

# 기술연관분석을 활용한 국방 기술개발과 무기체계개발 연계 향상 방안 연구

## A Study on How to Link the Development of Weapons Systems with the Development of Technologies Using Technology-Product Relevance Analysis

박홍석\*, 허용석\*\*\*

Hongsuk Park\*\*, Yong-Sork Her\*\*\*

### ABSTRACT

Core technologies based on weapon systems are essential for establishing mid to long term defense technology roadmaps by reflecting the results of weapon system technology analysis. However, a systematic methodology for deriving core technologies remains insufficient. The relationship between weapon systems and core technology R&D must be distinctly analyzed. To address this, the study utilizes a Technology-product Relevance Analysis to examine the relationship between the Work Breakdown Structure(WBS) of weapon systems and their component technologies. This approach aims to reduce technological gaps and enhance the interconnectivity of required technologies within a single weapon system, ultimately contributing to more strategic core technology planning. It derives data that can be used for policy decision-making by applying the system contribution of technologies, the technology requirements of each system, and technology similarity. In particular, by creating a technology relation map through technology similarity information, it provides a basis for easier decision-making on resource and personnel allocation. The study also analyzes domestic and international cases related to this theory and derives implications, presenting verification and insights on its applicability through empirical analysis. The information obtained from technology relationship analysis is provided as objective data for decision-making and is expected to contribute to the efficient use of limited defense budgets in defense science and technology research and development.

### 초 록

무기체계 기반 핵심기술은 무기체계 기술 분석 기반의 핵심기술 도출 결과를 반영하여 중·장기 국방기술로드맵을 수립하게 되어 있으나 핵심기술 도출에 대한 체계적인 방법론은 미흡한 실정이다. 무기체계와 핵심기술 연구개발의 연관관계는 구분하여 분석할 필요가 있으며 이를 위해 본 연구에서는 무기체계의 업무분할구조(WBS)와 요소기술의 관계를 기술연관분석 방법론을 이용해 분석하였다. 기술들의 체계기여도나, 각 체계들의 요소기술 요구도, 기술유사도 등을 응용하여 정책적 의사결정에 활용할 수 있는 자료를 도출하였고 특히 기술유사도 정보를 통해 기술연관지도를 작성함으로써 자원과 인력의 배분을 용이하게 판단할 수 있는 근거를 제공하였다. 위와 같은 이론에 관한 국내외 사례를 분석하고 이에 대한 시사점을 도출하였으며 실증분석으로 그 활용성에 대한 검증과 시사점을 제시 하였다. 기술연관관계 분석을 통한 각종 정보는 의사결정에 있어서의 객관적인 자료로서 제공되어 지고 이를 기초로 국방과학기술 연구개발에 있어서 제한적인 국방 예산의 효율적인 사용에 기여할 것으로 판단된다.

**Key Words** : Development of weapons systems(체계개발), Development of technologies(기술개발), Technology-product Relevance analysis(기술연관분석)

\* 이 연구는 국립금오공과대학교 대학 연구과제비로 지원되었음(2022~2024)

\*\* 박홍석, 국립금오공과대학교 산학협력단 조교수

\*\*\* 허용석, 국립금오공과대학교 산학협력단 조교수

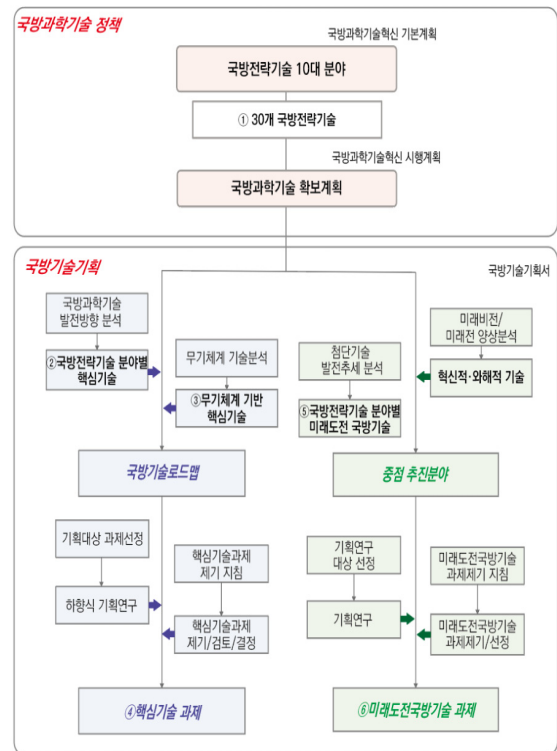
# I. 서론

최근 우크라이나-러시아 전쟁에서 보는 바와 같이 현대 전쟁은 지상, 공중, 해상전과 병행하여 우주전 및 사이버전 등 새로운 융합형 전쟁 방식이 적용되고 있다<sup>1)</sup>. 변화되는 전쟁양상과 더불어 이에 적용되는 첨단 무기체계와 기술은 전쟁의 승패를 좌우하는데 결정적인 역할을 담당하고 국가 안보에 미치는 영향은 점진적으로 증대되고 있으며 특히 미국과 유럽국가, 중국 등의 군사 선진국에서는 경쟁적으로 국방 첨단 과학 기술 개발을 위한 국가 차원의 로드맵을 그림과 동시에 기술의 우위를 추구하고 있다<sup>2)</sup>. 우리나라에서도 이러한 시대적 흐름에 발맞추어 2023년 기준으로 57조 143억 원의 국방 예산을 반영하고 있고 약 5조 930억 원의 예산을 연구개발 분야에 할당하고 있다. 국방 연구개발 사업은 크게 무기체계 연구개발 사업과 무기체계 국방기술 연구개발 사업의 형태로 구분된다. 무기체계 연구개발 사업은 주로 방위사업청(DAPA, Defense Acquisition Program Administration, 이하 방사청)에서 사업관리를 수행하는 반면 국방기술 연구개발 사업은 국방기술진흥연구소(KRIT, Korea Research Institute for defense Technology and advancement, 이하 국기연) 및 국방과학연구소(ADD : Agency of Defense Development, 이하 ADD)에서 핵심기술 연구개발, 미래 도전 국방기술 연구개발 등 5개의 연구개발 사업으로 나뉘어 관리된다. 이렇듯 무기체계 연구개발 사업과 국방기술 연구개발 사업의 사업관리 주체와 예산 등이 구분됨으로 인해 상호 연계한 연구개발 체제구축이 필요한 실정이다. 표 1은 2021년부터 6년간 핵심기술 과제의 무기체계 적용률을 보여주고 있다. 표에서와 같이 핵심기술 과제의 무기체계 적용률은 전반적으로 45~62% 수준을 보이고 있으며 이는 핵심기술이 무기체계에 적용되는 기술의 사전 확보라는 취지를 고려해 볼 때 저조한 수치임을 확인할 수 있다. 이러한 결과는 기술개발과 무기체계 개발에 대한 연계성 연구에 대한 필요성을 제시해 준다.

〈표 1〉 핵심기술개발의 무기체계 적용률

년	2016	2017	2018	2019	2020	2021	평균
적용률 (%)	45.2	62.7	60.0	52.0	55.2	60.9	55.8

국방기술 연구개발은 〈그림 1〉<sup>3)</sup>과 같이 국방전략기술 10대 분야 및 세부 국방전략기술 30개와 국방과학기술정책, 이와 연계한 국방기술추진 방향 등을 고려하여 추진하고 있다. 특히, 무기체계 기반 핵심기술은 무기체계 기술 분석 기반의 핵심기술 도출 결과를 반영하여 중·장기 국방기술로드맵을 수립하게 되어 있으나 핵심기술 도출에 대한 체계적인 방법론은 미흡한 실정이다. 사업에 대한 기술의 연관관계는 전통적으로 기술연관분석이 활용되어 왔으며 무기체계와 핵심기술 연구개발의 연관관계는 구분하여 분석할 필요가 있으며 본 연구에서는 기술연관분석을 개선한 새로운 방법론을 제시하고자 한다.



