

입체모형 활용 현황, 수요 및 구축 비용을 고려한 실현 가능한 3차원 입체모형 구축 방안 연구

A Study on Feasible 3D Object Model Generation Plan Based on Utilization, Demand, and Generation Cost

김민수* · 박두열**
Kim, Min-Soo · Park, Doo-Youl

Abstract

In response to the recent 4th industrial revolution, the demand for 3D object models in the latest fields of digital twin, autonomous driving, and VR/AR, as well as the existing fields such as city, construction, transportation, and energy has increased significantly. It is expected that the demand for 3D object models with various precision from LOD1 to LOD4 will increase more and more in various industry fields. However, the Ministry of Land, Infrastructure and Transport, and the local government and the private sector have partially built 3D object models of different precisions for some specific regions because of the huge cost. Therefore, this study proposes a feasible plan that can solve the cost problem in generating 3D object models for the whole territory. For our purpose, we first analyzed usage, demand, generation technology and generation cost for 3D object models. Afterwards, we proposed LOD3 model generation plan for all territory using automatic 3D object model generation technology based on image matching. Additionally, we supplemented the proposed plan by using LOD4 generation plan for landmarks and LOD2 generation plan non-urban area. In the near future, we expect this would be a great help in establishing a feasible and effective 3D object model generation plan for the whole country.

Keywords: 3D Object Model, Generation Cost, Precision, Digital Twin, Autonomous Driving

1. 서론

최근 4차 산업혁명 등의 정보화 환경 변화에 능동적으로 대처하기 위하여 공공 및 민간의 3차원 입체모형

에 대한 수요가 크게 증가하고 있다. 도시, 건설, 교통, 에너지 등의 기존 국토교통 정보화 서비스뿐만 아니라, 디지털트윈, 자율주행, VR/AR, 디지털콘텐츠 등의 4차 산업혁명 관련 신규 서비스에서도 3차원 입체모

* 대전대학교 컴퓨터공학과 부교수 Department of Computer Engineering, Daejeon University
(first author: minsoo@dju.ac.kr)

** 공간정보산업진흥원 정보화지원팀 팀장 Informatization Support Team, SpaceN (dy.park@spacen.or.kr)

형 수요가 크게 증가하고 있다. 공공분야에서는 도시 계획 수립, 에너지·교통·환경·수자원 등의 도시문제 해결, 시설물·건축물·경관 등의 도시관리, 재난재해 관리 등과 관련하여 입체모형이 활발히 활용되고 있다. 민간분야에서도 이동통신망 기지국 설계, 게임 콘텐츠 구축, 부동산 정보 제공, VR/AR 서비스, 방송 콘텐츠 제공 등과 관련하여 입체모형이 다양하게 변형되어 활용되고 있다. 해외의 경우도 도시계획, 재난재해, 스마트시티, 범죄예방, 부동산, 시설물관리, 교통관리 등과 같은 분야에서 입체모형을 적용한 서비스가 크게 증가하고 있다. 아울러 3차원 입체모형의 활용 분야별로 다양한 정밀도의 입체모형이 요구되고 있다. 구체적으로 디지털트윈, 자율주행, VR/AR 등과 같은 4차 산업혁명 관련 분야에서는 LOD(Level Of Detail)4의 고정밀 입체모형이 요구되고 있으며, 이외에도 게임 콘텐츠 구축, 공공시설물 관리, 보안 관리 등의 분야에서는 LOD2~3의 다양한 입체모형이 요구되고 있다(국토지리정보원 2019).

다양한 분야의 입체모형 수요를 충족시키기 위하여 국토부, 지자체, 공공기관, 민간기업 등에서 입체모형을 구축하고 있다. 그러나 서로 상이한 정밀도 및 데이터 모델 문제뿐만 아니라, 구축에 소요되는 상당한 비용 및 수시 갱신 문제로 인하여 현행화된 고정밀 입체모형 확보에 많은 어려움을 겪고 있다. 실 예로 국내의 경우 64개 시와 5개 군의 일부지역인 전 국토 100,295㎢ 대비 2.85%에 해당되는 2,862㎢ 면적에 대해서만 고정밀 입체모형이 구축되어 있으며 최근 현행화도 원활히 이루어지지 않고 있다(국토지리정보원 2019). 이에 본 연구에서는 정부 주도로 전 국토에 대한 입체모형 구축 및 갱신 계획을 수립하고자 할 때, 다양한 국내 실정을 고려하여 현 시점에서 실현 가능한 방안에 대하여 살펴보고자 한다. 구체적으로 본 연구에서는 다양한 입체모형 정밀도에 따른 국내의 공공 및 민간 기관들의 수요를 조사하고 입체모형 정밀도에 따른 구축비용 조사를 통하여 현재 시점에서 가장 효과

적이고 실현 가능한 입체모형 구축방안을 제시하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 입체모형 구축 전략, 입체모형의 품질 규정, 표준화된 입체모형 표현 방법, 입체모형 데이터 고도화와 관련된 최근 연구동향을 살펴보고자 한다. 3장에서는 국내외의 입체모형 활용 현황과 입체모형 정밀도 및 텍스처에 따른 활용 수요를 분석하고, 4장에서는 입체모형 정밀도별로 다양한 구축 방법에 대한 비교 및 구축비용 분석을 수행하고자 한다. 5장에서는 입체모형에 대한 수요 분석과 구축 방법에 따른 비용 분석 결과를 바탕으로 전 국토 대상의 실현 가능한 입체모형 구축 방안을 제시하고, 끝으로 6장에서는 본 연구에 대한 결론과 향후 연구방향에 대하여 제시하고자 한다.

2. 관련 연구

3차원 입체모형에 대한 활용이 증가함에 따라 디지털트윈 시대의 입체모형 구축 전략, 입체모형 품질 규정, 표준화된 입체모형 표현 방법, 입체모형 활용분야 확대 관련 다양한 연구들이 수행되고 있다.

특히 디지털트윈 시대의 입체모형 구축 전략과 관련하여 이석민 외(2019)는 서울시 공간정보정책 개선 방안 연구에서 스마트도시의 기본 인프라로 디지털트윈 구축전략 수립이 필요하며 디지털트윈은 3차원 공간정보 체계로 구축되고 운영되어야 함을 강조하고 있다. 사공호상(2018)은 초연결 시대의 공간정보 패러다임 변화와 관련하여 향후 현실공간과 가상공간이 융합된 디지털 가상공간이 활성화되고 이러한 디지털 가상공간을 위한 3차원 공간정보의 구축 및 활용이 일반화될 것으로 예상하고 있다. 이들 연구들은 미래 디지털트윈 시대에 현실공간과 가상공간의 효율적인 융합은 3차원 입체모형을 기반으로 실시간 IoT 정보의 연계를 통하여 실현되어야함을 제시하고 있으며, 가능한 고정밀 입체모형 구축의 필요성을 언급하고 있

다. 디지털트윈 시대에는 이러한 고정밀 객체 기반의 입체모형의 구축이 타당하다고 판단되나, 현 시점에서 전 국토에 대하여 이를 구축하고 유지 관리하는 것은 비용 및 시간 측면에서 거의 불가능하다고 할 수 있다. 이에 본 연구에서는 이석민 외(2019)와 사공호상(2018)의 연구에서 언급되지 않았던 미래 디지털트윈 시대로의 자연스러운 변환을 유도하기 위하여 현 시점 기준으로 다양한 산업분야의 입체모형 활용사례와 입체모형 구축 및 갱신 비용을 고려한 효과적인 3차원 입체모형의 확보 방안을 제시하고자 한다.

