

토픽모델링 이용한 한·미·일·중 해양무인체계 연구 동향 분석

류병준, 하용훈*
국방대학교 국방과학학과

Analysis of Research Trends of Unmanned Marine Systems in Korea, the United States, Japan, and China using Topic Modeling

Byung-Jun Yu, Yonghoon Ha*
Department of Defence Science, Korea National Defence University

요약 해양무인체계는 수상과 수중에서 원격 및 자율제어가 가능한 무인 플랫폼으로 탐색이 위험한 해역에서도 인명 피해 없이 운행 가능하며, 이러한 은밀성과 효율성으로 미래 전쟁의 '게임 체인저'로 불리기도 한다. 우리나라는 미래전에 능동적으로 대응할 수 있는 해양무인체계 개발을 추진하고 있지만, 군사 선진국과 비교하면 아직은 관련 연구 수준이 낮은 실정이다. 본 연구의 목적은 텍스트 마이닝의 한 분야인 LDA 토픽모델링을 이용하여 한국을 포함하여 미국, 일본, 중국의 해양무인체계 연구동향을 분석하는 것이다. 이를 위해 2000년부터 2021년까지 해양무인체계 관련 논문 5,106건과 특허 2,373건의 제목, 키워드, 초록을 분석하였다. 국가별 핵심기술 연구에 대한 분석 결과로서 한국은 '자율제어', '항법장치' 미국은 '항법장치', '해양환경 조사' 일본은 '해저매핑', '항법장치', 중국은 '추적 제어', '군집화'가 선정되었다. 그리고 데이터 증가율에 따라 3개의 기간으로 구분하여 국가별 연구동향을 분석하였다. 본 연구를 통해 파악된 국가별 연구 동향은 추후 국가별 해양무인체계 기술 개발 수준 조사에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

Abstract An unmanned maritime system is a platform that can be remotely and autonomously controlled on the sea surface and underwater and can be also operated without loss of life even in dangerous waters. Due to its stealth and efficiency, it is sometimes called a "game changer" of future battlefields. The ROK is currently developing systems that can actively respond to future warfare. Its technology level, however, is still low compared to top military powers. The purpose of this study is to analyze the research trends of unmanned maritime systems in the US, Japan, China, and the ROK using LDA topic modeling, a type of text mining. To do this, we analyzed the titles, keywords, and abstracts of 5,106 papers and 2,373 patents related to the systems from 2000 to 2021. As a result of the analysis of core technology research by country, "autonomous control" and "navigation" in Korea, "navigation system" and "environment analysis" in the US, "seafloor mapping" and "navigation system" in Japan, and "tracking control" and "swarming" in China were selected. The research trends by country were also analyzed by dividing them into three periods according to the data growth rate. These trends are expected to be used effectively for surveys on the level of technology development of unmanned maritime systems.

Keywords : Unmanned Maritime System, Text Mining, LDA Topic Modeling, Paper Analysis, Patent Analysis

*Corresponding Author : Yonghoon Ha(Korea National Defence Univ.)

email: yonghoonha@korea.kr

Received August 23, 2022

Accepted November 4, 2022

Revised September 26, 2022

Published November 30, 2022

1. 서론

4차 산업혁명 기술의 발전과 함께 미래 전투수단 및 형태도 크게 변하고 있는데, 사람이 직접 현장에 이동하지 않고 다양한 환경에서도 원격으로 무인무기체계 운용이 가능하다. 특히 지구 면적의 70% 차지하고 다양한 환경변화 요인이 존재하는 해양에서 무인무기체계 운용은 해양력 우세를 달성하는 데에 매우 효과적일 것으로 예상된다. 군사적으로 해양무인체계는 인명 손실을 최소화하면서 네트워크 중심전에 적합하게 운용되는 플랫폼으로 전략·작전·전술적 측면에서 그 중요성이 부각되어 미래전에서의 '게임 체인저'로 불리고 있고 해군력이 강한 주변 국가들이 앞다투어 개발 중이다. 해양무인체계는 작전구역에 따라 수중에서 작전을 수행하는 무인잠수정(UUV)과 수상에서 작전을 수행하는 무인수상정(USV)으로 구분된다[1]. 해양무인체계 관련 연구로는 원유재 등[2]은 해양무인체계에 요구되는 핵심기술을 분류 및 통합하여 소요결정 평가요인을 제시하였는데 이를 위해 계층분석방법(AHP)으로 모델을 구축 후, 항목별 평가를 통해 핵심기술군을 평가하였다. 김지훈[3]은 비통계적 기술 예측 방법인 기술예측 자료포락분석(TFDEA)을 이용하여 미국의 해양무인체계에 대한 연간 평균 기술 변화율을 측정하고, 이를 토대로 우리나라 해양무인체계 출시 시기에 대한 기술을 예측하였다. 이지은[4]은 국내·외 무인잠수정의 주요 개발 현황을 조사·분석하고 이를 기반으로 무인 잠수정의 핵심 분야인 자율제어, 에너지원, 센서 분야에 대하여 발전 방안을 제시하였다.

