

절차적 모델링을 활용한 지구단위계획 시뮬레이션 개발

전진환¹, 김충호^{2*}

¹서울시립대학교 도시공학과 박사과정, ²서울시립대학교 도시공학과 조교수

Developing the District Unit Plan Simulation using Procedural Modeling

Jin Hwan Jun¹, Chung Ho Kim^{2*}

¹Department of Urban Planning and Design, University Of Seoul

²Department of Urban Planning and Design, University Of Seoul

요약 본 연구는 2차원 도면 표기의 본질적 한계가 지적되는 지구단위계획의 수립지침 중에서 ‘건폐율·용적률·높이 등 건축물의 규모’에 대해 절차적 모델링을 활용하여 3차원 지구단위계획의 시뮬레이션을 개발하였다. 이를 위한 개발의 도구로 에스리(Esri)사의 시티엔진(CityEngine 2020.0), 아크GIS 프로(ArcGIS Pro 2.6.2), 웹 씬(Web Scene)을 활용하였으며, 연구대상지로 최근 5년간 필지의 약 25%가 개발된 송파구 이면부 상업지역을 선정하였다. 본격적인 시뮬레이션 개발을 위해, 파라미터를 선정한 이후 자료(Data)-정보(Information)-지식(Knowledge)의 3단계 과정에 따라 개발을 진행하였다. 본 연구는 시뮬레이션 개발 과정에서 다음의 단계별 결과물을 생성하였다. 우선 자료(Data) 단계에서 공공 및 민간 데이터 공유 플랫폼을 활용하여 2·3차원 자료를 획득하여 구축하였다. 다음 정보(Information) 단계에서 구축한 자료를 형상문법에 따라 다양한 절차적 모델들을 생성하였으며, 이후 애플리케이션을 활용해 레이어를 통합하였다. 마지막 지식(Knowledge) 단계에서 통합된 레이어를 활용하여 3차원 공간분석 및 스토리텔링 콘텐츠를 생산하였다. 결과적으로 본 연구는 다음의 세 가지 단계별 시사점을 제시한다. 첫째, 개발에 필요한 자료 정확도의 향상 및 공유 플랫폼 개선 등 절차적 모델 개발을 위한 환경 개선의 필요하다. 둘째, 지구단위계획 수립지침은 공간적 특성을 제도적으로 규정한 지침이기 때문에 형상문법 스크립트로 개발되기 용이하다. 셋째, 절차적 모델링은 지구단위계획 작성 과정에서 심의, 자문, 주민 의견 수렴 등 의사소통 및 정보전달의 대안적 도구로 활용 기대효과가 크다.

Abstract This research aimed to develop the district unit plan simulation using procedural modeling based on shape grammar. For this, Esri's CityEngine 2020.0 was selected as a main development tool, and Inside Commercial Area in Bangi-dong, Songpa-gu, Seoul as the research site where about 25% of the total area was developed over the past five years. Specifically, the research developed the simulation through the following three phases of Data-Information-Knowledge after selecting necessary parameters. In the Data phase, 2 and 3 dimensional data were obtained by utilizing data sharing platforms. In the next Information phase, the acquired data were generated into various procedural models according to the shape grammar, and the 2D and 3D layers were then integrated using relevant applications. In the final Knowledge phase, three-dimensional spatial analysis and storytelling contents were produced based on the integrated layer. As a result, the research suggests the following three implications for the simulation development. First, data accuracy and improvement of sharing platforms are needed in order to effectively carry out the simulation development. Second, the guidelines for district unit plans could be utilized and developed into shape grammar for procedural modeling. Third, procedural modeling is expected to be used as an alternative tool for communication and information delivery.

Keywords : 3 Dimensional Modeling, Procedural Modeling, Shape Grammar, District Unit Plan, Simulation

*Corresponding Author : Chung Ho Kim(University of Seoul)

email: chkim0428@uos.ac.kr

Received December 14, 2020

Accepted March 5, 2021

Revised February 25, 2021

Published March 31, 2021

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

국내의 도시설계 제도는 건축법의 도시설계와 도시계획법의 상세계획으로 이분화되어 있었다. 그러나 급속한 경제성장 및 사회변화, 2차원 평면 중심의 도시계획체계, 3차원 정보의 필요성이 제기됨에 따라 하나의 지구단위계획으로 통합되었다[1]. 결과적으로 지구단위계획은 도시기반시설부터 건축물의 규모 및 용도, 대지 안의 공지 등까지 다양한 지침을 통해 지구 차원의 입체적 관리 제도가 되었다[2]. 하지만, 지구단위계획은 특정 시설물의 위치(점), 용도지역의 구분(선), 공원·대형 건축물(면) 등의 계획사항 및 표기방식에 있어 수치지도 중심의 2차원적 도시계획 수준을 극복하지 못하고 있다[3]. 더욱이 2차원에 기인한 작성도서의 모호성, 낮은 직관적 인지력 등의 이유로 대상지 주민 및 업무 담당자 간 마찰 또한 발생시키고 있다[4].

한편 2차원적 도시계획·설계제도의 미흡한 수단을 보완하기 위한 대안으로 3차원 모델을 활용한 도시계획·설계제도 방법이 도입·제안되고 있다[5-7]. 3차원 모델들은 지난 20년간 도시 분야에서 활용이 증대되고 있으며, 구체적으로 도시의 3차원 시각화, 토지이용계획 시각화, 환경계획 시뮬레이션, 교통 분석 등에 활용된다[5]. 또한 3차원 모델은 지리정보시스템과 결합하여 정량적 질문 및 통계 가능한 시각 정보 분석·평가 과정을 지원하여 도시계획·도시설계제도 과정을 개선하고 있다[6].

3차원 모델링의 방법은 크게 시각적 인터페이스에 의해 모델을 생성하는 비절차적 모델링과 형상문법에 따라 컴퓨터 언어로 작성한 스크립트를 기반으로 모델을 생성하는 절차적 모델링으로 분류된다[8]. 결과적으로 본 연구에서는 절차적 모델링을 활용하여 지구단위계획 시뮬레이션을 개발하였다. 이에 따라 본 연구에서는 시뮬레이션 개발을 통한 지구단위계획의 절차적 모델로서 활용 가능성, 개발의 전제 사항, 개발에 따른 기대사항을 제시하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

1.2.1 연구의 범위

본 연구의 내용적 범위는 3차원 모델링 기법(비절차적 모델링, 절차적 모델링), 지구단위계획 수립지침 및 작성지침, 지구단위계획 결정도서, 개발 단계를 위한 DIKW(Data-Information-Knowledge) 피라미드이다.

본 연구의 시간적 범위는 도로사선제한 폐지 이후 올림픽로(잠실광역중심 제1지구) 지구단위계획이 변경된 2015년 9월부터 대상지의 신축 현황이 조사된 2019년 7월까지이다. 또한 연구의 공간적 범위로 도로사선제한 폐지 이후 개발압력이 상승한 방이동 이면부 상업지역과 그 인근으로 선정하였다.

1.2.2 연구의 방법

본 연구는 크게 2단계로 수행되었다. 첫째, 문헌 및 선행연구 분석을 통한 이론적 고찰이다. 이를 통해 3차원 모델링 기법의 현황 및 특징, 현행 지구단위계획 2차원 도면의 정보 전달에서의 한계점을 분석하였다.

