한국조경학회지 54(5): 12~26, 2026. 10.
J. KILA Vol. 54, No. 5, pp. 12~26, October, 2026
pISSN 1225-1755 eISSN 2288-9566
https://doi.org/10.9715/KILA.2026.54.5.012

경관계획모형의 모듈화 및 사례 적용 연구

- 경관관리 디지털트윈(L-Twin) 플랫폼 구축의 기초 연구적 측면에서 -

A Study on the Modularization and Case Application of the Landscape Planning Model
- As a Foundational Study for Developing the L-Twin (landscape management digital twin) Platform -

박진영*, 조현주, 나정화***, 김진효*****
*대구대학교 일반대학원 원예 · 조경학과 박사과정, **대구대학교 조경산림정원학과 교수, ***경북대학교 조경학과 교수

Park, Jinyoung*, Cho, Hyunju, Ra, Junghwa***, Kim, Jinhyo*****
*Ph.D. Student, Dept. of Horticulture and Landscape Architecture, Graduate School, Daegu University
**Professor, Dept. of Landscape Architecture and Forest Garden Design, Daegu University
***Professor, Dept. of Landscape Architecture, Kyungpook National University

Received: June 25, 2026
Revised: August 3, 2026 (1st)
August 21, 2026 (2nd)
Accepted: August 21, 2026
3인익명 심사필

Corresponding author :
Hyunju Cho
Professor, Dept. of Landscape Architecture and Forest Garden Design, Daegu University
Tel.: +82-53-850-6743
E-mail: hjcho@daegu.ac.kr

국문초록

본 연구는 경관계획모형 프레임워크에 대한 후속 연구로서, 경관계획의 프로그램화와 L-Twin 플랫폼 내 활용 가능한 지표 모듈 및 3차원(3D) 설계 방안 모색을 목적으로 수행되었다. 연구의 주요 결과는 다음과 같다. 첫째, 기존 경관계획모형의 지표별 중요도 재검토 및 포지셔닝 분석을 통해 의미적·물리적 크기에 따른 19개의 기초 모듈을 설정하였다. 둘째, 이를 바탕으로 경관계획모형의 세부계획지표 41개에 대한 지표 모듈을 구축함으로써 도면상에서 공간별 개선사항을 집약적으로 가시화하고 계획 과정의 효율성을 향상시킬 수 있는 방안을 연구하였다. 셋째, 지표 모듈의 실질적 적용을 위해 구글 지도, 드론 촬영 데이터, 수치지형도 등을 통합 활용한 디지털트윈 기반의 기초 지도 작성 방안을 제시하였다. 마지막으로 구축된 기초 지도 위에 지표 모듈을 결합하여 3D 프로그램을 활용한 다차원적 경관계획 및 설계 방안을 도출하였다. 본 연구는 경관계획의 정량화와 모듈화를 통해 경관관리 디지털트윈(L-Twin) 플랫폼 구축의 기초 기술을 마련했다는 점에서 학술적 의의가 있다. 특히 3D 기반의 다차원적 설계를 통해 지역별 경관 가이드라인 수립의 가능성을 제시하였으며, 이는 전문가와 비전문가 간의 의사소통 격차 해소 및 경관관리의 경제적·인적 자원 절감에 기여할 것으로 기대된다. 향후 연구에서는 도시계획 전반으로 모듈 범위를 확장하고, 기관과의 협업을 통해 지형 및 건물 정보의 속성값 정밀도를 보완함으로서 플랫폼의 완성도를 높여야 할 것이다.

주제어: 경관지표, 프레임워크, 경관 가이드라인, 모듈구축, 지도작성

ABSTRACT

As a follow-up to the landscape planning model framework, this study aims to explore the programming of landscape planning, the development of indicator modules applicable within the L-Twin platform, and three-dimensional (3D) design strategies. The main results of the study are as follows. First, by re-evaluating the importance of individual indicators from the existing landscape planning model and conducting a positioning analysis, 19 basic modules were established based on their semantic and physical sizes. Second, building upon this foundation, indicator modules for 41 detailed planning indicators were constructed. This approach enables the comprehensive visualization of spatial improvement measures on drawings, thereby enhancing the efficiency of the planning process. Third, for the practical application of these modules, a digital twin-based base map generation method was proposed by integrating Google Maps, drone survey data, and digital topographic maps. Finally, by mapping the indicator modules onto the constructed base map, a multi-dimensional landscape planning and design methodology utilizing 3D software was derived. This study holds academic significance as it lays the groundwork for constructing the landscape management digital twin (L-Twin) platform through the quantification and modularization of landscape planning. Notably, it proposes a standardized approach for establishing regional landscape guidelines via 3D-based multi-dimensional design. This is expected to bridge the communication gap between experts and non-experts and contribute to the reduction of economic and human resources required for landscape management. Future research should

expand the scope of the modules to encompass comprehensive urban planning and enhance the platform's completeness by improving the precision of topographic and building attribute data through collaboration with relevant institutions.

Keywords: Landscape Indicators, Framework, Landscape guidelines, Module development, Mapping

1. 서론

1.1 연구 배경과 목적

최근 국토 및 도시계획 분야에서는 디지털 전환이 가속화되며, 현실 공간을 가상에 동일하게 구현하는 디지털트윈 기술이 공간 기획 및 의사결정의 핵심 도구로 부상하고 있다(임시영과 장요한, 2023). 현재 디지털 트윈은 산업 공장 및 제조업 공장 현장을 모니터링하거나, 기계에 대한 실시간 관리 및 오류제어를 통해 사고를 최소화하는 데 활용되고 있다. 또한 서울시를 포함한 일부 광역시 및 지자체, IT 기반 대형 기업 및 스타트 기업 등의 회사에서는 관광산업 및 발표회, 회의용 가상공간으로 디지털 트윈을 활용하고 있다. 특히, 지도작성 및 공간기획에서는 디지털 트윈 기반의 국토 공간정보가 기존 스마트도시의 고도화를 견인하며, 가상과 현실이 상호작용하는 이른바 '메타시티' 추진의 핵심 동력으로 작용하고 있다(김익회 등, 2023).

한편 1980년대 이후 실행된 경제 성장 중심의 정책과 급속한 도시화는 대한민국 전역에 걸친 심각한 경관 파괴를 초래하였다. 실제로 전국의 산림 면적은 2006년 약 70,466km^{2}에서 2020년 약 68,371km^{2}로 4% 정도 감소하였으며, 도시면적은 같은 비교시기를 적용하였을 때 3,348km^{2}에서 5,310km^{2}로 약 59% 증가하였다. 뿐만 아니라 농경지를 중심으로 한 생태계 전이지역, 산림 외곽까지 무분별한 개발로 인한 경관 훼손 문제는 날로 가속화되고 있다. 특히 녹지, 동·식물 서식지, 철새 서식지 등의 면적 감소는 심각한 수준에 이르렀으며, 기후변화, 미세먼지 증가 등으로 인해 삶의 질이 지속적으로 저하되고 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해 경관계획 분야에서는 도시생태현황도를 작성하고 다양한 경관계획모형(조현주, 2012; 김진효, 2020)을 개발하여 체계적인 관리 수행하였다. 선행연구(Park et al., 2026) 또한 경관계획모형의 세부 지표를 현 실정에 맞게 최신화하고 관련 현행법과 법정계획, 실행사업간의 체계를 구축한 바 있다.

그러나 현재 경관계획은 대부분 소규모 지역을 대상으로 관리 체계가 이루어져 있고, 생태·경관보다 도시의 미·시각적 개선에 치중되어 있는 경향이 있다. 또한 지자체별 상이하게 인식되는 경관의 의미로 인해 도 단위와 같은 광역적 경관관리 가이드라인은 제시되지 못하고 있는 바, 경관계획의 보편화 및 대중화를 저하시키는 결과를 초래하였다.

이상과 같은 문제를 해결하기 위한 방안으로 디지털트윈 기반 경관계획 플랫폼의 도입이 절실히 요구된다. 즉, 경관계획과 디지털트윈의 접목은 물리적인 한계를 받지 않으면서 지자체 간의 경관관리 알고리즘을 구현하고, 가상의 스페이스에서 대규모 단위의 공간을 분야별로 체계성 있게 관리할 수 있는 차세대 경관관리 방향성을 제시하는 데에 큰 의미가 있을 것으로 판단된다.

본 연구에서는 기연구된 경관계획모형 프레임워크(Park et al., 2026)의 후속 연구로서 해당 경관계획지표의 모듈화 및 사례지 적용에 매우 큰 의의를 두었다. 특히, 향후 고도화된 L-Twin 플랫폼을 구축하기 위한 필수적인 선행 단계로서, 기연구된 텍스트 기반의 경관계획지표를 3차원 환경에서 작동 가능한 '공간적 지표 모듈'로 치환하고, 이를 실제 3D 기초지도에 적용하는 시각화 및 표준화 기법을 제시하는 데 목적이 있다.

이상과 같은 연구 결과는 4, 5차 산업이라는 세계적 추세에 대응하여, 경관계획 분야의 디지털 전환을 위한 기초 연구로서 매우 큰 의미가 있을 것으로 생각된다.

