

DEA를 활용한 국방벤처 지원사업 연구개발 및 사업화 성과 분석

박진수, 김진하*
국방기술진흥연구소

R&BD Performance Analysis of Defense Venture Program Using DEA

Jin-Soo Park, Jin-Ha Kim*

Korea Research Institute for defense Technology planning and advancement

요약 민간 중소기업의 국방진출 활성화를 목적으로 하는 국방벤처 지원사업은 기업이 보유한 기술과 아이디어를 바탕으로 국방에 적용할 수 있도록 연구개발을 지원하는 사업이다. 이 사업은 '15년부터 방위사업청 출연금으로 운영되어 84개 과제를 지원해왔으며, 사업초기에 선정된 과제의 성과가 '18년부터 발생하고 있는 성과발생 초기단계의 사업이다. 향후 예산의 효율적인 활용과 효과적인 지원방안 수립을 위해 초기성과에 대한 분석이 필요한 상황이다. 본 연구에서는 현재까지 누적된 3년간의 성과분석을 위해 자료포락분석을 활용하였으며, 사업의 특성을 고려하여 기술성과와 사업화성과를 복합적으로 고려할 수 있는 단계별 성과분석모형을 적용하였다. 또한, 과제별로 투입된 예산 대비 연구개발 및 사업화효율성을 비교하였으며, 우수과제의 성과요인 파악을 위해 과제별 특성에 따라 분류하여 분석하였다. 분석결과를 바탕으로, 전반적인 성과분포와 높은 효율성을 갖는 과제의 특성을 확인하였고 이를 통해 효율적인 사업수행 및 지속적인 성과창출을 위한 발전 방안에 대해 고찰하였다. 향후 본 연구를 기반으로 효과적인 지원방안 수립이 가능할 것이며, 결과적으로는 국방벤처 지원사업의 효율성 강화와 우수성과 확대가 기대된다.

Abstract The defense venture support program supports development so that it can be applied to the defense sector based on their technology and ideas to revitalize the private advancement of small and medium-sized enterprises to the defense sector. Since 2015, it has been operated with contributions from the Defense Acquisition Program Administration and has supported 84 projects. Moreover, it is an early stage in which results have been derived after 2018. In this study, the R&BD efficiency derived according to the budget for each project was compared using data envelopment analysis and classified and analyzed according to the characteristics of each project to identify the performance factors for each outstanding project. Based on the analysis results, this study considered support plans for efficient support programs and continuous performance creation in the future. As a result, it is expected that the effectiveness of the defense venture support project will be strengthened, and excellent performance will be expanded based on this study.

Keywords : Defense Industry, Military, Small and Medium Enterprises, R&D, Data Envelopment Analysis

1. 서론

방위산업은 국가 방위를 목적으로 한다는 점에서 국가적으로 반드시 필요한 전략산업이다. 또한, 타 국가로부

터의 기술적인 자립이 절대적으로 필요하다는 특징을 가진 산업분야이다. 최근 국방분야 전략물자 수출이나 핵심 기술의 이전에 대하여 미국을 비롯한 선진국들의 통제가 더욱 심화되고 있는 상황이고, 민간분야에서도 일본의 수

*Corresponding Author : Jin-Ha Kim(Korea Research Institute for defense Technology planning and advancement)
email: kimjinha20@dtqa.re.kr

Received April 22, 2021

Revised May 14, 2021

Accepted June 4, 2021

Published June 30, 2021

출규제에 따라 특히 소재·부품·장비 분야의 독자적 기술 능력 확보에 대한 필요성이 더욱 강조되고 있다.

이러한 점을 고려하여, 정부는 국방 무기체계 핵심부품 등의 개발 및 독자적 기술개발 능력의 확보를 위해 노력하고 있으며, 국방 연구개발 투입예산도 Fig. 1과 같이 매년 증가하고 있다. 2021년 기준으로 국방예산의 약 8.2%인 4조 3,314억 원이 국방 R&D 사업으로 투입되었다. 이는 5년 전의 2조 5,571억에 비해 69.4%가 증가한 금액이다.

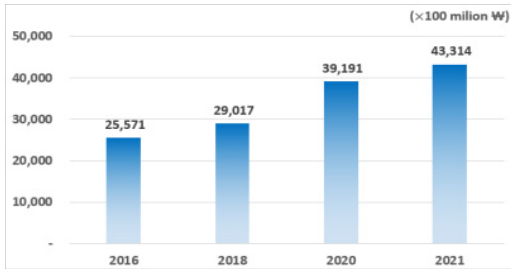


Fig. 1. Defense R&D Budget Trend

한편, 정부에서는 2020년 100대 국정과제 발표를 통해, '4차 산업혁명 시대에 걸맞은 방위산업 육성' 과제를 제시하였으며, '방산 중소기업 육성'을 주요 키워드로 표현하고 있다. 방위사업청에서 발표한 「18-22 방위산업 육성 기본계획」에서도 4대 정책방향의 하나로 '유망 중소·벤처기업 육성'을 제시하였다. 정부의 정책기조와 같이 방위산업에서 중소기업의 참여는 매우 중요하다. 중소기업이 사회·경제적으로 미치는 영향이 크고, 건강한 산업생태계 구성을 위해 큰 역할을 할 수 있기 때문이다.

통계청 전국기업체 조사에 따르면, 제조업 분야의 중소기업은 전체의 97.9%, 종사자 수는 전체의 71.4%를 차지한다. 방위산업에서도 중소기업이 참여기업의 92%를 차지하고 있다. 이처럼 전 산업분야에 걸쳐 절대 다수를 차지하고 있는 중소기업이 사회·경제적으로 미치는 영향력은 매우 클 수밖에 없다.

또한, 4차 산업혁명 시대를 맞아 끊임없는 기술트렌드의 변화와 혁신이 요구되는 상황에서 중소기업이 가진 유연하고 민첩하다는 특징은 큰 장점이 될 수 있다. 그리고 첨단기술을 보유한 다양한 중소기업의 방위산업 참여를 통해 건강한 산업생태계를 조성 할 수 있다는 점에서 중소기업의 참여는 매우 중요하다[1].

