

DEA와 Super-SBM을 이용한 국내 방위산업체 효율성 분석

백지현
국방기술품질원

Efficiency Analysis of Defense Industry Company Using DEA and Super-SBM

Ji-Hyun Baek
Defense Agency for Technology and Quality

요약 방위산업은 국가 안보 유지를 위한 기간산업이자 첨단기술이 집약된 미래지향 산업으로써, 방위산업의 연구개발은 무척 중요하다. 우리 정부의 자주국방에 기반을 둔 과감한 정책으로, 국내 방위산업은 양적, 질적으로 많은 성장을 이루었다. 하지만 전문화 및 계열화 제도의 폐지에 따른 경쟁체제의 도입은 국내 방위산업체의 효율성 및 생산성 향상의 필요성이 대두되는 계기가 되었다. 본 연구에서는 DEA와 Super-SBM을 이용하여 국내 방위산업체의 연구개발 효율성을 측정하고자 한다. 이를 위해 한국방위산업진흥회의 '2019 방산업체 경영분석' 데이터를 활용하였으며, 국내 방위산업체의 연구원수 및 투자액을 투입변수로, 매출액을 산출변수로 설정하여 분석을 수행하였다. 방위산업체의 효율성을 분석하기 위해 규모수익불변(CRS)을 가정하는 CCR 모형과 규모수익가변(VRS)을 가정한 BCC 모형을 활용하였으며, 효율적인 업체들 간의 순위를 확인하기 위해 Super-SBM 모형을 사용하여 초효율성을 도출하였으며, 국내 방위산업체는 대체로 비효율적인 모습을 보였다. 본 연구를 통한 국내 방위산업체의 연구개발 효율성을 파악하여 향후 국내 방위산업체의 육성 정책 수립에 도움이 되기를 기대한다.

Abstract The defense industry is a future-oriented industry, in which high-tech technologies are concentrated. In addition, it is a key industry for maintaining national security, and the R&D of the defense industry is very important. With the introduction of a competitive system by defense industry companies, the necessity of improving the efficiency and productivity of defense industry companies is emerging. In this study, the efficiency of the defense industry was measured using the CCR and BCC model. In addition, super efficiency was derived using the Super-SBM model. For this study, the 2019 defense industry management analysis data of the Korea Defense Industry Association (KDIA) was used, and the analysis was performed by setting the number of researchers and investments of domestic defense industry companies as the input variables and sales as the output variables. Through this study, it is expected that the defense industry's R&D efficiency will be grasped, which will help establish a policy for fostering the defense industry in the future.

Keywords : DEA Analysis, Defense Industry, Efficiency, CCR Model, BCC Model, Super-SBM Model

*Corresponding Author : Ji-Hyun Baek(Defense Agency for Technology and Quality)
email: baekjihyun@dtqa.re.kr

Received May 6, 2020
Accepted August 7, 2020

Revised June 2, 2020
Published August 31, 2020

1. 서론

군사적으로 소요되는 물자를 개발 및 생산하는 방위산업은 국가 안보 유지를 위한 기간산업으로 매우 중요한 위치에 있다. 방위산업은 쌍방독점으로 계약 또는 협상에 의해 가격이 결정된다는 점, 규제산업으로 기업의 신규 진입과 일부 활동영역에 제약이 따른다는 점 등에서 다른 산업과 차별화된다. 또한 생산과 연구개발을 위해 대규모 초기 자본 투자가 필요하며, 유사시 최대 생산 능력 확장에 대비하여 높은 고정비가 부담되는 산업이다[1]. 오늘날의 방위산업은 재래식 무기에서 벗어나 미래 첨단 기술의 테스트베드로서의 역할도 수행 중인데, 특히 차세대 혁신기술인 4차 산업혁명 기반 기술의 국방 분야 적용이 더욱 가속화되고 있다.

국내 방위산업은 1983년에 시행된 전문화 및 계열화 제도와 우리 정부의 자주국방정책에 따른 과감한 투자를 통한 첨단 무기체계 개발에 매진하여 양적, 질적으로 많은 성장을 이룩하였다. 하지만, 2008년 말 전문화 및 계열화 제도의 폐지에 따라 국내 방산시장도 민수시장처럼 본격적인 경쟁체제가 도입되기 시작하였다. 군사전문매체인 Defense News의 2019년 세계방산순위에 따르면 100위 내에 포함된 국내업체는 총 4곳이며, 100대 업체 전체 매출액 대비 이들 4개 업체의 매출액 합이 점유율은 1.59%에 불과하다. 수출확대에 따라 매출은 꾸준히 증가세를 보이고는 있으나, 여전히 글로벌 방산기업들과 비교해 큰 차이를 보이고 있다. 이처럼 국내 방위산업은 국내외적으로 치열한 경쟁체제에 직면하게 되었으며, 이로 인해 국내 방위산업에 대한 효율성 및 생산성 향상의 필요성이 대두되고 있다[2-4].

우리 정부는 '18~'22 방위산업육성 기본계획을 통해 '자주국방의 핵심기반, 방위산업'이라는 비전을 설정하여 방위산업을 육성하고 있다. 이를 위해 방위산업의 발전적

생태계 조성, 국방 R&D 역량 강화, 유망 중소·벤처기업 육성, 수출형 산업구조로 전환 및 양질의 일자리 창출이라는 4대 정책 방향을 제시하여 첨단 무기체계 개발능력 확보 및 글로벌 경쟁력 강화라는 국내 방위산업의 목표를 수립하였다.

