

## 항공종사자별 저고도 공역 드론의 위협요인 AHP 분석 연구

# AHP Analysis Study on Hazard Factors of Low-Altitude Airspace Drones for Each Aviation Worker

김성엽<sup>1</sup> · 이명식<sup>2</sup> · 김현덕<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>한국항공대학교 항공운항관리학과

<sup>2</sup>한국항공대학교 항공교통물류학과

Sung-Yeob Kim<sup>1</sup> · Myeong-sik, Lee<sup>2</sup> · Hyeon-Deok Kim<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Korea Transportation Safety Authority, Department of Aeronautical Science & Flight Operation, Korea Aerospace University, Gyeonggi-do, 10540, Korea

<sup>2</sup>Department of Air Transportation & Logistics, Korea Aerospace University, Gyeonggi-do, 10540, Korea

<sup>3</sup>Department of Aeronautical Science & Flight Operation, Korea Aerospace University, Gyeonggi-do, 10540, Korea

### [요 약]

드론의 폭발적 수요 증가로 인하여 저고도 공역에서 운항하고 있는 기존 항공기 및 국가 중요시설 안전에 큰 위협을 초래하고 있다. 저고도 공역 드론 안전위험의 종류 및 정도를 판단하기 위하여 각 분야의 항공종사자를 대상으로 저고도 공역 운항시 드론으로부터의 위협 종류 및 형태를 AHP (analysis hierachy process) 분석을 통하여 가중치를 평가하고자 한다. 드론으로부터의 위협 요소 계층도 구성은 항공선진국인 유럽 항공안전기구 (EASA)에서 선행 연구된 특정 운영 위험평가 SORA(specific operation risk assessment process) 기법을 활용하여 설계하였다. 이를 바탕으로 각 항공기 운항 및 임무수행간 사전 위협요인을 식별 제거함으로써, 기존 항공기들의 저고도 안전 운항을 확보할 수 있을 것이다.

### [Abstract]

The explosive increase in demand for drones poses a major threat to the safety of existing aircraft operations and important national facilities operating in low-altitude airspace. In order to determine the type and degree of safety threats for low-altitude airspace drones, the types and types of threats from drones are evaluated through analysis of AHP(analysis hierarchy process) for aviation workers in each field. The composition of the threat factor hierarchy from drones was designed using a specific operation risk assessment (SORA) technique previously studied by the European Aviation Safety Agency (EASA), an advanced aviation country. Based on this, it will be possible to secure the low-altitude safety operation of existing aircraft by identifying and removing prior hazards between each aircraft operation and mission performance.

**Key word** : Analytic hierarchy process, Drones, European aviation safety agency (EASA), Low-altitude airspace, Specific operation risk assessment process (SORA).

<https://doi.org/10.12673/jant.2024.28.4.518>



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.

Received 31 July 2024; Revised 16 August 2024

Accepted (Publication) 20 August 2024 (30 August 2024)

\*Corresponding Author; Hyeon Deok Kim

Tel: \*\*\* - \*\*\*\* - \*\*\*\*

E-mail: [hyeonddkim@kau.ac.kr](mailto:hyeonddkim@kau.ac.kr)

## 1. 서론

우리가 항공기를 통해 하늘이라는 공간을 사용한 것은 1903년 라이트 형제의 최초 동력비행을 성공하면서 시작하게 되었다. 그로부터 불과 120여년만에 저고도에서부터 우주까지 다양한 형태의 항공기 및 비행체들이 하늘이라는 공간에서 비행을 하고 있다. 현대의 하늘 공간 즉, 공역의 대부분을 활용하는 주체는 여객과 화물을 운반하는 운송용 항공기와 군용항공기, 그리고 상대적으로 저고도를 운항하는 일반항공 및 헬리콥터가 대표적이다. 2000년대 들어오면서 무인항공기의 활용이 증가되면서, 그전까지 별 관심을 가지지 않았던 비관제 저고도 공역(G공역)을 드론이 장악하게 되었다.

