

건설공사 사후평가 기반 BIM (Building Information Modeling) 성과측정을 위한 평가요소 도출

Identification of Factors for Building Information Modeling (BIM) Performance Evaluation based on Post-Construction Evaluation

김 유 찬* 반 창 우* 최 성 환* 원 중 성 **
Kim, You-Chan Ban, Chang-Woo Choi, Seong-Hwan Won, Jongsung

Abstract

This study aimed to develop BIM performance evaluation indicators based on the post-construction performance evaluation and to verify their practical applicability. To achieve this goal, eight BIM performance indicators applicable to performance evaluation were extracted by analyzing the Guidelines for post-construction performance evaluation published by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT). In addition, 23 post-project evaluation reports disclosed in the Construction Project Information System (CALS) were collected and analyzed to examine the documentation status of the selected indicators. Furthermore, based on the BIM Project Execution Planning Guide (BEP) developed by Penn State University, sixteen BIM functions and seventeen key benefits applicable to the construction phase were identified and classified. A comparative analysis between the BIM benefits and the BIM performance indicators derived from the post-project evaluation revealed that the project cost variation rate (82%) and the project duration variation rate (71%) showed the strongest correlations. These results indicate that BIM contributes significantly to improving cost management and schedule efficiency during the construction phase. In the documentation rate analysis, four indicators, which were the number of design changes (100%), cost variation rate (96%), duration variation rate (96%), and the amount of design change variation (91%), were recorded in most reports and thus are considered highly applicable for BIM-based performance evaluation.

키워드 : 건설공사 사후평가, 건설정보모델링, 성과평가

Keywords : Building Post-construction Performance Evaluation, Building Information Modeling (BIM), Performance Assessment

1. 서 론

1.1 연구의 목적

최근 국내외 건설산업에서는 생산성 향상과 프로젝트 효율성 개선을 위해 BIM (Building Information Modeling) 기술의 활용이 급속히 확산되고 있다. 이에 따라 BIM의 도입 효과를 정량적으로 검증하기 위한 다양한 연구가 국내외에서 활발히 수행되고 있다 (엄미영 외, 2024). 그러나 대부분의 기존 연구들은 참여 주체가 별도의 데이터 수집 업무나 부가적인 평가업무를 수행해야만 BIM 성과 평가가 가능하다는 한계점이 있었다. 이러한 추가적인 업무는 평가체계를 실제 프로젝트에 적용하기 어렵게 하고, BIM의

객관적이고 정량적인 성과 관리가 제도적으로 정착되지 못하는 원인으로 작용하고 있다. 따라서 추가적인 업무 부담 없이도 BIM 성과를 정량적으로 평가할 수 있는 방법론 마련이 필요하다.

국토교통부의 공공 건설사업 평가제도인 건설공사 사후평가 제도는 비교 가능한 데이터를 추가 작업 없이 수집하고, 분석할 수 있는 기반을 제공할 수 있다. 건설공사 사후평가는 공공 건설사업의 계획 대비 실제 성과를 비교·분석하고 그 결과를 바탕으로 향후 정책 및 사업 수행의 개선방향을 도출하는 것을 목적으로 한다 (이은지 외, 2007). 즉, 단순한 공동 건설사업의 사후에 그치는 것이 아니라 성과 비교와 개선 피드백을 동시에 수행하는 종합적 관리체계이다.

특히, 건설공사 사후평가는 BIM 적용 여부와 관계없이 모든 공공 건설사업에 의무적으로 시행되며, 그 평가항목에는 공사비, 사업비, 공기, 안전, 품질, 민원 등 건설사업의 핵심 성과지표가 포함되어 있다. 이러한 평가지표는 BIM의 주요 성과(예: 설계변경 감소, 비용 안정화, 안전관

* 전 한국교통대 건축공학과 연구원

** 한국교통대 건축공학과 교수, 공학박사

(Corresponding author : Department of Architectural Engineering, Korea National University of Transportation, jwon@ut.ac.kr)

이 연구는 2025년 한국교통대학교 지원을 받아 수행하였음

리 향상 등)와 직접적으로 연관되기 때문에, BIM의 도입이 사업성과에 미치는 영향을 정량적으로 도출할 수 있다. 즉, 별도의 조사 절차나 추가 데이터 입력 없이도 사후평가 결과를 통해 BIM 적용 프로젝트와 미적용 프로젝트의 성과를 객관적으로 비교할 수 있으며, 이는 BIM 성과의 실증적 검증에 매우 적합한 제도적 기반을 제공한다. 따라서 본 연구는 국토교통부 건설공사 사후평가 데이터를 기반으로 BIM 성과 측정을 위한 평가요소를 도출하고자 한다.

