

다기준 의사결정 이론(MCDM)을 활용한 온라인 박물관 가상 투어의 사용자 경험 평가 연구

중국 사례를 중심으로

Research on User Experience Evaluation of Online Museum Virtual Tours Using Multi Criteria Decision Making (MCDM)

Focusing on the Case of China

주 저 자 : 포좌문 (Bao, Zuo Wen) 성균관대학교 디자인학과 박사과정

교 신 저 자 : 구자준 (Koo, Ja Joon) 성균관대학교 디자인학과 부교수
designer@skku.edu

<https://doi.org/10.46248/kids.2025.2.348>

접수일 2025. 05. 16. / 심사완료일 2025. 05. 29. / 게재확정일 2025. 06. 09. / 게재일 2025. 6. 30.

Abstract

The advancement of digital technology has positioned virtual museum tours as a new form of cultural experience that transcends the limitations of time and space. This study quantitatively evaluates user experience in online museum virtual tour systems based on Multi-Criteria Decision-Making theory. The evaluation framework consists of four dimensions: immersive authenticity, interaction experience, information inducement, and educational effectiveness. Using the AHP method, experts assessed the relative importance of each indicator. User data from representative online museums in China were then collected and analyzed using the TOPSIS method. The analysis revealed that experts considered “information inducement” the most critical factor, while “educational effectiveness” received the lowest importance in expert evaluations and the lowest satisfaction in user assessments. This reflects the insufficient integration and delivery of educational content in current systems and suggests the need for its strategic incorporation in future designs.

Keyword

Multi Criteria Decision Making(다기준 의사결정), Online Museum(온라인 박물관), Virtual Tours(가상 투어)

요약

디지털 기술의 발전은 박물관 가상 투어를 시간과 공간의 제약을 넘어서는 새로운 문화 체험 방식으로 부상시켰다. 본 연구는 다기준 의사결정 이론에 기반하여 온라인 박물관 가상 투어 시스템의 사용자 경험을 정량적으로 평가하였다. 평가 프레임워크는 ‘몰입적 진정성’, ‘인터랙션 경험’, ‘정보 유도성’, ‘교육적 효과’의 네 가지 차원으로 구성되었으며, 전문가 집단을 대상으로 AHP분석을 통해 각 지표의 상대적 중요도를 산정하였다. 중국 내 대표 온라인 박물관을 대상으로 일반 사용자 데이터를 수집하고, TOPSIS기법을 적용하여 비교 분석을 수행하였다. 분석 결과, 전문가 집단은 ‘정보 유도성’을 가장 핵심적인 요인으로 평가하였으며, 반면, ‘교육적 효과’는 전문가 평가에서 가장 낮은 중요도를 보였고, 실제 사용자 평가에서도 낮은 만족도를 기록하였다. 이는 현재 시스템에서 교육 콘텐츠의 구성 및 전달이 충분하지 않음을 반영하며, 향후 설계 단계에서 교육적 요소의 통합이 요구됨을 시사한다.

목차

1. 서론

- 1-1. 연구 배경 및 목적
- 1-2. 연구 범위 및 방법

2. 이론적 배경

- 2-1. 온라인 박물관의 VR 및 가상 투어
- 2-2. 가상 투어 시스템의 평가체계 구축
- 2-3. 다기준 의사결정 (MCDM)

3. 실증 연구

- 3-1. AHP + TOPSIS 기반 연구 모델 구성
- 3-2. 계층 구조 모델 구축 및 평가 항목 개요
- 3-3. 전문가 및 사용자 설문 설계 및 수집

4. 실증 분석

- 4-1. AHP 기반 지표 가중치 분석
- 4-2. AHP 가중치 분석 소결
- 4-3. TOPSIS 기반 사례별 종합 평가
- 4-4. 소결

1. 서론

1-1. 연구의 배경 및 목적

전통적인 의미에서 박물관은 과학적 연구와 사회 교육을 지원하기 위해 다양하고 귀중한 유물을 수집하는 기관으로 정의된다. 그러나 기술 혁신과 제도적 기능의 변화에 따라, 박물관의 전시 방식은 기존의 전통적인 전시 방법을 넘어서 점차 다양화되고 있으며, 최근에는 전시물과 관람객 간의 상호작용을 강조하는 전시 방식이 주목받고 있다.¹⁾

온라인 박물관은 다양하고 새로운 디지털 기술을 개발 및 적용을 통해 시간과 공간을 넘나드는 전시 방식을 확장하고 새로운 형태의 관람 경험을 창출하고 있다.²⁾ 즉, 온라인 박물관은 가상 박물관, 디지털 박물관, 전자 박물관 등으로도 불리며, 네트워크 기술을 기반으로 한 다차원적 작품과 하이퍼미디어 콘텐츠를 포함한다.³⁾ 온라인 박물관은 전통 박물관의 물리적 시간과 공간의 제약을 극복하고, 이전의 소장품, 연구, 전시, 교육 도구 등을 지속적으로 갱신할 수 있다. 또한 온라인 박물관은 전통적인 '객체 중심 전시관'과 '건축물 중심의 전시 공간'이라는 고정된 개념을 탈피하여 관람자의 자율성을 획기적으로 향상시킨다.⁴⁾ 가상 투어(Virtual Tour)는 본질적으로 가상현실(VR) 기술의 한 분야이며, 의료, 건축, 교통 분야 등에서 널리 활용되어 왔다.⁵⁾ 일반적인 VR과 달리, 가상 투어는 실제

공간 환경을 기반으로 한다. 파노라마 이미지 기술을 활용하여 실제 공간 정보를 수집하고 이를 바탕으로 매우 유사한 VR 공간을 생성한다. 이를 통해 박물관을 직접 방문할 수 없는 사람들도 스마트폰이나 컴퓨터 인터페이스를 통해 박물관의 소장품을 몰입감있게 체험할 수 있다.⁶⁾

가상 투어의 궁극적인 목적은 관람자의 인지 향상을 목표로 하며, 박물관 전시물-미디어-공간과의 폭넓은 상호작용을 통해 체험 주체로서 지각적·지적 인식을 형성하는 데 있다. 온라인 박물관의 가상 투어는 기존의 온라인 박물관을 확장한 형태로, 실제 박물관과 온라인 박물관이 유기적으로 결합된 방식이다.⁷⁾ 이는 박물관의 건축 및 전시 공간을 가상 투어 형태로 구현하고, 이를 온라인 박물관을 통해 대중에게 제공하는 과정을 포함한다.

프랑스의 루브르 박물관, 미국의 메트로폴리탄 미술관, 중국의 고궁박물관, 러시아의 에르미타주 박물관 등 세계적 명성을 자랑하는 박물관들은 공식 웹사이트를 통해 온라인 가상 투어 서비스를 제공하고 있다. 이러한 흐름에 발맞추어 관련 연구도 활발히 진행되고 있으나, 기존 연구의 상당수는 전문가를 주요 평가 주체로 설정하고 있으며, 실제 주요 이용자가 전문가가 아닌 일반 대중이라는 점을 간과하고 있다. 이는 중요한 문제로 지적될 수 있으며, 일부 연구에서는 애플리케이션 사용자 경험을 평가할 때 전문가와 일반 사용자 간의 인식 차이가 존재한다는 결과도 보고된 바 있다.⁸⁾ 따라서 일반 관람객의 체험을 반영하지 않은 평가 방식은, 디지털 기술의 기능적 가치와 실효성을 정

1) Yaneva A, Rabesandratana TM, Greiner B, Staging scientific controversies: a gallery test on science museums' interactivity, Public Understanding of Science, 2009. Vol.18, No.1, pp.79-90

2) Ke G, Jiang Q, Application of internet of Things technology in the construction of wisdom museum, Concurrency and Computation: Practice and Experience, 2019. Vol.31, No.10, pp.e4680

3) Foo S, Onlinevirtual exhibitions: Concepts and design considerations. DESIDOC Journal of Library & Information Technology, 2008. Vol.28, No.4, pp.22-34

4) Li J, Ye J, Evaluation of virtual tour in an online museum: Exhibition of Architecture of the Forbidden City, PLoS ONE, 2022. Vol.17, No.1, pp.e0261607

5) Jun T, Fengjun L, Ping W, National museum

research based on virtual roaming technology, In: 2015 Seventh International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation, 2015. 06, pp.683-688.

6) Lifeng S, Li Z, Yunhao L, Xiaofeng H, Real-time walkthrough in real image-basedvirtual space. Journal of Image and Graphics, 1999. Vol.4, No.6, pp.507-513

7) Hu Q, Yu D, Wang S, et al, Hybrid three-dimensional representation basedonpan oramic images and three-dimensional models for a virtual museum: Data collection, model, and visuali zation, Information Visualization, 2017. Vol.16, No.2, pp.126-138

확히 파악하기 어렵고, 현재 온라인 박물관 가상 투어 시스템의 개선에 한계를 초래할 수 있다.

이에 본 연구는 전문가의 판단과 일반 사용자의 실제 체험을 결합하여 반영한 혼합형 다기준 의사결정 기법(MCDM)을 통해, AHP와 TOPSIS 분석 모델을 기반으로 중국 주요 박물관의 온라인 가상 투어 시스템을 체계적으로 평가하고자 한다. 이를 통해 평가 항목별 중요도와 수행 수준 간의 차이를 분석하고, 개선이 필요한 핵심 영역을 도출하여, 향후 온라인 박물관 시스템의 사용자 경험 설계 및 품질 향상에 기초 자료로 활용될 수 있는 실증적 결과를 제공하고자 한다.

1-2. 연구 범위 및 방법

본 연구는 중국 내 주요 온라인 박물관의 가상 투어 시스템에 대해 사용자 경험에 기반한 정량적 평가를 수행하고 개선 방향을 제시하고자 한다. 이를 위해 온라인 가상 투어 기능을 갖춘 5개 박물관을 선정하였으며, 선정 기준은 360도 전시 구현, 멀티미디어 콘텐츠 제공, 사용자 접근성 및 시스템 완성도 등을 포함하였다. 연구 방법으로는 AHP와 TOPSIS를 결합한 다기준 의사결정 기법을 적용하며, 연구 절차는 다음과 같다.

첫째, 문헌 분석을 통해 온라인 박물관 체험의 핵심 요소를 도출하고 평가 지표 체계를 구성하였다. 둘째, AHP 기법을 활용하여 전문가 12인의 평가를 반영해 각 평가 지표의 상대적 중요도를 산정하였다. 전문가 설문은 1~9 척도의 쌍대비교 방식으로 실시되었으며, 일관성 검토 후 최종 가중치를 도출하였다. 셋째, 도출된 가중치를 기반으로 TOPSIS 분석을 위한 사용자 데이터를 수집하고, 사용자는 선정된 5개 박물관의 가상 투어를 체험한 후, 5점 Likert 척도로 평가 지표 항목에 응답하였다. 넷째, 수집된 데이터를 정규화하고 AHP 가중치를 반영한 가중 행렬을 구성한 뒤, 최적해(PI)와 최악해(NI) 간의 거리 계산을 통해 상대 근접도(Close Coefficient, C_i)를 산출하여, 각 박물관의 가상 투어 시스템 품질을 정량적으로 비교한다.

마지막으로, 분석 결과를 토대로 각 박물관 시스템의 상대적 우수성을 평가하고, 사용자 경험 향상을 위한 전략적 시사점을 도출한다. 특히, AHP 분석을 통해 전문가의 평가에 기반한 각 평가 지표의 상대적 중요

도를 객관적으로 도출할 수 있으며, TOPSIS 결과를 통해 각 시스템의 해당 지표별 수준을 정량적으로 진단한다. 이를 통해 지표의 중요도와 실제 수행 수준 간의 차이를 비교하고, 개선이 요구되는 핵심 영역을 명확히 식별하는데 실질적인 기여를 한다.