최근 우크라이나-러시아 전쟁에서 보듯이 무인항공기술과 통신기술이 발전함에 따라 저고도 군용 무인 비행체들의 활용도가 입증되었고, 또한 개인 방송시장이 성장함에 따라 다양한 촬영기법을 요구되면서, 민간에서도 드론을 활용한 항공촬영이 보편화 되었다. 그리고 취미 및 레저용으로 많이 활용되면서 저고도 운용 드론의 보급이 폭발적으로 증가하게 되었다 [1]. 이렇게 증가된 드론으로 인하여 레저시 항공기들이 저고도 운항시 드론으로부터의 안전을 확보가 점점 어려워지게 되었다.

### 1-1 연구의 배경

폭발적으로 증가한 드론의 댓수만큼 저고도 공역 혼잡도도 증가되었다. 일부 드론들은 불특정 시간, 장소에서 허가없이 불법적인 비행으로 인하여, 공항 및 원전 등 국가 중요시설과 레저시 항공기 조종사들에게 위협이 되고 있다. 그로인하여 항공종사자들은 드론을 위협한 비행위협 장애물로 인식하게 되었다. 본 연구에서는 각 항공종사자들마다 인식하고 있는 드론 위협의 종류와 형태에는 어떠한 것들이 있으며, 각 집단별 드론 위협의 가중치 차이는 어떻게 다른지를 연구하고자 한다. 추후 드론 배송 및 도심지 운용시 레저시 항공기의 안전을 보장하기 위하여 드론의 위협요인을 사전 식별하고 제거 함으로써 레저시 항공기들과 드론이 공존하는 안전한 공역 환경을 만들 수 있을 것이다.

### 1-2 선행연구 분석

현재까지 대부분의 저고도 공역 드론 위협에 대한 연구는, 드론을 이용한 지상 중요시설물 테러, 불법촬영, 사행할 침해 등 테러 및 불법행위 대비 연구에 초점이 맞추어져 있다.

최춘화(2023)은 "불법드론과 무인기 위협 대응방안에 관한 연구"에서는 불법드론 및 피해사례, 드론 공격의 취약점 대응방안 등에 대하여 연구하였다. 세부사례 및 내용으로 영국 개트워 공항의 불법드론 활주로 비행으로 전 노선 항공기 운항이 마비되는 초유의 사태, 사우디아라비아 아람코 국영 정유시설의 드론 공격으로 인한 전 세계 유가파동, 아제르바이잔 전쟁과 러시아-우크라이나 전쟁을 통한 드론 공격의 위협 등에 대하여

연구하였다[2].

가경환 (2021)은 "불법드론에 대한 공항 대응체계"에 관하여 연구하였다. 본 논문에서는 불법드론과 테러리즘의 결합에 따른 국가 중요시설에 대한 공격행위에 대해 방호체계에 대해 연구하였다. 국가중요시설의 각각의 특성에 따라 방호체계를 달리하여야 한다고 주장하며, 전자적 대응과 물리적 대응 중 전자적 대응에 대해 법적 근거가 마련되어 있지 않기에 법제도에 관한 개정안을 연구하였다[3].

구성관(2011)은 저고도 경량항공기 위협요인을 식별하여 AHP 계층도를 작성, 최적의 대안을 찾는 연구를 하였다. 위협요인으로 인적요인, 기술적 요인, 환경적 요인으로 구분하였으며, 환경적 요인의 세부항목으로 공중충돌, 조류충돌, 기상 등 다양한 위협요인을 대상으로 계층별 비교 분석을 실시하였다. 저고도 경비행기의 위협요인을 본 연구와 동일한 방법으로 증명하였다[4].

