

# 군집분석을 활용한 세계 방위산업 시장 분석

## Application of Cluster Analysis to the Global Defense Industry Market

김성용\*, 김수환\*\*

Seongyong Kim\*, Suhwan Kim\*\*

### ABSTRACT

In 2024, Republic of Korea accounts for 2% of global major arms exports, placing the country among the world's top 10 defense exporters. Recognizing the defense industry as a new national growth engine, the government is actively promoting policies aimed at joining the ranks of the 'Top 4 Defense-Exporting Countries.'

However, existing domestic studies have largely focused on institutional support and export expansion strategies, with limited quantitative analysis of the characteristics of countries comprising the global defense market. Given that the defense industry market as a politicized market in which governments act as primary demand-side players, a country-based analytical framework is essential for effective market segmentation.

This study conducts a k-prototypes cluster analysis on 45 countries with the highest GDP, using diverse national indicators such as economic power, military strength, technological capacity, and diplomatic influence. By identifying key variables that influence cluster formation, the study aims to provide strategic insights for Republic of Korea in formulating policies to advance its position as one of the leading countries in the global defense industry.

### 초 록

2024년, 오늘날의 대한민국은 세계 방위산업 시장에서 주요 무기 수출의 2%를 차지하며 세계 10대 방산 수출국에 진입하였다. 정부는 방위산업을 국가의 새로운 성장 동력으로 인식하고, '세계 4대 방산 수출국 진입'을 목표로 관련 정책들을 적극적으로 추진하고 있다.

하지만 기존 국내 연구는 제도적 지원과 수출 확대 방안에 집중되어 있으며, 방산시장을 구성하는 국가들의 특성에 대한 정량적 분석은 미비했다. 방위산업 시장은 국가와 정부가 주요 수요자로 작용하는 정치화된 시장이라는 점에서, 국가를 개체로 설정한 시장 분석이 필요하다.

이에 본 연구는 경제력, 군사력, 기술력, 외교력 등 다양한 국가 특성을 변수로 하여 GDP 상위 45개국을 대상으로 k-prototypes 군집분석을 수행하였다. 이를 통해 군집 형성에 핵심적인 변수를 식별함으로써, 향후 대한민국이 방위산업 선도국가로 도약하기 위한 정책 방향 설정에 시사점을 제시하는 것을 목표로 한다.

**Key Words** : Cluster Analysis(군집분석), Big Data Analysis(빅데이터 분석), Defense Industry(방위산업), Defense Industry Market(방산시장), Segmentation(세분화)

\* 김성용, 국방대학교 국방관리대학원 국방과학학부 군사운영분석학과 석사과정 교육생

\*\* 김수환, 국방대학교 국방과학학부 군사운영분석/군수경영학과 교수(교신지자 E-mail: ksoohwan@gmail.com)

## I. 서론

2024년, 대한민국은 세계 방위산업 시장에서 주요 무기 수출의 2%를 차지하며 세계 10대 방위산업 수출국에 진입했다. 정부 역시 방위산업이 국가 발전의 새로운 성장동력이 될 수 있음을 인식하고, '세계 4대 방산 수출국 진입'이라는 구체적인 목표 수립 후 관련 정책들을 적극적으로 추진하고 있다.

기존 국내에서 시행된 방위산업과 관련된 연구들 역시 주로 방산수출의 절대량 증가를 목표로 시행되어 왔다. 산업연구원에서는 주요 방산수출국가의 수출지원제도 분석과 시사점(2012), 글로벌 방산수출 구조변화와 우리의 대응전략(2021), 국내 주요 방산제품의 글로벌 경쟁력 평가와 발전과제(2022) 등 국내외 방산시장에 대한 분석 및 방산수출 진흥방안 등을 다양하게 연구하였다. 그 외에 조한철은 SWOT 분석을 통한 방산수출 확대 전략 연구(2014)를, 길병옥은 한국의 방산수출 활성화를 위한 지원제도 개선방안(2019) 등 방산수출을 확대하기 위한 제도적 지원방안을 중점적으로 연구하였다.

결국 대부분의 연구는 주로 국내 제도 개선 및 수출 전략 발전을 위해 정성적 분석방법이 활용되었으며, 정량적 분석 방법은 비교적 드물었다. 문주영 외(2019)는 방산 수출합수를 도출하여 방산수출 진흥방안에 대한 실증적 논리를 제공하고자 했으나, GDP, 환율, 지리적 거리 등 경제적 요인 위주로 제한적인 분석이 이루어졌다.

하지만 방위산업 시장이 일반적인 시장과 구별되는 특징이 있는데, 오직 국가 및 정부가 국방력 증강을 국가적 목표로 하는 수요자가 되어 시장과 산업구조에 절대적인 영향을 미치게 된다는 것이다. 이 때문에 Hobday(1998)는 방위산업 시장을 통상적인 시장 매커니즘이 아닌 수요자와 공급자간 힘의 관계나 협상에 의해 가격이 책정되고, 교역이 성립되기도 하는 정치화된 시장(politicized market)으로 정의하기도 했다.

따라서 한국이 방위산업 시장을 선도하는 국가가 되고자 한다면, 먼저 방산시장을 구성하는 국가들을 중심으로 시장 분석이 선행되어야 할 것이다. 이를 통해 우리나라의 방산수출 역량에 대해 정량적으로 진단한 후, 선도국가들이 가지고 있는 특징에 대한 분석이 이루어지는 게 타당할 것이다.

이에 본 논문은 한국을 포함한 GDP 상위 45개 국가를 대상으로, 국가의 다양한 특징들을 변수로 활용하여 군집 분석을 실시한다. 형성된 군집의 특성들을 비교 및 분석하여, 한국과 그 외 세계 방산시장을 선도하는 국가들이 가지는 공통적으로 가지는 특징을 도출하고 방산수출 역량을 진단하는 것을 목표로 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같이 구성된다. 제2장에서는 군집분석 및 시장 세분화, 방산수출에 대한 연구자료를 소개하며, 제3장에서는 데이터 수집부터 군집분석 과정을 담은 연구 방법을 설명한다. 제4장에서는 군집분석을 통해 도출해낸 결과를 제시 및 검증하고, 마지막으로 제5장에서 결론과 향후 연구 방향에 대해 논의한다.

## II. 이론적 고찰 및 문헌연구

### 2.1. 시장 세분화

시장의 세분화는 최초 Robinson(1933)이 제시한 '불완전 경쟁'과 '제품 차별화' 개념으로부터 태동되어, 이후 Smith(1956)에 의해 개념이 확립되며 발전되어 왔다. Smith는 시장 세분화를 이질적인 시장을 비교적 동질적인 하부 집단들로 구분하고, 세분화된 시장의 요구를 충족시키기 위해 별도의 마케팅 프로그램을 개발하는 과정으로 정의<sup>1)</sup>했다.

본 연구는 방산시장에도 시장 세분화의 개념을 적용하여, 세계 각국을 비교적 동질적인 하위 집단(군집)으로 분류함으로써 각 국가가 방산시장에서 어떤 위치에 있는지를 파악하고자 한다. 이를 통해 방위산업 시장을 선도하는 국가들이 속한 군집과 한국이 속한 군집의 특성을 분석하고, 우리나라의 방산수출 역량과 수준을 보다 객관적으로 진단할 수 있을 것이다. 아울러, 국가별 특성이 방산수출에 실질적으로 어떠한 영향을 미치는지도 확인할 수 있을 것이다.

