

## 도시 분야 디지털트윈 동향 비교·분석

### Comparative Analysis of Digital Twin Trends in Urban Area

정다운\* · 최원근\*\* · 홍석현\*\*\* · 조광제\*\*\*\* · 박정호\*\*\*\*\*

Jeong, Dawoon · Choi, Wongeun · Hong, Seokhyeon · Cho, Kwangje · Park, Jungho

#### Abstract

This study is to review the concept of digital twin, analyse digital twin cases and suggest implications. The definition of digital twin is somewhat different depending on purposes but the importance of visualization, monitoring, analysis, prediction and optimization characteristics are accepted. In terms of the concept, digital twin cases are reviewed and analyzed. Based on the analysis, implications from a data point of view for the future development of digital twin in South Korea are suggested.

Keywords: Urban Digital Twin, Technological Level, Simulation, Data, Data Governance, Standard

#### 1. 서론

글로벌 IT(Information Technology) 컨설팅 기업인 가트너(gartner)는 2017년부터 2019년까지 디지털트윈을 10대 전략 기술 트렌드로 선정하였으며, UN-GGIM(United Nations Global Geospatial Information Management) 또한 디지털트윈을 미래 디지털 인프라 차원에서 매우 중요한 요소임을 강조하였다(Gartner, 2020).

Market Research Future에 따르면, 세계 디지털트윈 시장은 2016년부터 2조 원에서 2023년까지 연평균 37.87%씩 성장하여 2023년에는 18조 원 규모에 이

를 것으로 예측하였다(IRS 글로벌, 2022). 추가로 Markets and Markets에서 발표한 자료에 따르면, 세계 디지털트윈 시장은 2020년 3.6조 원에서 연평균 57.6% 성장하여 2026년에는 55.4조 원에 이를 것으로 전망하고 있다. 이 같은 글로벌 흐름 속에서 제조 산업 분야를 넘어 공간정보 분야에서의 디지털트윈 관심도 점차 증가하고 있다.

한편, 공간정보 기반의 디지털트윈은 전 세계적인 관심에 비해 이루어진 성과는 초기 단계로 평가되며, 벤치마킹 할 수 있는 국내·외 사례 또는 성공적으로 평가된 사업이 많지 않은 것이 활성화의 한계로 작용하고 있다. 따라서 체감 효과가 우수할 것으로 기대되

\* LX한국국토정보공사 디지털트윈처 선임연구원 LX Digital Twin Dept. (first author: dawoon@lx.or.kr)

\*\* LX공간정보연구원 선임연구원 LX Spatial Information Research Institute (lx.and.kr@lx.or.kr)

\*\*\* LX공간정보연구원 선임연구원 LX Spatial Information Research Institute (hongsh@lx.or.kr)

\*\*\*\* LX한국국토정보공사 디지털SOC센터 LX Digital SOC Center (kjcho@lx.or.kr)

\*\*\*\*\* LX한국국토정보공사 디지털트윈처 선임연구원 LX Digital Twin Dept. (corresponding author: jhpark87@lx.or.kr)

는 유망 서비스를 발굴하고, 협업 및 실증 등의 성공적인 디지털트윈 활용 사례 검토가 필요한 시점이다.

이에 본 연구는 도시 분야와 관련한 국내·외 디지털트윈 동향을 조사·분석하고, 향후 우리나라 디지털트윈의 발전을 위한 시사점을 도출하고자 한다. 이와 같은 연구 목적을 달성하기 위한 연구 질문은 다음과 같다. 디지털트윈의 정의는 무엇인가?, 국내·외 디지털트윈 플랫폼과 데이터 현황은 어떠한가?, 기술적 관점에서의 국내·외 디지털트윈 동향 파악을 통해 우리나라 디지털트윈의 발전을 위한 시사점은 무엇인가?

이에 따라 본 연구에서는 먼저 디지털트윈을 개념적·용어적 관점에서 검토하고, 유사 선행연구에서 추진한 동향 분석 결과들을 살펴본다. 다음으로 국내·외에서 추진하고 있는 디지털트윈 동향을 기술적 관점에서 조사·분석한다. 마지막으로 동향 분석 결과를 미루어 보아, 우리나라 디지털트윈의 발전을 위한 시사점을 도출한다.

본 연구는 도시 분야에의 국내·외 디지털트윈 동향을 분석하고 시사점을 도출하는 데 중점을 두고 있기에, 사례연구(case study)와 비교 연구(comparative study)를 병행 수행하는 방안이 바람직하다고 판단된다(Nachmias and Nachmias 1992; Bouma and Atkinson 1995; Kumar 2005; Punch 2014; Bryman 2016). 이를 위하여 도시 분야 디지털트윈 관련 학술 문헌, 보고서, 기관별 홈페이지 등 2차 자료를 중심으로 수집하고(Kumar 2005), 분석 방법은 이론적 고찰을 통해 도출한 디지털트윈의 기술적 특성(시각화, 모니터링, 분석/예측/최적화)을 기준으로 국내·외 디지털트윈 동향을 분석하여 시사점을 제시한다.

## 2. 이론적 고찰

### 2.1. 디지털트윈

디지털트윈에 관한 연구는 국내·외에서 지속적으

로 진행 중이며, 디지털트윈의 정의 또한 Table 1과 같이 다양하게 검토되고 있다. 한편, EC(European Commission) JRC(Joint Research Centre)의 기술 보고서(technical report)에는 디지털트윈 정의를 표준(standard), 산업(industry), 학계(scientific literature)로 구분하여 정리하고 있다(Nativi et al., 2020).

이처럼 다양한 디지털트윈 정의들을 검토한 결과, 공통 및 핵심 키워드로 가상 표현(virtual representation), 물리적 객체(physical object), 실시간 데이터(real-time data), 성과의 극대화(optimizing performance)로 구분할 수 있다. 이를 종합적으로 고려해 볼 때, 디지털트윈은 ‘최고의 성과를 달성하고자 실시간 데이터를 활용하여 물리적 객체를 가상에 표현하는 것’으로 정의할 수 있다. 이와 같은 맥락에서, 국토교통부는 디지털트윈을 ‘실제 사물과 동일한 가상의 모델을 구현하고, 시뮬레이션 기반의 예측·최적화를 통해 문제를 해결하는 기술’로 정의하고 있다.

전술한 내용을 토대로 디지털트윈의 정의가 국가별·기관별로 유사 용어들이 혼용되어 활용되는 경우가 다소 존재하는 것을 알 수 있다. 이는 디지털트윈을 구현하기 위한 주요 수단과 기술이 유사하더라도, 그 활용 목적(시각화, 모니터링, 분석/예측/최적화)에 따라 주체별 정의에 따른 디지털트윈의 차별성이 강조될 수 있을 것으로 판단된다.

### 2.2. 선행연구 검토

방준성과 이영호(2020)는 스마트시티 실현을 위한 디지털트윈 기술 동향과 관련하여 현재 다양한 국가에 적용 중인 상용 S/W를 중심으로 사례를 검토하였다. GE(General Electric)의 Predix, 앤시스(ANSYS)의 ANSYS Twin Builder, 지멘스(siemens)의 MindSphere와 Omneo, 포스코(POSCO)의 PosFrame 등을 살펴보고, 스마트시티를 위한 디지털트윈 기술의 발전 방향에 대해 시사하였다.