둘째, 시뮬레이션 개발이다. 이를 위해 개발의 틀을 도출한 뒤, 도출된 틀에 따라 시뮬레이션 설정과 시뮬레이션 실행의 단계를 진행하였다. 시뮬레이션 설정 단계는 도구의 선정, 연구대상지 선정, 파라미터 선정으로 구성되며, 시뮬레이션 진행 단계는 자료(Data), 정보(Information), 지식(Knowledge)의 단계 순서로 구성된다. 시뮬레이션 결과에 따라 시뮬레이션 진행 단계별 시사점을 고찰하였으며, 또한 본 연구의 한계 및 향후 과제에 대해 정리하였다.

2. 이론적 고찰

2.1 3차원 모델링 기법 고찰

3차원 모델링 기법의 종류는 Table 1과 같이 사용자가 직접 폴리곤을 조작해 형태를 시뮬레이션하고 시각적 인터페이스를 통해 직접 형상을 수정하는 비절차적 모델링 기법과, 컴퓨터 프로그래밍 언어로 구성된 형상문법을 통해 모델링이 가능한 절차적 모델링 기법으로 구분된다[8].

2.1.1 비절차적(Non-Procedural) 모델링 기법

비절차적 모델링은 소프트웨어의 시각적 인터페이스를 통해 객체를 조절하는 다각형망 모델링, NURBS(Non-Uniform Ration B-Spline) 모델링, 사진측량 모델링으로 구성된다[8]. 다각형망 모델링은 Fig. 1-(a)처럼 필요에 따라 비례축소, 회전, 변환 등 원시 기하학적 형태로부터 3차원 모델을 파생시키며, 소프트웨어로는 3ds 맥스(Max), 스케치업(SketchUp) 등이 사용된다[9]. 반면 NURBS 모델링은 다각형망 모델링과 유사하나, 다각형 대신 스플라인을 사용하여 유기적 형태와 곡선 표

Table 1. Comparison Table of Non-Procedural Modeling & Procedural Modeling

	Non-Procedural Modeling			Procedural Modeling
Type	Polygonal Network Modeling	NURBS Modeling	Photogrammetry Modeling	Shape Grammar
Principle	Derive three-dimensional models from primitive geometric shapes such as proportional reduction or rotation	Derive models using splines instead of polygons to create geometric shapes	Create three-dimensional models through a laser scanner, camera, etc	Reproduce three-dimensional objects according to rules and designs standardized by shape grammar
Software	3ds Max, SketchUp	Rhino, Maya	Photoscan, 123D Catch	CityEngine (CGA Shape Grammer)
Feature	- Intuitive and quick to learn, Adjust objects directly from the visual interface to modify geometry - Suitable for individual building units		- Use to express extreme picture textures or small dots	- Take time to build up the initial shape grammar - Save time and cost after the shape grammar construction
	- Hard to leave academic evidence on models			

면의 사실적인 렌더링이 가능하며, 소프트웨어로는 라이노(Rhino)와 마야(Maya)가 사용된다[10]. 두 모델링 기법은 모두 직관적이고 빠르게 학습할 수 있으나, 모델링의 의사결정은 텍스트 방식의 스크립트로 저장되지 않는다[8].

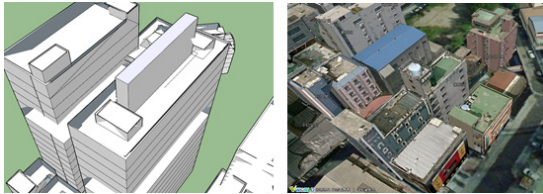


Fig. 1. Non-Procedural Modeling
(a) Polygonal Network Modeling (b) Photogrammetry

따라서 다각형망 및 NURBS 모델링은 지구단위계획의 수치 및 법률적 정의를 3차원 모델로 변환하기 적합한 모델링이 아닌 도시의 경관 및 개별적 건물 단위의 현상을 수동으로 재현하는 작업에 적합하다.

사진측량 모델링 또한 비절차적 모델링 기법으로 분류할 수 있는데, 이는 스크립트를 통해 생성되는 모델링이 아니기 때문이다. 따라서 사진측량 모델링은 Fig. 1-(b)와 같이 건물 등 다양한 모델들을 레이저 스캐너, 사진기 등을 통해 자료를 취득하여 극도의 사진 질감 혹은 작은 점을 표현하기 위해 사용한다[11]. 사진측량 모델링의 주요 소프트웨어로 포토스캐너와 123D 캐치 등이 사용되며, 최근 디지털 항공 측량카메라, 항공 레이저스캐너 등의 발달로 3차원 가상도시의 구축을 돕고 있다[12]. 실제로 인천경제자유구역청은 아래 Fig. 2와 같이 사진측량 모델링을 활용한 웹 지리정보시스템을 2020년 9월부터 개시하였다[13].

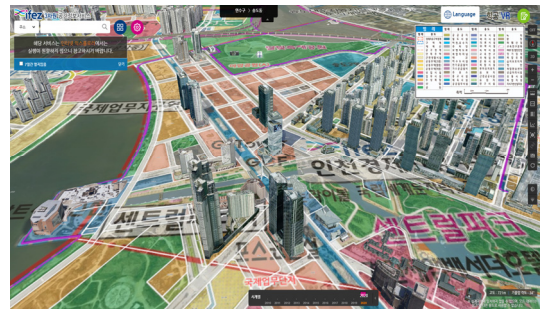


Fig. 2. IFEZ 3D Web-Gis

그러나 위와 같이 사진측량 모델링을 활용한 지구단위계획 3차원화는 2차원의 지구단위계획 결정도와 3차원의 사진측량 모델링으로 구축된 현황 건축물 모델이 중첩된 결과물에 지나지 않는다. 따라서 사진측량 모델링은 앞서 다각형망 모델링, NURBS 모델링보다 현황 구축을 보다 용이하게 돕는 기법일 뿐, 지구단위계획의 3차원 시뮬레이션에 적합한 기법은 아니다.

2.1.2 절차적(Procedural) 모델링 기법

절차적 모델링 기법은 린텐마이어 시스템(이하 엘-시스템)을 시초로, 식물의 기하학적 모델을 설명하는 것으로부터 시작하였다[14]. 그 이후 엘-시스템은 소규모 입력으로 복잡한 구조를 구성할 수 있는 형상문법(Shape Grammar) 등의 모델링 기술로 발전하였다. 형상문법이란 형상 변환 규칙들이 모인 그룹으로, 아래 Fig. 3과 같이 기본 형상부터 단계적으로 규칙이 적용된 그래픽 엔진을 의미한다[15]. 형상 문법은 공학, 디자인 등 다양한 분야의 개발 방법으로 채택되어 절차적 모델링을 보편화시켰다. 도시 분야에선 건물의 생성, 도로 배치, 건물 전

2.2.2 지구단위계획 결정도서의 현황 및 작성지침 고찰

지구단위계획은 그 지정목적의 달성에 필요한 사항을 효과적으로 전달하기 위해 표기 정보 및 계획사항이 명시된 도면 및 보고서 등을 작성지침에 따라 지구단위계획을 결정하기 위한 세 가지의 결정도서를 제공한다[22]. 결정도서의 종류로 지구단위계획에 대한 도시·군관리계획 결정조서, 지구단위계획에 대한 도시·군관리계획 결정도, 지구단위계획에 대한 계획설명서가 있다.

위 결정도서들 중 지구단위계획에 대한 도시·군관리계획 결정도는 수립지침 중 수립기준(공통)을 통해 제시한 계획내용 중 용도지역·용도지구, 기반시설 배치와 규모, 건축물 용도, 건폐율, 용적률, 높이 등을 그 결정도의 내용으로 다루고 있다. 결정도는 Fig. 6과 같은 범례를 사용하여 1/1000 ~1/5000 사이의 축척으로 지적이 표시된 2차원의 지형도로 작성한다.