방산 업계도 일반 산업계와 마찬가지로 대기업과 중소기업이 산업을 영위한다. 하지만, 방위 산업은 일반 소비자를 상대하기 보다는 국내외 정부를 상대하는 B2G 산업 구조를 가지며, 이로 인해 시장에 의한 가격 결정이 이루어지지 않는다. 일반적으로 방산 대기업이 정부를 상대로 B2G 사업을 추진한다.

방산 중소기업은 통상적으로 방산 대기업이 생산하는 무기체계 완제품에 포함되는 부속품, 수리부속류, 소프트웨어 등을 주로 생산개발하는 중소규모 기업체를 의미한다. 하지만 방산 업계에서의 중소기업은 일반 산업계의 중소기업과는 차이가 있다[5].

방산 중소기업은 일반 중소기업과는 달리 시장에 의한 가격결정보다는 주로 완제품을 생산하는 방산 대기업과의 하청계약에 의해 가격이 결정된다. 또한 방산 중소기업은 일반 중소기업 대비 비교적 높은 진입장벽을 가지며, 완제품 보다는 대기업에 납품하는 부품 위주의 산업 구조를 보이는데, 주로 수의계약 형태로 이루어진다. 이에 따라, 대기업과의 관계에 있어서도 방산 중소기업은 대기업과 동등한 거래 관계를 이루기가 일반 중소기업보다 더 어렵다[5].

이에 본 연구에서는 국내 방위산업체의 R&D 역량을 통한 경영 효율성을 분석하기 위해 효율성분석 도구로 많이 쓰이는 자료포락분석(DEA : Data Envelopment Analysis, 이하 DEA) 모형을 사용하여 효율성을 분석하고, 이를 통해 방위산업체의 발전방향을 모색하고자 한다.

과거 선행연구자들에 의한 방위산업체 효율성 분석 연구는 대기업 위주로 연구되었다. 이로 인해, 국내 방산 중

Table 1. Pre-studies of Efficiency Analysis on Defense Industries

Researcher	Topic	Method
J. O. Chae (2019)	A Study on Global Competitiveness of Top 100 Defense Industry Company	CCR, BCC
J. H. Choi (2018)	Efficiency Evaluation of Defense Industry Firms by Utilizing DEA	CCR, BCC
J. Y. Kim (2015)	Global Competitiveness Analysis of National Defense Industry - DEA and Malmquist Production Analysis -	CCR, BCC, Malmquist
J. H. Kim (2011)	Hybrid Quantitative / Qualitative Evaluation of R&D Activities of Major Korean Defense Companies	CCR, BCC
S. M. Jung (2010)	A Study on Improving Ways for Global Competitiveness of Defense Industries in Domestic	CCR, BCC, Malmquist

소기업과 대기업 간 효율성 차이를 파악하기 어려웠다. 본 연구에서는 국내 방산 대기업과 중소기업 간 효율성 차이를 분석하고자 한다. Table 1은 이전 연구자들의 선행연구이다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 효율성의 개념과 본 연구에서 활용되는 여러 DEA 모형들에 대해 살펴본다. 3장에서는 분석 대상 및 투입산출변수의 선정과 선정된 변수들 간의 관계를 설명하고, 4장에서는 분석 결과를 통해 국내 방위산업체들의 효율성을 평가한다. 끝으로 5장에서 본 논문의 결론 제시를 통해 연구의 의의와 한계점에 대해 설명한다.

2. 이론적 배경

2.1 효율성

효율성(efficiency)은 일반적으로 ‘투입에 대한 산출의 비율’로 정의되는데, 조직이 사용한 투입요소의 사용량에 대한 산출물 생산량의 비율을 의미한다(박만희, 2008, 김성호 외 2007). 이때, 투입요소를 어떻게 선정하느냐에 따라 산출결과가 달라지며, 생산 조직의 능력이나 외부 환경 또한 효율성에 영향을 미치게 된다[6].

일반적으로 효율성은 기술효율성(TE : Technical Efficiency)을 의미하는데, 기술효율성은 생산과정에서 얼마나 효율적으로 투입을 산출로 전환하였는지를 측정하는 순수기술효율성(PTE : Pure Technical Efficiency)과 각 측정 대상들이 얼마나 규모의 경제에 부합하여 생산 활동을 하고 있는가를 측정하는 규모효율성(SE : Scale Efficiency)으로 나눌 수 있다.

Fig. 1에서 보는 바와 같이 성과평가 측면에서 효율성은 효과성과 유사점이 있는데, 산출을 평가하는 척도로 효과성은 특정한 목표를 제대로 달성했는지에 관심이 있는 질적 개념인 반면, 효율성은 최소의 비용으로 최대의 효과를 달성하였는지에 대해 평가하는 양적 개념이다. 그래서 효과성은 투입의 크기와는 무관하게 계획했던 목표를 얼마나 달성했는지를 나타내는 결과 관점이며, 효율성은 실제 투입된 자원으로 얼마만큼의 산출을 내었는지에 관심이 있는 결과보다 과정을 중시하는 개념이다[6].