1) Wendell R. Smith. *Product Differentiation and Market Segmentation as Alternative Marketing Strategies*, Journal of Marketing, 1956.

## 2.2. 이론적 배경

시장 세분화를 위한 가장 대표적인 방법으로 군집분석이 있다. 군집분석은 다양한 변수를 내포하고 있는 데이터를 구성하는 개체들을 유사한 특성을 가진 집단으로 나누어 해당 군집별 특성을 분석하는 기법을 말한다. 군집의 형성은 개체들 간의 유사성 혹은 거리 척도를 이용하며, 동일한 군집 내의 개체들간 동질성은 높고 다른 군집간의 이질성이 높아지게끔 한다.

본 연구는 분할적 군집분석 방법 중 k-prototypes 군집분석을 활용했다. k-prototypes 군집분석은 수치형과 범주형 변수가 혼합된 데이터를 군집분석하는 방법이다. 수치형 변수에는 k-means, 범주형 변수에는 k-modes 방법을 적용하여 각각 평균값과 최빈값을 군집의 중심값으로 정한다. 군집의 중심과 각 개체 간의 거리 계산은 범주형 변수에 dummy 수치를 부여하고 가중치를 두어 수치형 변수와 합한 다음의 식을 따른다.<sup>2)</sup>

$$d_{k-prototypes} = d_{k-means} + \lambda d_{k-modes} \quad (d: \text{거리}) \\ = d_{euclid}(X_i, C_j)^2 + \lambda d_{dummy}(X_i, C_j)$$

본 연구는 k-prototypes 군집분석을 활용해 방산시장을 구성하는 국가들을 세분화하고 각 군집을 정의하고자 한다.

## 2.3. 문헌연구

방위산업 육성을 목표로 하는 연구 논문 및 보고서는 다수 확인할 수 있었다. 산업연구원(KIET)에서 발간한 국내 방위산업 공급망 구조 분석과 경쟁력 진단(2023)에서는 국내개발 지상무기체계의 공급망에 대한 안정성 평가를 위해 네트워크 분석 기법을 활용하여 거래 구조의 안정성을 측정하였다. 이를 통해 국내 지상무기체계의 주요 구성품별 공급 안정성 및 경쟁력을 평가하고 정책 방향을 제시하고 있으나, 실제 수요자인 상대국 및 정부에 대한 분석은 확인할 수 없었다.

데이터과학을 방위산업 연구에 접목시킨 연구도 확인할

수 있었다. 전고운·유동희(2025)는 머신러닝 기반의 방산육성지원 수혜기업에 대한 예측모형을 개발하였다. 방산업체 85개사의 경영상태 데이터를 바탕으로 방산육성 지원사업에 선정된 기업이 선제적으로 준비해야 하는 경영현황에 대해 로지스틱 회귀분석, 의사결정나무 등의 알고리즘을 활용하여 예측모형을 만들고, 적중률 개선을 위해 앙상블 기법을 활용하였다. 지원사업의 수혜 여부를 결정하는 기업의 특징적 요인을 분석하는데 성공했으나, 실제 선정 평가시 고려하는 기준이 아닌 기업의 공개된 경영자료(직원, 특허 수 등)만을 활용한 점에서 데이터과학 기반 분석의 한계가 있었다.

특정 시장에 대해 군집분석을 활용해 세분화한 연구로, 김효은(2019)은 국내 주택시장에 대한 연구를 진행했다. 주택가격지수를 활용하여 전국 126개 지역에 대해 동적타임워킹 거리를 이용한 군집분석을 실시했다. 전국의 주택시장을 가격패턴으로 군집화하는 것에는 성공했으나, 가격패턴의 형성에 영향을 미친 다양한 요소에 대한 분석 및 설명이 다소 부족한 한계를 가지고 있다. 김민경·허재석·사애진·전아름·이한별(2022)은 이커머스 사용자 리뷰에 따른 시장 세분화에 대해 연구했다. 특정 이커머스 홈페이지 내의 고객 리뷰 데이터를 수집한 후, 감성 분석을 통해 입력변수를 추출, 가공한 후 k-means 군집분석을 수행했다. 고객 유형을 군집화하는 것에는 성공했으나, 감성분석 및 신규 고객의 정보가 모델링 결과에 영향을 미치는가에 대한 검증 및 추가 연구가 필요하다는 과제를 남겼다.

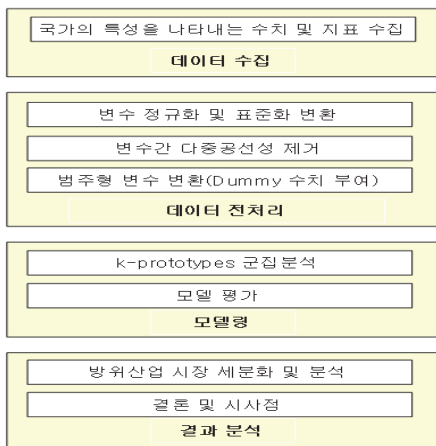
이렇듯 방위산업 육성을 위한 다양한 연구와 시장 및 고객층을 군집분석을 통해 세분화한 연구는 존재했으나, 방위산업 시장 자체를 대상으로 군집분석을 수행하여 시장을 세분화한 연구는 확인되지 않았다. 이는 방위산업이 국가안보와 직결되는 특성상 관련 자료가 비공개되는 경우가 많아, 국내 방위산업 중심의 분석에 한정된 것으로 추정된다. 군집분석은 다양한 개체의 데이터를 통합하여 그 함의와 특징을 도출하는 데 적합한 방법이므로, 적절한 변수를 선정한다면 국가별 특성과 방위산업 간의 연관성을 분석하는 데 효과적으로 활용될 수 있다. 이에 본 연구는 방산수출에 영향을 미치는 국가별 특성 및 요인을 분석하고, 이를 바탕으로 국가 차원의 통합적 전략 수립에 필요한 통찰을 제공하는 것을 목표로 한다.

2) 김정화, "k-prototypes 군집분석에 관한 고찰", 『고려대학교 석사학위 논문』, 2018, pp.6-8.

### III. 연구 방법

본 연구는 GDP 등 각종 수치와 같은 수치형(numeric) 변수와 동맹 관계와 같은 범주형(categorical) 변수의 영향을 함께 고려했다. 활용된 통계자료의 출처는 각각 SIPRI,<sup>3)</sup> Espacenet,<sup>4)</sup> WIPO<sup>5)</sup> 및 IEP<sup>6)</sup> 등이다.

본 연구는 4단계의 과정으로 진행하였으며, R 프로그램(4.3.3.)을 활용하여 분석했다. 연구 단계를 도식화하면 <그림 1>과 같다.



