

# 국가중요시설의 적대적 드론 방어를 위한 스마트 대공방어체계 운용요구능력 고려사항에 관한 연구

## A Study on the Consideration of the Required Operational Capabilities for the Smart Defense Drone System against Hostile Drones in National Important Facilities

안효춘\* · 김국주\*\* · 양현상\*\*\* · 홍규덕\*\*\*\* · 박영준\*\*\*\*\*

Ahn, Hyochun\*, Kim, Kukjoo\*\*, Yang, Hyeonsang\*\*\*, Hong, Kyu Dok\*\*\*\*, and Park, Young Jun\*\*\*\*\*

### Abstract

This study aims to derive the required operational capability for the defense drone system against hostile drones in national important facilities. For the Delphi survey, the panel comprises 30 experts related to the defense drone system as well as anti-aircraft operations. The first questionnaire investigates the considerations required for the operational capabilities, and then their agreements on each extracted consideration are analyzed statistically in the second to fourth questionnaire. Consequently, 15 final considerations are reclassified with five factors such as detecting, Enterprise data sharing, incapacitating, identifying and tracking, and universal supporting.

**Key words** : National Important Facilities, Hostile Drones, Defense Drone System, Required Operational Capabilities

### 요 지

이 연구에서는 국가중요시설에 대한 적대적 드론의 침해행위에 대응하기 위한 스마트 대공방어체계의 운용요구능력에 관한 고려사항을 도출하였다. 델파이 조사를 위해 30명의 드론방어체계 및 방공작전 분야의 전문가 30명으로 패널을 구성하였다. 1차 설문은 대공방어체계의 운용요구능력에 관한 고려사항을 식별하였으며, 후속 설문에서는 도출된 고려사항에 대한 전문가의 합의를 통계적으로 도출하였다. 결과적으로 요인분석을 통해 운용요구능력에 관한 총 15개의 고려사항을 5개 요인으로 재분류하였다.

**핵심용어** : 국가중요시설, 적대적 드론, 대공드론방어체계, 운용요구능력

## 1. 서 론

### 1.1 연구배경 및 목적

드론은 항공, Information Communications Technology

(ICT), 센서(Sensors), 카메라 등 첨단기술이 융합된 시스템으로 초기 군사용으로 개발 되었으나 오늘날 다양한 산업 분야에서 범용으로 활용되면서 4차 산업혁명을 견인할 대표적인 플랫폼으로 주목받고 있다. 5G 이동통신을 기반으로

\*정회원, 육군사관학교 전자공학과 조교수(E-mail: ahnhc38@ahnhc38.com)

Member, Assistant Professor, Department of Electrical Engineering, Korea Military Academy

\*\*정회원, 육군사관학교 토목환경학과 조교수(E-mail: klauskim@ufl.edu)

Member, Assistant Professor, Department of Civil Engineering and Environmental Sciences, Korea Military Academy

\*\*\*고려사이버대학교 국방기술융합학과 겸임교수(E-mail: yhs10386@naver.com)

Double Professor, Department of Defense Covergence Technology, Korea Cyber University

\*\*\*\*숙명여자대학교 정치외교학과 교수(E-mail: kdhong@sm.ac.kr)

Professor, Department of Political Science and Diplomacy, Sookmyung Womens' University

\*\*\*\*\*교신저자, 정회원, 육군사관학교 토목환경학과 교수(Tel: +82-2-2197-2955, Fax: +82-505-4087-0507, E-mail: parky@mnd.go.kr)

Corresponding Author, Member, Professor, Department of Civil Engineering and Environmental Sciences, Korea Military Academy

빅데이터를 실시간으로 수집 및 활용하며, 동시에 인공지능 기반의 자율 비행 및 운영관리가 가능한 드론의 활용은 미래 항공 산업은 물론 다양한 산업의 수요에 필수불가결한 융합 서비스를 제공할 것으로 기대되어 그 중요성과 활용범위는 더욱 커질 것으로 예상된다.

반면 드론의 활용도 및 기술 수준이 향상됨에 따라 드론을 활용한 불법적 행위 건수가 증가하고 있으며, 그 피해정도가 심각해지고 있다. 최근에는 범죄나 테러 등에 적대적 드론을 활용함으로써 이에 대한 위기감이 크게 증대되고 있다(Jung, 2019). 상용드론은 ① 획득과 조종의 용이성, ② 수직 이착륙 능력, ③ 빠른 기동력과 높은 적재능력을 보유하여 국민과 공공의 안전을 위협하는 수단으로 악용될 가능성이 크다. 특히, 적대적 세력이 상용드론을 악용하여 공공기관, 국가중요시설 및 다중이용시설을 침해할 경우 그 피해는 가히 절대적일 것이며, 보다 중요한 것은 이러한 가능성이 더 이상 좌시할 수 없는 현실이 되었다는 것이다. 2019년 9월 이란의 배후 세력이 단 10대의 드론 공격으로 사우디아라비아 국영 석유회사 아랍코의 정유시설에 대해 공격을 단행하여 사우디아라비아 전체 산유량의 70%에 달하는 시설 및 장비 등의 가동을 중단시킨 사례에서 우리는 국가중요시설에 대한 적대적 드론 공격의 심각성을 충분히 가늠할 수 있었다. 초영역·초연결 시대에 드론과 같은 새로운 위협수단의 등장은 우리의 안전망을 더욱 취약하게 하고 있어 이를 대비하는 안전망 구축과 보안역량 강화는 새로운 개념, 접근 방법을 통해 확보할 필요가 있다. 특히, 공공기관, 공항, 항만, 주요 산업시설과 같은 국가중요시설에 대한 드론의 위협은 국가 안보와 국민 생활에 심각한 영향을 줄 수 있어 어느 영역보다 빠른 속도로 대응 능력을 확보하고 중장기적인 예방 및 방호전략을 수립이 요구된다.