효율성은 절대효율성과 상대효율성으로 구분할 수 있는데, 절대효율성은 관심 대상의 투입 대비 산출의 비율을 의미하며, 상대효율성은 관심 대상들의 효율성 중 최고치와의 상대적 비율로, 최고 효율성을 1 또는 100%로 표준화하였을 때의 상대적인 비율이다. 관심 대상들의 상

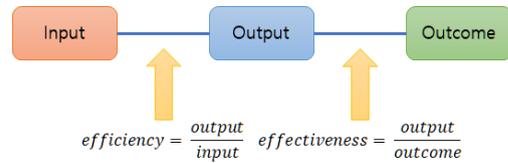


Fig. 1. Efficiency and Effectiveness

대효율성을 통해 생산변경(production frontier)을 알 수 있는데, 생산변경은 개별 투입물에 대한 달성 가능한 최대 산출을 의미한다. 따라서 생산변경 상에 위치하는 관심 대상은 효율적이라 말할 수 있고, 그렇지 못한 관심 대상은 비효율적이라 말할 수 있다.

2.2 DEA

비모수적 효율성 측정 방법인 DEA는 Farrell(1957)이 수행한 기술효율성에 관한 연구를 바탕으로 1978년 텍사스 대학의 Charnes, Cooper and Rhodes에 의해 처음 제안되었다. Charnes, Cooper and Rhodes는 효율성의 측정 대상인 의사결정단위(DMU : Decision Making Unit, 이하 DMU) 간의 상대적 효율성을 측정하기 위해 선형계획법(LP : Linear Programming)의 일종인 DEA를 제안하였다. 여기서 DMU라는 용어는 동질적인 개체들을 기술하기 위해 만들어졌는데, 각 DMU는 다수의 투입요소를 사용하여 다수의 산출물을 생산한다. DMU는 유사한 기능을 수행하는 조직단위로서, 학교, 병원, 연구소, 기업 등이 이에 해당한다. 가장 효율적인 DMU의 효율성을 1로 설정한 후 다른 DMU들의 효율성을 측정하는데, 이때 효율성 점수가 1보다 작은 DMU들을 모두 비효율적인 것으로 평가한다. 따라서 각 DMU의 효율성 점수는 가장 효율적인 DMU(1의 값을 갖는)의 값에서 해당 DMU의 비효율성을 뺀 나머지가이다[6].

DEA는 기본적 논리를 기반으로 여러 기법들이 추가되어 다양한 모형들로 발전하였다. DEA 모형은 효율성 측정에 있어 규모의 효과를 고려하느냐에 따라 규모수익 불변(CRS : Constant Return to Scale, 이하 CRS)을 가정하는 CCR(Charnes, Cooper and Rhodes) 모형과 규모수익가변(VRS : Variable Return to Scale, 이하 VRS)을 가정하는 BCC(Banker, Charnes and Cooper) 모형으로 구분할 수 있다. 또한 효율성 측정 시 투입과 산출 중 어느 요소를 고정시키고, 나머지 요소의 비효율적인 부분을 찾느냐에 따라 투입지향(input-oriented) 모형과 산출지향(output-oriented) 모형으로 나눌 수 있다[7].

2.2.1 CCR 모형

DEA 모형 중 가장 널리 활용되는 CCR 모형은 Charnes, Cooper and Rhodes(1978)에 의해 제시되었으며, 다수 투입(x)에 대한 다수 산출(y)을 가지는 DMU들의 효율성을 측정하기 위해 투입물 규모의 확대에 비례하여 산출물이 확대된다는 CRS를 가정하여 개발되었다. CCR 모형은 평가대상이 되는 DMU들의 투입요소 가중합계에 대한 산출요소 가중합계의 비율이 1을 초과해서는 안 되며, 각 투입요소와 산출요소의 가중치들은 0 이상이어야 한다는 제약조건 하에서 DMU별로 투입요소 가중합계에 대한 산출요소 가중합계의 비율을 최대화 시키고자 하는 LP모형이다[6].

하지만 CCR 모형은 모든 DMU들이 최적의 규모로 운영되는 CRS를 가정하고 있기 때문에 현실을 제대로 반영하지 못하여, 규모효율성과 순수 기술효율성을 구분하지 못한다. CCR의 기본적인 수식은 Eq. (1)과 같다[8].

$$\begin{aligned} \text{Max } E_k &= \frac{\sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ik}} & (1) \\ \frac{\sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ij}} &\leq 1 \quad (j = 1, 2, \dots, n) \\ \text{s.t., } \frac{u_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ik}} &\geq e \quad (r = 1, 2, \dots, s) \\ \frac{v_{ik}}{\sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ik}} &\geq e \quad (i = 1, 2, \dots, m) \end{aligned}$$

2.2.2 BCC 모형

모든 DMU가 CCR 모형 하에서 운영된다는 가정하에서 DMU 중 일부가 투입을 1단위 증가시켰을 때 산출이 1단위 보다 적어지는 규모수익체감(DRS : Decreasing Returns to Scale, 이하 DRS)이나 투입을 1단위 증가시켰을 때, 산출이 1단위보다 많아지는 규모수익체증(IRS : Increasing Returns to Scale, 이하 IRS)의 상태에서 운영되고 있다면, 이 DMU들의 상대적 효율성은 순수한 기술효율성과 일치하지 않는다. 이는 DMU의 효율성이 규모의 효과에 영향을 받기 때문이라고 볼 수 있다[6].

