

---

## DEA를 통한 중소기업의 R&D 효율성 분석

---

조남권\* · 김규환\*\* · 이석진\*\*\*

- I. 서론
- II. 이론적 배경
  - 1. DEA 효율성 모형
  - 2. 기업의 R&D투자와 효율성
- III. 연구방법
  - 1. 변수선정 및 분석모형
- 2. 기초통계량 및 상관관계 분석
- IV. 분석결과
  - 1. DEA분석을 통한 상대적 효율성 분석결과
  - 2. 영향요인 분석
- V. 결론

---

\* 한양대학교 경영학과 박사과정.

\*\* 서울시립대학교 도시행정학과 박사과정.

\*\*\* 서울대학교 기술경영경제정책학과 박사과정.

## 초록

본 연구는 기계 및 전기전자산업 46개의 중소기업·중견기업을 대상으로 연구개발 투자 효율성을 측정하였다. 분석에는 DEA를 활용했으며, 효율성에 영향을 미치는 요인들도 함께 보고자 Tobit분석을 수행하였다.

기업의 R&D활동을 2단계로 나누어 분석을 하였으며, 1단계는 연구개발 성과 창출단계, 2단계는 사업화 단계이다. 1단계 분석 결과에서 전기산업과 기계산업의 효율적 기업이 각각 6개(CCR기준 1개, BCC기준 5개), 2개(CCR기준 1개, BCC기준 1개)로 나타났고, 2단계 분석결과에서는 전기산업의 효율적 기업은 6개(CCR기준 1개, BCC기준 5개), 기계산업은 6개(CCR기준 3개, BCC기준 3개)로 나타났다. 두 단계 모두 비효율 원인이 대부분 기술적 비효율로 나타나 기술적 진보가 필요한 것으로 분석되었다. 또한 규모의 경제성에서는 두 산업 모두 규모의 불경제에 있는 기업들이 많은 것으로 나타났다. 한편 두 기업의 효율성 평균을 통한 DMU의 효율성 분포를 비교한 결과 전자산업의 경우 기계산업보다 평균적으로 연구개발 활동을 잘하는 기업이 많은 것으로 나타났다. 효율성에 영향을 미치는 요인들을 분석한 결과 연구개발비와 총자산, 기업의 업력이 유의미하게 긍정적 영향을 미치는 것으로 나타났지만 총 보유특허는 유의미하게 부정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다.

이러한 결과를 토대로 우리나라의 중소기업·중견기업의 연구개발 사업화의 문제는 투입요소의 비효율성으로 사업화 성과가 상대적으로 약한 것으로 분석된다.

## 주제어

DEA분석, Tobit분석, 연구개발투자 효율성, 연구개발 사업화 단계, 중소기업·중견기업

## I. 서론

지식기반경제로의 전환 속에서 글로벌 경쟁이 더욱 가속화되고 있다. 그리고 많은 기업들이 이러한 시장에서 우위를 차지하기 위해 경영상의 다양한 노력을 기울이고 있다. 특히 지식기반경제 시대 더 나아가 4차 산업 시대에 있어 중요한 화두는 자사의 지식재산을 확보하는 것이다. 이는 기업 경쟁력뿐만 아니라 국가 경쟁력으로 연결되기 때문이다. 따라서 지식재산 창출 및 이를 향한 기업의 노력은 현시점에서 필수적 활동이라 할 수 있는데, 이는 결과적으로 기업이 얼마만큼 R&D에 투자를 하고 있는지를 통해 살펴볼 수 있다.

그럼에도 불구하고 R&D에 대한 투자와 중소기업은 여러 어려움에 직면해 있다. 최근 대기업의 성장이 과거와 달리 정체되면서 미래 성장동력 발굴에 어려움을 겪고 있으며, 중소기업은 양적·질적으로 부족한 상황이며, 중소기업의 R&D 집중도는 여전히 낮은 상태이다.<sup>1)</sup> 하지만 중소기업은 우리나라 전체 사업체 수의 대부분을 차지하고 있어 국민경제의 근간을 형성하고 있다. 더불어 산업 내 공급사슬 중 소재부품, 중간부품의 생산과 개발을 도맡고 있어 이는 곧 최종 재화의 경쟁력과 연결되어 있다고 보아도 과언은 아니다. 따라서 중소기업의 R&D 투자에 대해 집중할 필요가 있다. 특히 한국산업기술진흥협회는 RSI(R&D Sentiment Index)를 통해 R&D투자 전망을 조사하고 있는데 2017년도에는 중소기업과 중소기업의 R&D투자가 감소할 것으로 예상하고 있다.<sup>2)</sup> 이처럼 R&D는 기업의 경제적 성과를 확대할 수 있는 핵심동력임에도 불구하고, 국내 중소기업의 R&D투자는 크게 활성화되어 있지 않은 실정이다.

1) 오승환·김선우, “중소기업 R&D 지원의 현황과 성과분석”, 『STEPI Insight』, 제211호(2017), 1-27면.

2) 황석원·정기철·김지훈, “2017 민간 R&D투자전망: “전망은 밝지 않으나, R&D투자의 지는 살아있다””, 『STEPI Insight』, 제209호(2017), 1-30면.

R&D를 위한 기업의 투자를 투입요소로 본다면 이에 따라 창출되는 지식재산은 산출물이라고 할 수 있는데, 중소기업은 지식재산의 한 형태인 자사의 특허를 보유하고 유지하는 데 있어서도 어려움이 많다. 특히 경영상의 어려움에 직면해 있는 중소기업의 경우 최근에 특허출원을 하는데 있어 변리사를 직접 고용하기보다는 비용절감을 위해 아웃소싱 형태의 특허출원이 많아지고 있다. 더불어 특허 출원만큼 어려운 것이 보유한 특허를 유지하는 것인데, 이에 대한 비용도 만만치 않다. 실제로 특허유지비용을 보면 대기업의 경우 7~9년차는 15.3%, 13~15년차는 21.8%가 특허를 유지하는 것으로 나타났지만, 중소기업의 경우 7~9년차는 14.6%로 대기업과 유사한 반면, 13~15년차는 11.5%로 대기업의 절반 수준에 그치는 것으로 나타났다. 이러한 상황은 곧 R&D투자를 통한 특허기술에 매진하는 여러 중소기업들이 비용부담에 직면해 있는 것으로 해석해 볼 수 있다. 실제 하나의 사례로 섬유업체 기업인 벤틀스는 특허비용으로 국내외에 특허를 출원 및 유지하기 위해 3억원의 비용을 지출하였다고 한다.<sup>3)</sup> 이처럼 중소기업의 경우 기업을 경영하는 데 있어 다양한 비용이 사용되는데, 지식재산의 유지와 창출비용이 부담으로 작용하여 R&D투자의 활성화에 저해가 되고 있다.

본 연구는 이러한 배경을 토대로 하여 국내 중소기업을 대상으로 연구개발 투자의 효율성을 측정하는 것을 목적으로 한다. 즉, 기업은 R&D투자를 통해 지식재산을 창출하며, 지식재산은 또 다른 투입요소로서 기업의 매출액에 영향을 미칠 것이다. 이에 따라 각 기업의 연구개발 효율성을 측정하고, 그 효율성에 미치는 영향요인들까지도 함께 분석해 보고자 한다.

3) 한동훈, “특허 출원 유지에 허리 휘어 ... 세액공제 절실”, 서울경제, <<http://www.sedaily.com/News/NewsView/NewsPrint?Nid=1OEO4D3TBB>>, 2017. 4. 16.

## II. 이론적 배경

### 1. DEA 효율성 모형

DEA는 유사한 조직들의 상대적 효율성을 평가하는 데 주로 활용되며, 선형계획 모형으로 구성되어 있다. DEA는 다수의 투입요소와 산출요소가 주어진 상황에서 평가대상이 되는 모든 의사결정단위(DMUs, Decision Making Units)로부터 가장 효율적인 DMU를 도출한 후 선형계획법으로 개별 DMU의 상대적인 효율성을 산출한다. 또한 DEA모형은 투입을 최소화하느냐, 산출을 최대화하느냐에 따라 투입지향(input-oriented) 모형과 산출지향(output-oriented) 모형으로 구분된다. 이때 투입지향 모형은 산출을 고정시킨 상태에서 투입을 최소화하는 것이 목적으로 주로 공공분야와 같이 비경쟁적 환경에서 선택되고, 산출지향 모형은 투입을 고정시킨 상태에서 산출을 최대화하는 것이 목적으로, 주로 일반 기업과 같이 최대의 성과를 내는 것이 목표인 경쟁적 환경에서 사용된다.

