

자료포락분석(DEA)을 활용한 국방 기초연구개발 사업의 효율성 분석

임용환
국방기술품질원 기술기획본부

Analyzing the Efficiency of Defense Basic Research Projects using DEA

Yong-Hwan Lim

Technology Planning Bureau, Defense Agency for Technology and Quality

요약 최근 4차 산업혁명의 거대 물결에 맞춰 국방 연구개발의 환경은 첨단 군사기술 중심으로 변모하고 있으며, 특히 선진국은 첨단 국방과학기술의 보호를 위해 기술수출 및 기술이전에 대한 통제를 강화하고 있다. 이러한 이유로 미래 전장환경에 맞는 첨단무기 및 핵심기술의 독자개발 능력 확보를 위한 예산 요구가 증가하고 있으며, 한정된 예산의 효율적 배분을 위해 연구개발 투자에 대한 효율성 제고가 중요하게 부각되고 있다. 본 연구에서는 비모수적 접근법인 자료포락분석(Data Envelopment Analysis, DEA)을 활용하여 국방 기초연구개발 사업에 대한 효율성을 분석하고자 한다. 투입변수로 연구비, 연구인력, 연구기간을 선정하였고, 산출 변수로는 논문, 특허 건수를 사용하였다. CCR(Charnes, Cooper and Rhodes), BCC(Banker, Charnes and Cooper) 모형 및 규모 효율성(Scale Efficiency, SE)을 통해 기초연구개발 사업에 대한 효율성을 분석하였다. 마지막으로 효율성 측정결과를 바탕으로 비효율적인 연구개발 사업은 비효율성의 원인을 제시하고 효율성 개선방안을 제시하였다. 본 연구 국방 기초연구개발 사업에 대한 효율성 분석을 통해 과제 성과관리에 활용하고 환류를 통해 과제기획 단계에 반영할 수 있는 유용한 정보로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

Abstract In line with the recent wave of the 4th Industrial Revolution, the environment for defense R&D is transforming into a center of high-tech military technology. In particular, developed countries are strengthening control of technology exports and technology transfer to protect advanced defense science and technology. For this reason, the budget demand for securing the ability to develop independently high-tech weapons and core technologies suitable for the future battlefield environment is increasing, and increasing efficiency in R&D investment has been highlighted for efficient distribution of limited budgets. This study examined the efficiency of the defense basic R&D project using the non-parametric approach, DEA. The R&D budget, R&D researcher, and R&D period were selected as the input variables, and the number of papers and patents were used as output variables. The efficiency of basic R&D projects was analyzed through CCR, BCC models, and SE. Lastly, based on the efficiency measurements, the cause of the inefficiency of R&D projects was suggested, and ways to improve efficiency were suggested. This study is expected to be used as useful information that can be applied to project performance management through efficiency analysis of basic defense R&D projects and be reflected in the project planning stage through feedback.

Keywords : Defense Basic Research Projects, DEA, Efficiency, CCR, BCC

*Corresponding Author : Yong-Hwan Lim(Defense Agency for Technology and Quality)

email: 11001@dtaq.re.kr

Received June 1, 2020

Accepted July 3, 2020

Revised June 23, 2020

Published July 31, 2020

1. 서론

국방기술 연구개발은 선진국의 기술이전에 대한 통제가 강화되는 상황에서 독자적인 첨단 무기체계 개발능력을 확보하기 위한 선택이 아닌 필수가 되었다. 실제로 미국, 영국 등 국방 선진국들은 미래 전장을 대비한 첨단 무기 및 핵심기술 선점을 위한 치열한 경쟁뿐만 아니라 관련기술에 대한 보호, 통제도 갈수록 강화하고 있다. 최근에는 급속한 과학기술의 발달과 분야 간 융복합화에 따라 현대 무기는 최첨단 무기체계로 변모하고 있고, 사이버전, 유무인복합전 등 과학기술 기반의 전쟁양상으로 변화하는 미래전에 대비할 수 있는 핵심기술 및 첨단무기 확보를 위해 연구개발 예산의 증액 요구가 증대되고 있다.

이러한 이유로 무기체계 개발능력 확보를 위한 국방기술 연구개발 사업의 필요 재원을 확보하기 위해 국방 R&D 예산의 투자에 대한 효율성 제고가 매우 중요하게 부각되고 있으며, 한정된 예산의 효율적인 배분 및 우선순위 조정을 위한 효율성 분석에 대한 중요성도 함께 증대되고 있다.

