Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 20, No. 6 pp. 350-361, 2019

https://doi.org/10.5762/KAIS.2019.20.6.350
ISSN 1975-4701 / eISSN 2288-4688

# 핵심기술 소요결정을 위한 해양 무인체계 요구기술 분석 연구

원유재[1], 엄진욱[2*], 박찬현[3]
[1]아주대학교 시스템공학과, [2]아주대학교 시스템공학과, [3]에스앤에스이앤지(주)

# A Study on the Technology Analysis of Marine Unmanned System for Determination of Core Technology Requirements

You-Jae Won[1], Jin-Wook Eom[2*], Chan-Hyun Park[3]
[1]Division of Systems Engineering, Ajou University, [2]Division of Systems Engineering, Ajou University
[3]Systems Engineering R&D Department, SNS ENG Co., Ltd.

**요 약** 지능화 혁명을 기반으로 한 4차 산업혁명은 사회 전반에 걸쳐 혁신을 이루고 있으며, 이는 국방 분야에도 그 영향을 미치고 있다. 기술의 발전에 따라 전쟁의 양상 또한 변화하고 있으며, 특히 4차 산업혁명 기술을 기반으로 국방 무인체계 분야와 관련된 핵심기술의 연구개발, 인프라 조성 등 다각적인 전략 수립이 이루어지고 있다. 이에 본 논문에서는 무기체계 개발에 앞서 확보되어야 할 핵심기술에 대해 미래 해양 무인체계를 중심으로 연구개발 소요제기시 우선적으로 고려될 수 있는 해양 무인체계 분야의 요구기술을 선정하는 연구를 수행하였다. 먼저 해양 무인체계 분야의 핵심기술 우선순위 결정모형을 수립하고, 국방기술 표준분류 등 관련 문헌에서 무인로봇 분야 기술을 재분류 및 통합하여 무인체계 개발시 중점 고려되어야 할 기술분야 9개를 식별하였다. 실증분석을 위해 무기체계 전력업무를 수행하는 전문가 12명을 대상으로 설문조사를 실시하여 해양 무인체계 개발시 우선적으로 개발이 요구되는 기술분야의 중요도를 분석하였다. 결과적으로 소요군 및 연구기관, 업체 등에서 제시한 핵심기술을 선정함에 있어 우선적으로 고려되어야 할 핵심기술 분야를 식별할 수 있었으며 이는 미래 관점에서 해양 무인체계를 발전시킬 수 있는 기술로드맵 구축에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

**Abstract** The fourth industrial revolution based on the intelligent revolution has revolutionized the society as a whole, and it has also affected the defense sector. Various aspects of the war have been changing with the development of technology. In particular, various strategies such as research and development of core technology related to defense unmanned system field and infrastructure are being established based on the fourth industrial revolution technology. In this paper, we have conducted a study to select the technology required for maritime unmanned systems, which can be considered as a priority consideration for the future development of the core technology to be secured prior to the development of the weapon system. First, the core technology prioritization model for the marine unmanned system was established, and the technology fields of the unmanned robot were reclassified and integrated in the related literature such as the classification of the defense technology standard. For the empirical analysis, a questionnaire survey was conducted for 12 specialists who are engaged in the planning of weapons systems, and the importance of technical fields that require development in the development of marine unmanned systems was analyzed. As a result, it was possible to identify the key technology areas that should be considered in selecting the key technologies proposed by the military groups, research institutes, and companies. This could contribute to the establishment of the technology roadmap to develop the marine unmanned system from the future point of view.

**Keywords :** Defense Research and Development Project, Marine Unmanned System, Weapon Systems Research And Development, Core Technology, AHP

*Corresponding Author : Jin-Wook Eom(Ajou Univ.)
Tel: +82-10-4004-9481 email: hseomht@korea.kr
Received March 25, 2019 Revised April 17, 2019
Accepted June 7, 2019 Published June 30, 2019

## 1. 서론

2016년 1월 개최된 스위스 다보스 포럼에서 '4차 산업혁명의 이해'라는 주제를 다루면서 공식적으로 처음 '4차 산업혁명'이 언급된 이후 사이버 공간과 물리적 세계를 융합하는 새로운 혁신적 변화의 물결과 인공지능에 기반한 과학기술의 급격한 발전을 우리 사회 전반에 가져올 것으로 예상되고 있다. 4차 산업혁명의 물결에 기반하여 초정밀 전자 및 정보기술, 신소재, 생명공학, 초미세공학 등의 과학기술이 혁신적으로 발전하고 있으며 에너지, 자원, 환경 및 의료복지와 관련한 기술이 인간의 삶과 사회복지의 질을 획기적으로 향상시킬 것으로 전망되고 있다.

4차 산업혁명은 다변화된 안보환경 속에서 국방의 모든 분야에 새로운 발전과 도약을 위한 혁신의 모멘텀으로 주목받고 있으며 그 중심에는 첨단 과학기술이 자리잡고 있다. 첨단 과학기술은 산업사회에서 지식·정보화 사회로 전환되는 중요한 요소로서 주요 선진국들은 이미 첨단 과학기술 분야에 집중적으로 투자하고 있다[1]. 다양한 분야의 기술 발전을 통해 국방분야 산업에도 최첨단의 기술이 접목되어 군사적 임무를 보다 적은 비용으로 더 멀리, 빠르게 그리고 향상된 수준으로 완수할 수 있도록 유도되고 있다. 실시간으로 정보가 수집되고 전달되어 무기체계로 배치 및 할당되고 지휘통제체계 능력의 향상으로 모든 전투요소가 네트워크 체계로 결합되어 전쟁을 수행하는 네트워크 중심전을 실현하고 있으며, 특히 군사적인 관점에서 정보·감시·정찰(ISR) 및 C4I체계뿐만 아니라 정밀타격·생화학무기 등의 물리적·화학적 군사 능력에 있어서도 근본적인 변화가 일어날 것으로 전망된다[2].

이러한 변화의 중심축 중 하나는 전투수단의 무인화이다. 무인체계는 소수의 인원으로 다수의 무기체계를 운용하게 하여 효율적으로 작전을 수행할 수 있도록 하며 인명피해를 최소화할 수 있기 때문에 미래전에서 그 중요성이 부각되고 있다. 이미 미국, 이스라엘, 영국, 프랑스 등 선진국은 무인체계 발전 로드맵을 수립 후 플랫폼, 센서, 통신, 작전지속 분야 등에서 진화적 개발을 추진하고 있다. 특히 미국은 2017년에 발간한 「무인체계 로드맵 2017~2042」에서 무인체계를 통해 인명피해의 위험을 줄이고 전투원의 의사결정 절차를 단축하도록 무인체계와 유인체계를 완벽하게 연동한다는 비전하에 상호운용성, 자율성, 네트워크 보안, 인간과 기계의 협업의 4가지 발전과제를 중점적으로 강조함으로써 무인체계를 신개념 핵심 전력으로 육성하고자 하고 있다[3]. 이러한 무인체계의 글로벌 관심추이와 기술발전 추세를 고려하여 볼 때에 미래 전장 환경은 장기적으로 무인체계에 무장을 탑재하여 공격플랫폼으로서 전력을 투사하게 될 것이며, 지·해·공 무인체계에 의한 확장된 합동작전의 형태로 전개될 것이다.