이러한 특징을 갖는 DEA모형은 Charnes, Cooper and Rhodes(1978)가 최초로 제안하였다. 이때 모형을 규모의 수익불변환경에서 적용하기 때문에 CRS모형이라고 부르거나, 저자의 이름을 따서 CCR모형이라고 부르기도 한다. 아래 식(1)은 산출측면에서 효율성 측정을 위한 산출기준 CCR모형이다. 총  $J$ 개의 DMU가 있고,  $M$ 개의 투입물과  $N$ 개의 산출물이 있다고 가정했을 때, 여기서  $\varphi$  값은 DMU의 효율성 값을 의미하고,  $s$  값은 투입, 산출 변수의 여유 값(slack variables)을 의미한다. 만약 DMU의  $\varphi$ 가 1이고, 모든 여유 값이 0이라면 이 DMU는 강효율 상태에 있다고 말하며 DMU가 효율적 상태에 있다고 말할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 &\phi^{k*} = \max \phi^{k*} + \varepsilon \left( \sum_{m=1}^M s_m^- + \sum_{n=1}^N s_n^+ \right) \\
 &\text{subject to} \\
 &x_m^k = \sum_{j=1}^J x_m^j \lambda^j + s_m^- \quad (m = 1, 2, \dots, M); \\
 &\phi^k y_n^k = \sum_{j=1}^J y_n^j \lambda^j - s_n^+ \quad (n = 1, 2, \dots, N); \\
 &\lambda^j \geq 0 \quad (j = 1, 2, \dots, J)
 \end{aligned} \tag{1}$$

또한 Banker, Charnes and Cooper(1984)<sup>4)</sup>는 CCR모형에서 투입과 산출의 관계가 규모에 상관없이 일정 비율로 동일하다는 가정을 완화한 BCC모형을 제안하였는데, 규모에 따른 수익가변을 강조하여 VRS모형 또는 저자의 이름을 따서 BCC모형이라고 부르기도 한다. 아래 식(2)의 BCC모형을 살펴보면, CCR모형과 다르게  $\sum_{j=1}^J \lambda^j = 1$ 이라는 제약식이 추가된 것을 확인할 수 있다. 이러한 제약식을 통하여 볼록성(convexity constraints)을 갖게 되는 것이다.

$$\begin{aligned}
 &\phi^{k*} = \max \phi^{k*} + \varepsilon \left( \sum_{m=1}^M s_m^- + \sum_{n=1}^N s_n^+ \right) \\
 &\text{subject to} \\
 &x_m^k = \sum_{j=1}^J x_m^j \lambda^j + s_m^- \quad (m = 1, 2, \dots, M); \\
 &\phi^k y_n^k = \sum_{j=1}^J y_n^j \lambda^j - s_n^+ \quad (n = 1, 2, \dots, N); \\
 &\sum_{j=1}^J \lambda^j = 1; \\
 &\lambda^j \geq 0 \quad (j = 1, 2, \dots, J)
 \end{aligned} \tag{2}$$

---

4) Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W., "Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis", *Management science*, Vol.30 No.9(1984), pp.1078-1092.

한편 위에서 살펴본 CCR모형은 규모수익불변 즉, 규모면에서 최적의 상태일 때 기술적 효율성을 나타내며, BCC모형은 규모수익가변 즉, 규모면에서 최적 상황이 아닐 때의 기술적 효율성을 의미한다. 따라서 이 두 모형의 기술적 효율성의 차이에서 규모에 따른 비효율성을 유추할 수 있는데, 이러한 차이를 규모효율성(SE: Scale Efficiency)이라고 하며 아래와 같은 값을 갖게 된다.

$$\text{규모효율성}(SE) = \frac{\text{CCR효율성 값}}{\text{BCC효율성 값}}$$

이때 규모효율성 값이 1이면 해당 DMU는 불변규모수익 상태로 규모에 따른 비효율성이 나타나지 않지만, 규모효율성 값이 1보다 작거나 크면 규모 비효율성이 존재하게 되는데, 이를 규모의 경제성 혹은 규모의 불경제성이라고 부른다. 이러한 규모비효율성을 판단하는 근거는 BCC모형의 람다( $\lambda$ ) 값의 합으로 판단되는데, 람다( $\lambda$ ) 값이 1보다 크면 규모의 경제성(IRS), 1보다 작으면 규모의 불경제성(DRS) 상태에 있다고 말한다.<sup>5)</sup>

## 2. 기업의 R&D투자와 효율성

4차 산업혁명 등 새로운 시대를 맞이하여 글로벌 경쟁력 확보와 동시에 R&D목표와 이를 달성하기 위해 기업의 연구개발 투자의 효율성을 측정할 필요가 있다. 특히 중소기업의 R&D 효율성을 측정하고 그 요인을 살펴보는 것은 변화하는 환경 속에서 중소기업이 R&D투자에 어떠한 자세를 취해야 하며, 정부는 이들에게 어떠한 지원이 필요한지를 이해하는 데 도움이 될 수 있으며, R&D 효율성 검토를 위해서는 투입과 산출을 모두 고려할 필요가 있다.<sup>6)</sup> R&D투자를 시작으로 이어지는 과정을 투입, 과정, 산출

5) 김대철 · 주형준 · 김승철, “지역 SW 성장지원 사업의 효율성 및 성과 분석”, 『생산성논집』, 제29권 제3호(2015), 237면.

및 결과 등으로 구분할 수 있다. 여기서 투입은 투자 및 인프라와 인적자원으로 구성되어 있으며, 과정은 계획 수립과 실행으로 구성되어 있고, 산출은 계획 및 예산에서 언급된 목표 달성과 직접적 결과로 분류하고 있다. 직접적 결과에는 특허, 논문, 제품 및 공정 혁신 등을 포함하고 있으며, 마지막으로 결과는 수익 증대와 경영 개선으로 구분할 수 있다. 투입으로 R&D투자액을 사용하였으며, 산출로는 특허를 활용하여 연구개발 효율성 측정하였다. 그리고 마지막 성과는 신제품 개발건수 등의 지표를 활용하였다.<sup>7)</sup>

효율성을 측정하는 방법은 다양하다. 하지만 그중 앞서 살펴본 DEA분석을 활용하여 효율성을 측정한 선행연구들을 살펴보면, 대부분의 연구에서 연구개발 투자와 혁신성과는 유의미한 관련성이 있는 것으로 밝히고 있다.<sup>8)9)</sup>

또한 일본 제약 기업의 효율성 변화를 측정하기 위하여 DEA와 Malmquist index를 사용한 연구를 살펴보면, 매년 10개 기업을 의사결정단위로 설정하고 DEA의 투입-산출에 대해 시차(1년)를 적용하여 일본 제약 기업의 전체 요소 연구 개발 효율성변화를 측정하였다.<sup>10)</sup> 투입변수로 R&D지출을 사용하였으며, 산출변수로는 특허 수, 의약품 판매 수, 영업이익을 활용하였다. 한편, DEA분석을 통하여 국가 단위의 수준하에서 R&D 생산성을 다섯 가지 (Capital, Labor, TBR-oriented, Article-oriented, Patent-oriented)로 세분화하여 분석하고, 클러스터를 구성하였는데, 해당 연구에서는 투입변수로 R&D지출과 연구자 수를 사용하였고, 이에 따른 산출변수로는 기술무역수지, 패밀리

6) García-Valderrama, T. & Mulero-Mendigorry, E., "Content validation of a measure of R&D effectiveness", *R&D Management*, Vol.35 No.3(2005), pp.311-331.

7) Hagedoorn, J. & Cloudt, M., "Measuring innovative performance: is there an advantage in using multiple indicators?", *Research Policy*, Vol.32 No.8(2003), pp.1365-1379.

8) Romer, P. M., "Endogenous technological change", *Journal of Political Economy*, Vol.98 No.5(1990), pp.71-102.

9) Zachariadis, M., "R&D, innovation, and technological progress: a test of the Schumpeterian framework without scale effects", *Canadian Journal of Economics/Revue canadienne d'économique*, Vol.36 No.3(2003), pp.566-586.

10) Hashimoto, A. & Haneda, S., "Measuring the change in R&D efficiency of the Japanese pharmaceutical industry", *Research Policy*, Vol.37 No.10(2008), pp.1829-1836.

