

Original Article

<https://doi.org/10.12985/ksaa.2025.33.3.185>
ISSN 1225-9705(print) ISSN 2466-1791(online)

전라남도 도서지역 UAM 실증 노선 구축 방안 연구 - SORA 모델을 적용하여 -

서준석*, 박성식**, 김정빈***

A Study on the Development Plan for UAM Demonstration Routes in Island Areas of Jeollanam-do - Applying SORA Model -

Jun-Suk Seo*, Sung-Sik Park**, Jung-bin Kim***

ABSTRACT

This study examines the feasibility of introducing Urban Air Mobility (UAM) to address transportation isolation and the limitations of maritime transport in island regions of Jeollanam-do, South Korea. Three major passenger ferry routes with the highest traffic volumes were selected, and the JARUS SORA 2.5 model was applied to quantitatively assess operational risks. The analysis confirmed that all routes met the required safety and operational feasibility standards, indicating favorable conditions for UAM adoption in the region. Based on these findings, the study proposes policy recommendations including the development of tailored vertiport infrastructure, the establishment of integrated air traffic management systems for manned and unmanned aircraft, and measures to enhance social acceptance. This research demonstrates the viability of UAM demonstration routes in island areas and provides foundational insights to support future UAM commercialization and transportation welfare improvement in South Korea.

Key Words : Urban Air Mobility(도심항공교통), SORA(특정 범주 운용위험도 평가), UAM Demonstration Routes(UAM 실증 노선), eVTOL(전기기반 수직이착륙기)

1. 서 론

1.1 연구의 배경

전라남도 도서지역은 수많은 유인도와 해상 항로로 구성되어 있으나, 지리적·기상적 제약으로 인해 육상

교통수단의 직접적인 접근이 어렵고, 해상교통 또한 대중교통 수단으로서 기능에 한계를 나타내고 있다. 특히 응급환자 이송, 필수 생필품 공급, 교육·문화·행정서비스 접근 등 다양한 영역에서 교통복지의 불균형이 발생하고 있다. 이러한 교통 격차는 지역 주민의 삶의 질 저하뿐만 아니라 지역 소멸 위험의 가속화 요인으로 작용하고 있다(Park and Choi, 2021).

한편, 최근 급부상하고 있는 도심항공교통(UAM, urban air mobility)은 전기동력 기반의 수직이착륙 항공기(eVTOL, electric vertical take-off and landing) 등을 활용하여, 도심 및 도서지역 내 단거리 승객·화물 운송을 가능케 하는 차세대 항공교통 수단으

Received: 18. Aug. 2025, Revised: 16. Sep. 2025,

Accepted: 18. Sep. 2025

* 국립한국교통대학교 비행훈련원

** 국립한국교통대학교 항공운항학과 교수

*** 경운대학교 항공관제물류학부 조교수

연락처 E-mail : kjv9224@gmail.com

연락처 주소 : 경북 구미시 산동읍 강동로 730

로 주목받고 있다. 특히, 공항 및 항만과 연계한 고효율 교통망을 구축하거나, 응급의료 수요 대응, 생필품 운송 등 공공 서비스에 접목함으로써 교통복지 사각지대를 해소할 수 있는 가능성을 제시하고 있다.

이러한 가능성에 주목하여 미국, 유럽연합, 중국, 일본 등 세계 주요 국가들은 UAM 상용화를 위한 연구개발과 정책 정비에 속도를 내고 있으며, 다양한 기체 개발, 운항 실증, 인프라 표준화 등 글로벌 경쟁이 본격화되고 있다. 우리나라 또한 국토교통부 주도의 'K-UAM 로드맵'을 통해 2030년 상용 서비스 개시를 목표로 제1차 실증사업을 성공적으로 완료하고, 현재는 제2차 실증사업을 추진하고 있다. 이러한 기술의 발전과 정책적 관심 속에도 불구하고 도서지역 UAM 실증 운항의 타당성과 안전성을 지역 특성에 맞춰 정량적으로 검토하는 연구는 아직 미흡한 실정이다. 이는 중앙정부의 정책과 연구개발이 주로 수도권 및 내륙지역을 중심으로 추진되어, 상대적으로 도서지역은 관심과 지원이 부족했기 때문이다.

이에 본 연구는 전라남도 도서지역을 중심으로 JARUS(Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems)에서 개발한 SORA(specific operations risk assessment) 모델을 적용하여 UAM 실증 노선 구축 방안을 제시하고자 하였다. 이는 향후 도서지역 기반 UAM 확산을 위한 정책 수립에 실질적 근거자료로 활용될 수 있다는 점에서, 학술적·정책적 의의가 크다고 할 수 있다.

1.2 연구의 목적

본 연구는 전라남도 여객수송량이 가장 많은 3개 해운 항로를 대상으로 UAM 실증 노선 구축 가능성을 다각도로 분석하고, SORA 모델을 적용하여 운용위험도를 정량적으로 평가함으로써, 최적의 UAM 실증 노선을 선정하는 데 목적이 있다.

세부적으로는 다음과 같은 다섯 가지 구체적인 목적을 중심으로 구성된다.

첫째, 전라남도 여객선 운항 통계를 바탕으로 연간 여객수송량, 운항 빈도, 결항률 등을 종합 분석하여 UAM 실증 노선에 적합한 상위 3개 해운 항로를 선정한다.

둘째, 각 해운 항로에 대해 SORA 모델의 단계별 요소를 적용하여 운용위험도를 정량적으로 평가한다. 구체적으로는 각 노선에 대해 지상 위험도(GRC, gro-

und risk class), 공중 위험도(ARC, air risk class), 전술완화성능요구(TMPCR, tactical mitigation performance requirement), 특정보장무결성수준(SAIL, specific assurance and integrity level) 등의 항목을 적용하고, 이를 수치화하여 비교·분석함으로써, 운용위험도 수준의 상대적 차이를 객관적으로 판단할 수 있는 기반을 마련한다.

