

미래 모빌리티 체계 변화 예측 및 서비스 방향 연구

A Research on Forecasting Change and Service Direction for the Future Mobility System

권영민* · 김형주** · 임경일** · 김재환*** · 손웅비****

* 주저자 : 한국과학기술원 기계기술연구소 연수연구원

** 공저자 : 차세대융합기술연구원 경기도자율주행센터 선임연구원

*** 공저자 : 차세대융합기술연구원 경기도자율주행센터 센터장

**** 교신저자 : 차세대융합기술연구원 경기도자율주행센터 선임연구원

Yeongmin Kwon* · Hyungjoo Kim** · Kyungil Lim** ·
Jaehwan Kim** · Woongbee Son**

* Mechanical Technology Research Center, KAIST, Republic of Korea

** Gyeonggi Autonomous Driving Center, Advanced Institute of Convergence Technology, Republic of Korea

† Corresponding author : Woongbee Son, swb76@snu.ac.kr

Vol.19 No.3(2020)

June, 2020

pp.100~115

pISSN 1738-0774

eISSN 2384-1729

<https://doi.org/10.12815/kits.2020.19.3.100>

2020.19.3.100

Received 27 April 2020

Revised 25 May 2020

Accepted 9 June 2020

© 2020. The Korea Institute of
Intelligent Transport Systems. All
rights reserved.

요 약

제조업 중심의 기존 모빌리티 시스템은 지속가능한 발전에 대한 시대적·사회적 요구에 힘입어 전기화·공유화·자율화로 대변되는 미래 모빌리티 시스템을 중심으로 재편되고 있으며, IT 기술 발전에 힘입어 교통수단 혁신의 변화는 가속화될 전망이다. 이에 본 연구는 미래 모빌리티 체계 변화에 대한 방향성을 예측하고자 미래 모빌리티 전문가들(N=23)을 대상으로 설문 조사를 실시하였다. 설문조사를 통해 공유모빌리티, 자율주행자동차, 전기자동차, 통합교통서비스 등 4가지 미래 모빌리티 수단 및 서비스에 대한 영향력 및 변화정도를 측정된 후 이를 IPA(Importance Performance Analysis) 분석을 통해 확인하였다. 분석결과 공유모빌리티가 미래 모빌리티 시스템의 핵심요인으로 선정되었다. 또한, 미래 모빌리티 서비스 제공 방향성 탐색을 위해 8가지 서비스 요인(안전성, 친환경성, 심미성, 편의성, 정시성, 접근성, 수요응답성, 개인이동성)에 대한 AHP(Analytic Hierarchical Process) 분석을 실시하였으며, 그 결과 '안전성' 요인이 미래 모빌리티 서비스에서 가장 중요한 요인으로 평가되었다. 본 연구의 결과가 미래 모빌리티 체계 변화에 대응하는 정책 및 서비스 방향을 설계하기 위한 기초자료로 활용되기를 기대한다.

핵심어 : 미래 모빌리티, 자율주행자동차, 전기자동차, 공유모빌리티, 통합교통서비스

ABSTRACT

The manufacturing-oriented mobility system is being reorganized around the future mobility system represented by electrification, sharing, and autonomy, driven by the social demand for sustainable development. Changes in future mobility systems are expected to accelerate thanks to advances in IT technology. To this end, this study conducted an expert survey (N=23) to predict the direction of changes in the future mobility system. Through the survey, 'mobility sharing' was selected as a key factor in the future mobility system among four future mobility. In addition, 'safety' was selected as the most important service factors in future mobility system among eight future mobility service factors. We hope that the results of this study will be used as basic information to design policies and service directions of preparation for the future mobility system.

Key words : Future mobility, Autonomous vehicle, Electric vehicle, Mobility sharing, Mobility as a Service

I. 서론

자동차 산업은 대표적 종합산업으로 부품 제조와 완성차 조립, 판매, 정비, 할부 금융, 보험을 포함하는 광범위한 전·후방 산업 연계성으로 인해 산업의 전 영역에 영향을 미칠 수 있는 국가 기간산업으로 분류된다. 특히, 우리나라에서 모빌리티 산업은 전체 제조업 생산의 13.6%를 차지하고 있으며, 전체 고용의 11.8% 및 부가가치의 12.0%를 담당하고 있는 대표적인 기간산업이자 경제를 견인하는 중추산업이다 (Statistics Korea, 2015). 교통수단의 품질과 안전이 산업 전반에 미치는 영향이 큰 산업 특성상 모빌리티 산업은 전통적으로 보수적인 경향을 보이지만, 교통 운송업 전반에 불고 있는 친환경적 변화의 시대적·사회적 요구에 맞추어 미래 모빌리티 산업이 내연기관 자동차산업을 점진적으로 대체할 전망이다.

세계적으로 전기차로 대변되는 친환경자동차와 첨단 IT기술 기반의 자율주행, 공유모빌리티 등 미래 모빌리티 산업으로 교통 패러다임이 전환될 예정이며, 미래 모빌리티 수단이 이끄는 미래차 혁명은 기존 내연기관 사업영역의 축소와 전기차 배터리, 차량용 반도체 등 전장 시장의 성장을 견인할 것으로 예상된다. 중앙 정부는 미래 모빌리티 혁신에 선제적으로 대응하기 위해 '19년 10월 관계부처 합동의 『미래자동차 산업 발전전략, 2030년 국가 로드맵』을 발표하였다. 향후 미래차 시장은 친환경차, 자율주행&스마트카, 서비스 산업이 견인할 것으로 예상되며, 미래차 대전환에 실기(失期)할 경우 자동차 선진국의 지위가 위태로워지고, 모빌리티 산업 전반에 걸친 위기가 도래할 것을 우려되는 시점이다. 이러한 맥락에서 정부는 2030년 미래차 경쟁력 1등 국가로 도약한다는 목표를 세우고 미래 모빌리티 기술력과 국내보급 가속화를 기반으로 세계시장을 적극적으로 공략한다는 방침을 발표하였다.

미래 모빌리티의 성공적 도입을 위해 사회적·경제적·정책적 측면의 다양한 학술 연구들이 진행되고 있다. 과거 수행된 미래 모빌리티 연구들을 수단별로 살펴본 결과 전기차의 경우 구매자 인구통계학적 특성 파악 (Hardman and Tal, 2016; Simsekoglu, 2018; Lee et al., 2019), 보급정책(Kwon et al., 2018), 인프라 구축 전략 (Ahn and Yeo, 2015; Morrissey et al., 2016), 운행환경 분석(Kwon et al., 2020a) 등의 주제로 연구가 진행되었다. 특히, 최근의 전기차 보급 활성화로 인한 운행자료 및 전력사용량과 연계한 빅데이터 분석 연구가 주를 이루고 있다(Han et al., 2016; Flammini et al., 2019). 이와 비슷한 형태 및 주제의 연구들은 자율주행 자동차와 공유모빌리티에도 적용돼 미래 모빌리티 시대를 대비하고 있다(Cohen and Kietzmann, 2015; Fagnant and Kockelman, 2015; Bonnefon et al., 2016). 또한, 최근 세계 각 지역에서 도입되고 있는 통합모빌리티 서비스와 관련된 도입, 운영방안, 요금결제 방식, 플랫폼 제공 방식 등의 연구가 진행되고 있으며, 2020년 1월 교통정책 분야의 학술 지인 Transportation Research Part A의 “Developments in Mobility as a Service and Intelligent Mobility” 특집호로 20편 내외의 논문들이 게재되는 등 연구의 영역 및 범위를 광범위하게 확장해 가고 있다.