우리나라 역시 국방분야에서 무인체계를 확보하여 작전효과 및 전투력 극대화를 위한 전력 발전을 추진하고 있다. 특히 우리 해군은 수상·수중·항공 플랫폼에서 해양 무인체계를 확보하여 최소의 희생을 치르면서 전투력을 극대화하고 전투 병력을 최적화하기 위한 노력을 기울이고 있다. 이러한 추진 방향은 국내·외 기술발전 추세를 고려하여 먼저 감시·정찰형 무인체계를 우선 확보하고 향후 기술성숙시 전투형 무인체계를 단계적으로 확보하고자 하는 것이다. 이를 위해 우리 해군은 전력소요와 연계하여 해양 무인체계를 적기에 획득하기 위해 무인체계의 전력화시기에 맞춰 체계개발에 요구되는 기술을 사전에 개발하는 무기체계 연계형 핵심기술 개발을 포함하여 선도형 기술개발, 선행핵심기술, 핵심 소프트웨어, 국제공동기술개발 등의 핵심기술개발 사업의 소요를 적극 발굴 및 제기하여 추동력을 확보하고자 하며 이를 '국방개혁 2.0 해군 추진계획'상 과제로 반영하여 추진하고 있다.

해양 무인체계는 작전환경이 수상, 수중이라는  특성상 임무를 수행할 때 해양환경의 특성을 고려하여야 하고, 무기체계 설계시부터 제작 및 구현에 관한 구조적 설계와 해상에서의 센서에 의한 정보수집과 통신에 의한 정보전달, 의사결정 및 전력투사 그리고 평가에 이르기까지의 작전운용개념이 다양하고 복잡하다는 특성을 가진다는 점에서 일반적인 무인체계와 차별성을 가진다고 할 수 있다. 이와 같은 특성을 가지는 해양 무인체계에 대한 핵심기술 소요검토는 해양 무인체계의 구조적 특성, 작전·운용적 관점에서의 운용개념이 지상·공중 무인체계와 차이가 있는 만큼 해양 무인체계 개발을 위한 핵심기술 소요결정시 요구되는 핵심기술군 및 평가항목이 해양 무인체계의 핵심기술 평가상황에 부합될 수 있도록 선정되어야 한다. 각 평가요소들의 비중이 상대적인 중요도를 갖도록 설정함으로써 해양 무인체계 개발을 위한 실제적인 핵심기술 소요를 정확하게 분석하고 파악할 수 있도록 하여야 하며, 모든 이해관계자들의 관점을 이해하고 충족시킬 수 있는 객관적이고 합리적인 절차에 의한 해양 무인체계 개발에 필요한 핵심기술군 분류 및 핵심기술 평가를 위한 평가항목의 가중치 산출 필요성이 요구된다.

이에 본 논문에서는 해양 무인체계의 개발에 요구되는 기술군을 선정하여 해양 무인체계의 연구개발에 필요한 핵심기술을 확보하기 위한 방안을 제시하고자 한다. 현재의 해양 무인체계 특성을 고려하여 분류된 요구기술 분야를 계층분석방법(AHP: Analytic Hierarchy Process, 이하 AHP) 분석을 통해 등급화하여 도출하면 해양 무인체계의 소요와 연계하여 개발에 필요한 핵심기술 연구기반 조성에 기여할 것으로 기대된다.

본 논문은 2장에서 핵심기술 소요제기 및 소요결정에 관한 절차와 AHP의 이론적인 배경을 기술하였다. 3장에서는 해양 무인체계 개발을 위해 요구되는 핵심기술군을 분류 및 통합하여 이를 핵심기술의 소요결정 평가요인으로 제시하였다. 4장에서는 앞서 도출한 평가요인에 대해 AHP를 활용하여 계층화된 모델을 구축하고 항목별 가중치 선정결과를 제시 및 분석하였다. 5장은 결론으로 앞서 도출한 핵심기술군 분야별 우선순위를 중점으로 해양 무인체계 개발에 요구되는 핵심기술 선정을 위한 시사점을 제안하고자 한다.

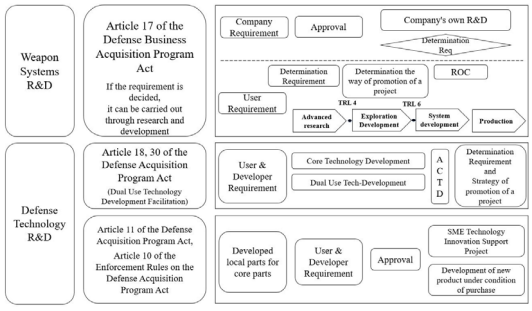


Fig. 1. Defense R&D Project Division

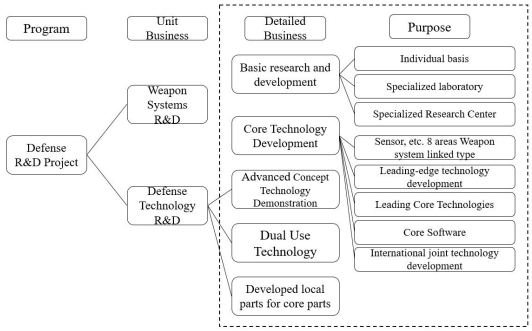


Fig. 2. Defense Technology R&D

## 2. 문제정의 및 이론적 배경

### 2.1 핵심기술 연구개발 소요결정

#### 2.1.1 핵심기술 연구개발 소요결정

국방연구개발 사업은 목적에 따라 무기체계 연구개발과 국방기술 연구개발로 구분된다. 무기체계 연구개발은 소요가 결정된 무기체계를 선행연구를 거쳐 연구개발을 수행하는 사업으로 선행연구 이후에 기술성숙도 평가를 실시하고 탐색개발과 체계개발을 수행한다. 국방기술 연구개발은 무기체계 개발에 필요한 기술을 확보하기 위한 연구개발 사업으로 그 형태에 따라 기초연구, 핵심기술개발, 신개념기술시범, 민·군겸용, 핵심부품국산화 개발지원 사업 등으로 구분된다. 국방연구개발에서 무기체계 연구개발과 국방기술 연구개발 사업의 관계는 Fig. 1과 같다.

핵심기술은 합동군사전략목표기획서(JSOP)에 수록된 무기체계 또는 미래 무기체계의 국내개발 또는 생산에 필요한 고도·첨단기술로서 선진 외국에서 기개발되어 기술이전을 회피하거나 국가안보차원에서 반드시 확보가 요구되는 기술이다[4]. 핵심기술 연구개발 사업은 국방연구개발 사업의 한 형태로 기초연구, 응용연구, 시험개발 단계로 Fig. 2와 같이 구분하여 수행된다.

