

투입 및 산출 분해모형을 활용한 산학연 협력연구의 효율성 분석

김홍영¹, 정선양^{2*}

¹한국과학기술기획평가원 성장동력사업센터, ²건국대학교 기술경영학과

An Efficiency Analysis of Industry-University-Public Research Institute Collaborative Research: Employing the Input-Output Itemization Model

Hong-Young Kim¹, Sunyang Chung^{2*}

¹Center of Growth Engine R&D Coordination, Korea Institute of S&T Evaluation and Planning

²Department of Technology Management, Konkuk University

요약 본 연구는 한국 정부에서 '13~'15년에 지원한 정부연구개발사업중 산학연 협력연구 과제를 대상으로 협력유형을 주관기관별로 유형화하여 효율성을 분석하였다. 효율성 분석을 위해 6단계에 걸쳐 순수연구개발과제만을 분류하였으며, 투입과 산출변수를 다양한 조합의 투입과 산출변수를 분해 모형을 만들어 투입과 산출변수간의 효율성 차이점을 분석하기 위해 하여 산출지향 규모수익가변(VRS: Variable Return to Scale)의 DEA 모형으로 효율성을 분석하였다. 또한, 산출변수와 관련 있는 과학적, 기술적, 경제적 성과 모형의 효율성 분석결과를 활용하여 계층적 군집분석으로 클러스터를 확인하고, 클러스터별 강점과 약점에 맞는 산학연 협력유형별 정부 연구개발예산의 투자 포트폴리오 및 투자전략을 제시하였다. 효율성 분석결과 주관기관별 산학연 협력유형의 효율성은 각 모형별로 차이가 있었으나 전반적으로 대기업과 출연연구기관이 상대적으로 효율적이고, 중견기업, 중소기업, 그리고 대학은 상대적으로 비효율적인 것으로 분석되었다. 계층적 군집분석결과 3개 유형의 클러스터가 형성되었으며, 클러스터별로 논문, 특허, 기술료·사업화에서 강점과 약점이 있는 협력유형이 나타나서, 이에 대한 차별적인 투자전략을 제시하였다.

Abstract This study analyzed collaborative R&D projects funded by the Korean government from 2013- 2015. For this analysis, input and output variables of projects were considered, and a combination of those variables was itemized. The output-oriented variable return to scale (VRS) model extended from the DEA methodology was adopted to evaluate the cooperation efficiency of the types of R&D collaboration, which were classified according to the project leader's organizations. In addition, hierarchical cluster analysis was conducted using the efficiency results of the scientific, technical, and economical outcome models. The results showed that cooperation efficiency between large companies and public research institutions was relatively high. Conversely, cooperation among medium-sized companies, small businesses and universities was particularly inefficient. The clustering results demonstrated the various strengths and weaknesses of the types depending on publications, patents, technical royalties and the number of commercialization. In conclusion, this study suggests differentiated investment portfolios and strategies based on the efficiency results of diverse cooperation types among industries, universities and public research institutions.

Keywords : DEA, Efficiency Analysis, Industry-University-Public Research Institute Collaboration, Cooperation Type, R&D Budget Portfolio

1. 서론

세계경제포럼(WEF: World Economic Forum, 2016)

에서 제시된 4차 산업혁명은 속도, 범위, 경제·사회시스템에 미치는 영향 측면에서 이전 산업혁명과 달리 신기술·신산업이 융복합되어 신제품·서비스가 빠르게

*Corresponding Author : Sunyang Chung(Konkuk Univ.)

Tel: +82-2-450-3117 email: sychung@konkuk.ac.kr

Received October 30, 2017

Revised November 16, 2017

Accepted December 8, 2017

Published December 31, 2017

창출되고, 제조업·서비스업의 융합화로 산업간 경계 파괴를 가속화되는 특징이 있다. 이러한 사회전반의 융합화 현상에서 국가경쟁력의 초석인 연구개발(R&D)에서도 다양한 변화가 나타나고 있는데, 융합연구의 활성화와 산학연 협력연구의 확대가 대표적인 예가 될 수 있다. 즉, 연구대상의 융합과 연구수행주체의 융합화인 협력연구가 강조되고 있다고 할 수 있다.

이러한 협력연구 활성화를 위해서는 과학기술 및 연구개발(R&D)을 수행하는 혁신주체인 정부, 기업, 대학, 연구소 간의 유기적인 협력과 네트워크 구조를 형성하여 국가혁신역량을 증대시켜야 하며, 또한, 지식경제기반 사회에서 국가발전의 원동력인 혁신역량 제고를 위해 산학연 협력연구를 통한 융합연구를 촉진시켜야 4차 산업혁명을 대비할 수 있을 것이다.

따라서, 국가혁신체제(NIS: National Innovation System) 관점에서 혁신주체간(산학연관)의 협력은 매우 중요하며, 지속적인 국가 경쟁력의 우위 확보와 미래 성장동력 확보를 위한 산학연 협력연구는 더욱더 중요한 이슈이다.

성공적인 국가혁신체제 구축을 위해서는 기업, 대학, 연구소 등 혁신주체들의 새로운 지식창출과 활용이 중요한 요소이며, 연구개발(R&D)에서는 혁신주체간의 협력인 산학연 협력이 국가경쟁력 제고에 직결될 만큼 중요한 사안[1]으로 연구개발활동에서는 중요한 요소이다. 또한, 혁신주체들의 협력이 유기적으로 연계될 수 있도록 Triple Helix모형[2]의 국가혁신체제가 형성되어야 국가 핵심역량(Core Competence)이 강화될 것이다. 산학연 협력은 내부역량을 강화시키고, 외부역량을 내부역량으로 흡수하기 위한 전략적 혁신경영인 개방형 혁신(Open Innovation)[3]으로서 연구수행주체의 성과향상을 위한 전략적 방법이라 할 수 있다. 또한, 협력에 의한 기술획득은 내부 연구역량을 대체하기 보다는 새로운 외부기술을 내부로 이전하여 기존의 내부 기술을 보완하는 효과가 있기[4]때문에 복잡하고 급변하는 기술 환경변화에 대응하기 위하여 혁신주체간의 산학연 협력연구(공동연구)가 활성화 되어야 국가과학기술 혁신역량이 증대될 것이다.

연구개발(R&D) 수행에서 혁신주체간의 연계·협력할 수 있는 방법은 연구수행주체간의 협력에 의한 공동연구로 설명될 수 있는데, 최근 3년간('13~'15) 정부연구개발사업의 공동연구과제 수행건수가 연평균 39.7%[5]로 증가하고 있는 추세이며, 지식의 상호교류 및 보완,

기술 및 연구의 융합화 추세 등으로 산학연간의 공동연구의 중요성이 대두되고 있다[6]. 이러한 산학연 협력은 산학연이 주체가 되어 둘 이상이 일정한 목적을 달성하기 위하여 서로 협력 또는 협동하는 일련의 활동이라고 정의할 수 있으며, 협력의 유형에 따라 투입대비 연구생산성 차이가 발생할 수 있을 것이다[6].

연구개발(R&D)에서 연구생산성은 연구개발에 투입되는 자원(연구비, 인력, 장비 등)이 효율적으로 활용되어 최대한의 연구성과(논문, 특허, 사업화 등)로 도출되는 것이다. 이런 일련의 과정을 평가하는 것이 연구효율성 분석이라고 할 수 있다.