〈그림 1〉 국방기술 연구개발 추진개념

1) 장윤정 외, "러시아-우크라이나 전쟁의 교훈과 시사점 : 미래전장을 주도할 과학기술 동향", 『국방기술』, 538호, 126-133, 2023.  
 2) 김대원 외, "기술패권 경쟁 우위 확보를 위한 선택과 집중의 국방전략기술 연구", 『한국산학기술학회』, 24권 5호, 62-69, 2023., Budget of the U.S. Government FISCAL YEAR 2024, Available From: <http://whitehouse.gov>

3) 국방기술기획서(2024~2038), 국방기술진흥연구원

본 연구의 2장에서는 기존의 기술연관분석에 대한 선행 연구를 소개하고 3장에서는 기술연관분석의 절차에 대해 자세하게 설명하고자 한다. 4장에서 기술연관분석을 개선한 방법론의 국방분야 적용방안을 제시하고 그에 대한 활용방안을 도출하며 5장에서는 결론 및 향후 연구방향을 제시하고자 한다.

## II. 선행연구

### 2.1. 선행연구

#### 2.1.1 기술연관분석

기술연관분석은 기본적으로 기술 파급효과에 그 근거를 두고 있다. 여기서 파급효과란 구체적으로 어떤 연구 활동에서 연구주체가 생성한 지식이나 정보 또는 기술이 다른 연구주체의 연구성과나 결과에 의도하지 않은 형태로 영향을 미치는 것으로 설명하고 있다<sup>4)</sup>.

연구개발의 파급효과를 측정할 때 파급효과변수의 관계 설정을 가장 중요한 요소로 고려한다. 파급효과의 측정이 연구개발의 성과에 대한 결과가 다양한 경로로 확산되어간다는 것에 대한 기본 전제에서 시작되는 것이므로 파급효과변수에 대한 관계설정이 되지 않으면 파급효과를 이용한 연구개발의 성과 평가에 대한 측정 자체가 불가능하기 때문이다. 파급효과 변수를 측정하는 방법론의 대표적인 것이 기술연관분석 방법이다. 기술연관이란 기술과 기술 외부와의 관계, 기술 외부간의 기술적 연계관계 및 기술 내부에서의 기술 간의 상호관계라고 정의할 수 있다<sup>5)</sup>. 기술연관은 여러 가지 고려요소에 의해 복잡한 양상을 보이며 다양한 시각에 따라 복잡하게 나타날 수 있으므로 정확한 기술연관의 구체적인 모습을 그려내는 것은 사실상 불가능하다. 목적과 관점을 명확히 설정하는 것이 중요하며 중요도에 따라 가중치를 부여하여 일정한 규칙에 따라 적용한다면

목적에 맞는 기술연관 모델을 적용할 수 있을 것이다.

기술연관은 기술개발과 기술의 생성을 가져오게 하는 제 요소와의 연관을 나타낸다. 기술의 연관은 외부연관과 내부연관으로 구분되며 외부연관은 그 기술을 이용할 수 있게 하는 또는 이용함으로써 초래하는 환경과 여러 형태의 연관을 말하며 내부연관은 외부연관과 또 다른 기술이나 공학 등과 상호의존하고 있어 서로 경합하거나 보완하는 등의 형태로 존재하는 연관을 말한다. 외부기술연관은 기술의 외적 요구가 기술집합 또는 이를 구성하는 기술요소와 관련을 가지고 연관성을 가지는가를 분석하여 특정 목표에 대한 해결수단으로서 기술 및 기술집합을 탐색하는 방법이다. 내부기술연관의 특징은 과학기술영역에서 수직 및 수평의 기술이전 과정을 통해 다양한 기술연관을 가지고 있으며 이와 같은 관계들 속에서 기술들은 상호보완 및 대체 등의 관계를 형성하고 있다. 기술과 기술의 내부연관은 기술이전단계나 기술확산대상 등의 기술간 관계라고 할 수 있다. 그러나 이러한 관계에 대한 구체적인 연결성에 대한 설정은 쉽지 않으므로 특정한 기술연관 모델을 수립하여 파악해야 한다. 기술연관 분야에서 많은 학자나 연구자들이 여러 가지 분석도구들을 사용하여 연구해 왔으나 혁신적이고 일반적인 연구모델을 도출한 연구는 제한적이었다. 이는 기술의 특성 상 산업분류보다 구분하기가 훨씬 힘들고 또한 기술을 어느 정도 세분화 할 수 있는지의 문제가 크게 고려되었다. 세분화하여 분류하면 분석이 복잡하고 대분류 기준으로 분류하면 기술연관의 실질적인 연관 효과를 파악하기가 어려운데 그 이유가 있다. 기술은 변화 속도가 빨라서 기술의 특성도 급격하게 변화하기 때문에 체계적인 분류에 어려움을 겪을 뿐만 아니라 방법론적 모형을 설정하기도 힘들다.

이러한 이유로 기술연관분석 개념은 산업연관 분석에서 유추되었다. 산업연관 분석의 기본 발상은 케네(F. Quesnay)가 경제주체간의 거래관계를 체계적으로 기록하고자 했던 경제표(Tableau economipue)에서 찾을 수 있으며 이는 후에 왈라스(L. Walras)의 일반균형이론<sup>6)</sup>으로 이어졌다. 추상적인 왈라스의 일반균형이론을 레온티에프

4) 윤윤중, "한국 제조업의 기술파급 네트워크와 연구개발투자의 파급효과 분석", 서울대학교 박사학위논문, 1999.

5) 최희운 외, "첨단기반기술의 기술연관분석 및 사전조사 연구", 『과학기술정책연구평가센터』, 1988.

6) 즉 시장경제에서 모든 경제 부문이 상호 관련 관계를 맺고 있어 이들 부문이 수요와 공급에 대한 균형이 동시에 이루어진다고 보아 그 가격과 수급량의 결정을 설명하고자 하는 이론이다.

(W. Leontief)는 현실적인 시장 경제에 적용하여 산업연관표를 작성하였다. 산업연관 분석은 최종수요가 산업 고용 소득 등 국민경제에 미치는 파급효과를 각 부문별로 분석하여 산업간의 직·간접적 효과를 도출하여 상호연관관계를 파악하는 방법이다. 산업 간의 투입-산출 관계를 기초로 분석한 자료를 토대로 거시적 관점에서 산업 간의 연관관계를 분석하는데 활용된다. 산업연관표를 통해서 여러 산업분야를 구조적으로 정리하여 경제의 각 분야에 다양한 관점으로 이루어지는 파급효과와 경제 예측 등을 용이하게 할 수 있다.

기술연관분석은 산업연관분석 방법론을 유사하게 적용하여 기술적 연관관계를 나타내는 기술연관표를 도출 하는 것이 핵심이다. 그러나 산업연관분석은 단지 산업 간의 연관을 통해 기술적, 이론적인 상관관계가 없는 산업 간에도 투입과 산출이 발생하면 연관관계가 있는 것으로 판단되지만 기술연관분석은 직접적으로 기술과 기술의 연관이 있어야만 연관관계가 있는 것으로 분석이 이루어진다. 즉 신기술이나 신제품이 개발되거나 제품의 성능을 향상시키기 위해서는 다른 기술이 필요하고 이들 기술 간에는 기술적 상호연관이 있다고 할 수 있다. 최근에는 4차산업혁명 기술을 대상으로 텍스트 마이닝 등 AI를 접목한 기술연관분석을 통해 방법론을 더욱 발전시키고 있다<sup>7)</sup>.

특히 일부 방위산업부에서도 기술연관분석이나 산업연관분석 등을 적용하였다. 전유수(2024)는 함정 MRO 산업의 경제적 파급효과를 산업연관분석을 기반으로 분석하였고 유명대(2015)는 산업연관분석 틀을 활용해 생산유발계수, 부가가치유발계수 등 경제적 파급효과를 중심으로 분석하였다. 전기현(2024)은 선행연구 조사·분석 과정 중 기술적 요소 분석 과정에서 계량서지분석을 활용하였으나 무기체계와 기술의 연관관계에 대한 연구는 제한적으로 이루어지고 있다.

