

ARTICLE

이용환경 측면의 UAM 버티포트 입지 기준 연구

김원진¹ · 박재홍^{2*} · 유정훈³ · 고준호⁴

¹신명이앤씨 대표이사, ²수원대학교 도시부동산학과 교수, ³아주대학교 교통시스템공학과 교수,
⁴한양대학교 도시대학원 부교수

A Study on the Criteria Affecting UAM Vertiport Location Based on User-Oriented Perspectives

KIM, Wonjin¹ · PARK, Jaehong^{2*} · YU, Jeong Whon³ · KO, Joonho⁴

¹CEO, Sinmyeong E&C, Gyeonggi 16976, Korea

²Professor, Department of Urban Planning & Real Estate Development, University of Suwon, Gyeonggi 18323, Korea

³Professor, Department of Transportation Systems Engineering, Ajou University, Gyeonggi 16499, Korea

⁴Assistant Professor, Graduate School of Urban Studies, Hanyang University, Seoul 04763 Korea

*Corresponding author: starhouse@naver.com

Abstract

Metropolitan areas are facing various social issues such as traffic congestion and increased carbon emissions due to continuous overpopulation and concentration of infrastructure. However, it is expected that improvements to existing surface transportation infrastructure such as roads and railways will have physical limitations. In order to address these urban transportation problems, there has been a recent push to introduce a transportation system, UAM (Urban Air Mobility). Especially, since UAM vertiports are an important transfer infrastructure in a transportation network that combines the concept of air transportation, it is essential to select a suitable location not only from a technological and engineering perspective but also from a user environment perspective in order to demonstrate their functions and roles. This study aims to identify the key variables related to the user environment that users consider in the early stages of developing UAM in metropolitan areas, specifically focusing on vertiports. Through factors analysis and regression analysis using various statistical methods, the study aims to proactively present the importance and influence of locational factors by investigating the key variables related to the user environment that users consider. This study analyzed the importance of key variables from the perspective of UAM users and identified locational factors related to the user environment to increase UAM usage. UAM users consider locations with good transfer accessibility in urban areas, and they consider safe takeoff and landing as the most important factor. They responded that accessibility factors are the most important locational factors that affect the increase in UAM usage. This study is significant in proactively presenting the locational factors of vertiports in the early stages of research and development for the commercialization of UAM. Through this, we hope to establish a direction for constructing vertiports to increase UAM usage in the future and to help expand the mobility of the public through the utilization of UAM. Additionally, this study is significant in that it identified the locational impact factors of UAM vertiports, which have received little academic discussion, and calculated their importance. Discussing the location of UAM vertiports for future preparation in a situation where there is currently a lack of empirical evidence and institutional standards is expected to have significant implications for the direction of urban planning in the future.

Keywords: factor analysis, multiple regression analysis, urban air mobility, user-oriented perspectives, vertiport location

J. Korean Soc. Transp.
Vol.41, No.2, pp.212-225, April 2023
<https://doi.org/10.7470/jkst.2023.41.2.212>

pISSN : 1229-1366
eISSN : 2234-4217

ARTICLE HISTORY

Received: 21 March 2023

Revised: 29 March 2023

Accepted: 20 April 2023

Copyright ©
Korean Society of Transportation

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

초록

대도시권의 지속적인 인구 과밀화 및 인프라의 집적으로 교통혼잡, 탄소 배출량 증가 등 다양한 사회적 문제가 발생하고 있으나 도로, 철도와 같은 기존 지상 교통인프라의 개선은 물리적으로 한계가 있을 것으로 예상되며 이러한 도시교통문제의 해결 차원에서 최근 입체적인 교통체계인 UAM 도입이 추진되고 있다. 특히, UAM 버티포트(vertiport)는 항공교통 개념이 결합된 교통망의 중요한 환승인프라이기 때문에 그 기능과 역할을 발휘하기 위해서는 기술공학적 측면은 물론 이용환경 측면에서 적정 입지를 선정하는 과정이 필수적으로 수반되어야 할 것이다. 본 연구는 UAM 개발의 초기 단계에서 대도시권 지역형 버티포트를 대상으로 이용자들이 생각하는 이용환경 측면의 핵심변수를 조사하여 요인분석 및 회귀분석의 다양한 분석체계를 기반으로 그 입지 요인의 중요도와 영향도를 선제적으로 제시하는데 목적이 있다. UAM 이용환경 측면에서 바라보는 핵심변수의 중요도를 분석하고, UAM 이용증대를 위한 입지 요인을 제시하였다. 연구 결과, 도심지역의 환승접근성이 좋은 입지를 선정하되 이착륙 안전이 가장 중요하다고 생각하였으며, 이용증대에 미치는 입지 요인은 접근성 요인이 가장 중요하다고 인식하고 있다. 본 연구는 UAM 상용화를 위해 연구개발 초기 단계에서 버티포트의 입지요인을 선제적으로 제시하는데 의의가 있으며, 이를 통해 향후 UAM 상용화 시 이용증대를 위한 버티포트 구축 방향 정립은 물론, UAM을 통한 국민들의 이동권 확대에 도움이 될 수 있기를 기대한다. 또한, 본 연구는 학술적인 논의가 거의 이루어지지 못한 UAM 버티포트 입지 영향요인을 선정하여 중요도를 산정하였다는 점에서 의의가 있다. 현재 실증사례와 제도적인 기준 자체가 부재한 상황에서 미래에 대비한 UAM 버티포트 입지를 논의해 보는 것은 향후 도시계획 수립 방향에 시사하는 바가 클 것으로 기대된다.

주요어: 요인분석, 다중회귀분석, 도심항공교통, 이용환경, 버티포트 입지

서론

1. 연구의 배경 및 목적

대도시권을 중심으로 주요 도시들은 지속적인 인구 과밀화 및 인프라의 집적으로 도심 내 교통혼잡으로 인한 에너지 소비와 탄소 배출량이 지속적으로 증가하고 있으며 환경, 주거, 교통 등 다양한 사회적 문제가 발생하고 있다. 그러나 도시지역 여건을 고려할 때 최근 추진 중인 도심도 철도, 도로계획을 포함하여 지상교통인프라의 개선에는 막대한 비용이 소요되고 물리적인 한계상황에 도달할 것으로 예상된다. 이러한 도시교통문제 해결을 위해 최근 첨단기술 개발로 과거 개인용 항공기(Personal Air Vehicle, PAV)를 진화시킨 3차원 공중교통수단 도입이 추진되고 있다. (KPMG, 2020) 도심항공교통(Urban Air Mobility, UAM)은 도심 내 활용이 가능한 친환경 전동기동력수직이착륙기(electric Vertical Takeoff and Landing, eVTOL)를 이용하여 승객이나 화물 등을 운송하는 목적으로 타 교통수단과 연계되어 운용되는 새로운 항공교통체계이다(Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2021). UAM은 공항과 달리 활주로 시설이 필요 없는 규모로 도심 내 수직이착륙을 위한 인프라가 필요하며, 환승센터 및 빌딩 옥상 등에 버티포트(vertiport)를 구축될 것을 전제로 연구개발이 진행 중에 있다.