2. 이론적 배경

2-1. 온라인 박물관의 VR 및 가상 투어

디지털 기술과 인터넷의 급속한 발전은 문화예술 분야에도 커다란 변화를 가져왔다.⁹⁾ 특히 박물관은 단순히 유물의 수집·보존·전시에 국한된 기능을 넘어서, 관람객 중심의 체험과 상호작용 중심 공간으로 진화하고 있다. 이에 따라 '온라인 박물관'은 시간과 공간의 제약을 뛰어넘는 새로운 문화 플랫폼으로 부상하고 있다.

Werner Schweibenz(2004)는 온라인 박물관을 정보 기술을 활용하여 접근성, 맥락, 소통을 촉진하는 새로운 형태의 박물관으로 정의하였으며¹⁰⁾, 전통적인 박물관의 기능을 디지털 환경에서 새롭게 확장한 형태로 보았다.

이러한 변화는 박물관의 관람 방식에 큰 전환을 가져왔다. 과거에는 방문자가 물리적 공간에서 전시물을 관람하고 인쇄물을 통해 정보를 제공받았다면, 현재는 인터넷 기반의 디지털 자료를 자율적으로 탐색하고, 웹사이트를 통해 다양한 전시 콘텐츠와 교육 프로그램에 접근할 수 있게 되었다.¹¹⁾

박물관은 정보통신 및 웹 기술을 활용하여 비대면 환경에서도 전시를 경험하고 학습할 수 있는 상호 연결된 공간으로 그 의미가 확장되고 있다. 이러한 변화에 따라 온라인 박물관은 단순한 웹 기반 정보 제공을 넘어, VR과 가상 투어 등 다양한 디지털 기술을 활용한 몰입적·체험적 콘텐츠로 진화하고 있다. 이는 관람

8) Pescarin S, Pagano A, Wallergard M, et al, Archeovirtual 2011: Anevaluation approach to virtual museums, In: 18th International Conference on Virtual Systems and Multimedia, 2012. 09, pp.25-32

9) 김미자, 구자준, 온라인 VR 박물관 체험특성이 방문자 만족도에 미치는 영향, 한국디자인리서치학회, 2024, Vol.9, No.4, pp.654-667

10) Werner Schweibenz, The "Virtual Museum"1: New Perspectives For Museums to Present Objects and Information Using the Internet as a Knowledge Base and Communication System, ISI, 1998. 11, pp.185-200

11) Lixia Han, A Web-Based Digital Museum Display Design Research, Taiyuan University of Technology, Master's thesis, 2023. 06, pp.16-17

자가 단순히 콘텐츠를 수동적으로 소비하는 것을 넘어, 실제 전시 공간에 ‘참여하고’ ‘탐색하는 능동적 관람 경험’을 가능하게 하여, 온라인 박물관을 중요한 문화 플랫폼으로 부각시키고 있다.¹²⁾

‘VR’은 사용자가 3D로 재현된 공간 내에서 실제처럼 움직이고 시점을 조정하며 관람할 수 있는 완전 몰입형 환경으로 구성된다. ‘가상 투어’는 360도 이미지, 파노라마 영상, 인터랙티브 노드 기반의 내비게이션을 통해 구현되는 현실 공간의 시뮬레이션형 탐색 시스템이다. 이 두 방식은 구현 방식과 몰입 수준에 차이를 보이지만, 모두 실제 공간을 디지털화하여 관람자가 공간적 제약 없이 온라인으로 박물관 콘텐츠를 체험할 수 있다는 공통점을 가진다. VR과 가상 투어는 박물관의 실제 건물이나 전시실을 3D 스캔, 모델링, 파노라마 촬영 등을 통해 디지털로 재현하고, 웹 플랫폼 또는 전용 뷰어를 통해 제공하는 형태로 발전해 왔다. 초기에는 단순한 360도 이미지 기반 투어가 중심이었으나, 최근에는 전시품에 대한 멀티미디어 정보 연결, 사용자의 시선 및 클릭 기반 이동, 가상 아바타 가이드 도입 등 다양한 확장형 인터랙션이 가능해지고 있다.¹³⁾

학문적으로 VR 및 가상 투어 시스템은 온라인 박물관 경험의 핵심적 구성 요소로 간주되며, 이는 디지털 전시에서 사용자와 콘텐츠 간의 관계를 단순한 감상에서 경험 및 상호작용 중심의 구조로 변화시킨다. 또한, 전통 박물관이 제공하는 공간적 서사와 동선 구조를 온라인 환경에서 효과적으로 재현하는 능력은 온라인 전시의 몰입도, 정보 전달력, 교육적 효과를 판단하는 중요한 기준으로 작용된다.¹⁴⁾

이처럼 온라인 박물관의 VR 및 가상 투어는 디지털 전시의 기술적 진화를 넘어, 전시 방식과 관람의 개념을 재정의하고 있다는 점에서 중요한 이론적, 실천적 함의를 지닌다. 이에 본 연구에서는 VR 기반 투어 시스템을 중심으로, 온라인 박물관 경험을 구성하는 평가 지표 체계를 도출하고자 한다.

2-2. 가상 투어 시스템의 평가체계 구축

본 연구는 중국 온라인 박물관의 가상 투어 시스템에 적합한 평가 체계를 구축하기 위해, 국내외 주요 선행연구를 종합적으로 분석하고, 이를 바탕으로 4개의 핵심 평가 차원과 14개의 세부 지표로 구성된 체계적인 평가지표 모형을 제시하였다. 이 지표 체계는 기존 문헌에서 자주 언급되는 요소들을 중심으로 빈도 기반 통합 및 의미 범주화 방식을 적용하여 도출되었으며, 기존 평가 틀을 단순히 수용하기보다는 온라인 박물관의 복합적 환경과 사용자 경험에 맞춰 구조적으로 재해석하였다. 지표 체계의 구체적인 내용은 다음과 같다.

첫째, Sutcliffe & Gault(2004)가 제시한 가상현실 사용성 평가 휴리스틱(Heuristic Evaluation of VR Applications)을 기반으로 하였다. 이 지표는 ‘자연스러운 참여(Natural Engagement)’, ‘사용자 작업과의 적합성(Compatibility)’, ‘현실적인 피드백(Realistic Feedback)’, ‘탐색 및 방향 지원(Navigation Support)’을 중심으로 가상환경의 사용성을 평가한다. 이는 Kabassi et al.(2019)에 의해 16개 이탈리아 박물관의 가상 투어 플랫폼을 평가하는 데 활용되었다. 그 결과 ‘VR 경험(VR Experience)’, ‘존재감(Perception of Presence)’, ‘탐색성(Navigation)’, ‘학습 지원(Support for Learning)’이라는 네 가지 평가 차원이 도출되었다.

둘째, 중국 사례를 다룬 연구 「Evaluation of Virtual Tour in an Online Museum: Exhibition of Architecture of the Forbidden City」는 Kabassi의 프레임 워크를 토대로 ‘학습 지원’ 차원을 세분화하고 ‘정보 접근성(Information Availability)’, ‘정보 흥미성(Enjoyable Presentation)’, ‘정보 연계성(Connectivity of Information)’ 등의 하위 지표를 제시하였다. 또한 ‘탐색성’ 및 ‘인터랙티브(Interactivity)’ 차원에서 ‘시작 및 종료의 명확성(Clarify of Start and End)’, ‘권한의 명확성(Clear Permissions)’ 등 실제 사용자 경험을 반영한 요소와, 내비게이션 구조의 논리성과 조작의 자연스러움이 사용자 경험에 미치는 영향을 강조하였다.

셋째, 본 연구는 사용자의 주관적 인식과 체험 흐름을 반영하기 위해, ‘온라인 VR 박물관 체험 특성이 방문자 만족도에 미치는 영향’의 연구 결과를 참조하였다. 해당 연구는 ‘현실성(Realism)’과 ‘몰입성(Immersion)’을 사용자 만족도에 영향을 미치는 주요 요인으로 설정하고 이를 실증적으로 분석하였다. 그러나 실제 온라인 박물관의 가상 환경에서는 두 개념이 서로 분리되지 않고 하나의 복합적 요인으로 작용하여

12) 이립위, 김응화, 가상(VR) 박물관 관람객 참여도 제고를 위한 개선 방안 연구, 공공디자인학회, 2023, Vol.9, p.23.

13) 김금영, 가상현실기술을 활용한 온라인 전시 표현 기법 - 직지 박물관 360도 VR 영상 온라인 전시 제작을 중심으로, 한국만화애니메이션학회, 2021. 12. No.65, pp.367-391

14) 손희주, 최진원, 가상현실 기반 박물관의 전시특성 및 활용 가능성 연구, 한국HCI학회 학술대회, 2009. Vol.2009. No.2, pp.862-867

사용자의 몰입감을 형성한다. 이에 본 연구에서는 이를 하나의 포괄적 차원인 ‘몰입적 진정성(Immersive Authenticity)’으로 통합하였다.

기존 연구에 따르면 ‘인터랙션(Interactivity)’ 차원에 포함되는 ‘행동의 자연성(Naturalness of Behavior)’과 ‘존재감(Sense of Presence)’ 항목은 기술적인 상호작용 측면보다는 사용자의 심리적 몰입과 공간 인지에서 더 밀접하게 관련된다. 본 연구에서는 이 두 항목을 ‘몰입적 진정성’ 차원으로 재구성하였다. 이는 단순한 기능적 반응을 넘어, 사용자가 공간 내에서 ‘존재한다’는 느낌을 받도록 하는 시각적 구성, 피드백 체계, 행동 흐름 등을 통합적으로 고려하기 위한 시도이다.

또한 온라인 박물관의 가상 투어는 VR 기반 3D 투어뿐만 아니라 H5 웹페이지, 모바일 앱, 멀티미디어 콘텐츠, 오디오 가이드 등 다양한 형식으로 구현된다. 따라서 기존 ‘존재감(Perception of Presence)’ 차원을 그대로 수용하기보다 사용자 행동 흐름과 콘텐츠 구조의 기능적 측면을 반영한 재구성이 필요하였다. 이에 따라 기존 박물관 웹사이트 평가 연구에서 강조된 ‘경로 인식’, ‘위치 파악’, ‘정보 계층 구조’ 등의 요소를 독립적인 차원으로 분리하고, 이를 ‘정보 유도성(Information Navigation)’ 차원으로 새롭게 정의하였다. 이 차원은 콘텐츠 구성, 내비게이션 흐름, 인터랙션 피드백을 통해 사용자의 탐색 행동을 효과적으로 지원하는지 평가하는 데 중점을 둔다.

아울러 본 연구에서는 ‘인터랙션 경험(Interactive Usability)’ 차원을 기존의 평가 체계보다 더 실질적이고 기술 중심적인 접근으로 재구성하였다. 기존의 ‘인터랙션’ 항목들이 비교적 추상적이고 감각 중심의 평가(e.g. 행동의 자연성, 존재감)에 집중되었던 반면, 본 연구는 실제 사용자 경험과 디지털 박물관 시스템의 조작 흐름을 반영하여, ‘조작의 용이성(User-friendly Operation)’, ‘시점-시스템의 조정성(Viewer-System Coordination)’, ‘멀티미디어 상호작용성(Multimedia Interactivity)’의 세 가지 주요 하위 항목을 중심으로 평가 체계를 구성하였다.

