JESK J Ergon Soc Korea 2019; 38(3): 203-218
http://dx.doi.org/10.5143/JESK.2019.38.3.203
http://jesk.or.kr eISSN:2093-8462

Development of a Pedestrian Safety Assessment Framework for Underground Parking Facilities and Its Application

Jaesung Han, Kijung Park

Incheon National University, Department of Industrial and Management, Incheon, 22012

지하주차장 보행안전 평가 프레임워크 개발 및 적용

한재성, 박기정

인천대학교 산업경영공학과

Corresponding Author
Kijung Park
Incheon National University, Department of Industrial and Management, Incheon, 22012
Mobile : +82-10-2952-9391
Email : kjpark@inu.ac.kr

Received : April 01, 2019
Revised : April 23, 2019
Accepted : May 13, 2019

Copyright@2019 by Ergonomics Society of Korea. All right reserved.

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Objective: This study aims to develop a pedestrian safety assessment model for underground parking facilities that comprehensively measure the pedestrian safety level of an underground parking facility.

Background: Although underground parking spaces have many potential risks that can cause pedestrian accidents, assessment frameworks that enable to comprehensively measure and monitor the risk levels of underground parking facilities have not been widely discussed in the literature. In this regard, it is necessary to develop a safety assessment framework that can objectively and quantitatively capture the safety level in an underground parking facility.

Method: 381 indicators that are associated with general pedestrian safety were extracted from the extant literature first. Then, these indicators were streamlined and standardized based on the importance of each indicator. Finally, a total of ten identified major indicators with sub-indicators and three safety factors categorizing these indicators were derived as a basis of a safety assessment framework. A weighted average scoring system using Analytic Hierarchy Process (AHP) was employed for the indicators measured in a Likert scale and their associated factors to quantify the overall safety level. The proposed framework was applied to a case study of a Korean university.

Results: The results showed the overall safety level of the undergraduate parking facility at the university is in a range of "requiring minor treatment". However, the visibility factor had a low safety score, which requires immediate treatment. Based on the assessment results, a sensor system was proposed to improve the safety score of visibility.

Conclusion: This study proposed an assessment framework that can objectively measure the safety level of an undergraduate parking space based on multi-criteria for pedestrian safety. The proposed framework can be a useful basis to continuously monitor the progress of underground-parking safety.

Application: The proposed framework can be applied to any type of underground-parking spaces.

Keywords: Underground parking facility, Pedestrian safety, Safety assessment framework, Safety level, AHP

1. Introduction

생활수준의 향상과 더불어 자동차의 수가 급증하면서 주차 공간의 확보는 전국적으로 중요한 이슈가 되었다. 차량의 보편적 보급은 주차 공간의 결핍을 초래했고, 이에 대한 타개책으로 지하주차장의 개발과 확장은 불가피하게 되었다. 1984년 주택건설기준 법규가 생기면서 공동주택 단지 내의 지하를 주차 공간으로 활용하기 시작하였고, 1994년 개정된「주택건설촉진법」에 따라 지하주차장의 의무비율이 확대되었다(NLIC, 2019b). 또한 녹지의 확보 및 단지 내 보행자 안전이 주택 수요자의 중요한 고려요소로 떠오르면서 공동주택 단지의 주차장은 계속적으로 지중화 되었다(Jung, 2009).

지중화된 주차장은 악천후, 직사광선을 피할 수 있어 사용자의 편의를 향상시키는 이점이 있지만 지하라는 특수한 환경으로 인해 충돌 사고의 위험이 항상 존재하는 단점도 있다. 하지만 국내 지하주차장은「도로교통법」제 2조(NLIC, 2019c)에 의해 도로 외 구역으로 분류되는 경우가 법원의 판례에서 상당수 발견되고 있어 점점 늘어나는 지하주차장과 대조적으로 관리의 사각지대에 놓여 있는 현실이다. 도로 외 구역에서 발생하는 사고는 국가 교통사고 통계 집적대상에 포함되지 않기 때문에 도로 외 구역으로 분류되는 지하주차장에서 얼마나, 어떤 사고가 발생하는지 그 위험 실태에 대한 현황조차 파악되지 않고 있다. 다만 삼성교통안전문화연구소가 2013년 삼성화재에 접수된 교통사고를 집계한 통계에 따르면 도로 외 구역에서 발생한 사고가 전체 교통사고의 16.4%를 차지했으며 사고의 양상이 일반 도로와 유사한 것으로 밝혀져서 도로 외 구역도 도로에 준하는 안전 대책이 필요함을 시사하였다(STSRI, 2015).

이에 본 연구는 지하주차장의 보행안전성을 측정할 수 있는 평가 프레임워크를 개발하여 지하주차장의 상시적인 보행안전관리가 가능하도록 만드는 것을 목표로 한다. 문헌연구를 통해 지하주차장 보행안전성과 직간접적 관련이 있는 평가 지표들을 포괄적으로 조사하고, 안전 평가에 가장 핵심이 될 수 있는 지표들을 기반으로 평가 영역을 분류하여 평가 프레임워크를 구성한다. 각 평가 영역별 지표별 상대적 가중치를 AHP 분석(Saaty, 1987)을 통해 도출하여 정량적인 안전진단이 가능하게 한다. 또한 본 연구에서 제시한 평가 프레임워크를 통해 실제 대학교 지하주차장에 적용하여 평가를 통해 발견된 불안전한 문제점에 대한 개선 사항을 제안한다. 본 연구에서 제시하는 지하주차장 보행안정성 평가 프레임워크는 궁극적으로 평가-문제인식-개선-재평가의 평가 사이클을 형성하여 모두에게 안전한 지하주차장 환경을 조성하는 것에 기여하고자 한다.

2. Literature Review

대한민국은「도로교통법」,「교통안전법」,「보행안전 및 편의증진에 관한 법률」등과 같은 법률에서 명시한 보행자의 권리와 의무를 기반으로 보행권 확보를 위한 다양한 연구와 행정적 조치를 진행함과 동시에 보행환경 개선을 통한 보행자의 권리 신장이 국가와 지방자체단체의 책무임을 표명하였다(Sung et al., 2013). 보행권과 관련된 현행 주요 법률은 보행권 향상을 위해 중앙정부 및 지자체에서 보행자 공간 및 구역을 지정할 수 있는 근거를 마련하고 있는데, 법률에 근거한 보행자 공간 및 구역은 대략 (1) 보차분리도로에서의 보도, (2) 보행자우선도로, (3) 보행자전용도로, (4) 보행자전용길, (5) 보행우선구역, (6) 보행환경개선지구, (7) 어린이보호구역, (8) 노인보호구역, (9) 장애인보호구역 등 아홉 가지로 구분할 수 있다(Kim, 2015). 지하주차장은 일반 도로와 달리 차도와 보도의 구분이 모호하고 차량과 보행자가 같은 길을 공유하기 때문에 보차혼용도로의 일종으로 취급할 수 있다. 따라서 지하주차장은 보행자만을 위한 공간이라고 볼 수 없으며, 이러한 환경에서 지하주차장의 보행안전성을 제고하기 위해선 보행자우선도로 및 보행우선구역, 교통약자 보호구역과 같이 보차혼용도로에 적용이 가능한 설계의 방향성을 참고할 필요가 있다. 즉 지하주차장의 보행안전성을 정확하게 파악하기 위해선 보행자 측면의 보행환경과 운전자 측면의 운전환경을 피해요소와 가해요소라는 이분법적 사고로 구분하지 말고 보행환경을 중심으로 운전환경까지 고려할 수 있는 종합적인 안목이 필요하다.

