

어린이 통학버스의 신규 등화장치에 대한 수용성 요인분석

성기영* · 김재철** · 신판주*** · 김 현****

Factor Analysis of Acceptance on the Novel Lighting Devices for Children's School Buses

Kiyoung Sung*, Jaecheol Kim**, Panju Shin***, Hyun Kim****

Key Words: Children's school buses(어린이 통학버스), Lamp(등화장치), Road projection(로드 프로젝션), VMS(도로전광표지)

ABSTRACT

The study aims to introduce three new lighting device technologies designed to improve the visibility and awareness of stopped school buses, especially during nighttime, to enhance the safety of children boarding and disembarking. Recent accidents involving various school transportation vehicles underscore the need for effective child safety signals. Analysis of traffic accident data from the Korea Road Traffic Authority's system indicates significant differences between daytime and nighttime incidents. Existing research suggests current lighting devices are inadequate in safeguarding children. Therefore, the study seeks to propose new technologies that better alert surrounding drivers to stopped school buses, compared to existing devices, and explore factors influencing the adoption of technologies like road projections, VMS, and line lamps.

1. 서론

도로교통공단 교통사고분석시스템(TAAS)자료에 따르면 최근 5년(2018~2022)간 전국 가해운전자 차량용 도별 어린이통학버스 사고 건수는 총 2,702건으로 나타났다. 연도별로 살펴보면 2018년 583건, 2019년 515건, 2020년 379건, 2021년 517건, 2022년 708건이다. 2020년 COVID-19 영향으로 어린이통학버스 사고 건수는 감소했으나, 2022년 COVID-19 방역 기준(거리두기)이 완화됨에 따라 2020년 대비 약 1.9배 증가한 것으로 확인됐다.⁽¹⁾

최근 유치원과 어린이집 등 각종 통학자량의 사고가 잇따르면서 어린이 안전에 적신호가 켜지고 있다. 주로 등하교 또는 학원 등원 목적으로 어린이 통학차량이 활발히 운행되고 있지만 안전에 대한 의구심을 가질 수밖에 없다. 어린이 교통사고 특성을 살펴볼 때, 사고대상자(2023)

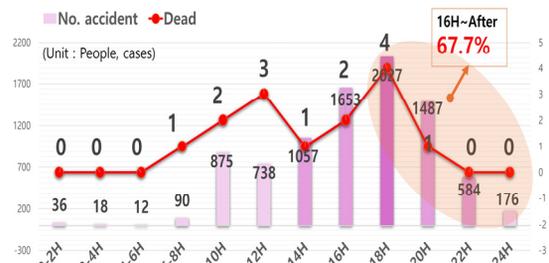


Fig. 1 Distribution of children's traffic accidents by time zone

* 국립한국교통대학교, 박사과정
** 국립한국교통대학교, 석사과정
*** 국립한국교통대학교 ICT융합연구센터 전담교수
**** 국립한국교통대학교 교통에너지융합학과 교수
E-mail: hyunkim@ut.ac.kr

의 경우 초등 2·3학년 비중이 27.7%으로 가장 많은 비중을 차지하는 것으로 확인됐다. 또한 시간대별 사고 특성을 살펴보면 위 Fig. 1과 같이 14시 이후 사고 비중은 약 67.7%를 차지하는 것으로 분석되었다. 또한 오후 20시 이후의 사고 비중은 약 8.7%로 낮은 비중을 차지하였다. 이는 20시 이후 어린이의 통행이 상대적으로 적은 시간대로 사료된다.⁽²⁾

앞서 살펴본 교통사고 특성은 주간보다 야간에 많은 사고가 발생한다는 것을 통계적으로 확인하였다. 주간의 경우 어린이 통학버스의 “정지표시장치”, “등화장치”의 동작과 무관하게 어린이 통학버스 표면에 도색된 황색을 시각적으로 인식하여 차량 주변 접근시 안전 운전을 하게 되지만, 야간에는 차량의 색상 인식이 주간보다 현저히 떨어짐에 따라 야간 어린이 통학버스 주변의 어린이를 보호하기 위해서는 도로를 주행하는 주변 차량 운전자에게 시각적인 정보를 제공하여 정확한 행동을 수행할 수 있는 등화장치 역할의 중요성을 한번 더 상기 시킬 수 있다.

그러나 기존 등화장치가 어린이통학버스 교통안전에 얼마나 영향을 주는지 확인해 볼 필요가 있다. Shin et al.(2023) 연구에 따르면 국내 운전자의 경우 어린이 통학버스에 장착된 기존 적·황색 등화장치의 불빛의미와 통행방법 등 완벽히 인식하고 정상 주행하는 실험을 통해 다소 미흡한 것으로 분석되었다. 즉, 야간에 기존 등화장치를 점등하는 경우 어린이 통학버스를 통행하는 주변 운전자들은 비상등의 의미로 간주하고 정차 중인 어린이 통학버스를 추월하여 주행하는 행동을 보임으로써 실험을 통해 기존 등화장치는 어린이보호 효과가 미흡하다는 사실을 실증분석 하였다.⁽³⁾

따라서 본 연구에서는 야간에 더욱 안전한 어린이 승하차를 위해 정차한 어린이 통학버스를 주변 운전자들이 기존 등화장치 대비 더욱 쉽게 인지하고 일시정지 할 수 있는 새로운 등화장치 3종 기술을 제시하고, 등화장치 로드프로젝션, VMS, 라인램프 등의 수용성에 대한 요인을 파악하는 연구를 수행 하고자 한다.