BCC 모형은 규모효율성과 기술효율성을 구분하기 위

해 Banker, Charnes and Cooper(1984)에 의해 VRS를 가정하여 개발된 DEA 모형으로, IRS, CRS, DRS의 3가지 수익상태를 모두 포괄한다[7]. 즉, BCC 모형에서의 효율성은 규모의 효과에 영향을 받지 않는 순수한 기술효율성을 의미한다. 이를 식으로 표현하면 Eq. (2)와 같다[4, 9].

$$\begin{aligned} \text{Max } \theta_B &= \sum_{j=1}^J (y_{kj})(u_j) + w & (2) \\ \text{s.t., } \sum_{i=1}^I (x_{ki})(v_i) &= 1 \\ \sum_{j=1}^J (y_{kj})(u_j) - \sum_{i=1}^I (x_{ki})(v_i) + w &\leq 0 \\ k &= 1, 2, \dots, K \\ u_j, v_i &\geq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, I; j = 1, 2, \dots, J) \\ w &= \text{free} \end{aligned}$$

위 식에서 ω 는 효율적 DMU의 규모의 수익효과를 평가하는 척도로 해석된다. $\omega > 0$ 이면 규모에 대한 IRS이고, $\omega < 0$ 이면 규모에 대한 DRS를 나타낸다[9].

2.2.3 초효율성 모형

CCR 및 BCC 모형은 기본적으로 효율성 점수가 1을 넘지 못하는 한계가 있어서 효율적인 DMU들 간의 효율성의 차이를 판별할 수 없는 변별력의 문제가 존재한다.

이에 다수의 효율적 DMU들 간의 효율성의 차이를 판별하기 위해 다양한 연구들이 진행되어왔는데, 대표적인 것이 초효율성(super-efficiency)을 계산하는 방법인 Andersen and Petersen(1989, 1993)이 개발한 AP모형이다. AP모형은 CCR 모형에서 효율적이라 판정된 DMU들을 대상으로 서로 간의 효율성을 다시 평가하여 순위를 내는 방법으로 Super-CCR 모형으로도 불린다. 따라서 AP 모형을 통해 측정된 효율성 점수는 1을 넘을 수 있는데, 이를 초효율성이라고 한다[7, 10].

하지만 AP 모형은 자료에 따라 실행불능해(infeasibility)가 발생할 수 있으며, 여분(slack)을 고려하지 않고 초효율성을 측정하는 문제점이 있다. 여분기반의 초효율성모형(Super-SBM : Slack Based Super-efficiency Mode, 이하 Super-SBM)은 여분의 존재를 선형계획 모형의 과정에 명시적으로 포함시킴으로써 초효율성을 계산하는 과정에 나타날 수 있는 실행불능해의 문제를 극복할 수 있다. DMU의 투입지향 규모수익불변의 가정 하에서 Super-SBM을 구하는 선형계획모형은 다음의 Eq. (3)으로 나타낼 수 있다[11].

35조(방산업체의 지정 등)에 의하여 지정된 방위산업체는 총 87곳으로, 이 중 본 연구에서는 기초 데이터가 제공되어 분석이 가능한 41곳의 업체를 대상으로 분석을 수행하였다. Table 3은 본 연구에서 분석이 이루어진 국내 방위산업체들의 구성 현황으로, 41곳의 업체 중 대기업은 19곳, 중소기업은 22곳이며, 주요방산업체는 32곳, 일반방산업체는 9곳이다.

Table 3. Composition of Analysis Data

	Major	Normal	Total
Large Company	18	1	19
Small Company	14	8	22
Total	32	9	41

DEA 모형은 분석대상의 상대적 효율성을 평가할 수 있을 뿐만 아니라, 상대적으로 비생산적으로 운영되어지고 있는 부분에 대한 개선자료를 정량적으로 제시해 준다. 이와 같은 특징으로 인해 평가 변수 선정 시 개선 가능성이 있는 변수를 선정하는 것이 매우 중요하며, 제한된 평가 변수로 조직의 모든 투입과 산출을 나타낼 수는 없을지라도 대표성을 띤 변수를 선정해야 한다[13].

Table 4. Input & Output Variables

Variables	Data
Input	Researcher
	Investment
Output	Sales

본 연구에서는 Table 4와 같이 연구원 수와 총투자액을 투입변수로, 매출액을 산출변수로 설정하여 국내 방위사업체의 효율성을 측정하였다. 많은 선행연구자들은 종업원수를 투입변수로 선정하였으나, 본 연구에서는 방위사업체의 연구개발 투자의 효율성을 확인하고자 하므로, 연구원수와 투자액을 투입변수로 선정하였다. 산출변수로는 기업의 주요 영업활동을 대표하는 지표인 매출액을 선정하였다.

Table 5는 본 연구에 사용된 41개의 DMU들의 기초 통계량을 나타낸 것이다.