현재 보행환경에 대한 연구동향은 차량 중심의 도시 계획에서 보행자 중심의 도시 계획으로 전환되는 과도기적 상황과 맞물려 지상의 보행환경 평가 및 개선책 도출에 대한 논의가 주를 이루고 있다. Do et al. (2014)은 대전시의 주요 교차로 50개에 대한 교통안전 수준을 측정, 평가하기 위한 평가 지표를 제시하였다. Ochir et al. (2014)은 이론적 고찰을 토대로 평가 지표를 선정하고, 몽골 울란바타르시를 대상으로 보행환경 평가를 실시하여 개선점을 도출하였다. Park et al. (2011)은 AHP를 이용하여 교차로 및 가로의 보행환경을 정량적으로 평가할 수 있는 평가 모델을 개발하고 실제 적용사례를 보여주었다. Jung and Choi (2008)는 선행연구를 통해 평가 지표를 도출하고 부산시 서면 지역에 적용하여 보행환경의 문제점을 발견하고 개선방안을 제시하였다. Clifton et al. (2007)은 보행환경에 대한 일관되고 안정적이며 효율적인 평가 방법론을 제시하기 위해 Pedestrian Environmental Data Scan (PEDS)라는 평가 체계를 개발하였고,

이는 대부분의 측정사례에서 높은 신뢰성이 확인되었다. Kim et al. (2003)은 평가 지표를 선정한 후 서울 덕수궁길을 중심으로 보차공존도로의 이용자 만족도 설문 조사를 실시하였다.

근래에는 대중교통과 보행 위주의 집약적 도시개발(Transit-Oriented Development, TOD)이 주목받으면서 역세권을 중심으로 지하 개발에 대한 수요가 증가함에 따라 지상 중심의 보행환경에서 점차 벗어나 지하의 보행환경을 연구하려는 노력도 미약하지만 이루어지고 있다. Lim and Choi (2006)는 지하 공간의 보행만족도에 영향을 미치는 요소를 분석하기 위해 실증분석을 실시하였다. 이를 통해 안전감, 개방감 등과 같은 환경적 요인과 지하 공간의 크기가 지하 공간의 보행환경에 가장 큰 영향을 미치는 요소라고 제시하였다. Park et al. (2013)은 지하 공간과 관련된 선행연구를 토대로 지하공공보도시설 내의 보행환경의 특성을 인지하고, 인지된 특성을 토대로 보행환경 평가 항목을 정립하여 이용자 만족도 분석을 실시하였다. 평가 결과 비교적 오래 전에 건설된 지하공공 보도시설 일수록 더 많은 개선이 필요함을 확인하였다. 이 밖에도 색채 계획 측면에서 지하주차장을 연구하려는 시도가 이루어지고 있다. Yeo et al. (2011)은 현장 조사를 통해 최근에 건설된 지하주차장의 색채 경향을 파악하였다. 그 결과 과거와 달리 G 계열, Y 계열, RP 계열의 밝고 쾌적한 분위기의 색채들이 주로 사용됨을 밝혔다.

문헌연구 결과 지하주차장과 같은 지하 보차혼용도로의 보행안전성 평가에 관한 연구는 매우 제한적인 양상을 보였다. 보행환경 평가와 관련된 국내 연구는 대부분 지상환경을 상정한 것들이 주를 이루었고, 지하환경을 상정한 연구조차 지하 상업시설에 한정되어서 지하주차장과 같은 지하 보차혼용도로의 연구는 미흡한 것으로 조사되었다. 또한 기존 보행환경 평가 연구에서는 평가 지표를 도출하는 과정을 생략하거나 지표를 선정할 때 주관적 판단에 의존하여 특정 소수의 평가 지표에 편향된 의사결정을 초래할 수 있는 경우가 많았다. 해외 연구에서는 지하주차장 내부의 화재 및 환기와 관련된 연구가 활발히 진행되었으나 국내와 마찬가지로 지하주차장의 보행안전성 연구는 미흡한 것으로 파악되었다. 이는 부설주차장 위주(전체 주차장의 약 95%)의 주차환경이 조성된 국내와는 달리 해외에서는 노상 또는 노외주차가 일반적이기 때문으로 추정된다(Won et al., 2017). 후술된 방법론에서는 기존연구의 한계를 극복하기 위하여 bottom-up 접근법을 통해 지하주차창 시설의 보행안전성과 직간접적으로 관련이 있는 지표들을 포괄적으로 조사하고, 이를 통해 객관적이고 실용적인 안전 평가 프레임워크를 구성하는 방안을 고려한다.

3. Methodology

Figure 1은 본 연구의 개괄적인 흐름을 다섯 가지 단계로 요약하여 보여준다. Step 1에서는 연구의 배경과 목적을 설명하고 문헌연구를 통해 고찰된 연구 근황 및 문제점을 제시한다. Step 2에서는 평가 대상을 정의하고 평가 지표를 도출하는 일련의 방법론을 구축하여 평가 모델을 선정하기 위한 기초적인 틀을 잡는다. 평가 지표는 선행연구에서 제시된 지표들 가운데 제시 빈도가 높았던 것들을 우선적으로 반영하고 제시 빈도가 높더라도 측정하기 어려운 지표는 제외하여 평가 모델의 사용성을 높였다. 또한 지하 보차혼용도로를 주제로 상정한 선행연구가 제한적인 상황을 감안하여 선행연구에서 검토되지 않았더라도 지하주차장 보행안전성에 큰 영향을 미치는 지표라고 판단될 경우 평가 지표로 선정하고 동시에 선정 근거를 제시하였다. Step 3에서는 각 평가 지표의 판정을 정량화하고 AHP 기법을 통해 각 평가 영역, 지표, 세목별로 가중치를 부여하여 평가 모델을 최종적으로 확정한다. Step 4에서는 실제 지하주차장에 확정된 평가 모델을 적용하여 적용사례를 제시하고 사용자의 이해도를 높인다. Step 5에서는 평가 결과를 점수로 환산하여 보행안전성 수준의 최종 판정을 내리며 최종 판정에 알맞는 후속 조치를 이행하고 다시 재평가하는 과정을 거친다.

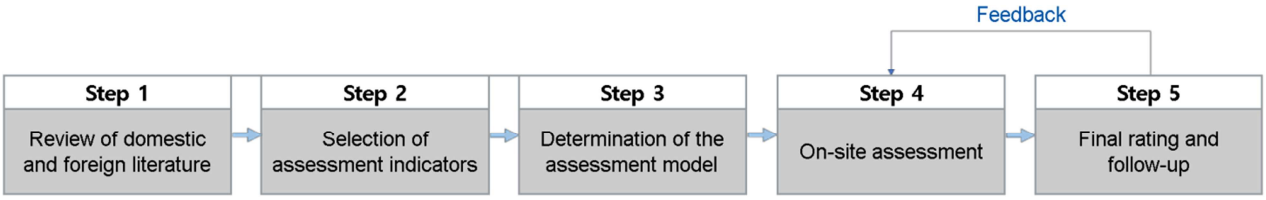

Figure 1. Procedure of study

3.1 Determination of assessment subjects

Figure 2는「주차장법 시행규칙」제 2조(NLIC, 2019a)에서 정의하는 주차장의 분류를 보여준다. 주차장의 형태는 크게 자주식 주차장과 기계식 주차장으로 구분된다. 자주식 주차장은 운전자가 직접 운전하여 들어가는 주차장을 뜻하며, 기계식 주차장은 기계식 주차장치를 설치한 노외주차장 및 부설주차장을 뜻한다. 자주식 주차장은 다시 지하식, 지평식, 건축물식으로 세분되고 기계식 주차장은 지하식, 건축물식으로 세분된다. 본 연구는 지하주차장의 보행안전성을 평가하는 것이 목적이므로 자주식 주차장과 기계식 주차장의 지하식 주차장을 평가 대상으로 한정한다. 다만 여건에 따라 지하식 주차장과 유사한 환경의 공간도 평가 대상으로 선정할 수 있다.

