

데이터마이닝을 통한 국방드론 소요 공통화 연구

이일로*, 김동진, 정윤식, 김대원, 허엽
국방기술진흥연구소

A study on the commonization of needs for defense drones through data mining

Il Ro Lee*, Dong Jin Kim, Yun Sik Jung, Dae Won Kim, Yub Heo
Korea Research Institute for defense Technology planning and advancement

요약 본 연구에서는 각 군의 드론 소요를 종합하여 임무·요구성능을 기반으로 데이터마이닝을 통해 공통 활용이 가능한 '드론 플랫폼'을 제시하였다. 연구 대상은 최대이륙중량 150kg이하의 국방 무인동력비행장치이며, 전군 71종의 국방 드론에 대하여 데이터 마이닝 분석을 실시하였다. 기존 KDD 방법론을 수정하여 전문가 집단에 의한 분석을 추가로 진행하였으며, 데이터 마이닝을 위한 알고리즘으로는 K-means Clustering을 사용하였다. 분석 결과 고정익 및 생체모방 드론의 경우 각 소요들 간 임무목적에 따른 성능 차이가 명확하여 소요의 공통화가 제한되었으며, 멀티콥터형 회전익 드론의 경우 10kg급, 25kg급, 150kg급의 3개의 공통 플랫폼이 산출되어, 각각 8종, 9종, 3종의 소요가 공통화 되었다. 본 연구에서 제시된 군 소요 기반의 공통화 드론 플랫폼을 통해 드론의 다품종·소량 생산 위주 체제에서 소품종·대량 생산 체제의 전환을 유도하여 군 주도 민간산업 발전의 추동력을 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

Abstract This study proposed a common drone platform and commonized the drone requirements through data mining based on the required performance of a military mission and by synthesizing the drone requirements of the military specifically. The research targets of the study were defense unmanned aerial vehicles (drones) with a maximum take-off weight of 150 kg or less, and a data mining analysis of 71 defense drone types was carried out to find the common drone platforms and commonize the requirements. Additionally, an analysis of the defense drones by an expert group was performed upon modifying the existing KDD methodology, and K-means clustering was used as the data mining algorithm. The analyses showed that the fixed-wing and biomimetic drones exhibited a clear difference in performance depending on the purpose of the mission, so commonization of the requirements was limited. However, three common drone platforms of 10, 25, and 150 kg take-off weights were calculated, and 8, 9, and 3 requirements were commonized, respectively, for multicopter-type rotorcraft drones. Hence, this study is expected to provide a driving force for developing the military-led private industry of drone manufacturing by inducing a transition from small quantity production of multiple drone types to the mass production of limited drone types.

Keywords : Commonization, Drone, K-means Clustering, Unmanned Aerial Vehicle, Data Mining

*Corresponding Author : Il Ro Lee(KRIT)

email: 21ro@krit.re.kr

Received April 14, 2022

Accepted May 6, 2022

Revised May 2, 2022

Published May 31, 2022

1. 서론

4차 산업혁명이 대두됨에 따라 드론에 대한 각 산업분야의 관심이 높아지고 있으며 드론 관련 핵심기술 확보를 위해 정부 각 부처에서는 드론산업협의체를 발족하는 등 R&D 투자 및 드론을 활용한 신산업분야를 육성하기 위하여 노력하고 있다[1].

특히, 상용드론에 대한 군의 수요는 드론 산업 활성화에 핵심적인 역할을 맡고 있으며, 이는 민간으로의 R&D 투자 확대 및 상용드론의 성능 향상으로 연결되어 민간 간 선순환 구조를 구축할 수 있다는 점에서 상용 드론의 군사적 활용에 대한 필요성이 높아지고 있다[2].

또한, 현 전장 환경에서 드론의 중요성이 점차 부각됨에 따라 미국, 중국, 이스라엘과 같이 드론 기술을 선도하고 있는 세계 각 국에서는 정찰, 공격 등의 임무를 위하여 고정익, 회전익, 생체모방 등 국방 분야의 드론 활용성을 늘려가는 추세이다[3-6].

