

Original Article

<https://doi.org/10.12985/ksaa.2026.34.3.260>
ISSN 1225-9705(print) ISSN 2466-1791(online)

UAM 운항관리를 위한 Corridor 위험기반 안전관리 스크리닝 및 우선순위 분석모형 연구

김창우*

A Risk-Based Corridor Safety Management Screening and Prioritization Framework for Korean UAM Corridors

Chang-Woo Kim*

ABSTRACT

This study proposes a risk-based screening and prioritization framework for safety management of Korean urban air mobility (UAM) Corridors, complementing rather than replacing formal Safety Risk Management (SRM). The framework integrates AHP-based safety-factor importance, corridor-specific exposure rating (CER), and the corridor risk priority index (CRPI) to identify factors for priority consideration in subsequent SRM. Twenty safety factors are structured into five categories, and three Korean demonstration Corridors—the Ara Waterway, Han River, and Tancheon—illustrate the procedure. All AHP weights, CER values, and CRPI results are hypothetical and should not be interpreted as empirical estimates of actual Corridor risk. The framework links hazard identification, importance, exposure, management priority, and formal SRM, supporting future expert validation, operational-data calibration, and UAM safety-management criteria.

Key Words : Analytic Hierarchy Process(AHP 분석), Corridor-Specific Exposure Rating(회랑별 노출등급), Corridor Risk Priority Index(위험우선순위지수), Flight Rules/VFR(비행규칙), K-UAM ConOps 1.5, Safety Risk Management(안전위험성관리), UAM Corridor(회랑)

1. 서 론

전 세계 도심항공교통(urban air mobility, UAM) 산업은 상용화 초기 단계로 전환하면서 저고도 도심 공역에서의 안전한 운항체계 구축이 핵심 과제로 대두되고 있다(ICAO, 2016). 미국 연방항공청(FAA)과 유럽의 U-space·SESAR 연구들은 UAM/AAM 운항을

단순한 자유비행 노선이 아니라 구조화된 공역, 성능요건, 정보공유, 분리·비충돌 관리 및 비정상상황 대응이 결합된 체계로 발전시키고 있다(European Commission, 2021; FAA, 2023a; 2023b; Gordo et al., 2023). 이러한 국제 동향은 회랑이 선으로 그려진 노선이 아니라 분리기준·완충거리·위험도기반 요건의 총체임을 시사한다(JARUS, 2019; European Commission, 2021; FAA, 2023b).

국내에서도 국토교통부는 2020년 6월 K-UAM 로드맵 이후 2021년 「한국형 도심항공교통 운용개념서(K-UAM ConOps) 1.0」으로 회랑 중심의 3차원 운항 구조를 제시하였고, 2025년 8월 28일 공개한

Received: 17. Aug. 2026, Revised: 13. Sep. 2026,

Accepted: 15. Sep. 2026

* 극동대학교 항공안전관리학과 교수

연락처자 E-mail : stevk@kdu.ac.kr

연락처자 주소 : 충북 음성군 감곡면 대학길 76-32

ConOps 1.5를 통해 상용화 단계로의 전환 방향을 구체화하였다(MOLIT, 2021; 2025a). ConOps 1.5에서 초기 상용화 운항은 기장 탑승, 시계비행(VFR), 고정형 회랑(fixed corridor), 성능기반항법(PBN) 및 운항정보 지원이 결합된 형태로 기술된다(MOLIT, 2025a). 아라뱃길·한강·탄천 축은 K-UAM 통합운용 실증 및 서울형 UAM 적용 논의에서 서로 다른 공간·공역 환경을 대표하는 사례로 제시되어 왔다(Seoul Metropolitan Government, 2024; MOLIT, 2025b). 본 연구는 이 3개 축을 '3개 대표 corridor'로 지칭하고, 제안된 분석절차의 사례적 공간범위로 설정한다.

그러나 corridor는 비행경로의 공간적 설정만으로 안전성이 확보되는 개념이 아니다. 기존 항공교통과의 상호작용, 통신·항법 성능, 장애물, 기상, 조류활동, 분리기준 및 비정상상황 대응능력이 복합적으로 작용하므로, 동일한 공통 안전요인이라도 corridor의 공간·운영 특성에 따라 위험요인이 위험으로 전환되는 경로와 관리 필요성이 달라진다(Thippavong et al., 2018; Vascik et al., 2018; FAA, 2023b). 본 연구가 검토한 국내 정책자료와 선행연구에서는 회랑·비행경로 설정(Kim et al., 2024; Kim et al., 2025), 버티포트 설계·입지(Kim and Park, 2022; Yu, 2023), 소음·환경성(Lee et al., 2024), 운용개념 및 실증체계(MOLIT, 2021; Seoul Metropolitan Government, 2024; MOLIT, 2025a; 2025b) 등 UAM의 인프라·운영 기반을 다루는 논의가 확인된다. 이에 비해 공통 안전요인의 중요도와 corridor 별 공간·운영 노출을 분리하여 평가하고 이를 후속 safety risk management(SRM)의 검토순서로 연결하는 방법은 추가적인 방법론적 정립이 필요하다.

또한 corridor라는 공역구조와 VFR 또는 IFR이라는 비행규칙은 구분할 필요가 있다. FAA Aeronautical Information Manual의 전통적 VFR Corridor는 Class B 공역을 통과하는, 일정 조건에서 ATC clearance 없이 VFR 항공기가 통과할 수 있는 공역으로 정의된다(FAA, 2025). 반면 FAA UAM ConOps v2.0의 UAM corridor는 초기에는 현행 VFR·IFR의 유연성을 활용할 수 있으나, 운항량 증가단계에는 운항 성능·참여요건, 운항의도 공유 및 비충돌(deconfliction) 등 추가 요건을 부과할 수 있는 구조화된 공역 관리 수단이다(FAA, 2023b). K-UAM ConOps 1.5의 초기 고정형 회랑 운용은 VFR을 기초로 하면서 PBN, CNS 및 운항정보 지원을 함께 활용하는 방향으

로 기술된다(MOLIT, 2025a). 본 연구에서는 이를 별도의 새로운 비행규칙으로 규정하지 않고, 기존 비행규칙 위에 정보지원과 성능요건이 추가되는 구조화된 운항환경으로 해석한다. 따라서 회랑이 VFR 비행규칙을 수렴한다고 단정하기보다, VFR 기반 초기 운항에서 국제 동향이 요구하는 분리·완충·성능·위험도기반 요건을 어떠한 구조적 통제수단으로 구현할 것인지를 안전관리 문제로 설정하는 것이 타당하다.

