

예술교육에서 VR 전시 몰입을 위한 교육적 어포던스(Affordance) 모듈 개발

정 민 영*

서강대학교 아트앤테크놀로지학과 서강퓨처랩연구소 전임연구원

Development of an Educational Affordance Module to Facilitate Flow in a VR Museum for Art Education

Minyoung Chung*

Research Fellow, Sogang Future Lab, Department of Art & Technology, Sogang University, Seoul 04107, Korea

[요 약]

디지털 기술의 발전과 함께 예술교육이 변화하면서, VR 환경은 학습 경험의 새로운 가능성을 열어주고 있다. 이러한 VR교육 환경에서 몰입은 중요하다. 몰입은 환경이 제공하는 어포던스(행동지원성)으로 발현될 수 있다. VR에서 몰입이나 어포던스에 대한 연구가 있지만, 예술교육을 위한 몰입 조건과 교육적 어포던스 요소를 병합한 연구는 미비하다. 본 연구는 몰입조건에서 교육적 어포던스 요소를 모듈로 구축하여 VR전시의 몰입 경험을 분석하고 설계하기 위한 방법론으로 제시하고자 한다. 본 연구는 다음 네 단계로 구성된다. 첫째, 문헌연구를 통해 몰입의 조건과 교육적 어포던스의 개념을 정의한다. 둘째, 선행연구 분석으로 교육적 어포던스의 요소를 식별한다. 셋째, 몰입을 달성하기 위한 어포던스의 하위 실천 요소의 핵심 가중치를 전문가 계층 분석법(AHP)으로 판별한다. 최종적으로 교육적 어포던스 요소 간의 관계분석을 통해 모듈을 구축한다. 본 연구 결과는 미래 예술교육의 가능성을 지원하기 위한 VR 전시 몰입의 분석과 설계에 활용될 수 있다.

[Abstract]

As art education evolves alongside digital technology, virtual reality (VR) environments present new opportunities for immersive learning. Flow is critical to effective learning in VR settings and can emerge through affordances—action possibilities provided by the environment. While prior research has addressed either flow or affordance in VR, few studies have integrated flow-based affordances with the concept of educational affordance in the context of art education. This study aims to develop an educational affordance module for analyzing and designing flow experiences in VR art museums. The research follows four key steps. First, a literature review defines the conditions for flow and clarifies the concept of educational affordance. Second, an analysis of previous studies identifies the components of educational affordance. Third, the relative importance of subordinate affordance elements is evaluated using the Analytic Hierarchy Process (AHP) with expert input. Finally, the relationships among educational affordance elements are analyzed to construct the module. The module offers a framework for supporting and enhancing flow in VR art museums, contributing to the advancement of future art education.

색인어 : 예술교육, VR 전시, 몰입이론, 교육적 어포던스, 모듈**Keyword** : Art Education, VR Museum, Flow Theory, Educational Affordance, Module<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2025.26.4.847>

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 12 February 2025; **Revised** 19 March 2025**Accepted** 14 April 2025***Corresponding Author; Minyoung Chung****Tel:** +82-2-3274-4848**E-mail:** artedim@naver.com

1. 서 론

1-1 연구의 배경과 목적

예술교육에서 VR은 많은 가능성을 보여주고 있다. VR기술은 시공간의 제약 없이 실감 경험을 제공하는 장점으로 예술교육에서 주목받는 것이다[1]. VR전시는 예술작품과 문화유산에 대한 물리적 접근성을 높이고, 양질의 감상 경험을 제공하고 있다[2]. 하지만 VR전시 환경에서 상호작용 등의 한계점으로 몰입이 저해되는 문제가 있다. 특히 직관적이지 않은 인터페이스, 부자연스러운 네비게이션, 피드백 부족 등으로 인해 사용자들의 주의가 분산되고 몰입을 방해하는 요소들이 발생할 수 있다[3]. 심리학자 칙센트미하이(Csikszentmihalyi, M)는 몰입(Flow)을 활동에 깊이 빠져들어 최고 수준의 집중과 만족을 경험하는 심리적 상태로 정의했다[4]. VR 예술교육에서 이러한 몰입 경험을 구현하기 위해서는 구체적인 설계 원리가 필요하다.

이러한 몰입경험을 유도하는 핵심 설계 요소로 어포던스(affordance)가 있다. 심리학자 김슨(Gibson, J.J)은 어포던스를 환경이 제공하는 행동 가능성과 의미 있는 정보의 총체로 정의했다[5]. 키르슈너(Kirschner)는 이를 컴퓨터지원 교육환경에 적용하여 기술적, 교육적, 사회적 어포던스로 체계화했으며[6], 이는 VR 환경에서 학습자의 자연스러운 탐색과 몰입을 가능하게 하는 설계 원리로 적용되고 있다[7].

이러한 맥락에서, 본 연구의 목적은 예술 교육을 위한 VR 전시 몰입(Flow)경험을 설계하는 방향을 교육적 어포던스로 제시하는 것이다. 목적을 달성하기 위한 세부 목표는 다음 그림 1 연구 흐름과 같다. 첫째, 선행연구를 분석하여 VR전시의 어포던스 실천 요소를 도출한다. 둘째, 계층분석법으로 요소가 몰입에 미치는 영향의 우선순위를 분석한다. 셋째, VR 전시 몰입에 활용할 수 있는 교육적 어포던스 모듈을 구축한다.

1-2 연구 방법

1) 연구 문헌 및 키워드 선정

선행연구 분석으로 어포던스를 다차원적으로 분류해 핵심 몰입 요소를 추출한다. 선행연구는 학교 도서관과 연동된 Web of Science, Elsevier, 구글스콜라등을 이용했고 학위논문 학술데이터베이스(RISS)에서 검색했다. VR전시, 예술교육, 어포던스, 몰입, AI 키워드로 검색한 200여 개의 연구 중, 시기를 2020년 이후로 한정하여 서른여 개의 연구로 좁혔다. 기간 한정 이유는 2020년 코로나19 이후 VR 전시가 비약적으로 발전했기 때문이다[8]. 이 중 VR 및 AI 활용에서 교육적 맥락으로 집중하고 구체적인 어포던스 요소와 실증적 효과를 제시할 수 있는 스무 개의 연구를 최종 선정했다. 원문 중 VR 전시 맥락에서의 기술적·교육적·상호작용적 요소

식별하여 몰입조건과 관련성이 있고 구체적인 구현 방식이나 효과가 명시된 내용을 어포던스 하위 키워드로 추출했다.

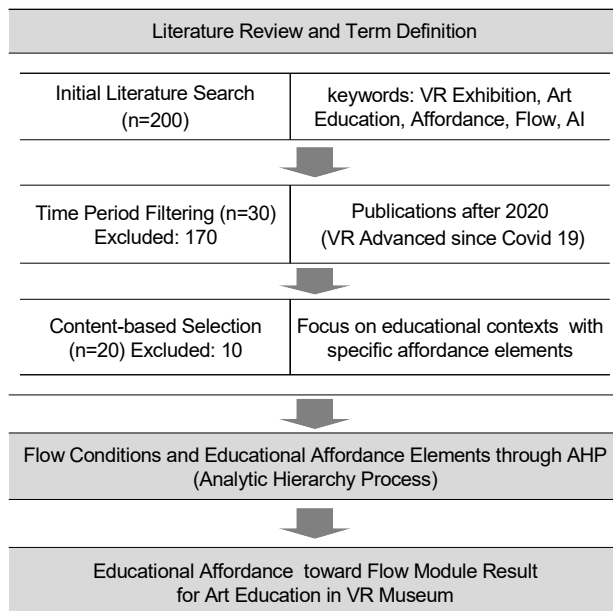


그림 1. 연구 흐름도

Fig. 1. Research flow

2) 연구 절차

연구범위는 VR전시 인터페이스에서 교육적 어포던스 요소다. 연구는 선행연구 분석으로 요소 도출, 전문가 검증을 통한 모듈 구축 단계로 진행되었다(그림 1).

본 연구에서는 다음과 같은 체계적 분석 과정을 통해 계층 구조를 도출하였다. 먼저 칙센트미하이의 몰입이론에서 제시하는 기본 조건들을 VR 전시 맥락에 적용하여 다섯 가지 핵심 조건을 도출하였다. 다음으로 VR 전시의 어포던스를 키르슈너가 제안한 교육적 어포던스 맥락에 기반하여 기술적, 교육적, 상호작용적 측면으로[6] 선행연구를 분류하고, 각 연구에서 제시된 구체적 기능과 효과를 키워드로 추출하여 정리했다.