### 2.1.2 국내외 사례

국내에서는 1969년 당시 과학기술처가 처음으로 산업기술연관표를 작성하였다. 이 표에는 각 산업별 제품과 기

술을 대, 중, 소로 분류하고 기술은 일반기술, 중요기술, 선진기술로 구분하였다. 기술개발수준은 5단계로 나누고 기술개발수단을 기술도입과 개발주체(정부, 민간, 대학)로 구분하였다. 1988년 과학기술정책연구원(STEPI)은 첨단기술과 관련한 기술연관분석을 하였다<sup>8)</sup>. 이 연구에서는 개발 목표에 대응한 기술개발과제 간의 기술연관도를 측정하고 전략적으로 개발해야 할 주요 첨단 기반기술과제를 도출하였다. 한양대 산업경영연구소와 기업기술연구원에서는 1996년 정보통신 분야의 기술연관분석에 의한 기술개발과제의 우선순위 결정모형을 설정하고 데이터를 이용한 분석을 수행하였다. 이 연구에서는 기술개발과제의 그룹화 및 핵심과제 도출방법을 모델화하였다. 박승민(2000)은 기술연관분석과 기술지식스톡을 이용한 연구개발 의사결정 정보도출에 관한 연구에서 한국가스공사 연구개발 과제를 대상으로 기업의 연구개발 니즈와 연구과제 그리고 핵심기술의 기술연관 관계를 분석함으로써 기업의 연구개발 의사결정에 필요한 정보를 도출하였다<sup>9)</sup>. 이 연구는 특히나 다른 관련 데이터가 부족한 경우에도 사용이 가능한 방법으로 본 연구의 주요 방향인 국방분야에 적용이 가능하다고 판단하여 주된 방법론으로 적용하였다.

국외 사례로서 기술연관분석의 원시적 형태로는 미국의 QUEST(Qualitative Utility Estimates for Science and Technology)가 있다. 군사적 임무(mission)와 기술, 과학의 요소를 결합하여 과학 요소가 임무에 주는 영향을 평가하고 연구개발 예산배분의 효율화에 기여한다는 것이 목적이었다. Schmookler(1966)는 Leontief의 투입 산출 아이디어를 확장시킨 매트릭스를 활용하였다. 그는 기술의 관계를 정하는데 특히 수를 강조하였다<sup>10)</sup>. Scherer(1984) 기술의 세부자료를 이용함으로써 보다 체계적인 분석을 수행하였다. 미국 443개 기업, 15,112건의 특허자료를 이용하여 특허의 산업간 발명 이용 관계를 분석하고 기술흐름 매트릭스를 작성하여 기술파급효과를 측정하였다<sup>11)</sup>. 기타

7) 류재한 외, "텍스트 마이닝을 활용한 4차 산업혁명 핵심기술 연관분석", 『한국디지털정책학회』, 16권 8호, 129-136, 2023

8) 최희운 외, "첨단기반기술의 기술연관분석 및 사전조사 연구", 『과학기술정책 연구평가센터』, 1988

9) 박승민, "기술연관분석과 기술지식스톡을 이용한 연구개발 의사결정 정보도출에 관한 연구", 서울대학교 석사학위논문, 2000.

10) Schmookler, J., "Invention and Economic Growth", Harvard University Press, 1966.

11) Scherer, F. M., "Interindustry technology flows and productivity growth", Review of Economics and Statistics, Vol. 64, 1984, pp. 627-634.

설문에 의한 직관적인 방법들도 사용되었는데 그 대표적인 연구가 UNESCO방법이다. UNESCO방법은 다수의 기술자와 전문가의 평가를 기초로 하여 기술의 상호기여도, 의존 관계를 설정하기 위한 방법이라고 할 수 있다.

일본에서는 1972년 전자산업에 대해 기술연관분석을 시도하였다. 이때, 전자제품을 가공단계별로 구분하여 생산에 필요한 소재와 기술을 표시하였으며 기술적으로 상호간의 연관성을 매트릭스로 구성하여 정량적으로 분석하였다. 통상산업성 공업기술원(1975)에서 ‘산업기술개발 장기전략수립’을 위해 기술연관 매트릭스를 이용한 기술연관분석을 하였는데 향후 15년간 국민의 요구를 충족시키는 데 필요한 기술과제를 정량적으로 분석하여 우선순위를 평가하였다. 이 조사에서는 사회적 요구를 직접 충족시키는 니즈(needs)기술과 사회적 요구와는 직접적인 연관은 없으나 기술적인 측면에서 보았을 때 기본이 되는 기술로 구분하였고 국민의 니즈와 니즈기술, 니즈기술과 요소형 기술을 구성하는 요소기술 요소기술의 개발에 필요한 자연과학 및 공학과의 관계를 매트릭스로 도출하고 그 연관관계를 분석하였다. 본 연구에서 군의 니즈와 니즈기술, 개발필요 기술 등에 대한 관계를 정하는데 있어 이에 대한 방법론을 제시한 일본의 사례를 참조하였다.

### III. 기술연관분석의 절차

기술연관분석의 절차는 앞 절에서 언급했듯이 정형화된 모형은 존재하지 않으나 국방분야에 적용이 가능한 박승민(2000)의 방법과 일본의 사례에서 도출한 절차를 개선하여 적용하였다. 기본적인 절차는 <표 2>와 같이 선행 단계에서 관련 산업의 연구개발의 니즈들을 도출하고 산업에서 수행한 과제들을 선정하며 과제에 필수적인 핵심 요소기술들을 도출해야 한다.

필요한 자료들이 구축되면 도출된 과제들의 니즈와 요소기술 매트릭스를 작성하고 분석 목적에 부합되도록 재가공한다. 작성된 매트릭스를 활용하여 기술 유사도를 고려한 과제간의 유사성 정도를 나타내는 매트릭스를 작성하고 분석된 결과물로 기술 그룹군을 구성한다. 작성된 결과물들은 다양한 분석을 통해 평가와 영향성을 도출한다.

<표 2> 기술연관분석 절차

1단계	2단계	3단계	4단계
<ul style="list-style-type: none"> <li>연구개발의 니즈 선정</li> <li>평가대상 연구개발 과제 자료획득</li> <li>연구개발 과제의 요소기술 선정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>연관관계 매트릭스 작성                             <ul style="list-style-type: none"> <li>과제-요소기술 연관 매트릭스 작성</li> <li>니즈-과제연관 매트릭스 작성</li> <li>요소기술, 니즈매개 과제-과제 연관 매트릭스 작성</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기술 유사도 분석                             <ul style="list-style-type: none"> <li>과제간 기술유사도 매트릭스 작성</li> <li>기술 유사도에 따른 기술그룹 분류</li> </ul> </li> </ul>	평가 및 분석

