KOSDI
ISSN : 1976-2208 (Print)
ISSN : 2671-5287 (On-line)
www.sodi.or.kr

Journal of the Society of Disaster Information
Vol. 17, No. 4, pp. 733-746, December 2021
https://doi.org/10.15683/kosdi.2021.12.31.733

Original Article

철도차량내 승객 위험요소 선정 연구

Study on Factors for Passenger Risk in Railway Vehicle

박원희[1]* · 박성준[2] · 김효진[3] · 김한샘[4] · 오세찬[5]
Won-Hee Park[1]*, Sung-Joon Park[2], Hyo-Jin Kim[3], HanSaem Kim[4], Sechan Oh[5]

[1]Principal Researcher, Korea Railroad Research Institute, Uiwang, Republic of Korea
[2]Senior Consultant, Knowledgeworks, Seoul, Republic of Korea
[3]Student, Korea National University of Transportation, Uiwang, Republic of Korea
[4]Researcher, Kakao Enterprise, Seongnam, Republic of Korea
[5]Senior Researcher, Korea Railroad Research Institute, Uiwang, Republic of Korea

*Corresponding author: Won-Hee Park, whpark@krri.re.kr

ABSTRACT

Purpose: This study was conducted for the purpose of selecting important events from among various events that may pose a risk to railway passengers. For this purpose, opinions of various railroad vehicle passengers and railway operator workers were investigated and analyzed. **Method:** The survey was conducted on 1,000 men and women in their 20s and 60s and 429 workers at 11 company across the country. A survey was conducted on the dangerous situations that may occur in subways, general railroads and high-speed rail vehicles targeting passengers. For railway operator workers, the questionnaire is limited to subway vehicles. **Result:** Among the passenger risk factors(abnormal behavior and dangerous situations) selected based on the frequency and importance of occurrence of passenger risk factors, the main risk factors are selected 'car door jamming', 'sexual harassment', 'intoxicating behavior', 'fighting' /assault', 'wandering around', and 'not wearing a mask'. **Conclusion:** The major risk factors affecting passengers were selected by surveying passengers and railway operators. we plan to develop a CCTV detection system with AI technology that can quickly and continuously detect the major risk factors of railway vehicles selected as a result of this study.

Keywords: Railway Vehicle, Subway, Passenger, Risk, Survey, CCTV, Railway Operator

요 약

연구목적: 본 연구는 철도차량 내 승객 이상행동 및 위험상황 중 중요한 위험요소를 도출하기 위하여 승객 및 운용기관 종사자의 의견을 조사하고 분석을 하였다. **연구방법:** 일반국민 20~60대 성인남녀 1,000명 및 전국 11개 기관의 종사자 429명에게 설문조사를 수행하였다. 일반국민에게는 지하철, 일반철도, 고속철도 등으로 구분하여 철도차량 내 발생 가능한 위험 상황에 대한 설문을 조사하였으며 운영기관 종사자들에게는 지하철 내의 위험 상황에 대한 설문을 조사하였다. **연구결과:** 승객위험요소 발생에 대한 빈도 및 중요도를 판단근거로 선정된 철도차량내 승객 위험요소(이상행동 및 위험 상황) 중 주요 위험요소로 '차량 문끼임', '성추행', '주취행동', '싸움/폭행', '배회'. '마스크 미착용'으로 선정하였다. **결론:** 승객에게 영향을 미치는 주요 위험요소는 일반 국민 및 철도운영기관의 종사자들의 설문조사를 통하여 선정되었다. 본 연구에서 얻은 결과인 철도차량내 주요 위험요소 발생시 신속하며 지속적으로 감지할 수 있는 AI 기술이 적용된 CCTV 감지 시스템이 개발될 예정이다.

핵심용어: 철도차량, 지하철, 승객, 위험요소, 설문조사, CCTV, 철도운영기관

Received | 3 September, 2021
Revised | 29 September, 2021
Accepted | 7 October, 2021

OPEN ACCESS

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in anymedium, provided the original work is properly cited.

ⓒ Society of Disaster Information All rights reserved.

서론

육상 운송 수단 중 철도의 이용률을 지속적으로 증가하고 있으며, 특히 대도시권 광역화, 도시인구 집중현상이 가속되어 도시철도 수송분담율이 높아질 것으로 예상된다. 이러한 이용객수 증가에 따라 철도차량 내에서 공공의 안전을 저해하는 승객의 이상행동(폭행, 싸움, 절도, 기물파손, 실신, 배회, 주취행동, 성추행, 방화 등)이 증가추세를 보인다. 최근 6년간('12~'19년) 우리나라 철도역사와 차량 내에서 발생한 범죄가 1만1천여건으로 연도별로 살펴보면, '14년 1,288년건에서 2019년 2,459건으로 연평균 13.8%(CAGR)로 증가했다(Yonhap News Agency, 2020). 성범죄가 4,422건으로 35.5%를 차지해 가장 많았으며, 절도와 폭력은 각 2,168건, 1,756건이 발생했다. 열차의 종류별로는 지하철이 성범죄 388건·폭력 178건·절도 66건으로 발생 건수가 가장 많았다. 이어 무궁화호(성범죄 81건·폭력 38건·절도 56건), KTX(성범죄 27건·폭력 21건·절도 51건) 등 순이었다. 이러한 범죄 및 승객의 위험을 초래하는 사건은 역무원 및 철도경찰의 개입 및 신고로 피해를 최소화할 수 있는데 철도 역사뿐만 아니라 철도차량에 설치되어있는 CCTV에 취합되는 영상을 통하여 이러한 사건들에 대한 감시 및 예방이 가능하다. Seo et al.(2015)은 재난대비 모의훈련과 재난관리 설문조사를 통해 기존 재난관리의 문제점을 파악하였고, 위험요인을 분석 후 재난 취약성을 분석하였다. 최근에는 철도안전법 개정(제39조의 3)으로 인해 철도차량의 운행안전을 위해 영상기록장치의 설치 및 운영이 의무화되고 있다(Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2021). 철도운영기관에서 관리하는 역사 및 철도차량에서의 CCTV수는 점차 증가하고 있지만 CCTV의 감시는 주로 사람(육안)에 의존하고 있는 상황이며 관제사 및 역무원들의 다양한 업무 등의 사유로 CCTV에 집중할 수 없으며 CCTV 화면으로 사건의 검출이 어려운 실정이다. 따라서 철도역사 및 차량에서 승객에게 유해한 사건이 발생시 즉각 대응 및 집중 모니터링 가능한 지능형 CCTV 도입이 시급한 상황이다.