1.2 연구의 방법 및 절차

본 연구는 건설공사 사후평가를 기반으로 BIM 성과측정을 위한 평가요소를 도출하기 위해 수행되었다. 이를 위해 국토교통부의 건설공사 사후평가 시행지침, 사업수행 성과표, 사업 효율 및 파급효과 평가표를 분석하여 평가항목을 체계적으로 분류하였다.

본 연구는 시공단계에 초점을 맞추어 건설공사 사후평가 기반의 BIM 성과평가 가능성을 분석하였다. 시공단계의 건설공사 사후평가는 실제 공사 수행 결과가 반영된 평가로, 공사비, 일정, 품질, 안전 등 핵심 지표가 포함되어 있어 BIM의 성과를 파악하기에 적합하다.

시공단계에서 활용 가능한 BIM 기능은 Penn State University의 BIM Project Execution Planning Guide (BEP)를 기준으로 정리하였다. 해당 가이드라인에서 제시한 시공단계에 적용 가능한 BIM 주요 활용 분야를 건설공사 사후평가 항목과 비교함으로써, BIM 성과와 연관된 평가요소를 식별하였다.

또한, 도출된 BIM 성과평가요소가 실제 건설공사 사후평가 보고서에 얼마나 기록되어 있는지를 확인하기 위해 항목 기록 비율을 검토하였다. 일부 보고서는 여러 이유로 항목을 공란으로 남기는 경우가 있어, 본 연구에서는 평가요소별로 데이터가 존재하는 보고서의 비율을 산정하여 도출된 건설공사 사후평가 기반 BIM 성과평가요소의 적용가능성을 분석하고자 하였다.

건설공사 사후평가 보고서 데이터는 국토교통부 건설사업정보시스템 (CALS, Continuous Acquisition and Life-cycle Support)에서 수집하였다. CALS 시스템은 공공 발주기관이 수행한 건설사업의 전 생애주기 정보를 통합·관리하는 국가 단위 데이터베이스로, 건설공사 사후평가 결과는 개별 공공사업의 성과관리 뿐만 아니라 정책 환류에 활용되고 있다.

2. 문헌고찰

2.1 건설공사 사후평가

건설공사 사후평가는 총공사비 300억 원 이상인 공공 건설사업을 대상으로 수행성과를 평가하고, 그 결과를 향후 유사 사업의 효율적 추진에 반영하는 것을 목적으로 한다. 이 평가는 계획 대비 실제 성과를 정량적으로 검토함으로써 공공 건설사업의 성과관리 및 정책 환류 체계를 강화하기 위한 근거로 활용된다.

국토교통부 (2018)는 건설공사 사후평가 시행지침을 통해 공사의 종류·규모별 평가 시점과 세부 절차를 규정하고 있다. 건설공사 사후평가의 주요 항목은 평가지표, 사업수행 성과, 사업효율, 파급효과로 구분된다.

평가지표는 세부 평가항목을 정량적으로 측정하기 위한 기준이며, 사업수행 성과는 사업비, 사업 기간, 재시공 횟수 등 계획 대비 달성 정도를 평가한다. 사업효율은 수요 예측과 기대효과와 실현 정도를 비교하여 투입 대비 효율성을 분석하고, 파급효과는 건설사업이 지역 사회와 경제에 미치는 영향을 평가한다. 그러나 제도 시행 과정에서는 시행지침의 개정, 자료 유실, 예산 미확보, 법령 미숙지 등의 이유로 평가 보고서가 누락되거나 일부 항목이 공란으로 남는 사례가 발생하고 있다 (문준부, 2023).

2.2 BIM 성과 평가

BIM의 도입 효과를 정량적으로 검증하기 위한 다양한 평가 방법이 제시되어 왔다. 대표적인 접근 방식으로는 KPI (Key Performance Indicators) 기반 평가와 ROI (Return On Investment) 분석이 있다.