우리 해군은 국가안보와 해양주권을 수호하고 국제 평화에 기여하고자 '해양강국, 대양해군'이라는 '해군비전 2045' 실현을 목표로 4차 산업혁명 첨단기술 기반의 'SMART Navy' 구현을 추진하고 있다[5]. 이를 위해 스마트 전투함정(SMART Battleship)을 핵심과제로 구현하려는 노력을 지속하고 있지만, '국가별 국방과학기술 수준조사서[6]'를 근거로 우리나라의 해양무인체계 국방과학기술 수준은 2021년 기준 세계 12위 수준이다. 이는 1위인 미국을 100%로 평가한 기준으로서 일본(83%)은 6위, 중국(82%)은 7위인데 반해, 우리나라는 77% 수준으로 주변 강국에 비해 기술 수준이 낮은 실정이다.

이러한 기술 수준과 동향을 분석하는 방법에는 정성적인 방법으로써 문헌조사와 델파이 기법이 있는데 이는 대량의 정보로부터 결과를 도출하는데 많은 시간과 비용이 소요될 뿐만 아니라 전문가의 주관적인 가치가 반영될 가능성이 크다[7]. 이러한 한계점을 보완하기 위해 정

량적인 방법으로 텍스트에서 주제를 찾아내는 텍스트 마이닝의 한 분야인 토픽모델링이 활용된다. 토픽모델링 이용한 연구로는 배성호 등[8]은 군사학 분야 학술지에 게재된 논문들에 대해 토픽모델링을 이용하여 군사학문에 대한 세부 연구 주제를 도출하였으며, 김법현 등[9]은 러시아-우크라이나 전쟁에 관한 언론 보도를 토픽모델링으로 분석하여 한국 사회의 전쟁에 대한 주요관심 요인을 도출하였다. 전고은 등[10]은 장갑전투차량 기술 개발에 관한 해외 기사를 토픽모델링으로 분석하여 기술 동향을 분석하고 시간의 흐름에 따른 기술 트렌트 변화를 살펴보았다. 특히, 해양무인체계와 관련하여 김귀미 등[11]은 무인수상정 관련 논문 및 특허에 대한 토픽모델링을 이용하여 핵심기술 및 세부기술을 도출하고, 도출된 세부기술 중 기존 기술분류 기준에 포함되지 않는 신기술 영역을 식별하였다.

본 논문의 목적은 논문 및 특허 데이터로 LDA 토픽모델링을 이용하여 국가별 해양무인체계 핵심기술 및 기술 동향을 분석하는 것이다. 본 논문의 구성으로 2장에서는 데이터 수집 및 전처리, 토픽모델링 분석 등 연구 방법을 설명하였으며, 3장에서는 연구결과를 분석하고 해석한다. 마지막 4장은 본 연구의 결론 및 시사점에 대해 논의한다.

2. 연구 방법

본 연구에서는 '해양무인체계'를 주제로 LDA 토픽모델링을 이용하여 연구 대상 국가인 미국, 중국, 일본, 한국의 핵심기술 선정 및 기술동향을 파악하고, 기간별 기술동향을 분석하였다.

2.1 데이터 수집 및 전처리

해외 인용색인 웹 사이트인 Web of Science에서 2000년부터 2021년에 출판된 논문 중 연구 대상 국가별로 구분하여 총 5,106편의 논문을 수집하였다. 특히는 특허검색 웹 사이트인 WIPSon과 KIPRIS에서 동일한 기간 동안 공개 및 등록된 특허 중 연구 대상 국가로 구분해서 총 2,373편을 수집하였다. 수집된 데이터 중 해양무인체계와 관련없는 분야(행동과학, 신경, 의약분야 등)와 지상 및 항공 무인체계는 제외하였고, 국가별 데이터 수와 주요 검색어는 Table 1과 같다. 본 연구에서는 논문의 제목, 키워드, 초록과 특허의 제목, 초록으로 분석하였다. 이렇게 수집한 텍스트 데이터를 분석하기 전 전처리 작업을 위해 불필요한 문자 및 숫자를 제거하였

Table 1. Data collection and search keyword

Number of Data Collections			Survey year	Search Keyword
Paper	KR	369	'2000. 1. ~ '2021	Unmanned Underwater Vehicle / Vessel / Craft / Boat Unmanned Surface Vehicle / Vessel / Craft / Boat Autonomous Surface Vehicle / Vessel / Craft / Boat Remotely operated Vehicle / Vessel / Craft / Boat Marine Unmanned System
	US	1,701		
	JP	514		
	CN	2,522		
Patent	KR	301		
	US	476		
	JP	128		
	CN	1,468		
Total		7,479		

으며, 대·소문자를 통일하고 단어를 추출하는 작업인 토큰화를 진행하였다. 추출한 단어들로 토픽모델링을 만들기 위해 다수의 문서에서 등장하는 단어들의 빈도를 행렬로 표현한 문서단어 행렬인 DTM(Document-Term Matrix)를 구축하여 토픽모델링을 수행하였다.

