

컴퓨터교육학회 논문지 2026년 제29권 제5호
<https://doi.org/10.32431/kace.2026.29.5.009>



XR 기반 교육·훈련 가이드라인 개발*

Development of Guidelines for XR-Based Education and Training Programs

박주연[†] · 서희전^{††} · 박남수^{†††}

Ju-Yeon Park[†] · Heejeon Suh^{††} · Namsu Park^{†††}

요약

XR 기술은 몰입적 학습 환경과 실재감 높은 경험을 제공함에 따라 교육·훈련 현장에서 확대되고 있다. 이에 XR 기반 교육·훈련 프로그램을 체계적으로 설계 및 운영하기 위한 가이드라인의 필요성이 제기되고 있다. 본 연구는 XR 기반 교육·훈련의 특성을 반영하여 가이드라인을 개발하기 위해 문헌 분석, 델파이 조사, 전문가 적합도 평가 및 자문 과정을 단계적으로 수행하였다. 연구 결과, XR 기반 교육·훈련 가이드라인은 계획 및 설계 단계, 개발 단계, 운영 및 평가 단계의 세 단계로 구성되었으며, 각 단계별로 교육목표 설정, 학습자 특성 및 XR 환경 고려, 콘텐츠 설계·개발 원칙, 기기 및 콘텐츠 점검, 안전 및 건강 관리 등의 핵심 요소가 도출되었다. 본 연구에서 제안한 XR 기반 교육·훈련 가이드라인은 XR 교육 프로그램의 체계적인 기획과 현장 적용을 지원하는 실천적 지침으로 활용될 수 있을 것이다.

주제어 확장현실(XR), 교육 가이드라인, XR 기반 교육, XR 기반 훈련, 델파이 방법

ABSTRACT

Extended Reality (XR) technologies are increasingly used in education and training due to their ability to provide immersive and realistic learning experiences. Accordingly, systematic guidelines are needed to support the design and implementation of XR-based education and training programs. This study developed guidelines reflecting the characteristics of XR-based education and training through a stepwise process involving a literature review, a Delphi study, expert suitability evaluation, and expert consultation. The proposed guidelines consist of three stages: planning and design, development, and operation and evaluation. Key elements include educational objective setting, consideration of learner characteristics and XR environments, principles for content design and development, device and content inspection, and safety and health management. The guidelines provide practical support for the systematic planning and effective implementation of XR-based education and training programs.

Keywords Extended Reality(XR), Educational Guidelines, XR-Based Education, XR-Based Training, Delphi Method

†종신회원 덕성여자대학교 차미리사교양대학 부교수
 ††정회원 동명대학교 유아교육과 교수(교신저자)
 †††정회원 삼육대학교 교육혁신원 특임교수
 논문투고 2026년 02월 02일
 심사완료 2026년 03월 24일
 게재확정 2026년 04월 01일
 발행일자 2026년 05월 20일

* 본 논문은 정보통신기획평가원에서 시행한 한국전자통신연구원의 실감 콘텐츠 핵심 기술 개발 사업의 지원을 받아 수행된 연구임(XR 사용자 상호작용 평가 및 적용 기술개발, No, RS-2022-II220137)

1. 서론

지능정보사회에서는 학습자가 실제 상황에서 지식을 적용하고 비구조화된 문제를 해결할 수 있는 역량이 중요해지고 있다. 이를 위해서는 실험·실습, 시뮬레이션, 상황기반학습과 같은 수행 중심의 학습 환경이 필요하지만, 전통적인 교실 수업만으로는 이러한 요구를 충분히 충족하기 어렵다. 특히 과학, 외국어, 의료, 안전, 직업 및 군사 훈련 분야에서는 실제와 유사한 환경에서의 반복 훈련과 협업 학습이 요구된다. 이러한 전통적 수업의 한계를 보완하기 위한 대안으로 확장현실(eXtended Reality, 이하 XR) 기반 교육에 대한 관심이 증가하고 있다.

XR은 가상현실(Virtual Reality, VR), 증강현실(Augmented Reality, AR), 혼합현실(Mixed Reality, MR)을 포괄하는 개념으로, 현실과 가상 공간을 다양한 수준에서 결합하여 새로운 학습 경험을 제공하는 기술이다[1-3]. 센서, 멀티모달 인터페이스, 공간 컴퓨팅, 네트워크 기술의 통합을 기반으로 하며, 학습자의 신체적·인지적 상호작용을 통해 몰입과 수행 중심 학습을 지원한다. XR 기반 학습 환경에서는 학습자가 실제와 유사한 상황을 체험하며 문제 해결과 의사결정을 할 수 있고, 다감각적 상호작용을 통해 능동적으로 지식 구성이 촉진된다. 또한 클라우드 기반 XR 플랫폼과 AI 기술의 결합은 다수 학습자의 협업 학습과 개인 맞춤형 피드백을 가능하게 하여 원격·비대면 환경에서도 현장감 있는 학습을 제공한다. 이러한 특성으로 인해 XR은 학교 교육뿐만 아니라 의학·간호·공학·군사·직업교육 등 다양한 분야에서 활용 가능성이 높은 차세대 교육·훈련 기술로 주목받고 있다[4-7].

그러나 XR의 높은 교육적 잠재력에도 불구하고, 이를 체계적으로 적용하기 위한 통합적 가이드라인은 충분히 마련되지 못한 실정이다. 현재 XR 활용은 기술 중심 또는 체험 중심 접근에 머무르는 경우가 많으며, 학습 목표와 콘텐츠 간의 정합성, 교수·학습 전략, 학습 활동 구조화, 학습 결과 및 과정 평가에 대한 기준이 명확하지 않다[8, 9]. 이로 인해 XR 수업은 일회성 체험 활동으로 제한되거나 교육적 일관성을 확보하기 어려운 문제가 발생한다. 선행연구에서 제시된 가이드라인은 주로 디바이스 안전 및 인체 위험성[10, 11], 콘텐츠 이용 및 제작 절차[12-14], 시스템 설계 측면에서 신체적 편안함, 오류 감소, 만족도 증진을 위한 휴먼 팩터 요소[15, 16]에 초점을 두고 있으며, 학습자 특성, 상호작용 설계, 협력학습, 학습 맥락을 통합적으로 반영한 교육 중심 가이드라인은 부족하다. 교육분야에 적용 가능한 VR 가이드라인[17, 18]과 VR/AR수업지도 지침[19, 20]의 경우가 일부 제공되고 있으나, 초·중등 학교교육에 한정되어 있고, 특정 개발 기관의 콘텐츠와 디바이스에 맞춰져 있는 실정이다.

