

빅데이터분석기반의 기술주도형 미래 국방무기체계 및 핵심기술 도출 방법연구

강현규* · 박용준* · 박재훈**†

*국방기술품질원

**대구한의대학교 화장품공학부 산업품질공학전공

A study on Technology Push-based Future Weapon System and Core Technology Derivation Methodology

Kang, Hyunkyu* · Park, Yongjun* · Park, Jaehun**†

*Defense Agency for Technology and Quality

**Division of Cosmetic Science and Technology, Daegu Haany University

ABSTRACT

Purpose: Recent trends have shown that the usage of big data analysis is becoming the core of identifying promising future technologies and emerging technologies. Accordingly, applying these trends by analyzing defense related data in such sources as journals, articles, and news will provide crucial clues in predicting and identifying core future technologies that can be used to develop creative and unprecedented future weapon systems that could change the warfare.

Methods: To identify technology fields that are closely related to the 4th industrial revolution and recent technology development trends, environmental analysis, text mining, and military applicability survey have been included in the process. After the identification of core technologies that are militarily applicable, future weapon systems based on these technologies as well as their operation concepts are suggested.

Results: Through the study, 73 important trends, from which 11 mega trends are derived, are identified. These mega trends can be expressed by 13 promising technology fields. From these technology fields, 248 promising future technologies are identified. Afterwards, further assessment is performed, which leads to the selection of 63 core technologies from the pool. These are named as "future defense technologies" which then become the bases for 40 future weapons systems that the military can use.

Conclusion: Predicting future technologies using text mining analysis have been attempted by various organizations across the globe, especially in the fields related to the 4th industrial revolution. However, the application of it in the field of defense industry is unprecedented. Therefore, this study is meaningful in that it

● Received 20 May 2018, 1st revised 10 June, accepted 11 June 2018

† Corresponding Author(pjh3479@dhu.ac.kr)

© 2018, The Korean Society for Quality Management

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.

※이 성과는 2018년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2018R1C1B5033 711)

not only enables the military personnel to see promising future technologies that can be utilized for future weapon system development, but helps one to predict the future defense technologies using the method introduced in the paper.

Key Words: Future Weapon System, Technology Push, Core Technology, Text Mining

1. 서론

과학기술은 지속적으로 발전하고 있으며, 최근 부각되고 있는 4차 산업혁명은 빅데이터(Big-Data), 인공지능(Artificial Intelligence, AI) 그리고 사물인터넷(Internet of Things, IoT) 등의 핵심기술에 기반하여 우리 생활의 다양한 영역에서 새로운 혁명을 촉발하고 있다(Erol et al., 2016). 이에 따라 다양한 산업 분야에서는 4차 산업혁명의 핵심기술과 관련된 기술들을 개발하고 제품상용화를 추진하고 있다. 국방과학기술 분야 역시 인공지능, 사물인터넷 등 4차 산업혁명과 연계된 기술에 대한 관심이 증가하고 있으며, 이러한 4차 산업혁명의 핵심 기술들을 응용한 새로운 무기체계개발을 지속적으로 추진하고 있다(Lee, 2018).

국방분야에서 4차 산업혁명의 핵심기술들을 적용하여 미래 무기체계 개발을 가속화하기 위해, 미래 유망기술들을 미리 예측하고 관련 기술들을 개발하여 확보하는 것이 무엇보다 중요하다. 이를 위해서는 현재의 기술 및 트렌드를 바탕으로 미래 주요기술들을 예측하고, 이를 통해 필요기술들을 확보해야 한다. 이미 항공, 의료/바이오, 경영 등 다양한 영역에서 형태분석법(morphological analysis)(Jimenez et al., 2010), 로지스틱(logistic) 성장모형(Yano et al., 1998), 델파이(Delphi)(Hallowell et al., 2010) 등과 같은 다양한 방법들을 적용하여 미래 기술들을 예측한 바가 있으며(Im et al., 2017), 이후 새로운 개념의 미래기술 예측방법을 적용하고자 하는 연구들이 진행되고 있다. 국내에서는 TFDEA(Technological Forecasting with Data Envelopment Analysis)를 개선하여 주력전차의 기술예측 문제에 적용하는 연구를 진행한바 있다(Kim et al., 2007). 또한 국방기술품질원이 발간하는 '미래전장 무인기술 예측'에서는 상상력·아이디어 기반의 국방 무인 분야 신기술을 발굴 및 예측하고, 2050년 배경의 가상 전장 시나리오에 적용하여 예측조사를 수행한 바가 있다(Defense Agency for Technology and Quality, 2014).

이처럼 미래기술 예측을 위해서 다양한 방법들을 시도하였으나, 국방분야에서 미래 무기체계 도출을 위한 예측연구는 시나리오 기법에 한정되고 있다. 이는 연구 참여자의 주관적 견해를 기반으로 미래를 예측하는 것으로 전문가의 식견을 통해 구체적인 적용사례를 도출해내기 용이하나 객관성이 떨어지는 단점이 있다. 이를 보완하기 위한 방법으로, 현재 연구/개발 중에 있는 여러 기술들을 다양한 방법을 통해 수집하고, 수집된 데이터를 텍스트마이닝과 트렌드 분석을 통하여 미래기술을 선정할 수 있다면 미래 기술예측에 객관성과 전문성을 높일 수 있다.

본 연구는 이러한 맥락에서 4차 산업혁명의 핵심 기술인 빅데이터 분석을 통한 미래 국방 유망기술의 예측 방법에 주목하고 있다. 이미 세계 주요업체들이 빅데이터 분석을 통해 예측업무를 수행하고 있다. 이는, 아마존의 고객맞춤형 추천도서 서비스, 구글의 독감 유행 예측, 그리고 월마트의 빅데이터 기반 상품배치 등에서 그 적용사례를 찾을 수 있다. 국내에서도 빅데이터를 활용한 미래예측 연구가 수행된 바가 있다. 국내에서는 바이오 분야 연구트렌드 분석을 위해 5년간 평균 저널의 영향력 지수인 IF(Impact Factor) 값이 10 이상인 바이오 관련 저널에 수록된 논문을 대상으로 논문의 제목과 초록을 텍스트마이닝(Text Mining) 기법을 이용하여 연도별 중점 연구분야의 변화를 파악하였다(Kam et al., 2012). 한국과학기술기획평가원(Korea Institute of Science & Technology Evaluation and Planning, KISTEP)의 '2016년 KISTEP 10대 미래유망기술 선정 과정에 관한 연구'에서도 텍스트마이닝을 활용하

