

자율자동차 수용성 요인분석에 관한 연구 : 구조방정식 모형을 중심으로

A Study on the Acceptance Factor Analysis of Autonomous Vehicles : Focused on the Structural Equation Model

성기영* · 오주택** · 김현***

* 주저자 : 한국교통대학교 건설환경도시교통공학부 석사과정

** 교신저자 : 한국교통대학교 건설환경도시교통공학부 교수

*** 공저자 : 한국교통대학교 교통ICT융합연구센터 부교수

Ki Young Sung* · Ju Taek Oh** · Hyun Kim***

* Dept. of Urban-Transportation Engineering, Korea National University of Transportation

** Dept. of Urban-Transportation Engineering, Korea National University of Transportation Professorr

*** Research of Center for Convergence of roads, vehicles, people and advanced ICT, KNUT

† Corresponding author : Ju Taek Oh, jutaek@ut.ac.kr

Vol.19 No.1(2020)

February, 2020
pp.17~31

pISSN 1738-0774

eISSN 2384-1729

<https://doi.org/10.12815/kits.2020.19.1.17>

Received 30 December 2019

Revised 28 January 2020

Accepted 6 February 2020

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

요약

본 연구에서는 자율주행자동차의 수용성에 미치는 주요 요인들을 분석하고자 하였다. 본 연구에서는 우리나라 정서에 맞는 수용 요인들을 분석하기 위해서 자율주행자동차 수용성에 대한 기존 선행 연구들을 분석하였고 PLS-구조방정식 모형을 중심으로 요인분석 연구를 진행하였다. 기존 연구에서는 기술수용모델에 의한 기술적인 안전성 연구에 중점을 두었다면, 본 연구는 우리나라 자율주행자동차 수용성에 대하여 새로운 시각으로 안전성 뿐만 아니라 편의성, 경제성, 환경성, 윤리성 요인들을 동시에 종합분석 하였다. 분석결과, 자율주행자동차의 수용성에 미치는 잠재요인은 안전성, 경제성, 편의성, 환경성 순으로 중요도가 분석되었다.

핵심어 : 자율주행자동차, 수용성, 요인분석, PLS-SEM

ABSTRACT

In this study, a study was conducted to analyze the factors affecting the acceptability for autonomous vehicles. The previous studies were reviewed to sturdy the acceptance factors and The PLS Structural equation model was used to analyze the acceptance factors. While the existing research focused on technical safety, this study comprehensively analyze safety, convenience, economy, environment, and ethical factors. The PLS model was analyzed to significant the factors that affect the acceptability for autonomous vehicles in the order of safety, economy, convenience and environment.

Key words : Autonomous driving car, Acceptance, Factor Analysis, PLS-SEM

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

자율주행자동차란 자동차 관리법 제2조 제1의 3호에서 ‘운전자 또는 승객의 조작 없이 스스로 운행이 가능한 자동차’로 정의하고 있다. 또한, 기술적인 정의로 인지, 제어, 판단과 관련된 미국의 SAE단계에 따라 Level0~Level4단계로 구분되어 진다.(Lee, 2017) 여기서, 자율주행 기술은 1990년대 인공지능(AI : Artificial Intelligence)의 발전이 급진전되면서 연구가 본격화 되었으며, 2009년부터 구글, 벤츠 등의 차량제조사, IT기업들이 자율주행차 시범주행을 시작하면서 국내·외적인 관심과 투자가 지속적으로 증가되고 있다. 자율주행 자동차는 구글 자율주행자동차, 자율주행 우버택시, 서울대 스누비, 한국교통대학교 아이브(ive) 등의 브랜드로 현실화되고 있다.(KAIA, 2016) 최근에 자율주행자동차 도입의 필요성을 주장하는 논거는 두 가지로 설명되어 진다. 하나는 교통약자들에게 교통접근성을 보장해 주는 것이다. 몸이 불편한 장애인이나 노약자를 포함하여 교통약자들에게 이동권을 보장해줄 수 있다는 것이다. 또 다른 관점은 안전성에 대한 이야기이다. 최근 통계에 따르면, 운전자의 실수로 발생하는 자동차사고 인명피해와 재산상의 손실은 전 세계에서 매년 126만 명이 교통사고로 사망한다는 통계가 보고되었으며, 또한 자동차 사고관련 운전자 안전의무 불이행에 의한 사고는 전체 56.0%로 교통사고가 이루어지고 있다. 여기서 자율주행자동차는 앞서 제시한 문제점을 해결하는 대안으로 제안 되고 있다.(Lee, 2017)

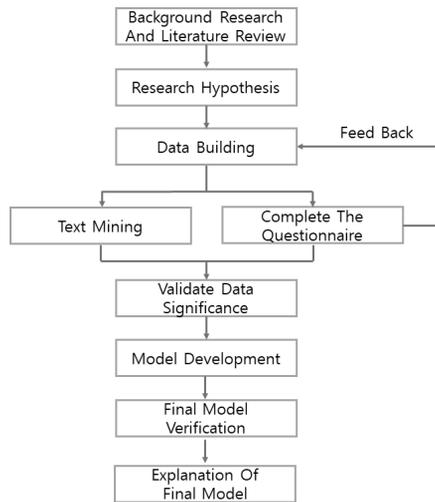
자율주행자동차 수용성 연구가 필요한 이유는 크게 2가지로 설명될 수 있다. 첫째, 자동차는 우리사회에서 가장 중요한 필수품 중 하나로써 자동차에 대한 사용자성향 등에 대한 연구가 지속적으로 이루어지고 있지만, 현재 자동차의 의미에 대하여 새로운 패러다임을 바꿀 수 있는 자율주행자동차에 대한 사용자의 수용성과 관련한 연구가 국내에서는 아직 다양한 연구가 이루어지고 있지 않고 있다. 둘째, 산업혁명이 처음 시작되었던 영국의 경우 기존 산업의 반발에 의해 자동차 규제 법안을 만들고 자동차 산업의 성장을 늦추게 되었다. 결국 이로인해 영국은 독일과 미국에게 자동차 산업을 내어주게 되는 일이 발생하게 되었다. 이처럼 새로운 기술을 먼저 개발하더라도 수용성을 파악하는 것과 신산업의 준비를 위하여 수용성 영향에 대한 연구가 이루어지지 않는다면 새로운 기술 혹은 새로운 산업 발전을 할 수 있는 시기를 놓치게 된다.

