

XR UX 휴리스틱 원칙 도출 및 인공지능 모델을 활용한 휴리스틱 적용 방안 연구

XR 게임 콘텐츠 중심으로

Developing XR UX heuristic and applying them via AI models

Focusing on XR game content

주 저 자 : 곽태영 (Kwak, Tae Young) 연세대학교 통합디자인학과 석사과정

공 동 저 자 : 박수진 (Park, Su Jin) 연세대학교 통합디자인학과 박사 후 연구원

공 동 저 자 : 박수빈 (Park, Su Bin) 연세대학교 통합디자인학과 석사과정

공 동 저 자 : 김연재 (Kim, Yeon Jae) 연세대학교 통합디자인학과 석사과정

공 동 저 자 : 황재원 (Hwang, Jae Won) 연세대학교 통합디자인학과 석사과정

교 신 저 자 : 이상원 (Lee, Sang Won) 연세대학교 통합디자인학과 교수
sangwon.lee@yonsei.ac.kr

<https://doi.org/10.46248/kidrs.2025.3.215>

접수일 2025. 08. 19. / 심사완료일 2025. 08. 30. / 게재확정일 2025. 09. 08. / 게재일 2025. 09. 30.

본 연구는 문화체육관광부 및 한국콘텐츠진흥원의 2024년도 문화체육관광 연구개발사업으로 수행되었습니다.

(과제명 : XR 공간 반응형 콘텐츠 최적화를 위한 멀티모달 UX 평가 플랫폼 기술 개발,

과제번호 : RS-2024-00361757)

Abstract

This study posits that the stagnation in the XR game market's growth stems chiefly from the absence of UX heuristics. Accordingly, we formalize thirteen UX heuristic principles that reflect the distinctive properties of XR environments. We selected thirteen major scholarly articles published since 2019 and conducted open coding, integrating the codes into higher order categories. We then applied these categories to seven representative XR games to assess UX elements by criterion. To enhance objectivity and efficiency in the evaluation process, we built a retrieval augmented generation (RAG) based AI UX evaluation model trained on 1,515 case instances. Given in-game images and contextual descriptions as input the model analyzes UX elements against the thirteen principles and proposes improvements. Analyzing the model's effectiveness separately for a gamer group and an HCI researcher group, we found that the thirteen heuristic principles served as a common evaluation framework, improving inter rater agreement on terminology and categories. By addressing prior limitations of heuristic analysis related to standardization and consistency, the proposed framework and model can enhance the practical utility of UX evaluation for XR games.

Keyword

XR game content(XR 게임 콘텐츠), UX evaluation(사용자 경험 평가), AI(인공지능)

요약

본 연구는 XR 게임 시장 성장 정체성의 핵심 요인을 UX 휴리스틱의 부재로 보고, XR 환경의 특수성을 반영한 13개 UX 휴리스틱 원칙을 체계화하였다. 2019년 이후 발표된 주요 학술 논문 13편을 선별해 오픈 코딩한 뒤 상위 범주로 통합하고, 이를 대표적인 XR 게임 7종에 적용하여 UX 요소를 항목별로 진단하였다. 이후 UX 평가 과정에 있어 객관성과 효율성을 높이기 위해 1,515건의 사례 데이터를 학습한 RAG 기반 AI UX 평가 모델을 제작하였다. 해당 모델은 인 게임 이미지와 상황 설명을 입력하면, 앞서 도출한 13가지 원칙 기반으로 UX적인 요소를 분석해 개선 방안까지 제시하도록 설계되었다. 해당 모델의 효과성을 게이머 그룹과 HCI 연구자 집단으로 나누어 분석 결과, 13개의 휴리스틱 원칙은 평가의 공용 프레임으로 작용해 분석자 간의 용어 및 범주에 대해서 합치도 향상에 기여했으며, AI 모델은 휴리스틱 원칙 매핑 정확도 및 효율 개선에 기준선을 제공했다. 본 연구는 기존 휴리스틱 분석에서 표준화, 일관성과 관련해 부족했던 한계를 보완함으로써, 제안한 프레임과 모델이 XR 게임 UX 평가의 활용성을 높일 수 있다.

목차

1. 서론

- 1-1. 연구 배경
- 1-2. 연구 필요성
- 1-3. 연구 방법 및 범위

2. 이론적 배경

- 2-1. UX 휴리스틱

- 2-2. XR UX 디자인 원칙 및 가이드라인

- 2-3. XR 게임 UX

- 2-4. 인공지능 기반 데이터 분석 및 설계

3. XR UX 원칙 도출

- 3-1. 문헌 검색 및 선정 방법

- 3-2. XR UX 휴리스틱 원칙 범주화

- 3-3. 분류 검증

3-4. XR 게임 사례 분석

4. XR 게임 UX 분석 모델 개발

4-1. 모델 학습 데이터 수집

4-2. 데이터 검증

4-3. 인공지능 기반 UX 평가 모델 제작

4-4. 모델 성능 평가

5. 결론

참고문헌

1. 서론

1-1. 연구 배경

확장현실(eXtended Reality, XR)은 현실 공간과 디지털 정보를 실시간으로 융합하여 몰입형 상호작용을 구현하는 기술이다. 최근 XR은 게임, 의료, 교육, 전시 등 다양한 산업 분야에서 혁신 동력으로 활용되고 있으며, 여러 선행 연구에서 XR 기반 서비스의 경제적·사회적 긍정적 효과를 언급하고 있다.^{1),2)} 이러한 XR 환경은 3D 공간 이동, 제스처, 시선 추적, 햅틱 및 공간 오디오와 같은 다양한 멀티모달 요소를 활용한다. 따라서 기존의 2D 화면 기반 UI와는 다른 공간적, 감각적, 인지적 설계가 요구된다.³⁾

특히 게임 산업은 XR 기술의 발전과 UX 혁신을 선도하는 대표적 분야로 주목받고 있다. 글로벌 XR 시장 보고서에 따르면, 2023년 전체 XR 시장 매출 중 게임 부문이 32.1%로 가장 큰 비중을 차지했으며, 향후 2030년까지 연평균 32.9%의 지속적인 성장이 전망된다⁴⁾. 게임 산업이 XR 시장에서 큰 비중을 차지하는 이유는 게임 콘텐츠가 XR의 핵심 요소인 몰입감과 상호작용 등을 가장 효과적으로 구현할 수 있는 분야이

기 때문이다.⁵⁾ 이처럼 사용자의 몰입감과 즉각적인 피드백, 다양한 상호작용 요소가 강조되기 때문에 그래픽, 사운드, 햅틱, 내러티브 시나리오와 같은 다양한 경험 요소가 유기적이고 정교하게 통합된 XR 콘텐츠 설계가 필요하다.⁶⁾ 따라서 XR 게임 콘텐츠의 UX 요소 분석은 다양한 산업 분야로 확장되고 있는 XR 기술의 사용자 경험 설계 원칙을 정립하는 데 기초 자료로서 XR 전반에 걸쳐 기여할 수 있다.

1-2. 연구 필요성

사용자 경험을 효과적으로 진단하는 데 널리 활용되는 휴리스틱 평가는 경험적으로 축적된 규칙 기반의 방법론으로 정보기술(IT) 분야 전반에서 폭넓게 적용되어 왔다⁷⁾. XR 분야에서도 휴리스틱 접근은 직관적인 사용자 안내 및 신속한 문제 진단을 위해 활용되고 있다.⁸⁾ 그러나 기존의 휴리스틱 평가 방법은 주로 2D 사용자 인터페이스(UI)를 중심으로 설계되어 있기 때문에, XR 환경의 고유한 특성인 3D 공간성, 몰입감, 현실감, 멀티모달 상호작용과 같은 요소들을 충분히 포괄하지 못한다는 한계점이 지적되고 있다.⁹⁾ 이로 인해 XR 게임의 사용자 경험 평가는 특정한 장면이나 제한

1) M. Zhang, L. Shu, X. Luo, M. Yuan, and X. Zheng, 'Virtual Reality Technology in Construction Safety Training: Extended Technology Acceptance Model', Automation in Construction, 2022.

2) S. Vi, T. S. da Silva, and F. Maurer, 'User Experience Guidelines for Designing HMD Extended Reality Applications', Human-Computer Interaction-INTERACT 2019, 2019. 09, pp.319-341.

3) H. Lee, 'A Unified Conceptual Model of Immersive Experience in Extended Reality', Computers in Human Behavior Reports, 2025, Vol.18.

4) Grand View Research, 'Extended Reality (XR) Market Size, Share & Trends Analysis Report, 2024-2030', Grand View Research, 2024.

5) H. Marín-Vega, G. Alor-Hernández, M. Bustos-López, I. López-Martínez, and N. L. Hernández-Chaparro, 'Extended Reality (XR) Engines for Developing Gamified Apps and Serious Games: A Scoping Review', Future Internet, 2023, Vol.15, No.12.

6) Y. Hu, Z. Li, and D. Wang, 'Multimodal Experience Integration for Enhanced Immersion in Extended Reality', Proceedings of the IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR), 2025, pp.112-121.

7) G. Gigerenzer and W. Gaissmaier, 'Heuristic Decision Making', Annual Review of Psychology, 2011, Vol.62, No.1, pp.451-482.

8) Vi et al., Op. cit. 2019, p.330.

된 시나리오에 국한되는 경향이 있으며, XR 주요 특성을 제대로 반영하지 못하는 한계를 보인다.¹⁰⁾

이러한 한계를 보완하고자 최근 연구들은 XR 환경에 특화된 UX 지표를 지속적으로 제안하고 있다. Pfeuffer et al.은 gaze+pinch 입력 방식에서 발생하는 멀티모달 타이밍 오류와 연속적인 제스처 처리 문제를 분석하며 기존의 2D 기반 휴리스틱의 한계를 지적하였다.¹¹⁾ Ciccarelli et al.은 산업용 MR 훈련 시스템 사례 연구를 통해 사용자 상호작용, 콘텐츠, 성능의 세 가지 주요 영역에서 15개의 설계 원칙을 도출하였으며, 이 원칙들이 학습 효율과 사용자 만족도를 실질적으로 향상시킨다고 실증하였다.¹²⁾ Hari Chandana et al.은 몰입감, 인지 부하, 편안함과 같은 사용자 경험 요소를 정량적으로 측정할 수 있는 메트릭을 제안하였고¹³⁾, Tsou와 Mejia는 다수 사용자가 참여하는 대규모 환경에서 표준화된 프레임워크가 부족하다는 점을 강조하며 시선 추적, 음성, 행동 로그 데이터를 통합적으로 분석할 필요성을 제기하였다.¹⁴⁾ 이와 같이

XR 환경의 복잡적이고 다양한 사용자 경험 요소를 반영할 수 있는 UX 지표의 개발 필요성이 꾸준히 제기되고 있다.