Table 1. Definitions of a Digital Twin

Source: Kim 2018; Sagong 2018; Kim 2019; Yoo 2019; Park et al. 2023

Division	Authors	Description
Domestic	Kim, 2018	- Creating digital twins identical to the physical world
Domestic	Sagong, 2018	- A digital replica of a physical asset or process
Domestic	Kim, 2019	- Technology that can link real-life models to virtual space
Domestic	Yoo, 2019	- Technology that implements the structure, function, and operation of a physical system in the virtual world and connects them to each other
Domestic	Park et al., 2023	- A virtual representation of a physical object used to optimize performance, using real-time data
Overseas	Glaessgen & Stargel, 2012	- A computational model of a physical device or system showing functional features and linkages between elements
Overseas	Grieves & Vickers, 2016	- Integrated multi-physics, multi-dimensional, stochastic simulation of an as-built system supported by the digital thread to reflect and predict activity performance over the lifetime of that physical object
Overseas	Bolton et al, 2018	- A dynamic virtual representation of a physical object or system across its lifecycle, using real-time data to enable understanding, learning and reasoning
Overseas	El Saddik, A., 2018	- A digital twin is a digital replica of a living or non-living physical entity - By bridging the physical and the virtual world, data is transmitted seamlessly allowing the virtual entity to exist simultaneously with the physical entity
Overseas	Tao et al., 2019	- Digital twin is a real mapping of all components in the product life cycle using physical data, virtual data and interaction data between them

이민영 외(2020)는 국내 디지털트윈 연구 동향을 분석하여 국토·도시 분야에의 디지털트윈 적용을 위한 제언을 제시하였다. 이를 위해 디지털트윈의 주요 요소(가상 모델링, 동기화, 분석 및 시뮬레이션, 피드백)를 중심으로 기존 선행연구들을 비교·분석하였다.

Zhang et al.(2021)은 도시 분야의 DTC(digital twin city) 개념을 제안하였으며, 구체적으로는 DTC의 특성, 핵심 기술, 적용 시나리오에 대해 제안하였다. 또한 DTC 관련 이론, 연구 방향, 프레임워크 등에 관한 시사점을 제시하였다.

국토지리정보원(2021)은 영국의 디지털 빌트 브리튼 센터(Centre for Digital Built Britain, CDBB), 제미니 원칙(gemini principles), 디지털트윈 허브(hub)와 로드맵을 검토하고, 국가 차원에서의 디지털트윈 개념, 목표, 방향 등을 제시하고, 데이터 간 공유·활용

을 위해 관련 주체의 참여와 협력을 강조하였다(국토지리정보원, 2021).

최상수 외(2021)는 국내 디지털트윈 연구 동향에 대해 조사·분석하였으며, 디지털트윈 연구별 주요 기술 사례에 대해 살펴보고 이에 따른 디지털트윈 구축 방향에 대한 시사점을 제시하였다.

Caprari et al.(2022)은 도시 계획과 관련한 디지털트윈 사례들을 소개하고, 과학적·문화적 평가 도구를 고안하여 적용하였다. 평가 도구는 애플리케이션, 콘텐츠, 인프라 등의 지표로 구성되며, 디지털트윈 사례 간의 비교·검토를 통해 도시 계획에 적용 가능한 우선 순위를 제시하였다.

Park et al.(2023)은 디지털트윈을 물리적 공간, 가상 공간, 물리적 공간과 가상 공간의 연결로써 구성된다고 강조하였으며, 이에 따른 디지털트윈 프로세스

방안을 제시하였다.

김대중(2021)은 지리 공간 디지털트윈의 개념과 함께 여러 디지털트윈 개념 모델을 비교·검토하였다. 검토 결과를 토대로 국가 공간정보 기반(National Spatial Data Infrastructure, NSDI)을 국가 디지털트윈 체계(National Digital Twin Infrastructure, NDTI)의 전환을 제시하였다.

선행연구 검토 결과, 주로 디지털트윈 관련 개념, 연구/기술 동향 파악에 초점을 두고 있음을 알 수 있었다. 이를 통해 국내·외 디지털트윈 관련 현황 및 동향에 관한 검토가 상대적으로 부족하거나, 과거에 한정되어 최신 동향을 반영하는 데 한계가 존재하는 것을 알 수 있었다. 또한, 국내·외 디지털트윈 동향을 비교·검토하는 연구보다는, 주로 국내·외 디지털트윈 사례를 소개하는 목적에 그치는 선행연구들도 다소 존재하였다.

### 3. 디지털트윈 주요 동향

#### 3.1. 국내 동향

##### 3.1.1. 서울특별시

화재, 시설물 안전, 미세먼지 등 서울에서 발생하고 있는 도시 문제에 과학적으로 대처하고 합리적인 정책 의사결정을 지원하기 위하여, 서울을 3D 가상 공간에 동일하게 구현한 S-Map을 구축하였다(S-Map website, 2022). 이를 통해 도시 계획, 도시 환경, 도시 안전과 관련한 변화를 시뮬레이션 등을 토대로 사전에 예측하여 과학적인 정책 대응과 도시 관리를 지원하는 첨단 시스템을 적용 및 활용 중이다.

활용 분야는 도시 계획, 기후 환경, 건축 설계, 재난 안전 분야 등이 해당되며, 사용되는 데이터는 서울 전 지역의 건물, 실내·외 시설물에 대한 3D 데이터와 행정정보 등을 연계 및 구축하였다. S-Map 구축에 따라

가상 세계에서 다양한 시뮬레이션을 통해 최선의 정책 대안을 현실에 적용함으로써, 비용 절감 및 효율적인 도시 운영이 가능할 것으로 보고 있다.

##### 3.1.2. 인천광역시

도시 정보, 실시간 센서정보 등을 3차원 가상화 도시(디지털트윈)에 연계하였으며, 관련 서비스를 점차적으로 확대·개발하고 있다. 이와 함께 공공데이터 개방과 인공지능, 빅데이터 등의 4차 산업혁명 기술을 활용하여 다양한 분석과 예측 시뮬레이션이 가능한 디지털트윈 플랫폼을 통해 도시 계획·개발, 재난 안전 사고 예측·대응, 에너지·물 등의 자원 활용 관련 의사결정 지원 체계를 마련하였다(인천경제자유구역청, 2020).

또한 인천경제자유구역(Incheon Free Economic Zone, IFEZ) 스마트시티 서비스와 연계하여 기존보다 향상된 서비스 및 다양한 신규 서비스를 개발 및 제공을 위한 3D 디지털트윈 구축 계획을 5년 동안 사업을 추진하고 있다.

##### 3.1.3. 울산광역시

울산광역시의 유해 화학 물질 관리 시스템은 울산 국가산업단지 내 화학 물질 사고 예방을 위한 사물인터넷 기반의 체계적 관리 및 대응 체계 도출을 위한 관리 시스템이다. 울산 국가산업단지 내 화학 물질 관련 데이터를 구축하고, 사고 발생 시 영향 범위 예측 및 관련 관리 지침 등을 제시하였다(이석민·윤형미, 2021).

