

어린이 통학버스 운영 서비스 평가체계 개발

박보현* · 송혜인** · 신강원***

Development of an Evaluation Framework for School Bus Operation Service

Bohyun Pak*, Hyeinn Song**, Kangwon Shin***

Key Words: School Bus(어린이 통학버스), Vehicle safety(차량 안전성), Service Evaluation(서비스 평가), School Bus Routes(통학버스 노선)

ABSTRACT

In recent years, the population of children has been declining in Korea. Moreover, the phenomenon of elementary school closures is on the rise, particularly in non-urban and some new city areas, highlighting the need for school buses for children. Despite the mandatory safety features in place, accidents involving school buses for children are on the rise, underscoring the need for improvement in the safety of these vehicles. While various studies have been conducted to enhance the safety of children during their school commute, there has been a notable gap in research analyzing the school commuting environment concerning the vehicle safety of these buses. Hence, this study aims to develop a set of service evaluation criteria for school bus routes, considering vehicle safety through the Analytic Hierarchy Process (AHP). By conducting a survey to gather information on the current status of school buses for children and through questionnaires targeting stakeholders in the school bus sector, the study analyzed requirements and operating conditions. These results were used to select evaluation criteria and structure the hierarchy based on the external and internal aspects of school bus services. Through AHP surveys conducted based on the designed criteria, experts identified safety as the most crucial aspect, with a specific emphasis on Vehicle Safety. Using these developed service evaluation criteria, the study plans to identify service-vulnerable routes through a real route analysis and recommend improvements, with the ultimate goal of creating a safe and convenient school commuting environment for children.

1. 서론

최근 10년간 전국 어린이(만 13세 미만) 인구는 연평

균 2.51% 감소율을 보이고 있고, 어린이인구 감소에 따라 초등학교 통폐합은 늘어나고 있다.

이로 인해 비도시 지역 및 일부 신도시 지역의 통학구역이 확장되고 통학거리가 길어짐에 따라 어린이 통학버스가 필요하여, 최근 10년간 초등학교 어린이 통학버스 등록대수는 연평균 16.9%의 가파른 증가율을 기록하며 늘어가고 있다. 이러한 추세는 통학환경에서 어린이 통학버스의 안전성이 차지하는 중요성이 커지고 있음을 방증

* 경성대학교 도시공학과, 학사과정

** 충북대학교 통계학과, 박사과정

*** 경성대학교 도시공학과, 부교수

E-mail: kangwon@ks.ac.kr

한다.

우리나라에서는 어린이들을 교통사고 위험으로부터 보호하기 위해 일정구간을 어린이보호구역으로 지정하여 관리하도록 명시하고 있다.⁽¹⁾

어린이 보호구역을 중심으로 한 교통안전시설 및 단속 장비의 설치로 최근 10년간 어린이 보행 교통사고는 감소하고 있다. 그러나 이런 추세 속에서도 여전히 어린이 보행사고는 전체 어린이 교통사고 중 약 35%를 차지하고 있으며, 2020년 기준으로 OECD 회원국의 어린이 보행사고 평균보다 0.7배 높은 10만명당 0.19명을 기록하고 있어, 여전히 기대치에 미치지 못하고 있는 상황이다.⁽²⁾ 어린이 통학버스 교통사고를 예방하기 위해 통학버스 점검 및 전수조사를 실시하고, 후방보행자안전장치, 운행기록장치 등을 의무장착하는 등 안전 기준을 강화하고 있음에도 불구하고, 어린이 통학버스 교통사고는 감소세를 보이다 2020년을 기준으로 다시 증가하는 경향을 보이고 있어 여전히 어린이 통학버스의 차량 안전성은 개선되어야 할 부분이 있다.

한편, 「대기관리권역법」 제 28조에 의하면, 2024년부터 대기관리권역 내 경우 어린이 통학버스의 신규등록을 제한하고 있고, 어린이 통학차량 무공해차 추진계획에 따라 2035년까지 100% 무공해 어린이 통학버스 보급을 목표로 하고 있다.⁽⁴⁾ 그러나 현재 어린이 통학버스의 86.27%가 경유차로 운행되고 있어, 어린이 통학버스의 친환경성 또한 고려되어야 할 사항으로 남아있다. 또한, 정보통신기술 일상화에 따라 통학버스의 이용 편의성 제고도 꾸준히 제기되어 통학버스 위치정보의 제공 및 노선의 합리성에 대한 개선 요구도 증가하고 있다.