이러한 추세에 맞춰 현재 우리나라 각 군에서는 자체 계획에 의해 다품종·소량 위주로 드론을 구매하고 있다.

하지만 현재 각 군의 드론 수요가 분산되어 있어 드론 관련 산업 활성화와 기술 개발을 지원하기 위한 정책 수립이 제한되고 있는 상황이며 이러한 문제로 인하여 드론 관련 중소기업의 기술·노하우의 축적과 산업 활성화 효과가 극히 제한되고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 각 군의 드론 수요를 종합하고, 임무·요구성능 기반의 데이터마이닝을 통해 공통 활용이 가능한 ‘드론 플랫폼’을 제시하고자 한다.

2. 본론

2.1 연구개요

본 연구는 군 수요 기반의 공통화 드론 플랫폼을 기반으로 국방에서 민간으로의 산업적 파급효과를 넓히는 것을 목적으로 하고 있다. 따라서 연구대상으로는 상용드론의 무기체계 또는 전력지원체계의 전력화를 통한 산업적 파급효과 관점에서 150kg초과 비행체가 상용품으로 출시되지 않는점[2]을 고려하였으며, 드론 관련 산업표준인 KS W 9000의 정의[7]에 따라 최대이륙중량 150kg 이하의 국방 무인동력비행장치를 대상으로 연구를 진행하였다.

Table 1에서는 수요문서를 기준으로 드론의 전력화시기 분포를 정리하였다. 현재 전군에서는 71종의 150kg

이하급 국방드론(무기체계 38종, 전력지원체계 33종)의 수요가 결정되거나 계획되어 있으며 그 용도에 따라 공격용, 정찰용, 지원용으로 나뉜다.

또한, 드론의 형태에 따른 분류는 크게 생체모방, 회전익, 고정익으로 나뉠 수 있으며 각각의 익형을 가진 드론은 비슷한 형태가 다수 존재하나, 현재 수요들은 개별 플랫폼을 바탕으로 수요로 확인되었다.

Table 1. Distribution of drone needs

military needs	short-term ('22~'26)	middle-term ('27~'31)	long-term ('32~'40)
weapon system	3	11	24
Power support system	33	-	-
total : 71	36	11	24

본 장은 71종의 국방드론에 대하여 임무 및 요구성능 기반의 분석을 진행하고, 이를 데이터마이닝을 통해 공통플랫폼에 대한 성능을 제시한 과정 및 그 결과이다.

2.2 연구방법

2.2.1 분석 기획

데이터 분석은 통상적으로 소량일 경우 전문가에 의한 집단 토론, 혹은 델파이 기법을 통한 분석 방법이 주로 사용되나, 본 연구에서는 대량의 데이터를 분석해야 하므로 이를 고려하여 분석방법을 기획하였다.

데이터분석 기획은 가용데이터에 대한 고려, 적절한 활용방안과 활용사례, 장애요소들에 대한 사전계획 수립의 3가지 요소를 고려하여 수행하였다.

현재 가용데이터는 수요문서를 기준으로 체계명, 군별, 목표성능 등이 정형화된 데이터이며, 일부 데이터의 경우 누락된 부분이 확인되어 장애요소가 될 수 있을 것으로 판단하였다. 또한 이러한 데이터베이스를 바탕으로 각 데이터 간 패턴을 발견하고 이를 통해 ‘공통플랫폼 성능’이라는 인사이트(Insight)를 도출하기 위하여 데이터 마이닝 기법을 적용하였다.

2.2.2 데이터 분석 방법론

데이터분석 기획결과를 바탕으로 데이터 분석 방법론을 설정하였다. 정형데이터 분석 방법론으로는 KDD (Knowledge Discovery in Database) 방법론[8]과 CRISP-DM(Cross Industry Standard Process for

Data Mining)이 있으며 분석 요구사항에 대한 이해가 충분하고, 프로세스가 더 효율적이라는 점을 고려하여 KDD 방법론을 데이터 분석 방법론으로 설정하였다.