1.2 이론적 고찰

1.2.1 경관계획모형

경관계획은 지역의 자연경관 및 역사문화 경관, 도시 및 농촌, 산촌 등의 우수한 경관을 보전하고, 훼손된 경관을 개선하거나 개발하기 위하여 실행하는 법정계획으로 정의되고 있다(경관법, 2019). 일례로 Paul(1995)은 경관계획을 "생물다양성 보전을 추구하는 과정"으로 정의하며 경관자원을 보전하기 위한 보전구역의 설정과 그에 따른 개선 방안을 논의하였다. 이상과 같이 경관계획은 기존 협의의 개념에서 나아가 자연체험, 휴양, 인간의 삶 등 넓은

의미에서 활용될 수 있는 문제 해결적 도구로서 경관의 문제해결 또는 경관의 다양한 기능을 지속적으로 유지하는 것에 목적을 두고 있다.

경관계획모형은 지구단위, 광역단위, 도·시군단위의 개발 또는 농·어·산촌 지역의 개발 등에서 발생하는 경관 훼손, 서식지 파괴 등의 문제를 해결하기 위한 계획적 도구로 정의할 수 있으며(조현주, 2012) 경관계획 시, 절차적·체계적 공간구성에 핵심적인 역할을 수행할 수 있다. 본 연구의 선행연구에서는 경관계획모형의 세부지표 및 하위지표와 현행법, 사업, 법정계획 간의 체계를 설정해보고, 과거보다 중요도가 높아졌다고 판단된 하위지표는 상향 조정하였다(그림 1 참조). 그리고 현 시점에서 잘 사용되지 않거나 의미해석적으로 어려움이 있는 단어는 수정·교체하는 작업을 수행하였다(표 1 참조).

자세히 살펴보면 보전적 측면에서의 경관계획모형 세부계획지표 "근자연형 서식공간의 설치, 복구 및 관리(A12)"에 속한 7개의 하위지표가 실행사업과 직접적으로 연관되어 있는 것으로 분석되었던 바, 하위지표를 세부계획지표로 상향조정하였다. 또한 기존 세부계획지표인 "경작지 내 수림 설치, 관리 및 식재(A13)"의 경우에도 지표에 속해있던 "비경작 테두리 띠숲의 개선 및 관리(Y1)", "유수지의 재자연화(Y2)", "경작지 가장자리 띠숲의 개선(Y4)" 등 하위지표 7개를 상향조정하였다. 자연체험 및 휴양적 측면에서의 경관계획모형에서는 "확장 및 연결 조치를 위한 발전방향 개선(A9)"은 물리적으로 표현하기 어렵다고 판단되어 제외하였다. 또한 자연체험 및 휴양적 측면에서의 경관계획모형의 경우에도 의미가 명확하지 않다고 판단되는 세부계획지표들을 농·산어촌의 공간적 특성과 현실을 반영하여 재명명하는 과정을 수행하였다. 일례로 "일광욕 및 놀이용 초원의 조성"의 경우 독일의 경관계획을 기초로 한 번역어로서 국내 실무 및 대중적 이해도가 낮다고 판단하여, 동일한 공간적 기능을 수행하면서도 국내에서 보편적으로 통용되는 계획 용어인 "다목적 잔디광장의 조성(B7)"으로 재명명하였다.

이러한 경관계획모형은 경관의 보전과 활용을 위한 체계적인 지표를 제시함에도 불구하고, 텍스트 기반의 서술적·평면적인 지침에 머물러 있어 실제 3차원 공간에서의 적용 양상이나 시각적 변화를 사전에 파악하기 어려운 한계가 있다. 따라서 본 연구는 이러한 기존 경관계획모형의 평면적 한계를 극복하기 위해, 기도출된 보전 및 휴양적 측면의 지표들을 3차원 공간 객체(모듈)로 변환하여 디지털트윈 환경에 적용하는 방안을 모색하고자 한다.

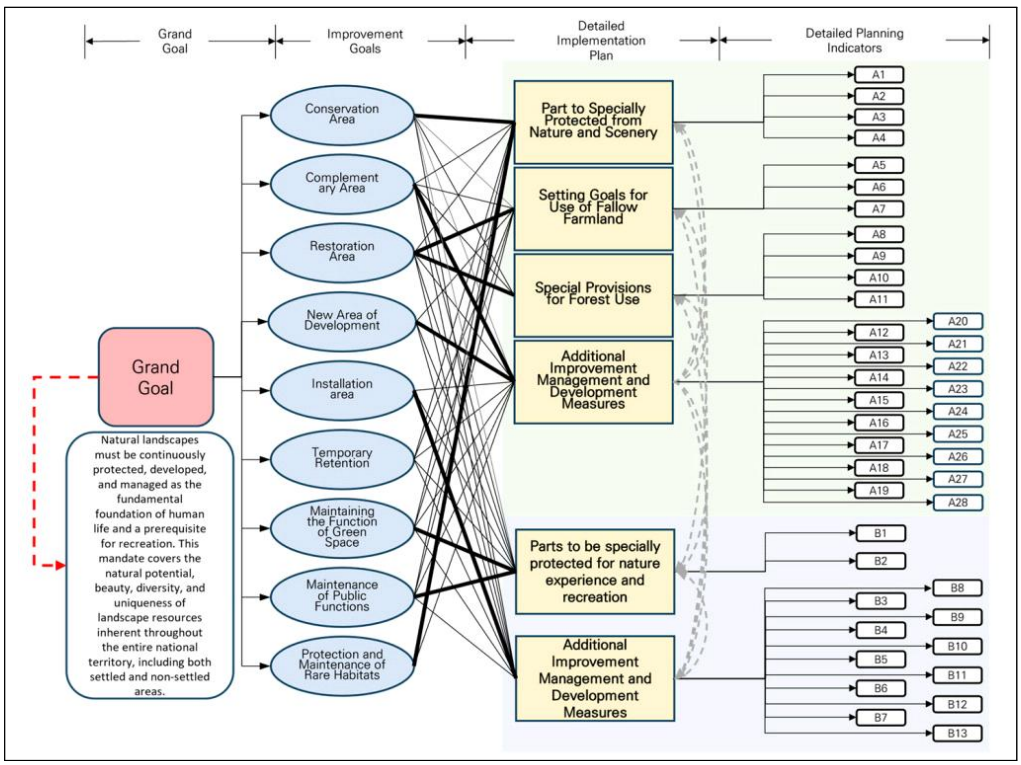


그림 1. 경관계획모형 모식도

범례: ━━ 높은 적용성(또는 높은 관련성) ── 일반적인 적용성(또는 일반적인 관련성)

---- 계획 목표 간의 상호 영향

출처: Park et al.(2026)

표 1. 경관계획모형의 세부계획지표

세부계획지표	
A1: Nature conservation area	A22: Archetype plants
A2: Landscape conservation area	A23: Riverside forest
A3: Natural monument	A24: Woods land in cultivated areas
A4: Landscape element	A25: Protection planting
A5: Natural development	A26: Passageway for wildlife movement
A6: Transition and utilization of specific forms	A27: Buffer forest zone
A7: Artificial management	A28: Creation of a forest
A8: Reforestation to a particular species	B1: Nature experience and recreation conservation area
A9: Complete logging restrictions in forests	B2: Nature experience and recreation improvement area
A10: Prohibition of afforestation of other species other than local tree species	B3: Improvement of visual-oriented landscape-oriented areas
A11: 1st stage braised except for certain species	B4: Creating a view area
A12: Uncultivated stripe	B5: Creating an ecological parking lot
A13: Restoring of stream	B6: Installing the walk-bike combination road
A14: Wetland Biotope	B7: Creation of a multi-purpose grass area
A15: Improvement of edge stripe in cultivated land	B8: Creation of cultivation land of landscape crops
A16: Improvement of forest edge	B9: Development and additional development of small recreational spaces based on nature
A17: Creating a natural habitat in agricultural land	B10: Construction of a small hydrophilic recreation area
A18: Improvement and management of multi-purpose sites	B11: Renovation of an underdeveloped building
A19: Hedgerow (tall-bush)	B12: Maintenance of visual interference structures
A20: Hedgerow (low-bush)	B13: Restoration of the landscape damage space
A21: Plants in a line	

출처: Park et al.(2026)

1.2.2 L-Twin 플랫폼의 개념

L-Twin 플랫폼은 선행연구(Park et al., 2026)에서 경관관리(landscape management)와 디지털트윈(digital twin)의 결합을 의미하는 용어로서 경관·시각·문화 등의 정보를 빅데이터화하여 3D 디지털 정보로 전환하고, 그 정보를 이용하여 각종 시뮬레이션을 통한 결과를 도출하는 플랫폼으로 설명할 수 있다. 즉, 경관관리 디지털트윈은 절차·체계적으로 경관관리에 대한 각 기능을 수행하며, 이를 가시적으로 보여줄 수 있는 하나의 플랫폼으로 이해할 수 있다. 기존의 일반적인 3D 도시모형이나 디지털 플랫폼이 건축물 중심의 회색 인프라 복제에 치중했다면, 본 연구가 발전시키고자 하는 L-Twin은 평면적 텍스트로 존재하던 '생태·경관 지표'를 3차원 공간 객체(모듈)로 치환하여 가상 공간에 매핑하는 데 있다.

