

가상·증강현실을 활용한 체험안전교육의 몰입도가 현장 적용성 및 안전사고예방에 미치는 영향: 조선산업 종사자를 중심으로

문 석 인* · 장 길 상**

*울산대학교 대학원 안전보건전문학과

**울산대학교 경영대학 경영정보학과

Effect of Immersion on Field Applicability and Safety Accident Prevention in Experience Safety Education Using Virtual/augmented Reality : Focusing on Shipbuilding Workers

Seok-In Moon* · Gil-Sang Jang**

*Dept. of Safety and Health professional, University of Ulsan

**Dept. of Management Information Systems, University of Ulsan

Abstract

Recently, virtual reality (VR) and augmented reality (AR) technologies are attracting attention as core technologies in the era of the 4th industrial revolution. These virtual and augmented reality technologies are being used in a variety of industries, including the construction industry, healthcare industry, and manufacturing industry, to innovate in communication and collaboration, education and simulation, customer service and reinvention of the customer experience. In this paper, VR-based experiential safety education was conducted for workers of shipbuilding companies in Ulsan city, and for them, the educational effectiveness such as immersion, site applicability, safety accident prevention, education satisfaction, overall performance, and safety behavior in VR-based safety experience education were measured. In addition, we examined whether the immersion of VR-based safety experience education affects site applicability, safety accident prevention, educational satisfaction, overall performance, and safety behavior. Furthermore, it was analyzed whether site applicability plays a mediating role in the relationship between immersion and safety accident prevention. As a result, it was found that the immersion of VR-based safety experience education affects site applicability, safety accident prevention effect, education satisfaction, overall performance, and safety behavior, and that site applicability mediates between immersion and safety accident prevention. Based on these results, we suggests a direction for the development of VR-based contents in the field of safety and health and the transformation of safety and health education in the future.

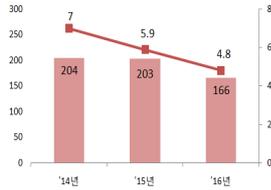
Keywords : Virtual Reality(VR), Augmented Reality(AR), VR experience safety education, Immersion, Field Applicability, Safety Accident Prevention

1. 서론

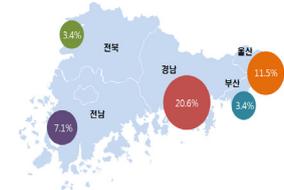
최근 조선산업은 LNG선, 컨테이너선과 같은 세계 고부

가가치 선박 시장의 50% 이상을 점유하는 등 글로벌 경쟁력이 있는 산업으로, [Figure 1] ~ [Figure 3]에서 보는 바와 같이 우리나라 수출 및 고용의 7%, 제조업 생산의

4%를 차지하는 등 국내 경제 발전의 중요한 위치를 차지하고 있고, 종사자 98%, 사업체 88%가 5대 권역(경남, 울산, 부산, 전남, 전북)에 집중되어 지역경제와 밀접한 관계를 나타내고 있다[1].



[Figure 1] Employment (thousand people) and percentage to total employment in manufacturing



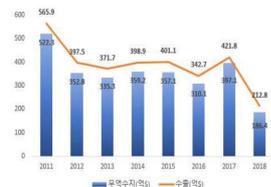
[Figure 2] The proportion of shipbuilding in the amount of production(16 years)



[Figure 3] The proportion of shipbuilders employed in the shipbuilding industry (16 years)

Source : Strategies for development of shipbuilding industry through three innovation, Joint department of relation (2018.4.4.)

조선업은 [Figure 4]와 [Figure 5]에서 볼 수 있듯이 16~17년 수주절벽이었으나, <Table 1>에서 보는 바와 같이 18년 현대중공업이 대우조선해양 인수관련 계약을 체결하면서 글로벌 1위(수주 잔고 점유율 21.3%)를 차지하였고, 조선소별로는 상위 10개 업체 중 1~4, 8위가 한국 조선소로 세계적으로 위상을 떨치며, 조선업 수출 및 수주 건조 수주잔량 추이가 상승 기류를 탈 것이라고 전망하였다[2]



[Figure 4] Domestic Shipbuilding Export Trend (\$ million)



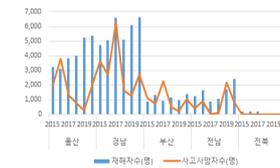
[Figure 5] Domestic order drying remaining order trend (million CGT)

이러한 조선업종의 산업재해는 산재보험료를 업종으로 구분되고, 강선건조 또는 수리업, 목선건조 또는 수리업, 콘크리트 또는 플라스틱 선박건조 및 수리업으로 구분되며, 이 중에서 조선 산업의 약 98.8%가 강선건조 또는 수리업에 해당된다. 최근 조선 수주 랠리가 이어지고 있는 조선업종의 산업재해 발생현황을 살펴보면, [Figure 6]

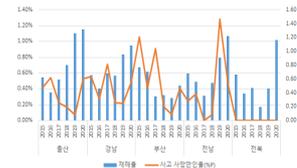
<Table 1> World Shipyard Order Status in 2018

Order status for individual shipyards				
Rank	Individual	Country	1,000 CGT	M/S
1	Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering	Korea	5,844	7.3%
2	Hyundai heavy industries	Korea	4,749	5.9%
3	Samsung heavy industries	Korea	4,602	5.8%
4	Hyundai samho heavy industries	Korea	3,968	5.0%
5	Jiangsu NewYZJ	China	2,120	2.7%
6	Shanghai Waigaoqiao	China	1,954	2.4%
7	NewTimesSB	China	1,714	2.1%
8	Hyundai mipo dockyard	Korea	1,690	2.1%
9	Meyerwerft	Germany	1,679	2.1%
10	Chantiers Atlantique	France	1,546	1.9%

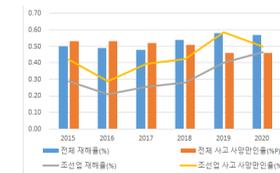
Source : KOSME Industrial Analysis Report_Shipbuilding Industry, Ministry of Convergence Finance(2019.7)



[Figure 6] Number of accident deaths and accidents over the past five years



[Figure 7] Five major regional accident rates and accident mortality rates



[Figure 8] Current status of shipbuilding accidents over the past 5 years

Source : Reprocessing statistical data from the Ministry of Employment and Labor and Korea Occupational Safety and Health Agency

~ [Figure 8]에서 보는 바와 같이 '18년 이후 전체 재해율 및 사고사망만인율의 0.6~1.2배 이상으로 산업재해 감소를 위한 특별 대책을 마련할 필요가 있다[3].