2.2 토픽모델링 및 토픽 개수 선정

토픽모델링은 텍스트 마이닝 중 군집화에 기반을 둔 가장 대표적인 분야로, 방대한 양의 문서로부터 주요 토픽을 추출하고 각 토픽에 대응되는 문서를 식별하여 제공한다. 토픽모델링은 그 자체로도 대량의 문서를 통찰한다는 점에서 의미가 있지만, 토픽모델링 결과를 활용하여 다양한 형태의 분석을 수행할 수 있다는 점에서 더욱 활용 가치가 있다[12].

본 연구에서는 잠재 디리클레 할당(Latent Dirichlet Allocation, 이하 LDA) 토픽모델링을 이용하여 연구를 수행한다. LDA 기법은 토픽모델링의 기법 중 하나로 광범위하고 비정형적인 문서 집합에 잠재되어 있는 주제들을 발견하기 위한 통계적 알고리즘이며[13], Fig. 1은 LDA 기법의 원리를[14] 나타내었다. 분석 프로그램은 R을 이용하였으며, 깁스 샘플링(Gibbs sampling)을 적용하였다[15].

토픽모델링 수행 전에 토픽 수를 사전에 정해야 하는데, 토픽 수에 따라 분석 결과가 달라질 수 있기 때문이다. 토픽 수가 적으면 한 토픽의 주요 단어들로만 구성되고, 반대로 토픽 수가 많으면 여러 토픽에 주요 단어들 중복되어 토픽명을 정의하기 어렵다. 토픽 수에 대한 지표를 Fig. 2와 같이 나타낼 수 있는데[16], x축은 토픽 수, y축은 성능지표를 정규화한 값이다. 여기서 토픽 개수가 12개 이상에서 성능지표가 일정하게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 우선 12개를 최적의 토픽 수로 토픽모델

링을 수행하고 결과를 분석한다. 만약 분석에 어려움이 있으면 12개를 기준으로 토픽 수를 감소 또는 증가하면서 재분석한다. Table 2는 국가별 토픽 수를 나타낸 것으로 여기서 국가별로 토픽 수가 다른데, 이는 데이터양이 많을수록 토픽 수가 증가하기 때문이다. LDA 모델에 토픽 수를 입력하면 토픽별로 단어와 문서가 구성되는데, 토픽명은 연구자가 토픽에 속한 단어와 문서를 보고 직접 정의해야 한다. 본 연구에서 정의된 토픽들은 해양무인체계 관련 기술을 의미하며, 본 연구의 전체 프로세스는 Table 3과 같다.

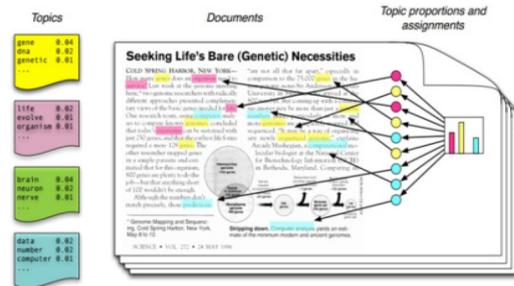


Fig. 1. LDA topic modeling cartoon histogram[14]

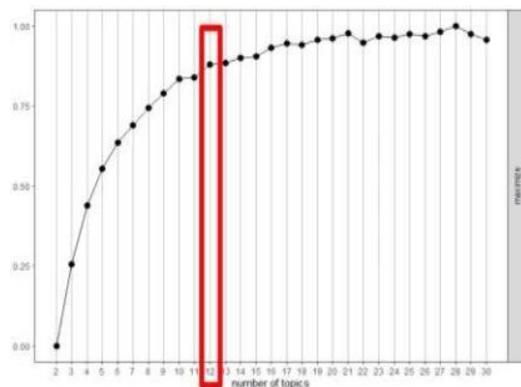
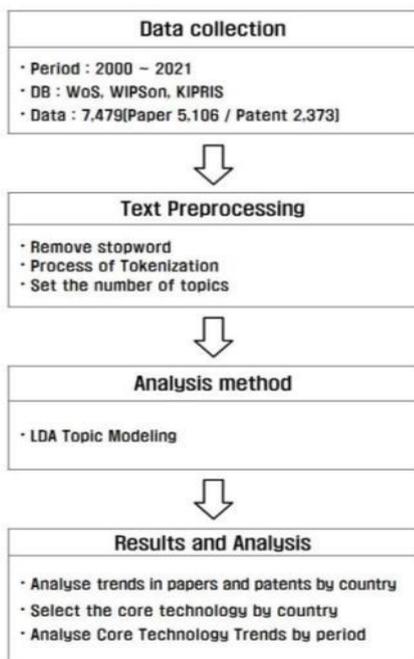