여 미래수요를 분석하였다(Korea Institute of Science & Technology Evaluation and Planning, 2016). 국외에서도 다양한 연구가 진행 중이며, 이는 온라인 사용자들의 리뷰에 대한 텍스트마이닝 적용 연구(Cao et. al., 2011), 실시간 뉴스에 대한 텍스트마이닝으로 주식시장을 예측하는 연구(Fung et. al., 2003) 등에서 그 사례를 찾아 볼 수 있다. 제안하는 방법론은 향후 미래국방기술들을 도출함으로 국방과학기술로드맵 수립과 선도형 등 기술주도형(Technology Push) 핵심기술 식별을 위한 기반자료로 활용 가능하고, 이와 연계한 신개념 무기체계를 제안하므로 장기무기체계 발전방향 제시와 함께 합동참모본부의 소요기획단계에서의 활용이 가능할 것으로 판단한다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 연구에서 제안하는 미래무기체계와 핵심기술 도출방법을 제시한다. 3장에서는 제안하는 방법론을 적용하여 실제 국방분야를 대상으로 미래 핵심기술과 이를 적용한 신개념국방무기체계를 도출하고, 마지막으로 4장에서는 본 연구의 주제를 요약하고 의의를 기술한다.

2. 방법론 설계

본 논문에서 제안하는 방법은 Figure 1과 같이 3단계로 구성된다. 첫째는 미래유망기술분야 도출 단계로, 국방관점이 고려된 D-STEEP 기법을 적용하여 분야별 환경 변화를 진단하고 각각의 주요 트렌드를 도출한다. 둘째는 핵심기술(미래국방기술) 도출 단계로, 미래유망기술분야 단계에서 추출된 주요 트렌드별로 데이터를 분류하고 정제 작업을 수행한다. 정제된 데이터를 텍스트마이닝 기법을 적용해 미래기술들을 도출하고, 선정된 기술들을 보다 엄밀히 평가하여 미래유망기술들을 선정한다. 셋째는 신개념 무기체계 도출 단계로, 도출된 미래유망기술들을 기반으로 신개념 무기체계를 도출하고 무기체계별 운용개념 및 상상도를 작성한다.

미래유망기술분야 도출 단계는 미래환경을 분석하는 1단계, 트렌드/메가트렌드를 도출하는 2단계, 미래유망기술 분야를 도출하는 3단계로 구성된다. 미래 환경분석 단계(1단계)에서는 Table 1과 같이 국방, 사회, 기술, 경제, 생태, 정치 6개 분야의 환경분석을 수행하고, 트렌드/메가트렌드 도출단계(2단계)에서는 이러한 환경분석을 통해 거시적인 트렌드를 도출하고 연관성 있는 트렌드를 그룹화하여 메가트렌드로 도출한다. 미래유망기술분야 도출단계(3단계)에서는 메가트렌드별 미래 유망기술 분야 후보를 식별한 후 이를 통합, 수정 등의 과정을 통해 미래유망기술 분야를 도출한다.

우선 환경 분석을 위해 한국과학기술기획평가원 등의 민간기관에서 과학기술예측조사 수행 시 자주 활용하는 거시적 환경 분석 방법(Korea Institute of Science & Technology Evaluation and Planning, 2017)인 STEEP(Social, Technological, Economic, Environmental, Political) 방법론에 국방(Defense) 분야의 환경 변화를 추가분석 하고, 이를 D-STEEP(Defense, Social, Technological, Economic, Ecological, Political)으로 명명한다. D-STEEP의 경우 민간기관에서 다루지 않는 미래 전장환경의 변화 및 최신 무기체계 발전추세 등의 국방 환경 분석을 추가하였다. 예를 들어, 사이버전(Cyber warfare)의 확장, 장거리 정밀타격체계 중요성의 증대 등은 민간분야에서는 볼 수 없는 트렌드이며, 이를 식별함으로 인해 국방분야에 적합한 환경분석이 이루어질 수 있다.

트렌드/메가트렌드 도출단계에서는 앞서 수행한 환경분석을 통해 메가트렌드를 도출하고 각각의 메가트렌드별로 관련 있는 유망기술 분야를 나열한다. 메가트렌드 간 중복이 되는 연관 유망기술 분야는 제거를 하고 최종적으로 메가트렌드와 연관이 되는 미래 유망기술 분야를 선정한다. 각 미래 유망기술 분야는 Emerging Technology를 포함하여 민·군 구분 없이 미래에 각광을 받을만한 대표적인 기술 분야로, 빅데이터 분석기법 중 하나인 텍스트마이닝 수행 시 자료원(source) 수집에 기준이 된다. 텍스트마이닝은 대규모로 저장된 데이터 안에서 체계적이고 자동적으로 통계적 규칙 혹은 패턴을 찾아내는 데이터마이닝의 일부로, 방대한 양의 텍스트에서 유의미한 정보를 추출하는 과정을 말하며, 소셜 미디어 데이터 분석, 고객 관리 서비스, 지식 경영, 리스크 관리, 미래 예측 등의 분야에서 광범위하게

활용된다. 텍스트마이닝 수행 시 배제되어야 할 잡음데이터(noisy data)가 자료원에 최대한 배제될 수 있도록 미래 유망기술 분야별로 IEEE, Nature, Science 등 해외유명 저널에 등재된 논문 및 Global Defense News 등 국방관련 최신동향 뉴스 등을 자료원으로 수집한다.