입체적인 3차원 교통체계로써 UAM 터미널 역할을 수행하는 버티포트는 항공교통 개념이 결합된 교통망의 중요한 결절점(node)인 환승인프라이다. 따라서, eVTOL 기체 및 항공운항, 관제기술 뿐만 아니라 건설비용과 이용수요와 연관된 경제성과 교통안전, 소음과 연관된 사회적 수용성은 물론 접근성을 포함한 환승시설로써 교통 네트워크 효율성을 고려하여 입지가 선정되어야 한다. 이러한 이유로 UAM이 도시교통체계로써 그 기능과 역할을 발휘하기 위해서는 버티포트의 기술공학적 측면은 물론 이용환경 측면에서 적정 입지를 선정하는 과정이 필수적으로 수반되어야 할 것이다. 이에, 본 연구는 UAM 상용화를 위한 개발의 초기 단계에서 대도시권 지역형 버티포트를 대상으로 도시교통인프라 계획 및 구축분야 종사자들이 생각하는 이용환경 측면의 핵심변수들을 조사하여 요인분석 및 회귀분석의 다양한 분석체계를 기반으로 그 입지요인의 중요도와 영향도를 선제적으로 제시하고자 한다. 이를 통해서

UAM 상용화 단계에서 이용증대를 위한 버티포트의 구축 방향은 물론, 도시교통체계로써 UAM의 역할과 국민들의 이동권 확대에 도움이 될 수 있도록 그 정책적 시사점을 제시하는데 연구의 목적이 있다.

2. 연구의 범위 및 방법

시간적 범위는 본 연구가 장래 UAM 상용화 시기에 이용환경 측면의 적정 버티포트 입지 영향요인을 분석하는 초기 단계 연구이기 때문에 현재 시점에서의 문헌, 선행연구자료와 설문조사 자료를 토대로 한다.

공간적 범위는 국내 UAM이 가장 먼저 도입될 것으로 예상되는 대도시권을 대상으로 한다. UAM은 도시 내부 또는 인근 도시 간에 항공 교통서비스를 제공하는 시스템으로써 서비스의 이용권역과 설치 규모를 고려할 때 광역형 (Vertihub), 지역형 (Vertiport), 근린형 또는 정류장형 (Vertistop)으로 정의할 수 있다. 따라서, 본 연구는 향후 UAM의 도시교통체계의 기능과 역할을 고려할 때, “광역형”과 “근린형”을 연계하고 대도시권 내부의 주요 지역 간 통행을 담당하는 “지역형” 환승인프라를 연구 대상으로 전제하여 이용환경 측면의 버티포트 입지 영향요인을 도출하고자 한다.

연구의 방법은 현재 UAM이 상용화를 대비한 개발 초기 단계이기 때문에 버티포트의 핵심변수 및 입지요인 분석은 다음의 접근체계로 진행하였다. 우선 김원진·박재홍(Kim and Park, 2022)이 수행하였던 UAM 운영모델 관련 연구와 버티포트 입지 관련 연구, 유사한 기능을 하는 기존 환승센터 관련 연구 등을 검토하여 연구목적에 부합하는 입지 관련 변수를 정리하였다. 위 연구는 도시교통인프라에 대한 학술 및 정책연구분야 경험이 풍부한 교통·건설, 도시·부동산분야 전문가들을 대상으로 선정된 입지 관련 변수에 대하여 표적집단면접(FGI)을 시행하고, 버티포트 입지에 영향을 미치는 핵심변수를 선정하여 AHP를 통해 전문가들이 생각하는 버티포트 이용환경 측면의 핵심변수 중요도를 분석하였다.

이러한 기초연구자료를 활용하여 이용환경 측면에서 바라보는 핵심변수들의 중요도와 핵심변수들이 UAM 이용증대에 미치는 영향도에 대한 인과관계를 분석하기 위하여 설문조사를 수행하였다. 설문대상은 UAM이 현존하지 않는 교통시스템임을 감안하여 UAM 및 버티포트에 대한 기초지식과 이해도가 높을 것으로 판단되는 관련 전문분야 종사자들을 잠재적 이용자로 가정하고, 장래 UAM 상용화시 이용활성화를 위한 이용환경측면의 영향요인에 대한 설문조사를 시행하였다. 변수의 중요도와 이용증대 영향도의 인과관계를 분석하고, 전문분야 종사자에 대한 직업유형을 정책과 집행을 주로 담당하는 공공기관과 기술공학직 업무를 담당하는 설계·엔지니어링 종사자로 구분하여 입지 영향요인의 중요도 차이를 비교하였다.

선행연구 고찰

1. 국내·외 UAM 정책동향

미국은 백악관 중심으로 정부와 산업계가 공동으로 UAM 관련 시장을 석권하기 위한 정책을 추진 중에 있다. 2021년도 행정부 R&D 예산 우선 집행 대상으로 ‘미래산업선점분야의 eVTOL인증’을 지정하였다. 의회에서는 UAM 생태계 개발을 위해 “Advanced Air Mobility Coordination and Leadership Act” 법안을 발의하여 미교통부 (DoT), 연방항공청(FAA), 미항공우주국(NASA), 국방부(DoD) 등의 관계부처합동의 워킹그룹을 발족하고, UAM 개발에 필요한 항공교통관리, 안전과 보안을 위한 UAM 인프라 개발 요소를 검토하고 있다(Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2021). 또한, 미국 정부가 Advanced Air Mobility 분야에서의 혁신적인 기술 개발을 촉진하고 새로운 시장을 개척하며, 기존의 항공 운송 수단을 보완하는데 기여하기 위하여 AAM National Campaign을 시작하였다. 이와 함께 버티포트의 안전성과 효율성을 보장하기 위해 Vertical Flight Society(VFS)와 Advanced Air Mobility Consortium(AAMC) 등의 산업 협회와 조직들은 버티포트 디자인 및 인프라 구축에 대한 기술 개발 및 규제 제안 등 다양한 노력을 기울이고 있다.

유럽은 EASA(European Union Aviation Safety Agency, 유럽항공안전청) 및 EUROCAE(European Organisation for Civil Aviation Equipment, 유럽표준화기구)를 중심으로 UAM 생태계 활성화를 위한 정책을 마련하고, 국가별로 UAM 관련 정책을 수립·추진 중에 있다. EASA에서는 자율비행 인증을 위한 항공분야 AI/ML 로드맵 및 UAM 산업 로드맵 발표하는 등 UAM 시장 선점을 위해 정부와 산업계가 공동으로 대비하고 있는 상황이다(Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2021). 이와 함께 UAM 서비스를 위한 인프라 구축에 대한 논의도 이루어지고 있다. 도심 지역에서 안전하게 UAM 항공기를 운영하기 위해서는 적절한 인프라가 필요하다는 인식을 공유하고 있으며, 유럽에서는 버티포트 인프라를 구축하기 위한 다양한 프로젝트를 진행하고 있다.

국내에서는 국토교통부가 UAM 생태계 구축을 위해 인프라·인증·교통관리 분야에 대한 추진전략 및 기술개발 지원 방향을 마련하고 있으며, 과학기술정보통신부에서는 유인·무인 항공기 중 자율비행 관련 기술개발을 중점적으로 추진하고 있다. 2022년 6월, 대한민국 정부에서는 2025년 UAM 1단계 상용화를 목표로 대규모 실증사업을 추진하고 있다. 1단계 실증에서는 UAM 기체와 통신체계 안전성 확인과 K-UAM 교통체계의 통합운용을 점검하고, 2단계 실증은 도심지역 1단계 성과를 고려하여 2024년부터 진행할 계획이다. 실증사업은 크게 운항시스템, 교통관리, 버티포트 세 개 분야로 구분되며, 이 중 인프라 관련해서는 UAM 이착륙장인 버티포트 구축, 권역 감시, 보안 및 안전 관련한 지상 운용 실증을 계획하고 있다. 이러한 목표를 달성하기 위하여 K-UAM Grand Challenge를 개최하여 한국의 항공 및 IT 기업들을 대상으로, 무인항공기(드론)와 개인용 비행기(전동 수직 이착륙 비행기) 등 UAM 기술의 핵심인 기체, 지상시설, 제어시스템 등 다양한 분야에서의 기술 개발 및 상용화를 촉진하고 있다.

2. 버티포트 입지 관련 기존연구

김기영(Kim, 2021)은 일반 항공기와 같이 UAM도 동일한 안전 요건의 고려가 필요하며, 버티포트의 위치 선정은 매우 중요한 요소라고 제안하였다. 따라서 버티포트 위치 선정시 기상자료 및 미래 기후자료, 버티포트 선정에 필요한 기후적 요소 산출 및 고도화, GIS 플랫폼을 이용한 프로토타입을 제시하였다.