드론 소요 71종의 데이터 중 수치화된 데이터 누락, 수치화 되지 않은 성능에 대한 제한점들을 고려하여 기존 KDD방식을 수정한 방법으로 분석을 진행하였으며, 데이터마이닝 단계에서 알고리즘 분석 뿐만 아니라 전문가 집단에 의한 분석을 추가적으로 수행함으로써 제한사항들을 보완하였다.

데이터마이닝을 위한 알고리즘은 지도학습 기반의 대표적인 방법인 Decision Tree와 비 지도학습 기반의 대표적인 방법인 K-means Clustering 및 그 밖에 Artificial Neural Network 등 다양한 방법들이 활용될 수 있다.

그 중 K-means Clustering 알고리즘은 데이터를 K개의 군집으로 분할하는 알고리즘으로, 각 클러스터의 중심(Centroid)과 데이터들의 유클리드거리를 계산하여 거리가 최소화 되는 방향으로 데이터를 군집화하고, 군집화된 데이터의 평균값(means)을 중심점으로 재설정하는 과정을 반복하여 더 이상의 중심점 이동이 없을 때까지 이 과정을 반복수행하는 알고리즘이다. K-means Clustering에 의한 데이터 분석 과정은 Fig. 1과 같이 도식화 할 수 있다.

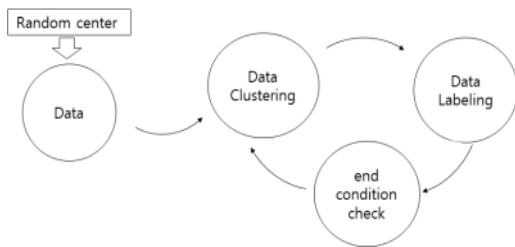


Fig. 1. Data analysis by K-means Clustering

K-means Clustering의 표준 알고리즘은 Eq. (1)과 같다.

$$V = \sum_{i=1}^k \sum_{x_j \in S_i} |x_j - \mu_i|^2 \quad (1)$$

μ_i denotes center of the i-th cluster, x_i denotes i-th data value, S_i denotes a set of data belonging to the i-th cluster

i번째 클러스터의 중심을 μ_i , 데이터 값을 x_i , 클러스

터에 속하는 데이터들의 집합을 S_i 라고 할 때, 데이터와 클러스터 중심 사이의 유클리드 거리(제곱합)이 최소값이 되는 V 를 찾는 것이 알고리즘의 목표이다.

K-means Clustering 알고리즘은 K개의 초기 중심점을 어떤 값으로 선택하느냐에 따라 결과 값이 달라지며, 데이터들의 특성과 큰 차이를 보이는 이상값이 존재할 경우 중심점 계산에 영향을 미칠 수 있다는 특징을 가지고 있다.

본 연구에서는 분석 대상의 표준화된 데이터가 제한적이라는 특징 및 x개의 공통 플랫폼 산출이라는 명확한 목표에 따라 K-means Clustering[9]을 사용하였다.

2.3 연구내용

본 연구의 분석절차는 Fig. 2에서 나타냈듯이, KDD 방법론의 단계에 따라 데이터 선택, 데이터 전처리, 데이터 변환, 데이터마이닝, 전문가 집단에 의한 분석 및 데이터마이닝 결과 분석 순으로 진행하였다.

