

방산업체간 협력의 긍정적 효과에 관한 연구 -R&D 투자 효율성과 상관관계를 중심으로-

조한철
고려대학교 기술경영전문대학원

A study on the positive effects of cooperation between defense companies

-Focusing on the correlation between cooperation and R&D investment
efficiency-

Han-Chul Cho

Graduate School of Management of Technology, Korea University

요약 최근 방산수출 활성화로 인해 K-방산은 새로운 도약의 기회를 맞고 있다. 지금의 상승세를 지속해서 이어 나가기 위해서는 국내 방산업체의 경쟁력 확보가 선행되어야 한다. 무기체계가 고도화 및 첨단화되고 있는 만큼 국방 R&D에 대한 지속적인 투자를 통해 국제 경쟁력을 확보할 필요가 있다. 다만, R&D에 투자할 수 있는 예산은 한정되어 있으므로 투자 효율성을 높일 수 있는 노력이 필요하다. 방위산업 네트워크 내에서 기업 간 협력은 기술개발과 관련된 지식, 정보 및 자원을 공유토록 함으로써 R&D 효율성을 높이는 효과적인 방법이 될 수 있다. 이에 방산업체의 네트워크 중심성(협력 수준)과 R&D 효율성의 상관관계를 분석하였다. 분석 결과 네트워크 중심성은 방산업체의 R&D 효율성에 정(+)의 영향을 주는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서는 분석 결과를 토대로 방산업체 간 협력 강화가 필요함을 제시하고자 한다.

Abstract Owing to the recent revitalization of defense exports, K-Defense is facing new opportunities, domestic defense companies must first secure competitiveness to continue the current upward trend. As weapon systems are being advanced, it is necessary to secure international competitiveness through continuous investment in defense R&D. On the other hand, efforts to increase investment efficiency are needed because of the limited budget that can be invested in R&D. Cooperation between companies within the defense industry network can be an effective way of increasing the R&D efficiency by sharing knowledge, information, and resources related to technology development. Accordingly, the correlation between network centrality (level of cooperation) and the R&D efficiency of defense companies was analyzed. The analysis showed that the network centrality positively affects the R&D efficiency of defense companies. Therefore, In this study, based on the analysis results, it is necessary to strengthen the cooperation between defense companies.

Keywords : Defense Industry, Network Centrality, R&D Efficiency, Social Network Analysis, Data Envelopment Analysis

*Corresponding Author : Han-Chul Cho(Korea University)

email: chohc_0803@naver.com

Received August 22, 2023

Accepted November 3, 2023

Revised September 6, 2023

Published November 30, 2023

1. 서론

러시아-우크라이나 전쟁 장기화로 글로벌 방산시장은 2차 세계대전 이후 최대의 호황기를 맞고 있는 가운데 'K-방산'은 급증하는 무기 수요를 충족시켜 줄 수 있는 생산능력을 바탕으로 새로운 도약의 기회를 맞고 있다. 2022년 수주기준 방산 수출은 170억 달러를 넘어서는 역대 최고 실적을 기록했으며 폴란드를 중심으로 K2전차-K9 자주포 등 대규모의 수출사업에 성공하고 있다 [1]. 정부는 국정과제에 방위산업을 '국가 미래 먹거리 新산업'으로 선정하고 2027년까지 미국, 러시아, 프랑스에 이어 '세계 4대 방산 수출국'에 진입시키겠다는 도전적인 목표를 제시한 바 있다. 이를 위해 방위산업의 지속 가능한 성장이 뒷받침되어야 하며, 국내·외 시장에서 무기체계 판매를 통한 규모의 경제를 확보하는 것이 시급하다. 또한 한국의 방위산업은 가격 경쟁력으로 무기체계를 판매하던 과거와 달리 4차 산업혁명 기술을 바탕으로 높은 성능과 품질에 대한 시장의 변화에 적응해야 한다. 이를 위해 신기술 확보가 필수적이므로 R&D 활동이 효율적으로 이루어져야 한다.

국내 방산업체 현황을 살펴보면 2021년 방산 부문 매출액은 15조 8,801억 원으로 전년 대비 3.4% 증가했으며 2017년 이후 지속적인 증가추세에 있다. 그러나 방산업체의 경영실적 개선에도 불구하고 세계 주요 방산업체와의 매출 규모를 비교하면 아직은 미약한 수준이다. SIPRI가 조사한 세계 100대 방산업체 매출액(2021년 기준)을 주요 방산 선진국을 중심으로 살펴보면 미국 록히드마틴 670억 달러(1위), 영국 BAE Systems 269억 달러(6위) 및 프랑스 Thales 191억 달러 (16위)로 30위권 내에 이름을 올렸다. 반면 국내 기업은 4개 기업이 포함되었는데 한화에어로스페이스가 56억 달러(50위), KAI가 22억 달러(65위), LIG Nex1이 16억 달러(71위), (주)한화가 34억 달러(82위)로 조사되었다. 기업의 성장성은 투자 규모와도 연계되기 때문에 지속 가능한 성장을 위해서는 매출 규모를 확대해 나갈 필요가 있다.

반면, Table 1과 같이 무기체계 개발 및 생산에 필요한 부품을 공급하고 핵심 기술을 개발하는 데 중요한 역할을 담당하는 중소 방산업체는 2017년 이후부터 매출 규모가 지속 감소하고 있는 상황으로 기업의 성장성이 좋지 못한 것이 현실이다. 성장성의 둔화는 R&D에 대한 투자 축소로 이어질 가능성이 크며, 무기체계의 성능과 품질을 보장하는 기술 경쟁력을 유지하는 데 문제가 발생할 수 있다.