따라서, 본 연구에서는 미래의 자율주행자동차가 대중들에게 보급이 되기 전 일반인들이 생각하는 자율주행자동차 수용요인들에 대하여 기존 선행 연구에서 미비하거나 새로 추가되어야 할 요인과 우리나라 정서에 맞는 수용 요인들을 분석하고자 한다. 이를 위해, 본 연구에서는 두 가지 측면에서 자율주행자동차의 수용성에 대한 연구들과 차별성을 두고 있다. 우선 기존 수용성 연구는 기술수용모델에 의한 기술적인 안전성 요인에 대한 연구에 중점을 두었지만 본 연구에서는 선행 연구에서 미비하거나 새로 추가되어야 할 요인들 중 경제성, 환경성, 윤리성, 편의성 등의 요인들을 동시에 고려하여 연구를 수행 하였다. 물론 안전성 중심으로 수용성 요인을 분석하고자 하는 기존 연구들의 논지를 부정하는 것은 아니며, 다만 본 연구에서는 기존연구보다 더 많은 잠재요인들을 찾아내고 이를 통해 자율주행자동차를 사용자 입장에서 수용성에 영향을 미치는 요인들을 종합적으로 분석하고자 하였다.

2. 연구방법 및 논문의 구성

본 연구에서는 자율주행자동차 수용성에 영향을 미치는 요인을 분석하기 위해 R프로그램을 이용한 텍스트마이닝방법과 PLS 구조방정식을 사용하여 모형을 개발하고 모형결과에 대한 논의를 수행 하였다. 안전성

과 편의성 잠재요인은 기존 선행연구를 통해 검증된 요인으로 본 연구에서 포함하여 반영하였고, 구조방정식 모델링을 하기 앞서, 텍스트마이닝 분석을 사용한 이유는 잠재요인과 외생변수 사이의 관계성을 분석하기 위해 텍스트마이닝 분석을 적용하였고, 앞서 분석된 텍스트마이닝 Keyword 분석을 통하여 윤리성, 환경성, 경제성 잠재요인과 외생변수를 설명할 수 있는 관계를 반영하여 연구하고자 하였다. 또한, 본 연구에서는 자율주행자동차의 수용성에 대한 요인 연구를 위해서 자율주행자동차에 관심이 있는 대상자 및 자율주행자동차 관련 연구에 참여한 대상자를 대상으로 설문조사 실시하여 실증 분석을 수행 하였다. 잠재요인과 외생변수 도출과 수용성 연구에 대한 연구 방법론은 기존 선행연구 문헌분석, 통계조사를 참고하여 자율주행자동차와 관련된 키워드 분석을 통해 검토하여 외생변수로 정의될수 있는 요인들을 도출 하였다. 본 연구의 흐름도는 다음 아래 <Fig. 1>와 같다.(Sung, 2019)



<Fig. 1> Study flow chart

II. 선행연구 고찰

자율주행자동차의 수용을 위한 연구는 첫째 기술수용모델을 기반으로 한 이론적인 연구, 둘째 자율주행자동차의 부분적 이슈를 다룬 연구, 셋째 자율주행기능 경험을 통한 자율주행자동차 수용성의 연구, 마지막으로 실증연구를 거치는 않았으나 자율주행자동차의 도입으로 인한 다양한 사회적 변화를 지적하고 문제점 등을 제기한 전문가 분석 등이 있다.

자율주행자동차에 대한 수용 요인 분석을 위해 Kim et al.(2016)은 일반 사용자에게 설문을 실시하였는데 자율주행자동차의 오작동 및 시스템 오류에 대한이슈가 가장 크게 느낀다고 조사되었다. 자율주행자동차의 수용성 연구에서 Seo(2017)은 사용된 요인들은 지각된 가격, 안전에 대한 우려, 프라이버시에 대한 우려를 설정하였고 연구 결과 프라이버시 우려에 대한 요인이 중요한 것으로 실증 연구결과로 나타났다. 이 연구에서는 부정적인 측면에 대한 요인 관계에 비중을 두었으나 한계점에서는 긍정적인 측면의 요인 분석이 필요한 것으로 기술하였다.

이외 자율주행자동차와 관련된 국내 연구들 중 Lee(2018)와 Choi and Ji(2015)는 자율주행자동차 수용성 요인

을 분석하기 위해 AHP방법론을 이용하여 분석하였고, Yang(2018)와 Jo(2017)은 CB-SEM을 이용하여 자율주행 자동차 수용요인을 분석하였고 정책의 개선 방향 및 개선 방안을 제시 하였다. 국외 연구들은 Kann(2017)은 인터뷰를 통해 자율주행자동차 수용요인을 분석하였고 교통체증이 일반인들이 생각하는 수용성에 영향을 주는 요인임을 밝혔다. 또한, Zumd(2016)와 Casley and Quartulli(2013)은 자율주행자동차의 수용성 연구에서 안전성, 가격, 생산성, 환경, 법적인 측면에서 연구하였고, 연구 결과로 안전성과 생산성 효과에 부정적인 영향을 미치는 것으로 실증되었다. Adell(2009)와 Venkatesh et al.(2003)은 자율주행자동차의 수용성 연구에서 성과기대, 노력기대, 사회적영향, 행동의도, 촉진조건, 경험, 자발성 측면을 고려하여 기술수용모델을 확장하여 실증 분석하였다. 이와 같이 선행연구들에서는 자율주행자동차 수용성에 영향을 주는 요인들 중 주가 되는 요인은 안전성이었다. 또한 안전성 측면에서 자율주행자동차의 수용성을 고려함과 동시에 자율주행자동차에 대한 긍정적인 요인과 부정적인 요인을 모두 고려한 연구가 진행되었지만 기술수용모델에 반영되는 요인들로 제한적이었다. 이에따라, 본 연구에서는 다양한 요인들에 대한 실증 분석이 필요한 것으로 분석하였다. 특히 Kim(2016)은 윤리성 측면을 고려한 수용성에 대한 설문을 하였으나 자율주행자동차 수용에 관한 인식조사 설명에 대한 추가적인 연구가 할 필요가 있는 것을 결론으로 제시하고 있다. 따라서, 본 연구에서는 자율주행자동차의 수용성에 대한 다양한 요인들을 찾아내고, 이 요인들을 통해 수용성 분석을 하고자 하였다.