조선업 특성상 중량물 취급 작업, 고소작업, 밀폐공간 작업, 용접 작업 등 고위험 작업이 많고 인력 작업 의존도가 높아, 안전시스템이 정착되어 있지 않은 현장에서 산업재해 위험은 상당히 높다고 할 수 있다. 이를 예방하기 위해서는 안전의식을 고취하고 안전한 작업을 위한 산업안전보건교육의 중요성은 점차 강조되고 있고 모두가 인지하고 있으나, 고령 위주의 종사자로 인하여 현장 적용이

쉽지 않고 있어 효과적인 안전보건교육을 위한 개선방안이 시행되어야 하겠다.

이를 위하여 최근 4차 산업혁명시대를 맞아서 조선 산업 분야에서도 VR·AR 기반 체험 안전교육을 실시함으로써 안전보건교육의 효과를 높이고 재해율을 저감시키는 노력을 기울이고 있다[4, 5, 6]. 본 연구에서는 VR 체험 안전교육을 실시하는 울산 지역의 조선 업체인 'A'사와 'B'사의 근로자를 대상으로 VR 기반의 체험 안전교육에 대한 몰입도가 현장 적용성, 안전사고 예방효과, 교육 만족도, 전반적 교육성과, 안전행동에 영향을 미치는지를 분석하고, 더 나아가서 몰입도와 안전사고 예방효과 간에 현장 적용성이 매개 역할을 하는지 검증하고자 한다. 그리고 그 결과를 바탕으로 4차 산업시대의 VR·AR 체험 안전교육의 발전방안을 제시하고자 한다.

2. 이론적 배경

최근 4차 산업혁명 시대 도래와 5G 기술의 시작으로 가상현실 기술력은 어느 때보다 높아, VR·AR 기술을 이용한 안전보건교육 필요성과 요구가 증대되고 있고, 이를 반영 하듯이 VR·AR 기술을 활용한 안전보건교육 관련 많은 연구들이 수행되어 왔다. 손정욱(2014)은 건설안전교육이 기존의 문서와 시청각 자료를 이용한 이론수업보다는 체험위주의 교육과 실무 위주의 교육이 더 효과적이라 주장하였다. 또한 그는 현실감 있고 능동적 학습을 통한 체험형 안전교육인 가상현실이 피교육자의 교육 몰입도를 향상시킬 수 있다고 주장하였다[4]. 장형준(2018)은 가상현실 기술의 발달로 더욱 사실감 있는 상호작용과 뛰어난 콘텐츠로 이용자들에게 매력적으로 다가온다고 주장하였다. 또한 그는 가상현실 교육의 긍정적 만족도를 근간으로 교육시간 집중력을 높이고, 흥미와 교육내용 이해를 증가시켜 안전교육 목표에 도움을 줄 것이라고 주장하였다[5]. 손정욱외 2명(2014)은 가상현실환경 내에 건설현장의 모든 구성요소를 사실적으로 구현하는 방법에 대한 연구가 필요하다고 주장하면서, 서류 또는 스크린상의 현장상황은 현실과 이질감이 발생하여 교육 효과도 떨어짐으로 AR과 VR을 활용한 안전교육 또는 3D를 활용한 실제 현장의 BIM(Building Information Modeling)을 이용하여 실질적인 안전교육을 할 필요가 있다고 주장하였다[6]. 김현진(2013)은 가상현실을 적용하여 작업정보와 재해사례 항목 비교와 안전정보 추출하여 현실감 있는 안전교육이 가능하다고 주장하였다. 또한 그는 실제 현장에서 실시되는 작업과 연관된 교육내용으로 현실적인 내용을 기반으로 위험요인을 사실적으로 표현한 가상현실

교육은 실질적인 현장 반영 교육이 될 것이며, 이런 가상현실 교육은 교육내용의 몰입감 향상과 실제 현장과 유사한 환경에서의 교육은 산업재해 예방을 위한 사전안전효과가 높을 것이라고 주장하였다[7]. 문석인(2018)은 다양한 업종과 근로자 근무환경을 고려한 세분화와 실제 산업현장의 위험요소를 발견하고 이를 제거하는 등의 문제해결 능력을 키울 수 있는 VR 기반 콘텐츠의 발전이 필요하다고 주장하였다. 또한 그는 실제 건설현장 공중에서 사고발생률이 높은 위험공종을 선별하여 공중별 위험요소를 체험 교육함으로써 위험작업 투입 시 선제적으로 위험예방 조치 또는 위험제거를 통하여 산업재해예방에 도움이 될 것이라 주장하였다[8]. 최호길(2018)은 가상현실 안전교육은 현장 특성을 반영하여 업종별로 현장 밀착형 교육내용을 제공해 준다고 주장하였다. 또한 그는 사고발생이 높은 사고사례와 위험공중 중심의 가상현실 콘텐츠 개발로 현장감 있고 상호작용이 가능한 교육 콘텐츠로 현실적인 안전교육이 가능할 것이라고 주장하였다[9]. 김기훈(2019)의 연구에서는 건설현장의 종사자들을 대상으로 VR 기반의 안전교육에 대한 몰입도, 현장 적용성, 사전 안전효과를 측정한 결과, 기존의 단순전달식 안전교육보다 7~10% 정도 높게 나타났다. 이러한 분석 결과를 바탕으로 제시된 VR 안전교육 활성화 방안으로는 첫째, 근로자의 흥미와 참여도를 높일 수 있는 실제 현장작업 중심의 안전교육 콘텐츠 구성과 개발이 이루어져야 하며 둘째, 몰입도와 참여도 향상을 위한 Gamification 기법을 활용하며 셋째, 시공설계를 위해 개발된 BIM과 융합하여 정량화된 가상현실 교육을 실시하며 넷째, 가상현실의 몰입감과 증강현실의 현실감 장점을 합친 혼합현실 안전교육 방법을 개발할 필요가 있다고 주장하였다[10]. 김종민(2019)의 연구에서는 가상증강현실을 활용한 건설현장 안전교육이 사고예방에 미치는 영향력은 매우 유의적으로 나타났는데, 심미적 요인을 제외한 몰입적, 훈련적, 심미적, 일탈적, 인지적, 흥미적 요인의 안전교육이 안전행동 개선과 안전사고예방에 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났고, 몰입적, 훈련적, 일탈적, 인지적, 흥미적 요소가 더해질수록 건설현장 안전교육의 사실감과 입체적 요소로 인해 안전행동개선과 사고예방에 실질적인 도움이 됨을 입증해주었다[11]. 박희정(2019)은 항공사 안전VR교육의 효과성에 대한 연구에서 항공사의 객실승무원을 대상으로 안전VR교육의 하위요인인 교육환경의 적합성, 안전사고의 대응력, 교육참여 태도 모두가 감정몰입과 안전행동에 정(+)의 영향을 미치고, 또한 감정몰입이 안전행동에 정(+)의 영향을 미치며, 그리고 안전VR교육과 안전행동의 관계에서 감정몰입이 부분매개효과를 나타냄을 입증하였다[12]. 소요환(2016)은 대학생 127명을 모집단으로 하워드 휴즈 메디컬 대학의 가상실험 학습을 대상으로

