

특허 동시분류 네트워크 분석을 활용한 BIM 기술구조와 핵심기술 분석

Analysis of BIM Technology Structure and Core Technology Using Patent Co-classification Network Analysis

박유나¹⁾, 이해진²⁾, 이석형³⁾, 최희석⁴⁾

Park, Yoo-Na¹⁾ · Lee, Hye-Jin²⁾ · Lee, Seok-Hyoung³⁾ · Choi, Hee-Seok⁴⁾

Received April 06, 2020; Received May 21, 2020 / Accepted June 10, 2020

ABSTRACT: BIM(Building Information Modeling) is a salient technology for influential innovation in the construction industry. The patent network analysis is useful for suggesting the direction of technology development and exploring the research and development field. Therefore, the purpose of this study is to analyze the BIM technology structure and core technologies according to the convergence of BIM technology and market expansion. In this study, social network analysis was conducted by establishing a co-classification IPC network for the United States BIM patent. In particular, the characteristics of the major technical areas in the BIM technology network were identified through centrality analysis. G06F017/00, digital computing or data processing method, is a core technology field in the BIM network. Arrangements, apparatus or systems for transmission of digital information, H04L029/00 is an influential technology across the network. B25J009/00 for program controlled manipulators is an intermediary technology field and G06T019/00, manipulating 3D models or images for computer graphics, is an important field for technological development competitiveness.

KEYWORDS: Building Information Modeling, International Patent Classification, Patent Analysis, Social Network Analysis

키워드: 빌딩정보모델, 국제특허분류, 특허분석, 소셜네트워크분석

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

세계 건설산업은 4차 산업혁명기술과의 융합을 통해 건설의 패러다임을 스마트 건설로 전환하고 생산성 향상 및 시장 주도를 위한 경쟁이 치열하다(Mintry of Land Infrastructure and Transport, 2018). 건설 산업의 주요한 파급기술로 선정된 BIM(Building Information Modeling)은 대표적인 스마트 건설기술이자 건설생애주기를 다루는 핵심 플랫폼이다. 건설 프로젝트에 BIM을 적용하는 것은 비용과 기술적인 한계 등의 장벽이 있지만 전 세계 국가에서 BIM 사용을 장려하고 있다. 미국, 영국, 호주, 싱가포르 등의 국가는 정부적인 차원으로 건축, 엔지니어링

및 건설(AEC, Architecture, Engineering & Construction)산업에 BIM 채택을 늘리기 위한 BIM 로드맵 및 전략을 제시하고 있다. 미국은 BIM선진국으로 BIM을 채택하고 건설 산업 전반에 걸쳐 BIM 사용을 의무화한 국가 중 하나이다. 현재는 정부차원에서 민간 스마트 건설기술 스타트업을 활성화하고 BIM의 활용을 적극적으로 유도하고 있다. 빅데이터, 사물인터넷(IoT, Internet of Thing), 웨어러블 장비 등을 현장관리에 활용하여 건설현장의 생산성 및 안전성 향상을 도모하고 있다.

MRR보고서에 따르면 2020년부터 2025년까지 글로벌 BIM 시장의 연평균성장률은 14.9%이다(Market Research Reports, 2020). 시장의 성장은 BIM을 채택하는 국가들이 증가하고 관련 기술 도입이 활성화되는 것을 의미한다. BIM 시장의 성장에 따라

¹⁾정회원, 한국과학기술정보연구원 국가과학기술데이터본부 융합서비스센터 박사후연구원 (yoona6419@kisti.re.kr)

²⁾정회원, 한국과학기술정보연구원 국가과학기술데이터본부 융합서비스센터 선임연구원 (hyejin@kisti.re.kr)

³⁾정회원, 한국과학기술정보연구원 국가과학기술데이터본부 융합서비스센터 책임연구원 (skyi@kisti.re.kr)

⁴⁾정회원, 한국과학기술정보연구원 국가과학기술데이터본부 융합서비스센터 센터장 (choihs@kisti.re.kr) (교신저자)

전략적인 BIM 기술개발 방향 수립은 기술경쟁력을 강화를 위해 중요하다.

특허는 기술에 대한 표준화된 정보를 담고 있어 많은 산업에서 기술흐름 및 개발방향을 이해하고 새로운 연구 분야를 탐색하는데 활용되고 있다. 특히 시장의 불확실성이 증가하고, 기술의 수명주기가 짧아짐에 따라 연구개발 비용이 급격하게 증가하여 기업뿐만 아니라 국가적 차원으로 연구개발 투자 효율성을 제고하는 것은 중요하다(Chun et al., 2016). 특허분석은 기술의 구현에 대한 분석도 가능하지만 핵심기술 파악, 산업의 흐름, 신기술 출현, 융합기술의 흐름분석 등을 통해 기술의 경쟁위치 선점 및 기술기회 발굴을 가능하게 한다.

따라서 본 연구에서는 주요 BIM 시장인 미국 BIM 특허를 수집하여 BIM 기술네트워크 분석을 실시하고자 한다. 특허에 부여된 국제특허분류인 IPC(International Patent Classification)를 활용하여 BIM 기술네트워크를 구축하였으며 소셜네트워크분석(Social Network Analysis, SNA)을 실시하여 BIM 기술네트워크의 구조와 핵심 기술을 분석하였다. 이를 통해 본 연구에서는 BIM 기술개발 방향을 제시하였으며 향후 BIM 기술정책 및 전략 수립에 활용하여 연구개발 효율성을 제고할 수 있을 것이다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 스마트건설의 대표적인 기술인 BIM에 대하여 특허 네트워크분석을 실시하였다. 먼저 이론적 고찰을 통하여 BIM 기술 및 연구동향과 특허분석을 활용한 기술분석, 특허데이터를 활용한 네트워크분석에 대한 선행연구를 검토하였다. 다음으로 미국특허 데이터베이스로부터 미국 BIM 등록특허를 수집하고 특허에 부여된 IPC를 활용하여 IPC 동시분류 네트워크를 구축하였다. 구축된 네트워크에 대하여 위상학적 분석(Topological analysis) 및 중심성 분석(Critical node centrality analysis)을 실시하여 BIM 기술네트워크 구조를 분석하고 주요 핵심 기술 분야를 도출하였다.

Data Collection	Data Pre-processing	Network Creation	Network Analysis
Searching BIM data and Knowledge Infra	Data Filtering by IPC Co-IPC Extraction	Co-IPC Matrix Technology Field Network	Topological Analysis Node Centrality Analysis
ScienceON - Exploring the Infra - BIM-related Data	COMPAS - US Patent Database - Tech Tree	Knowledge Matrix - 1-mode Matrix - Edged List	Gephi - Topological Measures - Centrality Measures

Figure 1. Research framework

본 연구의 프레임워크는 Figure 1과 같으며 연구자원 공유활용 플랫폼(ScienceON, Korea Institute of Science and Technology Information)을 활용하여 연구를 수행하였다.