과거 연구들을 통해 일반 사용자 측면의 개별 미래 모빌리티 수단에 대한 사회적 수용성, 지원정책, 인프라 구축 방향 등을 분석한 연구는 상당한 진전이 있었다. 하지만, 미래 모빌리티 수단 간 변화를 종합적으로 분석하고 서비스 방향을 제시한 연구는 여전히 부족한 실정이다. 이는 미래 모빌리티에 대해 종합적으로 평가하고 서비스 방향을 제시하기 위해서는 관련분야 전문가들을 대상으로 심도 깊은 논의와 연구가 진행돼야 하지만 해당 분야의 전문가 패널을 충분히 확보하기가 상대적으로 힘들기 때문이다. 또한 일반인들은 하나의 트렌드와 사안을 평가할 때 회고적(retrospective)경향을 보이는 반면, 전문가들은 미래에 대한 예측적(predictive) 평가를 내리는 경향이 있기 때문에 미래 모빌리티 체계 변화에 대한 관련 전문가 집단의 의견 수렴을 통해 향후의 방향성을 예측할 필요가 있다(Seoul Design Survey, 2017).

따라서 본 연구는 교통 및 도시 관련 전문가 집단을 구성한 후 공유모빌리티, 자율주행자동차, 전기화자동차 등 육상교통 중심의 미래 모빌리티 체계 변화에 대한 종합적인 설문조사 수행을 통해 미래 모빌리티 수

단별 영향력 및 변화의 순위를 도출하였으며, 미래 모빌리티의 서비스 제공 방향성을 동시에 탐색하였다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 미래 모빌리티 각 수단에 대해 살펴본 후 미래 모빌리티와 관련된 주요 서비스 속성을 도출하였다. 연구방법론인 IPA(Importance Performance Analysis) 및 AHP(Analytic Hierarchical Process)에 대해 3장에서 서술한 후 이어진 4장에서 분석을 위한 설문 설계 및 전문가 집단의 표본 특성을 살펴보고 있다. 미래 모빌리티 서비스 방향성 및 중요도에 관한 연구 결과는 5장에서 제시하였으며, 마지막 6장에서는 본 연구의 결론 및 시사점을 제시하였다.

II. 미래 모빌리티 서비스 요인 도출

본 연구는 미래 모빌리티 체계에 영향을 미치는 수단과 변화의 시점, 그리고 미래 모빌리티 서비스 제공 방향에 대해 평가하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 본 연구에서 고려한 미래 모빌리티 수단들에 대해 정의한 후 문헌고찰을 통해 미래 모빌리티와 관련된 주요 서비스 속성을 도출하였다.

1. 미래 모빌리티 및 서비스

Ernst & Young의 Kevin Roberts에 따르면 미래 모빌리티란 통행 목적을 달성하기 위한 친환경적이고 통합적이며, 자동화된 맞춤형 서비스를 포함하는 이동수단을 뜻한다. 이에 본 연구에서는 미래 모빌리티 수단 및 서비스로 육상교통 중심의 공유모빌리티, 자율주행자동차, 전기화자동차, 통합모빌리티 서비스 등 4가지를 고려했으며 각 수단 및 서비스에 대한 정의와 현황은 다음과 같다.

1) 공유모빌리티

공유모빌리티란 모빌리티를 공유한다는 뜻으로 2008년 금융 위기로 인한 세계적인 경제 불황 이후 ‘협력적 소비’로 일컬어지는 공유경제를 통해 실용적인 경제 활동을 영위하기 위해 도입되기 시작하였다. 이후 IT 산업의 발전과 소득의 불균형으로 인해 공유 패러다임의 확산은 카셰어링, 라이드셰어링, 카헤일링 등 유형의 확산에 더불어 가속화되고 있다. 특히, i) 차별화 및 세분화된 서비스 수요 제공, ii) 1인 가구 증가 및 고령화에 따른 경제적 편익 증가, iii) 도시화의 고도화로 대도시의 교통체증 증가, iv) 차고지 확보 어려움 및 소유에 따른 부대비용 상승 등의 문제로 인해 차량공유 시장규모는 오는 2040년 3조3,000억달러 까지 폭발적으로 증가할 전망이다 (Samjong KPMG, 2019).

2) 자율주행자동차

자율주행자동차란 운전자 또는 승객의 조작 없이 자동차 스스로 운행이 가능한 자동차를 말한다(자동차관리법 제2조 제1호의3). 1960년대 벤츠가 자율주행 개념을 최초 제안했으며, 1990년을 전후로 컴퓨터 판단 기술 분야가 급속도로 발전하면서 해당 분야의 연구가 본격적으로 시작됐다. 우리나라도 자율주행차를 주요 성장동력 산업에 포함시켜 육성중에 있으며 2024년까지 완전자율주행을 위한 제도 도입 및 관련 시스템을 완비한 후 2027년 전국 주요 도로에 레벨4 수준의 완전자율주행을 세계 최초로 상용화할 계획을 2019년 10월 미래차산업 국가비전 선포식에서 발표했다. 자율주행차 도입에 따른 주요 효과로는 i) 운행비용 감소 5~60%, ii) 새로운 차량 이용자 증가 2~10%, iii) 군집주행 기술 적용 4~25%, iv) 친환경 운전 0~20% 등이 있다 (Wadud et al., 2016).

3) 전기화자동차

전기화자동차란 배터리를 통한 전기에너지를 주 동력원으로 사용하는 자동차로 (환경친화적 자동차의 개발 및 보급 촉진에 관한 법률 제2조 제3호) 전기자동차, 플러그인하이브리드자동차, 수소연료자동차 등을 포함하는 개념이다. 석유자원 고갈대비, 환경개선 및 차세대 혁신성장 동력 창출을 위해 전기차 시장은 매년 기하급수적으로 성장하여 2018년 기준 순수 전기차의 누적 판매량은 330만대를 돌파하였다 (Global EV Outlook 2019, IEA). 전기화의 패러다임 전환은 더욱 가속화되어 2040년 전체 자동차 판매량의 57%, 전 세계자동차 이용자의 30%가 전기차를 활용할 것으로 예측된다 (Bloomberg Finance, 2019). 이에 대한민국 정부도 2030년 전기·수소차의 국내 신차비중 33%, 세계시장 점유율 10% 달성을 하겠다는 목표를 2019년 10월 발표하였다.

4) 통합모빌리티 서비스

통합모빌리티 서비스(Mobility as a Service; MaaS)란 자동차, 버스, 지하철, 자전거 등 다양한 교통수단을 하나의 플랫폼으로 통합해 제공하는 서비스를 뜻한다. 이용자의 통행 수요를 충족시키기 위해 자동차, 버스, 지하철 등의 기존 교통수단에 공유모빌리티, 자율주행시스템 등 차세대 모빌리티를 함께 활용하는 서비스로 이용자 개인에 맞는 맞춤형 대안을 제시해 준다. 주요 특징으로는 i) 다양한 교통수단의 통합(Integration of transport modes), ii) 단일 플랫폼 형식(One-platform), iii) 이용자 중심의 맞춤형 서비스 제공(Customization), iv) 통행계획 서비스(Journey planning), v) 다양한 유형의 요금제 기반 교통패키지(Traffic packages) 제공 등이 있다. 2016년 핀란드 Whim이 세계 최초로 통합모빌리티 서비스를 상용화해 제공했으며 우리나라의 서울특별시(The Seoul Institute, 2018), 경기도(Advanced Institute of Convergence Technology, 2020), 부산광역시(Busan Development Institute, 2019) 등도 지역 맞춤형 통합모빌리티 도입을 추진하고 있다.