따라서, 본 연구에서는 어린이 통학버스를 이용한 통학환경의 안전성 및 편의성에 영향을 미치는 다양한 요인(차량, 노선, 운전자, 서비스 등)을 설문조사 및 법제도 고찰을 통해 도출하고, AHP분석을 통해 어린이 통학버스 서비스 평가 지표를 개발하였다. 또한 개발한 어린이 통학버스 서비스 평가 지표를 실제 통학버스 노선에 적용하여, 통학버스를 이용한 통학환경의 안전성 및 편의성 등의 서비스 수준 평가에 대한 실 적용 가능성도 살펴보았다.

2. 선행연구 고찰

어린이 통학 안전도 평가에 관한 연구는 크게 통학로의 물리적 안전성 평가 연구와 통학버스 운전자의 안전운전 관리 및 개별 장치에 관한 연구로 구분할 수 있다.

박경훈 외(2012)는 보행 친화도 및 보행안전에 미칠

수 있는 물리적 환경요소들을 측정하여 보행통학 안전도를 제시·진단하였다.⁽⁵⁾ 이수일 외(2019)는 서울 및 경기도 지역 56개 초등학교를 대상으로 통학로의 안전성을 평가하기 위해 점, 선, 면적 측면으로 구분한 통학로 주변환경 지표와 통학만족도 설문조사를 반영한 안전지수를 개발하였다.⁽⁶⁾ 허억 외(2020)는 FGI, AHP분석을 통해 보행 통학로 안전지수를 개발하였으며, 10개 도시 50개 초등학교의 통학로에 적용하여 각 보행 통학로 개선방안을 제시하였다.⁽⁷⁾ 이신해(2023)는 주변 여건과 관계없이 일괄적으로 적용되는 스쿨존 범위와 학구도 범위와의 차이를 극복하기 위해 학교별 맞춤형 스쿨존 적용이 필요하다고 주장하였다.⁽⁸⁾ 구체적으로 학구도 범위와 스쿨존 범위가 유사할 경우 기존 제도 적용방식을 적용, 학구도 범위가 스쿨존 범위보다 조금 크면, 스쿨존을 일부 확대, 학구도 범위가 스쿨존 범위보다 과도하게 큰 경우 주요 통학로를 파악하여 정비하는 작업을 최우선으로 시행하는 것을 제안하였다.

통학버스에 관한 연구는 통학버스 운전자의 운전행태 개선방안 제시와 일부 장치 및 서비스에 대한 도입 제안연구가 있다. 김나연 외(2022)는 운행기록장치(DTG)를 이용하여 어린이 통학버스의 운행 및 주행특성을 파악하였고, 이를 토대로 어린이 통학버스 운행평가 지표를 정의하여 운행 안전성을 평가하였으며, 어린이 통학버스의 차량별, 운행 링크별 모니터링 시스템을 제안하였다.⁽⁹⁾ 김현주 외(2020)는 좌석별 어린이 착석여부와 안전벨트 사용여부를 확인할 수 있는 안전관리시스템을 제안⁽¹⁰⁾하였고, 최규권 외(2022)는 어린이 통학버스의 측면보호를 위한 러브레일(Rub rail)의 형태를 제안하였다.⁽¹¹⁾ 김지연(2022)은 RFID와 모바일 APP을 연동한 승하차 알림서비스 및 운행일지 자동화 서비스를 제안하였다.⁽¹²⁾

이처럼 어린이 통학과 관련된 선행연구들은 보행 통학로와 통학버스 각각에 대한 안전성 또는 편의성에 관한 연구임을 알 수 있다. 즉, 통학버스를 이용하는 통학환경에 대한 전반적인 안전성 및 편의성은 통합적으로 평가되지 못하고 있다고 판단된다.

3. 어린이 통학버스 운행 및 교통사고 현황

3.1. 어린이 통학버스의 정의

어린이 통학버스란 「도로교통법」 제2조에 따르면 어린이를 교육대상으로 하는 시설(유치원, 유아교육진흥원, 초등학교, 특수학교 등 총 18종)에서 어린이의 통학 등에



Fig. 1 School bus mandatory installation device

이용되는 자동차와 「여객자동차 운수사업법」 제4조 제3항에 따른 여객자동차운송사업의 한정면허를 받아 어린이를 여객대상으로 하여 운행되는 운송사업용 자동차를 뜻한다.⁽¹⁾ 어린이 통학버스로 사용할 수 있는 자동차는 승차정원이 9명 이상인 자동차로 하며, 「자동차 및 자동차 부품의 성능과 기준에 관한 규칙」에서 정한 구조·장치(황색도색, 어린이 보호표지, 정지표시 장치, 좌석안전띠 등 총 15종)를 갖추어야 한다.⁽²⁾

3.2. 어린이 통학버스 운영 현황

어린이 통학버스는 각 시설별 소관부처가 상이하며, 교육부, 경찰청, 환경부 등 여러 기관에서 데이터를 관리하고 있어 구득이 가능한 교육부(통학버스관리시스템) 자료⁽¹³⁾를 바탕으로 운영 현황분석을 수행하였다. 통학버스 관리시스템에서는 기관별, 시군구 및 관할지역별 통학버스 정보를 조회할 수 있으며, 기관정보(기관구분, 기관명, 관할지역, 설립구분 등), 차량정보(제작년도, 자동차등록번호판, 차종, 승차정원, 차명 등), 운전자 및 동승보호자 교육정보(교육수료 여부, 교육수료 일자 등)의 교육정보를 확인할 수 있다.