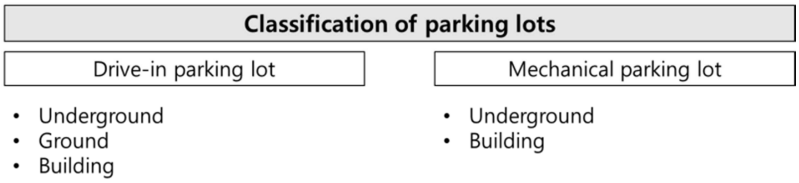

Figure 2. Classification of parking lots

3.2 Selection of assessment indicators

본 연구에서는 bottom-up 접근법을 사용하여 평가 지표를 선정하였다. Bottom-up 접근법은 세부적인 요소로부터 점차 거대한 요소로 접근하는 방법을 의미하고, 반면 top-down 접근법은 거대한 요소로부터 보다 세부적인 요소로 접근하는 방법을 의미한다. 보행환경 평가에 관한 대부분의 선행연구는 보행환경에 영향을 미치는 특성을 먼저 제시하고 각 특성을 하나의 범주로 취급하여 이를 대표하는 평가 지표를 할당하는 방식의 top-down 접근법을 빈번히 사용하는 양상을 보였다. 평가 지표의 선정과 관련하여 top-down 접근법은 평가 지표를 명확한 범주로 묶을 수 있는 장점이 있지만 할당자의 주관이 상당히 개입될 여지가 있어 평가 지표가 범주 전반에 걸쳐 중복되고 모호해질 수 있는 단점이 있다(Park and Okudan Kremer, 2017). 반면 bottom-up 접근법은 지표 간 개념적 유사성을 기반으로 적절한 범주를 유도하는 과정을 거치기 때문에 top-down 접근법의 단점을 보완할 수 있다(Park and Okudan Kremer, 2017).

이를 위해 먼저 국내외 연구 19편에서 제시된 381개의 모든 지표를 도출한 후 보행안전성과 관련이 없는 지표 249개를 제거하여 132개(중복 지표 포함)의 지표만을 선정하였다. 이는 다수의 평가 지표를 보행안 전성이라는 가장 큰 범주로 묶는 첫 번째 범주화 과정으로써 이 과정을 생략하면 보행안전성과 관련 없는 지표들이 난입할 가능성이 크므로 필수적으로 수행할 필요가 있다. 첫 번째 범주화가 완료되면 본격적으로 빈도분석을 실시하되, 유사한 개념의 지표(e.g., '보도 상태'과 '보도포장 상태')는 같은 개념의 지표로 표준화하여 빈도를 측정하였다. 또한 다소 포괄적인 의미의 지표는 세부 지표로 나누어서 빈도를 측정하였다. 예를 들어 교통 정온화는 안전한 교통환경을 만들기 위한 모든 통행규제를 일컫는 말인데, 빈도를 측정할 때는 교통 정온화라는 평가 지표를 신설하는 대신 교통 정온화와 관련이 있는 모든 세부 지표의 빈도수를 하나씩 추가하였다. 빈도 측정이 완료된 평가 지표는 개념적 유사성을 기반으로 두 번째 범주화를 실행하였다. 두 번째 범주화는 AHP 기법의 적용을 위한 계층화와 더불어 평가 지표가 시사하는 컨텍스트(Context)가 보다 효과적으로 전달될 수 있게끔 유도하기 위한 과정이며 여기서 결정된 범주가 곧 평가 영역이 된다.

Table 1은 각 지표별 빈도분석 결과와 관련 연구를 요약한 표이다. 상위 빈도의 평가 지표로 (1) 통행로 폭, (2) 통행로 상태, (3) 조명시설, (4) 통행로 장애물 유무, (5) 교통안전표지, (6) 노면표시 등 총 6개의 지표가 도출되었으며, 각 평가 지표 빈도의 합은 65회로 전체 132개의 지표 중 약 절반을 차지하 였다. 즉 상위 빈도 6개의 지표는 전체 지표의 절반을 차지할 만큼 선행연구에서 빈번하게 언급되었기 때문에 보행안전성과 깊은 관련성이 있다고 판단되어 평가 모델에 모두 반영하였다.

Table 1. Common pedestrian safety assessment indicators

Assessment indicator	Frequency	Percentage	Major references
Width of sidewalk	16	0.121	Ji et al. (2008), MOLIT (2011)
Pavement condition	14	0.106	Cho (2007), Jung et al. (2014)
Lighting facility	12	0.091	Kang et al. (2013), Kim et al. (2012)
Presence of sidewalk obstacles	9	0.068	Kim et al. (2016), Ha and Lee (2013)
Traffic sign	8	0.061	Jung (2007), Choi (2008)
Road surface marking	6	0.045	Kim (2007)
Total	65	0.492	

3.3 Other assessment indicators

선행연구의 빈도분석을 토대로 선정된 지표들은 보행안전성에 대한 중요한 통찰을 제공하였으나 지상 보차분리도로를 상정한 경우가 많기 때문에 지하주차장과 같은 지하 보차혼용도로에 그대로 적용하여 평가하는 것은 무리가 있다. 따라서 본 연구에서는 빈도분석을 통해 도출된 6개의 평가 지표와 더불어 4개의 평가 지표를 추가적으로 선정했으며, 새롭게 선정된 평가 지표는 선행연구에 의해 보행안전성과 연관성이 입증된 것들을 중심으로 선정하였다.

3.3.1 Speed limit

교통사고의 근본적인 원인은 차량의 속도를 줄이거나 정차하지 못한 것이다. 특히 제한속도를 넘어선 과속운전은 대형 교통사고로 직결되기 때문에 과속은 교통사고를 발생시키는 요인 중 가장 위험하다(Kwon, 2007). 또한 보행자 안전과 관련된 연구에서도 충돌속도가 증가할수록 보행자의 사망률이 기하 급수적으로 증가한다고 밝히고 있기 때문에 지하주차장 내에서도 보행자 안전을 위해 차량의 주행속도를 제한할 필요성이 있다(Elvik, 2013). 지하주차장과 유사한 환경인 보차혼용도로의 해외 규제사례를 살펴보면 20km/h(프랑스), 16km/h(영국), 보행속도(네덜란드, 독일) 등으로 나타났다(STSRI, 2017). 호주 New South Wales 주정부는 주차장에서의 제한속도를 시속 10km로 설정하고 있으며 이는 동식물보호구역 및 공원에서의 제한속도와 동일할 정도로 엄격한 수준이다(RTA NSW, 2011).

3.3.2 Speed reduction facility

제한속도를 설정하는 것만큼이나 제한속도가 준수될 수 있도록 감속장치를 설치하는 것도 중요하다. 특히 과속방지턱의 감속 효과는 이미 여러 연구에서 증명되었을 정도로 그 효과가 입증되었기 때문에 지하주차장 내에서도 과속방지턱과 같은 감속장치를 적절하게 설치하면 유의미한 감속 효과를 얻을 수 있을 것으로 예상된다(Keum, 1996; Roh and Yoon, 2000). 과속방지턱뿐만 아니라 노면 요철이나 신호등 등과 같은 교통안전시설도 선행연구에서 속도 제어의 효과성이 이미 검증되었으므로 본 연구에서는 이와 같은 시설도 유효한 감속장치로 취급한다(Lee et al., 2012; Lee et al., 2008; Jung et al., 2007).