XR의 교육적 활용을 위한 통합적 가이드라인 개발 연구의 필요성은 다음과 같다. 교수설계 측면에서 학습목표와 학습활동, 학습자 특성, 멀티모달 인터페이스를 활용한 상호작용의 복잡도, 피드백 구조를 체계적으로 연계하여 XR

기반 학습의 교육적 정합성을 확보하는데 기여할 수 있을 것이다. 또한 콘텐츠 개발 측면에서 기존의 XR 개발자 중심의 기술 구현에서 벗어나 기획에서부터 평가의 전 과정에서의 교육적 요소를 연결하는 지침으로 작용하여 교육용 콘텐츠의 품질을 향상시킬 수 있다. 학습성과 검증 측면에서도 몰입도나 만족도와 같은 지표에서 실제 수행능력이나 전이 효과를 체계적으로 반영함으로써 교육적 타당성을 입증하고 교육 현장에서 지속적으로 활용하는 데 도움이 될 수 있다. 특히 교사나 교육서비스 운영자의 경우 XR 기술과 콘텐츠를 수업목표에 맞춰 통합하는 방법에 대한 교육이나 안내 자료가 부재하다. 이에 XR의 교육적 잠재력을 인지하고 있으나 충분히 현장에 적용하고 있지 못하다. 따라서 가이드라인 개발을 통해 교수자의 XR 기술 활용 역량을 강화하여 교육적 성과를 실질적으로 높이고 XR 기반 기술 교육 생태계를 활성화하는데 도움을 줄 수 있다.

이에 본 연구는 학교 교육뿐만 아니라 직업 및 실무 훈련 환경에서 활용되는 XR 기반 학습의 특성과 요구를 분석하고, 교수·학습 설계, 학습자 경험, 평가, 운영 및 관리 요소를 통합적으로 반영한 XR 교육·훈련 가이드라인을 개발하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 교육공학의 교수설계 이론인 ADDIE 모델을 이론적 기반으로 활용하여 가이드라인의 구성요소를 구조화하고 교육적 정합성을 확보하고자 하였다.

본 연구에서 제안하는 가이드라인은 XR 기반 교수·학습 설계의 체계화를 지원하고, 기술 중심 적용을 지양하며, 학습 효과성과 안전성을 동시에 확보하여 실제 적용 가능한 실천적 지침을 제시하는 데 기여할 것으로 기대된다.

2. 이론적 배경

2.1 XR 기반 교육·훈련

XR 기술은 가상현실, 증강현실, 혼합현실을 모두 포괄하는 기술을 말한다. XR 기술은 현실세계와 디지털 세계를 연결하는 다양한 경험을 제공하며, 이를 교수·학습 과정에 통합하는 교육적 접근이 XR 기반 교육이다[3, 8, 21]. XR 기술은 업무, 학습 의사소통, 놀이 문화 등 다양한 분야에서 새로운 경험을 제공하며 특히 높은 실재감과 몰입감은 교육적 효과를 높이는 데 유용하게 사용된다. 교육·훈련 분야에서 XR 기술은 학교교육, 의료실습, 상황대처훈련, 군사훈련 등에 사용되어 현실적인 시뮬레이션 환경을 제공함으로써 기존의 교육·훈련에 비해 몰입감과 상호작용성을 높여준다.

XR 기반 교육·훈련 경험은 첫째, 의료, 항공, 자동차 산업 등 학습자들이 실제 조작과 상호작용을 시뮬레이션하면서 안전한 교육 및 훈련을 제공한다. 제스처 인식, 시선 추적, 음성 명령 및 인식, 협업과 다자간 상호작용 등의 기술을 통해 XR 환경에서 실제 기술을 연습하고 수련하는 풍부한 경험을 쌓을 수 있다[22, 23]. 둘째, XR 기반 교육·훈련 환경은 모의실험 탐구 학습 경험을 높여준다. 학습자들에게

실제로는 위험할 수 있는 환경을 가상의 교육환경으로 구축함으로써 학습자는 안전하게 실습, 시험 등의 활동을 할 수 있다[24]. 또한, 실물로 관측할 수 없는 추상적 개념과 관찰이 어려운 미시세계 등에 대한 상호작용의 경험을 가능하게 하여 다양한 탐구학습을 지원할 수 있다. 셋째, XR 기반 교육·훈련 환경은 협업 훈련 및 공동 학습 경험을 제공한다. 다자간 상호연결 환경 지원, 공유된 가상 공간, 아바타 기술, 사용자 상호 의사소통 기술, 협업 도구 및 객체 공유, 실시간 협업 및 상호작용 분석 피드백 등의 기술을 활용하여 협업 훈련과 공동 학습을 지원한다[25, 26]. 넷째, XR 기반 교육·훈련 환경은 학습자의 동작을 추적하고 평가하여 실시간 피드백을 제공함으로써 즉각적 피드백과 개인화 훈련 경험을 제공한다. 머신러닝, 센서 기술, 데이터 분석과 학습 분석 등의 기술적 토대로 맞춤형 학습 경로와 개인화된 피드백을 제공할 수 있다[27, 28]. XR 기반 교육·훈련 환경은 학습자의 상호작용이 얼마나 효과적인지를 분석하고 개선하는 기회를 제공하기 때문에 개인화된 학습 경험을 최적화하고 학습 효과를 극대화할 수 있다. 즉, XR 기반 교육은 몰입감과 상호작용을 핵심으로 학습 경험의 질을 향상시키며, 학습자가 실제와 유사한 환경에서 지식과 기능을 효과적으로 습득하도록 한다는 점에서 교육적 가치가 크다.

2.2 XR 관련 가이드라인 선행연구

국내외에서는 VR과 AR의 제작 및 안전한 이용을 목적으로 한 가이드라인 연구가 지속적으로 수행되어 왔다. 식품의약품안전처(2018)는 의료기기에 가상현실 기술을 적용할 때 발생할 수 있는 부작용에 선제적으로 대응하고자 심사 및 허가 절차를 위한 가이드라인을 개발하였다[10]. 또한, 한국콘텐츠진흥원(2018)은 게임 분야를 중심으로 한 VR 게임 이용 가이드라인을[11], 정보통신산업진흥원(NIPA, 2020)에서는 VR·AR 디바이스 제작 및 이용 가이드라인을 마련하였다[12]. 아울러 한국전자통신연구원(ETRI)과 한국가상현실산업협회(KoVRA)는 AR·VR 기술의 이용 및 제작 전반에 대한 안전 가이드라인을 개발하였다[13]. 한편, 바른 ICT 연구소에서는 가상현실 기기와 콘텐츠 개발 과정에서 고려해야 할 주의사항과 함께, 사용자 맞춤형 사용 전·후 건강상태를 반영한 가이드라인 제시한 바 있다[14].

교육분야에서는 한국교육학술정보원(KERIS, 2018)이 VR 활용 및 VR 콘텐츠 제작을 위한 가이드라인을 개발하였다[17]. 구체적으로 살펴보면, 교육현장에서 VR·AR 적용 시 사용성과 효과성에 영향을 미치는 휴먼팩터 요소를 도출하고 이용 전, 중, 후 가이드라인을 제시하였다. 더불어 이용자 안전 가이드라인을 포함하여 이용자의 건강 및 인지상태 확인, 기기 상태 확인, 학습자 자기 진단 체크리스트, 관리자를 위한 체크리스트를 다루었다. 콘텐츠 개발 가이드라인에서는 연령, 성별, 사용자 감각정보 일체화, 상태 및 상황 식별, 사용 편의성, 인터페이스 디자인, 컨트롤러 설계, 위험성 평가, 작동오류, 조작과 인지의 부정합, 동작범위 및 플레이 영역 설정 등 다양한 요소를 제시하였다[17]. 이

후 한국교육학술정보원은 2022년에 메타버스의 교육적 활용에 관한 가이드라인에 대한 연구를 추가적으로 수행하였다[18]. 해당 연구에서는 메타버스 교수·학습방법을 강의형, 체험형, 토론형, 협력형, 제작형으로 유형화하고, 메타버스 활용과 관련된 주요 휴먼 팩터로 이용자 환경, 이용자 안전, 이용자 윤리, 위생 요소 등을 포함하였다.