Table 5. Statistical Information for Variables

	Researcher	Investments	Sales
Min	3	103	492
Max	1760	361,355	1,681,026
Median	43	4,076	49,011
Average	178	29,386	270,782
Stdev.	404	70,237	473,658

효율성 측정의 신뢰도 향상을 위해 투입변수와 산출변수 간의 상관분석을 수행하였으며, 분석결과는 다음 Table 6과 같다.

Table 6. Correlation among Variables

	Researcher	Investment	Sales
Researcher	1		
Investment	0.838	1	
Sales	0.813	0.796	1

일반적으로 상관계수 r 값은 x 와 y 가 완전히 동일할 경우 $+1$, 전혀 다를 경우 0 , 반대방향으로 완전히 동일할 경우 -1 을 가진다. r 값이 $-1.0 \sim -0.7$ 이면 강한 음적 선형관계, $-0.7 \sim -0.3$ 이면 보통의 음적 선형관계, $-0.3 \sim -0.1$ 이면 약한 음적 선형관계, $-0.1 \sim +0.1$ 이면 거의 무시될 수 있는 선형관계, $+1.0 \sim +0.7$ 이면 강한 양적 선형관계, $+0.7 \sim +0.3$ 이면 보통의 양적 선형관계, $+0.3 \sim +0.1$ 이면 약한 양적 선형관계로 해석한다. 분석결과를 살펴보면, 투입변수에 대한 산출변수의 상관관계 값이 0.7 이상으로 매우 강한 양적 선형관계를 가짐을 알 수 있어 적절히 선정된 것으로 평가할 수 있다.

3.2 분석방법

CCR 모형은 CRS를 가정하기 때문에 규모 수익의 변화에 따른 상대적 효율성을 평가하지 못하므로 업체의 비효율성 요인을 순수기술요인과 규모요인으로 구분하여 설명하지 못한다. 따라서, BCC 모형을 활용하여 VRS 상황을 고려한 방위산업체의 효율성을 순수기술효율성과 규모효율성으로 분석하였다.

또한, 효율성 점수가 1 이 넘는 DMU들을 평가하기 위해 Super-SBM 모형을 활용하여 초효율성을 도출하였다.

DEA 분석 시 투입지향모형을 선정할 것인지, 산출지향모형을 선정할 것인지는 투입요소와 산출요소 중 어느 요소가 통제 가능한 요소인지에 따라 달라진다. 일반적으로 효율성 향상을 위한 투입량 설정이 산업체의 주요 의사결정 사항 중 하나이므로 본 연구에서는 투입지향모형을 적용하여 분석하였다[6, 12].

본 연구는 통계분석과 수치해석을 위한 프로그래밍 언어인 R을 사용하여 분석하였으며, 분석에는 64bit 3.6.3 버전을 사용하였다. 또한 분석을 위해 Benchmarking 패키지를 이용하였으며, intel CPU i5, 16MB RAM 환경의 PC에서 실행하였다.