특허 수, 과학 저널 논문 수를 활용하였다.<sup>11)</sup> 또한 국가 R&D 프로그램의 성과평가를 DEA를 통하여 분석한 뒤, 변수의 중요성 및 결과 값의 통합을 위하여 Mann-Whitney U test와 Kruskal-Wallis test를 실행하였다.<sup>12)</sup> 이 연구에서는 투입변수로는 프로젝트 자금 총액, 박사 연구자 수를 사용하였으며, 산출변수로는 국내외 학술지 논문 수, 국내외 SCI 논문 수, 국내외 특허 수, 석박사 학생 수를 사용하였다. 정부가 후원하는 연구개발프로젝트(GSP)의 상대적 효율성을 평가하기 위하여 총 3단계에 걸쳐 DEA 분석을 실시한 결과를 살펴보면, 1단계는 DEA를 활용한 상대적 효율성 분석을 수행하였고, 2단계에서는 도출된 효율성 값을 이용한 tobit 분석을 수행하였으며, 마지막 단계에서는 평가 및 조정을 위하여 조정된 데이터를 사용하여 프로젝트 비교를 수행하였다.<sup>13)</sup> 한편, R&D 프로젝트 효율성 상관분석 및 사업포지셔닝 조사를 위하여 2단계 DEA/AR-I 성과평가모형을 실시하였다. 이때, 1단계에서는 정부자금지원금액, 민간부담사업기금, 참여연구기관, 연구기관이 투입 변수가 되어 기술적 산출 효율성을 구하고, 2단계에서는 1단계의 기술적 산출물인 특허성과, 논문성과와 더불어 기업규모, 성과활용기간을 통하여 사업화 결과의 효율성을 구하는 2단계 성과평가모형이다.<sup>14)</sup>

한편 R&D투자와 혁신성과의 유의미한 관련성을 보여 주는 선행연구 중 중소기업을 대상으로 하여 진행한 연구들도 찾아볼 수 있다.<sup>15)16)</sup> 본 연구에

11) Lee, H. Y. & Park, Y. T., "An international comparison of R&D efficiency: DEA approach", *Asian Journal of Technology Innovation*, Vol.13 No.2(2005), pp.207-222.

12) Lee, H., Park, Y. & Choi, H., "Comparative evaluation of performance of national R&D programs with heterogeneous objectives: A DEA approach", *European Journal of Operational Research*, Vol.196 No.3(2009), pp.847-855.

13) Hsu, F. M. & Hsueh, C. C., "Measuring relative efficiency of government-sponsored R&D projects: A three-stage approach", *Evaluation and program planning*, Vol.32 No.2(2009), pp.178-186.

14) 박성민, "R&D 프로젝트 효율성 상관분석 및 사업포지셔닝 조사를 위한 2단계 DEA/AR-I 성과평가모형", 『대한경영학회지』, 제23권 제6호(2010), 3285-3303면.

15) 김영조, "중소기업의 기술협력 활동이 기술혁신 성과 및 재무성과에 미치는 영향—부산지역 중소기업 제조업체를 대상으로", 『중소기업연구』, 제27권 제3호(2005), 123-154면.

16) 이동석 · 정락채, "우리나라 중소기업의 기술혁신능력과 기술사업화능력이 경영성과에 미치는 영향연구", 『중소기업연구』, 제32권 제1호(2010), 65-87면.

서 활용할 DEA방법을 통하여 수행한 연구들 중 자동차 부품산업의 중요성 및 공급사슬의 특성을 고려하여 국내 151개 자동차부품 중소기업을 대상으로 효율성 분석을 실시한 분석을 살펴보면, 투입으로 제조원가, 자산, 자본금, 종업원 수, 공장면적을 사용하였으며, 산출로는 매출액, 당기순이익, 고객평가점수를 사용하였다.<sup>17)</sup> ICT산업 중소기업의 효율성을 측정하는 연구를 살펴보면, 특히 해당 연구에서는 연구개발비를 기업의 장기적인 투자 및 영업에 관련된 고정자산과 함께 고려하여 효율성 분석을 실시하였다.<sup>18)</sup> 본 연구에서는 투입으로 연구개발비, 종업원 수, 고정자산을 사용하였고, 산출로는 매출액으로 선정하였다. DEA분석을 위해 IT중소기업 정부자금지원시점에서의 기업자산, 매출액, 종업원수를 외생 고정변수로 하여 자료를 정리하고, 정리된 자료를 통하여 CCR, BCC, Super-efficiency 모형을 구성한 연구도 있다.<sup>19)</sup> 이를 통하여 실증분석을 실시하였으며, 이때 분석에 있어 과제와 성과와의 시차를 1년으로 하여 분석을 수행하였다.

〈표 1〉 선행연구에서 사용된 변수

연구자	투입변수	산출변수
Hashimoto, A., Haneda, S.(2008)	R&D 지출	특허 수, 의약품 판매 수, 영업이익
Lee, H. Y., Park, Y. T.(2005)	R&D 지출, 연구자 수	기술무역수지, 패밀리특허 수, 과학 저널 논문 수
Lee, H., Park, Y., Choi, H. (2009)	프로젝트 자금 총액, 박사 연구자 수	국내·외 학술지 논문 수, 국내·외 SCI 논문 수, 국내·외 특허 수, 석박사 학생 수
Hsu, F. M., Hsueh, C. C.(2009)	국내·외 학술지 논문 수, 국내·외 특허 수	특허를 활용한 신제품 수, 기술진보로 인한 매출액
박성민·김현(2008)	정부지원금액, R&D투재액,	기술적 성과(특허등록건수), 경제적

17) 우남수·윤상흠·박종현, “자동차부품 기업의 효율성평가에 관한 연구”, 『의사결정학 연구』, 제18권 제1호(2010), 1-20면.

18) 하귀룡·최석봉, “국내 ICT 중소기업의 경영효율성 분석: 상장기업을 중심으로”, 『중소기업연구』, 제33권 제4호(2011), 55-75면.

19) 박성민·김현, “기업역량을 고려한 외생고정변수를 갖는 IT 중소기업 정부자금지원정책 성과평가를 위한 DEA 모형 및 활용절차”, 『한국통신학회논문지』, 제33권 제5호(2008), 364-378면.

	R&D인력	성과(신제품 매출액, 기존제품 매출액), 경제 및 사회적 파급효과(기업자산, 기업매출액, 기업인력, 기업영업이익)
우남수 · 윤상흠 · 박종현(2010)	제조원가, 자산, 자본금, 종업원 수, 공장면적	매출액, 당기순이익, 고객평가점수
허귀룡 · 최석봉(2011)	연구개발비, 종업원 수, 고정자산	매출액

### III. 연구방법

본 연구는 중소기업의 R&D투자에 따른 효율성을 살펴보고 Tobit 분석을 통해 그 효율성에 영향을 미치는 요인들을 살펴보는 것을 목적으로 한다. 분석을 위한 주 자료로 특허청에서 매년 수행하는 지식재산활동실태 조사를 활용하였다. 그 외 필요한 자료는 KISLINE과 통계청의 사업체조사 자료를 활용하였다. 연구의 대상은 실태조사에 응답한 기업 중 전기전자와 기계산업에 포함되는 모든 중소기업으로 선정하였으며, 관측치를 기준으로 수집된 변수 중 이상치나 누락된 변수가 있을 경우 이를 제외하였다. 그 결과 각 산업별로 23개의 기업이 선택되었다.

특히 기존 선행연구에서는 기업의 효율성을 측정하기 위한 다양한 변수들을 활용하고 있었으며, 그 요인은 크게 노동과 자본의 성격을 보여 주고 있었으며, 대부분 R&D투자, 지식재산권, 인력으로 나누어 볼 수 있다. 따라서 본 연구는 기존 연구가 사용했던 여러 변수들을 고려하면서 지식재산활동실태조사에서 수집할 수 있는 자료들을 우선적으로 선택하였다. 그 결과 효율성 측정을 위해 연구개발비, 연구인력수, 특허출원수, 전담인력비중, 특허활용건수, 매출액의 변수를 지식재산활동실태조사로부터 자료를 수집하여 분석을 수행하였다.

## 1. 변수선정 및 분석모형

본 연구에서는 전기전자산업과 기계산업을 대상으로 연구를 진행하였다. 전기전자산업은 한국 표준산업분류를 기준으로 전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업을 포함하고 있으며, 기계산업은 금속가공제품제조업, 의료·정밀·광학기기 및 시계 제조업, 전기장비 제조업, 기타 기계 및 장비 제조업, 자동차 및 트레일러 제조업, 기타 운송장비 제조업을 포함하고 있다.