그 밖에도 해외 사례로는 ClassVR에서 교육 현장에서의 VR 기기 활용을 지원하기 위한 교사용 가이드라인을 제공하고 있으며[19, 20], 국제전기통신연합 전기통신표준화부문(ITU-T)은 VR과 AR환경에서 사용자 경험 품질에 영향을 미치는 주요 요소들을 제시하였다[15, 16].

종합하면, 기존의 VR·AR 및 메타버스 관련 가이드라인은 제작, 안전, 이용, 휴먼 팩터 등 개별 요소를 중심으로 제시되어 왔으나, 교육·훈련 전 과정을 포괄하는 통합적 지침으로는 한계를 지닌다. 특히 교수·학습 설계부터 콘텐츠 개발, 운영 및 평가에 이르는 교육 중심의 체계적인 XR 가이드라인은 상대적으로 부족한 실정이다. 이에 본 연구는 XR 기반 교육·훈련의 특성을 반영하여 교육 기획에서 실행에 이르는 전 과정을 포괄하는 통합적 가이드라인을 도출하고자 한다.

3. 연구방법

본 연구는 2023년 7월부터 2025년 7월까지 약 2년에 걸쳐 수행되었으며, 문헌 분석, 가이드라인 구성요소 도출, 가이드라인 개발 및 적합도 검증의 단계로 진행되었다. 먼저 문헌분석과 선행연구를 분석하여 가이드라인의 방향을 설정하였다. 문헌분석을 위해 구글 스칼라, ERIC, RISS를 중심으로 학술지 논문을 찾았고, KERIS, ETRI에서 발간한 보고서와 VR/XR기술 회사별 가이드라인을 검색하였다. 검색 키워드는 VR/AR/XR교육, 가이드라인이었고, 본 연구 맥락에 적합한 XR교육을 위한 가이드라인 11개를 최종적으로 분석하였다. 다음으로 국내외 XR 교육 관련 17명의 전문가를 대상으로 개방형 델파이 조사를 통해 XR 교육·훈련 가이드라인 요소의 초안을 도출하였다. 본 연구의 전문가 패널은 XR 교육의 기획, 개발, 실행, 연구 영역을 균형 있게 반영할 수 있도록 구성하였다. 전문가들의 소속 기관은 연구기관 3명, XR 콘텐츠 개발 기업 5명, 대학 4명, 현장 교사 5명으로 구성되었으며, 전문가들의 XR 관련 연구 및 실무 경력은 평균 14년으로 나타났다. 이후 2차 델파이 조사를 실시하여 가이드라인 구성요소를 도출하였다. 델파이 조사는 다수의 전문가의 의견을 수렴하여 내용 타당도를 검증하는데 유용한 방법론으로, 본 연구에서는 평균값과 CVR값을 산출하여 전문가 합의 수준을 분석하였다. 합의 여부는 Lawshe(1975)가 제시한 CVR값을 적용하였으며[29], 패널 수 17명을 기준으로 CVR .529 이상을 채택 기준으로 설정하였다[30].

델파이 조사 결과 도출된 세부 영역은 연구진 회의를 통해 반복적으로 검토되었으며, 구성 요소를 통합하여 간명한

구조로 재정리하고 가이드라인의 세부 내용을 구체화하였다. 이후 개발된 가이드라인의 적합도를 검증하기 위해 전문가 7인을 대상으로 타당성, 설명력, 유용성, 보편성, 이해도의 다섯 개 평가 영역에 대해 리커트 5점 척도의 설문 평가를 실시하고 평균, 표준편차, 합의도 지표를 산출하였다. 합의도(degree of consensus)는 전문가 의견의 일치 정도를 나타내며, 사분위범위를 이용하여 $1-(Q3-Q1)/2$ 로 산출한다. 합의도는 1에 가까울수록 문항에 대한 전문가 합의 수준이 높다고 해석한다(0.75 이상: 높은 합의, 0.50 이상: 합의 형성)[31]. 연구절차를 정리하면 Figure 1과 같다.

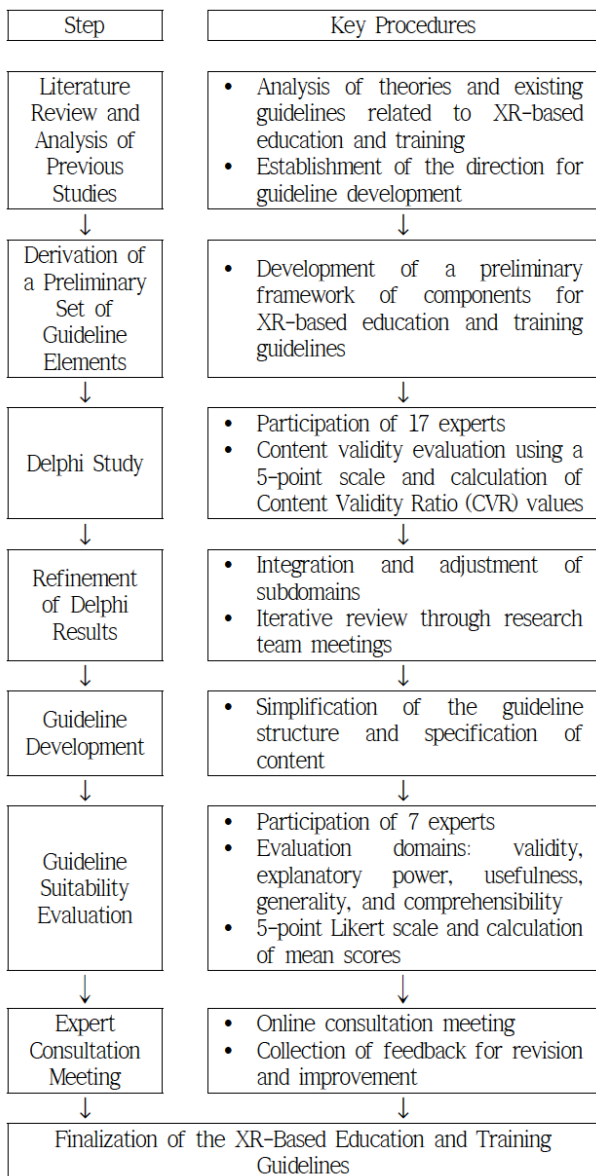


Figure 1. Research Process

4. 연구 결과

4.1 문헌연구를 통한 XR 기반 교육·훈련 가이드라인

방향성 도출

XR 기반 교육·훈련을 위한 가이드라인을 개발하기에 앞서, 본 연구는 국내외에서 제시된 XR 관련 가이드라인을 비교·분석하였다. 분석 결과, 기존 가이드라인들은 교수·학습 설계, 학습자 경험, 상호작용 및 활동 설계, 안전·윤리, 기술·인프라 안정성, 운영 및 활용의 여섯 가지 영역으로 공통적으로 수렴되는 경향을 보였다.