다만, 국방분야와 방위산업의 폐쇄성 및 높은 진입장벽, 장기간에 걸친 획득절차라는 특성에 따라 중소기업의 참여가 위축될 수 있어 중소기업의 국방진입을 촉진할

수 있는 지원활동은 필수적이다.

이를 위해 방위사업청은 2015년부터 '국방벤처 지원사업'을 통해 중소기업의 기술개발을 지원하여, 민간의 국방진입 활성화를 도모하고 있으며, 국방기술진흥연구소는 전문기관으로서 지원사업의 과제기획, 선정, 개발관리, 성과관리 등 사업 전반을 수행하고 있다. Table 1은 국방벤처 지원사업의 개요이다.

Table 1. Summary of defense Venture Support Program

| Distribution | Details Description |
|-----------------|---|
| Objective | Providing opportunities for private SMEs to Participate in Defense Industry |
| Proposal Method | Bottom-Up |
| Target | SMEs |
| fund & Period | (Max.) 300million won & 2years * within 75 % of total cost |

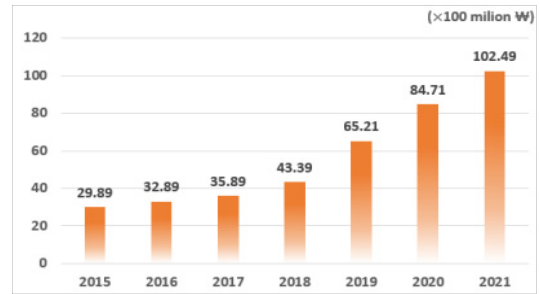


Fig. 2. Defense Venture Support Program Budget Trend

국방벤처 지원사업이 시행된 2015년 이후, 사업예산은 Fig. 2와 같이 지속적인 증가추세에 있으며, 최근 방위산업 활성화를 위한 '방위산업 발전법' 제정으로 방위산업 분야 중소기업 지원근거가 보다 강화되어 향후 국방벤처 지원사업 사업예산 증가가 더욱 가속화 될 것으로 예상하고 있다.

한편, 국방벤처 지원사업은 매년 종료과제에 대한 연구개발 활용실적을 조사하고 있으며, 사업초기에 선정된 과제의 성과가 '18년도부터 발생하고 있는 성과발생 초기단계의 사업이다. 이에 따라, 도출된 성과에 대한 초기 분석 및 체계적 분석방안에 대한 연구를 통해 사업예산의 지속적인 증액에 따른 예산의 효율적인 활용방안 수립이 필요한 상황이다. 본 연구에서는 현재까지 3년간 누적된 개발결과 활용실적을 기반으로 '국방벤처 지원사업' 수행과제별 투입대비 성과를 다음의 분석기법을 통해 비교하고, 분석해보고자 한다.

1.1 이론적 배경 및 선행연구

1.1.1 분석기법 고찰

어떠한 문제의 해결이나 정책방향 설정을 위한 의사결정을 내릴 때에는 고려할 수 있는 여러 방안 중에 최적의 선택지를 찾아내야한다. 이를 위해서는 현재 상황을 객관적으로 분석하여야 하며, 분석대상과 목적에 따라 다양한 기법이 활용될 수 있다. R&D 분야에서는 예산의 효율적 활용과 발전방향 수립을 목적으로 투입대비 연구개발 산출 효율성 분석연구를 수행하고 있으며, 주로 성향점수 매칭기법(PSM : Propensity Score Matching, 이하 PSM)이나 확률분석기법(SFA : Stochastic Frontier Analysis 이하 SFA), 자료포락분석기법(DEA : Data Envelopment Analysis, 이하 DEA)을 활용하고 있다.

먼저, PSM 기법은 Rosenbaum & Rubin에 의해 처음 도입되었으며 노동경제학에서 직업훈련교육의 성과를 측정하기 위해 활용된 이후 정책분석이나 평가에 널리 이용되고 있다. 이 기법은 성향점수에 기초한 매칭방법에 따라 비교대상 집단을 구성하여, 특정사업의 참여집단과 미참여집단 간에 평균성표를 비교하는 방법으로, 사업의 실질적인 효과를 평가하는데 유용하게 활용할 수 있다[2]. 그러나 본 연구의 목적인 예산 투입대비 효율성 평가 및 성과 요인에 대한 정량적 분석이 어렵다는 한계점이 있다.

한편, SFA 기법은 Aigner, Lovell and Schmidt, Meeusen and van den Broeck에 의해서 처음 제안되었으며, DEA 기법과 동일하게 분석대상별 투입변수와 산출변수를 이용하여 효율적 프론티어를 도출한 후에 각 분석대상별 상대적 효율성을 측정하는 원리를 따른다[3]. 다만, SFA는 정규분포와 같은 확률적 통계에 따르는 모수적 접근방법이며, DEA는 비모수적 접근방법이라는데 차이가 있다. 이에 따라 SFA는 주로 확률적 통계기준인 함수적 가정이 가능한 경우에 적용하며, 보다 정확한 효율성 분석이 가능하다는 장점이 있다. 하지만 본 연구의 분석대상인 국방벤처 지원사업은 성과발생 초기단계로 표본이 충분하지 않고, 성과지표가 다양하며 정상분포를 이루고 있지 않아 확률적 통계에 따른 생산함수가 정의가 어렵다는 점을 고려하여 비모수적 기법인 다음의 DEA 분석기법 채택하여 연구를 진행하였다.

1.1.2 자료포락분석기법(DEA)

DEA는 다수의 선택지 중 의사결정이 필요할 때, 가장 적절한 선택지를 찾아내는 최적화 이론의 한 분야인 선형계획법의 일종이다. DEA 분석기법은 유사한 속성을

갖는 집단 내에서 다수의 투입물과 산출물로 이루어진 선택지 혹은 의사결정단위(DMU: Decision Making Unit, 이하 DMU)들을 상대적으로 평가하는 기법이다 [4]. 또한, DEA는 평가대상별 경험적인 데이터를 기반으로 비교하는 비모수적 접근방식의 분석기법으로, 인과관계를 밝혀내기 어려운 DMU의 상대적 효율성을 평가하기 위해 사용된다.