연구개발(R&D)은 결과에 대한 불확실성 때문에 R&D 성과에 대한 객관적인 효율성 분석에 어려움이 있지만, 대다수의 선행연구는 연구개발(R&D)의 투자요인과 연구성과의 관계에 관한 효율성을 분석하고 있다.

따라서, 본 연구에서는 2013~2015년도에 정부연구개발사업으로 수행한 과제를 산학연 협력유형별로 분류하고, 각 유형별 투입(정부연구비, 민간연구비, 인건비비중) 및 산출변수(SCI논문, 특허, 기술료, 사업화)를 활용하여, 비모수적 효율성 측정기법인 자료포락분석(DEA: Data Envelopment Analysis) 방법으로 각 협력유형별 효율성을 측정하고, 효율성 분석결과를 가지고 산학연 협력유형에 따른 투자 포트폴리오를 제시하고자 한다.

연구개발(R&D) 효율성에 관한 DEA 연구는 사업단위, 과제단위의 효율성을 분석하였는데, 본 연구는 연구과제들을 산학연 협력유형으로 유형화하여 효율성을 분석하기 때문에 기존연구와의 차별성이 있으며, 투자 포트폴리오 모형은 정부연구개발 투자 정책에 활용 가능하므로 정부연구개발 투자 효율성 제고에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구는 제2장에서 DEA의 이론적 배경과 연구개발(R&D)사업을 대상으로 DEA를 활용한 선행연구를 살펴보고, 제3장에서는 연구대상 및 방법, 제4장에서는 실증분석 결과를 살펴본 후, 제5장에서는 결론 및 연구한계를 제시하고자 한다.

2. DEA의 이론적 배경 및 선행연구

2.1 효과성과 효율성

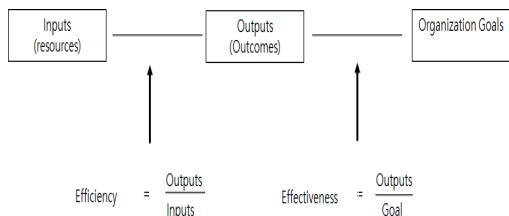
연구개발사업을 평가하는 방법은 사업의 효과성

(Effectiveness)을 평가하는 방법과 효율성(Efficiency)을 평가하는 방법이 있다. 효과성은 연구결과가 최초 목표를 어느 정도 달성하였는지를 나타내며, 효율성은 투입된 자원이 얼마나 효율적으로 사용되었는가를 의미한다[7].

효율성은 성취하고자 하는 목표대비 달성 정도를 확인하는 것으로, “조직의 목표성과 대비 실제 얻은 성과의 비율”을 의미하는데 효과성에서는 투입한 자원의 규모에 대해서는 관심을 두지 않고[8] 결과에만 관심을 갖는다.

일반적으로 효율성은 투입과 산출의 비율을 의미하는데, 기술적으로 효율적인 생산기법은 주어진 양의 투입요인으로부터 생산을 극대화하는 것이다. 즉, 투입되는 자원의 양이 줄어든다면 효율적이라 할 수 있는데, 산출량과 투입량의 비율을 기준으로 투입을 고정시키고 가장 많은 산출을 내거나 동일한 산출을 위해 투입을 최소화하는 것이 효율성을 향상시키는 활동이라 할 수 있다[9].

따라서, 효과성은 조직의 목적이 달성되는 정도로 정의되고 효율성은 산출과 투입의 비율로 정의된다[10]. 이러한 관계를 도식화하면 Fig. 1과 같다.



*source: Park (2008) p.15

Fig. 1. Relationship between Efficiency and Effectiveness

2.2 DEA 효율성 분석

일반적인 분석 방식인 단순한 효율성 분석 방식은 단일 투입(input)에 대해 단일 산출(output)의 효율성을 분석하는 경우에는 적합하나, 대부분 생산조직에서는 다수의 투입과 산출요소를 생산하고 있고, 각 투입요소와 산출요소의 중요도에 따른 가중치가 다르므로, 가중치의 부여가 중요하다.

일반적인 효율성 분석방법중의 하나인, 모수적 접근 방법이라고 할 수 있는 함수적 접근방법에는 크게 회귀분석, cobb-douglas 모형, 지수법(Index Approach) 등이 있는데, 회귀분석은 독립변수와 종속변수의 선형결합관계를 유도함으로써 독립변수와 종속변수간의 상호연관

성 여부와 상관관계가 있을 경우 그 관계가 어느 정도 인지를 알 수 있게 해주며 변수들 간의 종속관계의 성격을 설명해 주는 기법으로 효율적인 투입·산출 간의 관계가 명확하지 않은 분야에서 생산관계를 파악하는데 사용되어 왔으며, 특정변수에 대한 회귀식으로 추정됨으로 특정변수 이외의 많은 정보는 반영되지 못한다는 문제가 있다[11]. 이러한 단점을 보완하고 다수의 투입변수와 산출변수에 가중치를 반영하여 효율성을 측정하기 위해 등장한 효율성 측정 방법이 DEA 모형이다. DEA는 회귀분석이나, 비율분석과 달리 가중치나 함수를 가정할 필요 없이 투입요소와 산출요소의 조합으로 효율적인 프론티어를 찾을 수 있으므로 보다 합리적이고 객관적인 효율성 분석 방법이라 할 수 있다.

DEA는 변수들이 효율성 프론티어로부터 떨어져 있는 정도로 효율성으로 판단하는 것이고, 회귀분석은 회귀선으로부터 떨어져 있는 정도로 판단하게 된다. 즉, DEA는 각 변수들이 “최대의 효율성”을 발휘하기 위한 방법에 초점을 두는 반면 회귀분석은 값들의 “평균”에 초점을 두게 된다[12]. 따라서, DEA는 개별 의사결정단위(DMU: Decision Making Unit)에 대해서 효율적 프론티어로 가기 위해 개선해야 할 정도를 제공해 줄 수 있는 장점이 있다[13,14].

DEA방법은 Farrell[15]의 상대적 효율성 개념을 Charnes et al.[16]이 새로이 발전시켜, 이를 다수의 투입물과 다수의 산출물 사이의 비율모형으로 확장한 규모수익불변(CRS: constant returns to scale) DEA라는 비모수적 측정법을 제시하면서 시작되었다. 규모수익불변 모형은 규모에 대한 수익불변이라는 가정 하에 모형이 도출되기 때문에 규모의 효율성과 순수 기술적 효율성을 구분하지 못한다는 단점을 지니고 있다. 이러한 단점을 보완하여 Banker et al.[17]가 다수의 투입요소를 사용하여 다수의 산출요소를 생산하는 DMU의 효율성을 기술적 효율성과 규모의 경제 효과를 모두 고려한 규모수익가변(VRS: Variable Return to Scale) 모형을 제시하였다[7].