Table 1에 제시한 바와 같이, 교수·학습 설계 영역에서는 학습목표, 학습 내용, 평가 간의 체계적 정합성이 핵심 요소로 도출되었으며, 학습자 경험(UX) 영역에서는 인터페이스 설계와 몰입 요소가 강조되었다. 상호작용 및 활동 설계 영역에서는 실습, 탐색, 협력 활동이 주요 구성 요소로 나타났고, 안전·윤리 영역에서는 이용 시간, 연령 기준, 건강 관리 요소가 포함되었다. 또한 기술·인프라 영역에서는 기기 성능과 시스템 호환성이, 운영 및 활용 영역에서는 수업 준비 및 운영 절차가 핵심 요소로 정리되었다.

이러한 분석을 통해 도출된 시사점은 다음과 같다. XR 기반 교육·훈련 가이드라인의 구성 요소는 교수설계를 중심으로 학습목표, 내용, 평가 간의 정합성을 확보하고, 사용자 경험과 상호작용을 반영한 체형·참여 중심의 활동 요소를 포함할 필요가 있다. 또한 학습자 보호를 위한 안전·윤리 기준과 기술적 안정성을 전제로, 콘텐츠 개발 단계에 국한되지 않고 운영 단계까지를 포괄하는 통합적 접근이 요구된다.

Table 1. Comparative Analysis of Guidelines for XR-Based Education & Training

Category [References]	Key Components	Implications
Instructional Design [32]	Learning objectives, content organization, interaction design, assessment strategies	Alignment of objectives, content, and assessment through systematic instructional design
Learner Experience (UX) [13, 33]	Intuitive interface, interaction usability, immersion design	Direct impact of user experience and interaction design on learning engagement
Interactive Activities [19, 20]	Practice-, exploration-, and collaboration-based activities, feedback	Necessity of experiential and participatory activity design
Safety and Ethics [10, 11, 14, 17]	Usage time, age criteria, health and cognitive protection, data privacy	Safety and ethical standards as prerequisite conditions
Technology and Infrastructure [12]	Device performance, compatibility, frame rate, latency	Potential reduction in educational effectiveness due to technical instability
Operation and Implementation [18]	Class preparation, delivery, reflection, teacher support	Need to address both development and operation stages

4.2 델파이 조사를 통한 XR 교육·훈련 가이드라인 요소 도출

이러한 가이드라인 분석 결과를 바탕으로, 본 연구는 전문가 17명을 대상으로 XR 기반 교육·훈련과 관련된 기술 개발, 콘텐츠 기획 및 개발, 실행 및 평가 영역에 대해 개방형 질문을 실시하여 주요 요소를 1차적으로 도출하였다. 수집된 응답 내용은 교육·훈련 프로그램 설계의 기본 틀인 ADDIE 모형에 근거하여 간명하게 재구조화하였다. 이러한 접근은 XR 기반 교육·훈련 프로그램 가이드라인을 체계적이고 논리적으로 구성함과 동시에, 실제 교육 현장과 훈련 맥락에서 적용 가능한 실천적 기준으로 정립하기 위함이다.

계획 및 설계 단계에서는 목표설정, 학습자 분석, 교수설계, 평가 설계, 시스템 설계, 인터페이스 디자인, 이용 안전 설계를 중심으로 세부영역을 도출하였다. 개발 단계에서는 준비, 콘텐츠 개발, 상호작용방법 개발, 평가 및 피드백 개발, 사용자 대상 테스트, 기술 테스트를 중심으로 세부영역을 구성하였다. 운영 및 평가 단계에서는 운영 환경의 구성 및 XR기기와 콘텐츠 사용법, 이용 및 안전, 평가를 중심으로 세부영역을 도출하였다. 아울러 콘텐츠 및 기기 선정, 이용 및 안전 등에 대한 체크리스트는 부록으로 구성하였다.

개발된 XR 기반 교육·훈련 프로그램 가이드라인의 구성 요소의 타당성을 검증하기 위해 2차 델파이 조사를 실시하였다. 델파이 조사 결과 전문가 합의도인 CVR 값이 낮은 영역으로 계획 및 설계 단계에서는 애플리케이션 설치 및 업데이트가, 개발 단계에서는 개발환경 설정방안, 권장사항 및 작업폴더 규정, 개발 개요서, 학습 흐름도, 명령 조작 오류, 알파테스트/베타테스트, 테스트앱(도구) 활용을 통한 테스트, 에셋 번들 테스트, 운영서버를 통한 에셋번들 테스트가 포함되었다. 또한, 운영 및 평가 단계에서는 콘텐츠 설치 방법, 보조인력 확보 및 운영계획, 콘텐츠의 플랫폼 전송 항목이, 부록에서는 추천 콘텐츠 리스트, 학습자 건강 자가진단 체크리스트, 관리자 이용 전·중·후 체크리스트 항목이 기준을 충족하지 못하여 구성 요소에서 제외되었다. 2차 델파이 조사 결과는 Table 2와 같다.

Table 2. Second-Round Delphi Results

Domain	Domain	M	SD	CVR
Planning and Design				
Goals	Education and training objectives	4.6	0.71	0.76
Analysis	Learning content analysis	4.6	0.71	0.76
	Learner analysis	4.6	0.71	0.76
	Learning environment analysis	4.6	0.70	0.76
Instructional Design	Motivation strategies	4.3	1.21	0.65
	Interaction facilitation design	4.8	0.39	1.00
	Differentiation by learner level	4.5	0.62	0.88
Assessment Design	Methods for measuring objectives and achievement levels	4.7	0.59	0.88
	Assessment and feedback strategies	4.6	0.61	0.88
	Assessment and feedback dashboard design	4.5	0.80	0.65
System Management	Installation and updates of applications	4.1	1.20	0.41
	Handling operational errors	4.3	1.10	0.53

Domain	Domain	M	SD	CVR
Interface Design	Graphical user interface (GUI)	4.9	0.33	1.00
	Audio design	4.5	0.80	0.65
Safety Design	Motion sickness, visual fatigue, physical strain	4.6	0.70	0.76
	User manuals and tutorial provision plan	4.4	1.11	0.53
	Personal data security design	4.3	1.10	0.53
Development				
Preparation	Development environment setup	4.2	1.13	0.41
	Recommended practices and workspace folder rules	3.7	1.10	0.18
	Content preparation plan	4.3	0.85	0.53
Content Development	Development overview document	4.1	1.34	0.41
	Learning flow diagram	4.2	0.90	0.41
	Content script	4.2	1.09	0.65
	Storyboard	4.2	1.09	0.65
	3D asset development	4.2	1.03	0.76
Interaction Design	Multimedia production using authoring tools	4.5	0.62	0.88
	Interface development for interaction	4.8	0.39	1.00
Assessment and Feedback	Content development for enhanced interactivity	4.7	0.47	1.00
	Assessment and feedback dashboard development	4.4	0.80	0.65
User Testing	Command operation errors	4.2	0.90	0.41
	Operation – cognition mismatch	4.7	0.47	1.00
	Alpha and beta testing	4.1	0.93	0.29
	User manual and tutorial development	4.4	1.11	0.53
Technical Testing	Testing using test applications/tools	3.9	1.09	0.41
	Asset bundle testing	3.4	1.42	-0.06
	Testing Asset Bundles Through Production Servers	3.4	1.50	-0.06
Operation and Evaluation				
Operational Environment	Content installation procedures	4.0	1.12	0.29
Operational Staffing	Support staff allocation and operation plan	3.8	1.01	0.29
XR Device Usage	Recommended XR device specifications and usage	4.2	1.07	0.53
XR Content Utilization	Content-specific information	4.6	0.61	0.88
	Instructional use guidelines by content	4.5	0.62	0.88
Upload and Deployment	Content transfer to platform	3.8	0.73	0.29
Use and Safety	Health and safety guidelines for learners	4.4	1.06	0.65
	Health and safety guidelines for administrators	4.4	1.06	0.65
Evaluation	Individual-level assessment	4.4	0.71	0.76
	Collaborative (multi-user) assessment	4.5	0.72	0.76
	Multimodal learning analytics	4.5	0.62	0.88
Appendix				
Content and Device Selection	Verification checklist	4.2	0.75	0.65
Recommended Content	Recommended content list	3.7	1.16	0.06
Environment	Technical requirements checklist	4.2	0.81	0.53