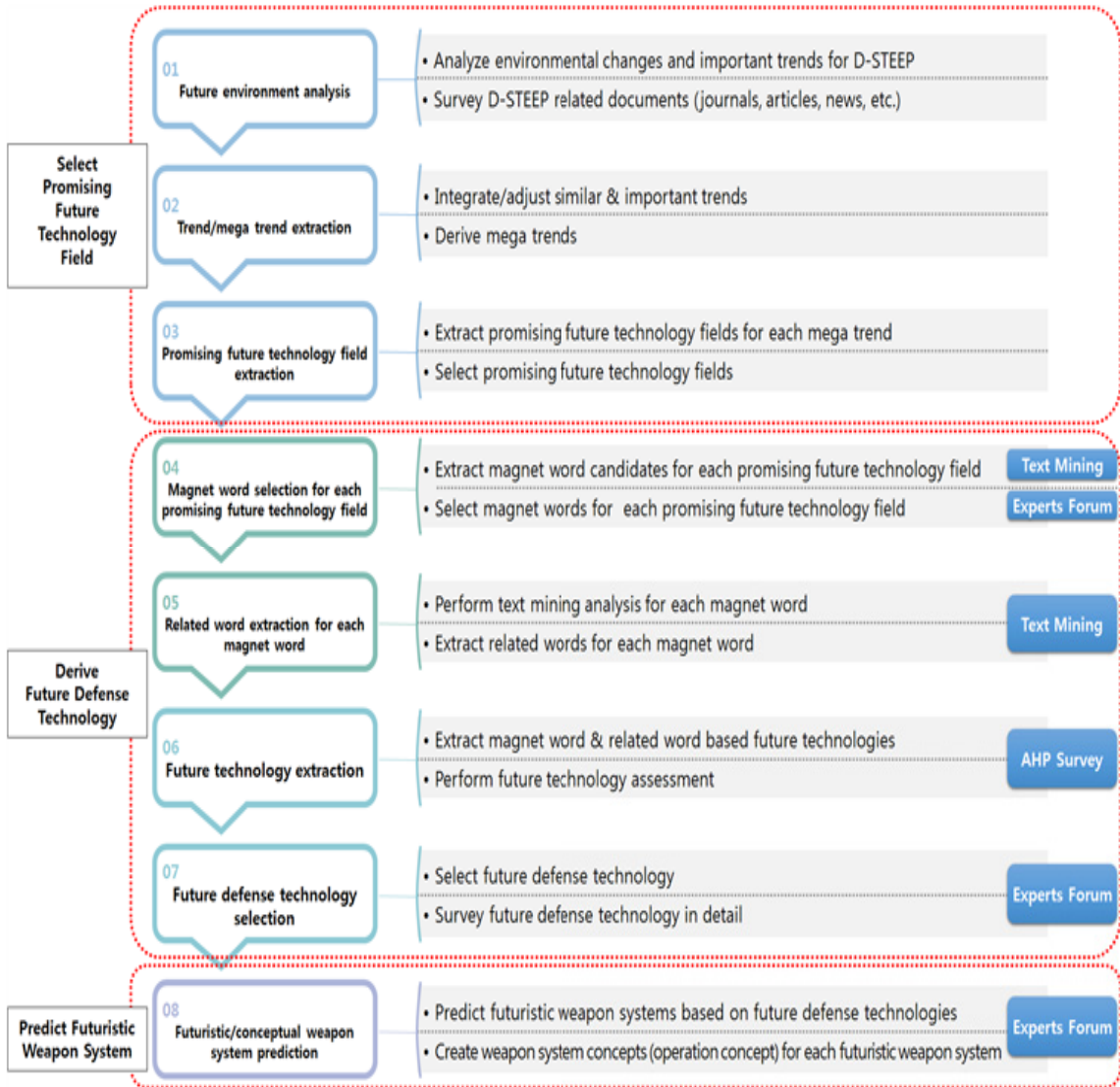


Figure 1. Future weapon system and Core technology guidance process

Table 1. D-STEEP analysis categories and contents

Category		Analysis
Defense	Change in future warfare environment	Weapons system development trend, change in the future warfare, etc.
Social	Change in social environment	Change in demography, change in lifestyle, etc.
Technological	Change in technological trends	Technology development trend, change in the R&D environment, etc.
Economic	Change in macro/micro economic environment	Economic trend, Economic outlook, employment issues, etc.
Ecological	Change in ecological environment	Environmental change, resource problems, etc.
Political	Change in domestic and international political environment	National policy goals, regulation/deregulation, international environment, international dispute, etc.

미래핵심기술(미래국방기술) 도출 단계는 미래 유망기술 분야별 마그넷워드(미래 유망기술 분야별로 해당 유망기술 분야에 대한 발전추세 또는 발전 영역을 대표하는 핵심 키워드)를 선정하는 1단계, 텍스트 마이닝과 네트워크 분석을 통한 마그넷워드별 연관어(학술문서에서 마그넷워드 관련기술을 구성하는 단어이거나, 마그넷워드와 함께 등장하는 빈도가 높은 주요 키워드)를 도출하는 2단계, 마그넷워드와 연관어를 기반으로 미래기술을 도출하는 3단계, 미래기술 중에서 AHP (Analytical Hierarchy Process) 조사를 통해 미래 국방기술을 선정하고, 미래 국방기술별로 상세조사를 수행하는 4단계로 구성된다. 1970년대에 미국 Thomas. L. Saaty 교수에 의해 고안된 AHP는 다수 대안에 대한 다면적 평가기준을 통해 의사결정을 지원하는 방법 중의 하나로, 미래예측, 공공정책, 정치/군사, 성과평가 등 다양한 분야에서 활용되며, 각 대안의 최종 종합평가 값을 구하여 가장 뛰어난 대체 방안을 선택하는 의사결정 (Decision Making) 기법이다. 미래 유망기술 분야별 마그넷워드 선정단계(1단계)에서는 미래 유망기술 분야별로 수집된 자료원을 바탕으로 크롤링을 하여 텍스트를 추출하고 data pool을 구성한다. 그 후 텍스트마이닝을 수행하여 마그넷워드를 지지도(Support, 특정 단어가 얼마나 많은 문서에 포함되어 있는지를 나타내는 척도), 신뢰도 (Confidence, 단어별로 해당 단어가 등장할 확률) 및 향상도(Lift, 다른 분야에 비해 특정 분야에서 단어가 등장할 확률) 분석을 통해 마그넷워드로 선정한다. 마그넷워드별 연관어 도출단계(2단계)에서는 단어 간의 연관성을 분석하는 graphical lasso 모형 등을 적용한 네트워크 분석을 통해 마그넷워드와 학술문서에서 같이 등장하는 빈도가 높은 단어들을 연관어로 도출한다. 마그넷워드와 연관어의 적절성은 전문가 토론회를 통해 검증한다. 미래기술 도출단계 (3단계)에서는 최종 선정된 마그넷워드 및 연관어를 기반으로 미래 전장환경에 필요한 요구(needs)를 만족시킬 수 있는 미래기술을 도출한다. 이때 마그넷 워드 및 연관어는 기본 입력 값이 되고, 미래 전장환경에 따른 군의 소요 (requirement) 및 기술 발전추세는 추가 고려요소가 된다. 이렇게 식별된 미래 유망기술은 전문가 토론회를 통해 검증이 되었으며, 기술유망성 평가를 통해 국방분야의 미래 핵심기술로 선정된다. 기술유망성 평가의 항목으로는 경제·사회적 효과, 기술 혁신도, 국방 활용도 3개가 있으며, 경제·사회적 효과는 경제적 파급효과와 사회적 파급효과로, 기술 혁신도는 기술적 파급효과와 기술적 진보성으로, 국방 활용도는 무기체계 적용성과 군 전투력 향상 기여도로 각각 구분된다. 기 언급된 평가 항목들은 국방기술품질원 내부 전문가의 검토를 거쳐 선정되었으며, 항목 간 가중치는 외부 군·산·학·연 전문가를 대상으로 2단계(Two-Level) AHP(Analytical Hierarchy Process) 설문을 통해 확정된다. 미래국방기술 선정단계(4단계)에서는 조사된 가중치 및 항목별 조사 값을 종합하였고, 미래 유망기술 분야별

로 기술유망성이 높은 미래 유망기술을 별도 선정하여 국방분야의 미래 핵심기술로 선정하고, 이를 미래 국방기술로 명명한다. 선정 시 한 분야에 미래 국방기술이 몰리는 현상을 배제하기 위해 분야별로 상위 5개 수준으로 기술을 선정한다.