최근 관련 연구동향을 살펴보면 여러 산업 분야에서 기술 경쟁력을 확보하기 위한 성공 요인을 기업 간 협력에서 찾고자 하는 연구가 다수 진행되었다. 산업 네트워크 내에서 기업 간 협력 활동은 기술개발과 관련된 지식, 정보 및 자원을 공유토록 함으로써 효율성을 높일 수 있는 효과적인 방법으로 인식되어왔다. 기업이 독자적으로 기술을 개발하는 것보다 협력 활동을 통해 단시간에 필요한 기술과 자원을 확보함으로써 기업의 자원집중도를 낮출 수 있고 유연성을 증대시킬 수 있기 때문이다[2]. 방위산업과 유사하게 구매자가 정부로 한정되어 있어 규모의 시장을 확보하기 어려운 우주산업을 대상으로 유사한 연구가 진행되었는데 우주산업의 경쟁력 확보를 위해서는 기업 간 협력을 통해 기술적 성과와 역량을 강화하는 것이 필요하다는 결과를 도출했다[3].

본 연구의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 선행연구를 통해 기존 연구 결과 및 본 연구의 차별성을 제시한다. 제3장에서는 연구방법론을 제시하고 연구배경 및 선행연구와 연계하여 네트워크 중심성과 R&D 효율성의 상관관계 검정을 위한 가설을 설정한다. 제4장에서는 실증분석을 통해 방산업체의 네트워크 중심성 측정 및 DEA 모형을 사용하여 방산업체별 효율성을 측정하고, 방산업체별 네트워크 중심성과 효율성 지수 간 상관관계 분석 결과를 정량적으로 제시하고자 한다. 끝으로 결론에서 연구의 요약, 연구의 의의 및 정책적 제언 등에 대해 논하고자 한다.

2. 선행연구

2.1 기존 연구 고찰

기업 간 협력을 통해 경영성과 개선과 관련된 선행연구는 다수 수행된 바 있다. 김이창 외(2016)는 기업 간 제휴 네트워크 구조를 보다 조밀하게 구성할수록 중심기업의 혁신성과에 긍정적인 영향을 미치는 것을 확인하였으며[4], 김형욱 외(2006)는 안정적, 고품질 무기체계의

Table 1. SME sales ratio

Unit : million won

Year	Total Sales	SME Sales	Ratio
2017	12,761,186	1,460,158	11.4%
2018	13,649,337	1,516,539	11.1%
2019	14,452,144	1,495,298	10.3%
2020	15,351,672	1,186,051	7.7%
2021	15,880,149	946,354	5.9%

획득과 방위산업의 경쟁력 확보를 위해 대·중소기업 간 협력을 개선방안으로 제시했다[5]. 문희정 외(2011)는 국내 방산업체가 국제 경쟁력 및 규모의 경제를 확보할 수 있도록 대기업과 중견기업이 상호 보완·공존해 나갈 수 있는 제도적 장치의 구축을 주장했다[6]. 안호일(2017) 및 임창호(2022)는 기업의 협력 수준을 SNA 기법을 통해 각각의 기업이 산업 네트워크 내에서 차지하는 위치를 네트워크 중심성 지수로 측정하여 연구에 활용하였다[2,3].

한편으로 DEA 기법을 활용하여 기업의 R&D 투자를 투입변수로, 경영성과를 산출변수로 설정하여 효율성을 분석한 연구도 진행되었는데 이를 활용하면 개별 기업 R&D 투자 효율성과 기업 간 협력 수준을 측정하여 상관관계를 분석함으로써 기업 간 협력이 경영성과에 어떠한 영향을 미치는지 정량적인 측정이 가능하다.

안호일 외(2015) 임창호(2022)가 제시한 기존 연구는 기업의 네트워크 중심성이 독립변수 또는 매개변수로서 R&D 성과에 영향을 주고 있음을 확인하는 범위까지 연구가 이루어졌으나 본 연구에서는 한 단계 더 나아가 네트워크 중심성이 방산업체의 R&D 효율성과도 상관관계가 있음을 추가로 분석하고자 한다. 대기업과 중·소 협력업체 간 시제개발 또는 양산부품 납품 등 거래 과정에서 기술 교류 및 정보교환 등이 이루어지면 중소기업은 자체적인 역량만으로 R&D에 투자하는 것보다 대기업의 자원을 공유함으로써 높은 투자 효율성을 기대할 수 있기 때문이다. 연구방법론으로 방산업체의 협력수준과 R&D 투자 효율성을 측정하기 위해 ‘소셜네트워크분석(SNA, Social Network Analysis, 이하 “SNA”)과 ‘자료포락분석(DEA, Data Envelopment Analysis, 이하 “DEA”)’을 두 가지 방법론을 적용하였으며 기업의 협력수준과 R&D 투자 효율성 사이에 어떠한 상관관계가 있는지 새로운 방법론을 통해 규명함으로써 기존 연구를 보완하였다.

2.2 연구방법론 고찰

[네트워크 중심성] 네트워크는 하나 이상의 관계(relation) 유형에 의해 연결된 네트워크 구성원의 집합, 즉 노드의 집합으로 정의하였다[7]. 사회 구성원 간의 관계를 분석하여 이들 관계의 패턴을 찾아내면 의미 있는 시사점을 도출할 수 있다. 네트워크분석은 사회과학 분야에서 일반적으로 활용되는 연구방법론으로 네트워크 구성요소 간 상호의존성을 이해하고 네트워크 전체의 효율성 및 효과성을 증진하는 중요한 해결책을 제시할 수

있다는 점에서 유용하게 활용된다. ‘중심성’은 기업이 산업 네트워크 내에서 어떤 위치를 차지하고 영향력을 발휘하는지를 수치화하여 측정할 수 있는 지표로서 연결(Degree centrality), 근접(Closeness centrality), 매개(Betweenness centrality), 아이겐 벡터 중심성(Eigen vector centrality) 등이 있다.