이와 같은 구조적 재구성을 바탕으로, 본 연구는 몰입적 진정성(Immersive Authenticity), 인터랙션 경험(Interactive Usability), 정보 유도성(Information Navigation), 교육적 효과(Educational Empowerment)라는 4개의 핵심 평가 차원과 14개의 세부 지표로 구성된 온라인 박물관 가상 투어 평가체계를 구축하였다.

2-2-1. 몰입적 진정성 (Immersive Authenticity)

몰입적 진정성은 가상 투어 시스템이 시각적 표현, 동작 반응, 장면 구성 등을 통해 현실에 근접한 문화적 몰입 경험을 효과적으로 제공하는지를 평가하는 차원이다. 이 차원은 사용자가 가상 공간을 탐색하는 과정에서 현장감과 몰입감을 경험할 수 있으며, 시스템의 동작 및 피드백이 물리적 논리에 기반하여 자연스러움을 제공하는지를 중점적으로 고려한다. 본 연구는 이 차원을 환경의 진정성, 행동의 자연성, 피드백의 진정성, 존재감의 네 가지 하위 지표로 세분화하여, 각 지표가 공간 시각화의 사실성, 사용자 조작의 유연성, 시스템 응답의 현실성, 주관적 몰입 경험의 정도를 종합적으로 평가하였다.

2-2-2. 인터랙션 경험 (Interactive Usability)

인터랙션 경험 차원은 사용자와 가상 투어 시스템 간의 상호작용이 자연스럽고 원활하게 이루어지는지, 또한 사용자의 콘텐츠 제어 자율성 지원 정도를 평가한다. 원활한 상호작용은 사용 효율성을 증대시키며, 시스템에 대한 사용자 신뢰도와 만족도를 향상시키는 데에도 중요한 역할을 한다. 본 연구는 이 차원을 조작의 용이성, 시점-시스템의 조정성, 멀티미디어 인터랙티브성의 세 가지 하위 지표로 나누어 구성하였다. 각 지표는 시스템 인터페이스의 사용 편의성, 시점 제어에 대한 시스템의 반응 정확도, 그리고 멀티미디어 자료의 상호작용 가능성을 평가하는 기준을 제공한다.

2-2-3. 정보 유도성 (Information Navigation)

정보 유도성 차원은 가상 투어 시스템이 콘텐츠 구조 구성, 경로 안내, 위치 정보 제공 등을 통해 사용자가 전시 공간을 효율적으로 탐색할 수 있도록 지원하는 정도를 평가한다. 온라인 박물관은 일반적으로 복잡한 정보 계층과 진입 경로가 다양하여 체계적인 정보 유도가 전체 투어 과정의 원활한 진행을 돕는다. 본 연구에서는 이 차원을 탐색 경로의 명확성, 위치 인식 지원성, 정보 구성의 논리성, 투어 시작종료 지점 인식 기능성의 네 가지 하위 지표로 세분화하였다. 각 지표는 투어 구조의 논리적 흐름과 공간 내 위치 인식 체계, 인터랙션 흐름의 일관성 및 완결성을 종합적으로 반영한다.

2-2-4. 교육적 효과 (Educational Empowerment)

교육적 효과 차원은 가상 투어를 통한 사용자의 학습 흥미를 유발과, 문화적 지식에 대한 이해와 확산을 촉진하는 정도를 평가한다. 온라인 박물관은 단순한 전시 기능을 넘어 공공 교육의 기능을 수행하고 있으며, 정보 콘텐츠의 질과 제공 방식은 사용자 인지에 중요

[표 1] 온라인 박물관 가상 투어 평가 지표 및 정의

핵심 차원	세부 지표	정의	도출 근거
몰입적 진정성 Immersive Authenticity	환경의 진정성	가상 공간의 시각적 표현이 실제 박물관 환경과 유사하게 재현되었는지를 평가한다.	Sutcliffe & Gault. (2004) Jia Li et al. (2022)
	행동의 자연성	가상 투어 중 사용자의 조작이 현실 논리에 부합하며, 행동이 자연스럽게 이루어지는지를 평가한다.	Sutcliffe & Gault. (2004) Jia Li et al. (2022)
	피드백의 진정성	시스템이 사용자의 입력이나 행동에 대해 즉각적이고 합리적인 방식으로 반응하는지를 판단한다.	Sutcliffe & Gault. (2004) Kabassi et al. (2019)
	몰입감 존재감	사용자가 가상 투어 과정에서 현장에 직접 있는 듯한 몰입감과 존재감을 느낄 수 있는지를 평가한다.	Sutcliffe & Gault. (2004) Kabassi et al. (2019)
인터랙션 경험 Interactive Usability	조작의 용이성	인터페이스와 조작 버튼의 배치가 직관적이며 이해하기 쉬운지, 또한 시스템 사용에 필요한 학습 부담이 낮은지를 평가한다.	Cunliffe et al. (2001) 김미자 & 구자준. (2024)
	시점-시스템의 조정성	사용자가 시점을 이동하거나 탐색할 때, 시스템이 이를 자연스럽게 지연 없이 반응하는지를 평가한다.	Kabassi et al. (2019) Jia Li et al. (2022)
	멀티미디어 인터랙티브성	영상, 이미지, 3D 모델 등 콘텐츠가 클릭, 확대, 회전 등의 상호작용 기능을 지원하는지를 평가한다.	Davoli et al. (2005) Kabassi et al. (2019)
정보 유도성 Information Navigation	탐색 경로의 명확성	시스템이 단계 안내, 메뉴 구조, 경로 표시 등과 같은 명확한 탐색 경로 지침을 제공하는지 평가한다.	Sutcliffe & Gault. (2004) Williams et al. (2005)
	위치 인식의 지원성	시스템이 사용자의 현재 위치와 전체 구조 내에서의 상대적 위치를 실시간으로 안내하는지 평가한다.	Sutcliffe & Gault (2004) Jia Li et al. (2022)
	정보 구성의 논리성	페이지 콘텐츠 또는 전시 정보가 구조적으로 명확하게 구성되어 있으며 원하는 정보를 신속하게 찾을 수 있는지를 평가한다.	Styliani et al. (2009) Roussou M et al. (2018) Jia Li et al. (2022)
	시작-종료의 명확성	가상 투어의 시작과 종료 지점이 명확히 제시되어, 사용자의 경로 이탈이나 콘텐츠 누락을 방지하는지를 평가한다.	Kabassi. (2019) Jia Li et al. (2022)
교육적 효과 Educational Empowerment	정보의 풍부성	투어에서 제공하는 정보가 충분하고 깊이 있으며, 사용자의 문화적 지식 탐색 요구를 충족시키는지를 평가한다.	Jia Li et al. (2022) Sutcliffe & Gault. (2004)
	정보 제시의 흥미성	정보의 제시 방식이 애니메이션, 인터랙티브 퀴즈, 게임화 요소 등과 같이 흥미롭고 시각적으로 매력적인지를 평가한다.	이지혜. (2018) Kabassi et al. (2019) Jia Li et al. (2022)
	정보의 연결성	사용자가 투어 중 얻은 정보를 공유, 댓글, 즐겨찾기 등의 방식으로 타인과 소통하거나 확산시킬 수 있는지를 평가한다.	이지혜. (2018) Jia Li et al. (2022)

한 영향을 미친다. 본 연구에서는 이 차원을 정보의 풍부성, 정보 제시의 흥미성, 정보 연결성의 세 가지 하위 지표로 구성하였다. 이는 각각 콘텐츠의 포괄성, 표현 방식의 매력도, 그리고 사용자의 자발적인 정보 공유 가능성에 대한 평가 기준을 제공한다.

2-3. 다기준 의사결정 (MCDM)

다기준 의사결정(Multi-Criteria-Decision-Making, MCDM)은 여러 개의 평가 기준을 동시에 고려하여 최적의 대안을 선택하는 의사결정 기법을 의미한다. 이는 단순히 하나의 기준만을 고려하는 것이 아니라, 여러

가지 기준이 서로 충돌하거나 모호한 상황에서 최적의 결정을 내리기 위한 분석 도구로 활용된다.

MCDM은 1940~1950년대 운영 연구(Operations Research, OR)와 최적화 문제에서 시작되었으며, 1960년대 이후 본격적으로 수학적 모델링을 적용하여 정량적인 의사결정 방법론으로 발전하였다¹⁵⁾. 전통적

15) Triantaphyllou E, Shu B, Nieto Sanchez S, Ray T, Multi-criteria decision making: An operations research approach, Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering, 1998, Vol.15, pp.175 – 186.

인 의사결정 방식은 단일 기준만을 고려하는 경우가 많았으나, 현실에서는 서로 다른 평가 기준이 공존하는 복합적인 문제 상황이 많아, 이를 해결하기 위해 MCDM이 적극적으로 도입되었다.

특히, 박물관의 온라인 가상 투어 시스템과 같은 복합적인 서비스 품질 평가에서는 접근성, 정보 품질, 상호작용성, 몰입감, 학습 지원 등의 요소가 동시에 영향을 미친다. 이러한 시스템의 품질을 평가할 때 단일 기준만을 고려하는 것은 한계가 있으며, 여러 평가 기준을 동시에 분석할 수 있는 MCDM기법이 필수적이다.

MCDM기법은 의사결정자가 여러 개의 방안 중에서 가장 적합한 선택을 할 수 있도록 과학적이고 체계적인 분석을 제공하며, 본 연구에서는 AHP(Analytic Hierarchy Process)와 TOPSIS(Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)기법을 활용하여 중국 박물관 온라인 가상 투어 시스템을 평가하고자 한다.

AHP(The Analytic Hierarchy Process) 계층 분석 기법)은 정성적(질적) 판단과 정량적(수리적) 분석을 결합한 체계적이고 계층적인 분석 방법이다. 이는 복잡한 의사결정 문제를 효과적으로 해결하는 데 유용하며, 다양한 평가 기준을 구조적으로 정리하여 논리적이고 일관된 의사결정을 가능하게 한다.

AHP는 실용성과 효과성이 뛰어나며, 정책 결정, 자원 배분, 품질 평가 등 다양한 분야에서 활용된다. 본 연구에서는 박물관 온라인 가상 투어 평가에서 각 평가 지표의 상대적 중요도를 결정하기 위해 AHP를 적용하였다.

TOPSIS(Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)는 최적해(Positive Ideal Solution, PIS) 및 최악해(Negative Ideal Solution, NIS)와의 유사성을 기반으로 대안을 평가하는 다기준 의사결정 방법이다. 이 방법은 원본 데이터의 정보를 최대한 활용할 수 있으며, 평가 결과가 각 대안 간의 차이를 명확하게 반영할 수 있다는 장점이 있다¹⁶⁾.

TOPSIS 기법의 핵심 개념은 모든 평가 대안들 중에서 이상적인 최적해(PIS) 및 최악해(NIS)를 설정하고, 각 대안이 이 두 해와 얼마나 가까운지를 측정하는 것

이다. 최적해는 모든 지표에서 최적의 성능을 가진 이상적인 가상의 대안이고, 최악해는 모든 지표에서 가장 낮은 성능을 가진 가상의 대안이다. 최적해와 최악해는 실제 존재하는 대안이 아니라, 평가 시스템 내 모든 대안들에서 최상의 값을 조합하여 생성된 개념적인 기준점이다. 즉 최적해에 가까울수록 높은 점수를 받고, 최악해에 가까울수록 낮은 점수를 받는다. 이를 통해, 최적해에 가장 가까운 대안을 최우선으로 선정할 수 있다.