#### 3.1 연구개발의 니즈, 과제, 요소기술 선정

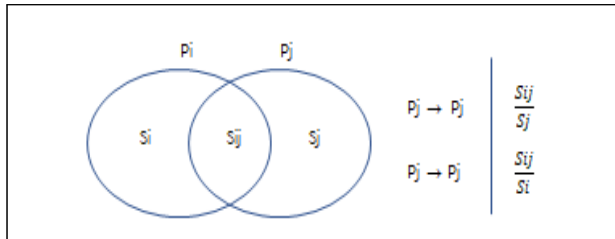
기술연관분석 모형은 분석을 통해 필요한 정보를 얻고자 하는 목적 대상에 따라 달라질 수 있다. 연구개발의 최종 목표는 기관의 니즈이므로 니즈에 대한 구체적이고 명확한 이해가 기술연관분석에 매우 중요한 요소이다. 이러한 니즈를 달성하는 과제들의 자료를 획득하고 과제들에 해당하는 요소기술을 선정, 분류하는 과정도 중요한 절차이다. 기술연관분석에 있어서 개념을 구조화하여 모델을 만들고 정량적으로 분석하기 위하여는 기술항목을 분류하고 항목간 연관 존재유무를 파악해야 한다. 기술연관분석의 모형을 매트릭스 형식으로 구조화 할 때 총축과 횡축을 구성할 내용이 필요하게 되는데 그 구성항목은 이용목적에 맞고 통계자료와 부합되는 분류가 필요하다. 기술 자체 또는 기술 간의 연관은 객관적으로 존재하는 것이지만 기술을 분류하고 연관관계를 고려할 때는 일정한 기준에 의해 추정해야 한다. 이러한 기술을 분류하는 기준은 절대적인 것<sup>12)</sup>과 상대적인 것<sup>13)</sup>으로 나누어 질 수 있으며 대분류, 중분류, 소분류와 같이 계층적으로 세분할 수 있다. 무엇보다도 기술변화와 기술연관의 복잡화는 날도 증대될 가능성이 크고 그 영역도 넓어질 전망이다. 기술의 본질에 근접하는 기본적인 근본 요소를 고찰하고 이를 반영해야 하는 것이 중요한 요소이다. 이는 절대적 분류보다는 상대적 분류가 기술연관분석에 더욱 활용될 가능성이 큰 기술 분류 방법으로 볼 수 있다.

12) 기술체계 전체를 파악하는 분류이다. 즉 기술분야를 총망라하려는 시도로 이러한 분류는 기술론의 일환으로 행해진다.

13) 절대적 분류는 이론적으로 필요하겠지만 현실에서 유용성을 갖기 위해서는 특정한 기술에 대한 분류가 특정한 이용 목적 하에서 행해져야 한다.

### 3.2 연관관계 매트릭스 수립

기술연관 매트릭스에 대한 개념은 <그림 2>와 같이 설명할 수 있다.



<그림 3> 기술연관 매트릭스의 개념도

<그림 3>에서 Pi, Pj는 기술에 대한 과제이고 그 과제 속에 포함된 기술군을 Si, Sj, Si와 Sj의 공통기술요소군을 Sij라 한다면 특정 기술에 대한 과제 Pi가 개발이 될 경우 Si라는 기술요소군도 병행하여 실현이 되게 된다.

이는 특정과제 Pj에 있어서 필요한 기술요소군 Sj중 Sij는 이미 해결이 된 것으로 이해할 수 있다. 여기에서 특정 과제 Pi가 개발됨으로서 특정과제 Pj에 미치는 파급효과의 정도를 Sij/Sj로 표현하여 기술연관의 정도를 정량화시킴으로서 기술연관 매트릭스를 작성할 수 있다.

기술연관분석을 위해서는 아래와 같이 일반적으로 산업과 기술의 관계를 나타내는 과제-기술 연관 매트릭스를 만든 다음 과제와 과제 간의 기술적 관계를 나타내는 과제-과제 연관 매트릭스를 만들 수 있다.

#### 3.2.1 과제-기술 연관 매트릭스

과제-기술 연관도를 작성하는 방법 중 대표적이고 간단한 방법은 해당 과제와 기술이 관련이 있으면 1, 관련이 없으면 0으로 표시하여 분석하는 방법이 있다.

이에 대한 예시는 <표 3>에서 보는 바와 같다. 다른 방법으로 각 과제가 보유하고 있는 특허 자료를 이용하여 기술 분류별 특허 수를 기준으로 작성하는 방법이 있다. 특허 자료를 이용하는 방법에서는 매트릭스에서 교차되는 해당 수치를 각 과제의 기술위치벡터(vector of technology position)<sup>14</sup>라 정의하고 이때 각 과제의 기술위치벡터(F 과제i)는 다음과 같이 표현된다.

$$F_{\text{과제}i} = [f_{\text{과제}i, \text{기술분류}1}, f_{\text{과제}i, \text{기술분류}2}, f_{\text{과제}i, \text{기술분류}3}, \dots, f_{\text{과제}i, \text{기술분류}n}] \quad (3.1)$$

여기서 f(과제i,기술분류j)는 과제 i의 기술분류 j에 해당하는 특허수를 말한다.

<표 3> 과제 기술 연관 매트릭스 (예시)

	기술 1	기술 2	기술 3	기술 4
과제 1	0	1	1	0
과제 2	1	0	1	0
과제 3	0	0	1	1
과제 4	1	0	0	1

#### 3.2.2 과제-과제 매트릭스

과제-과제 매트릭스를 작성하는 대표적인 방법으로는 Jaffe(1986)의 기술거리 측정 방법론이 있다<sup>15</sup>.

이는 두 과제별 기술위치벡터가 이루는 각을  $\theta$ 라 할 때 기술거리 척도( $W_{ij}$ )<sup>16</sup>를  $\cos \theta$ 로 나타내는 방법으로 두 과제가 기술공간(technology space)<sup>17</sup>상에서 위치가 같을 경우  $W_{ij}=1$ 이 되고 두 과제가 전혀 다른 세부 기술영역(technology area)에서 연구개발을 수행하고 있을 경우  $W_{ij}=0$ 이 된다 이에 관한 예시는 <표 4>와 같다.

<표 4> 과제-과제 매트릭스 (예시)

	과제 1	과제 2	과제 3	과제 4
과제 1	1	0.45	0.8	0.7
과제 2	0.45	1	0.5	0.5
과제 3	0.8	0.5	1	0.4
과제 4	0.7	0.5	0.4	1

$$W_{ij} = \frac{F_i \cdot F_j}{\|F_i\| \|F_j\|} (= \cos\theta) \quad (3.2)$$

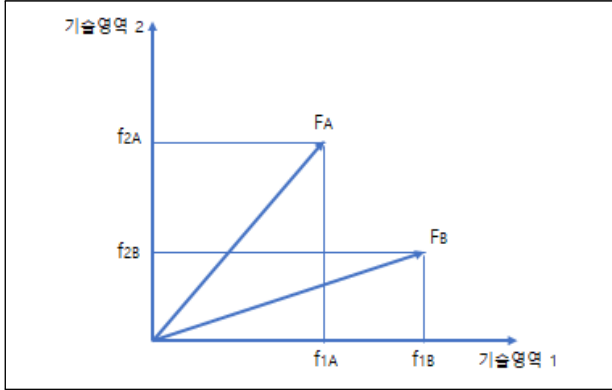
14) 기술위치 벡터는 각 세부 기술영역에 대한 기업의 연구개발노력의 분포 (distribution of research efforts over technology space), Jaffe(1986)

15) Jaffe, A. B., "Technological Opportunity and Spillovers of R&D: Evidence from Firms' Patents, Profits and Market Value", American Economic Review, Vol. 76, 1986, pp. 984-1001.

16) 기술거리 척도는 기술공간상에서 과제의 위치를 나타내는 기술위치벡터들 사이의 상대적 거리를 측정하는 방법이다.

17) 기술공간은 산업의 속성과 관계없이 기술적으로 완전히 구분되는 세부 기술영역으로 이루어진 집합이다.

기업간 기술거리가 가까울수록  $W_{ij}$ 는 커지고 기업간 큰 기술파급을 갖게 된다. <그림 4>는 Jaffe의 기술거리 이론에 대한 개념도이다.



<그림 4> Jaffe의 기술거리 개념도

Jaffe(1986)의 기술거리 개념은 연구개발 연관효과를 분석하였던 기존의 연구에 비해 직관적으로 우수하다는 평가를 받았지만 기술의 흐름을 고려하지 않고 단지 두 과제와의 거리만을 고려하여 연구개발 연관의 정도가 수혜자의 연구개발 포트폴리오의 구성에 따라 달라질 수 있음을 고려하고 있지 못하다는 단점을 가지고 있다<sup>18)</sup>.