유해 화학 물질 관리 시스템 내 데이터는 울산 국가산업단지 내 지형, 시설물에 대한 3D 공간정보와 단지 내 기업 정보, 화학 물질명, 농도, 보유량 등 화학 물질 DB, 바람 정보 등의 데이터를 연계하여 디지털트윈을 구축하였다.

해당 데이터를 기반으로 폭발, 화학 물질 유출 등 사

고 발생 시 화학 물질의 확산 속도, 방향, 범위와 이에 따른 피해를 예측하며, 분석 결과를 통해 기존 산업단지의 체계적인 관리 방안을 마련하고, 신규 사업 단지 조성 시 주변 지역을 고려한 단지 조성계획 수립 및 관리 체계 구축에 활용하고 있다.

### 3.1.4. 세종특별자치시

스마트시티 국가시범도시 세종 5-1 생활권을 디지털트윈을 통해 시각화하여 시민·공공·민간기업이 소통하여 지속 가능한 발전을 할 수 있는 플랫폼 개념으로 기존 도시와는 달리 신도시에 적용되는 디지털트윈으로 도시의 설계 단계부터 운영 단계까지 도시 생애주기에 따른 도시 데이터를 확보하고 도시 문제 해결을 위한 다양한 시뮬레이션 알고리즘을 개발하고 적용하였다.

데이터는 지형 및 지상 시설물인 실외 공간, 다중 이용 공공시설의 실내 공간, 상수·우수·오수·전기·통신·공동구 등 지하시설물을 3D로 구축하고, 매설가스관의 건물 내부로 인입, 실외 도로가 실내 주차장과 연결 등 각각의 공간정보를 연계하였다(이석민·윤형미, 2021).

향후 국제 공간정보 표준인 OGC 공간 데이터 표준을 기반으로 실내 공간, 실외 공간, 지하시설물 등의 디지털트윈을 구축하여 일관성·연계성·확장성을 확보하고, 3D 공간정보, 데이터 연계·시각화 플랫폼·기본 시뮬레이션, 가상현실 연계 등 기본 플랫폼을 구축하고, 이후 인공지능, 실감 미디어, Geo-IoT 등 신기술을 반영하여 다양한 데이터를 수집 및 활용할 예정이다.

### 3.1.5. 전주시

전주시는 디지털트윈 기반의 디지털 허브를 구축하여 현안 도시 문제를 도출하고 지역 맞춤형 서비스 모델을 개발하는 스마트시티 구축을 위한 실험 사업을

실시하였다.

전주시, LX한국국토정보공사, 전주정보문화산업진흥원, 학계 및 시민들과 함께 스마트시티 구축 실무 협의체를 구성하여 전주시 지역 현황 도시·사회 문제 및 서비스 시나리오 도출, 디지털 허브 구축 및 데이터 처리, 센서 및 사물인터넷 기술 적용, 데이터 처리, 실시간 데이터 수집 및 적용, 서비스 시나리오 모델 적용, 리빙랩 등을 이행하였다. 아울러 실험 사업을 수행하기 위해 통합 국토정보 디지털 허브를 구축하여 3차원 가시화 기능을 구현하였다(이석민·윤형미, 2021).

활용한 데이터로는 전주시 관내 주요 지점인 구시가지, 신시가지, 혁신도시(약 16km<sup>2</sup>)를 대상으로 지상, 지하, 실내, 행정 경계 등 3D 모델과 행정 데이터와 공공 및 민간 데이터를 융합하여 디지털트윈을 구축하고, 이를 통해 시각화, 지도 제어 기능, 검색 기능, 관심 지점 등록 등 3차원 가시화 기능과 교통·에너지·안전 등 대표 시나리오를 구축하여 도시 문제 해결을 위한 시뮬레이션 기능을 구현하였다.

## 3.2. 국외 동향

### 3.2.1. 뉴질랜드 웰링턴(Wellington)

뉴질랜드 웰링턴은 시민에게 보다 나은 서비스를 제공하고 자원을 효과적으로 활용할 뿐만 아니라, 기후변화 문제를 완화하기 위하여 도시 기후변화 대응을 위한 디지털트윈을 개발하였다(Open Gov, 2022). 특히 시민, 지방자치단체, 도시 계획가 및 엔지니어가 기후변화의 영향을 인지할 수 있도록 설계하였으며(Climata Adaptation Platform website, 2022), 기후변화에 영향을 미치는 각종 데이터(변수)들을 구축하여 도시 계획 시뮬레이션에 반영했다는 점에서 그 의미가 크다고 할 수 있다.

웰링턴은 해안 도시로서 기후변화에 상당히 노출되어 있으며 인프라, 기업, 주택의 위치를 변경하는데 어려움이 존재하기에, 시의회는 기후 및 생태 변화에 대

응하기 위하여 향후 2~3년 내에 기후 적응 결정을 가능하게 하는 것이 중요하다는 인식을 갖고 있다(Wellington gov website, 2022). 이처럼 기후변화에 초점을 둔 웰링턴은 99개 국가 중 631개 도시가 경쟁한 Bloomberg Mayors Challenge에서 세계 15대 혁신 도시로 선정되는 성과를 거두기도 하였다(Nzherald website, 2022).

### 3.2.2. 말레이시아 조지타운(George Town)

조지타운은 경제 회복을 추진하기 위해 디지털트윈 도시 플랫폼을 활용하여 새로운 프로젝트(도시 계획)의 타당성, 인프라 용량 산정 및 인프라의 지속 가능성, 토지 이용 계획 할당 지원 및 투자 유치 등을 지원하고 있다. 아울러 다양한 위험 요소들이 도시 인프라에 미치는 영향을 예측하고, 도시 복원력을 향상시키는 것을 목적으로 한다(WEF, 2022).

조지타운은 도시 데이터 플랫폼을 통해 도시 계획, 생태학적 통계, 시설물 정보, 에너지 및 물 소비 정보, 건물·인구 데이터를 포함하여 공공-민간 영역에서 크고 다양한 데이터를 수집하고 집계하도록 구성하였다. 주로 통합 센서 데이터를 통한 도로 및 교량과 같은 공공 인프라의 지속적인 모니터링과 시각화 기능은 도시 유지 관리, 위험 모니터링 및 영향 예측을 가시화 한다. 또한 시민의 도시 생활 개선을 위해 새로운 도시 프로젝트의 잠재적 영향을 시뮬레이션 기능을 활용하여 예측한다. 아울러 디지털트윈 플랫폼은 지역 계획 시나리오와 경제, 사회 및 환경 결과 간의 관계를 분석하는 데 사용할 수 있다.

이처럼 조지타운은 디지털트윈 플랫폼을 통해 도시 이해관계자는 잠재적인 위험, 혼잡, 도시 과열, 폐기물 배출 및 실업과 같은 문제를 예측하고 해결할 수 있으며, 가상현실 기술 기반의 몰입형 쇼핑과 같은 지역 주민들을 위한 양방향 서비스를 제공하여 도시 생활성(시민 삶의 질)을 제고하고자 노력하고 있다.