2. 이론적 고찰

2.1 BIM 기술 및 연구동향

BIM은 다양한 인프라의 계획, 설계단계부터 유지관리 단계까지 건설 전생애주기에서 발생하는 대량의 정보를 생성, 활용, 관리하는 모든 과정이라 할 수 있다. 관련 엔터티간의 빠른 데이터 교환을 지원하여 리스크가 적고 통제력이 높아 건설부문의 혁신적인 기술로 여겨지고 있다. BIM을 적용한 건설 프로젝트 사례 분석을 통해 투자수익률 향상(Qian, 2012; Ham, 2018), 비용편익효과(Kim et al., 2018), 생산성 향상(Ham et al., 2019), 재시공 방지(Lee et al., 2018)등의 효과가 입증되었고 대기행렬모형, PMBOK등의 평가도구를 통해 BIM 적용효과(Ham et al., 2018; Jung et al., 2018)가 증명되었다.

정보통신기술과 BIM의 융합은 건설 전 과정에서 인력의 한계를 극복하고 생산성과 안전성을 개선할 수 있다(Im et al, 2019). 최근에는 사물인터넷(Internet of Thing, IoT)센서를 실시간 데이터와 연결한 디지털 트윈(Digital twin), 모바일 장치를 활용하여 프로젝트 이해관계자들의 실시간 액세스 협업이 가능한 클라우드 컴퓨팅(Cloud computing), 건설부재를 맞춤 제작하고 온사이트 건설을 통해 공사 지연을 방지하는 프리페브리케이션(Prefabrication)과 VR(Virtual Reality) 및 AR(Augmented Reality)기술을 적용한 프로젝트 관리 등을 통해 점차 적용분야가 확대되고 있다.

BIM 기술개발 전략을 수립하기 위한 연구로는 국외로는 AEC 및 IoT 관련 저널분석을 통해 주요 연구방향을 제안(Tang et al., 2019)하거나 LSA(Latent Semantic Analysis)분석을 통해 BIM 연구패턴과 트렌드를 분석(Yalcinkaya and Singh, 2015)하는 연구가 있었다. 국내에서는 BIM을 적용한 건설 프로젝트 사례분석을 통해 적용성을 입증하는 연구가 대다수였다.

따라서 본 연구에서는 BIM 기술의 표준화된 정보인 특허데이터를 활용하여 기술네트워크분석을 실시하고 이를 통해 BIM 기술개발 전략을 제시하고자 한다.

2.2 특허분석을 활용한 기술분석

기술의 융·복합이 이루어지면서 경쟁기업으로부터 권리를 보호받고 시장에서 우위를 선점하기 위하여 지식재산권을 확보하는 것이 중요하다. 특허는 기술의 권리를 보호하는 역할을 하는 동시에 내용을 공개하는 것이 원칙으로 기술 혁신의 주요 지표로 이용된다(Yoon and Ji, 2019). 특허에 대한 정량적인 분석은 특허 출원 건수, 출원인 수, 피인용 수 등을 통계적인 방법을 통해 분석하는 것으로 특허 패밀리지수, 피인용지수, 기술우위지수 등의 지표가 활용된다(Yoon and Ji, 2019). 특허의 정성적인 분석은 전문가의 의견에 의지하게 되고 정량적인 분석은 기술의 내용

이나 세부 핵심기술을 파악하기 어려운 한계점이 있다. 이를 개선하기 위하여 특허데이터를 활용한 네트워크 분석 및 데이터 마이닝을 적용한 연구가 이루어지고 있다(Yun and Ji, 2019).

Table 1은 특허분석과 관련된 선행연구를 정리한 것으로 기술 트렌드분석, 기술융합구조분석, 기술기회탐색, 경쟁정보분석, 기술흐름분석 등을 확인할 수 있다. Fujii and Managi(2018)은 인공지능 특허에 대한 국제적인 출원 동향을 분석하였으며 기술적 우선순위가 미국과 일본의 기술 중심으로 수학적 모델 및 기타 인공지능 기술로 전환된 것을 확인하였다. Kim et al.(2014)은 에너지 하베스팅 기술의 세부기술별 정량적 분석을 통해 기술경쟁력을 분석하였다.

Park et al.(2018a)은 자동차기업의 융합특허에 대한 네트워크 분석을 통해 IPC간 융합관계 분석하였고 Han et al.(2016)은 섬유산업의 융합기술 14개 군집을 파악하였다. Yoon et al.(2017)은 LDA(Latent Dirichlet Allocation)를 활용하여 기술기회를 탐색하였고 Linares et al.(2019)와 Park et al.(2018b)은 특허의 인용관계를 통해 기술흐름을 분석하였다. 그 외에도 특허분석을 통해 지식융합 특성이 혁신성과에 미치는 영향에 대한 연구(Lee et al., 2018) 등 다양한 산업분야에서 특허분석이 활용되고 있다.

건설 산업에서도 기술개발 전략을 수립하기 위하여 특허분석을 실시하고 있지만 특허 출원 건수를 통해 기술동향을 분석하는 연구가 대다수이다(Hwang et al., 2005; Park et al., 2016; Kang and Kim, 2015). 특허맵을 구축(Kim et al., 2008)하거나 특허 포트폴리오 분석을 실시한 연구(Kim et al., 2017)도 있지만 특허 네트워크 분석을 통한 기술구조 및 세부 핵심기술을 분석한 연구는 미흡하였다.

Table 1. Research on patent analysis

Analysis	Researcher	Contents
Trend Analysis	Fujii and Managi(2018) Kim et al.(2014)	Technology trends and technology competitiveness analysis through patent application trend analysis
Technology Structure	Park et al.(2018a) Han et al.(2016)	Analyzing the technology convergence structure through network analysis
Technology Opportunity	Yoon et al. (2017)	Identifying technology opportunities and vacant technology to develop technology strategies
Technology Knowledge Flow	Linares et al.(2019) Park et al.(2018b)	Identifying and analyzing the technological route using patent-based network analysis
Others	Lee et al.(2018)	Analyzing the relationship between technological innovation and performance

2.3 특허데이터를 활용한 네트워크 분석

특허데이터를 활용한 네트워크분석은 기술분류코드를 활용한 네트워크분석, 공동 출원인 네트워크분석, 특허인용관계를 활용한 인용네트워크분석 등이 있다.