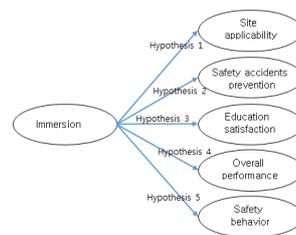
한 연구에서, 가상현실 시뮬레이션 학습에서 현존감과 몰입은 학습만족도에 유의미한 영향을 미치는 것으로 나타났고, 현존감이 학습만족도에 미치는 영향관계에 있어서 몰입은 매개역할을 하는 것으로 입증되었다. 반면, 현존감과 몰입은 학업성취도에 유의미한 영향을 미치는 것으로 나타났지만 현존감이 학업성취도에 미치는 영향관계에 있어서 몰입에 대한 매개변인으로써의 역할은 입증하지 못했다[13]. 신유철(2020)은 가상현실 스포츠 안전교육이 초등학생의 안전의식 및 안전행동에 미치는 영향 연구에서 가상현실 스포츠 안전교육 이행도는 안전의식과 안전행동에 부분적으로 유의한 정(+)의 관계가 있는 것으로 나타났고, 또한 안전의식이 안전행동에 유의한 정(+)의 관계가 존재하는 것으로 나타났다. 결과적으로, 가상현실 스포츠 안전교육은 VR기기를 활용하여 학습자들에게 다양한 체험을 가능하게 하고, 이로 인해 학습자들의 안전의식 및 안전행동과 긍정적인 관계가 있다는 점을 확인하였다고 주장하였다[14]. 서희진(2008)은 증강현실기반 학습 환경에서 현존감은 학습 몰입감과 사용성에 대한 태도에 각각 영향을 미치는 것으로 나타났으며 학업성취도에 는 직접적인 영향을 미치지 않는 것으로 밝혀졌다. 그리고 학습 몰입감은 사용성에 대한 태도와 학업성취도에 모두 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 사용성에 대한 태도도 학업성취도에 영향을 미친다고 주장하였다[15]. 계보경, 김영수(2008)는 과학 수업에서 물의 순환 과정에 대한 내용을 기초로 개발된 증강현실 기반 시뮬레이션 콘텐츠를 활용하여 초등학교 5학년 학생 290명을 대상으로 연구를 실시한 결과, AR 매체의 특성인 감각적 몰두와 조작 가능성은 현존감에 유의미한 영향을 미치며, 현존감은 학습몰입에 유의한 영향을 미치고, 이러한 요인들이 모두 학습효과인 만족도, 지식/이해, 적용의 학습효과에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 특히, ‘조작 가능성’ 요인의 경우, ‘만족도’와 ‘적용’ 측면의 학습효과에 있어서도 직접효과를 갖는 것으로 나타나, 가상세계와 현실세계를 이음새없이(seamless) 연결해주는 증강현실의 실물형 인터페이스(tangible user interface)를 통한 조작성의 강화가 학습 만족도와 적용 부분의 성취도에 있어 중요한 변인이 될 수 있음을 보여주었다. 또한 학습효과 측면에 있어서는 지식/이해 요인보다 적용 요인에 증강현실 매체의 활용이 더 큰 설명력을 갖는다고 주장하였다[16]. 오명석(2021)은 직업계 고등학교의 건설계열 중심으로 직업안전교육시 산업계 VR콘텐츠 적용 인식도에 관한 연구에서 VR콘텐츠 적용 인식도의 하위 요인인 사용성, 학습동기, 몰입도는 모두 교육적 성과의 하위 요인인 성취기준 적합성에 유의한 정의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 즉 사용성, 학습동기, 몰입도가 높아질수록 성취기준적합성도 높아지는 것으로 평가되었다. 특히, 교육적 성과에 가장

큰 영향을 미친 요인을 살펴보면 성취기준 적합성의 경우 몰입도인 것으로 나타났다. 이는 학습목표를 달성했는지를 확인하는 성취기준 적합성의 인식도는 집중력 있게 내용적 학습이 이루어져야 하기 때문에 몰입도의 영향이 큰 것으로 판단된다. VR콘텐츠 적용 인식도의 하위 요인인 사용성, 학습동기, 몰입도 중 학습동기와 몰입도가 지속사용성에 유의한 정의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 즉 학습동기, 몰입도가 높아질수록 지속사용성도 높아지는 것으로 평가되었다. VR콘텐츠 적용 인식도의 하위 요인인 사용성, 학습동기, 몰입도 중 학습동기가 학업성취에 유의한 정의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 즉 학습동기가 높아질수록 학업성취도가 높아지는 것으로 평가되었다[17].

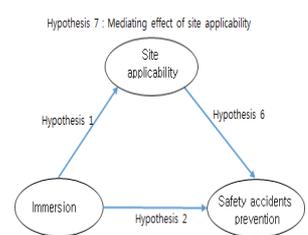
3. 연구모형 및 가설설정

3.1 연구모형

본 연구에서는 가상현실을 활용한 안전교육에 대한 몰입 정도가 높아질수록 교육내용의 현장 적용성, 안전사고 예방효과, 교육만족도, 전반적 성과, 안전행동이 향상될 것이라 기존연구들을 근거로 다음 [Figure 9]와 같은 연구모형 I을 구성하였고[8, 9, 13, 14, 15, 16, 17], 그리고 이러한 변수들 간의 특별히 VR 기반 안전교육의 중요한 특성인 몰입도, 현장 적용성, 안전사고 예방효과 간의 영향관계를 [Figure 10]과 같이 연구모형II를 구성하였다[7, 10, 11, 12].