이를 바탕으로 도출된 어포던스 요소들의 관계성을 분석하여 VR전시의 몰입을 위한 어포던스 모듈을 구축한다. 전문가 검증을 통해 도출된 어포던스 요소들의 가중치와 우선순위를 바탕으로, 각 요소 간의 상호작용과 영향관계를 체계화한다. 이는 기술적, 교육적, 상호작용적 어포던스가 VR전시에서 어떻게 유기적으로 작용하여 몰입을 촉진하는 데 활용할 수 있는 모듈이 된다. 특히 칙센트미하이의 몰입이론에서 제시한 목표성, 피드백, 통제감의 관점에서 각 어포던스 요소의 기여도를 분석하여, VR전시 설계를 위한 실천적 지침을 제공할 수 있다.

3) 계층분석법(AHP; Analytic Hierarchy Process)

본 연구에서는 예술교육을 위한 VR전시의 어포던스 요소

들 간의 복합적인 관계와 중요도를 객관적으로 도출하기 위해 전문가 지식을 체계적으로 수치화할 수 있는 계층분석법(AHP)을 선택하였다. AHP는 다중 기준 의사결정(MCDM)에서 표준적으로 활용되는 기법이다.

AHP에서 요구되는 인원은 세명에서 아홉명이다. 세 명 이상의 전문가 의견을 반영할 때 일관성 검증(Consistency Ratio, CR)이 더 안정적으로 유지될 가능성이 높지만 10명 이상의 패널을 구성할 경우 의견 충돌 가능성이 높아지고, 불필요한 데이터 중복이 발생할 수 있다는 것에[9] 근거하여 여섯명을 선정했다. 전문단은 VR전시 분야의 전문성 확보를 위해 예술교육학계, 문화예술기관, VR 산업계로 구성된 석박사 전문가 패널이 참여했다(표 1). 이들은 평균 구 년 이상의 관련 분야 경력을 보유하고 있다. 조사는 2025년 1월 9일부터 16일까지 일주일간 비대면으로 진행되었다. 분석 도구로는 괴펠(Goepel, K.D)이 개발한 BPMSG AHP Online System을 활용했다[10].

AHP 분석은 다음 절차로 진행되었다. 첫째, 계층구조에서 최상위 수준은 몰입감이라는 달성 목표이며, 중간 수준은 교육적 기능, 학습자 지원기술, 상호작용성이라는 평가 기준으로 구성했다. 둘째, 전문가들은 각 요소를 1~9점 척도로 쌍대비교했다. 1점은 동일한 중요도, 9점은 절대적 중요도를 의미한다. 셋째, 일관성 검증을 위해 일관성 비율(CR)을 계산했으며, 0.1 이하일 때 합리적인 일관성이 있다고 판단한다. 최종적으로 각 계층의 상대적 가중치를 종합하여 글로벌 우선순위를 도출했다. 이는 전체 계층구조에서 각 요소가 차지하는 중요도를 0~1 사이의 값으로 나타낸 것이다.

전문단은 이론적고찰 부분에서 기술 및 도출된 키워드를 종합적으로 평가했다. AHP 조사 문항은 문헌 리뷰 및 전문가 자문을 거쳐 도출된 것으로, 연구의 이론적 근거를 기반으로 설계되었다. 도출과정을 다음 이론적 고찰에서 기존연구와 비교분석을 거쳐 조사문항이 도출되기 때문에 구체적인 내용은 연구결과 표 3에서 상세히 기술했다.

II. 이론적 고찰

2-1 용어정의

1) 예술교육에서 VR전시의 몰입조건

VR전시에서 환경 특성을 지칭할 때 몰입(immersive)이라고 하는 것은, 가상환경이 사용자의 감각을 둘러싸기 때문이다[11]. 이 몰입환경은 기술적 문제를 포함하여[12] 사용요소 등의 문제로[3] 반드시 몰입상태를 보장하지 않는다. 따라서 칙센트미하이의 몰입이론에서 제시된 조건들은 VR전시에서 실제적 몰입경험을 설명하는 데 유용하다.

몰입조건은 VR전시 환경의 교육적 역할을 위해 중요하다. 칙센트미하이는 삶을 이루는 경험을 생산·유지·여가 활동으로 구별하였고, 이때 환경으로 인한 영향력이 크다고 했다[13]. 이 환경을 경험이 일어나는 총체적인 맥락으로, 학습자의 흥미를 자극하고 문제해결의 맥락을 제공하며 경험의 연속성을 보장하는 토대다[14].

칙센트미하이의 연구에 의하면 미디어 활용 역시 목적을 가지고 감상하고 도전하며 피드백을 받는 것이 몰입 조건이다. 예를 들어, 그의 여가 몰입 연구에서 TV는 몰입도가 음의 상관관계수를 가지고 게임은 양의 상관관계를 보였다. 몰입과 음의 상관관계에 있는 TV 경우에도 목적을 가지고 통제하에 보는 집단에서는 만족도가 높았다[15].

몰입이론에 제시된 조건들은 ‘과제에 대한 집중, 명확한 목표, 통제감, 자기목적적 경험, 즉각적인 피드백, 행동과 인식의 통합, 도전과 기술의 균형, 자아의식의 상실, 시간 감각의 왜곡’이다[4]. 몰입의 조건은 VR전시와 상호작용이 관련된 것을 선별했다. 제외한 요건은 ‘도전-기술 균형’과 ‘행동 인식의 통합’, ‘자아의식의 상실’, ‘시간 감각의 왜곡’이다. 도전-기술의 균형은 전시의 감상 중심적, 경험 중심적 특성으로 인해 제외했으며, ‘행동-인식의 통합’, 자아의식의 상실, 시간 감각의 왜곡은 설계자가 직접 조작하기 어려운 개인적 요소이자 몰입의 결과이므로 제외했다.

어포던스 관점에서 몰입조건인 자기목적적 경험은 동기적

표 1. 전문가 패널의 통계학적 정보

Table 1. Expert panel demographics

	Specialization	Experience	Education	Age	Gender
1	Art & technology	Professor 10 years	Ph.D	Mid40s	Female
2	Art education in museum	Curator and educator 10 years	Ph.D	Mid40s	Female
3	Art education in museum	Cultural foundation 15 years	Master	Mid40s	Female
4	Art & technology	Professor 4 years	Ph.D	Mid30s	Male
5	AI development for VR	Industry specialist 8 years	Ph.D	Mid30s	Male
6	VR exhibition development	Industry executive 10 years	Master	Mid30s	Male

요소로 볼 수 있다. 칩센트미하이의 연구[13]에 따르면, 자기 목적적 경험은 “활동 과정에서 무엇을 경험하는가”에 관한 것이고 내재적 동기는 “왜 활동을 시작하는가”에 관한 것이기 때문이다. 자기목적적 경험은 “활동 과정에서 무엇을 경험하는가”에 관한 것이고 내재적 동기는 “왜 활동을 시작하는가”에 관한 것으로 설명된다. 그러므로 조사에서 내재적 동기라는 질문으로 VR환경의 자기목적적 경험의 전제조건을 찾을 수 있다.

VR전시에 설계 적용할 수 있는 몰입의 다섯 가지 조건은 다음과 같다. 첫째, 과제에 대한 집중(Concentration on the task)은 사용자가 주어진 활동에 깊이 몰두하여 외부의 방해 요소를 차단하고, 과제에 대해 주의가 집중된 상태를 의미한다. 둘째, 명확한 목표(Clear goals)는 수행 중인 활동의 목적과 방향이 명확히 정의되어 있어 학습자가 무엇을 해야 할지 정확히 이해할 수 있는 상태를 의미한다. 셋째, 통제감(Sense of control)은 학습자가 자기 행동과 그 결과를 조율할 수 있다고 느끼며, 환경과의 상호작용에서 무력감을 느끼지 않는 상태를 말한다. 넷째, 자기목적적경험(Autotelic experience)은 활동 자체가 보상으로 작용하며, 경험 자체가 즐거움을 제공하여 외적 보상 없이도 자발적으로 몰입하는 상태를 나타낸다. 다섯째, 즉각적인 피드백(Immediate feedback)은 학습자가 활동한 결과를 즉시 확인할 수 있어, 목표 달성을 위한 지속적 조정이 가능한 상태를 의미한다(표 2).