하지만, 국방 분야는 국가의 안전보장과 자주국방을 위해 군 전력증강을 추진하는 사업으로 인식되었고, 국방 예산은 연구개발 투자의 개념보다는 국방비의 일부로서 인식되어 투입 대비 산출에 대한 효율성 평가는 많이 강조되지 않았다[1,2]. 과거 국방 분야 효율성 분석은 방위 산업체의 경영 효율성 및 생산성 분석에 초점을 둔 연구가 일부 수행되었으나, 국방기술 연구개발 사업을 통해 산출되는 성과를 고려한 효율성 분석은 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 비모수적(non-parametric) 접근법인 자료포락분석(Data Envelopment Analysis, 이하 DEA)을 활용하여 국방 기초연구개발 사업에 대한 효율성을 분석하고자 한다. 또한 기초연구개발 유형별 효율성 및 비효율성의 원인 분석과 효율성 개선방안을 제시하고자 한다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 국방기초연구개발 사업에 대한 간략한 소개와 DEA를 활용한 기존의 효율성 분석에 관한 선행연구를 살펴본다. 제 3장에서는 효율성 측정을 위한 연구모형에 대해 간략히 기술하고, 제 4장에서는 DEA 모형을 사용하여 효율성을 측정한다. 효율성 측정결과 비효율적인 연구개발 사업은 비효율성의 원인을 제시하고 효율성 개선방안을 제시한다. 제 5장에서는 결론 및 연구 한계점을 제시하고자 한다.

2. 이론적 배경 및 선행연구 고찰

2.1 국방기술 연구개발 사업

국방기술 연구개발은 무기체계에 필요한 기술을 다양한 방법으로 확보하기 위한 연구개발 사업이다. 사업형태에 따라 기초연구, 핵심기술개발, 신개념기술시범, 민·군겸용, 핵심부품국산화 개발지원 사업 등으로 분류된다[3]. 이 중 기초연구는 국방과학기술분야에 필요한 기반기술 확보를 위해 수행되는 연구로서, 핵심원천기술 확보를 통한 선진 국방과학기술 기반확보를 위해 수행되는 사업이다. Table 1은 기초연구개발 사업의 다양한 추진 형태를 보여준다.

Table 1. Overview of Basic Research Projects

Program (Code)	Description
General Basic Research (GBR)	Obtain original technology in the field of defense technology and future source technology that can be used to develop new concept weapon system
Pure Basic Research (PBR)	Promote the project through liberal offerings in the field of defense science and technology, such as physics, chemistry, biology, and mathematics
International Joint Research (IJR)	Promote the project through liberal offerings in cooperation with international professors in targeting participating professors in general universities and specialized research centers
Specialized Laboratory (SL)	Group research system of the defense specialized research center composed of five or more basic research fields required for future core technology fields
Specialized Research Center (SRC)	Research centers committed to academic research institutes and departments to focus on specific technology areas

2.2 DEA

DEA는 다수의 투입물로 다수의 산출물을 생산하는 의사결정단위(Decision Making Unit, 이하 DMU)의 상대적인 효율성을 측정하는 비모수적 효율성 측정방법이다[4]. 즉, 다수의 투입, 산출요소를 갖는 DMU의 효율성을 투입요소들의 가중합(weighted sum)과 산출요소들의 가중합의 비율로 측정된 후, 유사한 활동을 수행하는 다른 DMU들의 효율성과 비교하여 상대적인 효율성을 측정한다.

Farrell[5]의 효율성 개념을 확장한 가장 대표적인 DEA 모형으로 Charnes, Cooper and Rhodes[6]의 CCR 모형과 Banker, Charnes and Cooper[7]의 BCC 모형

이 있다. 규모수익불변(Constant Return to Scale)을 가정한 CCR 모형은 모든 DMU가 최적의 규모에서 운영될 때 적합하지만 규모 효율성(Scale Efficiency, 이하 SE)과 순수기술효율성(Pure Technical Efficiency, 이하 PTE)을 구분하지 못하는 단점이 있다. 이런 CCR 모형의 한계를 극복하기 위해 규모수익가변(Variable Return to Scale)을 가정하고 볼록성 조건(convexity condition)을 추가한 BCC 모형이 제시되었다[8]. 규모 수익가변은 투입요소의 비율을 일정하게 유지하면서 규모 확대 시 산출요소 양의 변화를 살펴보는 개념으로 규모수익체감(Decreasing Return to Scale, 이하 DRS), 규모수익체증(Increasing Return to Scale, 이하 IRS)으로 구분할 수 있다[9]. 규모 효율성(SE)은 CCR 모형에서 측정된 기술효율성(Technical Efficiency, 이하 TE) 값을 BCC 모형에서 측정된 순수기술효율성(PTE) 값으로 나누면 구할 수 있다. 규모 효율성 값이 '1'이면 최적의 규모상태를, '1'보다 작으면 현재의 투입, 산출이 규모의 효율성을 달성하지 못하고 있음을 의미한다.