### 3.2.3. 미국 샌프란시스코(San Francisco)

미국은 2014년 사이버 물리 시스템을 기반으로 도처에 산재한 사물인터넷을 하나로 묶어, 상호 연동 가능한 인프라를 구축하는 '스마트 아메리카 챌린지' 프로젝트를 추진해 왔다. 최근에는 170여 개의 기업, 정부 기관, 학계 등이 참여하는 '디지털트윈 컨소시엄'을 구성해 기술의 상호 운용성을 제고함과 동시에 디지털트윈의 미래 정책 방향을 제시하고 있다(국토연구원, 2021)

샌프란시스코를 바탕으로 한 CAVE 프로젝트는 동굴과 같은 가상현실 환경을 구축하여 사용자에게 몰입감 있는 가상 환경과의 상호 작용을 가능하도록 지원해 준다. 또한 샌프란시스코의 도심항공교통 테스트베드를 구축하기 위하여 오픈소스(open source) 기반의 Wrld3D API(Application Programming Interface)의 지형 데이터를 이용해 3D 환경에 표시되는 가상 샌프란시스코 디지털트윈을 완성하였다(Marayong et al., 2020).

해당 시스템의 시뮬레이터를 통해 기체의 방향, 위치, 속도 등 다양한 비행 기록이 가능하며, 사용자들은 네 개의 벽을 가진 몰입형 CAVE 가상 환경을 통해 도심항공교통과 인간 사이의 제어권 교환과 기체 조종에 대한 경험을 간접적으로 체험해 볼 수 있다.

### 3.2.4. 미국 탬파(Tampa)

미국의 디지털트윈 기술은 2016년 GE가 세계 최초 산업용 클라우드 기반의 오픈 플랫폼인 '프레딕스'를 공개하면서 급격히 발전하였다(국토연구원, 2021). GE는 2017년 기준 80만 개의 디지털트윈 모델을 개발하였으며, 대표적인 사례로서 제트 엔진에 200개 이상 센서를 부착하여 실시간으로 데이터를 수집하고 시뮬레이션을 통해 엔진 고장 검출 정확도를 10% 향상시키는 등 정비 불량으로 인한 결함 건수도 1천 건 이상 감소시켰다(TECHWORLD website, 2022).

플로리다의 템파는 XR 기반의 디지털트윈을 3D 모형으로 구축하고 언리얼 엔진을 활용하여 시장 정보, 임대료 증가, 시간에 따른 임대율, 건물 정보, 교통 정보 등 모든 정보를 실시간으로 동기화하여 나타내고 있으며, 플로리다주는 이 결과값을 향후 주거 등 도시 전반의 문제 해결에 이용할 예정인 것으로 나타났다(국토연구원, 2021).

최근에는 도시 정책 수립 시 사전 검증을 위한 디지털트윈의 요구가 크게 증가하고 있으며, 이에 따라 2020년 10월 벤틀리 시스템즈와 마이크로소프트사는 새로운 스마트시티 도시 계획 및 스마트 건설 솔루션 개발을 위해 전략적 제휴를 확대하기로 발표하였다.

### 3.2.5. 싱가포르(Singapore)

싱가포르에서는 다양한 도시 문제 해결을 위해 3D 모델링과 시뮬레이션을 함께 수행할 수 있는 통합된 3D 도시 플랫폼의 필요성이 강조되었으며, 이에 싱가포르를 3D 모델링하고 활용할 수 있는 Virtual Singapore를 구축하였다(이석민·윤형미, 2021).

Virtual Singapore는 다음과 같이 총 3단계로 진행되었다. 1단계인 ‘Visualize & Virtualize’ 단계에서는 싱가포르를 3D 모델로 구축하고 이를 기반으로 에너지, 교통, 소음, 바람, 그늘 등 시뮬레이션을 시험하였으며, 2단계인 ‘Experience the City’ 단계에서는 시뮬레이션의 범위를 확대하고 버스 운영, 교통 정보 등 시민에게 제공 가능한 서비스를 다양화하였고, 마지막으로 3단계인 ‘Operate & Manage the City’에서는 도시 운영을 최적화하고 데이터 중심의 의사결정을 지원하는 기능을 개발하였다(이석민·윤형미, 2021).

싱가포르는 2018년까지 약 7,300만 달러를 투입하여 Virtual Singapore를 구축하였으나, 이후 기능 개선과 데이터 갱신에 지나친 비용 요구로 사업이 일시 중단된 바 있다(IRS 글로벌, 2022). 또한 당초 폐쇄형 플랫폼으로 구축되어 서비스 확장·데이터 갱신에 제약이 발생함에 따라, 최근에는 개방형 플랫폼으로써

전환을 도모하고 있는 상태이며, 이를 위한 플랫폼 고도화 사업을 추진 중에 있다.

### 3.2.6. 영국 런던(London)

VU.CITY-LONDON’은 도시 개발 회사와 3D 콘텐츠 제작 전문 기업이 함께 구축한 시스템으로, 가상 도시 모델을 토대로 정부는 도시 운영을 효율화하고 시민은 다양한 데이터를 통해 시민 체감형 서비스를 받을 수 있는 디지털트윈 프로젝트이다(이석민·윤형미, 2021).

VU.CITY-LONDON은 SNS 정보(텍스트, 위치정보 등)를 비롯한 교통 정보, 날씨 정보, 환경 정보, 뉴스 정보 등 실시간 데이터를 연동하여 상호 작용하는 모델을 구축하였으며, 게임 엔진 기술을 통해 GIS, 경관, 교통 및 채광 등의 시스템을 복합적으로 이용하였다(이석민·윤형미, 2021).

주요 데이터로는 도시 정보 데이터, 실시간 도시 환경 변화 데이터, 건물 및 도시 계획 이력 데이터, 3D 디지털 모델 등을 구축하였다(이석민·윤형미, 2021). 도시 정보 데이터는 주요 역사적 건물, 대기오염, 주택 가격, 암반, 보전 지역, 홍수 위험 지역, 녹지, 주택 지역, 편의시설, 학교, 인구 통계 및 소득 수치 등이 사용되었다(이석민·윤형미, 2021). 실시간 도시 환경 변화 데이터는 건물, 도로, 햇빛 경로, 교통 정보, 보행자 정보를 반영하였으며, 토지 소유권과 건물 내부 용도에 대한 데이터 및 기존 도시 계획 이력 데이터를 구축하였다(이석민·윤형미, 2021). 또한, 고해상도 항공사진의 스테레오 사진 측량 데이터를 지상에서의 레이저 스캐닝과 결합하였으며, 이를 건물, 도로, 나무 및 공공 공간을 포함하여 도시 전체를 15cm 이내의 정확도로 구현했다는 장점이 있다.

### 3.2.7. 유럽

DestinE(Destination Earth) 프로젝트는 유럽집행위원회(European Commission, EC)에서 파트너 기관

과 함께 디지털트윈 지구를 개발하는 'Destination Earth' 프로젝트 출범을 시작으로 현재까지도 개발 중이다(한국산업기술진흥원, 2022). 이 프로젝트는 디지털 유럽 프로그램으로부터 2024년 중반기까지 1억 5,000만 유로의 초기 자금을 지원 받으며 지구의 고정밀 디지털 모델을 개발하는 것을 목표로 한다(한국산업기술진흥원, 2022).