최근 기술의 고도화로 인공지능(AI)을 활용하여 콘텐츠와 상황 맥락에 맞는 맞춤형 평가 문항을 실시간으로 자동 생성 및 업데이트하는 접근 방식이 주목받고 있다.¹⁵⁾ 하지만, XR 게임 특성에 특화된 휴리스틱과 같이 UX 평가 지표를 통합한 AI 기반의 평가 체계를 다룬 연구는 현재까지 미비하다. 그렇기에 빠르게 다변화되는 XR 시장에서 기존의 UX 평가 지침들만으로는 분석 시의성 및 용의성이 부족함으로, 표준화된 XR UX 원칙 수립 및 실용성 있는 평가 방안이 필요한 시점이다. 따라서 본 연구는 XR 환경에 특화된 휴리스틱의 부재가 XR 게임 시장 성장의 주요 장애 요소라고 판단하고, XR 환경을 반영한 UX 휴리스틱 원칙을 체계적으로 도출하고자 한다. 또한, 인공지능을 활용한 적응형 XR 게임 UX 휴리스틱 평가 모델을 제안하고, 이를 실제 XR 게임 사례에 적용하여 평가함으로써 XR 게임 UX의 실질적 개선 방향에 대한 시사점을 제시하고자 한다.

1-3. 연구 방법 및 범위

본 연구는 XR 환경에 특화된 UX 휴리스틱 원칙을 체계적으로 도출하고, 이를 실제 사례 분석과 인공지능 기반 평가 모델 개발로 확장하기 위해 다음 세 단계로 나누어 구성하였다. 첫째, 2019년 이후 Scopus에 등재된 주요 학술 논문을 대상으로 문헌 연구를 수행하여 XR 환경의 특수성을 반영한 주요 휴리스틱 원칙을 도출하였다. 둘째, 선정된 XR 게임 콘텐츠에 도출된 원칙을 적용하고, 각 사례별로 UX 측면에서 나타난 장/단점 요소를 분석하였다. 마지막으로 앞서 도출한 휴리스틱 원칙과 사례 데이터를 기반으로 Retrieval Augmented Generation(RAG) 구조의 인공지능 UX 평가 모델을 설계·구축하여 XR 게임 UX 평가의 객관성과 효율성을 제고하고자 하였다.

9) A. Hily, L. Dupont, G. Arbelaez-Garcés, M. Camargo, and J. Dinet, 'Evaluation and Validation Process of Extended Reality Applications Developed in an Industrial Context: A Systematic Review', *SN Computer Science*, 2023, Vol.4, No.5.

10) I. L. Chamusca, Y. Cai, P. M. Silva, C. V. Ferreira, T. B. Murari, A. L. Apolinario Jr., and I. Winkler, 'Evaluating Design Guidelines for Intuitive, Therefore Sustainable, Virtual Reality Authoring Tools', *Sustainability*, 2024, Vol.16, No.5, p.1744.

11) K. Pfeuffer, H. Gellersen, and M. Gonzalez-Franco, 'Design Principles and Challenges for Gaze + Pinch Interaction in XR', *IEEE Computer Graphics and Applications*, 2024, Vol.44, No.3, pp.74-81.

12) M. Ciccarelli, A. Brunzini, A. Papetti, and M. Germani, 'Interface and Interaction Design Principles for Mixed Reality Applications: The Case of Operator Training in Wire Harness Activities', *Procedia Computer Science*, 2022, 08, Vol.204, pp.540-547.

13) B. Hari Chandana, N. Shaik, and P. Chitralingappa, 'Exploring the Frontiers of User Experience Design: VR, AR, and the Future of Interaction', *Proceedings of the 2023 International Conference on Computer Science and Emerging Technologies (CSET)*, 2023, pp.1-6.

14) M. H. Tsou and C. Mejia, 'Beyond Mapping: Extend the Role of Cartographers to User Interface Designers in the Metaverse Using Virtual Reality,

Augmented Reality, and Mixed Reality', *Cartography and Geographic Information Science*, 2024, 09, Vol.51, No.5, pp.659-673.

15) O. Nakov, M. Lazarova, and N. Hinov, 'Advanced Technologies and Applications in Computer Science and Engineering', *Electronics*, 2025, Vol.14, No.4, p.753.

2. 이론적 배경

2-1. UX 휴리스틱

휴리스틱은 복잡한 환경에서 사용자와 시스템 간의 상호작용을 단순화하고 효율적으로 이끌기 위한 직관적인 설계 원칙이다.¹⁶⁾ 이러한 휴리스틱 접근법은 현실적으로 가능한 범위 내에서 효과적인 해결책을 추구하며, 이는 불완전한 정보나 제한된 자원 속에서도 신속하고 효과적인 의사결정을 가능하게 한다.¹⁷⁾

휴리스틱 평가는 사용성의 원칙을 기반으로 사용자 인터페이스의 문제를 빠르고 효과적으로 진단할 수 있다는 장점이 있다.¹⁸⁾ 이는 Nielsen과 Molich에 의해 처음 제안된 이후, 디지털 인터페이스의 사용성 평가 분야에서 전문가 중심의 주요 방법론으로 자리 잡았다.¹⁹⁾ Nielsen은 이를 구체화하여 '가시적 시스템 상태(Visibility)', '실세계와의 일치(Match)', '사용자 제어와 자유(Control & Freedom)', '일관성(Consistency)', '오류 예방(Error Prevention)' 등 총 10가지의 원칙을 제시하였으며, 이를 통해 그래픽 사용자 인터페이스(GUI)의 사용성 문제를 효율적으로 평가할 수 있는 기반을 마련하였다.²⁰⁾

Nielsen 휴리스틱 원칙은 이후 다양한 매체와 맥락으로 확장되어, 각각의 상황에 적합한 새로운 휴리스틱 개발과 적용 사례 연구 등으로 지속적인 발전을 보였다. Sutcliffe & Kaur는 가상현실 환경의 몰입형 3D 인터페이스 평가를 위해 시야각, 현실과 가상의 정합성, 공간 탐색 지원 등 총 12가지 항목의 휴리스틱을 제안하여 평가 범위를 확대하였다.²¹⁾ Federoff와

Desurvire & Wiberg는 게임의 플레이어빌리티 관점에서 몰입감, 동기부여, 학습 곡선과 같은 게임 고유의 경험 요인을 강조하는 "PLAY" 휴리스틱을 개발하였다.²²⁾²³⁾ Aottiwerch & Kokaew는 Shneiderman의 8가지 황금률 휴리스틱을 AR 교육 애플리케이션 설계 및 평가에 적용하여 학생들의 학습 효과와 만족도를 유의미하게 개선하였다.²⁴⁾ Sugisaki와 Bleiker는 Nielsen의 사용성 휴리스틱과 언어학 이론을 결합하여 텍스트 기반의 대화형 사용자 인터페이스(CUI)에 특화된 휴리스틱을 개발하였으며, 전문가 타당도 검증을 통해 설계 및 평가를 위한 구체적인 체계적인 지침으로 제시하였다.²⁵⁾ 또한 Putjorn et al.은 과학 실험을 위한 VR 교육 게임 설계 및 평가 과정에서 Nielsen의 휴리스틱을 적용하여 사용성 및 학습 효과를 높이고 이를 실제 사용자 평가를 통해 검증하였다.²⁶⁾ 최근에는 Pashangpour & Nejat가 Nielsen의 휴리스틱을 기반으로 지능형 의료 로봇과 LLM 기반 인터페이스의 상호작용 특성을 반영한 새로운 11가지의 도메인 특화 휴리스틱을 개발하여 의료 환경에서의 인간과 로봇 간의 상호작용 설계 및 평가 기준을 제시하였다.²⁷⁾

16) J. Nielsen, 'Enhancing the Explanatory Power of Usability Heuristics', Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 1994. 04, pp.152-158.

17) A. Tversky and D. Kahneman, 'Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases', Science, 1974, Vol.185, No.4157, pp.1124-1131.

18) Nielsen, Op. cit. 1994, pp.152-158.

19) J. Nielsen and R. Molich, 'Heuristic Evaluation of User Interfaces', Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 1990. 03, pp.249-256.

20) Nielsen, Op. cit. 1994, pp.152-158.

21) A. G. Sutcliffe and K. Kaur, 'Evaluating the Usability of Virtual Reality User Interfaces', Behaviour & Information Technology, 2000, Vol.19, No.6, pp.415-426.

22) M. A. Federoff, 'Heuristics and Usability Guidelines for the Creation and Evaluation of Fun in Video Games', Indiana University 석사학위논문, 2002.

23) H. Desurvire and C. Wiberg, 'Game Usability Heuristics (PLAY) for Evaluating and Designing Better Games: The Next Iteration', International Conference on Online Communities and Social Computing, 2009. 07, pp.557-566.

24) P. Aottiwerch and S. Kokaew, 'Development of an Augmented Reality Application for English Learning Based on HCI Design Principles', International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET), 2017, Vol.12, No.10, pp.4-11.

25) K. Sugisaki and A. Bleiker, 'Usability Guidelines and Evaluation Criteria for Conversational User Interfaces: A Heuristic and Linguistic Approach', Mensch und Computer 2020, 2020, pp.667-671.

26) P. Putjorn, N. Panyawut, W. Srihiran, S. Chanchalor, and I. Chaayasuk, 'Usability Heuristics Evaluation of a VR Science Laboratory Simulator Using Nielsen's Heuristics', Procedia Computer Science, 2024, Vol.227, pp.130-139.

27) M. Pashangpour and G. Nejat, 'Future of Intelligent Healthcare: A Systematic Analysis and Discussion on the Integration and Impact of Robots Using Large Language Models for Healthcare', Robotics, 2024, Vol.13, No.8, p.112.

이처럼 사용자 경험 향상을 위한 설계 지침 및 평가 도구로서 휴리스틱에 대한 지속적인 연구가 이루어져 왔다. 시대의 변화와 기술의 발전에 따라 휴리스틱의 적용 대상과 범위는 점차 확장되었다. 이에 따라 선행 연구에서 도출된 휴리스틱을 활용하거나 이를 재해석하고 확장하여 각 도메인에 최적화된 새로운 휴리스틱을 개발하는 연구가 활발히 이루어지고 있다. 결과적으로 휴리스틱은 빠르고 정확한 UX 평가를 지원하는 효과적이고 실무적 유용성이 높은 도구로서 디자인 및 개발 과정 전반에서 광범위하게 활용되고 있다.