2. 선행연구 고찰

2.1. 어린이 안전을 위한 어린이통학버스 법제도

어린이의 안전을 위한 법제도는 사회적 책임과 관심의 중심에 있다. 다양한 법과 정책이 어린이를 보호하고 안전을 유지하기 위해 시행되고 있다.

경찰청 소관 법령으로 도로교통법, 도로교통법 시행령,

Table 1 Obligations related to children’s school bus safety by the road traffic act

Police Agency (Safety obligations)		
	Article	Fines
Road traffic law	2, 39, 51, 52 53, 53-2, 53-3 53-4	156, 160, 161
Road traffic law Enforcement Decree	22, 31, 31-2 87-3	88, 93
Road Traffic Act Enforcement Rules	34, 35, 37, 37-2, 37-3, 37-4	-

Table 2 The automobile management act

Ministry of Land, Infrastructure and Transport (vehicle-related)
Rules on performance and standards of automobiles and automobile parts
Passenger Transport Business Act
Enforcement Decree of the Passenger Transport Business Act
Passenger Transport Business Act Enforcement Rules
Automobile Management Act
Automobile Management Act Enforcement Rules

도로교통법 시행규칙에서 어린이 통학버스 안전과 관련된 의무사항에 대한 범조항은 Table 1과 같다.

국토교통부 소관 어린이통학버스 차량과 관련된 법은 자동차 및 자동차부품의 성능에 관한 규칙, 여객자동차 운수사업법, 여객자동차 운수사업법 시행령, 여객자동차 운수사업법 시행규칙, 자동차관리법 그리고 자동차관리법 시행규칙 있다.

2.2. 등화장치 정의와 필요성

Lamp(등화장치)는 어린이들의 안전을 강화하기 위해 설치된 조명 장치를 의미한다. 이 장치들은 특히 어린이들이 승하차하는 과정에서 그들의 시각적 인식을 돕고, 주변 차량 운전자들에게 어린이의 존재를 명확히 전달하는 역할을 한다. 어린이 통학버스 등화장치는 어린이들의 교통 안전을 위한 중요한 장치로서, 교통법규와 안전 기준을 준수하여 설치되어야 하며, 어린이들의 안전을 지키기 위한 사회적 책임을 담당하는 중요한 요소이다.⁽⁴⁾

Road Projection은 도로에 이미지나 텍스트를 투사하

는 자동차 조명 시스템의 한 종류이다. Hamm, M et al. (2018)에 따르면 이 기술은 주로 차량의 전조등이나 기타 조명 장치를 사용하여 도로나 주변 환경에 메시지를 투영하는 방식으로 작동한다. 예를 들어, 차선이나 신호등, 속도 제한, 위험 경고 정보를 직관적이고 시각적으로 전달할 수 있다.⁽⁵⁾ Yoko Kato et al.(2022) 연구에 따르면 노면 투영기술은 HUD나 차량 모니터보다 안전하다는 것을 실증분석 하였고 노면 투영의 가독성을 높이기 위해 밝기, 위치, 크기를 적절히 조정해야 함을 제시하였다.⁽⁶⁾ 또한 원용희 외(2021) 연구에 따르면, 도로 Road Projection와 같은 램프기술은 차량 운전자나 도로 사용자들에게 추가적인 정보를 제공하여 운전의 안전성과 편리성을 증가시킬 수 있다는 점을 확인 하였다. 또한 이 기술은 특정 조건에서 차량의 가시성을 향상시키고, 도로 환경에서의 소통을 개선하는 데 도움을 줄 수 있다.⁽⁷⁾

VMS(Variable Message Sign) 가변 메시지 표지판을 의미한다. 이는 도로나 고속도로 등 교통 인프라에서 사용되는 디지털 또는 전자적으로 제어되는 표지이다. VMS는 다양한 정보나 메시지를 표시하여 운전자에게 중요한 안내를 제공하며, 교통흐름을 최적화하고 도로 안전성을 높이는 데 기여한다.

또한 Sara Nygårdhs(2007) 연구에 따르면 VMS는 도로 사용자들에게 필요한 정보를 신속하고 효과적으로 전달하여 교통 흐름을 관리하고 안전성을 증진시키는 중요한 역할을 한다.⁽⁸⁾

Line Lamp는 일반적으로 선형 또는 다자인 조명기구를 의미한다. Kurtulus, O. U.(2021) 연구에 따르면 Line Lamp는 현재 여러 분야에 응용되어 사용되고 있으며 안전 측면에서 살펴볼 때 안전 경로를 따라가거나 위험한 지역을 피할 수 있도록 선이나 경계를 나타내는 조명으로 사용된다. 예를 들어, 바닥에 빛이 투영되어 비상탈출 시 출구 방향을 안내하는 램프가 이에 해당할 수 있다. 어린이 통학버스에 적용할 경우 탑승 승하차 시 안내 또는 운전자와 다른 차량에게 시각적으로 정보를 제공할 수 있다.⁽⁹⁾

3. 연구 방법론 및 관련 자료 수집

3.1. PLS 구조방정식에 관한 이론적 고찰

구조방정식은 다변량 분석기법 중 요인분석과 회귀분석을 결합한 분석방법론이다. 특히 다중공선성 문제로 많은 어려움을 겪는 회귀분석에 비해 매우 유연한 분석을 가능하게 하는 장점을 갖고 있다.