셋째, SORA 평가 결과와 더불어 공역 현황, 비상 착륙장 확보 가능성 등 종합적으로 고려하여 운항 가능성이 높은 항로를 최적 UAM 실증 노선으로 선정한다.

넷째, 본 연구 결과를 바탕으로 도서지역 UAM 실증사업의 추진을 위한 정책적 제언을 제시한다.

이와 같은 목적을 바탕으로 본 연구는 전라남도 도서지역 해상교통의 한계를 극복하기 위한 UAM 실증 노선 방안을 제시하고, 향후 정책적 의사 결정에 기여할 수 있는 실증적·학술적 기초자료를 제공하고자 한다.

II. 이론적 고찰

2.1 UAM 개념 및 국내·외 추진 동향

2.1.1 UAM 개념

UAM은 급격한 도시화와 이에 따른 지상교통 혼잡, 환경오염, 대중교통 포화 등 다양한 도시문제를 해소하기 위한 새로운 교통 패러다임으로 등장하였다. 이는 기존 교통체계를 탈피하여, 전기동력 수직이착륙기(eVTOL) 등을 활용해 도심 내 또는 인근 지역 간 짧은 거리의 수송 수요를 수직적으로 처리하는 3차원 항공교통 시스템이다. UAM은 단순히 사람이나 화물을 수송하는 수단으로서의 항공기를 의미하지 않으며, UAM 기체, UAM 운항자, UAM 교통관리서비스제공자, 버티포트 운영자, 운항지원정보 제공자 등의 주체로 구성되며 이에 필요한 관련 인프라, 시스템, 플랫폼 등 전 산업영역을 포괄하는 항공 모빌리티 생태계로 이해되어야 한다. 즉, UAM은 새로운 교통수단의 도입 그 자체를 넘어 복합적인 생태계를 포함하는 차세대 항공교통체계(system) 개념이다(MOLIT, 2021) (Fig. 1).

UAM 실현을 위한 핵심 구성요소로는 UAM 기체, 버티포트, UAM 교통관리 체계, 서비스 플랫폼 등이 있다. UAM은 활주로 확보가 어려운 도심 특성을 반영하여 수직이착륙(VTOL) 방식으로 개발되며, 이는 공간 제약을 극복하고 도심 내에서도 효율적인 이착륙을

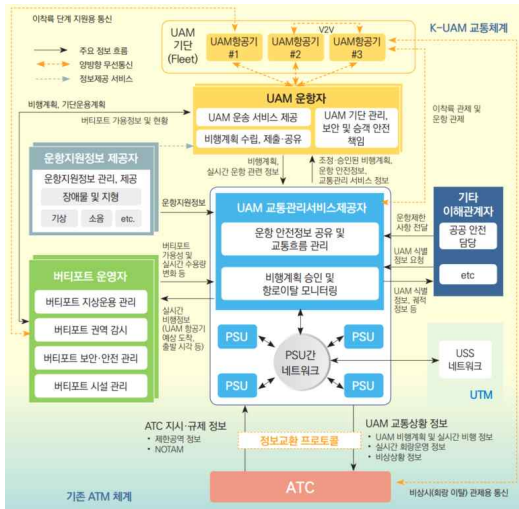


Fig. 1. Structure of the K-UAM transportation system

가능하게 한다. 대표적인 기체 유형으로는 vectored thrust, lift & cruise, multirotor 방식이 있다 (MOLIT, 2020). 현재 수많은 기업이 기체 개발에 뛰어들어 경쟁이 치열한 상태이다. 그중에서도 기술적 성숙도, 상용화 가능성, 시장에 미치는 영향력 등의 기준에 따라 미국의 Joby Aviation S-4와 Archer Aviation Midnight, 중국의 EHang EH216-S 등의 대표 기체가 있다.

UAM은 도심 내 빌딩 옥상, 터미널 등에 구축되는 UAM 전용 이착륙장인 버티포트가 필수 요소이다. 버티포트는 공항과 비슷한 역할을 수행하며 충전, 정비, 탑승객 환승 등의 기능을 하는 핵심 인프라이다. UAM이 운용되는 고도는 소형 무인항공기(UAV, unmanned aerial vehicle)가 운항하는 150m 이하 저고도와 항공기가 운항하는 고도 사이의 중간 영역인 지표면 기준 300~600m이다. 또한 효율적인 공역 운영과 항공안전 확보를 위해 UAM 전용 항공교통관리체계인 UATM (UAM air traffic management)의 구축이 필수적이다(Fig. 2).

국제적으로는 UAM과 유사하거나 포괄적인 개념들이 함께 사용되고 있다. 미연방항공청(FAA, Federal Aviation Administration), 미국항공우주국(NASA, National Aeronautics and Space Administration) 등에서는 UAM보다 넓은 개념인 AAM(Advanced Air Mobility)을 채택하여 도시 및 지역 간 운송체계를 포함한다. 유럽항공안전기구(EASA, European Avia-

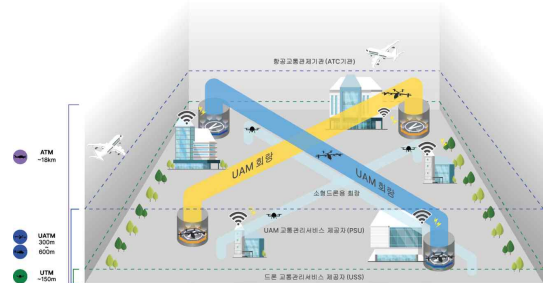


Fig. 2. The concept of the K-UAM corridor

tion Safety Agency)는 지역 간 이동을 포함하는 개념으로 IAM(innovative air mobility)을 사용한다.