2-2. XR UX 디자인 원칙 및 가이드라인

XR은 가상현실(Virtual Reality, VR), 증강현실(Augmented Reality, AR), 혼합현실(Mixed Reality, MR)을 포괄하는 개념으로, 사용자에게 물리적 공간과 디지털 공간 간의 몰입형 상호작용 경험을 제공하는 기술이다.²⁸⁾ XR 환경은 3차원 공간 인식, 실시간 상호작용, 멀티모달 피드백 등 복합적이고 입체적인 사용자 경험을 요구하며, 이로 인해 기존 2D GUI 중심의 UX 설계 접근 방식으로는 충분히 대응하기 어렵다. 기존의 UX 디자인 원칙은 대부분 2D GUI 환경에서 도출된 경험적 규칙에 기반하여 XR 고유의 3D 공간 인지, 멀티모달 상호작용, 현존감(presence)과 같은 특수한 요소들을 충분히 반영하지 못한다.²⁹⁾ 최근 Pfeuffer et al.은 'Gaze + Pinch' 복합 입력을 활용한 실험을 통해 시선과 손 제스처 간의 분업, 타이밍 최적화, 유연한 제스처 적용 등이 필수적 설계 원칙임을 제시했지만, 이러한 통찰이 아직 표준화된 가이드라인으로는 발전하지 못하고 있다.³⁰⁾ Ciccirelli et al. 또한 산업용 MR 훈련 시스템 분석을 통해 '사용자 상호작용, 콘텐츠, 시스템 성능'과 같은 세 영역에서 15개의 설계 원칙을 도출했으나 일반화된 평가 지표를 제시하지는 못하였다.³¹⁾ Hari Chandana et al.은 몰입감, 인지 부하, 신체 안정성 등을 정량적으로 측정할 필요성을 제기했으며,³²⁾ Tsou & Mejia는 다중 사용자 환

경에서 적용 가능한 표준 UX 프레임워크의 부재를 지적하며, 시선 추적, 음성, 행동 로그 등의 통합 분석의 중요성을 강조하였다.³³⁾ 이처럼 XR 환경 전반에 적용 가능한 통합적이고 표준화된 UX 설계 원칙 및 평가 기준 마련이 시급한 실정이다.

2-3. XR 게임 UX

게임 산업은 XR 시장에서 전체의 약 32%를 차지할 정도로 핵심적인 비중을 갖고 있다. 글로벌 XR 시장 보고서에 따르면 2023년 기준 XR 콘텐츠 중 게임 분야가 가장 큰 비중을 차지하며, 연평균 32.9%의 지속적 성장을 보일 것으로 전망되고 있다. 특히, Game Developer Conference(GDC)의 조사 결과 전체 게임 개발자 중 약 35%가 XR 콘텐츠 개발에 참여하고 있으며, XR 및 AR 개발의 전략적 중요성은 지속적으로 증가하고 있다.³⁴⁾

XR 게임 UX의 품질은 몰입감과 상호작용성 등 XR 콘텐츠의 핵심 요소를 구현하는 데 결정적인 역할을 한다. 그러나 실제 산업 현장에서는 충분한 UX 평가가 이루어지지 않고 있다. GDC 및 IGDA의 업계 조사에 따르면 다수의 스튜디오들이 UX 평가의 중요성을 인지하고 있지만, 현실적으로 평가를 수행하기 어려운 주요 요인은 다음의 두 가지로 요약된다.³⁵⁾³⁶⁾ 첫째, 비용 및 시간의 제약이다. XR 게임의 프로토타입 제작부터 사용자 테스트와 반복적인 개선에 이르기까지 소요되는 예산과 일정이 매우 제한적이다. 특히 VR 실험 환경 구축과 장비 구입 비용은 중소규모 개발 스튜디오에게는 상당한 부담으로 작용한다. 둘째, 전문 인력의 부족이다. XR UX 전문가는 인간-컴퓨터 상호작용(HCI), 인지과학 및 게임 디자인 분야의 포괄적인 이해를 갖춰야 하지만, 중소 규모 스튜디오에서는 이러한 전문 인력을 별도로 채용하는 것이 현실적으로 어렵다. 이로 인해 프로젝트 단위의 외주나 내부 개발자의 개인 역량에 의존하는 경우가 빈번하다.³⁷⁾ 이러한 제약 조건으로 인해, 중소 스튜디오들은 사전 평가보다는 개발자

28) P. A. Rauschnabel, R. Felix, C. Hinsch, H. Shahab, and F. Alt, 'What is XR? Towards a Framework for Augmented and Virtual Reality', *Computers in Human Behavior*, 2022, Vol.133

29) Hily et al., Op. cit. 2023, p.637.

30) Ciccirelli et al., Op. cit. 2022, pp.540-547.

31) ibid.

32) Chandana et al., Op. cit. 2023, pp.1-6.

33) Tsou, Mejia, Op. cit. 2024, pp.659-673.

34) Game Developers Conference, 『2024 State of the Game Industry Report』, Game Developers Conference, 2024.

35) ibid.

36) International Game Developers Association and Western University, 『IGSA-DSS-2023 Summary Report』, International Game Developers Association, 2024.

의 직관이나 출시 후 사용자 리뷰에 기반하여 반복적인 사후 패치에 의존하는 경향을 보이고있다. 결과적으로 이는 XR 게임 시장의 성장과 산업 전반에 악영향을 미치는 악순환으로 이어진다.³⁸⁾ 따라서 XR 환경에 최적화된 UX 휴리스틱 평가 기준을 개발하고 이를 실제 게임 사례에 적용하여 체계적으로 UX 품질을 관리할 수 있는 실무적인 도구가 필요하다. 본 연구는 이러한 필요성을 충족하기 위해 XR의 특수성을 반영한 UX 휴리스틱 키워드를 도출하고, AI 기반의 평가 도구를 제안하여 XR 게임의 사용자 경험 평가를 효율적, 실질적으로 개선하고자 한다.

2-4. 인공지능 기반 데이터 분석 및 설계

본 연구는 XR게임 UX 휴리스틱 평가 과정을 효율화하고 객관성을 높이기 위해 인공지능(AI) 기반 데이터 분석을 적용하였다. 최근 다양한 분야에서 AI를 활용한 데이터 분석 및 설계가 높은 신뢰성과 효율성을 보여 주목받고 있다. 이러한 흐름 속에서 AI와 빅데이터의 결합은 데이터 분석과 설계 전반에 걸쳐 새로운 접근 방식을 제시하고 있다.

이와 관련하여, Akundi et al.는 Industry 5.0 관련 논문 초록 196편을 대상으로 토픽 모델링(LDA)과 빈도 분석을 수행하였으며, 이 과정에서 인공지능, 빅데이터, IoT가 Industry 5.0 담론의 중심 키워드임을 확인하였다. Misra et al.은 농식품 공급망에서 IoT 센서로부터 얻은 실시간 스트리밍 데이터를 AI와 머신러닝(ML) 모델로 분석하여 품질 추적성과 의사결정 속도를 향상시키는 통합 프레임워크를 제안하였다. 또한 이들은 의료 영상 데이터를 대상으로 딥러닝 기반의 전처리 및 앙상블 학습을 통해 데이터의 정확도와 신뢰성을 높이는 파이프라인을 개발하였다.³⁹⁾

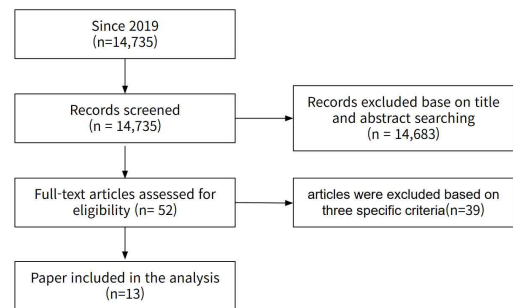
Huang et al.은 자연어 처리(NLP) 분야에서 ChatGPT-3.5 모델을 활용하여 1,191건의 병리 보고서 구조화하고 분석하였다. 연구 결과 AI 모델을 통한 분석은 전통적인 NLP 방법보다 높은 정확도를 보였으며, AI 모델을 활용한 프롬프트 엔지니어링의 가능성

을 실증하였다.⁴⁰⁾ Morgan은 질적 데이터 분석에 ChatGPT 모델을 활용한 후 수작업 테마 분석과 비교하여, 데이터 분석에서 ChatGPT 활용이 분석 시간을 크게 단축하면서 주제를 정확히 재현하는 등 효율성과 재현성을 모두 충족함을 확인하였다.⁴¹⁾ 이처럼 AI 기반의 데이터 분석이 다양한 분야에서 높은 신뢰성과 효율성을 보여주고 있음을 확인하였다.

3. XR UX 원칙 도출

3-1. 문헌 검색 및 선정 방법

XR UX 휴리스틱 원칙을 도출하기 위해 문헌 연구를 수행 하였다. 검색은 Scopus 데이터베이스를 활용 하였으며, 검색 키워드는 UX, heuristic, design, principle, XR, VR, AR, MR, guideline, framework 등의 조합으로 구성하였다.



[그림 1] 연구 대상 문헌 선정 절차

최신연구 동향을 반영하고자 검색 범위는 2019년 1월부터 2025년 2월까지의 학술 논문으로 제한하였으며, 초기 검색 결과 총 14,735편이 수집되었다. 1차적으로 세명의 연구자가 논문 제목과 초록을 독립적으로 이진 코딩 ‘포함(1) / 제외(0)’방식으로 검토하였다. 평가자 구성은 HCI 분야 박사 후 연구원 1인, HCI 분야 석사과정 연구원 2인으로 이루어졌다. 1차 합산 결과, 3인 중 2인 이상이 포함으로 판단한 52편의 논문이

37) Game Developers Conference, Op. cit. 2024

38) ibid.

39) N. N. Misra, Y. Dixit, A. Al-Mallahi, M. S. Bhullar, R. Upadhyay, and A. Martynenko, ‘IoT, Big Data, and Artificial Intelligence in Agriculture and Food Industry’, IEEE Internet of Things Journal, 2020, Vol.9, No.9, pp.6305–6324.

40) J. Huang, D. M. Yang, R. Rong, et al., ‘A Critical Assessment of Using ChatGPT for Extracting Structured Data from Clinical Notes’, NPJ Digital Medicine, 2024, Vol.7, p.106.

41) D. L. Morgan, ‘Exploring the Use of Artificial Intelligence for Qualitative Data Analysis: The Case of ChatGPT’, International Journal of Qualitative Methods, 2023, Vol.22.

후보군으로 남았으며, 2차에서 동일 평가자들이 다음과 같은 3가지 배제 기준을 가지고 재검토를 진행하였다.

- 1) 명확한 UX 지표를 언급하고 있지 않은 경우
- 2) 단순히 필요성만 언급하는 경우
- 3) 디바이스 및 생체데이터를 중점으로 다룬 경우

2차 합산 결과, 16편이 선별 되었고 이후 평가자들의 재검토 및 합의 과정을 거쳐 최종적으로 XR UX 원칙 도출에 활용할 13편의 핵심 논문을 확정하였다. 이는 다음 [표 1]과 같다.