DEA분석은 특별한 가정에 따라 변수를 선택하기보다는 기존의 선행연구를 통해 투입변수와 산출변수를 선택하기 때문에, 본 연구는 기존의 선행연구를 검토하여 투입변수와 산출변수를 선택하였다. R&D투자가 기업의 매출액에 미치는 과정을 살펴보면, 연구개발투자를 통해 지식재산이 창출되고, 이것이 다시 투입변수로 활용되어 기업의 매출액에 영향을 미칠 수 있기 때문에 본 연구에서는 2단계로 나누어 DEA분석을 수행하였다. DEA분석은 비효율의 원인을 찾아 비효율을 개선해 나가는 것을 목표로 하고 있다. 하지만 기존의 DEA분석은 비효율의 원인을 찾기에 포괄적인 개념을 갖고 있기에 비효율의 원인을 조금 더 구체적으로 찾을 수 있는 2단계 DEA분석을 수행하였으며, 이때 DEA모형은 중소·중견기업의 성과를 알아보기 위한 목적이 있으므로 산출지향 모델을 선택하였다.

〈표 2〉 연구의 대상범위

산업업종	한국 표준산업분류(KSCI)
전기전자산업	전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업
기계산업	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 금속가공제품제조업</li> <li>· 의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업</li> <li>· 전기장비 제조업</li> <li>· 기타 기계 및 장비제조업</li> <li>· 자동차 및 트레일러 제조업</li> <li>· 기타 운송장비 제조업</li> </ul>

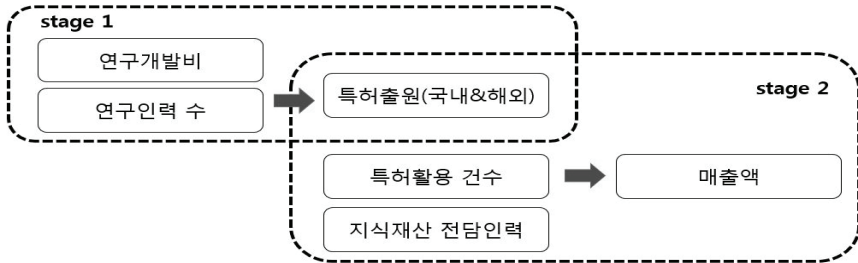
〈표 3〉 연구의 사용변수

단계	변수	기준연도	분석단위	자료출처
Stage 1 투입변수	연구개발비 (2014년)	2014년	억	Kisline
	연구인력 수 (2015년)	2015년	명	Kisline
	특허출원 (2015년)	2015년	건	Kisline
Stage 2 투입변수	전담인력 (2015년)	2015년	명	Kisline
	특허활용건수 (2015년)	2015년	건	지식재산활동실태조사
산출변수	매출액 (2015년)	2015년	억	Kisline

2단계 DEA분석에서 Stage 1을 연구개발 창출단계로 설정하였고, Stage 1의 투입변수로 연구개발비와 연구인력 수를 사용하였으며, 이에 따라 산출되는 변수로 국내 특허출원건수와 해외 특허출원건수를 사용하였다. 또한 본 연구는 2015년을 기준으로 연구를 수행하였는데, 연구개발비의 효과는 시차를 두고 나타난다는 다양한 선행연구 결과가 존재하였다. 선행연구에 따르면, 기업의 R&D투자와 성과는 1~2년 사이의 시차를 통해 나타난다고 하였다. 대기업의 경우 사업단위가 크기 때문에 2년 이상이 걸릴 수 있고, 중소기업의 경우 사업단위가 상대적으로 작기 때문에 1년 정도의 시차가 나타날 수 있음을 분석하였다.<sup>20)</sup> 이에 따라 Stage 1 산출변수인 연구개발비를 2015년도가 아닌 2014년도 자료를 사용하였다. 그리고 이렇게 산출된 변수를 또 다른 투입변수로 활용하였으며, 추가적으로 Stage 2 DEA분석, 즉 사업화단계에서는 지식재산 전담인력 보유수, 특허활용 건수를 투입변수로 활용하였다. 그리고 이에 따른 산출로 매출액의 변수를 활용하였다. 분석과정을 그림을 통해 살펴보면 다음과 같다.

20) 이현준 · 백철우 · 이정동, “기업 R&D 투자의 시차효과 분석”, 『기술혁신연구』, 제22권 제1호(2014), 1-22면.

〈그림 1〉 연구의 모형



## 2. 기초통계량 및 상관관계 분석

〈표 4〉를 통해 각 변수의 기초통계를 살펴보면 연구개발비의 평균은 146억 7천 7백만 원으로 나타났으며, 표준편차는 274억 3천 9백만 원으로 상대적으로 크게 나타났다. 실제로 연구개발의 최대값이 1조 786억 원인 반면 최소값이 22억 원으로 나타나, 그 격차가 매우 크다는 것을 확인할 수 있다. 이와 함께 중소·중견기업이 보유한 연구인력을 살펴보면 최대로 보유한 기업이 753명인 반면에, 최소로 보유한 기업의 경우 14명으로 나타났다. 그 외의 변수들의 기초통계량을 보면 대체적으로 모든 변수에서 기업 간의 편차가 크게 나타나고 있는 것을 확인할 수 있다.

〈표 4〉 기초통계량

구분	평균	표준편차	중간값	최대값	최소값
연구개발비(억원)	146.77	274.39	73.25	1786.00	22.00
연구인력(명)	89.98	115.59	67.00	753.00	14.00
특허출원(건)	25.46	31.09	14.50	128.00	2.00
전담인력(명)	1.13	1.53	0.00	6.00	0.00
특허활용건수(건)	109.28	103.71	87.50	500.00	2.00
매출액(억원)	3169.00	5560.68	1141.00	33855.00	98.00

〈표 5〉를 통해 각 변수의 상관관계를 살펴보면 연구개발비와 연구인력 사이에는 높은 상관관계를 갖는 것으로 나타났으며, 매출액 사이에도 상당히 높은 상관관계를 갖고 있는 것으로 분석되었다. 또한 연구개발비와 특허출원과의 상관관계는 약 65.0%로 분석되었다. 그리고 전담인력과는 약 48.4%로 나타나 그 상관관계가 높지 않다는 것을 확인할 수 있었다. 연구인력과 특허출원과의 상관관계는 약 67.9%로 나타났으며, 매출액과의 상관관계는 약 94.0%로 나타났다. 또한, 특허출원과 매출액과의 관계를 살펴보면 그 상관관계가 약 72.2%로 나타났다. 마지막으로 특허활용건수와 매출액과의 상관관계는 약 70.4%, 특허출원과는 약 73.3%로 분석되었다.

〈표 5〉 투입-산출 요소의 상관관계

	연구개발비	연구인력	특허출원	전담인력	특허활용건수	매출액
연구개발비	1.0000					
연구인력	0.9568	1.0000				
특허출원	0.6504	0.6787	1.0000			
전담인력	0.4838	0.4531	0.5858	1.0000		
특허활용건수	0.6949	0.7333	0.7825	0.4110	1.0000	
매출액	0.9647	0.9396	0.7222	0.4875	0.7038	1.0000

## IV. 분석결과

### 1. DEA분석을 통한 상대적 효율성 분석결과

전자산업과 기계산업의 연구개발 효율성 분석을 위하여 DEA를 통하여 2단계 분석을 실시하였다. 이때 Stage 1은 연구개발을 통한 지식재산의 창출화 단계, Stage 2는 창출된 지식재산을 통한 사업화 단계로 정의할 수 있다.

먼저, <표 6>의 Stage 1 분석결과(전자산업)를 살펴보면, 전자산업에서 효율적 기업은 전체 23개 기업 중에서 CCR기준 1개, BCC기준 5개가 존재하였다. 이때 비효율적인 기업의 원인이 대부분 기술적 비효율(16개 기업)에 있는 것으로 나타났다. 즉, 전자산업의 경우 연구개발에 따른 효율성을 증진시키기 위해서는 기업의 기술 진보를 이뤄내야 할 것이다. 또한 규모의 경제성을 살펴본 결과 규모의 불경제에 있는 기업들이 많은 것으로 보아 투입이 효율적으로 이뤄지지 않는 것으로 보인다. 한편, <표 7>의 기계산업의 결과를 살펴보면 효율적 기업은 전체 23개 기업 중에서 CCR기준 1개, BCC기준 1개가 존재하였다. 전자산업과 비교하였을 때 BCC 기준으로 4개 기업이 적은 것을 알 수 있었으며, 이때 비효율적인 기업의 원인이 전자산업과 마찬가지로 대부분 기술적 비효율(19개 기업)에 있는 것으로 나타났다. 또한 규모의 경제성을 살펴본 결과 규모의 불경제에 있는 기업들이 많은 것으로 보아 투입이 효율적으로 이뤄지지 않는 것으로 보인다. 결과적으로 중소·중견기업의 연구개발 결과 창출단계에서는 기술적 요인으로 인한 비효율이 나타나며, 규모의 불경제성이 존재해, 투입요소의 효율적 투자가 필요할 것으로 보인다.