2.1.2 UAM 국내·외 추진 동향

국내의 도심항공교통(UAM) 추진 동향은 정부의 명확한 주도성과 체계적인 실행 계획을 특징으로 한다. 그 정책적 기반은 2020년 국토교통부가 발표한 '한국형 도심항공교통(K-UAM) 로드맵'에서 비롯된다. 해당 로드맵은 2025년 초기 상용화를 시작으로, 2030년 성장기를 거쳐 2035년 이후 성숙기에 진입하는 3단계의 단계적 발전 전략을 제시하며, 정부 주도의 선제적 생태계 구축 의지를 명확히 하였다(MOLIT, 2020). 이러한 로드맵의 실현을 위한 핵심 실행기구는 'K-UAM Grand Challenge(GC)' 실증사업이다. 1단계(전남 고흥)에서는 참여 컨소시엄의 기체 안전성 및 핵심 기술을 검증하고, 이어지는 2단계(수도권)에서는 준도심 및 도심 환경에서의 통합 운용능력을 시험함으로써 2025년 상용화의 기술적·운용적 기반을 마련하고 있다).

기술 실증과 병행하여 UAM 산업의 안정적 성장을 뒷받침할 법·제도적 기틀 또한 선제적으로 마련되고 있다. 특히 2023년 제정된 「도심항공교통 활용 촉진 및 지원에 관한 법률」은 세계적으로도 유례가 드문 UAM 단독 법률로서, 사업자의 권리와 의무, 전용 회랑(UAM Corridor) 설정, 기체 안전 인증 및 운항 기준 등을 포괄적으로 규정하여 정책의 실행력을 담보한다.

해외 주요국들은 각자의 산업 및 규제 환경에 따라 차별화된 전략으로 UAM 시장 선점을 위해 경쟁하고 있다. 이는 크게 미국의 민간 주도형, 유럽의 규제 선도형, 그리고 중국의 정부 견인형 모델로 구분할 수 있다.

미국은 민간기업의 혁신을 정부가 지원하며 생태계

1) 국토교통부 배포 보도자료 2023. 8. 22.

를 조성하는 '민간 주도-정부 지원' 방식의 전형을 보여준다. Joby Aviation, Archer Aviation과 같은 민간 선도기업이 상용화를 주도하고 있으며, 특히 Joby Aviation은 미 공군의 기술 실증 프로그램(Agility Prime)에 참여하는 등 기술적 역량을 입증하고 있다. 이들 기업은 FAA의 엄격한 감항인증 절차를 진행함과 동시에, NASA가 주관하는 실증 프로그램(AAM national campaign)을 통해 운항 데이터를 축적하며 기술 신뢰도를 높이고 있다.

유럽은 유럽연합(EU) 차원의 통합적 접근을 통해 시장의 기틀을 다지고 있으며, 특히 안전 규제 수립에 중점을 두고 있다. 2019년 EASA는 세계 최초로 수직이착륙 항공기에 대한 특별 인증조건인 'SC-VTOL (Special Condition for VTOL)'을 발표하며 제도적 기반을 마련하였다. 이를 바탕으로 독일의 Volocopter, Lilium 등 다수의 기체 개발사들이 개발 및 인증 단계를 밟고 있으며, 상용화를 준비 중이다. 또한, UAM의 안전한 운항을 위한 교통관리체계인 'U-Space'를 법제화하여 디지털 인프라 구축을 선도하고 있다.

중국은 강력한 정부 지원과 막대한 내수 시장을 바탕으로 상용화를 준비하고 있다. 기체 개발사 EHang은 2인승 자율비행 기체인 'EH216-S' 모델로 세계 최초로 자국 정부(CAAC)의 형식 인증(type certificate)을 획득하고, 관광 비행 분야에서 실제 상업 운항을 시작하며 가시적인 성과를 창출했다. 이는 세계 드론 시장의 70% 이상을 점유한 기술력과 정부의 '스마트 항공' 전략이 결합된 결과로, 관광 및 공공 서비스를 중심으로 초기 시장을 빠르게 선점하려는 실용적 전략으로 평가된다(Piao, Kim and Lee, 2024).

2.2 전라남도 도서지역 해상교통 현황

전라남도는 대한민국에서 가장 많은 2,000여 개의 유·무인도를 보유한 지역으로, 전체 인구의 상당수가 도서지역에 거주하는 인구 분포를 보인다. 그러나 이들 도서지역은 지리적 특성상 육상교통과의 연계가 단절되어 있으며, 유일한 공공교통 수단인 해상교통에 전적으로 의존하는 구조적 취약성을 안고 있다(Park and Choi, 2021).

이러한 교통의 한계는 주요 해상교통 거점인 목포·완도권의 통계자료를 통해 더욱 명확히 나타난다. 2024년 연안해운 통계 연보에 따르면 목포·완도권은 40개 항로를 통해 연간 약 490만 명의 여객을 수송하

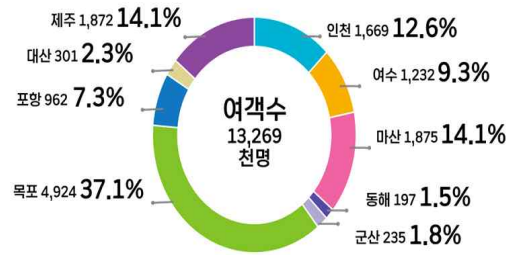


Fig. 3. Passenger transport by major port cities (2024)* unit: thousand persons

며, 이는 전국 연안 여객 수송량의 약 37.1%에 달하는 매우 높은 수치이다(KSA, 2024)(Fig. 3).