PLS 구조방정식은 공통요인(common factor)을 기반으로 둔 LISREL, AMOS등과는 달리, 총 분산인 주성분(principal component)을 기반으로 한다. 또한 데이터 분포와 표본 크기에 대한 제약이 상대적으로 적다. 다른 특징으로 PLS-구조방정식은 다중회귀에서의 모든 가정을 공유하기 때문에 요인들의 수가 많거나 요인들이 높은 다중 공선성을 보일 때 예측모형을 만들 때 다른 추정방법들에 비해 유리한 측면이 많다.

PLS 구조방정식은 외부모델(outer model)과 내부모델(inner model)로 구분된다. 이중 요인에서 잠재요인으로 화살표가 향하는 외부모델은 반영지표모델(reflective model)이다.

잠재요인에서 직접 요인으로 화살표가 향하는 외부모델은 조형지표모델(formative model)이라고 한다. 외부모델 A는 반영지표모델로 나타내지며, 외부모델 B는 조형지표모델로 나타내고, Fig. 2는 PLS 구조방정식의 기준 형태를 나타낸다.⁽¹⁰⁾

PLS 구조방정식모형의 통계적 검증은 반영지표 모형과 조형지표 모형 그리고 내부모형 평가에 의해 이루어진다. 여기서 통계적 검증을 하는 전제 조건은 부트스트랩을 사용하여 진행한다. 우선 반영지표 모형은 크게 3가지의 기준들이 제시하는데, 신뢰도 평가, 집중타당도 평가, 판별타당도 평가가 여기에 해당한다. 조형지표 모형에 대한 평가는 타당도로 판단하며, 외부모델 평가 기준으로 지표 타당도 및 개념 타당도 평가를 해야 한다.

마지막으로 내부형의 평가로는 크게 3가지 기준들을 만족해야 한다. 경로분석, 모형의 설명력, 모형 적합도가 여기에 해당한다. 첫째, 경로계수 평가항목은 부트스트랩을 사용하여 분석된 P값과 신뢰구간이 제공되어야 하며 둘째, 모형의 설명력을 나타내는 평가 항목으로 결정계수(R^2)를 평가 항목으로 사용한다. 셋째, 모형적합도(GOF)

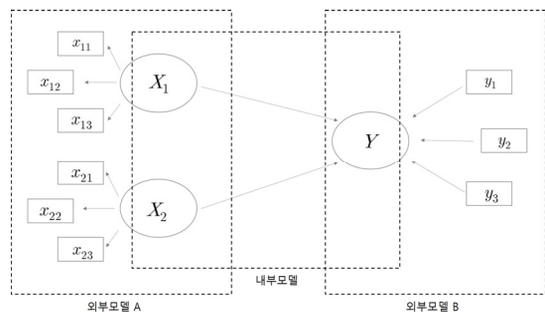


Fig. 2 PLS-SEM model

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	More than Highest of Correlation Coefficient
Formative model		
Validation	T-value	95% Reliable Level = more than 1.96
	VIF	Recommended less than 5.0
	Gefen-Starub	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)

평가 항목은 0.36 보다 큰 것을 기준으로 평가가 이루어진다. Table 3은 PLS-SEM의 일반적인 통계적 검증 기준들을 제시한다.⁽¹¹⁾

3.2. UTAUT 모델

UTAUT(Unified Theory of Acceptance and Use of Technology) 모델은 사용자의 기술 채택과 사용에 영향

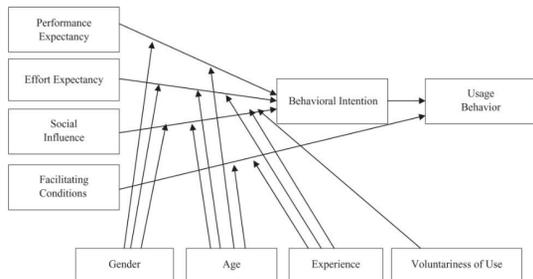


Fig. 3 UTAUT model

을 미치는 요인들을 분석하는 모델이다. UTAUT 모델은 네 가지 주요한 요인이 있다. UTAUT 모델을 적용하여 어린이 통학버스 등화장치의 수용성을 분석하면 기술적 특성, 사회적 영향, 사용자의 기대, 사용자의 경험 요인들을 고려하여 등화장치의 채택과 사용에 대한 예측을 할 수 있다. 이를 통해 등화장치의 개발과 도입 전략을 수립하고, 어린이의 통학 안전을 보장하는 데 도움을 줄 수 있다.

기술적 특성은 어린이 통학버스 등화장치가 어린이의 안전을 보장하고 편의성을 제공하는지에 대한 인식이 어린이와 학부모들에게 얼마나 유용하다고 인식되는지를 고려할 수 있다. 예를 들어, 등화장치가 신뢰성 있고 쉽게 사용할 수 있는 기능을 제공한다면 수용성이 높아질 수 있다.

사회적 영향은 어린이 통학버스 등화장치의 수용성은 주변 사람들의 의견이나 영향을 받는 정도에도 영향을 받을 수 있다. 학부모들이나 교사들 사이에서 등화장치의 필요성과 효과에 대한 긍정적인 의견이 공유된다면 수용성이 높아질 수 있다. 사용자의 기대는 어린이와 학부모들이 등화장치를 사용함으로써 얻을 수 있는 이점에 대한 기대

치를 고려하였다. 예를 들어, 등화장치를 사용하면 어린이의 안전이 보장되고, 학부모들은 어린이의 통학 안전에 대해 걱정을 덜 수 있을 것으로 기대할 수 있다.