2. 미래 모빌리티 서비스 속성 도출

본 연구는 미래 모빌리티의 기술적·사회적 서비스 속성과 관련된 총 8가지 요인에 대한 중요도를 분석하고자 한다. 전기차로 대변되는 미래 모빌리티의 잠재적 소비자에 대한 서비스 요인을 도출한 Kwon et al.(2020b)의 연구는 친환경 대중교통 수단의 특성과 관련된 3가지요인 (안전성, 친환경성, 심미성)에 기존 모빌리티 서비스 속성 측면의 5가지 요인(편의성, 청결성, 혼잡성, 좌석편안함, 승하차편의성) 등 총 8가지 요인을 고려하였다. 이들 속성 중 안전성, 친환경성, 심미성 등이 미래 모빌리티와 기존 교통수단의 차이를 대변하는 서비스 요인으로 평가되었다. 전기차의 속성만을 고려한 기존 연구와 달리 본 연구는 공유모빌리티, 자율주행자동차 등 미래 모빌리티와 관련된 속성을 또한 포함시키고자 하였다. 이에 기존 연구를 통해 내연기관 교통수단과 미래 모빌리티 수단의 서비스 차이가 다른 것으로 평가된 안전성, 친환경, 심미성(Lieven et al., 2001; Hidrue et al, 2011; Liao et al., 2017; Kwon et al., 2020b)에 스마트 대중교통의 수요응답형(Hong et al., 2019), 미래 변화에 대응한 개인이동형(Jung, 2018) 등을 추가한 총 5가지 요인을 미래 모빌리티 서비스 속성으로 도출하였다. 또한, 모빌리티의 일반적 서비스 속성 중 중요도가 높게 파악된 편의성, 접근성, 정시성(Stradling et al., 2007; Budiono, 2009; Mahmoud and Hine, 2013) 등 3가지 요인을 미래 모빌리티 평가속성으로 추가 고려하였다. 미래 모빌리티 서비스를 평가하기 위해 총 8가지 요인이 최종적으로 도출되었으며, 각 요인에 대한 정의는 <Table 1>과 같다.

<Table 1> Definition of future mobility service factors

Factor	Definition
Convenience	• Mode conducive to comfort or ease
Accessibility	• People’s overall ability to reach desired services and activities
Safety	• Safety of travel (from getting on to off)
Punctuality	• Measure of time gap between the actual and scheduled arrival time
Demand responsibility	• Non-fixed route, flexible transit service
Eco-friendly	• Diminishment of emission occurring by operation of future mobility
Personal mobility	• Small vehicle that is designed for one or two person
Aesthetic	• Aesthetic of future mobility as differentiated from that of conventional mobility

Ⅲ. 연구모형 및 방법론

1. IPA(Importance Performance Analysis)

IPA 분석은 소비자들이 특정 제품이나 서비스에 대해 어떻게 인식하는지 측정하는 정량적 평가 기법으로, Martilla and James (1977)가 자동차에 대한 소비자들의 만족도를 분석하기 위해 자동차와 관련된 여러 속성에 대한 소비자들의 인식을 측정하는 데 처음 사용되었다. IPA matrix를 통해 시각적으로 도출되는 4개의 사분면을 가진 2차원 그래프에서 개별 속성의 중요도와 만족도 값을 표시함으로써(Martilla and James, 1977; Siniscalchi et al., 2008), 소비자 혹은 응답자가 특정 요소에 대해 어떻게 인식하는지를 명확히 표현하는 것이 IPA 방법론의 중요한 특·장점이다(Levenburg and Magal, 2004). 본 연구는 대중교통과 개인승용차 영역의 미래 모빌리티의 영향력과 변화의 우선순위를 IPA matrix를 도출하여 정량적이면서 직관적으로 파악하고자 한다. 다만, 미래 모빌리티에 대한 체계 변화를 예상하는 연구 주제를 고려하여 IPA분석에서 측정하는 2차원의 X축인 '만족도'는 '변화속도'로, Y축인 '중요도'는 '영향력'으로 대체해 연구를 수행하고자 한다.

2. AHP(Analytic Hierarchy Process)

기존 문헌고찰을 통해 미래 모빌리티 서비스 속성과 관련된 8가지 요인들을 도출한 후 AHP(계층분석적 의사결정방법) 분석을 이용하여 각 요인들에 대한 상대적 중요도를 평가하였다. AHP는 다수의 의사결정자가 참여하는 다기준 의사결정(Multiple-criteria Decision-making) 문제에서 평가 기준과 고려되는 항목들을 계층화한 후 평가항목 간 상대적 중요도를 쌍대비교(pairwise comparison) 측정을 통해 최적 대안을 선택하는 방법으로 여러 대안들의 우선순위나 중요도를 도출하는 유연하면서도 강력한 수단으로 알려져 있다(Kwon et al., 2019). 이러한 맥락에서 공학을 포함한 사회과학 분야에서 다양하게 활용되고 있다.

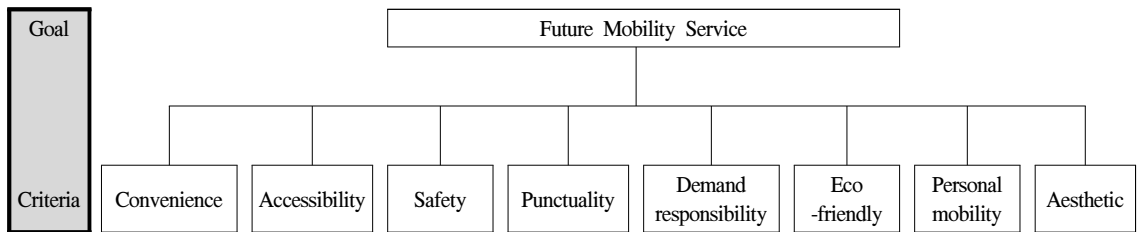
1) AHP 분석 절차

기존 AHP 분석은 대안들에 대한 평가를 포함해 총 4단계로 구성되나 본 연구는 미래 모빌리티 서비스 속성에 대한 평가 단계까지 수행하였기에 다음의 3단계에 걸친 분석작업을 수행하였다.

첫 번째 단계는 연구목표와 평가속성들을 계층적으로 구조화하는 과정이다. 계층의 최상층은 본 연구의 의사결정 목적인 미래 모빌리티 서비스 제공 방향으로 설정되었으며, 의사결정에 영향을 미치는 편의성, 접

근성, 안전성, 정시성, 수요응답형, 친환경, 개인 이동성, 심미성 등 8가지 요인들이 평가속성으로 선정돼 그 다음 계층을 구성하였다. 본 연구에서 제안한 1레벨 8가지 요인들로 구성된 계층구조모형은 <Fig. 1>과 같다.

두 번째 단계는 평가항목 간 쌍대비교 값을 수집하여 상대적 우선순위 도출을 위한 판단자료를 획득하는 과정이다. 본 연구는 5점 척도(1: 동등함, 3: 더 중요함, 5: 절대적으로 중요함, 짝수: 홀수 값들의 중간 값)를 사용하여 평가항목들에 대해 2개씩 쌍대로 비교하여 응답자들의 상대적 선호도를 평가하였다. 이를 위해 행렬 A를 생성하여 미래 모빌리티 서비스 제공 방향 목표(<Fig. 1>의 Goal)를 설정하는데 공헌하는 하위계층(<Fig. 2>의 Criteria)의 근거로 제시된다. 쌍대비교행렬은 다음의 식 (1)과 같이 행렬의 대각선을 중심으로 역수 형태를 취하게 된다.



<Fig. 1> Hierarchical structure model for future mobility service

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & 1 \end{bmatrix}, a_{ij} = 1/a_{ji}, a_{ii} = 1, \forall i \dots\dots\dots (1)$$

마지막 세 번째 단계는 고유치방법(eigenvalue method)을 활용하여 평가항목들 간 상대적인 가중치를 산정하는 과정이다. 같은 계층 내에서 비교 대상이 되는 n개 항목에 대한 요인별 상대적 중요도를 $w_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 라 가정하였을 시, 식 (1)의 행렬에서 a_{ij} 는 w_i 에서 w_j 를 나눈 값을 통해 추정할 수 있다. 이 경우 행렬에 포함 되는 모든 구성요소는 식 (2)와 같은 형태로 표현할 수 있다.

$$\sum_j^n a_{ij} \cdot w_j = n \cdot w_i \quad (i, j = 1, \dots, n) \dots\dots\dots (2)$$

AHP 평가에서 응답자들은 평가항목의 중요도(w)를 정확히 알지 못하며 해당 값을 추정하게 되는데, 이 경우 추정된 가중치를 반영한 쌍대비교행렬 A'의 w' 값은 다음 식(3)을 통해 근사적으로 계산할 수 있다.

$$A' \cdot w' = \lambda_{max} \cdot w' \dots\dots\dots (3)$$

여기서 λ_{max} 는 행렬 A'에서 상대적으로 가장 큰 고유치를 의미한다. 이 경우 λ_{max} 는 고려되는 전체 항목 n보다 항상 동일하거나 크기 때문에 λ_{max} 가 n에 가까워질수록 행렬 A 수치들의 일관성이 확보됐음을 의미한다. 일관성 지수는 쌍대비교를 통해 얻어진 행렬의 논리적 모순성 정도를 검증하기 위한 필수 조건으로

일관성 지수(consistency index: CI)와 일관성 비율(consistency ratio: CR)은 비교수행자가 얼마만큼의 일관성을 가지고 결과를 적었는지 보여주는 지표로 해석가능하다. CI와 CR 값은 다음의 식 (4)를 통해 계산할 수 있다.