디지털트윈 시대의 입체모형 구축 전략 이외에도 입체모형 활용의 극대화와 관련하여 입체모형에 대한 품질 규정, 입체모형 모델의 표준화, 입체모형 데이터의 고도화 등에 대한 다양한 연구들이 수행되었다. 김도형·임시영(2018)은 3차원 공간정보의 지적 분야 활용을 위하여 새로운 품질 규정을 제시하였으며, 이기성 외(2015)는 실내공간정보에 대한 3차원 품질인증 방안을 제시하였으며, 강혜영 외(2018)는 실내공간정보에 대하여 실외 입체모형에 대응하는 3차원 정밀도 모델을 제시하였다. 3차원 입체모형의 효과적인 표현 방법과 효율적인 융합 활용을 위하여 김현덕 외(2017)는 입체모형에 대한 새로운 데이터 모델링 방안을 제시하였으며, 김병선 외(2018)는 입체모형에 대한 표준화된 내부 포맷을 제시하였다. 또한 김병선 외(2019)는 3차원 정밀도로지도 데이터에 대해서도 입체모형과의 융합 활용을 고려한 데이터모델링 및 표준화 방안을 제시하였다. 이외에도 3차원 입체모형 내부 데이터의 고도화와 관련하여 브이월드(V-World)의 기존 입체모형에 가로수, 소화전 등과 같은 신규 시설물을 추가하기 위한 연구(김태훈 외 2017), 지상라이더를 이용하여 건물의 층별 구분이 가능한 객체 기반의 BIM 모델을 입체모형에 도입하기 위한 연구(김경민 외 2016), 2차원 건물정보와 사용자 참여정보에 머신러닝을 적용하여 LOD2 입체모형을 생성하기 위한 연구(Bijecki et al. 2017) 등이 수행되었다. 이와 같이 입

체모형의 효율적인 활용을 위하여 입체모형 데이터에 대한 품질 개선, 표준화 방안, 객체화 방안, 저비용의 갱신 방안 등과 같이 매우 다양한 주제의 연구들이 수행되어 왔다. 그럼에도 불구하고, 입체모형의 효율적인 활용에 가장 우선적으로 필요한 전 국토에 대한 기본적인 입체모형 데이터 확보 방안에 대한 연구는 매우 부족하였다고 판단된다. 이에 본 연구에서는 현 시점에서의 입체모형에 대한 공공 및 민간 수요, 입체모형 정밀도와 활용 분야, 입체모형 구축 방법 및 비용을 분석하여 전 국토에 대하여 실효성 있는 입체모형 구축 방안을 제시하고자 한다.

3. 3차원 입체모형 현황 및 수요 분석

3.1. 국내·외 입체모형 활용 현황 분석

현재 3차원 입체모형은 국내·외의 여러 분야에서 다양한 목적으로 활용되고 있다. 국내의 공공분야에서는 대표적으로 국토부, 서울시, 인천경제자유구역청, 대구시가 포털 서비스 기반으로 3차원 입체모형을 서비스하고 있다. 이러한 포털 기반 입체모형 서비스는 LOD3~4 수준의 3차원 입체모형뿐만 아니라, 수치 표고모형, 정사영상, 2차원 공간정보를 함께 제공하고 있으며, 단순 데이터 제공 및 시각화 서비스 이외에도 다양한 공간분석 기능과 Open API 기능을 제공함으로써 사용자들의 신규 서비스 창출을 지원하고 있다. 또한 공공분야에서는 도시계획, 도시관리, 시설물관리, 재난재해관리, 스마트시티 서비스 등과 같이 다양한 지자체의 의사결정 및 정책수립 과정에도 LOD4의 고정밀 입체모형을 활용하고 있다.

민간분야는 더욱 다양한 분야에서 3차원 입체모형을 활용하고 있다. 언론사, 건축사무소, 부동산 등과 같은 분야에서는 고객들에게 더욱 실감 있는 건물 정보를 제공하기 위하여 LOD4의 고정밀 입체모형을 활용하고 있다. 3차원 게임, VR/AR 등의 분야에서는 실

행 과정에서 실제 건물 정보를 이용한 실감 콘텐츠 서비스를 제공하기 위하여 LOD3 또는 LOD4의 입체모형을 활용하고 있다. 최근에는 5G 서비스 확산과 더불어 이동통신사들의 최적화된 5G 통신망 기지국 위치를 찾기 위한 시뮬레이션 과정에서 가능한 고정밀의 입체모형을 활용하고 있다. 끝으로 연구기관 및 대학을 중심으로 재난재해, 교통, 침수, 건축설계, 지하공간 등과 같은 다양한 연구개발 분야에서도 LOD3 또는 LOD4의 입체모형을 널리 활용하고 있다. 다음 Table 1은 현재 국내 공공 및 민간분야에서의 3차원 입체모형에 대한 주요 활용 현황을 보여준다(국토지리정보원 2019).

해외의 경우도 정부, 지자체, 민간기관을 중심으로 다양한 정밀도의 3차원 입체모형을 구축하여 여러 분야에 활용하고 있다. 구체적으로 싱가포르의 국가 전체에 대하여 LOD3~4의 입체모형을 구축하고 3차원 가상 도시 플랫폼을 구축하여 도시계획은 물론 교통, 환경, 재난, 안보 등의 다양한 분야에 대한 디지털트윈 서비스를 제공하고 있다. 영국은 정부보다는 민간 기업을 중심으로 주요 도시에 대하여 LOD3와 LOD4 입체모형을 구축하여 도시계획, 일조권 분석, 영화, 마케팅 앱 제작 등과 같이 다양한 분야에 유료 서비스를 제공하고 있다. 미국은 다수의 지자체와 민간기관에서 주로 LOD3의 입체모형을 구축하여 자산관리, 보안, 일조권 분석, 재난 시뮬레이션 등과 같은 분야에 활용하고 있다. 이외에도 핀란드, 독일, 네덜란드, 호주 등과 같은 국가들은 입체모형이 필요한 일부 도시지역에 대하여 도시계획, 환경, 국방, 물류, 에너지, 교통, 소음공해 등의 서비스에서 요구하는 정밀도 수준을 고려하여 LOD1~4의 입체모형을 부분적으로 구축하여 활용하고 있다. 다음 Table 2는 주요 해외 국가들의 현재 3차원 입체모형 구축 및 활용 현황을 보여준다(국토지리정보원 2019).