Fig. 2. Optimizing the number of topics by graph

Table 2. Number of Topics

Category	Country	Number of topics
Paper	KR	12
	US	14
	JP	12
	CN	15
Patent	KR	14
	US	16
	JP	14
	CN	17

Table 3. Research Process



3. 연구 결과

3.1 국가별 논문 및 특허 연도별 동향

해양무인체계 관련 국가별 논문 및 특허의 연도별 동향은 Fig. 3와 같다. 논문 및 특허의 국가별 비율에서 중국의 점유율이 다른 국가에 비해 높으며, 미국이 그 뒤를 따르고 있다. 국가별로 살펴보면, 중국은 논문이 2011년부터 점진적으로 증가하다 2015년부터 급격히 증가하였고, 2020년을 정점으로 감소하였다. 특허는 2013년부터 점진적으로 증가하다가 2017년부터 2년간 급속히 상승한 후 감소세를 나타낸다. 특허의 경우, 통상 출원으로부터 약 18개월 후 공개가 되는 특허제도의 특성으로 인해 중국은 2015년 이후 보다 많은 연구가 진행되었을 것으로 판단된다. 해양무인체계 분야에서 최고 수준의 기술을 보유하고 있는 미국은 논문이 2017년까지는 점진적으로 증가하다가 2018년 일시적으로 급상승 후에 감소 추세로 돌아섰다. 특허에서는 2019년까지 증가 후 감소 추세로 돌아섰다. 한국의 논문 수는 중국과 미국에 비해 매우 적으나 일본과 유사한 수준이고, 특허에서는 2021년에 일시적으로 증가하여 미국을 앞선 것으로 나타났다.

3.2 토픽모델링 분석 및 핵심기술 선정

전처리 및 최적의 토픽 수를 정해 LDA 토픽모델링을 수행하게 되면 단어가 토픽에 등장할 확률인 베타(Beta)값과 문서가 토픽에 등장할 확률인 감마(Gamma)값을 알 수 있다. 베타와 감마값이 높을수록 토픽별 주요 단어와 문서임을 확인할 수 있으며 핵심기술로 평가할 수 있다.

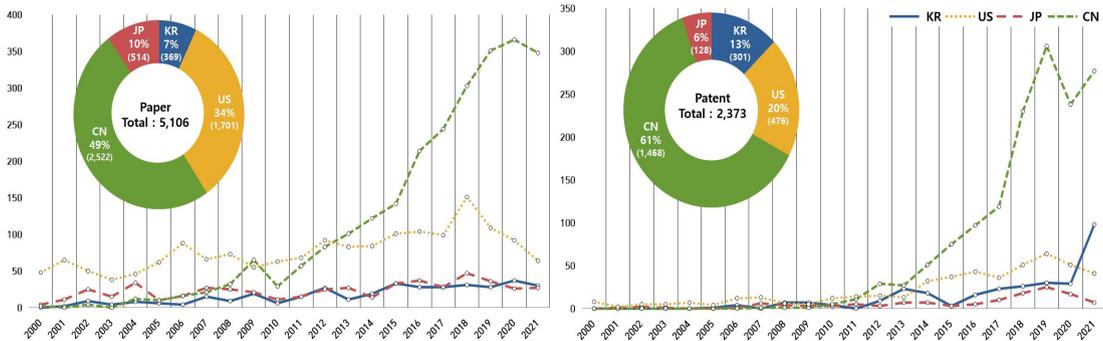


Fig. 3. Annual trends in the field of paper(L) and patent(R)

Table 4. Distribution of keyword in Topic

Rank	Keyword	Beta
1	control	0.092
2	controller	0.049
3	model	0.024
4	dynamics	0.020
5	tracking	0.019
6	nonlinear	0.017
7	system	0.016
8	robust	0.013
9	effectiveness	0.013
10	adaptive	0.012

Table 4는 한국 논문 데이터로 LDA 토픽모델링을 통하여 하나의 토픽에 베타값을 구현 한 것이다. 베타값이 가장 높은 상위 10개의 단어를 보면 Control이 차지하는 확률이 가장 높고, 다음으로는 Controller, model 등이 있다. LDA 토픽모델링은 혼합모형 (Admixture Model)[17]이기 때문에 동일한 단어가 다른 토픽에 반복적으로 등장하는 것이 가능하여 단어만으로 토픽을 분석하는 데에는 제한적이다. 이때는 감마값이 높은 문서와 함께 검토하는 것이 유용하다. Table 5는 동일한 토픽의 감마값을 구현한 것이다. 해당 토픽에서 베타와 감마값이 높은 단어와 문서를 검토하여 토픽명을 자율제어인 ‘Autonomous control’이라고 정의하였다. 이처럼 베타 및 감마값을 활용하여 해당 토픽의 대표 키워드와 문서를 함께 살펴보면 토픽을 정의하는 것이 용이할 수 있다. 핵심기술은 각 토픽 중 문서 빈도수가 제일 높은 토픽으로 선정하는데, Table 6와 같다. Table 7은 문서 빈도수 기준으로 국가별 세부기술을 나열한 것이다.