핵심기술 기획은 군 전력증강, 국가경제 기여, 기술력 기반 확충이라는 국방과학기술 전략목표를 달성하기 위하여 기술기획 대상 무기체계를 선정하여 무기체계와 핵심기술을 분석 후 핵심기술 로드맵을 수립하여 중·장기 핵심기술 발전방향을 수립하고, 이후 합참, 각 군, 국과연, 기품원 등에서 핵심기술과제 소요를 공모하여 과제제기서를 접수 후 핵심기술기획팀의 검토를 거쳐 소요가 결정된다.

핵심기술은 장기 소요로 결정된 무기체계 개발에 필요한 핵심기술, 무기체계 발전추세 등을 고려시 장차 소요될 것으로 예상되는 핵심기술, 군 전력에 필요하며 미래 전장을 선도하고 기술개발에 따른 파급효과가 클 것으로 예상되는 핵심기술을 소요제기 대상으로 한다[5]. 합참과 각 군, 국과연 및 기품원은 핵심기술 소요제기시 필요성, 목표성능, 예상 소요시기 및 예산, 적용대상 무기체계 및 활용분야, 기술소요 중복성 여부 검토결과, 기대효과에 관한 내용을 포함하여 소요제기 내용을 작성 후 방위사업청에 제기한다. 방위사업청은 핵심기술 소요를 검토시 방위사업청, 합참 각 군, 국과연 및 기품원 등의 전문가들로 구성된 핵심기술기획팀을 구성하여 운영하며, 핵심기술기획팀은 핵심기술 육성분야 및 기술발전 추세와의 부

합성, 과거 개발사례 및 소요의 중복성, 기존 핵심기술기획 내용과의 연계성, 국내·외 기술수준 및 확보 가능성, 기술소요의 활용성 등을 고려하여 핵심기술 소요결정(안)을 작성한 후 방위사업청의 정책기획실무위원회의 심의를 거쳐 확정한다.

### 2.1.2 문제정의 및 연구목표

핵심기술 소요제기부터 소요결정까지의 절차는 Fig. 3과 같다. 핵심기술 소요제기서를 작성할 때 핵심기술은 센서, 정보통신, 제어/전자, 탄약/에너지, 추진, 화생방, 소재, 플랫폼/구조의 8개 국방과학 기술분야로 구분되어 소요제기서에 작성된다[6]. 이때의 분류기준인 국방과학기술 8대 분야는 지·해·공 무기체계의 일반적인 구분에 따른 것이다. 해양 무인체계는 운용되는 환경이 수상, 수중이라는 특성상 설계되는 플랫폼이 지상·공중에서 운용되는 무기체계와는 구조적으로 다르다. 또한 무인체계와 모함 또는 모기지와의 정보교환, 임무명령 전송시의 통신 특성이 수중에서도 이루어질 수 있다는 점에서 지상·공중 무인체계와 큰 차이가 있다. 그리고 무인전력이 기존의 유인전력을 대체하는 유·무인 복합 운용개념으로서 해양 무인체계의 개발이 이루어지는 특성상 향후 인간과 무인체계의 상호 인터페이스가 해양 무인체계의 개발시 중요한 고려요소로 작용할 것임을 보았을 때 해양 무인체계 개발에 요구되는 핵심기술의 소요를 결정하는 경우 해양 무인체계에 특성화된 핵심기술군의 분류가 필요하다.

또한 핵심기술 소요를 검토할 때 「핵심기술 연구개발 업무처리 지침」의 고려사항만으로 평가 인원 개개인이 평가하는 경우 정성적인 평가만 이루어지게 되므로 정량적인 평가가 가능하도록 계층 구조화하는 것도 필요하다.

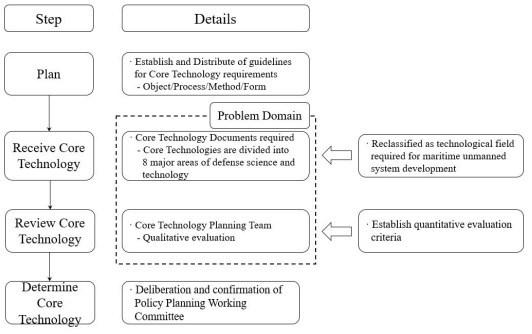


Fig. 3. Procedures for determining existing Core Technologies requirements

따라서 해양 무인체계 분야의 보다 더 신뢰성 있는 핵심기술 소요 검토를 위해 해양 무인체계 개발 관련 핵심기술군을 재분류하고 정성적인 핵심기술 소요 검토 고려사항을 정량화하여 평가하기 위한 핵심기술 소요검토 방법론에 대한 연구가 필요하다.

## 2.2 AHP 분석

AHP는 계량적 접근이 어려운 분야에서 의사결정을 하는 경우 경험을 조직화, 체계화하여 Fig. 4와 같이 구조적으로 나타낸 후 평가 요소의 가중치를 설정하는 방법으로 의사결정 단계에서 수학적 모형으로 적합하도록 고안된 의사결정기법이다[7]. AHP는 상위계층에 있는 요소를 기준으로 하위계층에 있는 각 요소의 가중치를 측정하는 방식을 통하여 상위계층의 요소하에서 각 하위요소가 다른 하위요소에 비하여 우수한 정도를 나타내주는 수치로 구성되는 쌍대비교행렬을 작성하게 된다. 그리고 이 행렬로부터 고유치 방법을 이용하여 계층의 각 레벨마다 정규화한 하나의 우선순위 벡터를 산출한 후, 평가대상이 되는 여러 대안들에 대한 종합순위를 얻기 위하여 의사결정 요소들의 상대적인 가중치를 종합한다[8]. AHP 기법은 계량적인 의사결정 변수뿐만 아니라 계량화하기 어려운 질적 혹은 무형적 의사결정 변수에 대해 비율 척도로 측정이 가능하다는 것과 복잡한 문제를 작은 요소로 분해함으로써 단순한 쌍대비교에 의한 판단으로 문제해결이 가능하다는 유용성이 있다. 이 과정을 살펴보면 다음과 같은 단계를 가진다.

- 1단계 : 의사결정요소들을 계층화하는 단계로서 최상위 계층에는 가장 포괄적인 의사결정 목표가 주어지고 하위계층으로 내려갈수록 보다 더 상세한 의사결정 요소들로 분해된다. 이때 계층간의 의사결정 요소들은 종속적 관계가 유지되어야 하고 같은 계층의 요소들끼리는 서로 독립적이어야 한다.
- 2단계 : 의사결정요소들을 두 개씩 쌍대비교하여 의사결정자의 선호 정도를 Saaty에 의해서 제안된 9점 척도에 의해서 적정한 수치로 수량화한다.
- 3단계 : 고유벡터법을 사용하여 의사결정요소들간의 상대적인 가중치를 구한다.
- 4단계 : AHP의 마지막 단계에서는 최하위계층에 있는 대안들의 상대적 비중 또는 우선순위를 구하기 위해 각 계층에서 계산된 평가요인들의 상대적 가중치를 종합한다. 최상위 계층에 있는 의사결정문제의

목표를 달성함에 있어 최하위 계층에 있는 대안들이 어느 정도의 영향을 미치는지 또는 어느 정도의 중요도를 갖고 있는지를 알아보기 위하여 대안들의 종합가중치를 구하는 단계이다.