국내에서는 AHP를 활용하여 항공안전 요인의 상대적 중요도와 관리우선순위를 구조화하려는 시도가 수행되어 왔다. Park(2026)은 항공공사자 자격시험 면제 제도의 안전요인을 AHP로 우선순위화하였고, Kim et al.(2025)은 수도권 UAM 비행경로와 비상조치를 다루었으며, Song & Lee(2013)는 AHP 기반 다기준 평가를 항공 SMS의 ALARP 의사결정을 보조하는 기법으로 제시하였다. 가중치와 대상별 등급을 분리한 뒤 결합하는 구조는 FMECA 기반 위험우선순위 산정의 한계를 보완하기 위해 공항 활주로 유입 위험평가 등에도 적용된 바 있고(Feng et al., 2013), 도로안전 분야의 준정량적 AHP 위험모형과도 상통한다(Carroddano, 2023). 본 연구가 검토한 국내 UAM·항공안전 문헌의 범위는 자격·경로·비상조치·SMS 보조의사결정 연구뿐 아니라 회랑 규격, 버티포트 입지·OLS, 소음·환경성 및 K-UAM ConOps 계열 정책문서를 포함한다(MOLIT, 2021; Kim and Park, 2022; Yu, 2023; Kim et al., 2024; Lee et al., 2024; MOLIT, 2025a). 이 범위 안에서는 corridor 단위의 공간·운영 특성을 노출등급으로 전환하여 관리우선도와 후속 SRM에 연결한 통합 분석절차가 확인되지 않았다. 따라서 연구 공백 주장은 모든 문헌의 전수조사가 아니라, 위 범위에서 동일 구조의 corridor 스크리닝 틀이 충분히 정립되어 있지 않다는 판단으로 한정한다.

ICAO Annex 19와 safety management manual (Doc 9859), FAA SRM은 위해요인 식별 - 위험분석 - 위험평가 - 완화 - 우선순위의 절차를 체계화한다(ICA0, 2016; 2018; FAA, 2023c). 그러나 상용화 이전 단계에서 회랑별 운항시간당 사건률과 결과분포가 축적되지 않은 UAM 환경에 전통적 likelihood×severity 매트릭스를 바로 적용하면, 칸에 기입되는 숫자가 전문가의 암묵적 판단을 가린 채 정량평가로 오인되기 쉽다. 본 연구는 SRM을 대체하지 않는다. 자료 공백 단계에서 SRM의 평가 차원을 공통 중요도

(importance), corridor별 노출·관리복잡성(exposure/management complexity), 관리우선도(management priority)로 분해하여, 상세 위험평가가 필요한 항목을 선별하는 스크리닝 절차를 제안한다.

따라서 본 연구의 성격은 특정 corridor의 실제 위험수준을 계량하는 실증연구가 아니라, 위험기반 안전 관리의 분석절차와 적용 예시를 제안하는 방법론적 연구이다. 목적은 한국 UAM corridor 안전관리를 위한 사전 스크리닝 및 관리우선순위 분석틀을 제안하고, 3개 대표 corridor의 illustrative worked example으로 그 작동을 시연하는 데 있다. 구체적으로 첫째, 국제 회랑 개념과 ConOps 1.5의 VFR·고정형 회랑 요건을 하나의 안전관리 문제로 재구성하고, 둘째, 문헌에 근거한 5대 분류·20 소분류 체계와 AHP 계층화의 당위성을 명시하며, 셋째, 전통적 위험매트릭스와 구분되는 corridor-specific exposure rating(CER)의 위치를 밝히고, 넷째, 각 corridor에서 위해요인이 위험으로 전환될 때의 잠재 결과를 검토하며, 다섯째, 중요도-노출-우선도를 후속 formal SRM에 연결하는 재현 가능한 절차를 명세한다. 본 연구의 AHP 가중치, CER 및 CRPI 수치는 절차의 재현성과 해석방식을 보이기 위한 가상값이며, 실제 corridor의 경험적 위험수준이나 정책적 우선순위를 의미하지 않는다. 핵심 산출물은 숫자가 아니라 절차, 조작적 정의, 분류체계 및 위험전환 논리이다.

II. 이론적 고찰

2.1 UAM Corridor의 개념과 국제 동향 및 비행규칙

UAM Corridor는 UAM 항공기의 운항을 일정한 수평·수직 범위에서 구조화하기 위한 3차원 공역개념이다. FAA는 UAM ConOps 및 Innovate28을 통해, 회랑이 일정한 성능·참여요건을 충족하는 항공기에 개방되고 전통적 ATC 전술분리 의존도를 낮추면서 협력적 교통관리를 활용할 수 있는 구조임을 제시한다(FAA, 2023a; 2023b). 유럽에서는 U-space 규정, SESAR 계열 연구를 통해 서비스기반 저고도 교통관리, 계층형 공역, 충돌위험모델 기반 안전완충거리가 제안되었고(European Commission, 2021; Gordo et al., 2023), JARUS SORA는 운용위험도에 비례한 단계적 안전요건 체계를 제시한다(JARUS, 2019). UAM 공역통합의 구조적 제약을 다룬 연구들 역시 회

랑 기반 관리의 필요성을 뒷받침한다(Thippavong et al., 2018; Vascik et al., 2018).

종합하면 회랑은 ① 수직·수평 분리기준, ② 장애물·지상위험·공중위험에 대한 완충거리, ③ 통신·항법·감시 성능요건, ④ 위험도에 비례한 운항승인·완화 조치가 결합된 공역 패키지이다(JARUS, 2019; European Commission, 2021; FAA, 2023b; Gordo et al., 2023). 분리기준이 느슨하면 완충거리가 커져야 하고, 항법 성능이 낮으면 회랑 폭과 교차점 관리 요건이 강화되며, 지상·공중 노출이 높으면 SORA 유형의 추가 안전목표가 요구된다. 회랑 안전관리는 노선선정 문제가 아니라 위험도기반 요건설계 문제이다.

비행규칙 차원에서 이 총체는 자동으로 구현되지 않는다. ConOps 1.0부터 초기 운용은 조종사 탑승, 시계비행, 고정형 회랑을 전제하였고, ConOps 1.5는 이 방향을 유지한 채 역할·절차·항법성능을 구체화하였다(MOLIT, 2021; 2025a). 초기 단계의 운용조건은 다음과 같다. 첫째, PIC가 기내에 탑승하여 육안감시와 제공된 운항정보를 결합한 VFR 운항을 수행한다. 둘째, 운항 공간은 사전에 지정된 고정형 회랑으로 제한되며 회랑 이탈은 허용되지 않는다. 셋째, 기체는 PBN 성능을 갖추어야 하며, 운항자·버티포트운영자·UAM 교통관리 서비스 공급자(PSU)가 비행계획·비행·비행 후 단계에서 역할을 분담한다(MOLIT, 2025a). 국내 초기 상용화 회랑이 기존 헬기 VFR 항로(예: P73 시계비행 항로의 한강·용산 회랑)를 전용·중첩할 가능성 역시 논의되어 왔다(Kim et al., 2025).