<표 8>과 <표 9>를 통해 Stage 2를 살펴보면, <표 8>에서 전자산업의 효율적 기업은 CCR기준 1개, BCC기준 5개가 존재하였다. 이때 비효율적인 기업의 원인이 대부분 기술적 비효율(16개 기업)에 있는 것으로 나타났다. 즉, 전자산업의 경우 연구개발 사업화 효율성을 증진시키기 위해서는 기업의 기술 진보를 이뤄내야 할 것이다. 또한 규모의 경제성을 살펴본 결과 규모의 불경제에 있는 기업이 16개로 나타나 투입요소의 효율적 관리가 필요할 것이다. 한편, <표 9>의 기계산업의 결과를 살펴보면 효율적 기업은 CCR기준 3개, BCC기준 3개가 존재하였다. 이때 비효율적인 기업의 원인은 전자산업의 기업과 마찬가지로 기술적 비효율(18개 기업)에 있는 것으로 나타나 기업의 기술적 진보가 필요한 것으로 보인다. 또한 규모의 경제성을 살펴본 결과 규모의 불경제에 있는 기업들이 많은 것으로 보아 투입이 효율적으로 이뤄지지 않는 것으로 보인다.

〈표 6〉 Stage 1 분석결과(전자산업)

DMU	TE(CCR)	PTE(BCC)	SE(TE/PTE)	비효율원인	규모의 수익	
					$\sum \lambda$	규모의 경제
전자_1	0.3504	0.3804	0.9212	PTE	1.0976	Increasing
전자_2	0.2830	0.5313	0.5327	PTE	3.3262	Increasing
전자_3	0.2365	0.2370	0.9979	PTE	0.9756	Decreasing
전자_4	0.7890	1.0000	0.7890	SE	1.8080	Increasing
전자_5	0.5607	0.6136	0.9137	PTE	0.4878	Decreasing
전자_6	0.0802	0.0876	0.9151	PTE	1.5502	Increasing
전자_7	0.1105	0.1170	0.9446	PTE	1.3258	Increasing
전자_8	0.2494	0.2534	0.9844	PTE	0.8224	Decreasing
전자_9	0.4330	0.4568	0.9480	PTE	1.2494	Increasing
전자_10	0.1131	0.1182	0.9568	PTE	0.6872	Decreasing
전자_11	0.5121	0.5237	0.9778	PTE	0.7547	Decreasing
전자_12	0.0477	0.0507	0.9401	PTE	1.2449	Increasing
전자_13	0.0729	0.1029	0.7084	PTE	0.2783	Decreasing
전자_14	0.3718	0.5458	0.6812	PTE	0.2432	Decreasing
전자_15	0.6007	1.0000	0.6007	SE	0.1707	Decreasing
전자_16	0.0873	0.1325	0.6590	PTE	0.2764	Decreasing
전자_17	0.5591	0.6092	0.9179	PTE	0.6147	Decreasing
전자_18	0.4515	0.6858	0.6583	SE	0.3109	Decreasing
전자_19	0.1407	0.2332	0.6033	PTE	0.2990	Decreasing
전자_20	1.0000	1.0000	1.0000	효율	1.0000	Constant
전자_21	0.6674	0.9222	0.7238	SE	0.4156	Decreasing
전자_22	0.9547	1.0000	0.9547	SE	0.6721	Decreasing
전자_23	0.3331	1.0000	0.3331	SE	0.2512	Decreasing
평균	0.3915	0.5044	0.8114	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IRS : 7개</li> <li>• DRS : 15개</li> <li>• CRS : 1개</li> </ul>		
표준편차	0.2806	0.3481	0.1839			
최대값	1.0000	1.0000	1.0000			
최소값	0.0477	0.0507	0.3331			

〈표 7〉 Stage 1 분석결과(기계산업)

DMU	TE(CCR)	PTE(BCC)	SE(TE/PTE)	비효율원인	규모의 수익	
					$\sum \lambda$	규모의 경제
기계_1	0.0838	0.7031	0.1191	SE	9.1829	Increasing
기계_2	0.2617	0.8750	0.2990	SE	3.6585	Increasing
기계_3	0.1855	0.2246	0.8262	PTE	1.2439	Increasing
기계_4	1.0000	1.0000	1.0000	SE	1.0000	Constant
기계_5	0.1640	0.1747	0.9388	PTE	0.5732	Decreasing
기계_6	0.7146	0.7321	0.9762	PTE	1.1559	Increasing
기계_7	0.3029	0.3041	0.9960	PTE	0.9087	Decreasing
기계_8	0.0841	0.0888	0.9474	PTE	0.6098	Decreasing
기계_9	0.1849	0.1888	0.9792	PTE	0.7995	Decreasing
기계_10	0.1384	0.1385	0.9993	PTE	0.9846	Decreasing
기계_11	0.2083	0.2094	0.9947	PTE	0.8983	Decreasing
기계_12	0.3193	0.3591	0.8893	PTE	1.5402	Increasing
기계_13	0.1489	0.1588	0.9381	PTE	1.2698	Increasing
기계_14	0.1967	0.2111	0.9317	PTE	0.6034	Decreasing
기계_15	0.2453	0.2706	0.9064	PTE	1.3968	Increasing
기계_16	0.0899	0.0910	0.9883	PTE	0.8123	Decreasing
기계_17	0.1402	0.1635	0.8575	PTE	0.3659	Decreasing
기계_18	0.6184	0.9019	0.6857	SE	0.2073	Decreasing
기계_19	0.3572	0.3840	0.9303	PTE	1.2409	Increasing
기계_20	0.1191	0.1290	0.9230	PTE	0.5977	Decreasing
기계_21	0.1752	0.2651	0.6609	PTE	0.1951	Decreasing
기계_22	0.3186	0.4228	0.7535	PTE	0.2683	Decreasing
기계_23	0.0867	0.1011	0.8579	PTE	0.4786	Decreasing
평균	0.2671	0.3520	0.8434	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IRS : 8개</li> <li>• DRS : 14개</li> <li>• CRS : 1개</li> </ul>		
표준편차	0.2253	0.2836	0.2233			
최대값	1.0000	1.0000	1.0000			
최소값	0.0838	0.0888	0.1191			

〈표 8〉 Stage 2 분석결과(전자산업)

DMU	TE(CCR)	PTE(BCC)	SE(TE/PTE)	비효율원인	규모의 수익	
					$\sum \lambda$	규모의 경제
전자_1	0.7116	0.7146	0.9959	PTE	0.8121	Decreasing
전자_2	0.4353	0.5495	0.7923	PTE	1.7894	Increasing
전자_3	0.4517	0.4573	0.9879	PTE	0.7414	Decreasing
전자_4	0.0644	0.0825	0.7810	PTE	2.0620	Increasing
전자_5	0.4660	0.4692	0.9932	PTE	0.8193	Decreasing
전자_6	0.2747	0.2866	0.9585	PTE	0.3333	Decreasing
전자_7	0.2579	0.2656	0.9710	PTE	0.4167	Decreasing
전자_8	0.2564	0.2627	0.9761	PTE	0.2222	Decreasing
전자_9	0.0907	0.0918	0.9885	PTE	0.6481	Decreasing
전자_10	1.0000	1.0000	1.0000	효율	1.0000	Constant
전자_11	0.3315	0.3742	0.8859	PTE	4.0294	Increasing
전자_12	0.4396	1.0000	0.4396	SE	0.1235	Decreasing
전자_13	0.3629	1.0000	0.3629	SE	0.0222	Decreasing
전자_14	0.1283	0.1389	0.9235	PTE	0.5588	Decreasing
전자_15	0.1185	0.1254	0.9455	PTE	0.1333	Decreasing
전자_16	0.6035	1.0000	0.6035	SE	0.0222	Decreasing
전자_17	0.3108	0.3278	0.9480	PTE	0.4272	Decreasing
전자_18	0.1460	0.1465	0.9962	PTE	1.1588	Increasing
전자_19	0.5338	1.0000	0.5338	SE	0.1250	Decreasing
전자_20	0.3963	0.3982	0.9953	PTE	1.0071	Increasing
전자_21	0.0356	0.0370	0.9632	PTE	0.1667	Decreasing
전자_22	0.2172	0.2214	0.9813	PTE	2.9118	Increasing
전자_23	0.2376	0.2647	0.8977	PTE	0.2500	Decreasing
평균	0.3422	0.4441	0.8661	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IRS : 6개</li> <li>• DRS : 16개</li> <li>• CRS : 1개</li> </ul>		
표준편차	0.2275	0.3388	0.1923			
최대값	1.0000	1.0000	1.0000			
최소값	0.0356	0.0370	0.3629			