2) 교육적 어포던스 특성

몰입의 다섯 가지 조건(과제 집중, 명확한 목표, 통제감, 자기목적적 경험, 즉각적 피드백)[4]은 앞서 살펴본 바와 같이 환경이 제공하는 행동 가능성을 통해 구현된다. 이러한 행동 가능성을 제공하는 환경 특성이 바로 어포던스다. 어포던스를 ‘환경’이 제공하는 행동 가능성으로 정의하는 것은 김순이 듀이의 환경개념에 근거하여 ‘정보의 총체’로 보기 때문이다[16]. 정보의 총체에 대한 능동적 지각 행위는 보기(looking), 듣기(listening), 만지기(touching), 냄새맡기(smelling), 맛보기(tasting)로 구별된다[16]. 현재 VR전시 기술은 주로 시청각적 경험을 제공하므로, 본 연구에서는 보기와 듣기의 지각적 특성을 중심으로 어포던스를 분석한다.

어포던스는 지각적 특성, 행동 유도성, 직관적 이해, 문화적 맥락 등을 포함한다[5]. 키르슈너(Kirschner)는 컴퓨터 지원 협력 학습(CSCL)에서 김순의 어포던스를 기술적 어포던스[5], 에릭슨 등의 사회적 어포던스[7]를 교육적 맥락을 강조했다[6]. 그의 이론은 VR환경에서 학습자의 자연스러운 탐색을 가능하게 하는 설계 원리로 적용되고 있다.

VR전시의 시청각적 경험은 디스플레이를 통해 구현되며, 이는 공간감을 제공하는 구조화된 시각 정보로 정의된다[16]. 이러한 특성을 바탕으로, VR전시의 교육적 어포던스는 다음과 같이 세 가지 측면에서 정의할 수 있다.

첫째, 기술 어포던스는 키르슈너의 기술적 어포던스(Technical Affordance)에 근거했다. 학습자 지원 기술은

기술적 어포던스와 관련된다. 이는 단순히 기술 활용의 용이성만을 의미하는 것이 아니라, 물리적·논리적·문화적 제약 안에서 사용자와 시스템 간의 관계를 결정짓는 특성이다. AI 튜터링 시스템[17]이나 VR 환경[18]에서도 이러한 다차원적 관계를 고려했다.

둘째, 학습 어포던스는 키르슈너의 교육적 어포던스(Educational Affordance)에 근거했다. 키르슈너는 이를 “교육적 개입의 특성과 학습자의 특성 간의 관계로서, 특정 종류를 학습할 수 있게 하는 것”으로 정의했다. 이는 개별 기능이 아닌 전체적인 학습 맥락 속에서 이해되어야 하며 Makransky and Petersend은 몰입형 VR 학습에서의 존재감과 행위주체성이 주요 어포던스로 작용하며, 이것이 학습 효과에 영향을 미친다는 이론적 프레임워크를 구축했다[19], Dede et al은 VR의 교육적 가능성과 학습 효과를 통해 이를 지지했다[20]. VR 특성상 교수자보다 학습자의 관점에서 학습 어포던스에 초점을 맞추었다.

셋째, 사회적 상호작용 어포던스는 키르슈너의 사회적 어포던스(Social Affordance)에 근거했다. Bradner, Kellogg, Erickson의 정의를 따르면, 이는 “객체의 속성과 그룹의 사회적 특성 간의 관계”로서 그룹 구성원 간의 특정한 상호작용을 가능하게 하는 것이다[7]. AI 에이전트와의 상호작용 연구나[21] VR에서의 사회적 상호작용 연구에서도 이러한 관계적 특성이 강조된다[22]. VR 전시 환경에서 AI와 학습자 간의 상호작용적 특성을 중심으로 분석한다.

표 2. VR전시 몰입의 조건

Table 2. Conditions for VR exhibit flow

	Conditions for flow experience
1	Concentration on the task
2	Clear goals
3	Sense of control
4	Autotelic experience – Intrinsic Motivation
5	Immediate feedback

표 3. 교육적 어포던스

Table 3. Educational affordances

	Affordance	Definition
1	Technological Affordance Kirschner (2002)	Relationship between users and systems within physical, logical, and cultural constraints
2	Learning Affordance Kirschner (2002)	Relationship between educational intervention characteristics and learner characteristics
3	Social Interaction Bradner, Kellogg & Erickson(1999)	Relationship in group social characteristics that enable specific interactions

각 요소는 본 연구 목적에 맞춰 기술적 어포던스에 기반한 학습을 지원하는 기술 어포던스(Technological affordance)·교육적 어포던스에 기반한 “학습(Learning affordance)”·

표 4. VR 전시의 어포던스 지원특성

Table 4. Affordance-supporting features of VR exhibitions

	Researcher	Title	Technology	Learning	Social Interaction
[12]	Li et al. (2023)	A Bibliometric Analysis of Immersive Technology in Museum Exhibitions: Exploring User Experience	Haptic feedback, gesture recognition	Storytelling	Visitor exhibit interactive games
[19]	Makransky & Petersen (2021)	The cognitive affective model of immersive Learning	Agency (Active Environmental Manipulation)	Embodied Learning	Presence (Physical Society with Real Movement and Visual Feedback Matching)
[21]	Kim et al. (2020)	My teacher is a machine: Understanding students' perceptions of AI teaching assistants in online education.	Automated Feedback – Scaffolding	Facilitation of Self-Directed Learning –Continuity	Questions and answers
[23]	Wang (2024)	Enhancing Art Education Through Virtual Reality: The Impact of Virtual Art Museums on Junior High School Students	Enhanced Aesthetic Understanding	Design Iteration and Revision Capabilities	Expand new Educational Opportunities in Small Towns
[25]	Tsita et al. (2023)	A Virtual Reality Museum to Reinforce the Interpretation of Contemporary Art and Increase the Educational Value of User Experience	Experiential learning	User-centered interfaces	Interacting with the Artwork
[26]	Bi, H. (2022)	Application of VR in Art Exhibition Design	Immersive 3D –Poisson Reconstruction	Kinetic Multi-sensory (visual, auditory, tactile)	–
[27]	Chung (2023)	Development of an AI-assisted personal visual art recommendation system for space planning in museums	Provide Personalized Learning Paths	Accuracy and Immediacy of Feedback	Expectations and Predictions
[28]	Ersin Dincelli E & Yayla A (2022)	Immersive virtual reality in the age of the Metaverse: A hybrid-narrative review based on the technology affordance perspective	Embodiment – Realistic simulated environments: Presence	Navigability – Personalized Learning Experiences	Training and Meeting Sessions in a shared Virtual Environment
[29]	Gong et al. (2023)	Affordance-Based and User-Defined Gestures for Spatial Tangible Interaction	Geometric Design a Customizable interface	Kinetic Agency	Semantic Presence
[30]	Khreichche (2020)	Gamified Flow and the Sociotechnical Production of AI	Designing interfaces to Encourage Use	Fusion of gaming and learning	Gamified engagement and rewards
[31]	Lim (2023)	Exploring the Educational Potential through Digital Immersive Contents in Local Museum	Multi-sensory Learning Support	Localization	Physical Interaction
[32]	Melville, Robert & Xiao (2023)	Putting humans back in the loop: An affordance conceptualization of the 4th industrial revolution	Multiple interaction Modalities, including Voice interaction, Haptic input, Biometrics, etc.	Scalable Decision-making	Gamification
[33]	Scavarelli et al. (2020)	Virtual Reality and Augmented Reality in Social Learning Spaces	Presence and immersion	Contextualized Learning	Collaborative Exploration
[34]	Serna-Mendi buru & Guerra-Tamez (2024)	Shaping the future of creative education: the transformative power of VR in art and design learning	Reflective Thinking	Spatial Navigation	Peer Learning Engagement
[35]	Shen, W. (2021)	Natural Interaction Technology in Virtual Reality	Multi-isensory (Voice Learning, Gesture Recognition, Eye Tracking)	Intuitiveness	Tactile Feedback
[36]	Shin (2020)	Online learner's 'flow' experience: an empirical study	The impact of Learners'Freedom of Control on Learning	Expressive Fidelity	Global Sharing
[37]	Xu (2024)	Practice of Digital Media Art Education Based on Virtual Reality Technology.	Experimenting with different media	Personalized Feedback	Global Sharing
[38]	Zhang (2024)	Prism XR – A Curated Exhibition Experience in Virtual Reality with Peer Annotation Features and Virtual Guides for Art and Archaeology Classe	Multi-modal	Virtual Curators	Visitor Feedback Conversations
[39]	Zhao & Zhang (2024)	Virtual reality in art appreciation education: A systematic review of the literature	Adjust the Viewpoint Position and Height	Embodying	Scaffolding
[40]	Zhou et al. (2023)	Design affordance in VR and customization intention: Is customer inspiration a missing link?	Long-term Engagement with Content	Continued Practice Sessions	Perceived Aesthetics Motivation