이금진(Lee, 2021)은 이착륙 항공기간의 간섭이 발생하지 않는 공역을 가용 공역(Available Airspace)이라고 정의하였으며, 공항 주변의 가용 공역을 분석하기 위해 필요한 다양한 요소들을 검토하였다. 항공기 계기 비행절차, 장애물 제한표면, 이착륙 항공기로부터 발생할 수 있는 항적난기류(Wake Turbulence) 그리고 TCAS(Traffic Collision Avoidance System)와 NTZ(No Transgression Zone)를 고려하였으며, 이러한 분석방법을 인천국제공항에 적용하여 해당 공항에 설정될 수 있는 UAM 진출입 경로 안을 제시하였다.

Fadhil(2018)은 UAM 설치 입지 선정을 위하여 변수를 선정하고, 전문가 델파이조사를 통한 AHP 분석을 수행하여 최적 입지 영향도를 산정하고자 하였다. 변수는 크게 공급과 수요 측면으로 구분하고, 세부적인 요인을 선정하였다. 수요 측면은 인구밀도, 중위소득, 사무실 임대료, Points of Interest(POI), 주요 교통결절점 여부, 연평균 교통비용, 직장밀도 등을 검토하였으며, 공급 측면은 헬리패드 여부와 잠재적 설치 가능성, 소음문제를 검토하였다. 또한, UAM의 결절점 인프라의 최적위치를 결정하기 위한 영향도를 분석하기 위하여 전문가 2인에게 추가로 AHP-Delphi 조사를 수행하였다. 조사 결과, 중위소득, 평균 총 통행비용, POI, 사무실임대료, 주요 교통결절점 등이 UAM 인프라를 구축하는데 적정하다는 결론이 도출되었다.

Johnston et al.(2020)은 UAM 도입에 따른 미래교통체계를 예측하고, 다양한 인프라의 필요성을 제기하였다. UAM 운영에 따른 단기/중장기 측면의 운영비용 감소, 주 이용시간에 맞춘 맞춤형 운영방안을 예측 및 제시하였다. UAM 이용수요에 큰 영향을 끼치는 버티포트 입지는 이용자 접근성을 고려하여야 하며, UAM 노선은 다양한 경로를 설정하는 것이 필요하다고 제안하였다.

Tarafdar(2019)는 미국 북부 캘리포니아 지역의 통근 승객을 위한 UAM 개념의 착륙 지점을 연구하였다. 구체적으로 착륙 지점의 위치 등 구성에 기반한 Life-cycle 비용모델을 구축하면서 UAM 이착륙장의 입지 영향조건으로 지리적특성, 토지이용 가능성, 장애물 여부, 토지가격, UAM 이용요금 등을 제시하였다.

정민철(Jung et al., 2021)은 UAM 이착륙장 입지선정을 위한 합리적 기준 마련을 위해 3개 측면의 6가지 입지선정 요인을 도출하였고, 요인 간의 상호 영향관계를 고려한 중요도를 분석하였다. 이미 고밀도로 개발되어 있어 여분의 토지가 없고 장애물이 많은 혼잡한 도심지 내에서 대형 규모의 버티허브를 건설하는 것은 현실적으로 어려울 것이라고 가정하였다. 이에 따라 토지확보, 대중교통 접근성, 항로구성, 소음 등 기술공학적 측면에서 UAM 버티포트의 설치 위치를 선정하는 영향요인을 도출하였다. AHP 및 ANP 분석을 위한 설문조사는 UTK에 참여하고 있는 기관의 전문가를 대상으로 하였다.

김원진·박재홍(Kim and Park, 2022)은 선행연구를 기반으로 하여 버티포트 입지에 영향을 미치는 이용자 기반 요인을 선정하였다. 전문가 8인을 대상으로 한 FGI(Focus Group Interview)를 통해 1차 변수를 보완하여 최종 버티포트 입지 영향요인을 선정하고 AHP 계층을 구성하였다. 계층은 1-3계층으로 구성하였고, 1계층은 경제적, 사회적수용성, 접근성 입지요인으로 구분하였다. 경제적 입지요인은 건설 용이성, 수요창출 가능성으로 2계층을 구성하였으며, 도시기반시설, 건물옥상과 도심 및 외곽지역으로 3계층을 구분하였다. 사회적수용성 입지요인은 지역균형발전과 생활환경요인으로 2계층을 구성하였으며, 3계층에서 지역균형발전 중 도시공간이용 활성화, 교통불편지역 개선 요인으로 구분하였고, 생활환경 영향 중 소음과 안전성 요인을 구분하였다. 접근성 입지요인은 버티포트의 연계교통접근성과 환승접근성으로 2계층을 구성하였으며, 3계층에서 연계교통 접근성 중 철도 및 버스 노선 연계성을 구분하였고, 환승 접근성은 버티포트 접근거리와 환승 접근거리로 구분하였다.

경제적 입지요인, 사회적수용성 입지요인, 접근성 입지요인으로 구성된 1계층 영향요인의 전문가 AHP 분석 결과(Table 1), 경제적 입지요인 0.348, 사회적수용성 입지요인 0.346, 접근성 입지요인 0.306의 중요도로 나타나 세 영향요인의 가중치가 유사한 것으로 분석되었다.

Table 1. Result (AHP) of factors affecting UAM vertiport location (Kim and Park, 2022)

1 hierarchy	2 hierarchy	3 hierarchy	Weight	Description
Economic factor	Easy of construction	Urban infrastructure	0.112	Utilize urban infrastructure such as roads, parks, garages, and parking lots
		Building rooftop	0.034	Utilize railway stations, terminals, rooftops of large-scale commercial/business buildings, etc.
	Demand creation potential	Downtown	0.163	Creation of usage demand by installing in traffic demand concentration areas such as downtown/sub-center commercial and business areas
		Outskirts	0.039	Demand for use is created by installing at traffic junctions in suburban areas, industrial complexes in suburban areas, logistics complexes, and township areas
Social acceptability factor	Balanced regional development	Activate the use of urban spaces	0.115	Contribute to the revitalization of urban space by utilizing unexecuted urban planning facilities in the city and creating a complex shared space integrated with Vertiport
		Improvement of transportation disadvantaged areas	0.042	Improving traffic conditions in traffic blind areas, such as suburban areas and areas inconvenient to public transportation in urban and rural complex cities
	Living environment impact	Takeoff and landing noise	0.086	Level of damage to residents due to aircraft noise in UAM airfields and approach routes
		Takeoff and landing safety	0.103	Level of clearance for the safety of the horizontal/vertical impact space of UAM airfields
Accessibility factor	Connected transit accessibility	Railway station connectivity	0.158	Diversity and scale of railway and subway lines connecting Vertiport
		Bus station connectivity	0.046	Diversity and scale of wide-area bus, city bus, and village bus routes connecting Vertiport
	Transit accessibility	Vertiport access distance	0.059	Access distance using other means of transportation between origin/end point and vertiport (hours)
		Transfer distance	0.043	Vertical/horizontal transfer distance traveled to board UAM after getting off the connected transportation (hours)

3. 선행연구와의 차별성

본 연구는 미래교통시설인 UAM 버티포트 상용화 시 교통의 주체인 사람들의 이용을 증대시키기 위한 영향요인 선정을 주제로 하며 다음과 같이 선행연구와 차별성을 가진다고 할 수 있다.