연결중심성은 각 노드와 상호 작용하는 이웃 노드의 개수로 정의하며 연결 정도는 노드의 영향력에 대한 가장 간단하면서도 효과적인 지표로서 유용하게 활용될 수 있다. 근접중심성은 한 노드가 전체 네트워크상에서 얼마나 중앙에 위치하는지를 측정하는 방법으로 연결중심성의 한계를 보완한 개념이다. 근접중심성이 높은 기업은 네트워크 내의 모든 기업에 쉽게 도달할 수 있어서 네트워크의 자원을 더욱 쉽게 동원할 수 있는 중심 역할을 하며, 네트워크 내에서 유통되는 정보를 정확하고 신속하게 접할 수 있다. 매개중심성은 네트워크상에서 특정 노드와 다른 노드 들의 중간에서 중개 및 매개자 역할을 얼마나 하는 지를 측정하는 지표로서 네트워크 내의 정보교환 또는 자원의 흐름에 대한 통제 능력을 나타내는 중요 지표이다. 아이겐벡터 중심성은 연결된 노드의 개수뿐만 아니라 연결된 노드가 얼마나 중요할지도 함께 고려함으로써 연결 정도 중심성의 개념을 확장한다. 어떤 노드와 연결된 다른 노드의 중심성이 높을수록 그 노드의 아이겐벡터 중심성은 커지게 된다. 네트워크 중심성은 정량적 계산을 통해 핵심 노드를 확인하고 순위화함으로써 각 노드 간의 상대적인 중심성을 비교할 수 있다[8].

[자료포락분석] 효율성 측정에 효과적으로 활용되는 방법론은 자료포락분석(DEA; Data Envelopment Analysis)이다. DEA는 다수의 투입 요소와 산출 요소를 갖는 ‘의사결정단위(DMU, Decision Making Unit)’의 효율성을 투입 요소들의 가중 합과 산출 요소들의 가중 합의 비율로 측정한 후 이를 유사한 활동을 수행하는 다른 의사결정 단위들의 효율성과 비교하여 상대적인 효율성을 결정하는 방법이다[9].

일반적인 회귀분석에서는 생산함수를 추정하기 위해 잔차의 분포에 대해 특정한 통계적 가정을 도입하나 DEA에서는 이 잔차에 대해 어떠한 통계적 가정을 할 필요가 없으며, 주어진 자료만으로 생산관계를 추정하여 효율성을 계산한다. 따라서 분석하는 사람의 자의적인 판단이 개입될 여지가 상대적으로 적고, 비통계적 속성을 가진다[10]. DEA 모형은 투입과 산출 중 어느 것을 고정하느냐에 따라서 투입지향 모형과 산출지향 모형으

로 나누어진다. 또한 효율성 측정에 있어서 투입의 증감 비율과 산출의 비율이 일정하다고 가정하는 ‘규모수익불변(CCR; Charenes, Cooper and Rhodes)’ 모형과 투입의 증감 비율과 산출의 비율이 일정하지 않다고 가정하는 ‘규모수익가변(BCC; Banker, Charnes and Cooper)’ 모형으로 구분할 수 있다[11].

규모효율성(SE; Scale Efficiency)은 CRS에서 측정된 기술효율성(TE; Technical Efficiency)값을 VRS에서 측정된 순수기술효율성(PTE; Pure Technical Efficiency) 값으로 나누면 구할 수 있다. 규모효율성 값이 ‘1’이면 최적의 규모 상태를 의미하며, ‘1’보다 작으면 현재의 투입 및 산출이 규모의 효율성을 달성하지 못하고 있음을 의미한다.

3. 연구방법

3.1 연구절차

연구절차는 Table 2와 같다. 1단계로 방산업체 간 거래 내역(매출 및 매입 현황)자료를 수집하여 네트워크를 구성하고 각각의 기업이 네트워크 내에서의 차지하는 위치 및 상호 연관 정도를 연결, 근접, 매개, 아이젠벡터 중심성 지수로 산출한다. 2단계로 ‘방산업체’로 지정된 기업의 재무제표를 활용하여 R&D 투자비와 매출액을 투입변수와 산출변수로 설정하고 DEA 모형을 통해 효율성 지수를 산출한다. 3단계로 네트워크 중심성 지수와 효율성 지수 간에 상관분석 및 회귀분석을 수행하여 두 변수 사이에 유의성을 검증한다. 마지막으로 연구 결과를 요약하고 분석 결과를 토대로 방위산업 육성정책 수립 방향을 제시하고자 한다.

Table 2. Correlation Analysis of Network Centrality and R&D Efficiency

Sorts	Contents
Step1	Through transaction details data for defense companies Perform network analysis
Step2	Perform DEA by setting R&D expenses and sales of defense companies as input-output variables
Step3	Perform correlation and regression analysis by setting the network centrality index and efficiency index(CSR, VSR) as variables, respectively
Step4	Based on the summary and analysis of the research results Proposing the defense industry policy

3.2 가설설정

서론에서 제시한 연구 배경과 연계하여 선행연구 결과를 종합해보면 대기업과 중소기업 간의 협력 활동은 경영성과 개선을 위한 좋은 대안이 될 것이며, 기업별 R&D 투자 효율성과 협력 수준을 측정한 정량적 수치 사이의 상관관계를 분석하면 유의미한 결과를 도출해낼 수 있을 것이다. 따라서 본 연구에서는 네트워크 중심성이 방산업체 R&D 효율성과도 유의미한 관계가 있음을 검증하여 방산업체 간 협력 활동 강화에 중점을 두고 방위산업 육성 정책이 추진되어야 함을 주장하기 위해 Table 3과 같이 가설을 설정하였다.

