

입체적 도시계획을 위한 무인비행장치 기반 3차원 실사 모델의 활용성 분석

이재영¹, 이재선^{2*}

¹연세대학교 대학원 도시공학과, ²연세대학교 도시공학과

The Utilization Analysis of 3D Realistic Model based on UAV for Supporting 3D Urban Development Project

Jae-Young Lee¹, Jea-Sun Lee^{2*}

¹Department of Urban Planning and Engineering, Graduate School, Yonsei University

²Department of Urban Planning and Engineering, Yonsei University

요약 본 연구는 도시개발사업의 진행을 위한 계획수립 과정에서 현행 직접 현장조사 및 2차원 영상에 기반을 둔 평면적 활용의 한계와 업무 효율성 저하의 문제를 극복하고자 무인비행장치 기반 항공사진을 이용하여 제작되는 3차원 실사모델을 입체적 도시계획 업무에 활용하기 위해 그 활용성을 분석하고자 한 것이다. 이를 위해 도시개발사업 예정지를 대상으로 무인비행장치로 촬영된 무인항공사진을 획득하여 정밀 3차원 실사모델을 생성하였다. 그리고 도시개발 예정지의 현황조사를 위해 현재 실무에서 활용되고 있는 평면 지도 및 항공사진을 이용한 2차원 조사방법과 비교하여 3차원 실사모델의 적용이 가능한 조사업무에 대하여 도시, 토목, 건축, 교통 등 관련 분야 종사자를 임의 표본 추출하여 단일집단 사전사후검사설계 방법론을 적용한 설문조사를 실시하였다. 설문 결과, 도시개발사업의 수행을 위한 사전 현황조사 업무에서 지장물 현황조사, 경사 및 표고 현황조사, 산림 및 생태자연 현황조사에서 3차원 실사모델의 적용에 따른 활용성이 클 것으로 예측되었으며, 그 외 입지선정 및 분석 등 다양한 업무에서 활용성을 기대할 수 있을 것으로 분석되었다. 이로부터 공간에 대한 이해, 업무 효율성 측면과 그에 따른 신뢰도 측면에서 3차원 실사모델의 적용에 따른 3차원적 조사방법의 활용 가능성을 확인하였으며, 도시개발 및 계획분야에서 기초현황 조사의 업무 효율성을 크게 개선할 수 있을 것으로 기대된다.

Abstract This study examined the utilization of the 3D realistic model produced from a UAV aerial photograph for 3D city planning work in the planning process for the progress of the urban development project to overcome the limitations of a flat plan based on the current direct field survey and 2D image and the problem of lowering work efficiency. For this, for the planned urban development project site photograph was obtained using a UAV, and a precise 3D realistic model was produced. In addition, a survey was conducted by applying a single group pre-post inspection design methodology by random sampling of workers in related fields, such as urban, civil engineering, architecture, and transportation, to compare and review the work efficiency of the 2D survey method used for the status survey of the planned urban development area and the 3D survey method based on the 3D realistic model produced in this study. The survey predicted the 3D realistic model would be useful in the status survey of obstacles, the current status of slope and elevation, and the current status of forests and ecological nature in the preliminary status survey for implementing urban development projects. Externally, utilization in various tasks, such as site selection and analysis, could be expected. From this, the possibility of using the 3D survey method was confirmed according to the application of the 3D realistic model in terms of understanding space, work efficiency, and reliability. In addition, it is expected to greatly improve the work efficiency of the basic status survey in urban development and planning.

Keywords : Urban Development, 3D Realistic Model, UAV, Basic Status Survey, Business Usability

본 논문은 2022년 연세대학교 박사학위 논문의 일부를 정리한 것입니다.

*Corresponding Author : Jea-Sun Lee(Yonsei University)

email: jeasunlee@yonsei.ac.kr

Received February 6, 2023

Revised March 10, 2023

Accepted April 7, 2023

Published April 30, 2023

1. 서론

최근 발표된 도시계획 현황 통계자료에 따르면 용도지역으로 지정된 국토 면적 106,207km² 중에서 약 16.7%(17,878km²)에 해당하는 도시지역에 국민 91.8%인 4,740만 명이 거주하는 것으로 조사되었다. 특히 서울특별시와 6대 광역시 중 서울, 부산, 광주, 대전광역시의 도시지역 인구비율은 100%로 나타나는 등 수도권 및 대도시를 중심으로 인구집중 현상의 가속화와 집중화가 더욱 심화되고 있다(Fig. 1)[1].



Fig. 1. Urban planning statistics (2021) (Ministry of Land, Infrastructure and Transport)

이러한 인구의 도시 쏠림현상은 주택, 교통, 교육, 환경, 복지 등 다양한 도시문제를 야기하고 있으며, 도시의 기반시설은 점차 입체화와 고층화 및 집적화되며 변화되고 있다. 이렇듯 도시 생활에서 유발되고 있는 교통문제, 환경문제, 주거문제, 시설 비효율 등을 해결하고 첨단 기술을 활용해 도시의 기능과 시민의 편의성을 개선하기 위해 스마트시티 프로젝트로 명명된 도시발전사업이 추진되어 왔다. 최근 수년간 스마트시티 분야에서는 디지털트윈(digital twin) 기술에 주목해 왔으며, 디지털트윈은 디지털 기술로 현실과 똑같은 쌍둥이 모델을 만들어 새로운 기술의 테스트 베드로 활용하고 이를 통해 새로운 기술의 문제점을 개선하고 완성도를 높여 실제 현장에 적용하는 것이 디지털 트윈의 핵심이다[2].