3. 실증 연구

3-1. AHP + TOPSIS 기반 연구 모델 구성

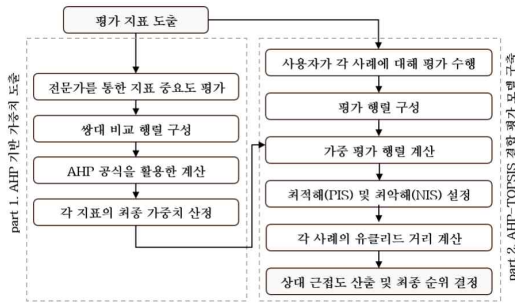
본 연구는 온라인 박물관의 가상 투어 시스템을 종합적으로 평가하기 위해 AHP와 TOPSIS 기법을 결합한 복합 의사결정 모델을 설계하였다. AHP는 전문가의 판단을 통해 평가 지표의 상대적 중요도를 도출하며, TOPSIS는 각 사례별 수행 수준을 정량적으로 비교·분석할 수 있는 방법론으로서 두 기법은 상호보완적 역할을 수행한다.

TOPSIS는 최적해(Positive Ideal Solution)와 최악해(Negative Ideal Solution) 간의 거리 계산을 기반으로 대안을 평가하는 기법으로, 데이터 분포, 샘플 수, 지표 수 등에 대한 제한이 거의 없고 계산 과정도 간단하여 직관적인 해석이 가능하다는 장점을 가진다.

그러나 기존의 TOPSIS는 평가자가 제공한 점수에 전적으로 의존하기 때문에, 불확실한 문제를 처리할 경우 주관적 편향에 따른 오류 가능성이 존재한다. 이에 따라 본 연구는 AHP와 TOPSIS를 결합하여 보다 객관적이고 신뢰성 있는 평가 프레임워크를 제시하고자 하였다.

AHP를 통해 먼저 전문가 집단의 판단을 기반으로 평가 지표의 중요도를 수치화하고, 해당 가중치를 TOPSIS 분석에 반영함으로써 주관적 오류를 최소화하였다. 이러한 방식은 평가자의 주관에 전적으로 의존하지 않으며, 샘플 수가 적은 경우는 물론 다수 사례를 동시에 비교해야 하는 경우에도 유연하게 적용 가능하다는 장점을 지닌다. 또한 결과값이 상대 근접도(Close Coefficient)로 제시되어 시각적·수치적 해석이 용이하며, 실무 활용성과 정책적 응용 가능성 또한 높다. 본 연구의 전체 분석 절차는 다음 [그림1]과 같다.

16) Mousavi-Nasab S H, Sotoudeh-Anvari A, A comprehensive MCDM- based approach using TOPSIS, COPRAS and DEA as an auxiliary tool for material selection problems, Materials & Design, 2017, Vol.121, pp.237-253.



[그림 1] 본 연구의 분석 절차 및 연구 모델

3-2. 계층 구조 모델 구축 및 평가 항목 개요

본 연구는 온라인 박물관 가상 투어 시스템을 보다 체계적이고 정량적으로 평가하기 위해 계층 분석법(AHP)을 기반으로 한 평가 모델을 구성하였다. AHP 분석 구조는 크게 세 단계로 나뉘며, 최상위에는 '온라인 박물관 가상 투어의 종합 평가'라는 목표 계층(Goal level), 중간에는 핵심 평가 차원(Criteria level), 그리고 하위에는 구체적인 세부 평가 항목(Sub-criteria level)으로 구성된다.

핵심 평가 차원은 제2장에서의 이론적 고찰을 바탕으로 도출된 내용으로, 몰입적 진정성(Immersive Authenticity), 인터랙션 경험(Interactive Usability), 정보 유도성(Information Navigation), 교육적 효과(Educational Empowerment)의 네 가지로 구성되어 있다. 각 차원은 다시 총 14개의 세부 평가 항목으로 세분화된다. 모든 평가 항목은 편익형 지표(Benefit-type Criteria)로 설정되었으며, 이는 지표의 수치가 높을수록 긍정적인 평가로 간주된다는 의미이다. 이러한 구조는 AHP 가중치 산출 및 TOPSIS 유사도 계산 시 일관된 분석 기준을 제공한다.

[표 2] 계층 구조 모델

A. 온라인 박물관 가상 투어의 종합 평가													
핵심 평가 차원	A1				A2				A3				A4
	몰입적 진정성				인터랙션 경험성				정보 유도성				교육적 효과성
B	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13
세부 평가항	환경의 진정성	행동의 자연성	피드백의 적절성	몰입감 존재 여부	조작의 용이성	시점의 다양성	멀티미디어	탐색경로의 다양성	위치인식의 정확성	정보구성의 명확성	투어시작의 편의성	정보제공의 적시성	정보의 유용성

목	성	성	정성	감	성	템의조정성	인터랙티브성	명확성	지원성	의논리성	·종료의명확성	부성	의흥미성	결성
지표 유형	편익형 지표 (Benefit-type Criteria)													

3-3. 전문가 및 사용자 설문 설계 및 수집

실증 분석을 위한 데이터 수집은 AHP와 TOPSIS의 목적에 따라 전문가 대상 설문과 일반 사용자 대상 설문으로 구분하여 진행되었다.

[표 3] AHP와 TOPSIS 설문 구성

구성	AHP 전문가 설문	TOPSIS 사용자 설문
설문 목적	평가 지표의 상대적 중요도	온라인 박물관 시스템의 체감 품질
설문 대상	관련 분야 전문가	중국 내 온라인 박물관 가상 투어 체험자/사용자
설문 척도	Saaty's 1-9 Fundamental Scale	5-point Likert scale
설문 기간	2025년 3월 27일부터 4월 3일까지 약 1주간	2025년 3월 27일부터 4월 17일까지 약 3주간

AHP 전문가 설문은 3단계 계층 구조 모델을 기반으로 구성되었으며, 각 세부 평가 항목 간의 상대적 중요도를 Saaty's 1-9 Fundamental Scale의 쌍대비교 방식으로 평가하도록 설계되었다. AHP 전문가 설문에는 디지털 박물관 콘텐츠 기획 및 운영 전문가, 인터랙션 디자인 및 사용자 행동 분석 연구자, 문화유산 디지털화 및 온라인 전시 관련 전문가, UX/UI 및 HCI(Human-Computer Interaction) 연구자 등 총 12인이 참여하였다. 각 응답자는 일관성 검정(Consistency Ratio, CR)을 통해 응답의 논리성을 확보하였으며, $CR < 0.1$ 을 충족한 응답만을 분석에 포함하였다. 최종적으로는 기하 평균법(Geometric Mean Method)을 활용하여 통합 가중치를 산출하였다.

TOPSIS 사용자 설문은 AHP에서 도출된 14개의 세부 평가 항목을 기반으로 구성되었으며, 각 항목은 5점 Likert 척도를 통해 평가되었다. 설문 대상자는 중국 내 대표 온라인 박물관의 가상 투어 페이지를 직접 체험한 후, 시스템에 대한 인식과 체감된 품질 수준을 정량적으로 평가하였다. 특히, 본 설문은 2025년 3월

27일부터 4월 17일까지 약 3주간 진행되었으며, 모든 응답은 온라인 설문 플랫폼을 통해 수집되었다.

한편, 본 연구에서는 중국의 종합형 온라인 박물관 31곳을 대상으로 사전 조사를 실시한 후, 가상 투어 기능이 활성화되어 있는 5개의 대표적 플랫폼을 최종 평가 대상으로 선정하였다. 이는 온라인 박물관의 공식적인 순위 자료나 사용자 기반의 종합 보고서가 미비한 현실을 고려하여, 각 플랫폼의 실제 체험 가능성과 기능 완성도를 중심으로 사례를 선별한 결과이다. 선정 기준은 다음 세 가지 조건을 충족하는지를 중심으로 설정하였다. 첫째, 360도 혹은 VR 기반의 전시 공간을 제공하고 있는가. 둘째, 이미지, 음성, 영상 등 다양한 멀티미디어 콘텐츠를 지원하는가. 셋째, 사용자 접근성과 시스템 기능의 완성도가 일정 수준 이상으로 확보되어 있는가이다.

이러한 기준에 따라 선정된 5개 박물관은 다음과 같다: 고궁박물관(故宫博物院), 중국국가박물관(中国国家博物馆), 저장성박물관(浙江博物馆), 후난성박물관(湖南省博物馆), 텐진박물관(天津博物馆). 이들 기관은 온라인 가상 투어 시스템의 기술적 구현, 정보 제공 방식, 사용자 경험 설계 측면에서 대표성을 갖추고 있으며, 본 연구의 실증 분석에 적합한 사례로 판단되었다. 박물관 사례별로 각각 50부씩, 총 250부의 사용자 설문지를 배포하였으며, 모든 설문은 사용자가 해당 온라인 가상 투어 시스템을 실제 체험한 후 작성하도록 유도되었다. 설문 문항은 기술적, 구조적, 정보적 측면에서 사용자의 전반적인 인식과 수행 수준을 평가할 수 있도록 구성되었으며, 이 중 총 234부가 회수되어(회수율 93.6%) 유효한 분석 자료로 활용되었다.

4. 실증 분석

4-1. AHP 기반 지표 가중치 분석

4-1-1. AHP 분석을 위한 전문가 구성 개요

본 연구는 온라인 박물관 투어 시스템의 체험 평가를 위한 AHP 분석의 객관성과 타당성을 확보하기 위해, 관련 분야 전문가들의 평가를 반영하였다. 참여한 전문가는 박물관 인터랙션 콘텐츠, UX/UI 사용자 행동 분석, 디지털 박물관과 온라인 전시 공간 설계 등의 분야에 종사하고 있으며, 본 연구 주제와 밀접한 전문성을 갖추고 있다.

UX/UI 기반 사용자 경험 및 인터랙션 분석 전문가

는 디지털 전시 콘텐츠 기획, 인터페이스 설계, 사용자 반응 분석 등을 중점적으로 다루며, 정보 제시 방식과 조작 편의성 등 체험 요소에 대한 깊은 이해를 제공한다. 한편, 디지털 전시 공간 관련 전문가는 가상 공간 구조, 시각적 내러티브, 몰입형 환경 설계 등을 중점적으로 연구하며, 본 연구의 전시 흐름성과 공간 체험성 평가에 기여한다.

[표 4] AHP 분석을 위한 전문가 참여 현황

번호	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
직책	대학교수	대학강사	대학강사	대학강사	대학강사	박사과정	박사과정	대학강사	대학강사	박사과정	박사과정	박사과정
전공	디자인학	디지털미디어	디지털미디어	디지털미디어	디지털미디어	커뮤니케이션	커뮤니케이션	실내건축디자인	실내공간디자인	실내공간디자인	커뮤니케이션	커뮤니케이션
학위	박사	박사	박사	박사	박사	석사	석사	박사	박사	석사	석사	석사
연구분야	박물관 인터랙션 콘텐츠 및 UX/UI 사용자 행동 분석							디지털 박물관 및 온라인 전시 공간				
	브랜드·시각디자인	박물관 인터랙션	박물관 인터랙션	인터랙션 콘텐츠 기획	디지털 전시 UX 기획	VR 전시 체험연구	VR 투어 체험연구	디지털 박물관 공간	온라인 전시 공간	몰입형 전시 환경	공간 정보 시각화	디지털 문화공간

4-1-2. 1차 평가 기준 가중치 계산

1차 평가 지표의 가중치를 계산하기 위해, 먼저 12명의 전문가가 제공한 개별 판단 행렬을 통합하기 위해 기하 평균법을 사용하였다. 이 방법은 각 평가 행렬의 요소를 곱한 후, 그 값에 대해 m제곱근을 취해 최종 통합 행렬을 도출하는 방식이다.