Table 5. Distribution of Paper title in topic

Rank	Title	Gamma
1	Autopilot Control Synthesis for Path Tracking Maneuvers of Underwater Vehicles	0.782
2	Design of an adaptive nonlinear controller for depth control of an autonomous underwater vehicle	0.652
3	Motion control of an AUV using a neural network adaptive controller	0.602
4	A neural network adaptive controller for autonomous diving control of an autonomous underwater vehicle	0.508
5	Neural net based nonlinear adaptive control for autonomous underwater vehicles	0.485

Table 6. The core technology by country

Type	Paper	Patent
KR	Autonomous control	Navigation
US	Navigation	Environment analysis
JP	Seafloor mapping	Navigation
CN	Tracking control	Swarming

3.3 기간별 국가 연구동향 분석

Fig. 3에서 논문 및 특허 연도별 데이터 증가율에 따라 3개의 기간으로 구분하였다. 기간 I은 데이터양의 증가율이 가장 낮은 기간으로 논문은 2000~2010년, 특허는 2000~2012년이며, 기간 II는 데이터양이 일정하게 증가하는 기간으로 논문은 2011~2015년, 특허는 2013~2017년이다. 기간 III은 데이터양이 급속하게 증가 후 감소하는 기간으로 논문은 2016~2021년, 특허는 2018~2021년이다. Fig. 4는 구분된 3개의 기간을 도식화한 것이고, Table 8은 Table 7의 국가별 기술 순위이다.

3.3.1 한국 연구동향 분석

논문은 기간 I에서는 ‘진·회수’, 기간 II, III에서는 ‘자율제어’가 높게 선정되었다. 2010년까지는 함정과 잠수함에 탑재하는 ‘진·회수’에 대한 기술 연구가 비중이 높았지만, 2011년부터는 수상 또는 수중에서 다양한 임무 수행을 외부의 통제 없이 자율적으로 운영하는 ‘자율제어’에 대한 기술 연구가 더 높은 비중을 나타내고 있다. 특허는 기간 I에서는 ‘선체 구조’, 기간 II, III에서는 ‘항법장치’가 높게 선정되었다. 2012년까지는 수상 및 수중에서 안정된 자세로 운항되는 ‘선체 구조’에 대한 기술 특허가 비중이 높았지만, 2013년부터는 수상 또는 수중에서 위치 정보를 제공하는 ‘항법장치’에 대한 기술 특

허가 더 비중 있게 나타났다. 특히 논문과 특허 모두 기간 II부터는 ‘자율제어’ 및 ‘항법장치’에 대한 기술 연구의 비중이 높는데, 이는 국방 전략기술 분야에 대한 구체적인 기술개발 방향 및 확보방안을 제시하는 문서인 ‘21~’35 핵심기술기획서[18]에서 해양문인체계 핵심기술과제로 등록되어 있음을 확인할 수 있다.

3.3.2 미국 연구동향 분석

논문은 기간 I에서 ‘자율제어’, 기간 II, III에서는 ‘항법장치’가 높게 선정되었다. 2010년까지 ‘자율제어’에 대한 연구는 충분히 진행되어 2011년부터는 ‘항법장치’

에 대한 기술 연구를 더 비중 있게 추진하는 모습이 보인다. ‘자율제어’는 기간 II에서 III으로 이동하면서 점점 순위가 감소하는데, 이는 ‘자율제어’에 대한 기술 연구는 어느 정도 축적된 것으로 판단된다. 특허의 경우 기간 I에서는 ‘지질 조사’, 기간 II, III에서는 ‘해양환경 조사’가 높게 선정되었다. 이는 해군의 주요 성분작전인 대잠전과 기뢰전, 잠수함 작전에서 매우 중요한 수온, 해저저질 등의 해양환경자료 수집에 중점을 두고 있는 것으로 판단된다. 특히 미국은 2010년에 주문형 전장(BonD: Battlespace on Demand) 개념을 통해 현장 관측 해양 정보 기반의 작전 수행 개념을 제시하였다[19].