디지털 트윈은 기본적으로 3차원 공간정보 체계를 근간으로 하고 있으며, 3차원 공간정보는 2차원 공간정보에 비하여 현실 세계를 보다 사실적으로 표현하고 정량적인 분석이 가능하게 함으로써 고층화 및 복잡화된 현대 도시공간에서 도시 관련 업무 및 정책 결정에 효율성을 높일 수 있다. 최근 행정중심복합도시건설청과 한국토지주택공사는 디지털트윈 플랫폼의 구축을 완료하고 행정중심복합도시 도시계획부터 건설 및 운영에 이르는

모든 과정을 3차원 공간정보에 기반을 둔 디지털트윈 기술을 활용하겠다고 밝히고 있다[2]. 따라서 도시공간에 대한 3차원 공간정보의 구축은 스마트시티와 디지털트윈의 구현을 위한 필수적인 요소가 되고 있다. 그러나 2021년 경기연구원에서 경기도청과 시·군청 등 공무원 219명을 대상으로 3차원 공간정보에 대한 인식에 관한 설문조사를 실시한 결과, 응답자의 55%만이 3차원 공간정보에 대해 들어본 적이 있으며, 실무 활용 경험자는 10.0%에 그쳤다. 또한 3차원 공간정보를 업무에 도입할 의향에 대한 설문 결과에서는 51%만이 긍정적으로 답하였다[2]. 그리고 도시계획 및 설계 분야에서 도시개발을 위한 계획과 설계는 여전히 2차원에 기반을 둔 지도 및 영상 등을 이용하여 물량산출과 설계 도면이 작성되고 있으며, 이로 인해 설계자의 실수와 그 작업의 효율성이 떨어지는 한계점이 노출되고 있는 실정이다[3]. 이렇듯 도시문제의 해결을 위한 3차원 공간정보의 활용은 아직도 먼 이야기처럼 느껴지고 있으며, 고층화와 입체화가 가속되고 있는 도시의 문제를 효율적으로 해결하고 정책결정의 시행착오를 최소화하기 위해서는 근본적으로 2차원적(평면적) 도시계획에 머무르고 있는 도시계획 및 설계를 3차원적(입체적) 도시계획으로 전환이 시급한 실정이다[4,5].

이에 본 연구에서는 도시개발사업의 진행을 위한 계획 수립 과정에서 현행 직접 현장조사 및 2차원 영상에 기반을 둔 평면적 활용의 한계와 업무 효율성 저하의 문제를 극복하고자 무인비행장치(UAV; Unmanned aerial vehicle) 기반 항공사진을 이용하여 제작되는 3차원 실사모델을 입체적 도시계획 업무에 활용하기 위해 그 활용성을 분석하고자 하였다.

2. 3차원 실사모델 구축 및 활용성 분석을 위한 설문조사

2.1 도시개발 사업지에 대한 3차원 실사모델의 구축

무인비행장치 항공사진에 의한 3차원 실사모델을 도시개발사업의 계획 및 설계 작업에서 그 활용성을 분석하기 위하여 도시개발사업이 진행되고 있는 지역을 대상으로 무인비행장치로 촬영된 항공사진을 획득하여 정밀 3차원 실사모델을 생성하였다. Fig. 2는 무인비행장치 항공사진을 이용한 3차원 실사모델의 제작 과정을 도시한 것이다.

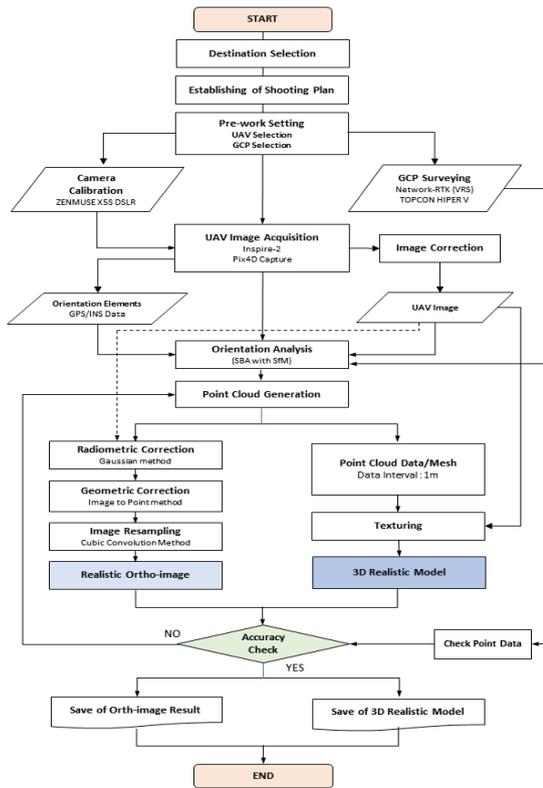


Fig. 2. UAV aerial photo-based 3D realistic model production process

3차원 실사모델의 제작을 위한 대상지는 현재 도심지역내 도시개발사업이 진행되고 있어 개발사업에 따른 지형 및 지물의 변화가 발생한 00지역을 선정하였다. 대상지에 대한 항공사진의 촬영을 위해 DJI Inspire-2(T650A) 회전의 무인비행장치를 이용하여 촬영계획은 Pix4D(社)