[표 5] 1차 평가 기준 A1-A4 판단 통합 행렬

A	A1	A2	A3	A4
A1	1	0.861299	0.372918	2.254907
A2	1.161037	1	0.448440	3.055232
A3	2.681552	2.229954	1	4.909397
A4	0.443477	0.327307	0.203691	1

그 다음, 통합된 행렬의 요소를 행(row) 단위로 모두 곱하여 새로운 벡터를 생성하였다. 이후, 이 벡터의 각 성분에 대해 n제곱근을 계산하였고, 계산된 벡터를 정규화하여 최종 가중치 벡터(w)를 도출하였다.

$$\bar{A} = \left(\prod_{k=1}^m a_{ij}^k \right)^{\frac{1}{m}} \quad W_i = \frac{\left(\prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{\frac{1}{n}}}{\sum_{i=1}^n \left(\prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{\frac{1}{n}}} \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$

이 과정에서 실제 전문가들이 평가 지표를 쌍대 비교할 때 일관되지 않은 판단이 발생할 가능성이 있기 때문에, 일관성 검증이 필요하였다. 일반적으로 CR(Consistency Ratio, 일관성 비율)을 사용하여 판단 행렬의 일관성을 검증하며, CR은 일관성 지수(CI)와 평균 랜덤 일관성 지수(RI)의 비율로 정의된다. CR 값이 0.1 미만이면 판단 행렬이 일관성을 충족한다고 간주되며 수정이 필요하지 않다. 반대로 CR이 0.1 이상이면, 전문가의 판단 행렬을 재검토하고 수정해야 하며, 최종적으로 CR이 0.1 미만이 될 때까지 조정해야 한다.

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{\lambda_{\max} - n}{(n-1)RI} < 0.1 \quad CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{(n-1)}$$

최종적으로 (A1)부터 (A4)까지의 통합 판단행렬에 대해 가중치 산정 및 일관성 검증을 수행한 결과, CR = 0.0041로 일관성 검정을 통과하였으며, 모든 가중치 산정 결과는 합리적인 것으로 판단되었다. 이에 따라, 1차 평가 지표의 최종 가중치는 아래 표와 같다.

[표 6] 1차 평가 기준(Criteria level) 가중치 산정 결과

지표	가중치	$\lambda_{\max}$	CI	CR
A1	0.1927	4.011	0.0037	0.0041<0.1 일관성 검정을 통과
A2	0.2346			
A3	0.4862			
A4	0.0866			

4-1-3. 2차 평가 기준 가중치 계산

동일한 계산 절차에 따라 2차 평가 지표(B1~B14)에 대한 판단행렬을 집계하고, 가중치를 산정하였다.

총 12명의 전문가가 작성한 각 항목별 쌍대 비교 설문 결과는 모두 일관성 요건(CR < 0.1)을 충족하였으며, 이에 따라 모든 응답 결과를 통합 판단행렬 작성에 반영하였다. 이후 통합 판단행렬을 기반으로 AHP 기법에 따라 각 세부 항목의 가중치를 산출하고, 일관성 검정을 통해 해당 결과의 신뢰도를 확보하였다. 세부 평가 지표별 가중치 산정 결과 및 CR 값은 항목군(B1-B14)별로 구분하여 다음 [표 7]에 제시하였다.

[표 7] B1-B14 판단 통합 행렬 및 가중치 산정 결과

A1	B1	B2	B3	B4
B1	1	2.22321	1.81286	1.51824
B2	0.44980	1	0.90975	0.63677
B3	0.55162	1.09920	1	1.00131
B4	0.65866	1.57042	0.99869	1
지표	가중치	$\lambda_{\max}$	CI	CR
B1	0.3764	4.0111	0.00369	0.0041<0.1 일관성 검정을 통과
B2	0.171			
B3	0.2113			
B4	0.2413			
A2	B5		B6	B7
B5	1		1.50954	3.01624
B6	0.66245		1	1.89170
B7	0.33154		0.52863	1
지표	가중치	$\lambda_{\max}$	CI	CR
B5	0.503	3.0003	0.00017	0.0003<0.1 일관성 검정을 통과
B6	0.3272			
B7	0.1698			
A3	B8	B9	B10	B11
B8	1	2.25878	1.31299	3.41547
B9	0.44272	1	0.43531	1.47724
B10	0.76162	2.29723	1	2.54136
B11	0.29279	0.69336	0.39349	1
지표	가중치	$\lambda_{\max}$	CI	CR
B8	0.3966	4.0162	0.0054	0.0061<0.1 일관성 검정을 통과
B9	0.1624			
B10	0.3228			
B11	0.1182			
A4	B12		B13	B14
B12	1		0.88427	2.25491
B13	1.13088		1	2.26175
B14	0.44348		0.44214	1
지표	가중치	$\lambda_{\max}$	CI	CR
B12	0.3924	3.0016	0.0008	0.0015<0.1 일관성 검정을 통과
B13	0.4264			
B14	0.1811			

[표 8] 최종 가중치 종합표

목표 계층(Goal level): A 온라인 박물관 가상 투어의 종합 평가					
Criteria level	W1 가중치	Sub-criteria level	W2 가중치	W1*W2 종합 가중치	순위
A1몰입적 진정성	0.1927	B1환경의 진정성	0.3764	0.07253228	6
		B2행동의 자연성	0.171	0.0329517	13
		B3피드백의 진정성	0.2113	0.04071751	9
		B4몰입감 / 존재감	0.2413	0.04649851	8
A2인터랙션 경험	0.2346	B5조작의 용이성	0.503	0.1180038	3
		B6시점-시스템의 조정성	0.3272	0.07676112	5
		B7멀티미디어 인터랙티브성	0.1698	0.03983508	10
A3정보 유도성	0.4862	B8탐색 경로의 명확성	0.3966	0.19282692	1
		B9위치 인식의 지원성	0.1624	0.07895888	4
		B10정보 구성의 논리성	0.3228	0.15694536	2
		B11투어 시작-종료의 명확성	0.1182	0.05746884	7
A4교육적 효과	0.0866	B12정보의 풍부성	0.3924	0.03398184	12
		B13정보 제시의 흥미성	0.4264	0.03692624	11
		B14정보의 연결성	0.1811	0.01568326	14

4-1-4. 계층별 가중치 종합 결과

본 연구에서는 온라인 박물관 가상 투어 시스템의 핵심 평가 지표를 도출한 후, 계층 분석 기법(AHP: Analytic Hierarchy Process)을 적용하여 각 평가 항목의 상대적 중요도를 정량적으로 산출하였다. 이를 위해 관련 분야 전문가를 대상으로 쌍대 비교(Pairwise Comparison) 설문을 실시하였으며, 일관성 검증(Consistency Ratio, CR < 0.1)을 통과한 응답 결과만을 분석에 포함하였다. 최종적으로는 판단행렬을 종합하여 각 지표의 가중치를 계산하고, 그 결과를 [표 8]에 제시하였다. 해당 표는 1차 평가 차원의 가중치(W1), 2차 세부 지표의 가중치(W2), 그리고 이들의 곱을 통해 도출된 종합 가중치(W1×W2)를 포함하고 있다. 아울러, 종합 가중치를 기준으로 각 세부 항목의 상대적 우선순위를 확인함으로써, 향후 시스템 개선 시 우선적으로 고려해야 할 영역을 도출하였다. 이 분석 결과는 이후 진행된 TOPSIS 기반의 정량적 평가 분석을 위한 기초 자료로 활용되었다.

4-2. AHP 가중치 분석 소결

AHP 분석 결과, 온라인 박물관 가상 투어 시스템의 주요 평가 차원에서 ‘정보 유도성(Information Navigation)’이 가장 높은 중요도(종합 가중치 0.3052)를 기록했으며, ‘몰입적 진정성(Immersive Authenticity)’(0.2659), ‘인터랙션 경험(Interactive

Usability)’(0.2304), ‘교육적 효과(Educational Empowerment)’(0.1985)가 차례로 나타났다. 이는 온라인 박물관의 가상 투어 설계 시, 시각적 몰입이나 단순 기능 구현보다 콘텐츠 탐색 흐름의 구조적 명확성과 정보 구성의 논리성이 중요한 설계 기준으로 설정되어야 함을 시사한다.

세부 지표 중에서는 ‘정보 구성의 논리성’과 ‘탐색 경로의 명확성’이 각각 종합 가중치 기준으로 1위와 2위를 차지하였으며, ‘투어 시작-종료의 명확성’ 또한 높은 중요도를 기록하였다. 이러한 결과는 온라인 전시 시스템의 핵심이 단순한 정보 전달이 아니라, 사용자의 인지 경로를 반영한 콘텐츠 구조화와 명확한 내비게이션 흐름이라는 점을 보여준다.

‘인터랙션 경험(Interactive Usability)’ 차원에서는 ‘조작의 용이성’(0.1180)이 전체 세부 항목 중 3위를 기록하며 가장 높은 평가를 받았고, ‘시점-시스템의 조정성’(0.0768)이 그 뒤를 이었다. 반면, ‘멀티미디어 인터랙티브성’(0.0398)은 10위로 상대적으로 낮은 가중치를 나타냈다. 이는 인터랙션에서의 기술적 다양성이나 시각적 복잡성보다, 시스템 평가에서 인터페이스의 직관성과 조작의 효율성이 더 중요한 기준으로 작용하고 있음을 시사한다.

‘몰입적 진정성(Immersive Authenticity)’ 차원에서는 ‘환경의 진정성’이 6위로 가장 높은 평가를 받았고, 그 뒤를 이어 ‘몰입감/존재감’이 8위, ‘피드백의 진정성’

이 9위를 기록하였다. 반면, ‘행동의 자연성’은 전체 세부 지표 중 13위로 낮은 중요도를 기록하였다. 이는 전문가들이 시각적 환경 구성과 반응 흐름의 일관성을 중시하는 반면, 사용자의 행동 움직임 자체의 자연스러움은 상대적으로 중요도가 낮은 요소로 간주되고 있음을 보여준다. 따라서 몰입이 단순한 시각적 실재감보다도 사용자의 조작에 대한 시스템의 응답성과 체험 흐름의 유기성으로 인식되는 경향이 반영된 결과로 해석할 수 있다. 한편, ‘교육적 효과(Educational Empowerment)’ 차원은 전체 평가 차원 중 가장 낮은 중요도를 나타냈으며, ‘정보 연결성’은 전체 14개 세부 항목 중 최하위를 기록하였다. ‘정보의 흥미성’과 ‘정보의 풍부성’ 항목 역시 낮은 순위에 머물렀다. 이는 전문가들이 온라인 박물관의 교육적 기능보다 정보 구조, 인터페이스 흐름, 체험 몰입 등을 우선적인 설계 요소로 인식함을 나타낸다. 이는 현재 시스템이 교육 기능을 배제하지 않으나, 실제 설계 및 구현 과정에서 교육 콘텐츠의 전략적 통합이 상대적으로 낮은 우선순위를 밀릴 수 있음을 간접적으로 시사한다.