### 1-3 연구의 목적과 방법

다양한 고도에서 운항하고 있는 여러종류의 항공기 조종사들과 그들을 관제하고 있는 관제사들이 느끼는 저고도 드론의 위협의 형태 및 차이를 알아 보고자 한다. 각 항공종사자들이 생각하는 드론으로부터의 위협요인을 AHP 연구방법론을 통하여 각 위협요소의 가중치를 확인하고, 도출된 가중치를 바탕으로 위협관리를 통하여 안전하고 효율적인 저고도 운항환경을 만들기 위한 기초 안전자료가 될 것이다.

## II. 저고도 운항 드론 위협요소 분석

### 2-1 저고도 공역 운항환경

오늘날 저고도 공역의 운항환경은 시시각각 변화하고 있다. 드론 활용 보편화 시대가 개막되면서 아래 그림 1에서 보듯이 드론의 폭발적 수요증가로 전세계 저고도 공역에서 100만대 이상의 드론이 운항하고 있는 것으로 추산된다). 그리고 인구구조 변화와 산업자동화 등 대내외 산업 환경변화에 대응하는 핵심수단으로 각 국가에서는 드론이 각광받고 있다.



그림 1. [좌] 국내 드론산업 규모 전망 [우] 국내 드론산업 규모  
 Fig. 1. [Left] Prospects for the size of Korean drone Industry [Right] Scale of the Korean drone industry.

1) 국가별 드론시장 동향(KOTRA 2023)

표 1. 드론 유형별 과태료 부과 건수

**Table 1. Number of fines imposed by drone type.**

| 구분  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24.3 | 합계  |
|---|-----|-----|-----|-----|------|-----|
| Control Area                                | 38  | 47  | 45  | 49  | 23   | 202 |
| Non-Control Area                            | 53  | 36  | 98  | 266 | 39   | 492 |
| Night Flight                                | 10  | 17  | 15  | 25  | 3    | 70  |
| Not certified                               | 0   | 0   | 14  | 19  | 3    | 36  |
| Non-compliance with minimum flight altitude | 0   | 0   | 5   | 6   | 0    | 11  |
| Violation of operator compliance            | 0   | 0   | 0   | 10  | 0    | 10  |
| Total                                       | 101 | 100 | 177 | 375 | 68   | 821 |

드론산업 성장과 비례하여 드론에 의한 위험도 또한 증가하고 있다. 특히 드론의 불법비행으로 인하여 공항에서는 항공기 회항사태가 발생하고, 인근 불법비행에 따른 비상사태 발효 등 국가 중요시설 방호에 구멍이 생기게 되었다. 상기 표 1은 불법비행에 따른 과태료 부과건수<sup>2)</sup>와, 국내 드론 사고로 인한 보험금 지급 건수(연 180여건 이상<sup>3)</sup>)로 매년 증가하는 추세이다. 아래 그림 2에서 보듯이 저고도 공역은 다양한 무인 비행체들로 매워지고 있다. 그래서 보다 안전하고 효율적인 저고도 공역을 활용하기 위해 새로운 공역관리 체계가 필요하며, 드론의 위협에 대한 위협요인 식별 및 위협관리가 필요한 시점이다.

**2-2 저고도 드론운항 위협요소 선정 AHP 구조의 계층화**

각 항공종사자들 마다 운항 및 임무에 따라 드론이 운항하는 고도인 지표면(AGL<sup>4)</sup>~150m 고도를 운항을 하게된다. 각 비행 임무에 따라 해당 고도를 점유하고 있는 시간의 차이로 드론으로부터 위협에 노출되는 정도가 다를 것이다. 그래서 각 항공종사자마다 드론으로부터 발생하는 위협요소를 식별 및 관리하는 과정일 필요하다.