3.3.3 Convex mirror

지하주차장은 최대한 많은 차량을 수용할 수 있도록 격자형 구조로 설계되는 것이 일반적이다. 많은 교차점을 수반하는 격자형 구조의 특성과 더불어 지하 공간은 사용자의 시거를 제약하는 환경이기 때 문에 지하주차장 내의 교차지점은 사각지대가 발생하기 쉬운 조건에 놓여있다. 도로교통공단이 발간한 「아파트 도로안전관리 매뉴얼」에 따르면 아파트 단지 내 교통사고의 주요 원인 중 하나가 운전자의 시인성 불량일 정도로 사각지대의 해소가 사고 예방에 필수적이지만 현행 법률은 건물주에게 안전장치 설치 의무를 강제하지 않고 있는 실정이다(KTSA, 2014). 따라서 사용자의 시거가 제약되는 지점마다 반사경을 적절히 사용하여 사각지대를 해소할 필요가 있다.

3.3.4 Color scheme

지하주차장의 폐쇄적이고 반복적인 구조는 사용자가 쉽게 길을 잃어버릴 수 있는 환경이다. 방향감각의 상실은 사용자의 육체적 피로, 심리적 중압감을 유발하고 이는 곧 안전사고로 이어질 수 있기 때 문에 지하 공간은 방향감각을 잃을 수 있는 위험성이 있도록 설계되어서는 안된다(Lee et al., 2010). 따라서 사용자의 공간지각능력을 향상시킬 수 있는 설계 계획을 수립할 필요가 있으며, 이에 대한 효과적인 대책으로 차량 및 보행자의 이동 동선을 고려한 색채 계획이 손꼽힌다. 색채를 이용한 공간의 구분(Color zoning)은 벽과 기둥 외의 공간 정보가 거의 없는 지하주차장에서 사용자의 공간지각능력을 향상시켜 길 찾기를 용이하게 만들며, 지하주차장 내부를 밝은 색으로 채색하면 운전자의 시야를 넓히는 효과가 있어 안전사고 예방과 더불어 쾌적한 분위기를 조성할 수 있다(Lee et al., 2010). 따라서 지하주차장의 구역을 적절히 분할하여 컬러 조닝을 도입할 필요성이 있으며, 이 때 사용되는 색깔은 되도록 높은 명도와 채도의 것을 선택해서 심리적, 기능적 효과가 함께 발휘될 수 있도록 구성해야 한다.

최종적으로 10개의 평가 지표가 선정되었으며, 평가 지표 간 개념적 유사성에 의거하여 교통 정온화, 통행로 안전, 가시성의 세 가지 평가 영역으로 분류하였다. 하나의 기준으로 종합적인 안전성을 판정하기 어려운 지표들은 세목을 두어 정확한 평가가 가능할 수 있도록 구성했으며(Figure 4 및 Appendix 1 참조), 여러 개의 세목을 두어도 하나의 평가 지표로써 기능할 수 있도록 세목마다 가중치를 부여하여 가중 평균을 산출할 수 있도록 하였다. 각 평가 영역의 정의와 해당 영역의 평가 지표 및 세목의 판단 기준은 Appendix 1을 참고한다.

3.4 Quantification and weighting

Appendix 1의 평가 지표 및 세목의 판정은 위험, 보통, 안전 등 세 단계로 구분하였고, 각 판정마다 1점, 3점, 5점을 부여하여 정량화가 가능하도록 하였다. 예외적으로 통행로 장애물 유무와 같이 가부(可 否), 유무로써 평가하는 지표 및 세목에 대해서는 판정을 위험과 안전으로 이분하고 각각 1점, 5점을 부여하여 평가 취지와 일치시켰다. 또한 지하주차장 특성에 따라 평가 영역, 지표별 중요도가 다를 수 있다는 점을 감안하여 각 평가 영역과 지표별로 가중치를 부여할 수 있도록 구성하였으며, 가중치는 AHP 기법을 사용하여 산출하였다. 다양한 가중치 산정 기법 중에서 AHP 기법을 채택한 이유는 쌍대비교의 정량화가 손쉬워 누구나 사용이 간편하다는 장점이 실용적인 평가 프레임워크 구축을 가능하게 하기 때문이다(Lee, 2018). 쌍대비교의 평가 척도는 중요도에 따라 기본적으로 1에서 9까지의 홀수를 사용하되 경우에 따라 두 홀수 사이의 짝수를 사용한다(Table 2 참조). Table 2와 같이 평가 척도가 1일 때 비교 대상의 중요도는 동일하며, 숫자가 커질수록 상대적으로 더 큰 중요도를 갖는다. 이 때 설문 응답에 대한 일관성을 측정하기 위해 일관성 지수(Consistency index, CI)를 산출해야 하며, 그 값이 0.1보다 작으면 일반적으로 응답자가 일관성 있게 쌍대비교를 수행한 것으로 본다(Saaty, 1987).

Table 2. Questionnaire for a pairwise comparison

Subject	Important					←			Equal	→			Important					Subject
	9	8	**7**	6	**5**	4	**3**	2	**1**	2	**3**	4	**5**	6	**7**	8	**9**	
A																		B

먼저 평가 영역(i) 및 평가 지표(j)의 가중치 w_i와 w_{ij}는 각각 수식 (1-2)을 만족해야 한다.

$$\sum_{i=1}^{N_i} W_i = 1 \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^{N_j} w_{ij} = 1, \forall i \quad (2)$$

Appendix 1에 의거 각 평가 지표별로 점수를 판정한 다음 판정 점수(s_{ij})와 평가 지표의 가중치(w_{ij})를 곱하여 가중 판정 점수를 구한

다. 평가 영역 i에 속하는 평가 지표 j의 가중 판정 점수(Weighted Score, ws_{ij})는 수식 (3)와 같이 표현할 수 있다.

$$ws_{ij} = w_{ij} \times s_{ij} \quad (3)$$

각 평가 지표의 가중 판정 점수가 구해지면 평가 영역 i의 영역점수 (S_i)를 수식 (4)와 같이 표현할 수 있다.

$$S_i = \sum_{j=1}^{N_j}(w_{ij} \times s_{ij}), \forall i \quad (4)$$

지표가 다시 세부지표로 구분되는 경우는 위와 동일한 방식의 가중평균으로 상위지표 점수를 정한다. 비슷한 방식으로 각 평가 영역의 가중치를 고려하여 전체 평가 영역의 최종 점수(TS)는 수식 (5)와 같이 표현할 수 있다.

$$TS = \sum_{i=1}^{N_i} W_i \times S_i \quad (5)$$

도출된 각 영역 및 최종 점수는 다음과 같이 해석된다: (1) 5점: 특별한 개선이 요구되지 않음, (2) 4점 이상 5점 미만: 향후 개선이 요구될 수 있음, (3) 3점 이상 4점 미만: 추가 조사 및 예비 개선 계획이 요구됨, (4) 2점 이상 3점 미만: 빠른 시일 내에 개선이 요구됨, (5) 2점 미만: 즉각적인 개선이 요구됨.

본 연구에서는 최종 점수를 기준으로 지하주차장의 보행안전성을 종합적으로 판단하였으며 정량화에 관한 세부적인 방법은 Appendix 1를 참고한다.

4. Case Study: an Underground Parking Facility of a Korean University

평가 모델을 실제로 적용하기 위한 대상으로 인천 소재 A 대학교의 지하주차장을 선정하였다(Figure 3 참조). 2009년에 완공된 A 대학교 캠퍼스는 부지의 활용도를 극대화하기 위해 설계 단계서부터 캠퍼스 내의 건물이 하나의 지하주차장을 공유하도록 계획되었다는 점이 특징이다. 이 때문에 상당수 보행자들이 궂은 날씨를 피하기 위해 지하주차장을 경유하여 캠퍼스를 이동하는 상황이며, 차량 역시 반드시 지하주차장을 경유해야만 건물 간 이동이 가능하기 때문에 평상 시 지하주차장의 교통량이 적지 않은 편이다. 이러한 이유로 차량과 보행자의 통행이 빈번한 A 대학교의 지하주차장이 보행안전성 평가에 적절한 대상으로 고려되었다.