<그림 1> 제안 방법론의 순서도

첫 번째 단계는 방위산업과 관련성이 있다고 추정되는 변수 및 데이터를 수집하는 단계로, 분석의 다양성과 정확성을 위해 다양한 수치 및 자료들을 수집한다. 두 번째 단계는 데이터 전처리 과정으로, 수치형 변수의 정규화 및 표준화를 시행한 후, 변수들 간의 다중공선성을 배제하기 위해 상관관계 및 VIF를 확인하였다. 마지막으로 범주형 변수는 dummy 수치로 변환하여 분석에 용이하게끔 변환하였다. 세 번째 단계는 모델링 단계로, 선정된 변수들을 활용하여 Silhouette Score를 측정하여 최적의 군집의 개수(k)를 정한 후, 수치형 변수와 범주형 변수의 균형을 맞

추기 위한 가중치( $\lambda$ )를 알고리즘을 통해 선정했다. 네 번째 단계에서는 선정된 변수와 군집 개수, 가중치를 활용하여 k-prototypes 군집분석을 통해 군집화를 진행했다. 마지막 단계에서는 각 군집의 특성을 분석하여 세계 방위산업 시장을 세분화하고, 방위산업 시장에서 우리나라의 영향력을 분석하고 차후 우리나라가 취해야 할 전략을 제시하였다.

#### 3.1. 데이터 수집

최초 수집 및 고려한 변수는 <표 1>과 같다.

<표 1> 최초 변수

구분	변수 유형	변수(단위)	연도
1	경제력	GDP(\$)	2023
2		GNP(\$)	2023
3	군사력	군사력 순위	2025
4		GDP 국방비 비중(%)	2023
5	수치형	세계 혁신지수	2024
6		GDP R&D 비중(%)	2023
7	기술력	방산 관련 특허	2024
8		방산수출 비중(%)	2024
9	안보환경	세계 평화지수	2024
10	범주형	외교력	주요 동맹
11		지정학	지역

본 연구에서는 국가의 특성을 대표하거나 방산수출과 관련될 가능성이 있는 다양한 지표와 수치를 변수로 고려하였다. Nye(2004)는 국력을 군사력, 경제력과 같은 Hard Power와 외교력, 기술력과 같은 Soft Power로 구분하였다. 이러한 국력을 구성하는 요인들 및 관련 수치 변수로 우선 선정했으며, 그에 따라 경제력, 군사력, 기술력, 외교력 관련 변수를 탐색했다. GDP는 한 국가의 경제적 역량을, GNP는 개인의 경제적 역량을 나타내는 지표로 판단하여 선정했으며, 출처는 Trading Economics, Statista와 같이 IMF의 자료를 인용하는 곳으로 선정했다. 군사력은 군사력 순위로 자주 인용되는 G.F.P.를 인용했으며, 국가별 국방에 대한 관심도를 반영하기 위해 GDP 대비 비중 또한 고려했다. 기술력으로는 국가별 R&D에 대한 환경 및 관심도를 반영하기 위해 WIPO의 세계 혁신

3) SIPRI(Stockholm International Peace Research Institute), 세계 각국의 방위산업 관련 지출 등 분석  
 4) Espacenet, 유럽 특허청 제공 세계 특허정보 검색  
 5) WIPO(World Intellectual Property Organization), UN 산하 전문기구로 국제 지식재산권 체제 관장  
 6) IEP(Institute for Econmoics & Peace), 경제 및 사회적 평화 관련 지표 연구 수행 비영리 싱크탱크

지수(G.I.I.)와 Trading Economics의 GDP 대비 비중을 반영했다. 외교력으로는 세계의 다양한 군사동맹 중, 회원국과 협력국을 포함했을 때 상징성과 범위가 가장 큰 NATO와 CSTO, 그 외로 구분했다. 그 외에 안보환경을 반영하기 위해 IEP에서 G.P.I.를 인용했으며, 지역을 반영하기 위해 주요 대륙, 방위산업과의 연관성을 높이기 위해 Espacenet에서 확인한 국가별 방위산업 관련 특허, SIPRI에서 발표한 방산수출 비중을 변수로 선정했다. 각종 보고서 및 지표의 일관성과 최신 상황 반영을 위해 2023년~2025년까지 작성, 발표된 보고서 및 데이터를 적용했다.

### 3.2. 데이터 전처리

먼저 각종 지표들 중 군사력 순위(G.F.P.)와 같이 값의 해석 방향이 일반적인 지표와 상반되어 의미를 왜곡할 수 있는 변수는 전처리가 필요하다. G.F.P.는 값이 0에 가까울수록 군사력이 높은 순위를 의미하므로, 이를 전처리 없이 활용할 경우 해당 지표의 영향력이 반대로 해석될 우려가 있다. 이에 본 연구에서는 최대값 기반 정규화를 적용하여 0에서 가까울수록 1에 가깝게, 0에서 멀어질수록 0에 가까운 값으로 변환하였다.

$$x' = 1 - \frac{|x| - \min(|x|)}{\max(|x|) - \min(|x|)}$$

(x : 최초값 / x' : 변환값)

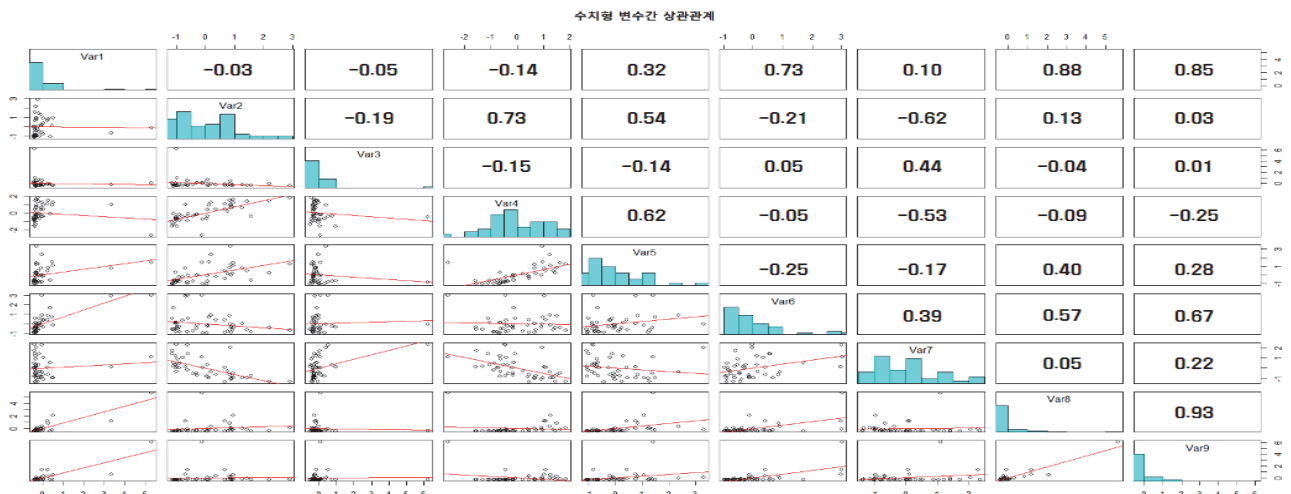
이를 통해 데이터 중 군사력 순위가 가장 높은 국가는 1, 가장 낮은 국가는 0으로 정규화되어 해석의 일관성을 확보할 수 있었다.