디지털트윈과 경관계획·관리 접목의 필요성 및 장점에 대해 살펴보면 크게 네 가지 측면에서 도출할 수 있다. 첫째, 현실 동기화가 실시간으로 반영될 수 있다는 점이다. 기존 경관계획·관리는 정적인 평면 자료를 중심으로 수행된 반면, 디지털트윈 기반 경관계획·관리는 계절별 산림 변화지도, 실시간 위성영상, 센서 데이터 등 동적 자료를 활용하여 실제 공간변화의 흐름을 보다 정확히 실시간으로 반영할 수 있다(Ketzler et al., 2020; 원석한 등, 2022). 둘째, 경관관리 디지털트윈은 심층 시뮬레이션 분석을 가능하게 한다. 예를 들어, 계절에 따른 식생 변화나 수목 성장 상태를 시각화하고, 이를 통해 보환·보식이 필요한 공간을 정량적으로 도출할 수 있다. 특히 생태·녹지 모니터링 분야에서는 최근 이슈가 되고 있는 대규모 산불 예방 및 복구에 큰 활용도가 있을 것으로 생각된다.

셋째, 양방향 의사소통 측면에서 경관관리 디지털트윈은 시민과 행정 간 양방향 소통 플랫폼으로 활용될 수 있

다(Dembski et al., 2020). 특히 시각화된 도면을 VR 및 AR을 통하여 분석하고 도출된 결과를 공유함으로써 즉각적인 의사소통 및 시민참여를 유도하는 효과가 입증된 바 있다(White et al., 2021). 넷째, 기후변화 대응 측면에서 디지털트윈 시뮬레이션을 활용하여 침수, 폭염 등 도시 재난 상황에 대비한 회복가능한 공간구조, 완충녹지, 대피경로 등 위기 대응 경관설계의 효용성이 검증되었다(서기환 등, 2021).

특히 최근 대두되고 있는 5차 산업혁명의 한 축으로서 시민의 삶과 정체성, 삶의 질 등을 반영한 인간 중심의 경관관리를 실현할 수 있을 것으로 판단된다. 예를 들어, 과거 경관 변화 데이터를 학습한 AI는 향후 경관 훼손 예상지역을 사전에 예측하거나, 불법 구조물과 같은 시각적 방해 요소 자동 감지 등 지속 가능한 경관 관리를 하는 것에 도움을 줄 수 있다. 또한 AI를 활용해 경관계획·설계의 경관 가이드라인 적합성을 자동 판별하고, 사용자 맞춤형 경관 관리 지침을 제안하는 등 지능형 경관계획의 기반 기술로서 활용될 수 있을 것으로 판단된다. 그리고 최근 많은 강수량 때문에 문제가 되고 있는 도시 재난(침수, 폭염 등) 상황에서 디지털트윈 시뮬레이션을 통해 회복가능한 공간구조, 완충녹지, 대피경로 등 위기 대응 경관설계가 가능할 것으로 생각된다(서기환 등, 2021). 또한 이는 AI 경관 가이드라인 자동 제안 시스템을 통해 누구나 간편하게 대상지에 대한 경관 계획·관리가 가능할 것으로 생각되며 더욱 나아가 시각화한 도면을 VR 및 AR을 통하여 분석하고 도출된 결과를 공유하여 즉각적인 의사소통을 할 수 있을 것으로 예상된다(White et al., 2021). 특히, 일반인들도 쉽게 시각적으로 접근이 가능하여 접근성이 향상되면 궁극적으로 경관계획 분야를 확장하는 것에 매우 큰 효과를 줄 수 있을 것으로 생각된다.

디지털트윈은 2002년 Michael W. Grieves가 제품생애주기관리(product lifecycle management, PLM)의 이상적인 모델을 설명하면서 그 개념이 처음 언급되었으며(이병선, 2024), 현실세계의 물리적인 환경을 가상환경에서 정확하게 모사하고, 이를 기반으로 현실세계에서 발생하는 미래의 상태를 시뮬레이션 및 예측할 수 있도록 하는 기술로 정의할 수 있다(김현철과 한정엽, 2024). 이를 세부적으로 설명하면, 현실의 물리적 대상을 디지털 가상 공간에 동기화하여, 디지털 공간에서 현실의 문제 해결 및 개선 방안 모색을 위한 다방면의 모의 실험과 분석을 효율·체계적으로 수행할 수 있도록 도와주는 기술플랫폼이라 할 수 있다(김현철과 한정엽, 2021).

현재 디지털트윈은 산업 공장 및 제조업 공장 현장을 모니터링하거나, 기계에 대한 실시간 관리 및 오류제어를 통해 사고를 최소화하는 데 활용되고 있다. 또한 서울시를 포함한 일부 광역시 및 지자체, IT 기반 대형 기업 및 스타트 기업 등의 회사에서는 관광산업 및 발표회, 회의용 가상공간으로 디지털 트윈을 활용하고 있으며, 특히 지도작성 및 공간기획에서는 V-WORLD, S-MAP(서울), 대구 3D지도와 같은 플랫폼이 활용됨. S-MAP의 경우 서울의 모든 공간정보를 통합한 3D 플랫폼으로 실시간 서울 부동산 가격과 주변 환경·통계정보를 제공해주는 “부동산 실거래가격 서비스” 등 주택, 교통, 환경과 같은 도시정보 및 문화를 분석 또는 표현하고, 도시정보의 모니터링을 통해 도시 운영 효율을 높이는 것에 활용되고 있다.

따라서 경관계획과 디지털트윈의 접목은 도면의 시각화, 다양한 시뮬레이션 분석, 의사소통 기능 및 접근성의 향상, 경관계획 분야의 확장 등의 장점이 있을 것으로 판단되며 특히 경관관리 분야에서 4차, 5차 산업혁명을 적용하기 위한 기초 연구로서의 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다.

1.3 선행연구 기반 연구체계

이상과 같은 두 가지의 분야를 접목시키기 위하여 Park et al.(2026)은 경관계획모형의 재설정과 현행법, 법정계획, 실행사업간의 체계 구축을 통해 경관관리와 디지털트윈과의 접목가능성에 대해 연구를 수행하였다. 자세하게 살펴보면 우선 기연구된 경관계획모형을 현 실정에 맞추어 재설정하였다. 그리고 경관계획모형과 현행법, 법정계획, 실행 사업으로 이어지는 경관관리모형을 구축하였다. 다음으로는 경관관리모형의 경관 개선방안을 최신화 및 재구성하였다. 이 과정에서는 우선 텍스트마이닝을 활용하여 개선방안들을 그룹화하여 적용성을 높이는 작업을 수행하였다.

텍스트마이닝의 경우 기 연구된 경관계획모형의 세부 개선 방안들을 활용하여 텍스트데이터를 구축하고, 프로그램을 통해 빈도수가 높은 텍스트를 추출하였다. 그리고 관련 분야 전문가와의 브레인스토밍 과정을 통해 개선 방안으로써의 의미가 있거나 중요한 텍스트를 따로 분리하였다.

분석에는 파이썬(Python) 기반의 소프트웨어인 Orange3(버전 3.35.0)를 활용하였으며, 구체적으로는 내장된 텍스트 마이닝 애드온(Text Mining Add-on)을 사용하였다. 또한 분석을 위해 경관 계획 모델 관련 선행 연구에서 개선 방안과 관련된 총 198개의 문장을 추출하여 텍스트 코퍼스(corpus)를 구축하였다. 텍스트 마이닝 단계에서는 주요 용어 선정 과정의 객관성을 확보하기 위해 출현 빈도가 5회 이상인 단어를 우선적으로 추출하였다. 다음으로 전처리 단계에서는 소문자 변환, 악센트 제거, URL 제거 및 파싱을 포함한 토큰화 과정을 적용하였다. 그리고 불

용어 제거 과정에서는 문장 부호(‘,’, ‘.’, ‘/’ 등)와 실질적인 의미가 없는 단어를 제외하였다. 그 후, 추출된 용어를 포함하는 개선 방안들을 그룹화하여 통합된 모듈로 구성하였다. 마지막으로 각 모듈에는 그 개념적 의미를 함축하는 대표 용어를 부여함으로써, 경관 계획 체계 내에서의 정의와 범위를 최종적으로 확정하였다.

그 결과 “행위제한”, “산림가장자리” 등의 단어가 선정되었으며, 그중 “훼손행위제한”, “조림 행위” 등과 같이 경관 보전에 대한 의미가 있다고 판단되는 텍스트들은 PM(preservation module)으로 분류하였다. 그리고 “경관작물 재배”, “산책로 조성” 등과 같이 자연체험 및 휴양에 대한 의미가 있다고 판단된 텍스트들은 RM(recreation module)으로 분류하였다. 또한 일반적으로 통용되는 규격, 면적 등에 관한 사항은 각각 PM-X, RM-X로 분류하였다. 그 결과 보전적인 의미를 대표하는 텍스트(PM) 12개, 자연체험 및 휴양적인 의미를 대표하는 텍스트 10개로 분류되었다.

