

# HCI기반 BIM 사용자 경험 설계 연구

## HCI-Based BIM User Experience Design

○최 방 글\*  
Choi, Bahng-Geul

전 한 중\*\*  
Jun, Han-Jong

### Abstract

This study addresses significant usability challenges in Building Information Modeling (BIM) for the managerial tier in facility management, a group characterized by high decision-making responsibility but low technical expertise. We identify that their primary issue is high cognitive load, stemming from a mismatch between their role and the system's technical complexity. Using an HCI-based methodology, this research pinpoints the specific factors contributing to this load. Based on these findings, we propose a foundational framework for an inclusive UX strategy centered on a role-based information architecture, designed to reduce cognitive load and enhance organizational decision-making.

키워드 : 빌딩 정보 모델링(BIM), 인간-컴퓨터 상호작용(HCI), 사용자 경험(UX), 포용적 디자인, 인지부하이론(CLT)

Keywords : Building Information Modeling, Human-Computer Interaction, User Experience, Inclusive Design, Cognitive Load Theory

### 1. 서론

#### 1.1 연구의 배경 및 필요성

BIM(Building Information Modeling)은 건축의 전 생애주기(Lifecycle)에 걸쳐 자산 관리와 의사결정을 지원할 수 있는 핵심 기술로, 설계와 시공 단계뿐 아니라 운영 및 유지관리(Operations & Maintenance) 단계에서도 큰 잠재 가치를 지닌다. 그러나 현재 운영 단계에서의 BIM 활용은 설계·시공 단계에 비해 상대적으로 제한적이다. 그 주요 원인 중 하나는 시설 관리자(FM), 프로젝트 매니저(PM), 부서 책임자 등으로 구성된 관리자 계층의 사용자가 BIM 시스템의 구조와 정보 체계를 이해하고 효과적으로 활용하는 데 어려움을 겪기 때문이다(Tsay et al., 2022).

이들은 BIM 데이터를 검토하고 승인하는 의사결정 주체임에도 불구하고, 복잡한 인터페이스와 낮은 기술 이해도로 인해 정보 접근성과 사용성 면에서 제약을 받고 있다. 이로 인해, BIM 시스템이 제공하는 방대한 정보와 사용자

들의 인지 능력 사이에 실질적인 격차가 발생하고 있으며, 이는 BIM의 전 생애주기 활용을 가로막는 주요 장애 요인으로 작용하고 있다. 따라서 이러한 격차를 해소하기 위해서는 단순한 기능 보완이나 UI 개선을 넘어, 사용자의 정보 요구와 인지적 특성을 반영한 체계적인 사용자 경험(UX) 기반 대응 전략이 필요하다(Park et al., 2022). 그러나 기존 연구 대부분이 기술 개발에 집중하면서 실제 환경이나 사용자 경험(UX)과 같은 사용자 중심의 연구는 부족한 실정이다.

#### 1.2 연구의 목적

본 연구는 운영 및 유지관리 단계 관리자 계층을 대상으로, BIM 사용자 경험을 체계적으로 분석하고, 이론적 토대를 구축하여 향후 실증연구 방향을 제시하는 것을 목적으로 한다. 기술 이해도가 낮은 사용자들도 BIM 정보를 효과적으로 활용할 수 있도록 포용적 UX전략을 마련하고, BIM 정보가 운영 및 유지관리 단계에서도 활용될 수 있도록 지원하고자 한다. 본 연구는 다음의 세 가지 주요 연구 질문에 따라 수행된다:

- RQ1. 관리자 계층은 운영 및 유지관리 단계에서 어떤 BIM 정보를 필요로 하는가?
- RQ2. 관리자 계층은 BIM 정보를 활용하는 과정에서 어떤 인지적 어려움과 사용성의 문제를 경험하는가?
- RQ3. 관리자 계층을 위한 포용적 UX 전략 프레임워크의 핵심 구성 요소는 무엇인가?