〈표 9〉 Stage 2 분석결과(기계산업)

DMU	TE(CCR)	PTE(BCC)	SE(TE/PTE)	비효율원인	규모의 수익	
					$\sum \lambda$	규모의 경제
기계_1	1.0000	1.0000	1.0000	효율	1.0000	Constant
기계_2	0.4511	0.7424	0.6076	SE	3.2598	Increasing
기계_3	0.8801	0.9452	0.9311	SE	3.4765	Increasing
기계_4	0.3613	0.5637	0.6410	PTE	3.2494	Increasing
기계_5	0.1471	0.1508	0.9755	PTE	0.4583	Decreasing
기계_6	0.1988	0.2235	0.8893	PTE	1.7794	Increasing
기계_7	1.0000	1.0000	1.0000	효율	1.0000	Constant
기계_8	0.2083	0.2321	0.8977	PTE	0.2500	Decreasing
기계_9	0.2080	0.2107	0.9876	PTE	0.6250	Decreasing
기계_10	0.6740	0.7088	0.9510	PTE	0.1222	Decreasing
기계_11	0.4220	0.4284	0.9852	PTE	0.5833	Decreasing
기계_12	1.0000	1.0000	1.0000	효율	1.0000	Constant
기계_13	0.5241	0.5398	0.9710	PTE	0.4167	Decreasing
기계_14	0.4926	0.5181	0.9508	PTE	0.6765	Decreasing
기계_15	0.1832	0.1851	0.9896	PTE	0.6667	Decreasing
기계_16	0.2185	0.2516	0.8686	PTE	0.0556	Decreasing
기계_17	0.0631	0.0721	0.8753	PTE	0.4941	Decreasing
기계_18	0.0844	0.0865	0.9757	PTE	0.7941	Decreasing
기계_19	0.1648	0.1691	0.9745	PTE	0.2111	Decreasing
기계_20	0.2628	0.3164	0.8306	PTE	0.0724	Decreasing
기계_21	0.1744	0.2359	0.7391	PTE	0.3118	Decreasing
기계_22	0.3870	0.3909	0.9901	PTE	0.9294	Decreasing
기계_23	0.3279	0.4946	0.6629	PTE	0.0333	Decreasing
평균	0.4102	0.4550	0.8997	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IRS : 4개</li> <li>• DRS : 16개</li> <li>• CRS : 3개</li> </ul>		
표준편차	0.3025	0.3096	0.1226			
최대값	1.0000	1.0000	1.0000			
최소값	0.0631	0.0721	0.6076			

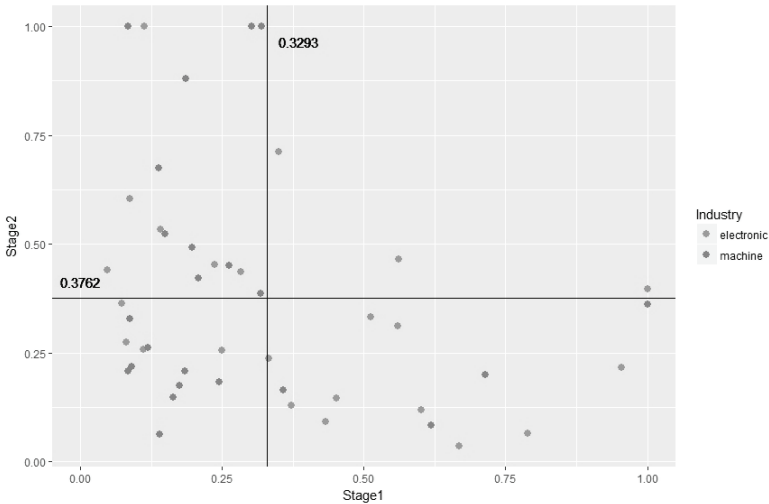
한편, 전자산업과 기계산업 간의 상대적 효율성 값이 차이가 있는지를 살펴보기 위하여 Mann-Whitney U test를 통해 살펴보았다. <표 10>의 분석결과를 살펴보면, Stage와 모형에 관계없이 두 산업 간의 효율성 차이는 존재하지 않았다. 즉, 두 산업 간에는 효율성 차이가 크지 않으며, 두 산업의 효율성을 동시에 고려하여 비효율의 원인을 찾는 것에 큰 문제가 없음을 알 수 있다.

<표 10> Mann-Whitney U test를 통한 산업별 효율성 차이

모형	Stage 1		Stage 2	
	Wilcoxon 순위합검정통계량	P-value	Wilcoxon 순위합검정통계량	P-value
CCR	329	0.1620	249	0.7417
BCC	323	0.2024	258	0.8950

마지막으로 <그림 2>를 통하여 중소기업들의 연구개발 창출단계(Stage 1)과 사업화단계(Stage 2)의 효율성 분포를 분석하였다. Mann-Whitney U test를 통하여 두 산업별 효율성 차이가 존재하지 않기 때문에 두 산업을 동시에 분석하였으며, 해당 그림에서 사용되는 효율성은 모두 CCR 효율성 값이다. 그림의 세로 선은 창출단계의 효율성 평균(0.3293)이고, 가로 선은 사업화단계의 효율성 평균(0.3762)이다. 즉, 1사분면에 있을 경우 창출과 사업화를 평균 이상으로 해내는 기업이고, 3사분면에 있을 경우 창출과 사업화를 평균 이하로 해내는 기업이다. 또한 2사분면은 사업화를, 4사분면에는 창출을 평균 이상으로 해내는 기업이 위치한다.

〈그림 2〉 전자산업과 기계산업 DMU별 효율성 분포



그림을 통하여 보았을 때, 창출과 사업화 모두 평균 이상으로 해내는 기업은 3개로 나타났는데, 이때의 기업은 모두 전자산업 기업이였다. 반면, 창출과 사업화 모두 평균 이하로 해내는 기업은 13개로 나타났다. 즉, 연구개발의 창출과 사업화에 있어 중소·중견기업들은 효율성이 평균적으로 낮은 것으로 사료된다. 한편, 2사분면에 위치한 사업화를 잘해내는 기업은 16개 기업(전자 6개, 기계 10개), 4사분면에 위치한 창출을 잘해 내는 기업은 14개(전자 10개, 기계 4개)로 나타났다. 즉, 전자산업의 경우 창출화를, 기계산업의 경우 사업화를 평균적으로 잘해 내는 것으로 분석되었다.

결과를 종합해 보았을 때, 전자산업과 기계산업 모두 평균적으로 창출과 사업화를 잘하는 기업보다 못하는 기업이 많은 것으로 나타났다. 이는 중소·중견기업들이 R&D활동에 있어서 비효율적인 활동을 하고 있음을 말해 준다. 즉, 2사분면과 4사분면에 있는 기업들이 1사분면에 위치할 수 있도록 비효율의 원인을 찾아 효율적인 기업이 될 수 있도록 지원이 필요할 것이다. 특히 전자산업의 경우 사업화 측면에서, 기계산업의 경우 창출의 측면에서 지원이 필요하다.