이는 전라남도 도서지역의 해상교통 의존도가 얼마나 높은지를 단적으로 보여준다. 구체적인 목포·완도권 2024년도 주요 여객선 항로의 운항현황은 Table 1과 같다(KSA, 2024). 제주 항로를 제외하고 전체 수송량의 상당 부분을 차지하는 항로는 '화홍포-소안', '땅끝-산양', '완도-청산' 구간으로 모두 완도 지역에 해당하며, 전남 지역 평균 결항률은 15.29%에 달해 교통단절 위험이 높은 것으로 나타났다. 이는 주민의 기본적인 삶의 질과 직결되는 구조적 한계로 작용하기 때문에 도서지역의 지속가능성을 확보하기 위해서는 기존 해

Table 1. Overview of passenger Ferry route operations (2024)* unit: persons

지역	항로명	운항횟수	결항횟수	수송인원
완도	화홍포-소안	8,024	776	518,083
	땅끝-산양	20,049	2,873	492,013
	완도-청산	4,357	571	413,646
목포	목포-홍도	2,733	1,259	410,540
	목포-가산	5,221	742	302,067
	목포-상태(동리)	3,155	533	209,981
	남강-가산	4,726	606	189,288
완도	당목-일정	8,452	492	162,281
목포	목포-상태(서리)	2,580	348	150,585
완도	일정-당목	7,105	345	138,252
목포	울목-진도	2,942	468	133,905
	송도-병풍	6,375	746	132,556
목포 합계		56,374	11,982	2,920,618
완도 합계		65,752	6,698	2,003,325

상교통을 보완하고 운항의 효율성과 정시성을 획기적으로 개선할 수 있는 새로운 대체 교통수단의 도입 필요성이 제기된다.

2.3 무인항공체계 운용위험도 평가 모델

UAM과 같이 기존의 항공 운항체계에 포함되지 않는 새로운 형태의 항공교통 체계의 안전한 운항을 위해서는 표준화된 위험평가 방법론이 필수적이다. 이에 JARUS는 SORA를 제정하여 운용 환경별 위험도를 평가하고, 요구 수준 적합 시 비행 승인하는 국제 표준 절차로 활용하고 있다(Namgung et al., 2022). SORA는 특정 운용(specific operation)에 내재된 위험을 체계적으로 식별, 평가하고, 그 위험 수준에 상응하는 안전성 보증 및 무결성 수준을 정의하는 운용위험도 기반의 정량적 평가 프레임워크이다.

SORA 2.5가 제시하는 운용위험도 평가 절차는 Fig. 4와 같은 10단계의 논리적 흐름에 따라 수행되며, 이는 운용개념 정의부터 최종 안전 포트폴리오 제출까지의 전 과정을 포괄한다(JARUS, 2024).

1단계: 평가하고자 하는 운용 목적, 환경, 범위 등 세부 사항을 기술한 운영개념(ConOps)을 수립한다.

2단계: 기체 추락 시 지상에 미칠 수 있는 잠재적 지상 위험도 등급(intrinsic GRC)을 산출한다.

3단계: 위험 완화조치(mitigation)의 효과를 반영하여 최종 지상 위험도 등급(final GRC)을 결정한다.

4단계: 항공기와의 잠재적 충돌 위험을 평가하여 초기 공중 위험도 등급(initial ARC)을 산출한다.

5단계: 전략적 완화조치를 적용하여 잔여 공중 위험도 등급(residual ARC)을 결정한다.

6단계: Residual ARC 등급별 전술완화성능요구(TMPR)를 충족하여 ARC 수준을 유지한다.

7단계: Final GRC와 Residual ARC를 조합하여, 해당 운용의 특정보장무결성수준(SAIL)을 결정한다.

8단계: 강건성 수준을 low, medium, high로 구분하고 격리(containment) 요건을 충족한다.

9단계: SAIL 등급에 따라, 운용자가 충족하고 입증해야 하는 운용 안전 목표(OSO, operational safety objectives)를 식별한다.

10단계: SORA 단계별 요구사항을 충족함을 입증하는 종합 안전 포트폴리오를 작성한다.

이처럼 SORA 2.5는 무인항공기에 대해 안전성과 운용 타당성을 정량적이고 체계적으로 입증하는 핵심 도구이다.

III. 실증 노선 도출 및 SORA 모델 평가

3.1 연구 개요 및 절차

본 연구는 전라남도 도서지역의 대표 해운 항로 중 여객 수송량이 가장 많은 3개 노선을 중심으로 SORA 모델을 적용하여 각 노선의 운용위험도를 정량적으로 비교·분석하여 최적의 UAM 실증 노선을 도출하고자 한다. 연구 절차는 다음과 같이 구성된다.

첫째, 도서지역 여객 수송 통계 분석을 통해 여객 수송량이 가장 많은 3개 노선을 선정한다. 둘째, 노선별 기초 정보(거리, 인구밀도, 공역 등)를 분석하여 SORA 모델에 자료로 활용한다. 셋째, 미국 J사의 S-4 기체를 기준으로 SORA 모델 평가를 수행한다. 넷째, 노선별 SORA 결과를 비교·분석하여 최적의 실증 노선을 도출한다.

3.2 실증 노선 후보 선정

UAM 실증 노선을 선정하기 위해서는 단순한 지리적 연결뿐만 아니라, 교통수요, 공역 중첩 및 활용 여부, 기반 인프라 조건 등 다양한 요소를 복합적으로 고려해야 한다. 이에 따라 도서지역에 특화된 UAM 실증 노선을 위한 기준을 정립하였다.

