

2017학년도 2학기

성균관대학교 기술경영전문대학원 석사 졸업보고서

중소기업의 R&D지원사업의 효율성 분석에 관한 연구
: 경기도 중소기업 기술개발사업을 중심으로

이 병 현

2017년 12월 일

지도교수 : 조 근 태 (인)

목 차

제1장 서론	1
제2장 이론적 배경과 선행문헌 연구	3
2.1 이론적 배경	3
2.2 선행문헌 연구	7
제3장 연구방법	9
3.1 분석대상 및 자료수집	9
3.2 연구방법 선정	9
제4장 분석결과	10
4.1 DEA 분석을 통한 상대적 효율성 분석	10
4.2 효율성에 영향을 미치는 요인 분석	15
제5장 결론	17

제1장 서론

연구개발(Research and experimental development: R&D)은 인류, 문화, 사회를 포괄하는 지식의 축적을 증가시키고, 축적된 지식을 활용하여 새로운 응용을 창출하기 위한 창의적이고 체계적인 활동을 의미한다(OECD, Frascati Manual, 2015, pp.44). 국가나 기업은 연구개발 활동을 통해 지식의 확산이나 새로운 가치 창출을 촉진시켜 경쟁력을 확보하게 되고, 나아가 경제적 발전과 지속가능한 성장이 가능해진다. 때문에 연구개발의 중요성을 인정한 여러 국가 및 기업에서는 연구개발에 대한 투자를 지속하고 있으며, 우리나라 정부와 기업에서도 연구개발 예산을 지속적으로 확대하고 있다(이경재, KISTEP Inside and Insight 13, 2016, pp.44-49).

연구개발 활동은 상당한 시간과 막대한 비용이 소요되며 높은 위험이 수반되는 반면, 연구결과는 비전유성의 특징(Kay, The Boundaries of the Firm, 1999, pp.113)을 가지고 있어 연구개발에 대한 민간투자가 위축되는 시장실패(market failure)가 발생할 수 있다. 또한, 글로벌 기술경쟁이 가속화되어가는 초경쟁 상황에서 연구개발비가 부족한 중소기업의(중소기업기술통계조사, 2016) 시장경쟁력은 갈수록 약화될 수밖에 없는 취약한 구조를 가지고 있다. 하지만 중소기업은 경제주체로서 제조업 기준 전체 기업수의 99.4%, 고용의 77.4%, 생산의 48.3%, 부가가치의 51.2%를 담당하는 등 압도적 다수를 차지하고 있다는 점(중소벤처기업부, 2017)에서 중소기업의 경쟁력은 국가 경쟁력과 직결된다. 따라서 국가 경쟁력의 확보와 시장실패의 보완을 위해 정부가 주도적으로 시장에 개입하여 중소기업에 연구개발 자금을 지원함으로써 연구개발 투자와 성과의 선순환 구조를 구축해야 할 필요가 있다.

정부 및 지방자치단체는 국가혁신시스템과 지역혁신시스템을 통해 중소기업의 성장 병목 현상을 극복하고 우수 연구개발성과의 사장방지와 시장진입을 유도하기 위하여 연구개발 활동에 대한 투자를 지원하고 있다. 경기도에서도 지역경제의 미래성장 동력 확보와 지역산업 육성 및 도내 중소기업의 기술경쟁력 향상을 도모하기 위해 중소기업의 수요에 부응하는 지역밀착형 기술개발 정책자금을 지원하고 있으며, 중소기업 기술개발사업을 통해 2008년 이후 2016년 까지 626개 과제에 약 1,124억원의 예산을 지원하고 있다(경기과학기술진흥원, 2016년도 경기도 기술개발사업 성과분석 보고서, 2016. pp.16-27).

그러나, 정부 및 지방자치단체의 연구개발 투자 예산의 증가율이 급격히 둔화(미래 창조과학부, 2018년도 정부연구개발 투자방향 및 기준, 2018, pp.11)됨에 따라 정부의 R&D 투자가 효율적으로 활용되는지에 대한 문제제기와 함께 제한된 자원의 최적 활용이 중요한 이슈로 부각되면서 효율성을 기반으로 하는 지원제도의 도입이 시급해 졌다.

본 연구의 목적은 시장실패를 보완하고 중소기업의 경쟁력 제고를 위해 경기도에서 중소기업에 연구개발 정책자금을 지원한 64개의 과제에 대해 DEA(Data Envelopment Analysis; 자료포락분석)을 실시하고, 과제단위별 상대적 효율성을 평가를 통해 정책 자금의 효율적인 투자배분과 성과극대화를 위한 전략적 운영방안에 대한 정보를 제공하고자 한다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 DEA의 이론적 배경에 대해 설명하고 선행연구를 조사 하였으며, 3장에서는 연구방법을 설명하고, 4장에서는 경기도 기술 개발사업에 대해 실증분석을 통해 상대적 효율성 분석 및 효율성에 영향을 미치는 배분특성을 도출하였다. 마지막으로 5장에서는 결론과 본 연구의 한계점에 대해 논하였다.