각 분류된 텍스트를 기반으로 기연구된 경관계획모형의 세부 개선방안을 그룹화하였으며, 이 과정에서 현재 시행되고 있는 법적 세부지침과, 관리지침, 관련 시방서 등을 적용하여 최신화 및 재구성하였다.

선행연구(Park et al., 2026)가 텍스트 마이닝을 통해 경관 개선 방안을 개념적으로 분류(PM, RM)하고 2차원적인 관리 지침을 도출하는 데 집중했다면, 본 연구는 이러한 텍스트 기반의 개념적 그룹을 디지털트윈(L-Twin) 환경에서 실제 구동 가능한 공간적 지표 모듈로 변환했다는 점에서 뚜렷한 방법론적 차별성을 지니고 있다. 즉, 본 연구는 선행연구의 결과를 단순히 3D 프로그램에 시각적으로 적용한 것에 그치지 않으며, 추출된 텍스트 모듈이 다차원적 공간 데이터(지형, 저수지, 산림 등) 및 속성값과 연동될 수 있도록 연결하는 방법을 제시하였다.

이를 위해 각 지표 모듈에 대한 3D 경관계획 및 설계 적용 알고리즘을 새롭게 제시하였으며, 실 사례지를 통해 모듈을 적용한 공간 도면을 도출하였다. 이는 기존의 평면적이고 서술적인 경관 지침을 넘어, 향후 L-Twin 플랫폼 내에서 경관계획의 시뮬레이션 및 자동화를 구현하기 위한 실천적 기반 모듈 적용 방안을 마련했다는 데 의의가 있다.

2. 연구방법

2.1 연구 범위

본 연구의 내용적 범위는 경관관리 디지털트윈 플랫폼 구축 관점에서 선행연구(Park et al., 2026)의 후속 연구로서 기 연구된 경관계획모형의 모듈화와 시각화로 한정하였다. 내용적 범위로는 본 연구는 이상적인 경관계획 디지털트윈 플랫폼을 구축하기 위한 필수 전제 조건으로서, 개념적인 경관계획 지표들을 3차원 가상 공간 상에 물리적으로 배치하고 인식할 수 있도록 지표 모듈 시각화와 이를 적용하는 방법론 제안으로 한정하였다.

공간적 범위로는 경상북도 경산시 진량읍 양기리 일대로 설정하였으며(그림 2 참조), 면적은 약 804,000m^{2}로 나타났다. 사례지 선정의 경우 다양한 경관요소가 존재하고 도시화가 일부분 진행되어 경관파괴의 위험성이 높으며, 산림과 저수지 및 하천에 인접한 공간으로 선정하였다. 특히 대상지의 경우 도시경관, 농촌경관, 하천 및 저수지, 산림 등 다양한 경관요소를 포함하고 있는 것으로 파악되었다. 대상지 조사의 경우 2024년 3월-6월, 9월-10월 총 두 차례에 진행되었다. 현장조사 결과, 대상지 내에는 대형 저수지를 중심으로 한 수공간, 대형 캠퍼스 부지가

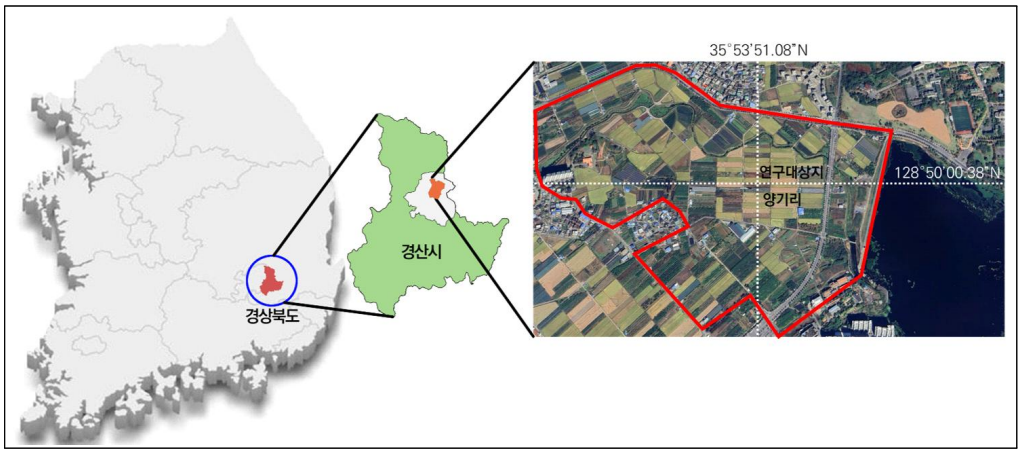


그림 2. 연구대상지 위치도

형성하는 인공 및 녹지 복합공간, 그리고 기존의 농촌경관과 새롭게 유입된 도시경관 등 이질적인 경관요소들이 혼재되어 나타났다.

이러한 현장조사를 통해 도출된 핵심 경관요소들의 공간적 분포와 계절적 특성 데이터는 이후 3D 기초 디지털 트윈 지도 제작 시 지형 및 토지이용 구분의 기준 데이터로 직접 활용되었다. 또한, 수공간 인접지에는 '소규모 친수 휴양공간(RM-3, PM-10)', 농촌 경작지 주변에는 '경관작물 재배지(RM-4)' 등 각 공간의 현황 특성에 가장 부합하는 지표 모듈을 선별하고 배치하기 위한 적합성 판별의 근거로서 활용되었다.

2.2 연구 수행 절차

본 연구의 연구 단계는 총 4단계로 진행되었다(그림 3 참조). 첫째 단계에서는 선행연구에서 재설정된 경관계획모형 계획지표의 중요도를 재검토하였다. 또한 포지셔닝 분석을 통해 모듈의 상대적인 의미적, 물리적 크기를 설정하고 그룹화를 진행하였다. 여기에서 모듈화 및 그룹화는 선행연구된 경관계획모형 모듈을 추후 프로그램상에서 확인 및 적용할 수 있도록 시각화하는 단계이다. 둘째 단계에서는 시각화된 기초 모듈을 바탕으로 경관계획모형 지표 모듈을 구축하였다. 셋째 단계에서는 대상지를 설정하고, 대상지 내에 적용가능한 지표 모듈을 3D 프로그램상에서 적용하고, 그에 대한 기초 맵핑 기법을 제시하였다. 넷째 단계에서는 대상지를 바탕으로 지표 모듈이 도면에 적용되는 방법을 구현하였다. 이 단계에서는 각 지표별 적용되는 모습을 순차적으로 구축하였으며, 지표 모듈이 종합적으로 적용된 전체적인 3D 경관계획도면을 제시하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 포지셔닝 분석을 통한 기초 모듈 체계 설정

본 연구의 포지셔닝 분석은 선행연구에서 구분된 텍스트 그룹의 의미적 크기와 도면 분석을 통해 분석된 물리적 적용 범위(크기)를 기준으로 수행하였다. 의미적 크기의 경우 기연구된 경관계획모형의 중요도 평가를 기준으로 분석을 진행하였다. 조현주(2008)는 경관계획모형 개발 시 각 세부 계획지표 항목의 중요도를 7점 리커트 척도 설문조사를 통해 평가하였으며, 그중에서 자연 보호 지역 설정, 경관 보호지역 설정, 등은 중요도 값이 6.2 이상으로 매우 높다고 분석하였다.

그러나 이에 대한 세부 계획 지표 항목은 현재 상황에 적용하기에는 시점적 차이가 존재했던 바, 선행 연구를 통하여 현 실정에 맞도록 재설정하였으며 중요도 평가 또한 전문가와의 브레인스토밍 과정을 통하여 재구성하였다. 의미적 크기의 척도 변환 및 보정을 위한 전문가 평가는 단순 논의를 배제하고 구조화된 브레인스토밍 과정을 수행하였다. 참여 구성원은 조경계획 및 생태복원 분야 박사학위 소지자 중 관련 실무 및 연구 경력 10년 이상인 전문가 10인으로 구성하였다. 브레인스토밍 과정의 경우 개별 서면 평가를 통한 1차 점수 변환 후, 2차 대면 회의를 통해 척도 경곗값에 대한 점수 조정을 진행하였으며, 최종적으로 패널 간 80% 이상의 동의(합의)가 도출된 지표에 한해서만 점수를 상향 조정하였다. 또한 의미적 크기는 물리적 크기를 산출할 때 적용한 1-5점의 상대적 척도와 동일한 기준을 적용하기 위하여 기존의 7점 척도 평갓값을 5점 척도로 치환하였다. 세부 치환 기준은 6.5점 이상 7