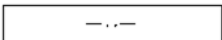
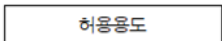
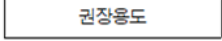
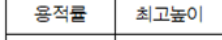
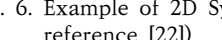
	District Unit Plan Area
	허용용도
	권장용도
	용적률
	최고높이
	건폐율
	최저높이
	BCR, FAR, Height of Building

Fig. 6. Example of 2D Symbols (Re-drawn by reference [22])

연구대상지는 결정도서 작성지침에 따라 2차원의 평면적 도면을 제공한다. 하지만 2차원으로 작성된 결정도들은 직관적 인지력이 낮아, 주민 혹은 민원인, 업무담당자에게 높은 수준의 이해·해석 능력을 요구한다[1,3,4]. 실제로 Fig. 7은 연구대상지 지구단위계획의 결정(변경)조서 내 건축물 개발밀도(건폐율, 용적률, 높이) 중 용적

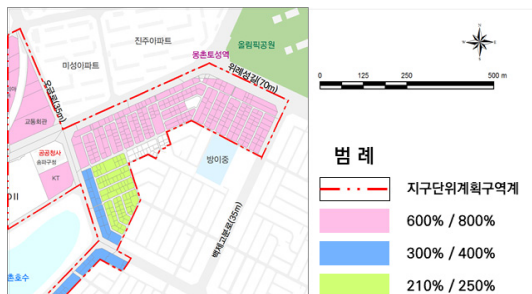


Fig. 7. Example of 2D Maps of District Unit Plan

률 계획의 2차원 결정(기정)도이다. 결정도는 지역별 기준 및 허용용적률을 표기하고 있으나, 실제적인 개발밀도의 차이, 지역별 용적률 차이에 의한 건축물 규모의 차이 등을 가늠하기 힘들다.

반면 3차원 모델은 2차원 도면이 보여줄 수 없는 입체적 볼륨감을 볼 수 있기 때문에, 제도의 결정권자들과 도시계획 및 설계가들이 명확한 도시의 특징을 파악할 수 있다[23]. 이에 따라 Fig. 8은 Fig. 7과 달리 지역에 따른 용적률 규모의 차이를 시각적으로 파악이 가능하다. 최근 도시의 공간적 영역이 지하·지상 시설물 등 입체적으로 확대되고 있기 때문에, 토지이용에 관한 3차원적 공간계획은 더욱 필요한 실정이다[1].

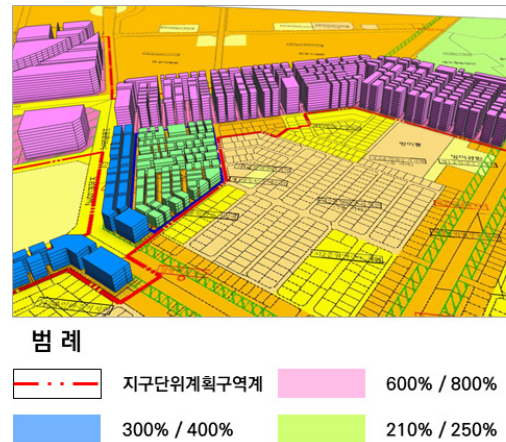


Fig. 8. Example of 3D Maps of District Unit Plan

2.3 선행연구와 차별점 고찰

절차적 모델링의 도시분야 관련 선행연구는 Table 2와 같이 크게 절차적 모델링의 정의, 절차적 모델 구축, 절차적 모델 활용 등 3가지의 키워드로 나뉜다. 우선 절차적 모델링 정의와 관련된 선행연구들은 절차적 모델링의 기원부터 형상문법 원리 등을 제시하는 연구들이다. 구체적으로 도시 콘텐츠의 자동생산을 위한 절차적 기법 생성 연구[24], 형상 문법과 절차적 모델링의 상호 작용성 및 유연성의 통찰 및 비판적 평가 연구[15] 등이 있다. 다음의 절차적 모델 구축 선행연구들은 절차적 모델링을 통한 3차원 모델 구축과 관련된 연구들이다. 구체적으로, 시티엔진(CityEngine)을 활용한 도로 네트워크 및 도시 구조 형성 연구[25], 형상문법 기반 고고학적 로마 도시 재건 연구[26], 절차적 모델링을 활용한 홍수 대비 도시 배치 설계 연구[27], 절차적 모델링을 활용한 대규모 모델링 결과물 제작 연구[16] 등이 있다. 마지막으로 절차

Table 2. Summary of Prior Studies

	Prior Studies	Summary	Classification
Defining Procedure Modeling	Watson et al (2008)	Introducing the creation of procedural modeling for automating urban content	International
	Mandić & Tepavcevic (2015)	Evaluation of Interactionality and Flexibility in Shape Grammar and Procedural Modeling	International
Establishing Procedural Model	Kelly & McCabe (2007)	Analysis of Cityengine's Road Network and Urban Structure Generation	International
	Dylla et al (2008)	Reconstruction of the Archaeological Rome Using Procedural Modeling	International
	Mustafa et al (2018)	Utilizing procedural modeling in flood-contrast urban layout design	International
	Ghorbanian & Shariatpour (2019)	Production of Large Scale Urban Models Using Procedural Modeling	International
Utilizing Procedural Model	Kim (2014)	Efficiency of DIF System in Korea through Procedural Modeling	Domestic
	Viinikka (2014)	Efficiency of Procedural Modeling as a Tool for Urban Planning	International
	Saldana (2015)	Development as a Platform for Procedural Modeling through Archaeological Reproduction	International
	Vanegas et al (2015)	Introduction of Reverse Design Techniques to Self-Change the Parameters of Urban Procedure Model	International
	Agius et al (2018)	Proposing a workflow to modify and evaluate plans for nonexpert using through 3D Modeling	International

적 모델 활용과 관련된 선행연구들은 절차적 모델의 특징인 수치 기반 모델 생성, 다량 생산 이점 등의 특성을 활용한 응용 연구들로 구성된다. 국내에서도 위 선행연구 분야가 진행되었으며, 이를테면 절차적 모델의 효율성에 기반한 국내 DIF 제도의 효율화 방안 연구가 있다[28]. 한편 국외에선 도시계획 수립 도구로서 절차적 모델의 생산성 측정[19], 절차적 모델링의 비교 분석 및 플랫폼으로 발전 가능성 고찰 연구[8], 절차적 모델링의 수치적 특성에 기인한 역설계 기법 연구[29], 비절차적 모델링 도구를 사용한 도시계획의 수정 및 평가 제안 연구[30] 등 절차적 모델링 특징을 활용한 연구가 진행되었다.

하지만 선행연구 중 국내의 도시설계제도인 지구단위계획의 구체적, 법률적 수치를 절차적 모델 생성에 적용한 연구는 없었다. 나아가 절차적 모델 구축이후 어플리케이션을 통한 지구단위계획 시뮬레이션 활용방안에 대한 연구 또한 없었다. 따라서 본 연구는 첫째, 국내의 도시설계 제도인 지구단위계획을 절차적 모델로 개발하였다는 점, 둘째, 절차적 모델링을 활용한 시뮬레이션 개발방안의 구체적인 틀을 도출하였다는 점, 셋째, 지구단위계획과 절차적 모델의 향후 활용방안을 고찰하였다는 점에서 선행연구와의 차별점을 갖는다.