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \cdot \frac{1}{R.I.} \dots\dots\dots (4)$$

여기서 RI는 난수지수(random index)로 1~9까지의 수치 중 임의로 설정한 역수행렬을 작성한 후 이 행렬의 평균 일관성지수를 산출한 값으로 일관성의 허용한도를 나타낸다. 경험법칙에 의하여 식 (4)에서 산출한 CI 값이 통상적으로 0.1 이상이면 응답자의 답변을 신뢰할 수 없다고 보며, 0.1 미만인 경우에 응답자의 답변을 신뢰할 수 있다고 본다 (Saaty, 1990). 즉 쌍대비교행렬의 일관성이 확보된 CI 값이 0.1 미만을 기록한 응답자들의 결과값만을 활용해 미래 모빌리티 서비스 제공 방향에 대한 평가를 진행하게 되는 것이다.

2) AHP 기본공리

AHP 분석 시 다음과 같은 4가지 공리를 만족시켜야 한다. 첫째, 이원비교(reciprocal comparision)의 공리로 의사결정자의 두 대상에 대한 이원비교가 반드시 가능해야 하며, 중요성의 정도를 나타낼 수 있어야 하며, 이 중요성의 정도는 반드시 역조건을 성립시켜야 한다. 즉 A가 B보다 x배 중요하다면, B는 A보다 1/x배 중요시되어야 한다. 둘째, 동질성(homogeneity) 공리로 중용성의 정도는 한정된 범위 내의 정해진 척도(bounded scale)를 통해 표현되어야 한다. 셋째, 독립성(independence) 공리로 상대적인 중요도를 평가하는 요인들은 특성이나 내용 측면에서 서로 관련성이 없어야 한다. 마지막 넷째, 기대성(expectation) 공리로 계층구조는 의사결정에 필요한 모든 사항들을 완전하게 포함하는 것으로 가정한다. 본 연구는 AHP의 모든 공리를 충족하게 설계·분석되었으며 설문 설계는 이어지는 ‘IV 설문 설계 및 표본 특성’에서 자세히 설명한다.

IV. 설문 설계 및 표본 특성

1. AHP 설문 설계 및 데이터 수집

4차산업혁명 미래 모빌리티에 대한 서비스 제공 방향을 평가하기 위해 미래교통 전문가로 구성된 집단을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 전문가 설문조사에 주로 활용되는 AHP 기법은 10명 이하의 소표본의 경우에도 분석이 허용되는 등 표본크기에 대한 제약이 크지 않다. 다만, 설문조사에 참여하는 전문가 수가 증가할수록 연구의 신뢰도가 증가할 수 있으며, 일부 연구에서는 AHP 표본의 크기가 최소 15명 이상 확보되기를 권장하고 있다. 이에 본 연구는 총 26명의 미래교통 전문가들을 대상으로 설문조사를 진행하였다.

전문가 자문을 요청하기 위해 자체적으로 설정한 전문가 기준은 다음과 같다. 첫째, 교통 및 유관 분야에서 박사학위를 취득한 사람. 둘째, 교통 및 유관 분야에서 석사학위를 취득한 후 최소 5년 이상 모빌리티 분야 연구를 수행한 사람. 설문조사는 구조화된 설문지를 개별 전문가들에게 전자메일 발송 후 회답받는 방식으로 2020년 2월 진행되었다.

설문조사는 총 2가지 파트로 구성된다. 첫 번째 파트는 미래 모빌리티 체계 변화에 대한 영향력과 변화의 순위를 측정하기 위한 질문으로 구성된다. 제시된 서비스 요인에 대해 응답자들은 영향력 및 변화의 순위를 순서형 척도로 평가하게 된다. 두 번째 파트는 AHP 분석 수행을 위해 고려된 8개의 평가 요소들 간 1:1 쌍대비교도표 질문을 바탕으로 하며, 총 28개 문항으로 구성되었다. 응답자들은 상대적으로 더 중요하다고 판단하는 서비스 제공

방향을 5점 리커트 척도로 평가하게 되며, 절대적으로 중요하다고 생각되는 경우 해당 요소방향에 가까운 ⑤를 선택하게 되며, 더 중요하면 ③을, 1:1로 비교되는 두 요소가 동등하게 중요하다 생각될 시 ①을 선택하게 된다. 짝수인 ②와 ④는 약간 중요, 매우 중요을 각각 의미한다. 수행된 설문조사지의 예시는 <Table 2>와 같다.

<Table 2> Summary of survey questionnaires

Classification	Survey questionnaires examples											
Part 1. AHP analysis	(Example) When comparing 'Left factor (A)' and 'Right Factor (B)' in the decision to provide 'future mobility service direction', the below table shows that 'Safety' is more important than 'Eco-friendly'.											
	Factor (A)	← Left factor is more importance			← Equal importance			→ Right factor is more importance			Factor (B)	
	Safety	5	4	③	2	1	2	3	4	5	Eco-friendly	
Part 2. IPA analysis	(Question) What do you think influences the future mobility system change in the private car sector? Please write the rankings in the order you think they have the greatest impact. Also, please indicate the priority of each factor change in the future personal transportation system change.											
		Service factor				Influence ranking			Change point ranking			
	①	Car/Ride Sharing				()			()			
	②	Autonomous Vehicle				()			()			
	③	Electrified Vehicle				()			()			
④	Mobility as a Service				()			()				

2. 표본 특성

전문가 기준을 충족하는 26명에게 설문을 요청했으며, 그 중 AHP 응답의 일치성 지수(CI)가 0.1 이상인 3명의 응답을 제거한 후 총 23명에 대한 최종분석을 진행하였다. 전문가 집단의 전공분야는 교통공학이 10명으로 가장 많았으며, 교통계획 6명, 행정학 2명, 도시계획 2명 등의 순으로 조사되었다. 전체 응답자의 91.3%가 미래 모빌리티와 관련된 분야에서 박사학위를 취득하였으며 응답자의 평균 연령은 39.3세인 것으로 분석되었다. 석사학위를 소지한 2명의 경우 관련 4.1장에서 서술하였듯이 미래 모빌리티 관련분야에서 최소 5년 이상 근무한 사실을 확인하였다. 소속별로 응답자를 구분한 결과 차세대융합기술원(AICT), 아주대학교, 한국교통연구원(KOTI) 소속이 각 4명씩으로 가장 높았으며, 한국과학기술원(KAIST) 3명, 서울대학교(SNU) 2명 등의 순으로 조사되었다. 설문조사에 참여한 전문가 집단에 대한 구체적 인구통계학적 특성은 <Table 3>과 같다.