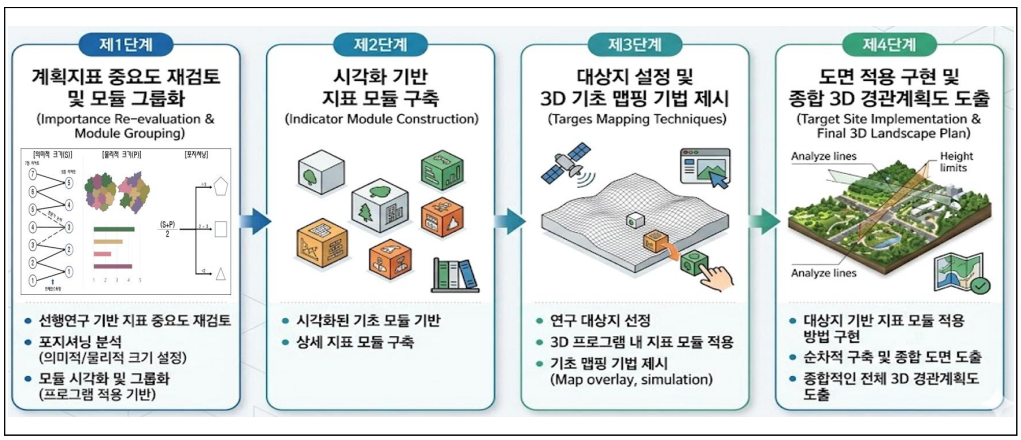


그림 3. 연구 수행 절차

점 이하는 5점, 5.0점 이상 6.5점 미만은 4점, 4.0점은 3점, 2.5점 이상 4.0점 미만은 2점, 0점 이상 2.5점 미만은 1점으로 변환하여 적용하였다. 특히, 의미적으로 매우 가치가 있는 지표가 평균에 의해 낮은 점수를 받은 경우 전문가의 판단에 의해 상향시키는 과정도 함께 수행하였다. 일례로 'RM-8(정비)' 지표의 경우, 시각적 저해 요소 및 방치된 인공구조물의 정비와 철거를 지시하는 항목으로서 초기 점수는 2점이었으나, 해당 지표가 대상지의 경관 향상 및 생태적 회복을 유도하기 위한 핵심 관리 지표로 판단됨에 따라, 전문가 회의의 합의를 거쳐 최종 3점으로 상향 적용하였다.

물리적 적용 범위(크기)의 경우 실제 경관계획모형을 활용 계획한 도면상에서 해당 지표가 점유하는 공간적 면적의 상대적 비율로 정의하였다. 분석 대상 도면은 대구광역시 사이언스파크 경관계획도면, 광명시흥지구 경관계획도면, 대구광역시 하빈면 낙동강 유역권 경관계획도면, 경상북도 김해시 대동면 사례마을 만들기 경관계획도면 등 총 8개의 도면을 활용했으며, 다양한 스케일과 공간 특성을 지닌 경관계획도면을 선정하여 비교 분석하였다.또한 지표의 적용 면적을 기준으로 1점에서 5점 사이의 상대적 등급으로 환산하였다. 여러 도면에 공통으로 적용된 지표의 경우, 각 도면에서 환산된 등급 점수의 산술평균값을 최종 물리적 크기 점수로 산정하였다.

포지셔닝 분석에 따른 모듈의 기호화(오각형, 사각형, 삼각형)는 지표의 종합적인 중요도를 직관적으로 판별하기 위한 기준으로, 형태 결정은 도출된 의미적 크기와 물리적 크기 값의 산술평균을 바탕으로 설정하였다. 두 값의 평균이 3.0 이상인 경우 경관에 미치는 종합적 영향력이 가장 높고 적용 범위가 넓다고 판단하여 '오각형'으로 도식화하였다. 평균값이 2.0 이상 3.0 미만인 경우는 중간 단계인 '사각형'으로, 2.0 미만으로 국지적 적용에 그치거나 의미적 비중이 낮은 경우는 '삼각형'으로 분류하였다. 특히 모듈의 시각화 과정에서는 선행연구의 텍스트 마이닝 도출 빈도를 추가로 고려하였으며, 구조화된 전문가 협의를 거쳐 실질적 중요도에 따라 일부 모듈의 등급(형태)을 상향 또는 하향 조정하는 단계를 수행하였다(그림 4 참조).

상세 사례를 살펴보면, 선행연구된 텍스트 그룹 PM-1의 경우 서식지 훼손 금지 및 수림대 훼손 방지 등 훼손 행위 제한에 대한 내용으로 의미적 크기와 물리적 적용 범위의 평균값이 높게 도출되어 오각형으로 모듈화되었다. 반면, RM-7은 자연체험 및 운동·놀이공간 설치에 관한 지표로 의미적 크기는 높으나 물리적인 공간 넓이가 좁아 평균값이 상대적으로 낮게 산출되었으며, 이에 따라 삼각형으로 모듈화되었다.

이상과 같은 분석을 통해 그림 5와 같이 포지셔닝 분석된 그룹을 상대적인 적용 가능 범위와 지표 의미적 크기에 따라 오각형, 사각형, 삼각형 모듈로 분류하였으며, 모듈에 대한 상세 정보는 표 1과 같이 제시하였으며, 균일한 비교를 위해 5등급으로 치환하여 제시하였다. 그리고 일반적인 개선사항에 해당되는 모듈인 PM-X, RM-X1, RM-X2는 기초 모듈 구축 단계에서는 제외하였다(표 2 참조).

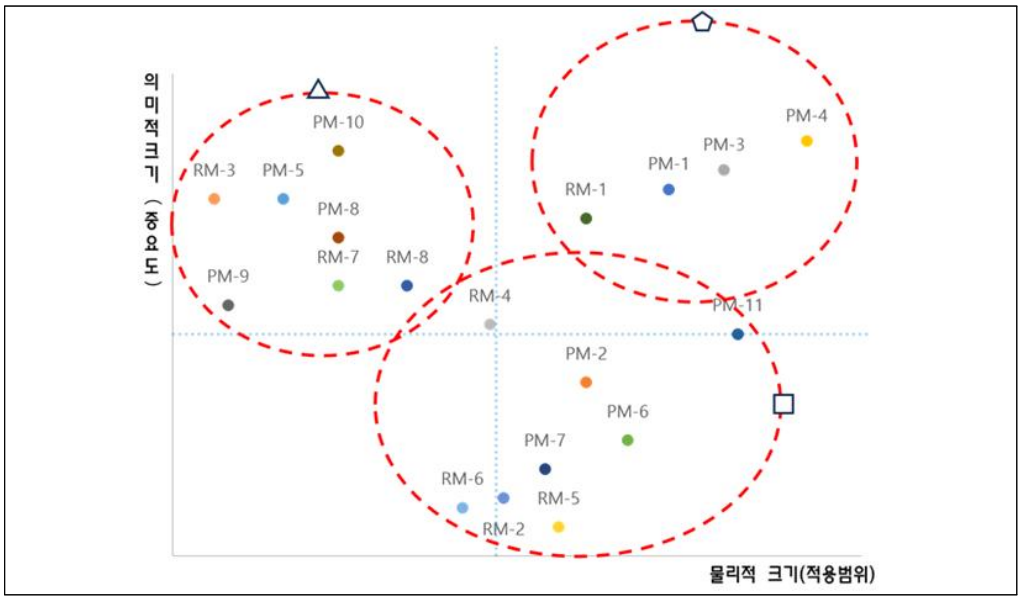


그림 4. 포지셔닝 분석 그래프

범례: ⬠ 의미적 중요도 높음. 물리적 적용범위 넓음.
□ 의미적 중요도 낮음. 물리적 적용범위 넓음.
△ 의미적 중요도 높음. 물리적 적용범위 좁음.

표 2. 기초 모듈의 물리적·의미적 크기

모듈	모듈명		물리적 크기	의미적 크기
	PM-1	훼손행위 제한	3.6	3.8
	PM-2	벌목제한	3.0	1.8
	PM-3	토양의 유지	4.0	4.0
	PM-4	수공간의 변화 및 훼손 제한	4.6	4.3
	PM-5	조림행위	0.8	3.7
	PM-6	휴경지 관리	3.3	1.2
	PM-7	전정 기준	2.7	0.9
	PM-8	수직·수평적 구조의 조정	1.2	3.3
	PM-9	자연적 천이 과정 유도	0.4	3.1
	PM-10	소규모 수공간의 비오톱 설치	1.2	4.2
	PM-11	야생생물 이동통로 설치	4.1	1.0
	RM-1	생태적 수용력	3.0	3.5
	RM-2	산책로의 조성	2.4	0.6
	RM-3	자연 친화적 조성	0.3	3.7
	RM-4	경관작물 재배	2.3	1.8
	RM-5	전망공간	2.8	0.3
	RM-6	주차장설치	2.1	0.5
	RM-7	자연체험 및 운동·놀이시설 설치	1.2	2.8
	RM-8	정비	1.7	3.0

*해당 지수는 상대적 크기임.