이를 극복하기 위해 윤윤중(1999)은 연구개발의 포트폴리오를 고려한 새로운 개념을 제시하였다. 즉 과제간의 기술거리와 수혜자와 공급자의 연구개발 포트폴리오 효과를 모두 고려할 수 있는 새로운 측도를 제시하였다. 따라서 본 연구에서는 더욱 직관적으로 우수한 결과를 도출하는 새로운 측도 계산법을 과제-과제 연관 매트릭스 작성에 적용하였다. 이 새로운 측도에 대해 살펴보면 잘 정의된 기술공간이 존재하고 그 기술영역에서 각 과제의 연구개발 포트폴리오를 다음과 같이 정의하였다.

$$F_i = [f_{1i}, f_{2i}, \dots, f_{ki}], \sum_k f_{ki} = 1 \quad (3.3)$$

Jaffe(1986)의 방법과는 달리 위 식에서는  $f_{ki}$  ( $k=1,2, \dots, K$ )는 과제  $i$ 의 전체 연구개발 투입 중  $k$ 번째 세부 기

술영역에 대한 연구개발 투입의 비중을 나타낸다. 따라서  $F_i$ 는 기술공간에서 과제  $i$ 의 연구개발 포트폴리오를 의미한다. 이를 이용하여 포트폴리오가 고려된 새로운 측도를 다음과 같이 유도하였다.

$$W_{ij} = 1, \text{ if } F_i = F_j \quad (3.4)$$

$$= \frac{F_i \cdot F_j}{\|F_i\| \|F_j\|}, \text{ if } F_i \neq F_j$$

즉 세부 기술영역에 대한 과제  $j$ 의 연구개발노력을 과제  $i$ 의 위치에 따라 가중함을 한 것으로 도출하였다.

### 3.3 연구개발과제 기술유사도 분석 및 그룹화

한 과제에서 다른 과제로의 기술적 유사도를 측정하여 일정한 기준 이상이 나오면 유사한 요소기술을 가지고 있음을 나타내며 이러한 과제의 기술 유사도 분석을 통하여 유사 요소기술을 가진 과제군으로 그룹화할 수 있다. 이렇게 그룹화 하는 이유는 수많은 과제들에 대한 분석의 단위를 유사기술 과제군으로 압축하여 분석을 용이하게 함은 물론 연구개발의 중복투자에 관한 정보도 얻을 수 있다.

연구과제 유사성으로부터 아래와 같은 방법으로 대칭적인( $R_{ij}=R_{ji}$ ) 기술적 유사도를 구한다.

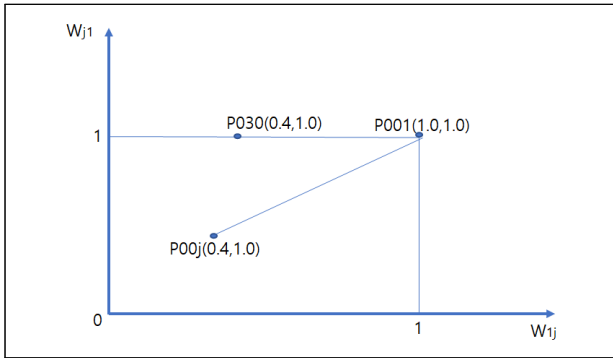
$$R_{ij} = 1 - \sqrt{\frac{(1 - W_{ij})^2 + (1 - W_{ji})^2}{2}} \quad (3.5)$$

$R_{ij}$ 는 과제  $i$ 와 과제  $j$ 의 기술유사도이고,  $W_{ij}$ 는 과제  $i$ 로부터 과제  $j$ 로의 기술적 파급효과 정도이며  $W_{ji}$ 는 기술과제  $j$ 로부터 기술과제  $i$ 로의 기술적 파급효과 정도를 나타낸다.

기술 유사도에 대한 개념도를 그려보면 <그림 5>와 같다.

X축을 과제 P001로부터 각 과제로의 기술파급도( $W_{1j}$ )라 하고 Y축을 과제 P001이 각 과제로부터 받는 기술파급도( $W_{j1}$ )라 하여 각 과제를 좌표로 표시하면 과제로부터 거리가 가까운 과제일수록 기술적으로 더 유사한 과제임을 알 수 있다. 위 그림에서 살펴보면, 과제 P030이 과제 P00j보다 P001에 기술적 유사도가 더 깊다고 할 수 있다. 연구개발과제 유사성 매트릭스를 작성한 예시는 <표 5>와 같다.

18) 윤윤중, "한국 제조업의 기술파급 네트워크와 연구개발투자의 파급효과 분석", 서울대학교 박사학위논문, 1999.



〈그림 5〉 기술 유사도 개념도

〈표 5〉 연구개발과제 유사성 매트릭스 (예시)

	과제 1	과제 2	과제 3	과제 4
과제 1	P011	P012	P013	P014
과제 2	P021	P022	P023	P024
과제 3	P031	P032	P033	P034
과제 4	P041	P041	P043	P044
...	...	...	...	...

이와 같은 기술적 유사도를 갖는 과제들 가운데에서 유사한 그룹을 도출해 낸다는 의미는 그 그룹내에서 어떤 두 개의 과제를 취해도 지정된 수준이상의 기술적 유사도를 갖는다는 과제군을 도출할 수 있다는 것이다.

## IV. 국방과학기술 연관분석 활용방안

### 4.1 국방과학기술연관분석의 의의

서론에서 살펴본 바와 같이 지식경쟁이 강조되고 모든 연구개발 활동이 국가 경쟁력 향상에 이바지 할 수 있어야 하는 국가 총력 경쟁 시대를 맞이하여 국방과학기술 연구 분야도 효율적이고 경제적인 정책을 실시해야 함에는 예외가 될 수 없다.

장광호(2004) 등 선행연구 등을 분석해 보면 기술연관 분석을 국방과학기술에 적용하는 의의는 다음과 같이 설명할 수 있다.

첫째, 국방과학기술연구개발 활동의 방향성을 찾아낼 수 있다는 점이다 다른 과학기술과 비교하여 기초분야에 집중하

여 왔다거나 응용이나 개발분야의 집중도가 많다는 등 연구개발의 방향성에 대한 평가를 가능하게 한다. 또한 지금까지 수행해온 국방과학기술연구개발이 궁극적인 니즈에 얼마나 접근하였는지도 분석 가능하다.

둘째, 국방과학기술과제의 특성상 외부관련인지 혹은 내부관련 효과가 높은지를 판단할 수 있다. 모든 국방과학기술 연구개발의 경우 내부 연관과 외부 연관의 공통성을 지니고 있지만 과제 특성상 어느 쪽에 더 많은 편향성을 가지고 있는지를 분석함으로써 연구개발의 방향성을 수정할 수 있게 한다.

셋째, 지금까지 수행되어 왔던 국방과학기술연구개발의 성격을 기술지향적인지 니즈지향적인지를 분석할 수 있음으로써 연구개발의 지향점이 올바른지를 판단가능하게 한다.

### 4.2 국방과학기술의 연관관계 분석

기존의 기술연관분석에 관한 연구로서 먼저 1997년에 과학기술정책연구소에서 수행한 건설기술 연구개발사업 사전기획 연구를 살펴보면 다음과 같다. 과학기술정책연구소에서 수행한 “97 건설기술 연구개발사업 사전기획 연구”에서는 건설기술을 산업차원에서 61종의 니즈기술과 136종의 요소기술로 분류하여 요소기술을 매개로 니즈기술 간의 연관관계를 분석하고 각 니즈기술의 평균적 파급효과를 근거로 연구개발 우선순위를 제시하였다.