국내외의 3차원 입체모형 활용 현황을 종합해보면, 정부 또는 지자체 중심의 공공분야에서 도시행정 효

Table 1. Domestic utilization of 3D spatial data

Organization	Purpose	Data
MOLIT, IFEZ, Seoul, Daegu	Public portal service, administrative services	DEM, orthogonal imagery, 3D building (LOD3~4)
IFEZ, Seoul, LH, Ansan, Yangsan, Daegu, Suncheon, Kwangju, Suwon, Seongnam	Urban planning and administration facility management, local government decision-making	DEM, orthogonal imagery, 3D building (LOD4)
YTN, Yonhapnews, Architecture office	Additional information service	3D building (LOD4)
SKT, KT	Simulation for 5G base station positioning	3D building (LOD4)
Nexon, VRILLAR	Game and VR contents	DEM, orthogonal imagery, 3D building (LOD3~4)
ETRI, Univ. (Yonsei, Kongju, UOS, SNU, HUFs, SEOULTECH)	R&D (Disaster, traffic, flood damage, architecture design, under ground)	Aerial photography, orthogonal imagery, DEM, 3D building (LOD3~4)

율화 및 최신 스마트시티 서비스 등에 입체모형이 활발히 이용되고 있으며, 민간분야에서도 디지털 콘텐츠 생성, 실세계 시뮬레이션 및 다양한 공간분석 등에 입체모형이 활발히 이용되고 있음을 알 수 있었다. 특히 LOD4의 고정밀 입체모형이 주로 활용될 것이라는 예상과 달리 LOD1~3 수준의 입체모형도 다양하게 이용되고 있음을 알 수 있었다. 이는 현 시점에서 고비용이 필요한 고정밀 입체모형 구축을 무조건적으로 추진하는 것 보다는 입체모형의 활용분야와 구축지역을

Table 2. Overseas utilization of 3D spatial data

Country	Purpose	Data
Singapore	Urban planning, traffic, environment, disaster, security, etc.	All territory (LOD3~4)
England (Private sector)	Urban planning, sunshine analysis, movie, marketing, etc.	Major cities (London, etc.) (LOD3~4)
USA (Private sector, Local government)	Asset management, sunshine analysis, security, disaster simulation, etc.	94 cities (Miami, etc.) (LOD3)
Finland	Environment, defense, logistics, waste, etc.	City (Helsinki) (LOD2)
Swiss	Energy, climate change, etc.	All territory (LOD1)
Germany	Smart city, GIS analysis, etc.	City (Berlin) (LOD1~4)
Netherlands (Private sector)	Population, noise, energy, visibility analysis, etc.	City (Delft) (LOD1~4)
Turkey	Urban planning	City (Istanbul) (LOD2~3)
Malaysia	Public administrative service	City (Putrajaya) (LOD2~3)

고려하여 상황에 따라 고정밀 또는 저정밀 입체모형을 적절하게 구축하는 것이 더욱 의미 있는 방안이 될 수 있음을 보여준다. 이와 관련하여 본 연구에서는 전국토를 도심지와 비도심지로 구분하고 정밀도별로 입체모형에 대한 활용 수요를 분석하여 현 시점에서 가장 효과적인 입체모형 구축 방안을 도출해보고자 한다.

3.2. 입체모형 수요 분석

3.2.1. 입체모형에 대한 산업수요 분석

공간정보산업진흥원(2018)의 설문조사 결과에 따르면 특히 포털 서비스, VR/AR, 게임, 시설물관리, 보안관리 분야에서의 입체모형 수요가 증가하고 있으

Table 3. Precision and construction scope of 3D spatial data by industry

Industry	LOD	Construction scope of 3D data
Portal	4	All territory
VR/AR	4	Urban, tourist attraction, cultural heritage area (Optional, indoor data)
Game	2~3	Nationwide or urban area (Optional, texture)
Facility	2~4	Urban or facility area
Security	2~3	Urban or special building (Mandatory, indoor data)

며, Table 3과 같이 각 분야별로 다양한 입체모형 정밀도와 구축범위를 요구하고 있음을 알 수 있다(공간정보산업진흥원 2018). 포털 서비스는 전 국토 대상의 LOD4 입체모형을, VR/AR 서비스는 도심지역, 관광지역, 문화유산지역 등의 특정지역 대상의 LOD4 입체모형을 요구하고 있다. 게임 서비스는 전 국토 또는 특정 지역에 대상으로 실제 건물에 대한 가상 객체를 재 생성하기 때문에 텍스처가 없는 LOD2~3 입체모형을 요구하며, 끝으로 시설물관리 및 보안관리 서비스는 특정 시설물 대상으로 서비스 수준에 따라 LOD2~4 입체모형을 요구하고 있다.

3.2.2. 입체모형에 대한 수요자 요구 수준 분석

본 연구에서는 입체모형을 필요로 하는 산업분야를 단순히 조사하는 공간정보산업진흥원(2018)의 설문조사 결과를 보완하기 위하여 '19년 3월 7일부터 3월 29일까지 입체모형 관련 주요 수요자를 대상으로 입체모형에 대한 요구 수준에 대한 설문조사를 수행하였다. 구체적으로 현재 입체모형의 수요자인 중앙정부, 지자체, 연구기관, 군, 민간기관의 107개 기관을 대상으로 입체모형 구축 및 갱신 주제, 입체모형을 활용한 업무, 입체모형에 대한 정밀도 요구 수준, 입체모형

에서의 텍스처 필요성 등과 같은 다양한 항목에 대한 설문조사를 수행하였다. 본 연구에서는 Table 4와 같이 107개 기관 중에서 응답을 제공한 지자체 12곳, 연구기관 7곳, 민간기업 5곳, 군 2곳의 26개 기관의 설문 의견을 분석하였다. 특히 본 연구에서는 현 시점에서 실현 가능한 입체모형 구축 방안 도출을 위하여 입체모형 구축 비용에 큰 영향을 미칠 것으로 예측되는 입체모형에 대한 정밀도 요구 수준과 입체모형에서의 텍스처 필요성에 대한 설문결과를 중점적으로 분석하였다.

첫째 각 기관이 입체모형을 이용하여 추진하고자 하는 서비스와 이에 따라 요구하는 입체모형의 정밀도 수준을 조사하였다. 단, 실세계에서 각 기관들이 다양한 정밀도의 입체모형을 동시에 요구할 수 있음을 반영하여 정밀도 수준에 대하여 중복 응답을 허용하였다. Table 5의 설문조사 결과를 보면, 기본적으로 입체모형 정밀도 수준에 대하여 LOD4, LOD3, LOD2의 평균 요구 비율이 각각 58%, 58%, 42%로 나타났다. 일반적인 예상대로 LOD4에 요구 비율이 가장 높게 나타났으며, LOD3와 LOD2에 대한 요구 비율도 예상 외로 높게 나타났다.

지자체 및 군 기관을 포함하는 공공부문과 연구기

관 및 기업을 포함하는 민간부문을 구분한 경우, 위의 설문결과와 다른 형태의 결과가 나타났다. LOD4, LOD3, LOD2에 대하여 공공부문의 요구 비율은 각각 55%, 45%, 45%로 나타난 반면에, 민간부문의 요구 비율은 각각 63%, 75%, 38%로 나타났다. 특히 민간부문은 LOD4 보다 LOD3에 대한 요구 비율이 더욱 높게 나타났으며, 공공부문에 비하여 LOD3~4 입체모형에 대한 전반적인 요구 비율도 높게 나타났음을 알 수 있다.

도심지와 비도심지를 구분하여 정밀도 요구 수준을 조사한 경우도 기본적인 설문결과와 다른 형태를 보여주었다. 도심지는 LOD4, LOD3, LOD2에 대하여 각각 52%, 36%, 16%의 평균 요구 비율을 보여주었으나, 비도심지는 각각 0%, 71%, 29%의 평균 요구 비율을 보여주었다. 다시 말하여 랜드마크 및 복잡한 건물이 많은 도심지는 일반적인 예상과 같이 LOD3 또는 LOD4에 대한 요구 비율이 높았으나, 건물형태가 비교적 단순한 비도심지는 LOD4에 대한 요구가 전혀 없었으며 LOD2에 대한 요구 비율이 상대적으로 매우 높았음을 알 수 있다.