DEA는 연구개발 성과평가에도 유용하게 쓰일 수 있는 몇 가지 특징을 가지고 있다. 첫 번째로 보통 다양한 변수가 활용되는 경우, 이에 대한 효율성을 분석하기 위해 각 변수별 중요도에 따라 가중치를 부여해야하나, DEA는 각 DMU의 가중치를 자동적으로 결정하므로 사전에 가중치를 미리 설정할 필요가 없다. 연구개발은 보편적인 투입요소와 산출요소가 규정되어 있지 않고, 연구개발 사업별 특성에 따라 다양한 투입요소가 존재하며, 다양한 산출물이 발생하게 되므로 이러한 특성이 유용하게 활용할 수 있다. 두 번째로 DEA는 비모수적 기법으로서 투입물과 산출물 사이의 어떠한 함수적인 가정을 필요로 하지 않기 때문에 R&D와 같이 특정한 생산함수를 정의할 수 없는 경우에도 유용하다. 세 번째로 다양한 투입물 및 산출물을 고려할 수 있다는 특징이 있어, R&D 과정에서의 다양한 투입물과 산출물을 고려하여 분석을 할 수 있다[5,6]. DEA는 이러한 특징들로 인해 국가, 대학, 연구소 등 다양한 기관에서 R&D 효율성 평가에 널리 활용되어 왔다[7].

1.1.3 주요 선행연구

민간 R&D 사업에서는 DEA를 활용한 성과평가 연구가 활발하게 수행되고 있었으나, 기존의 연구에서는 산출 변수로 특허 및 논문 등 단기적 또는 중간재적인 성과만을 고려하는데 그쳤다. 이러한 분석방법은 산업육성 목적의 R&D 사업에 있어서의 궁극적인 목적인 사업화를 통한 경제적 이익 창출 측면이 평가에 반영되지 못한다는 한계가 있다.

기초연구 성격의 R&D 활동인 경우에는 기존과 같은 특허와 논문 등의 기술적 산출물 중심의 효율성 평가가 활용될 수 있지만, 기술이전 및 사업화 등에 초점을 둔 사업화 연계 연구개발(R&BD : research and business development, 이하 R&BD) 프로젝트의 성과를 측정함에 있어서는 제대로 된 평가가 이루어지기 어렵다[8]. R&BD는 연구성과가 얼마나 확산되었고, 추가 개발이 필요한지를 판단하며 연계 연구개발의 필요성과 지적소유권, 자금, 컨설팅, 마케팅, 사업화 전략 등을 고려하는

기업성장 촉진에 초점을 둔 연구개발을 목적으로 다양한 방면의 분석이 필요하기 때문이다[9].

기존 연구에서는 이러한 R&BD 성과 평가를 위해 기술적 산출물을 중간요소로, 사업화 성과를 최종산출요소로 정하여 효율성 평가를 3단계로 수행하였다. 또한, 각 단계별 효율성 점수를 ‘효율성’, ‘효과성’, ‘생산성’으로 명명하여, DMU별 상대적 비교분포도를 제시하고 분석하는 방식으로 연구하였으며, Fig. 3은 일반적인 R&BD 성과분석 개략도이다. 이러한 단계별 성과측정 접근법은 제조 및 서비스 프로세스 등과 같은 다양한 분야의 연구에서 타당성 및 유용성이 입증된 것을 확인하였다[8,10-12].

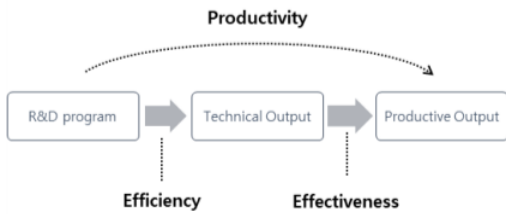


Fig. 3. Schematic Diagram of R&BD Performance

국방분야에서도 DEA를 활용한 효율성 분석연구가 일부 수행되었으나, 대부분 방위산업 발전방향 도출을 목적으로 방위산업체의 효율성과 같은 산업구조에 대한 연구가 주를 이루고 있다[13-16]. 최근에 들어 예산의 효율적 활용을 목적으로 국방 R&D사업에 대한 효율성 및 성과 분석도 이뤄지고 있으나[17-19], 무기체계 개발에 필요한 핵심기술이나 원천기술 등 국방과학기술 확보를 목적으로 하는 사업에 대한 연구가 주로 수행되어왔다. 한편, 국방벤처 지원사업과 같은 방위산업육성을 위한 R&D 사업에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 기존의 순수한 기술개발 사업에 대한 성과평가 연구와는 달리 산업육성 측면의 성과분석을 위해 R&BD 성과모형을 제시하고 과제별 성공요인을 분석하여 발전방안을 도출하고자 한다.

1.2 성과분석 방법 고찰

국방벤처 지원사업의 R&D 과제를 통한 수행기업 성장을 위해서는 기술적 능력 신장과 더불어 매출 및 사업 확장에 따른 인력채용 등 생산적인 활동을 극대화하는 것을 최종적인 목표로 하여야한다.

이런 측면에서 기술성과 및 사업화 성과의 종합적인 분석이 필요하며, 이를 위해 Fig. 4와 같은 분석단계를

적용한 R&BD 성과를 분석하고자 한다.

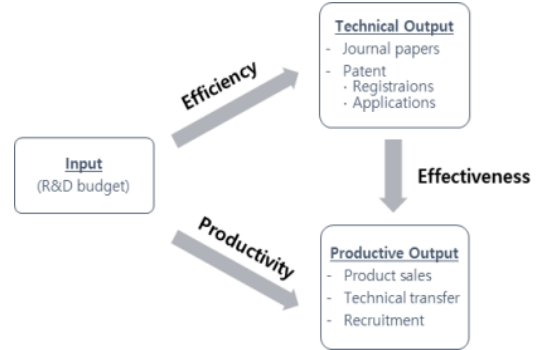


Fig. 4. Staged Model for R&BD Performance Analysis

본 연구에서는 투입변수(Input)를 개발비로 하였다. 기존 연구에서는 대부분 사업별 분석을 목적으로 하고 있어 개발비와 더불어 사업 참여 전체인력 등을 함께 고려하였으나, 단일 사업내의 과제별 분석에 있어서는 참여 인력의 가변적인 참여율 등으로 정량적인 참여인원 산출이 곤란하고, 투입된 예산에 참여연구원의 인건비가 포함되었다는 점을 고려하여 투입된 예산만을 투입변수로 두었다.