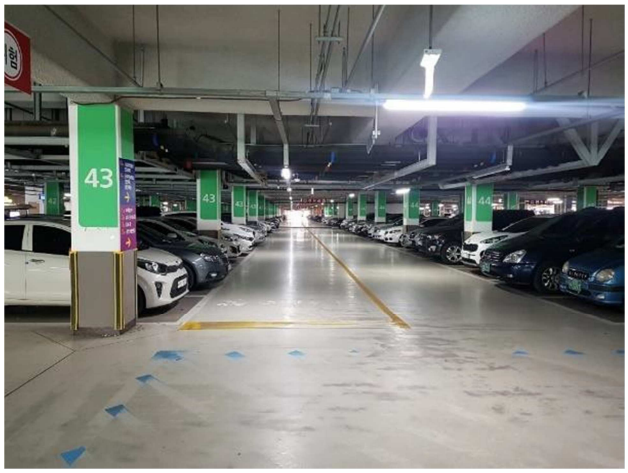

Figure 3. Case study illustration: underground parking facility of a university

본격적인 평가를 시작하기 전에 A 대학교 지하주차장의 특성을 대략적으로 파악하기 위해서 사전 조사를 진행하였다. A 대학교 지하주차장은 상당히 넓은 면적에 비례하여 긴 직선 구간을 가지고 있었기 때문에 이로 인한 과속이 유발되기 쉬운 조건에 놓여 있었다. 조사 시기가 평일 오전임에도 불구하고 넓은 지하주차장이 꽉 찰 정도로 교통량이 많았으며 지하주차장을 통해 캠퍼스를 오가는 학생들의 모습도 자주 보였다. 또한 일부 형광등이 소등 상태여서 주차장 내부가 상당히 어두웠는데, 이는 에너지 절약을 위해 일부 전등을 소등한 것으로 추정된다. 노면 표시는 주행 경로, 교차로마다 전부 표시되어 있었지만 관리 상태가 좋지 않아 시인성이 떨어지는 문제점이 있었다.

가중치를 산정하기 위한 쌍대비교는 보통 전문가의 의견을 반영하여 진행하는 것이 일반적이나 본 연구에서는 Pedestrian and Vehicle Movement Risk Assessment Prompt Sheet (PVMRAPS) (KCC, 2016)에 나타난 강조점을 쌍대비교에 반영하는 것으로 전문가 설문을 대체하였다. PVMRAPS는 교통안전을 위협하는 생활 속의 위험을 간편하게 평가할 수 있도록 영국 Kent 주에서 발간한 평가도구로써 Kent 주는 PVMRAPS를 자체적인 위험성 평가의 지침으로 사용할 수 있다고 설명하고 있다. PVMRAPS가 실생활과 밀접한 위험을 다루고 있다는 점과 보차혼용환경을 가정하고 있다는 점이 PVMRAPS를 쌍대비교 가이드라인으로 선정한 주된 이유이다. PVMRAPS를 참고하여 쌍대비교를 진행한 후에는 가중치의 계산을 위해 MATLAB의 고유값(Eigenvalue) 계산기능을 활용하였다.

Figure 4는 최종적으로 도출된 평가 영역, 지표, 세목별 가중치를 나타낸 표이다. 모든 가중치의 CI는 0.1 미만으로 나타나 일관성 있는 쌍대비교가 진행된 것으로 판정되었다. 도출된 가중치를 살펴보면 평가 영역 중에서는 통행로 안전의 가중치가 가장 높은 것으로 나타났고, 뒤를 이어 가시성, 교통 정온화 순으로 가중치가 높았다. 통행로 안전의 가중치가 가장 높게 평가된 것은 통행로 안전의 지표들이 다른 지표들보다 실생활과 밀접히 관련되어 있는 만큼 PVMRAPS에서 강조되어 상대적으로 더 높은 중요도가 부여된 결과이다. 반면 교통 정온화의 가중치가 가장 낮게 평가된 것은 즉각적인 개선이 어려운 평가 지표는 PVMRAPS에서 상대적으로 덜 강조되어 낮은 중요도가 부여된 결과이다.

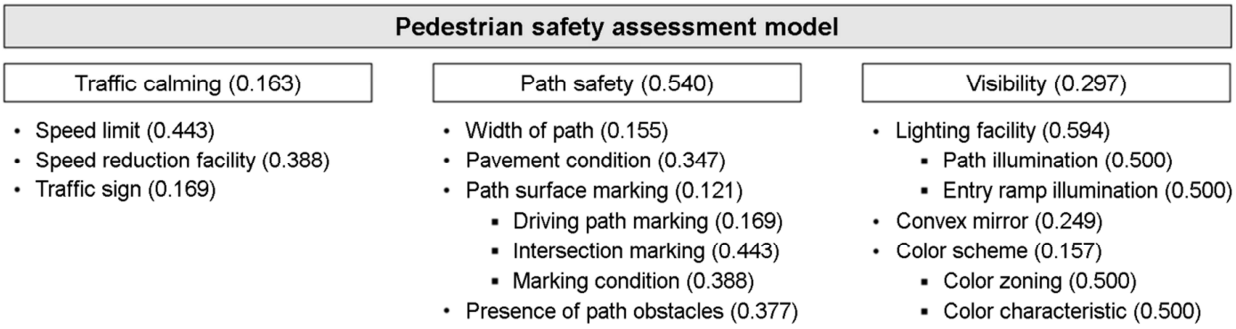

Figure 4. Weight of the assessment areas, indicators and sub-indicators

5. Results

Table 3는 A 대학교 지하주차장의 보행안전성 평가 결과를 요약한 표이다. 평가 결과 세 가지 평가 영역 가운데 통행로 안전 영역의 영역 점수가 가장 높아 안전하고, 가시성 영역의 영역 점수가 가장 낮아 위험한 것으로 나타났다. 각 영역 점수와 평가 영역의 가중치를 곱하여 합한 값인 최종 점수는 3.715점으로 3.4절에 소개한 최종 점수 해석에 의하면 보행안전성의 추가 조사 및 예비 개선 계획이 필요함을 나타낸다. 영역별 점수 및 가중 점수를 살펴보면 가시성의 영역별 점수가 최하이고(영역 점수: 1.628점) 최종 점수의 기여 점수가 가장 낮음으로(가중 영역 점수: 0.484점) 최종 점수를 개선하기 위해서는 가시성 영역의 점수를 높이기 위한 안전 개선 계획이 우선적으로 시행될 필요가 있다.

가시성 영역의 점수를 제고할 방법으로 반사경을 대체할 수 있는 사각지대 해소장치를 제안할 수 있다. Figure 5는 사각지대 해소를

위한 시제품을 지하주차장 교차로에 설치한 모습이다. 해당 시제품은 초음파센서와 레이저, 아두이노(Arduino) 시스템으로 구성되어 있으며, 초음파센서가 물체를 감지하면 바닥에 레이저를 출력하여 사용자에게 주의를 주는 간단한 원리를 바탕으로 작동된다. 만약 해당 장치를 지하주차장 내의 모든 교차로에 설치한다면 가시성 영역의 세부 지표 항목인 반사경 지표 평가 점수가 기존 1점에서 5점으로 향상될 수 있고, 이에 따라 영역 점수가 1.628점에서 2.624점으로 증가하고, 그에 따라 최종 점수 역시 4.011점으로 증가하기 때문에 지하주차장 시설의 보행안전성 수준이 높아지는 방향으로 귀결되는 긍정적인 효과를 기대할 수 있다. 따라서 모든 교차로에 사각지대를 해소하는 반사경 및 기타 장치를 설치하는 것은 A대학교 지하주차장의 보행안전성을 더욱 강화시키는 유효한 방법이라고 볼 수 있다.