\* 한양대 대학원 석사과정

\*\* 한양대 건축학부 교수, 건축학 박사

(Corresponding author : Department of Architectural Engineering, Hanyang University, hanjoung@hanyang.ac.kr)

이 연구는 2025년도 한국연구재단 연구비 지원에 의한 결과의 일부임. 과제번호:RS-2025-25431000

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(2022R1A2C3011796).

이러한 연구 질문에 답하기 위해, 본 연구는 [그림 1]과 같이 ‘기초 연구’와 ‘실증 연구’로 구성된 장기 연구의 첫 단계에 해당한다. 본 논문에서는 이 중 ‘이론적 토대 구축’ 단계의 과정과 결과를 중심으로 서술한다.

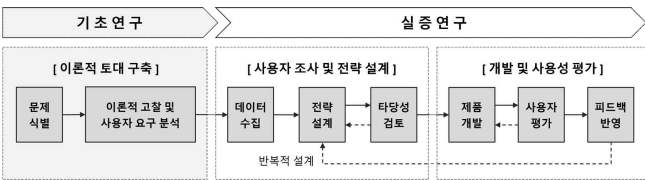


그림 1. 연구의 전체 프로세스

## 2. 이론적 배경 및 선행 연구

### 2.1 HCI기반 이론 프레임워크

본 연구는 BIM 시스템의 사용자 경험 문제를 해결하기 위해 HCI의 세 가지 핵심 이론을 통합한 이론적 프레임워크를 구축한다. 각 이론은 서론에서 제시한 연구 질문(RQ)에 답하기 위한 분석적 틀을 제공한다.

첫째, 사용자 중심 설계(User-Centered Design, UCD)는 본 연구의 전반을 관통하는 핵심 철학이다. UCD는 사용자의 요구와 맥락을 설계 과정의 중심에 두는 접근법으로 (ISO 9241-210:2019; Norman, 2013), 사용자에게 대한 깊은 이해를 바탕으로 정보 요구를 파악하고, 사용 맥락을 분석하며, 결과를 검증 및 평가하는 과정을 포함한다.

둘째, 인지 부하 이론(Cognitive Load Theory, CLT)은 사용자가 정보를 처리하는 과정에서 경험하는 정신적 노력을 설명하는 이론이다. 이는 사용자가 BIM 정보를 활용하며 겪는 인지적 어려움과 사용성 문제(RQ2)를 분석하는데 핵심적인 이론적 기반을 제공한다.

셋째, 정보 구조화 설계(Information Architecture, IA)는 사용자가 정보를 쉽게 찾고 이해할 수 있도록 정보의 흐름과 상호작용 구조를 설계하는 방법론이다. 이는 앞선 분석 결과를 통합하여, 관리자 계층을 위한 포용적 UX 전략 프레임워크의 핵심 구성 요소(RQ3)를 구체적으로 설계하는 데 적용된다.

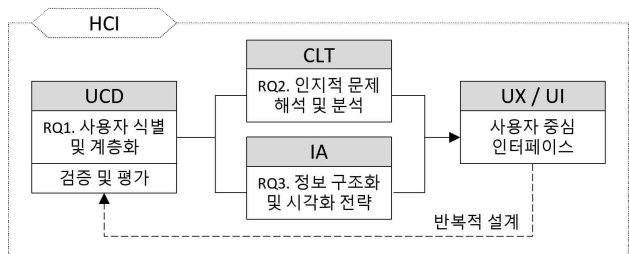


그림 2. 연구 설계를 위한 이론 프레임워크

이 세 가지 이론의 상호 보완적인 관계와 각 연구 질문과의 연관성은 [그림 2]와 같이 시각적으로 나타낼 수 있다. 이 프레임워크는 HCI의 큰 틀 안에서 본 연구가 사용자(UCD)를 이해하고, 문제(CLT)를 진단하며, 해결책(IA)을 설계하는 체계적인 접근을 가능하게 한다.