아울러 입체모형 정밀도 수준에 따라 설문조사 기관들이 향후 희망하는 서비스는 Table 5와 같이 조사되었다. LOD4 정밀도가 확보되는 경우는 고수준의 3차원 공간분석, 자율주행 맵 구축, BIM 데이터 융합, 디지털트윈 서비스, 5G 기지국 위치 결정, 실감 VR 콘텐츠 생성 등의 서비스를 희망하였으며, LOD3 정밀도가 확보되는 경우도 LOD4와 유사한 3차원 공간분석, 스마트시티 서비스, 5G 기지국 위치 결정, VR 콘텐츠 생성 등의 서비스를 희망하였다. LOD2 정밀도를 이용하는 경우도 정확성 측면에서 제한적이지만 동일한 공간분석, 5G 기지국 위치 설계, 3차원 공간정보 제공 서비스를 희망하였다.

첫 번째 설문조사 결과를 종합해보면, 입체모형 정밀도에 대한 요구 수준과 관련하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다. 대부분의 설문참여 기관들은 입체모형 정밀도에 관계없이 자신들의 서비스 수행을 이

Table 4. Survey response agencies

Division	Name
Local governments (12)	· Incheon, Daegu, Daejeon, Chungju, Suwon, Chuncheon, Osan, Suncheon, Jeonju, Yangsan, Gyeongsangbuk-do, Chungcheongbuk-do
Military (2)	· Defense Geospatial-Intelligence Agency, 3537 Military forces
Research institute (7)	· KIER, KICT, KRIHS, Univ. Kongu, Univ. Chungang, Univ. Yonsei, Univ. Seoultech
Enterprise (5)	· SKT, KT, Kakao, Nexon, Gonggan ollim

Table 5. Possible application fields according to 3D spatial data precision

LOD (Rate)	Application Fields
LOD4 (58%)	<ul style="list-style-type: none"> · Spatial analysis(Facility location, Visibility, View, Flooding, etc) · Smart city service (Digital twin) · High precision 5G base station positioning · High precision drone control · Autonomous driving map construction · High precision 3D tourist map · High precision VR contents construction · BIM integration
LOD3 (58%)	<ul style="list-style-type: none"> · Spatial analysis(View, sunlight, landscape, noise, radio wave, etc) · 5G base station positioning · Drone Control · 3D GIS service · Smart city service (Disaster, safety, environment) · 3D tourist map · VR contents construction
LOD2 (42%)	<ul style="list-style-type: none"> · Low precision spatial analysis(View, sunlight, landscape, noise, etc) · Approximate 5G base station positioning · Low precision 3D GIS service

미 결정하고 있으며, 이는 LOD4 정밀도의 입체모형 확보가 어렵더라도 LOD3 또는 LOD2 입체모형을 활용하여 서비스 수준 차이에도 불구하고 동일한 서비스 수행을 희망하고 있다는 것이다. 입체모형 서비스 수행 기관들의 이러한 희망사항과 현 시점에서의 신속한 입체모형 확보 가능성을 고려할 때, 민간기관이 LOD4 보다는 LOD3를 더욱 높은 비율로 요구하였던 것으로 예측된다. 구체적으로 도심지에 대하여 공공 부문은 LOD4, 민간부문은 LOD3의 수요가 가장 높았으며, 비도심지는 공공부문과 민간부문 모두 LOD2의 수요가 가장 높았다. 이에 결론적으로 반드시 LOD4가 아니더라도 도심지와 비도심지를 구분하여 LOD3 또는 LOD2를 구축하는 것이 현 시점에서 가장 실현 가능성이 높은 방안이 될 수 있을 것으로 예측된다.

둘째 입체모형 구축비용에 큰 영향을 끼치는 입체모형의 텍스처에 대한 각 기관의 수요를 조사하였다. 설문조사 결과를 보면, 각 기관은 텍스처 필요성과 관련하여 매우필요 15%, 필요 38%, 보통 27%, 불필요 19%의 결과를 보여주었다. 매우필요 및 필요를 응답한 기관을 합쳐 53%가 텍스처가 필요하다고 응답하였으며, 공공부문과 민간부문을 구분한 경우에도 각각 50%와 54%의 기관이 텍스처가 필요하다고 응답하였다. 아울러, 텍스처가 필요하다고 응답한 기관들은 구체적으로 텍스처가 현장조사 대체, 업무 정확도 향상 및 정보 가시성 향상에 큰 도움이 된다고 응답하였다. 구체적으로 카카오의 모바일 3D 지도, 한국에너지기술연구원, 수원시, 양산시 등의 공간분석 서비스, 한국건설기술연구원의 지상·지하 연속 3차원 공간정보 서비스 등에서 텍스처를 적극적으로 활용하고 있다고 응답하였다.

두 번째 설문조사 결과에서 텍스처가 필요하다고 응답한 53% 뿐만 아니라, 보통 의견을 제시한 27%의 기관들도 향후 텍스처의 활용 가능성이 높을 것으로 예상된다. 더군다나, 입체모형의 활용이 증가함에 따라 텍스처에 대한 요구가 더욱 높아질 것으로 예상된다. 이에 결론적으로 향후 텍스처를 필요로 하는 기관의 비율이 80% 이상이 될 수 있음을 고려할 때, 향후 텍스처를 포함하여 입체모형을 구축하는 것이 바람직한 방안이라고 판단된다.

입체모형에 대한 요구 수준 분석과 관련된 첫 번째와 두 번째 설문결과를 종합해보면 현 시점에서 입체모형은 텍스처를 포함하여 구축하는 것이 바람직하며, 도심지와 비도심지를 구분하여 각각 LOD3와 LOD2의 정밀도로 구축하는 것이 가장 실현 가능성이 높다고 얘기할 수 있다.

4. 입체모형 구축 방법 및 비용 비교

본 장에서는 다양한 3차원 입체모형 구축 방법들의 구축비용을 비교 분석하여 현 시점에서 전 국토에 대하여 가장 실현 가능성이 높은 입체모형 구축 방안을 도출해 보고자 한다. 3차원 입체모형 구축을 위해서는 항공레이저 측량, 무인항공사진 측량, 지상라이다 측량 등의 다양한 측량 방법을 이용할 수 있다. 다만, 본 연구에서는 전 국토에 대하여 입체모형의 신속한 구축과 지속적인 갱신이 가능하며, 기 활용되었거나 현 시점에서 바로 활용이 가능하며, 실질적인 구축비용 산정이 가능한 방법들을 대상으로 연구범위를 한정하여 실현 가능성이 높은 입체모형 구축 방안을 도출하고자 한다. 이에 본 연구에서는 브이월드(Virtual World)의 LOD4 입체모형을 구축하기 위하여 활용된 항공사진 기반의 3차원 입체도화 방법과 대구시 3D 지도 포털의 LOD3 입체모형을 구축하기 위하여 활용된 항공사진 매칭 기반의 자동화된 입체모형 생성 방법의 구축비용을 비교하고자 한다. 추가적으로 현재 저비용으로 바로 활용이 가능한 방법으로 수치지도 구축 시의 도화원도를 이용하여 입체모형을 자동으로 생성하는 방법의 구축비용을 비교하고자 한다.

4.1. 항공사진 기반의 3차원 입체도화 방법 (Method 1)

항공사진 기반의 3차원 입체도화 방법의 입체모형 구축은 Figure 1과 같이 항공사진 촬영, 지상기준점 측량, 항공 삼각측량, 3차원 도화를 통한 건물 형태 추출 및 입체 모델링과 항공사진을 활용한 텍스처 이미지 생성 및 부착의 과정으로 간단히 요약될 수 있다.