## 2. 영향요인 분석

연구개발 투자의 효율성에 미치는 영향요인을 분석하기 위하여 Tobit분석을 수행하였다. Tobit분석에 사용되는 효율성은 Stage 2의 CCR 효율성 값을 사용하였는데 이는 기업의 연구개발 목적이 최종적으로 사업화를 위한 것이기 때문에 Stage 2의 효율성 값을 사용하였다. 선행연구에 따르면, 연구개발 투자가 기업가치에 미치는 영향을 분석하기 위하여 연구개발비, 매출액, 유형자산, 광고선전비, 총자산 등을 활용하였고, 기술혁신과 기업성과관계 간의 분석을 위하여 연구개발투자, 특허, 무형자산 창출력을 사용하였다.<sup>21)22)</sup> 이러한 선행연구를 토대로 효율성 값에 영향을 미칠 것으로 생각되는 변수로 연구개발비, 총 보유특허, 산업집적도(인력)를 사용하였으며 통제변수로는 기업의 업력과 총자산을 사용하였다. 본 연구에서는 추가적으로 산업집적도<sup>23)</sup>를 고려하였는데, 이는 기존 선행연구를 바탕으로 변수를 선정하였으며, 실제로 동종 기업이 얼마나 밀집되어 있는지에 따라 경쟁도가 올라가고 기업의 효율성에도 영향을 줄 수 있다고 판단하여 이를 고려하여 분석을 수행하였다.

분석결과, 연구개발비와 총자산, 기업의 업력은 효율성에 유의미하게 긍정적인 영향을 주는 것으로 분석되었다. 투입 측면에 있어서 연구개발비는 기존 선행연구<sup>24)</sup>에서 효율성에 영향을 주는 요소로 고려되어 왔으며, 연구개발비는 향후 기업이 가진 지식자산의 축적과 직접 연결되며 신제품을 개발할 수 있는 잠재적 역량으로 해석하였다. 연구개발비가 긍정적인 영향을 미친다는 연구 결과<sup>25)</sup>도 존재하지만, 매출액대비 연구개발지출비율이 효율

21) 김선구 · 연봉모, “연구개발 투자가 기업성과에 미친 다기간 효과 분석”, 『회계연구』, 제12권, 1-31면.

22) 박선영 · 박현우 · 조만형, “특허분석을 통한 기술혁신과 기업성과의 관계분석”, 『기술혁신학회지』, 제9권 제1호(2006), 1-25면.

23) 산업집적도 = (지역 산업 사업체수 / 지역 전 산업 사업체수) / (전국 산업 사업체수 / 전국 전산업 사업체수)

24) 주형준 · 김대철, “DEA 를 이용한 지역 SW 성장지원사업 수행기관의 효율성 분석 및 개선 방안”, 『한국생산관리학회지』, 제25권 제4호(2014), 443-463면.

성 결정 요인으로 음(-)의 영향을 주는 것<sup>26)</sup>으로 나타나 분석 결과가 혼재된 양상을 보인다. 본 연구 결과에서는 연구개발비가 효율성에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났는데, 중소기업의 경우 대기업에 비하여 각 기업에 특화된 기술 및 제품 분야에 투자를 하여 효율성 개선에 기여한다고 볼 수 있다. 총자산과 업력의 경우, 기업의 규모가 클수록, 기업의 역사가 오래될수록 효율성 값에 양(+)의 영향을 미치는 것으로 해석할 수 있다.

하지만 총 보유특허는 효율성에 약간의 부정적인 영향(-0.0016)을 주는 것으로 분석되었으나 그 영향 효과의 폭이 크지 않다. 기존의 연구 결과에서도 중소기업 중에서도 저수익 기업군의 경우 혁신 활동이 수익성에 음(-)의 영향을 미치는 것을 확인할 수도 있다.<sup>27)</sup> 하지만 계수 값을 보았을 때 전체 효율성에 미치는 영향이 미미한 정도로 판단할 수 있다. 이는 분석 대상 산업이 전기전자와 기계산업에 속한 중소기업은 전반적으로 한국에서는 제조업적 성격을 강하게 지니고 있어서 특허라는 지식재산의 영향력이 미약하게 나타난 것으로 볼 수 있다. 특히 기계산업의 경우 운영 인력의 노령화 및 설비 노후 등 최근 산업 내의 효율성이 악화되고 있다. 기계산업 중소기업의 경우 보유 특허가 증가하더라도 제조업이 가진 특성상 효율성에 직접적인 영향을 주기 어려울 수 있다.

또한 앞선 DEA분석의 Stage 2 결과에서도 지식재산을 투입하여 나오는 매출액의 효율성이 상당부분에서 규모의 불경제가 나타나는 것으로 보아, 기업의 연구개발 사업화 창출과정에 있어 총 보유특허의 효율성을 증진시킬 수 있는 방법이 필요할 것으로 보인다.

25) 정규언·김선구, “기업의 연구개발비 투자가 경영성과에 미치는 영향”, 『세무와 회계저널』, 제2권 제1호(2011), 93-117면.

26) 서덕록·하태정, “한국의 임베디드 소프트웨어 기업의 효율성과 변화요인 분석”, 『한국혁신학회지』, 제8권 제21호(2013), 51-71면.

27) 김광두·홍운선, “혁신활동이 기업의 경영성과에 미치는 영향”, 『기술혁신학회지』, 제14권 제2호(2011), 373-404면.

〈표 11〉 Tobit 분석결과

변수	Estimate	Std. Error	z value	Pr(>  z )
상수	-0.8016	0.3143	-2.5506	0.0108*
연구개발비	0.0005	0.0002	2.3365	0.0195*
총 보유특허	-0.0016	0.0005	-3.0199	0.0025**
업력	0.0066	0.0030	2.1629	0.0305*
총자산(log)	0.1498	0.0477	3.1396	0.0017**
산업집적도(인력)	0.0488	0.0501	0.9739	0.3301
LOG(SCALE)	-1.5084	0.1097	-13.7558	0.0000***

Note : 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.'

## V. 결론

본 연구는 중소기업의 연구개발 사업화 효율성을 측정하는 것을 목적으로 수행하였으며, DEA분석 방법을 활용하였다. 또한 2단계로 나누어 1단계에서의 투입으로는 연구개발비와 연구인력을 사용하였고, 이에 따른 산출로는 국내외 특허출원건수를 활용하였다. 2단계에서는 1단계에서 산출변수인 특허출원건수를 투입변수로 활용하였으며, 추가적으로 특허활용건수, 전담인력을 포함하여 투입변수로 구성하였으며, 이에 따른 산출변수로는 기업의 매출액을 활용하였다.

본 연구의 DEA분석결과와 다음과 같다.

Stage 1에서 전자산업에서 효율적 기업은 CCR기준 1개, BCC기준 5개로 나타났고, 이때 비효율적인 기업의 원인이 대부분 기술적 비효율에 있는 것으로 나타났다. 기계산업을 살펴보면 효율적 기업은 CCR기준 1개, BCC기준 1개로 나타났고, 비효율적인 기업의 원인이 대부분 기술적 비효율(17개 기업)에 있는 것으로 나타났다. 또한, 두 산업 모두 규모의 불경제에 있는 기업들이 많은 것으로 보아 투입이 효율적으로 이뤄지지 않는 것으로 보인다.

Stage 2에서 전자산업에서 효율적 기업은 CCR기준 1개, BCC기준 5개로

나타났고, 이때 비효율적인 기업의 원인이 대부분 기술적 비효율에 있는 것으로 나타났다. 기계산업의 결과를 살펴보면 효율적 기업은 CCR기준 3개, BCC기준 3개 존재하며, 비효율적인 기업의 원인이 효율적인 기업을 제외하고 모두 기술적 비효율에 있는 것으로 나타나 기업의 기술적 진보가 필요한 것으로 보인다. 또한, 두 산업 모두 규모의 경제성을 살펴본 결과 규모의 불경제에 있는 기업들이 많은 것으로 보아 투입이 효율적으로 이뤄지지 않는 것으로 보인다.

또한 Stage 1과 Stage 2의 효율성 평균값을 통한 DMU별 효율성 분포를 살펴본 결과 전자산업, 기계산업 모두 사업화와 창출화를 모두 잘해 내는 기업은 2개로 나타났다. 반면 전자산업의 경우 사업화와 창출화 모두 평균 이하인 기업이 5개, 기계산업의 경우 8개로 나타나 기계산업의 경우 연구개발 효율성을 증진시키기 위하여 더욱 노력할 필요가 있는 것으로 분석되었다.