지능형 CCTV의 성능향상을 위하여 인공지능 영상 및 행동 인식연구가 Du et al.(2015) 이후 활발히 진행되고 있다. 초창기 행동인식 연구는 3D CNN을 활용하는 방법이 주로 연구되었다. 이미지 내의 객체 인식에 지금도 많이 활용되고 있는 ResNet을 시간축으로 확장한 Du et al.(2015)의 C3D를 시작으로, 3D CNN을 2D CNN과 특수한 메커니즘으로 대체해 연산량을 줄이고 성능을 개선한 Qiu et al.(2017)의 P3D 등의 모델이 제안되었다. 또한 RGB 영상과 더불어, 영상 내의 각 픽셀이 어떤 방향으로 이동하고 있는지에 대한 단서로 optical flow를 함께 사용하는 Quo et al.(2017)의 I3D가 나와서 성능을 많이 개선시키기도 했다. 영상에서 optical flow를 추출하는데 많은 연산량이 필요한 관계로, 점차 optical flow를 배제하고 다시금 RGB 영상만을 사용하는 형태의 논문이 다시 주를 이루게 된다. Feichtenhofer et al.(2020)의 X3D에서는 C3D를 바탕으로 점진적으로 가장 효율적인 모델을 찾고자 시도했다. Redmon et al.(2016)의 YOLO(You only look one)는 영상을 입력으로 하여 CNN(Convolutional Neural Network)을 거쳐 텐서 형태로 출력되고, 이 텐서는 영상을 격자 형태로 나누어 각 구역을 표현해 해당 구역의 객체 인식률을 획기적으로 향상시켰다. Cao et al.(2017)의 OpenPose는 사람의 25개의 관절점을 추출해 스켈레톤 이미지를 영상 속 사람의 움직임 정보를 활용하여 행동인식 문제를 해결했다. Yan et al.(2018)과 Li et al.(2019)이 제안한 ST-GCN(Spatial temporal graph convolutional networks)과 AS-GCN(Actional-structural graph convolutional networks)은 스켈레톤을 그래프 합성곱 신경망(Graph Convolutional Neural Network, GCN)을 학습함으로써 각 행동별 스켈레톤 관절들간의 관계성을 식별해 인간 행동을 효율적으로 인식할 수 있다. 기존 논문들이 짧은 영상에서의 성능은 높아졌지만, 상대적으로 긴 영상에서의 성능이 떨어지는 부분을 해결하고자 Feichtenhofer et al.(2019)의 SlowFast같은 논문들이 제안되었다. 최근 들어서는 이미지 인식 분야에서 뛰어난 성능을 보여주고 있는 transformer(attention) 계열의 논문

들을 행동인식에 적용하려는 노력들이 많이 나타나고 있다. bertasius et al.(2021)가 제안한 Timesformer는 transformer를 영상에 적용하기 위해 어떠한 self attention이 효과적인지에 대한 연구가 담겨있다. 또한 Fan et al.(2021)의 MViT에서는 transformer의 높은 연산량을 줄이고자, attention module 내에 pooling을 추가해 효과적으로 연산량도 줄이면서, 기존 대비 더 좋은 성능을 보여주었다. Liu et al.(2021)의 SwinTransformer에서는 이미지에 적용했던 방식을 영상에도 직관적으로 적용, Kinetics-400 데이터셋을 대상으로 하는 실험에서 현재까지의 최고 성능을 달성했다. Kim et al.(2021)은 스켈레톤 관절들간의 내부적인 관계와 객체 및 인접 사람들과의 외부적인 관계를 통해 행동 인식의 모호성을 완화하고 인식 정확도를 개선하는 확장된 행동인식 모델을 소개했다. Chang et al.(2019)은 행동인식 서버에 실시간으로 동영상을 전송해 인간객체를 인식하고 스켈레톤을 추출해 이상행동인지를 판별하는 동영상 감지 시스템의 구조를 제안했다. Chen et al.(2020)은 openpose을 사용하여 사람의 스켈레톤 데이터를 가져오고, 고관절 중심의 하강 속도, 지면과의 인체 중심선 각도, 인체 외부 직사각형의 폭-높이 비율에 따라 낙하 행동을 식별하는 조건을 결정해 낙상을 감지하는 방법을 제안했다.

이러한 행동인식 연구를 기반으로 철도차량내 위험요소를 감지할 수 있는 시스템을 개발을 위하여 시스템이 감지할 수 있는 위험요소의 한정이 필요하다. 그러나 아직까지 철도차량내 위험요소를 파악하거나 이에 대한 중요도를 평가하기 위한 연구를 찾아보기 여렵다. 본 연구에서는 위험요소의 선정을 위해서 철도차량내에서 승객에게 위험을 미치는 다양한 사건들 중 승객 및 운용기관 종사자가 중요시 생각하는 사건을 선정하기 위한 의견을 조사하고 분석을 하였다. 이를 위하여 일반국민 20~60대 성인남녀 1,000명 및 전국 11개 기관의 종사자 429명에게 설문조사를 수행하였다. 일반국민에게는 지하철, 일반철도, 고속철도 등으로 구분하여 철도차량 내 발생 가능한 위험 상황에 대한 설문을 조사하였으며 운영기관 종사자들에게는 지하철 내의 위험 상황에 대한 설문을 조사하였다. 승객위험요소 발생에 대한 빈도 및 중요도를 판단근거로 선정된 철도차량내 승객 위험요소(이상행동 및 위험 상황)를 최종적으로 선정하였다. 철도차량내에 설치되어 있는 CCTV의 영상정보를 이용하여 선정된 위험요소에 대하여 감응할 수 있으며 감지시 철도차량 내 방송 및 운전자와 관제에 상황을 통보하여 조기에 위험상황에 대처할 수 있는 기능을 포함한 시스템을 개발할 예정이다.

대국민 대상 철도차량내 승객 위험요소 선정 조사

설문조사 방법

설문조사 대상 및 방법

철도차량 내 영상 딥러닝 기술기반 승객 위험요소 스마트감지시스템 요소기술개발을 위하여 철도차량 승객 등의 위험요소 인식 및 경험을 조사하였다. 위험요소 저감을 위한 개선방향 및 스마트감지시스템 개발의 기대 효과를 분석했다. Table 1과 같이 모집단 4,520만명(전국인구), 신뢰수준 95%, 표본오차 ±3.1%를 가정하고, 인구분포를 감안하여 성별, 연령, 지역별 비례 배분하여 1,000명 표본을 설계했다. 이는 성별, 연령, 지역별 인구분포의 특성을 기준으로 모집단과 비슷한 구성이 되도록 1,000명을 표본을 할당하여 추출하였으며 비확률적 표본추출방식에 해당한다. 조사방식은 웹설문을 통한 온라인 조사로 진행하였다.