Table 1. Plan for aerial photography to build a 3D realistic model

Division	Shooting plan		Note
Shooting date	2019. 04		
Shooting route	Grid type (7×7 course)		7 North and South, 7 East and West
Shooting elevation	100m		
Overlay	Over lap	85% or more	Public Survey Work Guidelines Using Unmanned Aerial Vehicles
	Side lap	80% or more	
GSD	5cm		
Number of shots	1,340 sheets		

에서 IOS기반으로 개발한 Pix4Dcapture를 이용하였다. Table 1은 대상지에 대한 촬영계획을 나타낸 것이며, Fig. 3은 촬영된 항공사진의 샘플을 나타낸 것이다.

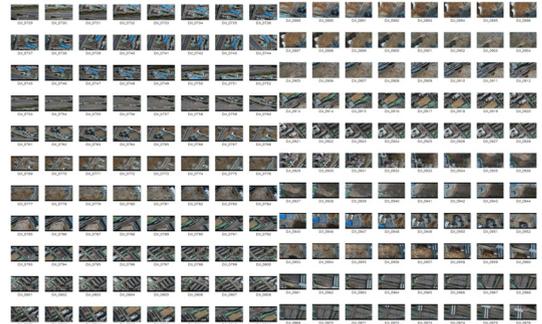


Fig. 3. Aerial photography sample

그리고 제작하고자 하는 3차원 실사모델의 절대좌표 부여를 위해 '무인비행장치 이용 공공측량 작업 지침'을 참고하여 TOPCON HiperV GNSS 수신기를 사용하여 RTK-VRS 측량방법에 의해 대상지내 총 11점의 지상기준점(GCP:Ground Control Point)을 획득하였다.



Fig. 4. 3D high-density point cloud data (2019.04)



Fig. 5. 3D realistic model(2019.04)

이렇게 획득된 항공사진과 기준점측량 성과를 이용하여 Pix4D社의 Pix4D mapper Pro를 활용하여 Fig. 2의 절차에 의거하여 3차원 점군자료(Fig. 4)와 실사모델(Fig. 5)을 제작하였다.

2.2 3차원 실사모델의 활용성 분석을 위한 설문조사

2.2.1 설문조사의 개요

무인비행장치 항공사진에 의해 제작한 3차원 실사모델을 기존 2차원에 의한 방법 비교하여 어떤 부분에서 어떤 요소가 차이가 나는지 객관적으로 분석하기 위해 단일집단 사전사후검사설계(One group pretest-posttest design)방법론을 적용하여 쌍대 간 비교를 통해 설문조사를 실시하여 효용성 요소를 측정하였다.

도시개발 예정지의 현황조사를 위해 기존 문헌고찰을 토대로 3차원 공간정보 구축 관련 무인비행장치 기반 3차원 실사모델과 가장 관련이 있는 평가요소를 도출한 후, 현재 실무에서 활용되고 있는 평면 지도 및 항공사진을 이용한 2차원 조사방법과 비교하여 3차원 실사모델의 적용이 가능한 조사 업무를 추출하여 설문조사를 실시하였다.

설문조사 기간은 2021년 11월 5일부터 11월 15일까지 두 차례에 걸친 설문을 진행하였으며, 1차 설문조사는 무인비행장치를 활용한 3차원 실사모델에 의한 현장 조사방법을 도시계획 및 설계 업무에 적용 할 경우 어떤 업무에 도움이 될 수 있겠는지를 물었고, 2차 설문조사는 1차 설문 응답자를 대상으로 1차 설문조사에서 도출된 지장물 현황조사, 경사 및 표고, 산림 및 생태 자연현황 조사업무에 대해 6가지 효용성 요소를 측정하는 문항으로 5점 리커트 척도를 적용한 문항으로 구성하였다. 설문조사 대상은 도시, 토목, 건축, 교통 등 관련 분야 종사자를 대상으로 하여 임의 표본 추출방법을 통한 설문조사를 실시하였다. 표본수집방법은 임의표본추출방법(convenience sampling)과 전자 설문조사(electronic survey)를 통해 효용성에 대한 설문조사를 실시하였으며, 전자 설문조사 방법은 구글에서 제공하는 구글폼 온라인 설문조사를 통하여 실시하였다(Fig. 6). 또한 온라인 설문 과정에서 기존의 방법과 3차원 방법에 대한 자료를 동영상으로 제작하여 만든 후 해당 자료를 구글 온라인 설문조사에 삽입하여 반영함으로써 설문의 효율을 극대화하고자 하였다. 설문조사를 위해 배부한 표본수는 235부였으며, 유효 회답수는 183부였다. Table 2는 설문조사의 개요를 정리한 것이다.