Domain	Domain	M	SD	CVR
Use and Safety	Gameplay methods, usage time, rest intervals	4.4	0.86	0.53
	Learner health self-check checklist	3.9	1.11	0.18
	Administrator pre-, during-, and post-use checklist	3.9	1.05	0.29

(부록 Table 2, 참조)

4.3 XR 기반 교육·훈련 가이드라인 개발 및 타당도 검증

2차 델파이 연구 결과에서 XR 기반 교육·훈련 가이드라인의 세부영역들이 통계적으로 타당함을 확인하였다. 그러나 항목 수가 많고 세부 수준이 상이하여 가이드라인으로 활용하기에는 구조가 복잡하다는 전문가 의견이 제시되었다. 이에 전문가 합의 수준이 높게 도출된 핵심 요소를 중심으로 유사하거나 중복되는 항목을 통합·정제하고, 계획·설계, 개발, 운영·평가의 단계적 흐름에 따라 항목들을 재구조화하였다. 델파이 결과 주요 수정 내용은 Table 3과 같다.

Table 3. Key Revisions Based on the Delphi Results

Stage	Key Revisions Based on the Delphi Results
Planning and Design	- Integrated educational objectives and learner factors with XR environment characteristics - Removed system and software version management and reclassified it under technical infrastructure.
Development	- Deleted preparatory elements such as development environment setup - Removed user and technical testing items due to difficulties in standardization depending on the developer - Moved interaction methods and evaluation/feedback elements to the Planning and Design stage
Operation and Evaluation	- Deleted operational environment configuration and operational personnel - Removed content transmission
Appendix	- Moved content/device inspection, usage and break time guidelines, and health checklists to the Operation stage - Deleted recommended content - Eliminated the appendix category and integrated its items into the Operation stage

먼저 계획 및 설계 단계에서는 XR 학습 환경의 특성과 맥락을 교육 요소와 통합하여 제시하였다. 학습목표, 학습자 특성, 기술 환경, 상호작용, 안전 요소를 개별적으로 나열하기보다 XR 특성을 반영한 통합적 설계 관점으로 재구성하였다. 시스템 및 SW 버전 관리 내용은 삭제하고 상위 수준의 기술 인프라 환경요소를 제시하였다. 이에 따라 교육목표와 XR 환경의 통합, 학습자 분석과 XR 맥락 기반 학습 유형의 통합, 기술 인프라 환경요소, XR 적용 전략 중심 교수설계 요소, XR 특성 기반 상호작용성 촉진 설계 요소, 안전과 사용자 요인을 통합하여 최종적으로 6개의 핵심 영역으로 제시하였다.

개발 단계에서는 개발 기관 및 기술 환경에 따라 표준화

가 어려운 개발 환경 설정과 사용자·기술 테스트 항목을 제외하였다. 또한 단위 작업 및 절차 중심의 구조를 원칙 중심 체계로 전환하고, 상호작용 및 평가·피드백 요소는 계획 및 설계 단계로 이동시켰다. 그 결과 개발 단계는 1) 콘텐츠 선정, 2) 콘텐츠 개발 원칙, 3) 설계 및 도입 기준, 4) 운영 전 점검 체계의 4개 영역으로 재구성하여, 실천적 활용성과 이해 가능성을 높이하고자 하였다.

운영 및 평가 단계에서는 델파이 결과 적절성이 낮게 나타난 항목을 삭제하고, 부록의 일부 내용을 운영 요소에 포함하여 보완하였다. 운영 절차 중심의 구성 대신 XR 교육 현장에서 활용 가능한 점검 및 관리 중심 가이드라인으로 재구조화하였다. 그 결과 1) 기기 점검, 2) 사전 안내, 3) 안전 확보, 4) 학습자 보호, 5) 건강 사전·사후 점검, 6) 위생 및 이용시간, 7) 성과 관리 전략 등을 포함한 7개 운영 가이드라인 영역으로 통합하였다.

이와 같은 재구조화는 개별 항목의 타당성을 축소하거나 배제하기 위한 것이 아니라, 델파이 분석을 통해 도출된 전문가의 합의를 유지하면서 가이드라인의 명확성, 체계성, 현장 적용 가능성을 강화하기 위한 것이다.

위와 같은 절차를 거쳐 최종 도출된 XR 기반 교육·훈련 가이드라인의 요소와 구체적인 가이드라인 내용은 Table 4와 같다.

Table 4. Final Guidelines for XR Education & Training

Stage	Subdomain
Planning & Design	1.1 Learning Objectives & XR Environment
	1.2 Learner Types & XR Education Context
	1.3 Network & XR Device/Environment
	1.4 Instructional Design Strategies
	1.5 Interaction-Promoting Design
	1.6 Human Factors & Safety Check
Development	2.1 XR Content Selection
	2.2 XR Content Development Principles
	2.3 XR Content Design & Adoption Criteria
	2.4 XR Content Inspection Guidelines
Operation & Evaluation	3.1 XR Device Inspection Guidelines
	3.2 Pre-use XR Content Briefing
	3.3 XR Safety Guidelines
	3.4 Safety Guidelines for Minors (Parents & Teachers)
	3.5 Learner Health Management (Pre/Post)
	3.6 Additional Inspection Guidelines
	3.7 XR Program Effectiveness Strategies

(부록 Table 4, 참조)

구체적 내용이 담긴 XR 기반 교육·훈련 가이드라인의 적합도를 검토하기 위해 전문가 7인이 타당성, 설명력, 유용성, 보편성, 이해도를 리커트 5점 척도로 평가한 후, 온라인 자문 회의를 통해 보완 및 수정사항에 대한 의견을 수렴하였다.