첫째, 연구의 대상 및 내용에 대한 차별성이다. 선행연구는 UAM 이착륙장에 대한 연구대상 유형 및 서비스 권역, 설치 규모에 대해 구체적인 정의 없이 총체적인 연구가 이루어졌다. 이에 반해 본 연구는 UAM이 도시 내부 또는 인근 도시 간에 항공교통서비스를 제공하는 서비스의 이용권역과 설치 규모를 고려하여 대상을 구체화하였다. 광역형과 근린형을 연계하며 대도시권 내부의 주요 지역 간 통행을 담당하는 “지역형” 환승인프라 즉, “버티포트”를 대상으로 입지선정 영향요인을 도출했다는 점에서 차별성이 있다. 또한, 선행연구는 이동경로(Link)에 대한 항공기와의 간섭, 진출입 공역 안전, 기후요인, 항공교통관리 관련 법·제도 등을 다루고 있고 이착륙장(Node)에 대해서는 토지 이용, 비용, 이용수요, 장애물, 시공성, 전력원, 설치기준 등을 다루고 있어 대체로 공급 및 기술공학적 입지요인 중심으로 연구되어 있다. 이에 반해 본 연구는 김원진·박재홍(Kim and Park, 2022) 연구의 한계점을 보완하기 위하여 버티포트의 이용환경 측면의 입지요인의 중요도를 중점적으로 연구했다는 점에서 차별성이 있다.

둘째, 다양한 관련분야 종사자들의 의견을 반영한 점에 대한 차별성이다. 선행연구는 항공 및 운항 전문가 AHP-Delphi나 주로 기술공학적 측면의 전문가들을 대상으로 설문조사를 시행하여 AHP를 통한 요인분석 결과를 제시하고 있다. UAM은 미래교통 모빌리티로서 이용환경 측면의 버티포트 입지요인을 분석하기 위해서는 다양한 분야의 학술적, 정책적, 기술적 경험 등이 필요하다. 따라서 이용환경 측면의 핵심변수 중요도를 평가하기 위하여 UAM에 대한 이해도가 높을 것으로 판단되는 교통·건설, 도시·부동산분야 종사자 238명을 잠재적인 UAM 이용자로 가정하고 설문조사를 시행하였다. 핵심변수의 중요도를 분석하고 요인분석(Factor analysis) 및 회귀분석(Regression analysis)을 통해 버티포트 입지 요인의 영향도를 분석하였다는 점에서 본 연구는 설문조사 대상 및 분석 접근체계에 있어서 기존 연구와 차별화 된다고 볼 수 있다.

버티포트 입지요인 중요도 및 영향도 분석

1. 핵심변수 중요도 분석결과

버티포트 이용환경 측면의 입지 핵심변수 중요도와 그 핵심변수들이 UAM 이용증대에 미치는 영향도 간의 인과 관계를 분석하기 위해 설문조사를 수행하였다. SPSS 통계패키지를 활용하여 핵심변수를 대상으로 요인분석을 수행하고, 요인분석의 적합도를 검증하여 설명변수를 도출하였다. 즉, 도출된 3개의 요인(접근성, 경제성, 생활환경)을 독립변수로 하고 UAM 버티포트 이용증대에 미치는 영향도를 종속변수로 두는 다중회귀분석(Multiple regression analysis)을 수행하여 요인별 중요도를 분석하였다(Figure 1).

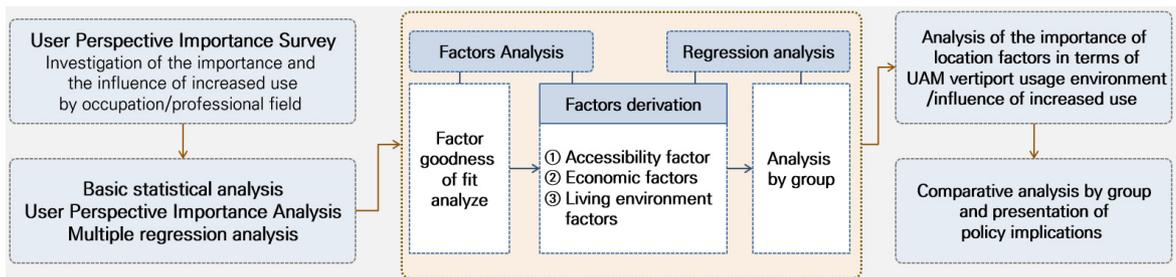


Figure 1. Flow chart

설문조사 대상은 UAM의 잠재적 이용자로 설정한 교통·건설, 도시·부동산 분야 전문가들로 조사 부수는 총 257부 수령하여 무응답 항목이 있거나 일관성이 없는 조사지 19부를 제외하고 유효표본 238부를 대상으로 분석하였다. 설문대상 그룹은 직업유형별로 학술·공공기관 종사자와 설계·엔지니어링 종사자로 구분하였고, 전문분야별로는 교통·건설분야와 도시·부동산 분야로 구분하였으며, 분야별 유효부수가 최소 100부 이상 되도록 설계하였다.

독립변수는 김원진·박재홍(Kim and Park, 2022)에서 선정하였던 AHP 위계 중 3계층 12개 핵심변수(figure 2)를 설문조사 문항으로 하여 5점 리커드 척도로 중요도를 조사하였고, 종속변수는 12개 버티포트 입지조건이 UAM 이용증대에 미치는 영향 정도를 5점 리커드 척도로 조사하여 각 핵심변수와 인과관계를 분석하였다.

이와 함께 성별, 연령, 직업, 전문분야, 경력 5개 항목에 대한 응답자 기초정보를 수집하였다. 설문조사 샘플과 관련된 사항은 Table 2에 정리하였다. 설문조사는 2022년 9월 5일부터 2022년 9월 30일까지 26일간 설문지를 배포하고 수령하였다.

Table 2. Sample size

Group		Sample size	Ratio (%)	Group		Sample size	Ratio (%)
Gender	Male	185	77.7	Field of expertise	Traffic/Construction	122	51.3
	Female	53	22.3		Urban/Real estate	116	48.7
Age	20's	54	22.7	Career	5 years or less	70	29.4
	30's	52	21.8		6-10 years	36	15.1
	40's	71	29.8		11-15 years	28	11.8
	50's	61	25.6		16-20 years	35	14.7
over 20 years		69	29.0				
Job	Academic/Public	104	43.7				
	Design/Engineering	134	56.3				

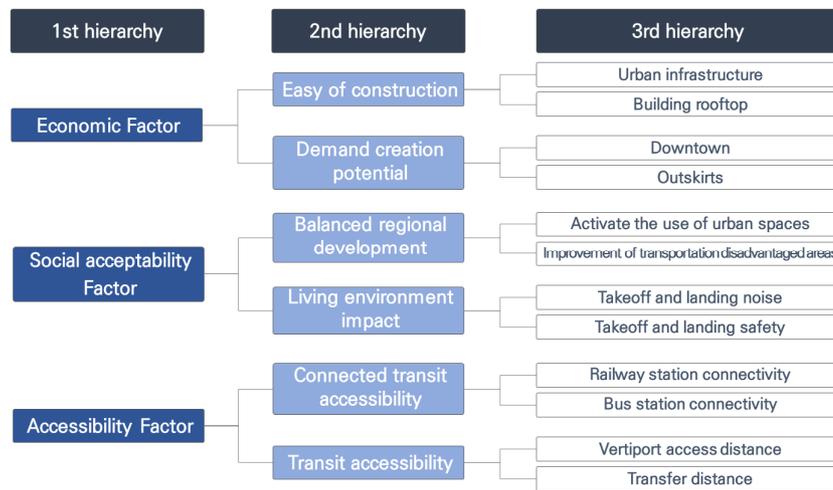


Figure 2. Independent variable hierarchy

전체 표본 238명을 대상으로 한 UAM 버티포트의 입지에 영향을 미치는 12개 핵심변수의 중요도 설문조사 결과는 Table 3과 같이 도출되었다. 전체 평균점수는 3.50점이며 이차륙 안전이 4.294점으로 가장 중요하다고 응답하였으며, 도심지역(Downtown), 버티포트 및 환승 접근거리(Vertiport access distance & Transfer distance), 도시기반시설(Urban infrastructure) 순으로 중요하다고 응답하였다. 외곽지역(Outskirts), 건물옥상(Building rooftop), 교통불편지역개선(Improvement of transportation disadvantaged areas) 영향요인은 버티포트 입지조건에 상대적으로 중요하지 않다고 응답하였으며, 버티포트 입지조건이 UAM 이용에 영향을 미치는 정도는 4.303점으로 입지조건이 미치는 영향이 크다고 응답한 것을 알 수 있다.