Tobit분석을 통한 영향요인 분석결과, 연구개발비와 총자산은 효율성에 유의미하게 양(+)의 영향을 미치는 것으로 분석되었지만, 총 보유특허는 유의미하게 음(-)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 즉 중소기업의 경우 대기업에 비하여 각 기업에 특화된 기술 및 제품 분야에 투자를 하여 연구개발 사업화 효율성에 긍정적인 영향을 미치는 반면, 기존의 선행연구와 동일하게 기업의 혁신활동으로 여겨지는 총 보유특허가 기업의 효율성에 부정적인 영향을 미쳤다.<sup>28)</sup>

이러한 결과를 토대로 살펴보았을 때, 아직까지 우리나라의 중소·중견기업의 연구개발 사업화의 가장 큰 문제는 투입요소의 비효율성으로 인하여 연구개발 사업화 성과가 상대적으로 약하게 나타나는 것으로 생각할 수 있다. 중소·중견기업의 경우 연구개발투자, 지식재산권 등과 같은 혁신지표가 사업화를 통하여 기업의 성과로 나타나야 하지만 혁신성과가 기업외부환경과의 관계에 따라 변하기 때문에 여러 가지 요인을 고려해야 한다. 선행연구에 따르면, 연구개발역량은 기업의 혁신성과에 영향을 미치고, 기업의 기

28) 김광두·홍운선, “혁신활동이 기업의 경영성과에 미치는 영향”, 『기술혁신학회지』, 제 14권 제2호(2011), 373-404면.

술사업화역량은 시장변동성에 의해 변한다고 하였다.<sup>29)</sup> 즉, 연구개발역량에 따라 기업의 혁신성과는 제고가 되는 것이고, 제품의 생명주기, 시장수요자의 변동성에 따라 사업화역량이 변화하는 것이다. 이러한 측면에 있어 외부 환경과 연구개발비, 연구인력 등과 같은 투입요소를 외부 변동성과 연결시켜 기업의 연구개발 비효율성을 줄여야 할 것이다.

또한 기업 내부적으로는 무의미하게 보유되는 특허가 많고, 기업의 보탬이 되는 자산이 아닌 빼앗기기 싫은 자산을 특허화하여 변리사비용, 특허유지비용 등 각종 비용을 사용하며 사업화 효율성을 낮추고 있는 것으로 분석할 수 있다. 이러한 문제를 개선하기 위해서는 중소기업이 특허를 출원하고 유지하는 데 있어 비용적인 지원정책이 필요하며, 대기업 우선이 아닌, 중소기업의 자산을 보호해 줄 수 있는 수단이 필요할 것으로 여겨진다.

---

29) 황경연 · 성을현, “기업의 기술사업화역량, 연구개발역량, 혁신 및 수출성과 간 관계분석”, 『무역학회지』, 제40권 제1호(2015), 285-309면.

참고문헌

〈학술지(국내 및 동양)〉

- 김광두·홍운선, “혁신활동이 기업의 경영성과에 미치는 영향”, 『기술혁신학회지』, 제14권 제2호(2011).
- 김대철·주형준·김승철, “지역 SW 성장지원 사업의 효율성 및 성과 분석”, 『생산성논집』, 제29권 제3호(2015).
- 김선구·연룡모, “연구개발 투자가 기업성과에 미친 다기간 효과 분석”, 『회계연구』, 제12권.
- 김영조, “중소기업의 기술협력 활동이 기술혁신 성과 및 재무성과에 미치는 영향-부산 지역 중소 제조업체를 대상으로”, 『중소기업연구』, 제27권 제3호(2005).
- 박선영·박현우·조만형, “특허분석을 통한 기술혁신과 기업성과의 관계분석”, 『기술혁신학회지』, 제9권 제1호(2006).
- 박성민, “R&D 프로젝트 효율성 상관분석 및 사업포지셔닝 조사를 위한 2단계 DEA/AR-I 성과평가모형”, 『대한경영학회지』, 제23권 제6호(2010).
- 박성민·김현, “기업역량을 고려한 외생고정변수를 갖는 IT 중소기업 정부자금지원정책 성과평가를 위한 DEA 모형 및 활용절차”, 『한국통신학회논문지』, 제33권 제5호(2008).
- 서덕록·하태정, “한국의 임베디드 소프트웨어 기업의 효율성과 변화요인 분석”, 『한국혁신학회지』, 제8권 제21호(2013).
- 오승환·김선우, “중소기업 R&D 지원의 현황과 성과분석”, 『과학기술정책연구원』, 제211호(2017).
- 우남수·윤상흠·박종현, “자동차부품 기업의 효율성평가에 관한 연구”, 『의사결정학연구』, 제18권 제1호(2010).
- 이동석·정락채, “우리나라 중소기업의 기술혁신능력과 기술사업화능력이 경영성과에 미치는 영향연구”, 『중소기업연구』, 제32권 제1호(2010).
- 이현준·백철우·이정동, “기업 R&D 투자의 시차효과 분석”, 『기술혁신연구』, 제22권 제1호(2014).
- 정규언·김선구, “기업의 연구개발비 투자가 경영성과에 미치는 영향”, 『세무와 회계저널』, 제2권 제1호(2011).
- 주형준·김대철, “DEA를 이용한 지역 SW 성장지원사업 수행기관의 효율성 분석 및 개선 방안”, 『한국생산관리학회지』, 제25권 제4호(2014).
- 하귀룡·최석봉, “국내 ICT 중소기업의 경영효율성 분석: 상장기업을 중심으로”, 『중

소기업연구』, 제33권 제4호(2011).

황경연 · 성을현, “기업의 기술사업화역량, 연구개발역량, 혁신 및 수출성과 간 관계분석”, 『무역학회지』, 제40권 제1호(2015).

황석원 · 정기철 · 김지훈, “2017 민간 R&D투자전망: “전망은 밝지 않으나, R&D투자의지는 살아 있다””, 『과학기술정책연구원』, 제209호(2017).

#### 〈학술지(서양)〉

Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W., “Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis”, *Management science*, Vol.30 No.9(1984).

García-Valderrama, T. & Mulero-Mendigorry, E, “Content validation of a measure of R&D effectiveness”, *R&D Management*, Vol.35 No.3(2005).

Hagedoorn, J. & Cloudt, M., “Measuring innovative performance: is there an advantage in using multiple indicators?”, *Research policy*, Vol.32 No.8(2003).

Hashimoto, A. & Haneda, S, “Measuring the change in R&D efficiency of the Japanese pharmaceutical industry”, *Research Policy*, Vol.37 No.10(2008).

Hsu, F. M. & Hsueh, C. C, “Measuring relative efficiency of government-sponsored R&D projects: A three-stage approach”, *Evaluation and program planning*, Vol.32 No.2(2009).

Lee, H., Park, Y. & Choi, H, “Comparative evaluation of performance of national R&D programs with heterogeneous objectives: A DEA approach”, *European Journal of Operational Research*, Vol.196 No.3(2009).

Lee, H. Y. & Park, Y. T, “An international comparison of R&D efficiency: DEA approach”, *Asian Journal of Technology Innovation*, Vol.13 No.2(2005).

Romer, P. M, “Endogenous technological change”, *Journal of Political Economy*, Vol.98 No.5(1990).

Zachariadis, M, “R&D, innovation, and technological progress: a test of the Schumpeterian framework without scale effects”, *Canadian Journal of Economics/Revue canadienne d'économique*, Vol.36 No.3(2003).

#### 〈인터넷 자료〉

한동훈, “특허 출원 유지에 허리 휘어 ... 세액공제 절실”, 서울경제, <<http://www.sedaily.com/News/NewsView/NewsPrint?Nid=1OEO4D3TBB>>, 2017.4.16.

---

## Analysis of R&D Efficiency for Small and Medium Enterprises using DEA

Cho Namkwon, Kim Gyuhan & Lee Seokjin

The purpose of this study is to measure the efficiency of R&D investment in small and medium-sized enterprises(SMEs) belonging to the mechanical and electronic industries using the DEA analysis. We also investigate the factors affecting the efficiency using the Tobit analysis.

In DEA analysis section, we divide the R&D activities of enterprises into two stages, R&D performance and commercialization. The result of stage 1 shows that there are six efficient enterprises in electronic industry(CCR: 1, BCC: 5). In the machinery industry, there are two effective enterprises(CCR: 1, BCC: 1) in stage 1. main reason of inefficiency in stage 1 is technical factor. In the stage 2 analysis, six firms each electronics industry(CCR: 1, BCC: 1) and machinery industry(CCR: 3, BCC: 3) are founded to be efficient. Technological inefficiencies and diseconomies of scale in the machinery industry are found as with the electronics industry. In Tobit section, We find that R&D accounting and total assets have a significant positive effect but total patents have a significant negative impact. Based on these results, the biggest problem in R&D commercialization of SMEs is the inefficiency of input factors.

### Keyword

DEA analysis, Tobit analysis, R&D investment, small and medium-sized enterprises(SMEs), R&D commercialization