Han et al.(2016), Yoon and Ji(2019)는 기술분류코드를 활용하여 섬유산업, IoT, 반도체 세정장비에 대하여 특허기술 네트워크를 구축하여 기술의 융·복합구조 및 기술경쟁력을 분석하였다. Chun et al.(2016)와 Yun and Ji(2019)는 의료기기 및 폴더블 디스플레이 분야에서 핵심기술을 도출하였다. Ju(2016)는 특허 출원인 네트워크분석을 통해 출원인 간 상호협력기 기술혁신에 미치는 영향을 분석하였다. 특허 인용네트워크분석을 실시한 선행연구로는 Park et al.(2018b)이 BIM 특허에 대하여 인용네트워크분석을 실시하여 기술지식의 흐름을 분석하였다.

본 연구는 BIM 특허에 동시분류된 IPC를 활용하여 네트워크를 구축하고 소셜네트워크분석을 실시하고자 한다. 이를 통해 BIM 기술구조를 분석하고 핵심기술을 도출하여 BIM 기술개발 방향을 제시하고자 한다.

소셜네트워크분석은 관계성이 있는 데이터를 네트워크로 시각화 하여 네트워크 내 노드들의 영향력을 분석하는 방법으로 위상학적 분석과 중심성 분석이 일반적으로 사용된다. 위상학적 분석은 네트워크의 전체적인 특성을 파악할 수 있으며 중심성 분석은 개별 노드에 대하여 정량적으로 분석할 수 있다. 본 연구에서는 Park et al.(2018b)에서 활용한 Table 2의 지표들을 통해 네트워크를 분석하였다. 위상학적 분석에서 멱함수(Power law distribution)는 소수의 노드가 전체 네트워크에 미치는 영향이 높은 정도를 확인하는 것으로 전체 네트워크의 링크가 특정 노드에 집중될 경우 멱함수 분포를 따른다.

중심성 분석은 개별 노드의 특성을 분석하는 것으로 연결중심성(Degree centrality)은 네트워크를 구성하는 노드들의 직접적인 연결 정도를 나타내며 전체 노드 수와 실제 연결된 노드 수의 비율이다. 네트워크 내에서 많은 연결을 갖는 노드일수록 영향력이 크다고 할 수 있다. 근접중심성(Closeness centrality)은 네트워크 내에서 간접적인 연결까지 고려한 것으로 높은 근접중심성을 갖는 노드는 네트워크 내의 모든 노드에 쉽게 연결될 수 있으므로 중심적인 역할을 수행하게 된다. 매개중심성(Betweenness centrality)은 한 노드가 다른 두 노드간의 연결 사이에 있는 비율을 나타내는 것으로 중개자역할을 하는 노드를 확인할 수 있다. 위세중심성(Eigenvector centrality)은 영향력이 큰 노드와 많이 연결된 비율을 나타내는 것으로 강력한 한 노드와 연결된 것이 평범한 노드들과 많이 연결된 것보다 영향력이 높다고 해석할 수 있다.

3. 데이터 수집 및 정제

본 연구에서는 주요 BIM 시장인 미국 특허 데이터베이스를 대상으로 BIM 특허를 수집하였다. 특허의 제목, 초록, 청구항, 발

Table 2. Research measures of network analysis (Park et al., 2018b)

Analysis	Measure	Descriptions
Topological Analysis	Diameter	The length of the largest geodesic path in the network
	Link	The number of lines
	Density	The number of lines in a network expressed as a proportion of the maximum number of possible number of lines
	Avg degree	The average number of links that a node has to other nodes
	Components	The maximal sub-graph in which each pair of node is connected by a semi-path
	Inclusiveness	The number of connected nodes expressed as a proportion of the total number of nodes
	Clustering coefficient	A measure of the degree to which nodes in a graph tend to cluster together
	Mean distance	Geodesic, mean, diameter
Critical Node Analysis	Power law distribution	The method combined maximum-likelihood fitting methods with goodness-of-fit tests based on the KS(Kolmogorov-Smirnov) statistic and likelihood ratios
	Degree Centrality	The ratio of the total number of connected nodes to the total number of nodes
	Closeness Centrality	expanding the definition of degree centrality and measuring how close a node is to all the other nodes
	Betweenness Centrality	The ratio of one node between the connections between two other nodes.
	Eigenvector Centrality	The ratio of connections made to high-impact nodes

명의 상세설명을 검색필드로 하였으며 Table 3과 같이 검색키워드를 확장하여 특허를 수집하였다. 건설 산업에서의 BIM은 "Building Information Modeling" 또는 "Building Information Management"의 약자이지만 특허 검색시 "Bus Interface Module", "Binary Intensity Mask" 등과 같은 동의어가 포함되었다. 또한 BIM은 "benzimidazole", "bim polypeptide"와 같은 화학물질의 의미를 가지기도 하여 IPC 특허분류코드를 활용하여 데이터를 정제하였다. 특히 "A01:농업, 임업, 축산, 수렵, 포획, 어업", "A23:식품 또는 식료품", "A61 : 위생학, 의학 또는 수의학", "C07:유기화학", "C08:유기 고분자 화합물, 그 제조 또는 화학적 처리, 그에 따른 조성물", "C12:생화학, 맥주, 주정, 포도주, 식초, 미생물학, 효소학, 돌연변이 또는 유전자공학", "G01N:재료의 화학적 또는 물리적 성질의 검출에 의한 재료의 조사 또는 문서"에 해당하는 IPC는 제외하여 데이터를 수집하였다. 또한 BIM은 Building Product Model, Integrated Data Model 등 유사한 개념의 용어들로부터 발전된 기술이지만 본 연구에서는 'BIM'이라는 용어가 사용된 기술을 대상으로 하였다. 이를 통해 2007년 11월 13일부터 2020년 3월 3일까지 총 332건의 BIM 기술에 대한 미국등록특허를 수집하였다. Figure 2는 전체 BIM 특허의 연도별 추이를 표현한 것으로 최근 10년 동안 지속적으로 특허출원이 증가하고 있는 것을 확인할 수 있다. 특히 2019년에는 BIM 특허가 전년도 대비 약 2배 정도 증가한 것을 확인할 수 있다. Kim et al.(2017)은 2004년에 미국에서 최초의 BIM 특허가 출원되었다고 언급하였지만 이는 파일 확장자 중 하나인 bim 파일에 대한 기술로 건설 분야의 BIM 기술이라고 보기는 어렵다.