전통적 VFR의 1차 분리수단은 see-and-avoid이다. 그러나 도심 저고도 UAM 환경에서는 초고층 건물·교량에 의한 시계 차폐, 한강 안개·하천 저시정, 빌딩풍·돌풍에 의한 경로유지 곤란, GNSS 다중경로·차폐, 기존 헬기·경비행기·드론과의 혼합교통이 동시에 발생할 수 있다(Vascik et al., 2018; Gordo et al., 2023; Kim et al., 2025). 따라서 ConOps 1.5의 VFR 고정형 회랑은 국제 동향이 요구하는 분리·완충·위험도 요건을 자동 충족하지 않는다. 그 요건을 충족하려면 회랑 폭·고도층·교차점 절차·기상최저치·통신·항법 성능·비상착륙지점이 VFR의 한계를 보완하는 구조적 통제수단으로 설계되어야 한다. 본 연구가 위험요소 분류에 분리기준, 장애물 제한표면, 헬기항로 중첩, 저시정, GNSS 무결성, 통신 링크손실을 핵심 요인으로 둔 이유이다.

향후 UAM 운항의 자동화 수준과 교통밀도가 증가

하면 비행규칙과 분리방식도 단계적으로 발전할 수 있다. 다만 이러한 미래 비행규칙 체계의 구체적 설계는 본 연구의 범위를 벗어난다. 본 분석들은 현 단계의 VFR 기반 고정형 회랑 운용을 출발점으로 하되, 특정 비행규칙을 전제로 위험도를 산정하려는 것이 아니라 corridor의 공간·운영 특성에 따라 후속 SRM에서 우선 검토할 안전요인을 선별하는 데 초점을 둔다.

2.2 중요도-노출-우선도와 SRM의 관계

ICAO Annex 19(ICAO, 2016)와 safety management manual(Doc 9859)(ICAO, 2018), FAA Order 8040.4 계열의 SRM은 위해요인(hazard)과 위험(risk)을 구분하고, 위험을 발생가능성(likelihood)×심각도(severity)로 평가한 뒤 수용 여부에 따라 완화조치의 우선순위를 정한다(FAA, 2023c). 이 절차에서 중요도는 안전목표에 대한 구조적 기여, 노출은 특정 운용맥락에서 위해요인과 접촉하는 빈도·지속시간·공간적 근접성 및 관리복잡성, 관리우선도는 평가·완화 자원을 어떤 순서로 투입할 것인가에 해당한다. NZ CAA SMS 지침은 likelihood를 probability×exposure로 분해할 수 있음을 명시한다(CAA NZ, 2013). 즉 중요도-노출-우선도의 3분리는 새로운 위험이론이 아니라, 자료가 부족한 사전 단계에서 SRM의 평가 차원을 조작적으로 분해한 것이다.

다기준 의사결정과 가중 우선순위 문헌도 같은 구조를 반복한다. AHP는 대안 평가에 앞서 평가기준의 상대적 중요도를 산출하는 표준 절차이며(Saaty, 1980), 항공안

전 우선순위 산정에 사용되어 왔다(Song and Lee, 2013; Kim et al., 2025; Park, 2026). FMEA/ RPN은 severity×occurrence×detection의 곱으로 우선순위를 산출하고, 발생빈도×심각도만으로는 요인 간 상대 중요도를 반영하지 못한다는 한계를 보완하기 위해 가중치를 결합하는 방식이 공항 공기측 위험에 적용된 바 있다(Feng et al., 2013). JARUS SORA는 절대 확률 대신 공중위험 등급(ARC)·지상위험등급(GRC)의 정성 구간으로 위험을 구분한다(JARUS, 2019). 본 연구의 CRPI($W_i \times E_{ij}$)는 이러한 ‘가중치(중요도)×맥락적 노출등급’ 결합을 UAM Corridor 단위의 스크리닝 지표로 응용한 것이다.

따라서 3단계 절차는 ICAO/FAA SRM과 정합하는 보조 수단이며, 전통적 5×5 위험매트릭스와 산정 논리가 다르다. 선행연구들이 주로 단일 시설·단일 시스템 내부 비교에 집중해 온 반면, 본 연구는 공간적으로 상이한 다중 Corridor 간 비교로 확장한다. 프레임워크의 흐름은 ‘Hazard identification → AHP common importance → CER exposure screening → CRPI management priority → formal SRM(likelihood×severity) and mitigation’이다.

2.3 3개 대표 Corridor의 위해요인, 전환 메커니즘 및 잠재 결과

Table 1에 제시된 공간·운영 특성은 그 자체로 위험값이 아니라 사전 위해요인 식별에 해당한다. SRM의 다음 단계는 식별된 위해요인이 운용 중 위험으로

Table 1. Demonstration corridors: operational environment, hazards, conversion, occurrences, consequences and sources

Corridor	구간	운항환경	주요 Hazard	전환 메커니즘	Occurrence/consequence	출처
A 아라뱃길	청라 - 계양 약 15 km	준도심 하천-운하 습지-철새도래	조류활동 저시정-기상	조류밀집× 저시정 VFR	Bird strike, 경로편차/ 추진계 손상, 운항중단	MOLIT(2025b)
B 한강	킨텍스 - 김포 - 여의도 약 14 - 18 km	김포공항 인접 헬기·고정의 중첩	혼합교통 분리·정보공유	중첩항로× 이중교통	Loss of separation/MAC위 험, 우회·부하	MOLIT(2025b); Kim et al.(2025)
C 탄천	잠실 - 수서 약 8 km	초고층 건물군 도심 풍-GNSS	OLS 근접 GNSS·빌딩풍	시계차폐× multipath×난류	Nav. deviation, obstacleproximity/C FIT·제3자	Seoul(2024); Yu(2023)

Note. 구간·환경은 정책·실증 문서의 공간 서술이며, 전환·결과는 개념적 SRM 연결이다. 실증 완료 여부나 시설 등의 위험값이 아니다.