사용자의 경험은 어린이와 학부모들이 등화장치를 사용하는데 얼마나 익숙하고 자신감을 가지고 있는지를 고려하였다. 등화장치의 사용이 간편하고 이해하기 쉬운 인터페이스를 제공한다면 어린이와 학부모들이 쉽게 사용할 수 있을 것으로 예상된다.

Hair et al.(2011)에 따르면 이론의 탐구 또는 기존 이론의 확장에 대한 연구에서 PLS-구조방정식이 적합하다고 주장하였고,⁽¹²⁾ Wold(1980)에 따르면 모수들 간의 구조적 연관성과 설명력을 최적화 시킬 수 있는 추정 방법으로 감명도 문제를 최소화 할 수 있는 방법론임을 설명하였다.⁽¹³⁾ 따라서 본 연구에서는 PLS-구조방정식을 이용하여 수용 요인을 분석하고자 한다.

3.3. 설문조사 표본 설계 및 기술통계

본 연구에서는 만 19세 이상의 일반 국민 대상으로 모집단을 설정하였다. 2023년 10월 10일부터 25일 웹(Web) 조사를 진행하였다. 설문 문항은 ‘전혀 아니다(1)’에서 ‘매우 그렇다(5)’로 리커트(Likert) 5점 척도로 제작되었다. 설문조사의 표본수는 Gpower 3.1.9.7(14)에서 분석된 최소 표본수는 267명으로 분석되었고 이를 고려하여 표본크기는 300명으로 설계하였다.

본 설문조사의 표본오차는 신뢰수준 95% ($z=1.96$) $\pm 3.99\%$ 수준으로 성별, 연령대, 직업군, 운전경력으로 구분하였다. 그 내용은 Table 4와 같다.

4. 구조방정식을 이용한 수용 요인분석

4.1. 잠재변수의 정의

본 연구에서는 어린이 통학버스 등화장치 수용성 요인을 분석하기 위해 Adell(2009)와 Venkatesh et al.(2012)의 기술수용모델에서 검증된 변수로 잠재요인을 정의하였다.

경험(Experience)은 어린이와 학부모들이 등화장치를 마주할 시 얼마나 익숙한지와 평소 운전자들의 전방주시에 대한 의무에 대한 경험 등을 고려하였다.

성능기대(Performance expectancy)는 어린이 통학버스 등화장치가 어린이의 안전을 보장하고 편의성을 제공하는지에 대한 인식이 어린이와 학부모들에게 얼마나 유

Table 4 Respondent profile

Experiment		
Gender	No. of people	%
Female	170	56.6
Male	130	43.4
Age		
20-29	108	36.0
30-39	93	31.0
40-49	78	26.0
50-59	48	6.0
≥ 60	3	1.0
Job		
Business & Management	19	5.3
Engineer	16	5.3
Housewife	20	6.65
Office worker	92	30.7
Research & Developmnet	19	6.3
Sales	28	9.2
Self-employed	16	5.3
Student	51	16.8
etc	42	13.8
Driving Experience		
< 1 year	91	30.3
1-5 years	50	16.7
6-10 years	37	12.3
11-20 years	19	6.3
> 21 years	103	34.3

용하다고 인식되는지를 고려할 수 있다. 예를 들어, 등화장치가 신뢰성 있고 쉽게 사용할 수 있는 기능을 제공한다면 수용성이 높아질 수 있다.

촉진조건(Facilitating Condition)은 어린이 통학버스 등화장치 사용을 지원하기 위한 기반이 존재한다는 믿음의 정도를 파악하는 잠재요인으로 등화장치 운영에 대한 지식은 쉽게 이해할 수 있고 운전자에게 도움을 줄 수 있을 것을 기대할 수 있다. 또한 등화장치의 사용이 간편하고 이해하기 쉬운 인터페이스를 제공한다면 어린이와 학부모들이 쉽게 사용할 수 있을 것으로 예상된다.

걱정(Anxiety)는 등화장치가 정상 작동하지 않을 시 발생할 수 있는 상황과 염려되는 부분을 확인하는 요인으로 Osswald et al.(2012)에서 검증된 변수를 참고하여 문항을 작성하였다.

Table 5 Description variable definition

Index		Observed variables	Reference
Factor	Survey		
Experience	x1	Red lights identify	Brookhuis & de Warrd (2006) ⁽¹⁵⁾
	x2	Driver's duty to look ahead	
	x3	Willingness to drive safely	
Performance expectancy	x11	Installing VMS Improves safety	Adell (2009) ⁽¹⁶⁾ , Venkatesh et al. (2012) ⁽¹⁷⁾
	x12	Installing Road Projection improves safety	
	x13	Installing Line Lamp improves safety	
	x14	Lighting devices provide awareness for safe driving	
	x15	Lighting devices improve safety from traffic accidents	
FAC*	x16	Easily understand the knowledge about lighting device operation	Venkatesh et al. (2012) ⁽¹⁷⁾
	x17	Knowledge of lighting device operation is helpful for safe driving.	
	x18	lighting devices have any effect on my ability to drive	
Anxiety	x5	If the lighting device is not operating properly	Osswald et al. (2012) ⁽¹⁸⁾
	x6	lighting device will interfere with my safe driving	
	x7	May be nervous about unexpected situations at night driving	
Effort expectancy	x8	Be easy to understand the VMS text on children's school buses.	Venkatesh et al. (2012) ⁽¹⁷⁾
	x9	The wording of Road Projection will clearly to understand	
	x10	Be easy to understand the intention behind the Line Lamp information	
Social influence	x19	If a lighting device is promoted, I am willing to use it	Adell (2009) ⁽¹⁶⁾ , Venkatesh et al. (2012) ⁽¹⁷⁾
	x20	If famous influencer trust lighting devices, I am willing to use it	
	x21	If my friends and family use lighting devices, I am willing to use it	
Acceptability	y1	Would be safer driving by following the prompts on the VMS	Erika Ikeda et al. (2019) ⁽¹⁹⁾
	y2	Would be safer driving by following the prompts on the Road Projection	
	y3	Would be safer driving by following the prompts on the Line Lamp	