제2장 이론적 배경과 선행문헌 연구

2.1. 이론적 배경

(1) 효율성(efficiency)

효율성이란 한정된 자원 내에서 최대의 산출물을 창출해 내는 것을 말하며, 주어진 자원으로부터 최대한의 산출물을 얻을 때 효율적이라고 할 수 있다. 일반적으로 효율성은 투입과 산출의 비율로써 그 수준을 나타낼 수 있다.

$$\text{효율성}(\text{efficiency}) = \frac{\text{산출}(\text{output})}{\text{투입}(\text{input})}$$

Farrell(1957)에 따르면 효율성은 주어진 투입 하에서 최대의 산출량을 생산하는 능력인 기술적 효율성(technical efficiency)과 주어진 가격조건 하에서 최적 투입 결함을 결정하는 능력을 분배적 효율성(allocative efficiency)으로 구분할 수 있다. 반면에 일정한 기술수준에서 주어진 생산요소와 투입에 의해 가능한 최대의 산출을 달성하지 못하는 정도를 기술적 비효율성(technical inefficiency)이라고 한다.

(2) DEA

DEA는 데이터 지향적 접근방식의 비모수(non-parametric) 효율성 측정기법이다. DEA는 선형계획법(linear programming)에 근거한 수리계획(mathematical programming) 모델로 다수의 투입요소와 다수의 산출요소를 갖는 의사결정 단위들(decision making units: DMUs) 간의 상대적 효율성을 평가하고 가장 효율적인 DMU를 통과하는 생산

변경(production frontier)과의 거리(distance)를 통해 비효율 정도를 측정하는 방식이다. Charnes et al.(1978)가 DEA의 기본적인 CCR 모형을 제시한 이후 Banker et al.(1984)의 BCC 모형, Charnes et al.(1985)의 Additive 모형, Pastor et al.(1999)의 Russell Measure 모형 그리고 Tone(2001)의 SBM 모형 등의 이론적 확장을 통해 DEA는 효율성 측정의 기법으로 폭넓게 사용되어지고 있다(Wen M., 2015, pp.45-58).

CCR모형은 Charnes, Cooper, and Rhodes(1978)가 Farrell(1957)이 제시한 비모수적 효율성 측정 개념과 Shephard(1970)의 거리함수 개념을 바탕으로 규모에 대한 수익불변(constant return to scale: CRS)을 가정하여 개발한 모형이다. CCR 모형은 “평가 대상이 되는 DMUs의 투입변수의 가중합계에 대한 산출변수의 가중합계의 비율이 1을 초과해서는 안되며, 각 투입변수와 산출변수의 가중치들은 0보다 크다”는 제약 조건 하에서 투입과 산출비율을 최대화 시키는 변수별 가중치를 결정하는 모델이다.

CCR 모형에 따른 효율성은 규모의 효율성(scale efficiency)과 기술적 효율성이 결합된 형태로 나타나기 때문에 이들을 구분하지 못한다는 한계가 있다. 반면, Banker, Charnes, and Cooper(1984)가 제시한 BCC 모형은 규모에 대한 수익가변(variable return to scale: VRS)의 가정 하에서 볼록성의 제약조건(convexity constraints)을 추가함으로써 규모의 효과를 배제한 순수 기술적 효율성(pure technical efficiency)을 측정할 수 있다. 순수 기술적 효율성은 기술적 효율성을 규모의 효율성으로 나누면 구할 수 있으며, 규모의 효율성이 1보다 작으면 투입과 산출의 조합이 규모의 효율성을 최대한 달성하지 못하고 있음을 의미한다.

$$\text{순수 기술적 효율성}(PTE) = \frac{\text{규모의 효율성}(SE)}{\text{기술적 효율성}(TE)}$$

각각의 모형은 투입지향(input-oriented)과 산출지향(output-oriented)으로 구분되며, 투입지향 모형은 산출량을 고정한 상태에서 투입량을 비례적으로 감소시켜 기술적 효율성을 측정하는 모형이다. 투입지향 CCR 모형과 BCC모형을 수식으로 나타내면 <수식 1>, <수식 2>와 같다.