Table 3. Hypothesis

Sort	Contents
Hypothesis 1-1	Degree centrality has a positive (+) effect on R&D efficiency (CRS) of defense companies.
Hypothesis 1-2	Degree centrality has a positive (+) effect on R&D efficiency (VRS) of defense companies.
Hypothesis 2-1	Closeness centrality has a positive (+) effect on R&D efficiency (CRS) of defense companies.
Hypothesis 2-2	Closeness centrality has a positive (+) effect on R&D efficiency (VRS) of defense companies.
Hypothesis 3-1	Between centrality has a positive (+) effect on R&D efficiency (CRS) of defense companies.
Hypothesis 3-2	Between centrality has a positive (+) effect on R&D efficiency (VRS) of defense companies.
Hypothesis 4-1	Eigenvector centrality has a positive (+) effect on R&D efficiency (CRS) of defense companies.
Hypothesis 4-2	Eigenvector centrality has a positive (+) effect on R&D efficiency (VRS) of defense companies.

3.3 자료수집

한국방위산업진흥회에서 조사한 방산업체 경영분석 자료를 수집하여 분석에 활용하였다. ‘방산업체 경영분석’은 정부 승인통계 중 방위산업을 대상으로 조사한 유일한 통계자료로서 방위산업 육성정책과 방산업체의 재무분석 및 기업 현황 등에 대한 분석 보고서이다. 이는 정부, 유관기관, 방산업체 등에서 정책 수립과 연구 및 경영전략 수립에 필요한 기초자료 제공을 목적으로 작성되고 있다.

방산업체의 협력 구조를 파악하기 위해 방산업체 경영분석 자료에서 거래 내역(매입 및 매출)을 확인한 결과 전체 96개 방산업체 중 매출액 정보에 결측값이 존재하는 15개 기업을 제외하고 81개 기업에 대한 자료를 활용하였다. 기업 간 거래 내역은 네트워크 분석을 위한 필수 자료이나, 2015년 이후부터는 방산업체 간 거래내역에

대한 내용을 통계조사에 포함시키고 있지 않아 가장 최근 자료인 2015년 자료를 활용하였다. 진입장벽이 높은 방위산업 특성상 방산업체로 지정되면 특별한 경우를 제외하고는 수년~수십년 동안 동일한 공급망 내 업체가 제품을 생산하는 특성이 있으므로 기업 간 거래실적을 바탕으로 한 방산업체 간 협력 네트워크에는 큰 변화가 없다는 것을 가정하였다. 수집된 자료에는 거래 대상과 거래 규모(금액)에 대한 정보를 포함하고 있으므로 기업 간 협력관계의 유무, 방향성 및 관계의 정도(가중치)에 대한 네트워크 분석이 가능하다.

방산업체의 R&D 효율성은 선행연구 결과를 참고하여 R&D 투자비를 투입변수로, 매출액을 산출변수로 설정하여 DEA를 수행하였다. 경영분석자료 확인 결과 방산 부문 R&D 투자액과 매출액이 누락된 52개 기업을 제외하고 44개 기업을 대상으로 DMU를 설정했다.

4. 실증분석

4.1 네트워크 분석 결과

Netminer 4.0을 활용하여 국내 방위산업 네트워크를 시각화하였으며, 기업별 중심성 지수를 산출하였다. Fig. 1은 방위산업 협력 네트워크를 도식화한 것으로 중심성 지수에 따라 중심과 주변으로 방위사업청과 체계종합업체, 1차 협력업체 순으로 위치하며, 외곽에는 방산업체에 부품, 원자재를 납품하는 민수기업이 분포되어 있다.

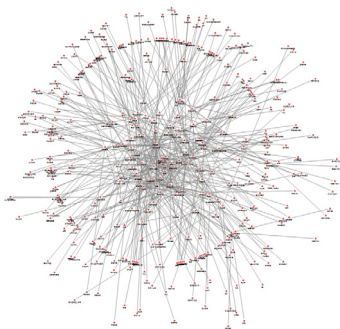


Fig. 1. The Network of Defense Industry

방위산업 협력 네트워크는 방산업체 및 방산업체와 직접적인 관계를 맺고 있는 협력업체를 포함하여 총 396개 노드로 나타났으며, 기업 간 연결 수는 619개로 나타났다. 연결 정도를 살펴보면 1개 기업이 평균 1.56개의 기

업과 협력관계를 유지하고 있었다. 협력이 가장 활발한 기업은 31개의 기업과 관계를 형성하고 있으며, 협력이 없는 독립 기업은 없는 것으로 나타났다. 네트워크의 지름은 6으로 최대 5개의 기업만 거치면 네트워크 내의 모든 기업과 연결이 이루어질 수 있다. 네트워크 중심성을 연결, 근접, 매개, 아이젠벡터 중심성 4가지로 구분하여 측정된 기술 통계량은 Table 4와 같다.

Table 4. Descriptive statistics of network centrality

Categories	N	Max	Min	M	SD
Degree Centrality	396	.003	.162	.008	.014
Closeness Centrality	396	.216	.499	.275	.041
Betweenness Centrality	396	0	.622	.007	.033
Eigenvector Centrality	396	0	.677	.008	.05

네트워크 중심성 산출 결과를 분석해보면 체계종합업체는 1차 협력업체와 비교하여 내향 연결 중심성(In-degree Centrality)과 외향 연결 중심성(Out-degree Centrality)이 모두 높았다. 이는 최종 완제품을 생산하여 군으로 납품하는 역할 뿐만 아니라 높은 기술력과 자본을 바탕으로 엔진, 센서, 소재부품 등을 납품하는 공급자의 역할도 동시에 수행하기 때문이다.

아래 Table 5는 무기체계 분야별 네트워크 중심성에 대한 차이 검정 결과이다. 네트워크 중심성 지수의 특성상 정규분포 가정을 만족하는 것이 제한되므로 비모수적인 차이 검정 방법을 이용하는 것이 타당하여 크루스칼-왈리스(Kruskal-Wallis Rank Sum) 검정 방법을 적용하였다. 비모수적 순위합 검정 방법은 각 집단의 모수를 비교하는 대신 각 집단의 위치가 같은지를 검정한다. 이를 위해 각 관측값의 순위를 이용하여 검정통계량을 산출하고, 이 값을 정해진 유의수준과 비교함으로써 집단별 차이 여부를 검정한다[11].