끝으로 신개념무기체계 도출 단계에서는 전문가 토론회를 통해 최종 선정된 미래국방기술을 신개념무기체계에 적용하는 단계로 구성된다. 신개념무기체계 예측단계에서는 앞서 언급된 미래국방기술이 충분히 발전하면 구현할 수 있을 것으로 예측되는 신개념의 미래 무기체계를 도출한다. 도출 과정에서는 미래국방기술 및 해당기술의 연관어, 기술분류, 연관 기술의 영화/소설 등 활용 사례를 포괄적으로 고려한다. 이렇게 신개념 무기체계를 예측한 후에는 군 전문가들의 의견을 반영하여 운용개념을 착안하였고, 이에 따른 상상도 작업을 통해 무기체계 정의 및 운용개념 등을 구체화한다.

3. 국방 핵심기술 및 신개념 무기체계 도출

본 논문에서 제시하는 방법론을 적용하여 실제 국방분야를 대상으로 미래국방 핵심기술과 신개념 무기체계를 도출하였다.

3.1 미래 유망기술 분야 도출

D-STEEP 환경 분석을 통해 73개의 주요 트렌드를 도출하고, 주요 트렌드를 통합/조정하여 11개의 메가트렌드 분야를 도출하였다(도출결과는 Appendix A의 Table A.1을 참조). 도출된 메가트렌드에 대한 각 트렌드별로 핵심이슈를 도출하고, 이를 통해 각 메가트렌드에 직접적인 연관성이 있는 미래 유망기술 분야 후보를 한국전자통신연구원(Electronics and Telecommunications Research Institute, ETRI), 한국과학기술기획평가원, 국방과학연구소(Agency for Defense Development, ADD) 등의 기관에서 미래유망기술과 관련하여 기 발표한 분야를 참조하여 미래 유망기술 분야 후보로 식별하였다. Table 2는 11개의 메가트렌드 분야 중에 ‘초연결에 의한 통합 확대’ 메가트렌드를 대상으로 각 트렌드별 핵심이슈를 도출하고 이를 통해 직접적인 연관성이 있는 미래 유망기술 분야 후보를 식별한 예이다. 이후 후보군 중 유사분야 통합 및 조정 과정을 통해 첨단센서, 사이버 보안, 신추진, 인공지능, 신소재, 3D/4D 프린팅, 신재생에너지, 무인로봇, 사물인터넷(Internet of Things)/만물인터넷(Internet of Everything), 가상현실(Virtual Reality)/증강현실(Augmented Reality)/혼합현실(Mixed Reality), 고풍력에너지, 양자정보기술, 오염정화와 같이 13개의 미래 유망기술 분야를 선정하였다.

Table 2. Process of extracting promising future technology field candidates for the mega trend #5

Mega Trend	Trend	Core Issues	Promising Future Technology Field Candidates
[5] Integration and expansion due to Hyper connectivity	Enhancing communal capability via network	Intelligent crowd-sourcing, increase in shared information, enhanced connectivity via network	<ul style="list-style-type: none"> • Advanced Sensor • Cyber Security • Internet of Things / Internet of Everything
	Increasing hyper-connectivity via network	Expansion of mobile network	
	Expanding hyper-speed/hyper-connected network	Social Network Service, Cloud Service, Internet of Things	
	Integrating and connecting city infrastructure	Integrating individual infrastructures such as traffic and safety	
	synchronized operations and strikes based on Network Centric Warfare(NCW)	Early warning, real-time surveillance & reconnaissance, mobile striking force	

13개 미래 유망기술 분야별 마그넷워드 선정 절차는 Table 3과 같이 크게 대표 키워드 조사, 마그넷워드 후보군 선정, 마그넷워드 후보군 조정, 최종 마그넷워드 선정으로 구분하였다. 1단계인 키워드 조사단계는 미래 유망기술 분야별 대표 키워드를 조사하는 단계(텍스트마이닝 분석 포함)로, 국내·외 해당 기술 분야 관련 논문, 미국의 방위고등연구계획국(Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA) 웹페이지 및 기타 인터넷 검색 등을 통해 대표 키워드를 조사하고, 해당 기술 분야에 대해 텍스트마이닝 분석을 실시하여 키워드와 연관검색어를 도출했다. 2단계인 마그넷워드 후보군 선정단계에서는 논문, DARPA 웹페이지 등을 통해 조사된 대표 키워드와 텍스트 마이닝 분석으로 식별된 미래 유망기술 분야별 키워드 대상으로 마그넷 후보군을 선정했다. 3단계인 마그넷워드 후보군 조정단계에서는 각 기술 분야별 전문가 토론회를 개최하여 기 선정된 마그넷워드 후보군별로 타당성 검토를 실시했고, 마그넷워드 후보군별로 각각 적합 또는 부적합 여부를 평가하여 기존 마그넷워드 후보군을 유지하거나, 변경 또는 삭제하고, 그 외 추가적으로 전문가들이 추천하는 키워드를 종합하였다. 4단계인 마그넷워드 후보군 결정단계에서는 전문가 토론회를 통해 선정된 마그넷워드 중 연관어 도출이 가능한 텍스트마이닝 분석 대상을 마그넷워드로 최종 결정하였고, 기 선정된 마그넷워드 각각에 대해 텍스트마이닝 분석을 실시하여 연관어가 매우 제한적인 경우 해당 마그넷워드를 삭제했다.