최근 드론을 이용한 범죄나 테러를 대비하기 위한 대응방안과 이에 관련된 여러 논문들이 발표되었다. Heo and Jung (2017)는 드론의 범죄 악용 가능성을 소개하고 드론 테러를 대응하기 위한 기술적, 물리적 측면의 대응방안의 필요성을 언급하였고 시설의 상황 및 용도에 적합한 안티드론 기술의 필요성을 제기하였다. Jung (2019)은 드론의 범죄 악용 가능성을 제한하기 위한 드론 등록제와 같은 정책을 제안하였다. 그리고 Choi et al. (2018)은 국내·외의 드론 방어를 위한 기술적 특성과 시스템을 소개 하였고, Kim et al. (2018)에서는 경찰용 안티드론의 능력을 실증하기 위해 드론 무력화 기술을 검증하였다. 이러한 논문들은 적대적 드론의 침해행위에 대한 심각성을 강조하고, 이에 대한 대응책으로 안티드론 개발 및 운용, 드론 등록제 실시 등을 제시하였으나 국가중요시설과 같은 특정 권역 내에서 드론 방어체계를 도입하고 운용하기 위한 핵심적으로 필요한 운용요구능력에 대해서는 구체적으로 다루지 않았다.

이에 본 논문에서는 국가중요시설에서 적대적으로 운용되는 드론에 대한 대응과 방호를 수행하기 위한 스마트

대공방어체계의 운용요구능력을 도출하고자 한다. 이를 위해 관련 전문가 집단으로부터 델파이 기법에 의한 설문문을 통해 국가중요시설에서 적대적으로 운용되는 드론을 방어하기 위해 방어체계의 운용요구능력에 관한 고려사항을 도출하였다.

## 1.2 연구범위 및 방법

이 연구는 국가중요시설에서 적대적 드론을 이용한 범죄나 테러 위협에 대응하기 위하여 통합방위작전 수행의 관점에서 드론을 활용한 스마트 방어체계의 운용요구능력을 도출하였다. 이를 위해 델파이 기법을 사용하였으며, 패널은 민·관·군의 전문가 30인으로 구성하였다. 형평성 있는 의견수렴을 위해 패널들은 교수·연구원 10인, 민간 개발업체 10인, 현역군인 10인으로 균형있게 편성하였으며, 방공 및 방호작전을 수행, 체계 및 기술개발 유경험자이다. 우선 개방형 질문(Open-ended question)을 통해 패널로부터 대공드론체계의 운용요구능력의 고려사항에 대한 자유의견을 제시하도록 하였다. 후속 설문문에서는 폐쇄형 질문을 통해서 개방형 설문에서 수집된 비체계적인 응답들을 선형연구결과와 응답의 유사도를 분석하여 제시된 의견에 대한 동의 여부를 조사하였다. 이때 각 항목의 내용에 대한 타당성을 검증하기 위해 7점 척도법을 사용하였으며, 3 또는 4차 설문은 합의에 도달하지 못한 항목에 대한 다른 전문가들의 의견과 본인의 의견을 비교하여 본인의 응답을 수정하거나 추가의견을 제시하는 방식으로 보완 및 최종 합의를 도출하였다(Fig. 1). 이를 토대로 국가중요시설에서 적대적 드론에 대해서 통합방위작전을 수행하기 위한스마트 드론방어체계 운용요구능력에 관한 개방형 질문에서의 정성적 의견을 후속 질문과 통계분석을 통한 정량화 과정을 통해 운용요구능력에 관한 합의된 고려사항을 도출하였다.