다른 수치형 변수들 역시 표준화 과정을 거치지 않는다면 변수간 단위와 크기 차이로 인해 군집분석 결과가 왜곡될 수 있다. R 프로그램의 scale 함수를 활용하여 수치형 변수들에 대한 표준화를 수행하였고, 이를 통해 군집분석의 신뢰도를 높이고 각 변수의 상대적 중요도를 균형 있게 반영할 수 있도록 하였다.

다중공선성이란 둘 이상의 설명변수들 사이에 강한 선형적 관계를 보이는 경우를 말한다. 변수들 사이에 다중공선성이 있는 경우 중복되는 특징을 가진 변수들의 영향력이 군집형성시 과대평가될 수 있으므로, 해당 변수는 제거하거나 PCA를 통해 차원을 축소해야 한다. 현재 최초 고려한 변수 중 수치형 변수에는 GDP와 관련된 수치들도 많아 다중공선성이 존재할 가능성이 있다. 따라서 수치형 변수들 간의 상관관계를 확인하고 VIF(Variance Inflation Factor)를 분석하여 다중공선성 여부를 확인해야 한다. 변수들 간의 상관관계는 <그림 2>와 같다.

<그림 2>를 확인했을 때 서로 상관관계가 높은 수치형 변수의 조합은 각각 (GDP - 방산 관련 특허) 0.88, (GDP - 방산수출 비중) 0.85, (방산 관련 특허 - 방산수출 비중)이 0.93로 강한 상관관계를 가지고 있다.

수치형 변수들의 VIF를 측정할 때, 선형 회귀분석이 활용되어야 하므로 반응변수의 역할을 할 변수가 지정되어야



<그림 2> 수치형 변수(산점도, 히스토그램, 상관계수)

한다. 본 연구의 주제 및 목적을 고려하여 반응변수는 ‘방산수출 비중’으로 선정하였다. VIF를 구하는 식은 아래와 같으며, 분석 결과는 <표 2>와 같다.

$$VIF(X_j) = \frac{1}{1 - R_j^2}$$

<표 2> 최초 수치형 변수간 VIF 분석 결과

구분	VIF	구분	VIF
GDP	8.55	R&D 비중	2.99
GNP	3.50	군사력 순위	4.14
국방비 비중	1.38	G.P.I.	3.46
G.I.I.	5.19	방산 관련 특허	6.07

VIF 분석 결과, GDP의 VIF 값이 8.55로 나타나 다중공선성이 가장 높은 변수로 확인되었다. 이는 GDP가 다른 변수들과 직·간접적으로 모두 관련되어 있어 상관성이 높기 때문으로 해석된다. 따라서 본 연구에서는 GDP를 설명변수에서 제외했으며, GDP를 제외한 이후의 VIF 분석 결과는 <표 3>과 같다.

<표 3> GDP 제외 후 수치형 변수간 VIF 분석 결과

구분	VIF	구분	VIF
GNP	3.46	군사력 순위	2.54
국방비 비중	1.37	G.P.I.	2.97
G.I.I.	4.86	방산 관련 특허	2.93
R&D 비중	2.92		

GDP를 제외한 후 다시 VIF를 분석한 결과, 모든 변수의 VIF 값이 낮아지며 다중공선성이 완화된 것을 확인할 수 있다. 이 중 G.I.I.의 VIF 값이 4.86으로 비교적 높은 편에 속하지만, 연구의 목적 및 추후 변수 해석의 유용성을 고려하여 변수로 지속 활용하기로 하였다.

다음으로 범주형 변수의 데이터에 대한 전처리가 필요하다. 범주형 변수를 알고리즘에서 연산이 가능하도록 하기 위해서는 각 범주에 대해 더미(dummy) 수치를 부여하여 수치화해야 한다. 먼저 주요 동맹 중 NATO의 회원국 및 협력국에는 1을 부여했고, CSTO의 회원국 및 협력국에는 2, 둘 다 포함되지 않는 국가에는 3을 부여했다. 다음으로 지역에는 아메리카 1, 중동을 제외한 아시아 2, 서

유럽 3, 동유럽 및 북유럽 4, 호주 5, 중동 6, 아프리카 7을 부여했다. 지역은 주요 대륙을 기준으로 유사한 체제와 문화권을 기준으로 구분했다. 이러한 과정을 통해 범주형 변수 역시 군집분석에 포함될 수 있도록 했으며, 전체 변수 간 거리 계산의 일관성을 확보하였다.

### 3.3. k-prototypes 군집분석

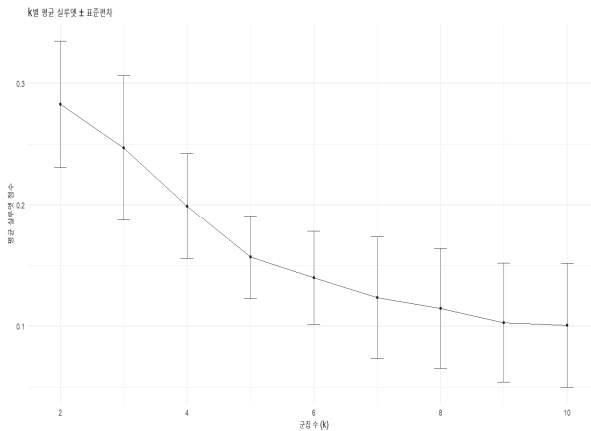
데이터 전처리가 완료된 8개의 수치형 변수와 2개의 범주형 변수를 사용하여 군집분석을 수행하였다. 분석 모델로는 수치형과 범주형 변수를 동시에 고려할 수 있는 k-prototypes 군집분석 모델을 활용했다. 이에 앞서 군집의 개수(k)를 최적화하기 위해 실루엣(Silhouette) 점수를 활용하였다.

$$s(i) = \frac{b(i) - a(i)}{\max(a(i), b(i))}, -1 \leq s(i) \leq 1$$

실루엣 점수란 데이터들의 각기 속한 군집에 대한 응집도와 다른 군집과의 분리도를 동시에 고려하여 산출되는 지표를 말하며, 값이 1에 가까울수록 군집화의 품질이 높음을 의미한다. 수식에서 a(i)는 데이터(i)가 속한 군집 내의 다른 데이터들과의 평균 거리이며, b(i)는 a(i)가 속하지 않은 외부 군집 중 가장 가까운 다른 군집에 속한 데이터들과의 평균 거리를 의미한다.

여기에서 k-prototypes 군집분석 알고리즘을 고려한 조치가 필요하다. k-prototypes 군집분석의 알고리즘은 초기 중심(seed)을 무작위로 설정하기 때문에 반복 실행 시 결과가 달라질 수 있으며, 이에 따라 실루엣 점수 역시 변동이 발생할 수 있다. 이러한 점을 고려하여, 본 연구에서는 동일한 군집수에 대한 군집화를 각 30회 반복 실행하였으며, 실루엣 점수의 평균과 표준편차를 함께 산출하여 군집 품질의 안정성을 평가하였다. 수집된 데이터와 변수를 활용하여 측정된 군집의 실루엣 점수와 표준편차는 <그림 3>, <표 4>와 같다.