Table 5. ANOVA (by type of weapon systems)

Sorts	χ^2_{LSUP2}	df	p
Degree Centrality	10.27	7	0.174
Closeness Centrality	13.01	7	0.072
Betweenness Centrality	1.96	7	0.964
Eigenvector Centrality	16.40*	7	0.022

Note. * p < .05, ** p < .01, *** p < .001

아이젠벡터 중심성($\chi^2=16.40, p<.05$)은 무기체계 분야별 방산업체 간에 차이가 있는 것으로 나타났으나, 연결·근접·매개 중심성은 차이가 없는 것으로 나타났다. 이는 네트워크에서 영향력이 가장 큰 방위사업청과의 계약 규모가 무기체계 분야별로 다르게 나타나기 때문이다. 분석된 자료가 수집된 회계연도는 항공유도 및 화력 무기체계의 매출 규모가 타 무기체계에 비해 컸기 때문에 아이젠벡터 중심성도 가장 높게 나타났다.

Table 6. ANOVA (by firm size)

Sorts	χ^2 LSUP2	df	p
Degree Centrality	18.01***	2	<0.001
Closeness Centrality	10.98**	2	0.004
Betweenness Centrality	4.63	2	0.099
Eigenvector Centrality	19.64***	2	<0.001

Note. * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

Table 6은 방산업체 규모별 네트워크 중심성에 대한 차이 검정 결과이다. 대기업, 중견기업, 중소기업으로 구분하여 분석하였으며 연결 중심성($\chi^2=18.01, p<.001$), 근접 중심성($\chi^2=10.98, p<.01$), 아이젠벡터 중심성($\chi^2=19.64, p<.001$)은 기업규모에 따라 차이가 있는 것으로 나타났다. 이는 주로 기업규모가 큰 대기업이 체계종합업체로서 무기체계 완제품을 조립 및 생산하는 역할을 하며, 때로는 핵심 부품·구성품을 타 체계종합업체 또는 방위사업청(소요군)에 납품하면서 기업 간 협력이 활발하게 이루어지기 때문이다.

4.2 R&D 효율성 분석 결과

R&D 효율성 분석은 통계 SW인 STATA 17을 활용하여 분석을 수행했다. DMU는 방산업체 중 방산 부문 R&D 투자액 및 매출액에 걸쳐 값이 없는 44개 기업을 선정하였으며, 분석모형은 CCR 모형에 의한 '기술효율성', BCC 모형에 의한 '순수기술효율성'을 모두 포함하였다.

Table 7. DEA results summary

Sorts	Efficiency DMU Number	Inefficiency DMU number	Mean
CCR	1 (2.3%)	43 (97.7%)	0.101
BCC	4 (9.0%)	40 (91.0%)	0.190

Table 7에서 CCR 모형의 '기술효율성'은 평균 0.101이며 1개 DMU가 효율 상태에 있으며, BCC 모형의 '순수기술효율성'은 평균 0.190이고 4개 DMU가 효율 상태에 있는 것으로 나타났다.

Table 8. Efficiency analysis results

DMU	TE (CCR Model)	PTE (BCC Model)	Scale efficiency	RTS
1	0.077	1.000	0.077	drs
2	0.009	1.000	0.009	drs
3	1.000	1.000	1.000	-
4	0.109	0.127	0.862	irs
5	0.074	0.673	0.111	drs
6	0.424	0.428	0.990	irs
7	0.412	0.420	0.981	irs
8	0.359	0.365	0.985	irs
9	0.247	0.252	0.982	irs
10	0.211	0.227	0.932	irs
11	0.198	0.206	0.965	irs
12	0.119	0.119	1.000	irs
13	0.116	0.134	0.872	irs
14	0.010	0.013	0.810	irs
15	0.010	0.102	0.103	drs
16	0.096	0.098	0.975	irs
17	0.035	0.086	0.405	drs
18	0.071	0.118	0.602	irs
19	0.060	0.063	0.940	irs
20	0.057	0.068	0.840	irs
21	0.038	0.243	0.157	irs
22	0.007	0.009	0.823	irs
23	0.039	0.053	0.742	irs
24	0.038	0.145	0.262	irs
25	0.029	0.030	0.966	irs
26	0.027	0.030	0.909	irs
27	0.030	0.038	0.802	irs
28	0.029	0.043	0.678	irs
29	0.017	0.019	0.900	irs
30	0.042	0.051	0.818	irs
31	0.007	0.011	0.605	drs
32	0.010	0.011	0.915	irs
33	0.005	0.007	0.817	irs
34	0.011	0.013	0.888	irs
35	0.325	1.000	0.325	irs
36	0.013	0.016	0.816	irs
37	0.008	0.010	0.880	irs
38	0.008	0.009	0.838	irs
39	0.010	0.019	0.516	irs
40	0.016	0.027	0.617	irs
41	0.008	0.062	0.130	irs
42	0.003	0.003	0.983	irs
43	0.002	0.002	0.987	irs
44	0.003	0.005	0.550	irs

Table 8은 기업별 효율성 분석 결과표이다. 규모의 불경제성(DRS; Decreasing Return to Scale)은 모든 투입을 1% 늘릴 때 모든 산출이 1%이하로 늘어나는 경우를 의미하며, 규모의 경제성 (IRS; Increasing Return to Scale; IRS)은 투입을 1% 늘릴 때 모든 산출이 1% 이상 늘어나는 경우를 의미한다.

CCR 분석결과, DMU 3의 효율성 값이 '1'로 평가되어 44개 기업 중 상대적으로 효율성이 가장 높은 것으로 분석되었다. 상대적 효율성이 가장 낮게 평가된 기업은 DMU 43으로 약 99.8%의 비효율성을 보이는 것으로 나타났다. CCR 분석은 규모수익불변 상황을 가정한 상태에서 분석이 이루어진 결과로 규모의 효율성을 분석할 수 없다는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해 BCC 효율성 분석이 필요하다.