강태욱 외 (2013)는 기존의 BIM 성과평가 도구를 비교·검토하여 KPI 기반 BIM 성과평가 도구의 개발 방향성을 제안하였으며, 박광호 (2010), Ghang Lee et al. (2012) 등은 건축 시공 전 단계에서의 설계 오류 발견으로 인한 절감비용을 산출하여 BIM 도입의 경제적 효과를 ROI 분석을 통해 검증하였다. 이강·원종성 (2014)은 두 개의 BIM 프로젝트 사례를 대상으로 SLAM BIM (Success Level Assessment Model for BIM projects)을 적용하여 BIM 프로젝트의 성과 측정 가능성을 분석하였다.

기존의 많은 연구에서 BIM이 건설 프로젝트 성과에 미치는 효과를 평가하기 위한 체계를 구축했으나, 데이터 수집이나 추가 평가 업무를 추가적으로 필요로 하는 한계를 지니고 있다. 이러한 절차는 실제 프로젝트 적용 시 성과평가의 실효성 저하와 업무 부담 증가로 이어지는 문제점을 가진다.

이러한 한계를 보완하기 위해 엄미영 외 (2024)는 KPI나 ROI 기반 평가가 아닌, 건설공사 사후평가를 활용한 BIM 성과평가 방안을 제안하였다. 이 접근법은 기존의 사후평가 체계를 활용함으로써 추가적인 데이터 수집이나 별도 평가 절차 없이 BIM 성과를 정량적으로 검증할 수 있다는 장점이 있다.

그러나 현재까지는 건설공사 사후평가 수행 주체나 발주기관별로 적용 기준과 분석 방식이 상이하며, 수집된 데이터의 범위와 품질에도 차이가 존재한다는 한계가 지적되고 있다. 이러한 점에서, 공신력 있는 사후평가 데이터를 활용한 표준화된 BIM 성과평가 체계의 구축이 필요한 실정이다.

3. 건설공사 사후평가 시행지침 기반 평가요소 분석

본 연구에서는 국토교통부 건설공사 사후평가 시행지침을 기반으로 공공 건설사업의 성과를 구성하는 평가요소

를 평가항목과 세부평가지표로 분류하였다. 이를 기초로 하여 시공단계에 적용 가능한 건설공사 사후평가 기반 BIM 성과평가 지표를 도출하고자 한다.

표 1과 같이 건설공사 사후평가는 총 13개 평가항목과 27개 세부평가지표로 구성되어 있다. 평가항목은 용역비 및 공사비, 공정, 설계변경, 재시공 금액, 사업비, 사업기간, 기대효과, 수요, 하자, 인원, 지역경제, 환경으로 구성되어 있다. 각 평가항목별로 1~3개의 세부평가지표로 이루어져 있었다.

다만, 시공단계 성과와 직접적 연관이 낮은 평가항목인 기대효과, 수요, 지역경제, 환경과 이 평가항목의 6개 세부평가지표 (B/C비율 증감율, 수요 증감율, 인구수, 종사자 수, 지역 총 생산, 환경)는 본 연구의 범위에서 제외하였다. 해당 세부평가지표는 실질적인 공공건설사업의 성과를 위한 정보하기보다 기본적인 프로젝트 정보에 해당한다고 할 수 있다.

표 1. 건설공사 사후평가 시행지침에 따른 평가항목 및 세부평가지표

평가항목	세부평가지표
용역비 및 공사비	계약금액
	추정공사비
	준공금액
공정	추정공사기간
	계약공기
	실제공기
설계변경	설계변경건수
	설계변경증감액
	계약자 귀책금액
재시공금액	재시공 금액
사업비	사업비 증감율
	보상비 증감율
사업기간	사업기간 증감율
기대효과	B/C비율 증감율
수요	수요 증감율
	하자발생건수
하자	하자발생건수
	하자처리건수
인원	다수민원발생건수
	다수민원처리건수
지역경제	인구수
	종사자 수
	지역 총 생산
환경	환경

4. 자료 분석

4.1 시공단계 적용 가능한 BIM 기능

BIM은 프로젝트의 계획, 설계, 시공, 운영단계 전반에 걸쳐 적용 가능하다. BEP는 프로젝트 전생애주기에 걸쳐 적용 가능한 21개의 BIM 기능을 설명하고 있으며, 표 2와

같이 시공단계에서는 가장 많은 16개의 BIM 기능이 적용 가능하다고 언급했다 (Penn State University 2024).