실루엣 점수를 확인한 결과, 군집 수 k=2일 때 평균 실루엣 점수가 0.282로 가장 높았으며, k=3일 때 0.247로 일부 감소했다. 이후 k=4일 때 0.199까지 가장 급격하게 감소하고, 군집 수가 증가할수록 점수가 점차 완만하게 감



〈그림 3〉 군집 개수별 실루엣 점수 평균(k = 2~10)

〈표 4〉 군집 개수별 실루엣 점수 표준편차(k = 2~10)

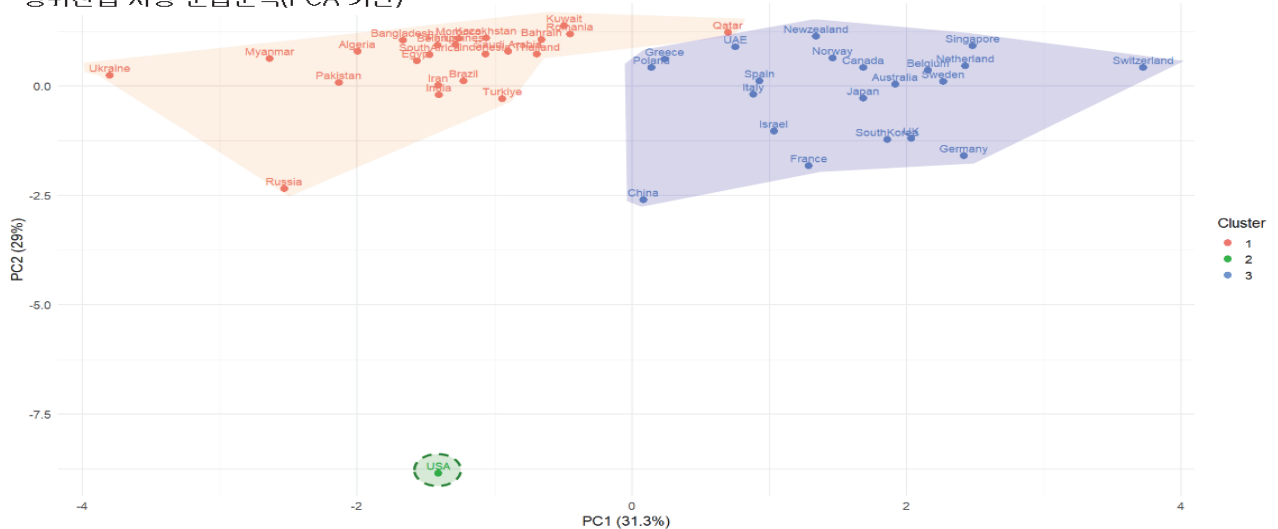
k	2	3	4	5	...	10
평균	0.282	<b>0.247</b>	0.199	0.157	...	0.100
표준 편차	0.052	0.060	0.433	0.034	...	0.050

소하는 양상을 보인다. 본 연구에서는 k=3을 최적의 군집 수로 선택하였다. 이는 군집의 급격한 품질 저하가 시작되기 직전의 구간으로, 군집 간 구분의 명확성과 해석 가능성을 균형 있게 고려한 결과이다. 비록 k=2일 때 실루엣 점수의 평균이 가장 높지만, 군집 수가 지나치게 작을 경우 분석의 설명력과 실용성이 떨어질 수 있다는 점에서 k=3이 보다 적절한 선택이라 판단했다.

다음으로 수치형 변수와 범주형 변수 간 거리 척도의 균형을 맞추기 위한 가중치( $\lambda$ )를 설정하였다. 이는 범주형 변수의 단순 불일치 횟수와 수치형 변수의 유클리드 거리 간의 상대적인 비중을 조정함으로써, 군집 간 거리 계산에서 발생할 수 있는 왜곡을 최소화하기 위함이다. 본 연구에서는 R 프로그램의 clustMixType 패키지에서 제공하는 lambdaest 함수를 활용하여 최적의 가중치 값을 자동 추정하였다. 자동 추정된 가중치 값은 1.39이며, 이는 범주형 변수의 불일치 1건이 수치형 변수의 거리 약 1.39에 해당하는 영향력을 가지도록 거리 계산이 조정되었음을 의미한다.

마지막으로 모델의 시각화를 위해 주성분 분석(Principal component analysis ; PCA) 차원 축소를 진행했다. 주성분분석은 고차원의 데이터를 저차원에 타점(mapping) 하는 기법을 말한다. 주성분 분석은 전체 데이터의 유의미한 주요 특성을 보고자 하거나, 데이터의 일부 특성만으로 데이터의 차원 수를 줄여 시각화하기 위해 활용된다. 범주형 변수는 PCA에 적용하기 위해 factor 형태로 변환하였다. R 프로그램에서는 factor 클래스를 통해 범주형 변수의 속성과 수준을 명확히 지정할 수 있으며, 이러한 과정은 범주형 변수에 대한 거리를 정확히 인식하고 처리하기 위해 반드시 필요한 과정이다. 본 연구에서는 모델링에 사용된 8개의 수치형 변수와 2개의 범주형 변수를 2차원으로 축소하였다.

방위산업 시장 군집분석(PCA 기반)



〈그림 4〉 1차 군집분석 결과(45개국)

## IV. 연구 결과

### 4.1. 1차 군집분석 결과

최적의 군집 개수(k=3)와 가중치를 활용하여 이를 R 프로그램의 ggplot 함수를 이용하여 PCA 결과를 2차원으로 가시화한 결과는 <그림 4>와 같다.

최초 군집분석 결과, 주성분 분석을 통해 도출된 2개의 축이 전체 분산의 60.3%를 설명하는 것으로 나타났으며, 이는 전체 데이터의 약 60%가 이 두 축에 의해 설명됨을 의미한다. 이 때 미국 단독으로 별도의 군집으로 분류된 것을 확인할 수 있는데, 이는 미국이 본 연구에서 활용한 모든 변수에서 압도적으로 높은 수치를 기록한 초강대국이 기 때문에 해석할 수 있다.

k-prototypes와 같은 알고리즘은 모든 데이터를 활용

하며 이상치(outlier)를 제거하지 않는 특성을 지닌다. 이러한 특성으로 인해 미국은 통계적 이상치로 작용하여 전체 군집 구조에 영향을 미친 것으로 판단된다. 이에 본 연구에서는 미국이 세계 주요 무기 수출의 43%를 차지하며 명백히 방위산업 시장을 주도하고 있음을 고려, 군집분석에서는 제외하고 후속 분석에 포함시키는 방법으로 k-prototypes 알고리즘의 한계를 보완하고자 했다.