이 방법은 입체모형 구축을 위하여 항공측량 카메라를 이용하여 동서남북을 교차하여 중중복 70%, 횡중복 70% 이상의 촬영이 필요하며, 3차원 입체모델의 생성은 Figure 2와 같이 수행된다. 구체적으로 항공사

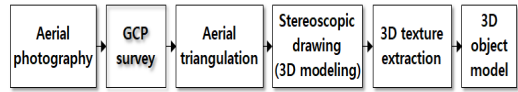


Figure 1. Semi-automatic 3D object model generation technology based on stereoscopic drawing (Method 1)

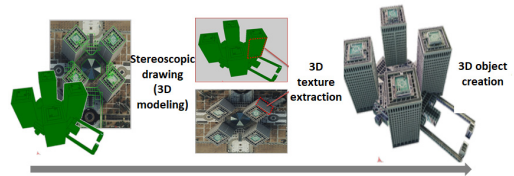


Figure 2. Detailed process of semi-automatic 3D object model generation

진과 수치표면모형을 기반으로 입체모형 윗면은 직접 도화를 통하여 생성하며, 옆면은 수치표면모형의 지형·지물 높이 정보를 이용하여 자동으로 생성한다. 이후, 항공사진 및 추가 촬영사진을 이용하여 3차원 가시화를 위한 텍스처 이미지를 자동 추출하고 입체모형에 부착하여 실제 모습과 가장 유사한 형태의 입체모형을 생성한다.

이 방법은 복잡한 입체도형 윗면에 대하여 직접 도화작업을 수행하기 때문에 LOD3 뿐만 아니라, LOD4의 고정밀 입체모형을 생성할 수 있는 장점이 있다. 다시 말하면 실세계의 건물과 형태가 가장 유사하며 현실감 있는 입체모형 생성이 가능하며, 실제 활용 분야도 가장 폭넓은 장점을 가지고 있다. 현재 브이월드 서비스가 이 방법으로 생성된 LOD4 입체모형을 활용하고 있다(공간정보 오픈플랫폼 2020). 그러나 이 방법은 3차원 도화 과정에서 많은 수작업을 필요로 하기 때문에 입체모형의 구축 및 갱신 과정에 상당히 많은 비용 및 시간을 소요하는 큰 단점을 가지고 있다. 현재 기 구축된 LOD4 입체모형을 갱신하거나 또는 LOD4 입체모형을 전 국토에 대하여 확대 구축하는데 이러한 막대한 비용이 큰 걸림돌이 될 것으로 예상된다.

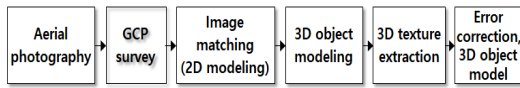


Figure 3. Automatic 3D object model generation technology based on image matching (Method 2)

4.2. 항공사진 매칭 기반의 자동화된 입체모형 생성 방법 (Method 2)

항공사진 매칭 기반의 자동화된 입체모형 생성 방법은 Figure 3과 같이 항공사진 촬영, 지상기준점 측량, 영상매칭을 통한 건물 형태 추출, 수치표면모형 고도 기반의 입체모델 생성, 항공사진을 활용한 텍스처 이미지 추출 및 부착과 생성된 입체모델에 대한 오류 수정 과정으로 요약될 수 있다.

이 방법도 4.1절의 방법과 동일하게 입체모형 생성에 필요한 정사영상, 수치표면모형, 텍스처 정보를 위하여 항공사진이 종중복과 횡중복 모두 70% 이상 되도록 촬영되어야 한다. 입체모델 생성과정은 4.1절의 방법과 달리 3차원 도화과정 없이 Figure 4와 같이 자동화된 방식으로 수행된다. 구체적으로 항공사진 매칭을 통하여 건물의 위치와 고도 정보를 포함한 수치표면모형과 실감정사영상을 일차적으로 생성한다. 이후, 실감정사영상에 대한 자동 벡터라이징을 통하여 건물에 대한 2차원 벡터정보를 생성하고, 수치표면모형의 고도 정보를 이용하여 각 건물에 대한 3차원 입체모델을 생성한다. 입체모델 생성 이후에는 항공사진으로부터 텍스처 이미지를 추출하여 부착하고, 끝으로 자동으로 생성된 입체모델에 대한 오류를 수정하고 부분 편집을 수행함으로써 입체모형을 생성을 완료한다.

이 방법은 직접적인 도화작업 없이 자동화된 방식으로 LOD3 수준의 입체모형을 생성할 수 있어 4.1절의 방법에 비하여 비용 및 시간을 크게 단축시킬 수 있는 장점이 있다. 또한 일부 랜드마크 등의 주요 건물들에 대해서만 추가 촬영과 수작업을 수행하여 LOD4 입

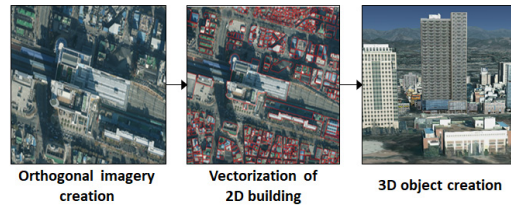


Figure 4. Automatic 3D object model generation process using image matching

체모형을 생성함으로써 비교적 저렴한 비용으로 고정밀 입체모형을 요구하는 수요자도 만족시킬 수 있는 장점도 있다. 현재 대구시 3D 지도 포털이 이 방법으로 생성된 LOD3와 LOD4가 혼합된 입체모형을 활용하고 있다(대구 3D 지도 포털 2020). 그러나 이 방법도 촬영 중복도가 70% 이상인 항공사진의 촬영 비용이 여전히 요구되며, 성능이 우수한 입체모형 자동 생성 방법에 대한 개발이 필요하며, 자동 생성된 입체모형에 대한 오류 수정 작업이 추가로 소요되는 단점을 가지고 있다.

4.3. 수치지도 구축 시의 도화원도 이용 방법 (Method 3)

기존의 수치지도 구축 시 생성되는 도화원도를 이용하여 입체모형을 자동으로 생성하는 방법은 Figure 5와 같이 항공사진 촬영, 지상기준점 측량, 도화원도 생성, 입체모델 생성, 텍스처 추출 및 부착 과정으로 요약될 수 있다. 이 방법은 현재 주기적으로 수행되고 있는 2차원 수치지도의 갱신 과정에서 항공사진 촬영, 지상기준점 측량, 도화원도 생성이 수행되기 때문에 입체모형 생성은 입체모델링과 텍스처 생성 과정만 수행하면 된다.

이 방법은 도화원도에 포함되어 있는 건물들의 2차원 벡터정보와 고도좌표를 이용하여 2차원 건물을 3차원으로 Extrusion 시킴으로써 단순한 형태의 입체모델을 생성하고 항공사진을 이용하여 가시화 텍스처

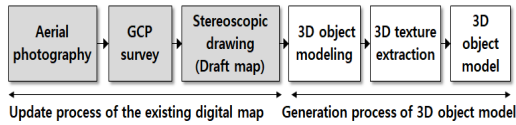


Figure 5. Automatic 3D object model generation technology based on 2D digital map (Method 3)

이미지를 추출하여 입체모형 생성을 완료한다. 이 방법은 전 국토에 대하여 주기적으로 수행되는 1/5,000 수치지도의 갱신과정에서 구축되는 항공사진과 도화 원도를 이용하고 단순 Extrusion 방법을 이용함으로써 3차원 도화 비용이 소모되지 않아 저비용으로 입체모형을 생성할 수 있는 큰 장점을 가지고 있다. 현재 핀란드의 환경보호, 국방, 물류, 쓰레기 관리 등을 위한 3차원 공간정보시스템에서 이러한 방법으로 구축된 LOD2 입체모형을 활용하고 있다(Helsinki 3D Map Platform 2020). 그러나 이 방법은 3차원 도화 과정 없이 Extrusion을 이용함으로써 건물 옥상이 자세히 표현되지 않는 LOD2 수준의 입체모형만 생성할 수 있으며, 낮은 정밀도의 입체모형으로 인하여 텍스처가 불일치하는 단점을 가지고 있다.