3. 개발의 틀 및 시뮬레이션 설정

3.1 개발의 틀

절차적 모델을 활용한 지구단위계획 시뮬레이션 개발 연구를 위해, 시뮬레이션 설정과 시뮬레이션 실행으로 구성된 Fig. 9와 같은 개발의 틀을 도출하였다. 시뮬레이션 설정은 다시 세 가지 단계로 구분되는데 첫 단계는 절차적 모델링 생성을 위한 소프트웨어 및 2·3차원 레이어의 통합을 위한 어플리케이션 도구 선정단계이다. 두 번째 단계는 절차적 모델링을 활용한 시뮬레이션의 적합한 연구대상지 선정단계이며, 마지막 세 번째 단계는 절차적 모델의 다량 생성을 위해 필요한 파라미터 선정단계이다. 시뮬레이션 설정에 따라 도구, 연구대상지, 파라미터들이 선정되면, 이후 DIKW 피라미드를 기반으로 도출된 실행 단계에 따라 시뮬레이션이 진행된다.

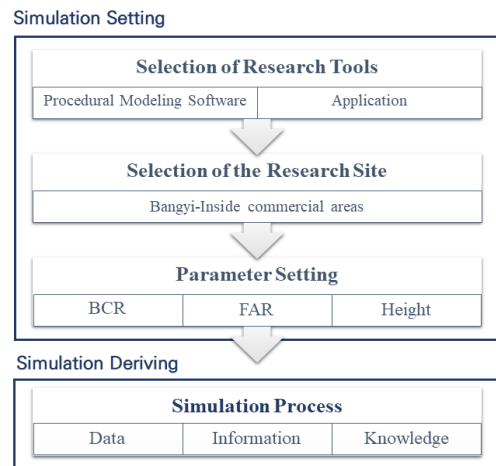


Fig. 9. Frame of Simulation

3.2 시뮬레이션 설정

3.2.1 시뮬레이션 도구 선정

우선 절차적 모델을 생성하기 위한 도구로 에스리(Esri)사의 시티엔진(CityEngine) 2020.0(이하 시티엔진)을 선정하였다. 시티엔진은 절차적 도시 모델 생성을 위해 가장 상용화된 소프트웨어이며, 2008년 출시되었다. 시티엔진은 도시계획 및 고고학 등 분야에서 절차적 방법을 통한 모델 생성 및 활용이 가능하도록 지원하고 있다[26].

또한 시티엔진은 룰 파일(Rule File)이라 불리는 형상 문법을 통해 절차적 모델을 생성한다. 본 연구의 시뮬레이션을 위해 제작된 룰 파일은 Fig. 10과 같은 과정을 통해 건축물을 생성한다. 첫째, 대지면적이 선정되면, 둘째, 용적률, 건폐율, 층고가 입력되고, 이후 건폐율에 따라 건축면적을 산출한다. 이때, 건물의 형상은 필지의 모든 방향에서 건폐율에 따른 건축선의 후퇴(Set-back)를 원칙으로 한다. 셋째, 입력된 용적률과 대지면적의 곱을 건축면적으로 나누어 층수를 산출한다. 넷째, 도출된 층수와 입력된 층고를 곱해 건물의 높이를 생성한다. 마지막으로 건축물의 외관 생성은 오픈 소스로 구축된 건물의 외관 룰 파일을 수정하여, 외관 및 옥상 텍스처, 발코니, 창문, 지붕의 모양 등이 대상지와 비슷한 외관을 갖도록 난수 값을 설정하였다.

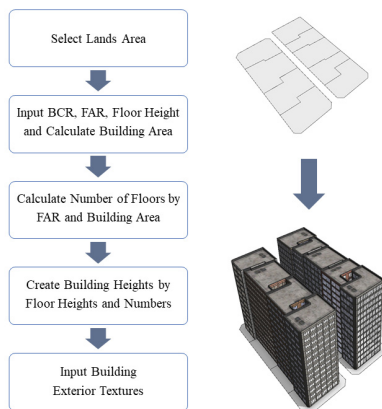


Fig. 10. Rule File Generating Process

한편 3차원 중심의 시뮬레이션 환경이 안정적으로 구축되기 위해선 레이어 통합이 가능한 어플리케이션 및 데이터베이스 관리 시스템(DBMS) 구축이 필요하다[6]. 이에 따라 2·3차원 레이어를 동시에 편집 가능하며, 자체 내장 데이터베이스를 통해 자료의 공유 및 관리가 가능한 에스리사의 아크GIS 프로(ArcGIS Pro 2.6.2)와 웹

씬(Web Scene)을 통합 어플리케이션으로 선정하였다.

3.2.2 연구대상지 선정

1988년 제24회 서울 올림픽 행사를 전후하여, 올림픽 공원 및 선수촌 아파트의 배후 상업시설로 발전한 방이동 이면부 상업지역은 시기적으로 도로사선제한의 규제를 받은 건물들이 대다수 발생하였다. 하지만 2015년 도로사선제한 폐지에 따라, 대상지의 최고높이는 용도지역 및 전면도로 폭원 등을 고려한 새로운 최고높이 조항으로 Table 3와 같이 변경되었다. 기정의 최고높이는 10m 도로변과 6m 이하 도로변에 면할 경우 도로사선제한이 적용되었지만, 2015년 도로사선제한 폐지에 따라 변경된 최고높이는 10m 도로변과 접할 경우, 35m 이하, 6m 이하일 경우 30m 이하까지 허용되었다. 더욱이 2015년에는 도로변에 상관없이 연결도로 폭원을 1m 이상 기부채납 시 최고높이가 50m이하로 변경되었다[31].

Table 3. Height Limit of Research Site

Location	Height Limit		Note
	Present	Change	
10m roadside	setback regulation form road width	under 35m	If donation is not provided
6m or less roadside		under 30m	
land area $\leq 1,500\text{m}^2$	setback regulation form road width	under 50m	Contribution of more than 1m on the road connected to each other
$1,500\text{m}^2 < \text{land area}$	under 100m	under 100m	10% or more donation
Joint Development between Blocks	under 120m	under 120m	

결과적으로 지구단위계획 변경에 따라 연구대상지 내에서 신축 시 건축물 규모를 확장하기 유리한 환경이 조성되었으며, 이에 따라 대상지의 신축행위가 활성화되었다. 실제로 지구단위계획이 변경된 2015년부터 2019년까지 약 4년 동안 Fig. 11과 같은 개발이 발생하였는데, 이는 대상지 전체 필지 176개 중 47개인 약 25%에 해당하는 수치이다. 이와 같은 급격한 개발에 따라 연구대상지에 경관 문제, 밀도 문제, 교통 문제 등이 발생하였다.

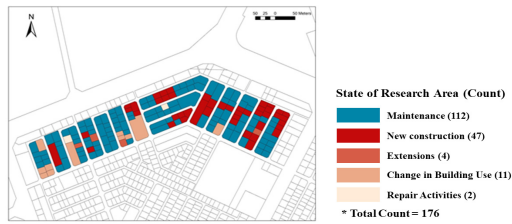


Fig. 11. State of Research Area

따라서 본 연구에서는 연구대상지의 지구단위계획 내용 중 건폐율·용적률·높이 등 건축물의 규모가 적절하지 않게 변경되었다는 가정하에, 건축물 규모의 상호 비교 시뮬레이션을 위한 파라미터를 선정하였다. 이후 선정된 파라미터에 따라 생성된 3차원 모델들 간 경관 비교·분석 및 3차원 프린팅을 활용한 물리적 모델 구축 등 지구단위계획 시뮬레이션 개발을 진행하였다.