Ⅲ. 관련 자료수집

1. 잠재요인의 정의

본 연구에서는 국내 선행 연구와 해외 선행 연구들의 주요 속성, 기술 특성이 반영된 기술수용모델 를 통해 설명력이 검증된 변수로 잠재요인으로 정의하였고 국내 연구에서 아직 반영되지 않은 변수와 최근 이슈가 되고 있는 변수를 함께 고려하여 잠재요인으로 설정 하였다. 첫째, 안전성과 편의성 잠재요인은 자율주행 자동차 수용성과 관련된 선행논문에서 공통적으로 고려된 점을 반영하여 본 연구에서도 잠재요인으로 정의 하였다. 둘째, 경제성 잠재요인은 기존 선행연구에서 매개효과분석으로만 검증된 변수로 본 연구에서는 잠재 요인으로써 정의하여 분석하였다. 셋째, 윤리성 잠재요인은 국내 Kim(2016)연구에서 자율주행자동차 윤리성에 대한 연구가 이루어 졌지만, 윤리성이라는 한 개의 요인에 의해 수용성을 분석한 한계점과 모형을 진행 하지 않아 본 연구는 최근 이슈가 되고 있는 윤리성 변수도 함께 고려하여 분석하였다. 마지막으로 환경성 잠재요인은 해외연구에서만 설명력이 검증된 변수로 자율주행자동차가 실용화되면 주변 환경에 대한 영향과 법제도와 관련한 개념을 포괄할 수 있는 잠재요인으로 본 연구에서 잠재요인으로 정의하였고, 잠재요인 정의에 대한 내용은 정의에 대한 내용은 아래 <Table 1>과 같다.

<Table 1> Definition of potential factors

Potential factors	Explanation
Economy	A positive effect on various fields such as economic industry
Safety	Autonomous car safety
Ethics	Inquiries about automotive ethics
Environment	For the surrounding environment
Convenience	Convenience of Autonomous Vehicles

외생변수는 잠재요인을 설명하는 변수이며, 외생변수가 되는 안전성, 편의성의 경우 선행논문에 설명력이 검증된 외생변수로 구성하였고, 그 이외 윤리성, 경제성, 환경성 잠재요인을 설명하는 외생변수에 해당되는 법률, 효용적가치, 경험, 개인보안, 기술, 가격, 신뢰, 사회적영향, 촉진조건으로 이 변수들은 텍스트마이닝을 통하여 분석된 외생변수이다. 텍스트마이닝 분석에서는 상위10%에 해당되는 키워드를 분석하여 기존 선행 연구들에 부합 되는 점을 고려하여 설정하였다. 따라서, 본 연구에서는 자율주행자동차 수용성에 미치는 설명변수는 경제성(Economy), 안전성(Safety), 윤리성(Ethics), 환경성(Environment)과 편의성(Convenience) 5가지의 잠재요인과, Law(법률), Personal security(개인보안), Technology(인지,제어,판단), Experience(인지도,경험), ATT(효용적가치), Price Value(가격가치), Confidence(신뢰도), Social Influence(사회적영향), FAC(촉진조건) 9가지의 외생변수 그리고 내생변수인 수용의도(Acceptance Intension)로 정의하였다. 그 내용을 정리한 결과는 아래 <Table 2>과 같다.(Sung, 2019)

<Table 2> Description Variable Definition

Potential factors	Exogenous variables		Endogenous variables
Economy Safety Ethics Environment Convenience	Price Value	Law	Acceptance Intension
	Personal Security	FAC*	
	Confidence	Social Influence	
	Experience	ATT**	
	Technology		

*FAC(FACilitating Condition), **ATT(Attitude Towards Using Technology)

2. 설문지

본 연구에서는 사용된 설문 문항의 구성은 잠재요인이 되는 5개 요인들을 시작으로 총 42문항으로 구성하였고 마지막에는 응답자의 인구통계학적 특성을 묻는 질문으로 구성하였다. 설문 문항은 기존 연구들과 전문가들의 의견을 바탕으로 만들어졌으며, 설문지 문항은 ‘전혀 아니다(1)’에서 ‘매우 그렇다(5)’로 리커트(Likert) 5점 척도로 제작되었다. 본 조사 이전에 30명을 대상으로 파일럿 테스트와 사전조사가 실시되었으며, 이를 바탕으로 설문조사 항목을 수정 및 보완하였다. 그 결과, 안전성의 문항은 3문항으로 감소하였다.

본 설문조사는 2019년 10월 7일부터 10월 16일까지 오프라인으로 진행하였다. 조사응답자 대상은 20세 이상의 일반인으로 운전자와 비운전자를 모두 포함하였다. 비운전자들도 설문문에 포함시킨 이유는 기존 연구들과 다르게 도로 위에는 운전자뿐만 아니라 보행자 및 이륜차 운전자 등 다양한 유형이 존재하기 때문이다. 그들은 자율주행자동차의 잠재적 소비자이며, 도로 위에서 간접적으로 자율주행자동차를 경험할 수 있고, 자율주행자동차를 탑승하는 수요자가 될 수 있기 때문이다. 또한 자율주행자동차를 구매하는 주변인들에게 영향을 미칠 수 있기 때문이다. 더 나아가 자율주행자동차가 상용화되면 기존 운전면허를 가지고있는 일반자동차를 주행하는사람과 자율주행자동차 사이에서 발생하는 생각의 차이도 발생할 것이다. 따라서 본 연구에서는 운전자와 비운전자 모두 포함시켜 연구를 진행하는 것이 더 적합하다고 판단하였다.

본 연구에서 데이터 분석은 먼저 인구통계학적 특성 계폐키지 SPSS 23.0을 사용빈도분석을 통해 파악하였고, R을 이용하여 “PLSPM”라이브러리를 이용하여 측정도구의 신뢰도 및 타당성 검증 그리고 모형평가를 실시하였다. 본 연구에서 설문조사는 표본수는 GPower 3.1.9.4에서 분석된 최소표본수를 분석하여 반영하였고 문항수 42문항으로 구성 된 설문지는 최종 325부를 실시하였다.