[표 1] XR UX 도출 문헌

Reference	Major category	Subcategory
Chuah (2019)	Wearable XR-technology	Ease of Use / Effort Expectancy
		Immersion
		Presence
		Media Richness
		System Quality
		Aesthetic Experience
		Task Technology Fit
		Facilitating Conditions
Hillmann (2021)	Comfort and safety	Experiential Quality
		Interaction (affordance, signifiers, feedback)
		Environment and spatial components
		Sensory input (visual, audio, haptics)
		Engagement (storytelling, gamification)
		Constraints
Döllinger et al. (2021)	Digital Mindfulness Support	Inclusion, diversity, and accessibility
		General Design
		Guidance
Halonen (2021)	Interaction design for INDUSTRIAL XR	Feedback
		Interaction
		Touchless interaction
Garcia, S. et al. (2023)	Multimodal XR Interfaces Using a Collaborative System	Occupational safety & Personal ergonomics
		Empowering worker & Technology acceptance
		Creating Visual Consistency
		Evaluating Form-Factor Capabilities
		Establishing Consistent User Flow of Events
		Working with Form-Factor Norms and Expectations
		Determining the Context of Use

Hari Chandana B. et al. (2023)	Key Principles of UX Design for VR and AR	Immersion and Presence
		Spatial Awareness and Navigation
		Iteration and Manipulation
		Comfort and Ergonomics
Bedard et al. (2024)	Audio-visual representation supports the game	Realism and Virtual Objects
		Audio
		Layout
		Help
		Feedback
		Menu
		Learnability
	Mobility	Efficiency
		Comprehensibility
		Quick Start
Lima et al. (2024)	Ergonomics	Dynamic Change
		Interrupt Handling
		Avoid 2D Guidelines
		Consider Posture and Fatigue
	User Experience	Position Interactive Elements Ergonomically
		Layout Configuration
		Use Storytelling for Engagement
		Diegetic Interface Design
Ken Pfeuffer et al. (2024)	Gaze / Pinch / gestures	Effective Tutorials
		Division of Labor
		Minimalistic Timing
		Flexible Gesture
		Infallible Eyes
F Jiboku et al. (2024)	User Experience and Interaction in AR	Multimodal by Design
		Environment
		Movement
		Onboarding
Shi, J. (2024)	interactive design based on AR Book	Interaction
		User Interface
		Utilization of Technical Characteristics
		Content Integration
Yamin Y.M. et al. (2024)	Interaction	Design Refinement
		Social Presence and User Engagement
		Spatial Interaction and Real-Time Feedback
		Context-Awareness & Adaptability
		User-Centered Design and Cognitive Load Reduction
Tsou & Mejia (2024)	User centered design	Defining Diverse User Groups
		Iterative Design and Testing
		Prioritizing User Needs

3-2. XR 휴리스틱 원칙 범주화

최종 선정한 13편에서 추출한 개별 휴리스틱 항목 (Subcategory)들을 연구자 3인이 독립적으로 오픈 코딩한 뒤, 반복적 비교와 합의 과정을 거쳐 [표2]와 같이 상위 범주로 통합하였다. 이러한 범주화 작업은 XR 환경의 UX 이슈를 구조화하여 평가 및 설계 지침으로 직접 활용할 수 있는 핵심 원칙을 구축하기 위해 진행되었다. 그 결과, 지원(Support), 피드백(Feedback), 상호작용(Interaction), 사용성(Usability), 개인화(Personalization), 직관(Intuition), 오류방지(Error Prevention), 명확(Clarity), 일관성(Consistency), 신뢰성(Reliability), 전략(Strategy), 리얼리즘(Realism), 멀티모달(Multimodal)로 총 13개의 카테고리리를 도출하였고, 이에 대한 각각의 정의는 다음 [표 2]와 같다.

[표 2] XR UX 원칙

원칙	정의
지원 (Support)	사용자에게 제공하는 지원으로, 도움말 및 가이드라인, 튜토리얼, 스토리 가이드 등을 포함 함 ⁴²⁾⁴³⁾⁴⁴⁾⁴⁵⁾
피드백 (Feedback)	연속성을 지니지 않고, 일회적으로 제공되어 순간적으로 사용자에게 자극을 주어, 사용자의 주의를 집중시키게 하는 것 ⁴⁶⁾⁴⁷⁾
상호작용 (Interaction)	인터페이스 및 가상공간내의 물리적인 상호작용, 연속적인 피드백, 인터랙션 방법 또는 기술을 말하며 사용자와 상호작용을 포함하는 모든 요인 ⁴⁸⁾⁴⁹⁾
사용성 (Usability)	네비게이션, 컨트롤, 전환, 이동 등 사용자 중심디자인에서 사용자의 사용성을 높이기 위한 설계 및 방법을 말함 ⁵⁰⁾⁵¹⁾
개인화 (Personalization)	사용자의 개인적 특성이 담긴 데이터를 기반으로 사용자의 문화, 위치, 로그인정보, 습관 등을 고려하여 개별 맞춤 정보를 제공하는 것 ⁵²⁾⁵³⁾
직관 (Intuition)	시각적으로 눈에 잘 띄며, 인터페이스, 레이아웃, 메뉴 또한, 사용자가 시각적으로 매력을 느낄 수 있는 미학적 측면을 포함 함 ⁵⁴⁾⁵⁵⁾
오류방지 (Error Prevention)	사용자의 요구사항에 따라, 우선순위를 정해 오류를 방지 또는 오류 발생 시 빠르게 원복할 수 있으며, 사용자의 2차 오류를 예방하기 위한 목적 ⁵⁶⁾⁵⁷⁾
명확 (Clarity)	적절한 기술을 사용하고, 의미적으로 명확하여 사용자의 이해를 도우며 명확한 의미를 전달하는 경우를 말함 ⁵⁸⁾⁵⁹⁾⁶⁰⁾
일관성 (Consistency)	인터페이스 오브젝트 부분이 콘텐츠의 전체적인 맥락 및 의미가 통합되어 일관성을 가지고 있는 경우 및 그 제공 방법 ⁶¹⁾⁶²⁾
신뢰성 (Reliability)	사용자에게 제공하는 데이터의 신뢰성 및 시스템의 전체적인 설계와 이를 제공하는

	구조에 대한 신뢰도 ⁶³⁾
전략 (Strategy)	상황 및 능력에 따라 전략적인 설계 방법 및 디자인 고도화, 또한 사용자에게 제공하는 기능에 대한 설계 ⁶⁴⁾⁶⁵⁾
리얼리즘 (Realism)	현실감 있는 음향, 자연스러움, 현존감, 등의 제어가 가능한 환경조건을 말함 ⁶⁶⁾⁶⁷⁾⁶⁸⁾
멀티모달 (Multimodal)	다중감각으로 시각, 촉각, 청각,등의 사람의 오감을 기반으로 2개 이상의 감각을 동시에 활용하는 것 ⁶⁹⁾⁷⁰⁾

42) Ciccarelli et al., Op. cit. 2022.

43) S. Lima, M. F. Catapan, and J. Sasaki Zeredo, 'Construction of Interfaces in Virtual Reality: A Systematic Review Focusing on Ergonomics and User Experience', Proceedings of the 26th Symposium on Virtual and Augmented Reality, 2024. pp.257–260.

44) H. Halonen, Interaction Design Principles for Industrial XR, Lappeenranta – Lahti University of Technology 석사학위논문, 2021.

45) N. Döllinger, C. Wienrich, and M. E. Latoschik, 'Challenges and Opportunities of Immersive Technologies for Mindfulness Meditation: A Systematic Review', Frontiers in Virtual Reality, 2021, Vol.2.

46) Chandana et al., Op. cit. 2023.

47) Tsou, Mejia, Op. cit. 2024.

48) ibid.

49) Ciccarelli et al., Op. cit. 2022.

50) ibid.

51) Halonen, Op. cit. 2021.

52) Y. M. Amin, N. K. Meftin, Y. F. Nas, M. K. H. Al-Dulaimi, A. S. Hamid, H. Noga, and A. Khlaponina, 'Human-Computer Interaction in Augmented Reality Environments: Design Principles and User Experiences', Proceedings of the 36th Conference of Open Innovations Association (FRUCT), 2024. 10, pp.372–380.

53) Ciccarelli et al., Op. cit. 2022.

54) S. Garcia and M. Andujar, 'UI Design Recommendations for Multimodal XR Interfaces Using a Collaborative System', Lecture Notes in Computer Science, 2023, pp.3–14.

55) F. Jiboku and Z. Obarayi, 'User Experience and Interaction Design in Augmented Reality', Proceedings of the 6th SPAS National Conference, 2023, pp.43–49.

3-3. 분류 검증

앞서 도출한 13개의 XR UX 휴리스틱 원칙에 대해 분류 체계의 신뢰도를 정량적으로 검증하고자, 연구자 2인이 [표 1]의 핵심 논문 13편에서 추출한 사례를 도출한 XR UX 휴리스틱 요소로 독립적 재코딩하였다. 이를 기반으로 해당 데이터의 신뢰도를 평가한 결과, Cohen의 카파계수 값은 하단의 [표 3]과 같이 산출되었다. 분석 결과, 카파계수 0.6 이상으로 신뢰할 수 있는 수준의 일치도를 확인할 수 있었으며, 유의확률이 $p < 0.001$ 로 나타나 통계적으로 유의미함을 확인하였다.

[표 3] 휴리스틱 분류에 대한 평가자 간 신뢰도 검증

	k	p
--	---	---

- 56) Tsou, Mejia, Op. cit. 2024.
 57) Ciccarelli et al., Op. cit. 2022.
 58) ibid.
 59) S. H. W. Chuah, 'Wearable XR-Technology: Literature Review, Conceptual Framework and Future Research Directions', International Journal of Technology Marketing, 2019, Vol.13, No.3-4.
 60) A. Bedard, K. Bedard, and Q. Zhang, 'Games That Move You: A Cinematic User Experience Evaluation of VR Games', International Conference on Human-Computer Interaction, 2024. 06, pp.166-181.
 61) J. Shi, K. Wang, and J. Hao, 'Research on Interactive Design of AR Books', International Conference on Human-Computer Interaction, 2024.
 62) S. Garcia and M. Andujar, 'UI Design Recommendations for Multimodal XR Interfaces Using a Collaborative System', Lecture Notes in Computer Science, 2023.
 63) S. H. W. Chuah, 'Wearable XR-Technology: Literature Review, Conceptual Framework and Future Research Directions', International Journal of Technology Marketing, 2019.
 64) Pfeuffer et al., Op. cit. 2024.
 65) Lima et al., Op. cit. 2024.
 66) Chuah, Op. cit. 2019.
 67) Garcia, Andujar, Op. cit. 2023.
 68) Jiboku, Obarayi, Op. cit. 2023.
 69) Ciccarelli et al., Op. cit. 2022.
 70) Chuah, Op. cit. 2019.