타당성은 본 가이드라인이 XR 기반 교육·훈련 지침으로

서 목적, 내용, 구성의 적절성을 평가하였으며, 설명력은 가이드라인의 내용이 명확하고 논리적으로 제시되어 사용자가 쉽게 이해할 수 있는지를 평가하였다. 유용성은 실제 교육·훈련 현장에서의 활용 가능성과 실질적 가치 여부를, 보편성은 특정 상황이나 집단에 국한되지 않고 다양한 교육·훈련 환경과 대상에 적용 가능한지를 평가하였다. 마지막으로 이해도는 XR 교육·훈련 기획자, 교사, XR 콘텐츠 개발자 및 운영자를 포함한 사용자가 전문용어의 난이도, 문장 구성, 전반적인 가독성 측면에서 내용을 쉽게 파악할 수 있는지를 기준으로 평가하였다.

평가 결과 평균값은 타당성은 4.7, 설명력은 4.1, 유용성은 4.6, 보편성은 4.7, 이해도는 4.4로 나타났다. 전문가 의견의 합의 수준을 확인하기 위해 사분위범위를 기반으로 합의도를 산출하였다. 분석 결과 타당성, 설명력, 유용성, 보편성은 합의도 0.75로 높은 수준의 전문가 합의를 보였다. 이해도는 합의도 0.50으로 의견 분산이 존재하나 합의가 형성된 것으로 나타나 전반적으로 본 가이드라인의 적합성이 검증되었다. Table 5는 XR 기반 교육·훈련 가이드라인의 적합도 평가 결과이다.

Table 5. Suitability Evaluation of Guidelines for XR-Based Education & Training

Domain \ Expert	A	B	C	D	E	F	G	M	SD	Consensus
Validity	5	4	4	5	5	5	5	4.7	0.75	0.75
Clarity	4	4	4	5	5	3	4	4.1	0.75	0.75
Usefulness	4	5	5	5	5	3	5	4.6	0.75	0.75
Generality	5	5	5	5	4	5	4	4.7	0.75	0.75
Understanding	4	4	5	5	4	4	5	4.4	0.50	0.50

XR 기반 교육·훈련 가이드라인의 완성도를 높이기 위해 온라인 자문회의를 통해 보완 및 수정사항에 대한 의견을 공유하였다. 제시된 의견으로는 용어와 항목 구성의 일관성 강화, 체크리스트에 수치를 정량화하여 수준을 파악하도록 보완, 실제 교육 환경을 반영한 네트워크 및 기기 운영 설명을 보완 등에 대한 내용을 반영하였다. 더불어 가이드라인의 현장 적용 및 활용도 제고 방안으로 수업 지도안 및 전문용어 해설, 법·윤리적 고려사항에 대한 의견이 제시되었다. 이러한 의견을 반영하여 최종적으로 XR 기반 교육·훈련 가이드라인을 제작하였다(Appendix 1. 참조).

5. 결론 및 제언

본 연구는 XR 기술이 제공하는 몰입적 학습 환경과 높은 실재감을 교육·훈련 현장에 효과적으로 활용함에 있어, 기존의 가이드라인의 한계를 보완하고 체계적인 적용을 지원하기 위한 XR 기반 교육·훈련 가이드라인을 개발하는 것을 목적으로 하였다. 이를 위해 국내외 XR 관련 가이드라인과 선행연구를 분석하여 XR 기반 교육·훈련 전 과정을 포괄하

는 방향성을 설정하고, 전문가 델파이 조사를 통해 가이드라인의 구성요소를 도출하였다. 이후 전문가 적합도 평가와 자문 과정을 통해 최종 가이드라인을 완성하였다.

연구 결과, XR 기반 교육·훈련 가이드라인은 계획 및 설계 단계, 개발 단계, 운영 및 평가 단계의 세 단계로 구조화되었다. 각 단계별로 교육목표 설정, 학습자 특성 및 XR 환경 고려, 콘텐츠 설계·개발 원칙, 기기 및 콘텐츠 점검, 안전 및 건강 관리 등의 핵심 요소가 도출되었다. 델파이 조사와 전문가 적합도 평가 결과, 타당성, 유용성, 보편성, 이해도 측면에서 전반적으로 높은 평가를 받았으며, 실제 교육 현장과 다양한 훈련 맥락에서 적용 가능한 실천적 지침으로 활용될 수 있음을 확인하였다. 본 가이드라인은 기술 구현이나 디바이스 활용, 또는 이용자의 안전에 국한되지 않고 교수·학습 설계와 학습자의 경험, 운영 및 평가까지 포괄함으로써 XR 기반 교육·훈련의 전 과정을 통합적으로 지원한다는 점에서 의의를 지닌다.

본 연구에서 개발한 XR 기반 교육·훈련 가이드라인은 다양한 이해관계자가 각 단계별로 적극적으로 활용할 수 있도록 설계되었다. 먼저 XR 기반 교육·훈련 기획자, 교사는 계획 및 설계 단계에서 학습목표 설정과 학습자 특성을 기반으로 XR 학습 활동을 구조화하는 데 활용할 수 있다. XR 콘텐츠 개발자는 개발 단계에서 상호작용 설계 원리와 XR 환경 특성을 반영하여 학습 몰입과 학습자의 경험을 고려한 콘텐츠 제작 기준으로 적용할 수 있다. 또한, XR 교육 서비스 운영 및 교육기관은 운영 및 평가 단계에서 기기 및 콘텐츠 점검, 안전 및 건강 관리, 학습 성과 평가 절차를 체계화하는 기준으로 활용할 수 있다.

정리해 보면, 본 연구는 기존 XR 기반 교육·훈련 설계 프레임워크가 콘텐츠 설계나 기술 개발, 사용자 경험 등 부분적인 설계 요소에 초점을 두었던 것과 달리, XR 기반 교육·훈련 프로그램의 기획, 개발, 운영 및 평가의 전 과정을 포괄하는 통합 가이드라인을 제시하였다는 데 의의가 있다. 또한, ADDIE 모델을 기반으로 XR 기반 교육·훈련 가이드라인을 구조화하여 XR 기반 교육을 개별 콘텐츠 개발 수준이 아니라 프로그램의 설계 및 운영 체계로 확장하고, 기존의 교수설계 프레임워크에 XR 기술 환경, 학습자 경험, 안전 및 윤리, 운영 및 기술 인프라 요소를 통합한 확장된 가이드라인을 제시하였다는 점에서 학문적 기여를 가진다.

따라서 본 연구는 XR 기반 교육·훈련 프로그램을 기획, 개발, 운영, 평가하는 과정에서 참고할 수 있는 공통의 기준을 제시하였다는 점에서 실제적인 기여를 할 것으로 기대한다. 그러나 본 연구에서 개발한 XR 기반 교육·훈련 가이드라인을 실제 학교교육, 직업교육, 전문훈련 환경에 적용하여 실증적인 교육 현장에서의 검증이 이루어지지 못한 한계를 가진다. 또한, 인공지능 기반 학습 분석, 멀티모달 데이터 활용 등 최신 기술을 반영하여 XR 기술이 지속적으로 발전해 감에 따라 평가 지침의 고도화도 요구된다. 향후 연구에서는 본 가이드라인을 다양한 교육·훈련 현장에 적용하여 실증적인 효과를 검증하고, 기술 발전을 반영한 평가 지침

의 고도화를 통해 XR 기반 교육·훈련 가이드라인이 지속적으로 보완 및 확장될 필요가 있다.