IV. PLS 구조방정식에 관한 이론적 고찰

구조방정식은 여러 변수들 간의 상관관계 분석을 통해 공통 요인을 추출하여 변수 보다 적은 수의 구조로 축약, 요약(잠재요인)하는 방법인 요인분석을 통해 잠재요인과 외생변수간의 영향을 미치는 관계를 설명하는데 장점을 가지고 있으며, 변수간의 가중치를 파악할 수 있다. 일반적으로 사용되는 CB-SEM(AMOS, LISREL, EQS)의 경우 모수 추정치MLE(Maximum Likelihood Estimation, 최대우도법)를 가정하여 모형을 구축하게 되므로 모형 개발을 위해 분석대상이 되는 변수가 어떠한 분포를 따르는지 모르는 경우 뿐만 아니라 정규분포를 따른다는 가정이 일치하지 않을 수 있기 때문에 공분산 구조모형을 이용하는 CB-SEM 방법은 문제점이 있다.(Yoon and Kim., 2014). 이에반해 Herman(1982)는 설명이 가능한 분산을 최대화하여 모수 분석이 가능한 OLS(Ordinary Least Square, 최소제곱법)를 기반으로 한 PLS(Partial Least Square, 부분최소제곱법)구조방정식은 반복 OLS를 이용하여 PCA(Principal Component Analysis, 주성분분석)를 토대로 다수의 잠재요인에 대한 최적관계를 탐색하는 방법이다. 본 연구에서 PLS 구조방정식을 사용한 이유로 Lee(2017)는 설문 대상 자료에 대한 불분명한 정규분포에 가정에 대한 자료에서 사용할 수 있다고 설명하였고, Jung(2012)는 이용자 측면에서 내생변수에 영향을 미치는 여러 가지 설명변수의 수가 변할 수있을 때 PLS구조방정식을 사용하는 것을 밝혔다. Hair et al.(2011)은 이론의 탐구 또는 기존 이론의 확장에 대한 연구에서 PLS구조방정식이 적합하다고 하였으며, Wold(1980)는 ‘모수들 간의 구조적 연관성과 설명력을 최적화 시킬 수 있는 추정 방법이며, 감명도 문제를 최소화 할 수 있다’라고 설명하였다.

이에 따라, 본 연구에서는 설문자료를 바탕으로 자율주행자동차 수용요인을 모형화하여 구조적인 분석을 하기위해 PLS구조방정식을 사용하여 분석하였다. PLS 구조방정식은 외부모델(outer model)과 내부모델(inner model)로 구분된다. 이중 요인에서 잠재요인으로 화살표가 향하는 외부모델을 반영지표모델(reflective model)이라고 하고, 잠재요인에서 직접 요인으로 화살표가 향하는 외부모델을 조형지표모델(formative model)이라고 한다. 외부모델A는 반영지표모델로 나타내지며, 외부모델B는 조형지표모델로 나타낸다. 합성신뢰도(CR)의 공식은 다음 아래식과 같다.

$$\text{합성신뢰도}(CR) = \frac{(\sum \lambda)^2}{((\sum \lambda)^2 + \sum \text{Var}(\varepsilon))}$$

λ : 표준화된 적재량, $\text{Var}(\varepsilon)$: 측정오차

PLS구조방정식의 잠재요인을 평가하는 항목 중 평균분산추출(Average Variance Extracted, AVE)은 0.5이상이면 집중타당도가 확보된 것으로 판단 것으로 보며 이의 공식은 다음 아래식과 같다.(Fornell and Larcker, 1981)

$$\text{평균분산추출}(AVE) = \frac{\sum \lambda^2}{((\sum \lambda)^2 + \sum \text{Var}(\varepsilon))}$$

λ : 표준화된 적재량, $\text{Var}(\varepsilon)$: 측정오차

PLS 구조방정식의 모형개발 절차는 총 5단계로 진행하게 된다. 연구가설 및 데이터 수집, 변수의 수렴타당성 확인, 변수의 공선성 문제 확인, 변수의 유의성 및 타당성 확인 단계를 거쳐 최종 요인 및 변수를 이용하여 모형검증을 실시한다. 모형개발 절차는 첫째, 외부모형인 반영지표와 조형지표 평가 후 다음으로 내부 모형평가 순으로 진행하게 된다. 그 내용을 정리한 결과는 아래 <Table 3>와 같다.(Oh, 2018)

<Table 3> Verification statistic standard of PLS-SEM

Verification Items		Verification criterion
Reflective model		
Reliability	Internal Consistency	Cronbach's Alpha= Recommended more than 0.7
	Composition Reliability	Recommended more than 0.7
	Factor Loadings	Recommended more than 0.7 (If serach study, can be accepted =At least of 0.6)
Convergent Validity	T-value	95% Reliable Level = more than 1.96
	AVE	Recommended not fewer than 0.5
Discriminant Validity	Cross Loading	Cross loading on All potential Variables
	Square Root AVE	Square root AVE should be higher than Correlation Coefficient between its latent variable and other latent variables
Formative model		
Validation	T-value	95% Reliable Level = more than 1.96
	VIF	Recommended less than 5.0
	Gefen-Straub	Recommended not fewer than 0.5
Inner Model Verification		
Model Suitability Verification	Bootstrapping	Significance of Path Coefficient(P-Value)
	R-Square	Good(over 0.26), Fair(0.13~0.26),Poor(0.02~0.13)
	Goodness of Fit	Square Root of R-Square of all Variables multiplied by Mean of Communality = At least of 0.1 Good(over 0.36), Fair(0.25~0.36),Poor(0.1~0.25)