### 2.2 선행연구 분석

본 연구는 최신 연구 동향을 파악하고 연구의 독창성을 확보하기 위해 체계적인 선행연구 분석을 수행했다. “building information modeling“, “BIM“, “user centered design“, “UCD“, “user experience“, “UX“, “HCI“ 등의 키워드를 조합하여 최근 5년간 발행된 영문 및 국문 학술 문헌을 검색하였다. 이 과정에서 연구 주제와 가장 밀접한 두 편의 핵심 선행 연구를 선정하여 심층적으로 분석하였다. 두 선행 연구는 공통적으로 UX 중심의 접근을 통해 BIM의 한계를 극복하고자 했으나, 그 관점과 방법론에서 명확한 차이를 보이며, 이를 요약하면 다음 [표 1]과 같다.

표1. 핵심 선행 연구 비교 분석

| 구분    | 선행연구 1:<br>Park et al. (2022)    | 선행연구 2:<br>Hu et al. (2024)             |
|-------|----------------------------------|-----------------------------------------|
| 연구 목적 | 역할별 요구 파악을 통한 맞춤형 워크플로우 제공       | 레이아웃 · 컬러 최적화로 인지 부하 경감                 |
| 연구 방법 | 페르소나 시나리오, 설문, 인터뷰               | 컨텍스트 이론 (맥락 분석), KANO-QFD, Eye-tracking |
| 연구 결과 | 맞춤형 교육 프로그램, 스마트 워크플로우 개선 방향성 제안 | 인터페이스 레이아웃 · 색상 라이브러리 최적화               |
| 기대 효과 | 구성원 역량 균등화, 조직 적응력 강화            | 사용자 인지부하 감소 및 작업 시간 단축                  |

Park et al. (2022)의 연구는 사용자 중심 접근법을 통해 스마트 업무 환경에서의 BIM 적용 방안을 탐색했다. 이 연구는 설문조사와 인터뷰를 통해 사용자 유형별 BIM 사용 목적과 불편 요소를 정리하고, 기술 중심적 접근에서 벗어나 사용자 경험과 역할 기반의 요구 분석이 중요함을 강조했다. 이는 “왜 사용자들이 BIM을 사용하지 않으려 하는가?”에 대한 근본적 답변으로 ‘사람’에 초점을 맞춘 조직적 · 교육적 해결책을 제안한 연구라 할 수 있다.

반면, Hu et al. (2024)의 연구는 향상된 사용자 경험을 위해 BIM 시스템의 설계 요소를 최적화하는 데 초점을 맞췄다. 이 연구는 KANO 모델과 QFD를 활용하여 설계 요소를 도출하고, 인터페이스 레이아웃과 색상 라이브러리 최적화를 통해 사용자의 만족도를 높이고 인지 부하를 개선할 수 있음을 실증적으로 확인했다. 이는 “어떻게 하면 BIM 인터페이스를 더 효율적으로 만들 수 있는가?”에 대한 기술적 해결책으로 ‘기술’에 초점을 맞춘 인터페이스 최적화를 제안한 연구라 할 수 있다.

본 연구는 이 두 관점을 통합하는 데서 연구의 차별점을 가진다. 즉, Park et al. (2022)의 역할 기반 요구 파악 방법론을 참고하여 관리자 계층의 근본적인 정보 요구(RQ1)를 심도 있게 이해하고, Hu et al. (2024)의 인지부하 분석 및 인터페이스 최적화 과정을 참고하여 이들의 사용성 문제(RQ2)를 진단하고 정보 아키텍처를 설계(RQ3)하고자 한다. 이처럼 본 연구는 '사람'과 '기술'의 관점을 통합한 UX 전략을 제안함으로써 기존 연구의 한계를 넘어 보다 총체적이고 실용적인 해결책을 모색한다는 점에서 독창적 기여를 할 수 있다.

### 3. 연구 방법

#### 3.1 문헌 기반 사용자 계층 구조화

본 연구의 대상을 명확히 정의하기 위해, BIM 사용자를 분류한 선행 연구와 국제 표준을 종합적으로 분석하여 새로운 사용자 계층 구조를 도출하였다. 이 과정은 Park et al. (2022)과 Hu et al. (2024)의 연구, 그리고 35개 국제 BIM 가이드 및 표준 문서를 비교·분석한 Davies et al. (2017)의 연구를 중심으로 진행되었다. 분석 결과, BIM 사용자를 효과적으로 계층화할 수 있는 다음 세 가지 핵심 공통 요소가 도출되었다.