Table 3. Pedestrian safety assessment results

Safety factor	Indicator	Score (*s*)	Weighted score (*ws*)	Factor score (*S*)	Weighted factor score (WS)	Total score (*TS*)
Traffic calming	Speed limit	5	2.215	3.886	0.633	3.715
	Speed reduction facility	3	1.164			
	Traffic sign	3	0.507			
Path safety	Width of path	5	0.775	4.812	2.598	
	Pavement condition	5	1.735			
	Path-surface marking	3.448	0.417			
	- Driving path marking	(5)	(0.845)			
	- Intersection marking	(5)	(2.215)			
	- Marking condition	(1)	(0.388)			
	Presence of path obstacles	5	1.885			
Visibility	Lightning facility	1	0.594	1.628	0.484	
	- Path illumination	(1)	(0.5)			
	- Entry ramp illumination	(1)	(0.5)			
	Convex mirror	1	0.249			
	Color scheme	5	0.785			
	- Color zoning	(5)	(2.5)			
	- Color characteristic	(5)	(2.5)			

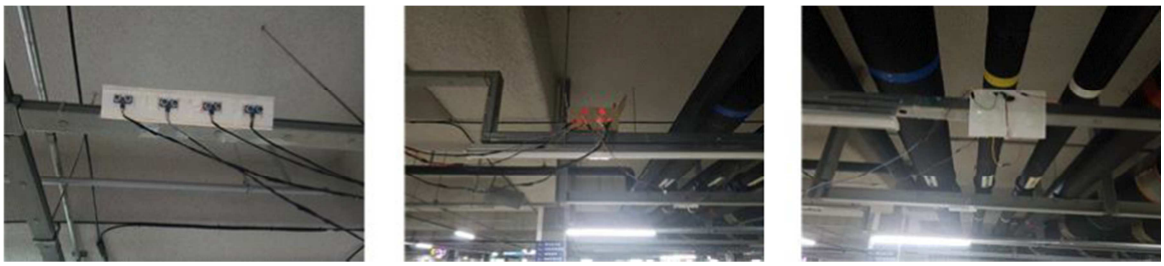

Figure 5. Prototyped sensor system to eliminate blind spots in an underground parking facility

6. Conclusion and Discussions

본 연구의 목적은 지하주차장의 상시적인 보행안전관리가 가능하도록 지하주차장의 보행안전성을 평가할 수 있는 모델을 개발하는 것이다. 이를 위해 본 연구는 첫째, 선행연구로부터 10개의 평가 지표를 선정하였고 둘째, 각 평가 지표의 판정을 정량화하였으며 셋째, 모든 영역, 지표별로 가중치를 부여하는 과정을 거쳤다. 그리고 확정된 평가 모델을 실제 지하주차장에 적용하여 보행안전성 평가부터 개선점 제안 및 재평가에 이르는 일련의 체계를 제시하였다. 기존 연구들이 지상 보차분리도로의 보행환경을 중점적으로 다루었다면 본 연구는 기존의 선행연구를 보완하여 지하 보차혼용도로에 적용할 수 있는 평가 모델을 제시하여 지하 보행안전성의 향상을 도모하였다. 본 연구에서 제시하는 평가 모델은 지하주차장 뿐만 아니라 지하주차장과 유사한 환경의 실내주차장에도 적용할 수 있으므로 부설주차장의 확대 추세와 더불어 평가 모델의 유용성이 더욱 증가될 것으로 예상된다.

후속연구에서는 다음의 사항을 반영하여 보다 세부적이고 체계적인 안정성 평가 프레임워크를 확립할 필요가 있다. 본 연구에서 제시하는 평가 모델은 아직 지하 보차혼용도로에 관한 다양한 선행연구가 부재한 상황에서 개발되었기 때문에 향후 이론적인 보완이 필요하다. 특히 평가 지표와 관련하여 평가 지표의 선정을 문헌연구에 의존했다는 점에서 본 연구에서 제시된 지표 이외에도 보행안전성과 밀접한 관련성이 있는 여타 지표들에 대한 심화된 연구가 요구된다. 또한 가중치가 최종 점수에 중대한 영향을 미치는 만큼 정밀한 평가를 위해 각 평가 지표가 지하주차장의 보행안전성을 실질적으로 어느 수준까지 반영하는지 연구하여 쌍대비교에 반영할 필요가 있다.

References

Cho, J.B., A Study on the Actual Conditions of Pedestrian Environment in Small-Medium City - Focused on the Case of Mokpo City, Jeonnam, *Journal of the Urban Design Institute of Korea*, 8(2), 67-84, 2007.

Choi, K.R., A Study on Improvements in Pedestrian Environment of Urban Commercial Streets - With an Analysis on Existing Conditions in the City of Incheon, *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design*, 24(12), 237-248, 2008.

Clifton, K.J., Smith, A.D.L. and Rodriguez, D., The Development and Testing of an Audit for the Pedestrian Environment, *Landscape and Urban Planning*, 80(1-2), 95-110, 2007.

Do, H.C., Lee, S.H. and Do, M.S., "A Study on the Development of the Indicator Set for Evaluating the Traffic Safety Management", *Proceedings of the Korea Institute of Intelligent Transportation Systems Spring Conference*, 5 (pp. 187-188), Ulsan, 2014.

Elvik, R., A re-parameterisation of the Power Model of the relationship between the speed of traffic and the number of accidents and accident victims, *Accident Analysis & Prevention*, 50, 854-860, 2013.

Ha, J.M. and Lee, T.K., "The Study on Improvement of the Pedestrian Environment in Hillside Apartment Housing", *Proceedings of the Korea Housing Association Autumn Conference*, 2 (pp. 149-153), Seoul, 2013.

Ji, W.S., Gu, Y.S. and Jwa, S.H., A study on satisfaction for pedestrian environment, Research Report, Basic Research 2008-12, Suwon, Gyeonggi Province, GRI (Gyeonggi Research Institute), 2008, https://bit.ly/2utybWA (retrieved March 26, 2019).

Jung, D.W., New Methodology about the Criterion for Appointing the School Zone, Mater Thesis, *Chonnam National University*, 2007.

Jung, J.H., Moon, J.P. and Kim, Y.R., An Analysis of the Effects of Signalized Intersection Density on Travel Speed for Korea's National Highways, *Journal of Korean Society of Transportation*, 25(3), 19-28, 2007.

Jung, O.J. and Choi, I.J., "A Study on the Improvement Plan for Pedestrian Environment of Urban Business Street as Pedestrian and Vehicle Co-existence", *Proceedings of the 4th Regional Association of Architectural Institute of Korea*, 2008(1) (pp. 25-28), Jinju, South Gyeongsang Province, 2008.

Jung, Y.N., Lee, G.W. and Kim, S.Y., Implications for Constructing Barrier-Free Pedestrian Environment through the Evaluation of Street Improvement Projects: Focused on the Street Improvement Program of Seoul, *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design*, 30(3), 11-22, 2014.

Jung, Y.S., Study on Shared Housing Compound Underground Parking Lot Plan (with Emphasis on Residents Using Behavior), Master Thesis, *Chonnam National University*, 2009.

Kang, S.J., Kang, G.J. and Lee, K.H., "A Study on the Risk Assessment of Surroundings of Elementary School focusing on the Pedestrian Safety and Crime Prevention", *Proceedings of the Architectural Institute of Korea Autumn Conference*, 33(2) (pp. 249-250), Cheonan, South Chungcheong Province, 2013.