Research Paper	0.756	0.000***
----------------	-------	----------

3-4. XR 게임 분석

휴리스틱 원칙의 실제 적용 가능성을 검증하기 위해 XR 게임 7종을 분석 대상으로 선정하였다. 게임은 콘텐츠의 대표성을 위해, 대중적 수용도 및 완성도가 높은 콘텐츠를 우선 선별하였다. 먼저 XR 게임 분야의 국내외 주요 어워드(The Game Awards, D.I.C.E., International VR Awards 등)에서 수상한 실적이 있거나, Steam에서 사용자 평가가 '매우 긍정적' (Positive 85 % 이상, 리뷰 수 1000건 이상), Meta Quest Store에서 평점 4.0 이상(리뷰 수 100건 이상), IGN Review에서 8.0 이상 점수를 획득 중 두 가지 이상을 만족한 게임을 포함하였다(The Room VR: A Dark Matter, Moss: Book II, Among Us VR). 둘째로 수상 실적이 없으면서 동시 접속자 수 및 커뮤니티 규모가 상대적으로 저조하지만, 최근 6개월 동안 지속적으로 유저 리뷰가 올라와 꾸준한 플레이가 확인된 게임을 별도로 분류하여 샘플에 추가하였다(Maestro: The Masterclass, 쿠키런: 더 다키스트 나이트, Another Door: Escape Room, Myst).

이후 앞선 연구자 3인이 각 게임별로 최소 60분 이상 독립적으로 플레이하면서, 본 연구에서 도출된 13가지 XR UX 휴리스틱 원칙에 기반하여 플레이 경험을 체계적으로 관찰, 기록하였다. 이후 개별 평가 결과를 교차 검증 및 합의 과정을 거쳐 최종 결과를 도출하였다. 이를 통해 게임별 UX 측면에서 나타난 문제 상황과 해당하는 휴리스틱 원칙과 각 사례별 구체적인 장점 및 개선이 필요한 단점에 대한 특징을 분석하였다.

[표 4] 'The Room VR' UX 분석 예시

게임	The Room VR: A Dark Matter
인 게임 이미지	
게임 상황	처음 힌트는 일정 시간이 경과 되고 확인할 수 있음

XR UX 원칙	지원
장/단점	힌트가 나타나기 전에 플레이어가 스스로 문제를 풀 시간을 주어, 혼란과 힌트 의존도를 줄임

'The Room VR: A Dark Matter'는 2020년에 Fireproof Games에서 출시한 VR 전용 퍼즐 어드벤처 게임이다. Steam에서 3,574개의 리뷰를 통해 만점(5.0)을 기록했으며, Meta Quest Store에서도 14,159건의 리뷰로 평균 4.9점이라는 높은 사용자 평가를 받았다. 특히 이 게임은 'The Room' 시리즈의 다섯 번째 작품으로, 해당 시리즈는 Apple 에디터 추천 게임으로 선정되었으며, 2012년 Apple iPad 올해의 게임과 영국 아카데미 영화상(BAFTA)의 최우수 영국 비디오 게임상 등 다수의 상을 수상하며 작품성과 완성도를 검증받은 바 있다. 본 게임은 1908년 런던을 배경으로 실종된 이집트 학자의 행방을 조사하는 내용으로, 탐정의 시점에서 신비로운 장소를 탐험하면서 VR 환경의 상호작용성을 극대화한 몰입형 퍼즐 경험을 제공한다. 해당 게임의 경우 플레이어 요청 시 순차적으로 제공되는 힌트 시스템이 게임의 몰입과 도전 요소 사이의 균형을 효과적으로 유지하는 것으로 확인되었다. 특히 초기 힌트가 짧은 지연 후 제공됨으로써, 플레이어가 먼저 스스로 문제를 해결할 수 있는 기회를 얻어 힌트에 대한 의존도가 낮아지는 긍정적인 결과가 [표 4]와 같이 도출되었다.

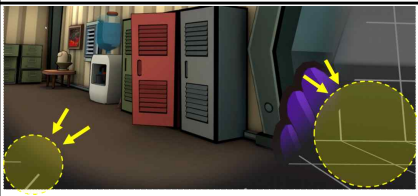
[표 5] 'Moss' UX 분석 예시

게임	Moss: Book II
인 게임 이미지	
게임 상황	상호작용 가능한 객체가 일관되게 표시됨, 플레이어가 한동안 움직이지 않으면 게임은 모션 큐를 통해 필요한 행동을 보여줌
XR UX 원칙	지원, 일관성
장/단점	상호작용 가능 요소를 빠르게 파악할 수 있고, 플레이 흐름의 단절이 줄어 몰입감이 강화됨

'Moss: Book II'는 Polyarc가 2022년 출시한 VR 액션, 퍼즐 어드벤처 장르로 전작 'Moss'의 이야기를 이

는다. 이 게임은 Meta Quest Store에서 1,413개의 리뷰로 평균 4.9점, Steam에서 596개의 리뷰로 만점(5.0)을 기록하였으며, IGN에서도 8.4점이라는 우수한 평가를 받았다. 특히 국제 VR 어워드(International VR Awards)에서 2022년 '올해의 VR 게임(VR Game of the Year)'에 선정되어 독창성과 창의성을 공식적으로 인정받은 바 있다. 플레이어는 책장을 넘기듯 전개되는 스토리북 배경 속에서 주인공 쥐 '퀸(Quill)'을 조종하며, 디오라마 시점과 양손 인터랙션을 활용하여 환경 퍼즐과 경쾌한 전투를 진행한다. 새로운 무기·보스 전, 그리고 플레이 흐름을 방해하지 않는 나레이션 가이드가 결합되어 몰입감과 반복 플레이 동기를 높인다. 'Moss: Book II'의 UX 분석 결과는 [표 5]에서 확인할 수 있듯이, 인터랙션 가능한 객체를 명확한 시각적·동적 신호로 일관되게 제시하여 플레이어의 행동을 효과적으로 유도하고 있다. 이와 더불어 플레이어가 일정 시간 동안 반응하지 않을 경우, 게임이 동적인 시각 신호를 제공하여 다음 행동을 암시함으로써 플레이 흐름의 끊김을 최소화하였다. 이러한 설계는 XR UX의 '지원(Support)'과 '일관성(Consistency)' 원칙을 중점적으로 반영하여, 플레이어가 쉽고 빠르게 인지할 수 있도록 한다.

[표 6] 'Among Us 3D' UX 분석 예시

게임	Among Us 3D: VR
인 게임 이미지	
게임 상황	캐릭터가 움직일때 사용자의 시야를 의도적으로 좁게 만듦
XR UX 원칙	사용성
장/단점	플레이어가 이동 시 느끼는 멀미를 줄여 사용성을 향상 시킴

'Among Us VR'은 Innersloth가 Schell Games, Robot Teddy와 협업해 2022년 출시한 1인칭 VR 소셜 디덕션 게임이다. 이 게임은 Steam에서 2,342개의 리뷰를 통해 '매우 긍정적' 평가를 받았으며, IGN에서도 8점을 기록하여 대중성과 게임성을 인정받아 선정되었다. 2D 원작 'Among Us'를 최대 10인 멀티플레이의 3D 우주선 환경으로 확장해 크루원과 임포스터가

임무 수행, 긴급회의 등을 VR 제스처와 근 음성 채팅으로 진행한다. 이 안에서 간략한 튜토리얼, 최소한의 UI, 이동 옵션 제공, 다수의 개인화 커스텀 설정 등이 높은 접근성과 전략 자유도를 제공한다. 해당 게임은 [표 6]에서 확인 할 수 있듯이 캐릭터가 이동할 때 플레이어의 시야를 의도적으로 좁히는 기법을 적용하고 있다. 이는 VR 플레이 시 자주 발생하는 멀미를 효과적으로 완화하여 사용성(Usability)을 강화한다.

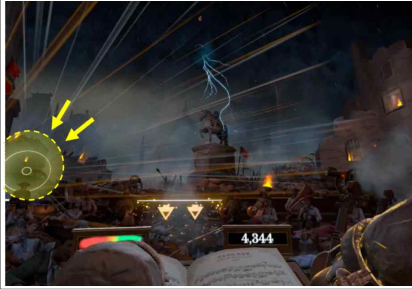
[표 7] '쿠키런' UX 분석 예시

게임	Cookie Run: The Darkest Night
인 게임 이미지	
게임 상황	튜토리얼이 게임 진행 스토리에 자연스럽게 녹아 있음
XR UX 원칙	지원, 전략
장/단점	첫 튜토리얼부터 플레이어의 몰입감을 확보하여 지속적인 플레이를 유도합니다.

‘Cookie Run: The Darkest Night’는 데브시스터즈가 출시한 VR 액션 어드벤처 게임으로, 자체적인 팬덤 사이트를 통해 유저 간 소통이 지속적으로 활발하게 이루어지고 있으며, Meta Quest Store에서 191개의 리뷰로 평균 4.1점을 받아 게임의 지속적 인기와 유저들의 관심이 유지되는 점을 고려하여 본 연구의 사례로 선정하였다. 유저는 VR기기를 착용한 가상현실의 쿠키를 아바타로 삼아 마녀의 성을 탐험하고 적에 맞서 싸울 수 있다. 친근감있는 캐릭터와 귀여운 그래픽이 특징이며, 게임 수행 시 발생하는 인터랙션은 현실 모션과 유사하게 설계되어 높은 몰입감을 자랑한다. 해당 게임의 UX 분석 결과, [표 7]과 같이 튜토리얼 단계에서 스토리 내에 자연스럽게 통합된 상황적 안내가 매우 효과적이었다. 플레이어가 게임 세계관과 캐릭터의 목표를 직관적으로 이해하고 즉각적으로 몰입할 수 있도록 구성되어 있어, 지원(Support)과 전략(Stratgy) 부분이 높은 것으로 나타났다. 처음 플레이 시 플레이어에게 자연스러운 인터랙션 흐름을 제시함으로써 지속적인 플레이 욕구를 자극했다. 이는 초입부터

뚜렷한 몰입감을 유지시키는 요소로 적용하였다.