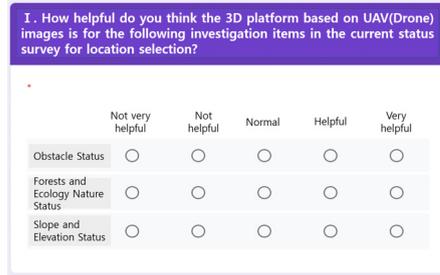


Fig. 6. Example of an electronic survey (Google)

Table 2. Survey overview

Division		Contents
Period		November 5, 2021 - November 15, 2021
1st survey	Degree of help	Tasks applicable to 3D realistic models in urban planning and design
	Importance	Importance of applicable tasks
2nd survey	Evaluation factor judgment	Judgment of 6 evaluation factors for 3 survey items
	More questions	Technology elements needed in the future, application plan
	Personal Information	Personal characteristics (gender, age, field of study, occupation, career, highest level of education)
Method		One group pretest-posttest design convenience sampling electronic survey
Specimen		183 sheets

설문 대상자의 일반적 특성의 빈도분석을 확인해보면 성별은 남성 146명(79.8%), 여성 37명(20.2%)으로 나타났으며 나이는 40대 64명(35.0%), 50대 52명(28.4%), 30대 35명(19.1%), 60대 이상 18명(9.8%), 20대 14명(7.7%) 순으로 나타났다. 전공 분야는 도시 72명(39.3%), 건축 49명(26.8%), 토목 41명(22.4%), 교통 12명(6.6%), 기타 9명(4.9%) 순으로 나타났다. 직업은 기술전문가 (도시계획가, 설계가, 시공사, 감리사 등) 65명(35.5%), 학계 (교수, 연구원) 60명(32.8%), 공무원 58명(31.7%) 순으로 나타났다. 경력은 10년 이상이 127명(69.4%), 5~7년, 7~10년이 각 14명(7.7%), 1~3년이 13명(7.1%), 3~5년이 9명(4.9%), 1년 미만이 6명(3.3%) 순으로 나타났다. 최종학력은 대학원 이상이 122명(66.7%), 대학교 57명(31.1%), 고등학교 4명(2.2%)

순으로 나타났다. Table 3은 설문 응답자 183명의 현황을 나타낸 것이다.

Table 3. Characteristics of survey subjects (N=183)

Division		Frequency (Number)	Percent (%)
Gender	man	146	79.8
	woman	37	20.2
Age	20's	14	7.7
	30's	35	19.1
	40's	64	35.0
	50's	52	28.4
	60+	18	9.8
Field of study	architecture	49	26.8
	traffic	12	6.6
	urban	72	39.3
	civil engineering	41	22.4
	etc	9	4.9
Job	public official	58	31.7
	academia	60	32.8
	technical expert	65	35.5
Career	less than 1 year	6	3.3
	1 to 3 years	13	7.1
	3 to 5 years	9	4.9
	5 to 7 years	14	7.7
	7 to 10 years	14	7.7
	more than 10 years	127	69.4
Final education	high school	4	2.2
	university	57	31.1
	graduate school or higher	122	66.7

2.2.2 설문 결과 분석

도시계획 및 설계를 위한 기초조사업무에서 3차원 실사모델의 활용 가능성을 검토하기 위하여 실시한 1차 및 2차 설문조사의 결과를 분석하였다. 설문결과에 대한 분석방법으로는 기초통계방법인 빈도분석 방법을 사용하였으며, 통계 프로그램은 SPSS statistics21을 사용하였다.

① 1차 설문결과 분석

1차 설문에서 도시 계획 및 설계를 위한 조사업무들 중 3차원 실사모델의 적용 가능한 기초조사 항목과 그 도움의 정도를 물어보았다. Table 4는 1차 설문조사 결과를 나타낸 것이며, 도시계획 및 설계 과정에서 3차원 실사모델의 적용으로 도움이 될 수 있는 업무로는 지장물 현황조사, 경사 및 표고 현황조사, 산림 및 생태자연

현황조사 업무에서 가장 높은 빈도를 보였다. 지장물 현황조사 업무의 경우에는 매우 도움이 됨이 100명(54.6%), 경사 및 표고 현황조사 업무의 경우는 매우 도움이 됨이 86명(47.0%), 산림 및 생태자연 현황조사 업무는 매우 도움이 됨이 99명(54.1%)으로 나타났다.