V. PLS-구조방정식 모형개발 및 가설검증

1. PLS-구조방정식 모형개발

설문으로 구성된 측정도구(Survey)를 평가하기 위해서 먼저 신뢰도 평가를 실시하였다. 반영지표에 대한 신뢰도 평가는 내적 일관성 신뢰도와 지표신뢰도를 통해 분석하는 절차를 따른다. 첫째, 내적 일관성 신뢰도에 대한 평가 기준은 콜론바흐 알파계수(CR) 0.7 이상과 t-value $T\text{-value} \geq 1.96$ 으로 잠재요인을 구성하는 외생변수(설문안)에 대하여 일관성이 있는지에 대한 평가로 신뢰도(Confidcance)는 0.837로 분석되었고, 경험(Experience)은 0.792, 촉진조건(FAC)는 0.885, 사회적영향(Social Influence)는 0.817 그리고 편의성(Confidence)은 0.798로 분석 되었으며, T-value값 역시 각각 모두 기준치를 만족하는 것으로 분석되었다. 둘째, 잠재요인과 외생변수를 구성하는 설문지 문항에 대한 평가이다. 지표신뢰도(Factor loadng)를 평가하는 기준은 0.7이상으로 설문지에 대하여 각각 지표에 대하여 유의미한 값을 가지는지에 대한 평가이며, 분석결과 각각 모두 그 기준값을 통과하는 것으로 분석되었다. 셋째, 집중타당도 평가를 실시한다. 집중타당도 평가는 잠재요인과 외생변수에 속해있는 설문지의 적재값들의 통계적 유의성에 대한 평가를 하는 것을 의미하며, 집중타당도를 평가하는 기준은 표준분산추출(AVE)기준인 ≥ 0.5 를 평가 하였다. 외생변수 모두 T-value값을 만족하였고, 표준분산추출(AVE)값도 모두 만족하는 것으로 분석되었다. 그 내용은 아래 <Table 4>과 같다.(Sung, 2019)

<Table 4> Reliability Evaluation and Concentration Validity Evaluation Table

Measurement Index		Factor loading	t-value	CR	AVE*	AVE**
Factor	Survey					
Convenience	1	0.828	30.007	0.837	0.754	0.864
	2	0.893	75.088			
	3	0.883	63.784			
Experience	1	0.745	18.914	0.792	0.711	0.843
	2	0.922	57.648			
	3	0.854	26.423			
FAC***	1	0.917	61.954	0.885	0.813	0.901
	2	0.893	42.975			
	3	0.896	51.295			
Social Influence	1	0.879	57.656	0.817	0.731	0.855
	2	0.803	27.113			
	3	0.882	56.136			
Confidence	1	0.876	54.261	0.798	0.712	0.844
	2	0.833	30.008			
	3	0.822	37.372			

* Method suggested by Fornell and Larcker(1981)

** Method suggested by Gefen and Straub(2005)

*** FAC :FACilitating Condition

넷째, 타당도 평가에서 조형지표를 평가하는 항목은 지표타당도로 평가되어지며, 지표타당도는 평가 기준은 t-value값 ≥ 1.96 이상으로 기준을 제시하였다.(Chin, 1998b) 가격가치(Price Value), 개인보안(Personal Security), 기술(Technology), 법률(RAW), 효용적가치(Attitude Towards Using Technology), 경제성(Economy), 안전성(Safety), 환경성(Environment)에 해당되는 외생변수 모두 각각 모두 기준치를 통과하는 것으로 분석되었다. 둘째, 측정지표들 간의 다중공선성 점검을 위해 VIF를 평가한다. 그에 대한 기준은 VIF <5.0 기준으로 검증하는 절차를 거쳐야 한다.(Hair et al, 2011b) 분석결과 가격가치(Price Value), 개인보안(Personal Security), 기술(Technology), 법률(RAW), 효용적가치(Attitude Towards Using Technology), 경제성(Economy), 안전성(Safety), 환경성(Environment), 수용의도(Acceptance Intension) 모두 각각 5.0이하로 기준을 통과하는 것으로 분석되었다. 그 내용은 아래 <Table 5>와 같다.(Sung, 2019)

<Table 5> Validity Evaluation Table

Measurement Index		Factor loading	t-value	VIF
Factor	Survey			
Price Value	1	0.490	4.140	1.17
	2	0.361	3.267	1.36
	3	0.420	3.843	1.30
Personal Security	1	0.529	2.317	1.20
	3	0.660	2.738	1.20

Measurement Index		Factor loading	t-value	VIF
Factor	Survey			
Technology	1	0.399	2.713	1.11
	2	0.362	2.346	1.11
RAW	1	0.258	2.697	1.17
	2	0.767	3.781	1.14
	3	0.322	2.540	1.05
ATT*	1	0.401	3.150	1.68
	2	0.370	2.989	1.76
	3	0.416	3.571	1.61
Economy	1	0.364	3.554	1.36
	2	0.350	3.412	1.48
	3	0.527	5.477	1.42
Safety	2	0.678	8.902	1.36
	3	0.464	5.294	1.36
Environment	2	0.328	1.970	1.04
	3	0.875	2.812	1.04
Acceptance Intension	1	0.660	7.204	1.70
	3	0.278	1.985	1.70

* ATT(Attitude Towards Using Technology)

다섯째, 경로분석은 PLS구조방정식에서 부트스트랩(기준 5000회, $p < 0.05$)을 사용하여 경로계수(Path coefficient) 분석을 하는 절차를 따른다.(Henseler et al., 2009) Path coefficient가 의미하는 내용은 최종모형에서 각 요인들에 대한 가중차를 의미한다. 신뢰도 0.05는 $t\text{-value} \geq 1.96$ 로 분석할 수 있는데, R에서 제공하는 'plspm'에서는 p값이 제공되지 않아 t-value를 산출하여 분석하였다. 측정지표 중 외생변수와 잠재요인간의 경로계수분석에서 통과된 잠재요인은 경제성, 안전성, 환경성, 편의성으로 분석되었다. 내생변수인 수용성과 잠재요인간의 경로분석에서 통과된 잠재요인의 경로계수 값은 안전성(0.313), 경제성(0.154), 편의성(0.136), 환경성(0.120) 순으로 분석되었다. 각각의 t-value값은 4.953, 2.002, 2.333, 1.997으로 $t\text{-value} \geq 1.96$ 기준치를 통과하는 것으로 분석되었다. 마지막으로, 모형 적합도(GOF)는 평가이다. GOF는 0.46으로 분석되었으며, 기준치 Goodness of fit > 0.36 을 충족하는 것으로 분석되었다. 그 내용은 아래 <Table 6>와 같다.(Sung, 2019)