그림 2. 저고도 무인비행장치 교통관리 개념도  
**Fig. 2. Conceptual diagram of traffic management for low-altitude unmanned aerial vehicles.**

- 2) 불법비행 유형별 과태료 부과건수(한국교통안전공단)
- 3) 드론사고 보험금 지급건수(한국교통안전공단)
- 4) Above Ground Level

국내에서는 드론의 위협요인에 대한 연구를 위하여 2022년 드론 위험도기반 R&D 기획과제를 거쳐 25년부터 국가 R&D 연구(K-SORA)가 진행 될 예정이다. 유럽항공안전기구(EASA)에서는 아래 표 2와 같이 드론의 위협요소를 특정운영 위험평가(SORA)에 대해 선행 연구를 하였다[5]. 특정운영 위험평가(SORA)에서 제시하고 있는 지상안전 위협요소와 공중안전 위협요소를 바탕으로 각 계층 위협요소를 판단하였다.

**2-3 AHP 계층구조 설계**

AHP 계층 구조를 설계하기 위하여 EASA의 특정운영 위험평가(SORA)에서 식별된 드론 위협요소를 바탕으로 총 3계층의 계층도를 표 3과 같이 설정하였다.

AHP 설문은 각 문항들간의 비교를 통하여 가중치를 도출하는 방법으로 설문 문항에 대한 전문성이 없는 경우 연구결과의 일관성이 낮아지거나 신뢰성이 저하된다. 그래서 각 항공종사자별 신뢰성을 높이기 위하여 해분야 자격을 취득하고 경력과 실무경험을 두루 갖춘 전문가 집단으로 구성하였다. 설문은 저고도 공역에서 비행, 관제업무를 수행하는 항공분야 실무에 종사하는 전문가로 선정하였으며, 총 36명(각 계층 9명씩)의 전문가를 선정하였다. 세부 구성은 ① 항공운송사업 조종사(기장, 부기장) ② 일반항공 조종사(교관급) ③ 헬리콥터 조종사(기장 또는 10년이상 경력) ④ 관제사(자격 및 3년이상의 경력)의 전문가 집단으로 구성하였다. 설문 전체의 일관성 지수는 0.1로 설문에 참여한 평가자의 판단에 논리적 모순이 적은 것으로 분석되었다.

**2-4 AHP 계층분석**

**2-4-1 상위계층(1계층) AHP 분석**

AHP 연구분석을 통하여 주요 요소별 상대적 중요도와 우선순위를 도출하여 각 항공종사자들이 느끼는 저고도 공역의 드론 위협요소 우선순위를 선정한다.

표 2. 유럽항공안전기구 위험도 평가요소

**Table. 2. EASA SORA.**

| Classify                              | Risk Assessment Factors  |
|---------------------------------------|--|
| Ground Risk Class (GRC) (13 Elements) | Characteristic dimensions, Kinetic energy, 4D space definition, Ground risk buffer, Risk maintenance (Navigation, Population density, Strategic mitigation, Impact reduction, Emergency response plan, Operation area size, Invisible, Control area, Ground control)   |
| Air Risk Class (ARC) (15 Elements)    | Separate airspace, High altitude (FL600), Operating space setting, Middle-altitude identification device, Low-altitude identification device, Operating time setting, Middle altitude control zone, Low-altitude control zone, Exposure time setting, Middle-altitude urban zone, Low-altitude urban zone, Control zone, Middle-altitude outer zone, Low-altitude outer zone, Non-control zone |

1계층의 가중치를 분석한 결과 지상위험도(GRC) 0.309와 공중위험도(ARC) 0.691로 도출되었다. 대부분의 항공종사자들은 저고도 운항 위협 중 드론의 지상위험보다는 공중위험이 더 위험하다고 판단하였다. 특히 항공사 조종사 집단에 공중위험도 0.82로 매우 높게 측정되었는데, 항공기 이·착륙시 불법으로 공항을 비행하는 드론으로 인한 공중충돌 위험은 대형 사고로 이어질수 있기 때문에 위와 같은 가중치로 나타난 것으로 판단된다.