*Sorted in Alphabetical Order and Colored Background: Previously Cited Above

표 5. VR 예술교육 선행연구에서 추출한 어포던스 하위요소

Table 5. Affordance sub-elements extracted from previous studies on VR art education

Affordance	Facilitation	Sub Alternatives	Reference
Technology	Multi-modal Sensory Support	Visual interaction Design	[21], [23], [26], [28], [29], [30]
		Integrated Spatial Audio	
	Sense of presence (Psychological Immersion)	Motion Tracking Responsiveness	[12], [31]–[33], [35], [38]
		Spatial Orientation System	
	Active Environmental Manipulation	Direct Object Manipulation	[12], [19], [28], [29], [33], [40]
		Interface Customization Tools	
Learning	Personalized Learning Paths	Adaptive Content Sequencing	[21]
		Individual Progress Adjustment	
	Scaffolded Learning Progression	Graduated Difficulty Levels	[19], [21], [24], [27], [28]
		Just-in-time Support System	
	Gamified Engagement and Rewards	Achievement System	[40]
		Progress-based Incentives	
Social Interaction	Narrative-based Engagement (Storytelling)	Narrative Structure Design	[30], [32]
		Interactive Plot Progression	
	Personalized Response System	Preference-based Feedback	[33]
		Behavior-based Feedback	
	Interactive Visitor Dialogue	Visitor Reaction Indicators	[12], [32], [35], [37]
		Synchronous Visitor Chat	
	Impact of Learner's control Freedom	Content Selection Options	[33]–[38]
		Learning Pace Control	

사회적 어포던스에 기반한 “그룹 구성원 간 상호작용성 (Social interactive affordance)”으로 구체화했다(표 3).

2-2 어포던스 요소 도출

본 연구는 VR 전시 인터페이스 환경의 내부 디자인 요소에 초점을 맞추어 어포던스를 분석했다. 분석 대상은 물리적 구조에 한정하며, 신체적 편안함이나 안정성과 같은 외부 요소는 제외했다. 특히 어포던스 요소가 몰입과 갖는 명확한 관계성을 주요 기준으로 삼았다. VR 전시 디스플레이에서 학습자 지원[23] 교육적 기능[24], 사회적 상호작용[25]의 한계 극복을 위해 상호작용 지원 요소가 구체화 되어야 한다(표 4).

2) 몰입 조건을 위한 어포던스

몰입조건과 어포던스 요소들은 체계적으로 연결된다(그림 3). 다섯 가지 각 몰입조건은 특정 어포던스에 주로 지원하면서도 상호보완적으로 작용한다. 첫 번째 몰입조건, 과제 집중 (Concentration)은 주로 기술적 어포던스를 통해 구현된다. 하위요소로 다중감각적 요소[26], [35], [38]의 시청각적 몰입, 현존감[26], [28], [29]를 통한 실재감, 그리고 동작 추적과 공간 방향 시스템[19], [26], [28], [29], [33]를 통한 직접적 참여가 이를 지원한다. 두 번째 몰입조건인 명확한 목표 (Clear goals)는 학습 어포던스로 실현된다. 어포던스 하위 요소 맞춤형 학습 경로[19], [21], [24], [27], [28], 단계적 난이도 설정[21], [40], 스캐폴딩 시스템[27], [37]를 통해

사용자의 목표 인식과 방향성을 강화한다. 통제감(Sense of control)은 상호작용 어포던스와 직접 연결된다. 개인화된 경험[27]과 선호도 기반 피드백[38], 맞춤형 인터페이스[21], [27]을 통해 사용자의 자율성과 능동적 참여를 지원한다. 내재적 동기(Autotelic experience)는 게임화된 참여[30], [39]와 스토리텔링 기반 참여로 강화된다. 맞춤형 학습[19], [21], [24], [27], [28]과 자기주도적 탐색을 통해 사용자의 자발적 참여를 유도한다. 즉각적 피드백(Immediate feedback)은 동시적 방문자 상호작용[12], [19], [33], [38]과 행동 기반 피드백 시스템으로 구현된다. 실시간 상태 확인과 방향 조정을 가능하게 한다(표 5).

이러한 분석을 바탕으로 몰입조건을 상위 계층으로, 어포던스 하부요소들을 하위 계층으로 구조화하여 계층구조를 도출했다. 이는 VR 전시에서 각 어포던스 요소가 몰입조건을 어떻게 지원하는지 체계적으로 보여준다. 레벨 3까지 자세한 내용은 평가(표 7)에 제시하였으며 현 단계에서는 가독성을 위해 레벨 2까지 표기하고 3레벨은 점선처리했다(그림 2).

III. AHP 분석 결과

3-1 신뢰도 및 중요도

AHP 분석의 신뢰성은 다음과 같이 확보되었다. 먼저 일관성 비율(CR)이 1%로 나타나 기준치인 10% 이하를 충족했

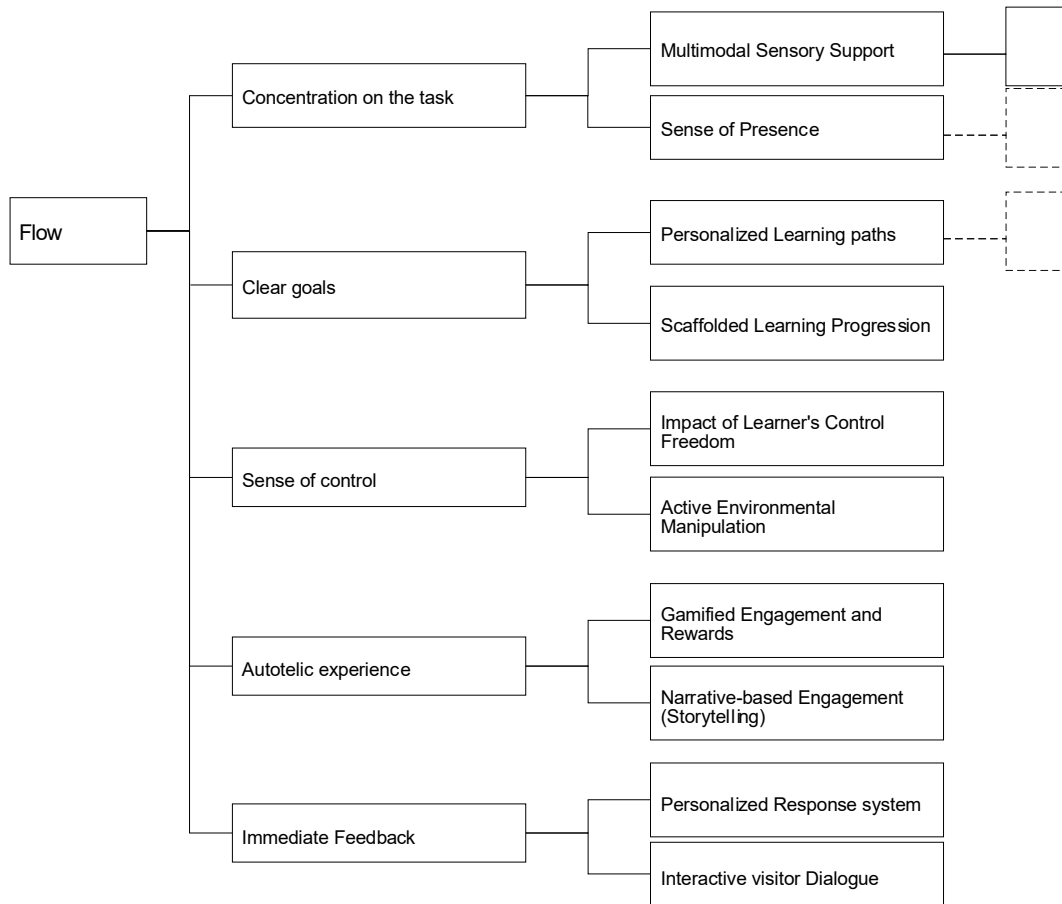


그림 2. 몰입을 위한 어포던스 위계(3단계요소는 표 6 참고)

Fig. 2. Hierarchical affordance for flow

다. 평균 그룹 합의도는 69.6%로 보통 수준의 합의가 이루어졌으며, 상대적 동질성은 71.0%로 응답자 간 비교적 안정적인 일치도를 보였다. 특히 즉각적 피드백(91.1%)과 방문자 피드백 대화(97.1%) 항목에서는 매우 높은 그룹 합의도를 보였다. 또한 모든 평가 항목의 CR이 1% 이하로 나타나 전문가들의 판단이 일관되게 이루어졌음을 확인했다(표 6).