Table 4. Degree of assistance in investigation work (Unit : number of people(%))

Division	Obstacle Status	Slope and elevation status	Forests and Ecology Nature Status
Not Very helpful	3(1.6%)	3(1.6%)	3(1.6%)
Not helpful	4(2.2%)	7(3.8%)	2(1.1%)
Normal	12(6.6%)	26(14.2%)	15(8.2%)
Helpful	64(35.0%)	61(33.3%)	64(35.0%)
Very helpful	100(54.6%)	86(47.0%)	99(54.1%)

이를 종합해 보면 조사 업무의 도움 정도에서 지장물 현황조사 업무의 경우 89.9%, 산림 및 생태자연 현황조사 업무는 89.1%, 경사 및 표고 현황조사 업무는 80.3%의 순으로 도움 정도가 매우 큰 것으로 나타났다. 특히, 지장물 현황조사의 경우가 도움이 큰 것으로 나타났는데 이는 현장조사의 어려움과 시간상-공간상의 제약에 따른 편리성이 그 역할을 한 것으로 판단된다. 이상의 3개의 조사업무 이외에 도움이 된다고 생각되는 기타 업무의 설문 결과로는 크게 주변 환경/경관 부문/교통 부문에 대한 의견이 다수를 이루고 있으며, 주변 환경의 경우 대상지와 관련된 입지, 주변시설물, 대상지와의 관계 등에 의견이 많았고, 경관부문의 경우 조망, 경관, 시야에 대한 추가 의견이 많았다. 또한 교통부문에서는 교통시설물과 교통현황, 그리고 교통수단 파악에 대한 의견이 제시되었다. 기타의견으로는 지하시설물, 기반시설, 공사현

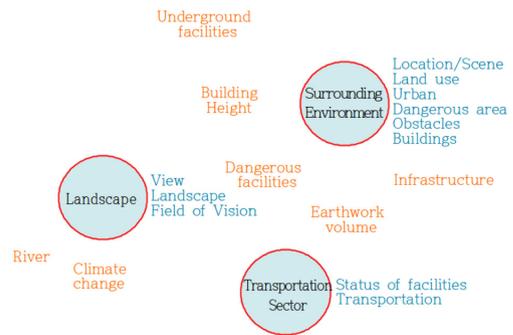


Fig. 7. Opinions on other investigations

장, 하천 등 시설물 관련 내용과 기상변화나 모니터링, 공정관리 등에 대한 의견을 제시했다(Fig. 7). 이러한 결과는 향후 연구에서 현장조사 부분의 추가적인 항목으로 결정시 반영될 수 있는 의견으로 파악되며 무인비행체를 활용한 3차원 플랫폼 구축으로 인한 현장 조사 시 역할 부분에서의 확장이 필요한 것으로 판단된다.

② 2차 설문결과 분석

2차 설문에서는 1차 설문결과에서 가장 높은 빈도를 보인 지장물현황 조사업무, 경사 및 표고현황 조사업무, 산림 및 생태자연 현황조사 업무를 대상으로 3차원 실사 모델의 적용이 어떤 측정요소에서 도움이 될 수 있는지에 대해 설문을 진행하였다. 이를 위해 각각의 조사항목에 대한 특성을 잘 반영한 대상지를 별도로 선정하여 기존의 조사방법에 의한 자료와 3차원 실사모델을 적용한 자료를 구축하였다. 기존의 전통적인 방법의 경우 수치지형도, 항공사진, 위성영상, 포털 사이트 지도 등을 활용하였고, 3차원 실사모델을 적용한 후의 자료와 쌍대비교를 실시하였다. 이를 위하여 전자 설문지에 2차원 방법의 조사방법에 관한 동영상과 3차원 방법에 대한 조사방법에 대하여 동시에 비교가 가능하도록 각 조사영상을 동시에 상영되도록 동영상을 편집, 제작하였다. 이를 설문자가 동영상을 시청 후 설문지의 측정요소 평가항목에 2차원에 대한 효용성을 묻는 문항과 3차원에 대한 효용성을 묻는 문항에 체크하도록 함으로 평가를 실시하였다. Fig. 8 ~ Fig. 11은 지장물 현황조사에 대한 기존의 조사 방법들과 3차원 실사모델의 구축에 의한 3차원 조사 방법 간의 비교 영상을 나타낸 것이다. 경사 및 표고 현황조사 업무, 산림 및 생태자연 현황조사 업무에 대해서도 동일한 방법으로 비교영상을 제작하였다.

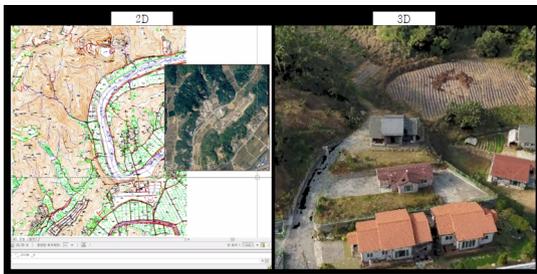


Fig. 8. Comparison between conventional methods (digital topographical map) and 3D survey methods (obstacles)



Fig. 9. Comparison between conventional methods (aerial photography) and 3D survey methods (obstacles)



Fig. 10. Comparison between conventional methods (paper topographical map) and 3D survey methods (obstacles)



Fig. 11. Comparison between the existing method (portal site map) and the 3D survey method (obstacles)

Table 5는 2차 설문조사 결과를 나타낸 것으로서, 비교 영상을 이용한 설문조사 결과, 3가지 조사업무에서 기존의 방법들과 비교하여 3차원 실사모델의 적용에 따른 조사 방법은 실재감 90.7%, 공간능력 91.2%, 개념이해 72.1%, 심미감 63.4%, 업무효율성 89.1%, 신뢰도 92.3%로 신뢰도, 실재감, 업무효율성, 공간능력, 개념의 이해, 심미감의 측정요소에서 조사업무에 도움이 됨을 확인할 수 있었다. Table 6은 측정 요소들에 대한 정의를 정리한 것이다.