첫째, 실질적인 교통수요를 기반으로 노선을 선정할 필요가 있다. 이를 위해 여객선 항로의 연간 여객 수송 실적을 분석하고, 중요도와 활용도가 높은 노선을 최우

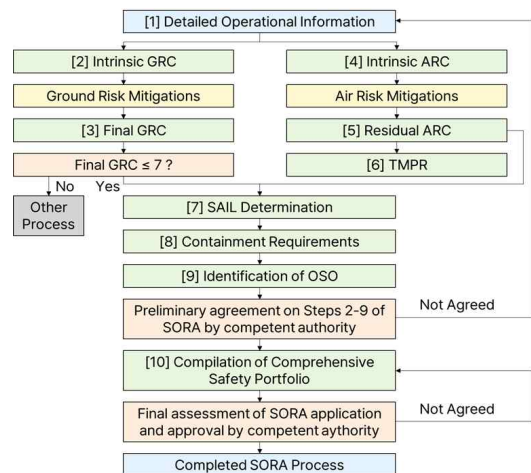


Fig. 4. Procedure of SORA model



Fig. 5. Candidate UAM demonstration routes

선적으로 고려해야 한다. 둘째, 기존 항로와 공역의 중첩 및 활용 가능성을 중심으로 안전성과 제약 요인을 분석해야 한다. 셋째, 버티포트 설치 가능성 및 인프라 조건을 동시에 고려해야 한다. 넷째, 비상 상황 대응이 가능한 비상 착륙 장소 여부를 고려해야 한다.

이러한 기준에 따라 전라남도 연안 여객 항로 중 연간 여객 수송량이 가장 많은 ‘화홍포-소안’, ‘땅끝-산양’, ‘완도-청산’ 노선을 UAM 실증 노선 후보로 선정하였다. 해당 노선에는 최저 비행고도가 8,000ft인 Y711, B576, Y722 항로와 중첩되며 인근에는 군작전 구역 및 비행제한구역이 분포하나 UAM 운용 고도(1,000ft~2,000ft)와 고도 분리가 가능하므로 공역 활용에는 큰 제약이 없는 것으로 판단된다. 또한, 항만, 공터 등 UAM 운영을 위한 버티포트 및 인프라 구축이 가능한 공간이 존재하며, 인근 섬지역을 활용한 비상 착륙지 확보도 가능하여 실증 운용의 안전성 확보 측면에서도 타당성이 높다(Fig. 5).

3.3 SORA 모델 적용 대상 기체

본 연구에서는 UAM 실증 노선의 운용위험도 평가를 위해 S-4 기체를 적용하였다. 해당 기체는 K-UAM 실증 1단계에서 통합 운용성을 검증한 사례가 있으며, FAA 형식인증(type certification) 최종단계에 진입할 정도로 기술력, 안정성 등에서 인정을 받은 대표적인 eVTOL 기체이다. 이에 따라 S-4 기체를 UAM 실증 운용에 가장 적합한 기준 기체로 판단하고 이를 운용 위험도 평가 대상으로 선정하였다. 연구 대상 기체의 주요 성능 및 제원은 Table 2와 같다²⁾.

3.4 SORA 모델 평가 절차

본 연구에서는 전라남도 도서지역 내 UAM 실증 노

Table 2. UAM subject to operational risk assessment

Configuration	Performance
	<ul style="list-style-type: none"> Type : eVTOL Weight(MTOW) : 2,177kg Payload : 460kg Dimension : 11.5m(35ft) Vmax : 320km/h(88m/s) Range : 240km Operating altitude : 5,000m

선의 안전성과 운용 타당성을 정량적으로 평가하기 위하여 SORA 모델을 적용하였다. SORA 모델 적용을 위해 S-4 기체를 활용하여 ‘화홍포-소안’, ‘땅끝-산양’, ‘완도-청산’ 노선에 대한 평가 절차를 다음과 같은 절차를 통해 수행하였다.

3.4.1 Detailed Operational Information

SORA 모델 평가를 진행하기 위한 운용 목적, 운용 환경, 운용 범위, 운용 방식 등을 기술한 상세한 운용 정보에 대해 Table 3과 같이 정리하였다.

3.4.2 Intrinsic & Final GRC

비정상 상황 시 지면 충돌 위험을 평가하기 위해 지상 위험도 등급(GRC) 1~10단계를 산정하며, 최대 기체 길이, 최대 속도, 인구 밀도의 3가지 요소를 반영한다. 추가적으로 지상 위험 완화조치를 적용하여 Final GRC를 결정하며, Final GRC가 7 이상일 경우 평가 절차를 수행할 수 없다.

Table 3. Detailed operational information

Category	Details
운용 목적	<ul style="list-style-type: none"> 전남 도서지역 UAM 실증 노선의 안전성 및 운용 타당성 평가
운용 환경	<ul style="list-style-type: none"> 화홍포-소안, 땅끝-산양, 완도-청산 지상 영역, 인구 밀집도 매우 낮음 공중 영역, 공역 위험도 매우 낮음
운용 범위 및 방식	<ul style="list-style-type: none"> 운용 고도: 300m-600m 운용 거리: 10km(5nm)-20km(11nm) 비가시권 영역 운용

2) 국토교통부 배포 보도자료 2024. 12. 13.



Fig. 6. Populations density (2024)*per km² grid

iGRC(intrinsic GRC) 산출을 위해 국토교통부 국토지리정보원의 통계자료(2024. 10. 기준)를 활용하여 대상 지역(완도군, 해남군)의 인구밀도를 Fig. 6과 같이 조사하였다. iGRC 산정을 위한 인구밀도는 1km²의 격자 내 인구수를 기준으로 하며, 모든 노선의 해당 지역은 500명 이하로 매우 낮은 수준을 보였다.

