

# Causal Loop Diagram을 활용한 무인항공체계 기반 시설물 관리 영향 인자 분석

## Analysis of Performance Factors of Unmanned Aircraft System(UAS)-based Facility Management using Causal Loop Diagram

권진혁<sup>1</sup> · 유채연<sup>2</sup> · 김성진<sup>3\*</sup>

Kwon, Jin-Hyeok<sup>1</sup> · Yu, Chae-Youn<sup>2</sup> · Kim, Sungjin<sup>3\*</sup>

### Abstract

Traditionally, the facility inspection was visually conducted by the managers, and consequently the result can be subjective because of different perspective and experience of them. To solve this problem, the studies on this topic has tried to integrate the UAS. However, it is still concerned to use in practice due to the lack of analysis of the performance factors affecting the UAS-based facility condition inspection. Hence, the purpose of this study is to identify the critical factors as well as their correlations by modeling causal loop diagram (CLD). A total of 20 variables were derived in four categorized groups, and the relationships were analyzed. Further study will develop a system dynamics (SD) model to simulate various scenarios based on stock-flow diagram through the defined relationships in this study.

키 워 드 : 영향인자, 무인항공체계, 인과 루프 다이어그램, 시설물 관리, 드론

Keywords : performance factor, unmanned aircraft system, causal loop diagram, facility management, drone

## 1. 서 론

시설물의 관리는 시설물의 유지 및 보수를 위해 점검자가 육안으로 점검하는 것을 원칙으로 진행한다[1]. 그러나, 육안점검은 점검자 개인의 관점에 따라 점검결과가 일관되지 않는 단점을 가지고 있으며, 사람이 접근하기 어려운 지역에서 인명피해를 일으킬 수 있다는 위험성을 지니고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 최근 UAS를 활용한 시설물 점검 관리 시스템에 대한 연구가 주목을 받고 있다[2]. UAS는 데이터 수집을 통하여 일관된 점검결과를 도출할 수 있으며, 접근성이 좋아 사람이 접근하기 어려운 지역에서의 점검을 원활하다는 장점을 지니고 있다[3,4]. 그러나, 여전히 실무에서의 적용이 이뤄지고 있지 않은 실정이다. 이는 UAS 기반 시설물 관리의 영향인자에 대한 분석과 이들이 실사용에 서로 어떻게 영향을 미치는지에 대한 분석이 부족하기 때문이다. 이에, 본 연구에서는 UAS 기반 시설물 관리의 영향인자를 도출한 뒤, Causal Loop Diagram(CLD)을 기반으로 하여 영향인자간의 상관관계를 파악하고자 한다.

## 2. 영향인자 도출 및 Causal Loop Diagram기반 영향인자 관계분석

본 연구의 주요 목표는 UAS 기반 시설물 관리의 성능에 영향을 미치는 영향인자를 정의하는 것이다. 목표를 달성하기 위하여 1) 영향인자 도출을 위한 문헌고찰 수행, 2) 영향인자 도출 및 정의, 3) 관계성 파악을 위한 CLD 작성 단계로 실행한다. 해당 과정을 통해 총 20개의 영향인자를 도출하였다. 도출된 영향인자들은 1) 드론 및 드론비행의 요인, 2) 시설물 특성의 요인, 3) 시설물관리 및 비행팀 요인, 4) 디지털영상 및 영상처리기술 요인으로 4개의 카테고리로 분류된다. 도출 및 정의된 영향인자들은 표 1과 같다. CLD는 시스템 내의 주요 변수들간의 상관관계를 인식하기 쉽게 도식화한 모델이다. 작성된 Causal Loop Diagram을 통해 각 영향인자간의 관계성을 파악하였다 (그림 1).

1) 국립 한밭대학교 건축공학과, 석사과정

2) 국립 한밭대학교 건축공학과, 학사과정

3) 국립 한밭대학교 건축공학과, 조교수, 교신저자(sungjinkim@hanbat.ac.kr)

표 1. 무인항공체계 기반 시설물 관리 영향인자 [5,6,7,8]