전환될 때 어떤 잠재 결과가 발생하는지를 명시하는 것이다. 아래 서술은 실증적 사고확률을 제시하기 위한 것이 아니라, corridor 특성이 안전사건과 결과로 이어질 수 있는 개념적 연결이다. 구간·환경 서술의 1차 출처는 K-UAM 통합운용 실증 보도자료와 서울형 UAM 비전이며(Seoul Metropolitan Government, 2024; MOLIT, 2025b), 전환·결과는 SRM의 hazard - occurrence - consequence 논리로 재구성한 것이다(ICAO, 2016; FAA, 2023c). 실증 일정이나 시설 구축 현황 그 자체는 본 분석틀의 입력이 아니다.

Corridor A(아라뱃길)는 준도심 하천·운하 축이며 습지·철새도래지가 인접한다(MOLIT, 2025b). 위해요인은 조류밀집, 하천안개, 상대적으로 개방된 통신환경과 낮은 장애물 밀도이다. 전환 메커니즘은 저고도 경로상의 조류활동과 VFR 저시정미 접치는 것이다. 잠재 결과는 조류충돌에 의한 분산전기추진·로터·조종면 손상, 회피기동에 따른 경로편차, 비상착륙 시 수면·제방 충돌, 단일 사건이 회랑 전체 운항중단으로 전파되는 운영 결과이다.

Corridor B(한강)는 김포공항 인접과 기존 헬기항로·고정익 교통 중첩이 핵심 위해요인이다(MOLIT, 2025b; Kim et al., 2025). VFR 고정형 회랑을 기존 시계비행 항로에 중첩할 경우 see-and-avoid만으로는 혼합교통 분리가 보장되지 않는다. 전환 메커니즘은 이중 교통의 상충, 관제·UATM 간 정보공유 지연, 공항 통신환경과 UATM 링크의 경합이다. 잠재 결과는 분리 상실 및 공중충돌(MAC), 활주로·진입표면과의 간섭, 회랑 폐쇄·우

회, ATC/UATM 업무부하 증가이다.

Corridor C(탄천)는 잠실 일대 초고층 건물군이 핵심 위해요인이다(Yu, 2023; Seoul Metropolitan Government, 2024). 장애물제한표면 침범 가능성, GNSS 다중경로·차폐, 빌딩풍·후류, 시계 차폐가 결합되면 VFR의 육안감시와 PBN의 경로유지가 동시에 약화된다. 잠재 결과는 항법편차, 장애물 근접·충돌/CFIT, 교차점 혼잡에 따른 근접, 비상착륙지점 제약으로 인한 도심 제3자 피해이다. 지상 인구·자산 밀도가 높아 동일 사건의 심각도가 다른 회랑보다 커질 수 있다.

III. 연구 방법론

3.1 분석틀의 단계별 절차

본 연구는 방법론적 연구로서, 3단계 정량화 절차의 입력자료, 분석절차, 산출물, 다음 단계와의 연결을 Table 2와 같이 고정한다. 절차의 전후에는 SRM 관점의 hazard identification과 formal likelihood×severity assessment가 위치한다. 핵심 산출물은 ‘위험도’ 자체가 아니라 상제 위험평가와 완화조치 검토의 우선순위이다. Fig. 1은 같은 흐름을 한눈에 보이도록 재구성한 것이다.

3.2 AHP 가중치 산출 절차

Corridor 안전관리 요소의 공통적 상대중요도 산출에는 Saaty(1980)의 AHP를 적용한다. 쌍대비교는 1-

Table 2. Input-procedure-output-linkage of the proposed screening framework

단계	목적	입력	절차	산출	다음 단계로 전달
0. Hazard ID	위해요인 식별	ConOps, FAA/U-space/SORA, OLS, 운항환경	문헌 construct 추출 및 인과 연결	5×20 체계, Table 1	AHP 계층
1. Importance	공통 상대중요도	5×20 계층	AHP 쌍대비교, CR<0.10, AIJ	전역가중치 W_i	CRPI의 가중치
2. CER	회랑별 노출·관리복잡성 비교	Table 1, CER 정의문	4단계 screening scale 부여	노출등급 E_{ij}	CRPI의 노출항
3. CRPI	관리 검토 우선순위	W_i, E_{ij}	$CRPI=W_i \times E_{ij}$	Weighted priority score	Formal SRM 대상 선별
4. Formal SRM	수용·완화 결정	CRPI 상위요인	likelihood×severity, ALARP	잔여위험·조치	운영기준·완화설계

Note. 본 연구의 정량화 범위는 1 - 3단계이다. 0단계와 4단계는 SRM 본질차이며 본 논문은 이를 대체하지 않는다.

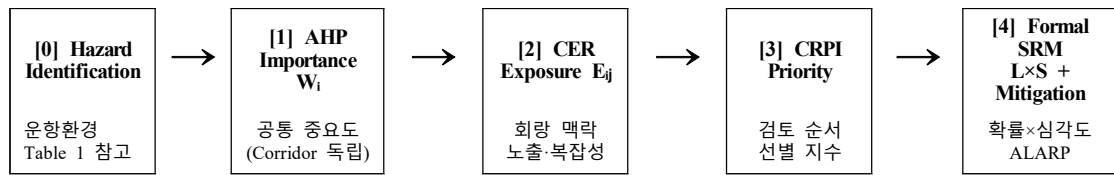


Fig. 1. Position of the proposed framework within the SRM process

9점 척도를 이용하고, 판단행렬의 일관성은 consistency ratio(CR)로 검토하며 CR<0.10을 수용기준으로 한다. 복수 전문가 판단을 통합하는 실제 적용에서는 개인 판단의 기하평균에 기반한 AIJ를 적용할 수 있다 (Forman and Peniwati, 1998; Saaty and Peniwati, 2008). 본 연구에 제시된 AHP 가중치는 실제 전문가 쌍대비교에서 산출된 실증치가 아니라, 제안된 절차와 산출물의 형식을 시연하기 위한 illustrative values이다. 전체 20개 소분류의 local/global weight는 본문

의 Table 3에 제시하였다.