[Figure 9] Research model I



[Figure 10] Research model II

3.2 가설 설정

위의 연구모형 I 과 연구모형 II를 기반으로 다음과 같은 가설을 설정하고자 한다.

가설 1 : 가상현실을 활용한 안전교육의 몰입도는 현장 적용성에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.

- 가설 2 : 가상현실을 활용한 안전교육의 몰입도는 안전 사고예방에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.
- 가설 3 : 가상현실을 활용한 안전교육의 몰입도는 교육 만족도에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.
- 가설 4 : 가상현실을 활용한 안전교육의 몰입도는 전반 적 성과에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.
- 가설 5 : 가상현실을 활용한 안전교육의 몰입도는 안전 행동에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.
- 가설 6 : 가상현실을 활용한 안전교육의 현장적용성은 안전사고예방에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.
- 가설 7 : 가상현실을 활용한 안전교육의 몰입도와 안전 사고예방 간에 현장적용성은 매개역할을 할 것이다.

4. 연구방법 및 분석결과

4.1 표본 및 자료 수집 방법

본 연구의 표본은 울산 지역에 소재하고 있는 현대중공 업과 미포조선에 근무하며 가상현실을 활용한 안전교육을 받고 있는 근로자를 대상으로 설문조사를 실시하였다. 연구자가 해당 기업체를 직접 방문하여 설문취지를 설명하 고 설문지 300부를 배부하였다. 2019년 12월 17일부터 12월 23일까지 약 10일간 총 300부의 설문지가 회수되 었으며, 이들 가운데 응답이 불성실한 8부를 제외한 292 부가 본 연구의 자료로 사용되었다. 모든 측정요인의 설문 문항은 5점 리커트 척도로 측정되었다.

분석대상인 표본의 특성을 살펴보면, 응답자의 97.6% 가 남성, 2.4%가 여성으로 나타났고, 연령은 20대 이하 8.3%, 30대 23.6%, 40대 30.5%, 50대 29.5%, 60대 이 상 8.2%로 나타났다. 또한 소속 사업부문은 조선이 99.3%, 해양이 0.7%이었고, 학력은 고졸 이하 64.4%, 전 문대졸 24.7%, 대학졸 8.1%, 대학원졸 이상 2.1%로 나타 났다. 직책은 사원 90.8%, 대리 2.7%, 과장 4.5%, 차장

1.7%, 부장 이상 0.3%였다. 부서는 마케팅/영업 0.3%, 생산/자재/구매 82.9, 연구/개발 1.0%, 기타(기술/서비스/ 품질) 15.8%이었다. 그리고 재직기간은 5년 미만 20.0%, 5-10년 미만 21.2%, 10-15년 미만 17.8%, 15년 이상 이 40.1%였다. 표본의 특이 사항으로는 응답자의 대부분 이 남성인데 이것은 조선해양이라는 산업 특성 때문인 것 으로 판단되고, 소속 업무 분야는 대부분 조선 업무이며, 학력별로는 고등학교 졸업이 특히 많으며, 직책은 대부분 사원이고, 담당 업무도 대부분 생산/자재/구매인 것으로 나타나 조선 산업 특성을 반영해 주고 있는 것으로 보인다.

4.2 교육효과 기술통계분석

가상현실 콘텐츠를 활용한 교육효과 분석은 먼저 각 측 정요인(몰입도, 현장 적용성, 안전사고예방, 교육 만족도, 전반적 성과, 안전행동)들에 대한 기술통계분석을 통하여 평균과 표준편차, 그리고 왜도 및 첨도 등의 기술통계 정 보들을 살펴보고, 다음으로 각 측정요인에 대한 측정문항 별로 빈도 분석을 통하여 문항들에 대한 응답자들의 응답 특성을 구체적으로 분석하였다.

해당 교육효과를 분석하기 위하여, 총 292명의 피교육자 대상으로 8개의 카테고리 와 총 41개 문항과 자유의견 2개 문항을 기재하게 하였다. 기초 통계학적 설문조사 및 자유의 견 2개 문항을 제외한 몰입도, 현장 적용성, 안전사고예방, 만족도, 전반적 성과, 안전행동의 33개 문항은 아래 <Table 2>와 같이 Likert 5점 척도를 이용하여 근로자들의 가상현실 교육 후의 교육효과 전반의 변인들을 조사하였다.

<Table 2> Likert evaluation scale

Questionnaire Item	Strongly disagree					Strongly agree
	1	2	3	4	5	
Scale	1	2	3	4	5	

가상현실을 활용한 안전교육의 기술통계분석 결과 <Table 3>, 전반적 성과 요인이 5점 만점에 4.340으로

<Table 3> Results of descriptive statistics analysis

Division	N	Minimum value	Maximum value	Average	Standard deviation	Skew	Kurtosis
Immersion	292	2.3	5	4.218	0.564	-0.273	-0.031
Field applicability	292	2.0	5	4.216	0.550	-0.165	0.214
Safety accidents prevention	292	2.2	5	4.200	0.580	-0.354	0.282
Education satisfaction	292	2.5	5	4.180	0.553	-0.103	-0.083
Overall performance	292	3.0	5	4.340	0.529	-0.209	-0.659
Safety behavior	292	2.6	5	4.242	0.525	0.012	-0.314

가장 높게 나타났고, 안전교육에 대한 효과도가 4.140으로 가장 낮긴 하지만 모든 해당 안전교육 효과 측정 요인이 4점 이상으로 아주 높게 나타났다. 따라서 가상현실을 활용한 안전교육의 효과가 매우 우수하다는 것을 실증적으로 보여주고 있다.

4.3 타당성 및 신뢰성 분석

실증 분석(가설검증)에 앞서 복합지수로 구성된 변수의 신뢰성과 타당성 분석을 실시하였다. 이를 위한 방법으로 탐색적 요인분석(exploratory factor analysis)과 크론바하 알파(Cronbach's Alpha) 분석을 하였다.

본 연구에서는 먼저 탐색적 요인분석을 통하여 측정항목들의 타당성을 검증하고 타당성이 확보된 항목을 중심으로 신뢰도를 검증하였다.