$$\begin{aligned}
 & \text{Min } \theta^k \\
 & \text{s.t. } \theta^k x^k \geq \sum_{j=1}^J x_m^j \lambda^j \quad (m=1, 2, \dots, M) \\
 & \quad y_n^k \leq \sum_{j=1}^J y_n^j \lambda^j \quad (n=1, 2, \dots, N) \\
 & \quad \lambda^j \geq 0 \quad (j=1, 2, \dots, J)
 \end{aligned}$$

<수식 1> 투입지향 CCR 모형

$$\begin{aligned}
 & \text{Min } \theta^k \\
 & \text{s.t. } \theta^k x^k \geq \sum_{j=1}^J x_m^j \lambda^j \quad (m=1, 2, \dots, M) \\
 & \quad y_n^k \leq \sum_{j=1}^J y_n^j \lambda^j \quad (n=1, 2, \dots, N) \\
 & \quad \sum_{j=1}^J \lambda^j = 1 \\
 & \quad \lambda^j \geq 0 \quad (j=1, 2, \dots, J)
 \end{aligned}$$

<수식 2> 투입지향 BCC 모형

반면, 산출지향 모형은 투입량을 고정한 상태에서 산출량을 비례적으로 증가시켜 기술적 효율성을 측정하는 모형이다. 산출지향 CCR 모형과 BCC모형을 수식으로 나타내면 <수식 3>, <수식 4>와 같다.

$$\begin{aligned}
& \text{Max } \theta^k \\
& s.t. \quad x_m^k \geq \sum_{j=1}^J x_m^j \lambda^j \quad (m=1, 2, \dots, M) \\
& \quad \theta^k y_n^k \leq \sum_{j=1}^J y_n^j \lambda^j \quad (n=1, 2, \dots, N) \\
& \quad \lambda^j \geq 0 \quad (j=1, 2, \dots, J)
\end{aligned}$$

<수식 3> 산출지향 CCR 모형

$$\begin{aligned}
& \text{Max } \theta^k \\
& s.t. \quad x_m^k \geq \sum_{j=1}^J x_m^j \lambda^j \quad (m=1, 2, \dots, M) \\
& \quad \theta^k y_n^k \leq \sum_{j=1}^J y_n^j \lambda^j \quad (n=1, 2, \dots, N) \\
& \quad \sum_{j=1}^J \lambda^j = 1 \\
& \quad \lambda^j \geq 0 \quad (j=1, 2, \dots, J)
\end{aligned}$$

<수식 4> 산출지향 BCC 모형

DEA는 효율성을 측정함에 있어 여러 투입요소와 산출요소를 다룰 수 있고, 투입요소와 산출요소간의 함수적 관계가 필요 없는 비모수적 기법이라는 편리성과 응용성을 가지고 있다. 또한, 효율적 DMU와 비효율적 DMU의 판별과 함께 비효율적 DMU에 대해서는 벤치마킹 대상과 함께 개선방향을 제시할 수 있는 강점이 있다. 따라서 학교, 병원, 은행, 도서관, 공공기관 등을 비롯한 많은 조직에서 효율성을 비교, 평가하기 위한 기법으로 널리 적용되고 있다. 반면, 이상치(outliers)에 민감하고 기술적 효율성과 통계적 오차를 구분하지 못한다는 한계가 존재한다.

2.2. 선행문헌 연구

DEA를 통해 R&D 효율성을 연구한 기존 문헌을 살펴보면 박정희, 문종범(2010)은 정부 지원 지역산업기술개발사업의 효율성을 평가하기 위해 투입요소를 연구개발비(정부출연금, 민간부담금, 민간부담현금), 연구기간 및 특허로 하고 산출변수로는 논문, 특허, 매출액 및 고용창출인력으로 하는 투입지향 CCR 모형과 산출지향 BCC 모형을 사용하였다. 분석 결과 지역별, 전략산업 분야별로 특성에 따른 효율성 수준 차이를 비교분석하여 전반적인 효율성분석과 개선방안을 제시하였다. 박석중, 김경화, 정상기(2011)는 정부 순수R&D사업의 효율성을 측정하기 위해 투입요소를 R&D투자비로 산출변수를 논문과 특허로 하는 투입지향 CCR 모형과 산출지향 BCC 모형을 사용하고 Wilcoxon-Mann-Whitney 검정을 통해 분석하였다. 분석 결과 연구의 형태 특성에 따른 효율성 수준을 분석하고, 효율성에 영향을 미치는 투자의 배분특성을 규명하였다. 이철행, 조근태(2014)는 보건의료기술 R&D사업의 중개연구 효율성을 측정하기 위해 투입요소를 연구비, 연구인력 및 연구기간으로 하고 산출요소는 논문과 특허로 하는 산출지향 CCR과 산출지향 BCC 모형을 사용하였으며, Wilcoxon-Mann-Whitney 검정과 Tobit 회귀분석을 통해 효율성에 영향을 미치는 요인을 분석하였다. 분석 결과 고효율 집단과 저효율 집단으로 분류하여 연구유형의 조합을 통해 투자전략과 전략적 포트폴리오 모형을 제시하였다. 김홍규, 강원진, 배진희(2015)는 DEA를 이용한 효율성 평가에 있어 모두 2단계(1단계 기술적 성과, 2단계 경제적 성과)에 걸쳐 상대 효율성을 평가함으로써 다양한 DEA 모형을 이용한 R&D 프로젝트의 총체적인 효율성 평가체계를 제안하였다. 김홍영, 정선양(2016)은 산학연 협력유형별 효율성을 측정하기 위해 각 협력유형별 투입변수를 연구비와 인건비 비중으로 산출변수를 논문 및 특허로 하는 산출지향 BCC 모형을 사용하였다. 분석 결과 연구수행 주관 주체별 효율성 차이를 확인하고 산학연 협력연구 정책에 있어 협력유형별로 차별적인 정책을