3.3 AHP 요인체계의 문헌기반 구성

5개 대분류와 20개 소분류는 AHP 결과에서 사후적으로 생성된 것이 아니라, K-UAM ConOps, FAA UAM ConOps/Innovate28, SESAR/U-space, JARUS SORA, UAM 공역통합 및 국내 버티포트·장애물 연구를 사전에 검토하여 안전 construct를 정의한 뒤 AHP hierarchy로 전환하였다. 즉 ‘문헌고찰 → 안전

Table 3. Illustrative local and global AHP weights for all 20 sub-factors

순위	대분류(가중치)	소분류(안전요인)	Local	Global
1	② UATM (0.327)	통신 가용성 및 링크손실 대응체계*	0.388	0.127
2	① 회랑설계 (0.298)	수직/수평 분리기준의 적정성*	0.413	0.123
3	② UATM (0.327)	항법 성능·GNSS 우발상황 대응*	0.300	0.098
4	① 회랑설계 (0.298)	장애물제한표면 반영 적정성*	0.268	0.080
5	② UATM (0.327)	전략적 이격관리 체계	0.211	0.069
6	③ 기상환경 (0.191)	도심 저고도 돌풍/빌딩풍 영향*	0.335	0.064
7	① 회랑설계 (0.298)	회랑 - 기존 헬기항로 중첩 관리*	0.205	0.061
8	③ 기상환경 (0.191)	저시정 대응체계*	0.277	0.053
9	④ 연계운영 (0.112)	회랑 혼잡구간(교차점) 관리	0.375	0.042
10	③ 기상환경 (0.191)	계절별 기상 변동성	0.215	0.041
11	③ 기상환경 (0.191)	조류충돌 위험*	0.178	0.034
12	① 회랑설계 (0.298)	비상착륙지점 확보	0.114	0.034
13	② UATM (0.327)	실시간 상황공유 정보시스템	0.101	0.033
14	⑤ 제도정합 (0.072)	회랑별 운영기준 표준화 수준	0.403	0.029
15	④ 연계운영 (0.112)	버티포트 진입/이탈 절차 표준화	0.250	0.028
16	④ 연계운영 (0.112)	비정상상황 시 회랑 폐쇄·회피 절차	0.214	0.024
17	⑤ 제도정합 (0.072)	K-UAM ConOps와 국제기준 정합성	0.278	0.020
18	④ 연계운영 (0.112)	다중 운영자 간 우선순위 조정	0.161	0.018
19	⑤ 제도정합 (0.072)	실증 데이터의 상용화 기준 반영도	0.208	0.015
20	⑤ 제도정합 (0.072)	관계기관 간 안전감독 책임체계	0.111	0.008

construct → 세부 요인 → AHP 가중치'의 순서이다 (Table 4).

Corridor별 worked example에는 8개 핵심요인(*)을 사용하였다. 선정규칙은 ① illustrative AHP 전역가중치 상위요인, ② Corridor 간 공간·운영 특성의 변별 가능성, ③ 통신·항법·분리·기상·환경 등 주요 안전영역의 대표성이다. '전략적 이격관리 체계'는 공통 중요도 단계에는 유지하되 Corridor 간 공간적 변별력이 제한적이라는 이유로 CER 대상에서는 제외하고, 아라뱃길의 환경차이를 표현하기 위해 조류충돌을 포

함하였다. 8개 요인의 문헌 대응은 Table 5와 같다.

3.4 Corridor-specific Exposure Rating(CER)의 정의와 당위성

기존의 'corridor별 위험등급 매트릭스'라는 표현은 likelihood×severity risk matrix와 혼동될 수 있으므로 본 연구에서는 corridor-specific exposure rating(CER)으로 재정의한다. CER은 위험발생확률이 나 결과의 심각도를 산정하는 risk matrix가 아니라,

Table 4. Literature-to-AHP construct mapping (5 categories covering all 20 sub-factors)

대분류(소분류 수)	안전 Construct	포함 소분류(요약)	문헌근거
① 회랑 설계 (4)	공역구조·분리·장애물·기준 항로	분리기준*, OLS*, 헬기항로 중첩*, 비상착륙지점	Vascik et al.(2018); FAA(2023b); Gordo et al.(2023); Yu(2023); Kim et al.(2024); MOLIT(2026)
② UATM 신뢰성 (4)	통신·항법·정보공유· 전략이격	통신·링크손실*, GNSS*, 전략적 이격, 상황공유	Thippavong et al.(2018); EC(2021); FAA(2023a; 2023b); MOLIT(2025a)
③ 기상·환경 (4)	도심기상·시정·조류·계절	빌딩풍*, 저시정*, 계절 변동, 조류충돌*	Vascik et al.(2018); Gordo et al.(2023); Lee et al.(2024); MOLIT(2025a)
④ 버티포트 - 회랑 (4)	진입이탈·혼잡·비정상· 다중운영자	교차점 혼잡, 진입/이탈, 폐쇄·우회, 우선순위	MOLIT(2021; 2025a); Kim and Park(2022); FAA(2023b)
⑤ 제도·정합성 (4)	운영기준·국제정합·감독	운영기준 표준화, ICAO/FAA/EASA 정합, 실증자료 반영, 감독책임	ICAO(2016; 2018); JARUS(2019); EC(2021); MOLIT(2025a)

Table 5. Mapping of eight core factors to source literature

핵심요인	주요 근거문헌	근거 내용 요약
수직/수평 분리기준	FAA(2023a; 2023b); JARUS(2019); Kim et al.(2024)	회랑 내 분리 및 횡적 회랑 규격· containment 설계의 근거
통신 가용성·링크손실	EC(2021); FAA(2023a); MOLIT(2025a)	U-space/UATM 서비스의 통신 가용성 요건
항법 성능·GNSS 우발상황	Gordo et al.(2023); JARUS(2019); MOLIT(2025a)	PBN·계층형 공역의 항법성능 요건
장애물제한표면	Yu(2023); MOLIT(2026)	버티포트 - 회랑 연계구간의 OLS 기준
헬기항로 중첩	FAA(2023b); Thippavong et al.(2018); Kim et al.(2025)	기존 유인교통과의 공역통합 제약
저고도 돌풍·빌딩풍	Vascik et al.(2018); Gordo et al.(2023)	도심 저고도 공역의 기상·풍환경 제약
저시정 대응	MOLIT(2025a); Kim et al.(2025)	VFR 최저치·하천 안개 등 시계 제약
조류충돌 위험	Table 1; 기상·환경 construct	하천·습지 인접 회랑의 환경 위해요인

Note. 조류충돌은 Yu(2023) OLS 논문의 직접 대상이 아니므로 Table 1 운항환경과 기상·환경 construct에 근거하여 요인화하였다.

특정 corridor에서 해당 안전요인에 대한 노출과 관리 복잡성이 어느 정도인지를 비교하는 screening scale 이다.