산출변수는 두 개의 항목으로 구분하여 정하였다. 첫 번째로 연구개발에 따른 학술논문, 지식재산권 출원 및 등록실적에 해당하는 기술성과이며, 두 번째는 생산적 활동의 결과로 산출되는 매출, 기술이전, 채용실적을 포함한 사업화 성과이다.

이를 바탕으로 효율성을 3단계로 구분하여 분석할 수 있다. 첫 번째 단계는 연구개발에 따른 기술성과 산출단계, 두 번째는 기술성과에 따른 사업화 성과 산출단계, 마지막은 연구개발에 따른 사업화성과 산출단계이다. 이러한 분석단계별 DEA 효율성 점수를 이용해 산출된 점수를 순서대로 ‘효율성’, ‘효과성’, ‘생산성’ 이라고 하였다.

이와 같은 분석방법을 적용한 본 연구의 수행절차를 Fig. 5의 개념도로 나타내었다. 분석대상 과제별로 조사한 실적을 바탕으로 앞서 선정한 투입변수와 분석모형을 적용하였으며, 성과분석은 기본적인 성과특성 파악을 위한 기술통계 분석을 먼저 수행하였다. 이와 함께 단계별 DEA 효율성을 분석하고 효율성이 높은 과제의 성공요인을 과제별 특성에 따라 분석하였으며, 최종적으로는 향후 국방벤처 지원사업의 효율적인 성과도출을 위한 발전방안에 대해 고찰하였다.

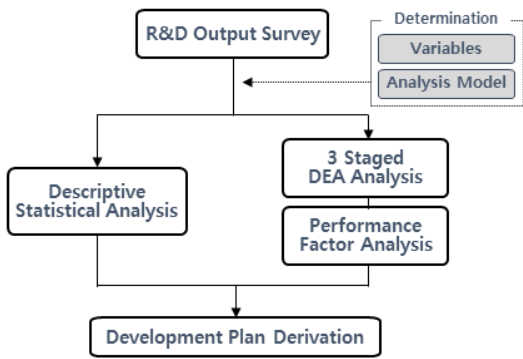


Fig. 5. Research framework

2. 본론

2.1 분석대상 및 연구절차

2.1.1 사업현황 및 대상과제

국방벤처 지원사업은 15년부터 시행되어, 현재까지 84개 과제를 지원하였다. 이 중, 개발이 종료되어 개발결과 활용실적을 수집하는 과제는 43개 과제이며, 종합 현황은 Table 2와 같다.

Table 2. Status of Completed Projects Performance

| End Year | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|---|--------------------------------|------|------|------|------|
| NO. of Project | 0 | 8 | 15 | 9 | 11 |
| Status of R&D Performance(NO. of Project) | | | | | |
| Total R&D Cost | ₩ 15,206,908,000 (43 projects) | | | | |
| Sales | ₩ 5,388,640,000 (14 projects) | | | | |
| Patent | 23 patents (16 projects) | | | | |
| Journal Papers | 8 papers (6 projects) | | | | |
| Recruitment | 50 people (16 projects) | | | | |

2.2 투입 및 산출변수 선정

본 연구에서는 단계별 효율성 점수산출을 위한 변수를 Fig. 4와 같이 설정하였다. 투입변수는 개발비 총액으로 하였으며, 효율성 지표의 경우에 R&D 기술성으로 볼 수 있는 지식재산권 출원 및 등록 건 수, 학술논문 발표 및 게재 건 수를 산출변수로 하였다. 한편, 생산성 지표의 경우에는 실제 산업분야에서 생산적인 개발이었는지를 분석하기 위해 매출액, 기술이전(금액) 및 고용실적을 산출변수로 하였다.

2.3 분석모형결정

DEA는 목적에 따라 다양한 분석모형이 적용 가능하다. 기본적으로 투입량에 따라 산출량이 정하게 변경되는 규모의 수익>Returns to scale) 가정에 따라 일정 규모수익(Constant Returns to Scale, CRS)인 경우의 CCR(Charnes, Cooper and Rhodes)과 가변 규모수익(Variable Returns to Scale, VRS)인 경우의 BCC(Banker, Charnes and Cooper)로 구분하고 있다. 그리고 효율성을 개선하는 방향에 따라 주어진 산출 수준에서 투입을 최소화하는데 목적을 둔 것을 투입지향, 주어진 투입수준에서 산출 최대화를 목적으로 하는 산출지향 모형으로 구분하고 있다.

R&D 사업에서는 분석을 위해 다양한 DEA 모형이 활용되고 있으나, 많은 연구에서 산출지향 BCC 모형을 채택하고 있다[5]. 본 연구에서도 효율성 개선방안의 주된 목적이 한정된 R&D 지원규모 및 기간 내에서 최대한의 성과를 산출하는 것이며, 다양한 R&D 환경에 따라 규모의 수익이 가변적이라고 볼 수 있다고 판단하였다. 따라서, 산출지향 BCC 모형을 활용하여 R&D성적을 분석하고자하며, 산출지향 BCC 모형은 Eq. (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned}
 & \text{Max. } \theta \\
 & \text{subject to } x_0 - X\lambda \geq 0 \\
 & \theta y_0 - Y\lambda \leq 0 \\
 & e\lambda = 1 \\
 & \lambda \geq 0
 \end{aligned} \tag{1}$$

θ 는 DEA의 효율성 점수의 역수이며 효율성의 최대치는 1이다. x , y 는 각각 투입 및 산출벡터를 나타내며, X 와 Y 는 전체 DMU의 투입 및 산출물 행렬이고, λ 는 가중치 벡터이다. 또한, BCC 모형의 가변 규모효율성에 따른 제약조건으로 볼록성(convexity) 조건($e\lambda=1$)이 추가되었다.

2.4 분석결과

2.4.1 투입변수별 기술통계 분석

앞서 언급했듯이 분석에 활용된 투입 및 산출변수는 총 6가지 항목이며, 투입변수와 산출변수의 기본적인 기술통계는 Table 3과 Fig. 6에 나타내었다.