Table 3. Result of importance analysis of key variables by user survey

1 st hierarchy	2 nd hierarchy	3 rd hierarchy	User survey	
			Importance	Ranking
Economic factor	Easy of construction	Urban infrastructure	3.786	5
		Building rooftop	2.920	11
	Demand creation potential	Downtown	3.819	2
		Outskirts	2.437	12
Social acceptability factor	Balanced regional development	Activate the use of urban spaces	3.340	8
		Improvement of transportation disadvantaged areas	3.109	10
	Living environment impact	Takeoff and landing noise	3.697	6
Accessibility factor	Connected transit accessibility	Takeoff and landing safety	4.294	1
		Railway station connectivity	3.634	7
	Transit accessibility	Bus station connectivity	3.324	9
		Vertiport access distance	3.815	4
		Transfer distance	3.815	3

직업유형 및 전문분야별 중요도 분석결과는 Table 4 및 Figures 3-4와 같이 도출되었다. 학술공공기관과 설계·엔지니어링 직업별 UAM 버티포트 입지 핵심변수 중요도 분석 결과, 95% 신뢰수준에서 통계적으로 도시기반시설, 이착륙 소음과 안전(Takeoff and landing noise & safety), 철도노선 연계성(Railway station connectivity), 버스노선 연계성(Bus station connectivity), 버티포트 접근거리, 환승 접근거리 변수들의 중요도 평균값에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 특히, 학술·공공기관 종사자가 교통수단 연계성, 접근거리에 연관된 접근성 측면의 변수가 보다 중요하다고 응답하였으며, 이는 학술·공공기관 종사자가 실무와 연관된 설계·엔지니어링 종사자에 비해 새로운 교통수단인 UAM 버티포트에 대해 경제성보다는 사회적 합의 및 안전성, 그리고 기존 교통시설과의 연계 측면을 보다 중요시하기 때문인 것으로 판단된다. 또한, 학술·공공기관 종사자가 설계·엔지니어링 종사자에 비해 생활환경 요인에 해당하는 이착륙 소음 및 안전 요인과 접근성 요인에 해당하는 철도·버스 연계성, 버티포트·환승 접근거리 요인이 보다 중요하다고 응답하였다. 이는 학술·공공기관 종사자는 설계·엔지니어링 종사자에 비하여 실무적으로 관계 법령을 집행하는 위치에 있기 때문인 것으로 판단된다. 즉, 거시적인 UAM 버티포트 입지조건보다는 미시적으로 입지조건을 결정하는 것에 있어 향후 발생가능한 여러가지 사회적 민원 등에 대비하는 차원에서 설치위치에 대한 중요도의 의미가 전달된 것으로 파악된다.

교통·건설분야 종사자와 도시·부동산 종사자를 대상으로 한 전문분야별 UAM 버티포트 입지 핵심변수의 중요도 분석 결과, 95% 신뢰수준에서 통계적으로 도시기반시설, 교통불편지역 개선, 철도노선 연계성, 버티포트 접근거리 변수 중요도와 UAM 이용 영향도가 평균값에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 교통·건설분야 종사자는 공학적 요소인 경제성 및 접근성을 중요시하고, 도시·부동산분야 종사자들은 도시공간이용활성화(Activate the use of urban spaces), 소음과 안전 등 사회적수용성 측면의 중요도가 더 높다고 응답하였다. 또한, 교통·건설 전문가가 도시기반시설, 철도노선 연계성, 버티포트 접근거리, 환승접근거리 요인 부문에서 도시·부동산 전문가보다 중요하다고 응답하였다. 이는 이러한 물리적인 접근성을 내포하는 요인이 일반적으로 도시분야보다 교통분야에서 보다 중요하다고 인식하고 있기 때문인 것으로 유추할 수 있다.

Table 4. Result of importance of key variables by job and field of expertise

Key variable	Job					Field of expertise				
	Academic /Public		Design/ Engineer		Identity verification	Traffic/ Construction		Urban/ Real estate		Identity verification
	ave.	std.	ave.	std.	p-value	ave.	std.	ave.	std.	p-value
Urban infrastructure	4.13	0.97	3.51	1.14	0.000	4.02	1.03	3.54	1.14	0.001
Building rooftop	2.83	1.30	2.99	1.23	0.316	2.93	1.34	2.91	1.18	0.940
Downtown	3.91	1.05	3.75	1.16	0.253	3.90	1.15	3.73	1.08	0.244
Outskirts	2.42	1.22	2.45	1.28	0.881	2.46	1.19	2.41	1.32	0.782

Table 4. Result of importance of key variables by job and field of expertise (continued)

Key variable	Job					Field of expertise				
	Academic/ Public		Design/ Engineer		Identity verification	Traffic/ Construction		Urban/ Real estate		Identity verification
	ave.	std.	ave.	std.	p-value	ave.	std.	ave.	std.	p-value
Activate the use of urban spaces	3.38	1.31	3.31	1.25	0.638	3.23	1.31	3.46	1.23	0.170
Improvement of transportation disadvantaged areas	3.17	1.42	3.06	1.42	0.541	2.83	1.36	3.41	1.42	0.002
Takeoff and landing noise	3.95	1.12	3.50	1.33	0.006	3.59	1.26	3.81	1.24	0.177
Takeoff and landing safety	4.45	0.83	4.17	1.17	0.040	4.17	1.18	4.42	0.87	0.065
Railway station connectivity	3.90	1.12	3.43	1.22	0.002	3.89	1.06	3.37	1.28	0.001
Bus station connectivity	3.71	1.10	3.02	1.25	0.000	3.35	1.21	3.29	1.27	0.712
Vertiport access distance	4.02	0.94	3.66	1.10	0.008	4.02	0.97	3.59	1.10	0.001
Transfer distance	4.03	1.04	3.65	1.09	0.007	3.88	1.08	3.75	1.09	0.367
Impact of UAM use	4.36	0.70	4.26	0.82	0.348	4.44	0.66	4.16	0.85	0.004