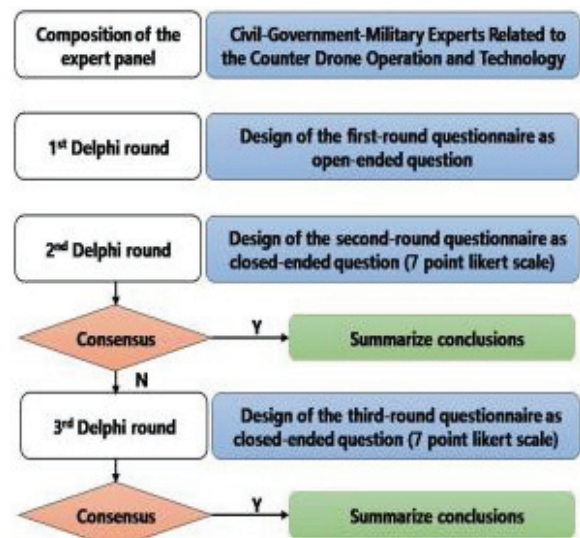


Fig. 1. Research Flowchart

## 2. 드론의 특성과 위협

### 2.1 드론의 특성

드론은 정찰 및 폭격을 목적으로 군사적으로 개발되었고 1849년 베니스 전투에서 사용된 열기구에서 폭탄을 떨어뜨리는 시초이다. 드론의 정의는 조종사가 없는 비행체라는 의미의 Unmanned Aerial Vehicle (UAV), Unmanned Aerial System (UAS)와 혼합되어 사용되며, 분류는 형태, 크기(무게), 고도, 운용목적, 성능 등에 따라 구분된다. 드론의 특성은 비행제어장치, 임무컴퓨터를 포함한 비행조종 보드, 비행본체, 프로펠러, 전기모터, 임무장비(카메라, 짐벌 등), 항법센서, 통신안테나, 배터리로 구성된다(Kim et al., 2018).

### 2.2 드론의 위협

미군은 드론을 UAS로 정의하고 있고 기술의 발전으로 진화된 최신 UAS가 비대칭 접근 방식으로 공격을 수행하고 정보를 수집하거나 추가적인 위협을 줄 수 있는 수단으로 인식하고 있다. 특히, Table 1은 드론을 무게, 운용고도 및 속도를 기반으로 5개의 그룹으로 분류하였다(Headquarters Department of the US Army, 2017). 그중에 Group #1과 #2를 LSS(Low, Slow, Small) UAS로 정의하고 전장에서 여단급 이하의 작전제대의 주요 군사적 위협으로 분류하였다. Group #3 이상의 드론은 통합방공 및 유단 방어 기능은 큰 종류의 드론에 효과적으로 대응할 수 있지만, 이에 반해 LSS UAS은 탐지가 어려워서 이에 대한 공격의 회피는 물론 대응을 위한 추적, 식별 및 격파하는데 어려움이 있어 이에 대한 위협 대비 계획을 수립하는 개념을 적용하고

있다.

국내에 있는 상용드론 중에 미군에서 분류하는 LSS UAS로 분류할 수 있는 드론은 레이싱의 취미활동을 위한 드론과 농업용 방제 드론 제품들이 있다. 이와 같은 상용드론은 저비용으로 획득이 가능하고 운반과 조작의 용이한 특성을 가지고 있다. 또한 수직 이착륙이 가능하여 방호자 입장에서 예상 접근로의 예측이 어려워서 침투 및 공격의 조기인지가 곤란하고 빠른 기동력과 상대적으로 높은 적재능력을 보유하여 탐지 및 식별하였더라도 이에 대한 초동조치와 현장대응이 쉽지 않은 어려움이 있다. 이 때문에 드론은 국가기반시설과 국민의 안전을 위협하는 감시정찰 및 타격 수단으로 이용될 수 있는 것이다. 예를 들어 농업용 방제 드론은 수백 m 이격된 지역에서 비행 컨트롤이 가능하고 드론의 자체 무게에 더해서 10~15 kg의 적재 능력을 보유하여 국가 중요시설 공격을 위한 타격용으로 언제든지 활용될 수 있고 이는 상존하는 위협요소로 작용한다는 것이다. 상용 드론의 이와 같은 능력은 국가중요시설을 보호를 위한 통합방위작전의 작전 수행 개념과 연계해서 대응 개념이 발전이 되어야 하겠고 이를 능동적으로 대비하기 위한 스마트 대공방어체계는 필수적이다.

## 3. 적대적 드론을 대응하는 스마트 대공방어체계 운용요구능력 도출

델파이 기법은 선정된 패널이 장기간에 걸친 의견 수렴과정에서 이탈하는 것을 방지하고, 각 개인의 의견 개진에 타인의 영향을 최소화시켜야 한다. 이에 연구진은 각 응답자

Table 1. Classification of UAS Group

Group	Main capability	Characteristic
Group #1	- Weight: 9.07 kg or less - AGL: below 1,200 ft (365 m) - Speed: 100 Kts (185 km/h)	- Hand launched - Offering realtime video and control - Operated within lone of sight of user
Group #2	- Weight: 9.52~24.92 kg - AGL: below 3,500 ft (1,066 m) - Speed: 250 Kts (185 km/h)	- Low radar cross-section - Small airframe
Group #3	- Weight: 24.94~598 kg - AGL: below 3,500 ft (5,486 m) - Speed: 250 Kts (185 km/h)	- Range and endurance varies significantly among platforms
Group #4	- Weight: more than 598.74 kg - MSL: below 18,000 ft - Speed: any speed	- Relatively large systems operated at medium to high altitudes
Group #5	- Weight: more than 598.74 kg - MSL: higher than 18,000 ft - Speed: any speed	- Operated at medium to high altitudes having the greatest range, endurance, and airspeed

- RCS: Radar Cross Section
- AGL: Above Ground Level
- MSL: Mean Sea Level

에게 개별미팅을 통한 심층면접을 수행하였으며, 단계별 연구결과를 패널들에게 공유하는 과정을 반복하여 흥미를 유발하면서 높은 응답률을 확보할 수 있었다(Table 2).