<Table 3> Characteristics of the sample

Attributes		Number (%)	Attributes		Number (%)
Sample size		23 (100.0)	Affiliation	AICT	4 (17.4%)
Age	Under 40	15 (65.2%)		Ajou University	4 (17.4%)
	40-49	7 (30.4%)		KOTI	4 (17.4%)
	50 and over	1 (4.3%)		KAIST	3 (13.0%)
Major	Transportation engineering	10 (43.5%)		SNU	2 (8.7%)
	Transportation planning	7 (30.4%)	etc	6 (13.0%)	
	Public administration	2 (8.7%)	Degree	Maser	2 (8.7%)
	etc.	4 (17.4%)		Doctor	21 (91.3%)

V. 분석결과

1. 미래 모빌리티 체계 변화에 대한 IPA 평가결과

1) 대중교통 영역의 미래 모빌리티 체계 변화

대중교통 교통 영역의 미래 모빌리티 체계 변화에 영향을 미치는 요인 중 영향력이 크다고 생각하는 요인에 대한 결과, 1순위로 ‘자율주행자동차(Autonomous vehicle)’가 38.5%로 가장 높게 나타났고, 다음으로 ‘통합화(MaaS)’ 30.8%, ‘차량공유(Car/Ride Sharing)’ 26.9%, ‘전기화(Electrified vehicle)’ 3.8% 순으로 높게 나타났다. 반면, 미래 대중교통체계 변화에서 각 요인들이 변화하는 시점의 우선순위에 대한 결과, 1순위로 ‘전기화’가 50.0%로 가장 높게 나타났고, 다음으로 ‘차량공유’ 23.1%, ‘통합화’ 19.2%, 자율주행자동차 7.7% 순으로 높게 나타났다. 미래 대중교통체계의 변화에서 전기화의 영향력이 가장 낮게 나타났지만, 변화 시점 우선순위에서는 가장 높게 평가돼 상반된 결과가 나타났음을 확인할 수 있었다. 반면 자율주행자동차의 영향력이 미래 대중교통체계의 변화에 가장 큰 것으로 평가되었으나 변화 시점에서는 가장 오랜 시간이 걸릴 것으로 평가되었다.

미래 모빌리티 체계 변화의 영향력과 변화속도를 1순위 4점, 2순위 3점, 3순위 2점, 4순위 1점으로 하여 산출된 평균값을 바탕으로 대중교통 교통 영역의 미래 모빌리티 체계 변화에 미치는 영향력과 변화하는 시점의 우선순위를 IPA 분석하였다(<Fig. 2-(a)> 참조). IPA matrix에서 영향력과 변화속도가 높은 1사분면은 핵심요인으로, 영향력 순위는 낮으나 변화하는 시점 순위가 높은 2사분면은 급변요인으로, 영향력 순위와 변화하는 시점 순위가 모두 낮은 3사분면은 저관여요인으로, 영향력 순위는 높으나 변화하는 시점 순위가 낮은 4사분면은 영향요인으로 정의하였다. 그 결과 ‘차량공유’는 핵심요인으로 나타났으며, ‘자율주행자동차’와 ‘통합화(MaaS)’는 영향요인으로 분석되었다. 반면, ‘전기화’는 2사분면의 급변요인에 위치하였다.

<Table 4> Future mobility system changes in public transportation (unit:%)

Service factor	Factor influencing changes in the future mobility system				Future public transport system changes			
	1 st rank	2 nd rank	3 rd rank	4 th rank	1 st rank	2 nd rank	3 rd rank	4 th rank
Car/Ride Sharing	26.9	34.6	38.5	-	23.1	46.2	23.1	7.7
Autonomous Vehicle	38.5	26.9	19.2	15.4	7.7	7.7	23.1	61.5
Electrified Vehicle	3.8	3.8	23.1	69.2	50.0	30.8	7.7	11.5
Mobility as a Service	30.8	34.6	19.2	15.4	19.2	15.4	46.2	19.2
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

2) 개인승용차 영역의 미래 모빌리티 체계 변화

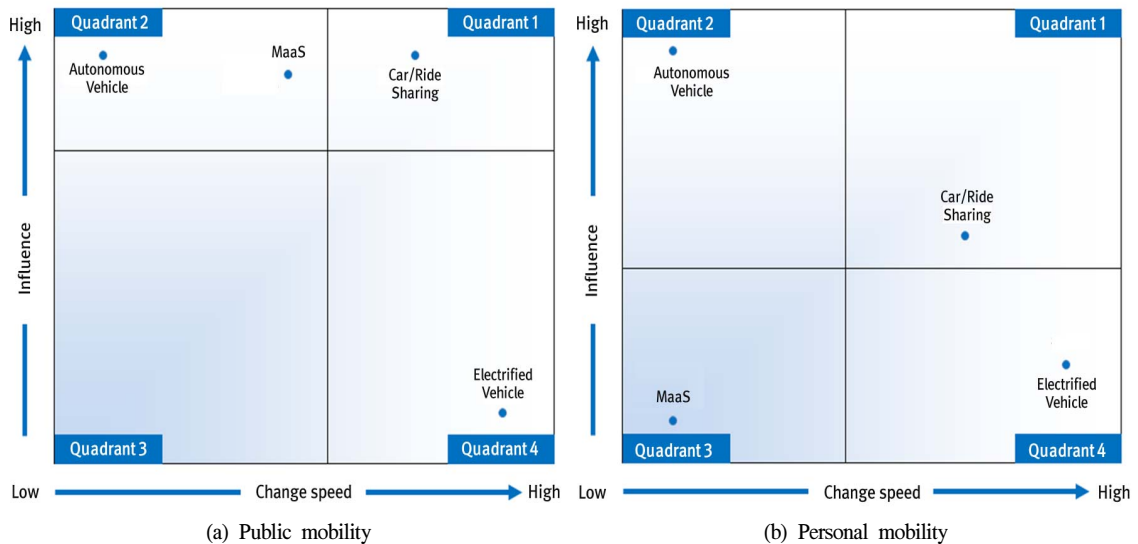
개인 승용차 교통 영역의 미래 모빌리티 체계 변화에 영향을 미치는 요인 중 영향력이 크다고 생각하는 요인에 대한 결과, 1순위로 ‘자율주행자동차(Autonomous vehicle)’가 65.4%로 가장 높게 나타났고, 다음으로 ‘차량공유(Car/Ride Sharing)’ 19.2%, ‘통합화(MaaS)’ 11.5%, ‘전기화(Electrified vehicle)’ 3.8% 순으로 높게 나타났다. 반면, 미래 개인교통체계 변화에서 각 요인들이 변화하는 시점의 우선순위에 대한 결과, 1순위로 ‘전기화’ 53.8%로 가장 높게 나타났고, 다음으로 ‘차량공유’ 26.9%, ‘자율주행자동차’ 11.5%, ‘통합화’ 7.7% 순으로 높게 나타났다. 대중교통 영역과 비교하였을 시 개인승용차 영역에서 자율주행자동차의 영향력이 훨씬 강화될 것이라 전문가들은 평가하였다. 또한, 대중교통 영역과 마찬가지로 전기화의 경우 영향력 평가에서는 가장 낮

은 수준에 머물렀지만, 변화 시점의 우선순위에서는 가장 높은 순위를 기록하였다.

대중교통 영역의 미래 모빌리티 체계 변화 분석과 동일한 방법으로 개인승용차 교통 영역의 미래 모빌리티 체계 변화에 미치는 영향력과 변화하는 시점의 우선순위를 IPA matrix로 도식화 하였다(<Fig. 2-(b)> 참조). 그 결과 ‘차량공유’, ‘전기화’, ‘자율주행자동차’의 경우 대중교통 영역의 IPA 분석과 동일한 사분면에 위치했지만 ‘통합화’는 영향요인에서 저관여요인으로 평가가 달라졌음을 확인할 수 있었다.