2.3 선행연구

기존 국방 분야의 효율성 분석은 방위산업체의 경영자료를 활용한 기업의 효율성 또는 생산성 제고를 통한 경쟁력 향상 방안에 관한 연구가 주로 수행되어 왔다. 국내외 방위산업체의 효율성 분석[10-14], 절충교역 획득기술에 대한 효율성 분석[15], 국내 방위산업 글로벌 경쟁력 분석[16] 등의 연구가 있다. 국방 분야에서 DEA 모형을 활용하여 효율성을 분석한 선행연구는 Table 2와 같다. 국방 연구개발과 관련된 연구는 핵심기술개발 사업에 대한 효율성 분석[17-18] 연구가 일부 수행되었으나, 기

초연구개발 사업에 대한 효율성 분석 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구는 국방 기초연구개발 사업에 대한 연구개발 유형별 효율성 분석 및 비효율성의 원인 분석과 효율성 개선방안을 제시한다는 측면에서 기존 연구와 차별화된다고 할 수 있다. 본 연구는 국방 기초연구개발 사업에 대한 효율성 분석을 통해 과제 성과관리에 활용하고 환류를 통해 과제기획 단계에 반영하고자 한다. 또한 한정된 국방 예산의 효율적 배분을 위해 국방 기초연구개발 사업에 대한 전략 및 투자방향 수립을 위한 시사점을 제공하고자 한다.

3. 연구방법

3.1 연구모형 및 분석대상

본 연구의 수행절차는 Fig. 1과 같다. 먼저 분석대상인 국방 기초연구개발과제 성과분석 데이터를 수집한다. 분석에 사용된 논문, 특허 산출물은 전문가의 검토를 통해 객관성이 확보된 자료이다. 이어 앞 절에서 살펴본 국방 분야 효율성 분석 선행연구를 바탕으로 본 연구의 분석 목적에 부합하는 변수를 선정한다. 마지막으로 DEA 모형을 활용하여 효율성을 측정하고, 비효율성의 원인 분석 및 효율성 개선방안을 제시하고자 한다.

본 연구는 2013년~2015년까지 개발 완료된 국방 기초연구개발과제 60개 DMU를 대상으로 효율성을 측정하였다. 실제 종료된 과제는 66개이나 산출결과가 분석에 활용할 수 없는 이상점을 갖는 6개 과제는 분석에서 제외하였다. 또한 기초연구분야 5개 내외의 과제로 구성된 특화연구센터 연구실단위의 특화연구실은 수집된 데

Table 2. Previous studies on the efficiency analysis of defense sector

Researcher	Variables		Methodology
	Input	Output	
Jung(2005)	R&D budget, Employee, Total assets	Total sales	DEA
Jung et al. (2010)	Employee, Total assets, Material cost	Total sales	DEA
Jung and Yu (2011)	Employee, Total assets, Material cost	Total sales	DEA
Jeon et al. (2012)	R&D budget, R&D researcher, Total assets, Operation rate	Total sales	DEA
Park(2013)	R&D budget, R&D researcher	Patent, Commercialization	DEA
Hong et al. (2014)	R&D period	Paper, Technology diffusion, Commercialization	DEA
Kim and Hong (2015)	Total assets, Employee, Expenses	Total sales, Profit	DEA, Malmquist
Park and Ma (2018)	R&D budget, R&D researcher, R&D period	Paper, Patent, Acquisition technology	Bootstrap DEA
Chae et al. (2019)	Employee, Weapon System Cost	Total sales, Net profit	DEA

이터가 없어 본 연구의 분석대상에서는 제외하였다. 이는 국방 기초연구개발과제 효율성 평가 시 이상점으로 인해 개별 DMU의 효율성 값이 다소 달라질 수 있음을 예상할 수 있다.