DMU 3은 기술효율성 및 순수기술효율성 값이 모두 '1'로서 효율성이 가장 높게 나타났으며, DMU 43은 BCC 모형에서도 비효율성이 가장 높게 나타났다.

규모수익(RTS)에서 살펴보면 DMU 4, 6, 7 등 대부분 방산업체는 규모수익 체증(IRS) 상태로 해당 산출 요소의 증가량이 투입 요소의 증가량보다 더 크게 나타나는 규모의 경제성 상태에 있으므로 R&D 투자 확대를 통해 추가적인 편익을 얻을 수 있으며, DMU 1, 2, 5, 15, 17은 규모 수입 체감(DRS) 상태로 해당 방산업체는 사업추진방식이나 사업관리 등 운영 측면에서의 개선을 통해 효율성의 개선이 필요하다.

Table 9. ANOVA (by type of weapon system, firm size)

CRS	$\chi^2/LSUP^2$	df	p
Type of Weapon systems	15.3*	7	0.033
Firm size	7.44*	2	0.024

Note. * p < .05, ** p < .01, *** p < .001

VRS	$\chi^2/LSUP^2$	df	p
Type of Weapon systems	11.2	7	0.129
Firm size	8.62*	2	0.013

Note. * p < .05, ** p < .01, *** p < .001

Table 9는 방산업체 속성별 차이 검정 결과로 CCR 모형에 따른 효율성은 무기체계 분야 및 기업의 규모에 따라 차이가 나타났으며, BCC 모형에 따른 효율성은 기업규모에 따라 차이가 있는 것으로 나타났다. CCR 및 BCC 모형에 의한 효율성 모두 기업규모에 따라 차이가 있는 것으로 나타났는데 이는 기업의 규모가 클수록 방

위산업 네트워크 내에서 체계종합업체일 가능성이 큰 편이며, 체계종합업체는 완제품을 개발 또는 양산하여 납품하는 업무 특성상 개별 부품을 생산하는 업체와 비교하여 원가 구조상 일반관리비, 이윤 등으로 인해 매출액이 더 높게 나타날 수 있기 때문이다.

4.3 기업 간 협력 네트워크와 R&D 효율성의 관계

국방 연구개발은 미래도전국방기술개발, 핵심기술개발, 체계개발, 부품국산화개발 등 다양한 형태의 연구개발 사업에 방산업체가 참여하고 있으며, 이 과정에서 체계종합업체와 기술력을 확보한 협력업체 간의 협력 네트워크가 구축된다.

부품국산화 개발의 경우 완성품에 국산화 부품이 장착되기 때문에 체계통합 단계에서 연구개발주관기관(체계종합업체)과 협업하면서 기술개발과 관련된 지식 및 노하우가 공유될 수 있으며, 시험평가 단계에서는 국산화 개발 부품을 실 체계에 장착하여 시험이 필요하므로 체계종합업체가 보유한 완제품 시제 및 시험자원을 공유함으로써 부품개발기업의 투입 예산 및 비용을 절감할 수 있다. 또한 양산사업 추진 간 품질보증 활동을 수행하면서 체계종합업체와 부품 납품기업 간 품질개선을 위한 지식의 공유를 통해 제품생산이나 품질과 관련된 기술 수준이 향상될 수 있다.

아래 Table 10는 네트워크 중심성과 R&D 효율성 간에 상관분석 결과이다. 각 설명변수는 표본의 크기가 작고, 정규성을 만족하지 않는 비모수적 성격을 가지므로 차이 검정은 켄달타우(Kendall's tau) 분석을 수행하였다[12].

CCR 모형의 R&D 효율성(CRS)은 연결 중심성($r=.222$, $p<.05$), 근접 중심성($r=.231$, $p<.05$), 아이젠벡터 중심성($r=.220$, $p<.05$)과 유의한 양(+)의 상관관계를 보였다. BCC 모형의 R&D 효율성(VRS)은 연결 중심성($r=.295$, $p<.01$), 근접 중심성($r=.329$, $p<.01$), 아이젠벡터 중심성($r=.280$, $p<.01$)과 유의한 양(+)의 상관관계를 보였으며, 상관계수의 차이는 있지만 CCR 모형의 R&D 효율성과 유사한 결과를 보였다.

상관분석에 이어서 네트워크 중심성과 R&D 효율성 간의 인과관계를 확인하기 위해 회귀모형을 검증하였다. 종속변수인 효율성 지수는 정규성 가정을 충족하기 위해 Box Cox 변환을 수행하였으며, 연결 중심성은 분산팽창지수(VIF)가 10.04로 다중공선성에 문제가 있어 분석에서 제외하고 재분석을 수행하였다. 그리고 기업의 규모에 따른 영향성을 배제하기 위해 상관분석 결과 R&D

Table 10. Kendall's tau correlation analysis results

	Degree Centrality	Closeness Centrality	Betweenness Centrality	Eigenvector Centrality	Efficiency (CRS)	Efficiency (CRS)
Degree Centrality	1					
Closeness Centrality	.604***	1				
Betweenness Centrality	.531***	.315**	1			
Eigenvector Centrality	.665***	.585***	.391***	1		
Efficiency (CRS)	.222*	.231*	.108	.220*	1	
Efficiency (CRS)	.295**	.329**	.199	.280**	.739***	1

Note. * p < .05, ** p < .01, *** p < .001

효율성에 유의미한 관계를 가지는 것으로 나타난 ‘기업의 규모’를 통제변수로 설정하였다.

Table 11은 네트워크 중심성이 R&D 효율성(CRS)에 미치는 영향에 대한 회귀모형을 검정한 결과이다. F=3.15(p=0.025)으로 회귀모형은 적합했으며, 모형의 설명력은 약 24.4%로 나타났다. Durbin-Watson 통계량은 1.99로 2에 근사한 값을 보여 잔차의 독립성 가정에는 문제가 없었다. 모든 변수는 VIF가 10미만으로 다중공선성 문제는 나타나지 않았다. 회귀계수의 유의성 검정 결과 근접 중심성은 방산업체의 R&D 효율성(CRS)에 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다.