4.4. 입체모형 구축 방법들의 비용 비교

지금까지 제시된 세 가지 구축 방법에 따른 단위면적(k㎡) 당 입체모형 구축비용은 다음 Table 6과 같이 예상된다(국토지리정보원 2019). 여기서 입체모형 구축을 위한 각 단계별 구축비용은 기본적으로 국토지리정보원의 항공사진 촬영, 기준점 측량, 수치도화, 수치사진측량장비에 의한 방법, 3차원 국토공간정보 구축의 품셈 기준을 적용하여 예측하였다. 항공사진 촬영 비용은 해상도 12cm, 종/횡 중복도 70%의 항공사진 촬영을 기준으로 하였으며, 수치도화는 입체모형도화 기준이 미비하여 1:1,000 수치도화 기준을 적용하였으며, 세 번째 방법의 입체모형 구축비용은 단순 Extrusion 비용을 예측하기 위하여 국가기본도 갱신

Table 6. Cost estimation for 3D object model generation

Division	Method 1	Method 2	Method 3
Aerial photography	561,000	561,000	-
GCP survey	169,000	169,000	-
Stereoscopic drawing	11,339,200	-	-
DSM	-	340,800	-
3D modeling & texture	2,491,000	637,700	12,300
Sum	14,560,800	1,709,100	12,300



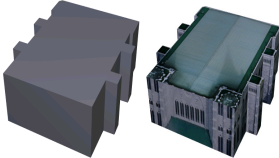
Note: The cost unit of 3D object model generation is WON.

에서 수행된 구조화 편집 비용을 적용하여 예측하였다.

입체모형 구축비용 분석 결과를 보면 Method 1은 LOD4 입체모형을 구축하는데 입체도화 비용으로 인하여 km² 당 14,560,800원의 매우 높은 비용이 소요되며, Method 2는 입체도화를 수행하지 않고 수치표고모형의 고도 정보를 이용하여 자동 생성됨으로 인하여 LOD3 입체모형을 구축하는데 km²당 2,119,300원의 비교적 저렴한 비용이 소요될 것으로 예측되고 있다. 끝으로 기존에 주어지는 도화원도를 이용하여 LOD2 입체모형을 구축하는 Method 3은 km²당 12,300원의 매우 적은 비용이 소요될 것으로 예측되고 있다. 그러나 현재 수치지도 갱신 과정에서 촬영되는 항공사진의 종/횡 중복도는 60%와 30% 수준으로 텍스처 구축이 불가능하기 때문에 추후 종/횡 중복도 70%의 항공사진 촬영을 위한 추가 비용이 소요될 가능성이 있다고 예측된다.

본 연구에서 수행된 입체모형 구축 방법들의 비교 결과를 종합해보면 현 시점을 기준으로 전 국토를 정부주도로 LOD4로 구축하고 유지하는 것은 막대한 비용 문제로 인하여 바람직하지 않다고 예측되며, 오히려 LOD3 또는 LOD2를 이용하는 것이 실현 가능성이 높다고 예측된다. 끝으로 Table 7은 세 가지 입체모형

Table 7. Comparison of 3D object model generation methods in terms of precision and cost

Division	Method 1	Method 2	Method 3
Technology	· Semi-automatic 3D object model generation based on stereoscopic drawing	· Automatic 3D object model generation based on image matching	· Automatic 3D object model generation based on the draft map
Strength	· High precision data (LOD4) · Realistic data available · Various kinds of application fields	· Relatively high precision data (LOD3) · Relatively low generation cost · LOD4 can be generated by additional manual work	· No aerial photographs are needed · Fast 3D object model generation · Low generation cost
Weakness	· High generation and update cost	· Aerial photographs with a overlap rate of 70% are needed · Relatively high update cost	· Low precision data (LOD1~LOD2) · Inaccurate texture
LOD example	 LOD4	 LOD3	 LOD1~LOD2

구축 방법에 대한 사용자의 정밀도 및 텍스처 요구 수준과 비용 관점에서의 주요 특징 및 장단점을 요약하여 보여준다(국토지리정보원 2019).

5. 입체모형 구축 방안

본 장에서는 앞에서 수행된 입체모형 수요자의 요구수준 분석 결과와 입체모형 구축 방법 분석 결과를 바탕으로 전 국토에 대하여 데이터를 구축하고자 할 때 현 시점에서 실현 가능한 방안에 대하여 살펴보고자 한다.

본 연구에서 전 국토의 범위는 주거지역(2,670km²), 상업지역(331km²), 공업지역(1,182km²), 녹지지역(12,617 km²), 미지정 지역(837km²)의 총 17,637km²의 도심지와 관리지역에 해당하는 보전관리지역, 생산관리지역, 계획관리지역의 총 27,180km²의 비도심지를 모두 포함한 전체 44,817km²의 면적을 대상으로 정의한다.

첫 번째 방안은 가장 많은 수요자들에게 최대한 실

세계와 유사한 입체모형을 제공하는데 중점을 두어 항공사진 기반의 3차원 입체도화 방법을 이용하여 전 국토를 LOD4로 구축하는 것이다. 현재 공공기관의 55%와 민간기관의 63%가 이러한 LOD4 수준의 입체모형을 요구하고 있다. 그러나 이 방안은 도심지와 비도심지의 구분 없이 44,817km² 면적의 전 국토에 대하여 LOD4 입체모형을 구축하는데 652,571,374 천원의 막대한 비용이 소요될 것으로 예측되는 큰 단점을 가지고 있으며, 주기적으로 소요되는 높은 갱신 비용도 큰 걸림돌이 될 것으로 예측된다. 결론적으로 이 방안은 디지털트윈 시대에 가장 적합할 것으로 예측되지만, 현실적으로 정부주도로 추진하는데 있어서 충분한 초기 구축 예산 및 지속적인 갱신 예산 확보가 반드시 선결되어야만 가능할 것으로 예측된다.