3.2 기초 모듈을 기반으로 한 지표 모듈 구축

본 연구의 지표 모듈은 각 세부 계획지표에 대한 개선방안을 시각화한 모듈이며, 도면상에서 각 공간에 필요한 개선사항을 집약적으로 보여줄 수 있을 것으로 생각된다. 이는 추후 L-Twin 플랫폼을 활용하여 경관계획을 진행할 때, 공간에 지표 모듈을 적용함으로서 계획 과정의 간소화와 편의성을 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다. 지표 모듈은 기 연구된 경관계획모형의 세부계획지표를 활용하여 총 41개로 구축하였으며, 자세한 모듈은 다음 표 3과 같다.

지표 모듈을 조금 더 자세히 살펴보면 “수변 수림 설치, 관리 및 식재” 지표의 경우 유수지 양안으로 존재하고 있는 외곽 숲의 흔적 및 잔존 수림대를 의미하며, 수변의 침식보호와 선적 비오톱 연계기능, 완충기능 등을 수행하는 주요 경관요소이다. 특히, 유수지와의 지속적인 생태적 교환작용을 통해 전형적인 수변 생물서식공간을 형성하는 중요한 공간으로 설명이 가능하다. 해당 지표에 대한 적용 기초 모듈은 PM-7( ), PM-8( ), PM-9( ), PM-X(*)가 있으며 개선사항은 표 4와 같다.

다음으로 “자연체험 및 휴양 보전지역” 지표의 경우 경관의 가치를 지속적으로 유지하는 데 기여하는 공간으로 설명할 수 있다. 특히, 자연을 훼손하지 않고 동기화될 수 있는 범위 내에서 자연경관을 이용하는 데 가장 중요한 핵심지역이다. 즉, 자연을 기반으로 자연 체험 및 휴양 활동을 하기에 가장 우수한 자연 경관적 전제 조건을 갖추고 있는 지역으로 볼 수 있다. 이에 대한 적용 기초 모듈은 RM-1( ), RM-2( ), RM-3( ), RM-X_1(*), RM-X_2(*)가 있으며 개선사항은 표 5와 같다.

이상과 같은 기초 모듈과 지표 모듈은 추후 프로그램화된 L-Twin 플랫폼 사용 시 계획 대상지에 직접 드래그하여 지표 모듈이 적용된 모습을 시각적으로 확인할 수 있을 것으로 판단된다. 이에 따라 경관계획 · 관리의 편의성

표 3. 지표모듈 구축 결과표

구분	지표 모듈	적용모듈	지표명
1		PM-1, PM-2, PM-3, RM-X_1, RM-X_2	자연보호지역
2		PM-1, PM-2, PM-3, PM-7, PM-X	경관보호지역
3		PM-1, PM-3. PM-4	천연기념물 보호지역
4		PM-1, PM-3, PM-4	보호가치가 있는 소규모 잔여경관 요소
5		PM-1. PM-9	자연적인 발전
6		PM-5, PM-9	특정형태의 전환 및 이용
7		PM-5, PM-9	인위적 관리
8		PM-2, PM-6	특정수종으로의 재조림
9		PM-2, PM-6	산림의 완전벌목 제한
10		PM-2, PM-6	향토수종 외 타 수종으로의 조림 금지
11		PM-2, PM-6	특정 수종을 제외한 조림
12		PM-3, PM-5, PM-X	비경작 테두리 띠숲의 개선 및 관리
13		PM-4, PM-9, PM-X	유수지의 재자연화
14		PM-1, PM-4, PM-10, PM-X, RM-3, RM-7, RM-X_2	소규모 수공간 비오톱 설치
15		PM-3. PM-8	경작지 가장자리 띠숲의 개선
16		PM-2, PM-3. PM-8, PM-X	수림가장자리의 개선
17		PM-3. PM-10, PM-X	농업적으로 이용되고 있는 부지 내 자연형 서식공간 조성
18		PM-7, PM-9	다면적 이용부지의 개선
19		PM-7, PM-X	키 큰 덤불림 형태의 띠형 수림 설치, 관리 및 식재
20		PM-7, PM-X	키 낮은 덤불림 형태의 띠형 수림 설치, 관리 및 식재
21	*	PM-X	열식 수목 설치, 관리 및 식재
22		PM-7, PM-8	원정형 수목 설치, 관리 및 식재
23		PM-7, PM-8, PM-9, PM-X	수변수림 설치 관리 및 식재
24		PM-8, PM-9, PM-X	경작지 내 포위된 소규모 수림 설치, 관리 및 식재
25		PM-8, PM-X	보호식재의 설치
26		PM-11. PM-X, RM-X_2	야생생물 이동통로의 설치
27		PM-8, PM-X, RM-2, RM-X_2	완충공간 설치
28		PM-8, PM-X	수림조성
29		RM-1, RM-2, RM-3, RM-X_1, RM-X_2	자연체험 및 휴양 보전지역
30		RM-2, RM-3, RM-X_1, RM-X_2	자연체험 및 휴양 개선지역
31		RM-2, RM-3, RM-4, RM-5	미 · 시각적 경관 중심의 경점지역 개선
32		RM-2, RM-3, RM-5, RM-X_2	전망공간 조성
33		RM-2, RM-3, RM-6	생태 주차장의 설치
34		RM-2, RM-3, RM-5	산책로 및 산책 · 자전거 복합로 설치
35		RM-3, RM-7	다목적 잔디광장의 조성
36		RM-4	경관작물 재배지 조성
37		RM-1, RM-3, PM-10	자연을 전제로 한 소규모 휴양공간의 개발 및 추가조성
38		RM-3, PM-10	소규모 친수 휴양공간의 조성
39		RM-8	낙후된 건물의 정비
40		RM-8	시각적 방해구조물의 정비
41		RM-8	경관훼손이 심한 부지의 복구

*: 선행연구의 PM-X, RM-X_1, RM-X_2에 해당하는 일반 개선사항.

표 4. 지표 모듈 예시(수변수림 설치, 관리 및 식재)

지표명	수변수림 설치, 관리 및 식재	지표 모듈	
개선 사항	• 수변수림의 식재 위치는 각 수공간의 크기와 기능에 따라 차이가 있으나 일반적으로는 평수위 바로 위쪽에서부터 수행 • 식재수종은 잠재 자연식생 및 현지 생육환경 요건에 부합하는 수종 선정.주요 식재수종 들로는 물푸레나무류, 버드나무류, 오리나무류 등을 들 수 있음 • 마찰이 심한 수변부에서는 사면을 보호할 수 있는 오리나무류가 유효함 • 오리나무류들은 8-12년 주기로 강전정을 하고 전정된 목재는 운반 • 전정 시기는 10월에서 2월 사이에 시기별로 차별화하여 단계적으로 실행 • 흐름이 잔잔한 수변지역은 시야 확보 및 친수휴양을 위한 초원지 조성 유도 • 가용부지가 충분할 경우에는 다열식재를 기본으로 하고,또한 유수지 방향으로 수고가 점진적으로 높아지는 다층구조 식재 수행함 • 유수지의 재자연화에서 언급하고 있는 하상의 근자연형 개선에 관한 내용과 연계속에서 수행,특히 수변수림 전면부의 초본 테두리 식생은 비경작 테두리 띠숲의 개선 항목에서 기술하고 있는 개선지침 적용		

표 5. 지표 모듈 예시(자연체험 및 휴양 보전지역)

지표명	자연체험 및 휴양 보전지역	지표 모듈	
개선 사항	• 보전적 측면에서 기술하고 있는 계획내용을 최대한 고려하여 경관친화적으로 휴양공간 조성 • 부지의 물리·생태적 조성 상태와 특성에 따라 자연 체험형, 수공간 인접 휴양형, 정적형, 활동형, 역사문화 체험형 등과 같은 자연휴양 공간의 적합성 검토 및 공간의 성격 규정을 통해 대상지에 부합하는 조성방법 결정 • 해당 공간은 친수 휴양형 공간으로 조성 • 주요 진입 공간 또는 시설별 이용자 수 추정을 통해 공간의 생태적수용력을 초과하지 않는 허용범위 내에서 크기 및 수 결정 • 각 공간별 성격에 부합하는 배치 계획, 이동 동선 계획, 식재 계획, 시설물 배치 계획 등과 같은 세부계획 수립 • 필요할 경우 추가적 개선 및 관리 방안 제시와 개발 방안의 내용을 적용하여 보충 • 세부계획은 별도로 수립하여 시행		

과 접근성 증대에 기여할 수 있는 방법론적 가능성을 확인하였다. 특히, 해당 모듈을 활용하여 경관계획을 수행할 시, 경관계획모형을 기준으로 한 정량적인 계획이 가능해질 수 있는 토대를 마련하였으며, 3D 시각적으로 계획·설계를 수행하는 L-Twin 설계의 핵심적인 기능을 보조할 수 있을 것으로 기대된다.