DEA 모형은 다수의 투입요소(input)를 사용하여 다수의 산출물(output)을 생산하는 DMU의 효율성을 평가하기 위한 모형이다[18]. 일반적인 경제분석에서는 투입과 산출의 관계에 대해 특정한 형태의 생산함수를 가정하고 관측된 자료에 기초하여 이 생산함수의 모수를 추정한다. 그러나, DEA는 이러한 생산함수의 형태에 대해

가정을 하지 않고, 주어진 자료만으로 투입-산출의 생산 관계를 비모수적으로 추정한다. 그렇기 때문에 분석자의 자의적인 판단에 따라 함수형태 설정의 오류를 피할 수 있다[19]. 이러한 의미에서 DEA는 생산함수의 추정이 비모수적이라는 특징을 갖는다[12].

DEA는 다수의 투입-산출요소를 동시에 분석모형에 포함시켜 분석하기 때문에 비교대상이 되는 벤치마킹 대상인 효율적 DMU와의 격차를 알 수 있도록 해 주며, 계량모형이면서도 특정한 생산함수 형태를 가정하지 않기 때문에 다른 계량분석기법에 비해 비용 요소가 적은 공공부문 성과평가에 많이 활용되고 있다[19].

2.3 DEA 효율성 분석 선행연구

DEA의 분석효과 때문에 DEA를 이용하여 상대적 효율성을 평가하고, 비효율적인 요소를 찾고자 하는 연구들이 다양하게 보고되고 있으며, 최근 연구개발(R&D)과 관련된 분야에서도 많은 연구들이 수행되고 있다. 기존의 선행연구들을 살펴보면 연구대상을 기준으로 보았을 때 국가단위(National Level), 기관(조직)단위(Organization Level), 사업단위(Program Level), 과제단위(Project Level)의 효율성을 분석한 연구들과 과제단위 및 사업단위의 효율성을 혼합하여 효율성을 분석한 혼합유형(Combination Type) 연구 등이 있다. 또한, DEA 모형의 다양한 분석 방법을 활용하여 연구하고 있는데, 예를 들면 DEA의 기본모형이라 할 수 있는 CRS, VRS 모형 외에도 시계열적인 특성을 생산성과 효율성으로 분석하는 맘퀴스트 생산성지수(MPI: Malmquist Productivity Index)분석과 DEA/Window 분석 방법 등을 활용하여 연구하고, 다른 방법론인 네트워크분석, 토빗 회귀분석 등과 혼합하거나, Two-Stage DEA 등 다단계 분석방법을 적용하여 연구하는 논문이 최근에 증가하고 있다[20].

연구개발(R&D)과 관련된 DEA 선행연구들은 대다수 유사한 투입-산출변수를 활용하고 있는데, 이는 연구개발과 관련된 지표들이 연구과제와 직접적인 관련이 있는 지표들인 연구비, 연구인력, 논문, 특허, 기술료 등으로 제공되고 있기 때문으로 판단된다. 또한, 이론적 접근방법인 인과이론 관점에서 볼 때에도 연구개발(R&D)의 선행되는 투입요인과 후행되는 산출요인으로 적합하기 때문이다. 그러나, 일부 연구에서는 DMU의 특성을 반영할 수 있는 지표를 사용하기도 하는데, Kim and Park[21]의 연구에서는 산출변수로 프로그램 등록건수

등을 활용하여 DMU인 국가지정연구실사업의 특성을 반영하려고 하였다.

DEA에서 분석하고자 하는 DMU의 설정은 DEA 방법론의 효율적인 해석 및 활용을 위해 매우 중요한 의사 결정이다. 따라서, 기존의 선행연구 중에 연구개발(R&D)과 관련된 DEA 연구에서 DMU를 어떻게 선정하고 유형화 하였는지를 확인하고, 동 연구들이 유형에 따라 어떤 연구대상 및 투입-산출변수를 활용했는지를 살펴보고자 한다. 특히, 많은 연구개발(R&D)과 관련된 선행연구 중에 본 연구와 관련 있는 혼합유형 연구 위주로 살펴보고자 한다.

혼합유형의 DEA 연구는 국가연구개발사업의 과제단위의 효율성 분석을 하면서, 과제가 가지고 있는 특성을 활용하여 DMU를 선정하고 효율성 분석으로 하거나 [22,23], 과제단위의 DMU로 효율성을 먼저 분석한 후, 유형화된 분야별로 분석된 효율성 지수를 반영하여 비교 분석하는 방법[7,12,21,24-26]을 주로 사용하였다. 또한, Yu et al.[27]의 연구처럼 협력이 발생하는 유형에 대한 정의를 하고, 투입-산출변수를 활용하여 효율성을 분석한 연구도 있다.

Lee and Lee[26]은 하위단위에서 효율성을 분석하고, 최종적인 효율성을 분해하고자 하는 유형의 그룹으로 분석된 효율성 지수를 합산하여 효율성을 분석하는 방법을 상향식 접근방법이라고 하였다. 혼합유형의 DMU는 효율성을 분석하는 목적에 따라 사전에 DMU를 결정하고, DMU의 하위 단위에 있는 투입-산출 값을 합산하여 효율성을 분석하거나, 상향식으로 분석하거나 할 수 있는데, 방법의 선택은 연구자가 분석하고자 하는 목적에 따라 결정되어야 할 것이다. 혼합유형단위의 DEA 연구에 활용한 투입-산출변수와 DEA 모형은 Table 1과 같다.

Table 1. Prior Studies on the DEA Efficiency Analysis

Authors	Observations	Input variables	Output variables	Analysis Model
Kim and Park [21]	247 projects of laboratories selected by Korean government	human resources, expenditures	papers, patents, technical loyalty, program registration	output-oriented DEA
Chang [22]	TDPs of Taiwan government	human resources, expenditures	patents, technology outcomes	CRS VRS
Lee and Cho [24]	316 R&D projects of Korean national health technology	human resources, expenditures, research periods	papers, patents, IF averages	output-oriented CRS/VRS Tobit regression

Park [12]	1,397 projects of Korean NT/BT	expenditures, research periods, accumulated knowledge	SCI papers, IF, patents, proceedings, human resource development	output-oriented VRS
Lee [7]	143 Defense R&D Projects	human resources, expenditures, research periods	papers, patents, practical use	output-oriented CRS/VRS
So et al. [25]	77 National Convergence R&D Programs	human resources, expenditures	articles, patents, technical loyalty	output-oriented CRS/VRS
Bae et al. [23]	9 ministries related to the national nanotechnology research and development programs	expenditures, Num. of projects, expenditures per project	papers, patents, technology transfer/commercialization	CRS VRS
Lee and Lee [26]	4,863 Collaborative Research projects of 10 government research institutions	expenditures, human resources	papers, patents, IF averages	output-oriented VRS
Yu et al. [27]	30 regions of China (univ. and research institutions with IUR collaborative outcomes)	expenditures, human resources	patents, patent transfer, technical loyalty, commercialization	DEA, Tobit regression

3. 연구대상 및 방법

3.1 연구대상

본 연구의 산학연 협력유형별 효율성 분석을 위한 자료는 2013년부터 2015년까지 정부연구개발사업으로 지원된 과제의 투입 및 연구성과를 바탕으로 수집하였다. 동 자료는 한국과학기술기획평가원(KISTEP)에서 매년 조사하는 “국가연구개발사업 조사분석” 및 “국가연구개발사업 성과분석” 자료를 활용하였다. 분석대상은 3년간 정부연구개발사업으로 지원된 연구과제중 공동연구협력 유형으로 구분된 과제를 DMU의 동질성 확보를 위해, 6단계에 걸쳐 선별한 83,510개 과제를 주관기관별로 협력유형화 하였다. 6단계에 걸쳐 정부연구개발사업중에서 새로운 지식을 창출하거나 제품 기술개발 등의 응용개발연구를 지원하는 순수연구개발 사업유형의 과제만을 대상으로 한 이유는 과제수행의 목적이 유사한 사업

을 대상으로 해야만, 투입 및 산출변수의 효율성에 대한 신뢰도가 높아질 것으로 판단했기 때문이다.