2022년 09월 기준, 교육부 소관 시설은 총 8종으로 총 16,460개의 시설에서 29,490대의 통학버스 차량이 운행되고 있다. 초등학교의 경우, 전국 6,327개의 초등학교 중 어린이 통학버스를 운행하고 있는 초등학교는 2,066개교(32.65%)이며, 해당 초등학교에서 운행되고 있는 어린이 통학버스는 총 3,840대로 나타났다. 초등학교에서 운행되고 있는 차량의 차종은 승차정원 기준 소형(15인승 이하)이 115대, 중형(16인승~35인승)이 2,438대, 대형(36

Table 1 School bus facilities and vehicle status

	Facilities	School Bus
Kindergarten	4,039	8,552
Elementary school	2,066	3,840
Academy	10,011	15,961
Special school	173	801
Training center	141	136
International school	22	182
Alternative school	6	12
Early Childhood Education & Promotion Center	2	6
Total	16,460	29,490

인승 이상)이 1,287대로 나타났으며, 대부분 중·대형 차량(97.01%)인 것을 확인할 수 있다.

3.3. 어린이 교통사고 현황

최근 10년간 어린이 교통사고 건수는 연평균 2.7%의 감소세를 보이고 있다. 2022년 어린이 교통사고 건수는 9,163건으로 나타났으며, 부상자는 11,389명, 사망자는 18명이 발생하였고, 전년 대비 사고건수는 증가하였으나 사망자수는 감소하였다. 어린이 보행 교통사고 건수도 최근 10년간 연평균 6.1%의 감소세를 보이고 있으며, 2022년 기준 2,787건의 사고가 발생하였다.⁽²⁾

그러나, 어린이 통학버스로 인한 교통사고인 어린이 통학버스 사고는 연평균 13.8% 증가하고 있어 여전히 어린이 통학버스의 안전성은 개선해야 할 부분이다. 최근에도 어린이 통학버스 교통사고는 빈번하게 일어나고 있으며, 이러한 어린이 통학버스 교통사고의 유형은 크게 어린이가 차체에 끼어 일어나는 끼임사고, 다른 차량 및 기타시

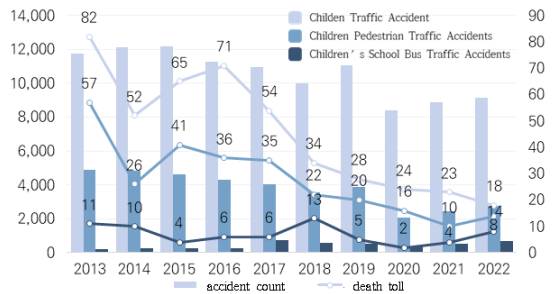


Fig. 2 Children traffic accident statistics

Table 2 Recent school bus traffic accident

Region	Date	Type
Jeju	2022.01.25	Door Pinching Accident
Paju	2022.06.20	Collision Accident
Busan	2022.07.04	Pedestrian Accident
Busan	2022.07.12	Door Pinching Accident
Busan	2022.08.10	Collision Accident
Changnyeong	2022.10.25	Collision Accident
Namyangju	2022.10.31	Collision Accident
Daejeon	2023.04.04	Collision Accident

설물 간의 충돌로 인한 충돌사고, 어린이가 승하차 후 보행 중 발생하는 보행사고 3가지로 분류할 수 있다. 이러한 상황은 어린이 통학버스 의무장착 장치 외 부가 안전장치들의 추가 장착 및 안전성 향상이 필요함을 시사한다.

4. 어린이 통학버스 서비스 평가지표 개발

4.1. 어린이 통학버스 운행실태 및 요구사항 조사

어린이 통학버스 운영 효율화 및 안전성·편의성 향상과 어린이 통학버스 관계자의 의견 및 요구사항 수렴을 위해 20일간(2022.11.16.~2022.12.06.) 어린이 통학버스 운전자(29인), 운전자 및 동승보호자(42인), 학부모(264인) 총 335인을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 조사내용은 통학버스 기본·운영 정보, 통학버스의 안전성 및 편의성 향상을 위한 주요 항목 등이다.