전통 매트릭스를 이 단계의 주 도구로 쓰지 않은 이유는 임의의 선택이 아니라 자료 제약과 혼동방지 때문이다. 전통 매트릭스는 운항시간당 사건률과 결과분포가 존재할 때 유효하다. 국내 UAM은 실증·시험운항 단계에 있어 회랑별 발생가능성을 독립적으로 추정하기 어렵다(MOLIT, 2025a; 2025b). 이 조건에서 가능성·심각도 칸을 형식적으로 채우면 전문가의 상대 판단이 정량평가로 오인되기 쉽다. CER은 절대 확률 추정 대신 동일한 척도로 corridor 간 노출·관리복잡성을 비교하며, JARUS SORA가 절대 확률 대신 공중·지상 위험등급의 정성 구간을 사용하는 방식과 논리적으로 상통한다(JARUS, 2019). 가중치와 등급을 분리한 뒤 결합하는 구조는 Feng et al.(2013) 및 Carrodano(2023)의 다기준 우선순위 산정과의 연결된다. 향후 운항자료가 축적되면 동일 평가 항목을 전통 매트릭스의 likelihood 입력 또는 정량 노출지표로 치환할 수 있도록 조작적 정의를 열어 두었다.

4단계 CER의 조작적 정의는 다음과 같다. (1) low(1.0 - 1.9): 노출·관리복잡성이 제한적이며 일반 절차로 관리 가능. (2) medium(2.0 - 2.9): 추가 관리수단은 필요하나 표준 절차·감시로 통제 가능. (3) high(3.0 - 3.4): 강화된 절차·감시·완화조치가 요구되는 주요 관리 관심사. (4) very high(3.5 - 4.0): 해당 corridor의 핵심 운항제약 또는 특별한 안전관리 검토가 필요한 수준이다.

3.5 CRPI 산출 및 해석

$CRPI_{ij} = W_i \times E_{ij}$ 로 정의한다. W_i 는 위험요인 i 의 AHP 전역가중치이며, E_{ij} 는 corridor j 에서 해당 요인의 illustrative CER 값이다. 4단계 CER은 원칙적으로 서열척도이나, 본 worked example에서는 계산 절차를 시연하기 위해 준등간척도(quasi-interval scale)로 취급한다. 따라서 CRPI는 사고확률 또는 절대적 위험수준을 나타내지 않는 weighted management-priority score이며, 상세 likelihood×severity 평가와 완화조치 검토를 어디부터 수행할지를 지원하는 screening index로 해석한다.

IV. 분석모형의 적용 예시 및 결과

4.1 AHP 공통 중요도 산출 예시

Illustrative example에서 대분류 가중치는 UATM 신뢰성(0.327), 회랑 설계 안전성(0.298), 기상·환경 위험 대응(0.191), 버티포트 - 회랑 연계 운영(0.112), 제도·국제기준 정합성(0.072)의 순으로 구성하였다. 이 결과는 실제 전문가 선호를 의미하지 않으며, 공통 중요도와 corridor별 CER을 분리하여 결합하는 계산 방식을 시연하기 위한 값이다.

4.1.1 전체 20개 AHP 세부요인 가중치

5개 대분류와 20개 소분류의 illustrative local/global weight 전체값은 Table 3과 같다. 각 값은 실제 전문가 조사결과가 아니라 계산절차와 산출형식을 시연하기 위한 예시값이며, 후속 CER - CRPI worked example에는 * 표시 8개 핵심요인만 사용하였다.

4.2 가중치 민감도 분석 예시

UATM 신뢰성(0.327)과 회랑 설계 안전성(0.298)의 차이는 0.029이다. UATM 신뢰성 가중치를 $\pm 10\%$ 변화시키고 나머지 대분류 가중치를 비례 조정하는 예시에서는 UATM 가중치를 10% 낮출 경우 두 상위요인의 순위가 역전되나 두 요인 모두 3순위 기상·환경 요인보다 높은 상위관리군을 유지한다. 이 분석은 실제 전문가자료의 통계적 강건성 검증이 아니라 illustrative weights에 대한 구조적 민감도 시연이다.

4.3 CER 적용 예시

Table 6의 값은 전문가 설문이나 운항데이터의 통계 추정치가 아니다. Table 1의 서로 다른 hazard environment와 2.3절의 전환 논리를 노출·관리복잡성 점수로 번역한 가상값이다. 한강은 공항 인접·혼합 교통으로 분리기준(3.7)과 헬기항로 중첩(3.8)을 높게, 탄천은 GNSS(3.6)·빌딩풍(3.7)·OLS(3.2)를 높게, 아라뱃길은 조류충돌(3.7)을 높게 설정하였다.

4.4 Corridor Risk Priority Index(CRPI) 산출 예시

Table 7의 W_i 와 Table 6의 E_{ij} 를 결합한 CRPI는

Table 6. Illustrative CER matrix for eight core factors

핵심 안전요인	Corridor A 아라뱃길	Corridor B 한강	Corridor C 탄천
통신 가용성 및 링크손실 대응	2.1	3.2	3.0
수직/수평 분리기준	2.3	3.7	3.1
항법 성능·무결성(GNSS) 저하	2.2	2.9	3.6
장애물제한표면	1.6	2.4	3.2
저고도 돌풍/빌딩풍	1.5	2.3	3.7
저시정	2.2	3.1	2.4
조류충돌	3.7	3.0	2.1
회랑 - 기존 헬기항로 중첩	1.4	3.8	2.3

Note. Values are hypothetical exposure/management-complexity ratings used solely to demonstrate the screening procedure.

Table 7. Illustrative global weights of the top 10 sub-factors

1	통신 가용성 및 링크 손실 대응 체계	0.127
2	수직/수평 분리 기준의 적정성	0.123
3	항법 성능 · 무결성 저하 및 GNSS · 우발 상황 대응	0.098
4	장애물 제한 표면 반영 적정성	0.080
5	전략적 이격관리 체계	0.069
6	도심 저고도 돌풍/빌딩풍 영향	0.064
7	회랑 - 기존 헬기 항로 중첩 관리	0.061
8	저시정 대응 체계	0.053
9	회랑 혼잡 구간(교차점) 관리	0.042
10	계절별 기상 변동성	0.041

Table 8과 같다. 합계는 전체 20개 AHP 요인이 아니라 사전에 선정된 8개 핵심요인의 weighted screening score이며, corridor의 절대적 위험서열이 아니다.