### 3.1 자료수집 및 분석

#### 3.1.1 제1차 설문(개방형 질문)

1차 설문조사는 국가중요시설의 방호를 위한 통합방호 작전 수행 관점에서 스마트 드론방어체계를 운용하기 위해 필요한 능력을 개방형 질문으로 제시하였다.

1차 설문의 기간은 2020년 2월 19일부터 2주 동안 사전에 동의를 얻은 해당분야의 전문가들에게 직접 인터뷰를 통해 연구목적과 배경, 설문의 취지를 충분히 공감시켰으며, 질문에 대한 답변은 이메일을 통해 제시토록 하였다. 총 25명으로부터 응답을 받았으며, Table 3에서 보는 바와 같이 총 20개의 고려사항이 도출되었다.

#### 3.1.2 제2차 설문(폐쇄형 질문)

2차 설문조사에서는 1차 설문조사 결과를 토대로 종합적인 분석을 통해 유사항목은 제외하여 폐쇄형 설문지를 준비하였다. 기간은 2020년 2월 24일부터 1주 동안 해당 전문가 그룹을 대상으로 온라인 화상인터뷰를 통해 총 27명으로부터 응답을 받았다. 2차 설문조사는 본 연구진의 선행연구 결과 및 1차 설문조사 결과(개방형 설문)를 바탕으로 응답 결과에 대한 고려요소와 타당성을 확인하기 위해 Table 4와 같이 7점 척도법을 적용한 폐쇄형 질문을 실시하였다. 폐쇄형 질문에서는 1차 조사에서 수집된 비체계적인 개방형 응답들을 분석하여 구조화된 폐쇄형 질문으로 재 작성하였고 전문가들로 하여금 제시된 문항에 대한 중요성을 등급별로 평가하도록 하였으며, 총 27명의 전문가 패널들이 답변하였다. Fig. 2는 20개의 질문에 대한 응답결과를 Boxplot으로 도식하였고 각 질문 항목에 대한 전문가의 의견이 특정 위치에 편향되어 정규분포에 이르지

**Table 2.** Selection and Classification of Experts for Delphi

Occupation	Speciality Group	Survey (Percentage)		
		1st	2nd	3rd
Solider	10 (33.3%)	10 (33.3%)	10 (33.3%)	10 (33.3%)
Professor Researcher	10 (33.3%)	7 (26.7%)	9 (30.0%)	9 (30.0%)
R & D Group	10 (33.3%)	8 (23.3%)	8 (26.7%)	8 (26.7%)
Total	30	25	27	27

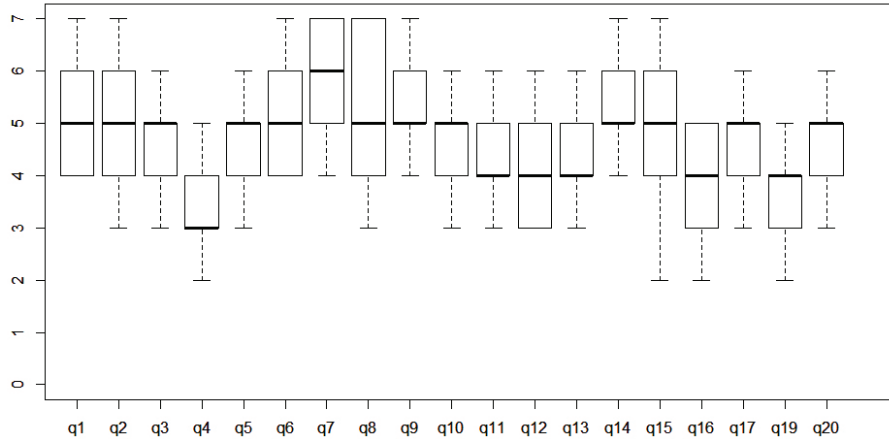
**Table 3.** Factors Considered for Protective Criteria