Table 7. Estimation of efficiency by DEA and Super-SBM

DMU	TE (CRS)	PTE (VRS)	SE	RTS	Ref. (CRS)	Lambda for Reference (CRS)						Super-SBM (CRS)
						L5	L14	L26	L32	Sum	RTS	
DMU1	0.905	1.000	0.905	IRS	5, 32	2.471	0	0	4.335	6.806	DRS	0.9055
DMU2	0.090	0.205	0.440	DRS	14, 32	0	0.026	0	0.03	0.056	IRS	0.0904
DMU3	0.647	0.651	0.993	DRS	14, 32	0	0.319	0	0.588	0.907	IRS	0.6468
DMU4	0.592	0.603	0.983	DRS	14, 32	0	0.712	0	0.164	0.876	IRS	0.5923
DMU5	1.000	1.000	1.000	CRS	5	1	0	0	0	1	CRS	1.1994
DMU6	0.419	1.000	0.419	IRS	14, 32	0	13.016	0	0.007	13.023	DRS	0.4189
DMU7	0.212	0.386	0.550	DRS	5, 32	0.04	0	0	0.033	0.073	IRS	0.2124
DMU8	0.387	1.000	0.387	IRS	14, 32	0	16.741	0	3.049	19.79	DRS	0.3867
DMU9	0.267	0.667	0.400	IRS	5, 32	0.028	0	0	0.014	0.042	IRS	0.2666
DMU10	0.645	0.720	0.896	DRS	14, 32	0	0.742	0	0.93	1.672	DRS	0.6451
DMU11	0.521	0.523	0.996	DRS	14, 32	0	0.461	0	0.491	0.952	IRS	0.5213
DMU12	0.038	0.803	0.047	IRS	14, 32	0	0.001	0	0.003	0.004	IRS	0.0377
DMU13	0.617	0.662	0.932	DRS	5, 32	0.925	0	0	1.517	2.442	DRS	0.6174
DMU14	1.000	1.000	1.000	CRS	14	0	1	0	0	1	CRS	2.3956
DMU15	0.774	0.803	0.964	DRS	5, 32	0.139	0	0	1.219	1.358	DRS	0.7743
DMU16	0.243	0.372	0.652	DRS	14, 32	0	0.346	0	0.018	0.364	IRS	0.2425
DMU17	0.096	0.098	0.987	DRS	14, 32	0	0.264	0	0.57	0.834	IRS	0.0965
DMU18	0.212	1.000	0.212	IRS	5, 32	3.033	0	0	4.768	7.801	DRS	0.2122
DMU19	0.503	0.898	0.560	IRS	14, 32	0	6.534	0	0.652	7.186	DRS	0.5031
DMU20	0.149	0.250	0.595	DRS	14, 32	0	10.754	0	3.946	14.7	DRS	0.1488
DMU21	0.085	0.103	0.823	DRS	5, 32	0.017	0	0	0.2	0.217	IRS	0.0847
DMU22	0.223	0.280	0.797	DRS	14, 32	0	0.08	0	0.135	0.215	IRS	0.2232
DMU23	0.189	0.372	0.509	DRS	14, 32	0	0.003	0	0.056	0.059	IRS	0.1892
DMU24	0.243	0.294	0.827	DRS	26	0	0	0.369	0	0.369	IRS	0.2430
DMU25	0.128	1.000	0.128	IRS	5, 26	0.001	0	0.013	0	0.014	IRS	0.1285
DMU26	1.000	1.000	1.000	CRS	26	0	0	1	0	1	CRS	1.3880
DMU27	0.215	0.546	0.394	IRS	5, 32	0.005	0	0	0.033	0.038	IRS	0.2150
DMU28	0.197	0.324	0.609	DRS	14, 32	0	0.082	0	0.046	0.128	IRS	0.1971
DMU29	0.120	0.156	0.774	DRS	14, 32	0	1.88	0	3.713	5.593	DRS	0.1204
DMU30	0.178	0.205	0.866	DRS	14, 32	0	0.017	0	0.253	0.27	IRS	0.1779
DMU31	0.309	0.335	0.921	DRS	5, 32	0.162	0	0	0.257	0.419	IRS	0.3087
DMU32	1.000	1.000	1.000	CRS	32	0	0	0	1	1	CRS	1.1789
DMU33	0.202	0.289	0.700	DRS	14, 32	0	0.026	0	0.099	0.125	IRS	0.2025
DMU34	0.271	0.312	0.869	DRS	5, 26	0.139	0	0.198	0	0.337	IRS	0.2712
DMU35	0.231	0.263	0.879	DRS	26	0	0	0.471	0	0.471	IRS	0.2313
DMU36	0.368	1.000	0.368	IRS	14, 32	0	0.018	0	0.023	0.041	IRS	0.3679
DMU37	0.429	0.704	0.610	IRS	5, 32	0.009	0	0	0.076	0.085	IRS	0.4291
DMU38	0.197	0.254	0.777	DRS	14, 32	0	0.085	0	0.118	0.203	IRS	0.1973
DMU39	0.038	0.903	0.042	IRS	5, 26	0	0	0.005	0	0.005	IRS	0.0382
DMU40	0.016	0.107	0.154	DRS	14, 32	0	0.041	0	0.007	0.048	IRS	0.0165
DMU41	0.116	0.888	0.131	IRS	5, 32	0	0	0	0.01	0.01	IRS	0.1161
Avg.	0.368	0.585	0.661	-	-	-	-	-	-	-	-	-

4. 분석 결과

본 연구에서는 연구원수와 총투자액을 투입변수로 설정하고, 매출액을 산출변수로 설정하여 국내 방위산업체들의 연구투자 효율성을 분석하였다. 효율성 분석을 위해 CCR 모형과 BCC 모형을 사용하였으며, 이를 통해 규모의 효율성을 분석하였다. 또한 초효율성을 분석하기 위해 Super-SBM 모형을 활용하였다. Table 7은 CCR, BCC 모형 및 Super-SBM 모형을 이용하여 측정된 효율성 값을 나타낸 것이다.

Table 7의 분석결과를 살펴보면, CRS 가정 하에서 DMU 5, 14, 26, 32의 효율성 값이 '1'로 분석되어 효율적인 DMU로 평가되었다. CCR 모형에서의 효율성 점수 평균은 0.368로, 16개 DMU만이 평균보다 높은 점수를 얻었으며, 이는 전체 DMU 중 39%에 해당한다. VRS 가정 하에서 DMU 1, 5, 6, 8, 14, 18, 25, 26, 32, 36이 효율적인 것으로 평가되었다. BCC 모형에서의 효율성 점수 평균은 0.585로 21개의 DMU가 평균보다 높은 효율성을 보였으며, 이는 전체 DMU의 51.2%에 해당한다.

CCR 및 BCC 모형에서의 분석을 통해 전체 41개의 DMU 중 약 10%에 해당하는 4개의 DMU(DMU 5, 14, 26, 32)만이 효율적인 DMU로 분석되었다.

전체 DMU 중 59%에 해당하는 24개의 DMU에서 규모수익(RTS : Returns to Scale)이 DRS인 것으로 분석되었다. 이는 투입자원의 증가에 비해 산출의 증가가 낮음을 의미하는 것으로, 규모의 불경제인 상태이다. 이는 수작업이 많고 대량생산이 어려운 방위산업의 특성이 반영된 것으로 볼 수 있다.