* FAC: Facilitating Condition

노력기대(Effort expectancy)는 어린이와 학부모들이 등화장치를 사용함으로써 얻을 수 있는 이점에 대한 기대치를 고려하였다. 등화장치를 사용하면 어린이의 안전이 보장되고, 학부모들은 어린이의 통학 안전에 대한 걱정을 덜 수 있을 것으로 기대할 수 있다.

사회적영향(Social influence)은 어린이 통학버스 등화 장치의 수용성은 주변 사람들의 의견이나 영향을 받는 정도에도 영향을 받을 수 있다. 학부모들이나 교사들 사이에서 등화장치의 필요성과 효과에 대한 긍정적인 의견이 공유된다면 수용성이 높아질 수 있다.

마지막으로 수용성(Acceptability)은 등화장치 3종(VMS, Road Projection, Line Lamp)를 수용할 의도가 있는지를 파악하는 변수이다.

4.2. PLS 구조방정식 모형개발

설문으로 구성된 측정도구를 평가하기 위해 신뢰도 평가를 진행하였다. 반영지표에 대한 신뢰도 평가는 내적 일관성 신뢰도와 지표 신뢰도 분석을 하는 절차를 따른다. 첫째, 내적 일관성 신뢰도에 대한 평가 기준^(20,21)은 콜론 바흐 알파계수(CR) 0.7 이상과 t-value T-value≥1.96으로 잠재요인을 구성하는 외생변수(설문안)에 대하여 일관성이 있는지에 대한 평가로 경험(Experience)는 0.706로 분석되었고, 기내성능(Performance expectancy)은 0.813 그리고 촉진조건(FAC)는 0.814로 분석 되었으며, T-value값 역시 각각 모두 기준치를 만족하는 것으로 분석되었다.

둘째, 잠재요인과 외생변수를 구성하는 설문지 문항에 대한 평가이다. 지표신뢰도(indicator reliability)를 평가하는 기준⁽²²⁾은 0.7이상으로 설문지 각각 지표에 대하여 유의미한 값을 가지는지에 대한 평가이며, 분석결과 각각 모두 그 기준 값을 통과되었다.

셋째, 집중타당도 평가를 실시한다. 집중타당도 평가는 잠재요인과 외생변수에 속해 있는 설문지의 적재값들의 통계적 유의성에 대한 평가를 하는 것을 의미하며, 집중타당도를 평가하는 기준⁽²³⁾은 표준분산추출(AVE)기준인 ≥ 0.5를 평가 하였다. 외생변수 모두 T-value값을 만족하였고, 표준분산추출(AVE)값도 모두 만족하는 것으로 분석되었다. 그 내용은 Table 6과 같다.

넷째, 타당도 평가에서 조형지표를 평가하는 단계로서, 지표타당도를 이용하여 평가를 진행하고 그 평가 기준은 t-value값 ≥1.96이상을 만족해야한다.⁽²⁴⁾ 걱정(Anxiety), 기내노력(Effort Expectancy), 사회적 영향(social influence),

어린이 통학버스의 신규 등화장치에 대한 수용성 요인분석

Table 6 Reliability and concentration validity evaluation

Index		Factor loading	t-value	CR	AVE*	AVE**
Factor	Survey					
Experience	x1	0.732	5.136	0.706	0.533	0.730
	x2	0.712	4.876			
	x3	0.909	13.139			
Performance expectancy	x11	0.775	16.775	0.813	0.570	0.760
	x12	0.762	15.965			
	x13	0.759	25.322			
	x14	0.835	35.138			
	x15	0.849	43.111			
FAC ***	x16	0.885	55.115	0.814	.7318	0.855
	x17	0.902	65.823			
	x18	0.772	23.094			

* Method suggested by Fornell and Larcker (1981)
 ** Method suggested by Gefen and Straub (2005)
 *** FAC: FAcilitating Condition

Table 7 Validity evaluation

Index		Factor loading	t-value	VIF
Factor	Survey			
Anxiety	x5	0.706	4.332	1.225
	x7	0.942	9.044	1.225
Effort expectancy	x8	0.805	14.832	1.165
	x9	0.707	8.288	1.184
	x10	0.752	13.152	1.166
Social influence	x19	0.861	12.814	2.226
	x20	0.715	7.854	1.829
	x21	0.963	23.355	2.211
Acceptability	y1	0.767	16.578	1.204
	y2	0.735	15.407	1.216
	y3	0.756	17.606	1.264

수용의도(Acceptance Intention)에 해당하는 외생변수 모두 각각 모두 기준치를 통과하는 것으로 분석되었다.

다음으로, 측정지표들 간의 다중공선성 점검을 위해 VIF를 평가한다. 그에 대한 기준은 VIF < 5.0 기준으로 검증하는 절차를 거쳐야 한다.⁽¹²⁾ 분석결과 걱정(Anxiety), 기대노력(Effort Expectancy), 사회적 영향(social influence), 수용의도(Acceptance Intention) 모두 각각 5.0이하로 기준을 통과하는 것으로 분석되었다. 그 내용은 위 Table 7과 같다.