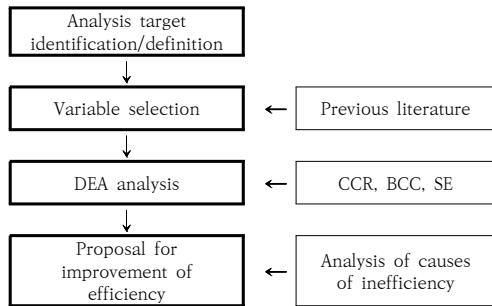


Fig. 1. Research framework

3.2 변수 선정

의미 있는 효율성 분석을 위해서는 대상 사업의 목표에 부합하고, 사업 특성을 최대한 반영할 수 있는 변수를 선정하는 것이 중요하다[19]. 제 2.3절에서 살펴본 바와 같이 측정 대상이 연구개발사업인 경우에 투입변수로 연구비, 연구인력, 연구기간을 사용하였으며, 산출변수로는 논문, 특허, 실용화, 기술확산, 획득기술 실적을 사용하였다. 이에 본 연구에서는 국방 분야에서 DEA를 활용하여 효율성을 측정할 선행연구들을 검토하였으며, 이를 바탕으로 Table 3과 같이 5개의 측정변수를 선정하였다.

Table 3. Variables

Type	Variables	Definition
Input	R&D budget	Total research funding for the project (100 million won)
	R&D researcher	Total participating researcher (M/Y)
	R&D period	Total R&D period (months)
Output	Paper	Number of papers published in domestic / foreign journals
	Patent	Number of patents applied or registered at home and abroad

투입변수로는 기존 연구에서 가장 많이 사용되어 온 연구비, 연구인력, 연구기간을 선정하였다. 연구비는 정부에서 출연한 연구비로 정의하였으며, 연구인력은 과제에 투입된 총 투입인원(M/Y) 합산으로 정의하였다. 연구기간은 전체 연구개발 기간을 의미한다. 산출변수로는 연구개발 성과물로 인식되고 있는 논문, 특허를 선정하였다. 논문은 연구자의 기초연구 결과를 평가하는 객관적

기준의 성과지표로 연구개발 결과물로서 중요한 산출요소라고 할 수 있다[7]. 특허는 연구개발 결과를 바탕으로 기술지식을 측정하는 요소로 창의적 산출요소의 중요한 요인으로도 활용되고 있다[20].

4. 실증분석

4.1 기술통계량 및 상관분석

분석에 사용된 투입, 산출변수의 기술통계량은 Table 4와 같다. 투입변수의 평균값은 연구비 4.51억원, 연구인력 10.62명, 연구기간은 63.35개월로 나타났다. 산출변수의 평균값은 논문 6.19건, 특허 1.53건으로 특허보다는 논문 성과가 많이 발생하였다.

Table 4. Descriptive statistics of data

Variables	Max	Min	Avg	Std
R&D budget	14.55	1.06	4.51	3.01
R&D researcher	54.00	0.89	10.62	10.59
R&D period	108.00	27.00	63.35	29.49
Paper	43.50	0.00	6.19	7.79
Patent	22.00	0.00	1.53	3.14

투입, 산출변수 간의 상관관계를 분석한 결과는 Table 5와 같다. 연구비는 연구인력(0.332), 연구기간(0.775), 논문(0.762)과 양(+)의 상관관계를 나타내고 있다. 연구인력은 연구기간(0.355), 논문(0.279)과 양(+)의 상관관계를, 연구기간은 논문(0.589)과 양(+)의 상관관계를 보이고 있다. 전반적으로 변수 상호간에 유의한 상관관계를 나타내고 있어 변수 선정은 적절하다는 사실을 확인할 수 있다.

Table 5. Correlation analysis among variables

Variables	R&D budget	R&D researcher	R&D period	Paper	Patent
R&D budget	1.000				
R&D researcher	0.332** (0.010)	1.000			
R&D period	0.775** (0.000)	0.355** (0.005)	1.000		
Paper	0.762** (0.000)	0.279* (0.031)	0.589** (0.000)	1.000	
Patent	0.088 (0.504)	0.205 (0.117)	0.222 (0.089)	0.320 [†] (0.013)	1.000

** P≤0.01, * P≤0.05

4.2 DEA를 활용한 효율성 분석

기초연구개발과제 60개 DMU를 대상으로 CCR 모형에 의한 기술효율성(TE), BCC 모형에 의한 순수기술효율성(PTE)을 분석한 결과는 Table 6과 같다. CCR 모형의 기술효율성은 평균 0.407(40.7%), BCC 모형의 순수기술효율성은 평균 0.549(54.9%)로 나타났다. 개별 DMU들의 효율성 관점에서 살펴보면 4~11개(6.7~18.3%)의 DMU가 효율적으로 나타났으며, 다수의 DMU들은 상대적으로 비효율적인 분포를 보였다. 즉 CCR 모형에서는 4개 DMU(6.7%), BCC 모형에서는 11개 DMU(18.3%)가 효율성 값이 1을 보인 효율적인 DMU로 나타났다.