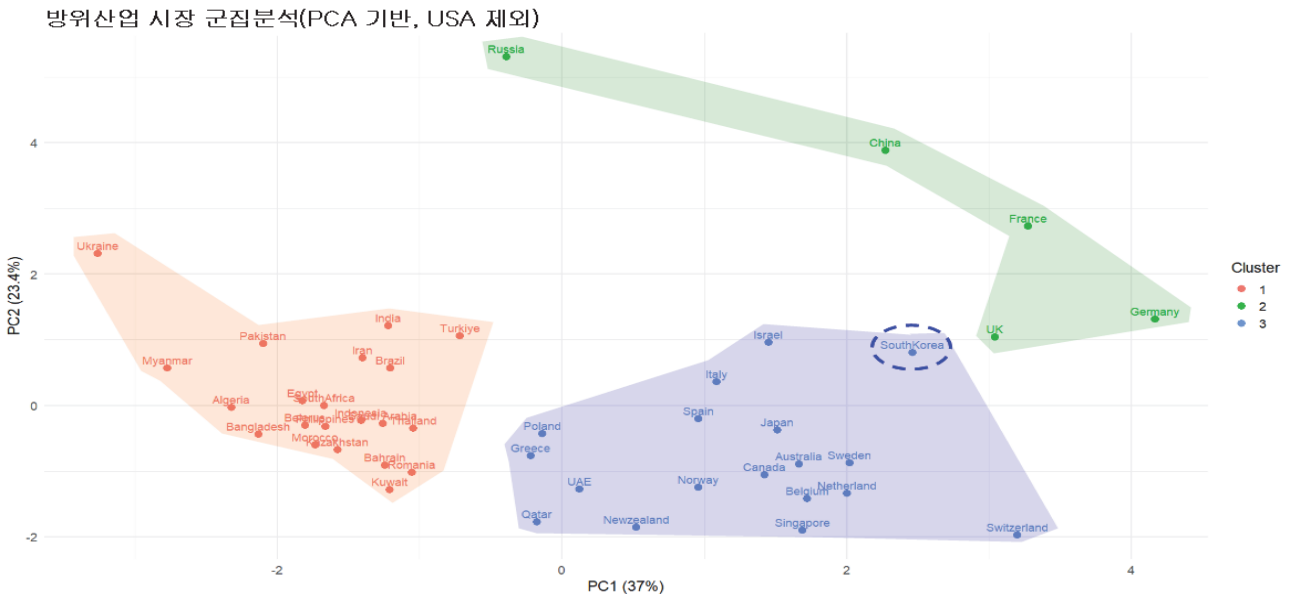
### 4.2. 최종 군집분석 결과

최초 데이터에서 미국의 데이터만을 제외하고 동일한 절차로 연구를 진행했을 때도 최적의 k와 가중치 값은 변동이 없었다. 이에 따라 동일한 조건으로 군집분석을 수행했으며, 그 결과는 <표 5>, <그림 5>와 같다.

군집분석 결과 2개의 축은 전체 분산의 60.4%를 설명

<표 5> 군집별 국가 명단

군 집	국 가 명 단
1	브라질, 터키, 남아공, 이란, 우크라이나, 인도, 사우디, 파키스탄, 이집트, 쿠웨이트, 알제리, 필리핀, 인도네시아, 방글라데시, 태국, 모로코, 바레인, 루마니아, 카자흐스탄, 미얀마, 벨라루스
2	중국, 독일, 영국, 프랑스, 러시아
3	대한민국, 이탈리아, 캐나다, 호주, 스페인, 네덜란드, 스위스, 폴란드, 벨기에, 스웨덴, 노르웨이, 이스라엘, 아랍에미리트, 카타르, 일본, 싱가포르, 그리스, 뉴질랜드



<그림 5> 최종 군집분석 결과(미국 제외 44개국)

하고 있어 최초 군집분석 결과와 비교했을 때 분산의 설명이 유사한 수준임을 알 수 있다.

추가로 본 연구에서는 최종 모델에 대한 각 군집의 특징을 정량적으로 구분하고 정의하기 위해 각 군집의 중심값(centroid)을 확인했으며, 그 결과는 <표 6>과 같다.

<표 6> 군집 내 수치형 변수별 중심값

변수	군집 1	군집 2	군집 3
GNP(\$)	10276.4	36775.6	53181.6
국방비 비중	4.1%	2.7%	1.9%
G.I.I.	29.22	53.16	50.90
R&D 비중	0.5%	2.2%	2.4%
G.F.P.(변환값)	0.19	0.60	0.17
G.P.I.	2.30	2.14	1.68
방산 관련 특허	238.4	23073.4	3443.9
방산수출 비중	0.001%	7.52%	0.95%

다음으로 결과를 보다 정밀하게 분석하기 위해 각 변수의 군집 형성에 대한 기여도를 확인하였다. 이를 위해 수치형 변수의 중요도(군집간 분산 기여도)와 PCA(주성분 분석) 축별 변수 기여도를 함께 분석하였으며, 그 결과는 <표 7>과 같다.

<표 7> 군집 형성 중요도 및 PCA 축별 변수 기여도

변수	중요도	PC 1	PC 2
방산수출 비중	<b>2.37</b>	+0.26	<b>+0.50</b>
방산 관련 특허	<b>2.26</b>	<b>+0.38</b>	-0.29
군사력 순위	<b>1.17</b>	-0.11	<b>+0.56</b>
G.I.I.	<b>0.91</b>	<b>+0.50</b>	-0.04
GNP	0.68	<u>+0.42</u>	-0.28
R&D 비중	0.54	<u>+0.41</u>	+0.23
G.P.I.	0.38	-0.30	<u>+0.44</u>
국방비 비중	0.04	-0.17	-0.21

<표 7>에 따르면, 방산수출 비중(2.37), 방산관련 특허(2.26), 군사력 순위(1.17)는 모두 중요도가 1 이상으로 나타나, 군집 간 변별력에 크게 기여하는 핵심 변수임을 확인할 수 있다. 이들 변수는 주성분 분석 결과에서도 주성분 축(PC) 1, 2에 전반적으로 유의미한 기여를 하고 있음을 알 수 있다.

한편, 세계 혁신 지수(G.I.I.)는 중요도 값이 0.91로 1에

근접하며, 제1 주성분에 가장 높은 양(+)의 기여(+0.50)를 하고 있음을 확인할 수 있다. 이에 따라 본 연구에서는 G.I.I. 역시 상대적으로 높은 기여도를 가지는 변수로서 군집 해석에 포함하여 설명력을 높이고자 한다.

범주형 변수인 주요 동맹 및 지역은 주성분 축(PC)에 대한 기여도가 모두  $\pm 0.1$  이하로 매우 낮게 나타나, 주성분 구성에 유의미한 영향을 미치지 않은 것으로 분석되었다. 이는 해당 변수들이 군집 내에서 비교적 고르게 분포하고 있었으며, 결과적으로 군집 형성에 있어서 명확한 분리도를 제공하지 못했음을 의미한다.

본 연구는 <표 7>에서 제시한 변수별 기여도를 바탕으로 <그림 5>의 주성분 축(PC 1, 2)을 정의하였으며, <표 5> 및 <표 6>의 군집별 특성과 연계하여 군집 유형을 해석 및 정의하였다.

먼저 PC 1에 영향을 주는 주요 변수는 방산 관련 특허 및 G.I.I.이며, GNP 및 R&D 비중 역시 중요도는 비교적 낮지만 양(+)의 영향을 주고 있다. 이는 방위산업의 기술·경제적 성장 기반과 내재적 역량을 반영하는 축으로 해석되므로, PC 1은 '방위산업 역량'으로 정의한다.