Table 5. Importance of measurement factors according to the application of the 3D realistic model
(Unit : number of people(%))

Division	Not very important	Not important	Ordinary	Important	Very important
Presence	3 (1.6%)	0 (0%)	14 (7.7%)	67 (36.6%)	99 (54.1%)
Spatial ability	3 (1.6%)	0 (0%)	13 (7.1%)	72 (39.3%)	95 (51.9%)
Conceptual understanding	2 (1.1%)	3 (1.6%)	46 (25.1%)	71 (38.8%)	61 (33.3%)
Aesthetic	2 (1.1%)	8 (4.4%)	57 (31.1%)	66 (36.1%)	50 (27.3%)
Work efficiency	2 (1.1%)	1 (0.5%)	17 (9.3%)	66 (36.1%)	97 (53.0%)
Reliability	2(1.1%)	2 (1.1%)	10 (5.5%)	50 (27.3%)	119 (65.0%)

이상의 분석 결과를 통해 도시계획 및 설계를 위한 기초조사 업무에서 기존의 조사방법 대비 3차원 실사모형을 적용함으로써 얻을 수 있는 효과로 측정 자료에 대한 신뢰도 향상, 사실적 표현에 따른 실재감 향상, 업무의 효율성 향상, 공간 인지 능력 향상 등 많은 부분에서 기존 방법보다 향상된 측정이 가능함을 확인할 수 있었으며, 이를 통해 3차원 실사모형의 도시분야 기초조사 업무에 활용 가능성을 확인할 수 있었다.

③ 무인비행장치 활용 방안 추가의견 분석

추가적으로 도시개발사업을 비롯한 유관 사업분야에서 무인비행장치를 활용한 영상과 3차원 실사모형을 활용할 수 있는 방안에 대한 추가의견을 설문하고 분석하였다. 그 결과 Fig. 12와 같이 현황조사 및 그에 따른 영향분석에 관련된 의견이 다수를 차지하고 있으며, 유지

Table 6. Definition of measurement factor

Evaluation factor	Definition of evaluation factors	References
Presence	Feeling in the field while observing drawings and videos. The sense of presence (presence) is considered to be 'there', and in the sense of presence, it is defined in three ways: personal presence, social presence, and environmental presence. A phenomenon in which media users accept the virtual world objects and events directly provided by the media as real ones and show direct, psychological and physical reactions to them A subjective experience that feels as if you really exist	Heeter, C. (1992)[6] Barfield, W et al.[7] Song, Misook[8] Bae, Sujin et al.[9]
Spatial ability	A study on the concept of spatial composition and spatial ability by applying augmented reality in architecture and mathematics It means clear and intuitive structure of space, understanding of space, and natural connection to space	Fonseca et al.[10] Witmer et al.[11]
Conceptual understanding	The degree to which one understands the concept of the content presented here while experiencing the content. That the concept of learning through augmented reality was understood in the engineering experiment The degree of understanding of physical phenomena and concepts and the meaning of experiments	Andujar et al.[12] Cai et al.[13] Bae, Sujin et al.[9]
Aesthetic	Aesthetic The feeling of pursuing the essence of beauty Aesthetic refers to the degree to which one feels beautiful about an object, and has long been an important factor in the expression of works by artists The degree to which the contents of the video feel lively, the contents design is attractive, or the contents are harmoniously decorated	Korea University Korean Dictionary[14] Cory, H. E.[15] Bae, Sujin et al.[9]
Work efficiency	It is a concept that complexly refers to efficiency, effectiveness, concentration, productivity, and the possibility of achieving goals, etc. perceived by individuals in the process of performing and processing necessary tasks Belief that work can be done effectively in the overall work environment, such as improvement in work performance, the degree to which it helps work, and the usefulness of obtaining information Office activities performed continuously or repeatedly can be said to be the degree to which goals can be achieved more effectively and efficiently	Jung Sung-bae[16] Chul-Hee Han[17]
Reliability	The construction and utilization of accurate, easy-to-understand and quick-to-understand 3D spatial information is essential for improving the quality and reliability of related services Meaning the variance of the measured values (accuracy of drawing, resolution) when repeated measurements are made for the same concept, and the belief in the measured and expressed values	Joon-Kyu Park[18] Park Seoyeong[19]

관리 및 모니터링에 대한 의견 역시 많은 응답자의 의견이 있었다. 또한, 도시 및 건축물 변화와 이에 따른 기록 관리, 경관분석, 그리고 인허가 심의 시 활용에 대한 의견이 있었으며, 개발지역에 건설현장 공사, 공정, 안전관리 측면의 활용이 제시 되었다. 기타 및 소수 의견으로 관광, 여행, 교육 서비스 분야 활용과 인공지능, VR을 구현한 메타버스 도입으로 응용 및 활용 등이 제시되었다.