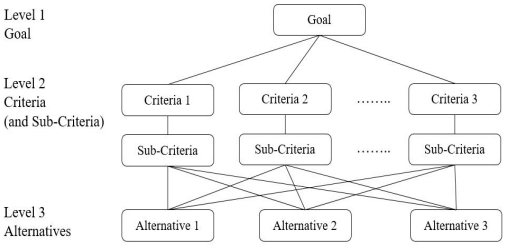


Fig. 4. Hierarchy of AHP

## 3. 연구모형 설계

### 3.1 연구수행 방법 및 절차

본 논문에서 수행한 연구방법에 대한 절차는 Fig. 5와 같다. 해양 무인체계 개발에 요구되는 핵심기술을 선정하기 위해 먼저 기존의 국방과학기술 8대 분류에 무인체계 기술 관련 문헌을 분석하여 통합 및 수정 보완 후 핵심기술군으로 재분류하였다. 다음으로 핵심기술 소요결정을 위한 평가요인은 관련문헌과 지침 분석 및 전문가 면담을 통해 도출하였다. 도출된 핵심기술군과 평가요인에 대해 계층화 모형으로 구성하고 쌍대비교를 통해 가중치를 산출한 다음 중요도에 대한 우선순위 결과를 분석하였다.

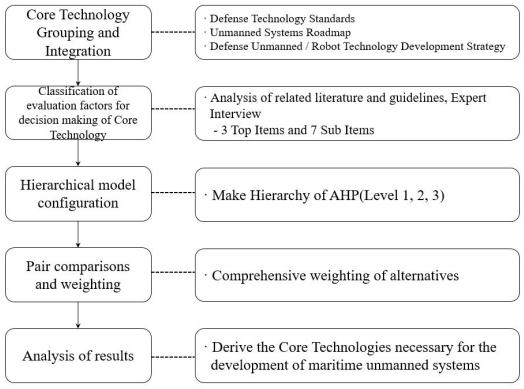


Fig. 5. Procedures for conducting research

### 3.2 핵심기술군 분류 및 통합

현재의 핵심기술연구개발 사업에서 핵심기술 소요제기시 핵심기술은 「핵심기술 연구개발 업무처리 지침」상 분류된 센서, 정보통신, 제어/전자, 탄약/에너지, 추진, 화생방, 소재, 플랫폼/구조의 8개 기술분야로 분류되어 소요제기부터 관리되고 있다. 본 논문에서는 해양 무인체계를 대상으로 한 핵심기술군의 우선순위를 분석하기 위해서 위의 8개 기술분야와 「미국 무인체계 로드맵」상 분류된 기술군 17개[9], 「국방 무인·로봇기술 개발전략」상 분류된 기술군 8개[10]를 대상으로 기존의 기술 분류체계와 유사기술군을 통합 및 수정 보완하여 해양 무인체계에 대하여 핵심적 연구개발이 필요한 모든 기술이 분류체계에 포함되도록 센서, 자율성, 통신 등 9개 기술군으로 재분류하였다(〈Appendix Ⅰ〉 참조). 이러한 분류체계는 본 연구가 미래 해양 무인체계의 연구개발에

Table 1. Definition of Technologies

| Category | Definition |
|---|---|
| Sensor (T1) | · Technology to recognize the surrounding environment for water or underwater self-operation |
| Platform/Structure (T2) | · Technologies to design structures and technologies to protect the platform from external threats |
| Autonomy/Automation (T3) | · Technology to determine operation and mission performance |
| Communication (T4) | · Network technology for UAV and command and data transfer support |
| Cooperation (T5) | · Based on interconnectvity and interoperability, manned and unmanned platforms work together to exchange and integrate data from individual systems. |
| Human System Integration (T6) | · Interfaces between human and unmanned systems |
| Mission Control (T7) | · Techniques by which operators and commanders control the operation and mission of unmanned systems in the C2 concept of command center. |
| Propulsion/Energy (T8) | · The technology required for marine unmanned systems to move |
| Mission Equipment (T9) | · Mounted equipment to perform mission |

필요한 핵심기술의 소요결정 및 개발 전략을 수립하기 위한 것이라는 배경 하에 연구대상 플랫폼인 해양 무인체계를 확보시 해상 작전효과와 전투력을 극대화하고 무인전력과 유인전력의 복합 운용으로 전투력의 시너지 효과를 창출하기 위한 측면에서 개발이 요구되는 기술군으로 재구분한 결과이다. 9개로 분류된 기술분야별 정의는 Table 1과 같다.

### 3.3 핵심기술 소요결정 평가요인 분류

본 연구에서는 핵심기술 소요결정시 적용되는 평가요인에 계층분석과정(AHP)을 적용하여 Fig. 6과 같이 모형화함으로써 핵심기술 소요결정에 이용하는 방법을 모색하였다. 핵심기술 소요결정시 계층분석과정을 적용하면 체계적인 분류에 의해 총괄적으로 파악할 수 있으며 일부 평가요인이 지나치게 강조되거나 경시되는 것을 방지할 수 있다.

핵심기술군별 우선순위 선정을 위한 평가요인의 분류는 핵심기술 소요결정 및 평가에 관한 관련문헌 및 지침과 연구기관 및 소요제기 실무자 등의 면담을 통하여 시도하였다. 즉, 일차적으로 핵심기술 소요결정 및 평가에 관련된 관련문헌 및 지침을 검토한 결과 핵심기술 소요결정을 위한 평가요인들을 크게 기술추세 부합성, 확보가능성, 기술소요 활용성 등 3가지로 구분하였다. 이를 토대로 전문가와 실무자들의 면담을 통해서 3가지 요인에 대해 기술추세 부합성에는 방위산업 정책과의 부합성, 기존 핵심기술기획 내용과의 연계성의 두 가지 항목으로,