3.2.3 절차적 모델링 파라미터 선정

개발을 위한 구체적인 파라미터 항목은 연구대상지 지구단위계획 중 건축물의 규모에 해당하는 건폐율·용적률·높이로 선정하였다. 이는 건폐율·용적률·높이 사항의 변경이 연구대상지에 신축을 가장 크게 유도하였다고 가정하였기 때문이다. 이에 따라 파라미터별 연구대상지 건축물 규모 변화의 비교분석을 위해 Table 4와 같이 3개의 세트를 선정하였다. 3개의 세트는 일괄적 인센티브와 인센티브 이분화의 비교(세트1), 건폐율 및 용적률 인센티브 비교(세트2), 기부채납 비율에 따른 비교(세트3)로 구성된다.

구체적으로 세트1은 기존 지구단위계획의 인센티브에 따라 현행 법정 규모의 신축 평균값을 적용한 파라미터1, 4층 이하 및 5층 이상의 층별 기준에 따라 건폐율 인센티브를 이분화한 파라미터2로 구성된다. 다음의 세트2는 획지 면적에 따라 차등적으로 건폐율 인센티브를 부여한

파라미터3과 획지면적에 따라 용적률 인센티브를 부여한 파라미터4로 구성된다. 마지막 세트3은 획지 면적이 1500㎡ 이상인 획지에 신축 시, 기부채납 비율이 10%인 파라미터5와 기부채납 비율이 20%인 파라미터6으로 구성되며, 기부채납 비율에 따라 시각적 효과를 최대화하기 위해 현행 지구단위계획의 법정 건축물 규모 중 최댓값을 부여하였다.

세트1,2,3에 공통적으로 적용된 건축물 층고의 경우 연구대상지 조사를 통해 실제로 적용된 층고값을 참고하여 난수로 입력하였으며, 획지면적이 1500㎡가 넘는 경우 복층개발에 활용된 최고높이 4.8m까지 층고값으로 부여하였다.

4. 시뮬레이션 실행

4.1 시뮬레이션 실행 단계 선정

지구단위계획 시뮬레이션 실행의 단계는 3차원 모델 생성 소프트웨어 및 통합 어플리케이션(지리정보시스템)을 바탕으로 진행되기 때문에, 정보과학에서 의미 있는 결과물 도출시 활용하는 프로세스를 참고하였다[32]. 이를 위해 정보 및 시스템 관리에 사용되는 DIKW 피라미드를 참고하여 자료(Data) - 정보(Information) - 지식(Knowledge)의 3단계로 실행 단계를 선정하였다.

자료(Data)는 이산적이고 객관적인 사실 또는 관찰을 의미하기 때문에 단계별 목적을 2차원 및 3차원 자료 획득으로 설정하였다[32]. 다음 정보(Information)는 자료가 조직화 및 구체화 된 상태의 단계이기 때문에, 획득한 자료의 가공 및 통합을 주 목적으로 하였다[32]. 마지막으로 지식(Knowledge)은 정보를 통해 새로운 경험 및 평가, 통합 환경 프레임 워크가 제공되는 상태이기 때문에, 통합된 레이어를 통해 3차원 공간분석을 실행하고자

Table 4. Table of Parameter Setting

	Set 1				Set 2				Set 3			
	Parameter 1		Parameter 2		Parameter 3		Parameter 4		Parameter 5		Parameter 6	
Based on Land Area (1500㎡)	Under	Over	Under	Over	Under	Over	Under	Over	Under	Over	Under	Over
BCR (%)	60		Under 4 th floor : 80 Over 5 th floor : 60		60~80	60~70	60		60		60	
FAR (%)	788	894	600	750	600	750	700~850	850~960	850	960	850	960
Floor Height (m)	1 st Floor : 4.5 ~ 6.6 Over 2 nd Floor : If Under 1500㎡ (Land Area) = 3.3 ~ 3.6, else = 3.6 ~ 4.8											
Maximum Height Limit (m)	50	80	50	80	55	100	55	100	55	100	55	100
Donation (%)	-	10	-	10	-	10	-	10	-	10	-	20

하였다[33].

DIKW 피라미드의 암묵적인 가정은 자료는 정보를 생산 가능하며, 정보는 지식을 생산 가능하다는 점이다 [32]. 이는 본 시뮬레이션 단계가 벡터 및 래스터 자료부터, 절차적·비절차적 모델, 3차원 공간분석으로 연결될 수 있는 이론적 기반이 된다. 결과적으로 Table 5와 같이 시뮬레이션의 목표 및 단계별 목표를 자료(Data) 정보(Information) 지식(Knowledge)의 3단계 흐름으로 정리하였다.

Table 5. Phase Outcomes

Phase	Simulation Outcomes
Data	- Acquire 2D, 3D data - Execute preprocessing for subsequent steps
Information	- Create 3D models - Integrate 2D & 3D Layers
Knowledge	- 3D spatial analysis - Utilize Integrated Layers

4.2 자료(Data)단계

4.2.1 2차원 및 3차원 자료 획득

자료(Data) 단계에서 필요한 2차원 데이터는 Table 6과 같이 벡터 자료(SHP)의 경우 국가공간정보포털(NSDI)을 통해 건축물집합정보 및 토지특성정보를, 래스터 자료(JPEG,TIFF)의 경우 국토지리정보원 웹사이트에서 연구대상지의 시대별 이미지 파일을 획득하였다. 한편 주중 및 주말 유동인구 현황(JPEG)의 경우 서울시 우리마을가게 상권분석서비스를 통해 획득하였다. 마지막으로 3차원 데이터는 트림블(Trimble)사의 스케치업(SketchUp) 2020에서 제공하는 3D 웨어하우스(Warehouse)를 통해서 다각형망 3차원 모델링 자료(OBJ)를 획득하였다.

4.2.2 후속 단계를 위한 전처리 과정 실행

획득한 2차원 및 3차원 자료들은 다음의 정보(Information) 단계를 위한 전처리 과정으로 좌표계 통일(벡터 데이터) 및 지오레퍼런싱(래스터 이미지 및 3차원 모델)이 필요하였다. 이를 위해 GRS80타원체(TM중부) 좌표계인 2000 Korea Central Belt 2010 (EPSG 번호: 5186) 좌표계를 기준으로 벡터 자료의 좌표계를 통일하였으며, 이 좌표계를 바탕으로 동일한 공간의 위치에 놓이도록 래스터 이미지들을 지오레퍼런싱(Georeferencing)하였다. 위 과정을 통해, 추후 단계에서의 레이어 통합, 3차원 공간분석 등의 이 용이하게 진행될 수 있었다.

4.3 정보(Information) 단계

4.3.1 3차원 모델 정보 생성

정보(Information) 단계에선 비절차적 및 절차적 모델, 그리고 물리적 모델 등 세 가지 모델을 생성하였다. 우선 비절차적 모델을 구축하기 위해 자료 단계에서 획득한 SHP 자료의 높이 값 정보에 따라 대상지의 필지 수와 일치하는 176개의 3차원 폴리곤 모델을 생성하였다. 생성된 폴리곤 모델은 공간정보산업진흥원에서 제공하는 브이월드(V-World)의 3차원 현황 모델을 참고하여, 스케치업을 활용해 Fig. 12의 파란색 건물과 같이 구축하였다.