다섯째, 경로분석은 PLS구조방정식에서 부트스트랩(기

Table 8 Path analysis

Index	Path coefficient	t-value
Performance expectancy	0.518	6.451
Effort expectancy	0.326	4.419
FAC	0.188	2.319
Experience	0.144	2.102
Anxiety	0.107	1.963
Social influence	-0.105	-1.961
R ²	0.651	
GOF	0.663	

준 5000회, p<0.05)을 사용하여 경로계수(Path coefficient) 분석을 하는 절차를 따른다.⁽²⁵⁾ 경로 매개변수(Path Coefficient)가 의미하는 내용은 최종모형에서 각 요인들에 대한 가중차를 의미한다. 신뢰도 0.05는 t-value≥1.96로 분석할 수 있다. 하지만 R에서 제공하는 'plspm'에서는 p값이 제공되지 않아, t-value를 직접 산출하여 분석을 진행하였다. 그 내용은 위 Table 8과 같다.

측정지표 중 외생변수와 잠재요인과의 경로계수분석에서 통과된 잠재요인은 경험, 걱정, 기내노력, 기대성능, 촉진조건, 사회적 영향으로 분석되었다. 내생변수인 수용성과 잠재요인간의 경로분석에서 통과된 잠재요인의 경로계수 값은 기대성능(0.518), 기대노력(0.326), 촉진 조건(0.188), 경험(0.144), 걱정(0.107), 사회적 영향(-0.105) 순으로 분석되었다. 각각의 t-value값은 6.451, 4.419, 2.319, 2.102, 1.963, -1.196으로 t-value≥1.96 기준치를 통과하는 것으로 분석되었다. 마지막으로 모형평가는 다음과 같다. 첫째, R²는 0.651로 분석되었으며 Good(over 0.26), Fair(0.13~0.26), Poor(0.02~0.13) 기준값을 만족하는 것으로 분석되었다. 둘째 모형 적합도(GOF)는 0.663으로 분석되었으며 기준치 Goodness of Fit >0.36을 충족하는 것으로 분석되었다.

4.3. 모형결과에 대한 논의

어린이 통학버스 등화장치 3종(Road Projection, VMS, Line lamp) 수용에 미치는 요인을 분석한 결과, 본 연구의 최종모형에 반영된 잠재요인은 기대성능(Performance expectancy), 기대노력(Effort Expectancy), 촉진 조건(Facilitating Condition), 경험(Experience), 걱정(Anxiety), 사회적 영향(Social Influence)으로 총 6가지로 분석되었다.

수용성에 영향을 주는 잠재요인은 기대성능(0.518), 기대노력(0.326), 촉진 조건(0.188), 경험(0.144), 걱정(0.107), 사회적 영향(-0.105) 순으로 가중치가 높은 것으로 최종 분석되었다. PLS-구조방정식을 이용하여 어린이 통학버스 등화장치 3종에 미치는 요인을 분석한 최종모형은 다음 아래 Fig. 4와 같다.

기대 성능(Performance Expectancy)은 최종모형에서 가장 높은 가중치(0.518)의 값을 가지고 있는 것으로 분석되었다. 어린이 통학버스 등화장치 3종에 대하여 기대성능이 의미하는 바는 다음과 같다. 일반인은 등화장치 3종(Road Projection, VMS, Line lamp)을 어린이 통학버스 차량에 설치하여 운행하는 것이 더 안전성 향상에 도움을 줄 것이라 기대하고 있으며 등화장치 3종은 야간에 어린이 통학버스로 접근하는 주변 차량에게 영향을 미치지 않으면서도 직관적으로 인지할 수 있는 점을 고려할 때, 안전운전을 유도하기 위해 경각심을 부여하는 것으로 사료된다. 또한 등화장치 3종(Road Projection, VMS, Line lamp)은 어린이 통학버스를 이용하고 있는 자녀가 교통사고로부터 안전을 향상시킬 것이라는 생각을 반영하고 있다.

기대 노력(Effort Expectancy)은 최종모형에서 두 번째로 높은 가중치(0.326)의 값을 가지고 있는 것으로 분석되었다. 어린이 통학버스 등화장치 3종에 대하여 기대노력이 의미하는 바는 다음과 같다. 등화장치 3종(Road Projection, VMS, Line lamp)을 어린이 통학버스 차량에 설치하여 운행하는 것은 기존 등화장치 대비 어린이 승·하차에 대한 인지도와 승·하차 정보에 대한 의미를 운전자에게 더 명확히 전달될 것으로 기대하고 있다. 특히 어린이 통학버스에서 묘화되는 Road Projection의 문구는 행동의도를 명확히 전달될 것이라고 생각하고 있으며 Line Lamp 정보에 대한 의도를 쉽게 이해할 수 있을 것이라는

생각을 반영하고 있다.

촉진 조건(Facilitating Condition)은 최종모형에서 세 번째로 높은 가중치(0.188)의 값을 가지고 있는 것으로 분석되었다. 어린이 통학버스 등화장치 3종에 대하여 촉진 조건이 의미하는 바는 다음과 같다. 등화장치 3종(Road Projection, VMS, Line lamp)을 어린이 통학버스 차량에 설치하여 운행 시 일반도로에서 어린이 통학버스 차량을 마주할 때 정상적인 운전 능력을 수행하는데 영향을 끼치지 않는다고 생각하고 있으며, 등화장치 3종을 운영 시 지침을 따르는데 필요한 지식을 습득하는데 어려움이 없을 것이라는 생각과 일반 운전자 입장에서 바라볼 때, 어린이 승·하차 시 발생할 수 있는 사고로부터 안전운전에 대하여 도움을 받을 수 있다는 생각을 반영하고 있다.