Table 2. Cooperation types by project leader organizations

project leader organizations	Collaborative organization	Cooperation Types*
Large company	Industry	LC-Ind.
	University	LC-Univ.
	Research institution	LC-RI
	others	LC-others
	Univ.-RI	LC-Univ.-RI
Medium sized firm	X	LC
	Industry	MSF-Ind.
	University	MSF-Univ.
	Research institution	MSF-RI
	others	MSF-others
Small Business	Univ.-RI	MSF-Univ.-RI
	X	MSF
	Industry	SB-Ind.
	University	SB-Univ.
	Research institution	SB-RI
University	others	SB-others
	Univ.-RI	SB-Univ.-RI
	X	SB-Univ.-RI
	Industry	Univ.-Ind.
	University	Univ.-Univ.
Research institution	Research institution	Univ.-RI
	others	Univ.-others
	Ind.-RI	Univ.-Ind.-RI
	X	Univ
	Industry	RI-Ind.
Research institution	University	RI-Univ.
	Research institution	RI-RI
	others	RI-others
	Ind.-Univ.	RI-Ind.-Univ.
	X	RI

*LC : Large company

MSF : Medium sized firm

SB : Small Business

Univ. : University

RI : Research institution

Ind. : Industry

연구수행주체는 일반적으로 산업계, 학계, 연구계(출연연, 국공립연구소), 정부부처, 기타(연구조합, 학회 등)으로 구분되는데, 본 연구에서는 산업계를 대기업, 중견기업, 중소기업으로 세분화하였으며, 연구계는 출연연구기관만을 대상으로 하였다. 연구계의 국공립연구소, 정부부처, 기타의 수행주체는 주관연구수행주체에서는 제외하였으나, 협력연구의 공동연구 파트너에는 포함하였다. 이는 동 연구수행주체가 주관연구수행주체로의 순수연구개발 유형의 연구를 전문적으로 수행하는 기관으로 보기에는 한계가 있지만, 협력(공동)연구기관으로서는

주관연구기관을 도와 연구를 진행하기 때문에 의미가 있다고 판단해서 협력(공동)연구기관으로 수행한 실적은 포함하였다. 따라서, 본 연구의 분석대상인 산학연 협력 유형은 총 30개의 DMU로 구성되며 Table 2와 같다.

3.2 투입-산출변수 선정 및 평균 표준화

DEA 효율성 분석을 위한 투입 및 산출변수는 선행연구에서 활용한 변수들을 활용하였다. 선행연구에서는 Table 1에서 보듯이 연구개발활동의 투입요소로 투입 연구비와 투입인력을 주로 활용하였는데, 본 연구에서는 투입 연구비를 정부연구비와 민간연구비로 구분하여 활용하였으며, 연구인력 대신 총연구비에서 차지하는 인건비비율을 활용하였다. 선행연구에서 활용한 참여연구원 수는 투입인력에 대한 전문성에 대한 가중치를 고려하지 않고 투입인력을 계량화된 수치로 반영한 것으로 투입인력의 경력, 전문성 등이 반영되지 않은 변수이다[6]. 연구과제에 투입된 인력의 전문성을 계량화하여 반영할 지표는 찾기가 쉽지 않다. 다만, 연구원의 전문성은 연구인력의 보수로 차등 지급되고 있기 때문에 일반적으로 전문성이 높은 연구원이 높은 보수를 받을 가능성이 있다. 이러한 보수를 연구비에 반영한 것이 연구과제 인건비 총액이라고 할 수 있을 것이다. 연구비와 참여인력의 규모에 따라 연구성과의 차이가 있을 것이기 때문에 참여인력 규모를 파악할 수 있는 총연구비 대비 인건비비율을 투입인력 대신 활용하였다.

Table 3. Observations and Variables for DEA Analysis

Observation (DMU)	Input variables	Analysis Period	Method
	Output variables		
Cooperation types by project lead organization (n=30)	- national expenditures	2013 ~ 2015 (3 years)	outcome-oriented VRS
	- private expenditures		
	- labor cost ratio (total labor costs/total expenditures)		
	- number of SCI papers		
	- number of patents (applied by weights of domestic and global application/registration)		
	- technical loyalty		
- number of commercialization			

연구개발(R&D)활동에서의 산출은 과학적 성과, 기술적 성과, 경제적 성과, 사회적 성과, 인프라 성과로 측정할 수 있을 것이다. 본 논문에서는 선행연구 대다수에서 활용한 과학적 성과인 SCI논문, 기술적 성과인 국내외특허, 경제적 성과인 기술료와 사업화 건수를 활용하였는

데, 국내외 특허는 국내/국외, 출원/등록의 가중치를 달리하여 반영하였다. 본 연구에서 활용한 DEA 분석대상 및 변수는 Table 3와 같다.

협력유형별 기초통계량은 Table 4와 같이 변수별로 표준편차가 매우 큰 편이다.

Table 4. Descriptive Statistics of Input and Output Variables by Industry-University-Public Research Institute Cooperation Types

Items	Input			Output			
	Goven't expenditure (Million won)	Private expenditure (Million won)	labor cost ratio	SCI papers (Num.)	Patents (Num.)	Technical loyalty (Million won)	Commercialization (Num.)
Max.	5,864,284	1,421,303	0.40	48,398	3,260	47,149	2,330
Min.	7,443	303	0.13	3	2	0	0
Mean	579,524	207,042	0.30	1,870	190	2,217	184
S.D.	1,093,062	303,046	0.06	8,651	578	8,431	441

주관기관별 투입-산출변수 현황은 Table 5와 같은데, 정부연구비는 대학과 중소기업에 많이 투자되고 있고, 민간연구비는 중소기업과 대기업에서 많이 투자하고 있다. 전반적인 연구성과는 대학과 출연연구기관 중심으로 많이 도출되고 있다.