결론적으로 본 연구는 AHP 분석을 통해 전문가 집단이 온라인 박물관 가상 투어 시스템의 핵심 구성 요소에 대한 인식을 구조적으로 도출하였다. 이는 향후 사용자 중심의 플랫폼 개선 및 평가 지표 설정에 있어 정량적 기준으로 활용될 수 있다. 특히 정보 유도 흐름, 인터랙션의 직관성, 시스템 반응성 등이 사용자 몰입 및 학습 경험에 영향을 미친다는 점에서, 온라인 박물관의 가상 투어 시스템의 전략적 방향을 제시한다. 한편, 전문가 판단에 의한 상대적 중요도 분석만으로는 실제 시스템의 수행 수준을 평가하는 데 한계가 있으므로, 본 연구는 AHP에서 도출된 가중치를 바탕으로 다기준 의사결정 기법인 TOPSIS를 적용하여 실제 사례 분석을 진행하였다.

4-3. TOPSIS 기반 사례별 종합 평가 수행

4-3-1. 사용자 표본의 특성

본 연구의 TOPSIS 기반 사용자 설문은 총 234명의 유효 응답을 바탕으로 분석되었으며, 표본의 인구통계학적 특성과 사용 경험 특성을 [표 9]에 정리하였다.

성별 분포는 남성 26.92%, 여성 73.08%로 여성 응답자의 비율이 상대적으로 높았으며, 연령대는 25세 이상 30세 이하가 47.86%로 가장 많았다. 또한, 온라인 박물관 가상 투어 이용 시 주로 사용하는 기기에 대해서는 스마트폰이 53.01%로 절반 이상을 차지하

였으며, 그 뒤를 노트북(22.95%), 태블릿(18.58%)이었다. 이는 모바일 중심의 온라인 전시 플랫폼 접근이 사용자 경험에 있어 주요한 경로를 보여준다. 이용 빈도 측면에서는 ‘사용 경험 있으나 거의 이용하지 않음’이 46.15%로 가장 높았고, ‘가끔 이용함(3~4개월에 1회)’이 32.48%, ‘이번이 처음임’도 11.11%로 나타났다. 이는 온라인 박물관 가상 투어가 여전히 정기적인 이용보다는 일회성 또는 제한적 탐색에 머물고 있는 현실을 반영하는 결과로 해석될 수 있다.

[표 9] 표본의 특성

구분	세부 내용		빈도	백분율(%)
성별	남자		63	26.92%
	여자		171	73.08%
연령	20대	20-25 (25포함)	55	23.50%
		25-30 (30포함)	112	47.86%
	30대	30-35 (35포함)	35	14.96%
		35-40 (40포함)	6	2.56%
	40대	40-45 (45포함)	18	7.69%
		45-50 (50포함)	3	1.28%
	50 이상		5	2.14%
주로 사용 기기	스마트폰		194	53.01%
	태블릿		68	18.58%
	데스크탑 컴퓨터		18	4.92%
	노트북		84	22.95%
	기타 모바일 기기		2	0.55%
사용 빈도	자주 이용함(한 달 2회 이상)		24	10.26%
	가끔 이용함(3~4개월에 1회)		76	32.48%
	거의 이용하지 않음(경험 있음)		108	46.15%
	이번이 처음임		26	11.11%

4-3-2. 정규화 및 가중 정규화 행렬 계산

이질적인 척도를 가진 평가 지표 간의 비교 가능성을 확보하기 위하여, 총 234부의 설문 데이터를 바탕으로 각 사례의 사용자 평가 원자료를 벡터 정규화 방식으로 처리하였다. 본 연구의 모든 지표는 편익형 지표이므로, 별도의 역변환 없이 정규화가 가능하였다. 정규화 결과는 [표 10]에 제시되어 있다. 이후, AHP 분석을 통해 사전에 도출된 각 평가 지표의 가중치를 기반으로, 의사결정 행렬 가중 정규화 수식을 적용하여 정규화 행렬에 가중치를 반영하였다. 그 결과로서 산출된 가중 정규화 결정 행렬은 [표 11]에 제시되어 있으며, 이는 이후의 최적해(PIS), 최악해(NIS) 및 각 사례와의 거리 계산(유클리드 거리)에 활용되었다.

$$\text{의사결정 행렬 정규화 수식} : r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}$$

[표 10] 정규화 행렬

	A고궁박물관	B후난성박물관	C텐진박물관	D저장성박물관	E중국국가박물관
B1 환경의 진정성	1.0001	0.833433	0.0001	0.555656	1.0001
B2 행동의 자연성	0.461638	1.0001	0.0001	0.823177	0.782151
B3 피드백의 진정성	0.904862	1.0001	0.0001	0.492163	0.288989
B4 몰입감 / 존재감	0.257913	0.726663	0.140725	0.0001	1.0001
B5 조작의 용이성	1.0001	0.727373	0.0001	0.084948	0.715252
B6 시점-시스템의 조정성	1.0001	0.583433	0.0001	0.433433	0.077878
B7 멀티미디어 인터랙티브성	0.609948	0.922448	0.467903	1.0001	0.0001
B8 탐색 경로의 명확성	0.953804	1.0001	0.12047	0.0001	0.493927
B9 위치 인식의 지원성	1.0001	1.0001	0.0001	0.6376	0.570933
B10 정보 구성의 논리성	0.3001	1.0001	0.0001	0.364544	0.471211
B11 투어 시작-종료의 명확성	0.745863	1.0001	0.288236	0.0001	0.650947
B12 정보의 풍부성	0.466767	1.0001	0.533433	0.0001	0.568989
B13 정보 제시의 흥미성	0.34385	1.0001	0.0001	0.66885	0.46885
B14 정보의 연결성	0.573964	1.0001	0.744418	0.0001	0.727373

[표 11] 가중 정규화 행렬

	A고궁박물관	B후난성박물관	C텐진박물관	D저장성박물관	E중국국가박물관
B1 환경의 진정성	0.07254(PIS)	0.060451	7.00E-06(NIS)	0.040303	0.07254
B2 행동의 자연성	0.015212	0.032955(PIS)	3.00E-06(NIS)	0.027125	0.025773
B3 피드백의 진정성	0.036844	0.040722(PIS)	4.00E-06(NIS)	0.02004	0.011767
B4 몰입감 / 존재감	0.011993	0.033789	0.006544	5.00E-06(NIS)	0.046503(PIS)
B5 조작의 용이성	0.118016(PIS)	0.085833	1.20E-05(NIS)	0.010024	0.084402
B6 시점-시스템의 조정성	0.076769(PIS)	0.044785	8.00E-06(NIS)	0.033271	0.005978
B7 멀티미디어 인터랙티브성	0.024297	0.036746	0.018639	0.039839(PIS)	4.00E-06(NIS)
B8 탐색 경로의 명확성	0.183919	0.192846(PIS)	0.02323	1.90E-05(NIS)	0.095242
B9 위치 인식의 지원성	0.078967(PIS)	0.078967	8.00E-06(NIS)	0.050344	0.04508
B10 정보 구성의 논리성	0.047099	0.156961(PIS)	1.60E-05(NIS)	0.057214	0.073954
B11 투어 시작-종료의 명확성	0.042864	0.057475(PIS)	0.016565	6.00E-06(NIS)	0.037409
B12 정보의 풍부성	0.015862	0.033985(PIS)	0.018127	3.00E-06(NIS)	0.019335
B13 정보 제시의 흥미성	0.012697	0.03693(PIS)	4.00E-06(NIS)	0.024698	0.017313
B14 정보의 연결성	0.009002	0.015685(PIS)	0.011675	2.00E-06(NIS)	0.011408

[표 12] 사례별 상대 유사도 계산 결과 및 종합 순위 도출

사례	PIS와의 거리 (D+)	NIS와의 거리 (D-)	근접 계수 (Closeness Coefficient, CC 값)	순위
A고궁박물관	0.122823	0.268331	0.685998	2
B후난성박물관	0.048745	0.303931	0.861786	1
C텐진박물관	0.304645	0.040837	0.118203	5
D저장성박물관	0.264615	0.109405	0.292511	4
E중국국가박물관	0.164934	0.184801	0.528402	3

4-3-2. 사례별 상대 유사도 계산 및 종합 순위 도출

가중 정규화 결정 행렬을 바탕으로, TOPSIS 기법에 따라 각 평가 지표의 최적해(PIS)와 최악해(NIS)를 산출하였다. PIS는 각 지표의 가장 우수한 값(최대값), NIS는 가장 열악한 값(최소값)으로 정의되며, 이는 가

중 정규화된 행렬의 열 기준으로 추출되었다. 이후 각 사례와 PIS 및 NIS 간의 유클리드 거리(D)를 계산하여, 사례가 이상적인 해에 얼마나 가까운지를 정량적으로 분석하였다. 이어서 산출된 두 거리 값을 바탕으로 각 사례의 근접 계수(CC값)를 계산하였다. 이 CC값은

사례의 상대적 우수성을 나타내며, 값이 1에 가까울수록 최적해에 근접한 대안으로 해석된다. 최종적으로, 근접 계수를 기준으로 TOPSIS 순위를 결정하였으며, 관련 거리 값과 CC값은 [표 12]에 정리하였다.

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - A_j^+)^2} \quad d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - A_j^-)^2}$$

TOPSIS 분석을 통해 5개 온라인 박물관 사례에 대한 종합적인 성능 순위를 도출한 결과, 후난성박물관(B)이 상대 유사도 계수(CC) 0.8618로 가장 높은 평가를 받았으며, 고궁박물관(A)과 중국국가박물관(E)이 그 뒤를 이었다.

반면, 텐진박물관(C)은 CC 값 0.1182로 가장 낮은 평가를 기록하였다. 이와 같은 결과는 각 시스템이 사용자 관점에서 얼마나 기대치에 부합하는 구조와 콘텐츠 경험을 제공하고 있는지를 수치적으로 확인한 것이다. 이러한 종합 순위는 단일 차원에 기반한 결과가 아니라, AHP에서 도출한 14개 세부 평가 지표의 가중치를 반영한 다차원적 평가 결과로서 의미를 가진다. 이에 따라 다음 절에서는 각 사례별로 어떤 평가 차원에서 강점 혹은 약점을 보였는지를 항목별로 비교·분석함으로써, 보다 구체적인 인사이트를 도출하고자 한다.

4-3-4. TOPSIS 기반 각 평가 차원별 분석

TOPSIS 기법을 통해 도출된 종합 평가 결과는 각 온라인 박물관 가상 투어 시스템의 전반적인 수행 수준을 정량적으로 비교하는 데 유효하게 활용되었다. 그러나 총점 기반의 순위는 개별 플랫폼의 구체적인 강·약점을 식별하는 데 한계가 있으며, 특히 어떤 차원(예: 정보 유동성, 인터랙션 경험 등)에서 상대적으로 우수하거나 미흡했는지를 파악하기에는 부족하다. 따라서 본 연구는 종합 순위 도출에 이어, 각 평가 차원별 수행 수준에 대한 추가 분석을 실시하였다. 이를 통해 개별 플랫폼이 특정 기능 영역에서 어떤 상대적 평가를 받았는지, 또한 사용자 평가가 어떤 세부 요소에 민감하게 반응했는지를 확인하고자 하였다. 이와 같은 차원별 비교 분석은 단순한 종합 점수의 비교를 넘어, 각 플랫폼의 기능적 강점과 보완 필요 요소를 구조적으로 해석할 수 있도록 도와주며, 향후 온라인 박물관 가상 투어 시스템의 사용자 경험 중심 개선 전략 수립에 실질적인 기초 자료로 활용될 수 있다.