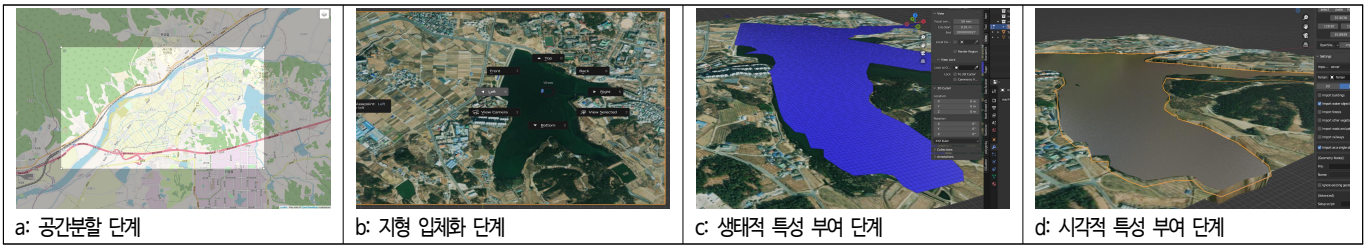
3.3 3D 경관계획도면 제시를 위한 기초 디지털트윈 지도 제작

본 연구에서는 선행연구에서 나아가 모듈화와 시각화에 그치지 않고 각 지표별 계획·설계 방안을 구체적으로 제시하였다. 특히, 본 연구에서는 지표별 계획·설계방안을 시각적으로 제시하기 위해서 경관관리, 시각화, 관련 플랫폼에 대해 활용성 및 적용성이 높은 Blender 3D 4.0.1을 활용하였다. 또한 24년 측정된 1:1000 수치지형도, 2025년 촬영된 항공사진을 활용하였으며, 2024년 10월 드론촬영을 통하여 현실과 디지털트윈 지도 간의 오류를 최소화하였다.

자세하게 살펴보면 기초 디지털트윈 지도의 경우 그림 6과 같이 구글지도를 기반으로 기본 바탕을 제작하였다. 현실과 디지털트윈 지도 간의 지형 차이 오류, 수목 및 시설물 위치 오류 등의 경우 수치지도, 드론촬영 등을 통하여 최소화하였다. 그리고 지형, 저수지, 하천, 산림, 도로 및 건물 순으로 기초지도를 제작하였다. 저수지의 경우 실제 저수지 수심을 기준으로 지형을 구축하였으며, 산림의 경우 식생현황도를 참고하여 각 지역 수종에 맞도록 조성하였다(그림 5 참조).

3.4 지표 모듈 적용 기법 제시 및 경관 계획 디지털트윈 도면 제작

본 연구에서 2D 텍스트 지표를 3D 지표 모듈로 변환하는 알고리즘적 공간계획 원리는 크게 3단계로 구분된다. 첫째, 대상지의 현황 속성을 반영한 공간 분할 단계, 둘째, 지표의 물리적 크기와 고저차를 반영한 입체화 단계, 셋째, 지표의 생태적·시각적 특성을 부여하는 속성 맵핑단계로 이루어져 있다. 이하 각 지표별 세부 적용 기법은 이 3단계 원리를 기반으로 소프트웨어상에서 구현 과정을 축약하여 제시하였다.



a: 공간분할 단계 | b: 지형 입체화 단계 | c: 생태적 특성 부여 단계 | d: 시각적 특성 부여 단계

그림 5. 디지털트윈 기초 지도 제작

경관계획모형 지표 적용의 경우에는 경관 보전적 측면에서의 지표와 자연체험 및 휴양적 측면에서의 지표 적용 방법을 각각 제시하였다. 해당 기초 디지털트윈 지도에 적용한 대표 지표를 몇가지 살펴보면, “소규모 수공간 비오톱 설치” 지표는 다양한 동·식물의 서식장소로서 가치가 매우 높은 정체된 수공간을 의미하며, 이러한 수공간들은 미·시각적 측면에서도 경관에 활력은 불어 넣는 충전요소로 작용한다. 이 지표의 적용 모듈의 경우에는 PM-1, PM-4, PM-10, PM-X, RM-3, RM-7, RM-X_2가 있으며, 시각적 모듈은 “”로 표기가 가능하다. 해당 지표의 적용 방안은 그림 6과 같은 방법으로 제시하였다.

자연체험 및 휴양적 측면에서도 살펴보면 “경관작물 재배지 조성” 지표의 경우 단조로운 농경지 모습에서 탈피하여 다채로운 농촌경관의 이미지를 부각시켜 주고, 특히 자연체험 및 휴양공간으로서도 중요한 가능을 제공해 준다. 또한 계절감 부여와 다채로운 경관변화 유도 등과 같은 지역 활력 증진요소로 작용하여 대상지의 경관조망 질 개선에도 큰 의미를 가지고 있는 지표로 관련 모듈은 RM-4가 있다. “경관작물 재배지 조성” 지표에 관한 적용기법은 다음 그림 7과 같으며 전체적인 지표가 적용된 예상 3차원 도면은 그림 8과 같다.

본 연구에서 제안한 L-Twin 기반의 경관계획 지표 모듈화 및 3D 다차원 설계 방안은 추후 구축될 L-Twin 플

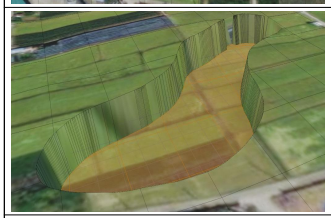
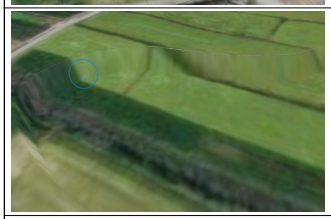
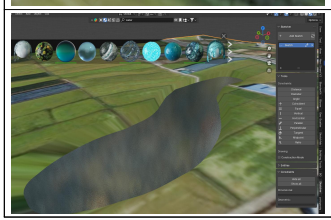
지표모듈	지표명 및 적용기법
	소규모 수공간 비오톱 설치
	• Tab을 눌러 edit 모드로 변경한다. • K(knife)를 활용하여 연못의 형태로 면을 분리한다. • 연못 테두리를 따라 면이 나누어진 것을 확인한다. • 연못 내부 면을 모두 선택한다.
	• 연못의 바닥면이 되는 안쪽 면을 모두 선택한다. • G, Z로 면을 아래로 내린다. • S(sclae)를 활용하여 깊은 곳으로 내려갈수록 면적을 좁혀준다. (연못 바닥 지형 제작)
	• Sculpting 모드로 전환한다. • 연못 바닥과 경사면의 각진 부분을 정리한다. • Sculpting 기능 중 smooth 기능을 활용하여 경사면, 바닥 등을 자연스럽게 연결시켜준다.
	• Blender kit의 매트리얼 카테고리를 클릭한다. • Water을 검색 후 적절한 수면 매트리얼을 선택 후 수면으로 드래그한다.

그림 6. 지표 모듈 적용 기법 예시(소규모 수공간 비오톱 설치)

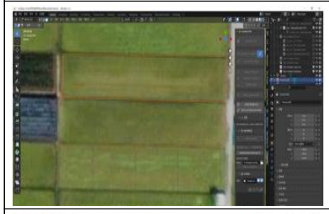
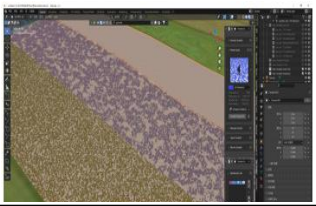
지표모듈	지표명 및 적용기법
	경관막물 재배지 조성
	• GeoScatter 메뉴로 이동한다. • 스포이드를 이용해 분리한 면을 선택한다. • 선정한 잔디를 선택하고, Manual scatter을 실행한다.
	• 스프레이를 이용해 해당 영역 도포하고, 경관작물에 대한 밀도를 조정한다. • ESC를 눌러 Manual scatter을 종료한다. • Scale 메뉴로 이동한다. • Defult scale을 활성화한다. • Local 값을 global로 변경한다.

그림 7. 지표 모듈 적용 기법 예시(경관작물 재배지 조성)



그림 8. 지표모듈 적용 계획 예상도면

랫폼의 핵심 방법론으로서 중요한 역할을 할 것으로 기대된다. 전통적인 경관계획은 평면적인 지형도 위에 색상이나 기호로 관리 구역을 표기하는 데 그쳐, 경관의 스카이라인, 수목의 수관폭, 지형의 고저차 등 3차원적 요소를 체감하기 어렵운 한계가 있었다. 본 연구에서 구축한 3D 지표 모듈은 이러한 평면적 한계를 극복하여 특정 개선 지표가 물리적 공간에 적용되었을 때의 시각적·생태적 변화를 직관적으로 가시화하였다는 점에서 큰 의의를 지닌다.

또한, 본 경관계획지표 모듈은 GIS가 제공하는 지형 공간 데이터를 기반으로 하면서도, 텍스트로만 존재하던 세부 경관계획 지표를 독립적인 공간 객체(모듈)로 치환하여 3D 공간에 직접 배치하였다. 이는 단순한 현황 분석과 설계을 넘어선 디지털트윈을 활용한 계획·설계 방법론을 제시하였다는 데 의의가 있다. 나아가 기존 3D 모델링에서 상대적으로 소외되었던 소규모 습지, 띠형 수림, 경관작물 재배지 등 생태·경관적 요소를 디지털트윈 환경에 구현함으로서, 단순한 3차원 지도를 넘어 생태적 경관관리를 위한 고도화된 플랫폼으로의 확장 가능성을 보여주고 있다.