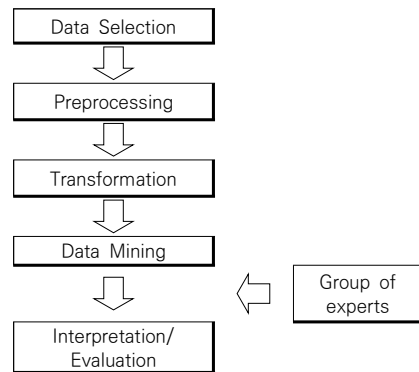


Fig. 2. The entire process of Data analysis

2.3.1 데이터 선택

데이터 분석을 위한 기획 시 71종의 드론 소요는 요구 성능 항목의 수치가 제시되어야 하나, 일부 데이터의 경우 항목이 누락되어있으며, 제시된 성능 간 단위가 통일되지 않는 경우, 일부 수치는 전체적인 드론의 성능을 결정하기 제한이 되는 등의 문제점을 확인하였다. 예를 들어, 통상적인 항공기 고도 표기는 지표를 기준으로 하는 지상고도(AGL : Above Ground Level)와 평균 해수면을 기준으로 하는 해발고도(MSL : Mean Sea Level)로 표현하나 대부분의 소요 요구 성능의 경우 이러한 분류 없이 고도로 통칭하고 있어 분석이 제한되었다.

이러한 문제점을 확인한 상태에서 데이터 선택을 위한

요구성능항목의 기술적 중요도 및 데이터 가용률을 분석하였다. 요구성능항목은 최대이륙중량, 체공시간, 작전반경으로 3가지 항목에 대한 분석을 진행하였다.

요구성능항목 중 체공시간의 경우 드론의 작전반경과 비례관계이며, 탑재장비 대신 전원장비를 추가적으로 장착 할 경우 성능 값이 변경될 여지가 있어 분석에 제한이 되었다.

작전반경 또한 드론의 체공시간과 비례관계로 중요한 파라미터지만 드론의 전체적인 형태를 분석하기에는 제한적이었다.

최대이륙중량의 경우 드론의 전체적인 크기 및 임무장비를 결정 할 수 있는 가장 중요한 정보로 드론 관련 산업표준인 KS W 9000에서 역시 중량에 따른 드론을 분류하고 있으므로 가장 중요한 항목으로 선정하였다.

기술적 중요도 및 데이터 가용률 분석 결과는 Table 2와 같다.

Table 2. Results of Technical importance and Data availability analysis.

Rank	Required performance items	Data availability(%)
1	Maximum take-off weight	20
2	Flight time	93
3	Radius of operation	94

위 분석 결과에 따르면 최대이륙중량의 데이터 가용률은 20%로 저조한 반면에 데이터의 기술적 중요도가 가장 크므로 최대이륙중량을 중심으로 분석을 수행하였으며, 부족한 데이터 가용률에 대해서는 운용 방법 및 타 성능 들을 고려하여 기존의 KDD방법론을 수정 후 전문가 집단에 의한 분석을 수행하였다.

2.3.2 전처리 및 데이터 변환

추출된 데이터의 이상 및 누락 여부를 식별하여 이를 의미있는 데이터로 변환하는 전처리 과정을 진행하였다. 앞서 소개한 예시인 고도와 같이 해석이 불분명한 데이터는 선택 및 활용을 하지 않았으며, 요구성능항목 중 최대이륙중량의 경우 단순히 이륙중량으로 표기되는 경우가 다수 존재하여 이를 최대이륙중량으로 판단하고 데이터 분석을 준비하였다.

데이터를 분석 목적에 맞게 변수를 생성하거나, 차원을 축소하여 효율적인 데이터 마이닝을 진행하는 데이터

변환 단계에서는 데이터 선택 과정에서 분석한 것과 같이 최대이륙중량을 기준으로 공통플랫폼 분석을 진행하였기 때문에 1차원 데이터라는 특성으로 인하여 이에 따른 차원 축소 등의 과정은 불필요하였다.

2.3.3 데이터마이닝 및 결과분석

Table 3에서 나타난 것과 같이 체계명, 군별, 목표성능 등이 제시된 71종의 드론 소요데이터에 대하여 데이터마이닝을 수행하였다. 앞서 설명한 것과 같이 저조한 데이터 가용률로 인해 전문가 집단에 의한 분석을 포함하여 기존 방식을 수정하였으며, 총 3차에 걸친 분석을 수행하였다.