PC 2에 영향을 주는 주요 변수는 방산수출 비중 및 군사력 순위이며, G.P.I.는 중요도는 비교적 낮지만 양(+)의 영향을 주고 있다. 이는 방산수출 역량을 기반으로 한 군사력 증강 상태를 나타내므로, PC 2는 '방산수출 역량 기반 군사력 증강 상태'로 정의한다.

제 1 군집에는 브라질을 포함한 총 21개국이 소속되었다. 해당 군집은 방산수출 비중의 평균이 0.001%로 매우 낮았으며, 방산 관련 특허 수도 평균 238건으로 3개의 군집 중 가장 낮은 수준을 보였다. 군사력 순위 지표는 평균 0.19로 제 3 군집보다 일부 높았으나, G.I.I. 값은 평균 29.22로 가장 낮은 평가를 기록하였다.

제 2 군집에는 중국을 포함한 5개국이 소속되었다. 이 군집은 방산수출 비중이 평균 7.52%로 가장 높았으며, 방산 관련 특허 건수도 23,073건으로 다른 군집들과 큰 격차를 보였다. 군사력 순위 지표는 평균 0.6으로 세 군집 중 가장 높았으며, G.I.I. 역시 53.16으로 가장 우수한 혁신 역량을 보이는 군집으로 나타났다.

제 3 군집에는 대한민국을 포함한 18개국이 소속되었다. 방산수출은 평균 0.95%, 방산 관련 특허는 3443건으로, 제 1 군집보다는 높은 수준이었으나, 제 2 군집에 비

해서는 낮았다. 군사력 순위 지표는 평균 0.17로 1군집보다 일부 낮았고, G.I.I.는 50.90 값을 가져 제 1 군집보다는 높지만, 제 2 군집에 비교하면 일부 낮은 수준으로 평가되었다.

### 4.3. 방산시장 세분화

본 연구에서는 군집분석 결과를 바탕으로 세계 방산시장을 총 3개의 군집으로 분류하고 세분화하여 각 군집을 정의하였다. 군집을 정의한 결과는 <표 8>과 같다.

<표 8> 세계 방산시장 세분화 결과

구 분	특 징
<b>1군집 방위산업 역량 저조국가</b>	방산수출 비중이 매우 낮고, 방산 관련 특허 보유 건이 낮음. G.I.I. 기반이 낮아 R&D 투자를 통한 방위산업 기술 개발 역량이 제한적임.
<b>2군집 방위산업 선도국가</b>	방산수출 비중이 가장 높으며, 방산 관련 특허를 대다수 보유하고 있음. 이를 바탕으로 군사력까지 강화되어 있으며, G.I.I. 기반이 튼튼하여 지속적으로 방산시장을 선도할 가능성이 큼.
<b>3군집 방위산업 잠재역량 보유국가</b>	방산수출 비중은 아직 저조하나, 방산 관련 특허를 일부 보유하고 있으며, 비교적 G.I.I. 기반이 튼튼하여 향후 방산 원천기술 및 수출 역량을 확보할 성장 가능성이 기대됨.

1군집, 브라질을 포함한 21개 국가는 '방위산업 역량 저조국가'로 정의하였다. 이들 국가는 전반적으로 주요 무기체계에 대한 방산수출의 비중이 매우 낮고, 방산 관련 특허 보유 건수 역시 현저히 부족하다. 구성 국가는 주로 개발도상국 또는 중진국이며, 군사력 순위에는 일부 편차가 있지만 자체적인 방위산업 역량은 부족하다고 평가할 수 있다. 자국의 R&D 환경을 획기적으로 개선하지 않는다면 향후에도 방위산업 기술 개발 역량은 제한적일 것으로 판단된다.

2군집, 중국을 포함한 5개국은 '방위산업 선도국가'로 정의하였다. 추가로 군집분석에는 제외되었으나 미국 또한 해당 군집에 포함할 수 있을 것이다. 이들 국가는 방산수출 비중이 높고, 특히 방산 관련 특허를 압도적으로 보유하고 있다. 군사력 역시 방산기술을 기반으로 높게 유지되고 있으며, 강대국 중심의 구조와 튼튼한 R&D 기반을 바탕으로 향후에도 방산시장을 지속적으로 선도할 가능성이

가장 큰 군집이다.

3군집, 대한민국을 포함한 18개국은 '방위산업 잠재역량 보유국가'로 정의하였다. 현 시점에서 선도국가들에 비해 방산수출 비중은 저조하고 방산 관련 특허도 다소 부족한 편이다. 다만 이미 형성되어 있는 R&D 기반을 바탕으로 방위산업에 대한 정책적 관심과 투자가 병행된다면 향후 방위산업 원천기술을 확보하여 선도국가로 진입할 가능성을 보유하고 있다.

분석 결과를 방산 수출 전략에 적용한다면 각국의 국방력 향상 수요를 반영하여 맞춤형 수출 전략을 수립하는 데 활용될 수 있다. 예를 들어 최근 K-9 자주포의 주요 수입국 중 하나인 인도를 적용 사례로 제시하면, 인도는 <그림 5>에서 1군집의 우측 상단에 위치하고 있다. 이를 <표 7>의 분석 결과에 접목하면, '방위산업 역량 저조국가'로 분류된 인도는 군집 내 타 국가들에 비하면 경제적·기술적 성장 기반(PC 1)이 양호한 편이지만, 군사력 증강 상태(PC 2)는 상대적으로 낮은 편으로 해석할 수 있다. 이러한 특성들을 고려했을 때, 인도를 대상으로 한 수출전략 수립 시, 방위산업 역량 강화를 위한 라이선스 제공, 공동기술 개발 등을 계약조건으로 제시하는 것이 전략적으로 유효할 수 있음을 시사한다.

한편 대한민국은 "방위산업 잠재역량 보유국가"에 속하는데, 실제 대한민국의 데이터와 <그림 5>, <표 6>의 결과를 비교하여 세부적으로 분석하고자 한다. <그림 5>를 보면 대한민국은 "방위산업 잠재역량 보유국가" 군집에 속한 국가들 중 "방위산업 선도국가" 군집과 비교적 가까운 모습을 보인다. 대한민국은 주요 변수인 방산수출 비중, 방산 관련 특허, G.I.I. 및 군사력 순위에 대해 각각 2%, 5896건, 58.6, 0.472의 값을 가지는데, "방위산업 선도국가" 군집의 중심값이 각각 7.52%, 23073건, 53.16, 0.6인데, G.I.I.를 제외한 대부분의 지표에서 선도국가에 비해 다소 부족한 수준임을 확인할 수 있다.

따라서 대한민국이 수립한 목표인 "세계 4대 방산국가" 진입을 위해서는 현재의 G.I.I.를 유지하고 지속적으로 향상시키며, 국가의 R&D 기반을 확대하여 방위산업 원천기술을 확보해야 한다. 이를 바탕으로 '방위산업 역량 저조국가'들을 대상으로 맞춤형 수출전략을 수립, 구사하여 방산수출 비중을 높이고 군사적 영향력을 강화한다면 향후 진정한 "방위산업 선도국가"로 도약할 수 있을 것이다.