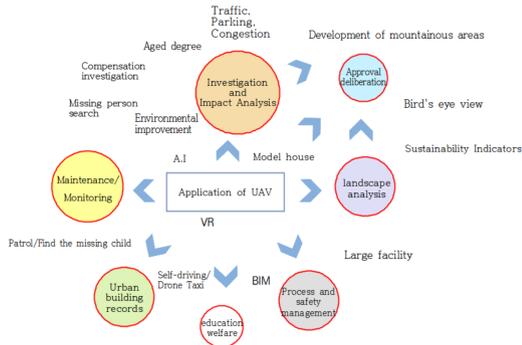


Fig. 12. Additional comments on how to use UAVs

3. 결론

본 연구는 도시개발사업의 진행을 위한 계획수립 과정에서 현행 직접 현장조사 및 2차원 영상에 기반을 둔 평면적 활용의 한계와 업무 효율성 저하의 문제를 극복하고자 무인비행장치 기반 항공사진을 이용하여 제작되는 3차원 실사모델을 입체적 도시계획 업무에 활용하기 위해 그 활용성을 분석하고자 한 것이다. 연구결과 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

첫째, 도시개발사업 진행지역을 대상으로 무인비행장치 항공사진을 기반으로 한 3차원 실사모델을 제작하였으며, 이를 도시 계획 및 설계를 위한 조사 업무들 중 3차원 실사모델의 적용 가능한 기초조사 항목과 그 도움의 정도에 대한 설문을 진행하여 빈도분석을 실시하였다. 그 결과 도시계획 및 설계 과정에서 3차원 실사모델의 적용으로 도움이 될 수 있는 업무로는 지장물 현황조사, 경사 및 표고 현황조사, 산림 및 생태자연 현황조사 업무에서 가장 높은 빈도를 보였으며, 조사항목의 도움 정도에서 지장물 현황의 경우 89.9%, 산림 및 생태 자연 현황 89.1%, 경사 및 표고현황 80.3%로 도움 정도가 매우 큰 것으로 나타났으며, 전체적으로 평균 86.4%가 도움이 된다고 응답하여 3차원 실사모델의 적용에 따른 업무의 도움 정도가 매우 큰 것으로 나타났다.

둘째, 1차 설문 결과에서 가장 높은 빈도를 보인 지장물 현황조사 업무, 경사 및 표고 현황조사 업무, 산림 및 생태자연 현황조사 업무를 대상으로 기존의 2차원적 조사 방법들과 3차원 실사모델에 의한 조사방법을 상호 비교하여 어떤 측정 요소에서 도움이 될 수 있는지에 대해 설문을 진행하였다. 그 결과 도시계획 및 설계를 위한 기초조사 업무에서 기존의 2차원적 조사방법 대비 3차원 실사모델을 적용함으로써 얻을 수 있는 효과로 측정 자료에 대한 신뢰도 향상, 사실적 표현에 따른 실제감 향상, 현장조사업무 대치에 따른 업무의 효율성 향상, 입체적 분석을 통한 공간인지 능력 향상 등 많은 부분에서 기존 방법보다 향상된 측정이 가능함을 확인할 수 있었으며, 이를 통해 3차원 실사모델의 도시분야 기초조사 업무에 활용 가능성을 확인할 수 있었다.

셋째, 이상의 연구결과를 종합할 때, 도시개발사업의 진행을 위한 계획수립 및 기초설계 과정에서 현장기초조사를 위해 무인비행장치 기반의 3차원 실사모델을 적용함으로써 현행 직접 현장조사 및 2차원 영상에 기반을 둔 평면적 활용의 한계를 극복함과 동시에 업무 효율성 저하의 문제를 효과적으로 해결하고 나아가 입체적 조사방법의 도입에 따른 도시 계획 및 설계 기술의 고도화에 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

넷째, 본 연구는 도시개발을 위한 계획 및 설계과정에서 3차원 실사모델을 적용한 3차원적 조사방법의 활용을 위해 관련 실무자들의 관련 업무에 대한 효율성측면에 대한 인식을 조사한 것이다. 따라서 3차원 실사모델의 효율성 평가에서 실제로 어떤 업무를 수행하는데 소요되는 시간과 인력, 비용 등의 절감효과 및 공정이나 업무개선 정도 등에 대한 정량적 평가는 진행하지 않았으며, 3차원 실사모델의 효율성 분석을 위하여 적용한 조사항목이 도시업무에서 도시개발사업의 일부 현장조사항목에 대한 것으로 실무에서 필요로 하는 부문 모두가 반영되지 못하였다는 점을 밝히며, 이는 향후 지속적인 연구를 통해 이를 반영한 추가적인 분석이 요구된다.