분류	영향인자	정의
드론 및 드론 비행의 요인	UAS 배터리 총량	UAS 배터리의 총량
	UAS 배터리 소모율	UAS 배터리의 시간당 소모율
	총 UAS 비행시간	UAS가 이륙하여 이미지를 수집을 완료하여 착륙까지 소모된 시간
	UAS 경로계획의 효율성	UAS 이미지 수집의 효율적인 경로계획
	UAS와 시설물간의 거리	UAS와 시설물간의 거리
	드론 비행 및 영상수집의 효율성	드론 비행 및 영상수집이 결과에 주는 영향 및 효율성
시설물 특성의 요인	드론 기기 성능의 고도화정도	드론 기기 성능의 고도화정도
	추가비행의 효율성	이추가 비행의 필요성
	시설물의 크기	이미지를 수집하고자 하는 시설물의 크기
시설물 관리 및 비행팀 요인	시설물의 종류	이미지를 수집하고자 하는 시설물의 종류
	시설물의 위치	이미지를 수집하고자 하는 시설물의 위치
	시각 관찰자의 시야	시설물 관리자를 보조하는 시각 관찰자의 시야 거리
디지털 영상 관리 및 영상처리 기술 요인	시각 관찰자의 효율성	시각 관찰자 유무의 정도(시각 관찰자가 존재할 때 효율성이 높다고 가정함)
	비행팀간의 소통의 효율성	비행팀간의 소통의 필요성 및 효율성
	시설물 관리자의 UAS 비행 효율성	시설물관리자의 UAS 조종경력의 정도(경력이 많을 때 효율성이 높다고 가정함)
	시설물 관리자의 점검 효율성	시설물 관리자의 시설물 점검 경력의 정도(경력이 많을 때 효율성이 높다고 가정함)
영상처리 기술 요인	이미지 처리기술의 고도화	이미지 처리기술의 고도화 정도
	이미지의 해상도	수집된 이미지의 해상도
	3D 모델의 정확도	수집된 이미지를 통해 만들어진 3D 모델의 정확도
	영상데이터 관리체계의 효율성	수집된 영상데이터를 관리하는 체계의 필요성

### 3. 결론

본 연구에서는 UAS 기반 시설물 관리에 대한 총 20개의 영향인자를 도출 하였으며, 작성된 Causal Loop Diagram을 통해 영향인자간의 상관관계를 파악하였다. 그러나, 이는 전체 시스템 다이내믹스(System Dynamics) 모델 중 CLD 모델을 작성하는데 그쳤으며, 이를 통한 UAS 기반 시설물 관리의 구조를 파악하고 정의하기에는 후속 연구가 필요한 실정이다. 이에, 추후 연구를 통하여 인자간의 상관관계를 정형화하는 관계식을 정의하고, Stock-Flow Diagram을 작성한 뒤 시뮬레이션을 통해 UAS 기반 시설물 관리의 효율성을 수치화하고자 한다.

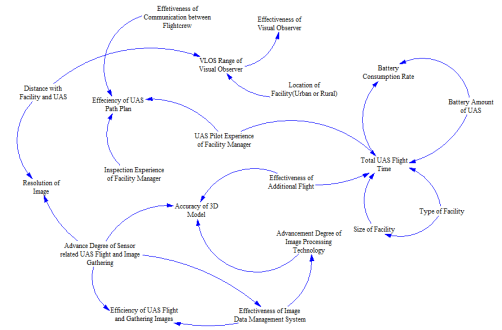


그림 1. 무인항공체계 기반 Causal Loop Diagram

### 감사의 글

본 논문은 2021년 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2021R1F1A1064109).

### 참고 문헌

1. 시설물의 안전관리에 관한 특별법 제2조 7항
2. 권진혁, 윤지영, 윤종영, 이동훈, 김성진. 무인항공체계 기반 시설물 상태점검 최근 연구동향 분석. 한국건축시공학회 학술대회논문집 Vol.21(1), 2021. 172-173
3. Sungjin Kim, Javier Irizarry. Human Performance in UAS Operations in Construction and Infrastructure Environments. Journal of Management in Engineering Vol 35(6), 2019, 04019026
4. Sungjin Kim, Javier Irizarry. Exploratory study of user-perceived effectiveness of unmanned aircraft system(UAS) integration in visual inspections of transportation agency. Innovative Infrastructure Solutions Vol 5(3) 2020. 1-17
5. Soowon Chang, Kyunki Kim, Jinhyeok Kwon, Sungjin Kim. Capturing Dynamics of UAS-based Construction Safety Management using Causal Loop Diagram. Construction Research Congress. 2022.
6. Sungjin Kim, Javier Irizarry, D.B Costa. Potential Factors Influencing the Performance of Unmanned Aerial System(UAS) Integrated Safety Control for Construction Worksites. Construction Research Congress. 2016.
7. Mesas-Carrascosa et al. An Analysis of the influence of flight parameters in the generation of unmanned aerial vehicle(UAS) orthomosaicks to survey archaeological areas. Sensors Vol 16(11), 2016.
8. MH Chaudhry et al., Impact of UAV Surveying Parameters on Mixed Urban Landuse Surface Modelling. ISPRS International Journal of Geo-Information Vol 9(11) 2020. 656