Table 6. Analysis results by DEA

	Number of Efficient DMUs	Number of Inefficient DMUs	Average Efficiency
TE(CCR)	4(6.7%)	56(93.3%)	0.407
PTE(BCC)	11(18.3%)	49(81.7%)	0.549

Table 7은 기초연구개발과제 유형에 따른 효율성 분석 결과를 나타낸 것이다. CCR 모형에서는 프로그램 SRC가 효율적인 DMU 비율이 상대적으로 높은 것으로 나타났다. 전체 34개 DMU 중 4개(11.8%)의 DMU가 효율적인 DMU로 나타났으며, 기술효율성(TE) 평균이 51%로 49%는 효율성을 개선할 필요가 있다는 것을 의미한다. 프로그램 GBR, PBR, IJR은 모두 효율적인 DMU가 단 한 개도 존재하지 않는 것으로 나타나 기초연구개발과제 4개 프로그램 중 가장 비효율적인 유형으로 나타났다. BCC 모형에서는 프로그램 PBR(80%)이 효율적인 DMU 비율이 상대적으로 높은 것으로 나타났으며, 프로그램 IJR(50%), SRC(11.8%) 순으로 나타났다. 프로그램 GBR은 전체 17개 DMU 중 1개(5.9%)의 DMU가 효율적인 DMU로 나타나 기초연구개발과제 4개 프로그램 중

Table 7. Analysis results by basic research type

Program	TE(CCR)			PTE(BCC)		
	Number of Efficient DMUs	Number of Inefficient DMUs	Average Efficiency	Number of Efficient DMUs	Number of Inefficient DMUs	Average Efficiency
GBR	-	17(100%)	0.217	1(5.9%)	16(94.1%)	0.413
PBR	-	5(100%)	0.294	4(80%)	1(20%)	0.943
IJR	-	4(100%)	0.473	2(50%)	2(50%)	0.685
SRC	4(11.8%)	30(88.2%)	0.510	4(11.8%)	30(88.2%)	0.543

가장 비효율적인 유형으로 나타났다. CCR, BCC 모형 모두 효율적인 DMU 비율이 낮게 나타난 프로그램 GBR은 기초연구개발과제 4개 프로그램 중 가장 비효율적인 연구개발 유형의 특징을 보이고 있다.

4.3 비효율성 원인 분석 및 개선방안

CCR 모형의 기술효율성(TE)과 BCC 모형의 순수기술효율성(PTE)을 통해 규모의 효율성($SE = \frac{TE}{PTE}$)을 구할 수 있으며, 순수기술효율성과 규모의 효율성 관계를 통해 DMU의 비효율성 원인이 순수기술적 측면에서 발생하는 것인지 또는 규모 측면에서 발생하는 것인지를 파악하여 효율성 개선 방향을 제시할 수 있다. 즉, 규모의 효율성 값보다 순수기술효율성 값이 클 경우에는 비효율성의 원인이 생산 규모 측면에 있으며, 반대로 순수기술효율성 값보다 규모의 효율성 값이 클 경우에는 비효율성의 원인이 주어진 투입을 최대의 산출로 전환하는 기술적 측면에 있다고 할 수 있다.

Table 8에서 기술효율성, 순수기술효율성 값이 모두 1인 DMU는 규모의 효율성에서도 효율성 값이 1을 나타내므로 DMU 41, 47을 포함한 총 4개의 DMU는 최적의 규모로 연구개발 효율성을 달성한 과제라고 할 수 있다. 나머지 56개 DMU 중 비효율성 원인이 규모 측면인 DMU는 15개(25%), 기술적 측면인 DMU는 41개(68%)로 나타났다. 대부분의 DMU가 기술적 원인에 의해 비효율적인 것으로 나타나 과제 규모의 확대보다는 산출증대를 통해 효율성을 개선할 필요가 있다.

Table 9는 기초연구개발과제 유형에 따른 규모의 효율성 분석 결과를 나타낸 것이다. 프로그램 SRC는 전체 34개 DMU 중 4개(11.7%) DMU가 최적의 규모 효율성을 달성한 것으로 나타났으며, DMU는 기술 및 규모 측면에서 모두 비효율적인 것으로 나타났다. 프로그램 GBR, PBR, IJR 모두 규모의 효율성을 달성한 DMU가 단 한 개도 존재하지 않는 것으로 나타났다.