적용할 필요가 있다는 시사점을 제공하고 있다. 선행 문헌에서 R&D의 효율성에 관한 DEA 적용사례들을 <표 1>과 같이 정리하였다.

<표 1> R&D의 효율성에 관한 DEA 적용 사례

연도	연구자	투입변수	산출변수	분석방법
2010	박정희, 문종범	연구비(정부+민간) 개발기간 특허 수	논문 특허 매출액 고용창출	투입지향 CCR 산출지향 BCC
2011	박석중, 김정화, 정상기	R&D 투자비	논문 특허	투입지향 CCR 산출지향 BCC WMW 검정
2014	이철행, 조근태	연구비 연구인력 연구기간	논문 특허	산출지향 CCR 산출지향 BCC WMW 검정 토빗회귀 분석
2015	김홍규, 강원진, 배진희	정부출연금 민간부담금 연구인력 과제수행기간 사업종료 후 경과기간 추가 R&D투자	논문, 특허 기술이전 기술수준향상도 제품화 실적 매출액 비용절감액 고용창출	투입기준 CCR 투입기준 BCC AHP
2016	김홍영, 정선양	연구비(정부+민간) 인건비 비중	논문 특허	산출지향 BCC

제3장 연구방법

3.1. 분석대상 및 자료수집

본 연구의 분석 대상은 경기도경제과학진흥원에서 2017년 실시한 「경기도 기술개발 사업 성과활용현황 조사」 자료를 사용하였다. 성과활용현황 조사는 경기도 기술개발 사업으로 지원한 과제 중 기술개발 완료 후 성공한 과제를 대상으로 매년 실시하는 조사이다. 본 연구에서는 조사 자료 중 기술개발과 사업화의 시차를 고려하여 기술개발 종료 후 3년이 되는 2013년도에 중소기업 기술개발사업으로 지원한 64개 과제를 분석 대상으로 하였다. 수집된 자료 특성은 <표 2>와 같다.

<표 2> 분석대상 자료 특성

과제 수	지원연도	연구기간	연구분야	과제유형
64	2013	12개월, 24개월	전기전자, 정보통신, 바이오의료, 기계소재, 화학(섬유)	신제품개발, 기존제품개선, 신공정개발, 기존공정개선, 기타

3.2. 연구방법 선정

(1) DMU

본 연구는 기술개발사업으로 수행한 개별 과제의 상대적 효율성을 측정하여 사업

성과의 극대화를 위한 효율적 투자배분과 전략적 운영방안을 제시하는 것을 목표로 하고 있기 때문에 효율성 분석의 DMU 단위는 과제로 결정하였다.

(2) 투입 및 산출변수

선행 연구에서 조사한 결과에 따라 투입변수는 연구비와 연구인력으로, 산출변수는 논문과 특허로 각각 선정하였다. 투입변수에서 연구비는 경기도 지원금과 과제수행을 위한 민간매칭¹⁾ 현금 및 현물²⁾을 모두 포함하였고, 연구인력은 과제수행을 위한 주관기관³⁾, 참여기관⁴⁾ 및 위탁기관⁵⁾의 참여 연구인력 수의 총합이다. 산출변수에서 특허는 국내·외 출원과 특허의 합계이며, 논문은 SCI급 및 비SCI급 논문을 모두 포함하도록 하였다. 투입 및 산출변수의 기술 통계량은 <표 3>와 같다.