통학버스 안전성 향상을 위한 차내 사고예방장치의 중요도를 설문한 결과, 어린이용 3점식 안전띠, 안전벨트 착용 확인장치, 어린이접근경고음 발생장치, 전후방경고알림장치가 필요하다는 의견이 많았다. 한편, 통학버스 안전성(충돌안전성, 보행안전성, 사고예방안전성) 순위를 설

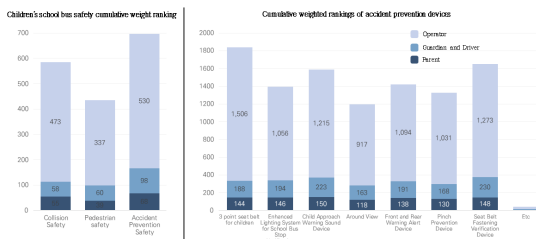


Fig. 3 Survey results on school bus safety

문한 결과 운전자, 운전자 및 동승보호자, 학부모 모두 사고예방안전성이 가장 중요하다고 답해 통학버스 통학서비스 향상을 위해서는 통학버스 차량의 사고예방성을 향상시켜야 함을 알 수 있다.

통학버스 편의성을 위해서는 어린이의 실시간 위치 및 승하차 여부를 제공해 주는 플랫폼의 운영이 필요하다는 답변이 대다수였으며, 통학버스 플랫폼을 이용할 의향이 있는 학부모는 96.6%로 분석되었다.

4.2. 서비스 평가 항목 도출 및 조사

어린이 통학버스를 이용하는 통학환경의 서비스 평가를 위한 평가항목은 전문설문조사 결과, 각 지자체에서 사용하고 있는 버스 서비스 평가내용 검토, 전문가 자문을 거쳐 총 3개의 계층(안전성, 편의성, 쾌적성)으로 구조화하였다. 안전성의 하위계층으로 차량 안전성, 승하차환경 안전성, 노선의 안전성을 선정하였고, 각 하위계층은 차량의 사고예방안전성 및 충돌 안전성, 어린이승하차표지, 승하차지점 보차도 구분, 어린이보호구역의 비율, 안전운행 행동 점수로 평가될 수 있도록 구성하였다. 편의성은 정보 제공 적정성, 정시성 및 노선 굴곡도로 구성하였으며, 쾌적성은 차량 노후도 및 차량 소음도를 하위계층으로 선정하였다. 아래는 전문설문 총 11개의 세부 평가항목으로 구성된 통학버스 서비스 평가 지표의 구성 체계도이다.

전문설문 11개 서비스 평가 항목에 대한 조사 및 분석 방법은 Table 3과 같다.

안전성의 세부 평가항목인 사고예방 안전성은 기존 의무장치 15종 외 추가 장착된 차량 안전 장치(어라운드뷰, 전방경고음알림장치, 후방경고음알림장치, 문개임방지장

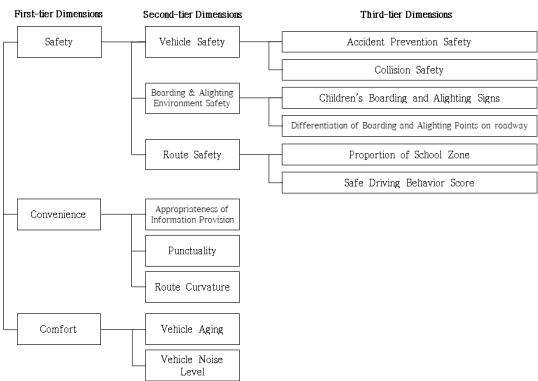


Fig. 4 Hierarchical structure of school bus service evaluation

어린이 통학버스 운영 서비스 평가체계 개발

Table 3 Evaluation method for child school bus services

First-tier Dimensions	Second-tier Dimensions	Third-tier Dimensions	Score	
Safety	Vehicle Safety	Accident Prevention Safety	Installed more than 4	1.0
			3 installation	0.75
			2 installation	0.5
			1 installation	0.25
			Not installed	0.0
	Collision Safety	3 point seat belt for children	1.0	
		2 point seat belt for children	0.5	
	Boarding & Alighting Environment Safety	Children's Boarding and Alighting Signs	Installation	1.0
			Not installation	0.0
		Differentiation of Boarding and Alighting Points on roadway	All sections	1.0
Section over 50%			0.5	
Route Safety	Proportion of School Zone	Standardization of the ratio of School Zone compared to the total route		
		Safe Driving Behavior Score	Standardization of safe driving behavior score	
	Convenience	Appropriateness of Information Provision	-	Provide
			Not provide	0.0
Punctuality		-	Satisfaction score through survey	
	Route Curvature	-	Standardization of route curvature	
Comfort	Vehicle Aging	-	Standardization of vehicle age standards	
	Vehicle Noise Level	-	Electric, Hydrogen, Hybrid	1.0
			Gasoline, LPG	0.5
			Diesel	0.0