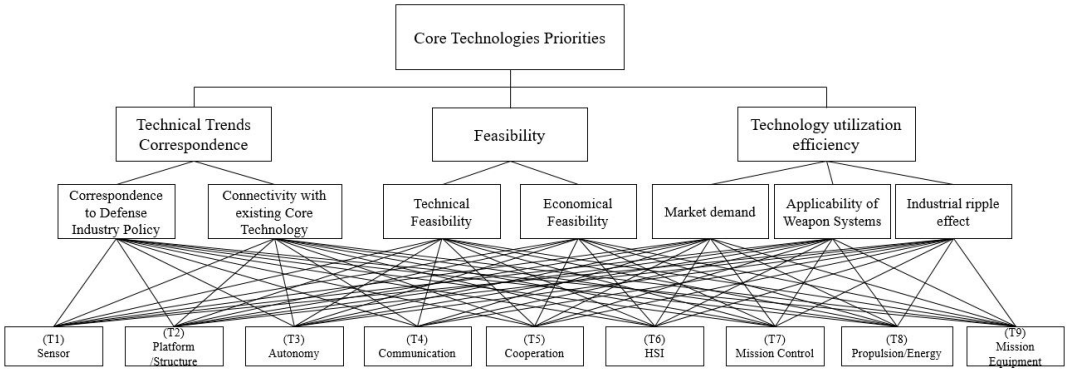


Fig. 6. Hierarchy of AHP for the Technologies Priorities

Table 2. Description of Level2 Item

| Top Items | Sub Items | Details |
|---|---|---|
| Technical Trends Correspondence | Correspondence to Defense Industry Policy | · Whether it meets the mid-to long-term development plans of the defense science and technology<br>- Does it meet the mid-to-long-term development plan and total road map for defense science and technology?<br>- Is it compatible with national R&D policies and defense acquisition policies? |
| | Connectivity with existing core technology planning contents | · Whether the existing core technology is up-to-date based on the required capability of each weapon system |
| Feasibility | Technical Feasibility | · The possibility that the technology will be realized when considering the current technology level and other conditions.<br>- Is it feasible when considering technology level, infrastructure, etc.? |
| | Economical Feasibility | · Whether it can be developed within the cost limit of domestic development |
| Technology utilization efficiency | Market demand | · Whether R&D in the relevant field reflects market needs in the defense and civilian sectors<br>- Is it R&D by the demand of national defense or private market? |
| | Applicability of weapon systems | · Can it be applied to weapon systems upon completion of technology development? |
| | Industrial ripple effect | · Growth effect, marketability, employment creation effect obtained from technology development or research process<br>- Is the economic effect created by the development of this technology area large? |

확보 가능성에는 기술 실현성, 경제적 타당성의 두 가지 항목으로 마지막 기술소요 활용성에는 시장 수요성, 무기체계 적용성, 산업적 파급성의 세 가지 항목으로 분류하고 핵심기술 관련 문헌을 통하여 정리하였다. 각 하위지표의 상세내용은 Table 2와 같다.

## 4. 실증 분석

### 4.1 AHP 모형 가중치 산출

AHP에 의해 평가를 하는 경우 평가자들의 토의를 통해 각 쌍대비교 항목에 대한 합의를 도출 후 이를 이용하는 방법과 개별 평가자들이 각각 평가를 실시하고 그 후에 결과를 기하평균을 이용하여 종합하는 두 가지 방법이 있다. 본 연구에서는 후자의 방법과 같이 개별 설문을 실시하고 이를 다시 종합하였다.

각 평가항목 및 대안에 대한 상대적인 중요도의 판단은 해양 무인체계 분야에 대한 전문성, 무기체계 작전·운용적 경험 및 지식과 함께 국방 연구개발 정책에 대한 전반적인 이해가 요구되므로, 해군 전력업무 분야 근무경험자, 방위사업청, 국방과학연구소, 국방기술품질원의 전문가를 평가자로 구성하였다. 설문 대상자는 국방과학분야 지식 및 업무경험을 겸비한 12명으로 구성되며, 우선순위 도출 대상인 9개의 핵심기술군 분야의 업무경험이 있고 해당 전공지식을 보유한 인원 등으로 고르게 분포되어 있으며 전자메일을 이용하여 평가자들에게 설문조사를 실시하였다. 그 결과, AHP를 이용한 기존의 여러 연구에서와 같이 몇몇 응답자는 설문내용에 대한 일관성이 떨어지는 경우가 존재하였다. 쌍대비교 행렬에서 일관성 비율(CR: Consistency Ratio)을 검토하는 이유는 평가자들이 의사결정을 하는 경우 일관성이 우선순위의 신뢰도에 중요한 역할을 하기 때문이다. CR 값이 0.1 이하이면 허용 가능한 수준이라고 할 수 있다[11]. 본 연구에서는 평가자의 수가 지나치게 줄어들지 않도록 0.15 이내의 일관성 비율을 보이는 10명의 전문가를 평가 대상에 포함하였으며 수집된 설문자료는 Microsoft Excel로 처리하였다. 평가자 12명의 전공 분포는 무기체계 3명, 전자공학 2명, 컴퓨터공학 1명, 재료공학 2명, 방위사업학 2명, 조선공학 1명 그리고 시스템공학 1명으로 구성되었으며 이중 CR 값이 0.15 이상인 무기체계 1명, 방위사업학 1명을 제외한 10명의 설문결과를 최종 쌍대비교 행렬을 구성하는데 사용하였다.

Table 3은 설문에 참여한 10명의 전문가에 대한 소속을 나타낸다. 해양 무인체계 분야 개발에 요구되는 핵심기술을 선정하기 위해 관련기관의 전문가를 설문대상으로 선정하였으나 소속기관의 대다수 인원에 대한 설문을 실시하기 어려운 현실적인 여건을 고려하여 제한적이지만 관련 전문가 10명을 대상으로 한 설문결과를 활용하였다.

Table 3. List of Interviewees

| Naval Headquarters | DAPA | ADD | DTaQ |
|---|---|---|---|
| 3 | 3 | 2 | 2 |

### 4.2 AHP 분석 결과

AHP 분석에서의 응답자들에게 해양 무인체계의 핵심기술 소요결정을 위한 평가요인간 관계를 인식시키기 위하여 앞 절에서 분석된 해양 무인체계 개발에 요구되는 핵심기술군과 핵심기술군 우선순위 선정을 위한 평가요인을 AHP 설문조사 대상자들에게 제시하였다. 그리하여 각 평가항목 간의 중요도를 도출한 결과는 Table 4와 같다. 핵심기술 소요결정 평가요인의 중요도는 각 단계별 요인들에 대한 상대적 중요도를 의미한다. AHP 분석의 결과를 살펴보면 평가 상위항목인 기술추세 부합성과 확보 가능성은 각각 0.259와 0.238로 중요도의 차이가 크지 않게 나타난 반면 기술소요 활용성은 0.458로 상대적으로 중요도가 높은 것으로 나타났다. '기술추세 부합성'과 '확보 가능성'의 상대적 중요도는 큰 차이를 보이고 있지 않는 반면 '기술소요 활용성'이 상대적으로 높은 중요도를 보이는데 이는 핵심기술 소요결정을 위한 소요 검

Table 4. The Weight Result of AHP Hierarchy

| Top Items | | Sub Items | |
|---|---|---|---|
| Category | Weight | Category | Weight |
| Technical Trends Correspondence | 0.259 | Correspondence to Defense Industry Policy | 0.289 |
| | | Connectivity with existing core technology planning contents | 0.711 |
| Feasibility | 0.283 | Technical Feasibility | 0.694 |
| | | Economical Feasibility | 0.306 |
| Technology utilization efficiency | 0.458 | Market demand | 0.280 |
| | | Applicability of weapon systems | 0.463 |
| | | Industrial ripple effect | 0.257 |

토시 해당 핵심기술이 적용되는 무기체계에 충분히 활용되어야 하며 유사 무기체계로 확대 적용되어야 하는 필요성을 인식하고 있기 때문이라고 볼 수 있다.