Table 5. Descriptive Statistics of Input and Output Variables by Industry-University-Research Institution Cooperation Types and Research Participants

Leader Org.	Goven't expenditure (Million won)	Private expenditure (Million won)	labor cost ratio	SCI papers (Num.)	Patents (Num.)	Technical loyalty (Million won)	Commercialization (Num.)
Large companies	1,300,892	2,197,216	0.18	553	333	1,909	278
Medium sized firms	822,529	520,189	0.24	215	230	247	178
Small businesses	4,915,878	2,344,883	0.35	758	687	1,618	3,715
Universities	6,962,610	594,124	0.34	50,908	3,579	48,588	1,103
Gov't research institutions	3,383,799	554,855	0.34	3,659	877	14,138	251
Total	17,385,709	6,211,267	0.31	56,093	5,706	66,501	5,525

DEA의 최적해를 구할 때 분석 프로그램이 변수 값의 차이가 큰 경우 계산의 정확성이 떨어질 가능성이 있기 때문에 투입-산출변수 값의 크기 차이가 큰 경우는 이를 조정하는 것이 바람직하다[14]. 이를 조정하는 방법으로는 평균 표준화(mean normalization)이 있는데, 투입 및 산출변수의 값을 각각의 평균으로 나눈 값으로 효율성을 분석하는 방법이다. 이러한 변수값의 크기를 조절한 변수를 활용하여 효율성을 분석하면 변수값의 크기에 대한 문제를 조절할 수 있다[14].

본 연구에서는 Table 4와 같이 인건비비중을 제외하고는 변수의 최대값과 최소값의 크기가 매우 크기 때문에 인건비비중을 제외하고 평균 표준화를 실시한 변수값을 활용하여 효율성을 분석하였다.

3.3 연구방법

DEA는 투입과 산출변수의 관계에 따라 효율성 지수가 분석되기 때문에 투입과 산출의 조합에 크게 의존[27]하는 효율성 분석 방법으로 다양한 투입과 산출의 다른 조합으로 분석할 필요가 있다. 투입과 산출변수의 조합으로 다양한 모형[28]을 만들어서 효율성간의 차이 점을 분석하면, 투입-산출변수간의 관계를 분해하여 해석할 수 있으므로 새로운 이슈 및 시사점을 얻을 수 있다. 따라서, 본 연구는 투입-산출변수를 분해하여 Table 6과 같은 분해모형을 만들어 효율성을 분석하였다.

Table 6. Variables of the Input-Output Itemization Model

DEA model	Inputs			Outputs			
	Govent expenditure	Private expenditure	labor cost ratio	SCI papers	Patents	Technical loyalty	Commercialization
Basic model (VRS)	○	○	○	○	○	○	○
Government-oriented efficiency model	○			○	○	○	○
Private-oriented efficiency model		○		○	○	○	○
Knowledge-intensive efficiency model			○	○	○	○	○
Scientific outcome-based efficiency model	○	○	○	○			
Technical outcome-based efficiency model	○	○	○		○		

Economic outcome-based efficiency model	○	○	○			○	○
---	---	---	---	--	--	---	---

4. 분석결과

4.1 투입-산출변수 분해모형 효율성 분석

산출지향형 규모수익가변(VRS) 모형으로 효율성을 분석한 투입-산출변수 분해모형의 효율성 지수는 Table 7과 같이 분석되었다. 기본 VRS 모형과 투입-산출 분해모형의 효율성 지수는 많은 차이가 발생함을 알 수 있었다. 7개 모형에서 효율적인 협력유형은 “대학 단독”과 “출연연-연” 2개 뿐이며, 나머지 28개의 협력유형은 투입-산출 분해모형에서 모두 다른 효율성 지수를 나타내고 있다. 산출지향 VRS 모형이므로 산출변수에서 많은 효율성 변화가 나타났다.

정부연구비만을 투입변수로 활용한 정부지향형 효율성 모형에서는 대기업 주관 협력유형에서 효율성 지수가 상대적으로 낮아지는 현상이 나타났으나, 중소기업, 대학, 출연연구기관 주관 협력유형에서는 소폭 증가하는 효과가 나타났다.

민간연구비만을 투입변수로 활용한 민간지향형 효율성 모형에서는 전반적으로 효율성 지수가 낮아지는데, 대기업과 중견기업 주관 협력유형에서 효율성 지수가 매우 큰 폭으로 낮아졌다. 다만, 중소기업 주관 협력유형에서는 상대적으로 작은 폭으로 효율성 지수가 낮아져서 상대적으로 민간연구비 투자에 대한 효율성이 있는 것으로 나타났다.

인건비비중만을 투입변수로 활용한 지식집약형 효율성 모형에서는 전반적으로 효율성 지수가 낮아졌지만, “대기업 단독”, “중견기업 단독”, “중소기업 단독”, “대학 단독”, “출연연-연” 협력유형은 효율성이 높은 것으로 분석되었는데, 이는 단독연구 유형에서 인건비비중이 효과가 있다는 것을 보여주고 있는 것이다.

산출변수 분해모형에서는 “대기업-단독”, “대기업-기타”, “대기업-연”, “대기업-학-연”, “대학 단독”, “중견기업 단독”, “중견기업-기타”, “출연연-기타”, “출연연-연”이 높은 효율성을 보이고 있으며, 대기업과 출연연구기관이 전반적으로 효율성이 높은 것으로 나타났다. 모형별로는 과학적 성과의 효율성이 상대적으로 낮게 나타났다.

Table 7. Results of Input and Output Itemization Model Efficiency in Industry-University-Public Research institute Cooperation Types

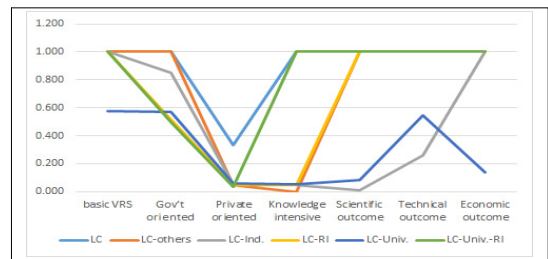
Cooperation Types*	basic VRS	Gov't oriented	Private oriented	Knowledge intensive	Scientific outcome	Technical outcome	Economic outcome
LC	1.000	1.000	0.336	1.000	1.000	1.000	1.000
LC-others	1.000	1.000	0.050	0.001	1.000	1.000	1.000
LC-Ind.	1.000	0.853	0.052	0.047	0.013	0.260	1.000
LC-RI	1.000	0.518	0.050	0.049	1.000	1.000	1.000
LC-Univ.	0.576	0.571	0.060	0.052	0.082	0.547	0.141
LC-Univ.-RI	1.000	0.498	0.037	1.000	1.000	1.000	1.000
MSF	1.000	0.819	0.138	1.000	1.000	1.000	1.000
MSF-others	1.000	1.000	0.136	0.006	1.000	1.000	1.000
MSF-Ind.	0.382	0.396	0.046	0.011	0.005	0.386	0.085
MSF-RI	0.402	0.396	0.042	0.012	0.018	0.402	0.194
MSF-Univ.	0.699	0.722	0.182	0.062	0.045	0.603	0.328
MSF-Univ.-RI	0.524	0.529	0.082	0.045	0.088	0.619	0.184
SB	1.000	1.000	1.000	1.000	0.015	0.255	1.000
SB-others	0.780	0.865	0.529	0.114	0.008	0.125	0.865
SB-Ind.	0.677	0.666	0.492	0.161	0.005	0.206	0.667
SB-RI	0.537	0.504	0.346	0.253	0.016	0.243	0.469
SB-Univ.	0.645	0.645	0.469	0.279	0.029	0.298	0.541
SB-Univ.-RI	0.361	0.361	0.141	0.288	0.035	0.276	0.191
Univ.	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Univ.-others	0.865	0.903	0.488	0.054	0.941	0.517	0.260
Univ.-Ind.	0.630	0.629	0.272	0.095	0.193	0.518	0.405
Univ.-Ind.-RI	0.632	0.676	0.125	0.019	0.261	0.644	0.381
Univ.-RI	0.538	0.569	0.221	1.000	0.437	0.660	0.202
Univ.-Univ.	0.683	0.674	0.488	0.039	0.488	0.615	0.607
RI	0.441	0.458	0.327	1.000	1.000	1.000	0.326
RI-others	1.000	1.000	0.426	0.004	1.000	1.000	1.000
RI-Ind.	0.858	0.895	0.117	0.055	0.042	0.423	0.895
RI-Ind.-Univ.	0.765	0.891	0.111	0.093	1.000	1.000	0.781
RI-RI	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
RI-Univ.	0.817	0.741	0.710	0.073	0.193	0.429	0.817
Means	0.760	0.726	0.316	0.327	0.464	0.634	0.645