표 6. 신뢰도

Table 6. Reliability

Reliability Measure	Value	Assessment
Consistency Ratio (CR)	1.00%	Excellent (< 10%)
Average Group Consensus	69.60%	Moderate
Relative Homogeneity	71.00%	Stable

레벨별 상대적 가중치(Relative Weight, Local Priority)와 글로벌 우선순위(Global Priority) 분석 결과, VR전시의 몰입을 위한 핵심 요소들이 체계적으로 도출되었다. Level 1에서는 자기목적적 경험 (31.8%)이 가장 높은 중요도를 보였으며, 명확한 목표 (20.5%), 즉각적 피드백 (18.4%) 순으로 나타났다. Level 2에서는 개인화된 피드백(64.1%), 스토리

텔링 (56.1%), 개인화된 학습경로 (55%)가 각 상위요소 내에서 높은 가중치를 보였다(표 6).

Level 3의 세부 요소 중에서는 실시간 객체 상호작용 (75.4%), 시각적 상호작용 디자인(73.5%), 콘텐츠 선택 옵션 (75.4%)이 각 중위 요소 내에서 가장 높은 상대적 가중치를 나타냈다. 특히 행동 기반 피드백(64.1%)과 공간 인식 (64.4%)도 해당 카테고리에서 높은 중요도를 보였다.

글로벌 우선순위는 최종적으로 의사결정 및 대안 선정에 활용한다. 글로벌 우선순위 분석 결과, 내러티브 구조 (9.5%), 상호작용적 플롯(8.3%), 적응형 콘텐츠(7.8%)가 가장 높은 우선순위를 나타냈다. 이는 VR전시에서 스토리텔링과 개인화된 상호작용이 몰입의 핵심 요소임을 시사한다. 특히 행동 기반 피드백(7.6%)과 성취 시스템(7.3%)의 높은 우선순위는 사용자의 행동에 대한 즉각적 반응과 보상이 중요함을 보여준다(그림 3). 중요하게 평가된 것은 상단에 다른색으로 표시했다.

VR전시에서 디스플레이에서 학습자 지원[23] 교육적 기능[24], 사회적 상호작용[25]의 한계 극복을 위해 상호작용 지원 요소가 구체화 되어야한다(표 4). 예술교육에서 VR 전시의 몰입을 위한 우선 고려사항으로 방문자 피드백 시스템

이 가장 높은 그룹 합의도(97.1%)와 즉각적 피드백의 중요도(18.4%)를 보였다. 개인화된 피드백에서는 행동 기반 피드백(7.6%)이 높은 글로벌 우선순위를 나타냈으며, 사용자 통제를 위한 실시간 객체 상호작용(6.2%)과 다중감각 요소인 시각적 상호작용 디자인(5.7%)과 공간 음향 통합(2.1%) 등에서 글로벌 우선순위가 7%이상인 항목을 음영처리했다(표 7).

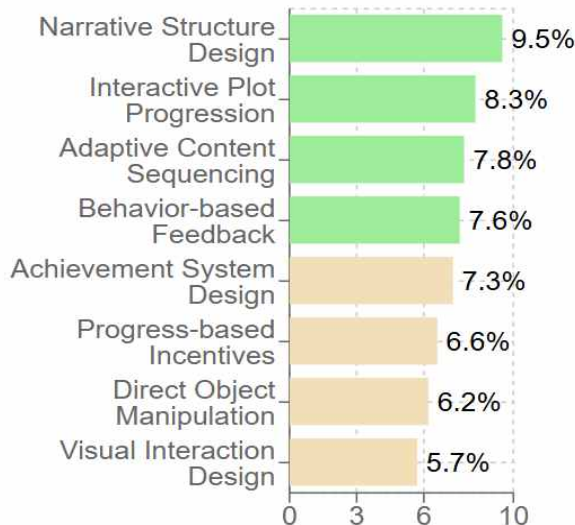


그림 3. 어포던스 모듈의 글로벌 우선순위
Fig. 3. Global prioritization of affordance modules

3-2 합의도

합의도(Group Consensus)는 전문가들의 동의 정도다. 즉각적 피드백(18.4%)과 관련된 요소들은 높은 합의도를 보였다. 특히 방문자 피드백 대화(97.1%)와 즉각적 피드백(91.1%)에서 매우 높은 합의도가 나타났다. 이는 피드백 시스템의 중요성에 대해 전문가들의 의견이 매우 일치하는 것이다. 2레벨에서 다중감각 학습지원(89.9%), 개인화된 학습경로(84.5%), 능동적 환경조작(84.2%)은 매우 높은 합의도를 보여 이들 요소의 중요성에 대해 전문가들의 강한 동의가 있었다. 방문자 피드백 대화(97.1%) 역시 가장 높은 합의도를 보여 VR전시에서 피드백 시스템의 핵심적 역할이 강조되었다.

한편, AHP 분석의 합의도가 낮다고 해서 신뢰도에 문제가 있는 것은 아니다. CR 값이 1%로 매우 양호하고(기준 10% 이하), 전체 그룹 합의도 69.6%로 수용할 수 있는 수준이다. 레벨1에서 주의집중(15.8%)은 상대적으로 낮은 중요도와 함께 낮은 합의도(59.1%)를 보였다. 반면 자기목적적 경험은 최고 중요도(31.8%)를 보였으나 중간 수준의 합의도(65.6%)로, 구현 방식에 대한 전문가들의 다양한 관점이 존재함을 시사한다. 특히 그 하위요소인 스토리텔링은 높은 글로벌 우선순위(내러티브 구조 9.5%, 상호작용적 플롯 8.3%)에도 불구하고 가장 낮은 합의도(54.9%)를 보였다. 그 하위요소인 내러티브

구조(9.5%)와 상호작용적 플롯(8.3%)의 구현 방식에 대한 전문가들의 의견 차이를 포함하는 것이다(표 8).

IV. 디스커션

4-1 몰입조건과 어포던스의 통합적 관계

본 연구는 예술교육을 위한 VR전시 몰입을 위해 칙센트미하이의 몰입이론의 다섯 가지 조건(과제집중, 명확한 목표, 통제감, 자기목적적 경험, 즉각적 피드백)을 기반으로 AHP 분석했다. 어포던스는 키르슈너의 교육적 어포던스 이론을 바탕으로 기술, 학습, 사회적 상호작용의 세 가지 차원에서 접근했다. 키르슈너와 달리 본 연구는 컴퓨터학습환경의 하위요소를 구체적으로 제안하고 전문가분석으로 중요도를 분석했다는 점에서 차별화된다.

AHP 분석 결과, 몰입의 핵심 요소들은 동기적 차원에서 자기목적적 경험(31.8%), 인지적 차원에서 명확한 목표(20.5%), 상호작용 차원에서 즉각적 피드백(18.4%) 순으로 중요도가 나타났다.

몰입의 조건에서 가장 높은 중요도를 보인 자기목적적 경험(31.8%)은 학습적 어포던스인 스토리텔링을 통해 구현되며, 내러티브 구조(9.5%)와 상호작용적 플롯(8.3%)이 사용자의 자발적 참여를 이끌어내는 주요 요소로 분석되었다. 자기목적적 경험은 인터페이스의 스토리텔링 구현으로 보완할 수 있지만 개인의 학습준비(내재적동기)에 따른 것임을 방증했다. 몰입의 조건에서 두 번째로 중요한 요소로 평가된 명확한 목표(20.5%) 또한, 학습적 어포던스의 하위구조인 개인화된 학습경로와 적응형 콘텐츠 시퀀싱을 통해 구현되며, 사용자의 수준과 진도에 맞춘 단계적 목표 제시로 효과적인 구현이 가능한 것으로 평가되었다. 몰입의 조건에서 세 번째 중요도로 평가된 즉각적 피드백(18.4%)이었으며, 학습적 어포던스 하위요소로 구현되며 특히 행동기반의 개인화된 피드백이 핵심적이었다. 이는 사용자의 행동에 대한 즉각적 반응과 자율적 통제감 제공을 의미한다.