**2-4-2 중위계층(2계층) AHP 분석**

중위계층은 지상위험도에서 Population density(인구밀집), Type of Operation(비행방식), Type of aircraft(비행기 종류)으로 계층으로 구분하였다. 측정 가중치는 인구밀집(0.522), 비행방식(0.260), 비행기 종류(0.218) 이었다. 대부분의 항공종사자들은 인구밀집지역에서의 저고도 운항시 드론 위협은 대형 인명사고를 초래하기에 보다 더 위협적이라고 판단하였다. 2계층에서 모든 조종사들은 다음 위협순위로 “비행방식”에 높은 가중치를 부여한 반면, 관제사 집단은 가장 낮은 가중치에 “비행방식”을 선택하였다. 조종사와 관제사가 판단하는 위협이 다소 다르다는 것을 알 수 있었다. 중위계층의 공중위험도에서는 Density of manned air Traffic(공역 교통량), Flight Segment(비행구간), Remoto ID(저고도 식별)로 계층을 구분하였다. 측정 가중치는 공역 교통량(0.433), 비행구간(0.214), 저고도 식별(0.354) 이었다. 2계층에서 눈여겨 볼 만한 결과는 헬리콥터 조종사만 저고도 식별(0.569)을 1순위로 답변하였다. 헬리콥터의 경우 실제 드론이 운용되는 유사 고도에서 운항을 하기에 Traffic의 많고 적음이 문제가 아니라 드론을 식별 할 수 있어야 회피기능이 가능하기에 타 항공종사자들과 다르게 저고도 식별을 선택한 것으로 판단된다.

**2-4-3 하위계층(3계층) AHP 분석**

하위계층 분류로 지상위험도에서는 인구밀집지역 상공, 지상 항공기 및 중요시설 충돌위험 지역, 위험물 운송지역 계층으로 분류하였다. 여기에서는 인구밀집지역 상공(0.446), 지상항공기 및 중요시설 충돌위험(0.315), 위험물 운송지역(0.238)로 조사되었다. 대부분의 집단에서 비슷한 결과치가 나왔으나, 헬기 조종사 집단에서는 위험물 운송지역(0.520)이 절반 이상의 높은 가중치를 나타내었다. 실제 헬기는 화물 운송시 내부적재와 외부적재 2가지 방법을 사용하는데, 부피가 크거나 위험화물일 경우 외부적재를 하게 된다. 저고도 드론 위협시 급격한 조종 조작으로 인한 화물이 장애물 충돌 및 낙하에 대한 위협 때문에 이런 결과가 나온 것으로 판단된다.

비행방식에서 하위계층으로 가시비행(0.178), 비가시비행(0.413), 자동/자율비행(0.409)로 비가시비행이 근소한 차이로 가장 높은 가중치를 나타내었다. 하지만 헬기 조종사 집단은 타

**표 3. 저고도 운항환경 위협요소 AHP 계층구조**

**Table 3. Low-altitude operating environment threat factors AHP hierarchy.**

| Element                                     | 1 Component   | 2 Component                     | 3 Component  |
|---|---|---------------------------------|--|
| Low-altitude drone operation threat factors | Ground Risk Class (GRC)                                 | Population density              | Over populated areas   |
|   |   |                                 | Collision threat area for ground aircraft and important facilities |
|   |   |                                 | Drone/UAM dangerous goods transportation area                      |
|   |   | Type of Operation               | VLOS <sup>5)</sup>   |
|   |   |                                 | BVLOS <sup>6)</sup>  |
|   |   |                                 | automatic / autonomous   |
|   | Type of aircraft  | Aircraft Weight                 |  |
|   |   | Aircraft Size                   |  |
|   |   | Aircraft Category               |  |
|   | Air Risk Class (ARC)                                    | Density of manned air Traffic   | Increase in airspace traffic                                       |
|   |   |                                 | Collisions caused by illegal flights and group flights             |
|   |   |                                 | Unpredictable aircraft (psychological threat)                      |
| Flight Segment                              |   | TO / LD / App                   |  |
|   |   | Climb/Descent/Cruise etc (Taxi) |  |
|   |   | etc (Taxi)                      |  |
| Remoto ID                                   | Availability of autonomous collision avoidance function |                                 |  |
|   | Whether mutual identification is possible or not        |                                 |  |
|   | Mutual monitoring availability                          |                                 |  |