Code	Statements
Q.01	Battery support capabilities for long-term independent operations
Q.02	Ability to identify operator position based on drone position
Q.03	Support universal platforms that are free to mount and operate
Q.04	Analysis and identification of drone's mounts
Q.05	Provide location of drones in COP (Common Operational Picture)
Q.06	Ability to monitor, analyze, process and store real-time images day and night
Q.07	Ability to identify and track drones emerging from clusters and multiple locations
Q.08	Neutralization of drone swarms through control channel and GPS signal jamming
Q.09	Detection ability of the position, speed and state of motion of a very small drone (less than 10 cm)
Q.10	Wide range of detection distances that can be pre-identified and struck outside the drone's perimeter
Q.11	Ensuring that the body is harmless from electromagnetic waves
Q.12	Drone type classification and Identification based on artificial intelligence
Q.13	Energy Saving Function with power control
Q.14	Ensuring interoperability with existing information systems
Q.15	Ability to identify frequency bandwidth of control channel between drones and operators
Q.16	5G mobile communication based large data communication ability
Q.17	Ability to share and situations awareness for coordination with relevant agencies
Q.18	VR (Virtual Reality) based command decision support
Q.19	Real-time image analysis and processing technology
Q.20	Supports operation in adverse weather and conditions (harsh, hot, stormy, dust, rainfall, snowfall, fog)

**Table 4.** Degree of Agreement in Seven Points Scale Method

Number	Likert Scale
1	Very Unimportant
2	Unimportant
3	Slightly Unimportant
4	Neutral
5	Slightly Important
6	Important
7	Very Important

않았음을 확인하였다. 따라서 이를 정량화하기 위해서 Shapiro-Wilk Normality Test를 수행하였으며 그 결과는 Table 5에서 보는 바와 같다. 정량화를 위해 Shapiro-Wilk Normality Test를 통해 분석한 결과 유의확률이 0.05 이하였으며 이는 2차 설문지의 모든 항목에 대한 응답이 정규분포가 아닌 것으로 확인되었다. 이에 응답의 분포가 정규분포가 아닐 때 대립가설에 대한 해당 데이터의 적합성을 판단하는 통계방법인 Wilcoxon Signed Rank Test를 적용하여 분석하였다.



**Fig. 2.** Results of Second Survey on Considered Factors for Drone Combat System

**Table 5.** Statistical Analysis on Results of Second Survey

Code	Descriptive Statistics				Normality		Wilcoxon signed rank test		Determin.
	Mean	Standard	Median	IQR*	W	p-value	V	p-value	
Q.01	6.15	0.745	6.00	1.00	0.809	0.001	210.0	0.000	Accepted
Q.02	5.67	1.252	6.000	3.000	0.799	0.000	780	0.000	Accepted
Q.03	5.65	1.137	6.00	1.00	0.844	0.004	151.0	0.000	Accepted
Q.04	4.50	1.000	4.50	1.00	0.889	0.025	63.0	0.051	Deffered
Q.05	5.85	0.988	6.00	0.50	0.822	0.002	153.0	0.000	Accepted
Q.06	4.925	1.774	5.000	4.000	0.879	0.000	798	0.000	Accepted
Q.07	5.40	0.940	5.50	1.00	0.879	0.017	136.0	0.000	Accepted
Q.08	6.15	0.671	6.00	1.00	0.798	0.000	210.0	0.000	Accepted
Q.09	5.90	0.718	6.00	0.00	0.790	0.000	190.0	0.000	Accepted
Q.10	4.95	1.234	5.00	2.00	0.912	0.069	106.0	0.007	Accepted
Q.11	5.45	1.316	6.00	1.25	0.874	0.014	128.0	0.001	Accepted
Q.12	5.60	1.353	6.00	0.25	0.679	0.000	189.0	0.001	Accepted
Q.13	4.35	1.348	4.00	1.25	0.951	0.380	69.5	0.273	Deffered
Q.14	5.40	0.995	6.00	1.25	0.851	0.005	120.0	0.000	Accepted
Q.15	5.45	1.356	6.00	1.50	0.890	0.027	128.0	0.001	Accepted
Q.16	3.85	1.268	4.00	1.25	0.883	0.020	26.0	0.524	Deffered
Q.17	5.65	1.182	6.00	1.25	0.876	0.015	150.5	0.000	Accepted
Q.18	4.85	1.663	5.00	2.00	0.882	0.019	103.0	0.064	Deffered
Q.19	3.491	2.275	4.000	3.000	0.930	0.004	339	0.104	Deferred
Q.20	5.623	1.484	6.000	3.000	0.810	0.000	989.5	0.000	Accepted

\* IQR: Interquartile Range

패널의 응답이 각 항목들에 대한 동의여부를 판단하는 등간척도임을 근거로 비모수 방법 적용을 통해 계산된 p-value가 유의수준 0.05 이하라면 해당 항목의 설문결과가 통계적으로 유의하며, p-value가 유의 수준 0.05 이상이면 해당 항목에 대한 전문가의 의견의 일반화가 제한됨을 확인하였다. 따라서 Q4, Q13, Q16, Q18, Q19 고려사항은 전문가 합의를 도출하기 못해 3차 설문을 진행하였다.