Table 7. Topic modeling analysis result

Rank	KR		US		JP		CN	
	Paper	Patent	Paper	Patent	Paper	Patent	Paper	Patent
1	Autonomous control	Navigation	Navigation	Environment analysis	Seafloor mapping	Navigation	Tracking control	Swarming
2	Sonar	Autonomous control	Path plan algorithm	Swarming	Autonomous avoidance	Autonomous avoidance	Path plan algorithm	Launch & Recovery
3	M&S	Sonar	Environment analysis	Hydraulics	Launch & Recovery	Launch & Recovery	Navigation algorithm	Tracking control
4	Navigation (Target location)	Underwater Communication	Sonar	Power generation	Environment (sea) analysis	Unmanned operation	Autonomous control	Autonomous control
5	Development (Control)	Hull structure	Autonomous control	Seismic survey	Environment (hydrothermal) analysis	Power generation	Image process	Hull structure
6	Path plan algorithm	Analysis equipment	Hull design	Hull structure	Remote control	Remote Control	Underwater Communication	Development (System)
7	Navigation (system)	Hydraulics	Mission Sharing	Launch & Recovery	M&S	Propulsion system	Swarming	Navigation
8	Environment analysis	Launch & Recovery	Hydraulics	Underwater Communication	Swarming	Hydraulics	Hydraulics	Interoperability
9	Mission Sharing	Power generation	Underwater communication	Navigation	Navigation	Development (Control)	Development (System)	Promotion system
10	Launch & Recovery	Mission Sharing	Launch & Recovery	Remote Control	Image process	Remote Control	Launch & Recovery	Sonar
11	Hull Structure	Remote control	Water analysis	Water analysis	Underwater acoustic positioning system	Hull structure	Power generation	Data sharing
12	Sensor data	Development (System)	Water Sampling	Swarming	Power generation	Sampling Equipment	Navigation (path plan)	Power generation
13	-	Sampling Equipment	Development (System)	Analysis equipment	-	Analysis equipment	Data storage	Hull design
14	-	Water Sampling	Navigation (Path plan)	Development (System)	-	Path plan algorithm	M&S	Systems verification
15	-	-	-	Sensor operating	-	-	Systems verification	GPS
16	-	-	-	Seismic analysis vehicle	-	-	-	Environment analysis
17	-	-	-	-	-	-	-	Unmanned operation

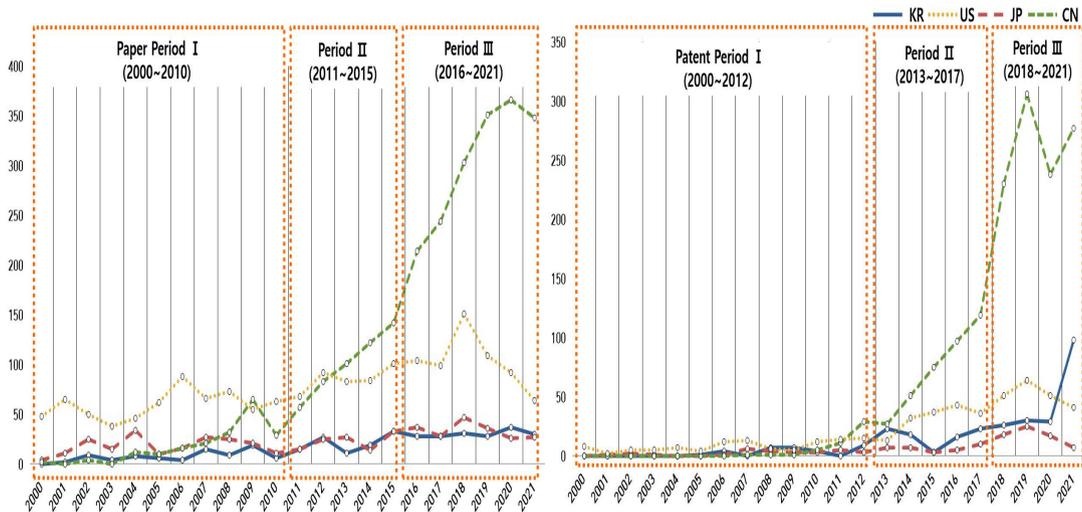


Fig. 4. Annual trends in the field of paper(L) and patent(R)

Table 8. Period trends in the Topic modeling analysis result

Rank	KR						US						JP						CN					
	Paper			Patent			Paper			Patent			Paper			Patent			Paper			Patent		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
1	10	1	1	5	1	1	5	1	1	5	1	1	10	1	1	2	2	1	4	1	1	5	1	1
2	3	2	2	10	3	2	1	5	2	4	2	2	11	3	2	1	1	2	3	4	2	3	3	2
3	1	11	8	9	3	3	4	2	6	1	5	4	13	2	9	6	5	3	2	2	3	1	4	3
4	2	10	4	3	5	6	7	7	13	13	4	3	6	4	8	4	3	12	9	5	7	10	7	5
5	6	4	3	2	4	4	9	6	5	3	3	6	1	8	4	7	9	6	6	9	4	4	2	6
6	7	3	10	4	12	5	14	11	4	2	12	8	2	5	11	14	8	10	1	3	5	15	5	4
7	11	6	6	6	8	10	10	4	7	15	7	7	4	11	6	10	11	7	15	12	6	6	6	7
8	9	9	9	1	6	11	3	9	8	12	15	5	7	12	3	9	10	8	5	8	10	7	11	9
9	8	8	7	11	10	8	13	3	3	11	10	12	15	14	10	8	7	4	11	10	12	11	8	8
10	5	5	11	8	11	9	8	14	9	16	6	11	8	9	14	3	12	5	7	7	11	17	13	13
11	-	12	12	13	7	13	11	8	11	8	14	14	-	7	12	11	6	9	13	6	8	-	10	10
12	-	-	5	11	13	7	6	13	14	7	13	9	-	15	5	-	-	11	14	11	13	-	14	14
13	-	-	-	-	-	14	-	-	12	10	16	10	-	10	7	-	-	-	-	15	14	-	16	11
14	-	-	-	-	-	-	-	-	10	9	-	15	-	-	15	-	-	-	-	14	15	-	15	16
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17	17