집단에 비하여 비가시비행에 대해 0.561 가중치를 부여하여 상대적으로 비가시비행이 헬리콥터 운항에 더욱더 위협이라고 판단하였다. 결국 헬리콥터 조종사들은 유사 고도를 운항하는 드론의 비가시비행(원격)에 대한 기술적 신뢰가 낮은 것으로 판단된다. 지상위험도 하위계층 항공기 종류에서 항공기 무게(0.269), 항공기 크기(0.335), 항공기 종류(0.396)으로 가중치가 나타났다. 이번 계층에서 특이점은 헬리콥터 조종사 집단의 대다수 인원이 항공기종류(0.737)가 가장 위협이라고 선택하였

5) VLOS(Visual line of sight)

6) BLOS(Beyond visual line of sight)

다. 항공기 종류를 선택한 이유를 분석하면, 헬리콥터 조종사는 비행기에 비해 저속으로 저고도 운항을 하기에 상대 항공기를 육안 식별을 하고 회피 기동을 할 수 있다. 그래서 상대 무인항공기가 헬리콥터 또는 멀티콥터의 경우는 저속이기에 회피 할 수 있는 시간적 여유가 있을 수 있으나, 고정익 무인비행기일 경우 고속으로 회피 할 수 있는 여유가 없을 것으로 생각해서 이런 가중치가 나온 것으로 판단된다.

크기와 무게는 운동에너지에 따른 위협으로 충돌시 피해 정도를 나타내기에 이런 부분은 후 순위로 생각하는 것으로 판단된다. 공중위협도에서 하위계층으로 공역 교통량 증가(0.264), 불법비행(0.392), 예측되지 않는 비행체(0.344)로 나타났다. 관제사 집단은 저고도 공역의 교통량 증가가 가장 큰 위협이라고 판단하지 않고, 불법비행(0.377) 및 예측되지 않는 비행체(0.410)에 가장 높은 가중치를 부여하였다. 그리고 대부분의 집단에서는 저고도 공역 드론의 불확실성(심리적 위협)이 더 높은 위협이라고 판단하였다.

공중위협도 하위계층 비행구간에서는 이착륙, 접근(0.744), 상승, 하강, 순항(0.158), 기타(taxi) (0.098)로 압도적으로 이착륙, 접근 구간이 위협 하다고 전 집단에서 판단하였다. 결국 드론 교통량 증가는 이륙 및 착륙을 위한 저고도 접근 구간에서만 회피하면 조우 할 일이 없다고 판단하는 것이다.

마지막 공중위협도 하위계층 자율충돌 회피 기능(0.299), 상호식별(0.338), 상호감시기능(0.363)으로 기능 부재시 위협이라고 판단하였다. 모든 집단의 전체적으로 비슷하게 위협이라고 판단한 반면, 관제사 집단에서는 자율충돌 회피 기능(0.672)이 아주 높게 나타났다. 아직 관제사들은 드론의 자율비행 수준을 신뢰하지 못할 수준이라 생각하며, 또한 무인항공기이기에 ATC나 기타 다른 방법으로 통제할 수단이 부족하기 때문에 “자율비행 위협”에 높은 가중치를 부여한 것으로 판단된다.