Table 3. Descriptive Statistics of Variables

| Variables | Min. | Max. | Mean | StDev. | |
|--------------------|-------------|------|------|--------|-----|
| [Input] Total Cost | 1.8 | 6.37 | 3.54 | 0.9 | |
| [Output] | Papers | - | 3 | 0.3 | 0.6 |
| | Patents | - | 2 | 0.7 | 0.8 |
| | Sales | - | 25.5 | 1.74 | 4.9 |
| | Tech. Fees | - | - | - | - |
| | Recruitment | - | 8 | 1.6 | 2.1 |

[Unit : million won(×100), ea., people]

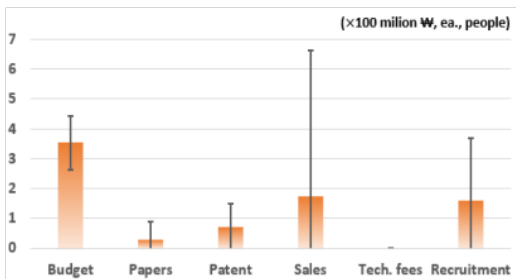


Fig. 6. Descriptive Statistics Graph of Variables

Table 3과 Fig. 6의 기술통계를 보면, 과제별로 투입된 개발비는 약 대부분 3억에서 4억 원 규모에 집중되어 있음을 알 수 있다. 기업측면에서 민간부담 비용대비 최대한의 정부지원을 받을 수 있는 구간이기 때문인 것으로 보인다.

산출변수는 모두 평균값 대비 표준편차가 매우 큰 것을 확인할 수 있다. 이는 일부 과제에 산출물이 집중되어 있음을 의미하며, 종료과제의 약 34%가 아직 성과가 전혀 없는 과제로 남아있는 것도 영향이 있다. 특히, 생산성의 지표로 여길 수 있는 매출과 채용실적의 표준편차가 가장 컸다. 이는 기술적 산출물 보다 사업화 산출물의 발생 가능성이 적거나, 발생하더라도 일부 과제에 집중되어 있기 때문인데, 국방 분야의 ‘참여기회 제공’이라는 사업 목적에 기인한 높은 자유도(자유응모 방식)에 따른 영향이 있을 것으로 판단하였다.

2.4.2 사업 효율성 분석

앞서 설정한 분석모형에 따른 단계별 효율성 분석을 수행한 결과는 Table 4와 같이 요약할 수 있다. 상대적 비교라는 점을 고려하여, 분석단계별 효율성 점수가 평균 이상인 과제를 효율적인 과제로 구분하여 분석했다.

투입된 개발비에 따른 기술성과 산출의 효율성을 의미

Table 4. DEA results by Staged Analytic Model

| Distribution | Efficiency | Effectiveness | Productivity |
|--------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Mean | 0.313 | 0.214 | 0.208 |
| No. of Efficient Project | 19 ea. (44 %) | 13 ea. (30 %) | 16 ea. (37 %) |

하는 ‘효율성’ 점수가 높은 과제는 19개이며, 이는 전체 과제의 44%에 해당한다. 다른 지표와 비교하여 평균점수는 높았으나, 실제 기술성과 산출물이 한 건이라도 있는 경우에 모두 효율적인 과제로 분석되었다. 또한, 기술 성과가 발생한 과제는 모두 1~2건의 실적을 갖고 있음을 확인하였다. 적은 수준의 기술성과이지만, 대부분 동일한 수준에 분포하여 효율성 점수가 높게 측정된 것이다. 이는 향후에 타 R&D사업과의 비교를 통해 상대적인 효율성 분석이 가능할 것으로 보인다. 다만, 국방 분야와 같이 보안을 중요시하는 분야에서는 기술내용의 대외적인 공개에 소극적일 수 있으므로 이에 대한 영향도 함께 고려되어야 한다.

‘효과성’ 지표는 기술 산출물이 사업화 성과로 이어지는 효율성을 의미하며, 효과적인 것으로 분석된 과제는 전체의 30%인 13개 과제로 확인되었다. 기술 산출물이 없으면서 큰 매출이나 고용으로 이어지면 가장 ‘효과성’이 높은 경우에 해당한다. 실제로 기술 산출물이 전혀 없으나, 가장 높은 매출실적을 가진 과제가 가장 효과적인 과제로 분석되었다.

‘생산성’ 지표는 투입된 개발비 대비 높은 사업화 성과로 이어져야 생산성이 높은 것으로 분석되는데, 이는 전체의 37%인 16개 과제가 해당되었다.

한편, 각 효율성 지표는 일부 상관관계가 있을 것으로 예상했으며, 이를 분석하기 위해 스피어만 순위상관계수를 Table 5와 같이 확인하였다.

Table 5. Spearman correlation coefficients among three stages

| Distribution | Efficiency | Effectiveness | Productivity |
|---------------|------------|---------------|--------------|
| Efficiency | 1 | - | - |
| Effectiveness | 0.367 | 1 | - |
| Productivity | 0.368 | 0.987 | 1 |

스피어만 순위상관계수는 연관성이 없을 경우 그 값이 0에 근접하며, +1에 근접할수록 강한 비례적 상관관계를, -1에 근접할 경우에는 반비례적 상관관계가 강한 것

을 의미한다.

분석결과를 통해 각 지표는 상호간의 유의미한 양의 상관관계를 갖는 것을 알 수 있었다. 이는 투입대비 기술 성과 산출이 효율적인 과정은 그 결과를 바탕으로 사업화 성과로 이어지는 효과가 높은 경향과 효율성이 높은 과정이 생산성도 높은 경향이 있음을 의미한다. 특히, 효과성이 높은 과정은 생산성이 높다는 경향을 강하게 띠고 있다. 실제로도 효과성이 평균 이상인 과정은 전부 생산성이 평균 이상이며, 반대의 경우에도 81 %의 과정이 그러하였다. 두 지표는 모두 산출변수가 사업화 성과인데, 효율성 분석에서 산출변수가 동일할 경우 투입변수가 동일할 경우보다 효율성 점수가 유사한 경향을 갖는 것으로 유추해 볼 수 있다. 유사연구에서도 동일한 산출변수를 이용하는 경우 효율성 점수에 큰 영향을 미치는 것으로 확인되었다.

2.4.2 과제 특성별 효율성 분석

사업의 전반적인 효율성 외에 과제별 성과도출의 요인을 파악하기 위하여 과제별로 기술분야, 무기체계 및 주요연계 여부의 세 가지 특성에 따라 분류하였으며, 각 분류기준별 효율성과 생산성을 분석하였다.