Table 3. Magnet word selection process

Step	Process
1	Survey representative key words for each promising future technology fields (Text mining included)
	↓
2	Select magnet word candidates
	↓
3	Modify/finalize magnet word candidates
	↓
4	Select magnet words

Science, Nature, IEEE 등 해외 유명 저널 등재 논문들의 초록(abstract), 국방관련 최신동향 뉴스 등 194개의 자료원(source)을 대상으로 텍스트 정보의 매핑에 사용되는 키워드사전을 구축하고 형태소를 분석하여 중요도를 식별하였다. 이때, 더욱 정확한 텍스트마이닝을 위해 13개 미래 유망기술 분야별로 자료원 및 키워드사전을 분류 및 구축했다. 예를 들어, 사이버보안(Cyber Security)분야의 경우 Table 4에 나와 있는 자료원을 위주로 인용 색인(Citation index) 및 영향력 지수(Impact Factor) 등을 고려하여 분석하였다. 키워드사전 구축 시에는 Oxford reference의 Science & technology 항목에서 54여개 항목 전문용어 18만여 단어와 IEEE 분류체계(Taxonomy) 등의 단어를 수집하여 활용하였다. 수집된 단어는 문서 내에서 기술 혹은 기술과 관련되는 단어를 추출하기 위한 사전으로 사용했다. 데이터 전처리 과정에서는 형태소 분석을 통해 6개의 주변 단어를 사용하는 6-gram 모형을 사용하여 형태소 분석을 수행하였으며, 단어의 중요도를 평가하기 위해 TF(Term Frequency)-IDF(Inverse Document Frequency)를 활용하였다. 키워드 분석 시에는 출현빈도의 유사성을 나타내는 척도인 Hellinger 거리(Distance)를 기준으로 미래 유망기술 분야의 특성이 반영되지 않은 일반어를 필터링하였다. 이후, 특정 단어가 얼마나 많은 문서에 포함이 되어 있는지를 나타내는 척도인 지지도(Support), 단어별로 해당 단어가 등장할 확률인 신뢰도(Confidence), 다른 분야에 비해 특정 분야에서 단어가 등장할 확률인 향상도(Lift)를 계산하여 지지도가 낮고 신뢰도와 향상도가 모두 높은 단어를 키워드로 추출하였다. 결과적으로 13개 미래 유망기술 분야에 대해 186개의 마그넷워드와 1,725개의 연관어가 1차적으로 도출되었다. Table 6는 해외자료에서 미래 유망기술 분야 중 하나인 “Cyber Security”로 검색하여 수집한 결과를 토대로 텍스트마이닝 분석을 수행한 예를 보여준다.

Table 4. Source for big data analysis in the field of Cyber Security

IEEE Access
IEEE Transactions on Information Forensics and Security
IEEE COMMUNICATIONS MAGAZINE
IEEE Transactions on Industrial Informatics
COMPUTER
IEEE-ACM TRANSACTIONS ON NETWORKING
IEEE SECURITY & PRIVACY
IEEE Systems Journal
IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY
IEEE NETWORK
IEEE Communications Surveys and Tutorials
IEEE SENSORS JOURNAL
IEEE WIRELESS COMMUNICATIONS
IEEE Transactions on Smart Grid
IEEE TRANSACTIONS ON WIRELESS COMMUNICATIONS
ACM(Transactions on Information and System Security)

Table 5. Text mining result (example)(Subject : Cyber Security)

“SCADA” “cloud Security” “ESM security” “mobile security” “smart grid security” ”big data security” ”personal information security” “forensic” “data mining” “machine learning” “cyber attack” “detection/cure/restoration” “real-time self defense system” “integrated circuit tamper prevention” “information leakage prevention technology” “terror risk prediction”

텍스트 마이닝을 통해 도출된 단어들의 특성을 Figure 2와 같이 단어 간 네트워크 분석을 통해 시각화할 수 있다. 단어의 빈도수, 특정분야 빈도수, 최근 3년간 추세 등의 특성을 비교·분석하여 대표 키워드를 도출하였다. 도출된 대표 키워드는 분야별 전문가 토론회를 통해 대표키워드 변경, 삭제, 통합 등을 과정을 거치면서 마그넷워드 후보군으로 선정하였다. 끝으로, 선정된 마그넷워드 후보군 중 텍스트 마이닝을 통해 연관어를 도출할 수 있는 마그넷워드 후보를 최종 마그넷워드로 선정하였다.

마그넷워드로부터 식별된 세부 하위개념인 연관어는 각 기술 분야의 세부 항목을 포함할 수 있는 기술과 특징을 보여준다. 연관어를 선정하는 과정은 마그넷워드 선정 과정과 비슷하게 우선 학술자료를 이용한 키워드사전을 구축한 후, 지지도, 신뢰도, 향상도 등의 분석을 통해 연관어의 후보를 먼저 선정하였다. 연관성 분석의 보조 정보로서 하나의 단어가 주어졌다고 가정했을 때, 단어들 간의 상관성을 계산하기 위해서 사용한 분석 방법으로 하나의 마그넷워드 에 대한 유의미한 단어를 찾아내는 동시에 해당 단어 간의 상관성도 파악할 수 있는 graphical lasso 모형을 사용하였다. 이후, 기 언급된 1차적 도출결과를 전문가 검증을 통하여 선정한다. 최종적으로 155개의 마그넷워드와 456개의 연관어가 선정되었다. Table 6은 첨단센서 분야에서 최종 도출된 마그넷워드와 연관어를 보여준다. 이렇게 빅데이터 분석, 전문가 검토회의 등을 통해 최종 선정된 마그넷워드와 연관어를 토대로 미래기술을 도출하였다.

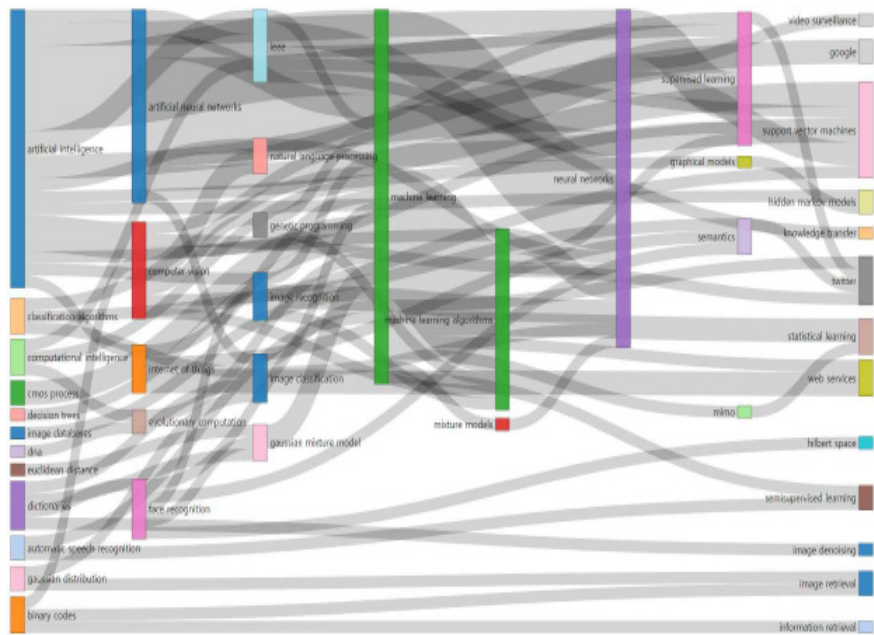


Figure 2. Word-to-Word Network Analysis (example)
(Subject : Artificial Intelligence)