본 연구는 많은 측정지표들에 대해 타당성 평가를 해야 하므로 설명변수, 매개변수, 그리고 결과변수로 나누어 요인분석을 실시하였다. 요인추출방법은 주성분분석(principal component analysis)을 이용하였고, 요인추출은 요인 수 지정을 사용하였고, 항목의 축소와 각 요인간의 독립성을 확보하기 위해 배리맥스(varimax) 방법으로 요인회전을 실시하였다. 요인의 평가기준으로는 요인적재치(factor loading) 0.4 이상(한효진, 2011)으로 하였고, 총 분산에 대한 설명력은 50% 이상(Bagozzi & Yi, 1988)으로 하였다[18, 19].

본 연구에서 제안된 가설들을 검증하기 위해 SPSS 24.0을 이용하여 측정도구의 신뢰성과 타당성을 검증하였다. 측정도구에 대한 신뢰성은 선택적인 경우에는 전체적인 크론바하 알파계수의 값이 있다(Hair et al., 2006). <Table 4>에서 제시된 모든 연구변수의 크론바하 알파계

<Table 4> Validity and reliability analysis

Measurement factors	Question	1	2	3	4	5	6
Immersion [IMS]	IMS 1	0.787					
	IMS 4	0.749					
	IMS 2	0.729					
	IMS 6	0.715					
	IMS 3	0.715					
	IMS 5	0.689					
Overall performance [OPF]	OPF 3		0.773				
	OPF 4		0.766				
	OPF 2		0.765				
	OPF 5		0.688				
	OPF 1		0.635				
Safety accidents prevention [SAP]	SAP 3			0.711			
	SAP 4			0.703			
	SAP 2			0.673			
	SAP 5			0.649			
	SAP 1			0.640			
Field applicability [FAC]	FAC 3				0.716		
	FAC 4				0.713		
	FAC 5				0.711		
	FAC 2				0.638		
Safety behavior [SBH]	SBH 5					0.727	
	SBH 3					0.708	
	SBH 4					0.690	
	SBH 2					0.624	
Education satisfaction [ESF]	ESF 1						0.742
	ESF 2						0.674
	ESF 3						0.571
Cronbach's α		0.922	0.933	0.950	0.923	0.934	0.910

수는 0.9 이상으로 신뢰성이 양호한 것으로 나타났다. 측정도구의 요인분석은 보편적으로 활용하는 기법인 요인주출방법으로 주성분분석을 통한 직각회전을 이용하였다. <Table 4>는 독립변수, 매개변수, 결과변수에 대한 탐색적 요인분석을 실시한 결과이다.

4.4 상관관계 분석

<Table 5>는 가설검증을 위한 선행단계로 SPSS 24.0을 이용하여 연구변수들과 통제변수들의 평균과 표준편차 그리고 상관관계를 보여준다. 상관관계 분석을 통해서 연구변수들은 서로 높은 관련성이 있음을 확인하였다.

4.5 가설검증

본 연구의 가설검증에 앞서 연구변수들 간의 다중공선성 검토를 위해 분산팽창요인(VIF: variance inflation

factor)을 조사하였다. 일반적으로 VIF의 값이 10을 넘지 않으면 다중공선성의 가능성이 없다고 할 수 있다[20]. 연구변수들 간의 VIF의 값을 확인한 결과, 가장 큰 값이 1.941로 다중공선성의 문제는 없는 것으로 판단된다. SPSS 24.0을 이용하여 회귀분석을 실시하여 검증한 결과는 다음과 같다.

가설 1은 안전교육의 몰입도와 교육내용의 현장 적용성의 관계에 관한 것이다. <Table 6>에서 안전교육의 몰입도는 교육내용의 현장 적용성에 대해 유의한 수준($\beta = .696, p < 0.01$)에서 영향을 미치고 있는 것으로 나타나 가설 1은 채택되었다.

가설 2는 안전교육의 몰입도와 안전사고 예방효과의 관계에 관한 것이다. <Table 7>에서 안전교육의 몰입도는 교육내용의 안전사고 예방효과에 대해 유의한 수준($\beta = .728, p < 0.01$)에서 영향을 미치고 있는 것으로 나타나 가설 2는 채택되었다.

가설 3은 안전교육의 몰입도와 교육만족도의 관계에 관한 것이다. <Table 8>에서 안전교육의 몰입도는 교육만

<Table 5> Correlation

Division	Immersion	Field applicability	Safety accidents prevention	Education satisfaction	Overall performance	Safety behavior
Immersion	1					
Field applicability	0.696**	1				
Safety accidents prevention	0.728**	0.799**	1			
Education satisfaction	0.694**	0.743**	0.785**	1		
Overall performance	0.682**	0.721**	0.730**	0.689**	1	
Safety behavior	0.642**	0.732**	0.779**	0.756**	0.768**	1

** The correlation coefficient is significant at level 0.01(both sides).

<Table 6> Results of regression analysis of Hypothesis 1

Independent variable	Field applicability		Standardized coefficient β	<i>t</i>	<i>p</i> -value
	Non-standardization coefficient				
	B	Standard error			
(Constant)	1.332	0.177		7.530	0.000***
Immersion	0.687	0.042	0.696	16.519	0.000***
$R^2=0.485, \text{ Adjusted } R^2=0.483, F=272.893^{***}, *p<0.1, **p<0.05, ***p<0.01$					

<Table 7> Results of regression analysis of Hypothesis 2

Independent variable	Safety accidents prevention		Standardized coefficient β	<i>t</i>	<i>p</i> -value
	Non-standardization coefficient				
	B	Standard error			
(Constant)	1.041	0.176		5.903	0.000***
Immersion	0.749	0.041	0.728	18.065	0.000***
$R^2= 0.529, \text{ Adjusted } R^2= 0.528, F=326.331^{***}, *p<0.1, **p<0.05, ***p<0.01$					

<Table 8> Results of regression analysis of Hypothesis 3

Independent variable	Non-standardization coefficient		Standardized coefficient	<i>t</i>	<i>p</i> -value
	B	Standard error	β		
(Constant)	1.246	0.180		6.933	0.000***
Immersion	0.694	0.042	0.694	16.425	0.000***
R ² =0.482, Adjusted R ² =0.480, F=269.769***, * <i>p</i> <0.1, ** <i>p</i> <0.05, *** <i>p</i> <0.01					