비효율적인 DMU는 효율성 향상을 위해 벤치마킹 대상인 준거집단을 갖게 되며, 비효율의 정도는 람다(λ : lambda)값을 통해 알 수 있다[13]. 비효율적인 DMU가 벤치마킹하여야 할 DMU들은 효율변경을 구성하는 DMU들이며, 비효율적인 DMU는 람다 값을 기준으로 우선적인 벤치마킹의 대상을 고려할 수 있다[7, 13]. 즉, 효율성이 1 이하인 비효율적인 DMU들은 효율적인 DMU를 벤치마킹하여 가중치에 따라 투입요소의 투입량을 변경하면 효율적인 DMU로 바뀔 수 있다. 예를 들어, Table 7에서 DMU1은 투입량을 DMU5 투입량의 2.471배나 DMU32 투입량의 4.335배로 조정하면 효율적인 DMU가 될 수 있다. 비효율적 DMU에서 가장 많이 참조할 필요가 있는 효율적인 DMU는 DMU32로 분석되었다.

람다의 합은 그 크기가 1보다 작은지 혹은 큰지의 여부에 따라서 분석대상의 DMU가 규모에 대한 수확체감

의 영역에 있는지 아니면 체증의 영역에 있는지를 판별할 수 있는 정보를 제공한다[11]. 규모수익이 IRS인 DMU들은 사업규모를 확대함으로써 최적규모를 달성할 수 있고, DRS인 DMU들은 사업규모를 축소하여 최적규모를 달성할 수 있다.

CCR 모형에서 효율성 점수가 1 미만인 DMU는 초효율성 점수도 동일하며, 효율성 점수가 1 이상인 DMU의 초효율성 점수는 1보다 큰 값들로 나타난다. 이를 통해 효율적인 DMU들의 효율성 점수가 모두 1로 산정되어 이들 서로 간의 효율성의 차이를 알 수 없었던 DEA의 한계를 극복할 수 있다. CCR 모형에서 4개의 효율적인 DMU들의 초효율성 점수는 1 이상으로 추정되어 초효율성 점수의 평균은 0.420으로 CCR 모형의 효율성 점수 평균보다 약 14% 정도 상승하였다.

Table 8은 전체 DMU들의 효율성 분포를 나타낸 것이다. CRS 가정 하에서 국내 방위산업체의 효율성 점수는 전체 41개의 DMU 중 58%에 해당하는 24개의 DMU에서 0.3 이하로 나타나 대체적으로 비효율적인 모습을 보이고 있다.

Table 8. Efficiency Range on CRS and VRS

Eff range	CRS		VRS	
	#	%	#	%
$0 \leq E < 0.1$	6	14.6	1	2.4
$0.1 \leq E < 0.2$	8	19.5	3	7.3
$0.2 \leq E < 0.3$	10	24.4	8	19.5
$0.3 \leq E < 0.4$	3	7.3	6	14.6
$0.4 \leq E < 0.5$	2	4.9	0	0.0
$0.5 \leq E < 0.6$	3	7.3	2	4.9
$0.6 \leq E < 0.7$	3	7.3	4	9.8
$0.7 \leq E < 0.8$	1	2.4	2	4.9
$0.8 \leq E < 0.9$	0	0.0	4	9.8
$0.9 \leq E < 1$	1	2.4	1	2.4
$E = 1$	4	9.8	10	24.4
Min.	0.016		0.098	
1st Qu.	0.178		0.289	
Median	0.243		0.603	
Mean	0.368		0.585	
Mean 3rt Qu.	0.521		0.903	
Max.	1.000		1.000	

Table 9는 대기업 및 중소기업군 별 국내 방위산업체의 효율성을 분석한 것이다. 전 부분에서 대기업의 효율성이 높은 것으로 분석되었다.

Table 9. Efficiency between Large and Small Company

	CRS	VRS	SE
Large Company	0.498	0.670	0.766
Small Company	0.256	0.511	0.570

5. 결론

국내 방위산업은 우리 정부의 자주국방정책에 따른 문화계열화 제도 시행 및 우리 정부의 과감한 투자에 힘입어 첨단 무기체계 개발에 매진하였으며, 이에 양적, 질적으로 많은 성장을 이룩하였다. 하지만, 글로벌 방산시장에서의 경쟁이 가속화되고, 전문화 및 계열화 제도의 폐지에 따라 국내 방산시장도 민수시장처럼 본격적인 경쟁체제가 도입되기 시작하면서 국내 방위산업체에는 경영 효율성 향상 등의 대책이 요구되고 있다.

본 연구에서는 DEA와 Super-SBM 기법을 활용하여 국내 방위산업체의 업무 효율성을 분석하였으며, 연구의 결과는 다음과 같다.

첫째, CCR 모형과 BCC 모형을 활용한 효율성을 살펴보면, 4개의 업체만이 효율적으로 운영되는 것으로 분석되어 국내 방위산업체는 대체로 비효율적인 모습을 보였다. 또한, 분석 대상 기업 중 59%에 해당하는 24개의 업체가 수익규모체감(DRS)인 것으로 분석되었는데, 이는 수작업이 많고 대량생산이 어려운 방위산업의 특성이 반영된 것이라 볼 수 있다.

둘째, 비효율적인 DMU의 람다 값을 분석하여 벤치마킹 대상인 준거집단을 확인할 수 있는데, 비효율적인 DMU에서 가장 많이 참조할 필요가 있는 DMU는 DMU32로 분석되었다.