Table 6. Related words based on magnet words in the field of Advanced Sensor

Magnet Word	Related Word
contact lens sensor	biological systems, flexible electronics
interferometry	acoustic imaging, precise positioning, remote sensing, artificial intelligence
multi-static	radar, imaging, synthetic aperture radar, remote sensing, across track interferometry, along track interferometry
quantum sensor	radar, quantum, stealth detection, rf-quantum conversion
biodegradable sensor	wastewater, current measurement, nanoscale devices, telecommunications
electrochemical micro sensors	film, absorption, biosensors
flexible electronics	internet of things, antenna, base stations
head mounted display	visualization, cameras, clouds, computer vision
interferometry	imaging, remote sensing, digital elevation models
mems	navigation, gesture recognition, accelerometers, kinematics
pathogen detector	biomarker, data mining, bluetooth, voltage
side scan sonar	imaging, underwater structures, optimization methods
imaging sonar	imaging, spatial resolution, beams, dynamic range
smart dust	global positioning system, compound, precision, location, real-time
smart sensor	internet of things, surveillance, wireless sensor networks, security

Magnet Word	Related Word
spectroscopy	imaging, remote sensing, hyper spectral, measurement techniques
underwater sensor network	self-powered wireless sensors, wireless sensor networks
vector sensor	artificial intelligence, acoustic, adaptive control, anisotropic, sensor arrays

Table 7과 같이 미래기술도출은 3단계로 구분할 수 있는데 도출된 마그넷 워드와 연관 키워드를 기반으로 미래국방기술 후보인 미래기술(안)을 식별하는 1단계, 전문가 검토회의를 통하여 미래기술(안)을 수정하는 2단계, 미래기술별 내용, 기술개발 시급성 등을 기준으로 미래기술을 최종 선정하는 3단계로 나눌 수 있다. 1단계에서는 제시된 키워드(마그넷워드 + 연관어)를 기반으로 미래 전장환경 및 국내외 기술발전추세 등을 반영해 미래기술(안)을 식별하였다. 2단계에서는 기 선정된 미래기술(안)을 각 분야별 전문가들에게 검토를 받아 일부 미래기술(안)을 수정했다. 3단계에서는 수정된 미래기술(안)에 대해 기술 내용의 충실성, 기술개발 필요성 등을 고려하여 전문가들의 미래기술(안)별 타당성 평가를 통해 최종 248개의 미래기술이 도출되었다.

Table 7. Future technology extraction process

Step	Process
1	Identify future technology candidates
↓	
2	Modify/finalize future technology candidates
↓	
3	Select future technologies

3.2 미래국방기술 도출

도출된 미래기술을 토대로 미래국방기술 평가항목의 가중치 값을 결정한 후, 기술유망성 평가를 통해 미래국방기술을 도출하였다. 미래국방기술을 도출하는 절차는 Table 8과 같이 AHP 설문조사와 기술유망성 평가 2단계로 구분할 수 있다. 1단계인 AHP 설문조사 단계에서는 3가지의 미래국방기술 평가요소(경제·사회적 효과, 기술 혁신도, 국방 활용도) 및 하위요소별(경제적 파급효과, 사회적 파급효과, 기술적 파급효과, 기술적 진보성, 무기체계 적용성, 군 전투력 향상 기여도) 상대적 가중치를 결정하기 위해 설문조사를 수행했다. 2단계인 미래 국방기술 선정단계에서는 각 미래기술별로 경제·사회적 효과, 기술 혁신도, 국방 활용성을 항목별로 정량 평가한 결과를 근거로 우선순위에 따라 미래 국방기술을 선정하였다.

Table 8. Future defense technology selection process

Step	Process
1	AHP Survey
↓	
2	Select future defense technologies

미래 국방기술 선정 절차의 1단계는 미래기술을 평가하기 위한 평가항목인 경제·사회적 효과, 기술 혁신도, 국방 활용성에 대한 상호 중요도를 비교하여 가중치를 산출하는 단계다. 경제·사회적 효과, 기술 혁신도, 국방활용성과 그 세부항목의 가중치는 Table 9와 같다.

Table 9. Future technology evaluation weight by category

Level 1 Category	Weight (Level 1)	Level 2 Category	Weight (Level 2)	Final Weight
Economic/Social Ripple Effect	0.141	Economic Ripple Effect	0.581	0.082
		Social Ripple Effect	0.419	0.059
Technological Innovation	0.315	Technological Ripple Effect	0.462	0.146
		Technological Progressiveness	0.538	0.169
Defense Applicability	0.544	Weapon System Applicability	0.408	0.222
		Military Fighting Power Improvement Contribution	0.592	0.322

Table 10. Future defense technologies list (Advanced Sensor)

Promising Technology Field	Future Defense Technology
Advanced Sensor (6 Technologies Selected)	<ul style="list-style-type: none"> • Subminiature sensor implant memory chip technology • Contact lens wearable real-time bio-monitoring technology • Precise location detection technology for underwater vehicle • Image acquisition technology for Micro Air Vehicle swarm • Multi-static interferometry Synthetic Aperture Radar technology using multiple satellites and Unmanned Aerial Vehicles • Stealth object detection technology using minimal microwave detection radar

2단계는 산출된 가중치를 바탕으로 위에 언급한 3개의 평가항목에 대한 미래기술별 점수인 기술유망성을 산출하여 미래국방기술을 선정하는 단계이다. 최종적으로 13개 미래 유망기술 분야별로 기술유망성이 높은 63개의 기술이 선정되었고 세부적으로 첨단센서 분야 6개, 사이버보안 분야 6개, 신추진 분야 4개, 인공지능 분야 4개, 신소재 분야 6개, 3D/4D프린팅 분야 5개, 신재생에너지분야 6개, 무인로봇 분야 3개, IoT/IoE 분야 4개, VR/AR/MR 분야 4개, 고출력에너지 분야 4개, 양자정보 분야 7개, 오염정화 분야 4개가 선정되었다. Table 10은 첨단센서분야의 미래국방기술 선정 예를 보여준다.