KCC (Kent County Council), Pedestrian and Vehicle Movement Risk Assessment Prompt Sheet (PVMRAPS), 2016, https://bit.ly/2TyDoGF (retrieved March 26, 2019).

Keum, K.J., A Study on the Installation Effect Analysis and for Future Develop with Vertical Acceleration of Speed Hump, *Journal of Korea Transportation Research Society*, 14(4), 77-89, 1996.

Kim, A.H., A study on the Conditions & Characteristic Pedestrian Environment in Case of Mok-po City, Master Thesis, *Mokpo National University*, 2007.

Kim, S.H., Lee, K.J. and Choi, K.C., "Pedestrian environment scaling analysis by Walkway type", *Proceedings of the Korean Society of Civil Engineers Conference*, 2012 (pp. 2151-2154), Incheon, 2012.

Kim, S., Kim, Y.D., Kim, K.H., Lee, S.H. and Park, Y.K., "An Evaluation of the Community Road: Taken the Road of the Toksu Palace as Example", *Proceedings of the Architectural Institute of Korea Conference*, 23(2) (pp. 583-586), Daegu, 2003.

Kim, S.N., Current Status of Pedestrian-friendly Urban Development Policy, *Architectural and Urban Space*, 18, 22-37, 2015.

Kim, S.N., Lee, S.M. and Kim, D.I., Development of evaluation system for pedestrian environment per sidewalk unit, Research Report, AURI-walking-2016-02, Sejong, AURI (Architecture and Urban Research Institute), 2016, https://bit.ly/2OobpZe (retrieved March 26, 2019).

KTSA (Korea Transportation Safety Authority), Apartment road safety management manual, 2014, https://bit.ly/2JDGHN6 (retrieved March 26, 2019).

Kwon, J.T., A Study on Reduction Plan of Traffic Accidents: Focused on Drink Driving, Overspeed and Older Driver's Accidents, Master Thesis, *Hanyang University*, 2007.

Lee, D.H., Performance Evaluation of Experts Predicting the Delay Factors and the Delay Time of the Nozzle Dam Installation and Removal Tasks, *Journal of the Ergonomic Society of Korea*, 37(2), 155-168, 2018. doi:10.5143/JESK.2018.37.2.155

Lee, H.S., Park, S.Y., Shim, M.K. and Kim, G.Y., A Study on Color Design of Underground Parking Lot in the University - focused on Yonsei International Campus, *Design Convergence Study*, 9(1), 93-104, 2010.

Lee, S.B., Jung, D.Y. and Kim, D.K., The Effects of a School Zone Improvement Project on Crash Reduction Regarding Land Use Characteristics, *Journal of Korean Society of Transportation*, 26(3), 109-117, 2008.

Lee, S.K., Lee, K.Y. and Kim, S.C., Effectiveness of the Peripheral Transverse Line as Speed-Reduction Treatment on Korean Expressway Ramps, *International Journal of Highway Engineering*, 14(6), 85-92, 2012.

Lim, Y.H. and Choi, M.J., An Empirical Analysis of Underground Space Design Elements Affecting Pedestrian Environment and Satisfaction, *Journal of the Urban Design Institute of Korea*, 7(2), 47-56, 2006.

MOLIT (Ministry of Land, Infrastructure and Transport of Korea), A Study on the Actual Condition of Pedestrian Movement and Establishment of Improvement Indicators, 2011, https://bit.ly/2TWfHNv (retrieved March 26, 2019).

NLIC (National Law Information Center), Enforcement Rule of Parking Lot Act, https://bit.ly/2UUX2y9 (retrieved March 13, 2019a).

NLIC (National Law Information Center), Regulations on Housing Construction Standards, https://bit.ly/2HSaor8 (retrieved March 13, 2019b).

NLIC (National Law Information Center), Road Traffic Act, https://bit.ly/2HGIL4X (retrieved March 13, 2019c).

Ochir, B., Suh, J.H. and Yeo, H.S., A Study on Ways to Improve Pedestrian Environment of the Commercial Street in Ulaanbaatar: Ard Ayush Avenue, *Journal of Korea Design Knowledge*, 31, 227-237, 2014.

Park, B.J., Han, S.J., Lee, W.T. and Park, K.U., A Preliminary Fundamental Study on the Development of Pedestrian Environment Evaluation Model for Korea, *Journal of Transport Research*, 18(3), 35-49, 2011.

Park, J.H., Choi, J.W., Choi, Y.O. and Lee, H.Y., A Study on the User Satisfaction of Pedestrian Environment in the Underground Public Pedestrian Facility - Focusing on the Yeongnam province -, *KIEAE Journal*, 13(3), 129-134, 2013.

Park, K. and Okudan Kremer, G.E., Text Mining-based Categorization and User Perspective Analysis of Environmental Sustainability Indicators for Manufacturing and Service Systems, *Ecological Indicators*, 72, 803-820, 2017.

Roh, K.N. and Yoon, H.J., "Comparative analysis of Road humps' type and establishment effect in a Residental area", *Proceedings of the Architectural Institute of Korea Conference*, 20(1) (pp. 399-402), Yongin, Gyeonggi Province, 2000.

RTA NSW (Roads and Traffic Authority of New South Wales Government), NSW Speed Zoning guidelines, 2011, https://bit.ly/2OrRZmu (retrieved March 26, 2019).

Saaty, R.W., The Analytic Hierarchy Process—What It Is and How It Is Used, *Mathematical Modelling*, 9(3-5), 161-176, 1987.

STSRI (Samsung Traffic Safety Research Institute), A Study on the Risk of Out-of-road Areas in Apartments and Universities, 2015, https://bit.ly/2FzI4IF (retrieved March 26, 2019).

STSRI (Samsung Traffic Safety Research Institute), Measures to Prevent Pedestrian Accidents on the Mixed Road, 2017, https://bit.ly/2FzI4IF (retrieved March 26, 2019).

Sung, N.M., Lim, J.K., Park, J.S., Kim, Y.H., Cho, H.S., Kim, H.K., Park, J.H. and Lee, H.K., Road Transport Policy in Korea, KOTI Knowledge Sharing Report, issue 10, Goyang, Gyeonggi Province, KOTI (The Korea Transport Institute), 2013, https://bit.ly/2HGXihg (retrieved March 26, 2019).

Won, D.U., Kim, Y.J. and Lee, J.K., A Study on Application and Development of Evaluation Indicator for Parking Environments in Residential Areas Using AHP, *Journal of Korean Society of Transportation*, 35(5), 375-384, 2017.

Yeo, H.S., Kim, D.K. and Jung, Y.S., Color Status Analysis of Underground Parking Lot in the Apartment Complex, *Journal of East Asian Landscape Studies*, 5(2), 23-30, 2011.