- 의사결정 권한 : 프로젝트 내에서 정보에 기반한 결정을 내리고 승인하는 책임의 수준
- BIM 기술 수준 : BIM소프트웨어의 기능과 데이터 구조에 대한 전문 지식 수준
- 정보 활용방식 : BIM 정보를 직접 생성·편집하는지 or 정보를 간접 검토·활용하는지의 차이

이 세 가지 기준을 바탕으로 BIM 사용자 그룹을 4개의 레벨로 재구성하였으며, 그 결과는 아래 [표 2]와 같다.

표2. 문헌 기반 BIM 사용자 계층 구조

| 계층      | 사용자 그룹                   | 의사 결정 권한 | 기술 이해도 | BIM 정보 활용 방식          |
|---------|--------------------------|----------|--------|-----------------------|
| Level 1 | 최고 의사결정자 (CEO, 이사회, 발주처) | 매우 높음    | 매우 낮음  | 요약 보고서 (간접 참조)        |
| Level 2 | 관리자 계층 (FM, PM, 부서장)     | 높음       | 낮음     | 정보 변환 및 간접 활용 (검토/승인) |
| Level 3 | 전문 BIM 활용자 (매니저, 코디네이터)  | 중간       | 매우 높음  | 직간접 병행 (관리/조정)        |
| Level 4 | 실무 BIM 실행자 (모델러, 엔지니어)   | 낮음       | 높음     | 직접 활용 (생성/편집)         |

본 연구는 이 정보 흐름의 중심에 위치한 Level 2: 관리자 계층에 주목한다. 이들은 실무진이 생성한 방대한 기술 정보를 검토하고, 이를 의사결정자가 이해할 수 있는 형태로 변환하여 보고해야 하는 핵심적인 '허브(Hub)' 역할을 수행한다. 그러나 이들은 높은 의사 결정 권한과 정보 활용 필요성에도 불구하고 상대적으로 낮은 BIM 기술 이해도를 가지고 있다.

이러한 특성의 불일치는 BIM 정보 활용 과정에서 인지부하 문제를 야기하며, 조직 전체 정보 흐름의 병목 현상을 초래한다. 이러한 정보 흐름의 구조와 Level 2 관리자 계층의 핵심적인 역할은 [그림 3]과 같이 시각화할 수 있다. 따라서 Level 2 관리자 계층의 UX를 개선하는 것은 이들의 업무 효율성을 높일 뿐만 아니라, 조직 전체의 정보 흐름을 원활하게 만들어 가장 큰 파급 효과를 기대할 수 있는 전략적 접근이다.

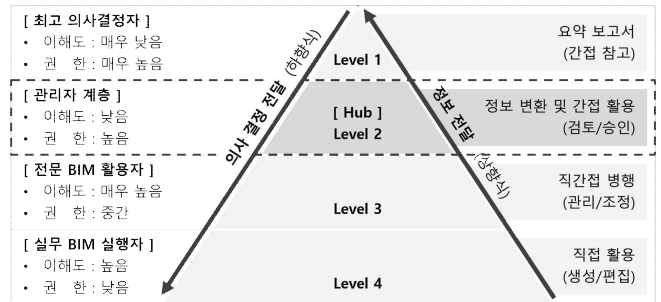


그림 3. BIM 사용자 계층 구조와 정보 흐름

#### 3.2 인지 부하 요인 분석

핵심 타겟으로 선정한 'Level 2: 관리자 계층'이 경험하는 인지부하 요인을 체계적으로 분석하기 위해, 3단계의 분석 절차를 수행하였다.