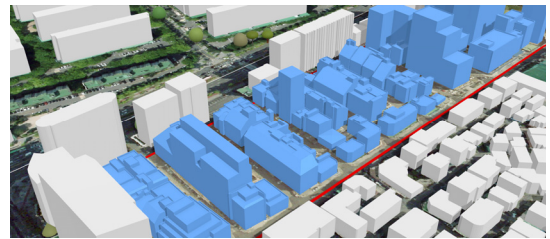


Fig. 12. 3D Models of Study Area Status (Non-Procedural Model)

Table 6. Acquisition Data Status

Type	2Dimensional							3Dimensional
	Vector		Raster					3D Models
Classification	Building Information	Land Information	1910's map	1970's map	2007's map	2018's map	Floating Population	Non-Procedural Models
File format	SHP	SHP	JPEG	TIFF	TIFF	TIFF	JPEG	OBJ
Offering platform	National Spatial Data Infrastructure Portal (NSDI)		National Geographic Information Institute's National Territory Information Map				golmok.seoul.go.kr	3D Warehouse
Projection & Georeferencing	2000 Korea Central Belt 2010 (EPSG Number : 5186)		Perform using georeferencing function in ArcGIS Pro 2.6.2.					Imported in CityEngine

다음의 절차적 모델 구축을 위해, 3.2.3에서 설정한 파라미터 값을 건축물 생성 룰 파일이 작성된 시티엔진에서 입력하였다. 이를 통해 Fig. 13, Fig. 14, Fig. 15와 같이 3개의 세트로 구성된 6개 절차 모델을 생성하였다. 또한 건축물 외관의 옵션을 시티엔진 내에서 상세(Detailed)로 변경 시, 외관 채색, 발코니 깊이와 넓이, 창문의 간격, 옥상의 텍스처, 지붕의 모양 등이 난수값에

따라 채색된 3차원 모델이 생성된다. 이에 따라 Fig. 16과 같이 연구대상지 현황과 비슷한 건축물의 외관 생성이 가능하였다.

마지막으로 절차적 모델의 경우 오브젝트(OBJ) 파일로 전환이 가능하기 때문에, 3차원 프린터를 이용하여 Fig. 17과 같은 물리적 모델을 구축하였다.

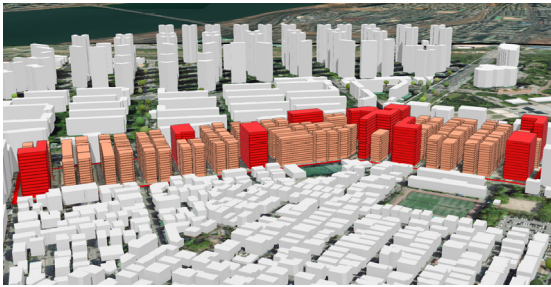


Fig. 13. Set 1 (a) Parameter 1 (b) Parameter 2



Fig. 14. Set 2 (a) Parameter 3 (b) Parameter 4



Fig. 15. Set 3 (a) Parameter 5 (b) Parameter 6



Fig. 16. Exterior of Buildings

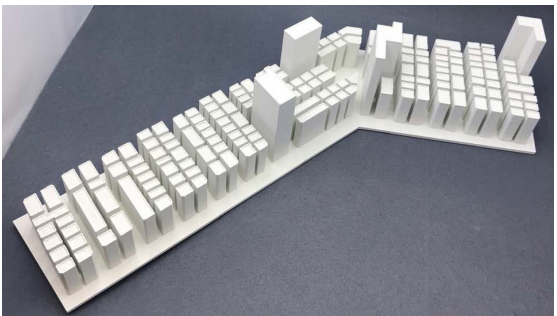


Fig. 17. Physical Model

4.3.2 2차원·3차원 레이어 통합

정보(Information) 단계까지 생성된 2차원 및 3차원 레이어들은 에스리 사의 자체 내장 데이터베이스를 통해 시티엔진과 호환 가능한 어플리케이션인 아크GIS 프로를 통해 Fig. 18과 같이 하나의 레이어로 통합하였다. 앞서의 자료(Data) 단계에서 전처리 과정을 거쳤기 때문에 2차원 및 3차원 정보들은 아크GIS 프로에서 쉽게 통합되었다. 결과적으로 비절차적 모델, 절차적 모델, 래스터 이미지 등이 레이어 통합을 통해 연구대상지를 더욱 현실감 있게 구현하였다. 이것은 향후 지식(Knowledge) 단계에서 공간분석 및 활용 방안을 용이하게 하였다.

4.4 지식(Knowledge) 단계

4.4.1 3차원 공간분석 및 활용

Fig. 18과 같이 아크GIS 프로와 웹 씬을 활용하여 하나의 레이어로 통합된 지구단위계획 시뮬레이션은 3차원 공간 분석이 가능하다. 구체적으로 Fig. 19와 같은 일조권 분석 이외에 경관 비교 분석 등이 웹 씬 내에 내장된 분석 기능으로서 제공된다. 이 외에도 속성정보를 활용한 시계열 분석, Fig. 20과 같은 2차원 및 3차원 레이어 간 중첩 분석 등이 가능하다.

또한 에스리 사는 오픈소스 웹 기반 앱 템플릿으로 아크GIS 온라인을 제공하고 있다. 이에 따라 웹 씬을 통해 구축된 2차원 및 3차원 레이어들은 최소 코드로 작동하

는 아크GIS 스토리맵 앱을 통해 Fig. 21과 같이 공간정보 콘텐츠로 재구성성이 가능하였다. 결과적으로 연구대상의 지구단위계획 이슈부터 절차적 모델링에 의해 생성된 파라미터들이 스토리텔링 콘텐츠로 재가공되었다.

5. 단계별 시사점 및 결론

5.1. 단계별 시사점 도출

5.1.1 자료(Data)단계 : 자료 공유 플랫폼 및 자료 정확도 개선 필요

분석에 사용한 자료(Data)는 국가에서 운영 중인 공공 플랫폼을 통해 획득하였다. 그러나 제한적인 자료만 획득 가능하였으며, 획득한 자료 또한 세부 사항의 누락이 발생하여 부득이하게 보간하여 사용하였다. 이에 따라 정보(Information) 단계의 3차원 모델 생성 혹은 지식(Knowledge) 단계의 3차원 공간분석 등을 위한 전처리 과정에 많은 시간이 소요되었다. 따라서 시뮬레이션 소요비용의 경감을 위해, 공공부문의 데이터 공유를 위한 명확한 가이드라인 수립 및 민간부문의 데이터 생산 및 갱신 참여 유도 방안 등을 통한 자료의 정확도 개선이 필요하다. 결과적으로 절차적 모델링 시뮬레이션 개발을 위한 전처리 비용을 감소시킬 수 있어야 한다.



Fig. 18. Integrated Layers



Fig. 19. Daylight Analysis



Fig. 20. Overlay Analysis



Fig. 21. Storytelling Contents (Storymap)

5.1.2 정보(Information)단계 : 텍스트처 및 지구단위계획의 추가적 개발 필요

시뮬레이션 개발 중 건축물의 외관 텍스트처는 시티엔진 내 오픈소스로 제공되는 텍스트처 중 일부를 수정하여 구축하였다. 그러나 이는 외국의 텍스트처를 변형하여 사용한 것이므로 향후 절차적 모델 시뮬레이션의 가시성 향상을 위해 국내 현실과 부합하는 텍스트처들이 개발되어야 한다. 특히나 우선적으로 활용도가 높은 상업시설의 간판, 아파트 단지 등과 같은 텍스트처들이 개발될 필요가 있다. 또한 지구단위계획은 건축물을 3차원 모델로 생성시킬 수 있는 명확한 규칙을 갖춘 도시설계제도이다. 이는 지구단위계획이 향후 형상문법 스크립트로 개발 가능성이 높음을 의미한다. 따라서 본 연구에서 활용한 건축물의 규모 외에 건축물의 용도, 건축물의 배치와 건축선, 건축물의 형태와 색채, 경관 등 지구단위계획의 다른 지침들 또한 절차적 모델링의 형상문법 스크립트로 활용할 수 있는 추가적 연구가 필요하다. 결과적으로 시뮬레이션 개발의 품질을 향상시키기 위해, 건축물 외관 텍스트처 및 지구단위계획 수립지침의 추가적 개발이 필요하다.