장광호(2004)는 국방부 획득 관리 규정에서 분류한 무기체계를 니즈의 구분의 기준으로 삼아 총 52개의 니즈를 분류하였고 연구과제는 국방과학기술연구소에서 1990년부터 2001년까지 수행했던 완료된 과제들을 분석대상으로 선정하여 그에 관한 자료를 바탕으로 총 159개 과제를 도출하였고 완료된 시점을 기준으로 연구과제 번호를 부여하였다. 기존의 연구는 과제와 요소기술과의 관계를 특허의 유사성으로 분석했으나 국방 과학기술의 보안적 측면에서의 특성상 기존의 방법은 현실에 적합하지 않다. 따라서 기술연관분석을 수행함에 있어 기존의 특허 대신 과제보고서를 사용하였고, 기존의 국제특허분류 대신 주시형(2004)이 제안한 자동문서 분류 방식을 이용하여 분석하였다.

본 연구에서는 업무분할구조(WBS, Work Breakdown Structure)<sup>19)</sup>를 이용하여 과제(체계)-요소기술 연관관계를 분석하고자 한다.

국방 핵심기술 수요를 도출하기위해서 무기체계의 업무 분할구조(WBS)를 기초로 핵심기술 수요를 도출하였다. 이를 통해 기존의 확보기술은 제외하고 체계를 완성하는데 필요한 모든 기술 도출이 가능한 것이다. 이는 소요 제기된 모든 기술들을 개발하였을 때 체계 완성이 가능하다고 할 수 있다.

위의 단계를 거쳐 도출된 업무분할구조(WBS)와 핵심기술의 관계<sup>20)</sup>를 통해 쉽게 핵심기술-과제(또는 체계) 연관 관계를 다음과 같이 <표 6>으로 설명할 수 있다.

<표 6> 과제(체계)-핵심기술 연관관계(예)

업무분할구조(WBS)				핵심기술 또는 소요기술 기호
level 0	level I	level II	level III	
...	...	...	...	...
고정익기	전투기	비행체	기체	T338
고정익기	전투기	비행체	기체	T035
고정익기	전투기	비행체	기체	T238
고정익기	전투기	비행체	기체	T024
고정익기	전투기	비행체	기체	T033
고정익기	전투기	비행체	기체	T098
회전익기	전투 헬기	비행체	항공전자	T045
회전익기	전투 헬기	비행체	항공전자	T137
...	...	...	...	...

국방과학기술의 과제는 <표 6>과 같이 합동참모본부에서 소요결정된 무기체계에 대한 업무분할구조(WBS)의 Level III에 해당하는 체계를 기준으로 세부 분류하였다. 이러한 체계에는 이미 자주국방을 위한 강한 전투력을 보장하는 무기체계획득이라는 국방기술의 주된 니즈가 반영되어 있다고 볼 수 있다.

핵심기술(요소기술)은 소요 제기된 기술들 중에서 Grouping 또는 Clustering 하고 축약된 기술들은 <표 6>과 같이 업무분할구조(WBS) Level III에 재분류함으로써 핵심기술(요소기술)로 분석이 가능하다.

19) WBS(Working Breakdown Structure)는 관리와 통제 목적을 위하여 과제를 근원적 요소로 나누는 계층적 분할 결과물로서 과제의 전 범위를 정의하고 조직하는 과제 요소들의 그룹으로 구성된다. 각 하향단계(Level)는 과제 구성요소를 더욱 자세히 나타낸다.

20) 기존의 연구에서는 특허나 과제보고서의 정보를 통해 과제와 기술의 연관성을 도출할 수 있었으나 국방과학연구소에서 제시된 업무분할구조(WBS)와 핵심기술의 연관관계는 전문가에 의한 연관성 도출의 한 방법이라고 볼 수 있다.

### 4.3 국방과학기술 연관관계 분석 매트릭스

장광호(2004)는 국방과학기술 연관 분석에 사용할 모형의 기본은 과제와 요소기술 그리고 니즈를 이용한 매트릭스 분석방법을 제한했다. 분류된 기본 국방기술 연구개발 과제들과 국방과학 요소기술 그리고 국방기술 연구개발의 니즈들과 과제들 사이의 연관관계를 측정후 결과를 분석하였다.

특히 과제와 요소기술간의 연관관계를 도출함에 있어서 기존의 대부분의 연구가 특허를 가지고 기술거리를 측정하는 Jaffe(1986)의 기술거리 이론을 적용하였으나 국방기술의 보안성을 고려, 기존의 특허 대신 과제보고서를 사용<sup>21)</sup>하였다. 그러나 본 연구에서는 과제(체계)와 요소기술의 관계를 규정함에 있어서 특허나 과제보고서를 사용하는 방법이 아닌 이미 도출된 업무분할구조(WBS)와 요소기술의 분류체계를 통해 분석하고자 한다. 이는 이미 전문가에 의해 업무분할구조(WBS)를 기준으로 요소기술이 도출된 결과이므로 과제(체계)와 요소기술은 강한 상호 연관관계가 있는 것으로 볼 수 있다.

#### 4.3.1 과제(체계)-요소기술 연관 매트릭스 작성

과제(체계)-요소기술 연관분석은 요소기술을 매개체로 하여 연구과제들 간의 요소기술 공유정도를 파악함으로써 기술적 연관관계를 분석하는 것이다.

장광호(2004)는 키워드 자동 문서분류 방식<sup>22)</sup>을 사용하여 국방과학 요소기술의 초록과 국방기술 연구과제들의 초록에 나타난 키워드를 분석하여 연관관계를 도출하였으나 본 연구에서는 앞서 기술하였듯이 업무분할구조(WBS)를 기준으로 하여 요소기술을 도출하였기 때문에 업무분할구

21) 상업적 목적을 위한 특허를 기준으로 분류하는 것은 전략성이나 기술성과 같은 상업이외의 목적을 달성해야 하는 국방기술의 연관관계를 충분히 반영하지 못하므로 기존의 기술거리를 특정하기 위해 특허의 기술을 분류하는 기준으로 이용한 국제특허분류(IPC)를 사용하는 것은 바람직하지 못하다(장광호, 2004).

22) 이러한 접근법은 문서의 초록 및 전문을 이용하여 문서를 기술영역으로 분류하고 관리하는 기초적인 형태로 유럽특허청(EPO)과 미국 특허청(USPTO)에서는 특허의 기술분류에 보다 발전된 방식의 자동 문서분류방식을 이용하여 특허의 기술분류를 자동화한 사례가 있다(Krier and Zacca, 2002; Smith 2002).

조와 요소기술의 관계표를 통해 쉽게 연관관계를 확인할 수 있다. 따라서 박승민(2000)의 연구에서처럼 연관이 있고 없고를 1이나 0으로 표시 하여 분석하는 방법을 사용하여 매트릭스를 작성하였다.

요소기술은 가로축에 과제는 세로축에 나열한 후 분석하였다.

〈표 7〉 과제(체계)-요소기술 연관 매트릭스 (예시)

구분	T001	T002	T003	T004	...	T000	합계
P001	1	0	0	0	...	1	00
P002	0	0	1	0	...	1	00
P003	1	0	1	0	...	0	00
P004	1	1	0	0	...	0	00
...	...	...	...	...	...	...	...
합계	00	00	00	00	...	00	00

〈표 7〉에서 각 행의 수치가 의미하는 바는 세로축에 배열된 각 연구과제가 어떤 요소기술들을 필요로 하는가를 나타내며 각 가로행의 합은 각 연구과제가 얼마나 많은 요소기술 연관을 필요로 하는지를 나타낸다. 그리고 각 세로 열의 합은 각 요소기술들이 얼마나 다양한 연구 과제들에 영향을 주고 있는지를 분석 가능케 한다.

### 4.3.2 요소기술 매개 과제(체계)-과제(체계) 연관 매트릭스 작성

요소기술-과제(체계) 매트릭스로부터 요소기술을 매개로 각 과제간의 연관도를 계산하여 작성한 매트릭스를 과제(체계)-과제(체계) 매트릭스라 하며 이는 각 연구개발 과제의 포트폴리오를 고려한 윤윤중 (1999)의 기술거리 척도 ( $W_{ij}$ )에 따라 작성하였다. 이 매트릭스는 〈표 8〉과 같다.