참고문헌

- [1] Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Transactions on Information and Systems*, 77(12), 1321–1329.
- [2] Doolani, S., Wessels, C., Kanal, V., Sevastopoulos, C., Jaiswal, A., Nambiappan, H., & Makedon, F. (2020). A review of extended reality (XR) technologies for manufacturing training. *Technologies*, 8(4), 77. <https://doi.org/10.3390/technologies8040077>
- [3] Pimentel, D., Fauville, G., Frazier, K., McGivney, E., Rosas, S., & Woolsey, E. (2022). *Learning in the metaverse: A guide for practitioners—An introduction to learning in the metaverse*. Meridian Treehouse Immersive Learning.
- [4] Emma, O. (2026). Extended reality in the digital age: A literature review on technology-driven learning environments. *Computers & Education: X Reality*, 8, 100127. <https://doi.org/10.1016/j.cexr.2025.100127>
- [5] Ota, Y., Aikawa, G., Nishimura, A., Kawashima, T., Imanaka, R., & Sakuramoto, H. (2024). Effects of educational methods using extended reality on pre-registration nursing students' knowledge, skill, confidence, and satisfaction: A systematic review and meta-analysis. *Nurse Education Today*, 141, 106313. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2024.106313>
- [6] Rozman, J. (2020). *The synthetic training environment*. Spotlight SL, 20–6. Association of the United States Army. <https://www.ausa.org/publications/synthetic-training-environment>
- [7] van Oijen, J. (2022). Human behavior models for adaptive training in mixed human-agent training environments. *Proceedings of the 2022 Interservice/Industry Training, Simulation and Education Conference (IITSEC)*, Orlando, FL, USA.
- [8] Chuah, S. H.-W. (2019). Wearable XR-technology: Literature review, conceptual framework and future research directions. *International Journal of Technology Marketing*, 13(3/4), 205–259. <https://doi.org/10.1504/IJTMKT.2019.104586>
- [9] Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 147, 103778. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>
- [10] Ministry of Food and Drug Safety. (2025). *Guideline for Approval and Review of Digital Medical Devices Applying Extended Reality Technologies*. https://www.mfds.go.kr/brd/m_1060/view.do?seq=15652
- [11] Korea Creative Content Agency. (2018). *A study on safety guidelines for virtual reality games(KOCCA17-70)*. Korea Creative Content Agency. <https://www.kocca.kr/kocca/bbs/view/B0000147/1835821.do?menuNo=204153>
- [12] Ministry of Science and ICT, & National IT Industry Promotion Agency. (2020). *VR-AR device production and use guidelines*. Ministry of Science and ICT / National IT Industry Promotion Agency. <https://www.nipa.kr/home/2-7-1-1/8150>
- [13] Ministry of Science and ICT, Electronics and Telecommunications Research Institute, & Korea Virtual Reality Industry Association. (2018). *Safety guidelines for the use and production of VR/AR*. Ministry of Science and ICT / ETRI / KoVRA.
- [14] Yonsei University Barun ICT Research Institute. (2018). *VR user/developer guidelines 2.0*. Barun ICT Research Institute. <https://www.barunict.kr/?p=8162>
- [15] International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector (ITU-T). (2021). *Influencing factors on quality of experience for virtual reality services (Recommendation ITU-T G.1035)*. Geneva, Switzerland: ITU. <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.1035>
- [16] International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector (ITU-T). (2022). *Quality of experience influencing factors for augmented reality services (Recommendation ITU-T G.1036)*. Geneva, Switzerland: ITU. <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.1036>
- [17] Korea Education and Research Information Service. (2018). *A Study on Human Factors Guidelines for Virtual Reality (VR) Technology(RR 2018-8)*. Korea Education and Research Information Service. <https://www.keris.or.kr/main/ad/pblcte/selectPblcteRRInfo.do?mi=1138&pblcteSeq=13183>
- [18] Korea Education and Research Information Service. (2022). *A study on guidelines for the educational use of the metaverse(KR 2022-06)*. Korea Education and Research Information Service. <https://www.keris.or.kr/main/ad/pblcte/selectPblcteRRInfo.do?mi=1138&pblcteSeq=13644>
- [19] ClassVR. (2022a). *50 creative ways to use ClassVR*. <https://www.classvr.com/downloads/50-creative-ways-to-use-classvr/>
- [20] ClassVR. (2022b). *A guide to VR & AR in education (White paper)*. <https://www.classvr.com/virtual-reality-in-education>
- [21] Johnson-Glenberg, M. C., Birchfield, D. A., Tolentino, L., & Koziupa, T. (2014). Collaborative embodied learning in mixed reality motion-capture environments: Two science studies. *Journal of Educational Psychology*, 106(1), 86–104. <http://dx.doi.org/10.1037/a0034008.supp>
- [22] Mitra, S., & Acharya, T. (2007). Gesture recognition: A survey. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics—Part C: Applications and Reviews*, 37(3), 311–324. <https://doi.org/10.1109/TSMCC.2007.893280>
- [23] Plopski, A., Hirzle, T., Norouzi, N., Qian, L., Bruder, G., & Langlotz, T. (2022). The eye in extended reality: A survey

on gaze interaction and eye tracking in head-worn extended reality. *ACM Computing Surveys*, 55(3), 1-39. <https://doi.org/10.1145/3491207>

- [24] Kunz, A., & Wegener, K. (2013). Towards natural user interfaces in VR/AR for design and manufacturing. *eniPROD-UTRUSTIT Technische Universität Chemnitz: VAR-2013 Realität Erweitern*, 23-34. <https://doi.org/10.3929/ethz-a-007611572>
- [25] Sereno, M., Wang, X., Besançon, L., McGuffin, M. J., & Isenberg, T. (2022). Collaborative work in augmented reality: A survey. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 28(6), 2530-2549. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2020.3032761>
- [26] Lukosch, S., Billingham, M., Alem, L., & Kiyokawa, K. (2015). Collaboration in augmented reality. *Computer Supported Cooperative Work*, 24, 515-525. <https://doi.org/10.1007/s10606-015-9239-0>
- [27] Blum, T., Sielhorst, T., & Navab, N. (2007). *Advanced augmented reality feedback for teaching 3D tool manipulation*. In New Technology frontiers in minimally invasive therapies. Lupiens Biomedical Publications.
- [28] Lopez-Garate, M., Lozano-Rodero, A., & Matey, L. (2008, May). An adaptive and customizable feedback system for VR-based training simulators. *Proceedings of the 7th international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems-Volume 3* (pp. 1635-1638).
- [29] Lawshe, C. H. (1975). A quantitative approach to content validity. *Personnel Psychology*, 28(4), 563-575.
- [30] Ayre, C., & Scally, A. J. (2014). Critical values for Lawshe's content validity ratio: Revisiting the original methods of calculation. *Measurement and Evaluation in Counseling and Development*, 47(1), 79-86. <https://doi.org/10.1177/0748175613513808>
- [31] Lee, J.-S. (2001). *Delphi method*. Kyoyookbook.
- [32] Jung, Y., & Jang, E. (2004). A study on quality management evaluation criteria for ensuring excellence in e-learning courses. *Journal of Educational Information and Media*, 10(2), 159-192.
- [33] Hwang, Y. (2013). *A study on the design guidelines and prototype development of a mobile augmented reality educational system based on affordance theory* [Doctoral dissertation], Hanyang University.