Worked example에서는 corridor B(1.977)와 C(1.941)의 합계가 유사하고 A(1.313)가 상대적으로 낮게 구성되어 있으나, 차이 0.036을 실제 위험수준의 차이로 해석해서는 안 된다. 방법론적으로 중요한 결과는 동일한 공통 중요도 W_i 를 적용하더라도 corridor 별 CER이 달라지면 관리우선순위 프로파일이 달라진다는 점이다. 세 회랑 모두 분리기준이 CRPI 상위 관리요소에 포함되는 결과가 나타났으며, 이는 향후 실증 자료에 기반한 검증에서 분리요건을 공통 안전기준 후보로 우선 검토할 필요성을 시사한다. 반면 A에서 조류충돌의 CER은 가장 높으나(3.7) 전역가중치가 낮아

(0.034) CRPI는 통신·분리·항법보다 후순위이다. 이는 ‘현장 노출이 높은 요인’과 ‘전체 안전체계에서 구조적으로 중요한 요인’을 구분하여 후속 SRM 자원의 검토 순서를 정할 수 있음을 보여 주며, CRPI의 존재 이유이다.

V. 연구 의의

본 연구의 핵심 기여는 특정 corridor의 위험도를 추정한 것이 아니라, UAM 초기 운항환경에서 서로 다른 정보충위를 분리·결합하는 재현 가능한 screening 절차를 제시한 데 있다. 기여는 세 층으로 구분된다.

첫째, 개념적 기여이다. 국제 동향에서 제시되는 분리·완충·성능·위험도기반 요건과 ConOps 1.5의 초기

Table 8. Illustrative corridor risk priority index (CRPI)

핵심 안전요인 (Wi)	Corridor A	Corridor B	Corridor C
통신가용성·링크손실 (0.127)	0.267	0.407	0.382
수직/수평 분리기준 (0.123)	0.282	0.454	0.381
항법 성능·GNSS 저하 (0.098)	0.215	0.283	0.351
장애물제한표면 (0.080)	0.127	0.191	0.255
저고도 돌풍/빌딩풍 (0.064)	0.096	0.147	0.236
헬기항로 중첩 (0.061)	0.085	0.230	0.139
저시정 (0.053)	0.116	0.163	0.126
조류충돌 (0.034)	0.125	0.101	0.071
8개 핵심요인 CRPI 합계	1.313	1.977	1.941

Note. Weights rounded to three decimal places. * = factors used in the illustrative CER/CRPI example.

VFR 고정형 회랑 운용을 연결하여, UAM corridor를 전통적 VFR corridor와 구분되는 구조화된 운항관리 대상으로 정리하였다. ‘VFR 기반 구조화 운항환경’은 공식적인 별도 비행규칙 명칭이 아니라 본 연구의 분석적 표현이다.

둘째, 방법론적 기여이다. ICAO/FAA SRM의 논리를 유지한 채, 운항자료 공백 단계에서 사용 가능한 조작적 3단계(importance - CER - CRPI)와 단계별 입력 - 산출 연결(Table 2)을 명세하였다. CER은 전통 매트릭스의 대체가 아니라 likelihood 추정이 불가능한 시기의 비교 노출 측정 도구이다.

셋째, 절차적 기여이다. 가중치 산출 규칙, 핵심요인 선정 규칙, CER 정의문, CRPI 산식, 민감도 보고 형식, 결과 해석의 금지사항을 고정하였다. 과학성은 현재의 숫자 크기가 아니라 동일 절차를 다른 패널·다른 회랑·향후 실측 입력에 반복 적용할 수 있는가에 있다.

VI. 결론 및 정책적 시사점

본 연구의 주요 결과는 아라뱃길·한강·탄천 중 어느 Corridor가 실제로 더 위험한지를 제시한 데 있지 않다. 핵심 결과는 Hazard identification → AHP common importance → CER → CRPI → formal SRM/mitigation이라는 분석절차를 구조화하고, 각 단계의 입력 - 산출 역할을 분리하였다는 데 있다. UAM corridor와 VFR/IFR의 관계를 검토한 결과, corridor는 비행규칙 그 자체라기보다 구조화된 공역·

운항관리 수단으로 보는 것이 적절하다. K-UAM ConOps 1.5의 초기 고정형 회랑 운용은 VFR을 기초로 PBN과 운항정보 지원을 함께 활용하는 방향으로 이해할 수 있다(MOLIT, 2025a). 다만 이러한 조건만으로 분리·완충·위험도기반 요건이 자동 충족되는 것은 아니므로, 국내 corridor 안전관리는 특정 비행규칙의 채택 여부만으로 접근하기보다 공역구조, 분리, CNS, 장애물, 기상 및 기존 교통과의 상호운용성을 함께 검토할 필요가 있다.

실제 전문가 조사와 운항자료가 확보될 경우, AHP 가중치는 공통 안전기준의 검토순위를 지원하고, CER과 CRPI는 corridor별 상세 SRM 및 완화조치 설계의 분석대상을 선별하는 데 활용될 수 있다. 분리·통신·항법과 같이 복수 Corridor에서 반복적으로 상위에 나타나는 요소는 국가 차원의 공통 안전기준 후보로, 조류충돌·헬기항로 중첩·빌딩풍·OLS와 같이 corridor 특성이 강한 요소는 회랑별 차등 완화조치 후보로 검토할 수 있다. 다만 본 연구의 현재 수치는 illustrative values이므로 이를 곧바로 VFR 최저치, PBN 성능기준 또는 특정 회랑의 정책기준으로 전환해서는 안 된다. 실제 의사결정에서는 CRPI 상위요인에 대해 별도의 likelihood×severity 분석과 적절한 위험분석, ALARP 검토 및 잔여위험 수용절차가 이어져야 한다.

VII. 연구의 한계 및 향후 과제

본 연구의 한계는 다음과 같다. 첫째, AHP 가중치,

CER 및 CRPI는 실제 전문가 조사나 운항자료에서 산출된 경험적 값이 아니라 worked example을 위해 구성된 illustrative data이다. 따라서 현재 수치만으로 특정 corridor의 정책적 우선순위를 판단할 수 없다. 둘째, CER의 4단계 척도를 준등간척도로 취급한 계산가정, 8개 핵심요인의 저자 선정, 독립적 내용타당도 검증의 부재가 있다. 셋째, 전통 SRM 매트릭스와의 예측타당성을 비교하지 못했다. 넷째, 선행연구 공백 주장은 Park(2026), Kim et al.(2025), Song and Lee(2013) 및 K-UAM ConOps 계열 문서를 중심으로 한 범위 한정 검토에 기초하며, 모든 UAM 문헌의 전수조사는 아니다.