5.1.3 지식(Knowledge)단계 : 정량적 분석 및 소통 도구로서 절차적 모델링 도입방안 필요

절차적 모델링은 명확한 스크립트로 구동되는 모델링 기법이기 때문에, 모델 생성 이면에 정량적인 수치가 함께 제공된다. 즉 파라미터 수치에 의한 정량적 분석이 가능하나, 본 연구에서는 시각적 분석 및 스토리텔링 콘텐츠 제작만을 지식단계에서 활용하였다. 따라서 향후 파라미터들 간 수치적인 선택이 가능한 정량적 분석의 보완이 필요하다. 또한 통합 어플리케이션으로 구축된 시뮬레이션 결과물은 스토리텔링 콘텐츠와 결합하여 지구단위계획의 보다 효과적인 정보 전달을 가능하게 한다. 결과적으로 지구단위계획의 효과적인 시각화 및 스토리텔링을 통해 지구단위계획 수립 간 전문가 의견 수렴 및 주민 의견 청취 등 두 가지 영역 모두에서 활용 가능성이 높다. 따라서 지식단계에서 절차적 모델링 활용 방안의 고도화를 위해 정량적 분석 및 지구단위계획 단계에서 소통 도구로서 활용 방안 및 범위에 대한 추가적 연구 및 보완이 필요하다.

5.2 결론

지구단위계획은 건폐율·용적률·높이 등 건축물의 규모, 건축물의 형태와 색채, 건축물의 용도, 건축물의 배치

와 건축선, 경관 등의 계획내용을 작성지침에 따라 2차원의 도면으로 구성된 정보로 제공하고 있으나, 이론적 고찰을 통해서 계획내용의 전달에 한계가 있음을 확인하였다. 이에 몇몇 지자체는 2차원적 도면과 3차원 현황 모델의 결합 등을 통해 보완의 노력을 하고 있지만, 지구단위계획의 3차원 모델로서 정보전달을 하기에는 미흡하였다. 따라서 본 연구는 도시 스케일 단위에서 모델 생성의 효율성이 높은 절차적 모델링을 도입하여 지구단위계획을 3차원 모델로 작성하는 시뮬레이션을 개발하였으며, 개발에 따른 시사점을 고찰하였다. 개발의 과정은 도출된 개발의 틀에 따라 시뮬레이션 설정, 시뮬레이션 실행의 과정으로 진행되었으며, 시뮬레이션 설정의 과정은 다시 시뮬레이션 도구 선정, 연구대상지 선정, 파라미터 선정의 단계로 나뉘며, 구체적 시뮬레이션은 자료(Data), 정보(Information), 지식(Knowledge)의 3단계로 구분하여 진행되었다.

이때 시뮬레이션 개발의 전처리 과정에 해당하는 자료(Data) 단계에서는 획득할 수 있는 자료의 정확도 문제, 좌표계 및 지오레퍼런싱 통일 등의 문제가 발생하여 많은 시간이 소요되었다. 따라서 전처리 소요 비용의 경감을 위해 자료의 정확도 개선 방안 마련이 요구되었다. 다음 정보(Information) 단계에선 3차원 모델(비절차적, 절차적, 물리적)을 생성하였는데, 추후 절차적 모델을 활용한 시뮬레이션의 품질 향상을 위해 건축물 외관 텍스트처 및 지구단위계획의 추가적인 절차적 모델 개발이 요구되었다. 마지막 지식(Knowledge) 단계에선 구축된 시뮬레이션을 활용한 시각적 3차원 공간 분석 및 스토리텔링 콘텐츠를 제작하였다. 또한 지식(Knowledge) 단계에서의 더욱 심도있는 공간분석을 위한 정량적 분석의 필요성 요구, 지구단위계획의 심의제도에 도입 등 의사소통의 도구로서 가능성을 살펴보았다.

한편 본 연구는 다음과 같은 연구의 한계점이 있다. 첫째, 시뮬레이션 개발을 위해 독점적 소프트웨어를 사용하였다. 시뮬레이션을 위해 사용한 도구는 모두 에스리사의 소프트웨어들이다. 이에 따라 내장된 데이터베이스 관리 시스템을 통해 데이터의 관리는 유용하였지만, 독점적 라이선스에 따라 현업 도입 시 비용적 부담이 발생할 수 있다. 따라서 추후 소프트웨어 라이선스 비용의 합리화 방안 마련 또는 오픈소스 방식의 절차적 모델링 소프트웨어의 개발 및 발굴이 필요하다. 둘째, 시뮬레이션은 서울특별시 송파구 방이동 이면부 상업지역만을 대상으로 진행되었다. 절차적 모델링은 파라미터에 의해 다량의 모델 생성이 유리하기 때문에, 연구대상지 인근 주거지역

혹은 다른 상업지역 등을 대상으로 절차적 모델링을 활용한 시뮬레이션의 확장이 용이하다. 따라서 후속 연구로서 다양한 지역에 대한 절차적 모델링을 통한 지구단위 계획 시뮬레이션 개발 연구가 요구된다. 그럼에도 불구하고, 본 연구는, 2차원 지구단위계획의 도면이 가지고 있는 입체적 정보전달력 부재 및 기정 비절차적 모델링의 비용적 한계를 보완하기 위해 절차적 모델을 활용한 지구단위계획 시뮬레이션을 개발하였다는 점에서 중요한 의미가 있다.