이를 바탕으로 iGRC를 결정하기 위해 Table 4에 기준값(기체 길이 11.5m, 속도 88m/s, 인구밀도 500명 이하)을 적용한 결과, iGRC 등급은 7로 산출되었다.

다음으로, 지상 위험 완화조치를 적용하여 final GRC를 결정하였다. Table 5와 따라 인구 밀집 지역 대피 여부(M1-A), 운용 시간대 조정 여부(M1-B), 원격 조종 여부(M1-C), 충격 완화장치 여부(M2)를 평가하였다(JARUS, 2024).

해당 기체는 인구밀도가 낮은 환경에서 원격 조종 및 자동 비행이 가능하므로, M1(A), M1(C), M2의 강건성(robustness) 수준은 low, low, medium으로 나타났다. Robustness 수준을 적용한 결과 Final GRC 등급은 4로 도출되었으며, 이는 SORA 절차상 운용 가능 범위 내에 해당한다.

Table 4. iGRC determination

Max UA dimension	1m	3m	8m	20m	40m	
Speed	25 m/s	35 m/s	75 m/s	120 m/s	200 m/s	
Max iGRC population density (people/km ²)	Controlled ground	1	1	2	3	3
	< 5	2	3	4	5	6
	< 50	3	4	5	6	7
	< 500	4	5	6	7	8
	< 5,000	5	6	7	8	9
	< 50,000	6	7	8	9	10
> 50,000	7	8	Not part of SORA			

Table 5. Mitigation for final GRC determination

Mitigations for ground risk	Level of robustness		
	Low	Medium	High
M1(A)-strategic mitigation -sheltering	-1	-2	N/A
M1(A)-strategic mitigation -operational restrictions	N/A	-1	-2
M1(A)-tactical mitigation -ground observation	-1	N/A	N/A
M1(A)-effects of UA impact dynamics are reduced	N/A	-1	-2

3.4.3 Initial & Residual ARC

ARC는 운용 공역(OPS, operational volume) 내 유인 항공기와의 공중 충돌 가능성을 정량적으로 평가하기 위해 산정한다. Initial ARC는 Fig. 7의 ARC 평가 절차도에 따라 운용 고도, 운용 환경, 공역 구조 등을 반영하여 ARC-a~ARC-d 등급을 결정한다.

SORA 평가 대상 3개 노선(운용 고도: 1,000~2,000ft)에 대해 Fig. 8을 활용하여 분석한 결과, 제주 및 광주 TMA 내 T23과 T29에 해당하는 Class E 공역에 속하고 공항 및 헬리콥터 비행장이 위치하지 않는 것으로 확인되었다.

또한, 해당 구역은 Mode-C veil 또는 TMZ (transponder mandatory zone)에 해당하지 않는다. 이상의 조건을 ARC 평가 절차에 적용한 결과, initial ARC는 ARC-d 등급으로 산정되었다.

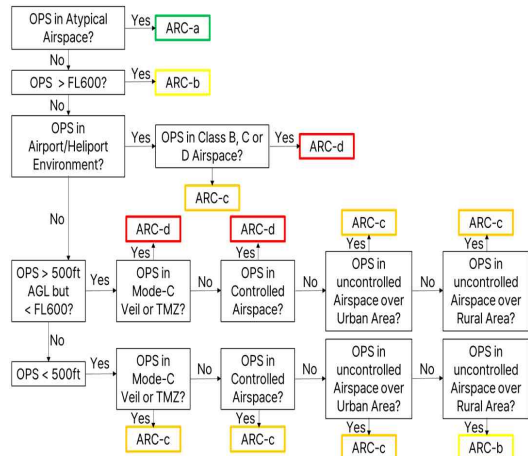


Fig. 7. ARC assignment process

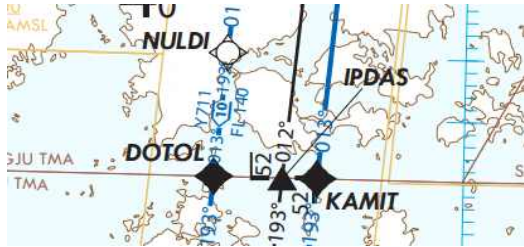


Fig. 8. Airspace along the routes

Residual ARC는 유인 항공기의 밀도, 전략적 완화조치 등을 적용하여 initial ARC를 조정한 잔여 공중 위험도 등급이다. SORA 2.5 Annex C에 따르면 고도 500ft 초과 운용 시에는 완화조치 적용이 제한되나, 유인 항공기의 낮은 밀도 수준을 입증할 수 있는 경우 ARC-d를 ARC-c 또는 ARC-b 등급으로 하향 조정할 수 있다. 결론적으로, 해당 운용 노선이 속한 영역은 유인 항공기의 운항이 이루어지지 않는 지역임이 확인되어 Residual ARC는 ARC-b로 결정하였다(JARUS, 2019).

3.4.4 전술완화성능요구(TMPR)

TMPR은 residual ARC 등급에 따라 high, medium, low의 수준별 전술적 요구 성능 조건을 제시하며, 해당 조건을 충족함으로써 해당 ARC 수준의 공중 위험을 허용 가능한 범위로 유지하도록 한다. SORA 2.5 Annex D에 따르면 ARC-b는 TMPR low 수준에 해당하며, 요구 성능은 비가시권 환경에서 DAA(detect and avoid) 기반 계획을 통해 항공기 탐지율 50% 이상 확보, ADS-B (automatic dependent surveillance-broadcast) 장착, radio communication 기능 등을 포함한다. SORA 평가 기체인 S-4는 Table 2와 같이 공개된 제원과 운용개념에 근거할 때 TMPR Low 수준을 상회하는 수준의 성능을 보유하고 있는 것으로 평가된다(JARUS, 2019).