중요도가 높게 평가된 몰입의 조건과 어포던스를 종합하면 예술교육을 위한 VR 전시 몰입경험을 설계하기 위해서는 동기[4]-인지[5]-피드백[4]의 순환적 모듈이 요구된다(그림 4). 학습 동기에서 상호작용의 순환적 구조는 칙센트미하이의 몰입이론과 일치하며, 자기목적적 경험('활동 과정에서의 경험')과 내재적 동기(활동 시작의 이유)[13]이 통합적으로 작용하여 몰입을 강화하는 선순환적 구조의 모듈이다. 스토리텔링은 동기를 문화·정서적으로 지원하는 것으로 해석할 수 있다[12].

분석 결과에서 주목할 점은 사회적 상호작용보다 개인화된 피드백이 더 중요하게 평가된 것이다. 이는 Makransky and Petersen의 개인화된 학습 경험 연구와[18] Kim의 자동화

표 7. 몰입을 위한 어포던스 모듈 분석

Table 7. Analyzing affordance modules for immersion

	Level 1	Level 2	Level 3	Glb Prio
Flow	Concentration on the Task 0.158	Multimodal Sensory Support 0.488	Visual interaction design 0.735	5.70%
			Integrated spatial audio 0.265	2.10%
		Sense of Presence 0.512	Motion tracking responsiveness 0.356	2.90%
			Spatial orientation system 0.644	5.20%
	Clear Goals 0.205	Personalized learning paths 0.550	Adaptive content sequencing 0.690	7.80%
			Individual progress adjustment 0.310	3.50%
		Scaffolded Learning Progression 0.450	Graduated difficulty levels 0.465	4.30%
			Just-in-time support system 0.535	4.90%
	Sense of control 0.134	Impact of Learner's Control Freedom 0.392	Content selection options 0.754	4.00%
			Learning pace control 0.246	1.30%
		Active Environmental Manipulation 0.608	Direct object manipulation 0.754	6.20%
			Interface customization tools 0.246	2.00%
	Autotelic Experience (intrinsic Motivation) 0.318	Gamified Engagement and Rewards 0.439	Achievement system design 0.526	7.30%
			Progress-based incentives 0.474	6.60%
		Narrative-based Engagement (Story Telling) 0.561	Narrative structure design 0.533	9.50%
			Interactive plot progression 0.467	8.30%
	Immediate Feedback 0.184	Personalized Response System 0.641	Preference-based feedback 0.359	4.20%
			Behavior-based feedback 0.641	7.60%
		Interactive Visitor Dialogue 0.359	Visitor reaction indicators 0.465	3.10%
			Synchronous visitor chat 0.535	3.50%

된 피드백 시스템 연구를 지지하며[21], 나아가 본 연구의 자기목적적 경험(31.8%)을 중심으로 한 통합적 모듈을 구축한다. 미술관은 사회적 상호작용보다 개인의 감성적 경험[43]이 VR전시에도 반영된 결과이다.

4-2 모듈 기준

1) 모듈의 구조화

AHP 분석과 합의도 분석 결과를 바탕으로 예술교육에서 VR전시 어포던스를 위한 모듈을 다음과 같은 원칙으로 구조화했다. 첫째, 몰입의 다섯 가지 조건 중 중요도 20% 이상인 자기목적적 경험(31.8%), 명확한 목표(20.5%)를 주요 모듈로 선정했다. 둘째, 중요도는 낮으나 합의도가 80% 이상인 피드백 시스템을 포함했다. 이는 실제 구현 시 효과성이 검증된 요소이기 때문이다. 도출된 인터페이스 모듈은 각 몰입 조건 별로 어포던스의 구체적 구현방안을 제시한다.

• 높은 중요도 높은 합의도 모듈

학습 어포던스의 명확한 목표(글로벌:20.5%, 합의도:89.9%)는 스캐폴딩(80.7%)을 통한 점진적 학습 구현하는데 명확한 모듈로 평가된다. 이는 다른 하위요소인 단계적 난이도 설정과 적시 지원 시스템으로 구현될 수 있다(그림 5).

상호작용 어포던스의 피드백 시스템은 방문자 피드백 대화(97.1%)와 즉각적 피드백(91.1%)의 최상위 합의도를 보인다.

표 8. 합의도

Table 8. Consensus

Level1	Level2	Group Consensus	
	Immediate Feedback	91.10%	Very High
	Visitor Feedback Dialogue	97.10%	Very High
	Personalized Feedback	65.80%	Moderate
	Clear Goals	72.90%	Moderate
	Personalized Learning Path	84.50%	High
	Scaffolding	80.70%	High
	Autotelic Experience	65.60%	Moderate
	Gamified Engagement	70.00%	Moderate
	Story Telling	54.90%	Low
	Sense of Control	82.70%	High
	Active Environmental Control	84.20%	High
	Learner Control Freedom	84.20%	High
	Concentration on Task	59.10%	Low
	Multimodal Sensory Support	89.90%	Very High
	Sense of Presence	73.90%	Moderate

다. 행동 기반 피드백(64.1%)을 통한 실시간 반응 시스템으로 구현된다.

기술적 어포던스의 다중감각 학습지원 (89.9%), 개인화된 학습경로 (84.5%), 능동적 환경조작 (84.2%)의 높은 합의도로 평가되었다. 이는 VR의 기술적 특성을 활용한 감각적 몰입과 개인화된 학습 경험 제공이 핵심 설계 요소로 자리잡고

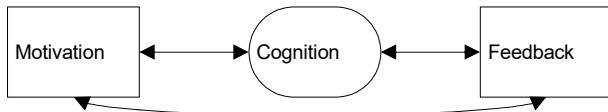


그림 4. 몰입조건과 어포던스 순환구조

Fig. 4. Flow conditions and the cyclic structure of affordance

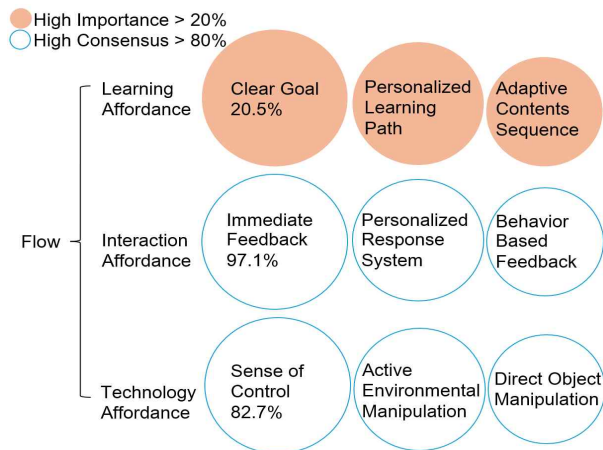


그림 5. VR전시 몰입을 위한 어포던스 모듈 접근방법

Fig. 5. Affordance module approach for flow in VR exhibition

있음을 보여준다(그림 5).

• 낮은 중요도 낮은 합의도 모듈

낮은 중요도 또는 합의도는 VR전시에서 전략이 아직 정립되지 않았음을 시사한다. 자기목적적 경험(65.6%)은 가장 높은 중요도에도 불구하고 중간 수준의 합의도를 보였다(그림 5). 이를 구현하는 모듈인 스토리텔링(54.9%)에 대한 다양한 관점 존재하기 때문이며, 자기목적적 경험 등 내재적 동기라고 보기 어렵기 때문이다. 자기목적적 경험의 내재적 동기에 대한 추가적인 구현이 요구된다. 낮은 중요도와 낮은 합의도의 주의집중(59.1%)의 낮은 합의도는 시각적 상호작용에서 전문가들의 견해 차이가 크다는 것을 의미한다. 반면에 VR환경에서 즉각적인 반응은 통제감과 목적에서 전문가들의 견해가 합의되었다.

2) 모듈 평가체계

낮은 중요도와 높은 합의도는 명확한 모듈의 기준이 되며, 낮은 합의도를 보인 요소들을 향후 연구에서는 이러한 요소들의 실제 구현과 효과성 검증이 필요하다. AHP 분석 결과와 합의도를 종합하여 도출된 예술교육에서 VR전시 인터페이스 평가 모듈을 그림 5로 제시한다.

학습 어포던스 모듈의 그림 5는 높은 중요도와 높은 합의도로 분석되었다. 개인화된 학습경로(84.5%)의 높은 합의도를 반영하여, 적응형 콘텐츠 시퀀싱(69.0%)과 개인 진도 조정(31.0%) 합의도를 검증 구현해야 한다.