4. 결론

본 연구는 경관계획모형 프레임워크에 대한 후속 연구로서 경관계획모형의 프로그램화와 L-Twin 플랫폼상에서 활용가능한 지표모듈과 그에 따른 3D 설계방안을 모색하였다. 본 연구의 결과는 다음과 같다.

첫째, 우선 기연구된 경관계획 모형의 지표별 중요도를 재검토하고, 포지셔닝 분석을 수행하였다. 수행결과 대, 중, 소그룹으로 나누어졌으며, 의미적 크기, 물리적 크기에 따라 모듈을 포지셔닝 분석에 따른 기초 모듈을 총 19개로 설정하였다. 기초 모듈의 기호화(오각형, 사각형, 삼각형)는 지표의 종합적인 중요도를 직관적으로 판별하기 위한 기준으로, 경관에 미치는 종합적 영향력이 가장 높고 적용 범위가 넓은 경우 '오각형'으로 도식화하였다. 그리고 중간 정도의 영향력과 범위의 경우에는 '사각형'으로 지정하였으며, 국지적 적용에 그치거나 의미적 비중이 낮은 경우는 '삼각형'으로 분류하였다. 둘째, 기초 모듈을 바탕으로 경관계획모형의 세부계획지표에 해당되는 지표 총 41개에 대한 모듈을 구축하였다. 지표 모듈의 경우에는 도면상에서 각 공간에 필요한 개선사항을 집약적으로 보여줄 수 있을 것으로 판단되며, 추후 L-Twin 플랫폼에서 계획 과정의 간소화와 편의성 향상 효과를 도모할 수 있는 기초적 가능성을 제시하였다.

셋째, 지표 모듈 적용을 위한 디지털트윈 기반 기초 배경을 구축하였다. 이는 3D 설계의 배경을 제작하는 방법이며, 구글지도, 드론촬영, 수치지형도 등을 활용하여 현실과 같은 지형, 저수지, 산림을 구축하는 방법을 제시하였다. 마지막 넷째, 기초 디지털트윈 지도에 지표 모듈을 적용하여 3D 계획·설계 방안을 제시하였다. 이 단계에서는 3D 프로그램을 활용하여 각 지표 모듈에 대한 계획방안을 작성하였으며 지표가 적용된 전체적인 3D 계획 도면을 제시하였다. 특히 이 단계에서는 2D 텍스트 지표를 3D 지표 모듈로 변환하는 알고리즘적 공간계획 원리는 크게 3단계로 구분하여 제시하였다.

경관계획모형의 모듈화 및 사례적용은 경관관리 디지털트윈(L-Twin) 플랫폼 구축을 위한 기초 연구로서 가장 큰 의의를 지니고 있다. 특히 경관계획모형의 모듈화를 통해 경관계획의 정량화를 시도하였다는 측면에서 의미가 있다. 본 연구에서 언급한 정량화란 설계자의 주관적 판단에 의존하던 기존 방식에서 벗어나, 지표의 의미적·물리적 크기라는 두 변수를 수치화하여 모듈의 위계를 객관적 기호(오각형 등)로 산출한 것을 의미하며, 이러한 정량적 기준은 현재의 3D 시각화 도면을 넘어, 추후 고도화된 L-Twin 플랫폼의 소프트웨어 내에서 경관 자동 배치·계획 알고리즘의 우선순위를 결정하는 핵심 매개변수 및 가중치로서 작동할 수 있을 것으로 생각된다. 그리고 자동화 계획을 통해 각 지역 간 객관적인 경관 가이드라인을 제시할 수 있는 기틀을 마련할 것으로 기대된다. 따라서 본 연구의 모듈 시각화와 계획도면의 적용 방법은 경관계획의 평면적인 설계를 다차원적인 설계로 고도화시키기 위한 중간단계로서 의의를 지니고 있다.

본 연구에서 제시한 기초 모듈과 지표 모듈이 자동화가 된다면 프로그램 적용성에서 매우 큰 효과를 기대할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 플랫폼 사용시, 기본 디지털트윈 지도에서 변화하고자 하는 구역을 나누고 모듈을 적용한다면 각 모듈에 맞는 경관의 변화가 이루어져 경관계획의 자동화 적용 가능성을 기대할 수 있다. 그리고 이를 통해 각 지역의 경관 해석 차이 해소에 도움을 줄 수 있으며, 3차원적인 표현을 통해 전문가와 비전문가의 의견 차이 해소에도 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다. 이러한 경관계획의 자동화 및 3차원적 표현은 전문가와 비전문가의 의견 차이 해소에 도움을 줄 수 있는 잠재력을 지니고 있다.

그러나 본 연구는 L-Twin 플랫폼 구축의 중간 과정으로서 텍스트 지표의 시각화와 3D 적용 방안을 개념적으로 제시하는 데 초점을 맞추었기에, 제안된 모듈의 실질적 유효성에 대한 실증적 검증까지는 수행하지 못하였다는 한계를 지닌다. 즉, 기존 2D 경관계획 도면과 본 연구의 3D 모듈 적용 방식 간의 정보 전달 효율성 비교, 계획 소요 시간의 단축 여부, 또는 전문가 및 비전문가 그룹을 대상으로 한 모듈 적합성 및 이해도 평가 등의 정량적 검증 절차가 수반되지 않은 한계가 존재한다.

따라서 향후 연구에서는 본 연구의 결과를 활용하여 실제 경관계획의 자동화 프로세스를 구축하고, 이를 통해 얻을 수 있는 시간적, 비용적 개선 효과를 정량적으로 검증하는 후속 연구가 반드시 수반되어야 할 것이다. 또한 본 연구에서 구축한 모듈은 경관계획 지표의 모듈로 그 범위를 제한한 바, 종합적인 도시계획지표도 모듈화가 진행되어야 할 필요가 있다고 생각한다. 그리고 국소적인 지역을 대상으로 연구를 진행한 바, 전체적인 지표를 표함하지 못한 한계가 존재하며 차후에는 대규모 대상지 선정을 통해 전체적인 지표의 적용을 통한 일반적인 기법을 제시해야할 필요성이 있다고 생각된다. 또한 개인연구의 한계로 인해 지형, 건물 등 정보 및 속성값에 대한 제한이 있었으며, 이에 대한 해결방안으로 추후 연구에서는 정부기관과의 협력, 실제 측량을 통한 오류 수정 등이 필요할 것으로 판단된다.

References

1. 김익회, 서기환, 허용, 임륭혁, 성혜정(2023) 스마트도시 고도화를 위한 메타시티(메타버스 시티) 추진방향. 국토정책 Brief 919: 1-8.

2. 김진효(2020) 경관단위 유형분류 및 가치평가에 기초한 지구단위 경관계획 기법 개발. 경북대학교 박사학위논문.
3. 김현철, 한정엽(2021) 에너지 산업분야 Digital Twin 기술기반 VR콘텐츠 특성연구. 한국공간디자인학회 16(4): 341-348.
4. 김현철, 한정엽(2024) 디지털트윈 객체 유형별 시각 재현 특성 연구: 실내 공간 중심으로. 한국공간디자인학회 19(8): 797-804.
5. 서기환, 정예진, 성혜정, 홍상기(2021) 디지털 트윈 국토 추진을 위한 전략연구. KRIHS(국토연구원).
6. 이병선(2024) LiDAR를 활용한 디지털트윈 구축과 건축산업에의 실용화 연구. 동신대학교 일반대학원 박사학위논문.
7. 임시영, 장요한(2023) 디지털트윈, 메타버스, 그리고 3차원 공간정보가 나아갈 길. 국토정책 Brief 908: 1-8.
8. 조현주(2008) 경관생태계획 모형 및 적용기준 설정. 경북대학교 석사학위논문.
9. 조현주(2012) 비오톱 지도를 기반으로 한 경관계획 모형개발 및 적용. 경북대학교 박사학위논문.
10. 원석환, 전정배, 이제승, 이호영, 김진(2022) 탄소중립도시를 위한 디지털트윈 기술 적용에 관한 연구. 대한토목학회 2022(10): 198-199.
11. Dembski, F., U. Wössner, M. Letzgus, M. Ruddat, and C. Yamu(2020) Urban digital twins for smart cities and citizens: The case study of Herrenberg, Germany. Sustainability 12(6): 2307.
12. Ketzler, B., V. Naserentin, F. Latino, C. Zangelidis, L. Thuvander, and A. Schlueter(2020) Digital twins for cities: A state of the art review. Built Environment 46(4): 547-573.
13. Park, J. Y., H. J. Cho, J. H. Kim, and J. H. Ra(2026) A Study on the development and applicability of a landscape planning model platform. Sustainability 18: 876.
14. Paul, R.(1995) Landscape planning for biodiversity. Landscape and Urban Planning 31: 379-385.
15. White, G., A. Zakhary, O. Saleh, O. Rooney, and S. Clarke(2021) A digital twin smart city for citizen feedback. Cities 110: 103064.