데이터 마이닝에 앞서 드론 소요 데이터 중 기 소요가 결정되었거나, 전력화가 진행 중인 경우는 분석대상에서 제외하였다.

Table 3. Example of drone data set

* A - Army / N - Navy / AF - Air Force / M - Marine

** Undisclosed due to military secret

Rank	Name of System	range	endurance	payload	...	class
1	*A-mapping drone	0km	**0min	0kg	...	25kg
2	A-Counter-terrorism	0km	0min	0kg	...	10kg
3	N-Transport drone	0km	0min	0kg	...	150kg
⋮						
70	AF-Base vigilance	0km	0min	0kg	...	25kg
71	M-Coastal vigilance	0km	0min	0kg	...	25kg

1차 분석은 k-mean clustering 알고리즘을 바탕으로 데이터마이닝을 수행하였다. 1단계의 데이터선택단계에서 선택된 최대이륙중량 데이터를 사용하였으며, 최대이륙중량이 요구 성능의 수치로 제시되지 않은 소요는 제외하여 분석을 수행하였다. 전체적인 데이터의 특징에 따라 공통 플랫폼의 갯수인 k값은 4개로 설정하여 분석을 수행하였다. 1차 분석 결과 10kg급, 25kg급, 50kg급, 150kg급 4개의 공통 플랫폼이 산출 되었으나, 50kg급의 경우 1개 체계에만 해당되어 공통플랫폼에서 제외하였다.

2차 분석은 1차 분석결과를 바탕으로 공통 플랫폼으로 분류된 소요들을 연구팀 및 산학연으로 구성된 25명의 내부전문가를 통해 재검토하였다. 최대이륙중량 수치가 누락된 소요를 대상으로 최대이륙중량을 제외한 요구 성능 및 유사 운용방식을 가진 소요를 추가적으로 분석하여 Table 4와 같이 공통플랫폼화 하였다.

Table 4. Secondary analysis result

10kg-class common platform drone			
Radius of operation	Flight time	Payload	Operating altitude
5km	40min	-	1km
25kg-class common platform drone			
Radius of operation	Flight time	Payload	Operating altitude
10km	60min	-	1km
150kg-class common platform drone			
Radius of operation	Flight time	Payload	Operating altitude
20km	60min	-	1km

3차 분석은 외부 전문가를 통해 데이터마이닝에 따른 공통 플랫폼 결과에 대한 평가 및 보완점을 찾아 피드백 하였다. 특히 현재 배터리 기술 수준을 고려하여 작전 환경을 하향조정하였으며, 그에 따라 체공시간, 풍속, 운용 고도, 탑재중량 등과 같은 일부 데이터를 보완하여 공통 플랫폼 성능을 최종적으로 결정하였다.

2.4 연구결과

데이터마이닝을 통한 드론 소요 분석결과 고정익 및 생체모방 드론의 경우 각 소요들 간 임무목적에 따른 성능 차이가 명확하여 소요의 공통화가 제한됨을 확인하였다.

멀티콥터형 회전익 드론의 경우 10kg급, 25kg급, 150kg급의 3개의 공통 플랫폼이 산출되었으며, 각각 8종, 9종, 3종의 소요가 공통화 되었다.

공통플랫폼 성능은 Table 5와 같이 작전반경, 최대체공시간, 운용고도, 탑재중량, 최대이륙중량을 주요 성능

지표로 제시하였으며, 최대속도, 최대풍속, 운용온도 등을 부가적으로 함께 제시하였다.

Fig. 3은 각 드론 소요들의 성능 대비 공통 플랫폼의 주요 성능 지표(음영된 영역)를 비교하여 도식화한 그래프이다. 위 그래프를 살펴보면, 공통플랫폼 영역에서 벗어나거나 공통 플랫폼 성능에 비하여 목표성능이 다소 낮은 개체를 일부 확인할 수 있다. 이러한 경우는 해당 개체의 목표성능을 공통플랫폼 성능에 맞춰 조정할 필요가 있을 것으로 보인다.