기술분야는 크게 8개로 분류하였으며, 과제별 분포는 Table 6과 같다.

Table 6. Project distribution by technology classification

| Electrics | Optics | Mechanics | Biotech |
|---------------|--------------|--------------|---------------------|
| 18 ea. (42 %) | 5 ea. (12 %) | 6 ea. (14 %) | 1 ea. (2 %) |
| Radio comms | Chemicals | Materials | Information Service |
| 5 ea. (12 %) | 3 ea. (7 %) | 3 ea. (7 %) | 2 ea. (4.7 %) |

무기체계 적용가능 여부에 따라 무기체계 및 전력지원 체계로 구분했으며, 주요 연관성은 과제수행계획서 내용을 기준으로 사전에 예상 적용처의 수요를 파악하고 제시한 과제였는지에 따라 Table 7과 같이 나누었다.

Table 7. Project distribution by relevance to weapon system & demand based in advance

| Relevance to Weapon system | Weapon sys. | Force support sys. |
|----------------------------|---------------|--------------------|
| | 30 ea. (70 %) | 13 ea. (30 %) |
| Relevance to Demand | Related | Free proposal |
| | 15 ea. (35 %) | 28 ea. (65 %) |

상기 분류에 따른 영향분석을 위해, 전체 과제 분포도를 기준으로 ‘효율성’, ‘생산성’이 높은 과제의 구성 비율을 비교하였다. 이를 통해 효율성 점수가 높은 과제가 기존 구성과 상관없이 어떤 분야에 집중적으로 분포하는지를 확인 할 수 있다. 각 분류기준에 따른 과제별 DEA 효율성 분석이 가능할 것으로 볼 수 있으나, 분석대상 과제 수가 너무 적어 부정확한 평가가 이루어질 수 있으므로 이와 같은 방식으로 분석하였다. 또한, ‘효과성’ 지표는 앞선 스피어만 순위상관계수의 분석에 따라 ‘생산성’과 거의 동일한 경향을 보여 본 분석에서는 제외하였다.

2.4.3.1 과제 효율성 분석

‘효율성’이 높은 19개 과제의 기술 분야별 분류에 따르면 전체 과제의 구성 대비 정보통신 분야의 비율이 9.4 %p로 가장 크게 늘어났다. 정보통신 분야 5개 과제 중 4개 과제가 효율적인 것으로 분석된 것이다. 정보통신분야는 최근 4차 산업혁명을 이끌어갈 주요 기술로 불려 새로운 기술개발 수요가 높은 분야로 이에 따라 효율성이 높은 것으로 판단하였다. 한편, 소재분야의 과제는 가장 효율성이 낮았다. 또한, 고효율 과제의 79 %가 무기체계에 적용 가능한 개발과제인 것으로 확인하였으며, 기존 구성 비율에 대비하여 고효율과제의 무기체계 연관비율이 9.2 %p 증가하여, 전력지원체계연관 개발과제 대비하여 효율성이 높은 것으로 확인되었다. 주요 연관성에 따라서는, 고효율 과제의 기존 구성 비율대비 -3.3 %p 감소해 상대적으로 연관성이 떨어지는 것으로 판단하였다.

2.4.3.2 과제 생산성 분석

‘생산성’이 높은 16개 과제도 전체 과제의 구성과 유사하게 전기전자 분야의 과제가 대부분을 차지했다. 다만, 광학분야에서 기존 구성 대비 7.1 %p로 늘어났고 기계분야의 구성 비율이 기존 대비 -7.7 %p로 크게 줄어들었다. 이를 통해 기계분야가 생산성이 낮고, 광학분야의 생산성은 높다고 할 수 있다. 이는 방위산업진흥회에서 발표한 2019년 국산화율 현황의 광학분야가 미흡하였고, 이에 따라 방위산업의 광학분야 기술개발 수요가 높아진 것이 생산성 향상에 영향을 미쳤다고 분석했다.

무기체계와의 연관 여부에 따른 과제 구성 비율은 기존대비 약 1 %p 수준의 변동으로 무기체계 연계 여부가 생산성에는 거의 영향을 미치지 않는 것으로 판단하였다.

한편, 사전에 수요와 연계하여 기획된 과제 중에 생산성이 높은 과제는 8건으로, 기존의 구성 비율 대비 약 15 %p 증가한 수준이다. 이는 사전에 수요와 연계한 과제가

획이 생산성 향상에 큰 영향을 미치고 있음을 의미한다.

2.5 분석결과 고찰

2.5.1 R&BD 성과지도 분석

‘효율성’과 ‘생산성’의 효율성 점수 평균을 각 축으로 하고 과제별 위치를 표현하면 사분면 형태의 분포도로써 성과지도를 나타낼 수 있다. Fig. 7은 분석대상과제 43건에 대한 성과지도를 나타낸다.

먼저, 모든 효율성 지표의 점수가 낮은 ‘성과미흡’ 과제가 대부분(37.2 %)을 차지하고 있고, 기술성과 중심의 과제가 다음으로 많은 부분(25.6 %)을 차지하고 있다. 절반 이상에 해당하는 과제가 낮은 생산성을 보이고 있는 것이다. 이는 매출 및 채용실적이 전반적으로 부족하다는 것으로, 최근에 개발이 종료된 과제가 다수 있어 이에 따라 미처 성과가 도출되지 못한 영향으로도 볼 수 있다.

실제로, 효율성과 생산성이 모두 높은 과제는 우수성과로서 전체과제의 약 18.6 %를 차지하였는데, ‘15년 선정된 과제가 우수과제의 62.5 %, ‘16년 선정과제는 25 %, ‘19년 선정과제가 12.5 %를 차지하여 종료연도별로 명확한 성과차이가 확인되었다.

다만, 생산성이 낮은 과제 중에서도 지속적으로 중간 단계 성과인 기술성과가 도출되고 있어, 후속지원을 통해 사업화 성과를 달성토록 하는 것이 중요하다.