Table 1. Survey Quota Table for Different Ages, Regions and Genders

전체		연령대					합계
		20~29	30~39	40~49	50~59	60~69	
서울	남	19	20	20	20	16	195
	여	20	20	21	21	18	
경기/강원권	남	34	34	41	41	29	351
	여	30	32	40	40	30	
충청권	남	10	9	11	12	9	98
	여	8	8	11	11	9	
호남권	남	10	9	12	13	10	107
	여	9	8	12	13	11	
경북권	남	9	8	11	12	10	96
	여	7	7	10	12	10	
경남권	남	14	14	17	18	15	153
	여	12	13	16	18	16	
합계	남	96	94	112	116	89	1,000
	여	86	88	110	115	94	

연구수행은 계획(Plan)-조사(Do)-분석(See)의 절차로 진행했다. 국민이 생각하는 철도차량 내 위험요소를 파악할 수 있는 방법을 설계하고 계획을 수립했다. 일반국민 대상으로 웹설문을 통한 온라인 조사방식을 선택해 진행하였다.

설문조사 내용

철도차량내 위험요소를 조사하기 위해 위험요소 경험, 위험요소의 중요도, 파급효과를 주요 내용으로 설문조사하였는데 대상을 그룹핑 하기 위한 철도이용 및 위험상황에 대한 경험 유·무(이용수단, 이용목적 등)를 조사하였다. 연구개발의 필요성 확인을 위한 철도차량내 위험요소에 대한 인식(철도차량내 위험요소 관리에 대한 만족도, 만족하지 못하는 이유 또는 개선부문, 위험요소 예방강화, 위험사항 지속 모니터링, 위험상황 발생시 신속한 대응 등)을 5점 리커트 척도방식, 복수답변 객관식 형태로 조사하였다. 주요 위험요소 선정을 위한 승객 위험요소(건강문제(실신 등), 싸움/폭행(도구 사용/미사용 포함), 기물파손, 판매행위, 주취행동, 성추행, 보건문제(취식, 마스크 미착용), 화재 등)에 대하여 우선순위를 5점 리커트 척도 방식으로 조사하였다. 또한 위험요소 관리 효과를 파악하기 위한 스마트감지시스템을 통해 예상효과(위험요소 관리 효과)를 복수답변 객관식 형태로 조사하였다.

설문조사 결과 분석

철도교통 이용경험 및 목적

Fig. 1에서 도시철도, 일반철도, 고속철도별 이용경험과 이용 목적에 대한 조사결과를 보여주고 있다. 국민 10명 중 7명이 1년 이내에 철도교통 이용 경험이 있는 것으로 조사되었으며, 주 이용목적은 여가 비중(45.2%)이 가장 큰 것으로 나타났다. 이외 업무(21.8%), 출퇴근(21.5%), 통학(5.5%) 순으로 조사되었다. 철도 이용자의 대부분은 도시철도(79%)와 고속철도

(62.5%)를 이용하고 있는 것으로 조사되었으며, 이에 비해 일반철도(28.8%)는 상대적으로 낮았다. 응답자 중 과반이 도시철도와 고속철도를 모두 이용하고 있으며, 도시 또는 고속철도 이용자가 철도교통 이용자의 대부분(97.2%)이다. 모든 철도교통에서 여가를 가장 높은 비중으로 이용하고 있으며, 도시철도는 상대적으로 출퇴근 비중이 높고, 일반철도는 업무(출장) 비중이 상대적으로 높게 나타났다.

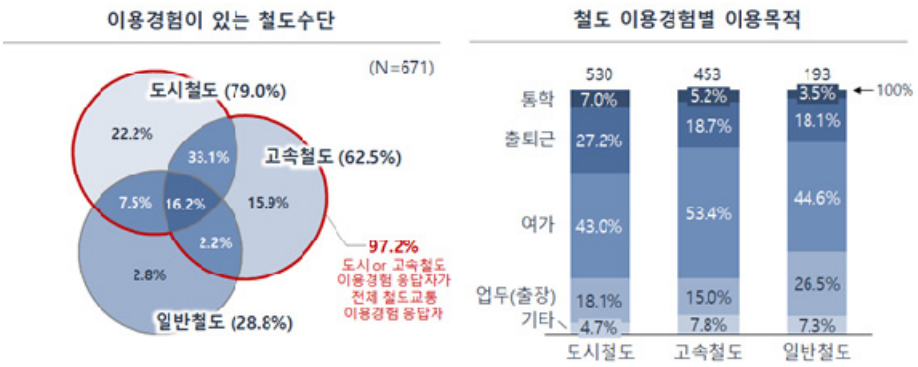

Fig. 1. Experience and purpose of use for each railway type

철도차량내 위험요소 관리 정도

Fig. 2에서 철도차량 내 위험요소 관리의 만족도와 연령대별 만족도를 보여주고 있다. 철도차량 내에서 발생할 수 있는 위험요소 관리의 만족도는 '만족'으로 느끼고 있는 응답자(44.9%)가 가장 많고, '보통' 이하의 응답자(44.7%) 또한 유사한 비중이었다. 따라서 5점 만점 기준 3.49점으로 '보통(3점)'수준을 약간 상회하는 것으로 분석되었다. 연령대별 20대가 3.3점으로 가장 낮고, 50-60대가 3.7점 내외로, 나이가 증가할수록 만족도가 높아지는 것으로 나타났다.

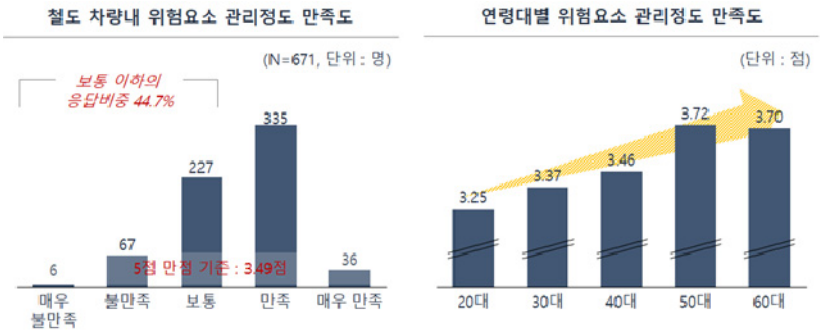

Fig. 2. Degree of management of risk factors in railway vehicles

불만족 이유(개선점)

Fig. 3에서 철도차량 내 위험요소 관리에 불만족하는 이유를 보여주고 있다. 불만족으로 응답한 조사 대상자의 주된 이유는 '신속한 대응', '지속 모니터링'이 60~70% 내외로 응답하였으며, 남녀응답자의 응답결과 패턴이 다르게 조사되었다. 매

우 불만족, 불만족으로 응답한 73명을 대상으로 그 사유를 문의한 결과, '신속한 대응(69.9%)', '지속 모니터링(63.0%)'이 주된 불만족 이유로 조사되었다. 남성은 '신속한 대응(74.3%)'에 대한 개선을 1순위로 요구하고 있으나, 여성은 '지속 모니터링(71.1%)'이 가장 높은 불만족 사항으로 조사되었다. 이러한 결과를 토대로 철도차량 내에 설치되어 있는 CCTV를 이용하여 지속적으로 승객 위험요소 발생시 빠르게 대처하는 스마트시스템의 필요성을 반증한다고 할 수 있다.