각 평가 하위항목의 중요도를 세부적으로 살펴보면, “기술추세 부합성”의 하위요인에서는 ‘방위산업 정책과의 부합성’보다 ‘기존 핵심기술기획 내용과의 연계성’이 다소 높게 평가되었다. 이는 무기체계별 요구능력에 기반한 기존 핵심기술이 최신화되어 소요에 반영되어야 함을 중요한 요인으로 인식하고 있다고 볼 수 있다. “확보 가능성”의 하위요인에는 ‘기술 실현성’이 ‘경제적 타당성’보다 높게 평가되어 기술을 개발시 비용적 한계를 고려하기 보다는 기술수준, 인프라 등을 고려할 때 해당 기술이 실현될 가능성을 더욱 중요하게 인식한다고 볼 수 있다. “기술소요 활용성”의 하위요인에서는 ‘무기체계 적용성’이 다른 항목들보다 중요하게 평가되어 핵심기술이 무기체계의 개발과 연계되어 개발되어야 하고 즉각 적용 가능하여야 함을 요구하고 있다고 볼 수 있다.

본 연구에서 분류한 핵심기술 소요결정시의 평가요인의 중요도와 평가대안으로 선정된 해양 무인체계 개발에 요구되는 핵심기술군의 중요도를 산출한 결과를 종합적으로 보면 Table 5와 같다.

핵심기술 소요결정 각각의 평가요인에 해양 무인체계

Table 5. Weight Results

| Level 0 | Level 1 | Level 2 | Level 2 Weight | Level 3 | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 |
| Technologies Priorities | Technical Trends Correspondence (=0.259) | Correspondence to Defense Industry Policy(=0.289) | 0.075 | 0.195 | 0.090 | 0.131 | 0.242 | 0.057 | 0.063 | 0.077 | 0.084 | 0.062 |
| | | Connectivity with existing core technology planning contents(=0.711) | 0.184 | 0.222 | 0.042 | 0.182 | 0.159 | 0.096 | 0.055 | 0.077 | 0.119 | 0.047 |
| | Feasibility (=0.283) | Technical Feasibility(=0.694) | 0.196 | 0.173 | 0.105 | 0.177 | 0.155 | 0.078 | 0.051 | 0.087 | 0.114 | 0.061 |
| | | Economical Feasibility(=0.306) | 0.087 | 0.156 | 0.079 | 0.151 | 0.127 | 0.123 | 0.038 | 0.094 | 0.142 | 0.091 |
| | Technology utilization efficiency (0.458) | Market demand (=0.280) | 0.128 | 0.154 | 0.132 | 0.137 | 0.158 | 0.143 | 0.082 | 0.059 | 0.077 | 0.058 |
| | | Applicability of weapon systems(=0.463) | 0.212 | 0.157 | 0.070 | 0.146 | 0.181 | 0.095 | 0.033 | 0.118 | 0.106 | 0.094 |
| | | Industrial ripple effect(=0.257) | 0.118 | 0.095 | 0.110 | 0.306 | 0.139 | 0.077 | 0.087 | 0.034 | 0.091 | 0.060 |
| Total Weight | | | | 0.167 | 0.087 | 0.176 | 0.164 | 0.095 | 0.056 | 0.082 | 0.106 | 0.068 |

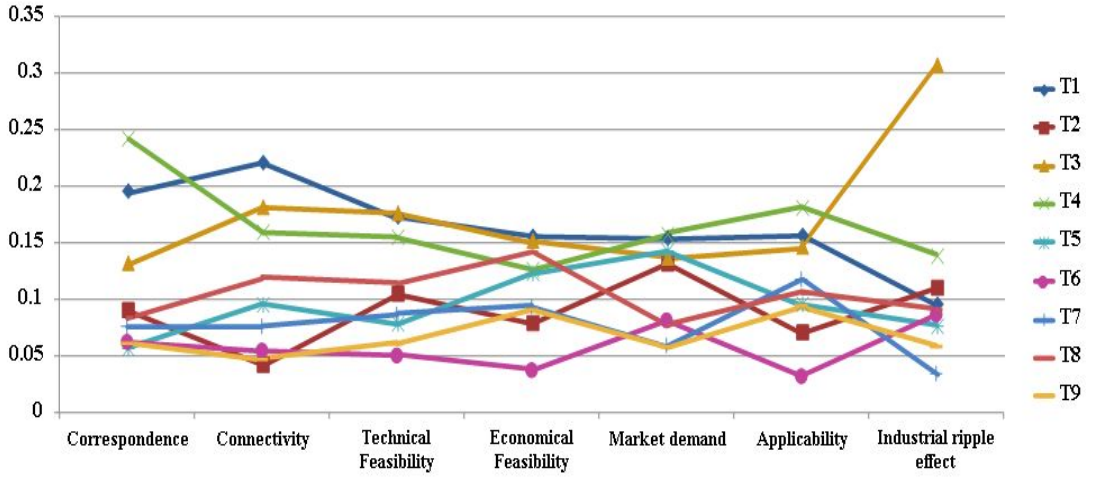


Fig. 7. Priority of evaluation alternatives by evaluation Sub Items

를 개발시 연구개발이 필요한 핵심기술군을 평가 대안으로 평가하여 중요도를 분석한 결과 자율성(T3, 0.176)이 우선순위가 높은 것으로 나타났다. 다음으로 센서(T1, 0.167), 통신(T4, 0.164), 추진/에너지(T8, 0.106), 협동능력(T5, 0.095), 플랫폼/구조(T2, 0.087), 임무통제(T7, 0.082), 임무장비(T9, 0.068), 인간시스템 통합(T6, 0.056)의 순서로 가중치가 높게 평가되었다.