3.3 신개념 무기체계 도출

최종적으로 선정된 미래국방기술을 바탕으로 신개념무기체계를 도출하는 과정으로써, 미래국방기술별로 해당 기술이 미래에 충분히 발전한다면 어떤 형태의 무기체계가 될 수 있는지 미래국방기술로부터 해당 기술의 연관어, 기술분류, 연관 기술의 영화/소설 등 활용 사례 등에 착안하여 신개념무기체계를 도출하고 무기체계의 정의, 상상도 등을 제시하였다. 총 63개의 미래국방기술에서 총 40개의 신개념무기체계가 최종적으로 도출되었으며, Table 11은

첨단센서의 예시를 보여준다. Figure 3과 같이 신개념무기체계카드는 무기체계상상도를 포함하여 미래 유망기술 분야, 무기체계명, 개요 등을 보여준다. 기술주도형 미래기술 예측조사 방법론으로 도출된 신개념무기체계를 기존의 수요견인형으로 도출되어 '17~'31 중점기획 대상에 수록된 무기체계와 비교해 본 경우, 72.5%(29개)가 신규 도출된 것으로 판단되었으며, 첨단센서를 예시로 들면 Table 12에서 보는 바와 같이 2개가 신규로 도출되었다.

Table 11. Futuristic/conceptual weapon system list (Advanced Sensor)

Promising Technology Field	Futuristic Weapon System
Advanced Sensor (3 Weapon Systems Selected)	<ul style="list-style-type: none"> • Remote soldier health monitoring system using contact lens • Micro Air Vehicle Swarm • Memory Implant chip for real-time tactical adaptation

Table 12. Newly extracted future weapon systems (Advanced Sensor)

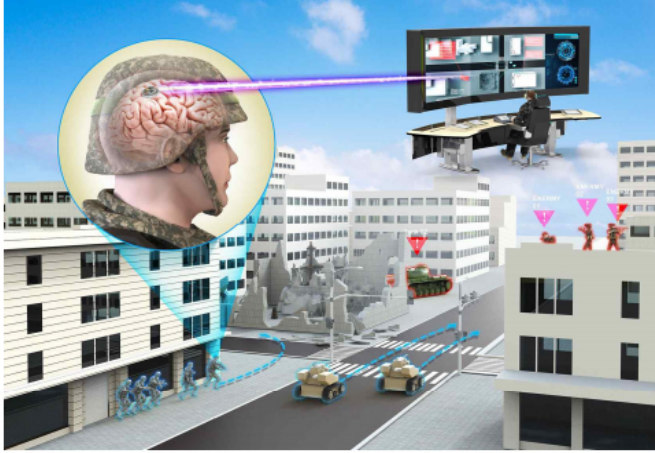
Promising Technology Field	Futuristic Weapon System
Advanced Sensor	<ul style="list-style-type: none"> • Remote soldier health monitoring system using contact lens • Memory implant chip for real-time tactical adaptation

1.1 Advanced Sensor ← Promising Future Technology Field

Memory Implant Chip for Real-Time Tactical Application ← Futuristic Weapon System

Weapon System Type _ Command & Control / Future Soldier

Weapon System Concept



Introduction / Operation Concept ← Weapon System Introduction & Operation Concept

- Introduction : This biosensor allows the soldier to understand the pre-determined strategies such as infiltration routes as well as weapon system operation methods/manuals. Furthermore, any updates regarding such information is transferred in real-time so that the operation can be successful even when there are unforeseen obstacles.
- Operation Concept : The subminiature biodegradable sensor is implanted in the prefrontal lobe of the brain which has to do with accessing memories. Once the sensor is in place it emits pre-stored information by interacting with the aforementioned part of the brain. After the information is transferred the sensor is utilized as a direct communication device between the soldier and the command & control center. This enables the soldier to receive real-time information and quickly adapt to the fast-changing, unpredictable, various warfare scenarios. Once the operation is over, the biodegradable sensor disappears within the body.

Future Defense Technology ← Related Future Defense Technology

- Subminiature sensor implant memory chip technology

Figure 3. Futuristic/conceptual weapon system sample (Advanced Sensor)

4. 결 론

4차 산업혁명과 미래 전쟁양상, 안보 환경의 패러다임 변화와 맞물려 있는 국방 분야도 이제 새로운 변화와 혁신이 필요하며, 특히 기술 수명주기 단축과 첨단기술 융·복합화 가속 등 급변하는 과학기술 발전추세를 고려한 사전기술기획 수행이 요구되고 있다. 따라서, 기술주도형 미래국방기술 예측을 위해 기존 민간의 기술예측 및 미래국방기술 선정 방법론을 아우르면서도 국방 분야 고유의 특성을 고려할 수 있는 차별화된 조사방법론을 정립하고자 하였다.

정립한 방법론을 적용하여 미래 환경 분석, 메가트렌드 도출, 미래 유망기술 분야 도출, 마그넷워드 선정, 연관어 도출, 미래국방기술 선정, 신개념무기체계 제시를 순차적으로 진행하였다. 기존의 기술조사는 수요 견인형 방식으로 추진되어 조사범위가 국방 기술 분야만으로 한정적이었으나, 기술주도형 방식을 시도하면서 조사범위를 관련 민간 기술분야로 확대하였다. 또한, 빅데이터 기법을 기술조사 업무에 적용하여 인력자원/시간을 절감할 수 있다. 텍스트 마이닝 기법과 네트워크 분석을 이용한 유명 저널들의 연구동향 파악방안은 원내 유관부서 및 유관기관의 지속적인 활용이 가능하다.

본 방법론을 활용하여 도출한 미래국방기술은 국방과학기술로드맵 수립과 선도형 등 핵심기술기획 추진 간 기술주도형(Technology Push) 핵심기술 식별을 위한 기반자료로 활용이 가능하다. 또한, 미래 국방기술과 연계한 신개념 무기체계는 “장기무기체계 발전방향” 등 합동참모본부의 소요기획단계에서 실효적 활용이 가능할 것으로 예상된다.