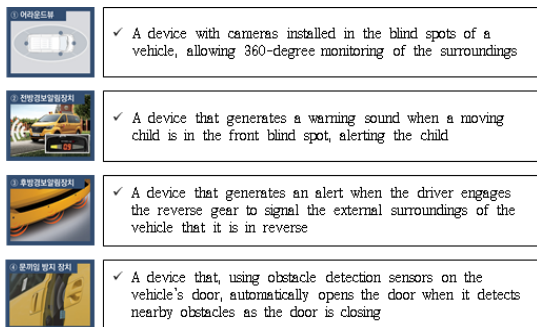


Fig. 5 Examples of vehicle safety devices

치 등)의 개수에 따라 점수를 부여하였다.

충돌안전성은 어린이용 안전띠의 종류(2점식, 3점식)에 따라 충돌사고로부터 안전한 3점식 안전띠에 높은 점

수를 부여하였다.

승하차 환경 안전성은 어린이보호구역 내 승하차 지점에 어린이 승하차 표지가 설치되어 있는 경우 높은 평가점수를 부여하였으며, 승하차지점 보·차도 구분은 통학노선 승하차지점 전구간의 보·차도가 구분되어 있을 경우 높은 점수를 부여하였다. 끝으로 노선의 안전성은 통학버스 노선의 총 연장 대비 어린이보호구역의 연장 비율을 표준화하여 점수를 할당하였다.

안전운전행동점수는 한국교통안전공단의 위험운전행동을 기준으로 100 km당 위험운전행동 횟수를 100에서 뺀 값을 점수로 활용하였다. 위험운전행동은 총 11개가 있으며 본 연구에서는 이 중 급가속 유형 2가지(급가속, 급출발), 급감속 유형 2가지(급감속, 급정지)를 예시로 산출하였다. 위험운전행동 어부는 DTG 자료를 활용하였으며 어린이 통학버스 노선을 운행하지 않는 경우(노선 외

운행)는 데이터 전처리 단계에서 제외하였다.

DTG 데이터는 1초단위로 수집되었으며 통학버스의 운행일자, 이동속도, 이동거리, 방위각, 가속도가 적재되어 있어 위험운전행동 기준에 따라 위험운전행동 횟수를 산출할 수 있다. 안전운전행동점수는 노선별로 산출되며 산출식은 다음과 같다.

$$S_r = 100 - \frac{\sum_{i=1}^n DC_i}{\sum_{i=1}^n DD_i} \times 100 \quad (1)$$

- i : 운행일자
- r : 노선번호
- n : 총 운행일수
- S_r : r 번 노선의 안전운전행동점수
- DC_i : i 번째 일의 모든 운행 차량의 위험운전행동 횟수 (건/일)
- DD_i : i 번째 일의 모든 운행 차량의 운행거리(km/일)

‘버스’ 대상의 급가속, 급출발, 급감속, 급정지 기준은 Table 4와 같다.

경기도 화성시 초등학교 통학차량의 안전운전행동점

Table 4 Criteria of dangerous driving behavior for buses

Category		Criteria	
		Bus Speed	
Sudden Acceleration Type	Sudden Acceleration*	10 km/h ≤	Accelerate more than 8 km/h per second
		20 km/h ≤	Accelerate more than 7 km/h per second
		20 km/h >	Accelerate more than 6 km/h per second
	Sudden Start**	Accelerate more than 8 km/h per second	
Rapid Deceleration Type	Rapid Deceleration*	30 km/h ≤	Decelerate more than 9 km/h per second
		50 km/h ≤	Decelerate more than 10 km/h per second
		50 km/h >	Decelerate more than 12 km/h per second
	Sudden Stop***	Decelerate more than 9 km/h per second	

* : At a speed of 6 km/h or higher
 ** : Starting from a speed of 5 km/h or less
 *** : The speed becomes 5 km/h or less

Table 5 The results of safe driving behavior score of sugi elementary school

Date	Frequency				total
	Sudden Acceleration	Sudden Start	Rapid Deceleration	Sudden Stop	
23/05/08	1	0	0	1	2
23/05/09	2	0	1	0	3
23/05/10	-	-	-	-	-
23/05/11	0	0	1	0	1
23/05/12	1	0	1	0	2
total	4	0	3	1	8
total distance (km)					36
score					77.78

수 산출 결과 예시를 Table 5에 제시하였다. 이때 DTG 자료는 2023년 5월 8일부터 5월 12일까지를 대상으로 하였다(2023년 5월 10일의 통학버스 운행 데이터는 수집되지 않아 점수 산출에서 제외). 점수 산출 결과 위험운전행동 횟수 총 8회, 총 이동거리 36 km로 최종 점수는 77.78로 집계되었다.