본 연구에서는 수집된 특허데이터에 대하여 BIM 기술의 용·

복합 구조를 분석하고 핵심기술을 도출하기 위하여 각 특허에 부여된 IPC를 추출하였다. IPC는 국제적으로 특허기술을 분류하는 기술분류체계로 섹션(Section), 클래스(Class), 서브클래스(Subclass), 메인그룹(Main group), 서브그룹(Sub group)의 계층적 구조로 이루어진다. 본 연구에서는 BIM에 대한 세부기술을 파악하기 위하여 IPC의 메인그룹을 추출하여 분석하였다. 일반적으로 IPC는 한 특허에 하나 이상 부여되어 해당 특허의 세부기술을 표준화하여 설명 한다. 동시 분류된 IPC를 분석함으로써 BIM 기술에 존재하는 세부 기술 분야와 이들 간의 연관관계를 파악하여 기술 융·복합구조를 분석하고자 한다.

4. BIM 기술구조 및 핵심기술 분석

4.1 BIM 기술 특허 현황

Table 4는 동시분류된 IPC에 대하여 특허 수를 기준으로 상위 10개를 나타낸 것이다. 각 IPC에 대한 설명은 Table 5에서 확인할 수 있다. 수준지수(Level index)는 전체 특허의 평균 피인용수에 대하여 해당 IPC가 부여된 특허의 평균 피인용수의 비를 나타낸다. 수준지수가 1인 경우는 해당 IPC가 전체 특허 평균 피인용수와 같음을 의미하며 1을 초과하는 경우는 이보다 높다는 것을 의미한다.

G06F017/00은 가장 많은 특허에 부여된 IPC로 특정기능에 대한 적합한 디지털 컴퓨팅 또는 데이터처리 장비와 방법에 해당하는 기술이다. 주로 컴퓨터기반의 설계 또는 데이터베이스 구조에 관련한 기술들이 있으며, 데이터기반의 BIM 프로세싱을 위한

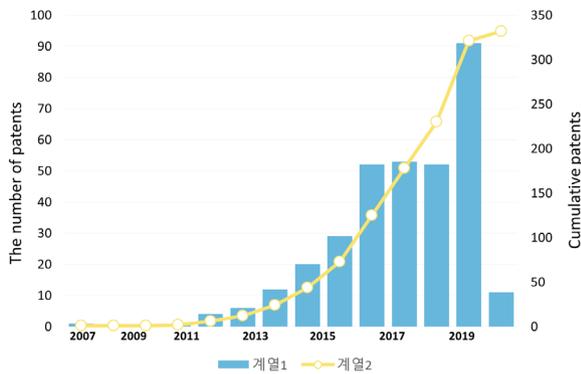


Figure 2. The distribution of BIM patents

Table 3. Search query

Search Query
(("BIM" AND "building information model") OR ("BIM" AND "building information modeling") OR ("BIM" AND "building information management") OR ("BIM" AND "building modeling") OR ("BIM" AND "building model") OR ("BIM" AND "facility management") OR ("BIM" AND "facility modeling") OR ("BIM" AND "facility control") OR ("BIM" AND "architect* modeling") OR ("BIM" AND "building automa*") OR ("BIM" AND "building control*") OR ("BIM" AND "civil manage") OR ("BIM" AND "civil model")) NOT ipc:(A01* A23* A61* C07* C08* C12* G01N*)

Table 4. Key IPCs description in BIM patents

Classification	Num	Percentage(%)	Level Index	Avg Publication Date
G06F017/00	112	33.73	0.865	2016.74
G06Q010/00	56	16.87	1.075	2017.05
G06F003/00	34	10.24	0.262	2017.65
G01C015/00	32	9.64	0.884	2017.22
G06K009/00	32	9.64	0.540	2017.16
H04L029/00	32	9.64	0.409	2017.50
G08B013/00	31	9.34	0.524	2016.58
G06T007/00	30	9.04	0.489	2017.77
G06T017/00	29	8.73	0.813	2017.10
H04N007/00	27	8.73	0.465	2017.22

시스템, 3D 모델 생성 및 관리를 위한 시스템, 디지털모델의 최적화된 인터랙션을 위한 기술들이 해당된다. G06Q010/00은 상위 주요 IPC 중 가장 높은 수준지수를 보였다. 자원 및 프로젝트 관리 또는 사무자동화 등에 대한 관리기술로 프로젝트에서 생성된 데이터를 통합하거나 상호연관이 되는 이슈 생성 및 관리 시스템, 건축계획시스템과 프로세스, 웹기반의 프로젝트 보고 시스템 등이 있다. G06Q010/00이 상위 IPC 중에서는 가장 높은 수준지수를 보이지만 해당 수준지수는 1.075로 전체 특허의 평균 피인용수와 유사한 값을 나타낸다. 전체 특허에서 가장 높은 수준지수를 보이는 IPC는 E04H001/00로 14.662의 수준지수를 나타냈다. 이는 피인용 관점에서 질적 수준이 우수한 기술이라고

볼 수 있다. E04H001/00은 전통적인 건설기술에 해당하는 E섹션(고정구조물)에 해당되는 기술로 거주지 혹은 사무실 용도의 건물 또는 레이아웃에 해당하는 기술이다.

G06F003/00은 컴퓨터로 처리될 수 있는 데이터를 전송하기 위한 입력장치로 통합된 빌딩정보에 대한 빌딩자동화시스템, 시설 및 장비에 대한 정보를 관리하는 시스템 등이 해당된다. G01C015/00은 측량장비에 해당하는 기술로 측량장치 네트워크를 통해 대상을 추적하거나 측량하는 기술 및 외부요소에 의해 숨겨지는 내부요소에 대한 지오메트리 증강현실 프로세스에 관한 기술이 있다. G06K009/00은 인쇄 또는 기록된 문자와 패턴을 인식하기 위한 방법에 대한 기술로 공간정보에 대하여 판독하거나 건설현장 이미지를 기반으로 정보를 생성하는 기술, 장면 정보를 통해 객체정보를 추출하는 시스템, 사진을 통한 건물 설계 및 4D 모델링 시각화, 레이저 스캐닝 데이터를 통한 건물데이터 추출하는 기술 등 그래픽에 관한 기술이 해당된다. H04L029/00은 디지털정보를 전송하는 장치, 회로, 시스템으로 공간그래프(Space graph)가 있는 빌딩관리시스템, 교차 검증을 통해 사용자를 검증하는 범용 분산 솔루션 시스템, 연결된 시스템의 이중 오류를 해결하는 시스템 등이 해당된다. G08B013/00은 도난 또는 침입자 경보에 대한 기술, G06T007/00은 이미지 분석, G06T017/00은 3D 모델링 또는 3D 객체 데이터분석, H04N007/00은 정보통신기술로 화상통신 텔레비전 시스템에 해당하는 기술 분야다.