DestinE는 지구의 고유한 디지털 모델링 기능을 제공하여 환경 변화를 모니터링 및 모델링하고 극한 상황을 예측할 수 있다는 점이 주요 특징으로 볼 수 있다(한국산업기술진흥원, 2022). 고성능 컴퓨팅, 대규모 공간 및 사회 경제적 데이터 소스에 대한 유럽의 투자, 데이터 및 인공지능 기술의 우수성을 기반으로 다양한 수준의 분석가와 의사결정권자를 위한 공통 지원 인프라를 제공하며, 증거 기반 정책 개발 및 사용자 차원의 DestinE와 디지털트윈은 주로 전문가용으로 설계된 현재의 고도로 복잡한 시스템을 넘어서 것으로 예상된다(한국산업기술진흥원, 2022).

향후에는 자연과 인간 활동을 모니터링, 모델링, 예측 등을 통해 지속 가능한 개발을 위한 테스트 시나리오를 구축할 수 있을 것으로 예상된다. 이를 토대로 양질의 정보, 디지털 서비스, 날씨 예측, 시각화 등의 서비스가 공공 부문의 사용자들에게 먼저 제공될 예정이며 점진적으로 과학계, 민간 부문과 일반 대중에게도 제공될 것으로 전망된다.

### 3.2.8. 일본

국토교통성 도시국 도시정책과는 민·관 협업 체계 기반의 3D 도시 모델 오픈 데이터 플랫폼을 구축하고, 시범 활용 모델을 발굴·공개하는 플라토 프로젝트(Project PLATEAU)를 공개·발표하였다. 또한 플라토 프로젝트를 통해 전국 56개 도시의 3D 도시 모델을 정비하고, 이를 활용한 도시 계획·마치즈쿠리, 방재, 도시 서비스 창출 등을 목표로 '마치즈쿠리 DX(Urban Digital Transformation, UDX)' 정책을 추진

하였다(이영주, 2022).

플라토 프로젝트에서 3D 도시 모델 데이터 구축 추진 방법은 기존의 데이터 구축 방식과는 달리, 국가가 거대한 예산을 투자하여 지방자치단체의 3D 도시 모델을 정비하고 오픈 데이터로 공개하였다(이영주, 2022). 지방자치단체가 통상적으로 수행하는 업무 과정에서 생산된 도시 계획 기본도 등 기존의 2D 데이터와 해당 과정에서 활용한 항공 측량 성과 등을 수집하여 모델링 하는 것을 기본 방향으로 설정하고 있어, 새로 구축하는 비용보다는 상대적으로 예산이 적게 소요되었다(이영주, 2022). 이러한 체계는 지방자치단체들이 3D 도시 모델 구축 필요성에는 공감하더라도 막대한 예산이 소요될 것으로 예상하여 디지털트윈 추진에 어려움을 겪는 문제를 정부 주도로 디지털트윈을 구축·배포함으로써 해결한 사례로 볼 수 있다.

### 3.2.9. 중국 쿤밍(Kunming)

쿤밍은 도시 교통 관리자가 도시 교통 운영을 관찰하고 제어할 수 있도록 디지털트윈 기반 도시 교통 DB를 구축하였다. 쿤밍의 교통 관리는 교통 부문 전용 플랫폼(intelligent transportation project)에 의해 크게 개선되었으며 하루 동안 평균 지연이 10% 이상 감소한 결과를 도출하였다. 저녁 시간의 교통량은 쿤밍 순환 도로 네트워크 시뮬레이션을 통해 평균 지연이 20%, 간선 노선에서 10%, 단일 교차로에서 평균 12%로 높은 최적화율을 산출하였다(WEF, 2022).

이처럼 쿤밍 디지털트윈은 도시 내 도로의 3차원 디지털화를 통해 도로, 차량, 교통 시설 및 지형적 환경 요소 등을 1:1 디지털 방식으로 재현하였다. 결과적으로 도로 네트워크, 주행 차량에 대한 데이터(도로, 신호등 등 시설물)의 상태는 높은 정확도와 정밀도로 3차원 디지털 세계에 실시간으로 투영된다(WEF, 2022). 아울러 레이더, 비디오, 인터넷 및 도로 네트워크의 데이터를 결합한 이 디지털트윈 플랫폼은 거시적/중간적/미시적 수준에서 도시 도로 운영에 대한



정량적 평가를 제공한다(WEF, 2022). 예를 들어, 차량의 디지털화와 차량 궤적을 완전히 재현하여 차량의 움직임을 정확하게 표시하고, 미시적으로는 대기열 길이, 흐름 속도, 속도 및 지연과 같은 차선 수준 지표와 함께 교차로에서 교통 흐름의 효율성을 가시화하여 나타낼 수 있다.

### 3.2.10. 프랑스 렌스(Rennes)

프랑스의 렌스(Rennes)는 3D 디지털 모델을 채택한 프랑스 최초의 도시이다. 도시 데이터 모델링을 기반으로 Rennes Métropole과 다쏘시스템은 2017년부터 모든 인터넷 브라우저에서 도시 전체를 3D로 볼 수 있는 '3DEXPERIENCity Virtual Rennes' 플랫폼을 개발하였다. 도시 내 거리를 탐색할 수 있을 뿐만 아니라 주요 부동산과 도시 계획 지원 프로젝트가 포함되어 있으며, 실제 도시를 바탕으로 한 가상 디지털트윈을 통해 공공 및 민간(기업·시민)이 언제 어디서나 도시의 변화를 시뮬레이션하고 경험할 수 있다.

컨설팅 도구인 3DEXPERIENCity Virtual Rennes는 Rennes Métropole의 모든 사용자가 건물, 공공 서비스, 네트워크 이동성 시스템을 혁신하고 계획을 조정하는 등의 다양한 가능성을 테스트할 수 있도록 하는 개발 도구이다. 또한 체계적인 접근 방식을 통해 서로 다른 플레이어 간의 협업을 가능하게 하며, 이를 통해 사용자로 하여금 도시 차원에서의 의사결정 지원 기능을 제공한다.

렌스 디지털트윈은 이동성, 헬스케어, 에너지, 환경(녹지) 등 도시를 구성하는 모든 분야와 관련한 인구 등의 통계 데이터가 연결되어 있어 단순한 3D 모델이 아니다. 따라서 3DEXPERIENCity Virtual Rennes를 사용하면 횡단 및 협업 방식으로 전체 도시를 관리할 수 있다.

## 4. 논의 및 시사점

본 장에서는 전술한 디지털트윈의 활용 목적을 디지털트윈 3단계(①시각화 - ②모니터링 - ③분석/예측/최적화)의 기준으로 설정하고(Gartner website, 2022), 3장에서 검토한 국내·외 디지털트윈 동향을 대상으로 해당 기준을 적용하여 비교·분석을 실시하였다(Table 2 참고).

국내·외 사례 전반적으로 2D GIS(Geographic Information System) 또는 3D 시각화 정보를 디지털트윈에 접목·활용하고 있으며, 사례별 목적(목표)에 따라 정보의 시각화 수준의 차이가 발생하는 것을 알 수 있었다.