REFERENCES

- Cao, Q., Duan, W., Gan, Q., 2011. "Exploring determinants of voting for the 'helpfulness' of online user reviews: A text mining approach." *Decision Support Systems* 50(2):511–521.
- Defense Agency for Technology and Quality, 2014. "Imagination, Idea-based Future Warfare Unmanned technology 2050."
- Erol, S., Schmacher, A., and Sihm, W., 2016, "Strategic Guidance Towards Industry 4.0. A Threestage Process Model." *International Conference on Competitive Manufacturing.*
- Fung, G. P. C., Yu, J. X., Lam, W., 2003, "Stock prediction: Integrating text mining approach using real-time news." *2003 IEEE International Conference on*, 395–402.
- Hallowell, M. R., Gambatese, J. A., 2010, "Qualitative Research : Application of the Delphi Method to CEM Research." *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(1):99~107.
- Im, H., Cho, S.-W., Jinxian Q., Kim, J.-J., Lee C., Lee, G.-M., 2017. "Prediction of Aviation Security Technologies through Cluster Analysis of Patent Big Data." *Journal of Aviation Management Society of Korea*, 15(5):43~63.
- Jimenez, H., Marvis, D., 2010. "An Evolution of Morphological Analysis Applications in Systems Engineering." *AIAA Aerospace sciences Meeting Including the New Horizons Forum and Aerospace Exposition*: 972.
- Kam, J. S., Kim, M. W., Park, S. -D., Hyun, B. -H., 2012. "A Study on the Promising Future Biotechnology." *Journal of Korea Technology Innovation Society* 15(2):345~368.
- Kim, J. O., Kim, J., Kim, S. K., 2007. "A Comparative Study of Technological Forecasting Methods with the Case of Main Battle Tank by Ranking Efficient Units in DEA." *Journal of the Military Operations Research Society of Korea* 33(2):61~73.
- Korea Institute of Science & Technology Evaluation and Planning, 2016. "A study on the Selection Process of 10 Promising Future Technologies."
- Korea Institute of Science & Technology Evaluation and Planning. 2017. "The 5th Science & Technology Foresight Assessment."
- Lee, W. J., 2018. "The Fourth Industrial Revolution and Changes in Management and Marketing." *Journal of Korean Academic Society Of Business Administration* 22(1):177~193.
- Yano, Y., Oguma, T., Nagata, H., Sasaki, S., 1998, "Application of Logistic Growth Model to Pharmacodynamic Analysis of in Vitro Bactericidal Kinetics." *Journal of Pharmaceutical sciences* 87(10):1177–1183.

Appendix A.

Table A.1. Extraction results of future weapon systems

메가 트렌드	주요 트렌드	D-STEEP
[1]수명연장의 꿈 현실화	맞춤형 생명공학기술 발달	Social
	전염병에 대한 통제대응능력 약화	
	의료기술의 발전으로 인한 수명 연장	
	새로운 의료환경의 신속한 대응	Technological
	새로운 질병에 대한 신속한 대응	Ecological
	개인 맞춤형 의료시스템	Political
	중증질환 정복을 위한 신약개발	Defense
생명공학기술의 군사적 활용도 증가		
[2] 물리적 공간의 단축	교통발전에 따른 생활권의 글로벌화	Social
	교통발전에 따른 이동성 향상	Technological
	친환경·스마트 수송수단 증대	
	장거리 정밀타격체계의 중요성 증대	Defense
[3] 현실생활과 가상생활의 조화와 부작용	3D 프린터와 함께하는 일상생활	Social
	일상생활 속에 녹아든 컴퓨팅 및 네트워크	
	가상의 공간에서의 삶과 부작용	
	사이버 범죄 확산	Technological
	안전한 네트워크 수요 증대	
	실감 가상현실 콘텐츠 대중화	
	네트워크 기반 컴퓨팅 서비스 가속화	
	보안위협이 확산·다양화	Political
네트워크 장비 및 인프라 보안 심각성 증대		
전장환경의 가시화	Defense	
[4] 무인시스템의 제양과 기회	무인시스템에 대한 기대와 우려	Social
	무인체계의 일상적 활용 확대	Technological
	지능형·협력형 자동화 수요 증가	
	제조업의 혁명	Economic
	무인체계 중심의 전장환경	Defense
[5] 초연결에 의한 통합 확대	네트워크를 통한 집단의 역량 강화	Social
	네트워크를 통한 초연결 증대	Technological
	초고속초연결 네트워크 확대	
	개별 도시인프라 통합, 연계	Political
	네트워크(C4I) 중심의 동시통합작전 및 타격	Defense

Table A.1. Extraction results of future weapon systems

메가 트렌드	주요 트렌드	D-STEEP
[6] 인구구조의 압박	지속적 성장을 위한 노동자원 확보	Social
	기본 생명유지 자원의 지속성 확보 대두	
	인구증가로 인한 자원압박 증가	Economic
	저출산·초고령화 사회로의 전환 고령화로 인한 국가부채의 증가	
[7] 새로운 에너지원 탐사	에너지원의 다양화·친환경화	Technological
	대체에너지의 경제성 증대	Economic
	기존 에너지의 압박 심화	Ecological
	에너지 위기 극복을 위한 대체에너지 개발 확대	
	대체에너지의 지속적인 확대	Defense
신개념 무기체계의 활용도 증가		
[8] 국가적 신(新)안보위기 대두	국가예산의 압박 심화	Economic
	우주공간에서의 국가간 분쟁 확대	Political
	테러에 의한 안보위협 증대	
	국가간 분쟁 다각화·다변화	
	사이버 테러의 심각성 증대	Defense
대량살상무기에 대한 정부의 통제·추적능력 약화		
[9] 지구환경의 위협 대응	지구과학 기술의 관심 증대	Technological
	지속가능한 화학산업	Ecological
	네트워크 기반 환경관리	
	기후변화에 따른 재해 증가	
	환경친화적 교통시스템 확대	Political
	이상기후 조기 대응	
미세먼지 저감		
[10] 자원의 가치 증가	농업기술의 융복합화 확대	Technological
	맞춤형 수산식품 가공개발	Ecological
	수산물의 식량 자원화	
	대체에너지 자원 확보 효율화	Political
	수자원 확보 기술의 가속화	
	수자원에 의한 안보위기 심화	
자원의 무기화 심화		
[11] 신기술에 의한 산업의 재발전	양자정보통신의 발전	Technological
	바이오산업시대의 대두	
	빅데이터를 통한 가치 창출 활성화	
	신소재에 의한 제품·산업 혁신	
	정보처리능력의 향상	Political
	인공지능을 적용한 제품 혁신	
	가상/증강현실과 타 산업과의 융합	
자율주행기술 융합		