16개의 BIM 기능 중 시공단계에서만 적용 가능한 기능은 2개이며, 자재 제작 모델 생성과 공사 작업 배치 모델 생성이다. 운영단계 업무와만 연계되는 BIM 기능은 기록 모델 생성 하나이다. 그 외의 13개 BIM 기능은 계획, 설계, 운영단계와 복합적으로 연계되며, 조명 성능 분석, 구조 성능 분석, 에너지 성능 분석, 설계 모델 조정, 설계 모델 검토, 시공 문서 작성, 공사 현장 물류 모델 작성, 가설 시스템 모델 작성, 설계 모델 작성, 프로그램 요구사항 분석, 4D 모델 작성, 지속 가능성 분석이 있다. 다만, 비용 견적 작성 BIM 기능은 프로젝트 전 과정에 걸쳐 사용되는 기능이다.

표 2. 프로젝트 단계별 적용 가능한 BIM 기능

계획	설계	시공	운영
기존 조건 캡처			
설계 모델 작성			
프로그램 요구사항 분석			
비용 견적 작성			
4D 모델 작성			
	조명 성능 분석		
	구조 성능 분석		
	에너지 성능 분석		
	설계 모델 조정		
	설계 모델 검토		
		지속 가능성 분석	
	시공 문서 작성		
	공사 현장 물류 모델 작성		
	가설 시스템 모델 작성		
	자재제작모델생성		
	작업배치모델생성		
		기록 모델 생성	
			시스템성능 모니터링
			공간활용 모니터링
			자산 모니터링
			유지보수 모니터링

4.2 시공단계 BIM 혜택

시공단계에서 BIM의 주요 혜택은 작업 효율성과 품질 개선에 초점을 둔다. BIM은 모델 기반의 정보 통합과 시뮬레이션 기능을 통해 공정 간섭을 사전에 확인하고, 설계 및 시공 과정의 불확실성을 최소화한다. 이를 통해 재작업 감소, 안전성 향상, 공정 리드타임 단축, 설계변경 영향 최소화 등의 구체적 성과를 기대할 수 있으며, 결과적으로 비용 및 일정의 절감으로 이어진다. 표 3과 같이 BEP를 기준으로 17개의 시공단계 BIM 적용혜택을 정리하였다 (Penn State University 2024).

표 3. 시공단계 BIM의 주요 혜택

NO.	혜택
1	재작업 감소
2	안전성 향상
3	리드 타임 단축
4	설계변경으로 인한 영향 감소
5	노동 및 건설 생산성 향상
6	프로젝트 초기 상호작용 및 협업 촉진
7	일정 충돌 문제 해결
8	피드백 기반 설계 검토 및 전달
9	현장 간섭 감소 및 제거
10	프로젝트 일정 단축
11	조명 상태 및 에너지 사용량의 빠른 계산 가능
12	설계 솔루션 및 투자 수익 실현
13	현장 폐기물 감소
14	정확하고, 빠른 자재 수량 산출
15	초기 단계 비용 정보 제공 가능
16	4D 모델과 결합한 예산 추적
17	품질 관리 및 보증 향상

5. BIM 성과평가지표 도출

건설공사 사후평가 시행지침을 통해 분류한 시공단계 세부평가지표 중 BIM과 직접적으로 관계가 적은 평가요소를 제외하고 BIM 성과평가지표를 도출하였다. 제외된 평가요소는 다수 민원 발생 및 처리 건수, 인구 수, 종사자 수, 지역 총 생산, 환경, 보상비 증감율, B/C 비율 증감율, 수요 증감율이었다. 제외된 세부평가지표를 배제하고, 표 4와 같이 시공단계에서 BIM 적용을 통하여 긍정적인 영향을 받는 주요 세부평가지표는 8개였다. 설계 변경 건수, 설계 변경 증감액, 계약자 귀책금액, 재시공 금액, 하자발생 건수, 하자 처리 건수 등을 포함한다. 앞서 분석된 시공단계에서의 BIM 혜택과 BIM 성과평가지표간의 관계는 표 4와 같다.