표3. NASA-TLX 차원 기반 인지부하 요인 매핑

| NASA-TLX 차원              | BIM 사용자 경험 맥락에서의 해석 및 문제점                                                                           |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 정신적 부담 (Mental Demand)   | 불필요한 정보 과다 노출, 비직관적인 데이터 시각화, 일관성 없는 메뉴 구조 및 용어로 인해 사용자가 정보를 해석하고 원하는 기능을 찾는 데 과도한 정신적 노력이 요구됨.     |
| 신체적 부담 (Physical Demand) | 정보 탐색을 위한 반복적인 클릭과 스크롤, 복잡한 뷰(View) 전환 조작 등으로 인해 신체적 피로가 누적됨.                                       |
| 시간적 부담 (Temporal Demand) | 긴급한 의사결정 상황에서 원하는 데이터를 즉시 찾지 못해 발생하는 시간적 압박감. 시스템의 느린 반응 속도 또한 주요 원인으로 작용함.                         |
| 성과 (Performance)         | 주어진 시간 내에 정보 검토 및 보고서 작성을 성공적으로 마치지 못하거나, 잦은 실수로 인해 스스로의 업무 성과가 낮다고 인식함.                            |
| 노력 (Effort)              | 낮은 기술 이해도를 보완하기 위해 매뉴얼을 계속 찾아보거나, 실무자(Level 3, 4)에게 반복적으로 질문하는 등 과업 달성을 위해 높은 수준의 정신적, 물리적 노력을 투입함. |
| 좌절감 (Frustration)        | 필요한 정보가 누락되었거나 접근 권한이 없을 때, 혹은 잦은 시스템 오류로 인해 작업이 중단될 때 느끼는 스트레스와 무력감. 이는 의사결정 지연으로 이어져 좌절감을 심화시킴.   |

첫째, '인지부하 요인 매핑' 단계에서는 주관적 작업 부하 측정 도구인 NASA-TLX 의 6개 차원을 분석 틀로 활용하여 문헌 및 사례에서 도출된 문제점들을 매핑하였다. 그 결과는 [표 3]과 같다.

둘째, '갭 분석(Gap Analysis)' 단계에서는 매핑된 인지부하 유발 요인들을 HCI의 보편적 사용성 원칙 및 국제 표준(ISO 9241)과 비교 분석하였다. 분석 결과, 관리자 계층이 겪는 문제의 핵심 원인은 '역할과 정보의 불일치'로 규명되었으며, 다음과 같은 주요 문제점이 식별되었다.

- 정보 과부하 문제 : 관리자에게 불필요한 기술 정보까지 필터링 없이 노출되어 핵심 과업 집중을 방해한다.
- 일관성 부재 : 프로젝트나 개인별로 다른 용어나 아이콘을 사용하여 학습 부담과 정신적 노력을 가중시킨다.
- 탐색의 어려움 : 복잡한 인터페이스는 필요한 정보를 쉽게 찾지 못하게 만들어 업무 효율성을 저해한다.

셋째, '우선순위 지정' 단계에서는 갭 분석을 통해 도출된 문제점들의 영향도와 발생 빈도를 기준으로 해결 과제의 우선순위를 지정하였다. 그 결과, (P1)정보 접근성 및 가시성 확보, (P2)인터페이스 간소화 및 일관성 확보, (P3)관리자 기능 제공 순으로 도출되었다.

#### 4. 결론

본 연구는 BIM의 전 생애주기 활용을 저해하는 핵심 요인으로 운영 및 유지관리 단계 관리자 계층의 UX 문제를 지목하고, HCI의 포용적 디자인 관점에서 그 해결 방안을 모색하였다. 문헌 분석을 통해 BIM 사용자를 계층화하고, 정보 흐름의 허브 역할을 하지만 낮은 기술 이해도로 인해 인지부하를 겪는 '관리자 계층'을 핵심 연구 대상으로 특정하였다. 이들의 인지부하가 '역할과 정보의 불일치'에서 기인함을 밝히고, 이를 해결하기 위한 우선 과제를 도출하였다. 본 연구는 기술 중심의 BIM 연구에 사용자 중심의 새로운 관점을 제시함으로써, 조직 내 정보 흐름의 병목 현상을 해결할 수 있는 구체적인 방향을 제시했다는 점에서 의의를 가진다. 본 연구의 분석 결과를 바탕으로, RQ3에 대한 답, 즉 포용적 UX 전략이 갖춰야 할 핵심 구성 요소는 (1)역할 기반의 맞춤형 정보 제공, (2)과업 중심의 간소화된 인터페이스, (3)사용자 주도적 개인화 기능이 되어야 함을 제안한다.