Table 8. Inefficiency analysis results by SE

DMU	TE (CCR)	PTE (BCC)	SE	Causes of Inefficiency		DMU	TE (CCR)	PTE (BCC)	SE	Causes of Inefficiency	
				PTE	SE					PTE	SE
DMU1	0.277	0.565	0.490		◆	DMU31	0.707	0.790	0.894	◆	
DMU2	0.059	0.198	0.298	◆		DMU32	0.880	0.926	0.951	◆	
DMU3	0.076	0.198	0.384	◆		DMU33	0.494	0.555	0.889	◆	
DMU4	0.382	0.386	0.989	◆		DMU34	0.593	0.628	0.943	◆	
DMU5	0.380	0.960	0.395		◆	DMU35	0.573	0.581	0.985	◆	
DMU6	0.161	0.395	0.408	◆		DMU36	0.239	0.269	0.888	◆	
DMU7	0.367	0.392	0.938	◆		DMU37	0.150	0.160	0.934	◆	
DMU8	0.113	0.119	0.947	◆		DMU38	0.214	0.265	0.808	◆	
DMU9	0.280	0.593	0.472		◆	DMU39	0.336	0.367	0.916	◆	
DMU10	0.110	0.282	0.391	◆		DMU40	0.875	0.943	0.927		◆
DMU11	0.141	0.150	0.939	◆		DMU41	1.000	1.000	1.000		
DMU12	0.155	0.163	0.951	◆		DMU42	0.741	0.788	0.940	◆	
DMU13	0.045	0.049	0.928	◆		DMU43	0.324	0.325	0.997	◆	
DMU14	0.188	0.500	0.376		◆	DMU44	0.220	0.268	0.823	◆	
DMU15	0.376	1.000	0.376		◆	DMU45	0.455	0.494	0.921	◆	
DMU16	0.361	0.387	0.932	◆		DMU46	0.267	0.292	0.915	◆	
DMU17	0.222	0.678	0.327		◆	DMU47	1.000	1.000	1.000		
DMU18	0.622	1.000	0.622		◆	DMU48	0.653	0.687	0.950	◆	
DMU19	0.180	0.714	0.252		◆	DMU49	0.316	0.633	0.499		◆
DMU20	0.187	1.000	0.187		◆	DMU50	1.000	1.000	1.000		
DMU21	0.252	1.000	0.252		◆	DMU51	1.000	1.000	1.000		
DMU22	0.228	1.000	0.228		◆	DMU52	0.547	0.547	0.999	◆	
DMU23	0.139	0.273	0.509	◆		DMU53	0.395	0.395	0.999	◆	
DMU24	0.466	0.466	0.999	◆		DMU54	0.320	0.320	0.999	◆	
DMU25	0.436	1.000	0.436		◆	DMU55	0.547	0.624	0.878	◆	
DMU26	0.850	1.000	0.850		◆	DMU56	0.711	0.711	0.999	◆	
DMU27	0.317	0.343	0.924	◆		DMU57	0.366	0.377	0.970	◆	
DMU28	0.044	0.045	0.976	◆		DMU58	0.508	0.534	0.951	◆	
DMU29	0.161	0.161	0.999	◆		DMU59	0.279	0.285	0.980	◆	
DMU30	0.500	0.514	0.974	◆		DMU60	0.614	0.620	0.991	◆	

Table 9. SE analysis results by basic research type

Program	Inefficiency of pure technology	Inefficiency of scale	Optimal efficiency
GBR	11(64.7%)	6(35.3%)	-
PBR	-	5(100%)	-
IJR	2(50%)	2(50%)	-
SRC	28(82.4%)	2(5.9%)	4(11.7%)

DEA 모형에서 비효율적인 DMU는 준거집단 또는 참조집합과의 비교를 통해 비효율 개선방안을 모색하고 효율적으로 되기 위해 달성해야 할 구체적인 목표를 제시해 준다. 즉 DMU별로 투입 감소분과 산출 증가분에 관련된 구체적인 비효율의 정도를 얻을 수 있다. Table 10은 기초연구개발과제 유형별 비효율성 개선을 위한 투입/산출변수별 목표량을 나타낸 것이다. 전체적으로 살펴보면 투입변수인 연구비는 평균 15%, 연구인력은 평균 25%, 연구기간은 평균 21% 축소가 필요하고, 산출변수

인 논문은 평균 10%, 특허는 평균 373% 증대가 필요한 것으로 나타났다. 투입 측면에서는 연구인력 축소가, 산출 측면에서는 특허 증대가 가장 많이 필요한 것으로 나타났다. 프로그램 PBR은 투입측면에서, 산출측면에서는 프로그램 IJR이 가장 효율적으로 연구개발을 수행한 것으로 나타났다.