다른 학습 어포던스 요소인 스토리텔링의 이중적 특성(높

은 중요도·낮은 합의도)과 같은 새로운 발견을 했다. VR전시의 스토리텔링 구현 방식에 대한 전문가들의 다양한 관점 존재하며, 예술교육을 위한 VR전시에 특화된 스토리텔링 프레임워크를 분석하는 것이 필요하다. 상호작용 어포던스 요소인 피드백 시스템은 방문자 피드백 대화(97.1%)와 즉각적 피드백(91.1%)이 최상위 합의도를 보였다. 다중감각 학습지원(89.9%), 개인화된 학습경로(84.5%), 능동적 환경조작(84.2%)이 높은 합의도를 보였다. 기술 어포던스 모듈은 다중감각지원과 환경조작 중심으로 구현되어 위 상호작용과 학습을 지원한다.

본 연구는 예술교육에서 VR전시의 어포던스 요소들을 몰입 조건과 연계하여 체계적으로 분석하고 설계 모듈을 제시했다. 후속 연구는 두 가지 방향으로 진행되어야 한다.

첫째, 높은 합의도 요소의 실증적 검증이다. 레벨1의 피드백 시스템(97.1%)과 레벨2의 개인화된 학습경로(84.5%)의 실제 구현 효과를 측정하는 실험 연구가 필요하다. 가장 높은 합의도를 VR 전시에서 사용자와의 상호작용 설계 방향이 비교적 명확함을 시사한다.

둘째, 낮은 합의도 영역의 검증과 개발이다. 특히 자기목적적 경험(31.8%)을 효과적으로 구현하기 위한 VR전시 특화 스토리텔링 방법론과 시각적 상호작용(Visual Interaction) 전략의 체계화가 요구된다.

본 연구에서 제시한 예술교육에서 VR전시 모듈은 높은 합의도를 보인 피드백 시스템과 개인화된 학습경로의 실증적 검증이 필요하며, 낮은 합의도를 보인 자기목적적 경험의 구현 방안에 대한 추가 연구가 요구된다. 특히 VR전시에 특화된 스토리텔링 프레임워크 개발과 상호작용 전략의 체계화가 향후 전시 구현의 핵심 과제가 될 것이다.

V. 결 론

본 연구는 몰입조건을 달성하기 위한 예술교육에서의 VR전시 설계를 위한 어포던스 모듈로 어포던스의 방향을 제시하고, 어포던스 요소들의 상대적 중요도와 예술교육을 위한 설계 방향을 실증적으로 도출했다.

첫째, 선행연구를 분석하여 어포던스의 실천요소를 기술·학습·사회적 상호작용 하위 실행요소들을 도출했다. 이 요소들은 서로 유기적으로 연결되어 있으며, 각 요소가 사용자의 경험을 보완하고 강화하는 방향으로 작용한다.

둘째, 계층분석법으로 요소가 몰입조건에서 우선순위를 분석했다. 가장 우선순위가 높은 핵심 요소로는 개인화된 경험과 사회적 상호작용의 균형이 특징적이었다.

셋째, 교육적 어포던스 요소들의 상대적 중요도와 설계 방향을 모듈로 도출했다. 기술적 어포던스는 직관적인 인터페이스를 통한 조작성이 주요 요소로 도출되었다. 학습 어포던스는 개인화된 학습경로에서 적응형 콘텐츠 시퀀싱과 게임화와 내러티브 요소를 통한 참여 유도가 주요 요소로 도출되었

다. 상호작용 어포던스는 개인화된 피드백 제공으로 사용자 행동에 따른 즉각적 반응이 주요 요소로 도출되었다.

본 연구의 한계는 다음과 같다. VR전시의 인터페이스 내부 요소에만 초점을 맞추어 외부 물리적 제약요인을 고려하지 않는다. 전문가들이 낮은 합의도를 보인 스토리텔링과 같은 핵심 요소들의 구체적 구현방안이 요구된다.

연구의 주요 발견은 다음과 같다. 첫째, 학습 어포던스가 몰입조건에서 가장 중요하게 평가되었다. 개인화된 피드백과 학습경로가 몰입을 강화하는 핵심 메커니즘으로 확인되었다. 특히 행동 기반의 즉각적 피드백은 가장 높은 합의도를 보여, 사용자의 행동에 대한 실시간 반응 시스템이 우선적으로 구현되어야 함을 보여준다. 개인화된 피드백과 학습경로는 사용자의 수준과 진도에 맞는 맞춤형 경험을 제공하는 데 중요한 역할을 한다.

둘째, 예술교육을 위한 VR전시에서 자기목적적 경험 이 가장 중요한 몰입조건임을 확인했다. 개인이 동기를 가지고 참여하는 것이 가장 중요하다는 것이다. 이는 스토리텔링과 게임화 요소를 통해 구현될 수 있으나, 그 구현 방식에 대해서는 전문가들 간 낮은 합의도를 보였다. 스토리텔링은 보조적인 수단일 수 있다는 한계점이 있어, 개인행동에 맞게 개별화된 VR전시에 특화된 스토리텔링 구축이 필요함을 시사한다.

셋째, 예술교육을 위한 VR전시 몰입을 위해서는 상호작용 어포던스와 기술적 어포던스 등의 순환적 단계별 접근이 필요하다. 기본 단계에서는 피드백 시스템과 다중감각 지원등 높은 합의도를 보인 요소들을 중심으로 인터페이스를 구축한다. 다음으로 개인화된 학습경로와 콘텐츠 적응 기능을 구현하여 사용자 경험을 심화하고, 마지막으로 스토리텔링과 게임화 요소 등 합의도는 낮지만, 중요도가 높은 요소들을 실험적으로 도입한다. 개인화된 학습경로와 다중감각 학습지원을 통해 맞춤형 경험을 제공하는 것이다.

최종적으로, 본 연구는 예술교육을 위한 VR전시의 핵심 구성요소를 이론적 틀로 체계화하여 실무적 가이드라인을 제시했다는 의의가 있다. 후속연구에서 학습, 상호작용, 기술 어포던스의 하위 구현 요소들을 통합한 VR전시 평가체제로 FGI 및 사용자 실험을 통해 몰입 경험의 구체적인 인과관계를 검증하고자 한다. 또한, 단계적으로 실제 학습자의 경험 데이터를 기반으로 사례를 분석하고, 본 모듈과 사례분석을 기반으로 특화된 전시 개발을 통해 제안된 모듈의 실효성을 학습효과성으로 검증하여 전문가 분석과 비교 연구하고자 한다.

참고문헌

[1] H. Cecotti, "Cultural Heritage in Fully Immersive Virtual Reality," *Virtual Worlds*, Vol. 1, No. 1, pp. 82-102, 2022. <https://doi.org/10.3390/virtualworlds1010006>

[2] A. Chrysanthakopoulou, K. Kalatzis, and K. Moustakas, "Immersive Virtual Reality Experience of Historical Events

Using Haptics and Locomotion Simulation," *Applied Sciences*, Vol. 11, No. 24, 11613, December 2021. <https://doi.org/10.3390/app112411613>

[3] D. Shin and F. Biocca, "Exploring Immersive Experience in Journalism," *New Media & Society*, Vol. 20, No. 8, pp. 2800-2823, August 2018. <https://doi.org/10.1177/1461444817733133>

[4] M. Csikszentmihalyi, *Finding Flow: The Psychology of Engagement with Everyday Life*, H. J. Lee, trans. Seoul: Hainaim, 2007. (Original work published 1997)

[5] J. J. Gibson, *The Ecological Approach to Visual Perception*, Boston, MA: Houghton Mifflin, 1979.

[6] P. A. Kirschner, "Design, Development, and Implementation of Electronic Learning Environments for Collaborative Learning," *Educational Technology Research and Development*, Vol. 52, No. 3, pp. 39-46, 2004.

[7] E. Bradner, W. A. Kellogg, and T. Erickson, "The Adoption and Use of 'Babble': A Field Study of Chat in the Workplace," in *Proceedings of the European Conference on Computer-Supported Cooperative Work*, Copenhagen, Denmark, September 1999.

[8] J. Xiong, E.-L. Hsiang, Z. He, T. Zhan, and S.-T. Wu, "Augmented Reality and Virtual Reality Displays: Emerging Technologies and Future Perspectives," *Light, Science & Applications*, Vol. 10, 216, 2021. <https://doi.org/10.1038/s41377-021-00658-8>

[9] T. L. Saaty, "Decision Making with the Analytic Hierarchy Process," *International Journal of Services Sciences*, Vol. 1, No. 1, pp. 83-98, 2008. <https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>

[10] K. D. Goepel. BPMSG AHP Online System [Internet]. Available: <https://bpmsg.com/ahp/ahp.php>.