<Table 9> Results of regression analysis of Hypothesis 4

Independent variable	Non-standardization coefficient		Standardized coefficient	<i>t</i>	<i>p</i> -value
	B	Standard error	β		
(Constant)	1.638	0.171		9.553	0.000***
Immersion	0.641	0.040	0.682	15.897	0.000***
R ² = 0.466, Adjusted R ² = 0.464, F=252.715***, * <i>p</i> <0.1, ** <i>p</i> <0.05, *** <i>p</i> <0.01					

<Table 10> Results of regression analysis of Hypothesis 5

Independent variable	Non-standardization coefficient		Standardized coefficient	<i>t</i>	<i>p</i> -value
	B	Standard error	β		
(Constant)	1.710	0.179		9.557	0.000***
Immersion	0.600	0.042	0.642	14.275	0.000***
R ² = 0.413, Adjusted R ² =0.411, F=203.763***, * <i>p</i> <0.1, ** <i>p</i> <0.05, *** <i>p</i> <0.01					

<Table 11> Results of regression analysis of Hypothesis 6

Independent variable	Non-standardization coefficient		Standardized coefficient	<i>t</i>	<i>p</i> -value
	B	Standard error	β		
(Constant)	0.676	0.157		4.297	0.000***
Field applicability	0.833	0.037	0.797	22.604	0.000***
R ² =0.638, Adjusted R ² =0.637, F=510.951***, * <i>p</i> <0.1, ** <i>p</i> <0.05, *** <i>p</i> <0.01					

족도에 대해 유의한 수준($\beta = .694, p < 0.01$)에서 영향을 미치고 있는 것으로 나타나 가설 3는 채택되었다.

가설 4는 안전교육의 몰입도와 전반적 성과(효과)의 관계에 관한 것이다. <Table 9>에서 안전교육의 몰입도는 전반적 성과에 대해 유의한 수준($\beta = .682, p < 0.01$)에서 영향을 미치고 있는 것으로 나타나 가설 4는 채택되었다.

가설 5는 안전교육의 몰입도와 안전행동의 관계에 관한 것이다. <Table 10>에서 안전교육의 몰입도는 안전행동에 대해 유의한 수준($\beta = .642, p < 0.01$)에서 영향을 미치고 있는 것으로 나타나 가설 5는 채택되었다.

가설 6은 안전교육의 현장 적용성과 안전사고예방과의 관계에 관한 것이다. <Table 11>에서 안전교육의 현장

적용성은 안전사고예방에 대해 유의한 수준($\beta = .797, p < 0.01$)에서 영향을 미치고 있는 것으로 나타나 가설 6는 채택되었다.

가설 7은 안전교육의 몰입도와 안전행동 간의 관계에 있어서 현장 적용성의 매개효과에 관한 것이다. 가설 7을 검증하기 위해 4단계 매개회귀분석을 실시하였다. Baron & Kenny(1986)는 매개작용이 성립되기 위해서는 네 가지 조건들이 충족되어야 한다[21]. 즉 (1) 1단계에서 독립변수는 매개변수에 유의적인 영향을 완전매개와 부분매개로 구분하고 각 매개작용을 미쳐야 하고, (2) 2단계에서 매개변수는 종속변수에 유의적인 영향을 미쳐야 하며, (3) 3단계에서 독립변수는 종속변수에 유의적인 영향을

<Table 12> Results of regression analysis of Hypothesis 7

Independent variable \ Dependent variable	Level 1 (Independence → Mediation)	Safety accidents prevention		
		Level 2 (Mediation → Dependent)	Level 3 (Independence, Mediation → Dependent)	
			Mediated control (O)	Mediated control (X)
Study variable				
Immersion	0.696***		0.728***	0.333***
Field applicability		0.797***		0.567***
R ²	0.485	0.638	0.529	0.695
Adjusted R ²	0.483	0.637	0.528	0.693
F	272.893***	510.951***	326.331***	329.330***

*p<0.10, **p<0.05, ***p<0.01

미쳐야 한다. (4) 매개변수를 포함한 회귀방정식에서 종속변수에 대한 독립변수의 영향은 조건(3)의 경우보다 적거나 전혀 없어야 한다. 감소한 경우는 부분매개효과가 존재함을 의미하며, 없는 경우는 완전매개효과가 존재함을 의미한다.

<Table 12>는 독립변수인 안전교육의 몰입도와 종속변수인 안전행동 간에 매개변수인 현장 적용성의 매개효과에 대한 단계별 회귀분석결과를 보여준다. 먼저 1단계에서 VR 기반 안전교육의 몰입도는 현장 적용성에 대해 유의한 수준($\beta=0.696, p<0.01$)에서 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 매개회귀분석 조건(1)이 충족되었다. 2단계에서 현장 적용성은 안전사고예방에 대해 유의한 수준($\beta=.797, p<0.01$)에서 영향을 미치고 있는 것으로 나타났다. 매개회귀분석 조건(2)가 충족되었다. 3단계에서 VR 기반 안전교육의 몰입도가 안전사고예방에 대해 유의한 수준($\beta=0.728, p<0.01$)에서 영향을 미치고 있는 것으로 나타났으며, 매개회귀분석 조건(3) 또한 충족되었다. 마지막으로 3단계에서의 안전사고예방에 대해 현장 적용성을 동시에 투입한 VR 기반 안전교육 몰입도의 영향이 조건(3)에 비해 감소($\beta=.728, p<.01$ 에서 $\beta=.333, p<.01$)하여 조건(4)도 충족시키고 있다. 이러한 결과는 안전교육의 몰입도와 안전사고예방 간의 관계에서 현장 적용성이 부분매개 효과가 있는 것으로 검증되었다. 따라서 가설 7은 채택되었다.

본 연구의 검증결과는 다음과 같이 정리할 수 있다. 가상현실을 활용한 안전교육의 몰입도는 현장 적용성에 영향을 미치며, 현장 적용성은 안전사고예방에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 또한 해당 안전교육의 몰입도는 안전사고예방에 직접적으로 영향을 미치는 동시에, 현장 적용성에도 영향을 미치고, 현장 적용성이 다시 안전사고예방에 영향을 미치는 부분매개효과가 존재하는 것으로 나타났다. 본 연구의 검증 결과를 요약하면 <Table 13>과 같다.