[표 8] 'Maestro' UX 분석 예시

게임	Maestro: The Masterclass
인 게임 이미지	
게임 상황	노트(오브젝트)가 나타날 때 밝은 시각적 신호 표시 제공
XR UX 원칙	직관
장/단점	넓은 VR 환경에서 사용자가 시선을 어디로 옮겨야 할지 즉시 파악 가능

‘Maestro: The Masterclass’는 Double Jack에서 2022년에 Meta 스토어에 출시한 VR 리듬-시뮬레이션 게임이다. Meta Quest Store에서 1,743건의 리뷰로 평균 4.9점이라는 매우 높은 사용자 평가를 받았으며, IGN에서도 10점 만점을 기록하였다. 특히 여러 매체에서 게임의 혁신성과 독창성에 대해 높게 평가하며, 출시 이후에도 유저들의 지속적인 긍정적 리뷰가 이어지고 있어 본 연구의 분석 대상으로 선정되었다. 해당 게임은 손 추적만으로 지휘 제스처를 정밀하게 인식해 다양한 음악 장르를 지휘하도록 설계되었고, 짧은 서사와 자연스럽게 연계되는 튜토리얼, HUD 최소화 UI, 실시간 시간 음향 피드백 등과 같은 특징을 지닌다. ‘Maestro: The Masterclass’ UX 분석 결과, 주요 오브젝트(노트)가 생성될 때 고휘도 하이라이트와 방향성 파티클을 동반해 사용자 주의를 즉각 환기시키는 설계가 특히 효과적인 것으로 나타났다. 이러한 시각적 피드백은 VR 특유의 광범위한 시야에서도 플레이어가 집중해야 할 지점을 신속히 인지하도록 지원하여 인지 부하를 경감하고 지휘 흐름의 단절을 최소화한다. 결과적으로 본 타이틀은 XR-UX 휴리스틱 중 ‘직관(Intuition)’에 있어서 강점을 지닌 사례로 [표 8]과 같이 평가된다.

[표 9] 'Another Door' UX 분석 예시

게임	Another Door: Escape Room
인 게임 이미지	
게임 상황	플레이어가 게임 내 오브젝트와 상호작용을 통해 조작하는 과정
XR UX 원칙	멀티모달, 피드백
장/단점	상호작용 후에 시각적 피드백만 제공되어, 사용자가 결과를 인식하기 어려울 수 있음

'Another Door: Escape Room'은 스코넥엔터테인먼트에서 2024년에 출시한 어드벤처 장르의 방탈출-미스터리 퍼즐 게임이다. 최근에 출시된 VR 콘텐츠로 Meta Quest Store에서 213개의 리뷰와 평균 4.4점의 비교적 높은 평가를 기록하고 있다. 출시 이후 다양한 사용자 리뷰와 반응이 지속적으로 나타나며 최신 VR 콘텐츠의 동향과 유저 반응을 효과적으로 확인할 수 있다는 점에서 본 연구의 분석 사례로 선정하였다. 각 에피소드 단위의 독립적인 스토리와 퍼즐을 자유 순서로 플레이할 수 있고, 제스처로 문 열기-레버 조작-암호 해독 등을 직관적으로 수행한다. 최대 4인 협동 모드에서는 음성 채팅-힌트 공유로 공동 풀이가 가능하며, 수집품 획득과 시간제한 탈출이라는 목표를 통해 플레이 동기를 높인다. [표 9]와 같이 해당 게임 UX 분석 결과, 멀티모달(Multimodal)과 인터랙션에 대한 피드백(Feedback) 제공 측면에서 보완이 필요한 것으로 나타났다. 게임 내 사물을 직접 조작하는 방식은 직관적이고 몰입감을 높이는 효과가 있었으나, 인터랙션 이후 단편적 요소로만 제한적으로 피드백이 제공되어 플레이어가 행동의 결과를 명확히 인지하기 어려운 사례가 [표 9]처럼 관찰되었다.

'Myst'는 Cyan Worlds가 2021년(Quest 2 선출시 2020) 출시한 어드벤처 장르의 VR 퍼즐 게임이다. 게임은 1993년 출시된 동명의 클래식 게임을 VR로 재구성한 것으로, Steam에서 1,683개의 리뷰로 '매우 긍정적' 평가를 받았으며, Meta Quest Store에서도 1,222개의 리뷰로 평균 4.1점을 기록하였다. 또한 'GAMES 100 Game of the Year'를 수상하며 작품성과 인지도를 높게 인정받은 바 있어 본 연구의 분석

대상으로 선정되었다. 유저는 '미스트 섬'과 연결된 여러 'Age(세계)'를 탐험하며 기계 장치, 연쇄 퍼즐을 해결하고 가문 갈등의 비밀을 추척한다. 다수의 객체 상호작용, 부드러운 화면 전환 등의 옵션을 통해 몰입감을 높였으며, 색상 기반 자막 등 접근성과 사용자 편의를 고려한 요소들도 포함되어 있다.

[표 10] 'Myst' UX 분석 예시

게임	Myst
인 게임 이미지	
게임 상황	게임 내에서 높은 자유도를 제공하지만, 진행 방향에 대한 추가적인 힌트를 제공하지 않음
XR UX 원칙	지원
장/단점	안내 부족은 원활한 진행을 어렵게 만들어, 플레이어의 몰입도와 흥미를 떨어뜨릴 수 있음

해당 게임에 대한 UX 분석 결과, 게임이 높은 자유도를 제공하여 플레이어가 다양하게 탐험할 수 있는 환경을 조성하고 있으나 진행 방향에 대한 명확한 안내나 힌트가 부족한 것으로 [표 10]과 같이 나타났다. 이로 인해 사용자가 원활한 진행에 어려움을 겪거나 플레이어의 목적성을 명확히 인지하지 못하는 상황이 발생하여, 몰입감과 지속적인 플레이 동기가 저하될 가능성이 있다. 따라서 본 연구의 UX 원칙 '지원(Support)' 원칙 측면에서 개선이 필요한 것으로 도출되었다.

이처럼 앞서 도출한 XR UX 휴리스틱 원칙을 적용하여 7종의 대표 게임을 항목별로 점검한 결과, 각 타들이 지닌 UX 강점과 개선 필요 지점을 체계적으로 식별할 수 있음을 확인하였다. 다만, 앞서 XR UX 휴리스틱의 신뢰도 검사에서 Cohen 카파 계수를 통해 평가자간 높은 일치도를 확인했음에도, 실제 분석과정에서 평가자가 상황에 따라 특정 요소를 다르게 해석하는 경우가 발생하였다. 또한 평가자의 주관적 관점에 따라 중점적으로 보는 요소가 달라질 수 있다는 점에서 보다 객관적이고 정확하며 접근성 높은 분석 방법의 필요성이 언급되었다.

4. XR 게임 UX 분석 모델 개발

4-1. 모델 학습 데이터 수집

본 연구는 앞서 확인된 XR UX 평가의 한계(평가자 간 해석·편차 등)를 보완하고 보다 객관적·일관된 분석을 수행하기 위해 인공지능 기반 XR 게임 UX 평가 모델을 개발하였다. 이를 위해 선행 연구 논문, 게임 개발자 컨퍼런스(GDC) 발표자료, Meta와 Apple의 인터랙션 디자인 가이드라인, 그리고 실제 XR 게임 콘텐츠 분석을 통해 데이터를 수집하였다. 수집 항목은 원칙, 세부 원칙, 문제 상황, 해결책으로 구성된 총 4개의 항목으로 하단의 [표 11]과 같이 구조화하였다.

[표 11] 수집된 데이터 구조화 예시

원칙	세부원칙	문제 상황	해결책
사용성 (Usability)	패스스루를 사용하여 사용자가 주변 환경과 연결감을 느낄 수 있도록함	패스스루 없이 완전 몰입모드로 앱을 사용할 때 현실 세계 환경을 인지할 수 없이 불편함을 느낌	앱 내에서 주변 환경을 실시간으로 표시하도록 패스스루를 활성화하는 기능을 통합함
직관 (Intuition)	사용자가 물리적 객체에 너무 가까이 가면 콘텐츠를 어렵게 하여 주변 환경을 더 잘 인식할 수 있도록 함	몰입형 경험 중 물리적 객체에 너무 가까이 갈 때 불편함을 느낌	물리적 경계와 콘텐츠 표시를 조정하여 사용자 편안함을 유지함

원칙은 본 연구에서 도출된 13가지 XR UX 휴리스틱 원칙을 기준으로 설정하였다. 세부 원칙은 각 키워드에 따른 구체적인 상황을 기술하였으며, 문제 상황은 실제 사례에서 나타난 UX 이슈를 상세히 기술하였다. 해결책 항목에서는 UX 문제에 대한 개선 방안과 성공적으로 해결된 사례를 포함하였다. 최종적으로 모델 학습을 위해 총 1,515건의 데이터를 정리하였다.

4-2. 학습 데이터 검증

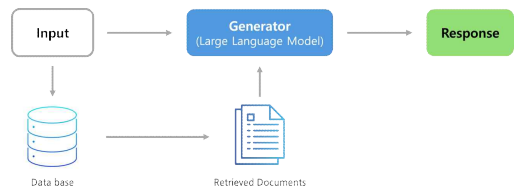
본 연구에서 도출한 XR UX 원칙을 바탕으로 수집된 1,515건의 XR UX 사례들의 신뢰성을 검증하였다. 이를 위해 두 명의 연구자가 동일한 데이터를 독립적으로 분석하였으며, Cohen의 카파 계수를 통해 신뢰도를 검증하였다.

게임 개발자 컨퍼런스(GDC)의 발표 자료에서 총 114건의 XR UX 사례를 도출하고 이를 XR UX 원칙

에 따라 분류한 결과, Cohen의 카파 계수는 0.651로 나타났다. 다음으로 "XR", "UX", "게임"을 핵심 키워드로 하여 관련 연구 논문 20편에서 총 265건의 사례를 수집하고 분석하였다. 해당 분석 결과 Cohen의 카파 계수는 0.756으로 산출되었다. 또한, XR 콘텐츠 기업인 Apple에서 제공한 XR 콘텐츠 가이드라인 분석을 통해 총 133건의 사례를 도출하였으며, 이에 대한 Cohen의 카파 계수는 0.608로 확인되었다. 더불어 Meta의 XR 콘텐츠 가이드라인을 분석하여 275건의 사례를 도출하였으며, 이 경우 Cohen의 카파 계수는 0.662로 나타났다. 이와 같이 각 데이터에 대해 개별적으로 수행된 카파 분석 결과를 종합하면, 본 연구에서 수집된 모든 데이터는 Cohen의 카파 계수가 0.6 이상으로 나타나 신뢰할 수 있는 수준의 평가자 간 일치도를 보였다. 또한 모든 분석 결과에서 유의확률이 0.001 미만으로 나타나 통계적으로 유의미한 결과임을 확인하였다.