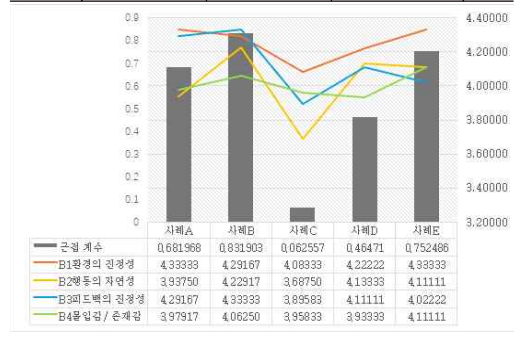
몰입적 진정성 차원의 TOPSIS 분석 결과, 후난성박물관(B)사례가 상대 유사도 계수 0.8319로 가장 높은

평가를 받았으며, 중국국가박물관(E)이 0.7525, 고궁박물관(A)이 0.6820으로 그 뒤를 이었다. 반면 텐진박물관(C)은 0.0626으로 가장 낮은 평가를 받았다. 세부 항목별 원점수 분석 결과, 대부분의 사례가 ‘환경의 진정성’(B1)에서 유사한 높은 점수(4.2~4.3)를 기록하였고, 특히 A와 E 사례는 모두 4.3333으로 가장 높았다. 그러나 ‘행동의 자연성’(B2)에서는 C사례가 3.6875로 가장 낮은 점수를 보였으며, B사례가 4.2292로 가장 우수하였다. ‘피드백의 진정성’(B3)의 경우, B 사례가 4.3333으로 가장 높았고, C는 3.8958로 다소 낮은 평가를 받았다. 또한 ‘몰입감/존재감’(B4)은 전반적으로 점수 편차가 크지 않지만, E 사례가 4.1111로 상대적으로 우수하였다.

이러한 결과는 후난성박물관이 전체 몰입적 체험의 일관성과 반응성 측면에서 높은 사용자 만족도를 보였으며, 시스템이 사용자의 조작에 자연스럽고 즉각적으로 반응하며, 시각적으로도 안정적인 몰입감을 제공하고 있음을 시사한다. 반면 텐진박물관은 전체 항목에서 점수가 고르게 낮거나 편차가 커, 몰입적 요소의 설계 일관성 부족 혹은 인터랙션의 즉시성이 부족했을 가능성을 보여준다. 따라서 본 차원에서의 분석은 단순히 시각적 몰입보다 사용자 조작 흐름과 시스템 반응의 정합성, 그리고 심리적 몰입의 유발 여부가 실제 사용자 평가에 결정적 영향을 미친다는 점을 시사한다.

[표 13] ‘몰입적 진정성’ 차원의 상대 근접 계수 및 순위

사례	D^+	D^-	CC 값	순위
A	0.038998	0.083625	0.681968	3
B	0.017544	0.086825	0.831903	1
C	0.097987	0.006539	0.062557	5
D	0.060523	0.052543	0.46471	4
E	0.029832	0.090695	0.752486	2

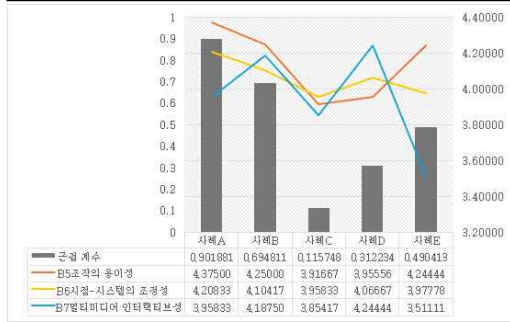


인터랙션 경험 차원의 TOPSIS 분석 결과, 고궁박물관(A)이 상대 유사도 계수 0.9019로 가장 우수한 평가를 받았고, 후난성박물관(B)과 중국국가박물관(E)이 각각 2위(0.6948)와 3위(0.4904)를 차지하였다. 반면, 텐진박물관(C)은 0.1157로 최하위를 기록하였다.

A 사례는 '조직의 용이성'(4.3750)과 '시점-시스템의 조정성'(4.2083), '멀티미디어 인터랙티브성'(3.9583)에서 고르게 높은 점수를 기록하여 전반적인 완성도가 돋보였다. 반면 E 사례는 앞의 두 항목에서는 상위권(각각 4.2444, 3.9778)이었지만, '멀티미디어 인터랙티브성' 항목에서 3.5111로 낮은 점수를 받아 전체 CC 값이 제한되었다. 이는 해당 시스템이 인터페이스는 우수하지만, 멀티미디어 상호작용 기능의 활용성 측면에서 보완이 필요함을 시사한다.

[표 14] '인터랙션 경험' 차원의 상대 근접 계수 및 순위

사례	D+	D-	CC 값	순위
A	0.015542	0.142854	0.901881	1
B	0.045478	0.103538	0.694811	2
C	0.142361	0.018635	0.115748	5
D	0.116423	0.052854	0.312234	4
E	0.087909	0.084602	0.490413	3



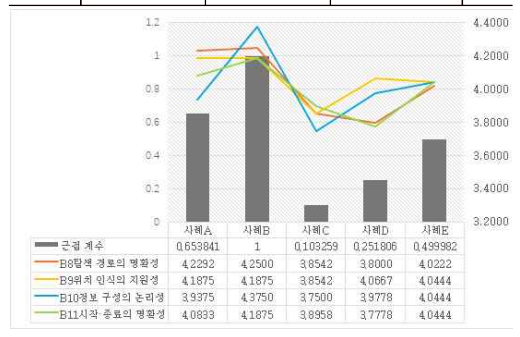
정보 유도성 차원의 TOPSIS 분석 결과, 후난성박물관(B)이 상대 유사도 계수 1.000으로 가장 높은 평가를 받았으며, 고궁박물관(A)(0.6538), 중국국가박물관(E) (0.4999)이 그 뒤를 이었다. 반면 텐진박물관(C)은 0.1033으로 가장 낮은 점수를 기록하였다.

세부 항목별 원점수 분석 결과, B 사례는 모든 항목에서 4.2 이상을 기록하며, 특히 '정보 구성의 논리성'(4.3750)에서 두드러진 평가를 받았다. A와 E 사례 또한 전반적으로 4점 내외의 점수를 유지하였으나, 탐색 경로의 흐름이나 위치 인식 안내 등에서 B 사례에 비해 상대적으로 낮은 평가를 보였다.

한편, 텐진박물관(C)의 경우 최하위 평가를 받았음에도 불구하고, '탐색 경로의 명확성', '위치 인식의 지원성', '정보 구성의 논리성', '시작-종료의 명확성' 항목 모두 3.75~3.89 수준의 유사한 점수대를 형성하고 있으며, 특정 항목에서의 극단적 저평가 없이 전반적으로 낮은 수준에서 고르게 분포된 특징을 보였다. 이는 개별 요소의 실패가 아니라, 정보 탐색 흐름 전반에 걸친 미세한 설계 부족과 기능 완성도의 누적이 종합 성과를 제한한 것으로 해석할 수 있다.

[표 15] '정보 유도성' 차원의 상대 근접 계수 및 순위

사례	D+	D-	CC 값	순위
A	0.111188	0.210017	0.653841	2
B	0	0.267117	1	1
C	0.247608	0.028512	0.103259	5
D	0.226393	0.076193	0.251806	4
E	0.134043	0.134033	0.499982	3



교육적 효과 차원의 TOPSIS 분석 결과, 후난성박물관(B)이 상대 유사도 계수 1.000으로 독보적인 1위를 기록하였으며, 그 외 사례들은 상대적으로 낮은 수치로 분포되었다. 중국국가박물관(E)이 0.5328로 2위를 차지했지만, B 사례와는 큰 격차를 보였고, 고궁박물관(A)(0.4176), 저장성박물관(D)(0.3854), 텐진박물관(C)(0.3480) 역시 유사한 수준에서 머물렀다.

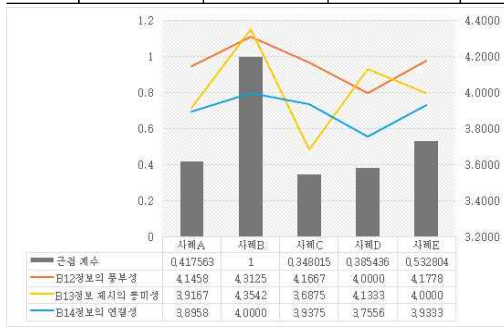
세부 항목 분석 결과, B 사례는 '정보의 풍부성'(4.3125), '정보 제시의 흥미성'(4.3542), '정보의 연결성'(4.0000) 등 모든 항목에서 고르게 높은 점수를 기록하며, 교육적 콘텐츠 구성의 완성도와 사용자 관심 유도 측면에서 탁월한 평가를 받았다. 반면, A, C, D, E 사례는 항목별 점수에서 3.7~4.1 사이의 비교적 평이한 수준에 머물렀고, 특히 콘텐츠 간의 연계성이나 정보 제시 방식의 흥미성 측면에서 두드러진

강점을 보이지 못했다.

이러한 결과는 교육적 효과 차원이 다른 차원들과 달리 전체적으로 낮은 수행 수준을 보이며, 특히 후난성박물관(B)의 성과가 독보적으로 높게 나타나 다른 사례들과의 격차가 두드러진다는 점에서, 대부분의 사례가 이 영역에 대한 콘텐츠 전략이나 시스템 설계에서 상대적으로 미흡한 수준에 머물러 있음을 시사한다. 향후 시스템 개선 시, 단순 정보 제공을 넘어 사용자 참여를 유도하는 흥미 요소, 정보 간 연결 구조, 학습 확장성 등 교육적 설계 요소의 강화가 주요 과제로 제시된다.

[표 16] '교육적 효과' 차원의 상대 근접 계수 및 순위

사례	D+	D-	CC 값	순위
A	0.03099	0.022217	0.417563	3
B	0	0.052576	1	1
C	0.040387	0.021558	0.348015	5
D	0.039374	0.024694	0.385436	4
E	0.024854	0.028345	0.532804	2



4-4. 소결

본 장에서는 AHP 기반의 가중치를 바탕으로 TOPSIS 기법을 적용하여, 5개 온라인 박물관 가상 투어 시스템에 대한 사용자 경험을 다차원적으로 정량 평가하였다. 총 234명의 사용자 응답 데이터를 분석한 결과, 후난성박물관(B)이 상대 유사도 계수(CC) 0.8618로 가장 높은 종합 평가를 받았으며, 고궁박물관(A)과 중국국가박물관(E)이 그 뒤를 이었다. 반면 텐진박물관(C)은 모든 차원에서 낮은 점수를 기록하며 개선 여지가 큰 사례로 나타났다.

차원별 분석을 통해 각 사례의 강약점이 도출되었으며, 이는 단일 항목이 아닌 AHP에서 도출한 14개 세부 평가 지표의 중요도 가중치를 반영한 다차원 통

합 평가 결과라는 점에서 그 의미가 크다. 예컨대, 후난성박물관은 모든 평가 차원에서 안정적이고 균형 잡힌 우수성을 보인 반면, 고궁박물관은 인터랙션 측면에서는 강점을 지녔으나 교육적 효과에서는 상대적으로 낮은 점수를 받았다.