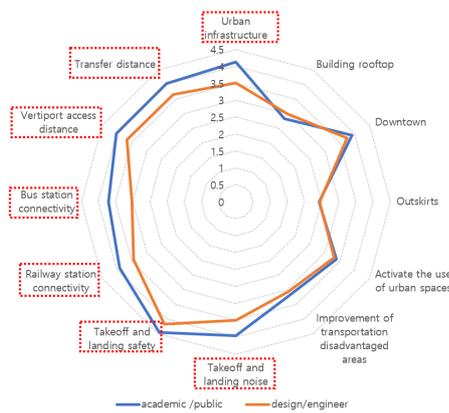


Figure 3. Importance of key variables by job

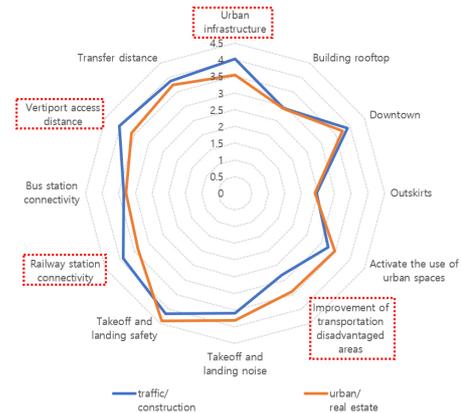


Figure 4. Importance of key variables by expertise

2. 핵심변수 영향도 분석

본 연구에서 12개의 핵심변수에 대한 중요도 설문을 수행하고, 각 변수와 UAM 이용 영향도와의 인과관계를 규명하고자 하였다. 그러나, 현재 운영되지 않는 버티포트에 대한 잠재적 이용자들의 설문조사 결과를 기초로 다중회귀분석을 검토한 결과, 외생변수와 종속변수 간 설명력이 떨어지는 한계를 보였다. 이를 해결하기 위하여 탐색적 요인분석을 통해 연관성이 높은 변수들을 모아서 하나의 변수로 새롭게 만들어내고자 하였다. 김원진·박재홍(Kim and Park, 2022)은 AHP의 계층을 사전에 구분하여 핵심변수간의 상하관계를 규명하였지만, 본 연구에서는 탐색적 요인 추출방법을 통해 12개 핵심변수 중 실제로 유사한 중요도를 보이는 요인으로 축약하였다. 12개 핵심변수를 대상으로 요인분석을 수행하고, KMO(Kaiser-Meyer-Olkin)와 Bartlett의 검정을 통해 요인분석의 적합성을 검증하였다. 또한, 역이미지 행렬의 MSA(Measure of Sampling Adequacy)값으로 변수별 적합도를 검증하여 MSA값이 0.5보다 작은 핵심변수 3개(건물옥상, 외곽지역, 교통불편지역 개선)는 제거하였다. 마지막으로 추출된 요인들에 의해서 각 변수가 얼마나 설명되는지 설명해주는 공통성(Communality) 추출값이 0.5보다 큰지 확인한 후에 최종 요인분석 모델을 구축하였다.

요인분석을 통해 회전된 성분행렬을 기준으로 접근성 요인(요인1), 경제성 요인(요인2), 생활환경 요인(요인3) 3개의 영향요인으로 명명하고 구분하였다. 접근성 요인은 철도 및 버스 노선 연계성, 환승 접근거리, 버티포트 접근거리로 김원진·박재홍(Kim and Park, 2022) 연구의 1계층 접근성 입지요인 4개의 핵심변수가 모두 포함되었다. 경

제성 요인은 도시공간이용 활성화, 도심지역, 도시기반시설 3개의 핵심변수가 포함되었으며, 생활환경 요인은 이차
 륙 안전 및 소음 2개의 핵심변수가 포함되었다(Table 5).

Table 5. Result of key variable factor analysis

Factor	Key variable	Component		
		1	2	3
Accessibility	Railway station connectivity	0.786	-0.008	0.027
	Bus station connectivity	0.759	0.001	-0.087
	Transfer distance	0.689	0.259	0.148
	Vertiport access distance	0.661	0.197	0.168
Economics	Activate the use of urban spaces	-0.027	0.760	-0.001
	Downtown	0.214	0.719	0.007
	Urban infrastructure	0.156	0.692	0.336
Living environment	Takeoff and landing noise	0.096	0.057	0.849
	Takeoff and landing safety	0.028	0.107	0.830
Eigen value		2.187	1.694	1.581
Variation (%)		24.299	18.827	17.562
Accumulate (%)		24.299	43.126	60.688
Chronbach's alpha		.720	.627	.638

요인분석 모델에서 산출된 3개 요인과 종속변수 UAM 이용 영향도의 회귀분석 결과, 결정계수 값은 대체로 낮게 나타났으나, 본 연구에서 결정계수(R^2)는 사회과학 성격의 SP조사 특성상 관측 데이터에 근거하지 않기 때문에 원인과 결과가 높은 인과관계를 이루지 않는 것으로 사료된다. 결정계수는 모형의 적합도를 평가하는 하나의 기준이고 이 값이 낮다고 해서 모형이 적합하지 않다고 결론지을 수는 없을 것이다. 오히려, 독립변수의 유의성, 계수의 부호/크기 등이 중요할 것으로 생각되며 모형의 결정계수 값들이 대체로 낮게 나타나지만 영향계수의 부호와 유의확률이 비교적 양호하기 때문에 중요한 변수를 파악하는데 무리가 없을 것으로 판단된다.

총 3개의 요인 모두 95% 신뢰 구간에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났으며, 철도·버스 연계성, 버티포트·환승 접근거리 변수를 대표하는 접근성 요인의 계수가 0.252로 UAM 이용 증대 영향도에 미치는 영향이 가장 높게 산출되었으며, 경제성요인(도시기반시설, 도심지역, 도시공간이용 활성화), 생활환경 요인(이차륙 소음·안전) 순으로 분석되었다(Table 6).

Table 6. Result of impact regression analysis (total sample)

Factor	# of key variable	B	t	p value	Multicollinearity		Ranking
					Tolerance	VIF	
Constant		4.302	93.983	0.000			
Accessibility	4	0.252***	5.493	0.000	1.000	1.000	1
Economics	3	0.218***	4.761	0.000	1.000	1.000	2
Living environment	2	0.139**	3.032	0.003	1.000	1.000	3

$R^2=0.209$, *** $p<0.01$, ** $p<0.05$, * $p<0.1$

직업별로 학술·공공기관 종사자들을 대상으로 요인분석 모델에서 산출된 3개 요인(독립변수)과 UAM 이용 영향도(종속변수)의 회귀분석 결과(Table 7), 총 3개의 요인 중 접근성 요인, 경제성 요인이 95% 신뢰 구간에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났으며, 생활환경 요인은 유의확률 0.819로 통계적으로 유의하지 않은 변수로 분석되었다.

설계·엔지니어링 종사자 대상 분석 결과, 총 3개의 요인 모두 95% 신뢰 구간에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났으며, 전체 표본의 요인별 계수와 같이 접근성요인의 계수가 0.271로 UAM 이용 증대 영향도에 미치는 영향이 가장 높게 산출되었으며, 경제성요인, 생활환경요인 순으로 종속변수와 관계가 있는 것으로 분석되었다. 직업유형별

요인들의 버티포트 입지 선정에 미치는 영향도를 분석한 결과, 학술·공공기관 종사자들은 접근성과 경제성에 대한 영향도가 유사하게 큰 것으로 나타났다. 분야별로 보면 설계·엔지니어링 종사자들은 접근성요인 영향도가 가장 크게 나타났고 경제성요인과 생활환경요인 영향도는 비교적 낮은 것으로 분석되었다.

교통·건설 분야 중 교통, 토목, 건축의 교통인프라와 관련된 분야 종사자들을 대상으로 요인분석 모델에서 산출된 3개 요인과 UAM 이용 영향도의 회귀분석 결과, 총 3개의 요인 모두 95% 신뢰 구간에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났으며, 전체 표본의 요인별 계수와 전혀 다른 패턴을 보이는 점이 특징이다. 생활환경요인의 계수가 0.217로 UAM 이용증대 영향도에 미치는 영향이 가장 높은 것으로 나타났으며, 경제성요인, 접근성요인 순으로 종속변수와 관계가 있는 것으로 분석되었다. 도시·부동산분야 종사자 대상 분석 결과, 총 3개의 요인 중 접근성요인, 경제성요인이 95% 신뢰 구간에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났으며, 생활환경요인은 유의확률 0.353으로 통계적으로 유의하지 않은 변수로 분석되었다. 전체 표본 분석결과와 같이 접근성요인의 계수가 0.296으로 UAM 이용 증대에 미치는 영향이 가장 높은 것으로 나타났으며, 그 다음은 경제성요인이 0.227로 종속변수와 관계가 있는 것으로 분석되었다. 전문분야별 입지요인들의 버티포트 이용증대에 미치는 영향도를 분석한 결과, 교통·건설분야 종사자들은 생활환경요인, 경제성요인이 UAM 이용증대 영향도가 큰 것으로 나타났으며, 도시·부동산 분야 종사자들은 접근성요인이 가장 크게 나타나고 다음으로 경제성요인으로 분석되었다.