경험(Experience)은 최종모형에서 네 번째로 높은 가중치(0.144)의 값을 가지고 있는 것으로 분석되었다. 어린이 통학버스 등화장치 3종에 대하여 경험이 의미하는 바는 다음과 같다. 첫째, 설명변수(설문지) 1개 문항이 각각 되었으며 이는 기존 등화장치의 경우 일반도로에서 어린이 통학버스를 마주할 때 어린이 통학버스 지붕 위에 적색 등화장치가 잘 인지되지 않았다는 점을 반영하고 있다. 즉 등화장치 3종(Road Projection, VMS, Line lamp)을 어린이 통학버스에 설치하여 운행할 경우 일반 운전자 측면에서 더 안전하게 운전할 가능성이 있다는 것을 내포하고 있다.

걱정(Anxiety)은 최종모형에서 다섯 번째로 높은 가중치(0.107)의 값을 가지고 있는 것으로 분석되었다. 어린이 통학버스 등화장치 3종에 대하여 경험이 의미하는 바는 다음과 같다. 야간에 등화장치가 정상적으로 운용되지 않은 어린이 통학버스와 함께 공공도로 상에 있으면 불안할 것이라고 생각하며 평상시 어린이 통학버스 주변에서 안전을 하는 경우 돌발상황이 발생할 수 있다는 점에 대하여 긴장을 하고 있다고 사료된다. 즉, 어린이 통학버스 등화장치 부재는 일반 운전자에게 큰 부담을 염려하고 있다는 점을 고려할 때, 등화장치의 필요성을 반영하고 있다.

사회적 영향(Social influence)은 최종모형에서 여섯 번째로 높은 가중치(-0.105)의 값을 가지고 있는 것으로 분석되었다. 어린이 통학버스 등화장치 3종에 대하여 사회적 영향이 의미하는 바는 다음과 같다. 사회적으로 어린이 보호구역 및 어린이 교통사고와 관련 기사와 법·제도 개선 연구가 진행되고 있음에도 여전히 안전문제가 지속적으로 이슈가 되고 있으며 등화장치에 대한 이해가 부족한 것으로 생각되며 수용요인에 음의 가중치 값을 가지는 것으로 판단된다. 따라서 등화장치 3종의 수용성을 높이기 위한 방

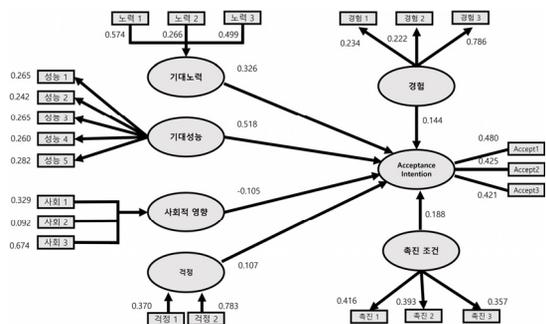


Fig. 4 Final model

법으로 일반운전자와 어린이 통학버스 운전자 모두 어린이 안전에 대해 관심을 가지고 올바른 도로통행을 지향해야 한다. 또한 사회적으로 TV, 인터넷 광고, 광고판 등에서 등화장치(Road Projection, VMS, Line lamp)의 관련 정보를 홍보할 필요성이 있다.

5. 결론

본 연구는 어린이통학버스 대상으로 새로운 등화장치의 필요성이 존재하는 바, 일반 국민대상으로 어린이 통학버스의 등화장치 3종(Road Projection, VMS, Line lamp)에 대한 수용성을 분석하고 그 수용성에 영향을 주는 요인에 대해 분석하였다. 어린이 통학버스 등화장치 3종(Road Projection, VMS, Line lamp) 수용성 관련 최종모형에는 기대성능(Performance expectancy), 기대노력(Effort Expectancy), 촉진 조건(Facilitating Condition), 경험(Experience), 걱정(Anxiety), 사회적 영향(Social Influence) 등 총 6가지로 분석되었고, 기대성능(0.518), 기대노력(0.326), 촉진 조건(0.188), 경험(0.144), 걱정(0.107), 사회적 영향(-0.105)순으로 3종 등화장치에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 분석되었다.

기대성능(Performance Expectancy)은 잠재요인 중 가장 높은 가중치 값을 가지는 수용요인으로 분석되었다. 이는 등화장치 3종을 사용하면 어린이의 안전에 대해 도로 환경에서 일반운전자들로부터 전방주의에 대한 경각심을 부여하고, 학부모들은 어린이의 통학 안전에 대한 걱정을 덜 수 있을 것으로 등화장치 3종을 사용하겠다는 수용의지가 반영된 것으로 생각된다.

또한 잠재요인 중 사회적 영향(Social Influence)은 수용성에 음(-)의 방향의 가중치를 가지는 것으로 분석되었다. 이를 통해 사회적으로 대중들이 생각하는 등화장치 3종에 대한 관심과 올바른 도로통행방법 가이드라인이 충분히 설명되어야 수용성이 높아질 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구는 어린이통학버스 등화장치 수용성 연구 모형을 설계하였으나 몇 가지의 한계점을 갖는다. 첫째, 어린이 통학버스와 밀접한 관계자 유형(예들 들어 어린이 통학버스 운전자, 어린이집 또는 유치원 운영자, 학부모)과 일반인(공동 도로상 운전자)와 집단 간 비교분석을 반영한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

둘째, 어린이 통학버스 등화장치 3종에 대한 충분한 이해도와 지식을 알고 있는지에 대한 판단이 모호하다. 따라서 어린이통학버스 등화장치 3종에 대한 시청각자료 또는

체험 등과 같은 프로그램을 통해 충분한 설명이 이루어진 후 설문을 진행하여, 등화장치에 대해 Before-After 스타디가 필요할 것으로 생각된다.