*LC : Large company
 MSF : Medium sized firm
 SB : Small Business
 Univ. : University
 RI : Research institution
 Ind. : Industry

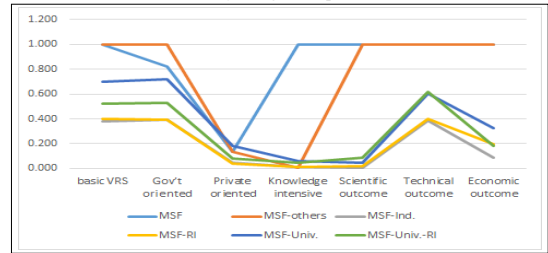
SCI논문만을 산출변수로 활용한 과학적 성과기반 모형에서는 주로 중견기업과 중소기업이 주관기관인 협력 유형에서 효율성이 매우 낮게 나타났으며, 대학도 “대학 단독”, “대학-기타” 유형을 제외한 협력유형에서 낮은 효율성 지수로 측정되었다.

특허만을 산출변수로 활용한 기술적 성과기반 모형에서는 중소기업 주관기관 협력유형의 효율성이 낮게 나타나고 있다.

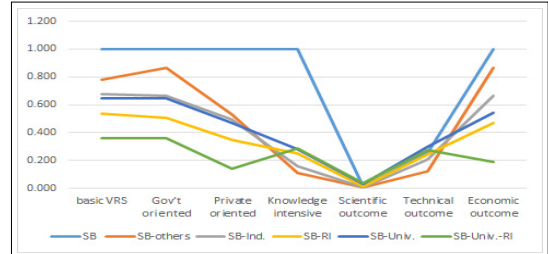
기술료 수입과 사업화 건수를 산출변수로 활용한 경제적 성과기반 모형에서는 중견기업과 대학의 효율성이 낮게 측정되어, 사업화에 대한 노력을 하여야 하는 것으로 분석되었다.



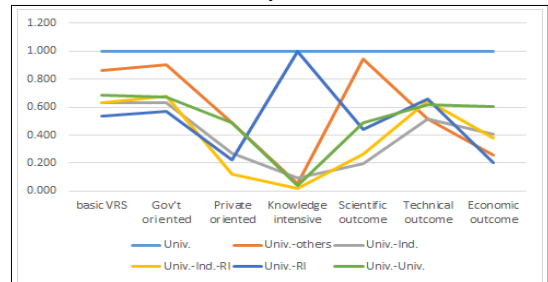
<led by Large companies>



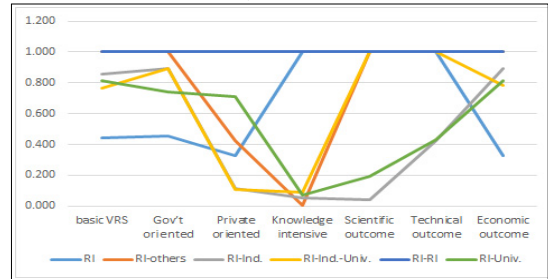
<led by Medium sized firms>



<led by SMEs>



<led by Universities>



<led by Research institutions>

Fig 2. Curves of the Input and Output Itemization Model Efficiency in Industry-University-Public Research institute Cooperation Types and project leader organizations

Fig. 2는 산출지향 VRS모형을 적용하여 효율성을 분석한 투입-산출 분해모형의 효율성 지수를 주관기관 협력유형별로 나타낸 그래프이다. 주관기관 협력유형별로 7개 모형의 효율성 지수 편차가 있음을 보여주고 있다.

4.2 협력유형별 투자 포트폴리오

투입-산출변수를 분해하여 다양한 분석 모형을 만들어 분석한 결과, 투입변수에 따라 효율성 결과가 달라짐을 확인하였다. 또한, 동일한 투입변수에서도 산출변수에 따라 효율성 지수의 차이가 있다는 것을 본 연구의 분석결과 확인되었다. 따라서, 투입요인의 조정을 통해 산출 성과의 효율성이 변화한다는 것을 알 수 있다. 투입-산출변수 분해 6개 모형에서 연구성과 산출과 관련 있는 3개의 모형을 가지고 클러스터 분석을 실시하여, R&D 효율성 관점에서 각 협력유형이 가지는 강점과 약점을 파악하여 투자 포트폴리오를 제시하였다.

투입-산출변수 분해모형의 산출지향 VRS 모형의 효율성 분석결과에서 과학적 성과기반 모형, 기술적 성과기반 모형, 경제적 성과기반 모형의 효율성 분석결과를 활용하여 Ward's Method와 유클리드 거리(유클리드 거리의 제곱)를 이용한 계층적 군집분석을 이용하여 협력유형별로 클러스터를 확인하고, 클러스터가 가지고 있는 강점과 약점에 따라 투자전략을 제시하였다.

3개 산출변수에 Ward's Method와 유클리드 거리를 활용하여 클러스터 분석을 한 결과 Table 8과 같이 3개의 클러스터로 분류되었다.

첫 번째 클러스터는 SCI논문 및 특허 기반의 효율성에서는 1.000으로 초효율성을 보이고, 기술료 및 사업화에서도 0.919의 높은 효율성 지수를 보이고 있는 그룹으로 연구비를 지속적으로 확대 투자하면 전반적인 분야에서 연구성과가 지속적으로 확대될 가능성이 있는 협력유형이다. 다만, 연구수행주체 단독으로 수행하는 경우가 많이 포함되어 있으므로 연구수행주체가 단독으로 수행하는 연구사업 및 과제일 경우 기술융합연구에 전략적 투자가 필요하다. 이 경우, 단독연구 수행주체가 대기업, 중견기업, 대학, 출연연구기관이므로 중소기업과 달리 자체적으로 학제적 융합연구를 수행할 수 있는 연구역량을 가지고 있는 기관으로서 단독 기술융합연구를 지원해도 주관기관내에서 기술융합 협력연구가 수행될 것이다.

두 번째 클러스터는 전반적인 효율성은 낮지만, 상대적으로 기술적 성과인 특허부분에서 효율성이 높게 나타

나는 그룹으로 상대적으로 효율성이 높은 특허 중심의 R&D에 투자를 확대하는 것이 바람직한 클러스터이다. 이 클러스터에는 대학 주관의 협력유형 또는 대학이 참여하는 협력유형이 대다수를 차지하고 있는데, 대학이 단독연구에서의 효율성과 같은 높은 효율성을 확보하기 위하여 기업과 출연연구기관과의 협력연구에서 논문, 특허, 사업화의 연구성과 제고를 위해 적극적으로 노력해야 하는 클러스터이다.