Table 12는 네트워크 중심성이 R&D 효율성(VRS)에 미치는 영향에 대한 회귀모형을 검정한 결과이다. F=8.90(p<0.001)으로 회귀모형은 적합했으며, 모형의 설명력은 약 47.7%로 나타났다. Durbin-Watson 통계

량은 1.93으로 2에 근사한 값을 보여 잔차의 독립성 가정에는 문제가 없었다. 모든 변수는 VIF가 10미만으로 다중공선성 문제는 나타나지 않았다. 회귀계수의 유의성 검정 결과 근접 중심성 및 아이겐벡터 중심성은 방산업체의 R&D 효율성(VRS)에 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다.

회귀분석 결과를 요약하면 근접 중심성은 방산업체의 R&D 효율성에 정(+)의 영향을 주는 것으로 나타났다. 특히 투입의 증감 비율과 산출의 비율이 일정하지 않다는 BCC 모형이 CCR 모형보다 현실과 가까운 특성을 가지므로 BCC 모형을 기준으로 하면 아이젠 벡터 중심성도 방산업체의 R&D 효율성에 정(+)의 영향을 끼치는 것으로 나타났다. 분석 결과에 따른 가설 검정결과는 아래 Table 13과 같다.

Table 11. How Network Centrality Affects Efficiency (CRS)

	B	SE	β	t	p	VIF
Cons	-8.65	2.12		-3.43	<0.001	
Closeness Centrality	19.01	6.31	0.58**	2.42	0.005	1.92
Betweenness Centrality	-8.94	10.82	-0.19	-0.67	0.413	2.77
Eigenvector Centrality	0.45	2.32	0.05	2.68	0.847	3.73
Firmsize (Control variable)	-1.65e-7	7.86e-8	-0.36**	-2.82	0.043	1.54

F=3.15(p=0.025), $R^2=0.244$, adjusted $R^2=0.167$, Durbin-Watson=1.99

Note. * p < .05, ** p < .01, *** p < .001

Table 12. How Network Centrality Affects Efficiency (VRS)

	B	SE	β	t	p	VIF
Cons	-7.21	2.10		-3.43	0.001	
Closeness Centrality	15.05	6.24	0.39**	2.42	0.021	1.92
Betweenness Centrality	-7.17	10.70	-0.13	-0.67	0.507	2.77
Eigenvector Centrality	6.16	2.30	0.60**	2.68	0.011	3.73
Firmsize (Control variable)	-2.19e-7	7.77e-8	-0.41**	-2.82	0.008	1.54

F=8.90(p<0.001), $R^2=0.477$, adjusted $R^2=0.423$, Durbin-Watson=1.93

Note. * p < .05, ** p < .01, *** p < .001

Table 13. Hypothesis test results

Sort	Contents	Result
Hypothesis 1-1	Degree centrality has a positive (+) effect on R&D efficiency (CRS) of defense companies.	Rejected
Hypothesis 1-2	Degree centrality has a positive (+) effect on R&D efficiency (VRS) of defense companies.	Rejected
Hypothesis 2-1	Closeness centrality has a positive (+) effect on R&D efficiency (CRS) of defense companies.	Adoption
Hypothesis 2-2	Closeness centrality has a positive (+) effect on R&D efficiency (VRS) of defense companies.	Adoption
Hypothesis 3-1	Between centrality has a positive (+) effect on R&D efficiency (CRS) of defense companies.	Rejected
Hypothesis 3-2	Between centrality has a positive (+) effect on R&D efficiency (VRS) of defense companies.	Rejected
Hypothesis 4-1	Eigenvector centrality has a positive (+) effect on R&D efficiency (CRS) of defense companies.	Rejected
Hypothesis 4-2	Eigenvector centrality has a positive (+) effect on R&D efficiency (VRS) of defense companies.	Adoption

5. 결론

본 연구는 방산업체를 대상으로 네트워크 분석을 통해 한국의 방위산업 네트워크 특성을 분석하고 방산업체 간 협력관계를 확인했다. 네트워크 내에서는 기업 간 협력 활동을 통해 지식, 정보의 교환 및 자원의 공유가 이루어지므로 네트워크를 강화하는 것은 방산업체의 경쟁성과에 유의미한 영향을 미칠 수 있다. 이는 R&D 효율성 측면에서 네트워크 중심성이 높은 기업은 정보의 교환 및 자원의 공유가 활발하게 이루어지는 특성을 가지므로 R&D 투자 대비 효율이 높게 나타날 개연성이 크기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 분석 결과를 바탕으로 다음과 같은 방위산업 육성정책 추진 방향을 제시하고자 한다.

첫째, 현재 정부는 성장잠재력이 높은 중소기업을 발굴하고, 국내 방산 중소기업 제품의 우수성을 체계종합 업체에 홍보하는 업무를 수행하고 있는데 방위산업 네트워크 분석 결과를 활용하여 핵심 노드(연결 중심성과 아이젠벡터 중심성이 높은 기업)에 있는 기업과 중소 방산 업체를 연결하는 데 중점을 두고 업무를 추진한다면 정책의 효과를 극대화할 수 있다.

둘째, 국방 연구개발사업은 제품개발에서 양산까지 대규모 투자비와 장시간이 소요되어 투자의 위험성이 높아

기업이 단독으로 진행할 수 없으므로 네트워크 내에서 정보 및 지식의 유통을 활발하게 하고 자원을 공유할 수 있도록 협력관계를 구축할 필요가 있다. 이를 위해서는 적정 규모의 투자 능력과 기술력을 갖추고 있는 체계종합 업체의 적극적인 참여가 필요하므로 이들의 참여를 유도하기 위한 유인책을 마련해야 한다. 부품국산화개발사업 수행 시 체계종합업체가 개발 간 참여하여 중소기업에 기술을 전수하고 체계 적합성 시험수행 등을 지원 할 경우 다른 사업 입찰 시 제안서 평가에서 가점을 받을 수 있도록 '상생 협력 확인서'를 발급하고 있는 사례가 좋은 예시이다.