4-3. 인공지능 기반 UX 평가 모델 제작

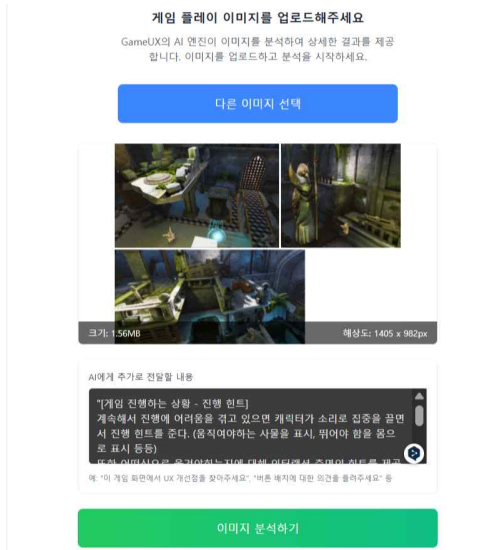
XR 게임 UX 평가의 객관성과 효율성을 제고하기 위해 Retrieval Augmented Generation(RAG) 방식을 기반으로 한 인공지능 모델을 [그림 2]와 같은 구조로 제작하였다. RAG 모델은 사용자의 질의에 대해 외부 문헌 및 학습 데이터에서 관련 정보를 실시간으로 검색(Retrieval)한 후 이를 바탕으로 생성(Generation) 모델을 활용하여 최종 답변을 구성하는 접근 방식을 의미한다.



[그림 2] RAG 파이프라인

구체적으로 본 연구에서 개발한 인공지능 모델은 앞서 체계적으로 수집된 XR 게임 UX 관련 데이터에 좀 더 중점을 두어 작동하도록 설계되었다. 모델의 첫 번째 단계인 Retrieval 과정에서는 사용자의 질의 또는 인게임 이미지와 관련된 상황 설명을 [그림 3]과 같이 입력받아 XR 게임 UX 데이터베이스(원칙, 세부 원칙, 문제 상황, 해결책 네 가지 항목으로 구조화한 학습 데

이터)에서 질의와 유사한 패턴이나 키워드를 포함한 항목들을 우선적으로 추출하도록 구성되었다.

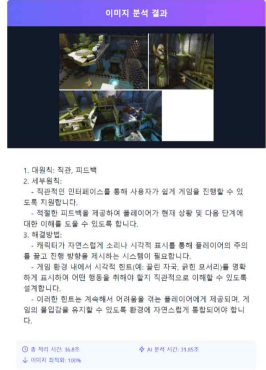


[그림 3] UX 평가 모델. 이미지, 상황 설명 입력 예시

두 번째 단계인 Generation 과정에서는 Retrieval 단계에서 추출된 내용을 기반으로 대규모 언어 모델 (Large Language Model, LLM)이 자연어 형태로 UX 평가 결과를 산출하도록 설계하였다. 생성된 결과는 입력된 게임 상황에 대한 분석을 바탕으로 관련 원칙, 해당 세부 원칙, 적용 가능한 해결 방안으로 [표 12]와 같이 구성하여 평가의 명확성과 실무 적용 가능성을 높이고자 하였다.

[표 12] UX 분석 모델 결과 답변 예시

	입력 내용 및 결과
입력 이미지	
입력 프롬프트	계속해서 진행에 어려움을 겪고 있으면 캐릭터가 소리로 집중을 끌면서 진행 힌트를 주는 상황

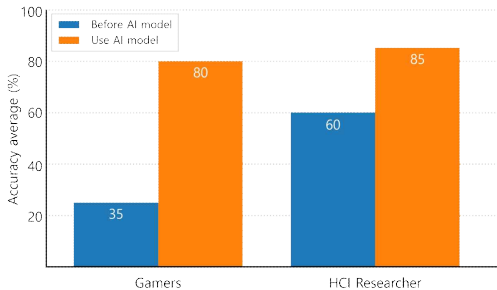
결과 이미지	
모델 답변	1. 대원칙: 직관, 피드백 2. 세부원칙: - 직관적인 인터페이스를 통해 사용자가 쉽게 게임을 진행할 수 있도록 지원합니다. - 적절한 피드백을 제공하여 플레이어가 현재 상황 및 다음 단계에 대한 이해를 도울 수 있도록 합니다. 3. 해결방법: - 캐릭터가 자연스럽게 소리나 시각적 표시를 통해 플레이어의 주의를 끌고 진행 방향을 제시하는 시스템이 필요합니다. - 게임 환경 내에서 시각적 정보에 대한 자극, 음향 모서리를 명확하게 표시하여 어떤 행동을 취해야 할지 직관적으로 이해할 수 있도록 설계합니다. - 이러한 힌트는 계속해서 어려움을 겪는 플레이어에게 제공되며, 게임의 몰입감을 유지할 수 있도록 환경과 자연스럽게 통합되어야 합니다.

4-4. 모델 성능 평가

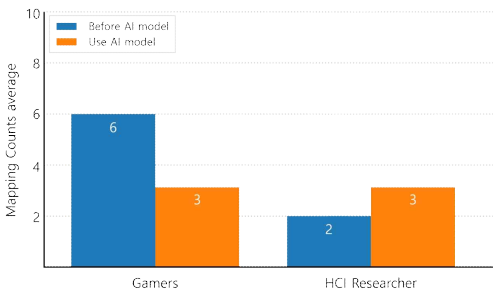
모델의 실무적 유용성을 확인하기 위해 두 집단(게이머 3명, HCI 관련 분야 연구자 3명)을 대상으로 비교 평가를 수행하였다. 게이머 집단은 장르의 편향을 최소화하기 위해 특정 게임사 플레이 타임이 아닌 Steam 플랫폼 전체 플레이 타임을 확인하여 선별하였다. 또한 Steam에서 크게 분류 하고있는 6가지 장르 중 4가지 이상의 다른 장르를 플레이 경험을 갖추고 동시에, Steam 누적 플레이 타임이 1,500시간 이상을 충족하는 사람으로 제한하였다. HCI 관련 분야 집단은 연구 경력 1년 이상의 박사과정 1명과 석사과정 2명으로 구성하였다.

평가 절차는 교차 설계로 진행되었다. 20가지의 동일한 씬에 대해서, 휴리스틱 미제시(앞서 도출한 13가지 XR UX 원칙 미제공) 상태에서 인 게임 장면별 UX 이슈를 자유롭게 기술·분류하게 하였다. 이어 휴리스틱 제공([표 2]의 13가지 XR UX 원칙 제공) 상태에서 재 평가하게 하였다. 이 과정에서 장면 제시 순서와 조건

순서는 균형화 되었다. 두 조건을 모두 마친 후 각 참여자는 자신이 평가한 장면의 이미지와 상황 설명을 RAG기반 모델에 입력하여 직접 AI 분석을 실행해 보고 모델이 산출한 답변과 참여자가 했던 답변에 대해 대응 비교하였다. 마지막으로 이러한 UX 분석 과정과 분석 정도에 관해 비교 경험을 토대로 사후 인터뷰를 실시하여, 각 방법별 인식 및 모델 출력에 대한 장/단점 평가, 실무 적용 시 보완 사항을 수집하였다. 이에 따라 분석은 1) 집단별 비교, 2) 사람-모델 비교 2가지에 중점을 두어 분석하였으며, 집단 x 조건(게이머/연구자 x AI 사용 전/후) 기준으로 원칙 매핑 정확도와 장면별 원칙 매핑 수를 [그림 4], [그림 5]와 같이 산출 비교하였다.



[그림 4] 집단별 원칙 매핑 정확도 비교



[그림 5] 장면별 원칙 매핑 수 비교

먼저 집단별 분석 결과, 게이머 집단은 통상적인 UX 분석 용어보다는 자신의 플레이 경험에 빗대어 다른 비슷한 예시 게임의 기능 장/단점을 설명하거나, 개선 방향성 측면에서 구체적으로 언급하는 성향이 두드러졌다. 그렇다 보니 원칙 미제시 조건에서는 관련 설명은 알맞지만 UX 키워드에 대한 매핑 정확도가 상대적으로 낮게 나타났다. 휴리스틱 제시 후에는 씬별로

비핵심적 사소한 원칙까지 과도하게 표기하는 오버 매핑 경향이 관찰되었다. 반면 HCI 연구자는 분석 요소에 대해서 UX 원칙을 지정하는 정확도가 상대적으로 높았으나, 분석자마다 주요하게 보는 원칙에 따라 몇 가지 소수 원칙에 치우쳐서 장면을 해석하는 모습이 나타났다. 이는 앞서 연구자들이 UX 원칙을 가지고 분석했을 시 나타난 한계점과 동일하게 해당 평가의 보다 객관적, 일관적 방식의 필요성을 시사한다.

사람-모델 비교에서, 참여자들이 직접 실행한 RAG 기반 휴리스틱 분석이 씬별 분석 다양성과 UX 원칙 키워드 제시 및 설명 정확도 측면에서 중간의 기준선 역할을 하였다. [그림 4], [그림 5]에서 볼 수 있듯이 게이머 집단은 AI 모델 활용을 통해 모델이 제시하는 원칙과 근거 설명을 참조해 불필요한 요소들을 정리하면서, 휴리스틱 제공 단계에서 관찰된 과잉 매핑 완화와 원칙 도출에 대한 정확도가 향상되었다. 반대로 HCI 연구자 집단은 소수 원칙 편중이 모델 결과를 통해 보정되면서 놓쳤던 보조 원칙까지 분석의 다양성을 확보할 수 있었다.

이와 관련해 참가자들은 [표 13]과 같은 양상을 보였다. 각각의 추출한 원칙이 근거 설명과 함께 제시되는 점을 긍정적으로 평가되었다. 개선 사항으로 일반 사용자 입장에서는 활용하기에 충분한 수준이지만, 기획자 · 개발자 · 디자이너 등 실무자에게 보다 유효한 피드백이 되기 위해서는 세부적인 맥락과 설계 의도를 반영한 더 정밀한 분석 결과가 필요하다는 의견이 제시되었다.