각 핵심변수에 대한 영향도는 전체 표본과 직업·전문분야에서 공통적으로 도시기반시설, 환승접근거리, 도심지역이 대체로 유의한 수준에서 가장 영향도가 높은 것으로 분석되었다. 그러나 이착륙 소음과 안전 변수는 중요도 설문조사 점수와 다른 패턴을 보이는데, 그 이유는 해당 변수의 개별적 중요도와 UAM 이용증대에 미치는 영향도 평가에는 직업이나 분야 특성에 따라 생각의 차이로 인한 것으로 판단된다.

Table 7. Result of impact regression analysis (by group)

Classification	Group	Factor	B	t	p value	Multicollinearity		Ranking
						Tolerance	VIF	
Job	Academic	Constant	4.242***	68.816	0.000			
		Accessibility	0.274***	4.641	0.000	0.999	1.001	1
		Economics	0.266***	4.349	0.000	0.969	1.032	2
	Public	Living environment	0.017	0.229	0.819	0.968	1.033	-
		Constant	4.365***	61.255	0.000			
		Accessibility	0.271***	3.693	0.000	0.994	1.006	1
		Economics	0.212***	3.130	0.002	0.984	1.016	2
		Living environment	0.197***	3.215	0.002	0.982	1.018	3
		Field of expertise	Design	Constant	4.447***	79.938	0.000	
Field of expertise	Design	Accessibility	0.126**	2.129	0.035	0.975	1.026	3
		Economics	0.207***	3.654	0.000	0.984	1.016	2
		Living environment	0.217***	4.330	0.000	0.959	1.042	1
	Engineering	Constant	4.205***	56.130	0.000			
		Accessibility	0.296***	4.199	0.000	0.983	1.017	1
		Economics	0.227***	3.163	0.002	0.967	1.034	2
		Living environment	0.080	0.933	0.353	0.952	1.050	-

***p<0.01, **p<0.05, *p<0.1

학술·공공기관 직종 종사자 대상의 영향요인 중요도 조사 결과와 회귀분석에서 산출된 계수 값을 비교해보면, Figure 5와 같이 이착륙 소음·안전의 중요도가 4.20으로 가장 높은 수준이지만, 다중회귀분석 결과에서는 유의하지 않은 변수로 도출되었다. 다시 말해서, 회귀분석은 UAM 이용증대에 미치는 영향 정도와의 인과관계만을 의미하기 때문에 영향요인의 중요도 설문결과와 다중회귀분석 영향계수 간에 상관성이 없다는 의미이다. 예를 들어, 학술·공공기관 종사자들은 소음과 안전 항목을 중요하다고 인식하고 있지만, 이 요인이 UAM 이용증대에 미치는 영향이 낮은 것을 의미한다.

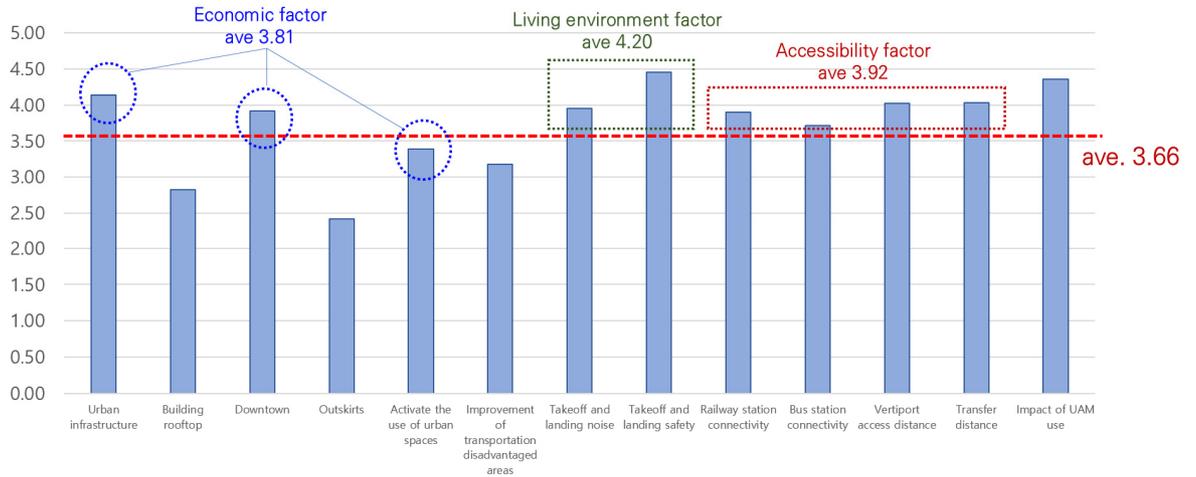


Figure 5. Average importance of factor in the academic/public group

설계·엔지니어링 직종 종사자 대상의 영향요인 중요도 조사 결과와 회귀분석에서 산출된 계수 값을 Figure 6과 같이 비교해보면, 회귀분석의 계수는 접근성 요인이 1순위이지만, 설문조사 중요도는 평균 3.44로 생활환경 요인 3.84, 경제성 요인 3.52에 비해서 낮은 것으로 나타났다. 이는 설계·엔지니어링 종사자들은 접근성 요인이 비교적 중요하다고 생각하고 있지 않지만, 접근성 요인이 UAM 이용증대에 미치는 영향은 큰 것을 알 수 있다.

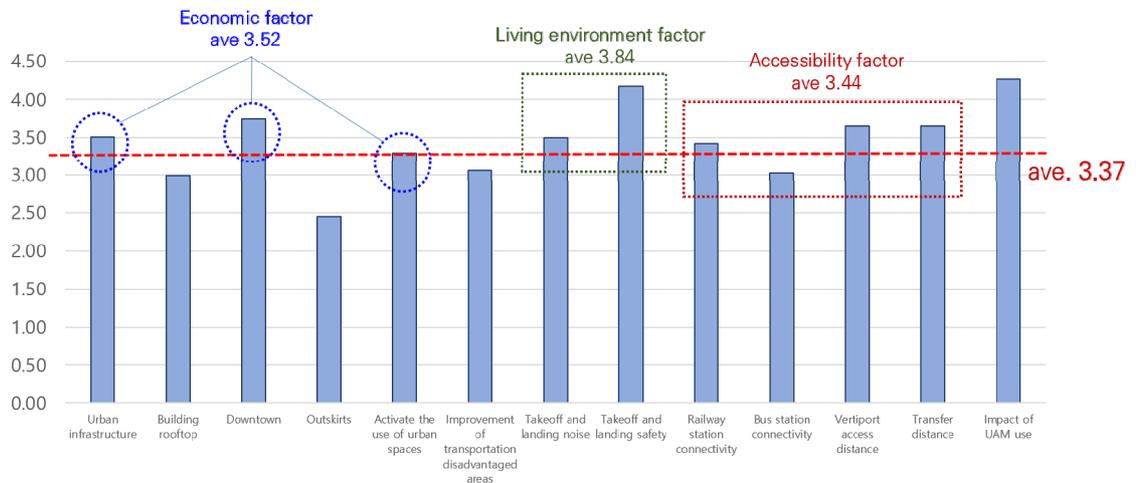


Figure 6. Average importance of factor in the design/engineering group

결론 및 향후연구과제

최근 국내외에서는 도시교통문제의 해결 차원에서 입체적인 교통체계인 도심항공교통 도입이 추진되고 있다. 특히, UAM 버티포트는 항공교통 개념이 결합된 교통망의 중요한 환승인프라이기 때문에 그 기능과 역할을 충분히 발휘하기 위해서는 기술공학적 측면은 물론 이용환경 측면에서 적정한 입지를 선정하는 과정이 필수적으로 수반되어야 할 것이다. 본 연구는 도심항공교통 개발의 초기 단계에서 대도시권 지역형 버티포트를 대상으로 도시교통인프라 계획 및 구축 분야 종사자가 이용환경 측면에서 생각하는 핵심변수를 조사하여 요인분석 및 회귀분석의 다양한 분석체계를 기반으로 그 입지요인의 중요도와 영향도를 선제적으로 제시하고자 노력하였다.