표 4. BIM 세부평가지표와 BIM 혜택 간 연관성

성과평가지표 \ BIM 혜택		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	합계	
																			#	%
설계변경건수		O			O		O		O				O			O		O	7	41.2
설계변경증감액		O			O		O		O				O			O		O	7	41.2
계약자 귀책금액		O			O		O		O				O			O		O	7	41.2
재시공 금액		O			O		O	O		O								O	6	35.3
하자발생건수		O			O					O								O	4	23.5
하자처리건수		O			O					O								O	4	23.5
사업비 증감율		O		O	O	O	O	O	O	O	O		O	O	O	O	O		14	82.4
사업기간 증감율		O		O	O	O	O	O	O	O	O		O		O		O		12	70.6
합계	#	8	0	2	8	2	6	3	5	5	2	0	5	1	2	4	2	6		
	%	100	0	25	100	25	75	37.5	62.5	62.5	25	0	62.5	12.5	25	50	25	75		

6. 건설공사 사후평가 결과 분석

건설공사 사후평가를 기반으로 한 BIM 성과평가는 건설공사 사후평가 보고서가 적절하게 작성된 경우에만 시행 가능하다. 하지만 현재까지 작성된 건설공사 사후평가 보고서 내의 많은 평가요소 작성이 누락되어 있다. 따라서 BIM 성과측정이 가능한 건설공사 사후평가의 평가요소가 보고서에 적절하게 기재되었는가를 분석해야 한다. 본 연구에서는 CALS을 활용하여 국내 주요 공공 발주기관 중 한 곳에서 작성된 건설공사 사후평가 보고서 데이터를 수집했다.

2004년부터 2024년까지 총 59건의 건설공사 사후평가 사례 중 28건 사례가 건설공사 사후평가 결과 보고서를 제공하지 않았다. 즉, 약 절반에 해당하는 31건의 사례에서만 건설공사 사후평가 보고서가 작성 완료되었다. 31건의 사례에서 아파트 공사가 23건 (74.2%)으로 가장 많았고, 조성 공사 (5개, 16.1%), 공공시설 공사 (2개, 6.5%), 택지개발 공사 (1건, 3.2%) 순이었다. 따라서 본 연구에서는 가장 많은 건설공사 사후평가 보고서를 제공한 아파트 공사 프로젝트를 대상으로 분석하였다.

7. 보고서 항목 기록 비율 분석

표 5는 수집된 23건의 건설공사 사후평가 보고서를 대상으로, 8개의 BIM 성과평가지표가 보고서 내 기록 여부를 분석한 결과를 나타낸 것이다. 분석 결과, 설계변경 건수 (100%), 사업비 증감률 (96%), 사업기간 증감률 (96%), 설계변경 증감액 (91%)은 대부분의 보고서에서 공통적으로 기록되어 있었다.

이들은 설계변경 방지, 프로젝트 비용 및 일정의 효율적인 관리와 같은 BIM 효과를 정량적으로 평가하기 위하여 활용할 수 있다. 이들은 공공 발주기관의 주요 관리 항목으로 자리 잡고 있음을 보여주며, 예산 및 일정 중심의 성과평가가 제도적으로 중시되고 있음을 시사한다.

반면, 하자 발생 건수 (9%), 계약자 귀책금액 (4%), 재시공 금액 (0%), 하자 처리 건수 (0%)는 기록 비율이 10% 미만으로 매우 낮았다. 이러한 지표는 발주기관이나 건설공사 사후평가 수행기관이 별도의 검증 절차를 거쳐야 하거나, 현장 기반 데이터를 추가로 수집해야 하는 경우가 있기 때문에 다수의 프로젝트에서 작성 누락이 발생한 것으로 판단된다.

향후 공공 건설사업의 BIM 기반 품질·안전·유지관리 성과 향상을 위해서는 건설공사 사후평가와 관련하여 보다 체계적인 데이터 수집과 기록관리 강화가 필요하다. 특히, 건설공사 사후평가의 실효성을 높이기 위해서는 기록이 잘 되지 않는 일부 평가항목 및 세부평가지표들에 대한 표준화된 데이터 관리체계 확보와 기록률 제고 전략이 필요하다.

표 5. BIM 성과평가지표의 건설공사 사후평가 보고서 항목 기록 비율 분석 (2004-2024)

BIM 성과평가지표	보고서 내 항목 기록	
	#	%
설계변경건수	23	100
설계변경증감액	21	91
계약자 귀책금액	1	4
재시공 금액	0	0
하자발생건수	2	9
하자처리건수	0	0
사업비 증감율	22	96
사업기간 증감율	22	96

8. 결론

본 연구에서는 건설공사 사후평가를 기반으로 추가적인 데이터 수집 과정 없이 BIM을 도입하지 않은 유사한 프로젝트와 비교 가능한 BIM 성과평가지표를 도출하고, 그 실질적 적용 가능성을 검증하고자 하였다.