상위 10개의 IPC가 부여된 특허의 평균 등록연도는 2017.20으로 최근에 등록된 특허기술의 비중이 높다는 것을 확인할 수 있다. 이는 현재 BIM시장이 매우 최신성 있는 기술로 빠르게 성장하고 있다는 것을 말한다.

Figure 3은 주요 IPC의 연도별 등록 건수를 나타낸 것으로 G06F017/00이 가장 많은 기술개발이 이루어지며 G06Q010/00, G06T007/00, H04N007/00 또한 주목할 기술 분야이다. Figure 4는 주요 출원인에 대한 연도별 그래프로 Honeywell Int Inc가 최근 5년 이내에 가장 많은 특허를 등록하였다. Trimble Inc,와 Smartvue Corp, Autodesk Inc도 주요 출원인으로 나타났다.

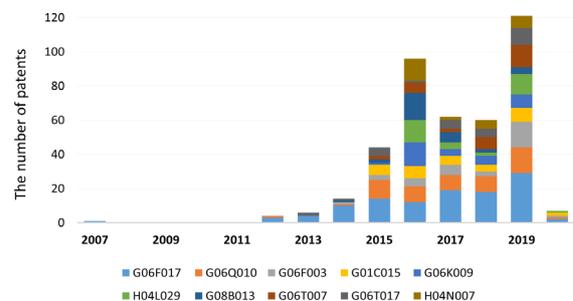


Figure 3. The distribution of key IPCs

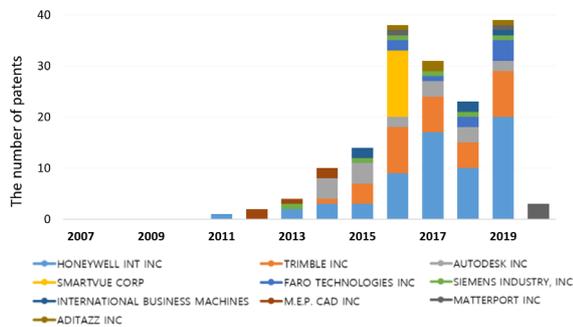


Figure 4. The distribution of key applicants

4.2 네트워크 분석을 통한 BIM 기술구조분석

BIM 특허에 부여된 IPC를 추출하여 동시분류 네트워크를 구축하기 위해 Table 6과 같이 IPC 동시분류 매트릭스를 구축하였다. 동시분류 매트릭스는 하나의 특허에 동시분류된 IPC를 행렬로 표현한 것이다. 구축된 동시분류 매트릭스를 Figure 5와 같이 BIM 기술 네트워크를 시각화하였다. 전반적으로 디지털 컴퓨팅, 데이터 처리 시스템에 해당하는 G06F017/00이 네트워크 중심부에 위치하고 있는 것을 확인할 수 있다. 또한 G06F017/00이 속한 클러스터는 B25J009/00와 B25J011/00을 거쳐 E04B001/00을 포함한 클러스터와 연결되는 것을 확인할 수 있다. B25J009/00과

Table 5. Key IPC description in BIM patents

Classification	Description
B25J009/00	Programme-controlled manipulators
B25J011/00	Manipulators not otherwise provided for
E04B001/00	Construction in general; Structures which are not restricted either to walls, e.g. partitions, or floors or ceilings or roofs
E04H001/00	Buildings or groups of buildings for dwelling or office purposes ; General layout, e.g. modular co-ordination
G01C015/00	Surveying instruments or accessories not provided for in groups G01C001/00 to G01C013/00
G01C021/00	Navigation; Navigational instruments not provided for in groups G01C001/00 to G01C019/00
G01S019/00	Satellite radio beacon positioning systems; Determining position, velocity or attitude using signals transmitted by such systems
G05B015/00	Systems controlled by a computer[G05B013/00, G05B019/00 take precedence; automatic controllers with particular characteristics G05B011/00; computers per seG06]
G05B019/00	Programme-control systems[specific applications, see the relevant places, e.g. A47L015/46; clocks with attached or built-in means operating any device at a preselcted time interval G04C023/00; marking or sensing record carriers with digital information G06K; information storage G11;]
G06F003/00	Input arrangements for transferring data to be processed into a form capable of being handled by the computer; Output arrangements for transferring data from processing unit to output unit, e.g. interface arrangements
G06F017/00	Digital computing or data processing equipment or methods, specially adapted for specific functions
G06K009/00	Methods or arrangements for reading of recognising printed or written characters or for recognising patterns
G06T007/00	Image analysis, e.g. from bit-mapped to non bit-mapped
G06T017/00	Three dimensional (3D) modeling, e.g. data description of 3D objects
G06T019/00	Manipulating 3D models or images for computer graphics
G06Q010/00	Administration, e.g. office automation or reservations; Management, e.g. resource or project management
G08B013/00	Burglar, theft, or intruder alarms[vehicle theft alarms B60R025/10; cycle theft alarms B62H005/00]
H04L029/00	Transmission of digital information. Arrangements, apparatus, circuits or systems, not covered by a single one of groups H04L001/00 to H04L027/00
H04N007/00	Pictorial communication. Television systems [H04N003/00, H04N005/00 methods or arrangements, for (de)coding, (de)compressing digital video signals]
H04N013/00	Stereoscopic television systems; Details thereof [specially adapted for colour television H04N015/00]
H04W004/00	Services specially adapted for wireless communication networks; Facilities therefor

Table 6. IPC Co-occurrence Matrix

	A47L009/00	A47L011/00	A62B003/00	A63F013/00	B05B001/00	B05B007/00	B05B009/00	B05B012/00	B05B014/00	B05B015/00	B05C003/00	...	H05B037/00
A47L009/00	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	...	-
A47L011/00	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	...	-
A62B003/00	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	...	-
A63F013/00	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	...	-
B05B001/00	-	-	-	-	2	2	2	2	2	2	2	...	-
B05B007/00	-	-	-	-	2	2	2	2	2	2	2	...	-
B05B009/00	-	-	-	-	2	2	2	2	2	2	2	...	-
B05B012/00	-	-	-	-	2	2	2	3	2	3	2	...	-
B05B014/00	-	-	-	-	2	2	2	2	2	2	2	...	-
...	-
H05B037/00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	...	3