Table 5. Specification of common platform drone.

10kg-class common platform drone			
Radius of operation	Flight time	Payload	Operating altitude
3km	30min	2kg	0.5km
25kg-class common platform drone			
Radius of operation	Flight time	Payload	Operating altitude
5km	40min	4kg	1km
150kg-class common platform drone			
Radius of operation	Flight time	Payload	Operating altitude
10km	90min	40kg	1km

3. 결론

본 연구에서는 군 소요 기반의 공통화 드론 플랫폼을 기반으로 국방에서 민간으로의 산업적 파급효과를 넓히기 위하여 전군의 150kg이하급 국방드론에 대한 소요를 종합하고, 71종의 드론에 대한 계열화 및 공통화를 진행

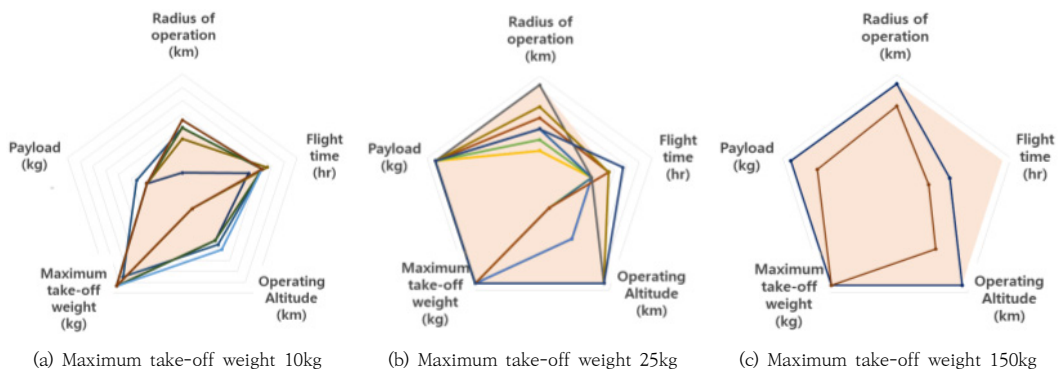


Fig. 3. Performance comparison graph with common platform drones and general drones

하였으며, KDD방법론을 수정한 데이터 분석 기법 및 K-means Clustering 알고리즘을 이용하여 멀티콥터형 회전익 드론 10kg급 8종, 25kg급 9종, 150kg급 3종의 드론에 대한 공통플랫폼 성능을 제시하였다.

도출된 분석결과는 임무장비를 장착하지 않은 순수 기체의 성능만을 바탕으로 분석된 결과로 임무장비의 무게와 같은 성능에 따라 체공시간 및 작전반경 등 성능에 영향을 미칠 수 있다는 제한사항이 존재한다.

본 연구에서 제시된 군 소요 기반의 공통화 드론 플랫폼은 드론의 다품종·소량 생산 위주 체제에서 소품종·대량 생산 체제의 전환을 유도하여 군 주도 민간산업 발전의 추동력을 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

미래에는 제시된 소요기반의 공통플랫폼에서 더욱 나아가, 작전에 요구되는 성능에 따라 표준화된 형상 및 모듈화된 임무장비를 여러 형태로 결합하여 사용이 가능한 '다목적 공통 플랫폼 드론'[10]으로 발전할 것으로 예상되며, 향후 관련 체계에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