세 번째 클러스터는 경제적 성과인 기술료, 사업화에 강점이 있는 클러스터로 중소기업과 출연연구기관 중심의 협력유형으로 구성되어 있다. 중소기업 R&D정책이 개발연구 중심으로 지원하고, 출연연구기관의 산업체 협력연구 비중확대 정책 등의 효과가 반영된 결과로 판단된다. 다만, 과학적 성과인 SCI논문 실적이 상대적으로 비효율적이므로 이에 대한 개선이 요구되는 클러스터 유형이다. 또한, 중소기업 주관 협력유형인데도 불구하고 기술적 성과인 특허의 효율성이 낮은 것에 대한 개선은 전제로 선택적 투자가 필요한 클러스터이다.

Table 8. Efficiency Clusters by Cooperation Types

Clusters	Scientific outcomes	Technical outcomes	Economic outcomes	Num. of collaborative types	Collaborative types*	Investment strategy
I	1.000	1.000	0.919	11	LC LC-others LC-RI LC-Univ.-RI MSF MSF-others Univ. RI RI-others RI-Ind.-Univ. RI-RI	Increases in R&D investment focusing on papers and patents
II	0.236	0.526	0.271	11	LC-Univ. MSF-Ind. MSF-RI MSF-Univ. MSF-Univ.-RI SB-Univ.-RI Univ.-others Univ.-Ind. Univ.-Ind.-RI Univ.-RI Univ.-Univ.	Increases in R&D investment focusing on patents
III	0.040	0.280	0.782	8	LC-Ind. SB SB-others SB-Ind. SB-RI SB-Univ. RI-Ind. RI-Univ.	Increases in R&D investment focusing on commercialization

*LC : Large company
MSF : Medium sized firm
SB : Small Business
Univ. : University
RI : Research institution
Ind. : Industry

5. 결론

본 연구는 우리나라 정부에서 지원하고 있는 산학연 협력연구과제를 주관기관별로 협력유형화하여 투입-산출변수를 분해하여 DEA 방법론을 활용하여 산출지향 VRS 모형으로 효율성을 분석하였으며, 산출변수와 관련 있는 과학적, 기술적, 경제적 성과 모형의 효율성 분석결과를 활용하여 계층적 군집분석으로 클러스터를 확인하고, 클러스터별 강약점에 맞는 산학연 협력유형별 투자 포트폴리오 및 투자전략을 제시하였다.

투입과 산출변수의 조합으로 다양한 모델을 만들어서 효율성간의 차이점을 분석한 결과 기본모형보다 분해모형에서 전반적인 효율성 지수는 감소하였다. 정부지향형 효율성 모형에서는 대기업과 중견기업을 제외하고는 약간 상승하였지만, 민간지향형 효율성 모형과 지식집약형 효율성 모형은 전반적으로 효율성 지수가 많이 낮아졌다. 특히, 대기업과 중견기업의 효율성 지수의 낙폭이 매우 크게 나타났다. 과학적 성과기반 효율성 모형에서는 기업부문의 효율성 지수가 상대적으로 낮아졌으며, 특히, 중소기업은 매우 비효율적인 것으로 나타났다. 기술적 성과기반 효율성 모형에서도 중소기업이 매우 비효율적으로 나타났으나, 경제적 성과기반 효율성 모형에서는 중견기업과 대학이 상대적으로 비효율적으로 나타났다. 따라서, 기업은 민간연구비 부분의 효율성을 높여야 하고, 중견기업은 인건비 집행에 있어서 효율적 배분이 필요한 것으로 분석되었다. 중소기업은 SCI논문에서 비효율적이지만, 기술료와 사업화 부분에서는 상대적으로 효율적인 것으로 분석되었다. 중견기업은 특허부분에 강점이 있으나, 논문 및 기술사업화에서는 지속적으로 효율성 제고를 위해 노력해야 하는 것으로 분석되었다. 대학은 전반적으로 효율성이 높지 않았으나, 상대적으로 특허부분에서 효율성이 높았다. 전반적인 성과 효율성에서는 대기업과 출연연구기관이 상대적으로 높게 나타났다.

투입-산출 분해모형의 효율성 분석결과를 가지고, Ward's Method와 유클리드 거리를 활용하여 계층적 군집분석을 실시하여 3개의 클러스터로 유형화한 결과 클러스터별 협력유형의 강약점 분야의 차이가 있었고, 이에 대한 차별적 투자전략을 제시하였다.

산학연 협력유형에 대한 효율성 분석결과 단독연구 유형이 전반적으로 효율성 지수가 높게 나타나서, 정부의 산학연 협력정책에 대한 실효성 제고를 위한 전반적

인 보완이 필요한 것으로 분석되었다.

본 연구는 정부연구개발사업을 산학연 협력유형 분류하여 효율성을 분석한 연구로서, 최근 산학연 협력연구를 강화하기 위해 투자가 확대되고 있는 산학연 협력연구에 주관기관별 협력유형에 따라 차별적 투자를 해야 한다는 정책적 시사점을 제공하여, 한정된 재원을 효율적으로 배분하여야 하는 정부연구개발사업 예산배분·조정 업무에서 실무적으로 적용할 수 있는 전략을 제시하였다는 점에서 정부 정책 집행의 효율성 제고에 기여할 수 있을 것으로 판단한다.

본 연구는 이러한 연구의 시사점에도 불구하고, 몇가지 연구의 한계를 가지며, 향후 연구를 통해서 보완할 필요성이 있다.

첫째, 3년간의 자료를 활용하였기 때문에 투입대비 성과창출이 장기간에 걸쳐 도출되는 연구개발(R&D)의 특성을 모두 반영하지 못했을 가능성이 있다. 이러한 부분은 향후 장기간의 시계열 자료를 확보하여 추가적인 연구가 필요한 부분이다.

둘째, 정량적인 성과만을 반영하고, 질적인 성과를 반영하지 못한 점이다. 최근 성과평가에서 정량적인 평가보다도 질적 성과의 가중치를 높게 평가하고 있는데, 기존의 논문, 특허 등의 정량적 성과지표만을 반영한 한계가 있다. 향후, 특허의 smart지수 등의 질적 평가를 반영한 연구성과를 반영하여 효율성 분석을 할 필요성이 있다.