2.5.2 성공사례 분석

효율성 및 생산성이 높은 ‘우수성과’ 과제 8건에 대한 특성을 분석해봤다. 기술 분야에 있어, 우수과제의 정보통신 분야 분포도가 전체 구성 비율보다 13.4 %p가 높

았고 기계분야는 반대로 약 14 %p가 낮았다. 또한, 무기체계에 연관된 경우가 우수과제 비율이 약 5.2 %p 정도로 보다 높아졌으며, 수요연계 과제인 경우에도 약 2.6 %p 정도의 구성 비율이 높아졌다. 이를 바탕으로 정보통신 분야, 무기체계 연관 과제, 사전수요 연계가 ‘우수성과’ 과제영역으로 유도하는데 영향을 미쳤다고 분석하였다.

2.5.3 종합분석

전반적으로 과제별 성과가 일부에 집중되어 있음을 성과지표별 표준편차를 통해 확인하였으며, 특히 사업화 성과의 경우가 더욱 심하였다. 현재 본 사업이 성과발생 초기단계로 사업 종료연도별 누적성과에 차이가 클 수밖에 없음을 고려하면, 이러한 양상이 있을 수 있다. 다만, 기술성과 대비 사업화 성과가 과제별로 편중되는 경향이 심한 것은 ‘자유응모’ 형태의 지원방식에 따른 낮은 사업화 가능성을 원인으로 판단하였다.

한편, 기술성과의 경우에 적은 수준의 성과에 집중되어 있었는데 이를 미흡하다고 보기보다, 국방 특성상 기술의 대외 공개에 민감하다는 사항을 고려하여 향후 국방관련 연구개발 사업 간의 비교를 통한 분석이 추가로 필요하다고 판단하였다.

과제별 성과요인 분석을 위해 특성에 따라 분류하여 효율성과 생산성을 비교했을 때, 기술 분야에 있어서는 신기술 분야로 신규 개발소요가 많은 정보통신분야의 효율성이 가장 높았으며, 레이저 등을 활용한 광학분야가 가장 생산성이 높은 것을 확인했다. 무기체계와 연관된 개발의 경우에는 효율성이 약간 높았으나 생산성에는 큰 영향이 없었다. 수요기반의 과제의 경우에는 효율성에는

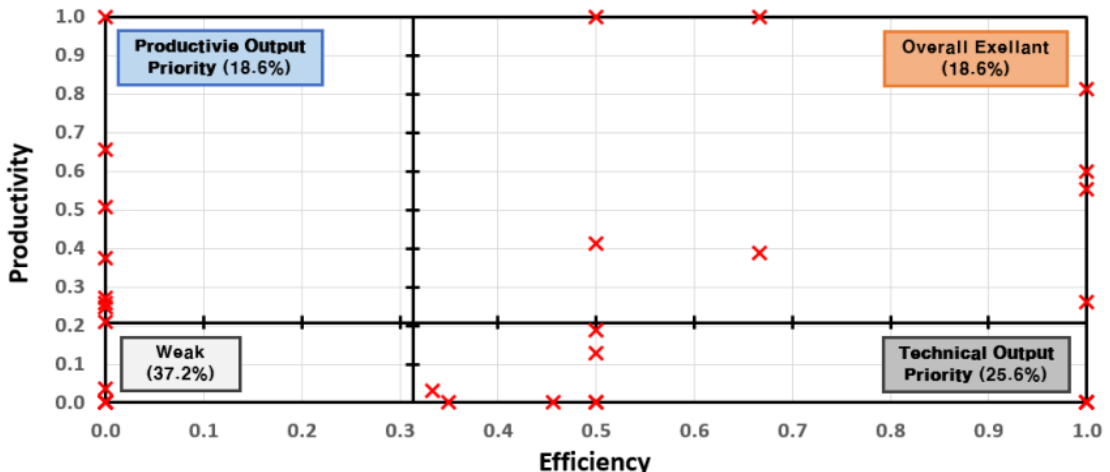


Fig. 7. Defense Venture Support Program R&BD performance map by Staged Analytic Model

큰 영향이 없었으나, 생산성에는 매우 큰 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다.

위 분석결과를 종합하면 향후 국방벤처 지원사업의 추진에 있어 효율적 성과도출을 위한 주요 발전방안을 크게 두 가지로 고려해 볼 수 있다. 첫 번째, 상대적으로 미흡한 사업화 성과의 확대를 위해 수요기반 과제기획을 강화해야 한다. 다만, 자유응모 사업임을 고려하여, 사전 정보획득이나 과제기획 컨설팅 등의 사전기획 단계의 지원활동 강화가 필요하다. 두 번째, 고부가가치를 창출하는 일부 기술 분야의 효율성과 생산성이 높다는 점을 고려하여 해당 분야로의 집중투자를 고려해야한다. 특히, 신기술 분야가 집중된 정보통신분야의 효율성과 국방분야 국산화 소요가 높은 광학분야의 생산성이 높아 해당분야를 집중 투자하면 높은 성과가 나올 것으로 기대된다.

3. 결론

본 연구에서는 성과발생 초기단계에 있는 국방벤처 지원사업의 성과분석을 위해 DEA를 활용하여 단계별 성과분석을 수행하였다. 기술성과와 사업화성과를 모두 고려한 R&BD 성과분석 모형을 활용하였으며, 분석을 통해 전반적인 과제별 성과분포와 높은 효율성을 갖는 과제의 특성을 파악하여 성과발생 요인을 도출하고자 하였다. 총 43개 종료과제에 대해 분석을 수행하였으며, 높은 효율성을 갖는 과제의 특성을 기술분야, 무기체계 연관성, 수요 연관성에 따라 분류하여 그 요인을 분석했다. 이를 바탕으로 향후 국방벤처 지원사업의 효율적인 사업수행 및 지속적인 성과 창출을 위한 발전방안을 도출하였다.

한편, 본 연구에서는 몇 가지 한계점이 확인되었다. 첫 번째로 국방벤처 지원사업은 현재 성과발생 초기단계로 누적된 성과의 발생기간에 차이가 있어 정확한 비교가 어렵다는 점, 두 번째로는 정확한 효율성 평가를 위해 특허 출원과 등록, 매출과 채용 등 투입변수별 중요도에 따라 가중치를 고려해야한다는 점, 마지막으로 성공요인으로서 기술분야, 무기체계 연관성, 수요 연관성 외에도 여러 가지 요소가 고려될 수 있다는 점이다. 향후 연구에서는 이러한 한계점들을 보완하여, 성과평가 모형을 고도화할 필요가 있다.