<Table 13> Results of Hypothesis testing

Hypothesis	Hypothesis explanation	Test result
1	The immersion of safety education using virtual and augmented reality will have a significant positive (+) effect on the field applicability of the safety education content.	Acceptance
2	The immersion in safety education using virtual and augmented reality will have a significant positive (+) effect on the prevention of safety accidents.	Acceptance
3	The immersion in safety education using virtual and augmented reality will have a significant positive (+) effect on education satisfaction.	Acceptance
4	The immersion in safety education using virtual and augmented reality will have a significant positive (+) effect on overall performance.	Acceptance
5	The immersion in safety education using virtual and augmented reality will have a significant positive (+) effect on safety behavior.	Acceptance
6	The field applicability of safety education using virtual augmented reality will have a significant positive (+) effect on the prevention of safety accidents.	Acceptance
7	Field applicability will play a mediating role in the relationship between immersion of safety education using virtual and augmented reality and prevention of safety accidents.	Acceptance

5. 결론 및 향후 개선방향

본 연구에서는 가상증강현실 기반의 콘텐츠를 활용한 안전교육의 효과 측정을 위하여, 기존 논문이나 교육기관

에서 사용해 온 몰입도, 현장 적용성, 안전사고예방, 교육 만족도, 전반적 성과, 그리고 안전행동 등 6가지의 측정요인을 분석한 결과, VR을 활용한 안전교육 효과가 6가지 측정요인 모두 5점 만점에 평균 4.1 이상의 높은 점수가 나타났고, 또한 측정요인을 구성하는 개별 문항들에 대한 분석 결과에서도 평균 응답자의 90% 이상이 가상현실 콘텐츠를 활용한 안전교육이 효과가 높다고 응답하였다. 또한, VR 활용 안전교육의 몰입도가 현장 적용성과 안전사고예방에 유의미한 영향을 미치고, 몰입도와 안전사고예방 간에 현장 적용성이 부분매개효과가 존재함을 할 수 있었다. 이러한 부분매개는 여러 가지 인과관계를 다루는 경우 완전매개보다 현실적으로 더 의미 있는 이론적 설득력을 제공할 수 있다. 이와 같은 실증 연구는 가상증강현실의 시각적, 청각적 효과에 의한 몰입감은 근로자로 하여금 현실감 있는 교육내용을 전달하고 이에 따라 안전의식의 변화를 가져온다고 주장한 김기훈(2019)의 연구[4], 몰입감의 70% 이상을 기여하는 시각 감각기관에 영향을 주는 VR 선명도는 VR 안전교육의 유용성 및 사용용이성에 유의미한 영향을 미쳤으며 결과적으로 교육만족도 및 학습전이 의도에 영향을 미치는 것을 확인한 유준우, 박희준(2021)의 연구[22], 안전의식은 안전교육을 통해서만 안전행동에 영향을 미칠 수 있다고 주장한 신태웅(2018) 연구[23]와 맥락을 같이 하고 있다. 이는 VR체험 안전교육의 몰입도와 안전사고예방과의 연구에 있어서 현장 적용성 뿐만 아니라 다양한 매개변수의 역할에 대한 가능성을 제시할 수 있다고 하겠다. 따라서, 가상현실 콘텐츠를 활용한 안전체험교육이 피교육생들에게 안전교육에 대한

몰입도와 만족도를 높여 주고, 이러한 부분은 근로자의 안전행동을 개선하고 전반적인 안전교육 효과를 높여주며, 더 나아가서 현장 적용성 향상과 안전사고예방 효과를 높여 줘서 궁극적으로 안전사고 및 재해를 줄이는데 크게 기여할 것으로 사료된다.

이러한 가상현실 콘텐츠를 활용한 안전체험교육의 효과를 극대화하기 위해서, 조선산업 종사자들을 대상으로 문제점 및 요구사항들을 조사 및 분석 결과는 아래의 <Table 14>와 같다. 요약하면, 다양한 기술적 문제점들에 대한 VR 장비의 개선, 그리고 다양한 공중/직종에 대한 다양한 콘텐츠 개발과 사고 대비 안전 작업을 수행하는 콘텐츠 개발의 필요성, 더 나아가서 VR 콘텐츠 활용을 위한 안전교육 시설 확충 및 이동식 VR 교육시스템 도입, 적당한 VR 활용 안전체험교육 시간 확보 및 사전 준비 교육 필요성 등의 안전교육 정책 등을 체계적으로 정비하고 정립할 필요성이 요구된다고 하겠다.

본 연구에서 주요 연구변인인 몰입도가 현장 적용성과 안전사고예방에 영향을 미치기 위해서는 다음과 같은 제안을 하고자 한다. 첫째, 체험자가 VR과 AR 공간에서 편안함과 자연스러움을 느끼게 하여 몰입도를 높여야 한다. 이는 실제와 동일한 가상환경을 제공하는 것이 가장 핵심적인 요소이다. 산업 현장에서 발생하는 안전사고 상황과 실제 작업 상황과 같은 환경 구현은 높은 해상도, 입체영상, 넓은 시야, 빠른 영사속도, HMD, 3차원 사운드, 인터랙션, 트래킹 등의 기술에 좌우됨을 인지하고 콘텐츠를 개발해야 할 것이다. 둘째, 기획·개발 단계에서는 단순 상황 전개만을 구성하여 일반 동영상 및 애니메이션과 차이

<Table 14> Problems of the safety VR empirical education and requirement analysis

Contents and operation	Input/output device (controller, HMD)
<ul style="list-style-type: none"> ○ Need to improve program operation, update, and develop various safety experiences and contents. ○ Requires graphic supplementation (too simple, lack of practical vitality) ○ The video quality is not good, making me dizzy, and the scene of the accident is cruel. ○ Not only accidents, but also VR that complies with safety work is needed. ○ Sensor error problem and cleanliness problem of each device. There are a lot of trainees and lack of equipment. ○ Visiting mobile VR training required (loss occurs when moving) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ There is a need to improve the convenience of operating methods for people of high age. Screen, operation method, and equipment improvement are needed. ○ Specific explanations are needed on how to operate or how to proceed. ○ People with poor eyesight are out of focus, and the focus of vision is too blurry. ○ When watching VR, you are currently experiencing it with red cotton gloves, and it is necessary to reflect the demand to use insulating gloves at the site.
Expanding educational opportunities	
<ul style="list-style-type: none"> ○ VR education seems to be closely related to the field, and I hope to allocate more time. It is hypothetical but realistic, so there is no problem, but it is requested to apply more diverse programs and reflect fires in the office in addition to the site. ○ Training time is short. It's a good education, but I don't have enough time. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ I hope the experience center will be further expanded so that all employees can receive it comfortably. ○ Development of various genres by occupation and education suitable for occupation are needed, and more diverse education is needed. ○ I want to experience various VR contents by increasing the time.