후 기

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원 “한국형 어린이 통학버스 안전성 향상 기술개발”(과제번호: RS-2022-00143581) 지원으로 수행하였습니다.

참고문헌

- (1) 도로교통공단, “TAAS(Traffic Accident Analysis System).”
- (2) 도로교통공단, 2023, “TAAS(Traffic Accident Analysis System),” 인포그래픽.
- (3) 신판주, 김재철, 김현, 2023, 어린이 통학버스의 로드 프로젝션 등화장치 표준 제정에 관한 연구, 한국자동차안전학회지, Vol. 15, No. 3, pp. 43~52.
- (4) 국토교통부, “자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙.”
- (5) Hamm, M., Huhn, W., and Reschke, J., 2018, “Ideas for Next Lighting Generations in Digitalization and Autonomous Driving,” SAE Technical Paper.
- (6) Yoko Kato, Yoshiro Aoki, Michiaki Sekine, and Masaru Sasaki, 2022, “Fundamental Study on Driver Assistance Projections Using Adaptive Driving Beam,” Journal of the Illuminating Engineering Institute of Japan, Vol. 16, No. 1.
- (7) 원용희, 한길원, 이혁민, 2021, 보행자 대상 노면 정보 구현 연구, 한국자동차공학회 춘계학술대회.
- (8) Sara Nygårdhs and Gabriel Helmers, 2007, VMS - Variable Message Signs: A literature review, VTI rapport 570A.
- (9) Kurtulus, O. U., 2021, “New Trends and Functionalities in Automotive Tail Lighting,” The Eurasia Proceedings of Science Technology Engineering and Mathematics, Vo. 14, pp. 31~38.
- (10) 윤철호, 김상훈, 2014, “R을 이용한 PLS 구조방정식모형 분석 튜토리얼: 예시 연구모형 및 데이터를 중심으로, Information Systems Review,” Vol. 16, No. 3, pp. 89~112.
- (11) 오주택, 2018, “PLS 구조방정식을 이용한 자전거사

- 고 요인분석,” 한국ITS학회 논문지, Vol. 17, No. 4, pp. 26~40.
- (12) 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
- (13) Wold, H., 1980, “Soft Modeling: Intermediate between Traditional Model Building and Data Analysis,” *Mathematical Statistics*, Vol. 6, pp. 333~346.
- (14) Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.-G., and Buchner, A., 2007, “G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences,” *Behavior Research Methods*, Vol. 39, pp. 175~191.
- (15) Brookhuis, K.A. and De Waard, D., 2006, “Consequences of automation for driver behaviour and acceptance,” In R. N. Pikaar, E. A. P. Koningsveld, & P. J. M. Settels (Eds.), *Meeting Diversity in Ergonomics. Proceedings IEA 2006 congress*.
- (16) Adell E., 2009, “Driver Experience and Acceptance of Driver Support Systems: A Case of Speed Adaptation,” Ph.D Thesis, Lund University.
- (17) Venkatesh, Viswanath and Thong, James Y.L. and Xu, Xin., 2012, “Consumer Acceptance and Use of Information Technology: Extending the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology,” *MIS Quarterly*, Vol. 36, No. 1, pp. 157~178.
- (18) Osswald, S., Wurhofer, D., Trösterer, S., Beck, E., and Tscheligi, M., 2012, “Predicting information technology usage in the car: towards a car technology acceptance model,” In *Proceedings of the 4th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications*, pp. 51~58.
- (19) Ikeda, E., Hinckson, E., Witten, K., and Smith Melody, 2019, “Assessment of direct and indirect associations between children active school travel and environmental, household and child factors using structural equation modelling,” *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, Vol. 16, No. 32.
- (20) Henseler, J., Ringle, C.M., and Sinkovics, R.R., 2009, “The use of partial least squares path modeling in international marketing,” *Advances in International Marketing*, Vol. 20, No. 1, pp. 277~320.
- (21) Bagozzi, R. P. and Y. Yi, 1988, “On the Evaluation of Structural Equation Models,” *Journal of the Academy of Marketing Science*, Vol. 16, No. 1, pp. 74~94.
- (22) Hair, J. F., Jr., M. Sarstedt, C. M. Ringle, and J. A. Mena, 2012, “An assessment of the use of partial least squares structural equation modeling in marketing research,” *Journal of the Academy of Marketing Science*, Vol. 40, No. 3, pp. 14~433.
- (23) Fornell, C. and D. F. Larcker, 1981, Evaluating Structural Equation Models with Unobservable Variables and Measurement Error, *Journal of Marketing Research*, Vol. 18, No. 1, pp. 39~50.
- (24) Chin, W. W., 1998, “The partial least squares approach to structural equation modeling. In: Marcoulides,” G.A.(Ed.), *Modern Methods for Business Research*. Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, NJ, 295~336.
- (25) Henseler, J., C. M. Ringle, and R. R. Sinkovics, 2009, “The use of partial least squares path modeling in international marketing,” *Advances in International Marketing*, Vol. 20, No. 1, pp. 277~320.