<표 3> 분석 대상의 기술통계량

구분 (n=64)	투입변수		산출변수	
	연구비(백만원)	연구인력(명)	특허(건)	논문(건)
평균	84,678	9.4	1.8	0.4
표준편차	28,969	5.9	1.8	1.4
최소값	61,100	3.0	0	0
최대값	237,500	36.0	9.0	8.0
범위	176,400	33.0	9.0	8.0

-
- 1) 민간매칭 : 기술개발 과제 수행을 위한 사업비 중 도 지원금을 제외한 비용으로 수행기관 또는 참여기관 등이 부담하는 비용
 2) 현 물 : 기술개발 과제 수행을 위해 투입되는 연구장비 사용료, 연구인력 인건비 등 비현금성 비용
 3) 주관기관 : 기술개발 과제 수행을 주관하여 수행하는 기관(기업 포함)
 4) 참여기관 : 기술개발 과제 수행에 참여하여 주관기관과 공동으로 사업을 수행 하는 기관(기업 포함)
 5) 위탁기관 : 기술개발 과제 수행을 위한 과업 중 일부를 위탁하여 수행하는 기관(기업 포함)

(3) 분석모형

기술개발을 위한 정책자금의 공급자 측면에서 투입량의 선정이 주요 의사결정변수이며 DMUs의 효율성을 측정하고 개선방안을 모색하기 위해서는 투입변수의 조합을 최적화 하는 방법으로 효율성을 극대화 할 수 있다. 따라서 본 연구는 산출물은 고정된 상태에서 투입량을 비례적으로 감소시켜 기술적 효율성을 측정하는 투입지향 모형을 통해 분석을 실시하였다.

그리고, 효율성 분석결과를 바탕으로 효율성에 영향을 미치는 요인을 알아보기 위해 효율성이 높은 상위 30개 DMU와 효율성이 낮은 하위 30개 DMU를 두 그룹으로 분류하고, 도 지원금, 민간매칭 현금, 민간매칭 현물, 주관기관 연구인력 수, 참여기관 연구인력 수, 위탁기관 연구인력 수, 주관기관 소재지, 연구분야, 연구단계의 투자요인에 대해 Wilcoxon-Mann-Whitney 비모수 검정의 방법으로 두 그룹간 비교 분석을 실시하였다.

제4장 분석결과

4.1. DEA 분석을 통한 상대적 효율성 분석

기술개발사업의 과제별 효율성 분석을 위해 투입지향 CCR 모형과 BCC 모형을 사용하여 각각의 효율성을 측정 하였으며 측정 결과는 <표 4>와 같다.

<표 4> 효율성 측정 결과

구분 (n=64)	기술적 효율성(TE) (투입지향 BCC 모형)	순수 기술적 효율성(PTE) (투입지향 CCR 모형)	규모의 효율성(SE) (TE/PTE)	규모수익
평균	0.2503	0.8226	0.2925	CSR : 3 DRS : 1 IRS : 60
표준편차	0.2668	0.1577	0.2887	
최소값	0	0.2606	0	
최대값	1.0000	1.0000	1.0000	
효율적 DMU	3	8	3	
비효율적 DMU	61	56	61	

CCR 모형을 이용하여 분석한 결과 DMUs의 평균 효율성은 0.2503이며, BCC 모형의 경우에는 0.8226으로, BCC 모형이 CCR 모형보다 평균 효율성이 0.5723 더 높은 효율성을 보이는 것으로 나타났다. 그리고 CCR 모형에서 효율성 값이 1인 효율적 DMUs는 모두 3개 과제로 전체 64개 과제 중 4.7%를 차지하고 있는 반면, BCC 모형에서는 효율적 DMUs가 전체 과제의 12.5%인 8개 과제로 도출되었다. 따라서 효율적 DMUs의 개수에서도 평균 효율성 분석결과와 마찬가지로 BCC 모형이 CCR 모형보다 가 더 많은 것으로 분석되었다.

모든 투입요소를 동시에 증가시킬 때 수익이 비례하여 동일하게 증가하는 경우를 규모에 대한 수익불변(CRS), 반대로 감소하는 경우는 규모에 대한 수익 체감(decreasing return of scale: DRS), 더욱 증가하는 경우를 규모에 대한 수익체증(Increasing return of scale: IRS)라고 한다. 규모의 수익 분석 결과를 살펴보면, 전체의 94%인 60개 과제가 규모의 경제(economics of scale)가 발생하는 IRS에 해당하며 이러한 DMUs는 효율성 제고를 위해 규모를 더욱 확대할 필요가 있다. 반대로 규모의 비경제(dis-economics of scale)가 발생하는 DRS는 1개 DMU가 있으며 해당 과제는 효율성

제고를 위해 규모를 축소할 필요가 있다. 그리고 규모가 최적으로 현재의 투입과 산출 조합을 변경할 필요가 없는 CRS는 3개 과제가 도출되었다.