### 3.1.3 제3차 설문(개방형 질문)

제 3차 설문에서는 2차 설문결과의 응답에 대하여 집중경향과 변산도(중앙값과 사분점간 범위: Interquartile Range, '사분범위'라고도 함)를 산출하였고 각 전문가 패널에게 제시하여 본인의 제 2차 응답결과에 대한 재고 및 수정을 할 수 있도록 하였다. 만일, 다수의 의견과 다른 응답을 제시하였다면 그 이유를 설명하도록 하였다. 채택이 되지 않은 5개 항목은 기술 구현을 위한 성숙도와 필수 요구항목에 대한 우선순위에서 중요하다고 낮아 모두 불채택 되었고 이에 대한 3차 설문조사 결과는 Table 6에 정리하였다.

## 4. 요인분석

3차에 걸친 설문조사를 토대로 채택된 의견인 스마트

드론방어체계의 고려사항에 대하여 요인분석을 수행하였다. 우선 고려사항을 묶을 수 있는 요인의 개수를 판단하기 위하여 Scree Plot을 활용하였다. Scree Plot에서는 Y축의 고유치가 “1” 이상일 때, X축의 값으로 요인의 개수를 판단하므로, 고려사항을 묶을 수 있는 요인의 개수를 5개로 가정하였다. 결과를 분석해 보면 RC1 및 RC2 요인은 Q.09, Q.15, Q.10과 Q.17, Q.14, Q.05을 각각 3개 고려사항으로 분류할 수 있다. RC3 및 RC 4요인은 Q.01, Q.08, Q.11, Q.20과 Q.02, Q.06, Q.07, Q.12로 각각 4개 고려사항으로 차원을 감소시키며, RC 5요인은 Q.03의 한 가지 고려사항을 대표하는 것으로 추출되었다.  $h^2$ 는 각 변수의 공통성,  $u^2$ 는 분산성을 나타내는데,  $h^3$ 가 0.3 이하이면 다른 변수들과 공통성이 약한 것으로 판단하는데, 모든 응답에서 0.3을 상정하였다 (Fig. 3; Thompson, 2004). Varimax를 통한 요인분석의 결과는 Table 7과 같으며, 그 결과는 수렴하는 것을 확인하였다 (Kaiser, 1958). 해석 결과에 따르면 RC1 및 RC 2요인은 Q.09, Q.15, Q.10과 Q.17, Q.14, Q.05을 각각 3개 고려사항으로 묶을 수 있었다. RC3 및 RC 수들과의 공통성이 약한 것으로 판단하는데, 모든 응답에서 0.3을 상회하여 공통성이 약하지 않은 것으로 판단되었다. 각 요인들에 의한 설명력은 Table 8과 같다. 요인분석을 통해 얻은 각 요인별 각 고려사항의 공통성을 분석한 결과, RC1 요인은 드론탐지능력, RC2

Table 6. Statistical Analysis on Results of Third Survey

Code	Descriptive Statistics				Normality		Wilcoxon signed rank test		Determin.
	Mean	Standard	Median	IQR	W	p-value	V	p-value	
Q.04	3.566	1.185	4.000	3.000	0.837	0.000	224	0.005	Rejected
Q.13	2.736	2.588	2.000	5.000	0.852	0.000	304.5	0.001	Rejected
Q.16	3.453	1.814	3.000	3.000	0.873	0.000	311.5	0.02	Rejected
Q.18	3.396	1.702	3.000	3.000	0.943	0.014	287.5	0.023	Rejected
Q.19	3.132	1.687	3.000	2.000	0.909	0.001	238	0.001	Rejected

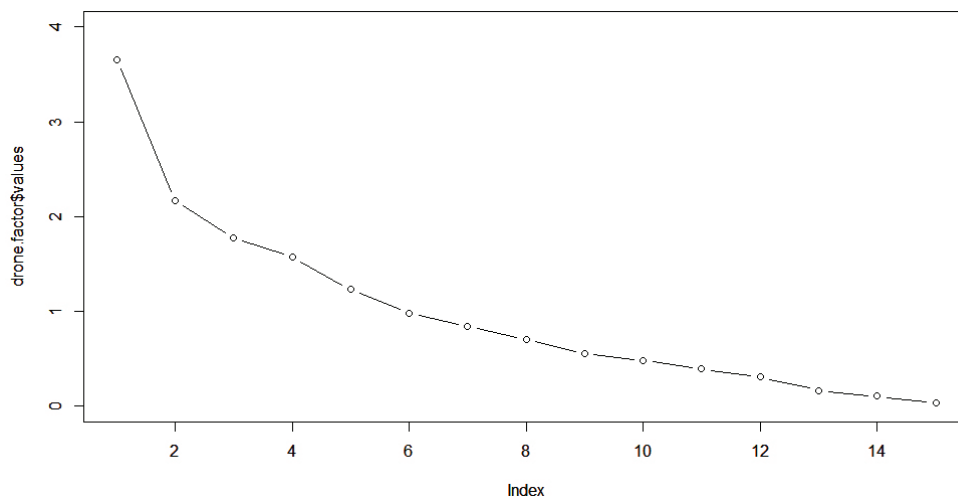


Fig. 3. Scree Plot for 15 Accepted Codes



**Table 7.** Varimax Rotation Results on Major Factors

Code	RC1	RC2	RC5	RC3	RC4	h2	u2
Q.09	0.76					0.342	1.3
Q.15	0.86					0.860	1.4
Q.10	0.72					0.314	1.9
Q.17		0.70				0.469	1.3
Q.14		0.86				0.449	1.0
Q.05		0.43				0.550	3.0
Q.03			0.56			0.441	2.6
Q.08				0.76		0.386	1.2
Q.01				0.67		0.352	2.1
Q.20				0.55		0.322	3.3
Q.11				0.32		0.402	3.0
Q.02					0.67	0.535	1.1
Q.07					0.81	0.312	1.1
Q.06					0.43	0.349	1.8
Q.12					0.37	0.485	1.1