국토교통부 건설공사 사후평가 시행지침을 분석함으로써 프로젝트의 BIM 성과평가에도 활용 가능한 8개의 세부평가지표를 추출하고, 국토교통부 건설사업정보시스템 (CALS) 에서 공개된 23건 건설공사 사후평가 결과보고서를 대상으로 BIM 성과평가지표의 기록 현황을 분석하였다. 또한 Penn State University의 BIM Project Execution Planning Guide (BEP) 를 분석함으로써 시공단계에서 적용 가능한 16개의 BIM 기능과 17개의 주요 혜택을 정리하였다.

BIM 혜택과 건설공사 사후평가 기반의 BIM 세부평가지표의 연계성을 비교한 결과, 사업비 증감률 (82%), 사업기간 증감률 (71%)이 가장 높은 관련성을 보였으며, 이는 BIM이 시공단계 비용 관리와 일정 효율성 향상에 기여함을 나타냈다. BIM 성과평가지표의 항목 기록 비율 분석 결과, 설계변경 건수 (100%), 사업비 증감률 (96%), 사업기간

증감률 (96%), 설계변경 증감액 (91%)은 보고서에 대부분 기재되어 활용 가능성이 높았다.

반면, 계약자 귀책금액 (4%), 재시공 금액 (0%), 하자 발생 건수 (9%), 하자 처리 건수 (0%)는 기록 비율이 매우 낮아 건설공사 사후평가 데이터 기반의 BIM 성과평가 수행에는 한계가 있었다. 따라서, 건설공사 사후평가 기반 BIM 성과평가를 실무적으로 정착시키기 위해서는 하자·재시공·귀책 관련 지표에 대한 데이터 기록 체계 강화와 표준화된 관리방안 마련이 필요하다.

본 연구는 기존의 BIM 성과분석 연구가 별도의 데이터 수집을 요구했다는 한계를 보완하고, 기존 제도적 평가체계인 사후평가를 활용한 BIM 성과평가의 통합적 분석 틀을 제시하였다는 점에서 의의가 있다.

다만, 실제 BIM 적용 프로젝트를 대상으로 한 데이터 기반의 실증적 검증이 이루어지지 못했다는 한계가 있었다. 향후 연구에서는 건설공사 사후평가 데이터를 기반으로 BIM 적용 프로젝트와 비적용 프로젝트를 비교·분석함으로써, BIM이 공공 건설사업의 비용 절감, 공기 단축, 품질 향상 등 실질적 성과 개선에 미치는 구체적 효과를 실증적으로 규명하고자 한다.

REFERENCES

- 강태욱, 원종성, & 이강. (2013). BIM 수행성과 평가도구의 개발방향에 대한 연구. 한국공간정보학회지, 21(1), 53-62
- 권용호, 김정훈. (2023). 건설공사 사후평가제도 운영의 문제점 및 개선방안에 관한 연구. 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 291-292.
- 국토교통부. (2018). 건설공사 사후평가 시행지침. 제 2018 - 545호
- 문준부. (2023). 도로 건설사업 단계별 성과평가 프레임워크연구. 영남대학교. 석사학위논문
- 박광호. (2011). 건축시공 전 단계에서 BIM을 활용한 설계요류 사전감지 효과에 관한 연구. 연세대학교. 박사학위논문
- 엄미영, 박승화, 김현승, & 원종성. (2024). 건설공사 사후평가 기반 BIM 성과 평가 방안 개발. 한국산학기술학회 논문지, 25(5), 527-533
- 이강 & 원종성. (2014). SLAM BIM: 목표 중심의 BIM 적용효과 및 ROI 분석. 빌딩스마트코리아, 12, 36-37
- 이은지, 김경환, 이윤선, & 김재준. (2007). 공공공사 성과 측정을 위한 사후평가항목 개선방안에 관한 연구. 한국건설관리학회 학술대회
- 최형규, 박종진, 김연용, & 전한중. (2020). BIM 업무 효율성 평가를 위한 정성적·정량적 지표 도출에 관한 기초 연구. 대한건축학회 학술발표대회 논문집.
- Ghang Lee, Harrison Kwangho Park, & Jongsung Won. (2012). D3 City project — Economic impact of BIM-assisted design validation, Automation in Construction, 22, 577-586

12. Penn State University. (2024). “BIM Project Execution Planning Guide 3.0”