두 번째 방안은 첫 번째 방안에서 문제가 되는 초기 구축비용 및 갱신비용 문제 해결에 중점을 두어 항공사진 매칭 기반의 자동화된 입체모형 생성 방법을 이용하여 전 국토를 LOD3로 구축하는 것이다. 이 방안

Table 8. Comparison of 3D object model generation plans

Division	Main features	Used methods	Possible industry and application fields
Plan 1	<ul style="list-style-type: none"> · All territory · LOD4 having texture · Public sector demand ratio: 55% · Private sector demand ratio: 63% · Providing realistic information · Generation cost for all territory: 652,571,374,000 won 	<ul style="list-style-type: none"> · (Method 1) semi-automatic 3D object model generation based on stereoscopic drawing · Aerial photography → GCP survey → Aerial triangulation → Stereoscopic drawing → Texture extraction → 3D object model 	<ul style="list-style-type: none"> · Support of portal, VR/AR, game, facility, security Industry · Application fields: advanced spatial analysis, digital twin services, high precision 5G base station positioning, high precision drone control, autonomous driving map construction, high precision VR contents construction, BIM integration
Plan 2	<ul style="list-style-type: none"> · All territory · LOD3 having texture · Public sector demand ratio: 45% · Private sector demand ratio: 75% · LOD4 for landmarks can be available with additional manual work · Generation cost for all territory: 76,596,735,000 won 	<ul style="list-style-type: none"> · (Method 2) automatic 3D object model generation based on image matching · Aerial Photography → GCP survey → Image matching → 3D object modeling → Texture extraction → Error correction → 3D object model 	<ul style="list-style-type: none"> · Support of game, facility, security industry · Application fields: spatial analysis, 5G base station positioning, drone control, 3D GIS service, smart city services, VR contents construction
Plan 3	<ul style="list-style-type: none"> · All territory · LOD2 having no texture · Public sector demand ratio: 45% · Private sector demand ratio: 38% · Fast and simple 3D object model generation · Generation cost for all territory: 551,249,000 won 	<ul style="list-style-type: none"> · (Method 3) automatic 3D object model generation based on the draft map · (Stereoscopic drawing) → 3D object modeling → Texture extraction → 3D object model 	<ul style="list-style-type: none"> · Partial support of game, facility, security industry · Application fields: approximate spatial analysis, low precision 3D GIS service

은 비교적 정밀도가 높은 LOD3 입체모형을 구축하여 게임, 시설물관리, 보안관리 등과 같은 다양한 산업분야 수요를 충족시킬 수 있으며, 45%의 공공기관 및 75%의 민간기관 수요를 충족시킬 수 있다. 구축비용에 있어서는 44,817km²의 전 국토를 LOD3 입체모형으로 구축하는데 76,596,735 천원의 비용이 소요될 것으로 예측되어 LOD4에 비하여 비용이 크게 감소되는 장점을 가진다. 또한, 추가 촬영 및 수작업을 통하여 랜드마크 또는 일부 건물에 대하여 선별적으로 LOD4 입체모형을 구축하여 활용할 수 있는 장점도 있다. 그러나 이 방안은 입체모형 구축 및 갱신 과정에 중복률

70% 이상의 항공사진 촬영 비용이 여전히 필요하며, 영상매칭과 자동 벡터라이징 등의 자동화된 LOD3 입체모형 생성을 위한 효율적인 기술이 반드시 확보되어야 하는 단점을 가지고 있다. 결론적으로 이 방안은 중복률 70% 이상의 항공사진 촬영 비용과 자동매칭 기반 효율적인 LOD3 생성 기술만 확보된다면 현 시점에서 실현 가능성이 높을 것으로 예측된다.

세 번째 방안은 현 시점에서 추가 비용의 큰 부담 없이 가장 빠르게 실현이 가능한 점에 중점을 두어 기존의 수치지도 구축 시 생성되는 도화원도를 이용하여 입체모형을 자동으로 생성하는 방법을 이용하여 전

국도를 LOD2로 구축하는 것이다. 이 방안은 현재 1:5000 수치지도 갱신 과정에서 생성되는 도화원도를 이용함으로써 매우 적은 비용으로 입체모형 구축 및 갱신 문제를 해결할 수 있다. 실제로 44,817㎢의 전국도를 LOD2 입체모형으로 구축하는데 단지 551,249천원의 비용이 소요될 것으로 예측되고 있다. 그러나 이 방안은 입체모형을 이용하는 다양한 산업분야 중에서 일부 산업 요구만 충족시킬 수 있으며, 현재 공공기관의 45%와 민간기관의 38%의 수요만 충족시킬 수 있다. 또한 현재의 1:5000 수치지도 갱신 과정의 종/횡 중복도 60%와 30%의 항공사진으로는 텍스처 정보 생성이 불가능하며, 개선된 항공사진을 이용하여 텍스처 정보를 생성하더라도 입체모형의 윗면에서 불일치 오류가 다수 발생하는 단점을 가지고 있다. 결론적으로 이 방안은 1:5000 수치지도 갱신 시의 항공사진 촬영 종/횡 중복도의 70%로 상향 조정하는 문제와 입체모형 윗면에서의 텍스처 불일치 해소 방법이 확보된다면 현 시점에서 바로 적용이 가능할 것으로 예측된다. 특히 비도심지에 대한 평균 71%의 공공기관 및 민간기관의 LOD2 수요를 고려할 때 타당한 방안이라고 예측된다.

Table 8은 본 절에서 설명된 입체모형 구축 방안의 요약 결과를 보여준다. Table 8에서 제시된 세 가지 방안에 대한 주요 특징, 구축 기술, 활용분야 등을 고려할 때, 본 연구에서는 다음과 같은 몇 가지 결론을 얻을 수 있다. 첫째 전 국토에 대한 LOD4 구축은 막대한 비용 문제로 인하여 현실적으로 불가능할 것으로 예측된다. 둘째 전 국토에 대한 LOD2 구축은 공공기관 및 민간기관의 수요 충족과 산업분야 활용 측면에서 바람직하지 않을 것으로 예측된다. 셋째 전 국토에 대한 LOD3 구축은 비용 측면과 수요자 요구 충족 측면에서 적절한 구축비용과 적절한 활용분야 지원의 Trade-off를 고려할 때 현 시점에서 바람직한 방향이라고 예측된다. 이에 본 연구에서는 전 국토에 대하여 LOD3 입체모형 구축을 기본 방안으로 예측하며, 추가

적으로 많은 수요가 있는 랜드마크에 대해서는 LOD4를 보완 구축하고 산업 수요가 적은 비도심지에 대해서는 LOD2를 구축하는 것을 고려하는 것이 현 시점에서 가장 실현 가능성이 높다고 예측한다.

6. 결론

본 연구에서는 입체모형의 정밀도 및 텍스처에 대한 수요자들의 현실적인 요구 수준 분석과 현 시점에서 직접 활용이 가능하며 전 국토에 대한 구축비용 산정이 가능한 입체모형 구축 방법들에 대한 분석결과를 바탕으로 실현 가능성이 높은 입체모형 구축 방안을 도출하였다. 구체적으로 전 국토에 대한 입체모형 구축비용과 수요자들의 입체모형 정밀도 및 텍스처 요구 수준을 상호 고려하여 기본적으로 항공사진 매칭 기반의 자동화된 입체모형 생성 방법을 이용한 LOD3 구축 방안을 도출하였으며, 랜드마크에 대한 LOD4 구축과 비도심지에 대한 LOD2 구축의 보완 방안을 추가적으로 도출하였다. 도출된 방안은 현재 시점에서 실효성 있는 입체모형 구축 및 갱신 계획 수립에 도움이 될 것으로 예측되며, 향후 디지털트윈 시대에 전 국토의 입체모형 구축을 위한 초석이 될 수 있을 것으로 기대된다.

그러나 본 연구에서는 현 시점에서 직접적으로 적용이 가능한 입체모형 구축 방법만을 대상으로 분석 연구를 수행한 한계점이 존재한다. 이에 입체모형 구축을 위한 기존 측량방법 이외에 UAV, 지상라이다, 자율주행차량, 스마트폰 등을 활용한 다양한 첨단 측량 기술 기반의 입체모형 정밀도, 텍스처, 구축비용, 갱신 비용을 분석하여 입체모형 구축 방안을 보완할 수 있는 향후 연구가 반드시 필요할 것으로 예측된다.