References

- [1] I. S. Seo, Y. W. Kim, Drone bot combat system Development plan research, Technical Report, KDIA, pp.128.
- [2] Sung Jin Kim, Gong-Yeong Choi, Ah-Yeon Jin, "Policy Implications for Civil/Commercial Drone Acquisition and Management", *Journal of The Korea Association of Defense Industry Studies*, Vol.28, No.1, 2021. DOI: <http://doi.org/10.52798/KADIS.2021.28.1.9>
- [3] K. J. Yoon, W. Y. Jung, Y. H. Kim, K-Drone bot that raises the level of life, p.232, Kyungmoon, 2021, p.20-147.
- [4] J. H. Kim, Defense swarm robot technology roadmap to accelerate the 4th industrial revolution, p.435, Defense Agency for Technology and Quality, 2020, p.196-337.
- [5] J. H. Kim, Defense biomimetic robot technology roadmap to lead the 4th industrial revolution, p.376, Defense Agency for Technology and Quality, 2019, p.100-123.
- [6] W. G. Kang, 10-year roadmap for technological innovation and growth of unmanned vehicles, p.384, Korea Aerospace Research Institute, 2018, p.157-170.
- [7] KS W 9000 UAS(Unmanned Aircraft System) — Pari 1 : Classification and Definition
- [8] Fayyad. U, Piatetsky-Shapiro. G, Smyth. P, "From Data Mining to Knowledge Discovery in Databases", *AI*

Magazine, Vol.17, No.3, pp.37-54, 1996.

DOI: <https://doi.org/10.1609/aimag.v17i3.1230>

- [9] J. A. Hartigan, M. A. Wong, "Algorithm AS 136: A K-Means Clustering Algorithm", *Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics)*, Vol.28, No.1, pp.100-108, 1979. DOI: <https://doi.org/10.2307/2346830>
- [10] I. R. Lee, "Development trend and direction of small and medium-sized defense drones", *Journal of the defense science & technology information*, Vol.107, pp.30-37, 2022.

이 일 로(II Ro Lee)

[정회원]



- 2019년 2월 : 경희대학교 생체의공학 (공학사)
- 2019년 2월 : 경희대학교 전자공학 (공학사)
- 2018년 12월 ~ 2020년 12월 : 국방기술품질원 연구원
- 2021년 1월 ~ 현재 : 국방기술진흥연구소 연구원

<관심분야>

품질경영, 전자/통신, 국방기술기획

김 동 진(Dong Jin Kim)

[정회원]



- 2015년 2월 : 한국항공대학교 항공우주 및 기계공학부 (학사)
- 2017년 2월 : 한국항공대학교 항공우주공학과 (석사)
- 2017년 2월 ~ 2020년 12월 : 국방기술품질원 연구원
- 2021년 1월 ~ 현재 : 국방기술진흥연구소 연구원

<관심분야>

기계공학, 열 및 유체공학, 국방기술기획

정 윤 식(Yun Sik Jung)

[정회원]



- 2007년 2월 : 한양대학교 전자전기 제어계측공학과 (석사)
- 2013년 2월 : 한양대학교 대학원 전자전기 제어계측공학과 (박사)
- 2012년 12월 ~ 2021년 1월 : 국방기술품질원 선임연구원
- 2021년 1월 ~ 현재 : 국방기술진흥연구소 선임연구원

<관심분야>

영상처리, 영상표적탐지, 전자광학기구 설계구조

김 대 원(Dae Won Kim)

[정회원]



- 2016년 2월 : 성균관대학교 항공우주 및 기계공학부 (학사)
- 2018년 2월 : 광주과학기술원 (석사)
- 2019년 12월 ~ 2020년 12월 : 국방기술품질원 연구원
- 2021년 1월 ~ 현재 : 국방기술진흥연구소 연구원

<관심분야>

센서, 국방기술기획

허 엽(Yub Heo)

[정회원]



- 2015년 2월 : 한국항공대학교 항공우주 및 기계공학부 (학사)
- 2017년 8월 : 한국항공대학교 항공우주공학과 (석사)
- 2019년 8월 ~ 2020년 12월 : 국방기술품질원 연구원
- 2021년 1월 ~ 현재 : 국방기술진흥연구소 선임연구원

<관심분야>

극초음속유동, 열 및 유체공학, 국방기술기획