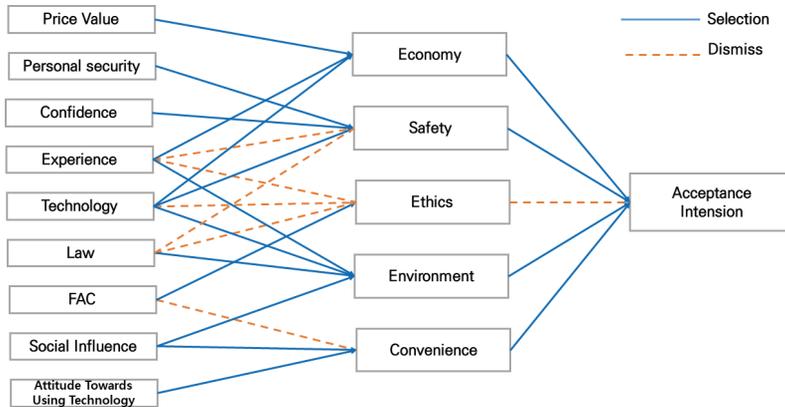
<Table 6> Path analysis Table

Measurement Index	Path coefficient	t-value
Price Value -> Economy	0.457	9.071
Personal Security -> Safety	0.178	2.560
Convenience -> Safety	0.631	17.168
Experience -> Economy	0.184	3.465
Experience -> Environment	0.151	2.735
Technology -> Economy	0.178	3.506
Technology -> Safety	0.119	2.698

Measurement Index	Path coefficient	t-value
Technology -> Environment	0.187	4.355
RAW -> Environment	0.178	1.964
Social Influence -> Environment	0.475	9.948
Social Influence -> Confidence	0.261	4.518
ATT* -> Confidence	0.363	5.781
Economy -> Acceptance Intension	0.154	2.002
Safety -> Acceptance Intension	0.313	4.953
Environment -> Acceptance Intension	0.120	1.962
Confidence->Acceptance Intension	0.136	1.997
GoF	0.460	

* ATT(Attitude Towards Using Technology)

여섯째, 잠재요인에 대하여 외생변수에 대한 검증 결과로 경제성은 가격가치, 경험, 기술의 외생변수에 의해 수용의도에 대하여 영향을 받는 것으로 분석되었다. 안전성은 개인보안, 신뢰도, 기술의 외생변수에 의해 수용의도에 영향을 주는 외생변수로 분석되었지만 경험 외생변수는 통계검증을 통과하지 못하여 반영되지 않았다. 윤리성은 t-value값이 만족되지 않아 기각되어 수용성에 영향을 주지 않는 것으로 분석되었다. 환경성에 영향을 주는 외생변수는 경험, 기술, 법률, 사회적영향으로 분석되었고 편의성에 영향을 주는 외생변수는 사회적영향, 효용적가치로 분석되었다. 그 내용은 아래 <Fig. 2>과 같다.(Sung, 2019)

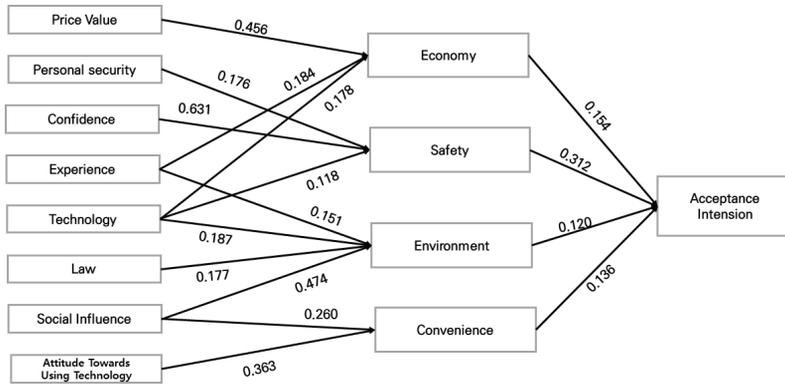


<Fig .2> Hypothesis Test Results

VI. 모형결과에 대한 논의

자율주행자동차 수용에 미치는 요인을 분석한 결과, 본 연구의 최종모형에 반영된 잠재요인은 경제성(Economy), 안전성(Safety), 환경성(Environment), 편의성(Convenience)으로 윤리성(Ethics)을 제외한 총 4가지로 분석 되었다. 외생변수인 가격(Price Value), 개인보안(Personal security), 신뢰도(Confidence), 경험(Experience), 기술(Technology), 법률(Law), 사회적영향(Social Influence), 효용적가치(Attitude Towards Using Technology)로

촉진조건(FAC)을 제외한 총 8가지로 분석되었다. 수용성에 영향을 주는 잠재요인은 안전성(0.312), 경제성(0.154), 편의성(0.136), 환경성(0.120)으로 최종 분석되었으며 각각 그 순으로 가중치가 높은 것으로 분석되었다. PLS구조방식식을 이용하여 자율주행자동차 수용에 미치는 요인을 분석한 최종 모형은 다음 아래 <Fig. 3>와 같다.(Sung, 2019)



<Fig. 3> Model result

본 모형의 결과들의 의미는 다음과 같이 정리할 수 있다. 첫째, 안전성(Safety)에 영향을 주는 외생변수의 가중치는 신뢰도(Confidence) 0.631, 개인보안(Personal security) 0.176, 기술(Technology) 0.118순으로 분석되었다. 이 중에서 신뢰도(Confidence)는 안전성에 가장 높은 영향을 주는 요인으로 분석되었다. 신뢰도 외생변수가 의미하는 바는 자율주행자동차에 있어 신뢰도에 대하여 현재 일반인들이 생각하는 의미로 자율주행자동차는 사람이 운전하는 것 보다 안전하다고 생각한다는 관점과 자율주행자동차는 돌발 상황이 발생하더라도 잘 대처 할 것이라는 믿음이 사용자 관점에서 가장 중요하게 생각되는 요인으로 생각되어진다. 또한, 최근 개인보안과 관련된 해킹 사례에 대한 이슈로 미래 자율주행자동차를 이용하는 소비자는 자율주행자동차 또한 5G와 같은 V2I 통신시스템이 적용되는 만큼 해킹에 대한 우려가 염려되어 두 번째로 높은 가중치의 값을 가지는 것으로 판단되어진다. 마지막으로 기술 외생변수가 의미하는 바는 미래의 자율주행자동차의 기술은 인지,판단,제어 3가지를 중심으로 기술력을 평가함에 따라, 아직까지 일반인들이 생각하는 자율주행자동차 기술수준에 대한 믿음 수준이 낮은 것으로 생각할 수 있을 것이다. 그 내용은 아래 <Table 7>과 같다.(Sung, 2019)