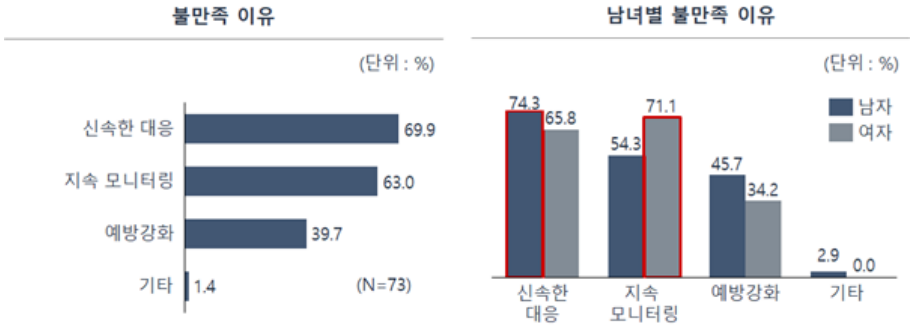

Fig. 3. Reasons for dissatisfaction

차량별 이용자의 위험요소 중요도 및 발생정도

고속철도에서 위험요소 상황을 경험한 빈도가 높고 중요하게 인식하고 있는 위험요소는 '마스크 미착용', '주취행동'이며, '성추행', '차량 문끼임', '배회', '싸움/폭행'은 경험 빈도는 낮지만 중요하게 인식하는 것으로 나타났다. 위험요소별 중요도는 5점을 만점으로 마스크 미착용(3.6점), 주취행동(3.5점), 성추행(3.5점), 차량 문끼임(3.5점)이 상대적으로 높게 분석되었으며, 배회(3.4점), 싸움/폭행(3.3점), 화재(3.3점), 취식(3.2점), 건강문제(3.1점), 기물파손(3.0점)이 상대적으로 낮은 요인으로 나타났다. 고속철도 이용자(453명) 중 실제 위험요소를 경험한 경우는 취식(106명,23.4%), 마스크 미착용(101명,22.3%), 주취행동(38명,8.4%), 배회(26명,5.7%), 싸움/폭행(18명,4.0%), 차량 문끼임(16명,3.5%), 기물파손(14명,3.1%), 성추행(9명,2.0%), 건강문제(7명,1.5%), 화재(4명,0.9%) 순으로 조사되었다. 일반철도의 경우에도 중요시되고 있는 위험요소는 '마스크 미착용', '주취행동'이며, '성추행', '차량 문끼임', '배회', '싸움/폭행'은 경험 빈도는 낮지만 중요하게 인식하고 있다. 도시철도에서 경험이 많고, 중요하게 인식하고 있는 위험요소는 '주취행동', '차량 문끼임' ,'마스크 미착용', '싸움/폭행'으로 나타났다. '성추행'은 경험빈도는 낮지만 중요하게 인식하는 것으로 나타났다. 위험요소별 중요도는 마스크 미착용(3.7점), 성추행(3.7점), 주취행동(3.6점), 배회(3.6점), 차량 문끼임(3.6점), 싸움/폭행(3.5점)으로 상대적으로 높게 분석되었으며, 화재(3.4점), 취식(3.2점), 기물파손(3.1점), 건강문제(3.1점)가 상대적으로 낮은 요인으로 나타났다. 도시철도 이용자(530명) 중 실제 위험요소를 경험한 경우 배회(289명,54.5%), 마스크 미착용(226명,42.6%), 주취행동(191명,36.0%), 차량 문끼임(145명,27.4%), 싸움/폭행(130명,24.5%), 취식(108명,20.4%), 건강문제(36명,6.8%), 성추행(34명,6.4%), 기물파손(19명,3.6%), 화재(4명,0.8%) 순으로 조사되었다. 제시된 위험요소 외에 응답자들은 불편을 주는 요소로 고성방가(소음), 장시간 통화, 애정행각, 자전거 휴대, 애완동물 동승, 물품휴대 등을 언급하였다. Fig. 4에서 철도 유형별 위험요소 경험빈도와 중요도를 그래프로 제시하였다. 빨간색, 초록색, 파란색은 각각 도시철도, 고속철도 및 일반철도의 조사결과이다. 각 점선은 철도 유형별 위험요소 경험빈도와 중요도의 평균을 나타낸다. 일반열차와 고속열차의 경우 의자가 진행

방향에 수직으로 2개 또는 1개로 배치되어 있고 도시철도와 달리 승객의 시선이 제한되어 승객에 미치는 위험요소 상황을 경험하는 빈도가 도시철도보다 적은 것으로 나타났다. 또한 승무원의 검표 및 서비스 차원에서의 순시의 시간 간격이 짧은 고속철도에 경우 의자배열 등이 비슷한 일반 철도보다 승객에게 위험을 미치는 상황이 보다 적게 발생하는 것을 볼 수 있다.