특히 주목할 부분은 교육적 효과(Educational Empowerment) 차원에서 나타난 뚜렷한 편차이다. 후난성박물관만이 압도적으로 높은 점수를 기록한 반면, 다른 사례들은 모두 유사하게 낮은 수준에 머물렀다. 이는 AHP 분석 결과와도 상응하는데, 해당 차원은 전문가들이 평가한 전체 차원 중 가장 낮은 중요도를 가진 항목이었고, 세부 지표 중 '정보 연결성(Connectivity of Information)', '정보 제시의 흥미성', '정보의 풍부성' 등이 모두 하위권에 머물렀다. 더불어 '멀티미디어 인터랙티브성(Multimedia Interactivity)' 항목 역시 낮은 순위를 기록하면서, 정보 제시 방식의 몰입성과 연계성 부족이 사용자 평가 전반에 반영되었음을 확인할 수 있었다.

이러한 결과는 온라인 박물관 가상 투어 시스템이 현재 정보 구조나 몰입 경험, 인터페이스 흐름 등 기능적 측면에는 중점을 두고 있으나, 교육 콘텐츠의 전략적 통합은 상대적으로 후순위로 밀려 있는 현실을 시사한다. 물론 이는 교육 기능이 배제되었다는 의미는 아니며, 실제 설계 및 구현 과정에서 학습 유도 요소가 구조화되지 않은 채 부가적 역할로만 작동하고 있음을 간접적으로 보여준다.

한편, 사용자 응답의 인구통계학적 분석에 따르면, 전체 응답자 중 여성의 비율은 73.08%, 25세 이상 30세 이하가 47.86%로 가장 높았으며, 스마트폰을 통한 접근이 전체의 53.01%로 절반 이상을 차지하였다. 그러나 이용 빈도 측면에서는 '거의 이용하지 않음'(46.15%)과 '가끔 이용'(32.48%) 응답이 대다수를 차지하여, 현재의 온라인 박물관 가상 투어 시스템이 정기적이고 몰입적인 사용 경험으로 확장되기에는 구조적·기능적 한계가 존재함을 보여준다.

이상의 결과를 종합해보면, 향후 온라인 박물관 시스템은 단순 정보 제공을 넘어 사용자의 자발적 탐색과 학습을 유도할 수 있는 콘텐츠 구조와 인터랙션 전략을 강화할 필요가 있으며, 모바일 친화성, 반복 사용 유도성, 교육적 연계성을 함께 고려한 사용자 중심의 설계 전략 수립이 필수적이다. 본 장의 실증 분석 결과는, 향후 플랫폼 개선 방향 설정 및 평가 지표 개발에 있어 객관적 기준과 실질적인 사이트를 제공하는 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다.

5. 결론 및 제언

본 연구는 온라인 박물관 가상 투어 시스템의 사용자 경험을 체계적으로 평가하기 위해, 전문가 인식 기반의 AHP와 실제 사용자 체험 데이터를 반영한 TOPSIS 기법을 통합한 복합 다기준 의사결정 모델을 적용하였다. 이를 통해 총 5개의 주요 온라인 박물관 사례에 대해 사용자 경험을 구성하는 네 가지 평가 차원(몰입적 진정성, 인터랙션 경험, 정보 유도성, 교육적 효과)의 상대적 중요도 및 사례별 수행 수준을 정량적으로 분석하였다.

AHP 분석 결과, '정보 유도성(Information Navigation)' 차원이 전문가들에 의해 가장 핵심적인 평가 기준으로 도출되었다. 이는 사용자의 정보 흐름 이해와 관련된 탐색 경로의 명확성, 정보 구성의 논리성 등이 온라인 가상 투어 경험에서 중추적인 역할을 한다는 점을 보여준다. 반면 '교육적 효과' 차원은 전문가 인식상 가장 낮은 중요도로 평가되었으며, 이는 TOPSIS 분석 결과에서도 반영되어 대부분 사례에서 해당 차원의 수행 수준이 낮게 나타났다.

인구통계학적 분석에서는 응답자의 다수가 20~30대의 여성으로, 모바일 기반의 접근성은 높은 반면, 전반적인 이용 빈도는 낮은 경향을 보였다. 이는 현재의 시스템이 반복적이고 몰입적인 사용자 여정을 충분히 제공하지 못하고 있음을 간접적으로 시사하며, 응답자의 연령대 편중으로 인해 다양한 사용자의 요구와 경험이 분석에 충분히 반영되지 못한 한계도 존재한다.

이상의 분석 결과를 종합하면, 현재 온라인 박물관 가상 투어 시스템은 정보 탐색과 구조적 완성도 측면에서는 일정 수준의 성과를 보이나, 교육적 콘텐츠의 체계적 구성, 인터랙션 반응성, 반복 사용을 유도하는 설계 전략 등에서 개선의 여지가 크다는 점이 확인된다. 특히 교육적 효과성과 관련하여, 본 연구에서는 해당 차원을 정보의 풍부성, 정보 제시의 흥미성, 정보의 연결성이라는 세 가지 하위 요소로 구성하였다. 이에 따라 향후 온라인 박물관 시스템의 교육 효과성을 높이기 위해 다음과 같은 디자인적 보완 전략이 필요하다.

첫째, 정보의 풍부성 향상을 위해 전시 주제에 대한 깊이 있는 이해를 가능하게 하는 고밀도 해설 콘텐츠, 이미지 간 맥락 연결을 유도하는 시각적 내러티브 구성, 다중 언어 또는 음성 안내 콘텐츠의 보완 등이 필요하다. 이는 사용자의 인지적 만족도와 학습의 완성도를 높일 뿐 아니라, 정보 제공을 넘어 이해 기반의

경험 설계로 확장되는 기반이 될 수 있다.

둘째, 정보 제시의 흥미성 제고를 위해 인터랙티브 애니메이션, 퀴즈형 콘텐츠, 이야기 기반의 시나리오 구조 등 다양한 표현 기법의 도입이 요구된다. 이러한 구성은 단순 정보 소비를 넘어, 사용자의 학습 동기를 자극하고 주제에 대한 몰입도를 높이는 핵심 설계 요소로 작용할 수 있다.

셋째, 정보의 연결성 측면에서는 사용자가 주목한 콘텐츠를 저장하거나 공유할 수 있는 기능, 관련 주제로의 자연스러운 탐색을 유도하는 연동 구조, SNS나 외부 학습 플랫폼과의 통합이 필요하다. 이는 콘텐츠 경험의 확장성과 교육 효과의 지속성을 높이는 데 기여할 수 있다.

이와 같은 디자인 기반의 실질적 개선은 온라인 박물관 가상 투어 시스템이 단순한 정보 전달 도구를 넘어, 사용자 중심의 학습 경험을 유도하는 디지털 교육 플랫폼으로 전환되는 계기가 될 수 있을 것이다.

본 연구는 사용자 경험에 기반한 정량적 평가 모형을 통해 온라인 박물관 가상 투어 시스템의 현재 상태를 진단하고, 실질적인 개선 방향을 제안하였다는 점에서 학술적 의의를 지닌다. 그러나 다음과 같은 후속 연구 과제가 남아 있다. 향후 연구에서는 보다 다양한 연령층과 배경을 가진 사용자 집단을 포함한 분석이 필요하다. 본 연구의 응답자 구성이 20~30대 여성에 집중되어 있어, 연령대 및 성별에 따른 사용자 경험 차이를 충분히 반영하지 못한 한계가 존재한다. 또한 이용자의 재방문 의향, 추천 의도 등 행동 기반 결과 지표를 포함한 후속 분석을 통해, 사용자 경험이 실제 행동으로 어떻게 이어지는지를 구체적으로 규명할 필요가 있다. 이러한 후속 연구를 통해 온라인 박물관 시스템은 단순한 정보 전달 플랫폼을 넘어, 사용자 주도의 탐색과 학습을 유도하는 문화유산 전달 매체로서 기능을 고도화할 수 있을 것이다.

참고문헌

1. 김미자, 구자준, 온라인 VR 박물관 체험특성이 방문자 만족도에 미치는 영향, 한국디자인리서치

- 학회, 2024
2. 김금영, 가상현실기술을 활용한 온라인 전시 표현 기법-직지 박물관 360도 VR 영상 온라인 전시 제작을 중심으로, 한국만화애니메이션학회, 2021
3. 손희주, 최진원, 가상현실 기반 박물관의 전시특성 및 활용 가능성 연구, 한국HCI학회 2009년도 학술대회, 2009
4. 이슬, 이현성, 최익서, 가상 전시의 몰입 향상을 위한 사용자 경험 요소에 관한 연구, 한국공간디자인학회, 2021
5. 이립위, 김응화, 가상(VR) 박물관 관람객 참여도 제고를 위한 개선 방안 연구, 공공디자인학회, 2023
6. 이지혜, 증강현실 기반 모바일 교육 콘텐츠의 교육적 활용에 관한 연구, 한국디자인문화학회, 2018
7. Cunliffe D, Kritou E, Tudhope D. Usability evaluation for museum web sites. Museum Management and Curatorship, 2001
8. Davoli P, Mazzone F, & Corradini E, Quality Assessment of cultural Web sites with Fuzzy Operators, Journal of Computer Information Systems, 2005
9. Foo S, Onlinevirtual exhibitions: Concepts and design considerations, DESIDOC Journal of Library & Information Technology, 2008
10. Hu Q, Yu D, Wang S, et al, Hybrid three-dimensional representation basedonpan oramic images and three-dimensional models for a virtual museum: Data collection, model, and visuali zation, Information Visualization, 2017
11. Jun T, Fengjun L, Ping W. National museum research based on virtual roaming technology, In: 2015 Seventh International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation, 2015
12. Kabassi K, Amelio A, Komianos V, Oikonomou K. Evaluating museum virtual tours: thecasestudy of Italy, Information, 2019
13. Katerina Kabassi, Evaluating museum websites using a combination of decision-making theories, Journal of Heritage Tourism, 2019
14. Ke G, Jiang Q. Application of internet of Things technology in the construction of wisdom museum, Concurrency and Computation: Practice and Experience, 2019
15. Lifeng S, Li Z, Yunhao L, Xiaofeng H, Real-time walkthrough in real image-basedvirtual space. Journal of Image and Graphics, 1999
16. Li J, Ye J, Evaluation of virtual tour in an online museum: Exhibition of Architecture of the Forbidden City, 2022
17. Mousavi-Nasab S H, Sotoudeh-Anvari A, A comprehensive MCDM- based approach using TOPSIS, COPRAS and DEA as an auxiliary tool for material selection problems, Materials & Design, 2017
18. Pescarin S, Pagano A, Wallergard M, Hupperetz W, Ray C. Archeovirtual2011: Anevaluation approach to virtual museums. In: 18th International Conference on Virtual Systems and Multimedia, 2012
19. Roussou M, Katifori A, Flow, staging, wayfinding, personalization: Evaluating user experience with mobile museumnarratives, Multimodal Technologies and Interaction, 2018
20. Sutcliffe A, Gault B, Heuristic evaluation of virtual reality applications, Interacting with Computers, 2004
21. Sylaiou S, Liarokapis F, Kotsakis K, Patias P, Virtual museums, a survey and some issues for consideration, J. Cult. Herit, 2009
22. Triantaphyllou E, Shu B, Nieto Sanchez S, Ray T, Multi-criteria decision making: An operations research approach, Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering, 1998
23. Werner Schweibenz, The "Virtual Museum"1: New Perspectives For Museums to Present

Objects and Information Using the Internet
as a Knowledge Base and Communication
System, ISI, 1998

24. Williams D. A, Wavell C, Baxter G,
MacLennan A, & Jobson D, Implementing
impact evaluation in professional practice:
A study of support needs within the
museum, archive and library sector,
25. International Journal of Information
Management, 2005
26. Yaneva A, Rabesandratana TM, Greiner B,
Staging scientific controversies: a gallery test
on science museums' interactivity, Public
Understanding of Science, 2009