이와 같은 방식으로 성과평가 모형을 지속 발전시키면 체계적인 사업성과 분석과 효과적인 지원방안 수립이 가능할 것이며, 결과적으로는 국방벤처 지원사업의 효율성 강화 및 우수성과가 확대될 것으로 기대하고 있다.

References

- [1] W. J. Jang, M. T. Jung, H. B. Yang, J. P. Song, H. S. Ko, K. S. Lee, The Strategy for SME and Venture Friendly Defense Industry Ecosystem in Korea, Research report, Korea Institute for Industrial Economics & Trade, Korea, pp.19-22.
- [2] K. C. Kang, B. S. Cho, Performance Analysis and Improvement Plan of SME Support Program : Focusing on Industrial Technology Development Project in Jeju, Technical Report, Bank of Korea, Korea, pp.10-13.
- [3] K. T. Kim, W. K. Kim, J. Y. Jeong, "Productive Efficiency of the Rose Farming Business : A Comparison of DEA and SFA", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol.16, No.12, pp.8719-8727, 2015.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2015.16.12.8719>
- [4] A. Charnes, W. W. Cooper, E. Rhodes, "Measuring efficiency of decision making units", European Journal of Operational Research, Vol.2, No.6, pp.429-444, 1978.
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)
- [5] H. Lee, Y. Park, H. Choi, "Comparative evaluation of performance of national R&D programs with heterogeneous objectives : A DEA approach", European Journal of Operational Research, Vol.196, No.3, pp.847-855, 2009.
- [6] E. C. Wang, W. Huang, "Relative efficiency of R&D activities : A cross-country study accounting for environmental factors in the DEA approach", Research Policy, Vol.36, No.2, pp.260-273, 2007.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2006.11.004>
- [7] H. Lee, J. Shin, "Measuring journal performance for multidisciplinary research : An efficiency perspective", Journal of Informetrics, Vol.8, No.1, pp.77-88, 2014.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.joi.2013.10.004>
- [8] I. J. Jeon, H. K. Lee, "Performance Evaluation of R&D Commercialization : A DEA-Based Three-Stage Model of R&BD Performance", Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers, Vol.41, No.5, pp.425-438, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.7232/JKIIIE.2015.41.5.425>
- [9] Y. H. Kim, H. J. Lim, "A Study on the Creative Economy and Diffusion of R&D", Korea Productivity Association, Vol.27, No.2, pp.285-307, 2013.
DOI: <https://doi.org/10.15843/KPAPR.27.2.201306.285>
- [10] H. T. Keh, S. Chu, "Retail productivity and scale economies at the firm level: A DEA approach", Omega, Vol.31, No.2, pp.75-82, 2003.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0305-0483\(02\)00097-X](https://doi.org/10.1016/S0305-0483(02)00097-X)
- [11] H. T. Keh, S. Chu, J. Xu, "Efficiency, effectiveness and productivity of marketing in services", European Journal of Operational Research, Vol.170, No.1,

pp.265-276, 2006.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2004.04.050>

- [12] J. Jeon, C. Kim, H. Lee, "Measuring efficiency of total productive maintenance(TPM) : a three-stage data envelopment analysis(DEA) approach", Total Quality Management and Business Excellence, Vol.22, No.8, pp.911-924, 2011.
DOI: <https://doi.org/10.1080/14783363.2011.593865>
- [13] B. R. Kim, D. C. Kim, "A Study on Evaluation of the Effectiveness of the Innovative SMEs and the General SMEs Using a DEA Model", Korean Association of Business Education, Vol.32, No.2, pp.339~358, 2017.
DOI: <http://dx.doi.org/10.23839/kabe.2017.32.2.339>
- [14] J. H. Choi, Y. W. Lee, M. U. Jang, S. W. Seo, "Efficiency Evaluation of Defence Industry Firms by Utilizing DEA", Korea Academy Industrial Cooperation Society, Vol.19, No.9, pp.501-507, 2018.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2018.19.9.501>
- [15] S. H. Oh, "A Study of Efficiency Analysis for Defense Companies with DEA", Korea Association of Defence Industry studies, Vol.25, No.1, pp.14-22, 2018.
DOI: <http://doi.org/10.52798/KADIS.2018.25.1.2>
- [16] H. K. Kim, J. M. Yoo, K. Y. Oh, "The Effects of Venture Business Finance Supporting Programs on Efficiency and Productivity of Venture Firms Using Data Envelope Analysis", Asia Pacific Journal of Small Business, Vol.38, No.3, pp.165-184, 2016.
- [17] H. K. Yeo, C. J. Lee, "The performance efficiency of the defense critical technology R&D programs : an application of GSFA and DEA", Korea Society of Innovation, Vol.15, No.4, pp.1-31, 2020.
DOI: <http://dx.doi.org/10.46251/INNOS.2020.11.15.4.1>
- [18] Y. H. Lim, J. H. Jeon, "The Efficiency Analysis of Defense R&D Program using Data Envelopment Analysis", 2018 KTIS Spring conference, Korea Technology Innovation Society, pp.39-47, 2018.
- [19] Y. H. Lim, "Analyzing the Efficiency of Defense Basic Research Projects using DEA", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 21, No.7, pp.517-524, 2020.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2020.21.7.517>

박진수(Jin-Soo Park)

[정회원]



- 2018년 2월 : 충남대학교 항공우주공학과(공학석사)
- 2017년 12월 ~ 2020년 12월 : 국방기술품질원 연구원
- 2021년 1월 ~ 현재 : 국방기술진흥연구소 연구원

<관심분야>

공력 및 추진, 국방벤처, 방산육성

김진하(Jin-Ha Kim)

[정회원]



- 2010년 2월 : 한국과학기술원 나노학제전공 (공학석사)
- 2015년 2월 : 한국과학기술원 기계공학과 (공학박사)
- 2015년 3월 ~ 2015년 5월 : 한국과학기술원 박사 후 연구원
- 2015년 6월 ~ 2020년 12월 : 국방기술품질원 선임연구원
- 2021년 1월 ~ 현재 : 국방기술진흥연구소 선임연구원

<관심분야>

기계부품, 부품국산화, 방산육성