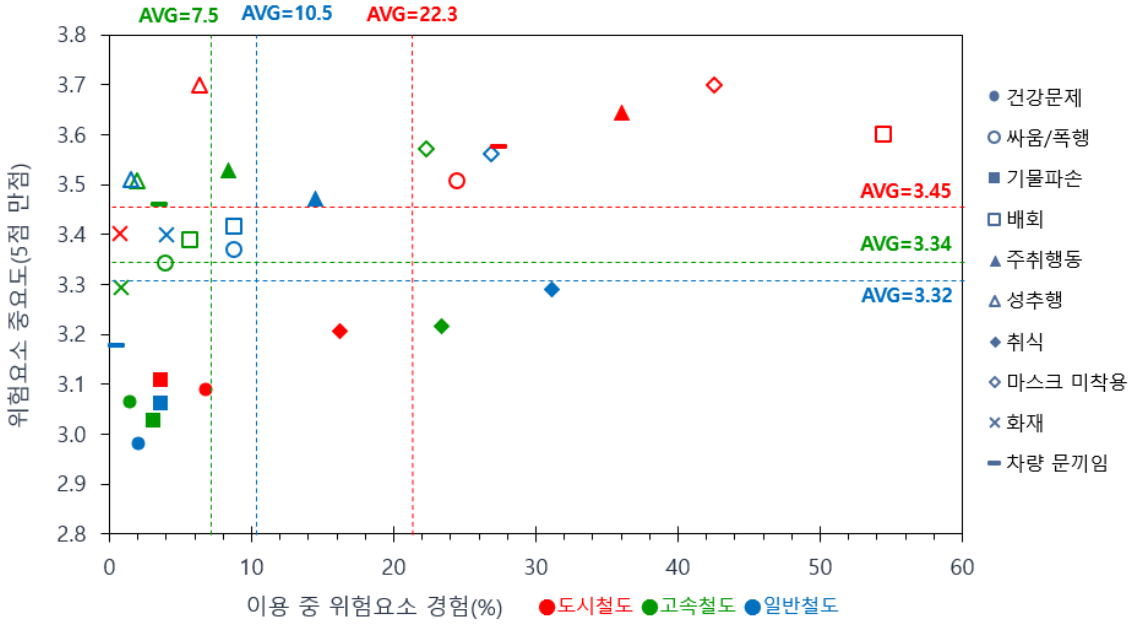

Fig. 4. Risk Experience frequency and importance by railway types

스마트감지시스템의 예상효과 및 우려되는 문제점

Fig. 5는 스마트감지시스템 도입 예상효과와 우려되는 문제점을 보여주고 있다. 스마트감지시스템 도입에 따라 사고/범죄의 예방효과, 신속한 대응 효과를 다수의 응답자가 예상하고 있으며, 개인정보 유출과 비용증가 문제를 우려하고 있는 것으로 조사되었다. 시스템 도입에 따른 예상효과는 '사고/범죄예방' 76.2%, '신속한 대응가능' 65.6%, '철도종사자 부담감소' 46.0%로 응답하였다. 시스템 도입 시 우려되는 문제점은 '개인정보 문제' 66.3%, '비용증가(운임증가)' 51.6%, '낮은 실효성' 26.8%로 조사되었다.

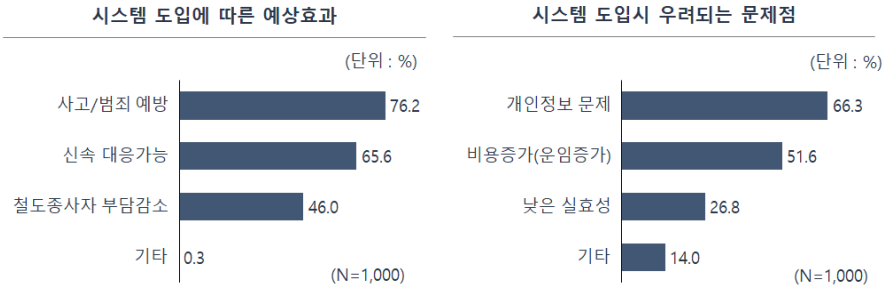

Fig. 5. Expected effects and problems of smart detection system

응답자 특성에 따른 분석결과

성별 및 연령대별 위험요소 중요도

Table 2는 철도교통수단별 위험요소의 중요도를 성별 및 연령대별로 보여준다. 도시철도 내에서 위험요소의 중요도는 '마스크 미착용'과 '성추행'이 가장 높게 나타났다. 성별에 따라 남성의 경우 '마스크 미착용'이, 여성의 경우 '성추행'을 중요한 위험요소 인식하고 있는 것으로 조사되었다. 연령대별 특성에 따라 20대의 경우 '성추행', 30대의 경우 '마스크 미착용', 40대의 경우 '주취행동', 50대의 경우 '차량 문끼임', 60대의 경우 '취식'이 가장 중요한 위험요소 인식하고 있는 것으로 조사되었다. 고속철도 내에서 위험요소의 중요도는 '마스크 미착용'이 가장 높게 나타났다. 성별에 따라 남성의 경우 '주취행동'이, 여성의 경우 '성추행'을 중요한 위험요소 인식하고 있는 것으로 조사되었다. 연령대별 특성에 따라 20, 50대의 경우 '마스크 미착용', 30, 40, 60대의 경우 '주취행동'이 가장 중요한 위험요소 인식하고 있는 것으로 조사되었다. 일반철도 내에서 위험요소의 중요도는 '마스크 미착용'이 가장 높게 나타났다. 성별에 따라 남성의 경우 '주취행동'이, 여성의 경우 '성추

Table 2. Importance of rsk factors in railway vehicle versus passenger's age and gender

	구분		마스크 미착용	성추행	주취 행동	차량 문끼임	싸움/ 폭행	배회	화재	취식	기물 파손	건강 문제
도시철도	전체		3.70	3.70	3.64	3.58	3.51	3.60	3.40	3.21	3.11	3.09
	성별	남자	3.64	3.55	3.61	3.49	3.39	3.58	3.28	3.17	3.06	3.00
		여자	3.78	3.88	3.68	3.69	3.69	3.65	3.62	3.56	3.18	3.21
	연령대	20대	4.14	4.17	3.89	3.72	3.91	3.91	3.78	3.40	3.41	3.45
		30대	3.90	3.84	3.81	3.85	3.72	3.77	3.70	3.34	3.27	3.22
		40대	3.52	3.45	3.59	3.40	3.33	3.47	3.17	3.20	2.92	2.92
		50대	3.38	3.39	3.39	3.47	3.15	3.46	3.11	3.03	2.94	2.86
		60대	3.27	3.37	3.37	3.28	3.21	3.15	2.96	3.97	2.78	2.77
고속철도	전체		3.57	3.51	3.53	3.46	3.34	3.39	3.29	3.22	3.03	3.06
	성별	남자	3.55	3.43	3.55	3.46	3.30	3.42	3.23	3.24	3.04	3.05
		여자	3.60	3.60	3.50	3.45	3.39	3.34	3.36	3.19	3.01	3.03
	연령대	20대	4.11	4.10	3.84	3.76	3.84	3.89	3.67	3.50	3.49	3.50
		30대	3.85	3.81	3.86	3.81	3.71	3.60	3.74	3.34	3.30	3.23
		40대	3.46	3.30	3.51	3.30	3.22	3.25	3.20	3.28	2.92	2.94
		50대	3.27	3.14	3.22	3.24	2.96	3.24	3.00	3.05	2.77	2.88
		60대	3.14	3.19	3.22	3.18	2.99	2.94	2.82	2.91	2.64	2.76
일반철도	전체		3.56	3.51	3.47	3.40	3.37	3.41	3.18	3.29	3.06	2.98
	성별	남자	3.51	3.38	3.55	3.25	3.35	3.36	3.06	3.28	2.99	2.93
		여자	3.61	3.65	3.39	3.56	3.39	3.47	3.30	3.30	3.14	3.03
	연령대	20대	4.10	4.06	3.76	3.73	3.76	3.74	3.55	3.58	3.40	3.32
		30대	3.50	3.47	3.59	3.41	3.50	3.66	3.28	3.22	3.19	2.97
		40대	3.24	3.00	3.31	3.14	3.07	3.14	2.90	3.07	2.69	2.72
		50대	3.28	3.25	3.25	3.33	3.00	3.20	2.95	3.23	2.93	2.75
		60대	3.20	3.20	3.20	3.53	3.20	4.02	2.87	4.03	2.77	2.83

행’을 중요한 위험요소 인식하고 있는 것으로 조사되었다. 연령대별 특성에 따라 20대의 경우 ‘마스크 미착용’, 30대의 경우 ‘배회’, 40대의 경우 ‘주취행동’, 50대의 경우 ‘차량 문끼임’, 60대의 경우 ‘취식’이 가장 중요한 위험요소 인식하고 있는 것으로 조사되었다. 전체적 위험요소 중요도는 ‘마스크 미착용’이 가장 높게 나타났으며, ‘성추행’, ‘주취행동’ 또한 중요하게 인식하고 있는 것으로 분석할 수 있다.