셋째, 효율성 분석 결과 4개 (9%) 기업만이 효율성 상태에 있으며, 나머지 40개 기업(91%)은 비효율성 상태에 있는 것으로 나타났다. 투입기준 모형 분석에 따른 결과로 비효율성에 있는 40개 기업은 따라서 방산업체의 R&D 비효율성을 개선해야 하는데 이를 위해 방산업체는 기업의 운영적 측면 즉, 기업 간 협력 네트워크를 통한 효율성의 개선이 필요하다.

그동안 방위산업을 대상으로 협력 네트워크 분석이나 R&D 효율성 측정에 관한 연구는 수행되었으나, 네트워크를 통한 협력관계가 R&D 효율성과 어떤 관계가 있는지 제시한 연구는 없었다. 향후 방산 수출 성과를 유지하고 지속 확대해 나가기 위해서 기업의 경쟁력 확보가 무엇보다 중요하다. 최근 산업 환경은 단일 기업 간의 경쟁에서 기업 네트워크 간의 경쟁으로 전환되고 있으며, 기업의 경쟁력은 스스로 능력만이 아니라 협력관계에 있는 중소기업을 포함한 기업 네트워크 능력에 좌우되는 시대로 변화했다(이춘주 외, 2011). 이러한 환경 속에서 방산업체 간 협력관계가 R&D 효율성과 어떤 관계가 있는지 제시하였다는 데에서 본 연구는 의미가 있다.

본 연구는 다음과 같은 한계점을 가지고 있다.

첫째, 방위산업진흥회에서 조사하는 경영분석 자료는 2016년부터 기업 간 거래 관련 내용을 포함하고 있지 않으므로 최근 상황을 반영한 연구가 제한되는 실정이다. 2022년 이후 방산 수출이 증가하고 있는 상황을 고려 시 최근 방위산업 네트워크 구조의 변화와 방산업체의 R&D 효율성에 대한 추가연구를 수행하고 시사점을 도출할 필요가 있다.

둘째, 기업 간 거래실적을 바탕으로 협력관계를 분석했기 때문에 실제 기술협력을 통한 정보의 교환 및 자원의 공유 여부를 정확하게 측정할 수 없다는 한계가 있다. 따라서 방산업체 간 협력 정도를 좀 더 정확하게 측정할 수 있는 지표를 개발할 필요가 있다.

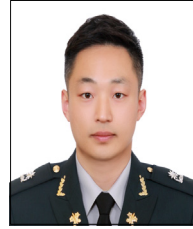
마지막으로 분석에 사용된 데이터는 1년치 자료로서 분석 대상과 기간이 한정된 횡단면 연구이기 때문에 방산업체의 협력 양상에 대한 변화를 추적하기 어렵다. 따라서 향후 연구에는 시계열 자료를 통한 추적연구를 통해 네트워크 구조의 변화 및 방산업체의 R&D 효율성 변화에 대한 추가연구가 필요하다.

References

- [1] W.J.Jong, "2023 Defense Industry Major Issues and Prospects: Focusing on the 23-27 Defense Industry Development Basic Plan", *Defense & Technology*, Vol.528, 2023, pp.52-67.
- [2] H.I.Ahn, C.G.Kim, H.S.Lee, "The Effect of Centralities of Alliance Network on Innovation Performance in Korean Defense Industry.", *Journal of Korea technology innovation society*, Vol.18, No.2, 2015, pp.292-317.
- [3] C.H.Lim, "*Determinants of Competitiveness of Korean Space Companies with the Industrial Network Analysis*." Ph.D dissertation, Korea aerospace Univ, 2022.
- [4] Y.C.Kim, S.W.Lee, J.A.Kang, "Alliance Network Structure and Partner Firm Characteristics in Successful Knowledge Transfers", *Yonsei Management Research*, Vol.53, No.2, 2016.
- [5] H.W.Kim, S.C.Kim, "Posterior Policies to Complement the Abrogation of the Designated System of the 1st and 2nd Tier Defense Company", *KADIS*, Vol.13, No.1, 2006, pp.40-72.
- [6] H.J.Mun, H.C.Mun, "Study on Export Competitiveness of Korea's Defense Industry", *KADIS*, Vol.18, No.2, 2011, pp.203-226.
- [7] Wasserman, S., and Faust, K. "Social Network Analysis : Methods and Applications", New York : Cambridge University Press, 1994.
- [8] K.Y.Kwahk, *Social Network Analysis*, Seoul : Cheongram, 2014, p.182.
- [9] Charnes, A. Cooper, W. W. and Rhodes, E., "Measuring the efficiency of decision making units", *European Journal of Operational Research*, 2(6), 1978.
- [10] J.D.Lee, D.H.Oh, *Data Envelopment Analysis*, *IB Book*, 2010.
- [11] K.R.Lee, *A study on influential factors determining the performance of weapon systems parts localization*, Master's thesis, Korea National Defense University, Seoul, Korea, pp.31-57, 2013.
- [12] T.G.Sung, *An easy-to-understand statistical analysis*, Seoul : Hakjisa, 2013.

조 한 철(Han-Chul Cho)

[정회원]



- 2015년 1월 : 국방대학교 국방관리대학원 무기체계학과 (군사학석사)
- 2015년 1월 ~ 2020년 3월 : 방위사업청 사업계획담당
- 2020년 9월 ~ 2021년 9월 : 육군 교육사령부 AI기동소요관리장교
- 2021년 9월 ~ 현재 : 방위사업청 체계개발담당

<관심분야>

국방획득, 국방사업관리, 최적화