국내 디지털트윈 사례들은 대부분 중앙부처·지방자치단체별로 기존에 구축한 3차원 공간정보 등의 인프라를 활용(또는 고도화)하여 디지털트윈 플랫폼을 구축하는 방식으로 접근하였다. 이러한 제반 여건을 미루어 보면, 국내 디지털트윈의 구축 수준이 3차원 시각화, 정보(속성, 센서 등) 모니터링 단계까지는 어느 정도(실시간 정보를 시각화 화면에 중첩·표출하는 수준) 도달했다고 볼 수 있다. 반면, 국내는 시뮬레이션의 기반이 되는 분석·예측·최적화 기능과 관련해서는 전반적으로 발전 수준이 미흡한 것을 알 수 있었다. 중앙부처의 경우 3D GIS 형태의 분석·예측·최적화 기능 개발 및 활용 사례가 전반적으로 미비한 실정이며, 지방자치단체는 디지털트윈 시범사업 추진 등으로 지방자치단체별 목적에 따른 시뮬레이션 기능을 구축·활용하고자 하였으나 아직 초기 단계에 해당한다. 특히, 외산 상용 S/W에 의존 및 시뮬레이션을 위한 기반 데이터 구축(시뮬레이션 변수 데이터)에 있어 난항을 겪고 있다.

국외 디지털트윈 사례들은 스마트시티 분야에서 구축한 3차원 공간정보를 발전시키거나, 시뮬레이션 목적별(도시 계획, 자율주행, 물 관리 등)로 새로운 디지털트윈 플랫폼을 구축하는 방식으로 접근하고 있다.

Table 2. Technological Levels of Urban Digital Twin in Case Studies

Country/City	Project/Platforms	Phase 1	Phase 2	Phase 3
		Visualization	Monitoring	Analysis/Prediction/ Optimization
South Korea Seoul	S-Map			●
South Korea Incheon	3D Digital Twin		●	
South Korea Ulsan	IoT based Digital Twin		●	
South Korea Sejong	Sejong Smart City		●	
South Korea Jeonju	Jeonju Smart City		●	
New Zealand Wellington	Wellington Digital Twin			●
Malaysia George Town	Digital Twin City Platform	●		
USA San Francisco	CAVE Project			●
USA Tampa	Tampa Digital Twin	●		
Singapore	Virtual Singapore		●	
England London	VU.CITY			●
Europe	DestinE(Destination Earth)			●
Japan	Project PLATEAU		●	
China Kunming	Intelligent Transportation Project	●		
France Rennes	3DEXPERIENCity Virtual Rennes			●

따라서 국가별 시뮬레이션 목적 중심의 시스템 구축으로 인해 일부 국가는 1단계(시각화) 수준에만 그치기도 하였으며, 그 외에 대체적으로는 2단계(모니터링) 수준까지 도달했다고 볼 수 있다. 아울러 국내와는 달리, 시뮬레이션 목적에 따라 다양한 3D 시각화 정보를 유동적으로 활용하거나, 시뮬레이션 결과를 통한 정책 등의 의사결정 지원 체계가 나뉘 체계적으로 구성된 국가들도 다소 존재하는 것을 알 수 있었다.

이와 같이 도시 분야에의 국내·외 디지털트윈 동향을

조사·분석한 결과를 토대로 향후 우리나라 디지털트윈의 발전을 위한 시사점은 다음과 같다.

첫째, 디지털트윈 시뮬레이션 기능 개발과 관련한 제약 사항 이슈이다. 디지털트윈 분야별(교통, 환경, 안전 등) 사례들이 다양하고 복잡하기에 현재 제도적인 측면에서 시뮬레이션 기능 개발 지원을 위한 기준은 미비한 실정이다. 이로 인해 시뮬레이션 기능 개발 시 주로 외산 상용 S/W에서 정의한 기준(방법)에 따라 시뮬레이션 데이터를 수동적으로 구성할 수밖에

없으며, 시뮬레이션 관련 데이터 구축 시 국내 환경(특성)에 적합하지 않거나 시뮬레이션 결과가 지방자치단체에서 고려한 목표에 도달(혹은 부합)하지 않는 문제가 발생할 수 있다.

둘째, 디지털트윈 데이터 거버넌스의 부재 이슈이다. 성공적인 디지털트윈 사업 추진 및 확산을 위해서는 디지털트윈 생태계를 전반적으로 관장할 수 있는 협의체가 마련되어야 함에도 불구하고, 현재는 관련 체계가 다소 미비한 상황이다. 우리나라의 디지털트윈 생태계는 다양한 이해관계자(중앙부처, 지방자치단체, 공공기관, 민간기업)가 개별적으로 사업을 추진하는 형태이기에, 디지털트윈 시스템·데이터들을 물리적으로 통합하기에 상당한 어려움이 있다. 이러한 난개발식 디지털트윈 사업 추진으로 인해 유사하거나 중복되는 디지털트윈 사업들이 발생하고 있으며, 디지털트윈 관련 사업 예산을 효율적으로 사용하지 못한다는 반증이 될 수 있다. 더욱이 우리나라 공간정보 산업과 마찬가지로 디지털트윈 시스템 및 데이터가 기업에 벤더(vendor)되는 현상으로 인해 디지털트윈 간 상호 호환이나 연계 등이 불가한 실정이기에, 이러한 현상을 타개하고 이끌 수 있는 범정부적 협의체가 필요한 시점이다. 2022년 10월 국토교통부에서는 디지털트윈 기술의 발전과 확산을 위하여 디지털트윈 관련 전문가(민·산·관·학·연)들이 참여하는 ‘디지털트윈 소사이어티’를 발족하였으나, 현재는 운영이 지속되지 못하고 있는 실정이다. 우리나라의 경우 국토교통부, 과학기술정보통신부, 행정안전부 등 다양한 관계 부처들이 디지털트윈 사업을 동시다발적으로 추진하고 있는 상황이기에, 중앙부처 간 역할까지도 조정할 수 있는 범부처 차원의 협의체로서 ‘디지털트윈 소사이어티’가 확장되고 고도화될 필요가 있다.

셋째, 디지털트윈 데이터의 한계 이슈이다. 전술한 디지털트윈 거버넌스 부재에서 언급한 바와 같이, 국내에서는 디지털트윈 관련 시스템 및 데이터 구축 시 기업 벤더 현상으로 인해 단일 채널 형태로써 시각화

정보를 제공하는 수준에 그치고 있다. 이러한 배경은 다음과 같은 세부적인 내용들로 설명할 수 있다. 우선 디지털트윈은 실제 세계를 모사하는 개념임에도 불구하고, 현재는 실세계의 지형지물을 반영하기 위한 기반 데이터가 부족한 상황이다. 기반 데이터가 부족하다는 의미는 곧 시뮬레이션 기능 구현 시 변수 역할로써 수반되어야 하는 필요 데이터가 부족한 상황을 뜻하며, 이는 주제별(중앙부처·지방자치단체 등)로 최초 목적(목표)과는 다른 형태의 시뮬레이션 기능을 개발해야 하는 문제를 야기한다. 다음으로, 시설물 등의 지형지물 데이터 구축 시 데이터 구축 주체와 관련하여 법·제도적인 제약 사항도 연관되어 있기에, 기구축된 디지털트윈 데이터를 연동(연계)하여 활용하거나 데이터 구축 주체에 대한 규제적 완화를 도모할 필요가 있을 것으로 보인다. 아울러, 2D/3D 공간정보의 영역을 넘어, 고차원적인 분석/예측/최적화를 위한 기능 고도화도 수반될 필요가 있다. 예를 들어 도심항공교통 등 지상이 아닌 공중 영역을 토대로 시뮬레이션을 구현할 경우, 기존 시스템으로는 해당 분야에 적합한 시뮬레이션 기능을 구사하기 어려울 것으로 판단된다. 따라서 고차원 공간분석을 수행하고 그 결과를 효과적으로 표출하기 위해서는 데이터의 다양성뿐만 아니라 기능 고도화(e.g. 3차원 격자 등)도 함께 이루어져야 할 것으로 판단된다.