성별 및 연령대에 따른 이용 중 위험요소 경험

도시철도 이용자들은 위험요소 중 ‘배회’에 대한 이용 중 경험이 많았으며, 성별 및 연령대에 따라 해당 위험요소의 경험의 차이는 상대적으로 크지 않은 것으로 파악되었다. 고속철도와 일반철도 이용자들은 위험요소 중 ‘취식’에 대한 경험이 많았으며, 성별 및 연령대에 따라 해당 위험요소의 경험의 차이는 상대적으로 크지 않은 것으로 파악되었다. 남성 고속철도 이용자와 30대 일반철도 이용자 경우 ‘마스크 미착용’이 ‘취식’과 함께 가장 많은 빈도를 보였다. 40대 일반철도 이용자의 경우 ‘마스크 미착용’이 가장 많은 빈도를 보이나 응답 건수 차이가 크지 않았다. 전체적 위험요소 경험으로는 ‘마스크 미착용’이 가장 높게 나타났으며, ‘배회’, ‘취식’, ‘주취행동’ 또한 이용 중 빈번히 경험한 것으로 조사되었다.

철도운영기관 대상 철도차량내 승객 위험요소 선정조사

설문조사 방법

설문조사 대상 및 방법

현재 철도차량을 운용 중인 철도운영기관을 대상으로 설문조사를 진행하였다. 웹설문을 통한 온라인 조사방식을 선택했다. 구조화된 설문지를 이용해 구글 설문지를 제작하여, 각 철도운영기관에 링크를 전달해 직원의 적극적 참여를 부탁했다. 국내 철도운영기관 중 11개의 기관, 총 429명이 이 설문조사에 응했으며, Table 3은 철도운영기관별 응답자수를 보여준다. 이는 11개 기관 직원수는 약 3만명으로 가정할 때, 신뢰수준 95%, 표본오차 ±4.7% 수준의 응답률이다.

Table 3. Number of respondents by railway operators

기관명	참여자 수
부산김해경전철	25
인천교통공사	39
대구도시철도공사	21
서울교통공사	24
우이신설경전철운영	10
광주도시철도공사+서울메트로9호선	40
네오트랜스주식회사	107
공항철도	49
부산교통공사	71
의정부경전철운영	43
합계	429

설문조사 내용

철도운영기관 직원에게 빈번히 발생했고, 중요하게 생각하는 철도차량내 위험요소를 조사하기 위해 위험요소 발생빈도, 위험요소의 중요도, 파급효과를 주요 설문조사하였다. 연구개발의 필요성 확인을 위한 철도차량내 위험요소에 대한 인식(철도차량내 위험요소 관리에 대한 개선해야할 점, 위험요소 예방강화, 위험상황 지속 모니터링, 위험상황 발생시 신속한 대응 등)을 조사하였다. 주요 위험요소 선정을 위한 승객 위험요소 우선순위를 조사하였다. 위험요소 관리 효과를 파악하기 위해 스마트감지시스템을 통한 예상효과를 조사하였다.

설문조사 결과 분석

개선해야할 점(불만족 이유)

Fig. 6은 위험요소 관리 정도 중 개선되어야할 점을 보여주고 있다. '위험상황 발생시 신속한 대응'이 48%, '위험요소 예방강화'가 47%, '위험상황 지속 모니터링'이 31%, 기타 5%로 응답하였다 기타 사항은 승객 부주의, 위험요소 유발자들에 대한 강력한 처벌 부족, 운행 중 관련 직원의 조치 불가, 직원의 권한 강화 등이 있다.

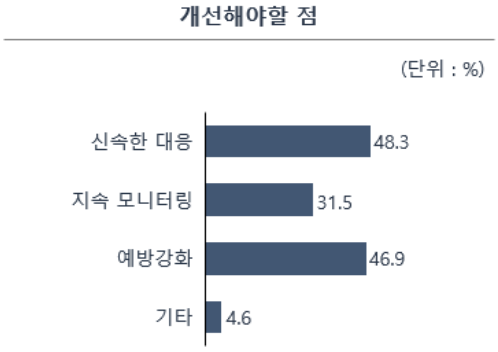

Fig. 6. What needs to be improved

도시철도 내 위험요소 중요도 및 발생 정도

도시철도에서 빈번하게 발생하고, 중요하게 인식하고 있는 위험요소는 '주취행동', '차량 문끼임', 마스크 미착용', '싸움/폭행'으로 나타났고, 발생빈도는 낮지만 '성추행', '건강문제'가 중요하게 인식되고 있는 것으로 나타났다. 위험요소별 중요도는 주취행동(3.4점), 차량 문끼임(3.3점), 성추행(3.1점), 건강문제(3.1점), 마스크 미착용(3.0점), 싸움/폭행(3.0점)으로 상대적으로 높게 분석되었으며, 기물파손(2.7점), 배회(2.7점), 화재(2.6점), 취식(2.4점)이 상대적으로 낮은 요인으로 나타났다. 응답자(429명) 중 빈번하게 발생했다고 응답한 위험요소는 주취행동(175명), 차량 문끼임(149명), 마스크 미착용(145명), 싸움/폭행(114명), 화재(85명), 건강문제(77명), 성추행(75명), 배회(72명), 기물파손(34명), 취식(22명) 순으로 조사되었다. Fig. 7는 도시철도내 위험요소 발생 빈도와 중요도 조사결과이다. 점선은 위험요소 발생빈도와 중요도의 평균을 나타낸다.