이러한 분석 결과는 최적 효율을 달성하지 않은 다수 과제의 비효율 원인이 기술적 비효율성에 기인하지 않고 규모에 대한 비효율성에 의해 발생하는 것을 시사한다. 따라서 경기도 기술개발사업의 효율성을 제고하는 전략적 방안을 수립하기 위해서는 사업 수행주체의 역량 강화, 사업 수행체계 개선 등의 방법으로 순수 기술적 비효율성을 제거하는 전략이 아닌 투입변수인 연구비와 연구인력의 투입 조정을 통해 기술적 비효율성을 제거하는 전략이 요구된다.

<표 6> 효율성 측정 결과

구분(n=64)	CCR 효율성	BCC 효율성	규모 효율성	규모수익	참조횟수
DMU 1	0.1466	0.3603	0.4069	IRS	0
DMU 2	0	0.5	0	IRS	0
DMU 3	0.1173	0.4233	0.2771	IRS	0
DMU 4	0	0.2606	0	IRS	0
DMU 5	0	0.5827	0	IRS	0
DMU 6	0.6675	0.6731	0.9917	IRS	0
DMU 7	0.3333	0.5901	0.5648	IRS	0
DMU 8	0.7146	0.7708	0.9271	DRS	0
DMU 9	0.1482	0.5303	0.2795	IRS	0
DMU 10	0.1905	0.6981	0.2729	IRS	0
DMU 11	0	0.7768	0	IRS	0
DMU 12	0.0988	0.6861	0.144	IRS	0
DMU 13	0.2667	0.8562	0.3115	IRS	0
DMU 14	0.1111	0.7715	0.144	IRS	0
DMU 15	0.1173	0.8147	0.144	IRS	0
DMU 16	0.7557	0.9107	0.8298	IRS	0

구분(n=64)	CCR 효율성	BCC 효율성	규모 효율성	규모수익	참조횟수
DMU 17	0.1333	0.8253	0.1615	IRS	0
DMU 18	0.0926	0.6432	0.144	IRS	0
DMU 19	0.1173	0.821	0.1429	IRS	0
DMU 20	0.3726	0.9365	0.3979	IRS	0
DMU 21	0.1111	0.8002	0.1388	IRS	0
DMU 22	0.1086	0.7543	0.144	IRS	0
DMU 23	0.2223	0.8252	0.2694	IRS	0
DMU 24	0.2346	0.8651	0.2712	IRS	0
DMU 25	0.2346	0.8397	0.2794	IRS	0
DMU 26	1	1	1	CRS	3
DMU 27	0.3333	0.995	0.335	IRS	0
DMU 28	1	1	1	CRS	24
DMU 29	0.1111	0.7718	0.1439	IRS	0
DMU 30	0.466	0.8364	0.5571	IRS	0
DMU 31	0.4692	0.8903	0.527	IRS	0
DMU 32	0.4438	0.8562	0.5183	IRS	0
DMU 33	0	0.814	0	IRS	0
DMU 34	0.7667	0.9333	0.8215	IRS	0
DMU 35	0.7435	1	0.7435	IRS	6
DMU 36	0.2718	0.9744	0.2789	IRS	0
DMU 37	0.2223	0.7955	0.2794	IRS	0
DMU 38	0	1	0	IRS	9
DMU 39	0	0.82	0	IRS	0
DMU 40	0	0.8428	0	IRS	0
DMU 41	0.1333	0.8576	0.1554	IRS	0
DMU 42	0	0.7514	0	IRS	0
DMU 43	0.1242	0.8626	0.144	IRS	0
DMU 44	0	1	0	IRS	26
DMU 45	0.3519	0.8704	0.4043	IRS	0

구분(n=64)	CCR 효율성	BCC 효율성	규모 효율성	규모수익	참조횟수
DMU 46	0.5969	0.9443	0.6321	IRS	0
DMU 47	0.1164	0.8086	0.144	IRS	0
DMU 48	0.2636	0.9435	0.2794	IRS	0
DMU 49	0	0.9301	0	IRS	0
DMU 50	0.1173	0.8147	0.144	IRS	0
DMU 51	0.4	0.9585	0.4173	IRS	0
DMU 52	0.1173	0.821	0.1429	IRS	0
DMU 53	0.1242	0.8624	0.144	IRS	0
DMU 54	0.1333	0.8945	0.149	IRS	0
DMU 55	0.1198	0.8542	0.1402	IRS	0
DMU 56	0.2478	0.8912	0.2781	IRS	0
DMU 57	0.5273	1	0.5273	IRS	9
DMU 58	0.2484	0.8891	0.2794	IRS	0
DMU 59	0	0.8606	0	IRS	0
DMU 60	0.1333	0.9029	0.1476	IRS	0
DMU 61	1	1	1	CRS	4
DMU 62	0.144	1	0.144	IRS	46
DMU 63	0	0.961	0	IRS	0
DMU 64	0	0.9239	0	IRS	0