본 연구에서는 전문직 종사자 설문조사를 통해 핵심변수에 대한 중요도 차이를 제시하였고, 요인분석을 시행하여 이용환경 측면에서 버티포트 입지요인들이 UAM 이용증대에 미치는 영향도에 대한 인과관계를 분석하였다. 그 결과 크게 다음 두 가지 결과물을 도출하였다.

첫째, 이용환경 측면에서 잠재적 이용자들은 도심지역의 환승접근성이 좋은 입지를 선정하되 이착륙 안전이 가장 중요하다고 응답한 것을 볼 때, UAM을 이해하는 전문분야 종사자로서 핵심변수에 대한 관점에 차이가 있는 것으로 분석되었다. 공통적으로는 도시기반시설과 도심지역에 설치함으로써 경제성을 확보하여야 하며, 이착륙 소음과 안전은 유사한 순위로 중요하다고 응답하였다.

둘째, 핵심변수에 대한 요인분석을 통한 요인들과 UAM 이용증대간의 인과관계를 분석 결과, 이용증대에 미치는 입지 요인은 접근성 요인이 가장 중요하게 분석되었기 때문에 이는 이용환경 중심의 버티포트 기능과 역할에 중점을 두어야 한다는 것을 의미한다. 또한, 접근성 요인의 변수로 연계교통 및 환승 접근성은 경제성 요인의 변수인 수요 창출 가능성, 건설 용이성을 동시에 고려되어야 한다. 즉, 도심지역의 도시기반시설(도로, 철도, 공원, 주차장 등)에 설치되는 것이 중요하다는 것과 연계된다. 한편, 생활환경 요인 변수인 소음과 안전은 실제적으로 도심항공교통의 통행특성과 이착륙 형태상 가장 중요한 요인일 것이다. 요인분석 결과, 이착륙장의 안전성과 소음 문제는 통일된 유의성을 보이지 않는다. 이는 현존하지 않는 교통시스템에 대한 5점 척도의 영향도를 종속변수로 한 사회과학적인 SP조사 특성에 기인한 것으로 볼 수 있다.

본 연구는 현재 존재하지 않는 교통시스템에 관한 것으로 아직까지는 충분한 학술적인 논의가 이루어지지 못하고 있는 UAM 이용환경 측면의 버티포트 입지요인을 선정하여 중요도를 산정하였다는 점에서 의의가 있다. 현재 실증 사례와 법·제도적인 기준 자체가 마련되지 못한 상황에서 미래에 상용화를 대비한 UAM 버티포트 입지요인을 논의해 보는 것은 향후 도시계획이나 교통인프라 구축 방향에 시사점을 줄 수 있다. 또한, 본 연구를 통해 입지요인들이 UAM 이용증대에 미치는 영향도간 인과관계를 알 수 있었으며, 직업유형과 전문분야별 세분화하여 분석한 결과는 UAM 발전의 초기 단계인 현 시점에서는 통계적으로 유의미한 결과를 나타내지 않아 향후 새로운 연구를 위한 참고자료로 활용될 수 있을 것으로 기대할 수 있다. 이와 더불어 본 연구는 UAM 상용화를 위한 국가적 연구개발 초기 단계에서 버티포트의 입지요인을 이용환경 측면에서 선제적으로 제시하였으며, 그 결과를 토대로 향후 도심항공교통 상용화 시 이용증대를 위한 버티포트 구축 방향은 물론, 도시교통망으로써 UAM의 역할과 국민들의 이동권 확대에 도움이 될 것으로 생각된다.

본 연구의 한계로 첫째, 선행연구가 대부분 학문적으로 증명되지 않은 결과물이고 이를 기반으로 잠재적 이용자 관점의 입지 영향요인을 도출한 연구이기 때문에 UAM 발전 초기인 현 단계에서 특정 대상지역을 선정하여 실증분석을 적용하는 것에는 한계가 있는 점과 그 정당성 판단 기준이 명확하지 않은 한계가 존재한다는 점이다. 따라서 본 연구에서 선정한 핵심변수에 대한 정량적인 평가가 용이하도록 평가문항의 산정기준에 대한 연구가 향후 필요할 것으로 판단된다. 둘째, 본 연구에서는 UAM의 공급 및 기술공학적 측면의 입지요인들을 충분히 고려하지 못한 한계가 존재한다. UAM은 자동차, 철도, 버스 등과 같은 전통적인 교통수단들과 마찬가지로 통행에 필요한 이동경로(Link)와 결절점(Node)이 존재하며 환승인프라인 버티포트 입지는 이러한 두 개의 요인을 모두 고려하여야 한다. 따라서 이동경로(link)는 항공기와의 간섭, 진출입 공역 안전, 기후요인, 항공교통관리 관련 법·제도 등을 고려하고, 이착륙장은 토지이용, 비용, 이용수요, 장애물, 시공성, 전력원, 설치기준 등을 고려할 수 있는 입지 평가 방법을 고안하여야 한다. 셋째, 본 연구는 이용자의 접근성을 철도 및 버스 연계성과 버티포트 접근거리, 환승 접근거리라는 물리적인 요인만을 선정하였으나, 이용자의 환승 만족도는 물리적인 시스템에 기반한 환승서비스수준(LOS)과 밀접하게 연관되어 있다. 장래 UAM 버티포트는 교통네트워크 상 환승센터 역할을 수행할 것으로 예상되므로 이용자들의 환승서비스 수준을 높이기 위한 노력이 필요할 것이다. 따라서, 장래 버티포트에서 이용자들의 환승서비스 만족도를 높일 수 있는 영향요인을 반영한 입지 연구가 필요할 것으로 생각한다.

ORCID

KIM, Wonjin  <http://orcid.org/0009-0004-9416-5267>

PARK, Jaehong  <http://orcid.org/0009-0005-7053-4571>

YU, Jeong Whon  <http://orcid.org/0000-0001-6549-6287>

KO, Joonho  <http://orcid.org/0000-0002-0426-3356>

REFERENCES

- Fadhil D. N. (2018), A GIS-based Analysis for Selecting Ground Infrastructure Locations for Urban Air Mobility, Ph. D. Dissertation, Technical University of Munich, 45-56.
- Johnston T., Riedel R., Sahdev, S. (2020), To Take Off, Flying Vehicles First Need Places to Land, McKinsey Center for Future Mobility, 2-8.
- Jung M. C., Yu K. S., Yoon M. G. (2021), UAM Vertiport Site Selection Criteria and Importance Analysis Based on ANP Model, Journal of the Aviation Management Society of Korea, 19(5), Aviation Management Society of Korea, 3-19.
- Kim K. Y. (2021), Study of UAM PORT Location Selection Method Considering Climatic Factors, Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement.
- Kim W. J., Park J. H. (2022), A Study on the Factors Affecting UAM Vertiport Location Selection, Journal of Urban Studies and Real Estate, 13(2), Urban Studies and Real Estate, 119-137.
- KPMG (2020), Spread out in the Sky Mobility Revolution “Urban Air Mobility”, Economic Research Institute(Korea), 1-26.
- Lee G. J. (2021), Analysis of Airspace Availability for Entry and Exit of UAM To/From the Airport, The 85th Conference of KST, Korean Society of Transportation, 818-819
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2021), K-UAM Technology Roadmap, Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement(Korea), 3-11.
- Tarafdar S. (2019), Urban air Mobility Regional Landing Site Feasibility and Fare Model Analysis in the Greater Northern California Region, 2019 Integrated Communications, Navigation and Surveillance Conference (IEEE), 6-22.