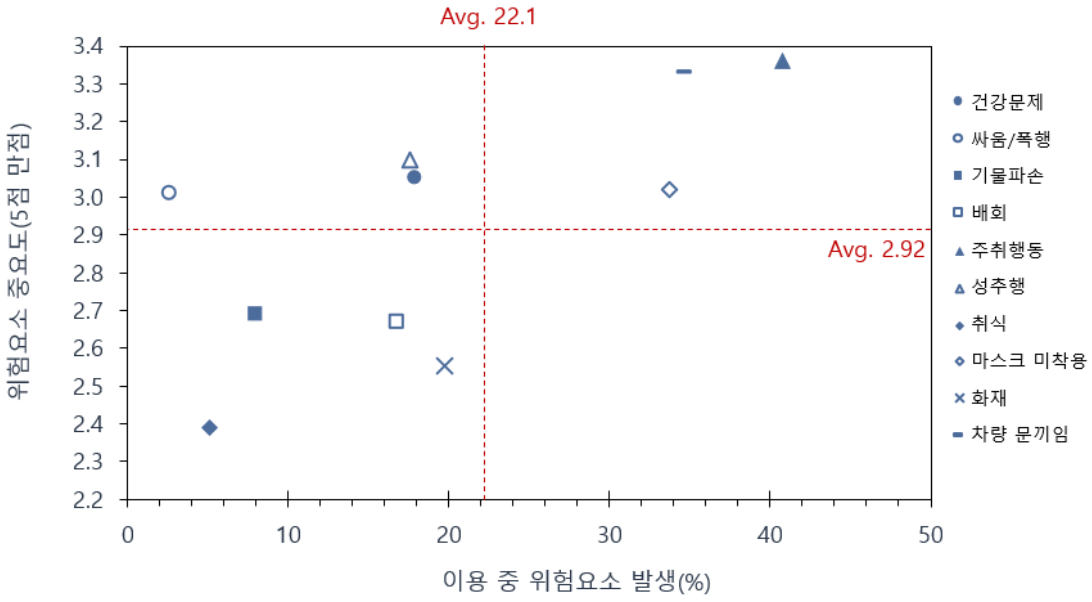

Fig. 7. Frequency and importrant of risk factors in urban railway

스마트감지시스템의 예상효과 및 우려되는 문제점

Fig. 8은 스마트감지시스템 도입 예상효과와 우려되는 문제점을 보여주고 있다. 스마트감지시스템 도입에 따라 사고/범조의 예방효과, 신속한 대응 효과를 다수의 응답자가 예상하고 있으며, 개인정보 유출과 비용증가 문제를 우려하고 있는 것으로 조사되었다. 시스템 도입에 따른 예상효과는 '사고/범죄예방; 68%, '신속한 대응 가능' 55%, '철도종사자 부담감소' 41%로 응답하였다. 시스템 도입 시 우려되는 문제점으로는 '개인정보 문제' 51%, '비용증가(운임증가)' 38%, '낮은 실효성' 28%로 조사되었다.

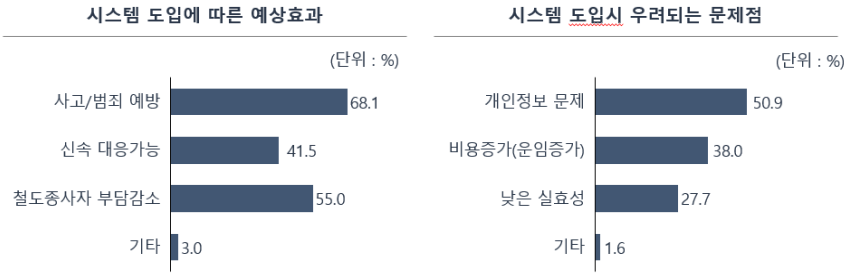

Fig. 8. Expected effects and problems of smart detection system

지하철 내에서의 승객 위험요소 선정결과

Fig. 9는 지하철 차량내에서의 위험요소 발생빈도와 중요도에 대한 승객들과 운영기관 종사자 설문조사 결과를 그래프로 제시하였다. 빨간색은 대국민, 파란색은 철도운영기관 조사 결과이며, 점선은 발생빈도와 중요도의 평균을 각각 나타낸다.

'마스크 미착용', '주취행동', '차량 문끼임'은 공통적으로 철도차량 내에서 발생빈도가 높고 중요도 또한 높은 것으로 분석되었다. 대국민의 경우 '배회','싸움/폭행'도 발생빈도와 중요도가 높은 반면, 철도운영기관에서 두 위험요소의 발생빈도와 중요도는 다소 낮은 것으로 나타났다. '성추행', '건강문제'는 공통적으로 발생빈도는 낮으나 중요도는 높은 것으로 나타났다. 철도운영기관의 경우 '싸움/폭행', '건강문제'는 발생빈도는 낮으나 중요도가 높다고 분석되었다.

