol. 22, no. 4, pp.33-43.
- Matyas, M. and Kamargianni, M.(2019), “Survey design for exploring demand for Mobility as a Service plans”, *Transportation*, vol. 46, no. 5, pp.1525-1558.
- Park, S. E., Koh, M. J., Kim, E. A., Jeong, J. H. and Kwon, O. H.(2021), “A Study on the

- Development of User Satisfaction Indicators in Smart Mobility Service”, *Journal of Korean Society of Transportation, Proceedings of the KOR-KST Conference*, pp.602-603.
- Park, Y. W., Back, S. H., Park, S. H. and Kwon, O. H.(2016), “A Study on the Crash Severity of Expressway Work Zones Using Decision Tree”, *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 34, no. 6, pp.535-547.
- Seo, J. M., Sheok, C. S. and Lee, S. G.(2020), “Analysis on the Introduction Possibility and Determinants of MaaS: Focused on Songdo city, South Korea”, *Journal of Korea Planning Association*, vol. 55, no. 6, pp.35-45.
- Sochor, J., Arby, H., Karlsson, I. M. and Sarasini, S.(2018), “A topological approach to Mobility as a Service: A proposed tool for understanding requirements and effect, and for aiding the integration of societal goals”, *Research in Transportation Business & Management*, vol. 27, pp.3-14.
- The Seoul Institute(2019), *Adoption of Smart Mobility Services in Seoul*, pp.2-83.
- Yun, H. R. and Ki, H. G.(2019), “Seoul-type Mobility as a Service(MaaS) introduction plan”, *The Seoul Institute*, vol. 283, pp.1-23.