<Table 7> Safety Result

Hypothesis	Path coefficient (→)	coefficient	Path coefficient
Safety	Confidence -> Safety	0.631	0.312
	Personal security -> Safety	0.176	
	Technology -> Safety	0.118	

둘째, 경제성(Economy)에 영향을 주는 외생변수를 확인하기 위해 실시한 경로분석(Path coefficient) 결과로 외생변수 중 가격가치(Price Value) 0.456, 경험(Experience) 0.184, 기술(Technology) 0.178 중에서 가격가치 외생변수가 가장 높은 영향을 주는 것으로 분석되었다. 이러한 결과는 외생변수인 가격가치(Price Value)가 우

리나라 경제, 산업 등 다양한 분야에 긍정적인 영향을 미칠 것이라는 의미를 내포하고 있으며, 자율주행자동차가 대중적으로 보급이 된다면 구매 가격은 어느 정도 합리적인 상태가 이루어 질 것이라 판단되어 진다. 또한, 자율주행자동차가 운행 시 여유, 즐거움, 편리함, 편안함을 주기 때문에 가격 대비 가치가 높다는 믿음이 사용자 관점에서 가장 중요하게 생각되는 요인이라는 것으로 판단되어진다. 그 내용은 아래<Table 8>과 같다.(Sung, 2019)

<Table 8> Economy Result

Hypothesis	Path coefficient (→)	coefficient	Path coefficient
Economy	Price Value → Economy	0.456	0.154
	Experience → Economy	0.184	
	Technology → Economy	0.178	

셋째, 편의성(Convenience)에 영향을 대한 경로분석(Path coefficient)결과 효용적가치(ATT) 0.363, 사회적영향(Social Influence) 0.260으로 분석되었다. 외생변수 중 효용적가치(ATT)의 가중치는 0.363으로 사회적영향(Social Influence) 0.260 보다 더 많은 영향을 주는 것으로 분석되었다. 자율주행자동차 수용성에 영향을 미치는 잠재요인 중 편의성(Convenience)에 있어 효용적가치(ATT)가 의미하는 내용은 다음과 같이 분석될 수 있다.생ATT는 사용자 관점에서 ‘자율주행자동차는 다양한 기능을 통해 운전자의 욕구를 충족할 수 있다’는 생각을 반영한 요인으로써, 자율주행자동차 수용에 있어 편의성은 우리의 삶의 질을 더 좋게 만들 것 이라는 생각을 반영하는 요인으로 판단할 수 있다. 또한, 외생변수인 촉진조건(FACilitating Condition)는 기각되어 자율주행자동차 수용에 미치는 요인으로 유의미한 값을 반영하지 못하는 것으로 분석되었다. 이것이 의미하는 바는 촉진조건은 자율주행자동차를 활성화하기 위한 실증단지와 도로시험테스트 및 운행허가에 대한 생각을 물어보는 요인으로써 촉진조건 중요성을 일반인들이 아직까지 전반적으로 필요성을 느끼고 있지 않다는 것으로 생각되어진다. 그 내용은 아래 <Table 9>과 같다.(Sung, 2019)

<Table 9> Convenience Result

Hypothesis	Path coefficient (→)	coefficient	Path coefficient
Convenience	ATT* → Convenience	0.363	0.136
	Social Influence → Convenience	0.260	

* ATT :Attitude Towards Using Technology

넷째, 환경성의 경로분석(Path coefficient)결과, 외생변수의 가중치는 사회적영향(Social Influence) 0.474, 기술(Technology) 0.187, 법률(Law) 0.177, 경험(Experience) 0.151분석 되었다. 이 중에서 자율주행자동차 수용성에 영향을 주는 잠재요인 중 환경성에 가장 높은 영향을 주는 외생변수는 사회적영향(Social Influence)으로 분석되었다. 사회적영향 외생변수가 의미하는 내용은 자율주행자동차의 혼잡한 도로에 대해 운영효율화 및 대중교통을 대체 할 것이라는 생각이 반영된 요인으로 판단되어진다. 또한, 환경성이 자율주행자동차 수용의 도에 있어 반영된 의미는 자율주행자동차는 사회전반에 긍정적 영향을 가져다 줄 것 이라는 사용자 관점에서 생각이 반영되는 점으로 생각되어진다. 그 내용은 아래 <Table 10>과 같다.(Sung, 2019)

<Table 10> Environment Result

Hypothesis	Path coefficient (→)	coefficient	Path coefficient
Environment	Social Influence -> Environment	0.474	0.120
	Technology -> Environment	0.187	
	Law -> Environment	0.177	
	Experience -> Environment	0.151	

Ⅶ. 결 론

본 연구는 자율주행자동차는 선진국이 미래의 새로운 자동차 산업에 집중 관심을 받고 있는 분야로 제조사 및 관련 연구분야 개발뿐만 아니라 미래의 자율주행자동차가 대중들에게 보급이 되기 전에 일반인들이 생각하는 수용요인이 자율주행자동차 수용성에 미치는 영향을 분석하고자 하였다.

본 연구에서는 자율주행자동차의 수용성에 대한 다양한 설명변수를 선행 연구에서 미비하거나 새로 추가되어야 할 잠재요인을 찾는 것을 중심으로 본 연구를 수행 하였고, 자율주행자동차 수용성에 영향을 미치는 요인을 구조화하여 모델분석 한 결과를 바탕으로 자율주행자동차를 사용자 입장에서 수용성에 영향을 미치는 요인들을 종합적으로 분석하였다. 본 연구의 최종모형을 통해 자율주행자동차의 수용성에 영향을 주는 잠재요인을 살펴보면, 안전성, 경제성, 편의성, 환경성 요인들 중 안전성요인이 가장 큰 영향을 주는 요인임을 알 수 있었다. 또한, 잠재요인 설명하는 외생변수 중 기술은 경제성, 안전성, 환경성 잠재요인에 모두 영향을 주는 요인으로 분석되었지만 잠재요인에 낮게 영향을 주는 가중치의 값을 가졌으며 이는 아직까지 일반인들의 생각하는 자율주행자동차 기술력에 대한 믿음 수준이 낮은 것이라 판단된다.