<Table 5> Future mobility system changes in public transportation (unit:%)

Service factor	Factor influencing changes in the future mobility system				Future public transport system changes			
	1 st rank	2 nd rank	3 rd rank	4 th rank	1 st rank	2 nd rank	3 rd rank	4 th rank
Car/Ride Sharing	19.2	38.5	30.8	11.5	26.9	46.2	23.1	3.8
Autonomous Vehicle	65.4	26.9	3.8	3.8	11.5	7.7	34.6	46.2
Electrified Vehicle	3.8	26.9	38.5	30.8	53.8	34.6	3.8	7.7
Mobility as a Service	11.5	7.7	26.9	53.8	7.7	11.5	38.5	42.3
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0



<Fig. 2> IPA results

3) 미래 모빌리티 체계 변화의 대중교통과 개인승용차 영역 비교

미래 모빌리티 체계 변화에 미치는 영향력 순위를 대중교통 영역과 개인승용차 영역으로 paired t-test 한 결과, ‘차량공유’를 제외한 ‘자율주행자동차’, ‘전기화’, ‘통합화(MaaS)’에 대한 평가는 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다. ‘자율주행자동차’와 ‘전기화’의 영향력 순위는 개인승용차 영역이 대중교통 영역보다 높게 분석됐지만 ‘통합화’는 이와 반대로 대중교통 영역이 개인승용차 영역보다 높은 것으로 분석되었다. 미래 모빌리티 체계가 변화하는 순위를 대중교통 영역과 개인승용차 영역으로 나누어 동일한 분석을 수행한 결과 통합화(MaaS)만이 통계적으로 유의미한 차이가 존재하였다 (<Table 6> 참조).

<Table 6> Future mobility system changes in public transportation (unit:%)

Service factor	Influence ranking			Change point ranking		
	Public mobility	Personal mobility	p-value	Public mobility	Personal mobility	p-value
Car/Ride Sharing	2.88	2.65	0.348	2.85	2.96	0.628
Autonomous Vehicle	2.88	3.54	0.016**	1.62	1.85	0.398
Electrified Vehicle	1.42	2.04	0.009***	3.19	3.35	0.565
Mobility as a Service	2.81	1.77	0.001***	2.35	1.85	0.070*









Note: * Significant at 0.1 level, ** Significant at 0.05 level, *** Significant at 0.01 level

2. 미래 모빌리티 서비스 제공 방향에 대한 AHP 평가결과

미래 모빌리티 도입에 대비한 서비스 방향 도출을 위한 2차 분석으로 전문가 집단 대상 AHP 분석을 시행하였다. 통계적 유의성 확보를 위해 CI 값이 0.1 미만인 전문가의 분석 결과만을 활용했으며, AHP 분석결과를 바탕으로 한 미래 모빌리티 서비스 제공 방향에 대한 중요도는 <Table 7>로 평가되며, 전문가 개인별 AHP 평가 결과는 <Table 8>과 같다. 응답자의 개인정보 보호를 위해 <Table 8>에서 나이는 10세 단위로 표기하였으며 전공영역은 포함하지 않았으며, CI 값이 0.1 이상인 응답자 행의 경우 음영처리 했다.

AHP 분석결과 미래 모빌리티 서비스 제공 방향에 대한 중요도 분석 결과, ‘안전성’이 0.288로 가장 높게 나타났다. 다음으로 ‘접근성’ 0.152, ‘편의성’ 0.140, ‘정시성’ 0.120, ‘친환경’ 0.102, ‘수요 응답형’ 0.091 등의 순으로 높게 나타났다. 반면 ‘개인이동성’과 ‘심미성’은 각각 0.069, 0.037을 기록하여 고려된 미래 모빌리티 서비스 중 중요도가 상대적으로 낮게 평가되었다.

<Table 7> AHP analysis results

Attributes	Relative importance / Weight	Rank
Convenience	 14.0%	3
Accessibility	 15.2%	2
Safety	 28.8%	1
Punctuality	 12.0%	4
Demand responsibility	 9.1%	6
Eco-friendly	 10.2%	5
Personal mobility	 6.9%	7
Aesthetic	 3.7%	8

<Table 8> AHP analysis results by respondents

id	Attribute results									CI value	Personal Information		
	Convenience	Accessibility	Safety	Punctuality	Demand responsibility	Eco-friendly	Personal mobility	Aesthetic	Age		Affiliation*	Degree	
U	0.039	0.220	0.266	0.163	0.124	0.080	0.071	0.037	0.0597	30-39	AICT	Ph. D.	
V	0.231	0.231	0.231	0.064	0.084	0.033	0.071	0.055	0.0690	40-49	AICT	Ph. D.	
W	0.137	0.174	0.356	0.071	0.044	0.080	0.023	0.115	0.1656	30-39	AICT	MS	
X	0.192	0.125	0.361	0.063	0.072	0.086	0.059	0.042	0.0716	30-39	AICT	Ph. D.	
Y	0.094	0.069	0.286	0.156	0.083	0.127	0.113	0.071	0.0713	30-39	AICT	Ph. D.	
D	0.166	0.063	0.206	0.104	0.110	0.236	0.067	0.049	0.0711	50-59	Ajou Univ.	Ph. D.	
I	0.057	0.209	0.365	0.104	0.127	0.030	0.070	0.037	0.0826	30-39	Ajou Univ.	Ph. D.	
L	0.231	0.312	0.163	0.111	0.073	0.034	0.049	0.027	0.0684	30-39	Ajou Univ.	Ph. D.	
Q	0.062	0.095	0.313	0.174	0.079	0.058	0.190	0.029	0.0761	30-39	Ajou Univ.	Ph. D.	
S	0.144	0.216	0.254	0.104	0.090	0.102	0.048	0.043	0.1708	60-69	Ajou Univ.	Ph. D.	
T	0.225	0.196	0.210	0.112	0.050	0.096	0.048	0.063	0.0509	30-39	Georgia Tech	Ph. D.	
C	0.241	0.148	0.241	0.091	0.057	0.148	0.037	0.037	0.0157	40-49	Hanyang Univ.	Ph. D.	
P	0.092	0.167	0.353	0.109	0.141	0.047	0.066	0.025	0.0772	30-39	ITS korea	M.S.	
M	0.132	0.132	0.311	0.181	0.081	0.081	0.049	0.034	0.0267	40-49	Keimyung Univ.	Ph. D.	
G	0.096	0.145	0.284	0.159	0.171	0.083	0.037	0.024	0.0872	30-39	KAIST	MS	
J	0.141	0.167	0.314	0.180	0.070	0.054	0.048	0.027	0.0819	30-39	KAIST	Ph. D.	
Z	0.081	0.071	0.318	0.069	0.087	0.261	0.090	0.024	0.0720	30-39	KAIST	Ph. D.	
E	0.127	0.086	0.337	0.111	0.052	0.185	0.065	0.037	0.0629	40-49	KOTI	Ph. D.	
H	0.174	0.173	0.295	0.135	0.030	0.063	0.086	0.044	0.0677	30-39	KOTI	Ph. D.	
N	0.078	0.159	0.339	0.132	0.046	0.144	0.071	0.032	0.0600	30-39	KOTI	Ph. D.	
O	0.104	0.176	0.355	0.076	0.163	0.026	0.064	0.037	0.2538	30-39	KOTI	Ph. D.	
R	0.080	0.219	0.296	0.158	0.081	0.047	0.089	0.031	0.0840	30-39	KOTI	Ph. D.	
B	0.119	0.072	0.243	0.119	0.160	0.201	0.056	0.031	0.0428	40-49	KRIHS	Ph. D.	
A	0.209	0.161	0.264	0.093	0.069	0.125	0.044	0.035	0.0534	40-49	Kyonggi Univ.	Ph. D.	
F	0.199	0.176	0.281	0.104	0.097	0.045	0.063	0.035	0.0765	40-49	SNU	Ph. D.	
K	0.162	0.111	0.346	0.074	0.144	0.073	0.057	0.034	0.0824	30-39	SNU	Ph. D.	

* Affiliation : AICT=Advanced Institute of Convergence Technology; KAIST=Korea Advanced Institute of Science and Technology; KOTI=The Korea Transport Institute; KRIHS=Korea Research Institute for Human Settlements; SNU=Seoul National University

VI. 결 론

1. 연구 결론

본 연구는 미래 모빌리티 체계 변화에 대비해 교통수단별 영향력과 변화시점 순위에 대한 평가를 진행했으며, 미래 모빌리티 서비스 제공 방향을 전문가 집단 설문조사를 통해 도출하였다. 이를 위해 공유모빌리티, 자율주행자동차, 전기화자동차, 통합모빌리티 서비스 등 4가지 미래 모빌리티 수단을 선정하였으며 8가지 서비스 요인(안전성, 친환경성, 심미성, 편의성, 정시성, 접근성, 수요응답성, 개인이동성)에 대해 평가하였다.