그러나 이러한 한계는 본 연구의 학술적 기여를 '문제 제기'와 '방법 소개'로 국한시키는 근거가 아니다. 기여는 특정 수치가 아니라 ① 중요도 - 노출 - 관리우선도를 분리하고 후속 SRM에 연결한 재현 가능한 절차, ② 민감도 예시에서 확인되는 상위 관리군의 구조적 안정, ③ 노출과 전역가중치가 상충할 때 CRPI가 조정하는 절차적 메커니즘에 있다. 향후 연구에서는 K-UAM 실증 참여자와 운항·교통·기상·안전 전문가를 대상으로 AHP 및 CER을 실증 산출하고, Friedman 검정과 Kendall's W로 패널 일치도 및 corridor 간 차이를 검증하며, 실제 운항사건 및 기존 likelihood×severity SRM 결과와의 수렴·판별·예측 타당도를 평가해야 한다.

References

1. International Civil Aviation Organization, "Annex 19 to the Convention on International Civil Aviation - Safety Management", 2nd ed., ICAO, Montreal, Canada, 2016.
2. Federal Aviation Administration, "Advanced Air Mobility (AAM) Implementation Plan: Innovate28", FAA, Washington, DC, USA, 2023a.
3. Federal Aviation Administration, "Urban Air Mobility (UAM) Concept of Operations Version 2.0", FAA, Washington, DC, USA, 2023b.
4. European Commission, "Commission Implementing Regulation (EU) 2021/664 of 22 April 2021 on a regulatory framework for the U-space", Official Journal of the European Union, L 139, 2021, pp.161-183.
5. Gordo, V., Becerra, I., Fransoy, A., Ventas, E., Menendez-Ponte, P., Xu, Y., Tojal, M., Perez-Castan, J., and Perez Sanz, L., "A layered structure approach to assure urban air mobility safety and efficiency", *Aero-space*, 10(7), 2023, Article 609.
6. JARUS, "JARUS Guidelines on Specific Operations Risk Assessment (SORA)", Edition 2.0, Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems, 2019.
7. Ministry of Land, Infrastructure and Transport, "Korean Urban Air Mobility (K-UAM) Concept of Operations 1.0", MOLIT, Sejong, Korea, 2021.
8. Ministry of Land, Infrastructure and Transport, "Korean Urban Air Mobility (K-UAM) Concept of Operations 1.5", MOLIT, Sejong, Korea, 2025a.
9. Ministry of Land, Infrastructure and Transport, "K-UAM Successfully Verifies Integrated Urban Operations Capability through Private Consortia", Press Release, MOLIT, Sejong, Korea, 2025b.
10. Seoul Metropolitan Government, "Seoul--Type Urban Air Mobility (S-UAM) Future Vision", Seoul Metropolitan Government, Seoul, Korea, 2024.
11. Thippavong, D. P., Apaza, R. D., Barmore, B. E., Battiste, V., Belcastro, C. M., Burian, B. K., Dao, Q. V., Feary, M., Go, S., Goodrich, K. H., Homola, J., Idris, H. R., Kopardekar, P. H., Lachter, J. B., Neogi, N. A., Ng, H. K., Oseguera-Lohr, R. M., Patterson, M. D., and Verma, S. A., "Urban air mobility airspace integration concepts and considerations", 2018 Aviation Technology, Integration, and Operations Conference, 2018, AIAA Paper 2018-3676.
12. Vascik, P. D., Hansman, R. J., and Dunn, N.

- S., "Analysis of urban air mobility operational constraints", *Journal of Air Transportation*, 26(4), 2018, pp.133-146.
13. Kim, D. H., Lee, K. H., Chang, H. S., and Lee, S. J., "An empirical study on establishing the cross-track corridor dimension for UAM operations", *Journal of Advanced Navigation Technology*, 28(1), 2024, pp.21-26.
 14. Kim, Y. O., Lee, K. H., Choi, J., and Ku, S. G., "A study on UAM flight path prediction and contingency measures: based on flights in the metropolitan area", *Journal of the Korean Society for Aviation and Aeronautics*, 33(3), 2025, pp.116-124.
 15. Kim, W. J., and Park, J. H., "A study on the factors affecting UAM vertiport location selection", *Journal of Urban Studies and Real Estate*, 13(2), 2022, pp.119-137.
 16. Yu, T. J., "A study on the criteria for applying the obstacle limitation surface of the UAM vertiport", *Journal of the Korean Society for Aviation and Aeronautics*, 31(1), 2023, pp.18-25.
 17. Lee, S. M., Wie, S. Y., and Haan, C. H., "Noise evaluation of K-UAM by current noise criteria", *Journal of the Korean Society for Aeronautical and Space Sciences*, 52(12), 2024, pp.1063-1071.
 18. Federal Aviation Administration, "Aeronautical Information Manual, 3-5-5 Published VFR Routes", FAA, Washington, DC, USA, 2025.
 19. Park, S. Y., "A study on the priority analysis of safety risk-based factors in the exemption system for airmen qualification examinations using the AHP method", *Journal of the Korean Society for Aviation and Aeronautics*, 34(2), 2026, pp.71-80.
 20. Song, K. H., and Lee, D. K., "Multi-criteria evaluation methodology development on aviation safety management system ALARP decision-making process", *Journal of Transport Research*, 20(4), 2013, pp.1-15.
 21. Feng, Y. Y., Wu, P. J., and Chu, C. W., "Assessing the risks of airport airside through the fuzzy logic-based failure modes, effect, and criticality analysis", *Mathematical Problems in Engineering*, 2013, Article ID 239523.
 22. Carrodano, C., "Novel semi-quantitative risk model based on AHP: A case study of US driving risks", *Heliyon*, 9(10), 2023, Article e20685.
 23. International Civil Aviation Organization, "Safety Management Manual (Doc 9859)", 4th ed., ICAO, Montreal, Canada, 2018.
 24. Federal Aviation Administration, "Safety Risk Management Policy (Order 8040.4C)", FAA, Washington, DC, USA, 2023c.
 25. Civil Aviation Authority of New Zealand, "SMS Booklet 4: Risk Management", CAA NZ, Wellington, New Zealand, 2013.
 26. Saaty, T. L., "The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation", McGraw-Hill, New York, NY, USA, 1980.
 27. Forman, E., and Peniwati, K., "Aggregating individual judgments and priorities with the analytic hierarchy process", *European Journal of Operational Research*, 108(1), 1998, pp.165-169.
 28. Saaty, T. L., and Peniwati, K., "Group Decision Making: Drawing Out and Reconciling Differences", RWS Publications, Pittsburgh, PA, USA, 2008.
 29. Ministry of Land, Infrastructure and Transport, "Notification of the Establishment of Vertiport Design Criteria", MOLIT Notice No. 2026-101, Sejong, Korea, 2026.