편의성의 하위계층인 정보제공의 적정성의 경우 통학버스 플랫폼을 제공할 경우 높은 점수를 부여하였으며, 정시성은 설문조사를 통해 산출한 노선 운행 만족도를 대리변수로 활용하였다. 한편 노선의 굴곡도는 한 노선의 기점과 중점을 최단거리로 연결할 때, 1.0의 값을 가지며, 그 노선의 실제 운행경로에 따라 값이 산출된다.⁽¹⁴⁾ 따라서, 식 (2)를 이용하여 산출한 값을 표준화하여 점수를 부여하였다.

$$C_t = \frac{\sum_{i=1}^n DL_{aj}}{DS_{aj}} \quad (2)$$

- C_t : 기중점 기반의 버스노선 굴곡도
- DL_{aj} : 정류장 a~j간 개별 정류소 간의 누계 운행거리
- DS_{aj} : 기점정류소 a와 중점정류소 j간의 최단 직선거리

통학버스 이용 시 쾌적성은 차량노후도와 소음도에 따라 평가하였으며, 차량노후도는 차량을 기준으로 표준화 점수를 할당하였고, 차량 소음도의 경우, 연료기준 전기·수소·하이브리드는 1점, 휘발유·LPG는 0.5점, 경유는 0점을 부여하였다.

4.3. AHP 기반 서비스 평가 지표 개발

본 절에서는 앞서 구성한 통학버스 기반 통학의 안전성, 편의성, 쾌적성을 종합적으로 평가할 수 있는 서비스 평가 지표 개발방법과 결과를 제시하였다. 통학버스 기반의 통학 서비스의 질은 안전성, 편의성, 쾌적성이 모두 갖추어져야 하지만 각 항목별 중요도는 다를 수 있기 때문에 각 항목의 중요도를 계층화분석법(AHP, Analytic Hierarchy Process)을 통해 도출하였다.

AHP 설문은 자동차 및 교통관련 전문가를 대상으로 수행하였으며, 본 연구의 신뢰도를 높이기 위해 일관성 비율(Consistency Ratio: C.R.)도 측정하였다. 일관성 비율이 0.1 이하인 경우에는 합리적인 자료로 판단하여 의사결정에 반영할 수 있다. 그러나, 만일 이 값을 초과하는 경우에는 환류(feedback)과정을 위하여 새로운 조사를 실시하는 것이 바람직하다.⁽¹¹⁾ 설문 결과, 응답자의 일관성 비율은 모두 0.1 이하로 나타나 논리적 일관성을 유지하고 있음을 확인할 수 있다.

AHP 평가 결과는 Table 6과 같다. 1계층의 쌍대비교를 통해서 도출한 각 평가항목의 중요도는 안전성(0.42), 쾌적성(0.30), 편의성(0.29)으로 나타났다. 안전성 항목

의 우선순위 인식은 차량 안전성(0.23), 승하차환경 안전성(0.11), 노선 안전성(0.08) 순으로 평가되었다. 평가항목을 세부적으로 살펴보면, 차량 안전성의 사고예방 안전성(0.16)이 충돌 안전성(0.07)보다 중요한 것으로 나타났다. 승하차 안전성의 경우 승하차 지점의 보·차도 구분(0.08)이 어린이 승하차 표지 설치 유무(0.03)항목보다 중요한 것으로 확인되었다. 노선의 안전성에서는 안전운전행동 점수(0.043)가 어린이 보호구역 비율(0.036)보다 중요하게 평가되어, 노선의 안전성은 통학버스를 운행하는 운전자의 운전행태가 물리적인 환경보다 더 중요한 것으로 평가되었다.

편의성 항목에서는 정보제공 적정성(0.13), 정시성(0.09), 노선 굴곡도(0.06) 순으로 중요도가 도출되었다. 즉, 통학버스 플랫폼의 도입이 보호자나 이용자의 편의성 측면에서 가장 중요하다는 것을 나타낸다. 한편, 통학버스를 이용한 통학 쾌적성을 평가하는 항목에서는 차량 노후도(0.24)가 차량 소음도(0.05)보다 중요하다고 나타났다.