[11] W. Cockayne, "Virtual Reality," in *The Müselmann at the Water Cooler*, pp. 253-260, 2002. <https://doi.org/10.2307/j.ctt1zxsj9r.21>

[12] J. Li, W. Wider, Y. Ochiai, and M. A. Fauzi, "A Bibliometric Analysis of Immersive Technology in Museum Exhibitions: Exploring User Experience," *Frontiers in Virtual Reality*, Vol. 4, 1240562, September 2023. <https://doi.org/10.3389/frvir.2023.1240562>

[13] M. Csikszentmihalyi, *The Evolving Self: A Psychology for the Third Millennium*, New York: HarperCollins, 1993.

[14] J. Dewey, *Experience and Education*, 1938.

[15] M. Csikszentmihalyi, *Beyond Boredom and Anxiety: Experiencing Flow in Work and Play*, 25th anniversary ed. S. Lee, trans. Seoul: Hanulim, 2003.

[16] J. J. Gibson, *The Senses Considered as Perceptual Systems*, H. S. Park, trans. Seoul: Acanet, 2016.

- [17] K. Holstein, B. M. McLaren, and V. Aleven, "Student Learning Benefits of a Mixed-Reality Teacher Awareness Tool in AI-Enhanced Classrooms," in *Proceedings of the International Conference on Artificial Intelligence in Education (AIED)*, London, UK, 2018.
- [18] B. Wu, X. Yu, and X. Gu, "Effectiveness of Immersive Virtual Reality Using Head-Mounted Displays on Learning Performance: A Meta-Analysis," *British Journal of Educational Technology*, Vol. 51, No. 6, pp. 1991-2005, November 2020.
- [19] G. Makransky and G. B. Petersen, "The Cognitive Affective Model of Immersive Learning (CAMIL): A Theoretical Research-Based Model of Learning in Immersive Virtual Reality," *Educational Psychology Review*, Vol. 33, No. 3, pp. 937-958, 2021. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09586-2>
- [20] C. J. Dede, J. Jacobson, and J. Richards, Introduction: Virtual, Augmented, and Mixed Realities in Education, in *Virtual, Augmented, and Mixed Realities in Education*, Singapore: Springer, 2017.
- [21] J. Kim, K. Merrill Jr., K. Xu, and D. D. Sellnow, "My Teacher Is a Machine: Understanding Students' Perceptions of AI Teaching Assistants in Online Education," *International Journal of Human-Computer Interaction*, Vol. 36, No. 20, pp. 1902-1911, 2020.
- [22] J. N. Bailenson, N. Yee, J. Blascovich, A. C. Beall, N. Lundblad, and M. Jin, "The Use of Immersive Virtual Reality in the Learning Sciences: Digital Transformations of Teachers, Students, and Social Context," *Journal of the Learning Sciences*, Vol. 17, No. 1, pp. 102-141, 2008.
- [23] S. Wang, "Enhancing Art Education Through Virtual Reality: The Impact of Virtual Art Museums on Junior High School Students," *Research and Advances in Education*, Vol. 3, No. 9, pp. 52-58, 2024. <https://doi.org/10.56397/rae.2024.09.05>
- [24] C. Tsita, M. Satratzemi, A. Pedefoudas, C. Georgiadis, M. Zampeti, E. Papavergou, ... and D. Tzovaras, "A Virtual Reality Museum to Reinforce the Interpretation of Contemporary Art and Increase the Educational Value of User Experience," *Heritage*, Vol. 6, No. 5, pp. 4134-4172, 2023.
- [25] R. Lavoie, K. Main, C. King, and D. King, "Virtual Experience, Real Consequences: The Potential Negative Emotional Consequences of Virtual Reality Gameplay," *Virtual Reality*, Vol. 25, pp. 69-81, March 2021. <https://doi.org/10.1007/s10055-020-00440-y>
- [26] H. Bi, "Application of VR in Art Exhibition Design," 2022 International Conference on Knowledge Engineering and Communication Systems (ICKES), Chickballapur, India, 2022, pp. 1-4. <https://doi.org/10.1109/ICKECS56523.2022.10060245>
- [27] M. Y. Chung, Development of an AI-assisted Personal Visual Art Recommendation System for Space Planning in Museums: Training Model Using User-Posted and Collected Images, Ph.D. Dissertation, Yonsei University, Seoul, February 2023.
- [28] E. Dincelli and A. Yayla, "Immersive Virtual Reality in the Age of the Metaverse: A Hybrid-Narrative Review Based on the Technology Affordance Perspective," *The Journal of Strategic Information Systems*, Vol. 31, No. 2, 101717, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2022.101717>
- [29] W. Gong, S. Santosa, T. Grossman, M. Glueck, D. Clarke, and F. Lai, "Affordance-Based and User-Defined Gestures for Spatial Tangible Interaction," in *Proceedings of the 2023 ACM Designing Interactive Systems Conference*, pp. 1500-1514, 2023. <https://doi.org/10.1145/3563657.3596032>
- [30] M. Khreich, "Gamified Flow and the Sociotechnical Production of AI," *Eludamos: Journal for Computer Game Culture*, Vol. 10, No. 1, pp. 55-65, 2020. <https://doi.org/10.7557/23.6172>
- [31] C. Lim, Exploring the Educational Potential of Digital Realistic Content in Local Museums: A Case Analysis of the Chungcheong National Museum Based on Affordance Theory, Master's Thesis, Hongik University, Seoul, 2023.
- [32] N. P. Melville, L. Robert, and X. Xiao, "Putting Humans Back in the Loop: An Affordance Conceptualization of the 4th Industrial Revolution," *Information Systems Journal*, Vol. 33, No. 4, pp. 733-757, 2023.
- [33] A. Scavarelli, A. Arya, and R. J. Teather, "Virtual Reality and Augmented Reality in Social Learning Spaces: A Literature Review," *Virtual Reality*, Vol. 25, No. 1, pp. 257-277, 2021. <https://doi.org/10.1007/s10055-020-00444-8>
- [34] G. M. Serna-Mendiburu and C. R. Guerra-Tamez, "Shaping the Future of Creative Education: The Transformative Power of VR in Art and Design Learning," *Frontiers in Education*, Vol. 9, 1388486, 2024. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1388483>
- [35] W. Shen, "Natural Interaction Technology in Virtual Reality," in *Proceedings of 2021 International Symposium on Artificial Intelligence and Its Application on Media (ISAIAM)*, May 2021, pp. 1-4. <https://doi.org/10.1109/ISAIAM53259.2021.00008>
- [36] N. Shin, "Online Learner's 'Flow' Experience: An Empirical Study," *British Journal of Educational Technology*, Vol. 37, No. 5, pp. 705-720, September 2006. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2006.00641.x>

- [37] B. Xu, "Practice of Digital Media Art Education Based on Virtual Reality Technology," *Journal of Electrical Systems*, Vol. 20, No. 3s, pp. 1714-1723, 2024.
- [38] H. Zhang, "Prism XR--A Curated Exhibition Experience in Virtual Reality with Peer Annotation Features and Virtual Guides for Art and Archaeology Classes," arXiv:2407.09528, 2024. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2407.09528>
- [39] J. Zhao and L. Zhang, "Virtual Reality in Art Appreciation Education: A Systematic Review of the Literature," *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, Vol. 17, No. 1, pp. 96-108, 2024. <https://doi.org/10.18785/jetde.1701.05>
- [40] F. Zhou, N. Zhang, N. Wang, and J. Mou, "Design Affordance in VR and Customization Intention: Is Customer Inspiration a Missing Link?," *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 192, 122594, July 2023. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122594>
- [41] Morris Hagreaves McIntyre. Never Mind the Width Feel the Quality [Internet]. Available: <https://www.culturehive.co.uk/wp-content/uploads/2013/04/Never-mind-the-width.pdf>.



정민영 (Minyoung Chung)

2023년 : 연세대학교 대학원 (이학박사
- 개인 소셜미디어계정 이미지
기반 작품 추천시스템)

2024년 ~ 현재 : 서강대학교 아트앤테크놀로지학과 서강퓨처
랩연구소 전임연구원

※ 관심분야 : 개인(Individual), 경험을 통한 교육(Learning
through Experience), 예술과 기술(Art &
Technology), 장소(Place)