Author listings

Jaesung Han: zmsql94@naver.com
Highest degree: B.S., Department of Industrial and Management Engineering, Incheon National University
Position title: Undergrad. Student, Department of Industrial and Management Engineering, Incheon National University
Areas of interest: Safety Engineering, Safety Assessment, Safety Management

Kijung Park: kjpark@inu.ac.kr
Highest degree: Ph.D., Department of Industrial and Manufacturing Engineering, The Pennsylvania State University
Position title: Assistant Professor, Department of Industrial and Management Engineering, Incheon National University
Areas of interest: Product-Service System, Engineering Design, Design Decision Making, Design for Additive Manufacturing

Appendix 1: Assessment Sheet for Pedestrian Safety in Underground Parking Lot

평가 영역	평가 지표	판정 기준	판정	점수	판정 점수
교통 정온화: 차량 속도와 교통량이 통제되어 보행자의 시설 이용이 안전하고 편리한 정도	제한속도	10km/h 이하	안전	5	
		10km/h 초과 20km/h 이하	보통	3	
		20km/h 초과 또는 제한속도 없음	위험	1	
		<제한속도>의 가중치	가중 판정 점수[1]		
	평가 지표	판정 기준	판정	점수	판정 점수
	감속장치	감속장치가 모든 통행로와 교차지점에 설치됨	안전	5	
		감속장치가 일부 통행로와 교차지점에 설치됨	보통	3	
		감속장치가 모든 통행로와 교차지점에 없음	위험	1	
		감속장치가 설치되어 있지만 상태가 불량하여 그 기능이 정상적이지 않음			
		<감속장치>의 가중치	가중 판정 점수		
	평가 지표	판정 기준	판정	점수	판정 점수
	교통 안전 표지	교통안전표지(e.g. 주의표지, 규제표지 등)가 모든 통행로와 교차지점에 설치됨	안전	5	
		교통안전표지가 일부 통행로와 교차지점에 설치됨	보통	3	
		교통안전표시가 모든 통행로와 교차지점에 없음	위험	1	
		교통안전표시가 설치되어 있으나 상태가 불량하여 그 기능이 정상적이지 않음			
		<교통 안전 표지>의 가중치	가중 판정 점수		

평가 영역	영역 점수[2]
교통 정온화	

[1] 가중 판정 점수는 판정 점수와 평가 지표의 가중치를 곱한 값임

[2] 영역 점수는 각 평가 지표의 가중 판정 점수를 합한 값임

평가 영역	평가 지표	세목	판정 기준	판정	점수	판정 점수
통행로 안전: 통행로의 물리적 상태가 보행자의 안전을 추구하는 정도	통행로 폭		6m 초과	안전	5	
			5m 초과 6m 이하	보통	3	
			5m 이하	위험	1	
			<통행로 폭>의 가중치	가중 판정 점수		
	평가 지표		판정 기준	판정	점수	판정 점수
	통행로 상태		모든 통행로가 포트홀이나 균열 없이 양호함	안전	5	
			일부 통행로에 폭 5cm 이하의 포트홀이나 균열이 있음	보통	3	
			일부 통행로에 폭 5cm 초과의 포트홀이나 균열이 있음	위험	1	
			<통행로 상태>의 가중치	가중 판정 점수		
	평가 지표	세목	판정 기준	판정	점수	세목 점수
	노면 표시	주행경로 노면 표시	주행 경로를 안내하는 노면 표시가 모든 통행로마다 설치됨	안전	5	
			주행 경로를 안내하는 노면 표시가 일부 통행로에 설치됨	보통	3	
			주행 경로를 안내하는 노면 표시가 모든 통행로에 없음	위험	1	
			<주행경로 노면 표시>의 가중치	가중 세목 점수[3]		
		세목	판정 기준	판정	점수	세목 점수
		교차지점 노면 표시(빗금)	교차지점 노면 표시가 모든 교차지점마다 설치됨	안전	5	
			교차지점 노면 표시가 일부 교차지점에 설치됨	보통	3	
			교차지점 노면 표시가 모든 교차지점에 없음	위험	1	
			<교차지점 노면 표시>의 가중치	가중 세목 점수		

평가 영역	평가 지표	세목	판정 기준	판정	점수	세목 점수
통행로 안전: 통행로의 물리적 상태가 보행자의 안전을 추구하는 정도	노면 표시	노면 표시 상태	노면 표시의 상태가 모두 양호하여 시인성이 충분함	안전	5	
			일부 노면 표시가 더럽거나 탈색되어 시인성에 문제가 있음	보통	3	
			일부 노면 표시의 상태가 매우 불량하여 형체를 알아볼 수 없음	위험	1	
			<노면 표시 상태>의 가중치	가중 세목 점수		
		판정 점수[4]				
		<노면 표시>의 가중치		가중 판정 점수		
	평가 지표	판정 기준		판정	점수	판정 점수
	통행로 장애물 유무	모든 통행로에 차량, 적재물 등의 장애물이 없음		안전	5	
		일부 통행로에 차량, 적재물 등의 장애물이 있음		위험	1	
		<통행로 장애물 유무>의 가중치		가중 판정 점수		
평가 영역		영역 점수				
통행로 안전						

[3] 가중 세목 점수는 세목 점수와 세목의 가중치를 곱한 값임

[4] 세목이 있는 평가 지표의 판정 점수는 각 세목의 가중 세목 점수를 합한 값임

평가 영역	평가 지표	세목	판정 기준	판정	점수	세목 점수
가시성: 보행자의 안전을 위한 운전자의 시야확보 정도	조명시설[5]	통행로 최소 조도	10lx 초과	안전	5	
			5lx 초과 10lx 이하	보통	3	
			5lx 이하	위험	1	
			<통행로 최소 조도>의 가중치	가중 세목 점수		
		세목	판정 기준	판정	점수	세목 점수
		진입 경사로 최소 조도	20lx 초과	안전	5	
			10lx 초과 20lx 이하	보통	3	
			10lx 이하	위험	1	
			<진입 경사로 최소 조도>의 가중치	가중 세목 점수		
		판정 점수				
		<조명시설>의 가중치		가중 판정 점수		
	평가 지표	판정 기준		판정	점수	판정 점수
	반사경	반사경이 시야확보가 어려운 지점(e.g. T자형 교차지점, 차량 진입로)에 모두 설치됨		안전	5	
		반사경이 시야확보가 어려운 지점에 일부 설치됨		보통	3	
		반사경이 설치되지 않음		위험	1	
		반사경이 설치되어 있으나 상태가 불량하여 그 기능이 정상적이지 않음				
		<반사경>의 가중치		가중 판정 점수		
	평가 지표	세목	판정 기준	판정	점수	세목 점수
	색채 계획	컬러 조닝	주차 구역 또는 사용 용도별로 색깔이 구분되어 있음	안전	5	
			주차 구역, 사용 용도별로 색깔이 구분되지 않음	위험	1	
			<컬러 조닝>의 가중치	가중 세목 점수		

<table>
<tr><th>평가 영역</th><th>평가 지표</th><th>세목</th><th>판정 기준</th><th>판정</th><th>점수</th><th>세목 점수</th></tr>
<tr><td rowspan="8">가시성:
보행자의 안전을 위한
운전자의 시야확보 정도</td><td rowspan="8">색채 계획</td><td rowspan="3">색채 특성</td><td>주차장 기둥 또는 벽에 채색된 색깔이 밝은 분위기를 조성함</td><td>안전</td><td>5</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>주차장 기둥 또는 벽에 채색된 색깔이 밝은 분위기를
조성하지 않음</td><td>위험</td><td>1</td></tr>
<tr><td colspan="2"><색채 특성>의 가중치</td><td colspan="2">가중 세목 점수</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="5">판정 점수</td></tr>
<tr><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="3"><색채 계획>의 가중치</td><td colspan="2">가중 판정 점수</td></tr>
<tr><td colspan="3"></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="3">평가 영역</td><td colspan="4">영역 점수</td></tr>
<tr><td colspan="3">가시성</td><td colspan="4"></td></tr>
</table>

[5] 수평면 최소 조도를 기준으로 판정하며, 수평면 최소 조도는 바닥에서 측정한 조도 중에 가장 작은 값임

평가 영역	영역 점수	평가 영역의 가중치	최종 점수[6]
교통 정온화			
통행로 안전			
가시성			

[6] 최종 점수는 각 영역 점수와 평가 영역 가중치를 곱하여 합한 값임(5: 특별한 개선이 요구되지 않음; 4~5: 향후 개선이 요구될 수 있음; 3~4: 추가 조사 및 예비 개선 계획이 요구됨; 2~3: 빠른 시일내에 개선이 요구됨; <2: 즉각적인 개선이 요구됨)