점을 구분하지 못하고 몰입도가 저감되지 않도록 SFX (Special effects), 게이미피케이션(Gamification) 등의 효과를 가미하여 현장적용성과 안전사고예방에 중점을 두고 진행되어야 할 것이다. 셋째, 최근 대형 조선사를 중심으로 안전사고를 예방하기 위해 가상증강현실을 이용한 안전교육을 도입하여 진행하고 있으며 이들 대부분이 적용하고 있는 시스템은 PC 연결형 HMD를 이용하고 있다. 이러한 시스템은 1인 미디어에 최적화 되어 있어 다수의 교육생을 동시 체험하기 위해서는 교육생 인원수에 따른 VR 장비가 갖춰져야 하므로 약 400만원 이상의 고비용에 따른 가치만족도 낮고, 설치 및 사용에 대한 사업장의 부담감 등으로 중·소규모의 산업 현장에 적용을 막는 진입 장벽이다. 이를 해결하기 위해서는 최근 HMD 하드웨어 기술발달로 30~40만원 대의 중·저가 독립형 HMD이 보급되고 있으므로 이를 활용하여 다수의 근로자가 동시에 체험할 수 있는 시스템 도입할 필요가 있을 것이다. 이와 같은 방안들은 몰입도가 높은 안전교육이 조선산업 내 현장적용성과 안전사고 예방에 기여할 것으로 기대된다.

6. References

- [1] Ministry of Trade, Industry and Energy Press Releases(2018, April 4), The strategy of ship building industry development through the three innovations.
- [2] Venture Management & Convergence Finance (2019, July), KOSME industry analysis report_ship building industry.
- [3] Ministry of Employment and Labor & Kosha Occupational Safety and Health Agency(2021, August), Statistical data reprocessing.
- [4] K. H. Kim(2019), "A study on the introduction of VR education methods for increasing the effectiveness of safety training on-site." Master's thesis, Kyung Hee University Graduate School.
- [5] J. M. Kim(2019), "An empirical study on the accident prevention of VR and AR construction safety education." Doctoral dissertation, Myongji University Graduate School.
- [6] S. I. Moon(2018), "A Study for improving the effectiveness of safety and health education based on the empirical education utilizing virtual and augmented reality." Master's thesis, Ulsan University Graduate School.
- [7] H. K. Choi(2019), "Construction site in the era of the 4th Industrial Revolution Study on VR experience safety education." Master's thesis, Kyonggi University Graduate School
- [8] H. J. Kim(2013), "A construction site safety management system using VR and AR information." Master's thesis, Chung-Ang University Graduate School.
- [9] J. W. Son, S. W. Shin, J. S. Yi(2014), "Application of serious games for effective construction safety training." Korean Journal of Construction Engineering and Management, 15(1):20-27.
- [10] H. J. Chang(2018), "A study on the influence of VR characteristics on user satisfaction and intention to use continuously: Focusing on VR presence, user characteristics, and VR sickness." Doctoral dissertation, Seoul National University Graduate School.
- [11] J. W. Son(2014), "Development of a student-centered leaning tool for construction safety education in a virtual reality environment." Journal of the Korea Institute of Building Construction, 14(1):29-36.
- [12] H. J. Park(2019), "A study on the effectiveness of airline safety VR education: Focusing on the relations safety VR education, emotional immersion and safety behavior." Journal of Tourism Sciences, 43(7):31-47.
- [13] Y. H. So(2016), "The impact of academic achievement by presence and flow-mediated variables in a simulation program based on immersive virtual reality." Journal of Communication Design, 57:57-69.
- [14] Y. C. Shin(2020), "Education on elementary school students' safety awareness and safety behavior." Master's thesis, Korea National Sport University Graduate School.
- [15] H. J. Suh(2008), "Relationships among presence, learning flow, attitude toward usability, and learning achievement in an augmented reality interactive learning environment." The Journal of Educational Information and Media, 14(3):137-165.
- [16] B. K. Kye, Y. S. Kim(2008), "Relationships among media characteristics, presence, flow, and learning effects in augmented reality based learning." Journal of Educational Technology, 24(4):193-224.

- [17] M. S. Oh(2021), "Awareness of the application of industrial VR contents in occupational safety education in vocational high schools: Focused on the construction department." Master's thesis, Chungnam National University Graduate School.
- [18] H. J. Han(2011), "A study on the effects of SCM success factors and management performance in small and medium-sized manufacturing companies." Master's thesis, Daejeon University.
- [19] R. P. Bagozzi, Y. Yi(1988), "On the evaluation of structural equation models." *Journal of the Academy Marketing Science*, 16(1):74-94.
- [20] S. D. Yoo(2001), "Relationship between transformational leadership and empowerment: The mediating role of trust." *Human Resources Management Research*, 24(2):193-218.
- [21] R. M. Baron, D. A. Kenny(1986), "The moderator-mediator variable distinction in social psychological research: Conceptual, strategic, and statistical considerations." *Journal of Personality and Social Psychology*, 51(6):1173-1182.
- [22] J. W. Yoo, H. J. Park(2021), "A study on the direction of VR education content development to improve the effectiveness of construction safety education." *Journal of Korean Society for Quality Management*, 23.
- [23] T. W. Shin(2018), "Relation analysis on factors affecting safety behavior of youth leaders-focusing on the factors in safety consciousness, safety education, and job stress." Doctoral dissertation, Myongji University Graduate School.

저자 소개



문 석 인

원광대학교 전기공학과 학사,
울산대학교 안전보건전문학과 석사,
현재 안전보건공단 차장, 울산대학교 안전보건
전문학과 박사과정
관심분야 : VR, 메타버스, 안전보건교육, 미디
어, 산업안전보건 등
주소 : 울산광역시 남구 대학로 93, 울산대학교
안전보건전문학과



장 길 상

울산대학교 산업공학과 학사,
KAIST 산업공학과 석사, KAIST 경영정보공
학과 박사.
현재 울산대학교 경영정보학과 교수로 재직 중.
관심분야 : ERP/SCM/CRM, CBR, DB응용,
시스템개발방법론, 빅데이터 응용, 산업안전
보건 등
주소 : 울산광역시 남구 대학로 93, 울산대학
교 경영정보학과