References

- [1] S.Y. Chung and K.D. Kim, "The New Approach to the Collaboration Among Academia, Industry, and Public Research Sector : Focussing on Building a Collaboration Research Center", *Journal of Technology Innovation*, vol. 16, no. 2, pp. 17-40, 2008.
- [2] H. Etkowitz and L. Leydesdorff, "The Dynamics of Innovation: From National Systems and "Mode 2" to a Triple Helix of University - industry - government Relations," *Research policy*, vol. 29, no. 2, pp. 109-123, 2000.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00055-4](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00055-4)
- [3] H.W. Chesbrough, *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*, Harvard Business School Press, Boston, 2003.
- [4] W.M. Cohen and Levinthal D.A., "Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation," *Administrative Science Quarterly*, vol. 35, no. 1, pp. 128-152, 1990.
DOI: <https://doi.org/10.2307/2393553>

- [5] Ministry of Science, ICT and Future Planning-KISTEP (2016), *Main Science & Technology Indicators of Korea 2015*, Seoul: KISTEP, 2016.
- [6] H.Y Kim and S.Y. Chung, "The Efficiency Analysis by Collaboration Types of National R&D Programs : A Case of Pure National R&D Programs by Employing DEA," *In Proceedings of the Annual Conference in Autumn of The Korea Technology Innovation Society*, pp. 373-382, 2016.
- [7] H.J. Lee, "A Study on Analyzing The Efficiency of Defense R&D Projects: An Expanded DEA Approach," *Graduate School of Konkuk University*, Doctoral dissertation, 2015.
- [8] J.H. Oh, "A Study on the Relative Efficiency of the Materials and Components Enterprises by Using Data Envelopment Analysis," *Graduate School of Kyungsoong University*, Doctoral dissertation, 2011.
- [9] D.K. Go-S.H. Woo and H.W. Kang, "A Study on the Business Performance of Shipping and Logistics Companies using Data Environment Analysis," *Journal of Korea Port Economic Association*, vol. 30, no. 2, pp. 93-112, 2014.
- [10] G. Callender, *Efficiency and Management*, Routledge, 2009.
- [11] M.H. Park, "The Analysis of Efficiency and Productivity," *Korean Studies Information*, pp. 52-192, 2008.
- [12] W.W. Cooper, L.M. Seiford and K. Tone, *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology, and Applications, References and DEA-Solver Software*, Kluwer Academic Publishers, Boston, 2000.
- [13] H.S. Park, "Measurement of R&D Efficiency in NT and BT Fields Using DEA: A Case of Basic Research Programs in Korea," *Graduate School of Sungkyunkwan University*, Doctoral dissertation, 2014.
- [14] K.K. Ko, *Theory of Efficiency Analysis : Data Envelopment Analysis and Stochastic Frontier Approach*, Kyungki: MoonWooSa, 2017.
- [15] M.J. Farrell, "The Measurement of Productive Efficiency," *Journal of the Royal Statistical Society*, vol. 120, no. 3, pp. 253-290, 1957.
DOI: <https://doi.org/10.2307/2343100>
- [16] A. Charnes, W.W. Cooper and E. Rhodes, "Measuring the Efficiency of Decision Making Units," *European Journal of Operational Research*, vol. 2, no. 6, pp. 429-444, 1978.
DOI: [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)
- [17] R.D. Banker, A. Charnes and W.W. Cooper, "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis," *Management Science*, vol. 30, no. 9, pp. 1078-1092, 1984.
DOI: <https://doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078>
- [18] S.H. Kim, T.S. Choi and D.W. Lee, *Efficiency Analysis: Theory and Applications*, Seoul economics and management, 2007.
- [19] J.D. Lee and D.H. Oh, *Theory of Efficiency Analysis: Data Envelopment Analysis*, Seoul: Jiphil media, 2012.
- [20] Liu, J. S., Lu, L. Y., Lu, W. M. and Lin, B. J., "Data envelopment analysis 1978 - 2010: A citation-based literature survey", *Omega*, vol. 41, no. 1, pp. 3-15, 2013.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.omega.2010.12.006>
- [21] J.H. Kim and S.B. Park, "The R&D Efficiency Comparison Analysis by Technical Sectors and Research Participants of Research Institutions Selected by Government," *Science & Technology Policy*, vol. 146, no. 2, pp. 21-35, 2004.
- [22] S.C. Chang, "Returns to Scale in DEA Models for Performance Evaluations," *Technological Forecasting & Social Change*, vol. 78, no. 8, pp. 1389-1396, 2011.
- [23] S.H. Bae, J.H. Kim, J.S. Youn, S.K. Kang, K.M. Shin, S.J. Cho and K.K. Lee, "Measuring Efficiency of National R&D Programs within Nanotechnology Field Using DEA Model," *Journal of Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, vol. 39, no. 2, pp. 64-71, 2016.
DOI: <https://doi.org/10.11627/jkise.2016.39.2.064>
- [24] C. Lee and K. Cho, "Efficiency Analysis and Strategic Portfolio Model of National Health Technology R&D Program Using DEA: Focused on Translational Research," *Journal of Korean Institute of Industrial Engineers*, vol. 40, no. 2, pp. 172-183, 2014.
DOI: <https://doi.org/10.7232/JKIIIE.2014.40.2.172>
- [25] A.Y. So, J.W. You and D.R. Seo, "Analyzing Efficiency of National Convergence R&D Programs Using Data Envelopment Analysis and Malmquist Productivity Index," *Convergence Research Review*, vol. 1, no. 5, pp. 26-51, 2015.
- [26] S.H. Lee and H.Y. Lee, "Performance Evaluation of Collaborative Research in Government Research Institutions," *Journal of Korean Institute of Industrial Engineers*, vol. 43, no. 3, pp. 154-163, 2017.
DOI: <https://doi.org/10.7232/JKIIIE.2017.43.3.154>
- [27] Y. Yu, X. Gu and Y. Chen, "Research on the Technology Transfer Efficiency Evaluation in Industry-University-Research Institution Collaborative Innovation and Its Affecting Factors Based on the Two-Stage DEA Model", *In Proceedings of the Tenth International Conference on Management Science and Engineering Management*, Springer Singapore, pp. 237-249, 2017.
DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-10-1837-4_21
- [28] Jenkins, L. and Anderson, M., "A multivariate statistical approach to reducing the number", *European Journal of Operational Research*, vol. 147, pp. 51 - 61, 2003.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(02\)00243-6](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00243-6)
- [29] Serrano-Cinca, C., Fuertes-Calle'n, Y. and Mar-Molinero, C., "Measuring DEA efficiency in internet companies", *Decision Support Systems*, vol. 38, pp. 557-573, 2005.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dss.2003.08.004>

김 흥 영(Hong-Young Kim)

[정회원]



- 2006년 2월 : 한국외국어대학교 경영대학원 경영학과(경영학석사)
- 2015년 2월 : 건국대학교 일반대학원 기술경영학과(박사수료)
- 1993년 7월 ~ 1999년 1월 : 과학기술정책연구소 연구원
- 1999년 2월 ~ 현재 : 한국과학기술기획평가원 연구위원

<관심분야>

과학기술정책, 기술혁신, 기술경영, 정부R&D 예산조정 및 성과평가, 연구관리 제도개선

정 선 양(Sunyang-Chung)

[정회원]



- 1986년 2월 : 서울대학교 대학원 경영학과(경영학석사)
- 1994년 2월 : 독일 University of Stuttgart, 역사·사회·경제학부 졸업(기술경영·정책학 박사)
- 2000년 3월 ~ 2008년 2월 : 세종대학교 경영학과 교수
- 2008년 3월 ~ 현재 : 건국대학교 기술경영학과 교수
- 2004년 11월 ~ 현재 : 한국과학기술한림원(KAST) 중신정회원

<관심분야>

기술경영, 기술혁신, 과학기술정책, 지역혁신, 혁신체제론