### 2-5 AHP 분석결과 종합

AHP 연구분석 과정을 통하여 각 항목(저고도 위협요소)에 대한 상대비교 및 중요도(가중치)를 분석하였다. 설문 항목에 대한 응답이 각 전문가 집단마다 비슷한 경향을 보였지만, 일부 질문에 대하여서는 특정 집단에서 그렇지 않게 가중치가 부여된 항목도 많았다. 크게 보면 조종사 집단과 관제사 집단, 그리고 조종사 집단간에는 헬리콥터 조종사 집단의 특색이 두드러지게 나타났다. 이처럼 저고도 공역에 많이 노출되는 항공기 조종사 일수록 보다 더 저고도 드론으로부터 위협을 느끼고 있는 것으로 판단된다. 또한 관제사 집단은 저고도 드론의 식별을 통한 항공기 교통관리를 하여야 하나, 식별이 되지 않은 불확실한 드론, 그리고 식별된 드론과의 커뮤니케이션을 할 수 없는 것이 가장 큰 위협으로 느끼는 것으로 판단되었다.

AHP 가중치 분석결과 저고도 위협 우선 순위는 다음과 같다.

1계층 분석결과는 공중위협도(ARC)가 지상위협도(GRC)보다 가중치가 높게 도출되었으며, 따라서 공중위협도에 대한 안전대책에 보다 더 중점을 두어야 할 것이다.

지상위협도 2계층 분석결과에서 ① 인구밀집도 ② 비행방식 ③ 비행기 종류 순으로 도출되었으며, 공중위협도 2계층 분석결과에서는 ① 공역 교통량 ② 저고도 식별 ③ 비행구간 순으로 나타났다. 지상위협도 3계층 분석결과에서는 ① 인구밀집지역 ② 지상항공기 및 중요시설 충돌 ③ 위험물 운송지역 순으로 나타났다. 비행방식 위협 우선순위는 ① 비가시비행 ② 자동/자율비행 ③ 가시비행 순이며, 비행기 종류의 위협 우선순위는 ① 항공기 종류 ② 항공기 크기 ③ 항공기 무게 순으로 나타났다.

공중위협도 3계층 분석결과에서는 ① 불법비행에 의한 충돌 ② 예측되지 않는 비행체에 의한 충돌 ③ 공역 교통량 증가 순으로 나타났다. 비행구간 위협 우선순위는 ① 이착륙, 접근구간 ② 상승, 하강, 순항 ③ 기타(taxi) 순으로 위 가중치를 부여하였다. 마지막으로 저고도 식별 위협에 대해서는 ① 상호 감시기능 ② 상호 식별기능 ③ 자율충돌 회피 기능 순으로 위협의 우선순위를 선정되었다.

AHP 분석결과 헬리콥터 조종사 집단이 타 집단에 비해 저고도 운항 위협에 상이한 답변이 많았다. 드론과 운항 고도가 비슷하여 일수도 있지만, 헬리콥터 조종사들은 대부분 시계비행 방식으로 저고도 비행을 하기에 드론의 식별이 가장 중요한 요소로 판단하였다. 그리고 회피 방법은 SEE AND AVOID 비행 방식 부분도 미식별 저고도 Traffic에 대한 불안감으로 작용하는 것으로 판단된다.

### III. 결 론

우리는 각 항공종사자 설문 및 AHP를 통하여 저고도 공역 드론의 다양한 위협요인 식별 및 위협도를 평가해 보았다. 위협요인 평가결과에서 알 수 있듯이 저고도 드론의 항공교통량 증가 및 불법비행 등으로 레저시 항공기 조종사들에게 많은 위협을 주고 있다. 그러므로 식별된 드론 위협요소를 경감 및 제거할 수 있는 위협관리 대책이 시급한 상태이다.

저고도 공역 안전관리 관련하여 (1차) 국가 R&D 연구 “다목적 복수 저고도 드론 교통관리시스템 및 식별 보안기술개발 사업”(17년-22년)[6], 일명 UTM 연구에서 제시되었던 USS<sup>8)</sup> 사업자는 관할 공역에 대한 항공안전관리시스템(SMS)[7]를 운영하여야 하는 주체라 설명하고 있다. 그리고 이어서 (2차) UTM 연구(23년-26년)가 아직 진행중으로, 상용화 되기까지는 많은 시간이 필요한 상황이다.