**Table 8.** Explanation by Each Factors

	RC1	RC2	RC5	RC3	RC4
SS loadings	2.65	2.10	1.90	1.89	1.88
Proportion Var	0.18	0.14	0.13	0.13	0.13
Cumulative Var	0.18	0.32	0.44	0.57	0.69
Proportion Explained	0.25	0.20	0.18	0.18	0.18
Cumulative Proportion	0.25	0.46	0.64	0.82	1.00

- \* Mean item complexity = 1.7
- \* Test of the hypothesis that 5 components are sufficient.
- \* The root mean square of the residuals (RMSR) is 0.1
- \* with the empirical chi square 59.18 with prob < 2.13-07
- \* Fit based upon off diagonal values = 0.59 > q( )

요인은 전사적인 데이터 공유능력, RC3 요인은 드론 무력화 및 파괴능력, RC4 요인은 드론 식별 및 추적능력, RC5 요인은 탑재 및 운용 방식이 자유로운 범용 플랫폼으로 도출되었다. 도출된 요인은 스마트 대공방어체계의 운용적 특성을 기능적으로 분류하여 Table 9와 같이 도출하였다.

### 5. 결론

4차 산업혁명 시대에 5G 이동통신과 사물인터넷의 동시 성과 기하급수적인 확장 속도를 감안하면 기술융합 시대의 도래는 우리 사회의 안전망을 더욱 취약하게 만들고 있다. 대표적으로 드론은 4차 산업혁명을 선도하는 핵심 시스템으로서 우리의 일상생활에 깊이 파고들어 관련 산업 발전에 크게 이바지 하는 긍정적인 기회도 있지만, 국가 및 국민의 안전을 위태롭게 만드는데 악용될 수 있어 이에 대한 대비가

절실하다.

이 연구에서는 국가중요시설 방호에 위협이 되는 적대적 드론을 방어하기 위해 운용되는 스마트 대공방어체계에 요구되는 운용요구능력의 고려사항을 도출 하였다. 아울러 통합방위작전 수행을 위한 계선별 임무분장을 위해 고려사항에 대한 요인분석을 수행하였고 텔파이기법 및 요인분석을 활용하여 대공드론체계의 운용을 위한 총 5개 요인, 15개 고려사항을 도출되었다.

본 연구진은 도출된 운용요구능력에 관한 고려사항에 대해 전문가들의 세부적인 의견을 토대로 분석하였다.

첫째, 드론의 탐지 능력 요소에서는 상용드론이 초소형화 되고 기동 및 적재 능력이 향상됨에 따라 레이더 및 센서와 같은 시스템을 통해 Radar Cross Section (RCS) 0.01 m<sup>2</sup> 이하의 작은 드론을 탐지할 수 있어야 한다. 그리고 수직 탐지범위(Elevation Coverage)가 50° 이상이어야 하고 조류

**Table 9.** Common Factors According to Factor Analysis Results

Factor		Consideration	
RC1	Detecting	Q.09	Detection ability of the position, speed and state of motion of a very small drone (less than 10 cm)
		Q.10	Wide range of detection distances that can be pre-identified and struck outside the drone's perimeter
		Q.15	Ability to identify frequency bandwidth of control channel between drones and operators
RC2	Enterprise Data Sharing	Q.05	Provide location of drones in COP (Common Operational Picture)
		Q.14	Ensuring interoperability with existing information systems
		Q.17	Ability to share and situations awareness for coordination with relevant agencies
RC3	Incapacitating	Q.01	Battery Support Capabilities for Long-Term Independent Operations
		Q.08	Neutralization of drone swarms through control channel and GPS signal jamming
		Q.11	Ensuring that the body is harmless from electromagnetic waves
		Q.20	Supports operation in adverse weather and conditions (harsh, hot, stormy, dust, rainfall, snowfall, fog)
RC4	Identifying and tracking	Q.02	Ability to identify operator position based on drone position
		Q.06	Ability to monitor, analyze, process and store real-time images day and night
		Q.07	Ability to identify and track drones emerging from clusters and multiple locations
		Q.12	Drone type Classification and Identification based on artificial Intelligence
RC5	Universal Supporting	Q.03	Support universal platforms that are free to mount and operate

와 드론 구분하여 탐지할 수 있어야 한다. 또한 드론 운용에 사용되는 무선 통신채널의 주파수 제원을 확인할 수 있는 능력이 요구된다. 드론의 탐지 가능 영역은 최초 드론이 식별된 후 드론의 최대 속도 대비 보호되어야 할 대상 시설 및 보호물을 방호하고 이를 무력화 할 수 있는 반응시간을 고려하여 관심지역과 타격지역으로 구분되어야 한다.