본 연구를 통해 다음과 같은 몇 가지 정책적 제언들이 가능하다고 생각된다. 우선 현재 자동차산업에서 가장 중요하게 생각되는 부분은 안전성을 가장 중요하게 생각하는 부분으로 여겨진다. 따라서, 미래의 자율주행자동차 산업에 있어서도 제조사는 자율주행자동차에 대한 접근이 안전성 측면을 중요한 요소로 판단할 수 있어야 한다. 둘째, 환경성 또한 자율주행자동차 수용성에 영향을 잠재요인으로 자율주행자동차와 관련된 법제도의 마련에 대한 정책적 지원이 필요할 것으로 생각된다. 셋째, 일반인들이 생각하는 자율주행자동차에 대한 기술(Technology)은 아직까지 믿음이 낮고 이에 따라 낮은 가중치의 값을 가지는 것으로 분석되었다. 이것이 의미하는 바는 자율주행자동차가 완전 자율주행자동차 되기까지 특히 인지, 제어, 판단이라는 요소적인 부분에서 더 많은 연구 투자가 필요할 것으로 생각된다. 넷째, 자율주행자동차 산업에 있어 개인보안 요소는 미래의 자율주행자동차 소비자들에 안전과 직결된 문제로 통신을 개발하는 보안부서 및 교통 통제를 담당하는 경찰청의 협력을 통한 보안책을 미리 만들어야 한다고 생각된다. 마지막으로 자율주행자동차와 관련된 법률적인 부분은 도로교통법 뿐만 아니라 운전면허에 대한 부분을 고려해야한다. 기존 일반 자동차를 운전하기 위해 운전면허가 필요한 것과 동일하게 자율주행자동차 또한 탑승자의 개념을 포함한 운전면허제도를 개선해야 할 것으로 판단할 수 있다.

본 연구는 자율주행자동차에 대한 선행 연구 등을 분석하고 연구 모형을 설계하였으나 몇 가지의 한계점을 갖는다. 첫째, 자율주행자동차에 대한 기술 자체가 아직 완성단계가 이루어지지 않은 가까운 미래의 기술이다. 이로써 자율주행자동차는 가까운 미래의 기술과 자율주행자동차를 이용하는 미래 수요자들의 생각의 차이로 인한 오차가 발생할 가능성이 있을 수 있다. 둘째, 본 설문지의 응답자들이 자율주행자동차에 대한 의미와 개념을 정확하게 이해했는지에 대한 문제점도 있을 수 있다. 따라서 자율주행자동차에 대한 교육과 가

까운 미래의 자율주행 기술에 대한 경험이 충분히 반영된 향후 연구가 이루어 져야 될 것이다. 마지막으로, 본 연구에서는 인지, 제어, 판단의 요소를 고려한 기계윤리만을 고려하여 설문에 반영한 결과, 윤리성 잠재 요인은 t-value값이 기준치를 통과하지 못하여 최종 모형에 반영되지 않았다. 따라서 추후 연구에서는 윤리성에 대하여 기계윤리와 인간의 심리적인 윤리를 함께 고려한 새로운 측정도구가 반영된 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

REFERENCES

- Adell E.(2009), *Driver Experience and Acceptance of Driver Support Systems: A Case of Speed Adaptation*, Ph.D Thesis, Lund University.
- Casley S. J., Jardim A. S. and Quartulli A. M.(2013), *A Study of Public Acceptance of Autonomous Cars*, Worcester Polytechnic Institute, pp.56-71.
- Choi J.(2015), “Autonomous Driving Service Technology Trend and Control System,” *Journal of the Institute of Control, Automation and Systems Engineer*, pp.21-35.
- Fornell C. and Larcker D. F.(1981), “Evaluating Structural Equation Models with Unobservable Variables and Measurement Error,” *Journal of Marketing Research*, vol. 18, no. 1, pp.39-50.
- Gefen D. and Straub D. W.(2005), “A Practical Guide to Factorial Validity Using PLS-Graph: Tutorial and Annotated Example,” *Communications of the AIS*, vol. 16, no. 1, pp.91-109.
- Hair J. F., Ringle C. M. and Sarstedt M.(2011), “PLS-SEM: Indeed a Silver Bullet,” *Journal of Marketing Theory and Practice*, vol. 19, no. 2, pp.139-152.
- Jo J.(2017), *Key Factors in Adopting Autonomous Vehicles*, Master Thesis, Sungkyunkwan University.
- Kaan J.(2017), *User Acceptance of Autonomous Vehicles: Factors and Implications*, Master Thesis, Delft University of Technology.
- KAIA(2016), *Development of autonomous vehicle safety assessment technology and establishment of actual road evaluation environment*, Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement, pp.5-7.
- Kim C.(2017), *A Study on Factors Influencing Intention to Use New Technology*, Ph.D Thesis, Yeungnam University.
- Kim K., Mun Y., Jo S. and Lee J.(2016), *Basic Research on Ethics and Driver Acceptance of Autonomous Vehicles*, The Korea Transport Institute, pp.218-221.
- Lee H.(2017), “Characteristics and Policy Trends of Autonomous Vehicle Technology Development,” *Convergence Research Policy Center*, vol. 92, p.3.
- Oh J.(2018), “Analysis of Bicycle Accident Factors Using PLS-SEM,” *The Journal of Korean Institute of Intelligent Transport Systems*, vol. 17, pp.26-40.
- Seo H.(2017), *A Study on the Usage Intention of Autonomous Vehicles-Focused on Network Externality and Financial Consideration*, Ph.D Thesis, Soongsil University.
- Sung K.(2019), *Analysis of Acceptance Factors of Autonomous Vehicles Using PLS-SEM*, Korea National University of Transportation.
- Venkatesh V., Morris M. G. and Davis F. D.(2003), “User Acceptance of Information Technology:

Toward a Unified View,” *MIS Quarterly*, vol. 27, no. 3, pp.425-478.

Yoon C. and Kim S.(2014), “A Tutorial on PLS Structural Equating Modeling using R: (Centering on) Exemplified Research Model and Data,” *Information Systems Review*, vol. 16, no. 3, pp.102-105.

Zmud S. W.(2016), *Consumer Acceptance and Travel Behavior Impacts of Automated Vehicles*, Texas A&M, Transportation Institute, pp.15-49.