Table 10. Target quantity to improve inefficiency

Program	R&D budget	R&D researcher	R&D period	Paper	Patent
GBR	-2.8(5%)	-99.8(46%)	-99.3(13%)	+13.3(36%)	+48.5(441%)
PBR	-0.3(5%)	-	-60.2(13%)	-	+8.5(853%)
IJR	-6.4(40%)	-5.6(32%)	-43(29%)	-	+2.1(52%)
SRC	-17.8(9%)	-79.2(20%)	-736.2(27%)	+13.5(4%)	+111.9(145%)
Avg	-6.8(15%)	-46.2(25%)	-234.7(21%)	+6.7(10%)	+42.8(373%)

5. 결론

본 연구에서는 DEA를 활용하여 국방 기초연구개발 사업에 대한 효율성을 분석하고, 기초연구개발 유형별 효율성 및 비효율성의 원인 분석과 효율성 개선방안을 제시하였다. 본 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

기초연구개발과제 60개 DMU를 대상으로 효율성을 분석한 결과, CCR 모형에서는 4개 DMU가 효율적으로 나타났으며, BCC 모형에서는 11개 DMU가 효율적으로 나타났다. 하지만 다수의 DMU들은 상대적으로 비효율적인 분포를 보였다.

연구개발 유형에 따른 효율성을 분석한 결과, CCR 모형에서는 프로그램 SRC가 효율적인 DMU 비율이 상대적으로 높은 것으로 나타났다. BCC 모형에서는 프로그램 PBR이 효율적인 DMU 비율이 상대적으로 높은 것으로 나타났다. CCR, BCC 모형에서 프로그램 GBR은 기초연구개발과제 4개 프로그램 중 가장 비효율적인 연구개발 유형으로 분류되었다.

기초연구개발과제의 비효율성 원인은 대부분의 DMU가 규모 측면이 아닌 기술적 원인에 의한 것으로 나타나 과제 규모의 확대보다는 산출증대를 통해 효율성 개선이 필요하다.

마지막으로 비효율성 개선을 위해서는 연구비는 평균 15%, 연구인력은 평균 25%, 연구기간은 평균 21% 축소가 필요하고, 논문은 평균 10%, 특허는 평균 373% 증대가 필요하다.

본 연구는 그동안 국방 분야 효율성 분석에서 미흡했던 기초연구개발 사업에 대한 효율성을 측정하고 비효율성 원인 및 개선방안을 제시하였다는데 의의가 있다. 또한 연구개발 유형별 효율성 분석결과는 향후 기획 환류를 통한 과제기획 단계에서 유용한 기초자료로 활용이 가능할 것으로 예상된다.

본 연구는 다음과 같은 한계점을 가지고 있다. 첫째, 기존 선행연구를 바탕으로 DEA 분석을 위한 산출변수를 선정하였으나 국방 기초연구개발 사업의 특성을 반영할 수 있는 후속과제 연계여부, 인력양성 등 실질적인 측면에 대한 고려가 필요하다. 둘째, 성과자료 수집의 한계로 정적 효율성 분석만을 수행하였으나 향후에는 다년간의 자료를 이용하여 시간의 따른 효율성 변화를 측정할 수 있는 동태적 효율성 분석연구가 추가적으로 필요하다.