[표 13] 사후 인터뷰 분석 주요 내용

평가 요소	게이머 그룹 (P1-P3) 인용문	HCI 연구자 그룹 (P4-P6) 인용문
분석 접근	"처음에는 용어들이 헷갈려서 느낌대로 적었어요. 모델이 정리해준 것을 보고나니 주요 원칙들만 추려주는 느낌이었습니다." (P2)	"장면에서 불필요한 요소들은 배제해, 필수 포인트만 정리했습니다." (P6)
분석 다양성	"장면 별로 특정 상황에 대해서 다른 게임들의 비슷한 예시들이 많아 그것들을 토대로 작성했어요. '원신', '킹덤 컴', '발더스 게이트' 등에도 비슷한 힌트를 본 기억이 나서...(중략), 처음에는 거의 다 들어가야 하는 거 아닌가? 했는데...(중략)" (P3)	"초기에 분석을 지금 다시 보니 같은 몇 가지만을 중점적으로 정리한 것 같음. 이런 부분에 있어서는 AI가 2-3가지씩 설명해줘서 좋았음." (P4) "처음 분석 시 '직관'에 치중해 분석했던 것 같은데, AI가 씬별로 2-3개씩 정리해줘 이런 포인트도 관찰해 줬어요" (P5)

한계 및 개선	“특정 부분에 대한 피드백은 좋음. 예로 대비를 주되 과하지 않게 하여 디자인 일관성을 유지하라는 피드백은 유효할 것 같음. 그러나 이것은 개발자가 아닌 일반 유저의 입장이고, 전문 개발자나 디자이너에게도 유효한 피드백일지 모르겠음.” (P3)	“명확 일관성과 같은 요소들은 구분이 처음에는 어려워 예시가 더 필요해 보이고...(중략), 일반인 기준으로서는 충분하데 실무에서 사용하기 위해서는 좀 더 디테일 하면 좋을 듯합니다.” (P6)
---------------	--	--

5. 결론

본 연구는 XR 환경에 특화된 13개 UX 휴리스틱을 도출하고, 이를 사례 분석과 RAG 기반 인공지능 평가 모델로 확장하였다. 게이머와 HCI 연구자 두 집단을 대상으로 한 비교 평가 결과 13가지 원칙이 평가의 공용 프레임으로 작용하여 집단 간 용어와 범주를 정렬하고 합치도와 재현성을 높였다.

제안한 AI 기반 분석 모델은 해당 프레임에 안정적, 효율적으로 적용 및 확장하여 장면별 분석 다양성과 원칙과 관련 설명 정확도에서 일관된 기준을 제공했다. 게이머 집단에서는 휴리스틱 제공 이후 나타난 매핑을 줄이고 핵심 원칙 중심으로 분석을 정제하는 데 기여했으며, HCI 연구자 집단에서는 편중된 시각을 보완해 누락된 보조 원칙까지 포괄하도록 유도했다. 이를 통해 전반적으로 모델의 분석 객관성·설명 가능성·효율성 측면에서 실무 적용 가치를 확인할 수 있었다.

다만 표본의 규모와 모델의 학습 데이터 분량 측면에서 한계가 존재한다. 실무자 관점에서 보다 유효한 피드백을 제공하기 위해 장면 맥락과 설계 의도에 대한 보다 세밀한 분석이 필요하다. 이를 위해 후속 연구에서는 장르별, 플랫폼별 특성을 반영하고, 표본 확대 및 학습 데이터의 사례 보강을 통해 RAG 단계에서의 정교화가 요구된다.

참고문헌

1. Game Developers Conference, 『2024 State

of the Game Industry Report』, Game Developers Conference, 2024.

2. Grand View Research, 『Extended Reality (XR) Market Size, Share & Trends Analysis Report, 2024-2030』, Grand View Research, 2024.
3. International Game Developers Association and Western University, 『IGSA-DSS-2023 Summary Report』, International Game Developers Association, 2024.
4. Akundi, A., D. Euresi, S. Luna, W. Ankobiah, A. Lopes, and I. Edinbarough, ‘State of Industry 5.0—Analysis and Identification of Current Research Trends’, Applied System Innovation, 2022.
5. Amin, Y. M., N. K. Meftin, Y. F. Nas, M. K. H. Al-Dulaimi, A. S. Hamid, H. N. Noga, and A. Khlaponina, ‘Human-Computer Interaction in Augmented Reality Environments: Design Principles and User Experiences’, Proceedings of the 36th Conference of Open Innovations Association (FRUCT), 2024.
6. Aottiwerc, P., and S. Kokaew, ‘Development of an Augmented Reality Application for English Learning Based on HCI Design Principles’, International Journal of Emerging Technologies in Learning, 2017.
7. Bedard, A., K. Bedard, and Q. Zhang, ‘Games That Move You: A Cinematic User Experience Evaluation of VR Games’, International Conference on Human-Computer Interaction, 2024.
8. Chamusca, I. L., Y. Cai, P. M. Silva, C. V. Ferreira, T. B. Murari, A. L. Apolinario Jr., and I. Winkler, ‘Evaluating Design Guidelines for Intuitive, Therefore Sustainable, Virtual Reality Authoring Tools’, Sustainability, 2024.
9. Ciccirelli, M., A. Brunzini, A. Papetti, and M. Germani, ‘Interface and Interaction Design Principles for Mixed Reality Applications: The Case of Operator Training

- in Wire Harness Activities', *Procedia Computer Science*, 2022.
10. Chuah, S. H. W., 'Wearable XR-Technology: Literature Review, Conceptual Framework and Future Research Directions', *International Journal of Technology Marketing*, 2019.
 11. Desurvire, H., and C. Wiberg, 'Game Usability Heuristics (PLAY) for Evaluating and Designing Better Games: The Next Iteration', *International Conference on Online Communities and Social Computing*, 2009.
 12. Döllinger, N., C. Wienrich, and M. E. Latoschik, 'Challenges and Opportunities of Immersive Technologies for Mindfulness Meditation: A Systematic Review', *Frontiers in Virtual Reality*, 2021.
 13. Garcia, S., and M. Andujar, 'UI Design Recommendations for Multimodal XR Interfaces Using a Collaborative System', *Lecture Notes in Computer Science*, 2023.
 14. Gigerenzer, G., and W. Gaissmaier, 'Heuristic Decision Making', *Annual Review of Psychology*, 2011.
 15. Hari Chandana, B., N. Shaik, and P. Chitralingappa, 'Exploring the Frontiers of User Experience Design: VR, AR, and the Future of Interaction', *International Conference on Computer Science and Emerging Technologies (CSET)*, 2023.
 16. Hily, A., L. Dupont, G. Arbelaez-Garces, M. Camargo, and J. Dinet, 'Evaluation and Validation Process of Extended Reality Applications Developed in an Industrial Context: A Systematic Review', *SN Computer Science*, 2023.
 17. Hu, Y., Z. Li, and D. Wang, 'Multimodal Experience Integration for Enhanced Immersion in Extended Reality', *IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR)*, 2025.
 18. Huang, J., D. M. Yang, R. Rong, et al., 'A Critical Assessment of Using ChatGPT for Extracting Structured Data from Clinical Notes', *NPJ Digital Medicine*, 2024.
 19. Jiboku, F., and Z. Obarayi, 'User Experience and Interaction Design in Augmented Reality', *SPAS National Conference*, 2023.
 20. Lee, H., 'A Unified Conceptual Model of Immersive Experience in Extended Reality', *Computers in Human Behavior Reports*, 2025.
 21. Lima, S., M. F. Catapan, and J. Sasaki Zeredo, 'Construction of Interfaces in Virtual Reality: A Systematic Review Focusing on Ergonomics and User Experience', *Proceedings of the 26th Symposium on Virtual and Augmented Reality*, 2024.
 22. Marín-Vega, H., G. Alor-Hernández, M. Bustos-López, I. López-Martínez, and N. L. Hernández-Chaparro, 'Extended Reality (XR) Engines for Developing Gamified Apps and Serious Games: A Scoping Review', *Future Internet*, 2023.
 23. Misra, N. N., Y. Dixit, A. Al-Mallahi, M. S. Bhullar, R. Upadhyay, and A. Martynenko, 'IoT, Big Data, and Artificial Intelligence in Agriculture and Food Industry', *IEEE Internet of Things Journal*, 2020.
 24. Morgan, D. L., 'Exploring the Use of Artificial Intelligence for Qualitative Data Analysis: The Case of ChatGPT', *International Journal of Qualitative Methods*, 2023.
 25. Nakov, O., M. Lazarova, and N. Hinov, 'Advanced Technologies and Applications in Computer Science and Engineering', *Electronics*, 2025.
 26. Nielsen, J., 'Enhancing the Explanatory Power of Usability Heuristics', *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1994.
 27. Nielsen, J., and R. Molich, 'Heuristic Evaluation of User Interfaces', *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human*

- Factors in Computing Systems, 1990.
28. Pashangpour, M., and G. Nejat, 'Future of Intelligent Healthcare: A Systematic Analysis and Discussion on the Integration and Impact of Robots Using Large Language Models for Healthcare', *Robotics*, 2024.
 29. Pfeuffer, K., H. Gellersen, and M. Gonzalez-Franco, 'Design Principles and Challenges for Gaze + Pinch Interaction in XR', *IEEE Computer Graphics and Applications*, 2024.
 30. Putjorn, P., N. Panyawut, W. Srihiran, S. Chanchalor, and I. Chaiyasuk, 'Usability Heuristics Evaluation of a VR Science Laboratory Simulator Using Nielsen's Heuristics', *Procedia Computer Science*, 2024.
 31. Rauschnabel, P. A., R. Felix, C. Hinsch, H. Shahab, and F. Alt, 'What is XR? Towards a Framework for Augmented and Virtual Reality', *Computers in Human Behavior*, 2022.
 32. Shi, J., K. Wang, and J. Hao, 'Research on Interactive Design of AR Books', *International Conference on Human-Computer Interaction*, 2024.
 33. Sugisaki, K., and A. Bleiker, 'Usability Guidelines and Evaluation Criteria for Conversational User Interfaces: A Heuristic and Linguistic Approach', *Mensch und Computer*, 2020.
 34. Sutcliffe, A. G., and K. Kaur, 'Evaluating the Usability of Virtual Reality User Interfaces', *Behaviour & Information Technology*, 2000.
 35. Tsou, M. H., and C. Mejia, 'Beyond Mapping: Extend the Role of Cartographers to User Interface Designers in the Metaverse Using Virtual Reality, Augmented Reality, and Mixed Reality', *Cartography and Geographic Information Science*, 2024.
 36. Tversky, A., and D. Kahneman, 'Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases', *Science*, 1974.
 37. Vi, S., T. S. da Silva, and F. Maurer, 'User Experience Guidelines for Designing HMD Extended Reality Applications', *Human-Computer Interaction-INTERACT 2019*, 2019.
 38. Zhang, M., L. Shu, X. Luo, M. Yuan, and X. Zheng, 'Virtual Reality Technology in Construction Safety Training: Extended Technology Acceptance Model', *Automation in Construction*, 2022.
 39. Federoff, M. A., 'Heuristics and Usability Guidelines for the Creation and Evaluation of Fun in Video Games', *Indiana University, Master's Thesis*, 2002.
 40. Halonen, H., 'Interaction Design Principles for Industrial XR', *Lappeenranta-Lahti University of Technology, Master's Thesis*, 2021.
 41. www.roadtovr.com