둘째, 드론 식별 및 추적 요소는 군집 드론을 식별하고 드론의 위치를 기반으로 조종자의 위치를 분석할 수 있는 능력이 요구되었다. 또한 주·야간 영상 감시·분석·처리·저장 능력은 레이더에서 식별된 위치 정보를 기반으로 전기광학 및 적외선 카메라(Electro-Optical and Infrared, EO/IR)가 드론을 추적하여 영상정보를 제공하고 카메라에서 출력된 영상 이미지신호를 프로세싱해서 정밀 추적하는 기술의 접목이 요구된다.

셋째, 드론의 무력화 및 파괴 능력 요소에서는 흑한과 흑서기와 같은 악조건에서 사용할 수 있는 능력과 탐지 및 식별된 드론을 전파 교란을 통한 무력화할 수 있는 능력이 요구되었다. 전파 교란을 위한 전파 방사는 특정 지역에 침투하는 드론을 대비하기 위해 지향성 전파 방사 능력과 군집드론을 대비하기 위해 무지향성의 전파방사 능력이 요구된다. 무력화 과정에서 드론이 추락하면서 발생하는 2차 피해 예방하면서 명중률과 치명성이 높이는 방안으로 전파교란에 대한 능력이 강조되었다. 이는 비군사적인 방호 활동에서 민간의 물리적 피해 예방이 가능하지만 드론이

사용하는 무선 주파수 채널을 재밍하는 과정에서 발생 가능한 민간의 무선 전파간섭은 법적 정책적으로 추가적인 검토와 보완이 필요하다. 추가적으로 드론을 무력화하기 전파를 방사하는 시스템은 사람에게 사용 시에는 인체에 영향을 없어야 하겠다.

넷째, 전사적인 데이터 공유 능력에 대한 요구이다. 국가중요시설에서 드론에 대응하기 위한 스마트 대공방어체계는 단독 시설의 방호와 도시 전체기반시설의 통합방호와 연계해야 하고 모든 상황은 관련기관과 상황 공유 및 전파 능력이 필수적이다. 특히, 기관내의 정보시스템과 군의 지휘통제시스템과의 정보 공유를 위한 데이터 연동을 위한 상호운용성(Interoperability)의 능력이 반드시 필요하고 이를 토대로 성공적인 통합방호작전 수행 여건이 보장될 것이다.

다섯째, 범용 플랫폼 지원 능력은 시스템이 설치되고 운용되는 공간과 위치 측면에서 고정 운용과 이동 운용, 그리고 차량 내 설치와 운용자에 의한 휴대운용이 가능할 수 있도록 융통성이 요구된다.

본 연구에서의 결과는 국제적 테러 위협으로부터 상대적으로 안전했던 국내에서도 국가중요시설에 상용드론을 이용한 침해행위에 대응하기 위한 기술적, 작전적, 운용적 개념의 이해 및 정립을 통해 통합방위작전의 개념을 발전시키고, 적대적 드론에 대응하는 스마트 대공방어체계 구축과 운용을 위한 운용요구능력의 고려사항을 제시한 것에 의의가 있다고 판단된다. 다만, 운용요구능력의 고려사항에 추가



하여 개별 운용요구능력에 대한 수준정도에 관한 추가적 연구가 수행된다면 적대적 드론에 대한 보다 실질적인 대공 방어체계 구축에 기여할 것으로 사료된다.

### 감사의 글

이 논문은 2019년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2019S1A5A2A03046683).

### References

Choi, S., Chae, J., Cha, J., and Ahn, J. (2018). Recent R&D trends of anti-drone technologies. *Electronics and Telecommunications Trends*, Vol. 33, No. 3, pp. 78-88.

Headquarters Department of the US Army. (2017). *Counter-unmanned aircraft system techniques*.

Kaiser, H.F. (1958). The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. *Psychometrika*, Vol. 23, No. 3, pp. 187-200.

Heo, J., and Jung, Y.G. (2017). The crime with drone, the crime prevention using drone. *Korean Journal of Public Safety and Criminal Justice*, Vol. 26, No. 3, pp. 357-382.

Jung, B.S. (2019). Case analysis of drone terrorism and its efficient countermeasures. *The Police Science Journal*, Vol. 14, No. 2, pp. 149-176.

Kim, H.-J., Lee, S.-W., and Kim, B.-M. (2018). An empirical study of anti-drone for the police use. *The Journal of Police Policies*, Vol. 32, No. 2, pp. 69-93.

Thompson, B. (2004). *Exploratory and confirmatory factor analysis: Understanding concepts and applications* (1st ed.). Washington DC: American Psychological Association.

---

Received	April 7, 2020
Revised	April 8, 2020
Accepted	April 14, 2020