마지막으로, 디지털트윈 관련 표준이 미비하여 데이터 간 상호 운용이 불가한 실정이다. 국내의 경우 공간정보 관련 제도 마련을 통해 3차원 공간정보 구축 시 준수해야 할 데이터 형식(format)을 명시하였으나, 데이터 구축을 위한 세부 방안(데이터 모델 등 참조 사항)은 부재한 상황이다. 제도상에서는 제작(저장) 형식만을 명시할 뿐 참조 모델은 부재하기에 데이터 형식 간 변환 프로그램을 사용하여 제작 형식을 변경하여도 데이터의 완전성·무결성 문제가 지속적으로 발생하고 있다. 이처럼 관련 표준이 미비함에 따라 민간 기업별 솔루션에 기인한 디지털트윈 구축으로 인해

데이터 간 상호 운용이 불가하며, 데이터의 무결성 또한 담보할 수 없는 상황에 직면하고 있다.

## 5. 결 론

디지털트윈 기술은 CAD(Computer Aided Design), GIS, 컴퓨터 그래픽, 멀티미디어 기술 등과 함께 진화해 왔으며, 메타버스(metaverse), 인공지능(Artificial Intelligence, AI), 로봇, 사물인터넷, 클라우드 컴퓨팅(cloud computing), 블록체인(blockchain), 5G/6G 기술들과 융·복합적으로 구현되면서 가상현실(Virtual Reality, VR), 증강현실(Augmented Reality, AR), 혼합현실(Mixed Reality, MR), 확장현실(Extended Reality XR)의 서비스를 제공하는 HAI(Human Intelligence, Artificial Intelligence, IoT Intelligence) 플랫폼 사업들의 미래 신성장 동력원으로 급부상하고 있다(Park, 2017).

이와 같이 디지털트윈은 도시 관련 정책과 전략을 체계적으로 계획하고, 공간정보산업의 확산과 활성화를 위한 주요 산업으로써 지속적으로 강조되고 있다. 디지털트윈 관련 국가별 정책은 응용 분야와 활용 목적에 따라 그 수준이 상이하며, 모든 국가에서는 국가별 여건에 적합하게끔 디지털트윈 플랫폼을 운영하고 있음을 알 수 있었다.

디지털트윈 관련 선행연구 검토 결과, 주로 디지털트윈에 관한 개념, 연구 또는 기술 동향에 초점을 두고 있음을 알 수 있으며, 국내·외 디지털트윈 동향에 관한 비교 연구는 상대적으로 미비하거나 부족한 것으로 나타났다. 또한 일부 사례를 반복하여 소개하는 방식이 주를 이루고 있어, 연구 대상의 다양성 부분에 대한 한계를 확인할 수 있었다.

본 연구는 선행연구의 한계를 극복하고자 디지털트윈을 추진 중인 국내·외 사례들을 대상으로 관련 동향을 조사·분석하여 시사점을 도출하였으며, 이를 바탕으로 우리나라 디지털트윈의 발전을 위한 기술적 관

점에서의 시사점을 제시하였다.

본 연구의 시사점이 함축하는 주요 의미는 다음과 같다. 첫째, 우리나라의 디지털트윈 관련 데이터와 기능(시뮬레이션)의 자유도 확보를 위하여 규제 샌드박스 등의 콘텐츠를 도입 및 적용해야 한다. 둘째, 중앙부처 간 역할까지도 조정할 수 있는 범부처 차원의 협의체로서 디지털트윈 소사이어티의 고도화 또는 별도의 데이터 거버넌스가 구성 및 운영되어야 한다. 셋째, 디지털트윈에 활용되는 데이터의 정확성·신뢰성을 확보하고, 실세계의 지형지물을 고려한 데이터 분류체계의 마련 및 실제 구축(또는 데이터 연계/연동)이 수반되어야 한다. 마지막으로 도시 분야 디지털트윈을 대상으로 실효성이 담보된 표준을 제정 및 공표하여 향후 디지털트윈 연합(federation) 체계로의 발전을 위한 기반을 마련해야 한다.

전술한 바와 같이, 국외에서는 도시 내 현안을 해결하기 위한 목적으로서 디지털트윈의 주요 기능을 개발하고 활용하고 있다. 반면, 우리나라는 도시 내 형상(세밀도 등)에 집중하고, 시각적으로 우수한 결과만을 중시하는 경향이 존재한다. 이렇듯 국외의 우수 사례들을 지속적으로 모니터링하고 벤치마킹하여, 향후 우리나라에 도입 및 활용 가능한 방안을 모색해야 할 것으로 생각한다.

## 감사의 글

본 논문은 국토교통부의 지원으로 수행되었습니다 (발간등록번호 11-1613000-003316-01).

## 참고문헌

### References

- 국토연구원. 2021. 글로벌정보 - 각국의 디지털트윈 관련 정책(미국: 산업형 디지털트윈의 발전과 향후 과제). 국토연구원.
- KRIHS. 2021. Global information - Policies related