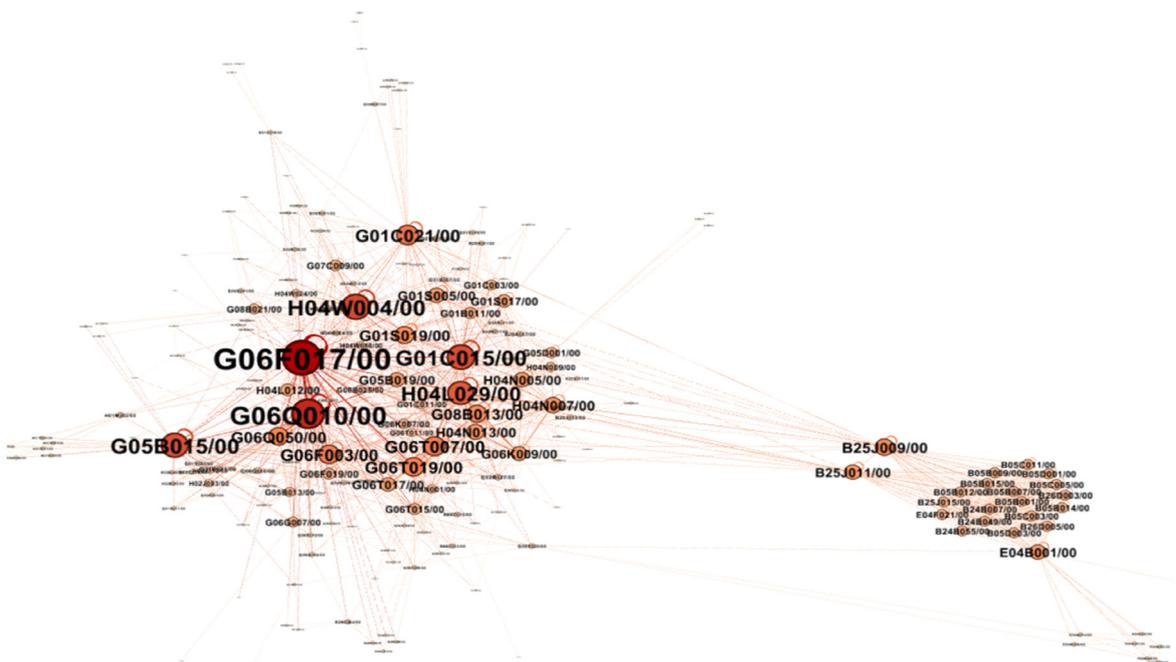


Figure 5. Visualization of BIM technology network

Table 7. Topological measures of the BIM technology network

Node	Link	Density	Avg Degree	Components	Inclusiveness	Clustering Coefficient	Mean Distance	Diameter	KS statistic	p-value
198	1,211	0.062	6.116	1	1	0.786	2.698	6	0.103	0.53

B25J011/00은 인간의 팔과 유사한 동작을 제공하는 기계장치인 머니플레이터 및 그 프로그램과 관련된 로봇기술이며 해당 기술이 포함된 클러스터는 건축구조일반, 특히 천정구조에 해당하는 E04B001/00와 연결되는 것을 확인할 수 있다.

BIM 기술네트워크의 위상학적 분석결과는 Table 7과 같다. IPC에 해당하는 총 노드의 수는 198개이고 1,211개의 링크로 연결되어 있는 네트워크이다. 평균 연결정도(Degree)는 6.116으로 평균적으로 하나의 노드에 6개의 노드가 연결되어 있는 구조이다. 컴포넌트(Components)와 포괄성(Inclusiveness)은 1로 고립된 노드 없이 모든 노드가 연결되어 있는 하나의 네트워크이다. 클러스터링 계수(Clustering coefficient)는 1에 가까울수록 밀집된 네트워크를 나타내며 본 연구에서는 0.786으로 나타났다. 또한 2.698의 단계의 평균 경로거리(Mean distance)를 거쳐 노드들이 모두 연결되어 있고 가장 멀리 떨어진 노드사이의 거리에 해당하는 직경(Diameter)이 6으로 최대 6단계를 거쳐 모든 기술이 연결되는 네트워크이다. BIM 기술 네트워크는 200여개의 기술 분야가 최대 6단계, 평균 2.698단계로 연결된 밀집된 네트워크로 주변 기술들과의 융·복합이 자주, 빠르게 이루어진다고 해석할 수 있다.

p값(p-value)은 0.53으로 0.1이상일 경우 역함수 분포를 따르

는 네트워크라고 할 수 있다. 이는 척도 없는 네트워크(Scale-free network)라고도 하며 전체 네트워크에 영향을 미치는 소수의 노드가 존재하는 네트워크이다.

위상학적 분석은 네트워크의 전체적인 특성을 해석할 수 있지만 각 개별노드의 특성을 분석하는 것은 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 각 개별 IPC의 특성을 분석하기 위하여 연결중심성, 근접중심성, 매개중심성, 위세중심성 분석을 실시하였으며 각 중심성별 상위 10개의 IPC코드를 다음 Table 8로 정리하였다.

모든 중심성 지표에서 G06F017/00이 높은 값을 나타내는 것을 확인할 수 있다. 이는 특정 기능에 적합한 디지털 컴퓨팅 또는 데이터 처리에 관한 기술 분야로 BIM 기술 네트워크를 대표하는 기술 분야로 볼 수 있다. 컴퓨터기반의 설계 또는 데이터베이스 구조와 관련된 기술, 데이터기반의 BIM 프로세스를 위한 시스템, 디지털모델의 최적화된 인터랙션을 위한 기술 등이 해당된다.

연결중심성이 높은 IPC는 다른 기술 분야와 직접적인 연결이 많은 기술 분야로 G06F017/00이 가장 높은 연결중심성 값을 가지는 기술 분야다. 이 외에도 프로젝트 및 사무관리 기술의 G06Q010/00, 무선통신 네트워크에 특화된 서비스의 H04W004/00, 측량장치 기술의 G01C015/00, 컴퓨터 제

나타난 기술 분야다. 이는 BIM 기술네트워크의 핵심 기술 분야인 G06F017/00과 G06Q010/00의 연결정도가 높다고 해석할 수 있으며 두 기술 분야가 융·복합된 기술이 BIM 시장에서 유리한 위치를 선점할 수 있을 것이다. 그 외에 위세중심성이 높은 IPC인 H04N013/00은 입체 텔레비전 시스템 기술 분야로 3차원 장면의 캡처 및 정렬, 사진과 시공데이터를 사용한 식별 시스템 등이 해당된다.