감사의 글

This research was supported by the Daejeon University Research Grants(2019).

참고문헌

References

- 강혜영, 남상관, 황정래, 이지영. 2018. 실내 공간정보 활용을 위한 세밀도 모델. 한국측량학회지. 36(6): 545-554.
- Kang HY, Nam SK, Hwang JR, Lee JY. 2018. LOD(Level of Detail) Model for Utilization of Indoor Spatial Data. *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*. 36(6):545-554.
- 공간정보산업진흥원. 2018. 2018년 공간정보 오픈플랫폼 운영위탁 사업 준공보고서.
- SPACEN. 2018. 2018 *Spatial Information Open Platform Operation Business Report*.
- 공간정보 오픈플랫폼. 2020. [인터넷]. [http://map.vworld.kr/]. 2020년 4월 23일 검색.
- Spatial Information Open Platform. 2020. [Internet]. [http://map.vworld.kr/]. Last accessed 23 April 2020.
- 국토지리정보원. 2019. 융·복합 산업 활성화를 위한 입체모형 타당성 연구 보고서.
- NGII. 2019. *Three-dimensional Model Feasibility Study Report for Revitalizing the Convergence Industry*.
- 김경민, 이길재, 조기성. 2016. 지상 LiDAR를 이용한 BIM 기반 건물의 3D 공간정보 구축 연구. 지적과 국토정보. 46(1):23-35.
- Kim KM, Lee KJ, Cho GS. 2016. Construction of BIM based Building 3D Spatial Information Using Terrestrial LiDAR. *Journal of Cadastre & Land InformatiX*. 46(1):23-35.
- 김도형, 임시영. 2018. 지적분야 신기술 적용을 위한 3차원 공간정보 관련 규정의 고찰. 한국지적학회지. 34(4):235-243.
- Kim DH, Lim SY. 2018. A Study on 3D Spatial Information Regulations for the Application of New Technology in Cadastre. *Journal of The Korean Society Of Cadastre*. 34(4):235-243.
- 김병선, 정다운, 오세훈, 안종욱, 홍상기. 2019. 3차원 공간정보 도로 데이터 모델 표준 설계 및 구현. 대한공간정보학회지. 27(5):13-23.
- Kim BS, Jeong DW, Oh SH, Ahn JW, Hong SK. 2019. Design and Implementation of Data model for Detailed 3D Road Data. *Journal of Korean Society for Geospatial Information Science*. 27(5):13-23.
- 김병선, 정다운, 홍상기. 2018. UML을 이용한 3차원 공간정보 건물 데이터 모델 구축. 대한공간정보학회지. 26(4):57-67.
- Kim BS, Jeong DW, Hong SK. 2018. Constructing 3D Geo-spatial Model for Building Data in UML. *Journal of Korean Society for Geospatial Information Science*. 26(4):57-67.
- 김태훈, 유성환, 고준희. 2017. 브이월드 3차원 지도 서비스 향상을 위한 시설물 적용 방안 연구. 대한공간정보학회지. 25(4):81-87.
- Kim TH, Yoo SH, Go JH. 2017. Application of Facilites for Improving V-world 3D Map Service. *Journal of the Korean Society for Geospatial Information Science*. 25(4):81-87.
- 김현덕, 강지훈, 김학준. 2017. 공간정보 오픈플랫폼 3차원 건물데이터 포맷 개선방안 연구. 대한공간정보학회지. 25(1):63-70.
- Kim HD, Kang JH, Kim HJ. 2017. A Study on the Improvement of 3D Building Data Format for Spatial Information Open Platform. *Journal of the Korean Society for Geospatial Information Science*. 25(1):63-70.
- 대구 3D 지도포털. 2020. [인터넷]. [http://3d.

- daegu.go.kr/]. 2020년 4월 23일 검색.
- Daegu 3D Map Portal. 2020. [Internet]. [http://3d.daegu.go.kr/]. Last accessed 23 April 2020.
- 사공호상. 2018. 초연결 시대 공간정보 패러다임 변화와 대응전략. 한국지리정보학회지. 21(4):81-90.
- SAGONG HS. 2018. Paradigm Shift and Response Strategies for Spatial Information in a Hyper-connected Society. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*. 21(4):81-90.
- 이기성, 정인훈, 최윤수, 김상봉. 2015. 3차원 정밀 실내공간정보 품질인증 방안에 관한 기초연구 -영등포역을 중심으로-. 대한공간정보학회지. 23(1):3-14.
- Lee KS, Jeong IH, Choi YS, Kim SB. 2015. A Fundamental Study about a Quality Certification of 3D Precision Indoor Geospatial Information - Focused on Yeongdeungpo Station -. *Journal of the Korean Society for Geospatial Information Science*. 23(1):3-14.
- 이석민, 원종석, 윤행미. 2019. 서울시 공간정보정책 개선방안. 서울연구원 정책과제연구보고서.
- LEE SM, WON JS, Yoon HM. 2019. *Seoul Spatial Information Policy Improvement Plan*. The Seoul Institute Policy Project Research Report.
- Biljecki F, Ledoux H, Stoter J. 2017. Generating 3D City Models without Elevation Data, Computers. *Environment and Urban Systems*. 64:1-18.
- Helsinki 3D Map Platform. 2020. [Internet]. [https://kartta.hel.fi/3d/atlas]. Last accessed 23 April 2020.
-
- 2020년 04월 29일 원고접수(Received)
 2020년 05월 08일 1차심사(1st Reviewed)
 2020년 05월 26일 2차심사(2st Reviewed)
 2020년 06월 12일 게재확정(Accepted)

초 록

최근 4차 산업혁명 등의 정보화 환경 변화에 따라 도시, 건설, 교통, 에너지 등의 기존 국토교통 분야 뿐만 아니라, 디지털트윈, 자율주행, VR/AR, 디지털콘텐츠 등의 최신 분야에서도 공공 및 민간의 3차원 입체모형 수요가 크게 증가하고 있다. 실제로 다양한 서비스 및 산업 분야에서 LOD1에서 LOD4에 이르기까지 다양한 정밀도를 가진 입체모형에 대한 수요가 더욱 증가할 것으로 예측되고 있다. 그러나 현재 국토부, 지자체, 민간기업 등은 대규모의 구축 비용 및 시간 문제로 인하여 각기 다른 정밀도의 입체모형을 일부 특정 지역에 대해서만 구축하고 있는 실정이다. 이에 본 연구에서는 전 국토를 기준으로 이러한 구축 비용 문제를 해결할 수 있는 실현 가능한 입체모형 구축 방안을 제시하고자 한다. 이를 위하여 우선 입체모형의 활용 현황 분석, 입체모형에 대한 수요 분석, 그리고 다양한 입체모형 구축 방법 및 비용 분석을 수행하였다. 이후 이들 분석 결과를 바탕으로 전 국토에 대하여 항공사진 매칭 기반의 자동화된 입체모형 생성 방법을 이용한 LOD3 구축 방안을 도출하였으며, 랜드마크에 대한 LOD4 구축과 비도심지에 대한 LOD2 구축의 보완 방안을 추가적으로 도출하였다. 본 방안은 현재 시점에서 실효성 있는 입체모형 구축 및 갱신 계획 수립에 큰 도움이 될 것으로 기대된다.

주요어 : 3차원 입체모형, 입체모형 구축비용, 정밀도, 디지털트윈, 자율주행