References

- [1] H. Lee, S. Yang, "Efficiency Analysis of Defense Technology R&D Project", *Korea Technology Innovation Conference Annual Conference*, KOTIS, Korea, pp.92-105, Fall 2014.
- [2] S. Choi, H. Cho, J. Kang, J. Han, B. Kim, Y. Seo, J. Lee, "A Study on the Efficiency Reward and Improvement Patterns for Enhancing National R&D Performance", Policy Research Report, University of Seoul, pp.42
- [3] H. Lee, *A Study on Analyzing the Efficiency of Defense R&D Projects : DEA Approach*, Ph.D dissertation, University of Konkuk, Seoul, Korea, pp.19-20, 2015.
- [4] H. Lee, S. Jeong, "A Study on the Efficiency Analysis of Defense Technology Research and Development Projects", *Proceedings of the Korea Technology Innovation Society Conference*, KAIS, Jeju, Korea, pp.92-105, Oct 2014.
- [5] M. J. Farrell, "The Measurement of productivity Efficiency", *Journal of Royal Statistical Society: Series A*, Vol.120, No.3, pp.253-267, 1957.
DOI: <https://doi.org/10.2307/2343100>
- [6] Charnes, A., Cooper, W. and Rhodes, E., "Measuring the Efficiency of Decision-making Units", *European Journal of Operational Research*, Vol.2, No.6, pp.429-444, Nov 1978.
DOI: [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)
- [7] Banker, R. D., Chanes, A. and Cooper, W. W., "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiency in Data Envelopment Analysis", *Management Science*, Vol.30, No.9, pp.1078-1092, Sep 1984.
DOI: <https://doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078>
- [8] C. Lee, K. Cho, "Efficiency Analysis and Strategic Portfolio Model of National Health Technology R&D Program using DEA : Focused on Translational Research", *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, Vol.40, No.2, pp.172-183, Apr 2014.
DOI: <https://doi.org/10.7232/JKIE.2014.40.2.172>
- [9] G. Kim, K. Kwak, "Adverse Selection in the Government R&D Support for Venture Business : Evidence from the Managerial Efficiency Comparison of the Recipient and Non-recipient of R&D Grants", *Journal of Korea Technology Innovation Society*, Vol.21, No.4, pp.1366-1385, Dec 2018.
- [10] G. Jung, *Efficiency Analysis of European Defense Industry Using DEA Model*, Master's Thesis, National Defense University, Nonsan, Korea, 2005.
- [11] J. Chae, M. Park and S. Jung, "A study on how to improve international competitiveness of domestic defense industry companies in the top 100 in the world", *Defense and Technology*, Vol.485, pp.82-103, Jul 2019.
- [12] S. Jung, J. Oh and Y. Song, "An Analysis of the Efficiency and Productivity for Defense Industries",

The Korean Association For Policy Analysis And Evaluation, Vol.20, No.4, pp.301-331, Dec 2010.

- [13] G. Jeon, S. Jung and H. Yu, "Analysis of the Efficiency of Domestic Defense Industries Considering a Return to Scale : Focused on Production Costs and R&D Inputs", *Korea Association of Defense Industry Studies*, Vol.19, No.2, pp.1-19, Dec 2012.
- [14] S. Jung, H. Yu, "Analysis of Operational Efficiency of Defense Industry Using Fuzzy-DEA: Focused on Communication Electronics", *Korea Association of Defense Industry Studies*, Vol.18, No.2, pp.62-80, Dec 2011.
- [15] S. Hong, J. Seo and S. Shim, "An Analysis of Application Performance of Defense R&D Technologies Acquired by Offset Programs", *Journal of Technology Innovation*, Vol.22, No.2, pp.1-30, 2014.
DOI: <https://doi.org/10.14383/SIME.2014.22.2.001>
- [16] J. Kim, J. Hong, "Global Competitiveness Analysis of Domestic Defense Industry: DEA and Malmquist Production Analysis", *Journal of Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.16, No.12, pp.8378-8385, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2015.16.12.8378>
- [17] S. Park, *Efficiency Analysis of Defense R&D Program and Improvement Plan*, Ph.D dissertation, University of Dongyang, Pung-gi, Korea, 2013.
- [18] J. Park, J. Ma, "A Study on the Application of Bootstrap DEA for Defense R&D Efficiency Evaluation", *Korean Journal of Military Art and Science*, Vol.74, No.3, pp.295-313, Oct 2018.
DOI: <https://doi.org/10.31066/kjmas.2018.74.3.011>
- [19] S. Byun, J. Han, "Efficiency Estimations for the Government Driven R&D Projects in IT Industries", *Institute for Law of Science and Technology*, Vol.15, No.2, pp.179-206, Dec 2009.
DOI: <https://doi.org/10.32430/ilst.2009.15.2.179>
- [20] Griliches. Z., "Patent Statistics as Economics Indicators : A Survey", *Journal of Economics Literature*, Vol.18, No.4, pp.287-343, Jan 1998.

임 용 환(Yong-Hwan Lim)

[정회원]



• 2007년 7월 ~ 현재 : 국방기술품
질원 선임연구원

<관심분야>

기술기획, 기술경영, 성과평가