3.3.3 일본 연구동향 분석

논문은 기간 I에서 '이미지 처리', 기간 II, III에서는 '해저 매핑'이 높게 선정되었다. 이는 '이미지 처리'에 대한 기술 연구에서 확장하여, 해저 지형 데이터를 높은 해상도로 확인 가능한 '해저 매핑'에 대한 기술 연구가 진행 중인 것으로 판단된다. 특히는 기간 I, II에서 수중 및 수상에서 임의의 장애물을 탐지해서 회피하여 운항하는 기술인 '자율 회피', 기간 III에서는 '자율주행'이 높게

선정되었다. 일본 해상자위대는 미 해군과 연합 대잠수함훈련 및 연합 대기뢰전훈련을 실시하고 있으며 특히 북한, 러시아 등 잠재적 위협국의 수중 침투세력의 정보 수집 임무를 공동으로 수행하고 있다. 일본의 '해저 매핑'과 '자율 주행', '자율 회피' 기술에 대한 연구 투자는 해양무인체계의 잠수함 및 기뢰 탐색, 수중 침투, 음향정보 수집 등의 임무와 밀접한 관련이 있을 것으로 판단된다.

3.3.4 중국 연구동향 분석

논문은 기간 I에서 '자율제어'가 기간 II, III에서는 '추적 제어'가 높게 선정되고, 특히는 기간 I에서 '선체 구조'가 기간 II, III에서는 '군집화'가 높게 선정되었다. 무인체계의 군집화는 제어 기술과 밀접한 관련이 있다. 2010년대 이후 미국이 중국의 반접근 지역거부 전략에 대한 대응 목적의 '유령함대' 건설을 위해 해양무인체계 기술 개발에 전력을 다하고 있는데, 중국도 이러한 미국에 대항하기 위해 다양한 해양무인체계 개발과 함께 '군집화' 전술 수행을 위한 군집화 및 제어기술에 투자하고 있는 것으로 예상된다.

4. 결론

본 연구는 국가별 해양무인체계 기술동향을 분석하고 LDA 토픽모델링을 활용하였다. 본 연구의 데이터는 2000년부터 2021년까지 Web of Science에서 논문 5,106건, WIPSon과 KIPRIS에서 특히 2,373건을 수집하였으며, 논문의 제목, 키워드, 초록과 특허의 제목, 초록을 분석대상으로 핵심기술 선정 및 세부기술을 파악하였다. 국가별 해양무인체계 핵심기술로서 한국은 '자율 제어', '항법장치', 미국은 '항법장치', '해양환경 조사', 일본은 '해저 매핑', '항법장치', 중국은 '추적제어', '군집화'가 선정되었다. 그리고 데이터양의 기준으로 3개의 기간을 구분하여 기간별 국가별 연구동향을 파악할 수 있었다.

본 연구는 다음과 같은 시사점을 도출한다. 첫째, LDA 토픽모델링을 통해 한국, 미국, 일본, 중국의 해양무인체계에 대한 기술 동향을 파악할 수 있었으며, 본 연구를 통해서 국가별 해양무인체계 기술 수준조사에 효과적으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 두 번째 현재 국가별 국방과학기술조사서[3]에서 국가 수준조사 절차로는 대상 국가 선정 후에 각 국가에 대한 기초자료를 작성하는데, 이때 국방과학기술조사서, 세계 방산시장 연감, 선행연구 보고서 등을 참고해서 작성한다. 여기서 본 연구의 프로세스를 도입하면 정량적인 분석으로 신뢰성을 향상할 수 있을 것이다.

연구의 제한사항과 향후 연구과제로서 본 연구는 영어로 작성된 논문과 특허만을 이용하였으나 일본과 중국의 경우 자국어로 작성된 자료가 더 많을 것으로 예상되는 바, 향후 연구 결과의 신뢰성 향상을 위해 일본어 및 중국어 자료에 대한 자동 번역 등의 방안을 검토해야 할 필

요가 있다. 또한, 자연어 처리를 위해 단어의 연관성을 학습하는 'Word2Vec'과 같은 신경망 모델 기술의 활용 방안과 함께 최신 기술에 대한 가중치 부여에 대해서도 추가적인 검토가 필요할 것이다.