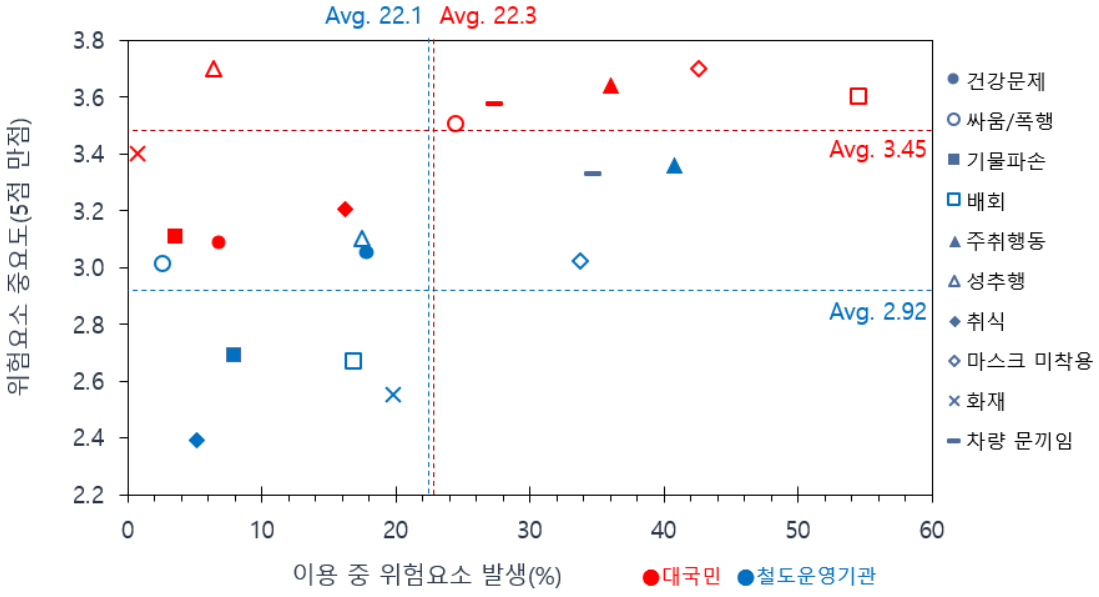

Fig. 9. Frequncy and important of risk factors in urban railway

결 론

일반국민 20~60대 성인남녀 1,000명 및 전국 11개 기관의 종사자 429명에게 설문조사를 수행하였다. 일반국민에게는 지하철, 일반철도, 고속철도 등으로 구분하여 철도차량 내 발생 가능한 위험 상황에 대한 설문을 조사하였으며 조사에 참여한 운영기관 종사자들의 업무환경이 대부분 도시철도로 한정되어, 지하철 내의 위험 상황에 대한 설문을 조사하였다. 대국민 조사에서 국민 10명 중 7명이 1년 이내에 철도교통 이용 경험이 있어 국민 대다수가 철도교통을 이용하고 있는 것을 알 수 있다. 안전관련 기존시스템에 대한 만족도는 5점 만점 3.49점이며, 기존 시스템의 불만족 사유로 '신속한 대응'을 지적하고 있어, 모니터링과 함께 후속 조치를 포함한 대응이 필요하다. 철도운영기관 조사에서 철도차량 내 위험요소 관리 정도에 대해 개선되어야할 점으로 '위험상황 발생시 신속한 대응'을 가장 높게 응답하였고, '사고/범죄 예방'을 시스템 도입에 따른 주요 효과를 보고 있으나, '개인정보 유출'과 '낮은 실효성' 문제를 우려하고 있다. 철도운영기관의 경우는 조사대상이 도시철도로 한정되어 있어 대국민 조사 결과 중 도시철도의 결과만을 선택하여 분석하였다. 도시철도는 고속철도와 일반철도와 비교했을 때 승무원이 탑승하지 않아 수시 점검이 불가능하여 위험요소 관리가 부족하다고 국민 및 운영기관 종사자가 인식하고 있다. 지하철 내 주요 승객 위험요소(이상행동 및 위험 상황)는 먼저 국민 및 철도 종사자가 공통적으로 중요도가 평균치를 상회하며 빈도가 높은 사건인 "차량문끼임", "주취행동", "마스크 미착용"을 선택하였다. 국민들이 중요시 생각하며 자주 접하는

"배회" 및 "싸움/폭행"도 관리 위험요소로 선정하였다. 선정된 위험요소를 포함하는 시나리오를 선정하여 이에 대한 상황을 전문배우 등을 활용하여 영상데이터에 위험요소 발생상황을 수록할 예정이며 법적으로 문제가 없도록 영상데이터 활용동의서를 취합할 예정이다. 구축된 영상데이터를 활용하여 위험요소를 감지할 수 있는 AI 감지 알고리즘을 바탕으로 지하철 차량 내 방송 및 운전자와 관제에 상황을 통보하여 조기에 위험상황에 대처할 수 있는 시스템을 개발하여 설치 검증하고 이를 일반철도 및 고속철도로 적용분야를 확장할 예정이다. 보다 정밀한 연구를 위해서는 시스템의 효과를 파악하고, 변수간 통계적 의미를 검증하기 위한 상관분석, 카테고리 분석 등 연구가 추후 연구를 통해 이루어지기를 기대한다.

Acknowledgement

본 연구는 한국철도기술연구원의 주요사업(PK2102A5/PK2102A1/PK2102A4)에 의해 수행되었습니다.

References

[1] Bertasius, G., Wang, H., Torresani, L. (2021). "Is space-time attention all you need for video understanding?" arXiv preprint arXiv:2102.05095.

[2] Cao, Z., Simon, T., Wei, S.E., Sheikh, Y. (2017). "Realtime multi-person 2d pose estimation using part affinity fields." Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Honolulu, HI, USA, pp. 7291-7299.

[3] Chang, J.-Y., Hong, S.-M., Son, D., Yoo, H., Ahn, H.-W. (2019). "Development of real-time video surveillance system using the intelligent behavior recognition technique." The Journal of the Institute of Internet, Broadcasting and Communication, Vol. 19, No. 2, pp. 161-168.

[4] Chen, W., Jiang, Z., Guo, H., Ni, X. (2020). "Fall detection based on key points of human-skeleton using openpose." Symmetry, Vol. 12, No. 5, p. 744.

[5] Du, Y., Fu, Y., Wang, L. (2015). "Skeleton based action recognition with convolutional neural network." Proceedings of the 3rd IAPR Asian Conference on Pattern Recognition (ACPR), Kuala Lumpur, Malaysia, pp. 579-583.

[6] Fan, H., Xiong, B., Mangalam, K., Li, Y., Yan, Z., Malik, J., Feichtenhofer, C. (2021). "Multiscale vision transformers." arXiv preprint arXiv:2104.11227.

[7] Feichtenhofer, C. (2020). "X3d: Expanding architectures for efficient video recognition." Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Seattle, WA, USA, pp. 203-213.

[8] Feichtenhofer, C., Fan, H., Malik, J., He, K. (2019). "Slowfast networks for video recognition." Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision, Seoul, Korea (South), pp. 6202-6211.

[9] Kim, J.-H., Choi, J.-H., Park, Y.-H., Nasridinov, A. (2021). "Abnormal situation detection on surveillance video using object detection and action recognition." Journal of Korea Multimedia Society, Vol. 24, No. 2, pp. 186-198.

[10] Li, M., Chen, S., Chen, X., Zhang, Y., Wang, Y., Tian, Q. (2019). "Actional-structural graph convolutional networks for skeleton-based action recognition." Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Long Beach, CA, USA, pp. 3595-3603.

[11] Liu, Z., Ning, J., Cao, Y., Wei, Y., Zhang, Z., Lin, S., Hu, H. (2021). "Video swin transformer." arXiv preprint arXiv:2106.13230.

[12] Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2021) Railroad Safety Act. Korea.

[13] Qiu, Z., Yao, T., Mei, T. (2017). "Learning spatio-temporal representation with pseudo-3d residual networks."

Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision, Venice, Italy, pp. 5533-5541.

[14] Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., Farhadi, A. (2016). “You only look once: Unified, real-time object detection.” Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Las Vegas, NV, USA, pp. 779-788.

[15] Seo, G., Kim, D., Choi, Y. (2015). “Disaster risk analysis of domestic public institutions 1 - Focusing on simulation training and an attitude survey -.” Journal of The Korean Society of Disaster Information, Vol. 11, No. 3, pp. 337-345.

[16] Seo, G.-D., Kim, D.-H., Choi, Y.-C. (2015). “Disaster risk analysis of domestic public institutions 2 - Focusing on analysis of risk factors -.” Journal of The Korean Society of Disaster Information, Vol. 11, No. 3, pp. 356-364.

[17] Yan, S., Xiong, Y., Lin, D. (2018). “Spatial temporal graph convolutional networks for skeleton-based action recognition.” Thirty-second AAAI Conference on Artificial Intelligence, New Orleans, Lousiana, USA, pp. 7444-7452.

[18] Yeonhap News Agency (2020). https://www.yna.co.kr/view/AKR20200922092800530.