4.2. 효율성에 영향을 미치는 요인 분석

효율성 분석결과에 따라 효율성 상위 30개 DMU 그룹과 하위 30개 DMU 그룹을 대상으로 Wilcoxon-Mann-Whitney 비모수 검정을 통해 도 지원금, 민간매칭 현금,

민간매칭 현물, 주관기관 연구인력 수, 참여기관 연구인력 수, 위탁기관 연구인력 수, 주관기관 소재지, 연구분야, 연구단계 등의 영향요인에 따른 상위와 하위 그룹 간 차이를 분석하였다. 분석결과는 <표 5>와 같다.

<표 5> Wilcoxon-Mann-Whitney 비모수 검정 결과

구분 (n=60)	투입지향 CCR 모형				투입지향 BCC 모형			
	Mann-Whitney U	Wilcoxon W	Z	유의 확률	Mann-Whitney U	Wilcoxon W	Z	유의 확률
도 지원금	385.500	850.500	-.768	.442	293.500	758.500	-2.526	.012**
민간 현금	368.000	833.000	-1.020	.308	283.000	748.000	-2.637	.008***
민간 현물	378.000	843.000	-.869	.385	320.500	785.500	-2.097	.036**
주관 인력	428.000	893.000	-.107	.915	319.000	784.000	-2.122	.034**
참여 인력	382.000	817.000	-.927	.354	364.000	829.000	-1.697	.090*
위탁 인력	377.000	842.000	-1.677	.094*	452.500	917.500	-.326	.745
소 재 지	366.500	831.500	-1.046	.296	449.500	914.500	-.225	.822
연구유형	429.500	864.500	-.086	.932	346.500	811.500	-1.759	.078*
연구단계	362.500	827.500	-1.145	.252	457.000	953.000	-.120	.904

유의확률 : *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

검정결과, 그룹 간 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으며 전반적으로 투입지향 CCR 모형보다 BCC 모형에서 효율성 영향요인이 더욱 많이 도출되었다. 세부적으로 투입지향 CCR 모형에서는 위탁기관의 연구인력 수가 효율성에 영향이 있는 것으로 나타났다. 그리고 BCC 모형에서는 민간매칭 현금이 효율성과 가장 영향 요인 크다고 할 수 있으며, 도 지원금, 민간매칭 현물, 연구유형, 참여기관 연구인력 수의 순으로 해당 투입요인이 통계적으로 기술개발 효율성에 유의미하게 영향을 미치는

것으로 분석되었다. 이상의 결과를 종합해 보면 연구비의 세부요인으로 볼 수 있는 민간매칭 현금, 도 지원금, 민간매칭 현물과 연구인력의 세부요인인 주관기관 연구인력 수, 참여기관 연구인력 수, 위탁기관 연구인력 수, 그리고 연구유형 요인이 효율성에 영향을 미치는 것으로 분석되었으며, 반면 주관기관 소재지, 연구단계는 효율성에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 따라서 향후 효율성을 극대화 하기 위해서는 연구비와 연구인력을 보다 효율적으로 조정할 필요가 있다.

제5장 결론

본 연구에서는 DEA를 활용하여 경기도경제과학진흥원에서 지원하고 있는 중소기업 기술개발사업의 과제별 효율성을 분석하고 효율성에 영향을 미치는 요인을 도출함으로써 효율성을 개선할 수 있는 전략과 시사점을 제시하였다. 투입지향 CCR와 BCC 모형을 사용하여 2013년도에 지원한 64개 과제별 상대적 효율성을 분석한 결과 전체 과제의 94%에 해당하는 과제들이 기술적 비효율에 기인하지 않고 규모에 대한 비효율성에 의해 발생한다는 것을 밝혔으며 비효율성을 개선하기 위해 순수 기술적 비효율성을 제거하는 방법이 아닌 투입변수인 연구비와 연구인력의 조정을 통한 기술적 비효율성을 제거하는 전략을 제시하였다. 또한, 효율성 상위 그룹과 하위 그룹의 집단 간 차이를 Wilcoxon-Mann-Whitney 비모수 검정을 통해 실시하였으며, 효율성에 영향을 미치는 요인을 도출하고 연구비와 연구인력을 보다 효율적으로 조정하여 효율성을 극대화 할 수 있도록 하는 시사점을 제시하였다.