4.3 소결

BIM 기술네트워크의 구조 및 세부기술을 분석하기 위하여 우선 특허 수를 기준으로 동시 분류된 주요 IPC를 추출하였다. 특히 특정 기능에 대한 디지털 컴퓨팅 및 데이터처리 시스템에 해당하는 기술 분야인 G06F017/00은 전체 특허에서 30%이상의 비중을 차지하였다. 프로젝트 관리 및 사무 자동화를 위한 관리 기술에 해당하는 G06Q010/00과 데이터 전송을 위한 입력장치 기술인 G06F003/00은 전체에서 10%이상의 비중을 차지하는 기술 분야다. G06Q010/00은 특허 수 기준 상위 10개의 IPC 중 피인용 관점에서 질적 수준이 우수하였지만 전체 특허의 평균 피인용수와 유사한 수준이었다. 전체 특허 중에서 피인용 관점으로 수준지수가 가장 높은 기술 분야는 거주지 혹은 사무실 용도의 건물 및 레이아웃에 대한 E04H001/00이다. 또한 상위 10개 IPC의 평균 등록년도는 2017년으로 BIM 시장이 매우 최신성 있는 기술로 성장하고 있는 것을 알 수 있다. BIM 특허의 주요 출원인으로는 Honeywell Int Inc.가 최근 5년 이내에 가장 많은 특허를 등록하였으며, Trimble Inc.와 Smartvue Corp., Autodesk Inc도 주요 출원인으로 도출되었다.

BIM특허에 동시분류된 IPC를 활용하여 구축한 BIM 기술 네트워크는 총 198개의 노드와 1,211개의 링크로 이루어진 네트워크로 하나의 기술 분야에 평균 6개의 기술 분야가 연결되어 있는 구조이다. 평균 2,698단계, 최대 6단계에 걸쳐 모든 기술 분야가 연결된 네트워크 구조를 확인할 수 있었다. 또한 BIM 기술네트워크는 역함수를 따르는 척도 없는 네트워크로 특정 기술 분야의 영향력이 높은 네트워크이다.

중심성분석 결과로는 모든 중심성 지표에서 상위로 나타난 디지털 컴퓨팅 및 데이터 처리 시스템 기술에 해당하는 데이터기반의 BIM 프로세싱, 3D모델 생성 및 관리를 위한 기술, 디지털모델의 인터랙션을 위한 기술 등이 BIM 기술네트워크를 대표하는 기술이라고 할 수 있다. 또한 연결중심성이 높은 기술 분야는 모두 높은 근접중심성 값을 보였다. 이는 BIM 기술네트워크를 구성하는 하나의 기술 분야에서 다른 기술 분야로 빠르게 접근할 수 있는 네트워크 구조이자 여러 세부 기술 분야의 융·복합을 통해 하나의 BIM 특허기술이 개발되는 것으로 해석할 수 있다.

머니플레이터와 같은 로봇기술분야는 디지털 컴퓨팅 및 데이

터 처리 시스템 기술과 건축구조일반, 특히 천정구조에 해당하는 기술 간 융합에 있어 매개 역할을 하는 기술로 건설 현장에서 인간의 한계를 대체할 수 있는 건설 로봇 기술에 해당한다. 트리거 액션에 대한 건물 간 정보를 공유하는 빌딩관리시스템 등 컴퓨터로 제어되는 기술 및 오리엔티어링 기술 또한 BIM 기술 네트워크에서 매개중심성이 높은 기술이다. 매개중심성이 높은 기술은 두 가지 이상의 기술이 최단경로로 연결되기 위해 꼭 거쳐야하는 기술로 BIM 기술 네트워크에서 유리한 위치에 있다고 할 수 있다.

컴퓨터 그래픽용 3D모델 및 이미지의 생성 및 편집 기술, 가상 디스플레이 시스템, 4차원 증강현실모델 등 증강 및 혼합현실과 3D그래픽 객체 시스템 기술은 위세중심성이 높은 기술로 전략적인 기술개발에 있어 핵심적으로 고려될 기술 분야다. 디지털 컴퓨팅 및 데이터처리시스템과 같은 핵심기술 분야는 이미 시장 점유율이 높아 신규 기술개발 시 기술경쟁력을 확보하기 힘들다. 하지만 위세중심성이 높은 기술은 신기술 개발 시 핵심 기술에 접근이 쉽고 전략적으로 기술 우위를 선점할 수 있어 기술개발 전략에 있어 중요한 분야다.

5. 결론

건설 산업의 주요 혁신기술로 선정된 BIM의 연구개발 효율성과 전략적인 기술개발방향 수립을 위하여 본 연구에서는 미국 BIM 특허에 대하여 기술네트워크분석을 실시하였다. 먼저 선행 연구를 통해 검색키워드를 확장하고 IPC를 활용하여 데이터를 수집 및 정제하였다. 이를 통해 2007년부터 2020년까지 총 332개의 BIM특허를 수집하였으며 수집된 BIM 특허에 대하여 세부기술과 이들 간의 연관 관계를 파악하기 위하여 특허에 부여된 IPC를 활용하여 BIM 기술네트워크를 구축하였다.

BIM 기술네트워크는 고립된 기술 분야 없이 모두 연결된 네트워크 구조를 보였으며 역함수의 분포를 따르는 척도 없는 네트워크로 소수 기술 분야의 영향력이 높은 것을 확인하였다.

BIM 기술네트워크 분석결과 특정 기능에 적합한 디지털 컴퓨팅 및 데이터 처리 시스템에 해당하는 G06F017/00이 핵심 기술 분야로 전체 특허에서 차지하는 비중도 가장 높으면서 연결중심성, 근접중심성, 매개중심성, 위세중심성 모두 높은 값을 보였다.

프로젝트 관리 및 사무자동화 기술에 해당하는 G06Q010/00의 경우 G06F017/00과 함께 연결중심성, 위세중심성 모두 높은 값을 나타냈다. 디지털 정보를 전송하기 위한 기술인 H04L029/00은 근접중심성이 높은 기술 분야로 전체 BIM 기술네트워크에서 높은 영향력을 가지는 기술이다. 머니플레이터에 해당하는 B25J009/00은 매개중심성이 높은 기술 분야로 건축구조 일반 기술과 디지털 정보를 전송하는 시스템의 융·복합에 이

어 주요한 건설 로봇 기술이다. 컴퓨터 그래픽용 3D모델 및 이미지 기술에 해당하는 G06T019/00은 위세중심성이 높은 기술 분야로 핵심 기술 분야와 연결된 정도가 높은 기술 분야다. 이미 시장점유율이 높은 핵심기술 분야는 기술개발에 있어 경쟁력을 확보하기 어렵지만 위세중심성이 높은 기술은 핵심기술과 주요하게 연결된 기술 분야로 기술개발 혁신 전략에 있어 중요하다.