References

- [1] S. H. Kim, "A Study on the Public Announcement for District Unit Development Plan with 3D GIS Technology - Focusing on "Virtual Reality"", Master's thesis, Chonnam National University, Gwangju, Korea, pp.11-12, 2005.
- [2] H. K. Youn, "A Change of Architectural Regulation According to Introducing Urban Design Plan", *Review of Architecture and Building Science*, Vol.45, No.4, pp.15-25, 2001.
- [3] B. K. Jeon, C. J. Kim, C. S. Kim, and J. K. So, "Application of Augmented Reality based Urban Planning Support System for Effective District Unit Planning," *Journal of Korea Spatial Information Society*, Vol.20, No.2, pp.105-115, 2012.
DOI: <https://doi.org/10.12672/ksis.2012.20.2.105>
- [4] C. J. Kim, "A Study on the Improvement of District Unit Planning through the Augmented Reality Techniques", Ph.D dissertation, Kyungwon University, Seongnam, Korea, pp.54-55, 2010.
- [5] M. Batty, P. Steadman, Y. Xie, "Visualization in Spatial Modeling", *Complex Artificial Environments* pp.79, 2004.
DOI: http://doi.org/10.1007/3-540-29710-3_4
- [6] A. Koninger, S. Bartel, "3D-GIS for Urban Purposes", *GeoInformatica*, Vol.2, pp.79-10, 1998.
DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1009797106866>
- [7] J. Lee, M. P. Kwan, "A combinatorial data model for representing topological relations among 3D geographical features in micro-spatial environments", *International Journal of Geographical Information Science*, Vol.10, No.9, pp.1039-1056, 2005.
DOI: <https://doi.org/10.1080/13658810500399043>
- [8] M. Saldana, "An Integrated Approach to the Procedural Modeling of Ancient Cities and Buildings", *Digital Scholarship in the Humanities*, Vol.30, pp.i148-i163, 2015.
DOI: <http://doi.org/10.1093/llc/fqv013>
- [9] J. D. Foley, A. van Dam, S. K. Feiner, J. F. Hughes, R. L. Phillips, *Introduction to Computer Graphics*, 559, Reading, Mass. Addison-Wesley Professional, 1993.
- [10] D. F. Rogers, *An Introduction to NURBS: With Historical Perspective*, 344, Morgan Kaufmann, 2000.
- [11] R. Kadobayashi, N. Kochi, H. Otani, R. Furukawa, "Comparison and evaluation of laser scanning and photogrammetry and their combined use for digital recording of cultural heritage", *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol.35, No.5, pp.401-406, 2004.
- [12] S. H. Jung, K. D. Lee, J. K. Lee, "Construction and Application of 3D Image Model for GIS Spatial Analysis", *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol.26, No.6, pp.561-569, 2008.
- [13] S. H. Han, Changing IFEZ appearance...It's an aerial video, Inchoen Free Economic Zone, 2020, c2021, [cited 2021 Feb 05], Available From : <https://www.ifez.go.kr/noti004/2001475>
- [14] A. Lindenmayer, "Mathematical models for cellular interactions in development I. Filaments with onedided inputs", *Journal of theoretical biology*, Vol.18, No.3, pp. 280-299, 1968.
DOI : [https://doi.org/10.1016/0022-5193\(68\)90079-9](https://doi.org/10.1016/0022-5193(68)90079-9)
- [15] M. Mandić, B. Tepavčević, "Analysis of shape grammar application as a tool for urban design", *Environment and Planning B: Planning and Design*, Vol.42, No.4, pp.675-687, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.1068/b130084p>
- [16] M. Ghorbanian, F. Shariatpour, "Procedural modeling as a practical technique for 3D assessment in urban design via CityEngine", *International Journal of Architectural Engineering & Urban Planning*, Vol. 29, No.2, pp.255-267, 2019.
DOI: <https://doi.org/10.22068/ijaup.29.2.255>
- [17] P. Su, L. Xiong, "Procedural modeling technology in Urban design", *Advanced Materials Research*, Vol. 482-484, pp.2481-2484, 2012. DOI : <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.482-484.2481>
- [18] G. van Maren, N. Shephard, S. Schubiger, Developing with Esri CityEngine, ESRI, 2012, c2020, [cited 2020 December 10], Available From: https://proceedings.esri.com/Library/Userconf/Devsu/mmit12/Papers/Developing_With_ESri_Cityengine.Pdf,
- [19] J. Viinikka, "Adopting Procedural Information Modeling in Urban Planning", Master's Thesis, Aalto University, Finland, pp.39-44, 2014
- [20] J. H. Koo, "Birth and Understanding of District Unit Plan", *Journal of Urban Information Service of Korea*, Vol.41, No.2, pp.3-13, 2000.
- [21] Ministry of Government Legislation, Guideline of District Unit Plan, 2018, c2020 [cited 2020 December 10], Available From: <https://www.law.go.kr/> 행정규칙/지구단위계획수립지침/(1131.20181221)

- [22] Ministry of Government Legislation, Guideline of District Unit Plan, [enclosure 1] Drawing guideline, 2018, c2020 [cited 2020 December 10], Available From: <https://www.law.go.kr/> 행정규칙/지구단위계획수립 지침/(1131,20181221)
- [23] F. C. Ahmed, S. P. Sekar, "Using Three-Dimensional Volumetric Analysis in Everyday Urban Planning Processes", *Applied Spatial Analysis and Policy*, Vol.8, pp.393-408, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s12061-014-9122-2>
- [24] B. Watson, P. Muller, P. Wonka, C. Sexton, O. Veryovka, A. Fuller, "Procedural Urban Modeling in Practice", *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol.28, No.3, pp.18-26, 2008.
DOI: <https://doi.org/10.1109/MCG.2008.58>
- [25] G. Kelly, H. McCabe, "Citygen : An Interactive System for Procedural City Generation", Citygen.net, 2007, c2021[cited 2021 January 6], Available From: : http://www.citygen.net/files/citygen_gdtw07.pdf
- [26] K. Dylla, B. Frischer, P. Muller, A. Ulmer, S. Haegler, "Rome reborn 2.0: A case study of virtual city reconstruction using procedural modeling techniques", *Computer Applications & Quantitative Methods in Archaeology*, 2010, c2021[cited 2021 January 6], Available From : https://proceedings.caaconference.org/paper/09_dylla_et_al_caa2009/
- [27] A. Mustafa, X. W. Zahng, D. G. Aliaga, M. Bruwier, G. Nishida, B. Dewals, S. Erpicum, P. Archambeau, M. Piroton, J. Teller, "Procedural generation of flood-sensitive urban layouts", *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, Vol.47, No.5, pp. 889-911, 2020.
DOI : <https://doi.org/10.1177/2399808318812458>
- [28] S. H. Kim, "Efficiency improvements in providing the optimal infrastructure installation plan with minimum installation cost in the korean DIF zoning case - focused on adopting the cityengine and GIS", Master's Thesis, Hongik university, Korea, 2014.
- [29] C. A. Vanegas, I. G. Dorado, D. G. Aliaga, B. Benes, P. Waddell, "Inverse Design of Urban Procedural Models", *ACM Transactions on Graphics*, Vol.168, No.6, 2012.
DOI: <https://doi.org/10.1145/2366145.2366187>
- [30] T. Agius, S. Sabri and M. Kalantari, "Three-Dimensional Rule-Based City Modelling to Support Urban Redevelopment Process", *International Journal of Geo-Information*, Vol.7, No.10, 2018.
DOI: <https://doi.org/10.3390/ijgi7100413>
- [31] Olympic-ro District Unit Plan Topographic Drawing Notice, Government Notice, Songpa-gu, Seoul, Korea, pp.90-98.
- [32] J. Rowley, "The wisdom hierarchy : representations of the DIKW hierarchy", *Journal of Information and Communication Science*, Vol.33, No.2, pp. 163-180, 2007.
DOI: <https://doi.org/10.1177/0165551506070706>

- [33] D. P. Wallace, *Knowledge Management: Historical and Cross-Disciplinary Themes*, 235, Libraries Unlimited, 2007.

전 진 환(Jin Hwan Jun)

[준회원]



- 2021년 2월 : 서울시립대학교 대학원 도시공학과 (공학석사)
- 2021년 3월 ~ 현재 : 서울시립대학교 대학원 도시공학과 박사과정 재학

<관심분야>

지구단위계획, 공간분석, 3차원 GIS

김 충 호(Chung Ho Kim)

[정회원]



- 2006년 2월 : 서울대학교 대학원 건축학과 석사 (공학석사)
- 2017년 3월 : University of Washington, 도시설계 및 계획학 박사 (Ph.D in Urban Design and Planning)

• 2018년 3월 ~ 현재 : 서울시립대학교 도시공학과 조교수

<관심분야>

도시설계, 도시공간디자인, 리질리언스, 스마트시티