최근 정부 및 지방자치단체의 연구개발투자 예산 증가율이 급격히 둔화됨에 따라서 한정된 연구개발 정책자금의 효율적 투자배분과 성과극대화를 위한 노력이 중요한 이슈로 부각되었다. 본 연구는 효율성에 대한 과학적이고 실증적인 분석을 통해 정책자금의 효율적이고 전략적인 운영방안을 제시하였다는데 의의가 있다. 또한 효율성을 기반으로 하는 지원제도의 운영을 위해 효율성이 극대화 될 수 있도록 과제 선정 지표와 관리 지표 개발에 적용할 수 있다. 더 나아가 정부 및 지방자치단체의 기술개발사업 전반에 걸쳐 적용하면 그 활용성이 클 것으로 기대한다.

본 연구는 다음과 같은 한계점을 가지고 있으며 이를 개선하기 위한 후속 연구가 필요하다. 첫째, 기술개발사업 전체 지원과제 중 약 10%에 해당하는 2013년도에 지원한 64개의 과제만을 분석대상으로 하였기 때문에 향후 더 많은 데이터를 확보하고 보완 분석함으로써 신뢰성을 제고할 필요가 있다. 둘째, 연구방법론으로 선택한 DEA 분석 모델, 투입 및 산출변수, 시차효과 등에 따라 효율성 분석 결과가 달라질 수 있다. 향후 Additive, Russell Measure, SBM 모형 등을 적용하여 효율성을 분석하는 후속 연구가 가능하다. 또한, 본 연구에서는 효율성을 측정하는데 연구비, 연구인력, 특허, 논문 등 가장 대표적으로 쓰이는 투입 및 산출변수를 사용하였으나, 기술개발사업의 목적을 고려하여 매출, 고용창출, 지역산업 연계성 등 투입 및 산출변수를 다양화 구체화 하여 후속 연구를 할 필요가 있다. 마지막으로 기술개발의 효율성은 연구책임자의 수행의지, 기술개발 관리 및 수행체계, 연구인력의 연구능력, 연구성과 평가의 제도 및 절차 등 정성적인 요인이 다양하므로 향후 보다 정밀한 효율성에 영향을 미치는 요인을 분석할 필요가 있다.

참고문헌

- 박만희 (2008), 효율성과 생산성 분석, 한국학술정보(주)
- 이경재 (2016), KISTEP Inside and Insight 13호, KISTEP
- OECD (2015), Frascati Manual 2015, OECD
- Kay N. (1988), The Boundaries of the Firm, Palgrave Macmillan
- Wen M. (2015), Uncertain Data Envelopment Analysis, Springer
- 김홍영, 정선양 (2016), 정부연구개발사업 협력유형별 효율성 분석 : DEA를 활용한
순수연구개발사업 중심으로, 기술경영학회 학술대회, pp.373-382
- 김홍규, 강원진, 배진희 (2015), DEA를 활용한 R&D 프로젝트의 효율성 비교 : 산
업기술산업을 중심으로, 산업경영시스템학회지, 38(3), pp.29-38
- 박석중, 김경화, 정상기 (2011), 과학기술적 성과 관점에서 정부 R&D사업 효율성
분석에 관한 연구, 기술혁신학회지, 14(2), pp.205-222
- 박정희, 문종범 (2010), DEA를 이용한 지역산업기술개발사업의 효율성 분석, 산업
경제연구, 23(4), pp.2047-2068
- 이철행, 조근태 (2014), DEA를 이용한 보건의료기술 R&D 사업의 효율성 분석과
전략적 포트폴리오 모형 : 중계연구를 중심으로, 대한산업공학학회지, 40(2),
pp.172-183
- Banker R. D., Charnes A., and Cooper W. W. (1984), Some Models for Estimatin
g Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis, Man
agement Science, 30(9), pp.1078-1092
- Charnes A., Cooper W. W., and Rhodes E. (1978), Measuring the efficiency of d
ecision making units, European Journal of Operational Research, 2(6), p
p.429-444

- Charnes A., Cooper W. W., Golany B., Seiford L., Sutuz J. (1985), Foundations of data envelopment analysis for Pareto-Koopmans efficiency empirical production functions, *Journal of Econometrics*, 30(1/2) pp.91-107
- Farrell M. J. (1957), The Measurement of Productivity Efficiency, *Journal of the Royal Statistical Society. Series A(General)*, 120(3), pp. 253-290
- Pestor J. T., Ruiz J. L., Sirvent I. (1999), An enhanced DEA Russell Graph efficiency measure, *European Journal of Operational Research*, 115(3), pp.596-607
- Tone K. (2010), A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis, 130(3), pp.498-509