셋째, 대체로 비효율적인 것으로 분석된 국내 방위산업체의 비효율성의 원인이 규모 측면인지 운영 측면인지를 분석하기 위해 PTE와 SE의 비교하였다. 그 결과 전체 41개의 DMU 중에서 24개의 DMU에서 운영상의 비효율성이 원인이 되었으며, 람다 값을 참고한 투입요소의 개선을 통해 효율적인 업체로 발전할 가능성이 있다.

기존 선행연구 대부분은 분석 대상을 상위 10개 방위산업체에 국한하여 분석을 수행하였다. 본 연구는 대기업과 중소기업을 모두 포함하여 분석을 수행하였다는 점에서 의의가 있지만, 다음의 한계 역시 존재함을 부인할 수 없다.

첫째, 본 연구의 데이터는 한국방위산업진흥회의 "2019년 방산업체 경영분석" 자료를 활용하였으며, 분석 보고서를 통해 데이터를 수집하지 못한 방위사업체는 분석에서 제외시켰다. 향후 방위사업법에 의해 지정된 전체 87곳 방위산업체의 데이터를 조사하여 전체 방위산업체들의 효율성을 분석할 필요가 있다.

둘째, 본 연구에서는 자료수집의 한계로 인해 단일년도에 대한 분석만을 실시하였다. 향후 다년간의 자료 수

집을 통해 국내 방위산업체들의 효율성 추세 분석이 필요할 것으로 판단된다.

셋째, 본 연구는 국내 방위산업체들에 대해서만 분석한 것으로, 국내 방위산업체들의 경영 효율성 향상에 도움이 될 수 있기 위해 글로벌 방위산업체들의 자료를 조사하여 국내외 방위산업체들의 효율성 분석이 필요하다.

향후 본 한계점을 극복할 수 있는 후속연구를 기대해 본다.

References

- [1] S. S. Shon, G. B. Gwon and B. H. Jang, Defense Industry Trend Analysis and Implications, Weekly KDB Report, Vol.689, KDB Bank, Korea, pp.1-9, 2016
- [2] S. M. Jeong, J. S. Oh and Y. I. Song, "An Analysis of Efficiency and Productivity for Defense Industries", *Korean Journal of Policy Analysis and Evaluation*, Vol.20, No.4, pp.301-331, 2010
- [3] C. S. Kim, Development of National Defense Industry, Defense and Technology, Vol.407, Korea Defense Industry Association, Korea, pp.28-35, 2013
- [4] J. Y. Kim, "Analysis of Efficiency and Productivity in Global Arms-producing and Military Services Companies", *International Journal of IT-based Business Strategy Management*, Vol.1, No.1, 2015
DOI: <http://dx.doi.org/10.21742/ijibsm.2015.1.1.01>
- [5] W. J. Jang, H. K. Min, J. Y. Yoon and M. T. Jung, Defense Small & Medium Enterprise' Competitiveness Strengthening Strategy, p.398, Korea Institute for Industrial Economics & Trade, 2014, pp. 73-84
- [6] S. W. Hwang, D. H. Ahn, S. H. Choi, S. H. Kwon and D. P. Chun, Efficiency of National R&D Investment, p.316, Science and Technology Policy Institute, 2009, pp.28-95
- [7] D. K. Yum and H. D. Shin, "Relative Efficiency of Research and Development Business Foundations through Data Envelopment Analysis", *Korean Journal of Public Administration*, Vol.51, No.1, pp.293-319, 2013
- [8] J. B. Lee, DEA Business Management Efficiency, p.515, Myung-Jin Publish, 2013, pp.160
- [9] Y. S. Moon and J. W. Lee, "Measuring and Comparing bank branch efficiency using DEA", *Join Conference of Korean Management Association*, Korean Finance Association, Daegu, Korea, pp.74-111, August, 2014
- [10] K. W. Kim and H. J. Choim, "A Study on the Point of Application for DEA", *The Korea Local Administration Review*, Vol.19, No.3, pp.213-244, 2005
- [11] C. H. Park, "A Study on the Efficiency of Fishing - Ports Based on Super-SBM", *The Journal of Fisheries*

Business Administration, Vol.41, No.3, pp.129-147, 2010

- [12] J. Y. Kim and J. Y. Hong, "Global Competitiveness Analysis of National Defense Industry - DEA and Malmquist Production Analysis -", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.16, No.12, pp.8378-8385, 2015
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2015.16.12.8378>
- [13] S. M. Jung, A Study on Improving Ways for Global Competitiveness of Defense Industries in Domestic - Focused on analysing of Operation Efficiency of Defense Industries in domestic & abroad -, KDIA Defense Study, Korea Defense Industry Association, Korea, pp.1-30, 2012
- [14] I. G. Kang and S. H. Jung, "Efficiency Evaluation of Kimchi Manufacturing Companies using DEA", KORMS/KIIE/ESK/KSIE/KSS Join Spring Conference, Korea Institute of Industrial Engineers, Jeju, Korea, pp.2423-2430, April, 2015

백 지 현(Ji-Hyun Baek)

[정회원]



• 2016년 8월 ~ 현재 : 국방기술품
질원 선임연구원

<관심분야>

기술경영, 정보통신, 데이터과학