- to digital twins in each country. *KRIHS*.
- 국토지리정보원. 2021. 글로벌 공간정보 관련 이슈 리포트.
- NGII. 2021. *Global spatial information issue report. NGII*.
- 김대종. 2021. 국가 디지털트윈 개념과 구축방향. 국토. 474:13-22.
- Kim, D. 2021. National digital twin concept and construction direction. *KRIHS*, 474:13-22.
- 김영훈. 2018. 디지털트윈 어떻게 전개될 것인가?. POSRI 이슈리포트.
- Kim, Y. 2018. How will the digital twin unfold?. *POSRI Issue Report*.
- 김진웅, 양승원, 김성아. 2019. 스마트시티 시설물의 거동 분석을 위한 디지털트윈 구현. 대한건축학회 학술발표. 39(2):296-299.
- Kim, J., Yang, S., Kim, S. 2019. An implementation of digital twin for the analysis of the behavior of smart city facilities. *Architectural Institute of Korea Conference*, 39(2):296-299.
- 박승창. 2017. HAII 예지와 실천.
- Park, S. 2017. HAII foresight and practice.
- 방준성, 이영호. 2020. 스마트시티 실현을 위한 디지털트윈 기술 동향. 한국통신학회지(정보와통신). 5:11-19
- Bang, J., Lee, Y. 2020. Digital twin technology trend for realization of smart city. *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, 5:11-19.
- 배경호. 2021. 디지털트윈의 제도적 정착 및 활성화를 위해 무엇이 필요한가?. 국토. 474:108-109.
- Bae, K. 2021. What is needed for the institutional settlement and vitalization of digital twins?. *KRIHS*, 474:108-109.
- 사공호상. 2018. 4차 산업혁명을 견인하는 '디지털트윈 공간(DTS)'구축 전략. 국토정책 Brief. 661:1-6.
- Sagong. 2018. Strategies for building a 'digital twin space (DTS)' leading the 4th industrial revolution. *KRIHS Policy Brief*, 661:1-6.
- 이석민, 윤희미. 2021. 서울시 스마트도시 지원 사이버 물리시스템 구축과 운영방안. 서울연구원.
- Lee, S., Yoon, H. 2021. Seoul smart city support cyber-physical system construction and operation plan. *SI*.
- 이영주. 2022. 도시의 디지털전환(UDX)을 위한 일본 플라토 프로젝트(Project PLATEAU) 추진전략. 국토연구원.
- Lee, Y. 2022. Japan's Project PLATEAU Promotion Strategy for Urban Digital Transformation (UDX). *KRIHS*.
- 유상근. 2019. 스마트제조를 위한 디지털트윈 표준화 동향. 전자공학회지. 46(12):949.
- Yoo, S. 2019. Digital twin standardization trend for smart manufacturing / special feature: digital transformation in the 4th industrial revolution era. *Journal of the IEIE* 46(12):949.
- 이민영, 김도형, 임시영. 2020. 국내 디지털트윈 연구 동향을 통해 본 국토도시분야 디지털트윈 적용을 위한 제언. 대한공간정보학회지. 28(4):49-57.
- Lee, M., Kim, D., Lim, S. 2020. Suggestions for applying the digital twin to the urban area through the domestic research trend. *Journal of Korean Society for Geospatial Information Science*, 28(4):49-57.
- 인천경제자유구역청. 2020. 인천경제자유구역(IFEZ) 3D 디지털트윈 구축 추진 계획.
- IFEZ. 2020. Implementation plan for building of 3D Digital Twin in IFEZ.
- 최상수, 우정엽, 김준, 최원화, 김지수, 이주연. 2021. 국내 디지털 트윈 연구동향 조사 및 분석. 한국

- CDE학회 논문집. 26(1):59-69.
- Choi, S., Woo, J., Choi, W., Kim, J., Lee, J. 2021. A survey and analysis of research on digital twin in Korea. *Korean Journal of Computational Design and Engineering*. 26(1):59-69.
- 한국산업기술진흥원. 2022. 글로벌 산업정책동향.
- KIAT. 2022. Global industrial policy trends.
- IRS 글로벌. 2022. 디지털 대전환(DX) 시대의 주요 DX 기술 트렌드와 대응 전략
- IRS Global. 2022. *Key DX technology trends and countermeasures in the era of great digital transformation*.
- TECHWORLD. 2019. 현실 속 디지털트윈 적용 사례 [인터넷]. [<https://www.epnc.co.kr/news/articleView.html?idxno=90787>]. 2022년 10월 29일 검색.
- (TECHWORLD). 2019. Digital twin applications in reality [Internet]. [<https://www.epnc.co.kr/news/articleView.html?idxno=90787>]. Last accessed 29 October 2022.
- S-Map. 2022. 서울시 S-Map 누리집 [인터넷]. [[smap.seoul.go.kr](http://smap.seoul.go.kr)]. 2022년 11월 16일 검색.
- (S-Map). 2022. Seoul S-Map website [Internet]. [[smap.seoul.go.kr](http://smap.seoul.go.kr)]. Last accessed 16 November 2022.
- Bouma, G., Atkinson, C. 1995. *A handbook of social science research*. 2nd ed. Oxford: Oxford University.
- Bryman, A. 2016. *Social research method*. 5th ed. Oxford: Oxford University Press.
- Caprari, G., Castelli, G., Montuori, M., Camardelli, M., Malvezzi, R. 2022. Digital twin for urban planning in the green deal era: A state of the art and future perspectives. *Sustainability*. 14(10):1-16.
- Gartner. 2020. *United nations committee of experts on global geospatial information management (UN-GGIM) future trends in geospatial information management: the five to ten year vision-third edition*.
- Kumar, R. 2005. *Research methodology: A step-by-step guide for beginners*. 4th ed. London: SAGE publications Ltd.
- Marayong, P., Shankar, P., Wei, J., Nguyen, H., Strybel, T. Z., Battiste, V. 2020. Urban air mobility system testbed using CAVE virtual reality environment. *2020 IEEE Aerospace Conference*.
- Nachmias, C., Nachmias, D. 1992. *Research methods in the social science*. 4th ed. London: Edward Arnold.
- Nativi, S., Delipetrev, B., Craglia, M. 2020. Destination earth. *European Commission JRC Technical Report*.
- Park, J., Choi, W., Jeong, T., Seo, J. 2023. Digital twins and land management in South Korea. *Land Use Policy*. 124:106442.
- Punch, K. 2014. *Introduction to social research quantitative & qualitative approaches*. 3rd ed. London: SAGE Publications Ltd.
- WEF. 2022. *Global digital twin cities framework and practice*.
- Zhang, K., Shen, Z., Deng, T. 2021. A systematic review of the digital twin city: The new pattern of urban governance towards smart city. *Journal of Management Science and Engineering* 6(2):125-134.
- Climate Adaptation Platform website [Internet]. [<https://climateadaptationplatform.com/digital-twins-wellingtons-award-winning-model>]

---

-and-their-value-in-climate-adaptation]. Last accessed 5 October 2022.)	Wellington gov website[Internet]. [https://wellington.govt.nz/news-and-events/news-and-information/our-wellington/2022/01/bloomberg-challenge]. Last accessed 5 October 2022.
Nzherald website[Internet]. [https://www.nzherald.co.nz/nz/wellington-wins-1million-in-global-competition-to-tackle-climate-change-with-technology/4Y3K7RKUN7IMMMNQIJLZZ2EUUQ]. Last accessed 24 October 2022.	
Open Gov website[Internet]. [https://opengovasia.com/international-acclaim-for-wellingtons-digital-twin]. Last accessed 05 October 2022.	

---

	2023년 05월 21일 원고접수(Received)
	2023년 05월 22일 1차심사(1st Reviewed)
	2023년 06월 07일 2차심사(2st Reviewed)
	2023년 06월 21일 게재확정(Accepted)

---

### 초 록

본 연구는 디지털트윈에 관한 국내·외 주요 동향을 조사·분석하여 우리나라의 디지털트윈 발전을 위한 시사점 도출을 목적으로 한다. 디지털트윈은 그 목적에 따라 상이한 정의들이 존재하나, 공통적으로는 시각화, 모니터링, 분석/예측/최적화와 관련한 기술적 사항들을 강조하고 있다. 이러한 디지털트윈의 주요 개념을 기준으로 하여 국내·외 도시 분야에 해당하는 디지털트윈 동향들을 분석하였으며, 해당 결과를 토대로 향후 우리나라 디지털트윈의 발전을 위한 데이터 관점에서의 시사점을 제시하였다.

---

주요어 : 도시 분야 디지털트윈, 기술 수준, 시뮬레이션, 데이터, 데이터 거버넌스, 표준