3.4.5 SAIL Determination

SAIL은 SORA 모델에서 final GRC와 residual ARC를 교차하여 산정되는 특정 보장 무결성 수준이다. 산출된 Final GRC 등급은 4, Residual ARC 등급은 ARC-b이며, 이를 Table 6 SAIL 결정 매트릭스에 대입한 결과 SAIL Level III로 산정되었다. SAIL 등급은 이후 OSO 수준 결정 및 위험 완화 요구사항 도출의 기초자료로 활용된다.

Table 6. SAIL determination

Final GRC	Residual ARC			
	a	b	c	d
≤2	I	II	IV	VI
3	II	II	IV	VI
4	III	III	IV	VI
5	IV	IV	IV	VI
6	V	V	V	VI
7	VI	VI	VI	VI

3.4.6 Containment Requirements

Containment requirements는 OPS 인근의 인접 지역에 대한 지상 및 공중 위험을 허용 가능한 범위로 유지하기 위해 설정되는 격리 조건이다. 운용 기체의 제원, 최대속도로 3분 동안 비행한 거리에 해당하는 인접 지역의 인구밀도, SAIL 등급을 종합하여 low, medium, high의 세 수준으로 구분된다. 본 평가 대상 3개 노선은 SAIL Level III에 해당되며, 인접 지역의 인구밀도가 50ppl/km² 미만이므로 SORA Annex E의 Table 7 기준에 따라 containment requirement가 low 수준으로 산출되었다. Low 수준에서는 운용 구역 1km 내 40,000명 이하 집합 규모, 운용 구역 이탈 방지 체계를 유지하고 해당 성능이 지속 유지되어야 한다(JARUS, 2024).

Table 7. Containment requirements 20m UA

20m UA (<125 m/s)					
Population density	No Limit	< 50,000 ppl/km ²	< 5,000 ppl/km ²	< 500 ppl/km ²	< 50 ppl/km ²
Outdoor assemblies ≤1km from OPS	> 400k	40~400k Assemblies	Assemblies < 40k		
SAIL					
I & II	N/A	N/A	N/A	High	Medium
III	N/A	N/A	N/A	Medium	Low
IV	N/A	N/A	Medium	Low	Low
V	N/A	Medium	Low	Low	Low
VI	Medium	Low	Low	Low	Low

Table 8. Recommended OSO

Operational safety objective	SAIL					
	I	II	III	IV	V	VI
Ensure the operator is competent and/or proven	NR	L	M	H	H	H
UAS manufactured by competent and/or proven entity	NR	NR	L	M	H	H
UAS maintained by competent and/or proven entity	L	L	M	M	H	H
UAS components essential to safe operations are designed to an airworthiness design standard (ADS)	NR	NR	NR	L	M	H
UAS is designed considering system safety and reliability	NR	NR	L	M	H	H
C3 link characteristics are appropriate for the operation	NR	L	L	M	H	H
Conformity check of the UAS configuration	L	L	M	M	H	H
Operational procedures are defined, validated and adhered to	L	M	H	H	H	H
Emote crew trained and current	L	L	M	M	H	H
External services supporting UAS operations are adequate to the operation	L	L	M	H	H	H
Multi crew coordination	L	L	M	M	H	H
Remote crew is fit to operate	L	L	M	M	H	H
Automatic protection of the flight envelope from human errors	NR	NR	L	M	H	H
Safe recovery from human error	NR	NR	L	M	M	H
A Human Factors evaluation has been performed and the HMI found appropriate for the mission	NR	L	L	M	M	H
Environmental conditions for safe operations defined, measurable and adhered to	L	L	M	M	H	H
UAS designed and qualified for adverse environmental conditions	NR	NR	M	H	H	H

3.4.7 Identification of OSO

OSO는 비행 운영의 안전성을 확보하기 위해 설정되는 구체적이고 검증 가능한 안전 목표로 Table 8의 17개 운용 안전 목표에 대해 SAIL 등급에 따라 high(H), medium(M), low(L)의 수준이 결정된다. 각 수준에 따라 해당 OSO 항목을 이행해야 하며, 이를 통해 운용 중 발생할 수 있는 인적·기술적 오류를 최소화하고 시스템 신뢰성을 보장하며 다양한 운용 환경에서 일관된 위험 완화 수준을 확보할 수 있다(JARUS, 2024).

3.5 SORA 모델 평가 결과

전라남도 도서지역의 3개 후보 노선(화흥포 - 소안, 땅골 - 산양, 완도 - 청산)에 대해 SORA 평가 절차를 적용하여 운용위험도를 정량적으로 평가하였다. 평가

결과, 모든 노선에서 final GRC는 4, residual ARC는 ARC-b, SAIL Level은 III, containment requirement level은 low로 동일하게 산출되었다. 이러한 결과는 세 노선이 지리적 특성, 인구밀도, 공역 환경 등에서 유사한 조건을 보유하고 있기 때문으로 해석된다.

특히 Final GRC 4는 지상 위험도가 중간 수준임을, Residual ARC-b는 공중 위험도가 관리 가능한 범위에 있음을 나타낸다. 또한, SAIL level III는 SORA 모델에서 요구하는 17개의 운용 안전 목표(OSO) 중 상당수가 medium 또는 low 수준의 보증·무결성 요구사항으로 충족 가능성을 시사한다.

종합적으로 볼 때, 3개 노선 모두 UAM 실증 운용에 있어 운용위험도가 낮고 안정성 및 운용 타당성이 확보된 것으로 판단된다. 이에 본 연구는 특정 단일 노선을 선정하지 않고, 3개 노선 모두를 실증 노선 후보로 제시한다. 이는 향후 운용 여건, 인프라 구축 상황, 정책

적 우선순위에 따라 단계적으로 실증을 확대·적용할 수 있는 정책적·운영적 유연성을 확보에 기여할 것이다.