대중교통 영역과 개인승용차 영역에서의 미래 모빌리티 체계 변화에 영향을 미치는 요인과 변화의 순위를

IPA 기법을 활용하여 분석하였다. 미래 모빌리티 수단 중 ‘차량공유’가 향후 미래 모빌리티 변화에 큰 영향을 미칠 뿐 아니라 변화의 시기 역시 빠를 것으로 예상되며 미래 모빌리티 수단들 중 핵심요인으로 선정되었다. 공유모빌리티는 교통수단 선택의 다양성 증대, 교통 정체 감소, 효율성 향상, 교통비용 절감, 연료소비 감소 등의 장점과 ICT산업의 빠른 발전으로 가까운 시일 내 진화할 것으로 예상되었다. 모빌리티 체계 변화에 미치는 영향력뿐만 아니라 변화의 속도가 빠른 차량공유의 경우 유지화(keep up the good work) 전략을 사용하여 영향력과 변화의 속도가 현재처럼 유지 될 수 있게 노력해야 한다. ‘전기화’의 경우 ‘차량공유’보다 변화 시점의 순위는 더 높게 평가되었으나 영향력 순위가 낮아 급변요인에 선정되었다. 전 세계적으로 총 500만대 이상의 전기화 자동차가 운행중이며, 2018년 한 해에만 약 200만대의 전기화 자동차가 판매되었다. 특히, 노르웨이는 2008년 전기차가 처음 도입되기 시작한 이후 2018년 전체 자동차 등록대수 대비 전기화 자동차 비율이 46.4%에 달해 지난 10년간 모빌리티 시장에서 전기화로의 전환이 급격히 진행되었다. 우리나라의 제주도 역시 2020년 3월 기준 전체 자동차 중 4.8%를 전기차가 차지하고 있으며, CFI 2030 계획을 통해 37.7만대의 전기차 보급계획을 발표하는 등 전기차 선도도시로서의 위상을 높이고 있다. 이처럼 전기화로의 전환은 미래 모빌리티 수단 중 가장 빠르게 진행되고 있다. 하지만 영향력이 타 미래 모빌리티에 비해 낮게 평가된 바 전기화로의 전환을 위한 과잉노력을 자제하며 현상유지(possible overkill) 전략을 취할 필요가 있다. 반면 자율주행자동차의 경우 미래 모빌리티 체계 변화에 가장 큰 영향을 미칠 것으로 평가되었으나 변화 시점이 상대적으로 느려 영향요인으로 분류됐다. 자율주행차가 사회에 성공적으로 도입되기 위해서는 안전성이 충분히 확보될 수 있는 기술 수준이 갖춰져야 하며 관련 법령 및 제도(성능검증·보험·운전자의무 등)가 정비돼야 하는 등 사회적·정책적으로 해결돼야 할 문제들이 많이 존재하고 있다. 하지만, 정부는 자율주행차를 주요 성장동력 산업에 포함하였으며, ‘27년 자율주행차 기술강국 도약 목표를 발표한 것으로 비추어볼 때, 관련 산업의 지속적인 발전이 예상된다. 따라서 자율주행을 미래 모빌리티의 중점투자 영역(concentrate)으로 지정한 후 성과 향상을 위해 현재처럼 집중적인 투자를 이어갈 필요가 있다. 마지막으로 통합교통시스템인 통합화(MaaS)의 경우 개인영역에서 영향력과 변화의 순위가 낮은 저관여요인에 포함되었다. 하지만 사회에서 개인의 이동성과 편리성을 보장하기 위한 사회적·정책적 지원이 지속해서 마련되고 있는 바 개선영역(low priority)으로 설정한 후 통합화로 인한 성과를 점진적으로 향상시킬 수 있는 방안을 모색하는 것이 중요하다고 판단된다.

미래 모빌리티 서비스 제공 방향에 대한 AHP 분석결과, 미래 모빌리티 서비스 요인 중 안전성(28.8%)이 가장 중요한 요인으로 평가되었다. 이는 차세대 대중 교통수단 도입 시 잠재적 승객들의 인식 및 선호도를 분석한 기존의 연구 결과와 일치하는 것이다 (Kwon et al., 2020c). 영향력과 변화의 속도가 늦을 것으로 예상된 통합화를 제외한 나머지 미래 모빌리티에서 ‘안전성’ 확보는 가장 시급히 필요하다. 배터리 장착으로 인해 발생하는 안전성 및 신뢰성에 대한 소비자들의 심리적 걱정은 전기차의 확산을 저해하는 요인 중 하나로 언급되며 (Egbue and Long, 2012), 중점투자로 변화속도를 향상시킬 필요가 있는 자율주행차의 수용성 및 도입속도가 기술과 안전성에 대한 소비자들의 걱정으로 인해 늦춰질 수 있다. 이에 미래 모빌리티 도입에 앞서 기술에 대한 안전성 확보 및 소비자들의 신뢰가 형성이 선결과제이다. 다음으로 접근성(15.2%), 편의성(14.0%), 정시성(12.0%) 등의 서비스 제공이 미래 모빌리티 도입에 중요한 것으로 분석되었다. 고려된 미래 모빌리티 중 영향력이 가장 높게 평가된 자율주행 기술이 도입될 경우 교통수단 이용이 어려운 노인, 장애인 등의 교통약자들에게도 Door-to-Door 서비스가 가능해져 새로운 차량 이용자에 대한 접근성 및 편의성을 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 자율주행기술의 도입으로 교통혼잡이 4% 감소하며 주행속도가 7-22% 증가해(Wadud et al., 2016) 정시성 확보에도 도움을 줄 수 있으므로 자율주행기술에 대한 과감한 투자로 변화속도를 증가시킬 필요가 있다. 비록 통합모빌리티 서비스의 영향력과 변화 속도가 상대적으로 낮게 평가되었지만 교통정보 검색, 수단 선택, 예약, 결제 등 이동에 필요한 모든 서비스를 한 번에 제공하여 접근성, 편의

성, 정시성 등을 개선시킬 수 있기 때문에 성공적인 통합화 도입을 위한 지속적인 노력이 필요하다. 그 다음 요인으로 선정된 친환경 속성의 경우 전기화와 가장 밀접한 연관이 있다. 친환경의 중요도는 10.2%로 비교적 낮은 평가를 받았으며, 이는 IPA 분석에서 미래 모빌리티 체계 변화에 대한 전기화의 영향력이 가장 낮게 조사된 결과와 일치한다. 반면 심미성은 3.7%로 미래 모빌리티 서비스 중 중요도가 상대적으로 낮게 평가되었으며, 이 또한 차세대 대중 교통수단의 서비스 속성에 대해 잠재적 소비자의 중요도를 연구한 Kwon et al. (2020c)의 연구 결과와 일치하는 것이다.

본 연구는 교통·도시 관련 전문가 집단을 대상으로 미래 모빌리티 시대에 대비하기 위한 전문가 의견을 종합하고 서비스 방향을 도출했는데 의의를 둘 수 있다. 본 연구의 결과가 향후 미래 모빌리티의 성공적 도입을 위한 기초 자료로 활용될 수 있기를 기대한다.

2. 한계점 및 향후 연구

본 연구는 미래 모빌리티 서비스 제공 방향을 탐색하기 위해 AHP 분석을 활용하였으며, IPA 기법을 통해 미래 모빌리티 변화를 예상해보았다. AHP와 IPA 분석 시 전문가 집단 대상의 설문조사 데이터를 활용하였다. 두 방법론 모두 전문가 대상에 따라 결과가 달라질 수 있기 때문에, 이를 방지하고자 설문참여자의 기준을 엄격히 설정하였으며(IV .1 AHP 설문 설계 및 데이터 수집 참조) 10개 이상 집단의 산·학·연 전문가로 패널을 구성하였다. 하지만, 미래 모빌리티 분야 전문가가 충분히 존재하지 않기에 설문참여자가 26명에 불과했으며, 응답자 대부분이 교통·도시 전공자라는 한계점이 존재한다. 설문에 참여한 응답자 수가 많아질수록 연구의 신뢰도가 증가하고(Dalkey et al., 1970) 다양한 전공의 전문가 의견 또한 검토할 필요가 있다. 이에 향후 더 다양한 분야의 많은 전문가 패널을 확보하여 연구를 수행할 필요가 있다.