## V. 결론

본 연구의 목적은 세계 각국의 방위산업 특성을 기반으로 방산시장을 세분화하고, 군집의 특성을 정량적으로 정의하며 그 의미를 분석하는 데 있다. 이를 위해 국가별 특성 및 방위산업 관련 데이터를 수집 및 정제하고, k-prototypes 군집분석 기법을 활용하여 총 3개의 유형으로 세분화하였다. 이를 토대로 본 연구의 결과와 대한민국 방위산업에 대한 시사점을 정리하면 다음과 같다.

세계 방산시장에 대해 k-prototypes 군집분석 모델을 활용하여 3개의 군집으로 시장 세분화가 가능하다. 각 군집은 “방위산업 역량 저조국가”, “방위산업 선도국가”, “방위산업 잠재역량 보유국가”로 구분할 수 있으며, 대한민국은 이 중 “방위산업 잠재역량 보유국가” 군집에 속한다. 해당 군집에 소속된 국가들 중 “방위산업 선도국가”와 가장 근접한 국가로서, 국가의 R&D 기반을 활용해 방위산업 원천기술을 확보한다면 “방위산업 선도국가” 군집으로 진입할 수 있을 것이다.

한편 본 연구는 다음과 같은 한계를 가지며, 이를 보완하기 위한 후속 연구가 요구된다. 첫째, 방위산업과 관련된 변수 선정의 타당성에 대한 체계적인 검증이 필요하다. 본 연구에서는 이론적 근거를 바탕으로 국가 및 방위산업과 관련된 변수를 선정했으나, 방산시장 특성을 세밀하게 반영할 수 있는 다양한 정량적·정성적 변수를 추가로 선정한다면 분석의 설명력을 더욱 높일 수 있을 것이다. 예를 들어 방위산업 관련 법 제도, 수출 규제 체계라거나, 외교적 활용 가능성이 있는 정치적 수단 등을 데이터로 정량화한다면 주요한 변수가 될 수 있을 것이다. 그 밖에도 각 국가의 제조업 기반 역량이나, 국제 방산 전시회(IDEF, IDEX 등) 참가 여부나 장비 시연 이력 등도 변수로 활용될 수 있다면 더 세밀하고 구체적인 분석이 가능할 것이다. 둘째, 더욱 다양한 변수의 조합을 활용하여 방산시장에 대한 분석의 정밀도를 높이는 노력이 더욱 요구된다. 본 연구에서는 연구자의 주관을 최소화하기 위해 수학적 기준(Silhouette Score)을 기반으로 최적의 군집 수(k=3)를 결정하였다. 하지만 정밀한 분석을 위해 군집의 개수를 증가시킨다면 각각의 군집 특성을 더욱 명확히 분석하고, 이에 기반한 수출 전략 수립에도 실질적인 기여가 가능할 것이다. 셋째, 현재 분석 모델에 대해 다양한 시기의 데이

터를 반영한 추가적인 연구와 평가가 필요하다. 본 연구에서 활용한 데이터는 2023년에서 2025년 사이에 해당하는 것으로, 해당 시기는 2022년 발발한 러-우 전쟁의 영향이 비교적 크게 작용한 시기이다. 따라서 특정 시기 및 사건(전쟁, 외교 갈등 등)의 영향을 최소화하며 시간적 일반화 가능성을 확보하기 위해서는 다양한 시기의 데이터를 적용한 반복 연구가 필요할 것이다. 동일한 방법론을 적용하여 유사한 군집 구조가 도출되는지를 실증적으로 검증한다면 본 연구의 결과를 보완하고 검증할 수 있을 것이다.

## 참고문헌

- 1) 『연합뉴스』, “국방에서 산업으로” … K-방산 ‘빅4’ 진입 新 전략 짜다”, 2024. 4. 1.
- 2) 산업연구원(<https://www.kiet.re.kr>), “주요 방산수출국가의 수출지원 제도 분석과 시사점”, 2012 (검색일 : 2024. 12. 2.)
- 3) 산업연구원(<https://www.kiet.re.kr>), “글로벌 방산수출 구조변화와 우리의 대응전략”, 2021, (검색일 : 2024. 12. 2.)
- 4) 산업연구원(<https://www.kiet.re.kr>), “국내 주요 방산제품의 글로벌 경쟁력 평가와 발전과제”, 2022, (검색일 : 2024. 12. 2.)
- 5) 산업연구원(<https://www.kiet.re.kr>), “국내 방위산업 공급망 구조 분석과 경쟁력 진단”, 2023, (검색일 : 2024. 12. 2.)
- 6) 조한철, 최석철. “SWOT 분석을 통한 방산수출 확대전략 연구”, 『한국방위산업학회지』 제21권 제1호, 2014.
- 7) 길병옥. “한국의 방산수출 활성화를 위한 지원제도 개선방안-민군 기술협력 제도개선과 방산수출 협업체계 구축을 중심으로”, 『한국방위산업학회지』 제26권 제2호, 2019.
- 8) 문주영, 김한성. “방위산업 수출함수 추정을 통한 방위산업 진흥방안 연구”, 『한국방위산업학회지』 제26권 제2호, 2019.
- 9) 전고운, 유동희, 전정환. “머신러닝 기반의 방산육성지원 수혜기업 예측모형 개발”, 『대한산업공학회지』 제51권 제1호, 2025.
- 10) Robinson Joan, “The Economics of Imperfect Competition”, 1933.
- 11) Wendell R. Smith, “Product Differentiation and Market Segmentation as Alternative Marketing Strategies”, 『Journal of Marketing』, 1956, pp.3-8
- 12) Josheph S. Nye, “Soft Power : The Means to Success in World Politics”, Public Affairs, 2004.
- 13) Hobday. M., “Product complexity, innovation and industrial organization”, Research Policy, 1998, pp.689-710.
- 14) 김정화. “k-prototypes 군집분석에 관한 고찰”, 『고려대학교 석사학위 논문』, 2018, pp.6-8.
- 15) 김효은, 이상경. “시계열 군집분석을 통한 주택시장 세분화에 관한 연구”, 『가천대학교 석사학위 논문』, 2019.
- 16) 김민경, 허재석, 사애진, 전아름, 이한별. “클러스터링 기법을 활용한 이커머스 사용자 리뷰에 따른 시장 세분화 연구”, 『한국전자거래학회지』 제27권 제2호, 2022.
- 17) SIPRI(<https://www.sipri.org>), “Trends in International Arms Transfers”, SIPRI Yearbook, 2024 (검색일 : 2024. 12. 3.)
- 18) Trading Economics(<https://www.tradingdeconomics.com>), ‘R&D percentage’, ‘GNP by country’, (검색일 : 2025. 1. 2.)
- 19) Statista(<https://www.statista.com>), ‘GDP spent on 2023’, (검색일 : 2025. 1. 2.)
- 20) WIPO(<https://www.wipo.int/portal/en/index.html>), ‘GII results’, (검색일 : 2025. 1. 6.)
- 21) GFP(<https://www.globalfirepower.com>), ‘2025 Rankings’, (검색일 : 2025. 1. 8.)
- 22) Espacenet(<https://worldwide.espacenet.com>), ‘classification search-CPC/IPC(F41, B64, G01S, H04W)-by country’, (검색일 : 2024. 12. 16.)
- 23) IEP(<https://www.economicsandpeace.org>), ‘Global Peace Index’, (검색일 : 2025. 1. 23.)