IV. 결 론

본 연구는 전라남도 도서지역의 교통 소외 문제와 해상교통의 한계를 극복하기 위해 차세대 항공교통수단인 UAM을 도입할 가능성을 검토하였다. 특히, 여객 수송량이 가장 많은 3개 주요 해운 항로를 대상으로 JARUS SORA 2.5 모델을 적용하여 운용위험도를 정량적으로 평가함으로써, 도서지역 특성에 적합한 UAM 실증 노선 구축 방안을 제시하였다. 이러한 분석은 도서지역의 교통복지 향상과 공공 서비스 확충을 위한 실질적·정책적 근거자료로 활용될 수 있다는 점에서 의의가 있다.

SORA 평가를 통해 분석된 3개 후보 노선은 모두 UAM 운용에 필요한 안전성과 타당성을 충족하는 것으로 확인되었다. 노선별 평가 결과가 유사하게 나타난 점은 향후 인프라 확충과 정책 지원이 병행될 경우 복수의 노선을 단계적으로 확대·적용할 수 있음을 의미한다. 이에 따라 본 연구에서는 단일 노선 선정에 국한하지 않고, 실증사업의 유연성과 확장성을 고려한 복수 노선 운영 방안을 제안하였다. 이는 전라남도 도서지역이 지리적 여건과 인구 분포, 공역 환경 측면에서 UAM 도입에 유리한 조건을 보유하고 있으며, 대체 교통수단으로의 도입 타당성과 활용 가능성을 시사한다.

이러한 시사점을 토대로 다음과 같은 정책적 제언을 제시하고자 한다. 첫째, 도서지역 맞춤형 버티포트 인프라를 구축하여 타 교통수단과의 연계성을 강화해야 한다. 둘째, 효율적인 공역관리를 위해 UAM 전용 항공교통관리체계와 유·무인 통합 항공교통관리체계를 마련해야 한다. 셋째, 도서지역 주민과 지자체를 포함한 사회적 수용성을 확보하기 위해 초기 단계부터 의견 수렴과 참여형 시범사업을 추진해야 한다. 넷째, 실증 과정에서 축적된 데이터와 운용 경험을 기반으로 국내 환경에 특화된 K-SORA 모델을 개발·고도화할 필요가 있다.

연구의 한계점으로는, SORA 평가에서 지상 위험도 산정 시 실제 거주 인구를 기반으로 인구밀집도를 적용하였으나, 도서지역 특성상 관광 성수기나 지역 행사 기간에는 유동 인구가 상주인구를 크게 상회하여 분석 정확성에 제한이 있을 수 있다. 또한, 현재 개발 단계에 있는 UAM 기체의 성능 제원을 활용하여 분석했기

때문에, 향후 상용화된 기체의 실 운항 데이터와 성능 자료를 반영한 재평가가 필요하다.

종합적으로, 본 연구는 전라남도 도서지역 UAM 실증 노선 구축의 타당성을 정량적으로 입증하고, 운용 측면에서 실현 가능성을 제시하였다. 향후 본 연구의 결과가 도서지역 교통 혁신과 교통 복지 향상, 나아가 국내 UAM 산업의 상용화 기반 마련에 기여할 것으로 기대된다.

References

1. Park, S. H., and Choi, J. S., "An exploratory study on the introduction of basic income guarantee for island residents", *Journal of the Island Culture*, 58, 2021, pp.206-208.
2. MOLIT, "K-UAM Technology Roadmap", MOLIT, Sejong, 2021, pp.33~40.
3. MOLIT, "K-UAM Roadmap", MOLIT, Sejong, 2020, p.13.
4. MOLIT, "K-UAM Concept of Operations 1.0", MOLIT, Sejong, 2021, pp.13-16.
5. Park, C. M., Kim, B. H., and Lee, C. S., "A case study on the international market expansion of China's drone industry", *Journal of the Korean Academy for Trade Credit Insurance*, 25(3), 2024, pp.32-33.
6. Park, S. H., and Choi, J. S., "An exploratory study on the introduction of basic income guarantee for island residents", *Journal of the Island Culture*, 58, 2021, pp.213-215.
7. KSA, "2024 Statistical Year book of Coastal Shipping", KSA, Seoul, 2024, p.19.
8. KSA, "2024 Statistical Year book of Coastal Shipping", KSA, Seoul, 2024, pp.60-61.
9. Namgung, P., Eom, j., Lee, S. K., and Kwon, T. H., "A study on the operational risk assessment of cargo transport Korean urban air mobility(K-UAM) trial operation corridor applying SORA model", *Journal of Advanced Navigation Technology*, 26(3), 2022, p.128.
10. JARUS, "JARUS guidelines on Specific Operations Risk Assessment(SORA)", JARUS,

- Cologne, 2024, pp.14-17.
11. JARUS, "JARUS guidelines on SORA Annex B Integrity and assurance levels for the mitigations used to reduce the intrinsic Ground Risk Class", JARUS, Cologne, 2024, pp.7-15.
 12. JARUS, "JARUS guidelines on SORA Annex C Strategic Mitigation Collision Risk Assessment", JARUS, Cologne, 2019, pp.3-17.
 13. JARUS, "JARUS guidelines on SORA Annex D Tactical Mitigation Collision Risk Assessment", JARUS, Cologne, 2019, pp.3-11.
 14. JARUS, "JARUS guidelines on SORA Annex E Integrity and assurance levels for the Operational Safety Objectives(OSO)", JARUS, Cologne, 2024, pp.59-65.
 15. JARUS, "JARUS guidelines on SORA Annex E Integrity and assurance levels for the Operational Safety Objectives(OSO)", JARUS, Cologne, 2024, pp.7-58.