세계적인 COVID-19 이후 비대면, 비접촉(untact) 교통시스템의 중요성이 부각되고 있는 만큼 향후 미래 모빌리티의 방향성이 팬데믹을 기점으로 변경될 수 있다. 또한, 지상교통 혼잡의 해결수단 중 하나로 도심항공교통(Urban Air Mobility; UAM)이 고려되고 있으며 자율운항선박(Maritime Autonomous Surface Ships; MASS)이 해양환경에서 항해 중 발생할 수 있는 돌발적인 상황에 즉각 대처하기 위한 방안으로 검토되는 등 다른 차원의 미래 모빌리티 서비스 도입이 활발히 논의되고 있다. 이에 서비스 확장성과 다양한 미래 사회이슈에 선제적으로 대응할 수 있는 육·해·공 다차원 미래 모빌리티를 고려한 추가 연구가 수행될 필요가 있다.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (No. 2020R1C1C1003296) and Advanced Institutes of Convergence Technology (No. AICT-2019-0024).

REFERENCES

- Advanced Institute of Convergence Technology(2020), *Smart Mobility: Establishment of Mobility Ecosystem*.
- Ahn Y. and Yeo H.(2015), "An analytical planning model to estimate the optimal density of charging stations for electric vehicles," *PloS one*, vol. 10, no. 11, e0141307.

- Bonnefon J. F., Shariff A. and Rahwan I.(2016), “The social dilemma of autonomous vehicles,” *Science*, vol. 352, no. 6293, pp.1573-1576.
- Budiono O.(2009), *Customer Satisfaction in Public Bus Transport: A study of travelers’ perception in Indonesia*. Master Thesis, Karlstad University.
- Busan Development Institute(2019), *Shared transportation activation plan in Busan*.
- Cohen B. and Kietzmann J.(2014), “Ride on! Mobility business models for the sharing economy,” *Organization & Environment*, vol. 27, no. 3, pp.279-296.
- Dalkey N., Brown B. and Cochran S.(1970), “Use of Self-ratings to Improve Group Estimates: Experimental Evaluation of Delphi procedures,” *Technological Forecasting*, vol. 1, no. 3, pp.283-291.
- Egbue O. and Long S.(2012), “Barriers to widespread adoption of electric vehicles: An analysis of consumer attitudes and perceptions,” *Energy Policy*, vol. 48, pp.717-729.
- Fagnant D. J. and Kockelman K.(2015), “Preparing a nation for autonomous vehicles: opportunities, barriers and policy recommendations,” *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 77, pp.167-181.
- Flammini M. G., Prettico G., Julea A., Fulli G., Mazza A. and Chicco G.(2019), “Statistical characterisation of the real transaction data gathered from electric vehicle charging stations,” *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 166, pp.136-150.
- Han D., Ahn Y., Park S. and Yeo H.(2016), “Trajectory-interception based method for electric vehicle taxi charging station problem with real taxi data,” *Int. J. Sustainable Transp.*, vol. 10, no. 8, pp.671-682.
- Hardman S. and Tal G.(2016), “Exploring the decision to adopt a high-end battery electric vehicle: Role of financial and nonfinancial motivations,” *Transp. Res. Rec.*, vol. 2572, no. 1, pp.20-27.
- Hidrué M. K., Parsons G. R., Kempton W. and Gardner M. P.(2011). “Willingness to pay for electric vehicles and their attributes,” *Resource and Energy Economics*, vol. 33, no. 3, pp.686-705.
- Hong S., Kim W., Yoo G. and Park S.(2019), *Adoption of Smart Mobility Services in Seoul*, The Seoul Institute, pp.1-104.
- Jung K.(2018), *The policy direction of personal mobility in response to future changes*. Monthly KOTI Magazine on Transport, pp.35-37.
- Kwon Y., Byun J. and Kang N.(2019), “A Study on the Alternative Selection of Eco-Friendly Modification Techniques for Small Diesel Trucks,” *Korean Society of Transportation*, vol. 37, no. 2, pp.135-147.
- Kwon Y., Kim S. and Byun J.(2020b), “Cognitive Perception of an Eco-friendly Public Transportation: Using Principal Component Analysis,” *The Journal of the Korea Institute of Intelligent Transportation Systems*, vol. 19, no. 1, pp.71-82.
- Kwon Y., Kim S., Kim H. and Byun J.(2020c), “What Attributes Do Passengers Value in Electrified Buses?,” *Energies*, vol. 13, no. 10, p.2646.
- Kwon Y., Son S. and Jang K.(2018), “Evaluation of incentive policies for electric vehicles: An experimental study on Jeju Island,” *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 116, pp.404-412.
- Kwon Y., Son S. and Jang K.(2020a), “User satisfaction with battery electric vehicles in South Korea,” *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 82, 102306.
- Lee J. H., Hardman S. J. and Tal G.(2019), “Who is buying electric vehicles in California? Characterising early adopter heterogeneity and forecasting market diffusion,” *Energy Res. Social Sci.*, vol. 55,

pp.218-226.

- Levenburg N. M. and Magal S. R.(2004), “Applying importance-performance analysis to evaluate e-business strategies among small firms,” *E-service Journal*, vol. 3, no. 3, pp.29-48.
- Liao F., Molin E. and Van Wee B.(2017), “Consumer preferences for electric vehicles: A literature review,” *Transport Reviews*, vol. 37, no. 3, pp.252-275.
- Lieven T., Mühlmeier S., Henkel S. and Waller J. F.(2011), “Who will buy electric cars? An empirical study in Germany,” *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 16, no. 3, pp.236-243.
- Mahmoud M. and Hine J.(2013), “Using AHP to measure the perception gap between current and potential users of bus services,” *Transportation Planning and Technology*, vol. 36, no. 1, pp.4-23.
- Martilla J. A. and James J. C.(1977), “Importance-performance analysis,” *Journal of Marketing*, vol. 10, no. 1, pp.13-22.
- Morrissey P., Weldon P. and O’Mahony M.(2016), “Future standard and fast charging infrastructure planning: An analysis of electric vehicle charging behaviour,” *Energy Policy*, vol. 89, pp.257-270.
- Samjong KPMG(2019), “The future of mobility business with TaaS investment,” *Issue Monitor*, vol. 113.
- Seoul Design Foundation(2017), *Seoul Design Survey*.
- Simsekoglu Ö.(2018), “Socio-demographic characteristics, psychological factors and knowledge related to electric car use: A comparison between electric and conventional car drivers,” *Transp. Policy*, vol. 72, pp.180-186.
- Siniscalchi J. M., Beale E. K. and Fortuna A.(2008), “Using importance-performance analysis to evaluate training,” *Performance Improvement*, vol. 47, no. 10, pp.30-35.
- Statistics Korea(2015), http://kostat.go.kr/portal/korea/kor_nw/1/9/5/index.board 2020.6.15.
- Stradling S., Carreno M., Rye T. and Noble A.(2007), “Passenger perceptions and the ideal urban bus journey experience,” *Transport Policy*, vol. 14, no. 4, pp.283-292.
- The future mobility business with TaaS investment(2019), *Issue Monitor*, Samjong KPMG Economic Research Institute, Augus.
- The Seoul Institute(2018), *Introduction of MaaS(Mobility as a Service)*, Seoul.
- Wadud Z. et al.(2016), “Help or hindrance? The travel, energy and carbon impacts of highly automated vehicles,” *Transportation Research Part A*, vol. 86, pp.1-18.