본 연구의 결과는 향후 BIM 기술정책 및 개발방향에 대한 전략수립에 활용하여 연구개발 투자 효율성을 제고할 수 있을 것이다. 또한 향후에는 국내 BIM 특허 기술에 대한 네트워크분석을 실시하여 국내 건설업의 BIM 기술경쟁력을 분석하고 기술공백분석을 통해 국내 BIM 기술 개발 전략을 수립하고자 한다.

References

- Chun, J. H., Lee, C. S., Lee, S. J. (2016). Central Technology Deriving for the Patents of Medical Device using Social Network Analysis. *Management & Information System Review*, 35(2), pp. 221–254.
- Fujii, H., Managi, S. (2018). Trends and priority shifts in artificial intelligence technology invention: A global patent analysis. *Economic Analysis and Policy*, 58, pp. 60–69.
- Ham, N. H. (2018). A Case Study on the Economic Impacts of Design Errors in BIM-based High-Rise Construction Project, Doctoral dissertation, Hanyang University.
- Ham, N. H., Yang, J. H., Yuh, O. K. (2019). A Study on the Productivity Analysis of 3D BIM-based Fabrication Documents Extraction. *Journal of KIBIM*, 9(3), pp. 30–40.
- Ham, N. H., Yuh, O. K., Ji, K. H. (2018). Empirical Evaluation of BIM Coordinator Performance using Queuing Model in Construction Phase. *Journal of KIBIM*, 8(3), pp. 31–42.
- Han, J. H., Na, J. G., Kim, C. B. (2016). A Study on the Technology Convergence Analysis of Textile Industry by Co-IPC in Daegu-Kyungbuk Area. *Journal of Intellectual Property*, 11(3), pp. 213–258.
- Hwang, E. K., Moon, S. Y., Lee, S. O., Kim, S. A. (2005). A Study to Set up the Direction of Remodelling Technology through Analysis of Patents in Korea. *Journal of the architectural institute of Korea : Planning & design*, 21(11), pp. 45–52.
- Im, S. S., Lee, S. Y., Kim, S. N. (2019). Understanding Smart Construction Technology and Application of Design BIM, Yooshin Technical Report, 26, pp. 180–193.
- Ju, S. H. (2016). The effect of mutual cooperation between the Patent applicants on the Technological Innovation in ICT. *Journal of digital convergence* 14(10), pp. 83–93.
- Jung, E. S., Kim, S. J., Ham, N. H., Moon, S. K., Kim, J. J. (2018). A Case Study on the Project Benefit of Digital Fabrication in Construction Projects. *Journal of KIBIM*, 8(2), pp. 29–40.
- Kang, K. Y., Kim, G. H. (2015). Forecasting Development Directions on Environment-Friendly Building Science for Energy Saving by Analyzing Patent Trend. *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, 15(1), pp. 99–105.
- Kim, C. Y., Kim, H. K., Kim, C. W., Han, S. H., Kim, M. K. (2008). Patent Analysis for Construction Technology Research Development. *Journal of the architectural institute of Korea : Structure & construction*, 24(12), pp. 143–150.
- Kim, D. G., Lee, P. W., Kim, J. S. (2014). The Technological Competitiveness Analysis of Energy Harvesting by Using the Patents Information. *Journal of Korea technology innovation society*, 17(1), pp. 25–44.
- Kim, H. Y., Shin, M. H., Han, S. C., Choi, Y. W., Kim, C. H. (2018). Benefit-Cost Analysis of BIM Application – Case Study on Osong Test Line Railway. *Journal of KIBIM*, 8(4), pp. 41–48.
- Kim, T., Lee, J., Lee, Y., Kim, J., Lee, T. (2017). A study on Analysis of Convergence Trends in Global BIM Market Using Patent Information. *Korean journal of construction engineering and management*, 18(3), pp. 95–104.
- Lee, M. D., Cha, M. S., Lee, U. K. (2018). Analysis of BIM Impact on Preventing Rework in Construction Phase. *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, 18(2), pp. 169–176.
- Lee, M. J., Song, C. H., Kim, Y. B. (2018). The effect of knowledge convergence characteristics on firm's innovation performance via International Patent Classification(IPC) co-occurrence network analysis – Focused on Electricity and Electronic SMEs. *The Journal of Intellectual Property*, 13(1), pp. 245–284.
- Linares, I. M. P., De Paulo, A. F., Porto, G. S. (2019). Patent-based network analysis to understand technological innovation pathways and trends. *Technology in Society*, 59, 101134.
- Market Research Report. (2020). Global Building Information Modeling (BIM) Market 2020 By Company, Regions, Type and Application, Forecast to 2025.

- Ministry of Land, Infrastructure and Transport. (2018). BIM Roadmap and Activation Strategies for Public SOC Projects.
- Park, E., Koh, M., Cho, K. (2018a). Dynamic Analysis of Automotive Firm's Convergence Patents using Social Network Analysis. *The Korea Society for Innovation Management & Economics*, 26(3), pp. 1–36.
- Park, S., Oh, E., Choi, B., Kim, J. (2016). A Development Direction of Infrastructure Based Disaster Mitigation & Management Integrated System. *Korean journal of construction engineering and management*, 17(3), pp. 134–142.
- Park, Y. N., Lee, Y. S., Kim, J. J., Lee, T. S. (2018b). The structure and knowledge flow of building information modeling based on patent citation network analysis. *Automation in Construction*, 87, pp. 215–224.
- Qian, A. Y. (2012). Benefits and ROI of BIM for Multi-disciplinary Project Management. National University of Singapore, Mar.
- ScienceON of Korea Institute Science Technology Information, <https://scienceon.kisti.re.kr>
- Tang, S., Shelden, D. R., Eastman, C. M., Pishdad-Bozorgi, P., Gao, X. (2019). A review of building information modeling (BIM) and the internet of things (IoT) devices integration: Present status and future trends, *Automation in Construction*, 101, pp. 127–139.
- Yalcinkaya, M., Singh, V. (2015). Patterns and trends in building information modeling (BIM) research: A latent semantic analysis, *Automation in construction*, 59, pp.68–80
- Yoon, J., Seo, W., Coh, B. Y., Song, I., Lee, J. M. (2017). Identifying product opportunities using collaborative filtering-based patent analysis, *Computers & Industrial Engineering*, 107, pp. 376–387.
- Yoon, S. H., Ji, I. Y. (2019). Analyzing Technology Competitiveness by Country in the Semiconductor Cleaning Equipment Sector Using Quantitative Indices and Co-Classification Network, *Journal of the Korea Convergence Society*, 10(11), pp. 85–93.
- Yun, N., Ji, I. Y. (2019). An Analysis of Patent Co-Classification Network for Exploring Core Technologies of Firms: An Application to the Foldable Display Sector, *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 20(4), pp. 382–390.