AHP 평가결과를 요약하면, 통학버스를 이용한 통학환경의 서비스 수준 평가 시 안전성이 가장 중요하고 쾌적성과 편의성은 중요도가 유사한 것으로 나타났다. 안전성은 차외 안전성(승하차 지점 및 노선)보다 차량 안전성 자체가 중요하다고 평가되었고, 차량 안전성 확보를 위해서는 사고예방을 위한 부가장치와 3점식 안전띠 좌석이 안전성을 향상시키는데 중요한 요소로 작용함을 나타냈다.

Table 6 School bus service evaluation relative weights and priorities

First-tier Dimensions	Second-tier Dimensions	Third-tier Dimensions	Score
Safety (0.42)	Vehicle Safety (0.23)	Accident Prevention Safety	0.164
		Collision Safety	0.067
	Boarding & Alighting Environment Safety (0.11)	Children's Boarding and Alighting Signs	0.030
		Differentiation of Boarding and Alighting Points on roadway	0.076
	Route Safety (0.08)	Proportion of School Zone	0.036
		Safe Driving Behavior Score	0.043
Convenience (0.29)	Appropriateness of Information Provision	-	0.132
	Punctuality	-	0.092
	Route Curvature	-	0.064
Comfort (0.30)	Vehicle Aging	-	0.242
	Vehicle Noise Level	-	0.054

4.4. 어린이 통학버스 서비스 평가

본 절에서는 앞서 개발된 서비스 평가 지표를 중형 통학버스를 운영하는 경기도 화성시 초등학교 등·하교 통학로 8개에 적용하여 평가를 수행한 결과를 제시하였다.

분석 결과는 Table 7과 같다. 차량 안전성 및 편의성 측면에서 좋은 점수를 얻은 노선 1, 2, 3의 서비스 수준이 상대적으로 높은 것으로 나타났다. 한편, 등교 노선(노선 1, 2, 3, 5, 6, 7)이 하교 노선(노선 4, 8)보다 서비스 수준이 높은 것으로 나타났다. 하교 운행노선의 경우, 정시성 측면의 서비스 수준이 낮고 대부분의 하교 노선은 굴곡 정도가 심한 경우가 많아 낮은 평가를 받은 것으로 판단된다.

그러나, 서비스 평가 점수가 가장 높은 노선 1도 차량 안전성 개선이 필요한 것으로 나타났고, 승하차환경 개선도 요구되는 것으로 나타났다. 이는 통학버스를 이용한 통학 서비스 수준 향상을 위해서는 사고예방장치 및 3점식 안전띠 좌석의 적극적인 부착을 유도할 수 있는 제도적 측면의 지원이 필요함을 나타낸다고 생각한다.

Table 7 School bus service evaluation analysis results

First-tier Dimensions	Second-tier Dimensions	Third-tier Dimensions	Score							
			Route 1	Route 2	Route 3	Route 4	Route 5	Route 6	Route 7	Route 8
Safety	Vehicle Safety	Accident Prevention Safety	0.04	0.04	0.04	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
		Collision Safety	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
	Boarding & Alighting Environment Safety	Children's Boarding and Alighting Signs	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Differentiation of Boarding and Alighting Points on roadway	0.08	0.08	0.08	0.04	0.04	0.04	0.08	0.04
	Route Safety	Proportion of School Zone	0.04	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00
		Safe Driving Behavior Score	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Convenience	Appropriateness of Information Provision	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Punctuality	-	0.08	0.08	0.08	0.05	0.08	0.08	0.08	
	Route Curvature	-	0.06	0.06	0.06	0.00	0.04	0.06	0.06	
Comfort	Vehicle Aging	-	0.24	0.24	0.24	0.24	0.00	0.00	0.00	
	Vehicle Noise Level	-	0.05	0.05	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	
Total			0.66	0.63	0.64	0.49	0.22	0.24	0.32	0.18

5. 결론 및 향후과제

어린이 인구의 감소는 초등학교의 통폐합으로 이어지고 있고, 초등학교의 통폐합은 비도시 지역 등에서 통학구역의 확대로 이어지고 있다. 통학구역이 넓어짐에 따라 보행을 통한 통학보다 통학버스를 통한 통학이 늘어나고 있는 추세이다. 그러나 통학버스를 이용하는 통학환경에 대한 안전성에 대한 평가는 부재한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 통학버스를 이용하는 통학환경을 보다 안전하고 쾌적하게 개선시킬 수 있는 대안 발굴을 위해 어린이 통학버스 서비스 평가 지표를 제안하였다.