하위 평가기준별로 평가대안인 핵심기술군의 중요도는 Fig. 7과 같다. “기술추세 부합성” 측면에서 살펴보면 ‘방위산업 정책과의 부합성’에서의 핵심기술군별 중요도는 통신(T4)이 가장 높게 평가되었고, ‘기존 핵심기술기획 내용과의 연계성’에서는 센서(T1)가 가장 높게 평가되었다. “확보 가능성” 측면에서는 ‘기술 실현성’에서는 자율성(T3)과 센서(T1)가 높은 중요도를 보였고, ‘경제적 타당성’에서는 센서(T1)가 자율성(T3)와 높게 평가되었는데 이는 핵심기술의 확보 가능성 측면에서 현재의 기술수준을 고려한 미래 요구기술들에 대해 경제적인 부분을 고려시 센서(T1)와 자율성(T3) 위주의 기술들이 미래 해양 무인체계 개발에 요구되는 것으로 분석되었다. “기술소요 활용성” 측면에서는 ‘시장 수요성’과 ‘무기체계 적용성’에서는 통신(T4)과 센서(T1)가 높은 중요도를 보였고, ‘산업적 파급성’ 측면에서는 자율성(T3)과 통신(T4)이 높은 중요도를 보였다. 이는 해당 기술이 국방과 민수시장의 요구를 반영하고 무기체계에 직접 적용 가능성이 높으며 산업적 성장에 크게 기여할 수 있는 기술군으로 센서(T1), 자율성(T3), 통신(T4) 분야의 기술군이 중요하다는 것으로 볼 수 있다. 다만 ‘산업적 파급성’ 측면에서 가장 높은 중요도를 보인 자율성(T3)이 두 번째로 높은 통신(T4)의 중요도보다 큰 격차로 높게 평가되어 자율성(T3) 분야의 기술 개발이 산업적 성장효과와 고용창출 효과를 높이는 가장 중요한 기술군으로 평가되었음을 알 수 있다.

하위 평가요인별로 평가대안인 핵심기술군의 중요도를 분석한 결과 센서(T1), 자율성(T3), 통신(T4)이 전반적으로 높은 중요도를 보였다. 본 연구를 통해 드러난 AHP 분석 결과를 바탕으로 제기된 군과 산·학·연 전문가들의 판단으로는 미래 해양 무인체계를 개발함에 있어 센서(T1), 자율성(T3), 통신(T4) 분야의 기술 개발이 우선적으로 요구된다는 결과이다.

기존의 일반 무기체계를 대상으로 선정된 핵심기술 소요[12]와 본 연구에서 도출한 해양 무인체계 개발을 위해 요구되는 핵심기술의 분야별 중요도를 수치화하여 비교하면 Table 6과 같다. 일반 무기체계를 대상으로 한 기존의 핵심기술 소요 결과는 센서, 정보통신, 탄약/에너지 분야가 절반 이상을 차지하였고, 해양 무인체계 개발에 요구되는 핵심기술은 센서, 자율성, 통신 분야가 높은 중요도를 보였다. 핵심기술 선정에 있어 센서분야와 통신분야가 높은 중요도로 강조되고 있음을 알 수 있으며, 무엇보다 본 연구에서 재분류한 핵심기술군으로 판단하여 보았을 때 해양 무인체계 개발을 위해서는 자율성 분야의 핵심기술 확보 기반을 마련해야 함을 알 수 있다. 한정된 국방재원을 고려하였을 때 선택과 집중을 통한 미래 해양무인체계를 개발할 때 요구되는 핵심기술을 선정하기 위해서는 자율성 분야를 중점으로 하여 센서, 통신 분야의 핵심기술 분야를 발전시켜야 한다고 볼 수 있다.

Table 6. Comparison of Core Technologies

| ’18~’32 Core Technologies (2018) | | Proposed Core Technologies for Maritime Unmanned System | |
|---|---|---|---|
| Technical field | Weight (%) | Technical field | Weight (%) |
| Sensor | 20.1 | Sensor | 16.7 |
| Information Communication | 18.5 | Platform /Structure | 8.7 |
| Control /Electronics | 10.2 | Autonomy /Automation | 17.6 |
| Ammunition /Energy | 17.5 | Communication | 16.4 |
| Propulsion | 9.1 | Cooperation | 9.5 |
| NBC | 6.8 | HSI | 5.6 |
| Material | 8.6 | Mission Control | 8.2 |
| Platform /Structure | 9.3 | Propulsion /Energy | 10.6 |
| Total | 100 | Mission Equipment | 6.8 |
| | | Total | 100 |

## 5. 결론

세계 각국은 4차 산업혁명의 본격화에 힘입어 국가적으로 새로운 성장원천의 잠재력을 기르고 있다. 우리나라 역시 세계 최고수준의 네트워크와 ICT 역량, 우수한 인적자원 등의 강점을 보유하여 4차 산업혁명을 선도할 잠재력을 확보한 상태이다. 하지만, 지금까지와는 완연히 다른 경제·사회 전반에 걸쳐 패러다임의 전환을 요구하는 4차 산업혁명에 대비하기 위한 국방분야 차원의 준비는 아직까지는 미흡하며, 특히 4차 산업혁명 신기술 분야의 국방 분야 적용을 통한 국방 경쟁력 강화가 시급한 실정이다.

이러한 상황에서 본 연구는 미래 한반도 해역에서 운용될 해양 무인체계를 연구개발 하는 경우 요구되는 핵심기술의 소요결정을 위한 평가요인을 바탕으로 이를 계층적으로 분류하여 각각의 요인에 대한 중요도를 분석하고, 최하위의 세부평가 요인에 대한 척도를 활용하여 해양 무인체계 개발에 요구되는 핵심기술군을 평가하였다.

먼저 “기술추세 부합성” 측면에서 ‘방위산업정책과의 부합성’이 ‘기존 핵심기술기획 내용과의 연계성’보다 높은 비율로 중요하다고 평가되어 기존 핵심기술 내용과 연계된 최신화 기술보다 국방과학기술의 중장기 발전계획, 국가 연구개발정책, 국방 획득정책과 부합하는 핵심기술이 해양 무인체계 개발에 요구되고 있는 것으로 볼 수 있다.

“확보 가능성” 측면에서는 ‘기술 실현성’이 ‘경제적 타당성’보다 상대적으로 중요하다고 평가되었는데 이는 핵심기술을 개발하여 확보함에 있어 비용적인 요소보다 기술적으로 달성 가능한 수준인지 여부가 먼저 고려되어야 한다고 볼 수 있다.

“기술소요 활용성”의 하위요인들 중에서는 ‘무기체계 적용성’이 가장 중요하게 평가되었고 하위 평가요인들 중에서도 가장 높은 가중치를 보였다. 이는 해당 핵심기술이 실제 적용되는 무기체계에 즉각적으로 활용 가능하여야 하는 것이 가장 중요하며 현실적인 문제로 인식하고 있다는 것이라고 볼 수 있다.

다만 대안으로 제시된 핵심기술군 중 ‘인간시스템 통합’ 기술분야는 다른 기술분야에 비해 상대적으로 낮은 중요도를 보였고, 그 뒤를 이어 ‘임무장비’ 기술분야가 낮게 평가되었는데 이를 볼 때 발전하는 기술추세와 경제적, 산업적 영향성 등을 고려한 인간과 무인체계의 상호 인터페이스와 임무를 위해 탑재되는 장비와 관련된 기술들은 향후 적극적으로 검토되어야 할 것으로 판단된다.