결국 UTM이 상용화 되기전까지 저고도 운항 안전관리가 공백인 상태이므로, 현재 저고도 운항이 많은 헬리콥터 운영기관 등은 저고도 드론 위협도 경감대책이 요망된다. 그리고 (2차) UTM 연구의 조속한 상용화가 필요하다.

저고도 공역의 드론 위협요인을 사전 식별하고, 위협도 평가를 통한 위협도 경감 대책을 수립함으로써, 저고도 공역을 보다 안전하고 효율적으로 활용할 수 있게 될 것이다.

7) UTM(UAS Traffic Management)  
8) USS(UTM Service Supplier)

**References**

[1] The 2nd Basic Plan for the Development of the Drone Industry(2023~2032), Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2023. Retrieved from [http://www.molit.go.kr/USR/NEWS/m\\_71/dtl.jsp?lmspage=1@id=95087235](http://www.molit.go.kr/USR/NEWS/m_71/dtl.jsp?lmspage=1@id=95087235).

[2] C. H. Choi, Research on countermeasures against illegal drones and UAV threats, Master’s thesis, Dankook University, Republic of Korea, 2023. Retrieved from [https://lib.dankook.ac.kr/dcollection/public\\_resource](https://lib.dankook.ac.kr/dcollection/public_resource).

[3] K. H. Ka “A study on the airport response system for illegal drone,” *Journal of the Aviation Management Society of Korea*, Vol. 19, No. 3, pp. 109-125, 2021. DOI: 10.30529/amsok.2021.19.3.006.

[4] S. K. Gu, A study on hazard analysis and management for light sport aircraft, Master’s thesis, Hanseo University, Republic of Korea, 2011. Retrieved from <https://hanseo.dcollection.net>.

[5] Easy Access Rules for Unmanned Aircraft Systems, Article 11 Rules for conducting an operational risk assessment(SORA), Vol. 14 No. 1 pp. 41-63, Sep. 2022. Retrieved from <https://www.easa.europa.eu/en/domains/drones-air-mobility/operating-drone/specific-category-civil-drones/specific-operations-risk-assessment-sora>.

[6] Development of Multi-purpose Multiple Low Altitude Drone Traffic Management System and Identification Technology, Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2022. Retrieved from <https://www.bing.com/search?q=다목적+복수+저고도+드론+교통관리시스템&from=ANNTH1&refig=5CB08AE1B1EC4F989D72B16DDFA5210B&pc=U531>

[7] ICAO, Annex 19, Safety Management System (SMS). Retrieved from <https://www.icao.int/nacc/documents/meetings/2014/sspsmsant/annex19.pdf>.



**김 성 엽 (Sung-Yeob Kim)**  
 2003년 8월 - 2015년 9월 : 육군항공 조종사(예비역 소령)  
 2018년 7월 - 2020년 3월 : 진에어 운항승무원  
 2020년 8월 - 현재 : 한국항공대학교 항공운항관리학 박사수료  
 2023년 12월 - 현재 : 한국교통안전공단 항공안전실 선임연구원  
 ※관심분야 : 항공운항, 항공정책, UAM, 드론



**이 명 식 (Myeong-sik, Lee)**  
 2015년 7월 - 현재 : 한국공항공사  
 2021년 3월 - 2024년 2월 : 한국항공대학교 항공교통물류학과 (이학박사)  
 ※관심분야 : 공항, 소음



**김 현 덕 (Hyeon-deok Kim)**  
 1997년 3월 - 2020년 2월 : 대한항공 운항승무원  
 2017년 5월 - 2020년 2월 : 대한항공 B777 기장, 안전보안실 사고조사관  
 2020년 3월 - 현재 : 한국항공대학교 항공운항학과 부교수  
 2022년 6월 - 현재 : 국토교통부 항공철도사고조사위원회, 항공분야 자문위원  
 ※관심분야 : Flight data analysis, 사고조사, SMS