〈표 8〉 요소기술 매개 과제(체계)-과제(체계) 연관 매트릭스 (예시)

구분	P001	P002	P003	P004	...	P000	평균
P001	$W_{ij}$						
P002							
P003							
P004							
...							
P000							
평균							

즉 요소기술-과제(체계) 연관 매트릭스에 표현된 연관정도를 매개로 한 과제에서 다른 과제들로의 연관 정도를 열 방향으로 정리한 것이 과제(체계)-과제(체계) 매트릭스이다.

요소기술 매개 과제(체계)-과제(체계) 연관 분석 매트릭스를 해석하면 세로축은 한 기술 과제(체계)가 성공했을 때 다른 기술 과제의 성공에 필요한 요소기술들을 어느 정도 포함하는가를 나타낸다. 즉 어느 한 과제가 다른 과제들에 기술적 파급을 얼마나 시키느냐를 표현한다. 가로축은 한 과제가 달성되기 위해 다른 완료 과제들이 포함한 요소기술들이 얼마나 많이 영향을 미치는가에 대한 분석치이다. 이것은 그 과제에 대한 다른 과제들의 기술적 파급 효과가 얼마인지를 추정하게 한다. 각 행과 열의 평균치는 각 해당하는 과제가 다른 전체 과제들에 대해서 갖는 영향을 표시한다.

### 4.3.3 과제(체계)-과제(체계) 연관 분석에 의한 기술 유사도 분석 및 그룹화

기술 유사도분석이란 앞 장에서 작성한 요소기술을 매개로한 과제-과제간 연관 관계 분석을 통해 얻은 자료를 통해 한 과제로부터 다른 과제로의 기술 파급을 분석하고자 함이 목적이지만 그 밖에도 다양한 정책적 시사점을 얻을 수 있는 유용한 분석이다. 한 과제에서 다른 과제로의 기술 파급 정도가 어느 일정 수준 이상으로 측정되면 서로 유사기술을 가지고 있는 유사 기술과제그룹임을 나타내며 기술 유사도 분석을 통하여 유사기술들을 기술과제군으로 그룹화 할 수 있고 이를 이용하여 기술과제군 중 핵심 연구과제의 파악 또는 국방연구개발의 중분류 수준에서의 기술연관 관계 분석을 가능하게 해 준다.

〈표 9〉 기술 유사도 매트릭스 (예시)

구분	P001	P002	P003	P004	...
P001	$R_{11}=1$				
P002	$R_{21}$				
P003	$R_{31}$				
P004	$R_{41}$				
...					

이 기술유사도를 이용하여 요소기술 매개 과제-과제 연관 매트릭스로부터 각 과제간의 기술유사도를 구하면 기술

유사도 매트릭스를 얻을 수 있다. 이 때 기술유사도는 거리 개념이기 때문에  $R_{ij}=R_{ji}$ 이다. 따라서 기술 유사도 매트릭스는 대칭행렬이 된다.

기술 유사도 매트릭스에서 구해진 과제 간의 기술유사도 수준에 따라 0.8이상, 0.7이상, 0.6이상, 0.5이상의 유사도를 가진 기술과제군으로 점차 기술 대상을 확대해 가면서 기술과제군을 분석한다. 기술 유사도가 0.80이상일 경우에는 이 두 과제는 하나의 연구과제로 묶어도 상관없을 정도로 기술적으로 유사한 과제들이란 분석이다. 이렇게 해서 구해진 기술과제군과 기술과제군 사이의 연관관계를 분석하여 연관 매트릭스를 작성하면 기술과제그룹별 국방과학기술지식스톡을 계산하는 가중치로 사용할 수도 있는 등 많은 연구적 바탕을 제공하는 유용한 분석이다. 또한 기술 그룹화를 통해 기술 연관 지도를 작성하여 기술 획득전략의 구상과 연구 조직의 구상 및 인력 투입계획을 작성할 수 있으며 연구 과제 성격상 공동 연구가 바람직할 경우 적절한 의사결정을 할 수 있는 자료를 제공한다.

#### 4.4 시사점

서론에서도 언급했던 것처럼 국방과학기술은 그 특성상 민간기술과는 구별된다. 특히 시험 평가결과에서도 보았듯이 민간기술과는 다르게 국가의 전략적인 측면이 강조됨으로 인해 경제적인 측면은 그에 비해 중요도가 다소 적었다. 이는 전략적인 측면의 강조가 연구개발의 비효율성을 발생시킬 가능성을 가중시킬 요인이 될 수도 있다고 하겠다.

장광호(2004)는 과거의 기술도입은 대부분 전술무기체계를 구성하는 하위 기술이었으며 기 개발되고 상용화 중인 기술들이었기에 기술도입도 용이하였고 연구개발 방향도 명확했으나 미래를 대비하는 현 상황에서는 기술도입이나 연구개발 중점이 전략무기체계 확보에 중점이 맞추어질 것이라고 주장하였다. 이에 따라 국방비는 더욱 큰 지출을 필요로 하게 되지만 제한된 예산하에서는 미래의 국방 요구를 달성하는데 어려움이 있다. 따라서 예산의 효율적인 사용이 더욱 요구되었고 예산의 효율적 사용방안에 대한 연구의 필요성이 제기되고 있다. 따라서 국방과학기술 연구개발은 국방니즈 충족차원뿐만 아니라 효율성 차원에서도 충분이 고려되어야 할 것이다. 국방과학기술도 더 이상 보안을 이유로 폐쇄적이고 독점적인 연구개발 관리를

할 수는 없는 것이다.

이러한 현 상황에서 본 연구는 여러 가지 시사점을 제시해 준다.

##### 4.4.1 미래의 국방과학기술에 대한 객관적인 정보제공

먼저 미래의 불확실한 과학기술 연구개발의 선정에 있어서 보다 구체적이고 객관적인 정보를 제공해 준다는 것이다.

과거에는 이러한 불확실성에 대한 객관적인 정보 도출이 되지 않음으로 인해 국방과학기술이나 무기체계개발에 있어서 소화기, 총포, 기동, 통신/전자, 항공, 유도무기, 화생방 등 거의 모든 무기체계분야에 대한 개발을 추진함으로써 투자효율성을 제대로 달성하지 못했다. 다시 언급하자면 각 기술 또는 체계간의 연관관계를 객관적으로 고려하지 않고 니즈에 대한 충족 여부를 우선시함으로써 선택과 집중이라는 경제적 원칙을 간과하는 결과를 초래하였다.

그러나 본 연구에서 도출한 결과와 같이 각 기술들의 체계기여도나, 각 체계들의 요소기술 요구도, 기술 유사도 등을 응용하여 정책적 의사결정에 활용할 수 있는 자료를 구할 수 있으며 특히 기술 유사도 정보를 통해 기술연관지도를 작성함으로써 자원과 인력의 배분을 용이하게 판단할 수 있는 근거를 제시할 수 있다.

##### 4.4.2 우선순위설정 자료 제공

우선순위 설정에 있어서도 기술의 파급이 가장 많은 과제와 과제에 대한 기여도가 높은 기술을 선정하도록 자료를 제공한다. 적은 예산과 인력이 투입되는 기술이나 체계라 할지라도 파급효과나 기여도가 낮다면 우선순위설정에서 있어서 그 중요도가 낮게 평가되어야 함은 당연한 것이다. 반대로 파급효과나 기여도가 높다면 미래의 가치를 고려해 볼 때 충분히 연구개발 대상이 될 수도 있겠다. 국방과학기술 우선순위설정에서 이러한 가중치는 객관적인 자료로서 반영될 수도 있겠다.

#### 4.4.3 핵심연구과제 도출

앞서 언급한 바와 같이 기술연관분석 중 기술유사도 분석을 통한 기술그룹화를 통해 연구과제들의 기술적 관계를 지도화 할 수 있다. 유사기술 그룹내에서도 과제들간의 연관관계가 구분되어지고 수치로 주어지므로 기술그룹 중에서 어떠한 과제가 핵심이 되는지 쉽게 구분할 수 있으며 이러한 핵심과제들을 전략적으로 추진하게 할 수도 있다. 이러한 결과도 국방과학기술 우선순위설정에서 객관적인 자료로 반영될 수 있겠다.