본 연구를 통해서 다음의 두 가지 의의를 확인할 수 있다. 첫째, 일반적인 핵심기술 소요결정시의 기술분야를 해양 무인체계 개발에 요구되는 기술분야로 특정하여 재분류함으로써 국방 분야에서 해양 무인체계 개발에 필요한 핵심기술의 소요를 보다 더 정확하게 분석할 수 있도록 노력하였다는 점이다.

둘째, 본 연구에서는 비록 해양 무인체계라는 특정 분야를 대상으로 한 의사결정과정으로 마무리하였지만 다른 무기체계 영역에서도 전력 확보 및 비교·분석 등의 결정문제에서 유효하게 적용될 수 있는 프로세스로서의 가치가 있다고 할 수 있다.

본 연구에서 적용된 평가모형의 문제점과 향후 연구방향을 제시하면 다음과 같다. 첫째, 본 연구는 핵심기술 소요결정 평가요인을 AHP에 적용함으로써 해양 무인체계의 획득 및 운용에 관련된 인원들의 의견이 반영된 해양 무인체계 개발에 요구되는 기술분야의 중요도를 산출하였다. 이와 관련하여 유형별 기술분야의 중요도를 비교·분석하는 추가 연구는 핵심기술 개발을 위한 보다 더 상세한 정보를 얻게 해줄 것이다. 둘째, AHP를 이용하여 중요도를 산출할 때 델파이방법과 같은 의견수렴을 통해서 평가요인을 도출할 수도 있을 것이다. 셋째, AHP 방법론 외에도 다른 방법론과의 조합도 생각해 볼 수 있다. ANP(Analytic Network Process)를 이용하여 접근해 봄으로써 평가요소간 종속관계, 피드백을 확인할 수도 있을 것이다. 이와 같은 방법론을 적용한 연구는 향후 국방 무기체계 분야의 연구개발 방향을 결정하는 데에 있어 여러 가지 도움을 줄 수 있을 것이다.

Appendix Ⅰ. Classification of Core Technologies for Marine Unmanned System Development

| Category | No | Technical Classification | Selection |
|---|---|---|---|
| Defense Technology Standards (A) | A-1 | Sensor | O |
| | A-2 | Information Communication | X(≒ B-5) |
| | A-3 | Electronics | X(≒ B-1) |
| | A-4 | Ammunition/Energy | X(≒ C-6) |
| | A-5 | Propulsion | X(≒ C-6) |
| | A-6 | NBR | X(≒ C-6) |
| | A-7 | Material | X(≒ A-8) |
| | A-8 | Platform/Structure | O |
| UNMANNED SYSTEMS ROAD MAP (B) | B-1 | Autonomy | O |
| | B-2 | Bandwidth | X |
| | B-3 | Recognition Process | X |
| | B-4 | General Control | X(≒ C-4) |
| | B-5 | Communication | O |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | B-6 | Cooperation | O |
| | B-7 | Data Interface | X(≒ B-5) |
| | B-8 | Dynamic Obstacle Evasion | X(≒ B-1) |
| | B-9 | Human System Integration | O |
| | B-10 | Launching & Recover | X(≒ A-8) |
| | B-11 | Power System | X(≒ C-6) |
| | B-12 | Processing | X(≒ B-1) |
| | B-13 | Product Form | X |
| | B-14 | Reliability | X |
| | B-15 | Sensor | X(≒ A-1) |
| | B-16 | Survivability | X |
| | B-17 | Armed Weapons | X(≒ C-7) |
| Defense Unmanned · Robot Technology Development Strategy (C) | C-1 | Detection Sensor | X(≒ A-1) |
| | C-2 | Environmental Awareness | X(≒ A-1) |
| | C-3 | Self Determination | X(≒ B-1) |
| | C-4 | Mission Control | O |
| | C-5 | Structure/Mechanism | X(≒ A-8) |
| | C-6 | Propulsion/Energy | O |
| | C-7 | Mission Equipment | O |
| | C-8 | Communication Network | X(≒ B-5) |

## References


[1] Doe-hun Kim, "An Empirical Study on Future New Technology in Defense Unmanned Robot", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol 19, No. 4, pp.611-616, 2018.
DOI: https://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2018.19.4.611

[2] "Core Technologies for Future Weapons Systems", P.43, Defense Agency For Technology and Quality, 2016.

[3] "Unmanned Systems Integrated Road map FY2017-2042", pp.1-3, US DoD, 2017.

[4] "Guideline for processing Core Technology R&D", p.73, Defense Acquisition Program Administration, 2018.

[5] "Guideline for processing Core Technology R&D", pp.9-10, Defense Acquisition Program Administration, 2018.

[6] Hong-seok Ko, Sang-bae Jeon, "Understanding and Practice of Defence Technology Level Survey", pp.359-371, Hyeongseol Publishers, 2011.

[7] Geun-tae Jo, Yong-gon Jo, Hyun-soo, Kang, "The Analytic Hierarchy Process", pp.3-4, Donghyun Publishers, 2003.

[8] Yong-seong Park, "The Analytic Hierarchy Process, Theory and Practice", pp.91-95, Kyowoo Publishers, 2009.

[9] "UNMANNED SYSTEMS ROAD MAP", pp.82-92, Defense Agency For Technology and Quality, 2008.

[10] "UNMANNED and Robot Technology Development Strategy", pp.82-92, Defense Acquisition Program Administration, Agency for Defense Development, 2013.

[11] Jeong Lee, Sang-seol Lee, "Internet Shopping Mall Selection Using the AHP", *Journal of Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, Vol 28, No 1, pp.16-23, 2005. Available From: http://db.koreascholar.com/article.aspx?code=22259

[12] "18~32 Core Technology Plan(General version)", p.166, Defense Acquisition Program Administration, 2018.



원 유 재(You-Jae Won) [정회원]

- 2013년 1월 : 국방대학교 국방관리대학원 무기체계학과 (공학석사)
- 2016년 3월 : 아주대학교 시스템공학과 박사과정
- 2013년 1월 ~ 현재 : 방위사업청 사업관리 담당

〈관심분야〉
시스템엔지니어링, 국방R&D

엄 진 욱(Jin-Wook Eom) [정회원]

- 2013년 1월 : 국방대학교 국방관리대학원 무기체계학과 (공학석사)
- 2013년 3월 ~ 2018년 1월 : 방위사업청 계약/사업관리 담당
- 2018년 1월 ~ 2019년 1월 : 연합사단협조단 군수참모처
- 2019년 1월 ~ 현재 : 방위사업청 사업관리 담당

〈관심분야〉
시스템엔지니어링, 국방획득, 군수관리, 정보통신

박 찬 현(Chan-Hyun Park) [정회원]

- 2016년 2월 : 충남대학교 기계공학과 (학사)
- 2019년 2월 : 아주대학교 시스템공학과 (공학석사)
- 2019년 2월 ~ 현재 : 에스앤에스이앤지㈜ 연구원

〈관심분야〉
시스템엔지니어링, 위험관리, 비용분석