박주연

- 2003년 이화여자대학교 사범대학 초등교육과(학사)
- 2005년 이화여자대학교 사범대학 초등교육학과(석사)
- 2015년 이화여자대학교 일반대학원 교육공학과(교육공학박사)
- 2020년~현재 덕성여자대학교 차미리사교양대학 부교수

✚ 관심분야 : XR기반교육, AI융합교육, 컴퓨팅사고, 창의성교육

✉ juyeonpark@duksung.ac.kr



서희전

- 1991년 연세대학교 교육학과(학사)
- 1994년 이화여자대학교 사범대학 교육공학과(석사)
- 2004년 이화여자대학교 일반대학원 교육공학과(교육공학박사)
- 2010년~현재 동명대학교 유아교육과 교수

✚ 관심분야 : XR기반교육, 유아디지털교육, 디지털 시민성교육

✉ suh@tu.ac.kr



박남수

- 1996년 단국대학교 사범대학 한문교육학과(학사)
- 2012년 이화여자대학교 교육대학원 교육공학과(석사)
- 2018년 이화여자대학교 일반대학원 교육공학과(교육공학박사)
- 2022년~현재 삼육대학교 교육혁신원 특임교수

✚ 관심분야 : XR기반교육, 융복합교육, AI기반 교육, 컴퓨팅사고력

✉ nspark@syu.ac.kr

부 록

Table 2. 2차 델파이 연구결과

중영역	세부영역	M	SD	CVR
계획 및 설계				
목표설정	1. 교육·훈련 목표 설정	4.6	0.71	0.76
분석	1. 학습 내용 분석	4.6	0.71	0.76
	2. 학습자 분석 (사전검사 등)	4.6	0.71	0.76
	3. 학습 환경 분석	4.6	0.70	0.76
교수 설계	1. 동기부여 전략 활용	4.3	1.21	0.65
	2. 상호작용성 촉진 설계	4.8	0.39	1.00
	3. 학습자 수준별 대응	4.5	0.62	0.88
평가 설계	1. 목표 및 성취수준 측정방법	4.7	0.59	0.88
	2. 평가/피드백 전략	4.6	0.61	0.88
	3. 평가/피드백 대시보드 화면 설계	4.5	0.80	0.65
시스템 및 SW 버전관리	1. 애플리케이션 설치 및 업데이트	4.1	1.20	0.41
	2. 조작오류 대처	4.3	1.10	0.53
인터페이스 디자인	1. 그래픽 유저 인터페이스(GUI)	4.9	0.33	1.00
	2. 사운드	4.5	0.80	0.65
이용 안전 설계	1. 멀미, 시각적 피로, 신체부담 등	4.6	0.70	0.76
	2. 사용 매뉴얼 및 튜토리얼 제공 계획	4.4	1.11	0.53
	3. 개인 정보 보안 설계	4.3	1.10	0.53
개발				
준비	1. 개발환경 설정방안	4.2	1.13	0.41
	2. 권장사항 및 작업폴더 규정	3.7	1.10	0.18
	3. 콘텐츠 준비방안	4.3	0.85	0.53
콘텐츠 개발	1. 개발 개요서	4.1	1.34	0.41
	2. 학습 흐름도	4.2	0.90	0.41
	3. 내용구성 원고	4.2	1.09	0.65
	4. 스토리보드	4.2	1.09	0.65
	5. 3D제작	4.2	1.03	0.76
	6. 저작도구 활용 멀티미디어 제작	4.5	0.62	0.88
상호작용 방법	1. 상호작용을 위한 인터페이스 개발	4.8	0.39	1.00
	2. 상호작용성 향상을 위한 콘텐츠 개발	4.7	0.47	1.00
평가/피드백	1. 평가 및 피드백 대시보드 화면 개발	4.4	0.80	0.65
사용자 대상 테스트	1. 명령 조작 오류	4.2	0.90	0.41
	2. 조작과 인지의 부조화	4.7	0.47	1.00
	3. 알파테스트/베타테스트	4.1	0.93	0.29
	4. 사용매뉴얼 및 튜토리얼 개발	4.4	1.11	0.53
기술테스트	1. 테스트앱(도구) 활용을 통한 테스트	3.9	1.09	0.41
	2. 에셋번들 테스트	3.4	1.42	-0.06
	3. 운영서버를 통한 에셋번들 테스트	3.4	1.50	-0.06
운영 및 평가				
운영환경구성	1. 콘텐츠 설치 방법	4.0	1.12	0.29
운영 인력	1. 보조인력 확보 및 운영계획	3.8	1.01	0.29
XR기기 사용법	1. XR 기기 권장 규격, 사용방법	4.2	1.07	0.53
XR 콘텐츠 활용방법	1. 콘텐츠별 정보	4.6	0.61	0.88
	2. 콘텐츠별 수업활용 안내	4.5	0.62	0.88
업로드	1. 콘텐츠를 플랫폼으로 전송	3.8	0.73	0.29
이용 및 안전	1. 학습자를 위한 건강/안전 이용 유의점	4.4	1.06	0.65
	2. 관리자를 위한 건강/안전 이용 유의점	4.4	1.06	0.65

중영역	세부영역	M	SD	CVR
평가	1. 개인차원 평가	4.4	0.71	0.76
	2. 다자간 협력 평가	4.5	0.72	0.76
	3. 멀티모달 학습 분석	4.5	0.62	0.88
부록				
콘텐츠/기기 선정	1. 확인 체크리스트	4.2	0.75	0.65
추천콘텐츠	1. 추천콘텐츠 리스트	3.7	1.16	0.06
환경	1. 기술요구사항 체크리스트	4.2	0.81	0.53
이용 및 안전	1. 플레이 방법, 이용시간, 휴식시간	4.4	0.86	0.53
	2. 학습자 건강 자가진단 체크리스트	3.9	1.11	0.18
	3. 관리자 이용전·중·후 체크리스트	3.9	1.05	0.29

Table 4. XR 기반 교육·훈련 가이드라인

단계	영역
계획 및 설계	1.1 교육목표설정과 XR 환경의 특성
	1.2 학습자 유형에 따른 교육의 특징과 XR 환경
	1.3 네트워크 환경 및 XR 장비·환경
	1.4 수업 설계 전략
	1.5 상호작용성 촉진 설계
	1.6 안전한 XR 환경을 위한 휴먼 팩터 요소 점검
개발	2.1 XR 교육·훈련 콘텐츠 선정
	2.2 XR 교육·훈련 콘텐츠 개발 원칙
	2.3 XR 교육·훈련 콘텐츠 설계 및 도입 기준
	2.4 XR 콘텐츠 점검 가이드라인
운영 및 평가 단계	3.1 XR 사용 기기 점검 가이드라인
	3.2 XR 콘텐츠 사전 안내 가이드라인
	3.3 XR 교육·훈련 안전 확보를 위한 가이드라인
	3.4 미성년자 대상 XR 교육·훈련 학부모 및 교사 안전 가이드라인
	3.5 학습자 건강 상태의 사전·사후 관리 가이드라인
	3.6 기타 점검 가이드라인
	3.7 XR 교육·훈련의 성과 제고 전략



Appendix 1. XR 기반 교육·훈련 가이드라인 최종본