References

[1] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Announcement of 21 year urban planning statistics, Available From: http://www.molit.go.kr/USR/NEWS/m_71/dtl.jsp?id=95086881 (accessed October 16, 2022).

[2] National Agency for Administrative City Construction,

- Promote the application of digital twin technology to urban planning. Available From:
<https://blog.naver.com/macc2030/222291229737>
 (accessed December 7, 2022).
- [3] S. Kang, T. K. Kim, When urban planning changes, the city changes, Issue & Analysis, Gyunggi Research Institute, Korea, pp.1-25, 2017.
- [4] K. T. Kim, "A Study on Improvement of the Work Efficiency in the Design Document of Road Project by Applying 3D Information Model", Master's Thesis, International School of Urban Sciences University of Seoul, Korea, page 4, 2018.
- [5] B. H. Lee, S. W. Nam, Y. H. Kim, "Improvement of Multi-Dimensional Urban Planning System for Urban Regeneration", The Journal of the Korea Contents Association, Vol.19, No.2, pp.516-524, 2019.
 DOI: <https://doi.org/10.5392/IKCA.2019.19.02.516>
- [6] Carrie Heeter; "Being There: The Subjective Experience of Presence". Presence: Teleoperators and Virtual Environments, Vol.1, No.2, pp.262-271, 1992.
 DOI: <https://doi.org/10.1162/pres.1992.1.2.262>
- [7] W. Barfield, S. Weghorst, The Sense of Presence Within Virtual Environments: A Conceptual Framework, Elsevier Publisher, 1993, pp.699-704.
- [8] M. S. Song, "Effects of Visual Tactility in 3D Digital Animation on the perception of presence", Ph.D dissertation, Chung-ang University, Seoul, Korea, pp.139-141, 2015.
- [9] S. J. Bae, O. B. Kwon. "Impact of Presence, Spatial Ability, and Esthetics on the Continuance Intention of Use of Augmented Reality and Virtual Reality", Korean Business Education Review, Vol.33, No.4, pp.355-386, 2018.
 DOI: <http://doi.org/10.23839/kabe.2018.33.4.355>
- [10] D. Fonseca, N. Martí, E. Redondo, I. Navarro, A. Sánchez, "Relationship between student profile, tool use, participation, and academic performance with the use of Augmented Reality technology for visualized architecture models", Computers in Human Behavior. Vol. 31, pp.434 - 445, Feb. 2014.
 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2013.03.006>
- [11] B. G. Witmer, M. J. Singer, "Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire. Presence", Teleoperators and Virtual Environments. Vol.7, No.3, pp.225 - 240, 1998.
 DOI: <https://doi.org/10.1162/105474698565686>
- [12] J. M. Andujar, A. M. Borrero, M. A. Márquez, "Augmented reality for the improvement of remote laboratories: an augmented remote laboratory". IEEE transactions on education, Vol.54, No.3, pp.492-500, Sep. 2011.
 DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/TE.2010.2085047>
- [13] S. Cai, F. K. Chiang, X. Wang, "Using the augmented reality 3D technique for a convex imaging experiment in a physics course", International Journal of Engineering Education. Vol.29, No.4, pp.856 - 865, 2013.
- [14] Research Institute of Korean Studies Korea University, Korea University Korean Dictionary, Research Institute of Korean Studies Korea University Publishers, 2009.
- [15] H. E. Cory, "The Concept of Expression in Esthetic Theory. I", The Journal of Philosophy. Vol.25, No.2, pp.40-53, Jan. 1928.
 DOI: <https://doi.org/10.2307/2014621>
- [16] S. B. Jung, "The study on industrial security system effect on security performance and efficiency", Ph.D dissertation, Yongin University, Yongin, Korea, pp.43-44, 2015.
- [17] C. H. Han, "A Study on Effects of Utilization Degree of the Social Welfare Facility Information System upon Business Efficiency" Ph.D dissertation, Kon Yang University, Nonsan, Korea, pp.47-50, 2014.
- [18] J. K. Park, K. Y. Jung, "3D Model Generation and Accuracy Evaluation using Unmanned Aerial Oblique Image", Korea Academy Industrial Cooperation Society Journal, Vol.20, No.3, pp.587-593, 2019.
 DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2019.20.3.587>
- [19] S. Y. Park, "A Study on Effect of Work Environmental Characteristics of Office on Work Efficiency and Job Satisfaction : Centered on Difference in Co-working Office and General Office", Master's Thesis, Kyung Hee University, Seoul, Korea, pp.22-23, 2019.

이 재 영(Jae-Young Lee)

[중신회원]



- 2022년 2월 : 연세대학교 대학원 도시공학과 (공학박사)
- 2014년 12월 ~ 현재 : 주식회사 청강 대표/연구소장

<관심분야>

공간정보공학, UAV, 도시설계

이 제 선(Jea-Sun Lee)

[정회원]



- 2003년 8월 : University of Washington(seattle), Urban Design and Planning (공학박사)
- 2005년 3월 ~ 현재 : 연세대학교 도시공학과 교수

<관심분야>

도시설계, 도시재생