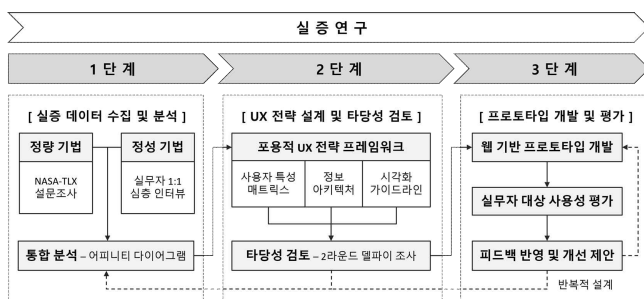


그림 4. 후속 실증연구 프로세스

본 연구에서 제안한 기초안의 실효성을 검증하고 구체화하기 위해, [그림 4]와 같이 3단계로 구성된 후속 실증연구를 계획하고 있다.

첫째, 실제 사용자 요구분석 및 인지부하 측정을 위해 건설사, 설계사 등 다양한 분야의 실무자를 대상으로 1:1 심층 인터뷰와 NASA-TLX 설문조사를 병행하여 정성적, 정량적 데이터를 수집한다. 이후 어피니티 다이어그램 워크숍을 통해 데이터를 통합 분석하여 관리자 계층의 핵심 요구사항과 인지부하 유발 요인을 심도 있게 파악할 것이다.

둘째, 포용적 UX 전략 프레임워크 설계를 위해 전 단계의 분석 결과를 바탕으로 사용자 특성 매트릭스, 정보 아키텍처, 시각화 가이드라인 등 구체적인 산출물을 설계한다. 설계된 프레임워크는 3인 이상의 전문가를 대상으로 2라운드에 걸친 델파이 조사를 통해 타당성과 우선순위를 검증받아 객관성을 확보할 것이다.

마지막으로, 검증된 프레임워크를 기반으로 실제 작동하는 프로토타입을 개발하고, 이를 활용한 사용성 테스트를 수행하여 제안된 UX 전략의 실질적인 개선 효과를 입증하는 최종 연구를 제안할 것이다.

이러한 체계적인 실증연구를 통해, 본 연구는 이론적 제안을 넘어 실제 산업 현장에 적용 가능한 '포용적 BIM UX 프레임워크'를 완성하고, BIM 기술이 소수의 전문가를 넘어 모든 참여자를 위한 협업 플랫폼으로 발전하는 데 기여하고자 한다.

#### 참고문헌

1. Davies, K., Wilkinson, S., & McMeel, D. (2017). A review of specialist role definitions in BIM guides and standards. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, 22, 185–203.
2. Hu, T., Fu, Q., Chen, L., & Shi, M. (2024). Optimizing building information modeling system design elements for enhanced user experience: A multidimensional approach. *Traitement du Signal*, 41(2), 615–628.
3. International Organization for Standardization. (2019). *Ergonomics of human-system interaction — Part 210: Human-centred design for interactive systems (ISO 9241-210:2019)*. <https://www.iso.org/standard/77520.html>
4. Norman, D. A. (2013). *The design of everyday things: Revised and expanded edition*. Basic Books.
5. Park, D. Y., Choi, J., Ryu, S., & Kim, M. J. (2022). A user-centered approach to the application of BIM in smart working environments. *Sensors*, 22(8), 2871.
6. Tsay, G. S., Staub-French, S., & Poirier, E. (2022). BIM for facilities management: An investigation into the asset information delivery process and the associated challenges. *Applied Sciences*, 12(19), 9542.