어린이 통학버스 운행실태 조사, 요구사항 조사, 관련 법·제도 조사, 전문가 자문을 거친 결과, 통학버스를 이용하는 통학환경을 개선하기 위해서는 안전성 뿐 아니라 편의성 및 쾌적성도 평가되어야 함을 도출하였다. 특히 안전성을 확보하기 위해서는 기존 자동차규칙에서 제시하고 있는 15종의 안전장치 외에 사고예방장치 및 3점식 안전띠 좌석의 추가장착이 고려되어야 함을 알 수 있었다. 또한, 승하차 여부를 안내하는 플랫폼 설치, 정시성 확보 및 통학노선 굴곡도 감소 등 편의성 항목과 차량의 쾌적성도 통학버스 서비스의 주요 평가항목으로 나타났다. 각 평가항목에 대한 중요도 평가를 AHP를 통해 수행한 결과, 통학버스 서비스 수준을 향상시키기 위해서는 안전성 확보가 가장 중요한 요소임을 재확인할 수 있었다. 특히 차량

의 안전성이 노선의 안전성이나 운전자의 안전운전행태에 비해 더 중요한 것으로 나타나, 어린이 통학버스 안전성 강화를 위해서는 3점식 안전띠 좌석과 운전자에게 차량의 센서로 보행자의 접근 상황을 알리는 접근경고음 발생장치 및 어라운드 뷰 등의 부가장치 의무장착에 대한 사항이 검토되어야 할 것으로 판단된다. 따라서, 안전성, 편의성, 쾌적성으로 구성된 통학버스 운영 서비스 평가지표는 안전성 향상 등 관련 통학버스 제품 및 서비스 개발 시 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구에서는 초등학생이 이용하는 중형 통학버스에 대한 조사만 추진하여, 어린이집 및 유치원 등에서 주로 이용 중인 소형 통학버스의 특성을 반영하지 못한 아쉬움이 있다. 후속연구를 통해 각 기관의 통학특성을 반영한 서비스 평가 지표 개발이 이루어져야 할 것이며, 개발한 서비스 평가 지표를 적용한 통학버스 지원 정책의 발굴과 법제도 개선 방안에 대한 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것으로 판단된다.

후 기

본 연구는 국토교통부의 재원으로 국토교통과학기술진흥원의 지원을 받아 수행한 결과입니다(RS-2022-00143581).

참고문헌

- (1) 국토교통부, “도로교통법”.
- (2) 도로교통공단, 2023, “교통사고 통계분석”
- (3) 국토교통부, “자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙”.
- (4) 환경부, “대기관리권역의 대기환경개선에 관한 특별법”.
- (5) 박경훈, 변지혜, 2012, “초등학교 주변 물리적 환경이 보행안전에 미치는 영향,” 한국지리정보학회지, Vol. 15, No. 2, pp. 150~160.
- (6) 이수일, 박성재, 최예지, 2019, “어린이 통학로 안전권 보장을 위한 통학로 안전지수 개발에 관한 연구,” 초록우산 어린이재단, Vol. 2019, No. 2, pp. 36~45.
- (7) 허억, 양두석, 강희정, 신유철, 김영욱, 2020, “통학로 안전지수 개발 및 초등학교 통학로 조사 분석 연구,” 초록우산 어린이재단, Vol. 2020, No. 8, pp. 9~60.
- (8) 이신혜, 2023, “학구도를 고려한 서울시 어린이 보호구역 유형별 발전 방안,” 월간교통, Vol. 302, pp. 6~10.
- (9) 김나연, 윤진수, 박정순, 송태진, 2022, “어린이 통학버스 운행 안전성 평가 체계 개발,” 대한교통학회지, Vol. 40, No. 5, pp. 610~630.
- (10) 박민철, 하태준, 권성대, 오석진, 2019, “노선 굴곡도를 고려한 시내버스 체계 개선에 관한 연구,” 대한토목학회지논문집, Vol. 39, No. 1, pp. 93~103.
- (11) 김현주, 이승민, 함소정, 김선희, 2020, “어린이 통학버스 사고 방지 및 안전 관리 시스템,” 한국산학기술학회, Vol. 21, No. 5, pp. 446~452.
- (12) 최규권, 이흥식, 2022, “어린이 통학버스의 Rub Rail 단면 향상에 구조 해석,” 한국기계기술학회, Vol. 24, No. 6, pp. 1234~1239.
- (13) 김지연, 2022, “RFID를 활용한 안전 스쿨버스 시스템 설계,” 한국정보통신학회지논문집, Vol. 26, No. 11, pp. 1741~1746.
- (14) 박민철, 하태준, 권성대, 오석진, 2019, “노선 굴곡도를 고려한 시내버스 체계 개선에 관한 연구,” 대한토목학회지논문집, Vol. 39, No. 1, pp. 93~103.
- (15) 안해일, 2007, “계층 분석적 의사결정 과정의 가중치 및 고유치 산출방법에 관한 비교 연구,” 한국경영과학회 학술대회논문집, Vol. 2007, No. 5, pp. 953~960.