References

- [1] Defense Agency for Technology and Quality, Agency for Defense Technical Investigation Paper, 2019. part 7, pp.88.
- [2] Y. J. Won, J. W. Eom, C. H. Park, "A Study on the Technology Analysis of Marine Unmanned System for Determination of Core Technology Requirements" *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.20, No.6, pp.350-361, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2019.20.6.350>
- [3] J. H. Kim, "A Study on Technology Forecasting of Unmanned Maritime Vehicles (USV/UUV) Using TFDEA", *Journal of the Korea Society for Naval Science & Technology*, Vol.04, No.1, pp.027-032, 2021. DOI: <https://doi.org/10.31818/JKNST.2021.03.4.1.27>
- [4] J. E. Lee, "Technology Development Trends Analysis and Development Plan of Unmanned Underwater Vehicle", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.20, No.9, pp.233-239, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2019.20.9.233>
- [5] D. S. Park, "SMART Navy's Big Navigation Plan Based on Advanced Technology of the Fourth Industrial Revolution", p.52, *The Society Of Naval Architects Of Korea*, Vol.57(1),7-10.
- [6] Korea Research Institute for defense Technology planning and advancement, Defense Science & Technology Level Assessment by Country, 2021, pp.172.
- [7] S. T. Na, J. H. Kim, M. H. Jung, J. E. Ahn, "Trend Analysis using Topic Modeling for Simulation Studies", *The Korea Society for Simulation*, Vol.25, No.3, pp.107-116, 2016. 9. DOI: <http://dx.doi.org/10.9709/JKSS.2016.25.3.107>
- [8] S. H. Ba, X. Ku, C. B. Park, J. S. Kim, "A Latent Topic Modeling approach for Subject Summarization of Research on the Military Art and Science in South Korea", *Korean Journal of Military Art and Science*, Vol.76, No.2, pp.181-216, 2020. DOI: <https://doi.org/10.31066/kimas.2020.76.2.008>
- [9] B. H. Kim, D. H. Kim, "Perceptions and Implications of Korean Society on the Russo-Ukraine War", *Korean Association of Future Military Affairs*, Vol.11, No.2, pp.129-150, 2022.
- [10] G. W. Jeon, I. W. Kang, J. H. Jeon, "Systematic Analysis on the Trend of Defense Technologies Using Topic Modeling : A Case of an Armoured Fighting Vehicle", *The Journal of Industrial Innovation*, Vol.36,

No.1, pp. 69-94, 2020.

DOI: <https://doi.org/10.22793/indinn.2020.36.1.004>

- [11] K. M. Kim, J. M. Mak, "A Study on the Research Trends in Unmanned Surface Vehicle using Topic Modeling", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.21, No.7, pp.597-606, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2020.21.7.597>
- [12] N. G. Kim, D. H. Lee, H. C. Choi, Wong, W. X. S., "Investigations on Techniques and Applications of Text Analytics", *Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, Vol.42 No.02, 2017. DOI: <https://doi.org/10.7840/kics.2017.42.2.471>
- [13] D. M. Blei, A. Y. Ng, M. I. Jordan, "Latent Dirichlet Allocation", *The Journal of Machine Learning Research*, Vol. 3, pp.993-1022, 2003.
- [14] D. M. Blei, "Probabilistic topic models", *Communications of the ACM*, 55(4), pp. 77-84, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1145/2133806.2133826>
- [15] T. L. Griffiths and M. Steyvers, "Finding Scientific Topics", *Proceedings of the National academy of Sciences*, 101(suppl 1), 5228-5235, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0307752101>
- [16] Y. W. Kim, Do it! Easy to learn R-text mining, EasysPublishing Co, 2021, pp.223.
- [17] I. Sutherland, Y. Sim, S. K. Lee, J. Byun, K. Kiatkawsin, "Topic modeling of online accommodation reviews via latent dirichlet allocation. *Sustainability*, 12(5), 1821, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12051821>
- [18] Defense Acquisition Program Administration, '21~'35 Core Technology Planning Department, 2021 pp.111.
- [19] U.S. Navy, U.S. Marine corps, Operational level integration of METOC capabilities, Report, Marine corps combat development command, Nany Warfare development command, US, 2013, pp.1-4.
- [20] T. Mikolov, K. Chen, G. Corrado, J. Dean, "Efficient estimation of word representations in vector space" *arXiv preprint*, arXiv:1301.3781, 2013. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1301.3781>

류 병 준(Byung-Jun Yu)

[준회원]



- 2013년 1월 : 호원대학교 지상무기학과 (공학사)
- 2021년 1월 ~ 현재 : 국방대학교 국방과학학과 무기체계전공 석사과정

<관심분야>

해양무인체계, 텍스트 마이닝, 국방기술

하 용 훈(Yonghoon Ha)

[정회원]



- 1994년 2월 : 해군사관학교 해양학과 (이학사)
- 1997년 2월 : 서울대학교 해양학과 (이학사)
- 2000년 12월 : 미국 해군대학원 공학음향학 (공학석사)
- 2009년 2월 : 서울대학교 조선 해양공학 (공학박사)
- 2019년 3월 ~ 현재 : 국방대학교 국방과학학과 무기체계 전공 부교수

<관심분야>

감시정찰무기체계, 표적탐지 및 추적, 수중음향 및 대잠전 관련 M&S 등