#### 4.4.4 작업분해구조(WBS)로 도출된 기술연관관계 활용

연구개발관리 측면에서 기술연관분석의 기존의 연구들과 비교해 볼 때 다음과 같은 시사점을 찾을 수 있다.

기존의 기업이나 연구소의 연관관계 분석모형의 경우, 대부분 전문가들의 설문이나 특허 자료 등을 이용하여 연관관계를 분석하였고 특히 최근 장광호(2004)는 국방기술의 특수성을 고려 연구개발 과제의 초록과 기술자료 초록 분석을 이용한 자동문서분류방식을 이용하여 국방기술분류 기준에 따른 기술 분류를 확인하였고, 이를 바탕으로 국방기술과제에 대한 기술 연관분석을 시도하여 국방기술에 대한 기술 연관 분석의 시발점을 마련하였다. 본 연구에서는 합참에서 하달된 과제(체계)를 기준으로 하여 작성된 작업분해구조(WBS)를 기본으로 하여 국방과학연구소의 각 분과에서 도출된 소요기술(핵심기술)의 관계를 기준으로 연관관계를 구성하였다.

이는 기존 연구처럼 특허나 과제보고서를 통해 과제와 요소기술의 관계를 구성하는 것이 아니라 기존의 작업분해구조(WBS)와 국방과학연구소에서 도출된 기술의 구조를 고려하여 연관관계를 구성함으로써 보다 쉽고 빠르게 연관관계를 도출할 수 있는 장점이 있다.

#### 4.4.5 체계의 단계별 연관관계 분석

작업분해구조(WBS)의 특성상 체계의 단계별로 기술과의 연관관계 분석이 가능하기 때문에 기술소요 도출의 기

준이 되었던 작업분해구조(WBS)의 4단계(Level IV)뿐만 아니라 그 이상의 단계에서도 기술연관관계 분석을 쉽게 할 수 있다. 구매사업의 대형 사업 기종 선정이나 대형 연구개발 사업에서도 이러한 기술연관분석을 통해 객관적인 자료제공이 가능하고 볼 수 있겠다.

#### V. 결론

지금까지 살펴보았듯이 본 연구에서 논의되었던 내용은 국방과학기술 연구개발 우선순위 설정의 프로세스를 제공하고 작업분해구조(WBS)와 요소기술간의 관계에 기인한 기술연관분석을 통해 의사결정에 필요한 다양한 정보를 제공한다는 차원에서 활용범위가 매우 풍부하다는 장점을 지니고 있다. 그러나 본 연구에서는 분석 대상이 국방과학기술이었고 특히 미래 연구개발 소요이므로 보안 차원에서 자료 획득이 어려웠으며 이로 인해 실증연구에 있어서 기존의 방법론과의 비교 분석이 어렵다는 한계를 지니고 있었다. 이로 인해 새로운 안에 대한 타당성 검증이 제한적으로 이루어 졌다.

기술연관분석에 있어서 활용한 업무분할구조(WBS)와 요소기술의 연관관계의 자료가 불충분하다는 것이다. 기존의 기술연관분석은 이미 존재하는 기술들을 다루지만 본 연구에서는 미래의 과제(체계)와 요소기술을 분석하였기 때문에 이에 대한 한계가 있다. 또한 합참에서 선정된 체계의 업무분해구조에 한해서 소요기술이 도출되었기 때문에 새롭게 제기되는 체계에 대해서는 기술연관관계를 분석하기에 제약이 많다는 단점이 있다.

국방과학기술의 대부분은 순수 요소기술이라기 보다는 복합기술로 판단되지만 본 연구에서의 대상은 요소기술로 한정하고 있다. 이로 인해 우선순위 선정대상이 되는 기술들은 기술연관의 가능성이 있음에도 불구하고 독립적인 기술로 간주하고 있고 이로 인해 연구개발의 효율성이 결여된 연구개발이 진행될 가능성이 있다. 따라서 국방과학연구소에서 도출된 기술을 분석할 수 있는 새로운 하위 요소 기술 리스트를 도출하여 기술간의 연관분석을 해 보는 것도 큰 의미를 가질 수 있으리라 판단된다.

## 참고문헌

- 1) 2023년 한국 국방 예산, Available From: <http://mnd.go.kr> (2024. 10. 11 검색)
- 2) 국방기술기획서(2024~2038), 국기연
- 3) 김대원 외, “기술패권 경쟁 우위 확보를 위한 선택과 집중의 국방전략기술 연구”, 『한국산학기술학회』, 24권 5호, 2023, pp. 62-69.
- 4) 류재한 외, “텍스트 마이닝을 활용한 4차 산업혁명 핵심기술 연관분석”, 『한국디지털정책학회』, 16권 8호, 2023, pp. 129-136.
- 5) 박승민, “기술연관분석과 기술지식스톡을 이용한 연구개발의 사결정 정보도출에 관한 연구”, 서울대학교 석사학위논문, 2000.
- 6) 유명대 외, “방위산업의 경제적 파급효과와 육성방안 연구“, 『한국방위산업학회지』, 제22권 제3호, 2015, pp.92-123
- 7) 윤운중, “한국 제조업의 기술파급 네트워크와 연구개발투자의 파급효과 분석”, 서울대학교 박사학위논문, 1999.
- 8) 이상진, “개발도상국 군사연구개발 과제 선정모형”, 한국과학기술원, 1986.
- 9) 장광호, “기술연관 및 지식스톡 개념을 이용한 국방연구개발의 파급효과 분석”, 서울대학교 박사학위논문, 2004.
- 10) 장윤정 외, “러시아-우크라이나 전쟁의 교훈과 시사점 : 미래전장을 주도할 과학기술 동향”, 『국방기술』, 538호, 2023, pp. 126-133.
- 11) 전유수 외, “함정 MRO 산업의 경제적 파급효과 분석 : 산업연관분석을 기반으로”, 『한국방위산업학회지』, 제31권 제2호, 2024, pp.57-71
- 12) 정혜순 외, “기술가치평가연구”, 한국과학기술정보연구원, 2002.
- 13) 조근태, “기술대안의 전략적 평가를 위한 AHP적용에 있어서 평가자의 신뢰성을 고려한 가중치 통합”, 『경영과학』, 2002.
- 14) 천기현 외, “선행연구 조사·분석 과정에서 계량서지분석을 활용한 기술적 요소 분석 강화 방안“, 『한국방위산업학회지』, 제31권 제1호, 2024, pp.53-65
- 15) 최희운, 홍순기, “첨단기반기술의 기술연관분석 및 사전조사 연구”, 과학기술정책연구평가센터, 1988.
- 16) 한영진 외, “무기체계 선행연구와 국방 핵심기술 연구개발과제의 연계성 향상을 위한 개선방안 연구”, 『한국산학기술학회』, 25권 5호, 2024, pp.287-295.
- 17) 허길환, 조현관, “제한자원 하에서의 연구개발 과제선정을 위한 최적의사결정기법 연구”, 국방과학연구소, 2001.
- 18) Budget of the U.S. Government FISCAL YEAR 2024, Available From: <http://whitehouse.gov> (2024. 9. 21 검색)
- 19) Jaffe, A. B., “Technological Opportunity and Spillovers of R&D: Evidence from Firms’ Patents, Profits and Market Value”, 『American Economic Review』, Vol. 76, 1986, pp. 984-1001.
- 20) Scherer, F. M., “Interindustry technology flows and productivity growth”, 『Review of Economics and Statistics』, Vol. 64, 1984, pp. 627-634.
- 21) Schmookler, J., *Invention and Economic Growth*, Harvard University Press, 1966.
- 22) Souder, W. E., *Management Decision Methods*, Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1980.

